А. И. Анохин, И. Н. Шкадов,
И. Е. Бугаев, Л. В. Пашков
и П. Г. Сидоренко

ДОРОЖНОЕ ДЕЛО

ЛЕНГОСТРАНСИЗДАТ
1933 • ЛЕНИНГРАД

НБ
УДУНТ
(ДПТ)

А. И. АНОХИН, И. К. ШКАДОВ, И. Е. БУГАЕВ, Л. В. ПАШКОВ, П. Г. СИДОРЕНКО

ДОРОЖНОЕ ДЕЛО

Под общей редакцией проф. А. И. АНОХИНА

Управлением кадрами Цудортранса рекомендуется в качестве учебного руководства для Автомобильно-дорожных ВТУЗ'ов

МИИТ
БИБЛИОТЕКА
№ 18930
ФАЯ
ТЕХ
№ 1085

ГОСТРАНСИЗДАТ ◆ МОСКВА—ЛЕНИНГРАД ◆ 1933

НБ УДУНТ (ДИТ)

2-я тип. Трансжелдориздата. НКПС им. Лоханкова. Ленинград, ул. Правды, 15.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие. 9

ОТДЕЛ I.

Историческое развитие и реконструкция дорожного дела.

Глава 1. Современное состояние дорожного хозяйства в СССР и в капиталистических странах

§ 1. Значение автогужевых дорог среди прочих видов путей сообщения 11
§ 2. Основные принципы социалистической реконструкции дорожного дела 14
§ 3. Краткий исторический обзор развития и организации дорожного дела заграницей 16
§ 4. Краткий исторический обзор развития и организации дорожн. дела в России и СССР . 27

Глава 2. Протяжение и состояние дорожной сети СССР. Планы дорожных работ первой и второй пятилетки

§ 5. Протяжение и состояние дорожной сети в СССР 33
§ 6. Финансирование дорожного дела в СССР . . 34
§ 7. Развитие дорожного дела в первой пятилетке 38
§ 8. Дорожные работы во второй пятилетке (1933—1937 гг.) 40

Глава 3. Классификация и выбор типа дорог

§ 9. Обслуживание гужевого и автомобильного транспорта 43
§ 10. Классификация дорог по экономическим и техническим признакам. Выбор типа дорожной одежды . . 45

ОТДЕЛ II.

Подвижной состав и тяга.

Глава 4. Гужевой транспорт

§ 11. Типы повозок 56
§ 12. Гужевой транспорт. Типы конных повозок —
§ 13. Сила тяги живого двигателя . . 59
§ 14. Уравнение движения конной повозки . 61

Глава 5. Автомобильный транспорт

§ 15. Типы автомобилей . . . 62
§ 16. Сила тяги автомобилей 68
§ 17. Уравнение движения при автомобильной тяге . 72

Глава 6. Тракторы

§ 18. Типы тракторов 76
§ 19. Определение мощности трактора . . . 84
§ 20. Уравнение движения при тракторной тяге 88

ОТДЕЛ III.

Основы проектирования дорог.

Глава 7. Поперечный профиль

§ 21. Основные технические условия проектирования автогужевых дорог 93
§ 22. Поперечный профиль дороги. Земляное полотно 94
§ 23. Ширина проезжей части 100
§ 24. Поперечный уклон проезжей части 103
§ 25. Обочины . . . 106

Глава 8. Продольный профиль

§ 26. Общие понятия о продольном профиле и порядок его начертания 107
§ 27. Основные требования при проектировании продольного профиля . 109
§ 28. Предельные уклоны дорог 110
§ 29. Назначение предельных уклонов при конной, автомобильной и тракторной тяге 111
§ 30. Смягчение уклона в вертикальной плоскости. Выпуклый и вогнутый профиля . 115
§ 31. Наименьший продольный уклон 117

НБ УДУНТ (ДИТ)

Стр.

Глава 9. Устройство закруглений

§ 32. Общие условия устройства закруглений . . . 118
§ 33. Допускаемые наименьшие радиусы закруглений 119
§ 34. Устройство уширений на кривых . . . 121
§ 35. Устройство виража и переходных кривых 123
§ 36. Обеспечение видимости на кривых . 135
§ 37. Устройство дорожных извилин или серпантин . 137

ОТДЕЛ IV.

Водоотвод

Глава 10. Общие соображения при устройстве водоотвода

§ 38. Значение водоотвода при постройке дорог 144
§ 39. Водный режим почв. Различные виды содержащейся в почве воды и ее характеристика —

Глава 11. Удаление наземных и грунтовых вод

§ 40. Боковые канавы . 147
§ 41. Водоотводные канавы 148
§ 42. Нагорные канавы 149
§ 43. Устройство водоотвода в равнинной местности 150
§ 44. Устройство водоотвода в холмистых и гористых местностях . 151
§ 45. Расчет канав . . 153
§ 46 Устройство дренажа 157

Глава 12. Пучины и наледи

§ 47. Причины образования пучин . 160
§ 48. Меры борьбы с пучинами . 162
§ 49. Наледи в районе вечной мерзлоты 163

ОТДЕЛ V.

Дорожные исследования и изыскания.

Глава 13. Экономические обследования и изыскания

§ 50. Значение экономических обследований и изысканий в условиях реконструкции дорожной сети . . . 165
§ 51. Метод сплошного обследования дорожной сети . . 166
§ 52. Производство титульных экономических изысканий 175
§ 53. Метод непосредственного учета 182
§ 54. Себестоимость перевозок и эффективность капиталовложений . . 189

Глава 14. Почвенно-грунтовые дорожные обследования

§ 55. Значение и цель почвенно-грунтовых дорожных обследований 195
§ 56. Рыхлые горные породы и грунты 196
§ 57. Почвы и их образование 201
§ 58. Физико-механические свойства грунтов и их лабораторные испытания 206
§ 59. Полевые испытания грунтов . 222
§ 60. Взятие образцов грунтов 226
§ 61. Порядок производства почвенно-грунтовых дорожных обследований 228

Глава 15. Технические дорожные изыскания

§ 62. Цель технических изысканий . 232
§ 63. Рекогносцировочные изыскания . . . . . —
§ 64. Подробные предварительные и окончательные изыскания 241
§ 65 Определение отверстий искусственных сооружений 259
§ 66. Подсчет земляных работ 284
§ 67. Сравнение выбранных вариантов дороги 291
§ 68. Состав детального проекта дороги 294

ОТДЕЛ VI.

Основы расчета дорожной одежды.

Глава 16. Общие данные о расчете дорожной одежды

§ 69 Общие соображения при расчете дорожной одежды . 302
§ 70. Внешние силы, действующие на дорожную одежду 303
§ 71. Несущая способность грунтов и дорожных одежд 306

Глава 17. Расчет толщины дорожной одежды

§ 72. Распределение давления по поверхности дорожной одежды 310
§ 73. Распределение давления от колеса в дорожной одежде и определение толщины ее . 311
§ 74. Расчет жестких одежд . . 315
§ 75. Толщина шоссейных дорог 316

НБ УДУНТ (ДИТ)

Стр.

ОТДЕЛ VII

Дороги низкой стоимости

Глава 18. Общие основы проектирования и постройии дорог низкой стоимости

§ 76. Общая характеристика дорог низкой стоимости 319
§§ 77. Постепенное улучшение типа дороги. ..... —
§§ 78. Техническая классификация дорог низкой стоимости..... 321
§§ 79. Проектирование продольного и поперечного профиля дорог низкой стоимости..... 322
§ 80. Выбор глубины канавы при нулевых работах..... 326

Глава 19. Механизация работ при постройке грунтовых дорог

§ 81. Очистка дорожной полосы от леса и его корней (ручная, конная и тракторная корчевальные машины, дорожный риппер и рутер)..... 327
§ 82. Уборка камней 334
§§ 83. Разрыхление грунта 336
§ 84. Производство мелких земляных работ при постройке грунтовой дороги (конный скрепер-волокуша, конный скрепер на полозьях, конная колесная лопата, тракторный скрепер на полозьях, тракторная колесная лопата, четырехколесная тракторная лопата, грейдер-элеватор)..... 338
§ 85. Подсчет мелких земляных работ и выбор машин..... 350

Глава 20. Профилирование грунтовой дороги машинами

§§ 86. Машины для профилирования..... 352
§§ 87. Организация работ по профилированию полотна.... 360
§§ 88. Составление схем профилировки 364
§§ 89. Организация работ по постройке дорог машинами..... 368
§§ 90. Составление ведомости работ..... 369
§§ 91. Составление календарного плана 372
§§ 92. Подсчет потребных машин и рабсилы..... 376
§ 93. Типовые машино-дорожные отряды 378

Глава 21. Укатка грунтовых дорог

§ 94. Значение укатки грунтовых дорог..... 380
§ 95. Выбор катка 383

Глава 22. Постройна дорог на болотах

§§ 96. Классификация болот..... 385
§§ 97. Изыскания на болотах..... 386
§§ 98. Деформации торфяных масс 387
§§ 99. Погружение насыпей на болотах..... 389
§§ 100. Дороги облегченного типа на болотах 390
§§ 101. Дороги на болотах, предназначенные под покрытие 393
§ 102. Время постройки мостов на болотах..... 395

Глава 23 Улучшение грунтовых дорог

§§ 103. Песчано-глинистые смеси 395
§§ 104. Графический способ составления песчано-глинистых смесей . 398
§§ 105. Построение линейной схемы грунтов на дороге..... 401
§§ 106. Поперечные профили улучшенных грунтовых дорог 402
§§ 107. Производство работ по улучшению дороги 403
§§ 108. Улучшение глинистых грунтов..... 406
§ 109. Улучшение песчаных грунтов. Дороги из натуральных песчано-глинистых смесей. Торфование песков..... 407
§ 110. Улучшение глинистых грунтов известью 409
§§ 111. Термическая обработка грунтов..... 410
§§ 112. Меловые дороги 413
§ 113. Улучшение черноземных грунтов ракушкой. Применение шлаков для постройки и улучшения дорог. ..... —

Глава 24. Гравийные дороги

§§ 114. Гравийный материал 414
§§ 115. Составление гравийных смесей 416
§§ 116. Разработка гравийных карьеров..... 421
§§ 117. Грохотка гравия 423
§§ 118. Толщина и профиль гравийного покрытия 427
§§ 119. Постройка гравийных дорог 430
§§ 120. Гравийное шоссе 433
§§ 121. Гравированные дороги..... .... —

Глава 23. Обработка грунтовых и гравийных дорог вяжущими веществами

§§ 122. Обеспыливание грунтовых и гравийных дорог 439
§§ 123. Битумные материалы..... 440
§§ 124. Поверхностная обработка..... 441
§§ 125. Способ смешения на месте 442
§§ 126. Обработка гравийного шоссе битумом по способу проникания 446

НБ УДУНТ (ДИТ)

Стр.

§ 127. Дорожные машины и их производительность при обработке грунтовых и гравийных дорог вяжущими битумными материалами 448
§ 128. Организация работ по улучшению грунтовой дороги битумным материалом 449

ОТДЕЛ VIII

Дороги с каменной одеждой обыкновенного и усовершенствованного типов

Глава 26. Классификация дорог с каменной одеждой и требования к ним предъявляемые

§ 129. Классификация дорог с каменной одеждой 453
§ 130. Требования к дорогам с каменной одеждой со стороны гужевого и автомобильного транспорта ..... —
§ 131. Условия, которым должны удовлетворять земляное полотно основание, водоотвод... 454

Глава 27. Каменные материалы

§ 132. Породы камня и породообразующие минералы 456
§ 133. Главнейшие свойства каменных материалов..... 458
§ 134. Добыча каменного материала..... 462
§ 135. Оборудование каменных карьеров..... 467
§ 136. Сортировка каменных материалов 469
§ 137. Обработка каменных материалов 471
§ 138. Испытания каменных материалов..... 475

Глава 28. Водосвязное шоссе

§ 139. Общее понятие о шоссейных дорогах 482
§ 140. Типы устройства шоссейной одежды 483
§ 141. Требования, которым должен удовлетворять щебеночный материал —
§ 142. Организация работ..... 485
§ 143. Подготовка основания..... 486
§ 144. Россыпь щебня 488
§ 145. Укатка россыпи 491
§ 146. Поливка россыпи 497
§ 147. Расчет количества материалов, потребных для постройки шоссе. 498

Глава 29. Булыжная мостовая

§ 148. Поперечные профили 502
§ 149. Требования, предъявляемые к каменному материалу..... 503
§ 150. Производство работ ... 504

Глава 30. Мозаиковая мостовая

§ 151. Свойства мозаиковой мостовой..... 507
§ 152. Порода, форма и размеры мозаиковых камней..... 508
§ 153. Поперечные профили мозаиковой мостовой..... 509
§ 154. Способы стилки мостовой 510
§ 155. Заполнение швов и трамбование..... 511

Глава 31. Брусчатая мостовая

§ 156. Свойства брусчатой мостовой 513
§ 157. Порода, форма и размеры брусчатки..... —
§ 158. Поперечные профили брусчатой мостовой..... 514
§ 159. Способы стилки мостовой 515
§ 160. Трамбование и заполнение швов..... 516

Глава 32. Силикатированная шоссейная дорога

§ 161. Причины, вызывающие необходимость силикатирования 517
§ 162. Качество силиката, условия его транспортирования и хранения 518
§ 163. Требования, предъявляемые к каменному материалу..... 519
§ 164. Физико-химические процессы, происходящие при силикатировании 521
§ 165. Превращение силиката-глыбы в силикат-раствор ..... —
§ 166. Способы производства работ 522
§ 167. Стоимость и срок службы..... 525

Глава 33. Клинкерные дороги

§ 168. Условия применения клинкера... 526
§ 169. Качества глины.. ..... —
§ 170. Приготовление клинкера..... 527
§ 171. Обжиг клинкера 528
§ 172. Требования, предъявляемые к клинкеру, и его испытания 529
§ 173. Поперечные профили клинкерных дорог 530
§ 174. Укладка клинкера..... 531
§ 175. Клинкерное шоссе..... 534
§ 176. Преимущества и недостатки клинкерных мостовых ..... —

НБ УДУНТ (ДИТ)

Стр.

Глава 34. Цементно-бетонные дороги

§ 177. Общее понятие о бетонных дорогах 535
§ 178. Требования, предъявляемые к бетону и к материалам, его составляющим..... 536
§ 179. Проектирование состава бетона 539
§ 180. Поперечные профили бетонных дорог..... 543
§ 181. Подготовка основания... 544
§ 182. Поперечные и продольные швы 545
§ 183. Формы деревянные и металлические..... 550
§ 184. Организация и производство работ по устройству бетонной плиты..... 551
§ 185. Армирование бетонной плиты..... 560
§ 186. Отделка бетонной плиты вибраторами 561
§ 187. Содержание и ремонт бетонных дорог..... 562
§ 188. Стоимость и срок службы бетонной дороги . 563
§ 189. Преимущества и недостатки бетонных дорог..... —

Глава 35. Цементированное шоссе

§ 190. Общее понятие 564
§ 191. Производство работ и преимущества цементированного шоссе..... —

ОТДЕЛ IX

Усовершенствованные черные дороги

Глава 36. Общая характеристика черных дорог

§ 192. Значение черных дорог 568
§ 193. Классификация черных дорог 569
§ 194. Выбор типа дорог 573
§ 195. Устройство основания..... 575

Глава 37. Битумные и дегтевые материалы, применяемые при устройстве черных дорог

§ 196. Номенклатура и классификация битумных и дегтевых материалов.. 576
§ 197. Битумы из естественных месторождений..... 577
§ 198. Нефтяные асфальтовые битумы.... 579
§ 199. Дегтевые материалы 581
§ 200. Дорожные эмульсии 583
§ 201. Дорожные масла..... 585

Глава 38. Методы испытания битумных, дегтевых и асфальтовых материалов

§ 202. Методы испытания битумных материалов.... 586
§ 203. Методы испытания дегтевых дорожных материалов..... 589
§ 204. Методы испытания битумных и дегтевых дорожных эмульсий 592
§ 205. Методы испытания дорожных масел... 594
§ 206. Методы испытания минеральных материалов и их смесей со связующими материалами —
§ 207. Методы испытания материалов на месте работ 598

Глава 39. Технические условия на материалы для черных дорог

§ 208. Технические условия на битумные материалы..... 599
§ 209. Технические условия на дегтевые материалы. 601
§ 210. Технические условия на дорожные масла 603
§ 211. Технические условия на каменные материалы..... 604

Глава 40. Условия транспортировки и хранения битумных и дегтевых материалов

§ 212. Хранение и перевозка битума и прочих материалов.. 604
§ 213. Хранение и перевозка каменноугольного масла, дегтя и дорожных масел.... 606

Глава 41. Поверхностная обработка шоссе и мостовых битумными и дегтевыми материалами

§ 214. Условия применения поверхностной обработки..... 607
§ 215. Материалы для поверхностной обработки.. 608
§ 216. Производство работ по поверхностной обработке шоссе и мостовой.. —

Глава 42. Обработка шоссейных дорог по методу пропитывания (проникания)

§ 217. Условия применения метода пропитывания..... 613
§ 218. Материалы для производства работ по способу пропитывания.. 614
§ 219. Производство работ по способу полупропитывания 615
§ 220. Производство работ по способу пропитывания.... 616
§ 221. Нормы расхода материалов при обработке шоссе... 617

Глава 43. Обработка шоссе и мостовых черными связующими материалами холодным способом

§ 222. Применение эмульсий..... 619
§ 223. Применение разжиженных битумов 621

Глава 44. Ремонт черных дорог облегченного типа

§ 224. Производство ремонта..... 622

НБ УДУНТ (ДИТ)

Стр.

Глава 45. Оборудование и организация работ при постройке и ремонте дорог облегченного типа

§ 225. Оборудование работ 624
§ 226. Организания работ при обработке шоссе битуминозными материалами.. 630

Глава 46. Постройка шоссе по способу смешения

§ 227. Условия применения метода смешения..... 634
§ 228. Способ смешения с укладкой в холодном виде 636
§ 229 Способ смешения с укладкой в горячем виде.. 637
§ 230. Применение известняков и шлаков 639

Глава 47. Постройка дорожных покрытий из асфальтового бетона и песчаного асфальта

§ 231. Общая характеристика асфальтовых покрытий..... 640
§ 232. Проектирование состава асфальтовых смесей 642
§ 233. Производство асфальто-бетонных работ..... 652

Глава 48. Эссенский или Дамман-асфальт

§ 234. Общая характеристика эссенского асфальта..... 663
§ 235. Материалы для изготовления эссенского асфальта..... 664
§ 236. Изготовление и применение эссенского асфальта. 665

Глава 49. Литой асфальт

§ 237. Общая характеристика литого асфальта.... 667
§ 238. Материал для литого асфальта 669
§ 239. Изготовление и применение литого асфальта..... 672

Глава 50. Другие типы асфальтовых покрытий

§ 240. Трамбованный или прессованный асфальт 673
§ 241. Роккасфальт 674
§ 242. „Capravia" ..... —
§ 243. Асфальтовые плиты —

ОТДЕЛ X

Ремонт, содержание и эксплоатация дорог

Глава 51. Организация эксплоатационной службы на дорогах

§ 244. Общие задачи... 676
§ 245. Организации, ведающие эксплоатацией дорог..... 677
§ 246. Способы организации эксплоатационной службы..... 678

Глава 52. Содержание дорог низкой стоимости

§ 247. Характер работ..... . 679
§ 248. Уход по окончании постройки..... 680
§ 249. Работы в период эксплоатации.. 682
§ 250. Текущий ремонт..... 685
§ 251. Капитальный ремонт. 689

Глава 53. Организация ремонтной службы на дорогах низкой стоимости

§ 252. Виды организации ремонтной службы..... 691
§ 253. Другие методы организации ремонтной службы. 693
§ 254. Механизация работ по содержанию 694

Глава 54. Содержание дорог с каменной одеждой

§ 255. Работа по содержанию шоссе в первый период после постройки 697
§ 256. Работа по содержанию шоссе при нормальной эксплоатации..... 698
§ 257. Черный ямочный ремонт.... 699
§ 258. Сплошные россыпи и случаи их применения..... 700
§ 259. Работы по сплошной россыпи... 702
§ 260. Перестройка шоссе. 703
§ 261. Организация работ по содержанию шоссейной дороги..... 704
§ 262. Механизация содержания шоссейной дороги..... 707

Глава 55. Содержание мостовых и усовершенствованных дорог

§ 263. Работа по содержанию мостовой..... 708
§ 264. Содержание усовершенствованных дорог 709

Глава 56. Снегоборьба на дорогах

§ 265. Предупреждение снежных заносов..... 710
§ 266. Уборка выпавшего снега..... 712

Глава 57. Организация сторожевой службы на дорогах

§ 267. Временные и постоянные знаки..... 715
§ 268. Ограждение пересечения дорог... 718
§ 269. Боковые ограждения дороги. 719
§ 270. Устройство объездов при ремонтах..... 720

НБ УДУНТ (ДИТ)

„Техника в период реконструкции решает все“

(Сталин)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Транспорт в целом и безрельсовый транспорт в частности являются одной из важнейших частей народного хозяйства СССР. Для того чтобы не тормозить социалистического строительства, а быть действительно мощным фактором, ускоряющим его темпы, транспорт должен итти впереди других отраслей хозяйства. Бесконечные споры о том, что должно появиться вначале—автомобиль или дороги, указания на то, что в Америке „Форд явился отцом дорожного дела“, совершенно неприемлемы в условиях планового социалистического хозяйства, где оба эти элемента органически связаны друг с другом и развиваются вместе.

Директивой правительства установлена широкая автомобилизация страны, и эта директива обязывает сейчас же, не теряя ни минуты, приняться за реконструкцию дорожной сети, которая в настоящем виде ни в коей степени не удовлетворяет условиям развития механизированного транспорта.

Возможность разрешения дорожной проблемы усложняется тем, что дорожный фронт является одним из наиболее отсталых, а грандиозные задачи, стоящие перед дорожным хозяйством СССР, неизбежно выдвигают на одно из первых мест проблему транспорта вообще и безрельсового в частности.

Для возможности осуществления реконструкции дорожного дела в СССР необходима научно разработанная и обоснованная техника дорожного строительства, потребное количество дорожных машин и специально подготовленные дорожные работники, хорошо изучившие на ряду с советскими также заграничные методы дорожного строительства и умеющие осуществлять их в социально-экономической обстановке страны, строящей социализм.

Еще недавно в транспортных втузах весь объем знаний по дорожному делу ограничивался одним небольшим курсом, который отнимал от студента работы не более 10—15 дней; в настоящее время имеется большая сеть специальных автодорожных втузов и техникумов, в которых студенты в течение ряда лет непрерывно изучают специальные дисциплины, непосредственно связанные с дорожным строительством СССР.

Естественно, что подобный сдвиг в дорожном деле и в подготовке кадров дорожных работников требует создания специальной технической дорожной литературы, которая могла бы служить пособием не только для студентов транспортных втузов и техникумов, но и для линейных дорожных работников, которым необходимо, в особенности в связи с теми высокими требованиями, какие предъявлены автодорожному транспорту постановлением XVII партийной конференции, пополнять свои знания для того чтобы, стоять на уровне современной техники дорожного дела.

Крайне углубленное и детальное прохождение курса дорожного дела в течение ряда лет в специальных автодорожных учебных заведениях требует и специальных учебников, трактующих во всей полноте все отделы курса.

Намечаемое в данное время разделение курса должно охватить следующие основные вопросы:

1. Изыскание и проектирование автогужевых дорог.
2. Дороги „низкой стоимости“.
3. Дороги с каменной одеждой.
4. „Черные“ дороги.
5. Эксплоатация и содержание дорог.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Быстрые темпы развития дорожного дела у нас не дают возможности одному лицу своевременно и углубленно проработать каждый отдельный вопрос, а потому естественно, что означенный курс был проработан бригадным способом, с привлечением к этой работе дорожных специалистов, разрабатывающих в своей научно-исследовательской и производственной работе отдельные вопросы дорожного дела.

Проработка курса была распределена таким образом:

Проф. А. И. Анохиным проработаны следующие отделы:

Отдел I. Современное состояние дорожного хозяйства в СССР и за границей.

Отдел II. Подвижной состав и тяга.

Отдел III. Основы проектирования дорог.

Отдел IV. Водоотвод и дренаж.

Отдел V. Дорожные исследования и изыскания.

Отдел VI. Основы расчета дорожной одежды.

Инж. И. К. Шкадовым проработан отдел VII по дорогам „низкой" стоимости.

Инж. И. Е. Бугаевым проработан отдел VIII по дорогам с каменной одеждой и главы по постройке силикатированного шоссе и клинкерных и цементно-бетонных дорог.

Инж. Л. В. Пашковым проработан отдел IX по постройке „черных" дорог.

Наконец *инж. Г Г Сидоренко* — отдел X по ремонту и содержанию дорог и по регулированию движения по дорогам.

В конце каждого отдела приводится подробный перечень современной советской и иностранной литературы по затронутым вопросам, для того, чтобы интересующиеся отдельными вопросами могли ознакомиться с ними во всей подробности.

Так как настоящий курс непосредственно связан с практикой, то он довольно широко снабжен примерами из современной практики дорожного дела СССР, облегчающими усвоение отдельных вопросов.

Резюмируя все сказанное, авторы считают, что печатаемый курс должен служить общим пособием для студентов автодорожных втузов (но не в порядке проработки отдельных частей курса), для студентов транспортных втузов и техникумов, в которых дорожное дело читается как самостоятельная дисциплина (Строительный институт, Институт промышленного транспорта, Институт коммунального строительства и пр.) и для дорожных техников и инженеров производственников не получивших в свое время достаточной теоретической подготовки по этой дисциплине.

Ленинград, май 1933 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ОТДЕЛ I

РАЗВИТИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ДОРОЖНОГО ДЕЛА В СССР

ГЛАВА ПЕРВАЯ

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА В СССР И В КАПИТАЛИСТИЧЕСКИХ СТРАНАХ

§ 1. Значение автогужевых дорог среди прочих видов путей сообщения. „Во всяком производственном процессе большую роль играют перемещение предмета и необходимые для того средства труда и рабочая сила. За транспортировкой продуктов из одного места производства в другое следует транспортировка готовых продуктов из сферы производства в сферу потребления. Продукт только тогда готов к потреблению, когда он закончит это передвижение" (К. Маркс. „Капитал", т. II. ГИЗ. 1929, стр. 94).

Этими словами Маркс указывает на ту громадную роль, какую играет дорога в экономике. Сухопутные безрельсовые пути до появления железнодорожного транспорта играли первенствующую роль. Они являлись почти единственными средствами связи и товарообмена между отдельными странами и районами. С появлением железнодорожного транспорта, вследствие его больших преимуществ перед гужевым, сухопутные и безрельсовые дороги в значительной мере теряют прежнее значение в экономике страны и начинают играть подсобную роль для рельсового транспорта, в большинстве случаев — в качестве подъездных путей к железнодорожным магистралям. Основным элементом тяги безрельсового транспорта являлась первоначально сила животных. Развитие в конце прошлого столетия автотранспорта, отвечающего потребностям растущего капиталистического хозяйства, коренным образом меняет положение сухопутных безрельсовых путей. Гужевой транспорт, применявший силу животных, вытесняется механическим, основным представителем которого следует считать автомобиль во всех его разновидностях. Роль механического транспорта особенно выявилась в Западной Европе и в Америке. Последняя в эпоху своего расцвета развила автомобильные перевозки на значительные расстояния.

Автомобиль успешно конкурировал с железной дорогой в части передвижения пассажиров и транспортировки товаров. В качестве примера можно привести Линкольнскую дорогу, соединяющую два океана и пересекающую в поперечном направлении всю страну на протяжении до 5 000 *км.* Другой сверхмагистралью, сооруженной Америкою в эпоху ее расцвета, является меридиональная дорога, тянущаяся из Канады через Северную и всю Южную Америку до мыса Горна на протяжении 13 000 *км.*

В то время, когда в Сев. Америке дорог для автобусного сообщения было свыше миллиона километров, железнодорожных и трамвайных путей, вместе взятых, было лишь около 500 000 *км.*

В условиях развивающегося империализма пионерные дороги Америки были средством, которое использовалось для того, чтобы проникать в самые отдаленные области страны, расхищая и истощая естественные богатства эксплоатируемых народов.

Последний мировой кризис очень сильно отразился на дорстроительстве капиталистических стран, сократив темпы развития дорожного дела.

„Пятилетка" Гувера предусматривает свертывание дорожного строительства, причем в тех штатах Америки, где дорожные работы еще производятся, предлагается перейти от скрепера и экскаватора к лопате и мотыге, так как в условиях колоссально растущей безработицы и дешевизны рабочей силы капиталистам уже невыгодно применять для дорожного дела механические приспо-

НБ УАДТ (ДШТ)

собления. САСШ, не считая Аляски и внешней территории, имели дорожную сеть до 4 826 049 *км*, что составляло 38,7% всей мировой дорожной сети. По сравнению с 1928 г. произошло относительное сокращение с 46 на 38,7%. На втором месте по протяженности дорсети стоит СССР, насчитывающий по пятилетнему плану учтенных дорог 1 483 663 *км*. Во второй пятилетке общее протяжение дорог значительно увеличится.

Огромный рост социалистической индустрии СССР и коллективизированного сельского хозяйства предъявляет к автодорожному хозяйству огромные требования. Размер работы дорожной сети по перспективному плану рисуется в следующем виде:

Таблица 1 [1]

	1928/29 г.	1932г.	1937 г.
Общий объем работы по перевозке грузов в млрд. тонно/*км*.....	9	16	77
в том числе автоперевозки млрд. *т/км*	0,3	2,5	55

Столь значительная работа, предстоящая автогужевому транспорту, заставляет смотреть на него как на важнейшее звено социалистического транспорта. Автотранспорт является помощником старейших и значительно более развитых пока видов транспорта — железнодорожного и водного.

Естественно, что намечаемые выше перевозки по сухопутным безрельсовым путям не могут базироваться только на гужевых средствах, сравнительно незначительных. Общее число тяговой живой силы (лошадей, волов и верблюдов) в Союзе — всего около 26 500 000 единиц. Огромное большинство перевозок должен будет взять на себя механический транспорт. Последний в настоящее время еще недостаточно мощен, но в ближайшее время намечается резкий скачок в сторону расширения наличного состава автопарка.

К началу первой пятилетки на 1928 г. общее количество автомашин в СССР составляло 18 700 шт.; в 1931 г. автопарк возрос до 45 800 единиц, а к концу 1932 г. до 65 000 шт. Таким образом автопарк СССР за первую пятилетку возрос в $3^1/_2$ раза. В течение второй пятилетки намечено выпустить ло 500 000 шт. автомашин различных типов, причем динамика роста автопарка СССР по годам 2-ой пятилетки дается в следующей таблице:

Таблица 1а

Тип машин	Состояние автопарка в тысячах штук					
	На 1/1—33 г.	На 1/1—34 г.	На 1/1—35 г.	На 1/1—36 г.	На 1/1—37 г.	На 1/1—38 г.
Грузовые 1,5 *т*	25,3	33,0	43,2	64,0	93,1	152,6
„ 3 *т*	15,4	31,0	48,9	69,7	96,6	130,1
„ 5 *т*	7,4	8,3	9,2	10,4	13,2	17.6
Специальные ..	3,0	3,7	8,0	20,1	32,8	44,9
Автобусы	2,3	2,8	6,4	11,6	21,0	31,2
Легковые.....	10,9	15,4	22,4	40,3	72,3	129,8
Итого . .	63,3	94,2	138,1	216,1	329,0	506,2

Все пополнение парка будет осуществлено за счет продукции, получаемой с вновь построенных крупных автозаводов: Московского им. т. Сталина, Горьковского им. т. Молотова и Ярославского. Создание совершенно новой советской автомобильной промышленности является крупнейшим достижением первой пятилетки, благодаря чему сделан решительный шаг в направлении полного нашего освобождения от иностранной зависимости.

Главнейшими объектами работы механического транспорта в СССР, в целях значительного облегчения и разгрузки железнодорожного транспорта, можно считать перевозки грузов в радиусе до 50 *км* в районах, прилегающих к крупным экономическим и промышленным центрам. В данном случае автогужевые перевозки являются и более дешевыми и более срочными. Плата за перевозку грузов по железной дороге разбивается на две части — чистую провозную плату, которая обычно дифференцируется, и дополнительные сборы, обычно не дифференцирующиеся. Дополнительные сборы на 10-километровые перевозки по железной дороге превышают чистую провозную плату в 2—3 раза и только

[1] Госплан СССР. Транспорт во второй пятилетке. Вып. I. 1933 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

на 50 *км* составляют 50% чистой провозной платы. На большем же протяжении—до 200 *км*—дополнительные сборы, по сравнению с провозной платой, весьма незначительны, составляя лишь 6% таковой. Существенное преимущество автогужевых перевозок перед железнодорожными заключается в отсутствии необходимости производить погрузку и выгрузку на станциях. Груз доставляется непосредственно на склад, что также сильно удешевляет стоимость перевозки.

При железнодорожных перевозках постоянной величиной является срок в 3 дня на отправление грузов; срок на следование грузов, подобно чистой провозной плате, увеличивается в зависимости от расстояния (см. табл. 2).

Из таблицы 2-ой видно, что чем короче расстояние перевозки, тем относительно больше срок доставки, и что при расстояниях до 300 *км* не только автомобильный, но и гужевой транспорт, в смысле срочности, может конкурировать с железнодорожным.

Таблица 2

Дальность перевозки	Количество суток	Норма времени (в сутках) на каждые 100 *км* расстояния
100 км	6	6
200 „	7	3,5
300 „	8	2,7
400 „	9	2,2
500 „	10	2,0
1 000 „	16	1,9
1 500 „	21	1,4
2 000 „	26	1,3

Обслуживание крупных зерносовхозов и колхозов, в целях вывозки при помощи автогужевого транспорта всей продукции их и обеспечения этих предприятий предметами первой необходимости, требует большого развития автотранспорта. Размер продукции отдельных совхозов достигает 1—1½ млн. тонн, которые за короткий срок (2—3 месяца) должны быть переброшены к ближайшим железнодорожным станциям и водным пристаням; это также диктует необходимость усиления автотранспорта. Кроме того, толчком к развитию автотранспорта является обслуживание крупных заводов-гигантов как в отношении грузовых перебросок сырья и продукции этих заводов, так и для подвозки рабочих на заводы и обратно, необходимость организации пассажирского транспорта между новыми социалистическими городами, обслуживания окраинных районов, удаленных от усовершенствованных путей сообщения, курортных районов (главным образом пассажирским движением) и крупных магистральных линий, соединяющих отдельные административные и экономические центры.

Из приведенных данных видно, что основной упор в работе автотранспорта в СССР на ближайшее время будет на грузовое автодвижение, в отличие от капиталистических стран, где преобладает легковой автомобильный транспорт, распыленный между значительным количеством частных владельцев. Так, в САСШ в 1929 г. из общего количества автомашин 85% падало на легковые пассажирские и только 15% — на грузовые, причем лишь 2% автомашин, находящихся в обращении, принадлежали транспортным предприятиям, а остальные являлись частнособственническими.

Из приведенных соображений видно, что движение по безрельсовым путям в ближайшее время резко изменится. Увеличится общая работа дорожной сети, то есть количество провозимых по дорогам грузов; в значительной степени разовьется механический транспорт, вытесняя гужевой. В связи с увеличением числа автомобилей возрастет воздействие на дорогу повозки, тем более что увеличение это пойдет главным образом за счет грузовых автомобилей большого тоннажа, оказывающих значительное воздействие на дорожную одежду.

Для удовлетворения этим условиям транспорта дорожное дело в СССР должно быть коренным образом перестроено, так как дороги нынешнего дня недостаточно отвечают требованиям реконструирующегося хозяйства. Наша дорожная сеть должна быть приспособлена к постепенному переходу от гужевого транспорта к интенсивному грузовому автомобильному движению — проблема, как указано выше, значительно более трудная, чем та, какую в этой области приходилось разрешать заграницей, где дороги должны выдерживать главным образом легковое пассажирское автомобильное движение. Поэтому и современные методы дорожного строительства у нас, в СССР, должны давать возможность проектировать и строить автогужевые дороги с таким расчетом, чтобы они могли обслужить беспрепятственное и интенсивное движение грузовых автомобилей (рис. 1 и 2).

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ **2. Основные принципы социалистической реконструкции дорожного дела.** План реконструкции дорожного хозяйства должен быть самым тесным образом увязан со всем перспективным планом социалистического переустройства народного хозяйства СССР.

Развитие автомобилизации страны, улучшение гужевого транспорта, усиление мощности грузовых потоков на безрельсовом транспорте заставляют уделять автогужевым дорогам особое внимание, с тем чтобы эти последние превратить в один из основных видов транспорта в СССР.

Главнейшими видами народного хозяйства, тесно связанными с реконструкцией автодорожной сети, являются: 1) сельское хозяйство, в лице совхозов и колхозов, которым необходима сеть специальных сельскохозяйственных дорог; 2) общая промышленность, нуждающаяся в подвозе сырья и вывозе продукции крупных промышленных предприятий; 3) лесная промышленность, требующая благоустроенных лесохозяйственных и лесовозных дорог.

Реконструкция дорожного дела должна охватить: а) пригородные участки к социалистическим городам, где должно быть налажено обслуживание транспортных нужд трудового населения, б) железнодорожные узлы, станции, порты, пристани, нуждающиеся в питании их грузами прилегающих районов, в) дальние пассажирские автобусные и почтовые линии, г) пионерные дороги в мало обжитых еще окраинах, д) оборону страны.

В связи с приведенными данными Цудортрансом разработаны основные ведущие проблемы, связанные с ближайшей реконструкцией автогужевых дорог, причем эти проблемы сводятся к следующим основным положениям:

1) Конфигурация дорожной сети должна коренным образом измениться в связи с социалистическим построением на новых началах всего народного хозяйства. Создание крупных совхозов и колхозов, новых социалистических городов, новых заводов-гигантов и промышленных центров, обслуживание железнодорожных станций, освоение окраинных малокультурных районов требуют создания новой дорожной сети, в полной мере удовлетворяющей указанным выше потребностям народного хозяйства. Сеть шоссейных и грунтовых дорог должна быть построена таким образом, чтобы она являлась органической частью общей сети социалистических путей сообщения, задачи которых в социалистическом хозяйстве чрезвычайно вырастают при характерной для социализма форме размещения производительных сил, путем построения комбинатов, при специализации районов и т. д.

Одна часть автогужевых дорог расположится сетью подъездных путей к городам, железнодорожным станциям, пристаням водопутей и крупным предприятиям. Расположение другой части автогужевых дорог определится интересами наилучшей организации социалистического сельского хозяйства, индустрии и лесного хозяйства. Часть шоссейных дорог будет развиваться по направлениям, совпадающим с железными дорогами и водопутями, разгружая их от грузов и пассажиров на коротких расстояниях. В новых промышленных и с.-х. районах сеть грунтовых и шоссейных дорог должна быть построена таким образом, чтобы наилучше обеспечить их социалистическое освоение.

2) Плановое и научно поставленное строительство дорог обусловливает необходимость самого широкого развертывания экономических и технических изысканий и обследований всех вновь проектируемых и реконструируемых дорог с полным учетом эффективности капиталовложений.

3) На ближайший период времени основным типом должна являться дорога облегченного типа (низкой стоимости), с широким использованием местных дешевых строительных материалов или отходов промышленности. Должна быть предусмотрена возможность перехода дороги облегченного типа в более высокий класс по мере возрастания грузо- и пассажиропотоков.

4) На отдельных, сравнительно коротких участках дорог (подъезды к крупным городам, промышленным центрам, железнодорожным станциям) реконструируемая сеть в ближайшее время должна иметь усовершенствованные и высшие виды покрытий (асфальто-бетон, клинкер, брусчатку, цементо-бетон), вместо

---

[1] Составлено по тезисам доклада т. В. Н. Черного на II Всесоюзной научно-исследовательской конференции автодорожного транспорта. Апрель 1932 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

булыжной мостовой, мало удовлетворяющей условиям интенсивного автомобильного движения.

5) Предстоящее развертывание беспримерными темпами дорожного строительства СССР, при коренной реконструкции способов производства работ, требует максимального внедрения в дорожное хозяйство механизированных способов как постройки, так и содержания дорог.

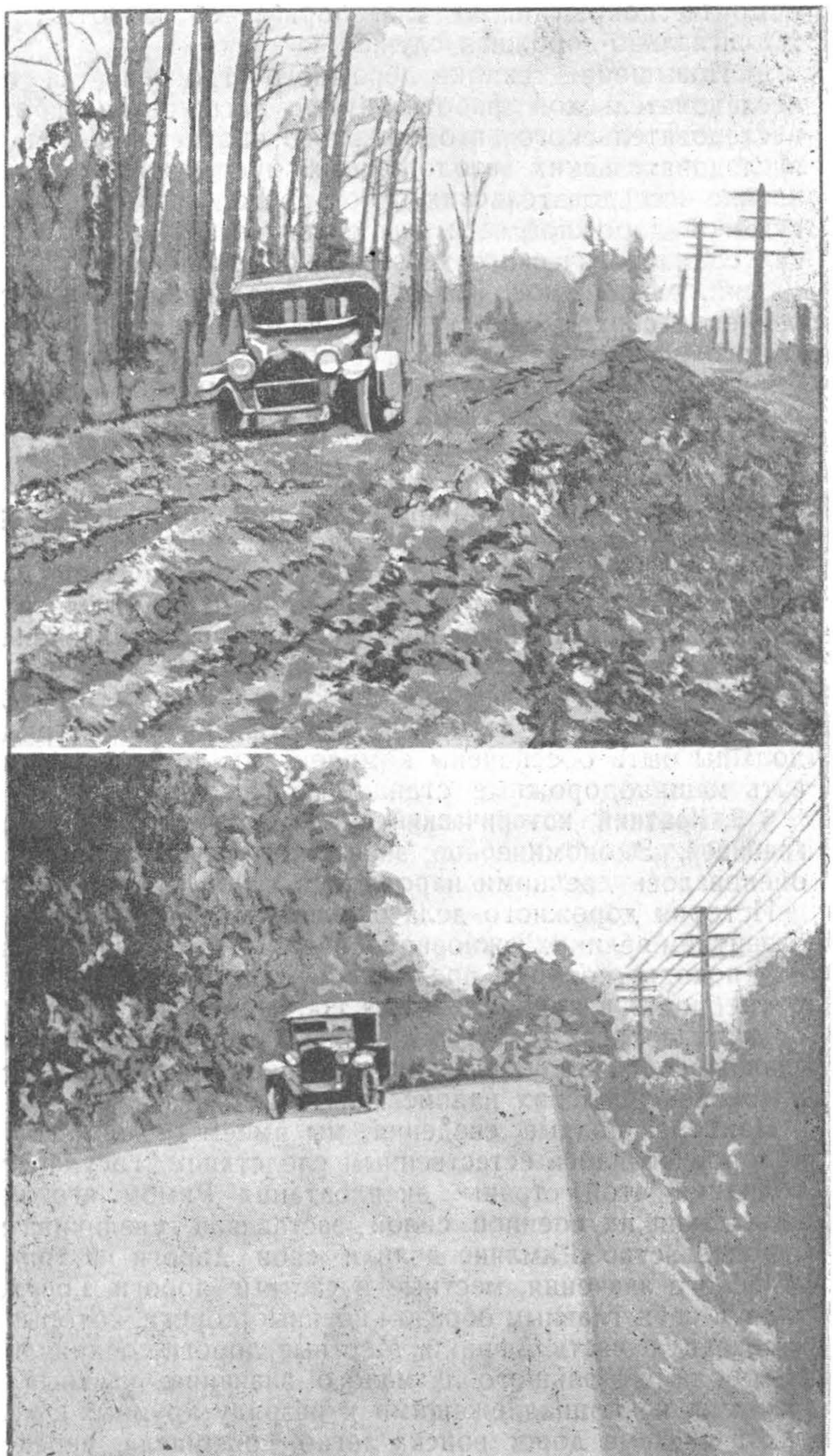


Рис 1 и 2. Дорога до и после реконструкции.

6) Механизация работ должна осуществляться путем создания типовых отрядов или комплектования надлежаще подобранных и сгруппированных дорожных машин, причем механизацией должны быть охвачены следующие главнейшие виды дорожного строительства: а) механизация заготовки и переработки каменных и гравийных материалов, б) механизация транспорта дорожно-строительных материалов, в) механизация земляных работ, связанных с устройством земляного дорожного полотна (крупные земляные работы, сосредоточенные в одном месте, должны обслуживаться особыми экскаваторными отрядами), г) механизация постройки и содержания грунтовых, улучшенных грунтовых, гравийных и усовершенствованных дорог.

7) Правильная эксплоатация огромного парка дорожных машин потребует надлежащей организации ремонта машин, для каковой цели должны быть созданы: а) ремонтные заводы, производящие запасные части для наличного парка машин, б) основные ремонтные базы, выполняющие ремонт машин по принципу заменяемости частей, в) передвижные мастерские в виде автомастерских и ремонтных вагонов, прицепляемых к тракторам.

8) В связи с ростом автомобилизации и строительством дорог облегченного типа актуальнейшее значение приобретает тщательное содержание и своевре-

НБ УДУНТ (ДИТ)

менный ремонт дорог. В плане реконструкции дорожного хозяйства намечается ряд конкретных мероприятий: а) реорганизация линейной службы, б) внедрение механизированных приемов содержания и ремонта дорог, в) построение отдельного аппарата всей системы эксплоатации дорог и отдельно аппарата дорстроительства, г) широкое применение новых связующих материалов при ремонте покрытий, д) снегоборьба, е) радиотелефонная связь в дорделе, ж) сигнально-дорожная служба.

9) Повышение техники дорожного строительства требует усиления научно-исследовательской работы путем расширения работы Центрального научно-исследовательского автодорожного института и создания сети местных научно-исследовательских автодорожных институтов, причем основными проблемами научно-исследовательских работ должны явиться: а) вопросы размещения автогужевой дорожной сети, как органическая часть размещения производительных сил социалистического хозяйства, б) установление наилучших типов конструкции машин, механизмов, аггрегатов и дальнейших усовершенствований на основе изучения современной техники, в) изыскание возможностей максимально широкого использования местных материалов и отходов промышленности, г) рационализация способов добычи каменных материалов (механизация карьерных работ), д) рационализация использования материалов как местных, так и привозных, е) вопросы реконструкции процессов работы, ж) проблемы стандартизации всех конструкций механизмов, аггрегатов и материалов, з) усовершенствование дорожных покрытий, и) проблемы проектирования, к) технико-экономические проблемы эффективности капиталовложений, взаимодействия дороги и автомобиля, методология технико-экономических изысканий и др.

10) Осуществление в процессе реконструкции плана дорожного строительства возможно лишь при условии широчайшего привлечения населения к дорожному строительству в порядке трудучастия. Механизация дорожных работ должна сочетаться с трудовым участием населения в этих работах, сказываясь в уменьшении абсолютной величины затрат физического труда. Сельсоветы и колхозы должны быть обеспечены комплектами дорожных машин и должны организовать машинодорожные станции на тракторной тяге.

§ 3. Краткий исторический обзор развития и организации дорожного дела заграницей. Экономическое значение дорог в широком смысле этого слова не оценивалось древними народами в такой мере, как это делается теперь.

История дорожного дела в древние времена тесно связана с экономическим развитием великих южноевропейских и малоазиатских государств. Многочисленные походы, которые предпринимались ими с захватническими целями, рождали потребность в хороших путях сообщения, в исправной дорожной сети. Однако об этих дорогах мы к сожалению имеем лишь довольно отрывочные сведения, главным образом у римских историков, особенно расцвета римской империи, в древнеперсидских надписях и т. д.

Наиболее полные сведения мы имеем о дорожном строительстве римлян, которое являлось естественным следствием государственной и экономической политики этой страны: эксплоатация Римом его колоний и необходимость удержания их военной силой заставляла увеличивать и улучшать дорожное строительство. Римляне делили свои дороги на три класса: дороги государственного значения, местные и частные дороги. Государственные дороги включали в себя главным образом военные дороги, которые пересекали всю Европу и северную часть Африки. Местные дороги соединяли государственные дороги с городами большого и малого значения, частные дороги — с населенными местами, не принадлежащими к разряду крупных и мелких городов. Благодаря такой системе дорог войска легко совершали переходы до 35 *км*. К началу нашей эры римляне обладали сетью дорог общим протяжением до 78 000 *км*.

В 311 г. до нашей эры Аппий Клавдий построил между Римом и Капией первую укрепленную камнем дорогу, положившую начало постройке более усовершенствованных римских дорог. При изучении римских дорог, следы которых сохранились во многих европейских странах, выявляются их особенности технического характера. Прежде всего отличительной особенностью их трасировки было возможно прямое направление между двумя соединяемыми пунктами, невзирая на те затруднения, которые приходилось пре-

НБ УДУНТ (ДИТ)

одолевать для достижения этого. Тоннели, мосты и длинные подпорные стенки остались в качестве памятников искусства римских дорожных инженеров. Фламиниева дорога при пересечении Аппенинских гор проходила через тоннель длиною около 300 пог. *м*; Аппиева дорога около Арицин построена на протяжении 225 пог. *м* на виадуке, подпорные стенки которого имели среднюю высоту около 13 *м*; в низких и равнинных местах дороги возводились насыпью значительный высоты. Ширина римских дорог, предназначенных для военных целей, была 11—12 *м*, причем средняя часть, шириною 3,5 — 5,0 *м*, обычно была мощеной или укрепленной какой-либо другой одеждой и служила для движения пехоты. С каждой стороны средней части устраивались приподнятые тротуары, шириною 0,6 *м*, которые служили для проезда начальствующих лиц, и наконец по обе стороны этих тротуаров были полосы шириною 2,4 *м*, предназначенные для прохода конницы. Ширина местных дорог была установлена законом в 2,4 *м*.

При устройстве дорог обычно выкапывались две параллельные борозды, которые служили границей проезжей части дороги, и грунт между этими бороздами удалялся на такую глубину, чтобы достигнуть крепкого и надежного основания. Иногда, если почва была мягка, она уплотнялась путем забивания небольших свай. Полученное корыто затем заполнялось на известную высоту песком, который также основательно уплотнялся.

На подготовленном песчаном слое обычно возводилось каменное покрытие из четырех слоев, которые следовали в следующем порядке:

1) statumentum (основание)—нижний слой, толщ. 25—50 *см*, состоял из крупных камней, уложенных плашмя и связанных между собою раствором или глиною;

2) rudus (грубый) — промежуточный слой, толщиною 20 *см*, состоящий из булыжных камней;

3) nucleus (средняя часть) — слой, толщиною 25 *см*, построенный из каменной кладки, похожей на бетон и часто состоявшей из гончарных осколков или обломков кирпича;

4) summa crusta (верхняя корка) делалась из очень твердых каменных материалов, связанных известковым раствором. Общая толщина всех четырех слоев достигала 1,2 *м*. Однако далеко не все римские дороги были построены в соответствии с вышеуказанным типом; некоторые из дорог, первоначально построенные из песка или гравия, впоследствии были покрыты камнями различных размеров. Так, например, Аппиева дорога между Римом и Бриндизи на протяжении приблизительно 800 *км* была покрыта большими отесанными камнями, уложенными очень тщательно в раствор, в некоторых случаях с очень узкими промежуточными швами. Во многих местах (Домицианова дорога) поверхность дороги была вымощена квадратными брусками из мрамора, в других случаях применяли правильно отесанные камни, толщиною в 16—18 *см*. При раскопках находили остатки мостовых из каменных брусков или брусков лавы (раскопки Помпеи и Геркуланума) таких же размеров, какие применяются в настоящее время при устройстве каменной брусчатой мостовой.

Из приведенных данных видно, что техника дорожного строительства древнего Рима достигла сравнительно большого совершенства; однако применявшиеся солидные типы укрепления проезжей части, достигавшей толщины в 2 *м*, мало соответствовали характеру движения и типам повозок, двигавшихся по дорогам; основными типами повозок служили колесницы и фургоны на двух- или четырехколесном ходу, шириною приблизительно 1,5 *м*.

Экономические соображения о первоначальной стоимости постройки были соображениями второстепенного значения, так как значительная часть работы выполнялась бесплатной рабочей силой — при помощи войск или военнопленных. По приблизительным подсчетам стоимость 1 *км* дороги по типу Аппиевой дороги по современным ценам обошлась бы в 500 — 600 000 руб.

Насколько крупное значение придавалось древними римлянами дорогам, видно из того, что заведывание дорогами поручалось особым лицам. Должность заведывающего дорогами (curator viarum) была почетной, причем одним из первых кураторов был Юлий Цезарь.

В эпоху феодальной формации дороги удовлетворяли главным образом потребности феодалов, захватывавших их для обеспечения своих классовых интересов. При развитии торговых сношений между отдельными городами в эпоху разложе-

БИБЛИО № 6930
НБ УДУНТ (ДИТ)

ния феодализма дороги стали служить интересам растущей торговой буржуазии, вступающей в конфликт с феодальным правом „мертвой руки" (main morte), а отсюда заинтересованность буржуазии в улучшении путей сообщения, так как на транспортировку товаров отрицательно влияло право феодала захватить груз, упавший вследствие катастрофы или во время военного столкновения на его землю. Но в общем в средние века дорожное строительство вначале вовсе приостановилось, а потом развивалось весьма медленными темпами, о чем мы имеем сведения в целом ряде документов, как например в капитуляриях Карла Великого. Лишь в эпоху развития городского хозяйства во Франции и Германии и итальянских городских торговых республик в XIII — XIV веках мы встречаемся с новым подъемом дорстроительства.

Наибольшего интереса заслуживает история развития и организация дорожного дела во Франции в эпоху ее расцвета. Первоначальной сетью дорог Франции являлись те дороги, которые остались в Галлии после римлян, однако вся эта система дорог была оставлена без всякого надзора и содержания и быстро пришла в полное расстройство.

Оживление дорожного строительства во Франции относится к XVI и XVII векам—эпохе расцвета абсолютизма, когда был построен целый ряд национальных дорог для соединения Парижа с главными городами и пограничными пунктами. Сооружение сети дорог в этот период производилось при помощи принудительной дорожной барщины (corvée), которая целиком лежала на одних крестьянах. Для отбывания ее население нередко призывалось на дороги, отстоящие от места жительства призываемых на 10 — 12 *км*, причем работа продолжалась по 20 — 30, а иногда и до 40 дней в году, в течение которых крестьяне вынуждены были размещаться по ближайшим к дорогам селениям. Крайне тяжелые условия работ вызывали сильные протесты населения, и французская история XVIII века полна описаниями многочисленных возмущений крепостных против дорожной повинности. В конце XVII века дорожная барщина была заменена натуральной дорожной повинностью, которая по желанию могла заменяться денежной, с использованием ее для содержания проселочных дорог. Наряду с этим необходимо было создать рациональные и дешевые способы постройки дорог. Эта задача была разрешена французским инженером Трезаге. Предложенный им в 1775 г. способ постройки шоссейных дорог заключался в следующем:

Основание дороги устраивается с тем же поперечным уклоном, что и поверхность дороги. На подготовленное основание тычком, а не плашмя укладывается крупный камень первого слоя, причем камни прижимаются большим молотком, чтобы поверхность неотдаленной мостовой получилась примерно одинаковой высоты. Второй слой камня укладывается поверх первого, причем камни разбиваются большим молотком, чтобы они могли заполнить пустоты между камнями первого слоя и произвели их расклинивание. Поверх второго слоя укладывается последний слой, толщиною в 7,5 *см*, из камней размером в грецкий орех, причем дороге придается необходимая выпуклость.

Большое внимание уделялось выбору наиболее твердого камня для этого верхнего слоя, который определял всецело крепость дороги. Трезаге является также первым дорожником, применившим регулярное содержание дорог.

В начале XIX века, в эпоху Наполеона, Франция располагала сетью свыше 50 000 *км* государственных дорог, получивших крупное стратегическое значение во время беспрерывных военных походов Наполеона. С 1830 г. во Франции началась постройка железных дорог, которая в дальнейшем усиливалась с каждым годом. Однако строительство железных дорог не только не прекратило, но, наоборот, значительно расширило строительство шоссейных дорог, так как последние в эту эпоху получили новое, весьма важное экономическое значение в качестве подъездных путей к железнодорожным станциям. Сооружение шоссейных дорог с этого момента перешло от государства к местным самоуправлениям, к департаментам и коммунам, при крупной, однако, материальной помощи со стороны государственного казначейства.

В результате усиленного строительства Франция уже в 1870 г. обладала сетью шоссейных дорог свыше 400 000 *км*.

В настоящее время все сухопутные дороги Франции делятся на 5 классов: национальные, департаментские, проселочные больших сообщений, проселочные

НБ УАУНТ (ДИТ)

общего значения, сельские или полевые. Все эти дороги укреплены каменной одеждой. Протяжение и состояние этой дорожной сети по данным 1930 г. приводится в следующей таблице:

Таблица 3

Тип дорог	Общее протяжение в *км*	В том числе		
		в хорошем сост. *км*	в среднем состоянии *км*	в плохом состоянии *км*
Дороги национальные	39 000	30 000	9 000	—
„ департаментские.....	12 000	5 000	3 400	3 000
„ проселочные больш. сооб.	179 000	85 000	32 000	32 000
„ общего значения	90 000	43 000	30 000	17 000
Сельские дороги.....	333 000	102 000	121 000	101 000
Итого...	350 000	265 000	225 400	159 000
% от общего протяжения ...	100	41	34,5	24,5

Общие расходы на дорожное дело по данным 1929 г. составили:

1) ассигнования на дороги национальные за счет государственного бюджета..... ..... 600 млн. франк.
2) ассигновяния департаментские..... 850 „ „
3) ассигнования коммун..... .... 580 „ „

Итого..2030 млн франк.

В связи с современным кризисом положение дорожного дела во Франции сильно ухудшилось.

Первоначально дорожное дело развивалось в Сев. Америке очень медленно, так как последняя в XVIII веке была английской колонией и английское правительство было мало заинтересовано в развитии торговых связей внутри страны, эксплоатируя главным образом прибрежные районы. Колонии устраивались вдоль восточного побережья на большом расстоянии друг от друга, и сообщение между селениями поддерживалось водой или самыми упрощенными путями, похожими на примитивные тропы. Эти тропы впоследствии превратились в магистральные дороги. Первые дороги, укрепленные каменной одеждой, были построены в пределах городов; к числу их относятся городские улицы. Бостон и Нью-Йорк были вымощены булыжным камнем во второй половине XVII века. Первая щебеночная дорога построена между Филадельфией и Ланкастером в 1797 г., покрытие состояло из набросанных камней разных размеров, покрытых землей. К 1811 г. в Сев. Америке было приблизительно всего около 2500 *км* внегородских дорог. В течение всей второй половины XIX века дорожное дело в САСШ развивалось крайне медленно, и в дорожном отношении Америка больше чем на 100 лет отстала от европейских стран.

Только в 1892 г. были организованы первые дорожные отделы штатов Нью-Джерси и Массачузет, а в 1893 г. при министерстве земледелия был учрежден Отдел дорожных изысканий, который в дальнейшем был переименован в Бюро общественных дорог, явившееся центральным органом по регулированию всего дорожного дела. Развитие монополистического капитализма, связанное с увеличением экспорта и импорта грузов и громадным ростом количества перевозок внутри страны, дало могучий толчок для дальнейшего развертывания дорстроительства в САСШ. Последние годы XIX столетия оказались свидетелями нарождения нового вида транспорта — автомобильного, которому было суждено произвести революцию в дорожном деле и превратить последнее в одну из основных отраслей народного хозяйства Сев. Америки. В 1895 г. у САСШ было зарегистрировано всего 4 автомобиля, уже через 10 лет число их выросло до 78 тыс. шт., следующее десятилетие, к 1915 г., было свидетелем увеличения количества автомобилей до $2^1/_2$ млн., к 1925 г. число автомобилей возросло до 18 млн. шт., а на 1930 г. общее число автомобилей составило $26^1/_2$ млн. шт. Быстрое развитие автомобильного движения в этой стране яви-

УДИТ (ДШТ)

лось толчком к одновременному развитию и дорожного строительства, необходимого для капиталистического хозяйства САСШ.

По своему значению, по характеру заведывания и по финансированию все дороги Сев. Америки можно разбить на три группы: 1. Дороги национального значения или дороги, содержимые частично на федеральные средства, являются наиболее важными магистральными линиями, обслуживающими интересы всей страны. Протяжение этих дорог составляет примерно 7% сети дорог каждого штата или приблизительно 336 000 *км*. 2. Дороги штатного значения, общим протяжением около 469 000 *км*. 3 Дороги местного значения, которые представляют собою наиболее обширную сеть дорог, протяжением около 4 340 000 *км*.

По типам укрепления дороги Сев. Америки можно разбить на три группы:

тяжелого типа, к которым относятся цементно-бетонные дороги, асфальто-бетонные, клинкерные и брусчатые мостовые;

среднего типа—шоссе, связанное водой, шоссе, обработанные различными способами битуминозными материалами, и гравийные, также обработанные битуминозным материалом;

легкого типа — гравийные дороги без обработки, песчано-глинистые и обыкновенные грунтовые профилированные дороги.

Распределение дорог штатного и местного значения с указанием типов их укрепления приводится в таблице 4.

Из приведенной таблицы видно, что американская дорожная сеть имеет грунтовых, ничем не укрепленных дорог 3 907 268 *км* или. 81% общего протяжения и только 19% общего протяжения дорог имеют укрепленную проезжую часть, считая в том числе сравнительно легкие типы укрепления — песчано глинистые (131 666 *км* 2,7% общего протяжения) и гравийные (53 0589 *км*, около 11% общего протяжения).

Таблица 4

Тип дорог	Дороги штатного значения, включая дороги, содержим. за федеральн. помощь	Дороги местного значения [1]
Естественные грунтовые дороги без улучшения	138 906	2 762 326
Грунтовые дороги профилированные с устройством надлежащего водоотвода..	47 952	958 085
Песчано-глинистые дороги..... .	20 129	111 537
Гравийные дороги, обработанные и не обработанные битуминозными материалами	137 751	392 838
Шоссе обработанное, и не обработанное битуминозными материалами .	28 403	68 371
Битуминозное шоссе (с внутренней обработкой).	21 593	18 641
Асфальто-бетон и песчаный асфальт.	10 236	8 247
Цементно-бетонные дороги.....	59 064	16 648
Клинкерная мостовая..... .	5 067	2 214
Брусчатая мостовая.....	262	708
Итого	469 363	4 339 615

Средняя по всем штатам Америки стоимость постройки 1 *км* дороги различных типов приводится ниже.

Песчано-глинистая дорога.....	10 000 руб.	(5 000 долл.)
Гравийная	12 500 „	(6 250 „
Шоссе связанное водой	18 750 „	(9 375 „
Шоссе с внутренней обработкой битуминозными материалами	31 250	(15 625
Асфальто-бетон.	37 500	(18 750
Цементно-бетон	43 750	(21 875
Клинкерная мостовая	50 000	(25 000

[1] Штаты делятся на графства (county), а последние на округа (districts), примерно, по старому нашему административному делению — уезды и волости.

[2] Доклад Henry R. Trumbower — Источники финансирования дорожного дела на VI Международном конгрессе, Вашингтон, 1930.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Федеральным органом, объединяющим дорожное дело во всех штатах, является Бюро общественных дорог, находящееся в ведении Министерства земледелия. Линейными организациями этого бюро является 12 округов, возглавляемых начальниками округов, которым подведомственны 48 дорожных департаментов штатов (от 2 до 7 на каждое окружное управление). К обязанностям Бюро

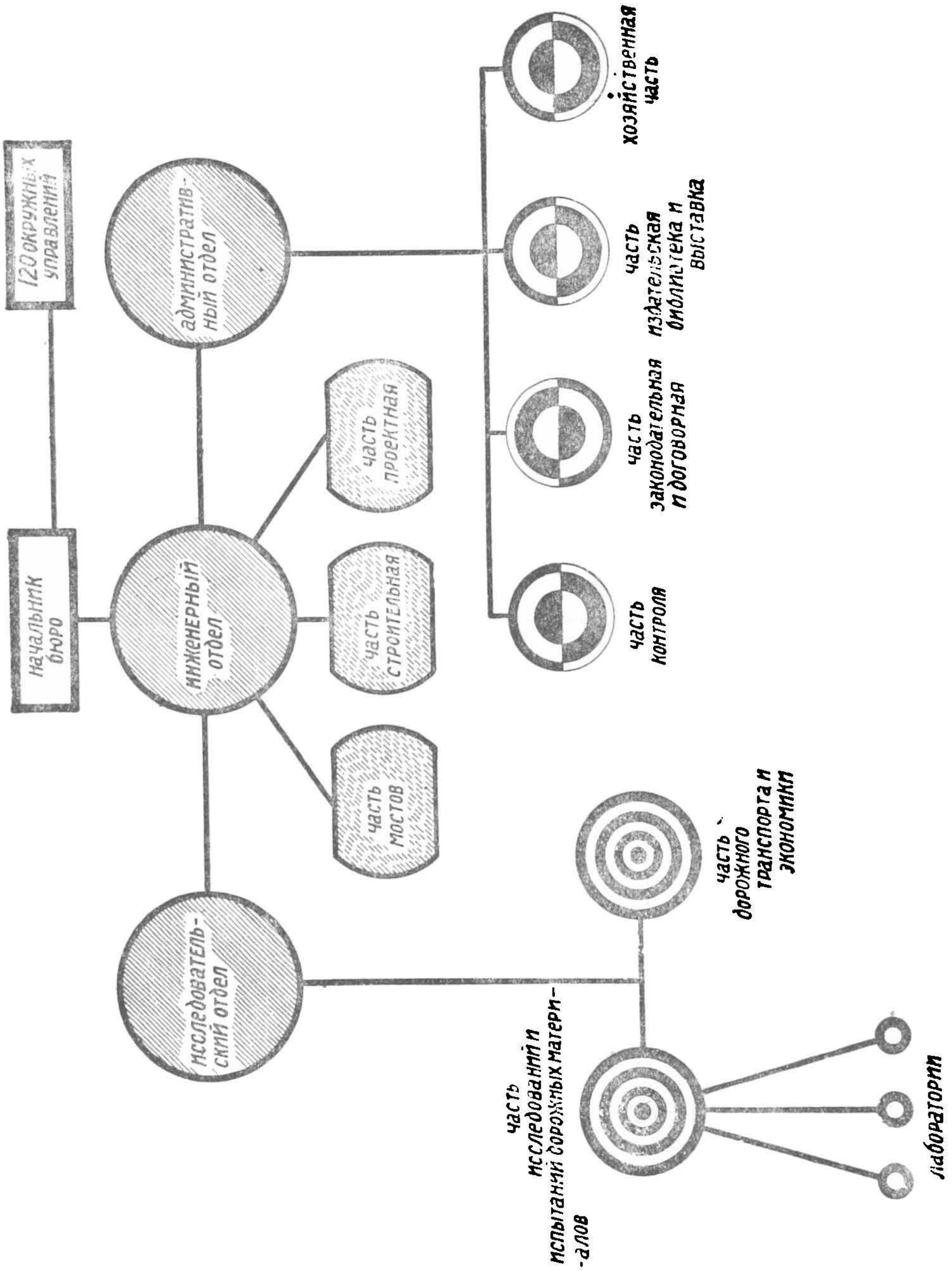


Рис. 3. Схема организации Бюро общественных дорог САСШ.

и его линейных органов относятся: рассмотрение и утверждение сети дорог федерального значения, распределение федеральных кредитов, технический и финансовый контроль постройки дорог за федеральные кредиты, постройка национальных лесных дорог, научно-исследовательская работа, разработка методов финансирования, созыв съездов и проч. Схема организации Бюро общественных дорог приводится на рис. 3. При начальнике Бюро состоят экономисты, консультанты, инспекторы и инженеры для поручений, которые прорабатывают отдельные вопросы по специальным заданиям.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Организация дорожной службы в разных штатах несколько отличается, но тем не менее можно наметитъ следующую общую схему.

Во главе дорожного дела штата стоит дорожный департамент, возглавляемый одним или несколькими (обычно тремя или более) комиссионерами, админи-

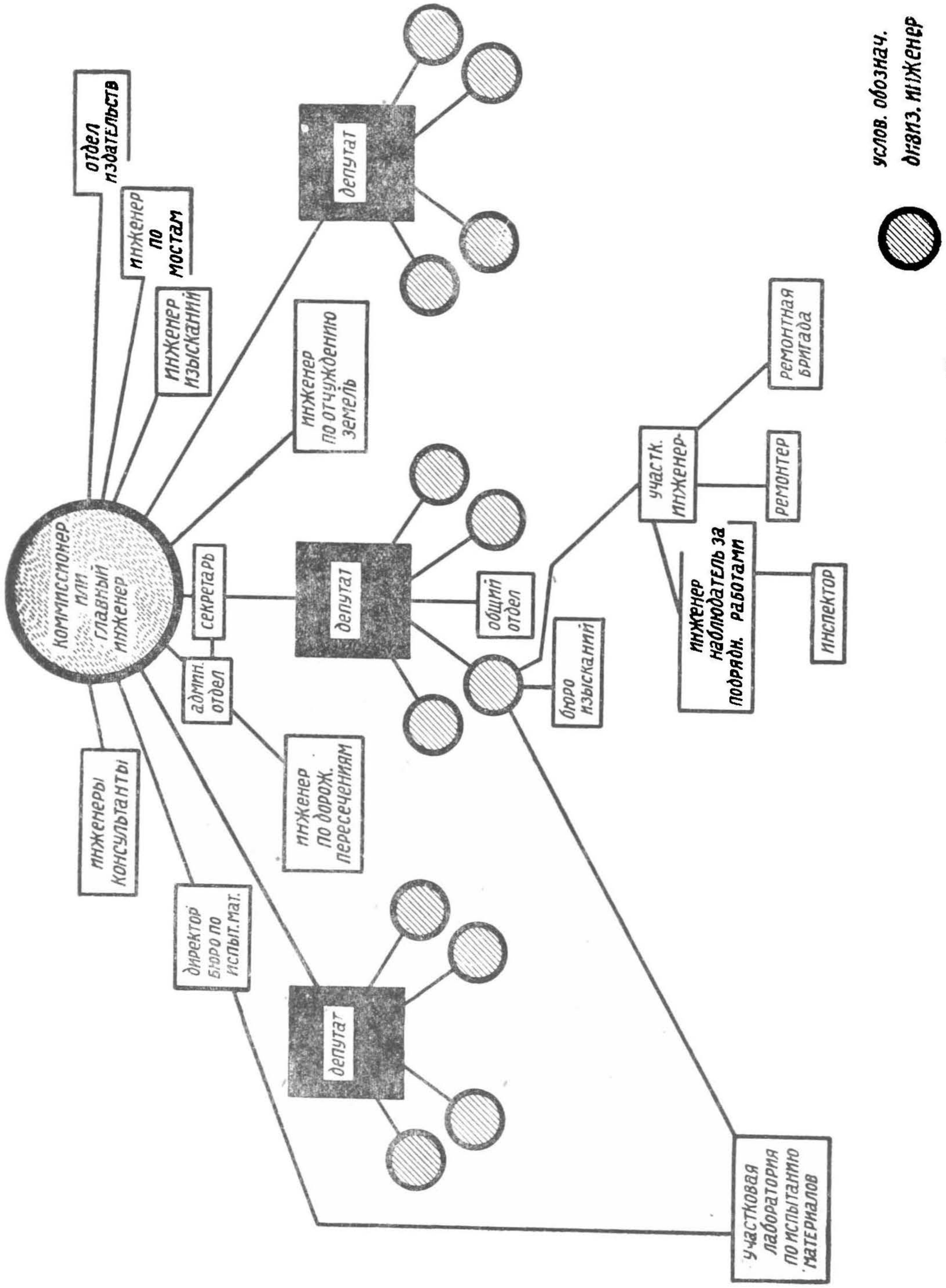


Рис. 4. Схема организации заведывания дорогами в Соед. Штатах.

стративно подчиненными губернатору штата. Комиссионеры в некоторых штатах назначаются губернатором, в других избираются из числа должностных лиц или видных профессоров университетов. Техническое руководство дорожным делом каждого штата возлагается на главного инженера. Дорожный отдел

НБ УДУНТ (ДИТ)

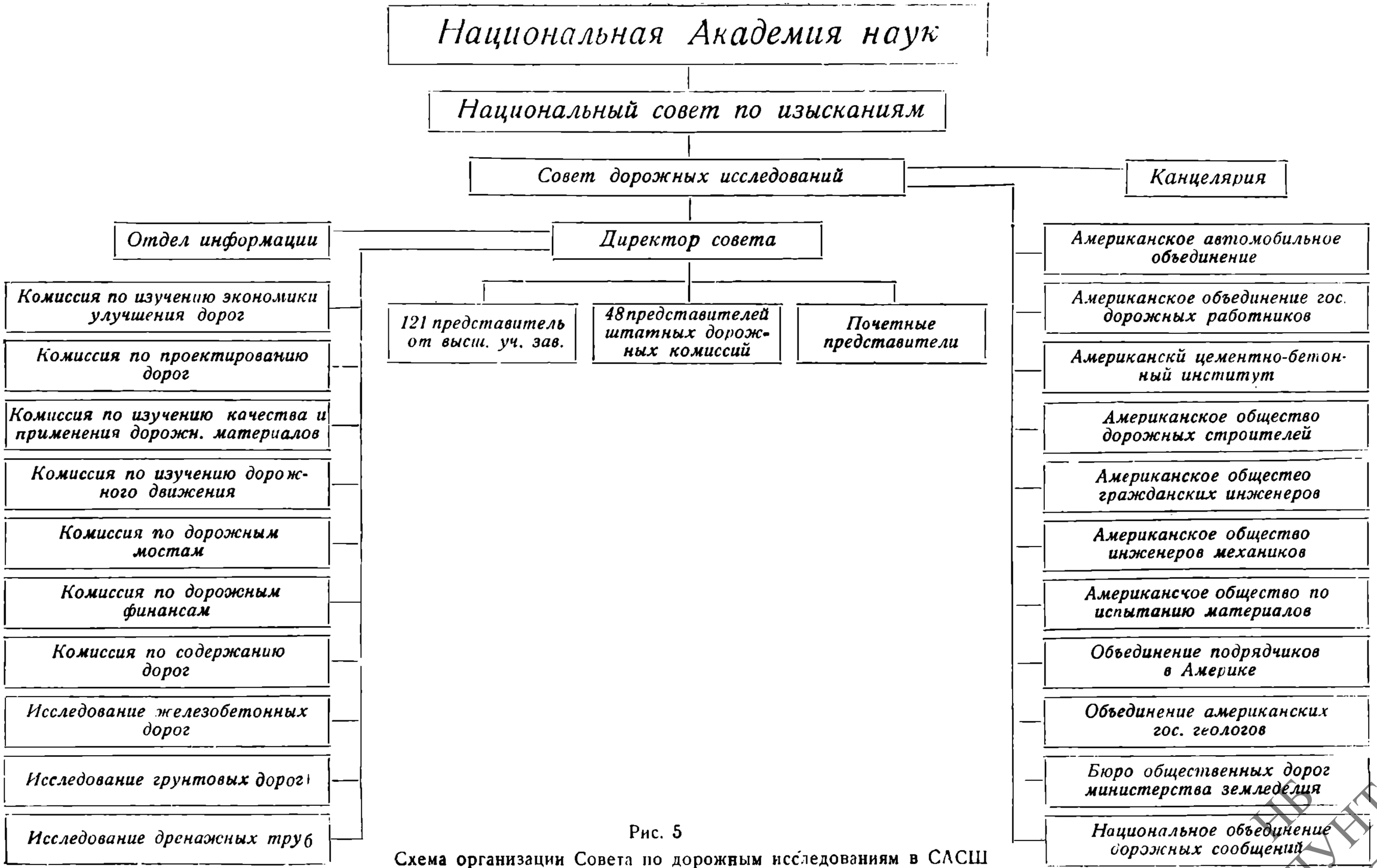


Рис. 5

Схема организации Совета по дорожным исследованиям в САСШ

НБ УДУНТ (ДІІТ)

штата состоит обычно из нескольких отделов: проектный, построечный, изыскательский, по испытанию материалов, по эксплоатации, бухгалтерия, общая канцелярия и пр. Линейная организация состоит из дивизий (отделений), подчиненных дорожному департаменту штата, причем несколько дивизий могут возглавляться одним депутатом данного уезда. Дивизии имеют конторы с небольшим штатом служащих, собственные гаражи, склады дорожных машин и ремонтные мастерские. Протяжение дорог, находящихся в заведывании дивизии в среднем составляет 2000—2500 *км*. В непосредственном подчинении дивизии находятся дорожные участки, возглавляемые начальниками участков. Протяжение дорог, находящихся в ведении участков, колеблется от 250 до 400 *км*. Для отдельных крупных строительных работ назначаются специальные производители работ, подчиненные начальнику дивизии и наблюдающие за выполнением работ, по преимуществу подрядным способом, при посредстве ряда инспекторов.

Ремонтная служба на существующих дорогах состоит или из отдельных ремонтеров, снабженных всем необходимым инструментом и машинами для содержания дороги, или из ремонтных артелей, в распоряжении которых находится один или два грузовых автомобиля, а также все необходимые для содержания дорог машины и снаряды. Протяжение таких околотков ремонтной службы—от 10 до 40 *км*. Заведывание дорогами, отвечающими, примерно, нашим дорогам районного значения, сосредоточено обычно в выборном органе. Последний для непосредственного заведывания дорогами приглашает дорожных инженеров. В округах заведывание дорогами поручается обычно одному из членов окружного совета. Общая организация заведывания дорожным делом в штате изображена на рис. 4. Каждый штат в дорожном отношении вполне автономен, управляется своими дорожными законами, самостоятельно ведет свое хозяйство и расходует на дороги свои собственные средства.

Центральным научно-исследовательским учреждением по вопросам дорожного строительства является Совет дорожных исследований (Highway Research Board) при национальной Академии наук. В состав этого Совета входят представители всех дорожных департаментов штатов и представители высших технических учебных заведений. При Совете имеется целый ряд комиссий, как-то: комиссия по экономике улучшения дорог, по проектированию дорог, по исследованию движения по дорогам, по финансированию дорожного дела, по содержанию дорог, по изучению грунтовых дорог и др. Совет собирается один раз в год в конце декабря на общий съезд, на котором обсуждаются различные вопросы дорожного строительства и устанавливаются основные положения для дорожных исследований. Труды этих съездов издаются в виде отдельных сборников. Общая схема организации Совета дорожных исследований приводится на рис. 5.

К числу общественных организаций, имеющих целью пропагандировать и улучшать технику постройки дорог, принадлежит Американская ассоциации дорожных строителей (American Road Builders Association), объединяющая дорожных инженеров, дорожных подрядчиков, фирмы и заводы, изготовляющие оборудование и машины, связанные с дорожным строительством. Эта ассоциация, существующая с 1902 г., ежегодно в середине января созывает всеамериканский дорожный съезд, местом созыва которого каждый год назначаются различные штаты. При этом съезде устраивается выставка разнообразного машинного дорожного оборудования, на которой свыше 300 фирм ежегодно демонстрируют новейшие модели изготовляемых ими дорожных машин.

На дорожном съезде обычно делается целый ряд докладов, посвященных различным вопросам техники постройки дорог, организации работ, использования оборудования и пр. Труды съезда издаются в виде отдельного печатного сборника.

Основными источниками финансирования дорожного дела САСШ являются: 1) правительственная федеральная помощь штатам, 2) налог на автомобили, 3) налог на горючее, 5) налог на недвижимое имущество, прилегающее к дорогам, и отчисления из общебюджетных средств, 5) дорожные займы и 6) различные поступления. Участие правительства САСШ в финансировании дорожного дела впервые реально осуществилось в 1916 г., когда американские фермеры

НБ УДУНТ (ДИТ)

обзавелись автомобилями и начали требовать устройства дорог для автомобильного движения. В 1916 г. был издан закон о федеральных пособиях на дорожное строительство, согласно которому на пятилетие 1917—1921 гг. была ассигнована сумма в 75 млн. долларов с распределением ее по годам в следующей прогрессии: 5, 10, 15, 20 и 25 млн. долл. Назначение этих сумм состояло в выдаче пособий штатам на сооружение наиболее важных дорог, причем эта помощь со стороны правительства сыграла огромную роль в создании технически правильно построенной сети дорог. Для получения этого пособия каждый штат должен был представить в Бюро общественных дорог планы и профили дороги, чертежи, смету, технические условия, пояснительную записку с изложением существующей организации дорожного дела в штате, плана будущего строительства, а также приложить образцы строительных материалов. В случае удовлетворения проекта всем этим условиям разрешалась выдача субсидии в размере не свыше 50% сметной стоимости, остальная сумма должна быть принята штатом на свой счет. Ассигнованная таким образом сумма федерального пособия выплачивалась штату по окончании работ.

В 1921 г. издан был новый закон, по которому правительство принимало на себя финансовую помощь и технический контроль на 7% протяжения всей сети дорог штатного значения, причем федеральная помощь составляла уже 75 млн. долл. в год. Примерно в таком же размере федеральная помощь ассигнуется правительством САСШ каждый год вплоть до настоящего времени.

Общие ассигнования на дорожное дело САСШ составляют значительные суммы, которые особенно возросли в последнее время. Общий рост ассигнований на дорожное дело виден из нижеследующих данных:

в 1904 г: израсходовано	80 000 000	долл.	1925 г. израсходован.	1 240 000 000	долл.
1913 „	187 520 000	„	1926 „	1 300 000 000	„
1921	1 036 580 000	„	1927 „	1 440 000 000	„
1923 „	992 000 000	„	1928	1 550 000 000	„
1924 „	1 180 000 000	„	1929 „	1 760 000 000	„

Особенно сильно возросло кредитование дорожного дела за последние десять лет до кризиса. Общее распределение израсходованных кредитов на дорожное дело по источникам получения приводится на графике (стр. 27). Из этого графика видно, что правительство участвует в финансировании дорожного дела сравнительно незначительной суммой, основным же источником финансирования для дорог штатного значения является налог на автомобили и горючее, составляющий около 63% всей истраченной суммы, а для местного значения — налог на недвижимость и отчисления от местных фондов, составляющие до 64% всех ассигнований.

Эти крупные ассигнования на дорожное дело дали возможность за последние 25 лет создать в Америке сеть благоустроенных дорог, которые до того времени находились в трудно проезжем состоянии.

Значительное развитие за последние два десятилетия во всех западно-европейских странах техники дорожного дела и необходимость взаимной информации и увязки основных технических вопросов, связанных с постройкой дорог различных типов, и задач, касающихся механического транспорта, выдвинуло вопрос об организации международных дорожных конгрессов, в которых принимают участие представители дорожных организаций всех стран мира. Эти конгрессы начали созываться с 1908 г., причем они должны были созываться в различных странах мира, регулярно через каждые три года, однако вследствие мировой войны до настоящего времени состоялось всего шесть международных дорожных конгрессов.

I конгресс (Париж 1908 г.). Были подвергнуты обсуждению следующие вопросы: 1) Современные дороги. 2) Общие методы ремонта и содержания дорог. 3) Борьба против износа дорожной одежды и пыли. 4) Дороги будущего. 5) Влияние новых типов подвижного состава на дороги. 6) Влияние дорог на подвижной состав. 7) Дорожная сигназизация. 8) Дороги и механический транспорт.

II конгресс (Брюссель 1910 г.): Шоссе и мостовая. Применение связующих веществ. 2) Основание и дренаж дорожной одежды. 3) Устройство на дорожном полотне рельсовых путей местного значения и трамваев. 4) Очистка и поливка дорог и городских улиц. 5) Выбор типа замощения улиц. 6) Производство на улицах работ, связанных с освещением, канализацией и водопроводом.

ЦБ УДУНТ (ДИТ)

7) Влияние нагрузок подвижного состава и скоростей на типы искусственных сооружений. 8) Требования, которым должен удовлетворять подвижной состав. 9) Условия эксплоатации безрельсового транспорта.

III конгресс (Лондон 1913 г.): 1) Проектирование новых дорог и городских улиц. 2. Типы замощения на мостах. 3) Применение гудронов, битумов и асфальтов для дорог. 4) Деревянные мостовые. 5) Освещение дорог и экипажей. 6) Износ дорог. 7) Регулирование быстроходного и грузового движения. 8) Управление постройкой и содержанием дорог; разделение функций центральных и местных властей. 9) Изыскание средств на постройку и содержание дорог.

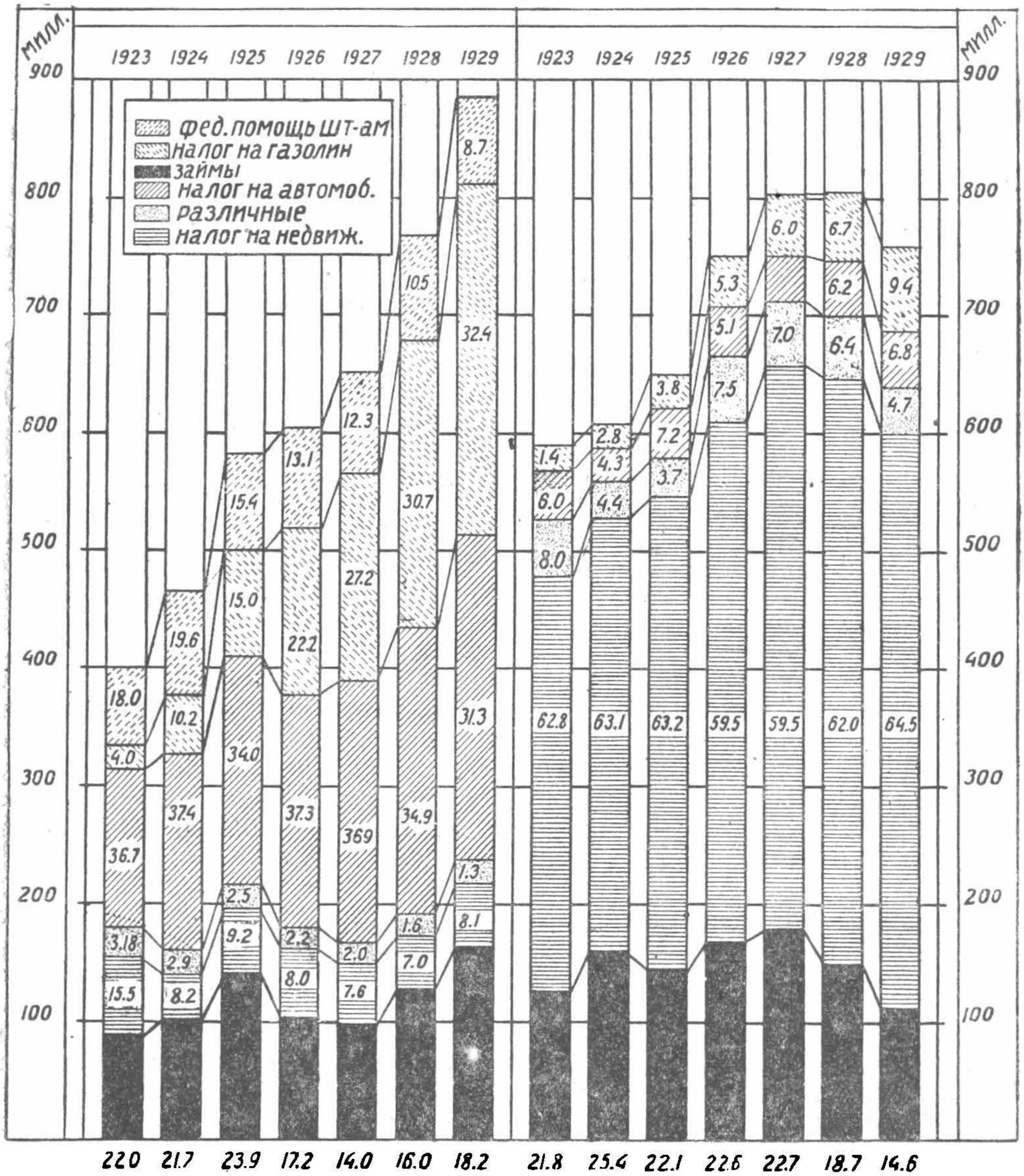


Рис. 6 и 7. График финансирования дорожного дела в САСШ с распределением по источникам кредитования.

IV конгресс (Севилья 1923 г.): 1) Бетонные дороги. 2) Применение битума и асфальтов для дорожной одежды. 3) Укладка трамвайных путей при различных типах замощения. 4) Развитие автомобильного транспорта. 5) Законодательство, регулирующее движение по дорогам. 6) Условия движения на участках дорог и городских улицах с большим скоплением экипажей.

V конгресс (Милан 1926 г.): 1) Бетонные дороги. 2) Дороги из битумов и асфальтов. 3) Стандартизация приемки и испытания дорожностроительных материалов гудрона, битумов, и асфальтов. 4) Учет движения, нормы учета. 5) Планировка и благоустройство городов, в связи с требованиями движения; правила движения в городах. 6) Специальные автомобильные дороги.

VI конгресс (Вашингтон 1930 г.): 1) Результаты постройки и содержания цементно-бетонных мостовых и мостовых из клинкера и других искусственных камней. 2) Новейшие методы приме-

НТБ УДУНТ (ДИТ)

нения дегтя, битума и асфальта при постройке шоссейных дорог. 3) Постройка дорог в новых странах. 4) Финансирование постройки и содержание дорог. 5) Движение по дорогам. 6) Вопросы движения в крупных городах (стоянки и гаражи для автомобилей).

После каждого конгресса выпускаются труды конгресса, соотоящие из всех тех докладов, которые представляютя на конгресс представителями всех стран, и постановлений, которые принимаются конгрессом по каждому вопросу. Постоянное бюро конгрессов помещается в Париже и также выпускает регулярный бюллетень, с информацией постоянных членов международных конгрессов о положении вопросов дорожного дела в различных странах.

Анализируя развитие дорожного дела в капиталистических странах необходимо отметить, что таковое в большинстве случаев подчинялось задачам, связанным с завоевательными целями, эксплоатацией беднейшей части населения и удовлетворяло интересы господствующих классов; при этом густота сети являлась следствием удовлетворения запросов частных предприятий и отдельных лиц и не носила планового характера основанного на развитии всего народного хозяйства страны в целом.

В настоящее время, как сказано выше, мировой экономический кризис очень сильно повлиял на развитие дорожного дела в Америке, значительно сократив темпы развития дорожного строительства, а в некоторых случаях даже приостановив последнее. Особенно он повлиял на механизацию дорожного строительства в сторону значительного сокращения. Дорога преимущественно строится ручным трудом, причем некоторые штаты при ассигновках на дорстроительство выставляют требования — применять исключительно ручной труд. Наряду с этим в капиталистических странах, при наличии перепроизводства, имеется тенденция к завоеванию рынка и сбыта дорожных машин СССР В ответ на это партия и правительство СССР, не отказываясь использовать опыт производства дорожных машин в капиталистических странах, в то же время организовали свое производство, как это видно из плана второй пятилетки.

§ 4. Краткий исторический обзор развития дорожного дела в России и в СССР. В феодальный период развития народов, населявших прежнюю Россию, дорожное дело находилось в полном упадке. Существовали лишь отдельные „ямские дороги", связывавшие те или другие местности главным образом с центром хозяйственной жизни, каким являлась прежняя Москва. О какой-либо планомерной организации дорожного дела не могло быть и речи. Дороги строились средствами крепостных крестьян при громадном расхищении живой человеческой силы. Наиболее крупной дорогой, имевшей административное значение, была перспективная дорога между Петербургом и Москвой, строившаяся с 1720 по 1746 г., причем наиболее трудно проезжаемые места укреплялись жердевым настилом и хворостом, а на остальных участках дорога оставалась грунтовой. В 1817 г. была начата постройка первой шоссейной дороги — Московского шоссе, законченного постройкой в 1834 г., причем в техническом отношении типы шоссейной одежды, принятые при постройке этого шоссе, на его отдельных участках, отразили на себе влияние методов французского инженера Трезаге, представляя собой шоссейную корку, устроенную в большинстве случаев на каменном основании (рис. 8). На заболоченных участках этого шоссе в качестве основания дорожной одежды использовался жердевой настил, который устраивался при прокладке „перспективной дороги", и на этом настиле возводилась шоссейная кора (рис. 9). Следы подобных жердевых настилов попадаются еще до настоящего времени при капитальных перестройках этого шоссе. В дальнейшем, кроме Московского шоссе, был построен ряд других магистральных шоссе, как например Киевское, Псково-Рижское, целый ряд шоссе в Западном крае, часть Военно-Грузинского шоссе, часть крымских шоссе и др. В течение этого периода была установлена классификация дорог и система их финансирования; дороги были разбиты на пять классов: 1) дороги главных сообщений или государственные — устраивались и содержались за счет государства Главным управлением путей сообщения; 2) дороги больших сообщений; 3) дороги обыкновенных почтовых сообщений из губернии в губернию — оба эти класса дорог находились в ведении министерства внутренних дел; 4) дороги уездных торговых и почтовых сообщений — оставались на попечении земской полиции; 5) сельские и полевые дороги — содержание их было отнесено к обязанностям владельцев и государственных крестьян, через участки которых они пролегали.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

В эпоху развития капитализма в России потребности растущей буржуазии заставили обратить внимание на улучшение дорожного дела, частично переданного в ведение земства. Этот период развития дорожного дела совпал с ростом железнодорожного строительства, на которое было обращено большое внимание правительства и ведомства путей сообщения с отпуском необходимых кредитов. Шоссейно-дорожное дело отошло уже на второй план, и постройка шоссейных дорог ограничивалась очень ничтожной цифрой. Так, в период с 1840 по 1860 г. ежегодно строилось новых шоссе 275 *км*, а в период с 1860—1867 только 110 *км*, в дальнейшем постройка дорог еще больше сократилась и достигала ежегодно цифры 15—60 *км*.

Начиная с 1895 г., когда был издан закон об образовании дорожного капитала, дорожное дело начало оживляться и земства повели более интенсивное дорожное строительство. За период времени с 1895 по 1913 г., т. е. за 18 лет, ими было выстроено около 8 500 *км* дорог с каменной одеждой, т. е. в среднем по 500 *км* в год.

В общем до начала империалистической войны дорожная политика царского правительства оставалась неизменной, дорожное хозяйство находилось на средневековом уровне; Россия продолжала утопать в трясине бездорожья и дороги были приспособлены в большинстве случаев для вьючного транспорта. В результате дорожное строительство было по масштабу ничтожно, по технике чрезвычайно низко и по темпам крайне медленно.

Период империалистической войны потребовал особого напряжения со стороны дорожного хозяйства, так как дорожная сеть оказалась совершенно неподготовленной к усиленным передвижениям воинских частей, а потому царскому правительству пришлось затратить несколько сот миллионов на приведение в исправность дорог, как в районе театра военных действий, так и в тылу. Однако в большинстве случаев все эти кредиты были истрачены крайне непроизводительно, так как многие из отстроенных дорог и мостов приходилось снова разрушать, работы производились технически безграмотно из-за отсутствия достаточно подготовленного технического персонала и полного отсутствия потребного для работ машинного оборудования, так что, несмотря на значительные затраченные суммы, страна за указанный период не улучшила своей дорожной сети.

Из приведенных данных видно, что к началу революции дорожное хозяйство находилось в самом зачаточном состоянии.

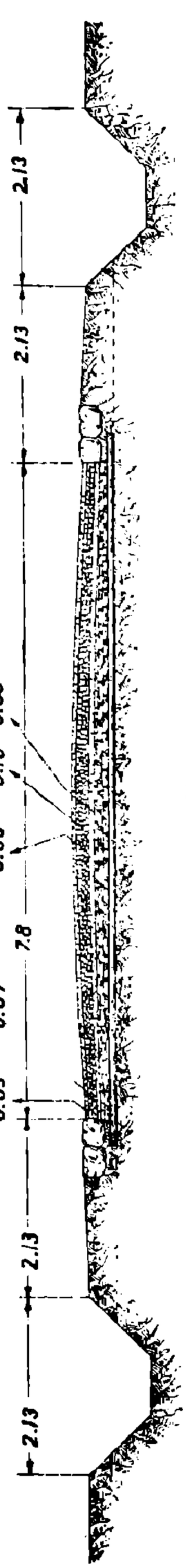


Рис. 8. Поперечный профиль старого Московского шоссе на каменном основании.

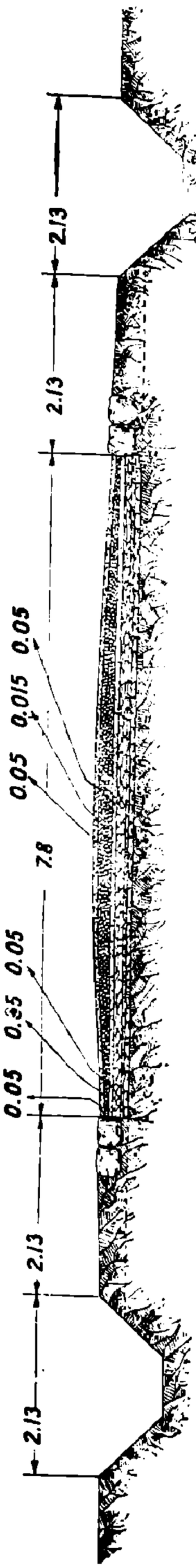


Рис. 9. То же, на жерд

После Октябрьской революции дорожное дело в организационном отношении впервые было объединено в новом органе—Главном комитете государственных сооружений, в состав которого вошло управление шоссейных и грунтовых дорог. На местах все дороги находились в ведении соответствующих местных комитетов при губернских советах РК и КД; местные комитеты были подчинены непосредственно центру.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Начиная с 1922 г. было приступлено к более систематическому восстановлению дорожного хозяйства и урегулированию заведывания дорогами. В связи с образованием в 1922 г. местного бюджета и местных средств, часть дорог была передана на местный бюджет. Это повлекло за собой выделение государственных дорог в особую группу и создание для каждой из групп особой системы управления. Местные дороги были переданы в отделы коммунальных хозяйств ГИКов под общим руководством Главного управления коммунального хозяйства НКВД РСФСР, а затем НКВД союзных республик, а дороги общегосударственного (общесоюзного) значения—в ведение Центрального управления местного транспорта (ЦУМТ), входящего в состав НКПС. Непосредственное заведывание дорогами общегосударственного значения было распределено между 15 окружными управлениями местного транспорта, в которых сеть дорог общегосударственного значения была разбита между соответствующими участками. Для облегчения разделения всей сети дорог на разряды, в целях уточнения порядка заведывания ими, а также финансирования, в сентябре 1924 г. было издано постановление ВЦИКа и СНК РСФСР о разделении шоссейных дорог на разряды и о нормах полосы отвода для них. Согласно этому постановлению все дороги разделялись на пять разрядов: 1-й разряд—дороги государственного значения; 2-й разряд—дороги губернского значения и областные в областях; 3-й разряд—уездные (окружные и кантонные) дороги; 4-й разряд—волостные (районные, участковые и сельские), 5-й разряд—полевые и дороги специального назначения (заводские, лесные, курортные и др.). В этом же постановлении указывался порядок составления и утверждения списков дорог каждого разряда, а также нормы полосы отвода земли для каждого разряда дорог.

Недостаточность кредитования местной дорожной сети вызвала постановление ВЦИКа и СНК от 17 августа 1925 г. о порядке финансирования местного дорожного строительства. Согласно этому постановлению, на нужды дорожного дела исполкомами должно отчисляться ежегодно не менее 3% всего местного бюджета, за исключением Ленинградской и Московской областей, для которых этот процент был снижен до 2; кроме того, согласно этому декрету, сельсоветам давалось право привлечения трудоспособного населения к работам по устройству, улучшению и содержанию дорог и дорожных сооружений сельского и районного значения в том случае, если предварительно общий сход граждан данной сельской местности большинством голосов решил участвовать в этих работах.

Однако все эти мероприятия оказались мало действительными, для того чтобы привести дорожное дело к тому положению, при котором оно могло бы удовлетворить требования, предъявляемые к нему как со стороны быстро растущего народного хозяйства, так и со стороны развивавшегося гужевого, а в особенности механического транспорта; поэтому в 1928 г. правительство СССР учредило особую комиссию по разработке мероприятий по улучшению дорожного и автомобильного дела. В результате работы этой комиссии последовало постановление ЦИК и СНК СССР о дорожном хозяйстве и автомобильном деле СССР от 28 ноября 1928 г. Согласно этому постановлению, НКПС в отношении регулирования и планирования дорожного дела присваивались функции объединенного наркомата, для каковой цели в составе НКПС организовалось Центральное управление шоссейных и грунтовых дорог и автомобильного транспорта (Цудортранс). При совнаркомах союзных республик организовались главные управления шоссейных и грунтовых дорог и автомобильного транспорта (главдортрансы), в которых сосредоточивалось общее руководство дорожным хозяйством в пределах данной союзной республики. Наконец, для непосредственного заведывания всеми шоссейными и грунтовыми дорогами как государственного (общесоюзного и республиканского), так и местного значения, организовывались местные органы при совнаркомах автономных республик и местных исполнительных комитетах (край- и облдортрансы). Означенное постановление внесло большую определенность в вопросы финансирования дорожного дела в отношении дорог как государственного, так и местного значения; в частности придавалось целевое назначение на нужды дорожного строительства потонному сбору, взимаемому с грузов, привозимых

НБ УДУНТ (ДИТ)

и вывозимых по железнодорожным путям; предлагалось по местному бюджету на 1928/29 г. выделить 25 млн. руб. на строительство первоочередных подъездных путей, предлагалось создать общереспубликанские дорожные фонды, признавалось обязательным участие промышленности в расходах по дорожному делу и, наконец, предлагалось правительствам союзных республик при-

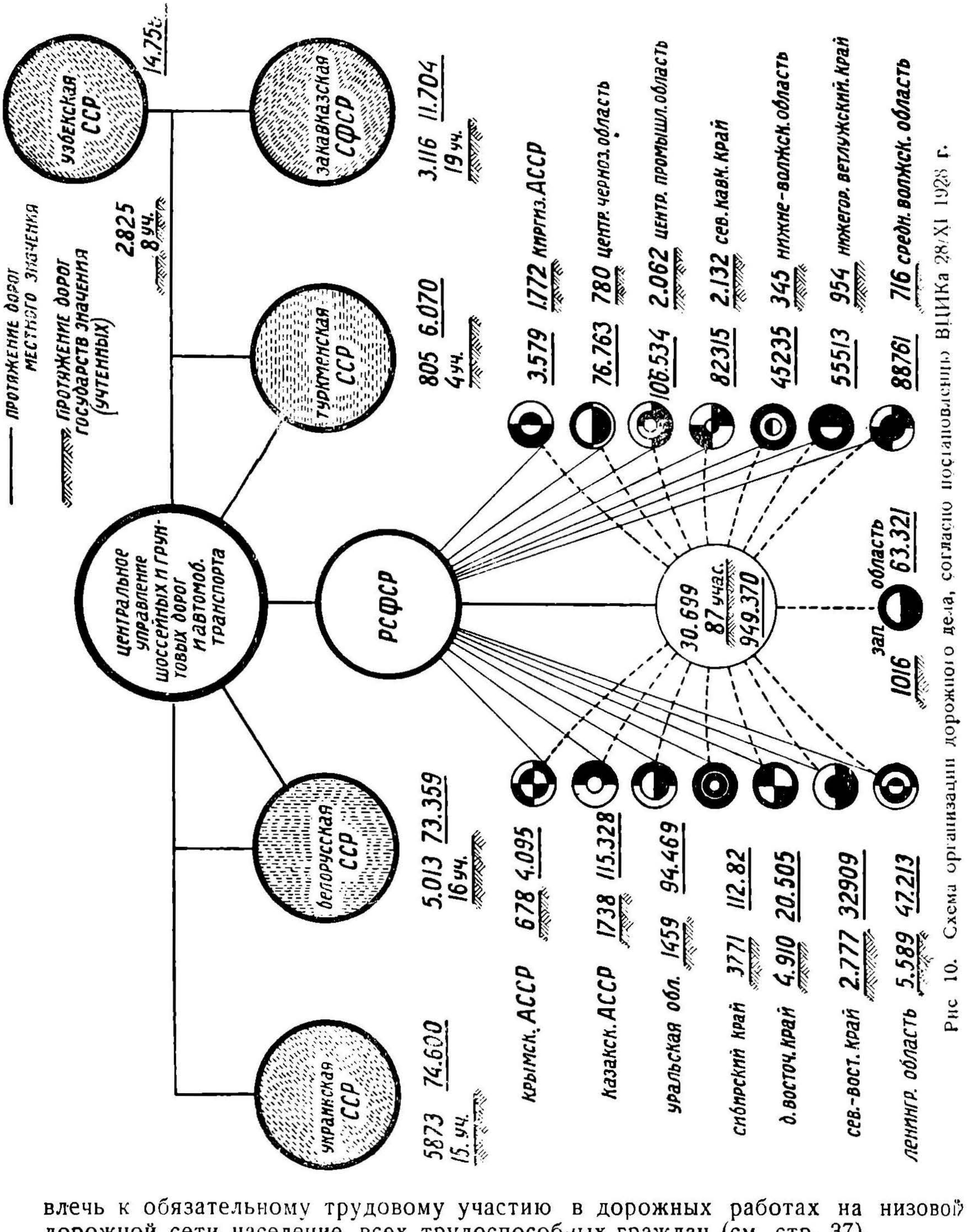


Рис. 10. Схема организации дорожного дела, согласно постановлению ВЦИКа 28/XI 1928 г.

влечь к обязательному трудовому участию в дорожных работах на низовой дорожной сети население, всех трудоспособных граждан (см. стр. 37).

Схема организации дорожного дела согласно этому постановлению приводится на рис. 10.

Этим постановлением намечалось внести необходимое единство и систему твердой плановости в дорожное хозяйство и автомобильное дело Союза.

НБ УДМТ (ДШТ)

В дальнейшем, в связи с развитием дорожных работ и расширением постройки новых грунтовых и шоссейных дорог, а также в связи с реконструкцией существующих типов на более усовершенствованные пришлось в структуре краевых и областных дорожных органов, непосредственно ведавших дорогами, отделить работы по эксплоатации существующей сети дорог от работ по постройке новых и реконструкции существующих. Последнее положение нашло себе отражение в постановлении ЦИКа и СНК СССР от 31 ноября 1930 г. „О порядке финансирования дорожного хозяйства и об образовании дорожно-строительных контор". Для этой цели, во-первых, были созданы эксплоатационные участки, которые в известных случаях принимают на себя консультацию по содержанию дорог низовой сети рицами, а во-вторых—для постройки был создан в структуре облдортрансов на правах самостоятельной хозрасчетной единицы Дорстрой с сетью строительных контор.

Подобная схема заведывания изображена на рис. 11 и 12.

Хотя закон 28 октября 1928 г. ликвидировал раздвоенность в управлении дорожным хозяйством, все же он не установил точных взаимоотношений между центральными и местными органами. Кроме того нахождение центрального аппарата в НКПС не давало ему возможности самостоятельно разрешать в широком масштабе все вопросы, касающиеся нужд автодорожного хозяйства, и иметь самодовлеющее, равноправное значение наряду с прочими видами транспорта. Сильное развитие эксплоатации автомобильного транспорта заставило еще больше связать вопросы дорожного дела с тем транспортом, который непосредственно пользуется дорогами. В силу этих положений—в мае 1931 г. последовало постановление ВЦИКа и СНК СССР о выделении Цудортранса из ведения НКПС и придании ему положения самостоятельного управления, на правах наркомата при СНК СССР, а также включении в состав нового управления мощной автоэксплоатационной организации— Союзтранса, ранее находившегося в непосредственном подчинении коллегии НКПС. Этим постановлением для Цудортранса и находящегося в его ведении дорожного и автомобильного дела начинается новая эра. Она позволит поставить дорожное дело на ту высоту, которая требуется условиями развития социалистического народного хозяйства.

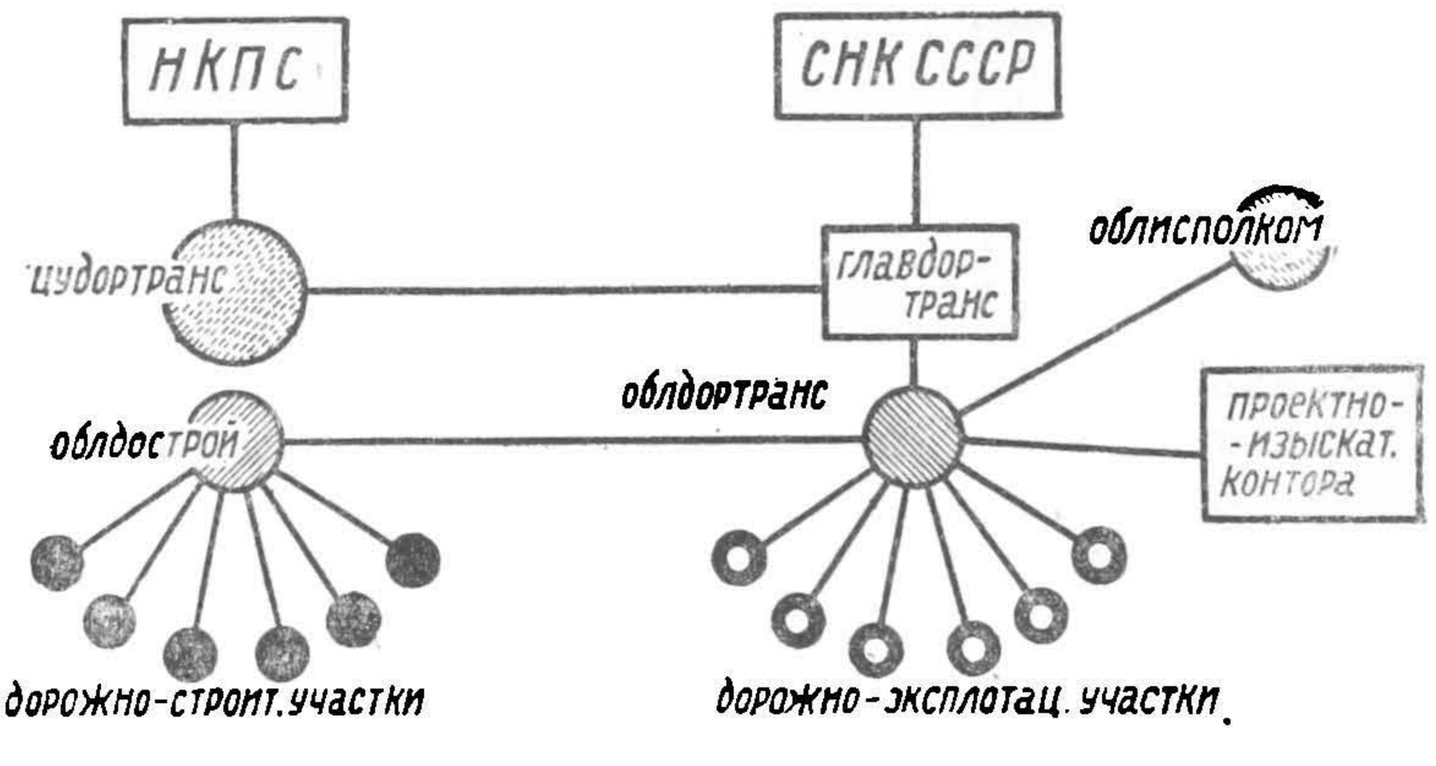


Рис. 11. Схема заведывания дорожным делом с разделением строительных и эксплоатационных функций.

Вся научно-исследовательская работа в дорожном деле в настоящее время сосредоточена в Центральном автодорожном научно-исследовательском институте (Циат) и подобных же институтах, организованных в отдельных республиках. В круг ведения означенных институтов входят следующие главнейшие вопросы:

1. Исследование, изучение и испытания дорожно-строительных материалов.
2. Постройка опытных участков дорог с новейшими типами покрытий, с постановкой наблюдений за состоянием этих участков в период эксплоатации.
3. Изучение механизации дорожных работ с исследованием конструктивных и эксплоатационных характеристик отдельных машин и установок.
4. Исследование вопросов эксплоатации автотранспорта.
5. Экономические исследования, связанные с реконструкцией автодорожного хозяйства.
6. Составление инструкций, руководств и пособий по автодорожному делу.

В дальнейшем, в связи с расширением дорожных работ, намечается создание отдельных самостоятельных институтов по постройке дорог, по дорожно-

УДУНТ (ДИТ)

строительным материалам, по дорожным машинам, по автоэксплоатации и по экономическим исследованиям.

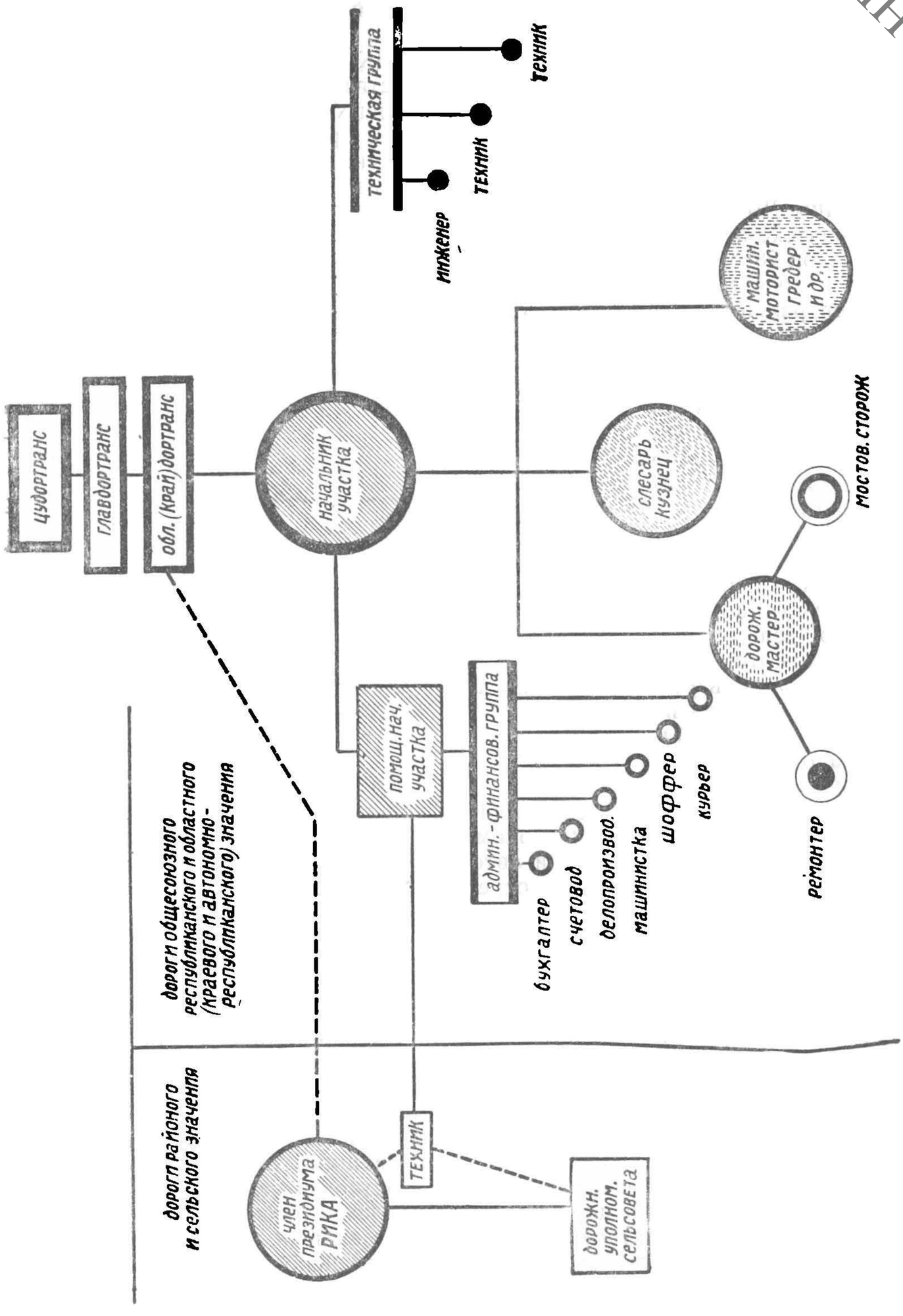


Рис. 12. Схема нормального эксплоатационного участка.

Грандиозные задачи, стоящие в настоящее время перед хозяйством СССР, побуждают партию и правительство обращать особое внимание на развитие

дорожного дела в связи не только с развитием социалистической экономики, но и общей обороноспособности страны. В целях завершения социалистической реконструкции народного хозяйства СССР XVII партконференция поставила задачей обеспечить сухопутно-безрельсовому транспорту более быстрые темпы развития, чем по другим видам транспорта. Отсюда необходимость коренной реконструкции всеи системы и всей структуры этой отрасли транспорта и ее отдельных элементов, среди которых безрельсовые пути сообщения занимают большое место. По мере усовершенствования безрельсового транспорта роль гужевого транспорта постепенно должна уменьшаться, он должен постепенно вытесняться механическим транспортом, в свою очередь влияющим на усовершенствование путей сообщения. Оба фактора — механизация транспорта и улучшение дорожной сети — должны достигнуть у нас такого уровня, чтобы мы могли „догнать и перегнать" капиталистические страны на основе исторических указаний т. Сталина.

В результате уже в 1931 г. партия и правительство четко наметили те основные вехи, по которым будет развиваться дорожное дело СССР, причем сопоставление путей и масштабов развития дорожного дела в СССР и в капиталистических странах показывает, насколько быстро по темпу развития мы начинаем опережать те страны, которые еще несколько лет тому назад были впереди нас в этом отношении. Эти темпы развития позволят нам уже во второй пятилетке занять первое место по дорожному делу, привлекая к этой проблеме энтузиазм, творчество и инициативу многомиллионного трудового населения СССР на основе соцсоревнования и ударничества. Но не только в количественном отношении в дорожном деле мы быстро приближаемся к цели „догнать и перегнать", еще более успешная работа осуществляется сейчас и в отношении повышения качественных показателей Здесь мы уже определенно переходим в дорожном деле от „лопаты и мотыги" к скреперу и экскаватору.

Ленин в своих последних работах подчеркивал, какое колоссальное значение должно иметь у нас развитие безрельсового транспорта. „Посадить крестьянина на трактор и рабочего на автомобиль и весь СССР сделать первой автомобилизированной страной в мире". Мы уже на пути к разрешению этой величайшей проблемы. Безкризисное развитие нашего хозяйства приобретает еще большую эффективность на фоне мирового экономического кризиса, охватившего все капиталистические страны. Тормозящее влияние последнего, приведшего в ряде стран к полной деградации дорожного дела, одновременно выявляет правильность генеральной линии ВКП(б), политика которой направлена на уничтожение разницы между техникой города и деревни и ликвидацию расхождения темпов их экономического развития.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ПРОТЯЖЕНИЕ И СОСТОЯНИЕ ДОРОЖНОЙ СЕТИ СССР ПЛАНЫ ДОРОЖНЫХ РАБОТ ПЕРВОЙ и ВТОРОЙ ПЯТИЛЕТКИ

§ 5. Протяжение и состояние дорожной сети в СССР. Общее протяжение дорожной сети во всех частях света приводится в нижеследующей таблице:

Таблица 5

Часть света	Общее протяжение	Площадь территории в *км²*	Общее число автом.	Площадь в *м²*, приход. на 1 *км* дороги	Число автомоб., приход. на 1 *км*	Количество жителей, приход. на 1 автомаш.
Америка	6 001 103	40 729 503	26 455 964	6,7	4,4	9,2
Европа.....	3 920 702	26 707 862	41 401 126	7,0	1,05	100,4
Африка	420 672	30 378 397	287 687	72,0	0,68	493,2
Азия.....	1 622 422	26 965 109	432 819	16,6	0,27	2 642,3
Австралия, Новая Зеландия и тихо-океанские острова	561 381	8 543 651	[illegible]	5,2	1,26	12,8
	12 526 280	133 324 522	32 028 584	[illegible]	2,5	59,91

ЗБПИ № 18930
НБ УДИНТ (ДИТ)

Как и следовало ожидать, наиболее обслуженными частями света в отношении дорог являются Европа и Америка, с крупным развитием промышленности и всего народного хозяйства. Первое место по протяжению дорожной сети среди всех стран мира занимают САСШ —4 850 000 *км*; второе — СССР, в котором насчитывается до 3 000 000 *км* дорог; третье место занимает Япония — 926 000 *км*, четвертое — Франция — 650 000 *км* и пятое — Канада —614 000 *км*.

В отношении дорог, покрытых каменной одеждой (шоссейных, мостовых и гравийных), наиболее пригодных для движения во всякое время года, а также в отношении обслуживания дорогами территории и населения СССР во много раз уступает многим странам; хотя, как указывалось выше, общее протяжение дорог Союза достигает 3 млн. *км*, однако в большинстве случаев эти дороги не учтены, и учтенных дорог насчитывается не более трети всего протяжения.

Протяженность и подразделение сети автогужевых дорог СССР к началу и к концу второго пятилетия по последним данным приводится в следующей таблице:

Таблица 6

Тип дорог	На 1/I 1933 г.		Строится за 5 лет 33—37 г.	На 1/I 1938 г.	
	км	%		*км*	%
1. Естественные грунтовые	1 348 652	88,8	—	1 108 652	73,1
2. Грунтовые улучшенные	116 203	7,7	178 600	294 803	19,4
3. Гравийные	12 664	0,8	35 100	47 764	3,1
4. Гравийное шоссе	3 835	0,3	4 200	8 035	0,5
5. Булыжная мостовая	19 806	1,3	5 900	25 706	1,7
6. Щебеночное шоссе	15 881	1,0	9 800	25 681	1,7
7. Усовершенствованные дороги („черное шоссе“)	9 315	0,1	6 100	7 031,5	0,5
8. Высшие типы (асфальто-бетон, клинкер и др.)	132,5	—	300	432,5	—
Итого	1 518 105	100%	240 000	1 518 105	100%
В том числе искусственных	169 453	11,2%	240 000	409 453	26,9%

Из приведенной таблицы видно, что дорог с каменной одеждой в данный момент насчитается в СССР 48 369,5 *км* против 22 000 *км* имевшихся к началу восстановительного периода, таким образом протяжение наиболее совершенной сети дорог за период советской власти увеличилось более чем в два раза.

Вследствие отсутствия надлежащего ухода и содержания дорог в течение империалистической и гражданской войн наша дорожная сеть оказалась в крайне неудовлетворительном состоянии. К моменту начала реконструкции дорожного хозяйства (1928 г.) основные шоссейные магистрали, ввиду сильной загрязненности и значительного износа шоссейной коры, толщина которой уменьшилась местами до 1—6 *см*, нуждались в полном обновлении примерно на 70% общего протяжения. Сеть гравийных дорог находилась в неудовлетворительном состоянии на 65% общего протяжения, а грунтовых — на 95%, причем последние дороги в большинстве районов Союза оказались трудно проезжими даже для обыкновенных гужевых повозок.

Применение усовершенствованных типов дорог началось только с 1929 г., причем за последние два года по всему Союзу построено около 1 000 *км* так называемых „черных“ дорог разных типов; наиболее совершенный тип покрытия — асфальто-бетонные мостовые — насчитывает не более 100 *км*.

Из приведенных данных видно, что ближайшие годы потребуют от дорожных организаций полной реконструкции дорожной сети с применением новейших типов дорожных покрытий как дешевых, так и усовершенствованных, а также введения новейших методов дорожного строительства, полного освоения передовой техники и установление регулярного ремонтного содержания отстроенной сети дорог за предыдущий период.

§ 6. Финансирование дорожного дела в СССР. Первый этап восстановительного периода народного хозяйства СССР не был благоприятен в отношении финансирования дорожного дела: хотя размер ассигнований возрастал с ка-

НБ УДУНТ (ДИТ)

ждым годом, все же он был далеко недостаточен для ликвидации запущенности и восстановления дорожной сети. Отпуск средств из общесоюзного бюджета на дороги госзначения и из местного бюджета на дороги местного значения приводится в следующей таблице:

Из таблицы видно, что финансирование дорожных работ за последние семь лет возросло почти в 25 раз.

Таблица 7

Года	Отпуск средств в тыс. руб.		
	на дороги общесоюзного знач.	на дороги местного значения	Итого
1923/24	5 008	7 400	12 408
1924/25	13 036	15 600	28 636
1925/26	20 280	24 000	44 280
1926/27	26 960	40 100	64 060
1927/28	46 273	77 100	123 373
1928/29	73 000	62 400	135 400
1929/30	115 000	175 000	290 000

Однако необходимость направить средства в первую очередь на восстановление и создание крупной промышленности и на социалистическую реконструкцию сельского хозяйства не могла не отразиться на финансировании дорожного строительства.

„Основная задача первой пятилетки состояла в том, чтобы перевести нашу страну с ее отсталой, подчас средневековой техникой—на рельсы новой современной техники. Основная задача пятилетки состояла в том, чтобы превратить СССР из страны аграрной и немощной, зависимой от капризов капиталистических стран — в страну индустриальную и могучую, вполне самостоятельную и независимую от капризов мирового капитала" (из речи т. Сталина на Объединенном Пленуме ЦК и ЦКК ВКП (б) от 7/I—33 г.

Необходимо было дать стране сначала тракторные и автомобильные заводы и заводы дорожных машин, на базе которых в дальнейшем должно быстрыми темпами развиваться дорожное дело — по этой причине ассигнования на дорожное дело в течение восстановительного периода и первой пятилетки хотя из года в год и росли, однако все же не достигали норм, необходимых для удовлетворения потребности.

Основными постановлениями правительства, регулирующими вопросы финансирования дорожных работ, являются:

инструкция к постановлению ВЦИК и СНК от 17 августа 1925 г. о мероприятиях по местному дорожному строительству, утвержденная СНК РСФСР 19 февраля 1925 г.;

постановление ВЦИКа и СНК СССР от 28 ноября 1928 г.;

постановление ВЦИКа и СНК РСФСР о мероприятиях по местному дорожному строительству от 1 апреля 1929 г.;

постановление ВЦИКа и СНК СССР от 3 ноября 1930 г. „О порядке финансирования дорожного хозяйства и об образовании дорожно-строительных контор".

Согласно указанным законоположениям основными источниками финансирования дорожного дела должны служить следующие:

1) ассигнования по общесоюзному бюджету,
2) „ по бюджетам союзных республик,
3) „ по местному бюджету,
4) поступления от потонного сбора,
5) „ от промышленности,
6) „ от торгово-посреднического оборота,
7) трудовое участие населения.

Ассигнования из общесоюзного бюджета целиком идут на работы, связанные с улучшением и постройкой наиболее важной сети дорог Союза — на дороги общесоюзного значения. Размер этих ассигнований, согласно решениям правительства, должен составлять примерно 1,8% от бюджета СССР. Кроме того намечается создание общесоюзного дорожного фонда в размере 0,6% от бюджета СССР. Этот фонд намечено расходовать на: а) новые подъездные пути к строящимся железным дорогам; б) отдельные крупные сооружения, в которых заинтересован СССР в целом; в) шоссейные дороги, предназначенные к строительству взамен отдельных железнодорожных путей. За пятилетие 1928/29—1933 гг. намечено выделить из этого фонда на дорожное дело 1 247 млн. руб.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Ассигнования по бюджетам союзных республик на дороги республиканского значения намечены в размере 1,5%—1,75% от бюджетов союзных республик. За пятилетие 1928/29—1933 гг. этот источник должен был дать 249,75 млн. руб.

Ассигнования по местному бюджету предусматривают работы на дорогах областного и районного значения, представляющих наиболее обширную и наиболее запущенную сеть дорог. Размер отчислений по местному бюджету составляет в среднем 1,3% от всего бюджета и на пятилетку 1928/29—1933 гг. исчислялся в сумме 291 млн. руб.

Поступления от потонного сбора имели то же целевое назначение которое придавалось местному налогу с грузов, привозимых и вывозимых по железнодорожным путям сообщения согласно постановлению правительства от 28 ноября 1929 г. В силу данного постановления весь налог с грузов целиком должен обращаться исключительно на нужды дорожного дела. В связи с значительным ростом народного хозяйства СССР этот вид финансирования дорожного дела должен был дать значительную сумму за пятилетие (1928/29—1933 гг.) 916,9 млн. руб. В связи с отменой различных налогов и сборов, в том числе и потонного сбора, и заменой их унифицированными налогами, поступающими непосредственно в местный бюджет, этот вид финансирования дорожного дела должен быть переключен на поступления из местных кредитов,

Поступления от промышленности предусматривают участие промышленных предприятий, как непосредственных потребителей безрельсового транспорта, в расходах на дорожное строительство. Эта доля участия исчислялась в 0,25% от стоимости валовой продукции промышленности по пятилетке, что составило на срок пятилетнего плана (1928/29—1933 гг.) общую сумму в 479,7 млн. руб.

Поступления от торгово-посреднического оборота предусматривают участие кооперации, госторговли и заготовительных органов, извлекающих большие выгоды от улучшения дорожной сети, в расходах на дорожное строительство. Это участие также должно выразиться в отчислении 0,25% от общих торгово-посреднических оборотов, что составило за срок пятилетки (1928/29—1933 гг.) общую сумму в 690 млн. руб.

Трудовое участие населения является одним из наиболее крупных рессурсов, какие должны быть использованы для постройки и улучшения дорожной сети всех категорий. К этому вопросу должно быть привлечено внимание местных органов власти и вокруг него должна быть организована широкая рабочая и колхозная общественность, так как громадные задачи, стоящие перед дорожным строительством, могут быть разрешены лишь при условии массового участия трудящихся сельских местностей.

Согласно постановлению ВЦИКа и СНК РСФСР от 10 августа 1931 г. к трудовому участию населения в дорожном строительстве привлекается все наличное трудоспособное трудовое крестьянство, как коллективизированное, так и не коллективизированное, в возрасте от 18 до 45 лет, на срок 6 дней в году, с рабочим скотом и необходимыми гужевыми транспортными средствами и инвентарем. Нетрудовое население сельских местностей и кулацкая часть крестьянства привлекаются к дорожным работам на срок 12 дней ежегодно.

Сельское население привлекается к дорожным работам, которые производятся не далее как за 10 *км* от места его жительства. Сельсоветам предоставляется право в исключительных случаях заменять для отдельных граждан по их ходатайствам трудовое участие в дорожном строительстве денежными взносами из расчета средней ставки зарплаты, существующей в данной местности. Наряду с сельскохозяйственным населением к участию в дорожных работах привлекаются также машино-тракторные станции (МТС), совхозы, частные промышленные, торговые и иные предприятия, находящиеся в сельских местностях, со всей тяговой, механической и живой силой и необходимым инвентарем.

Население сельских местностей для выполнения дорожных работ организуется, как правило, в бригады. Каждой бригаде дается отдельное задание с точным указанием места работы и объема ее, из расчета 6 восьмичасовых рабочих дней. Бригады должны обеспечиваться необходимыми инструкциями и техническими указаниями.

В состав работ, подлежащих выполнению в порядке трудового участия, входят дорожные работы, необходимые как для осуществления нового дорож-

НБ УДУНТ (ДШТ)

ного строительства, так и для ремонта и содержания существующих дорог и дорожных сооружений. К числу таких работ относятся:

1) содержание в чистоте и исправности дорог, прилегающих к населенным сельским пунктам и являющихся улицами деревень, селений, колхозов, хуторов и местечек;

2) содержание в исправности дорог и дорожных сооружений, расположенных вокруг населенного пункта;

3) зимнее содержание дорог и дорожных сооружений и борьба со снежными заносами;

4) подготовка к пропуску весенних вод и паводков, устранение последствий от ледоходов и наводнений на дорогах, мостах и дорожных сооружениях;

5) работы по устройству гатей, плотин, переездов, пожарных подъездов к водным источникам и пр.;

6) устройство просек, очистка и раскорчевка мест проложения новых дорог;

7) земляные работы по устройству полотна всех видов;

8) заготовка лесных, каменных и других дорожных материалов, разработка карьеров и вывозка заготовленных материалов к месту работ;

9) работы по устройству мостов, переправ и пр.;

10) профилирование, укатка и утюжка дорог;

11) замощение мостовых;

12) бойка и рассыпка щебня;

13) насаждение деревьев;

14) распиловка леса, плотничьи, каменные, кузнечные и другие виды работ, применяемые в дорожном строительстве.

Организация и проведение дорожных работ с участием населения, осуществляясь под общим руководством СНК АССР и край-и облисполкомов, возлагается:

а) в АССР — на край-и облдортрансы;

б) в районах — на районные доротделы. а где их нет — на районных инспекторов;

в) в сельсоветах — на члена сельсовета, ответственного за дорожное строительство;

г) в селениях — на сельского дорожного уполномоченного;

д) в колхозах — на правление колхоза (члена правления, ответственного за дорожное строительство);

е) в МТС — на дирекцию МТС;

ж) в совхозах — на дирекцию совхоза.

Для наблюдения за подготовкой и проведением дорожных работ с трудучастием населения, для контроля за деятельностью в этом направлении всех организаций и ведомств при совнаркомах АССР, край- и облисполкомах создаются комитеты или штабы по организации и проведению трудучастия, под председательством одного из заместителей председателя СНК АССР, край- или облисполкома, в составе: пачальника дортранса и представителей: о-ва „Автодор“, комитета ВЛКСМ, колхозсоюза, земуправления и местной печати.

Надлежащее проведение трудовых дорожных работ требует очень серьезной подготовки, в которой должны принять участие как дорожные организации, так и рики и сельсоветы. К обязанностям первых относятся меры организационного порядка и своевременное обеспечение работ техническим руководством, а к обязанностям вторых — своевременная подготовка и надлежащее использование трудового участия населения в порядке утвержденных планов. При каждом сельсовете к началу работ должен быть выделен доруполномоченный, который несет перед сельсоветом персональную ответственность за проведение трудового участия населения в своем участке. В районных исполкомах персональная ответственность за проведение трудового участия населения возлагается на члена президиума рика, специально выделяемого для этой цели. Трудовое участие населения в среднем составляет около 50 — 60% общих вложений в дорожное хозяйство, и за первую пятилетку, по примерным подсчетам, денежное выражение трудового участия населения составило около 590 млн. руб.

ЕБ УДУНТ (ДШТ)

По годам первой пятилетки трудучастие населения в денежном выражении дало следующие результаты:

в	28/29	год на	24,3	миллиона	руб. или	18% задания
„	29/30	„ „	41,2	„	„ „	32 „ „
„	31	„ „	153,6	„	„ „	56 „ „
„	32	„ „	380,0	„	„ „	75 „ „

Недостаточное использование трудучастия населения, особенно в первые годы пятилетки в значительной степени объясняется неподготовленностью и слабой организацией дорожных аппаратов, а также слабым участием в этой работе низовых советских организаций, недооценивших важности участия населения в деле улучшения дорожной сети.

Количественные показатели за последние два года пятилетки, когда работы с трудучастием населения получили большее развитие могут быть представлены в следующей таблице:

Таблица 7-а

Годы	Построено			Отремонтировано		
	Грунт. дорог в *км*	Дорог с кам. од. в *км*	Искусств. сооруж. пог. *м*	Грунт. дорог в *км*	Дорог с кам. од. в *км*	Искусств. с сооруж. пог *м*
1931 г.	14 140	719	222 601	69 479	1 503	167 889
1932 г. . . .	28 477	1 546	391 252	157 220	1 693	391 112

В течение второй пятилетки при трудовом участии населения намечено построить около 200.000 *км* дорог и охватить ремонтом до 496.000 *км* дорог. Стоимость работ по примерному подсчету должна составить около 1.600 тыс. руб., причем к дорожным работам намечено привлечь до 14% всего сельского населения или около 30% сельского населения в рабочем возрасте. Необходимо особенно подчеркнуть, что в течение 2-й пятилетки по годам пятилетки процент привлечения рабочих рук будет понижаться за счет возрастания процента привлечения конной и тракторной тяги, с усилением механизации производства работ.

Из приведенных данных видно, что трудовое участие населения в дорожном строительстве второй пятилетки должно сыграть огромную роль, а потому приобретает особое значение надлежащая организация и проведение этих работ; с этой целью в приложении № 1 приведены основные организационные мероприятия по трудучастию и нормы наиболее трудоемких работ, требующих массового привлечения рабочих рук.

§ 7. Развитие дорожного дела в первой пятилетке (1928/29—1933). В основу составления первого пятилетнего плана Цудортрансом было положено возрастание в течение пятилетки работы автогужевого транспорта в пределах, представленных в следующей таблице.

Таблица 8

Работа автогужевого транспорта	1928/29 г.	1929/30 г.	1930/31 г.	1931/32 г.	1932/33 г.
Количество перевозимых грузов в млн. . .	584	728	946	1 220	1 618
Коэффиц. роста груза	1	1,25	1,5	2,1	2,94
Работа в млрд. *т/км* .	7	9	12,7	17,4	24
Коэффиц. роста работы	1	1,3	1,8	2,5	3,4
Среднее взвешенное расстояние перевозок в *км* .	21	12,36	13,42	14,26	15,0

При составлении плана реконструкции дорожной сети в первую пятилетку было принято во внимание современное состояние дорожной сети и то ее состояние, которое должно явиться результатом развития на дорогах механического транспорта. С этой целью вся сеть дорог была разбита на ряд групп, в зависимости от типов дорог и той транспортной работы, которой соответствует каждый из типов дорог.

На основе этих данных была составлена следующая грубо ориентировочная таблица: [1]

[1] В § 10 приводится более уточненная стандартная техническая классификация дорог, утвержденная Цудортрансом, которая сильно отличается от первоначально принятой.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 9

Группы дорог	Напряженность дороги тонн брутто в день	Тип дороги	Общее протяжение дорог по каждой группе в *км*	Процентное соотношен. отдел. групп дорог к общему протяжению
Нагрузка				
От 2 тыс. *т* .	до 20 *т*/бр.	естественная грунтовая	1 300 000	76,4
От 2 до 10 тыс. *т*	до 100 *т*/бр.	улучшенная грунтовая	230 000	13,5
От 10 до 40 тыс. *т*	до 400 *т*/бр.	гравийные дороги и гравийное шоссе	90 000	5,3
От 40 до 80 тыс. *т*	до 800 *т*/бр.	белое шоссе	36 000	2,1
От 80 до 200 тыс. *т* . .	до 2 000 *т*/бр.	гудронированное шоссе	42 000	2,5
От 200 тыс. *т* .	до 2 000 *т*/бр.	асфальто-бетонное, бетонное и клинкер	3 000	0,2

Из сопоставления этих данных с протяжением существующей сети дорог выявилась потребность в постройке новых дорог в следующих размерах:

Таблица 10

Предъявляемые требования	Грунтов. улучшенн	Гравийные	Белое шоссе	Гудрониров.	Высший тип	Всего	Примечание
Потребное количество *км* .	230 000	90 000	36 000	42 000	3 000	401 000	Существ. шоссе к концу пятилетки должны быть гудронированы на всем протяжении.
Имеется *км* .	9 000	10 000	—	22 000	—	41 000	
Необходимо построить *км*	221 000	80 000	36 000	20 000	3 000	360 000	

„Первая пятилетка автодорожного транспорта страдает весьма существенными недостатками. Построение плана оторвано от конкретных материалов, от всестороннего учета потребностей предприятий, районов, областей придало первому плану абстрактный характер". (Основные вопросы развития автодорожного транспорта во втором пятилетии — по материалам Планово-Экономического управления Цудортранса при СНК СССР (1932 г.) Однако, несмотря ни ряд крупнейших недостатков, пятилетка Цудортранса имела бесспорно организующее значение, дав работникам автодорожного транспорта волевые установки, мобилизовав внимание всей советской общественности к автодорожному транспорту.

Как указывалось выше — задачей первой пятилетки явилось создание прочной индустриальной базы страны, организация промышленности дорожных машин, тракторов и автомобилей, играющих решающую роль в развитии автодорожного хозяйства, а потому естественно денежные ассигнования и объем работ дорожного строительства первой пятилетки не удовлетворяли—ростущей потребности.

Тем не менее в течение первой пятилетки были достигнуты значительные успехи в автодорожном хозяйстве количественные показатели которых по линии Цудортранса приведены в нижеследующей таблице.

Таблица 11

		1928/29 г.	1929/30 г.	1931 г.	1932 г.	Итого
Денежные вложения .	млн. руб.	119,5	314,2	436,0	481,5	1 352,2
Трудовое участие населения .		24,2	41,2	153,6	380,0	599,0
Всего вложений .	.	143,7	355,4	589,6	861,5	1 951,2
Построение дорог, *км*	. .	3407	10865	22 350	63 697	100 339
В том числе:						
грунтовых улучш., *км*	.	2419	8263	19098	55 792	85 592
с каменной одеждой, *км* . .	.	920	2473	3056	7740	14 189
усовершенств и высшего типа, *км* .	. . .	68	129	196	165	558

Помимо этого в течение первой пятилетки другими организациями, помимо Цудортранса, построено свыше 15.000 км.

Таким образом, в течение четырех лет первой пятилетки в области дорожного хозяйства сделано гораздо больше, чем за десятилетия при царском ре-

НБ УДУНТ (ДІТ)

жиме. В течение первой пятилетки ежегодно строилось по 3700 *км* дорог — с каменной одеждой, в то время как в дореволюционной России, объем строительства составлял в среднем всего около 300 *км* дор., т. е. в 12 раз меньше.

В общем объеме дорожного строительства на долю РСФСР пришлось 69,2%, следующее место занимает УССР — 23,2%, затем БССР — 4,1% и ЗСФСР — 2%; на долю Средне-Азиатских Республик приходится меньше 2%. Значительный удельный вес РСФСР объясняется большим протяжением территории этой республики, которая занимает 91,4% всей территории Союза. УССР, имеющая крупное значение в области сельского хозяйства Союза, несмотря на то, что ее место в общей территории Союза, составляет лишь 3,8% в общем объеме дорожного строительства занимает четвертую часть.

Средняя стоимость постройки 1 *км* грунтовых дорог по предварительным данным колебалась от 6,5 т. до 11,5 т. р., а дорог с каменной одеждой от 30 т. до 55 т. р.

Неудовлетворительная организация работ, слабое использование дорожно-строительных механизмов и ряд других недочетов сказалось на стоимости дорожного строительства.

В течение первой пятилетки дорожное хозяйство заложило фундамент для ликвидации бездорожья. Была проделана большая работа, которую пролетариат Советского Союза может записать в свой актив.

Опыт дорожного хозяйства истекшего пятилетия должен быть полностью использован во втором пятилетии, которое ставит автодорожному транспорту неизмеримо более сложные и крупные задачи: „дополнить нынешний лозунг нового строительства новым лозунгом освоения новых предприятий и новой техники" (из резолюции объединенного пленума ЦК и ЦКК ВКП(б) январь 1933 г.)

§ 8. Дорожные работы во второй пятилетке (1933—1937 гг.). В основу составления программы дорожных работ во второй пятилетке положены директивы XVII партконференции, постановившей обеспечить дорожному строительству более быстрые темпы развития, чем по другим видам транспорта.

В связи с указанным требованием программа работ во второй пятилетке намечена следующая: 1) Ликвидировать элементарное бездорожье на обширной мелкой сети дорог и сделать ее проходимой не только для гужевого транспорта, но и для автомобильного. 2) Реконструировать главнейшую сеть дорог, приспособив ее для автодвижения с большой скоростью, для движения высокотоннажных машин и целых автопоездов, для движения реконструированного гужевого транспорта в целях уменьшения расходов по эксплоатации механического транспорта. 3) Коренным образом изменить приемы содержания и ремонта дорог с целью покрытия ежегодного износа и уничтожения деформаций, вызываемых усиленным ростом автомобильного и гужевого транспорта в целях освоения и укрепления уже отстроенной сети дорог.

Последнее особенно важно, если учесть тот рост автостроения, который приводился в § 1 и достигает к концу пятилетки цифры 500 000 автомашин.

В связи с указанием Цудотранса разработан следующий объем строительства во второй пятилетке.

Таблица 12

Объем строительства по дорогам первых трех классов (союзных, республиканских, краевых и областных).

Тип покрытия	Годы пятилетки					Всего за 5 лет
	1933 г.	1934 г.	1935 г	1936 г.	1937 г.	
Грунтовое профилирование . . .	192	808	1 560	2 290	2 750	7 600
Грунтовое с добавками . . .	556	1 344	2 200	3 200	5 700	13 000
Гравийные дороги .	1 671	2 429	4 000	5 900	7 100	21 000
Гравийное шоссе . .	93	307	450	600	750	2 200
Булыжная мостовая .	506	694	500	200	—	1900
Щебеночное шоссе	617	983	1 400	2 000	2 800	7800
Усовершенств. дор.	15	405	750	1 530	3 400	6 100
Дороги высшего типа	—	30	40	80	150	300
Итого . .	3 650	7 000	10 900	15 800	22 650	60 000

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 12а

Объем строительства на дорогах низовой сети (районных и сельских), трудовое участие населенння).

Типы покрытия	Годы пятилетки					Всего за 5 лет
	1933 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.	
Грунт профилиров. .	17 578	18 161	18 743	19 449	20 069	94 000
Грунт с добавками	11 968	12 365	12 761	13 242	13 664	64 000
Гравийные дороги .	2 618	2 705	2 771	2 897	2 989	14 000
Гравийное шоссе .	374	386	399	414	427	2 000
Булыжная мостовая	748	772	798	828	854	4 000
Щебеночное шоссе .	374	386	399	414	427	2 000
Итого .	33 660	34 775	35 891	37 244	38 430	180 000

Помимо строительства новых дорог в течение второй пятилетки будет обращено особое внимание на освоение и содержание в проезжем состоянии уже существующей сети дорог. С этой целью объем содержания и ремонта дорог намечается в следующих количественных показателях.

Таблица 12б.

Эксплоатация сети дорог первых трех классов в км (союзных, республиканских, областных).

Тип покрытия	Состояние сети на 1/I—33 г.	Состояние сети на 1/I—34 г.	Состояние сети на 1/I—35 г.	Состояние сети на 1/I—36 г.	Состояние сети на 1/I—37 г.	Состояние сети на 1/I—38 г.
Улучш. грунт .	23 707	24 455	26 607	30 367	35 857	44 307
Гравийн. дор. . .	8 323	9 994	12 423	16 423	22 323	29 423
Гравийное шоссе . .	2 786	2 879	3 186	3 636	4 236	4 986
Булыжн. мостов. .	13 570	14 076	14 770	15 270	15 470	15 470
Технич. шоссе .	15 467	16 084	17 067	18 467	20 467	23 267
Усоверш. дор. . .	931	946	1 361	2 101	3 631	7 031
Дороги высш. классов	132	132	162	202	282	432
Итого устроен. дорог	64 916	68 566	75 566	86 466	102 266	124 916
Естеств. грунт. .	172 652	169 202	162 202	151 302	135 502	112 852
	237 768					237 768

Таблица 13.

Ремонт низовой сети (районных и сельских дорог) при трудовом участии населения.

Тип покрытия	Годы пятилетки					Всего за 5 лет
	1933 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.	
Естественные грунтовые .	19 380	84 690	92 655	95 310	97 965	450 000
Улучшенные грунтовые	7 056	7 528	8 236	8 472	8 778	40 000
Грав. дороги . .	882	941	1 029	1 059	1 089	5 000
Булыжные мостовые	88	94	103	106	109	500
Шоссе	176	188	206	212	238	1 000
Всего по ремонту	87 582	93 441	102 229	105 159	108 089	496 500

НБ УДУНТ (ДШТ)

Удельный вес отдельных республик в дорожном строительстве второй пятилетки выражается в следующих процентах от общего объема работ.

Таблица 13а

	% от общ. объема строит.			% от общ. объема строит.	
	1934 г.	1937 г.		1934 г.	1937 г
РСФСР	67,4	68,4	УЗССР	0,9	1,8
УССР	14,1	13,3	ТССР	6,9	1,8
БССР	4,8	5,2	ТАССР	0,3	0.9
ЗСФСР	11,6	9,1			

Естественно, что выполнение столь обширной программы дорожных работ потребует самой широкой механизации всех строительных операций, начиная от заготовки дорожно-строительных материалов, их транспорта, производства самих работ и кончая содержанием построенных дорог. Принимая во внимание, что дорожное машиностроение в данный момент только начинает развиваться, охват дорожных работ механизированными процессами должен итти постепенно, с почти 100-процентным развитием к концу второй пятилетки. Ориентировочный план охвата дорожных работ механизацией по отдельным годам пятилетки в процентах от общего намеченного объема представлен в следующей таблице:

Таблица 14

Наименование работ	1933 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.
	В процентах				
Земляные работы и устройство улучшенных дорог магистральной сети	25	40	55	70	80
Переработка каменных материалов	60	76	80	100	100
Добыча камен. матер.	20	30	40	50	60
Россыпь щебня	30	40	50	60	80
Укатка	100	100	100	100	100
Транспортировка дорожн.-строит. материалов	30	40	50	60	80
Устройство усовершенствованных дорог и высшего типа	100	100	100	100	100
Содержание грунтовых улучшенных дорог магистральной сети	25	40	55	70	80
Содержание прочих дорог магистральной сети и снегоборьба	40	50	60	70	80
Постройка и содержание дорог низовой сети	10	12	15	19	25

Значение механизации особенно ярко подчеркнуто вождем партии т. Сталиным, сказавшим на съезде хозяйственников в 1931 г: „думать, что можно обойтись без механизации при наших темпах работы и масштабах производства значит надеяться на то, что можно вычерпать море ложкой...“ (Сталин).

О той роли, которую должна играть механизация в период второго пятилетия — можно судить по решению январского (1933 г.) Объединенного Пленума Центрального комитета партии и ЦКК. Резолюция пленума, в части установления директив по народно-хозяйственному плану 1933 г. гласит: „объединенный Пленум ЦК и ЦКК считает одной из важнейших задач плана 1933 г. механизацию трудоемких работ“.

Это имеет особое значение в отношении механизации дорожно-строительных работ, как работ особо трудоемких, требующих при производстве ручным способом значительных резервов малоквалифицированной рабочей силы.

Выполнение крупных земляных работ при помощи экскаваторов и грейдеров-элеваторов дает производительность каждой такой машины до 500—600 $м^3$ в смену; при выполнении этих работ вручную необходимо иметь в смену 150—200 опытных землекопов, так что в данном случае одна машина заменяет 150—200 человек рабочих; профилирование дорожного полотна при помощи

НТБ УДУНТ (ДИТ)

тяжелых прицепных грейдеров дает производительность до 1 *км* в смену, что заменяет работу до 466 рабочих дней. Одна камнедробилка среднего типа может заготовить в одну смену до 80 $м^3$ щебня, для каковой цели потребовалось бы иметь до 80 камнебоев причем последние работы требуют особого физического напряжения рабочих. Помимо высвобождения значительного количества рабочих рук дорожные мишины дадут возможность создать невиданные до сих пор темпы дорожного строительства. Слабое развитие механизации дорожных работ в первой пятилетке в значительной степени можно объяснить косностью а иногда и сопротивлением со стороны старых дорожников, неуясняющик себе все значение механизации и привыкших к лопате и тачке.

Для осуществления всей намеченной программы дорожного строительства второй пятилетки намечено ассигнование из бюджетных средств в размере 2 100 тыс. руб., из коих около 1 100 тыс. рублей на новое строительство, около 500 млн. руб. на ремонт и 240 млн. на текущий ремонт.

Помимо этого намечается получить 1 600 тыс. руб. от трудового участия населения. Таким образом общая сумма капиталовложений должна составить около 3700 тыс. рублей.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

КЛАССИФИКАЦИЯ И ВЫБОР ТИПА ДОРОГ

§ 9. Обслуживание гужевого и автомобильного транспорта. В течение ближайшего времени дороги Союза должны будут обслуживать смешанные автогужевые перевозки, причем в настоящее время гужевой транспорт является преобладающим видом транспорта на шоссейных и грунтовых дорогах. Безусловно, этот вид транспорта крайне несовершенен, так как он в значительной степени неорганизован, распылен между миллионами крестьянских хозяйств, маломощен и неэкономичен. Даже такое мощное всесоюзное транспортное объединение, как Союзтранс, принуждено в настоящее время 60% своей транспортной программы выполнять гужевыми перевозками. Общие перевозки Союзтранса на 1931 г. были определены в 71,5 млн. *т*, из которых автотранспортом намечалась перевозка 30 млн. *т*, собственными гужевыми обозами — 14,5 млн. *т* и наемным гужом 27 млн. *т*.

Общий конский состав в Союзе исчисляется примерно в 25 млн. голов, причем в большинстве случаев крестьянские лошади очень слабосильны и весят не более 250—350 *кг*. При таких условиях среднюю нагрузку нетто на одну лошадь можно принять не более ½ тонны, что при среднем дневном грузовом пробеге в 15 *км* дает дневную работу гужевой подводы в $0{,}5 \times 15 = 7{,}5$ *т/км*.

Чтобы удовлетворить тем грузоперевозкам, которые падают на долю транспорта, необходимо, чтобы для транспортных целей была использована треть всего конского состава, т. е. $8^1/_2$ млн. голов, при работе их до 100 дней в году.

Тогда мы получим общую годовую работу гужа:

$$8\,500\,000 \times 7{,}5 \times 100 = 6{,}375 \text{ млрд. } т/км.$$

В связи со значительным ростом народного хозяйства и развитием коллективизации сельского хозяйства, к автогужевому транспорту с каждым годом будут предъявляться все большие требования по перевозке грузов как внутри городов, так и вне городских пределов на основных автогужевых магистралях, и на подъездных путях как к железнодорожным станциям и пристаням, так и к крупным экономическими центрам. Усиленный рост перевозок уже не будет покрываться гужевыми транспортными средствами, а потому с каждым годом неизбежно будет возрастать значение механического транспорта, долженствующего в дальнейшем играть доминирующую роль в автогужевых перевозках.

Действительно, общий объем работы всей автогужевой сети на последний год первой пятилетки (1933) исчисляется примерно в 16 млрд. *т/км*. Считая, что ежегодный прирост конского состава составляет 7%, получим на 1932 г. общее количество лошадей в 30 млн. голов. Считая по предыдущему, что в транспортной работе участвует лишь треть конского состава, получим общую возможную работу гужевого транспорта

$$10\,000\,000 \times 7{,}5 \times 100 = 7{,}500 \text{ млрд. } т/км.$$

ГБ УДУНТ (ДШТ)

Остальное количество грузоперевозок должен взять на себя автотранспорт. К концу второй пятилетки из общего грузооборота в 77 млрд. *т/км* на автоперевозки будет отнесено 55 млрд. *т/км*, т. е. около 70% всего объема работы транспорта на автогужевой сети будет обслуживаться уже механическим транспортом.

Уже в настоящее время во многих районах автотранспорт играет роль основных средств сообщения на отдельных крупных магистралях. Союзтранс [1] в 1930 г. обслуживал 155 постоянных автолиний, общим протяжением в 15 280 *км*, причем из этого количества, считая раздельно смешанные пассажирско-грузовые сообщения, грузовых автолиний было 79, протяжением в 9 745 *км*, и пассажирских автолиний — 108, протяжением в 8 768 *км*.

В 1931 г. произведено значительное расширение внегородских автолиний, число каковых доведено до 281, общим протяжением в 27 714 *км*, что уже составляет почти 35% всего протяжения нашей железнодорожной сети. Особенное развитие получают автолинии в окраинных республиках и областях Союза, где они являются серьезным фактором экономического развития целых районов.

В Казакстане действует 13 регулярных автолиний, общим протяжением в 3 362 *км*. Из них две линии — Уральск — Оренбург и Уральск — Гурьев — обслуживают пассажирское движение, а остальные — только грузовое. Среди грузовых автолиний большинство служит средством внутриобластного товарооборота и связывает пункты Казакстана с железнодорожной магистралью.

Тракт Сергиополь — Вахты, обслуживая товарооборот района, выполняет в то же время функции общественного значения служа внешнеторговому обороту и связывая нас в экономическом отношении с западным Китаем. В 1931 г. протяженность регулярных автолиний в Казакстане составила уже около 10 тыс. *км*. Из 34 новых линий три (Алма-Ата — Джаркент — Хоргос и Семипалатинск — Вахты) будут только пассажирскими, две (Семипалатинск — Усть-Каменогорск и Семипалатинск — Каркаралинск) — пассажирско-грузовыми, а остальные — только грузовыми.

В Таджикистане общая сеть действующих автолиний покрывает расстояние в 1 169 *км*. Большинство линий обслуживает и пассажирское и грузовое движение. Протяжение отдельных линий колеблется от 17 до 230 *км*.

В Туркмении к началу 1931 г. действовало 13 автолиний, частью пассажирских, частью грузовых, на протяжении 934 *км*. В 1931 г. открылось еще 13 линий, почти исключительно грузовых, протяжением 1 264 *км*.

На Дальнем Востоке до 1931 г. работали только две автолинии: Б. Невер — Томмот, составляющая значительную часть (700 *км*) еще незаконченной Амуро-Якутской магистрали и соединяющая Уссурийскую ж. д. с Алданскими золотыми приисками, и Черняево — Тыгда — Дамбуки (79 *км*). В Восточной Сибири до 1931 г. функционировали 4 грузовых линии, общим протяжением около 1 000 *км*. Из них 3 служили почти единственным, если не считать Селенгинского пароходства, путем для нашего товарообмена с Монголией, а линия Иркутск — Качуг была на протяжении 256 *км* подъездным путем от железнодорожной магистрали к р. Лене, по которой совершается весь грузооборот между центральной частью СССР и Якутской республикой. В 1931 г. в Восточной Сибири установлена регулярная автолиния между Красноярском и Енисейском на протяжении 348 *км*.

В Западной Сибири постоянное автосообщение на Чуйском тракте протяжением в 654 *км* обслуживает нашу торговлю с Монголией. Большое протяжение имеют курортные автолинии на Сев. Кавказе (22 автолинии протяжением в 1 330 *км*), в Закавказье (35 линий протяжением в 2 741 *км*). В Крыму функционируют почти исключительно пассажирские автолинии общим протяжением до 500 *км*.

Из приведенных данных видно, что уже сейчас автотранспорт играет очень большую роль, причем основное значение имеют грузовые автолинии, обслуживающие наши крупные промышленные комбинаты и совхозы.

Естественно, что уже в данный момент строительство дорог должно учитывать те требования, которые предъявляет к дороге автотранспорт, а потому

---

[1] Журнал „Автомобиль и дорога", № 4, 1931 г., „Местный транспорт СССР сегодня".

НБ УДУНТ (ДШТ)

основные технические элементы дорожного полотна и конструкция проезжей части должны проектироваться и выбираться таким образом, чтобы они удовлетворяли повышенным требованиям механического транспорта.

§ 10. Классификация дорог по экономическим и техническим признакам. Выбор типа дорожной одежды. Автогужевая дорожная сеть крайне расчленена и проникает во все самые удаленные и мало обжитые районы страны, широко обслуживая нужды местного населения и отдельные местные центры, в то же время выполняя задания государственного значения. Подобно системе водных путей, состоящей из основных главных водотоков и целой сети вливающихся в них притоков разного разряда, дорожная сеть естественно также состоит из отдельных дорог, резко отличающихся друг от друга как по своей транспортной работе так и по общему значению в хозяйственной жизни государства.

Основным признаком классификации дорог является признак *экономическо-административно-хозяйственный*, который характеризуется следующими данными: а) транспортной работой дороги, б) значением перевозимых грузов в общем хозяйстве страны, в) характером движения по дороге, г) характером заведывания дорогой и д) системой финансирования работ на дороге.

На основании этих признаков все дороги, согласно положению о принципах классификации шоссейных и грунтовых дорог СССР, утвержденному НКПС 6 сентября 1930 г., разбиваются на следующие шесть классов:

I класс — дороги общесоюзного значения,
II класс — дороги союзно-республиканского значения,
III класс — дороги областного, краевого, автономных республик и им соответствующего значения,
IV класс — дороги районного и им соответствующего значения,
V класс — дороги сельского значения,
VI класс — дороги, обслуживающие преимущественно нужды отдельных промышленных и сельскохозяйственных предприятий и организаний, сооружаемые и содержимые на их средства.

В соответствии с этим делением к перечисленным классам дорог могут быть отнесены следующие типы дорог.

К I классу относятся дороги:

1) соединяющие центры союзных республик или особо крупные торгово-промышленные и культурные центры СССР;

2) магистральные, обслуживающие грузовое и пассажирское движение между союзными республиками, а также дороги, которые по напряженности грузового и пассажирского движения имеют особое значение для Союза;

3) соединяющие центры добывающей и обрабатывающей промышленности, имеющей союзное значение, с ближайшими к ним железнодорожными станциями и водными пристанями;

4) связывающие ближайшие железнодорожные станции или пристани с курортами, имеющими особое лечебное значение;

5) стратегические;

6) обслуживающие международный торговый обмен и пассажирское движение, а также соединяющие крупные центры СССР с крупными центрами соседних государств.

Ко II классу относятся дороги:

1) соединяющие главные административно-культурные, экономические и политические центры автономных республик, областей и краев с центром их союзной республики и между собой;

2) обслуживающие грузовое и пассажирское движение между пунктами, расположенными в разных автономных республиках, областях, краях и имеющие по своей грузонапряженности особое экономическое значение для союзной республики;

3) соединяющие центры добывающей или обрабатывающей промышленности и крупные совхозы, МТС и колхозы, имеющие значение для всей союзной республики с ближайшими к ним железнодорожными станциями или водными пристанями;

4) соединяющие ближайшие железнодорожные станции или водные пристани с курортами, имеющими значение для всей союзной республики;

5) стратегические.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

К III классу относятся дороги:

1) соединяющие районные центры с центром своей автономной республики, области, края и между собой;

2) обслуживающие грузовое и пассажирское движение между пунктами расположенными в районах, которые по своей грузонапряженности имеют особое экономическое значение для автономной республики, края, области;

3) соединяющие центры добывающей и обрабатывающей промышленности, а также крупные совхозы, МТС и колхозы, имеющие значение для автономной республики, края, области, с ближайшими к ним железнодорожными станциями и водными пристанями;

4) соединяющие ближайшие железнодорожные станции или водные пристани с курортами, имеющими значение для всей автономной республики, края или области.

К IV классу относятся дороги: 1) соединяющие районный центр с колхозными центрами, с МТС и сельсоветами и последние между собой;

2) имеющие по своей грузонапряженности особое экономическое значение для района.

К V классу относятся дороги, соединяющие отдельные сельские населенные пункты и колхозы с сельскими советами и между собой.

К VI классу относятся дороги, обслуживающие преимущественно нужды отдельных промышленных и сельскохозяйственных предприятий и организаций.

По каждому классу дорог соответствующей дорожной организацией должен быть составлен список дорог согласно нижеприводимой форме:

Название дорожной организации
Список дорог класса

Наименование дороги	Протяжение в км	Существующая ширина полосы отвода	Преобладающий тип дорожной одежды по данным технич. классификации	Районы прохождения дорог	Грузонапряженность: существующая	Грузонапряженность: перспективная на конец пятилетки	Назначение дороги	Преобладающий характер движения	Примечание

Техническая классификация автогужевых дорог предусматривает разделение дорог по типам дорожной одежды и установление для каждого класса и типа дорожной одежды основных элементов дороги, как-то: ширины проезжей части и дорожного полотна, основных и наименьших радиусов закругления, наибольших нормальных и наибольших предельных уклонов дороги.

По типу устройства дорожной одежды современные одежды дорожных покрытий можно разбить на три основных вида:

I. Дороги „низкой" стоимости, — к этому типу дорог могут быть отнесены:

а) естественные грунтовые дороги, профилированные и надлежащим образом дренированные;

б) грунтовые дороги, улучшенные разного рода добавками, как-то: песчано-глинистые дороги, дороги улучшенные гравием, торфованием, известкованием, обжигом глинистых грунтов, мелованием, рудованием, шлакованием, добавкой ракушки, жерствы и пр.;

в) грунтовые дороги, улучшенные промасливанием;

г) гравийные дороги;

д) гравийные промасленные дороги.

II. Дороги средней стоимости:

а) щебеночное шоссе, связанное водой, из мягких пород камня;

б) „ „ связанное водой, из крепких пород камня;

в) силикатированное шоссе;

г) булыжная мостовая;

д) щебеночное шоссе с одиночной и двойной поверхностной обработкой битуминозными материалами;

НБ УДУНТ (ДИТ)

е) щебечное шоссе с обработкой бутиминозными материалами по способу проникания или полупроникания;

ж) шебеночное шоссе устроенное по способу смешения с битуминозными материалом (термакадам).

III. Дороги высокой стоимости (высших типов):

а) асфальто-бетонная мостовая;

б) мостовая из песчаного асфальта;

в) цементно-бетонная мостовая;

г) клинкерная мостовая;

д) мозаичная мостовая;

е) брусчатая мостовая.

В зависимости от современных принципов устройства этих типов дорожных покрытий последние могут быть разбиты на два основных класса: первый класс — покрытие устраивается по принципу создания наиболее плотных и компактных дорожных одежд, состоящих из основного минерального материала различной крупности, а также цементирующих и связывающих материалов, и второй класс — покрытие устраивается из отдельных брусков более или менее однообразного материала.

Первый класс в свою очередь может быть разбит на две группы, в одной из них связующим материалом является не-битуминозный материал, а во второй — разные типы битуминозных материалов. Эти две группы дорожных покрытий могут быть представлены в следующих таблицах:

Основные небитуминозные покрытия **Таблица 15**

Тип / Характер материала	Песчано-глинистые дороги	Гравийные дороги	Шоссе, связанное водой	Цементно-бетонная мостовая
Крупный минеральный материал .	мелкий гравий	гравий	щебень, гравий или шлак	щебень, гравий или шлак
Мелкий минеральный материал	песок	песок	высевки	песок или высевки
Заполнитель	пыль	пыль	—	—
Связующий и цементирующий материал	глина	глина	каменная пыль	цемент

Основные битуминозные покрытия **Таблица 15-а**

Тип / Характер материала	Битуминозное шоссе	Асфальто-бетон	Песчаный асфальт	Прессованный асфальт
Крупный минеральный материал.	щебень, гравий или шлак	щебень или шлак	—	щебень, асфальтовые породы
Мелкий минеральный материал	мелкие высевки, щебень, доблен. гравий или шлак	высевки или песок	песок	высевки или песок
Заполнитель	—	минеральная пыль	минеральная пыль	—
Связующий материал .	битум или деготь	битум	битум	битум

К дорожным покрытиям второго класса могут быть отнесены все брусчатые и клинкерные мостовые.

В связи с указанной экономической классификацией дорог и техническими признаками отдельных дорожных покрытий Цудортрансом разработана стандартная техническая классификация автогужевых дорог с основными нормами проектирования дорог. Эта классификация сведена в следующую таблицу:

НБ УДУНТ (ДШТ)

№ технического класса	Габариты мостов	Класс нагрузки для расчета искуственных сооружений	Напряженность в бр. *т* в день / Наименование дорог	Грунтовые и гравийные дороги				Дороги с каменной одеждой							Дороги с усовершен. покрытием				
				Грунтовые профили Р. Без добавок или с мал. добавл.	Грунт проф. с разл. добавк. или промасл. на больш. прот	Гравийные дороги	Гравийные промасленные дороги	Шоссе из мягкого камня на песчаном основании	Шоссе из твердого камня на песчаном основании	Булыжная мостовая на песчаном основании	Шоссе из твердого камня на каменном основании	Клинкерная мостовая на песчаном основании	Брусчатая мостовая на песчаном основании	Булыжная мостовая на каменном основании	Силикатированное шоссе на песчаном основании	Черное шоссе с поверхностн. обработкой на песч. основ.	Черное шоссе с обработкой проник. на песчаном основ.	Черное шоссе с обработкой смешен. на песч. основании	Черное шоссе с поверхностн. обработкой на камен. основ.
				Уп	Уг	Гд	Гм	Шд	Шп	Мп	Шк	Кп	Бп	Мк	Сш	Чв	Чп	Чс	Чк
1	Г1—Г2	Н10	3000																
2	Г1—Г3	Н10–Н8	2400 2000 1800 1500																
3	Г2–Г4	Н10—Н6	1200 900 600																
4	Г3—Г5	Н10—Н4	500 400 300																
5	Г4—Г5	Н8—Н4	200 100																
6	Г5—Г6	Н6—Н2,5 (Н1,5)	50																
Максимальный уклон для данного рода одежды				10	10	8	8	7	7	9	7	6	6	9	7	7	7	7	7
Нормальный вес двухосного экипажа для данного рода одежды				4	4	7	7	10	10	10	13	10	10	13	10	10	10	10	10

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 16.

Дороги высших типов							Ширина земляного полотна в *м*			Ширина проезжей части в *м*			Радиус кривых в кругах			Уклон в % %		
Черное шоссе с обработкой проникан. на кам. н. основ.	Черное шоссе с обработкой смешен. на камен. основании	Клинкерная мостовая на каменном основании	Мозаичная мостовая на камен. или бетон основании	Брусчатая мостовая на камен. или бетонном основании	Асфальто-бетонные дороги	Цементно-бетонные дороги							Основной рекомендуемый	Наименьший нормальный	Наименьший в исключит. случаях	Наибольший нормальный	Наибольший в исключит. случаях	
Чр	Чт	Кч	Пк	Бк	Аб	Цб	Равн.	Холм.	Горн.	Равн.	Холм.	Горн.		Равн.	Холм.	Горн.	Равн.	Холм.	Горн.
							13,0	13,0	11,0	9,0	9,0	9,0	500	250/150	200/15	100/50	3/4	3/4	4/5
							13,0	13,0	8,5	9,0	9,0	6,5	300	200/100	150/75	75/50	3/4	4/5	5/6
							10,5	10,5	8,0	6,5	6,5	6,0							
							10,0	10,0		6,0	6,0								
							10,5	10,5	8,5	6,5	6,5	6,5							
							10,0	10,0	8,0	6,0	6,0	6,0	200	150/75	100/50	50/30	4/5	5/6	6/7
							9,5	9,5	7,5	5,5	5,5	5,5							
							10,0	10,0	7,5	6,0	6,0	5,5							
							9,5	9,5	6,5	5,5	5,5	4,5	150	100/50	75/40	40/20	5/6	6/7	7/8
							8,5	8,5		4,5	4,5								
							9,5	9,5	6,5	5,5	5,5	4,5	100	75/40	50/30	30/20	6/7	7/8	8/9
							8,5	8,5		4,5	4,5								
							8,5	7,5	5,5	4,5	4,5	3,5	100	50/30	40/20	20/10	7/8	8/9	9/10
							7,5	6,5		3,5	3,5								
7	7	6	6	6	4	5	Примечание. В высокогорных местностях при устройстве серпентин и площадок радиус кривых в исключительных случаях может быть уменьшен для дорог 3 и 4 технич. класса до 15 метров и для дорог 5 и 6 класса до 10 метров.												
10	10	13	13	13	13	13													

НБ УДУНТ (ДИТ)

Нижний предел напряженности для каждого типа дорог обозначает минимальную напряженность, при которой указанный тип может экономически оправдываться. Верхний предел обозначает напряженность, при которой по техническим условиям ремонта и содержания дороги становится целесообразным перейти на более усиленный тип.

Эта классификация предусматривает довольно высокую напряженность дороги, в особенности для дорог класса „низкой" стоимости, и установление этих пределов может быть оправдано ближайшими перспективами развития движения по автогужевым дорогам и повышения в связи с этим как техники строительства дорог разных типов, так, в особенности, содержания их.

Для сравнения ниже приводится классификация дорог, принятая в САСШ по данным, заимствованным из курса W. Harger „Rural Highway Pavements".

I класс — специального движения, свыше 2 000 повозок ежедневно	II класс — обычного смешанного движения, от 800 до 2 000 повозок	III класс — обычного смешанного движения, от 300 до 800 повозок в день	IV класс — дороги местного движения, менее 300 повозок в день
Тип дороги.			
Асфальтовые плиты на цементно-бетонном основании	Асфальто-бетонная на старом, хорошо уплотненном шоссе.	Шоссе с внутренней обработкой	Шоссе с поверхностной обработкой
Клинкер на цементно-бетонном основании	Мозаиковая мостовая с заполнением швов на старом, хорошо уплотненном шоссе.	Шоссе, связанное водой, с поверхностной обработкой	Промасленные гравийные дороги
Железобетонная мостовая	Железобетонная мостовая	Гравийное шоссе с внутренней обработкой	Песчано-глинистые дороги в районах, не имеющих суровой зимы
Брусчатая мостовая на цементно-бетонном основании	Шоссе с внутренней обработкой	Промасленные гравийные дороги	
Ширина проезжей части			
5,5—6 *м* с добавлением щебеночных обочин	4,5—5,5 *м* с добавлением замощенных обочин	3,6—4,8 *м*	2,5—3,6 *м*

Ввиду того что в настоящее время в дорожном деле имеется большое разнообразие типов дорожной одежды, а также, как это видно из приведенной выше технической классификации, пределы применимости каждого типа дорог значительно раздвинуты, надлежащий выбор типа дорожной одежды в каждом конкретном случае представляет известную экономическую задачу, при разрешении которой должны быть приняты во внимание характер и размер происходящего по дороге движения, наличие и стоимость дорожно-строительных материалов, находящихся в районе дороги или подлежащих перевозке — в целях возможного сокращения строительной стоимости дороги, но с учетом перевода ее в более высокий класс по мере роста движения.

При экономическом сравнении различных типов дорожных одежд конечным критерием выгодности применения является стоимость транспортных расходов или, проще говоря, стоимость 1 *т/км* перевозки груза по данной дороге.

Подсчет стоимости транспортных расходов представляет довольно трудную задачу, так как к сожалению дорожное дело обладает крайне бедным статистическим материалом и кроме того многие вопросы еще недостаточно или даже вовсе не обследованы и не изучены. Такое же положение, несколько в меньшей степени, имеет место и в заграничной дорожной практике, а потому дальнейшие рассуждения будут носить ориентировочный характер.

---

[1] Устройство этого типа покрытия на новом шоссе не безопасно.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Расходы, связанные с дорогой, относятся главным образом к стоимости ее годового содержания,—первоначальная стоимость постройки дороги сама по себе не может служить указателем выгодности и экономичности применения того или иного типа.

Годовая стоимость содержания 1 *км* дороги составляется из трех величин: величины накопления затраченного капитала, амортизации перестройки (реновации) дороги в течение промежутка времени между двумя последовательными перестройками и годовой стоимости текущего ремонта дороги.

Эта годовая стоимость может быть выражена следующей общей формулой:

$$N = A \cdot 0{,}01\,p + \frac{(A - A_0)\ 0.01p}{(1+0{,}01\,p)^n - 1} + M$$

В этой формуле

A—первоначальная стоимость постройки 1 *км* дороги,
p—величина накопления затраченного капитала,
A_0—остаточная стоимость дороги к моменту перестройки,
n—промежуток времени между двумя перестройками,
M—стоимость годового текущего ремонта дороги.

Указанной формуле, пренебрегая вычислением по сложным процентам, можно придать следующий более простой вид:

$$N = A \times 0{,}01\,p + \frac{A - A_0}{n} + M.$$

Последний член—стоимость годового текущего ремонта—в свою очередь может быть разбит на: а) расходы, не зависящие от интенсивности движения по дороге и связанные с содержанием всего дорожного полотна в исправности (прочистка канав, окашивание обрезов и обочин, исправление откоса и пр.), и б) расходы, находящиеся в зависимости от движения по дороге, как-то: утюжение грунтовой дороги, ямочный ремонт гравийной дороги и шоссе и пр

Таким образом значение M может быть выражено такой общей формулой

$$M = K + \frac{Q\ m/\text{день}}{P},$$

где Q m/день—средний размер движения в день в m,

K и P—некоторые постоянные коэффициенты, зависящие от типа одежды и климатических условий.

По американским данным эти коэффициенты в выражении M имеют следующие обозначения в долларах:

	Для дорог низкого типа	Для дорог среднего типа	Для дорог высокого типа
Ежегодное текущее содержание M	$150 + \frac{T}{1{,}5}$	$250 + \frac{T}{2{,}5}$	$100 + \frac{T}{8}$

Для наших условий это выражение может быть представлено примерно в следующем виде:

Значение M	$300 + \frac{T}{2}$	$600 + \frac{T}{5}$	$200 + \frac{T}{10}$

где T—грузовая суточная работа 1 *км* дороги в m.

Для облегчения пользования приведенной выше формулой помещается таблица с основными ориентировочными данными для разных типов покрытий.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 17.

Тип одежды	Полная первоначальная стоимость руб.	Стоимость перестройки (*A*—*Ao*) руб.	Расходы по содержанию *M*	Продолжит. службы между перестройками
Естественная грунтовая профилированная и дренированная дорога	1 000— 2 000	500	100— 200	2— 3 года
Грунтовая дорога, улучшенная добавками	3 000— 5 000	1 500— 2 500	200— 400	3— 4 „
Гравийная дорога	8 000 - 12 000	5 000— 8 000	300— 600	4— 6 лет
Промасленная гравийная дорога	10 000— 15 000	6 000— 9 000	500— 800	6— 8 „
Булыжная мостовая	10 000— 20 000	2 500— 5 000	200— 400	4— 8 „
Шоссе, связанное водой	20 000— 30 000	10 000—15 000	1 000—2 000	2— 6 „
Шоссе с поверхностной обработкой	25 000— 35 000	12 500—17 500	1 500—2 500	4—12 „
Шоссе с внутренней пропиткой	28 000— 38 000	15 000 - 20 000	1 500 - 2 500	6—15 „
Асфальто-бетон	45 000— 65 000	30 000—45 000	1 000	15—20 „
Цементо-бетон	50 000— 65 000	35 000—42 000	500— 650	10—20 „
Брусчатая мостовая	70 000—100 000	55 000—70 000	100— 200	20—40 „

Если по дороге через каждое сечение провозится Q *m* грузов в год, то расходы по содержанию дороги, отнесенные на 1 *m* перевезенного груза, будут

$$C_1 = \frac{N}{Q}.$$

Расходы, связанные с эксплоатацией самой повозки могут быть представлены следующим образом:

$$C_2 = \frac{S}{q \times l},$$

где: S — стоимость одного дня полного содержания гужевой или механической повозки, включая расходы на горючее, амортизацию, ремонт, износ шин и пр.

q — нагрузка на подводу или грузоподъемность автомобиля,

l — количество *км*, которое может сделать повозка в течение одного рабочего дня.

Как видно, все указанные величины зависят от состояния дороги, а потому подсчет стоимости работы механического транспорта будет находиться в зависимости от того типа дороги, по которому происходит движение.

По американским данным, соотношение основных расходов механического транспорта в зависимости от типа дороги, если расходы для высокого типа дорог принять за единицу, будет выражаться числами, представленными в следующей таблице: [1]

Таблица 18

Статьи расхода	Размеры расходов при пользовании дорогами высокого типа	Размеры расходов при пользовании дорогами среднего типа	Размеры расходов при пользовании дорогами низкого типа
Стоимость горючего	1,0	1,20	1,47
Стоимость износа шин	1,0	2,22	2,90
Ремонт автомобиля	1,0	1,20	1,47
Амортизация	1,0	1,10	1,24

В наших условиях примерное соотношение расходов по автотранспорту для разных типов дорог, если расходы для среднего типа шоссе принять за единицу, может быть представлено в следующем виде:

Таблица 19.

Статьи расхода	Шоссе	Булыжная мостовая	Грунтовая дорога	Усовершенствованная дорога
Стоимость горючего	1,0	1,2	1,4	0,8
Стоимость износа шин	1,0	1,5	1,9	0,6
Ремонт автомобиля	1,0	1,4	1,8	0,7
Амортизация автомобиля	1,0	1,3	1,1	0,7

[1] Th. Agg „The Construction of Roads and Pavements".

НБ УДУНТ (ДИТ)

Ниже приводится таблица стоимости эксплоатации грузовиков различного тоннажа при 12 500 *км* пробега в год в нормальных средних условиях.

Таблица 20

Наименование расходов	Новый форд 1,5 *т*	Европ. машин. 1,5 *т*	Грузовик 2 *т*	Грузовик 3 *т*	Грузовик 5 *т*	Грузовик 6 *т*
Налоговая мощность машины в СССР..	10	12	15	25	30	40
Стоимость машины в СССР.....	1 500	5 000	6 000	8 000	10 000	12 000
Расход бензина на 100 *км* в *кг*	13	15	18	23	28	30
Амортизация на пробег в *км*.....	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000
1. Зарплата шоферу с начислением из расчета 2000 руб. в год..	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
2. Налоги из расчета 20 руб. за силу и страховка из расчета 2% стоимости ..	1,85	2,72	3,36	5,28	6,40	8,32
3. Гаражные расходы, содержание базы, непредвиден — по дан. Моск. хозяйств.	3,50	3,50	4,00	4,50	4,50	4,50
4. Горючее, смазочн. и обтир. материал	3,65	4,20	5,60	7,00	8,50	9,50
5. Резина по нормам Резинотреста	4,30	5,05	5,05	8,84	8,84	8,84
6. Ремонт машин 1/1 000 стоимость на 100 *км*....	1,50	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00
7. Амортизация.....	1,20	4,00	4,80	6,40	8,00	9,60
Итого на 100 *км*	32,00	40,47	44.81	56,02	62,24	68,76
Стоимость 1 *км* пробега в коп	32,00	40,50	44,80	— 56,00	— 62,00	— 68,80
При 100% нагрузке себестоимость *т/км* в коп.	21,00	27,00	22,25	— 18,70	— 12,40	— 11,50
При 50% нагрузке себестоимость *т/км* в коп.....	42,00	54,00	44,50	— 37.40	— 24,80	— 23.00

Величина ежедневного пробега автомобиля, связанная со скоростью его движения, а равно и нагрузка повозки также в значительной степени зависят от состояния дороги.

Общая стоимость транспортных расходов на 1 *т/км* составит

$$C=C_1+C_2,$$

причем из сравнения полученной стоимости для разных типов дорожной одежды можно вывести заключение о выгодности применения того или другого типа дороги.

Пользуясь этими же формулами можно определить предел грузовой работы, при котором выгодно применение того или другого типа дороги. Для этой цели надо приравнять стоимость транспортных расходов на 1 *км* при заданном грузообороте, т. е. решить уравнение

$$C_1+C_2Q=C_1'+C_2'Q$$

относительно Q, где

C_1 и C_1'—транспортные расходы на 1 *км*, зависящие от дороги.
C_2 и C_2'— » зависящие от эксплоат. повозки.

При желании определить, во сколько лет будут погашены расходы, связанные с переустройством дороги на более высокий класс, необходимо решить следующее уравнение:

$$(C-C')\times n\times Q=A-A'$$

относительно n,
где C и C—общая стоимость перевозки 1 *т* на 1 *км* дороги,
Q—количество тонн, перевозимых за год,
A и A^1—стоимость постройки 1 *км* первоначального типа дороги и нового улучшенного.
n — искомое число лет погашения затраченного капитала:
Пример: Требуется определить и сравнить между собой общую стоимость 1 *т/км* перевозки грузов $1^1/_2$ тонными грузовиками по гравийной и по шос-

НБ УДУНТ (ДИТ)

сейной дороге при ежегодной перевозке по дороге 50 000 *т* нетто в год при следующих данных.

Таблица 21

Основные данные	Для гравийной дороги	Для шоссейной дороги
Первоначальная стоимость постройки 1 *км* A...	10 000	25 000
Стоимость перестройки $A-A_0$.....	6 000	15 000
Процент накопления капитала	10	10
Число лет между перестройками	3	5
Стоимость содержания $M=K+\frac{T}{p}$	550	770
Стоимость эксплоатации 1 дня грузовика..	72 руб.	60 руб.
Дневной пробег грузовика	100	125
Полезная нагрузка в *т*.....	1,5	1,5

Стоимость транспортных расходов для гравийной дороги.

$$N=10\,000\times 0{,}10+\frac{6\,000}{3}+550=3\,550 \text{ руб.}$$

$$C_1=\frac{3\,550}{50\,000}=7{,}1 \text{ коп.}$$

$$C_2=\frac{7\,200}{100\times 1{,}5}=48 \text{ коп.}$$

Таким образом на гравийной дороге общая стоимость 1 *т/км* перевозки составит

$$C=C_1+C_2=48{,}0+7{,}1=55{,}1 \text{ коп.}$$

Стоимость транспортных расходов для шоссейной дороги

$$N=25\,000\times 0{,}10+\frac{15\,000}{5}+770=2\,500+3\,000+770=6\,270 \text{ руб.}$$

$$C_1=\frac{6\,270}{50\,000}=12{,}5 \text{ коп.}$$

$$C_2=\frac{60}{125\times 1{,}5}=32 \text{ коп.}$$

Для шоссейной дороги общая стоимость перевозки 1 *т/км* составит

$$12{,}5+32=44{,}5 \text{ коп.,}$$

т. е. шоссейная дорога в данных условиях перевозки является более выгодным типом.

Для определения предельной годовой грузовой работы дороги, при которой выгодно переходить от гравийного типа к шоссейному, решим следующее уравнение:

$$3\,550+0{,}071\,Q=6\,270+0{,}125\,Q,$$

откуда определяем

$$Q=\frac{2\,720}{0{,}054}\approx 50\,000 \text{ } т \text{ в год.}$$

Для того чтобы определить, во сколько лет окупятся затраты, произведенные на перестройку гравийной дороги в шоссейную, надо решить следующее уравнение:

$$n\times Q\ (C-C')=A-A'$$

или

$$n\times 50\,000\ (0{,}551-0{,}445)=25\,000-10\,000$$

или

$$n=\frac{15\,000}{5\,300}\approx 3 \text{ года.}$$

НБ УДУНТ (ДИТ)

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ К ОТДЕЛУ I

Проф. Г. Д. Дубелир. Дорожное дело, ч. I, 1922.

А. А. Гельфер. Очерк развития дорожного и мостостроительного дела в ведомстве П. С. т. I и III. 1911.

Дорожное строительство с трудовым участием населения, изд. Облисполкома и Ленсовета, 1932.

П. Д. Михайлов. Пятилетний план дорожного хозяйства СССР. 1930.

Цудортранс. Технические условия, правила и нормы для изысканий, проектирования, постройки, ремонта и содержания автогужевых дорог и мостовых сооружений на них, ч. I. 1931.

Цудортранс. Материалы и решения комиссии СНК СССР и СТО по реорганизации дорожного и автомобильного дела. 1928.

А. З. Джорджадзе. Дорожное дело в Соединенных Штатах Северной Америки. 1930.

Сборник Управления шоссейных, грунтовых и узкоколейных дорог, вып. 7—Общие вопросы дорожного дела в Северной Америке. 1918 г.

Инж. В. К. Некрасов. Автомобильные дороги. „Вестник инженеров", май—июнь 1929 г. № 5—6.

Цудортранс. Объединение дорожных организаций во Франции. 1927.

Инж. А. И. Анохин. Гужевые пути и промышленность. „Строительная промышленность". 1926 г., № 8.

В. Н. Образцов. и Н. В. Энгельгарт. Экономические подъездные пути. 1916.

Проф. Г. Д. Дубелир. Выбор типа шоссейных и грунтовых дорог в соответствии с размером и характером перевозок. „Сборник Инст. инж. п. с.", вып. 94, 1927.

В. Н. Образцов. Экономика местного транспорта и пионерского строительства.

Я. Н. Дробнис. Трудовое участие населения — важнейший внутренний ресурс дорожного строительства. „Автомобиль и дорога". № 2—3, 1931 г.

Местный транспорт СССР сегодня. Журнал „Дорога и автомобиль". № 4, 1931 г.

Справочник „Дороги и мосты". Транспечать, НКПС. 1930.

Neumann. Neuzeitlicher Strassenbau. 1927.

A. Blanchard and R. Morrison. Elements of Highway. „Engineering". 1928.

W. Harger. Rural Highway Pavements. 1924.

Th. Agg. The Construction of Roads and Pavements. 1929.

A. Blanchard. Amerikan Highway Engineer's Handbook. 1919.

Proceedings of the fifth annual Meeting of the Highway Research Board. 1926.

Bulletin de l'association internatiionale permanente des Congrès de la Route, № 72, Novembre—Decembre 1930.

VI Congrés Washington 1930. Budgets des routes et moyens financiers. Rapports.

VI Congrés Washington, 1930. Transports sur Routes. Rapport.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ОТДЕЛ II
ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ И ТЯГА

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ
ГУЖЕВОЙ ТРАНСПОРТ

§ 11. Типы повозок. Правильно составить проект дороги и установить основные технические характеристики дорожного полотна и его одежды можно только изучив тот подвижной состав, который будет пользоваться дорогой.

Знание подвижного состава для дорожного техника должно заключаться в изучении конструкции и основных размеров повозок, которое даст ему возможность правильно назначить основные размеры дорожного полотна, в изучении работы двигателя повозки—для надлежащего выбора поперечных и продольных уклонов, в изучении воздействия во время движения повозки на дорожное полотно—для установления основных размеров дорожной одежды и наконец в подсчете отдельных элементов, из которых складывается стоимость эксплоатации повозки.

В настоящей главе будут рассмотрены только основные конструктивные характеристики повозок и их тяговых средств; вопросы воздействия повозки на дорогу будут изложены в отделе VI, а экономические подсчеты в отделе V.

Принимая во внимание, что гужевой транспорт еще в течение ряда ближайших лет, как указывалось в главе 1, будет пользователем автогужевых дорог, при рассмотрении типов подвижного состава необходимо хотя бы в кратких чертах остановиться на описании этого вида транспорта.

Типы подвижного состава распадаются на две группы: а) повозки с живым двигателем, б) повозки с механическим двигателем. Первая группа в свою очередь может быть разделена на два типа—двухколесные и четырехколесные повозки, вторая группа также на два типа: на автомобили и тракторы, причем первые в свою очередь разделяются на легковые автомобили, автобусы и грузовые автомобили, а тракторы—на колесные и гусеничные. Отсюда видно, что подвижной состав автогужевых дорог крайне разнообразен как по своим конструктивным характеристикам, так и по условиям своего воздействия на дорогу, причем в последнем отношении отдельные типы повозок резко друг от друга отличаются.

§ 12. Гужевой транспорт. Типы конных повозок. Существующие типы конных повозок очень разнообразны, и до настоящего времени не имеется более или менее стандартного их типа. К наиболее распространенным типам могут быть отнесены пароконные четырехколесные повозки, применяемые по преимуществу на юге СССР, и одноконные четырехколесные, распространенные в северных районах и обладающие небольшой грузоподъемностью, но хорошей поворотливостью. Наличие таких несовершенных повозок может быть оправдано исключительно неудовлетворительным состоянием дорог, не позволяющим передвигаться более громоздким экипажам.

Основные габаритные размеры наиболее распространенных типов повозок приводятся в следующей таблице.

Таблица 22

Тип повозки	Длина хода *мм*	Ширина хода *мм*	Диаметр передних колес *мм*	Диаметр задних колес *мм*	Ширина обода колес *мм*	Вес повозки *кг*
Одноконная крестьянская четырехколесная повозка	1 500	передка 1 030 задка 1 060	640	860	47 — 52	240 — 250
Пароконная четырехколесная повозка (тавричанка)	1 450	1 100	810	975	45 — 52	300 — 320
Воинская повозка старого образца	2 060	1 260	1 216	1 216	52	396

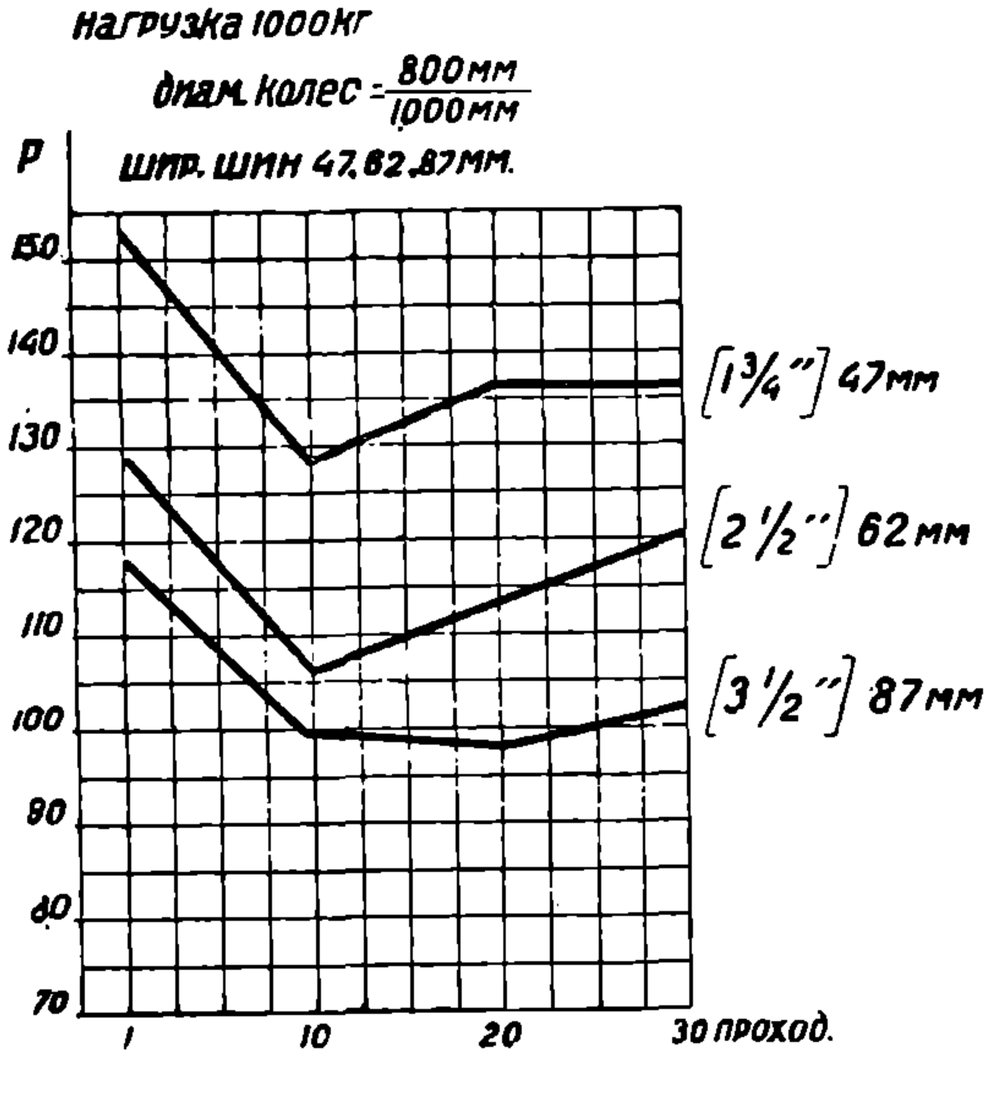
НБ УАДИТ (ДИТ)

Для общих подсчетов можно принять следующие габаритные размеры гужевых повозок:

ширина хода	1,2 — 1 3 *м*
ширина кузова с нагрузкой (последняя цифра может относиться к телеге, груженной сеном).....	1,7 — 2,5 „
длина хода	2,0 — 2,5 „

Предельная грузоподъемность гужевых повозок может быть принята:

для одноконной крестьянской повозки весом	250 *кг*	— 500 *кг*
пароконной „ „ „	400 „	— 1 000 „
платформы городского типа весом.....	600 „ — 1 500 *кг*	— 2 000



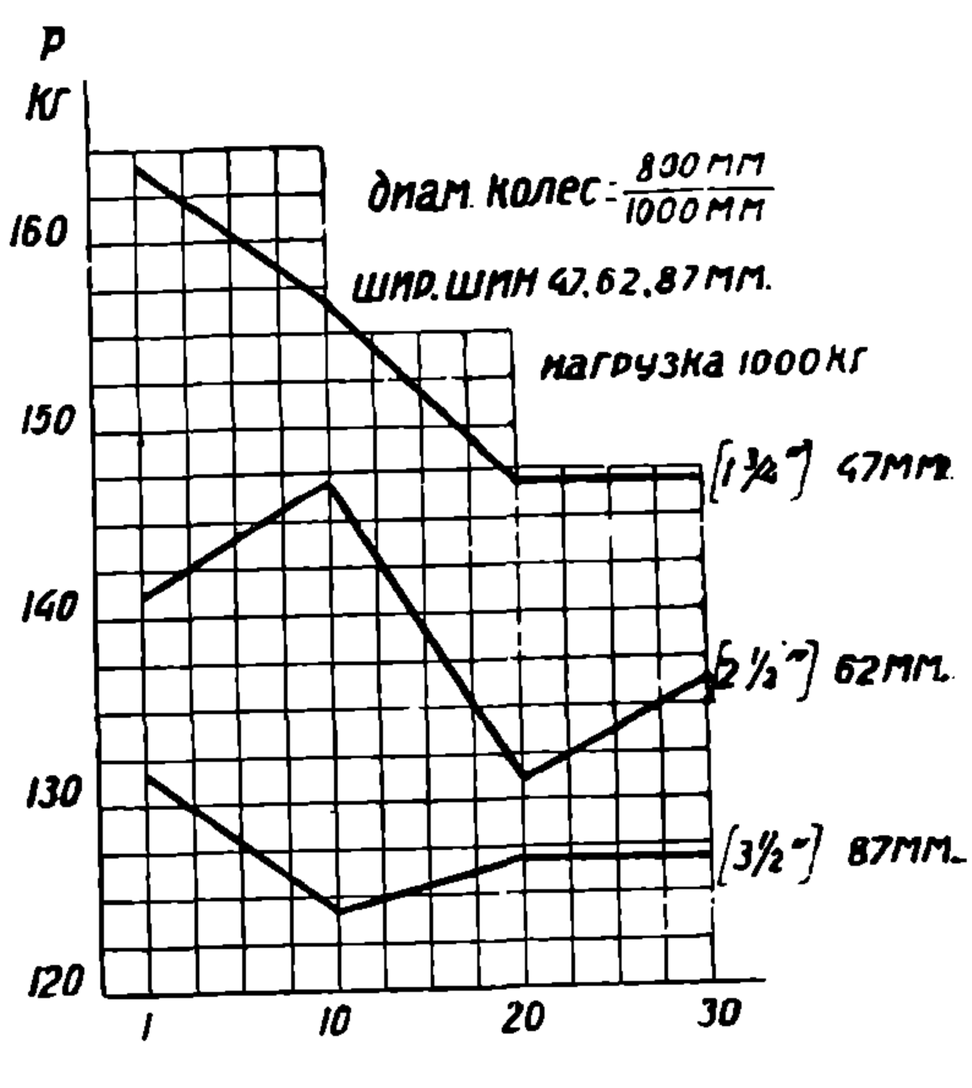


Рис. 13 и 14. Влияние ширины шин на тяговое усилие в гужевой повозке при проходе по супесчаному и суглинистому грунту.

В конструкции повозок наибольшее значение для расчета основных элементов дорожного полотна и одежды имеют ширина обода колеса, диаметр колеса и поворотливость повозки. Вопросами наиболее рациональных размеров повозки, связанных с сопротивлением повозки, занимался уже давно целый ряд научных работников (Морен, Герстнер, Бернштейн, Шульц, Горячкин и др.). К числу последних исследований в этом вопросе относятся работы проф. М. Н. Летошнева, выполненные по заданию Научно-исследовательского автодорожного института.[1] Проведенные испытания еще раз подтвердили значение ширины шин и диаметра колес для тягового усилия при движении повозки.

Оказалось, что при супесчаном и суглинистом грунтах размеры ширины шин сказываются следующим образом:

Таблица 23

Ширина шин	на песчаном грунте	на глинистом грунте
Уменьшение тягового усилия при ширине шины в 87 *мм* (3½") по сравнению с 62 *мм* (2½") на.	14%	8%
Уменьшение тягового усилия при ширине шины в 87 *мм* (3½") по сравнению с шириной в 47 *мм* (1¾") на	25%	18%

[1] М. Н. Летошнев. Взаимодействие конной повозки и дороги. Цудортранс. Исследовательское дорожное бюро. 1929 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Равным образом и глубина колеи возрастает с уменьшением ширины обода.

Указанные данные подтверждаются материалами фактического динамометрирования повозок с различным диаметром шин, приводимыми в следующих таблицах и графике (рис. 13 и 14).

Таблица 24

Ширина шин колес	Среднее тяговое усилие в *кг*	
	при супесчаном грунте	при суглинистом грунте
47 *мм* ($1^3/_4''$)	136,0	156
62 „ ($2^1/_2''$) ...	118,5	142
87 „ ($3^1/_2''$) ...	102,4	128

Глубины колеи после каждого прохода повозки приведены в следующей таблице:

Таблица 25

Ширина шин колес	Глубина колеи в *см*	
	при супесчаном грунте	при суглинистом грунте
47 *мм* ($1^3/_4''$).. ..	4,1	3,3
62 „ ($2^1/_2''$)	3,0	2,7
87 „ ($3^1/_2''$) .	2,0	2,3

Наблюдения производились над повозкой, имевшей собственный вес 330 *кг* и полезный груз 1 000 *кг*, общий вес 1 330 *кг*, при диаметре передних колес $D_{п.р} = 800$ *мм* (32″) и задних $D_{зад} = 1\,000$ *мм* (40″).

При каменной дорожной одежде влияние ширины шин колес сказывается значительно меньше и при передвижении повозки почти не увеличивает тягового усилия, как то видно из следующей таблицы:

Таблица 26

Ширина шин	Потребное тяговое усилие в *кг*	
	на старом шоссе	на новом шоссе
47 *мм*	50,1	48,4
62 „	44.3	40,8
87 „	51.1	37,0

На основании приведенных данных можно сделать вывод, что для повозок, предназначенных к обращению на грунтовых дорогах, ширину шин желательно иметь в пределах 85—100 *мм*; для повозок, предназначенных для движения по шоссейным дорогам, в пределах 50—75 *мм*.

Диаметр колес повозок также оказывает большое влияние как на легкость передвижения экипажа, так и на величину того давления, которое передается от колес на дорожное полотно.

Согласно постановлению II Международного конгресса допускаемое давление на 1 пог. *см* ширины шины не должно превосходить $p = 125\ \sqrt{D}$ *кг*/пог. *см*, где D — диаметр колеса в *м*. Равным образом, если определить площадку, на которую передается давление от колеса при прохождении его по дороге и при погружении колеса в грунт на величину h (образование колеи глубиной h), то увидим, что величина этой площадки также зависит от величины диаметра колеса.

Действительно (рис. 15) $h : \frac{a}{2} = \frac{a}{2} : (D - h)$ или

$$\frac{a}{2} = \sqrt{hD - h^2}$$

НБ УДУНТ (ДИТ)

Ввиду того, что h очень мало по сравнению с D, можно написать $a = 2\sqrt{hD}$. Если ширина обода колеса будет b, то площадь передачи давления будет $\omega = 2b\sqrt{hD}$, т. е. эта площадь зависит от диаметра колеса и с увеличением последнего будет также возрастать, другими словами, удельное давление от колеса на поверхность дорожной одежды будет уменьшаться.

Влияние диаметра колес повозки на величину тягового усилия было определено проф. М. Н. Летошневым на указанных выше испытаниях, причем испытанию подвергалась повозка с полным весом 1 330 *кг*, из которых 1 000 *кг* являлось полезным весом. Ширина шин во всех случаях была одинакова $= 47$ *мм*.

Результаты испытаний приведены в следующей таблице:

Таблица 27

Диаметр колес в *мм* передних/задних	Потребное тяговое усилие в *кг*	
	на супесчаном грунте	на суглинистом грунте
600/800	164,5	236
800/1000	153,0	210
800/1200	121,6	186

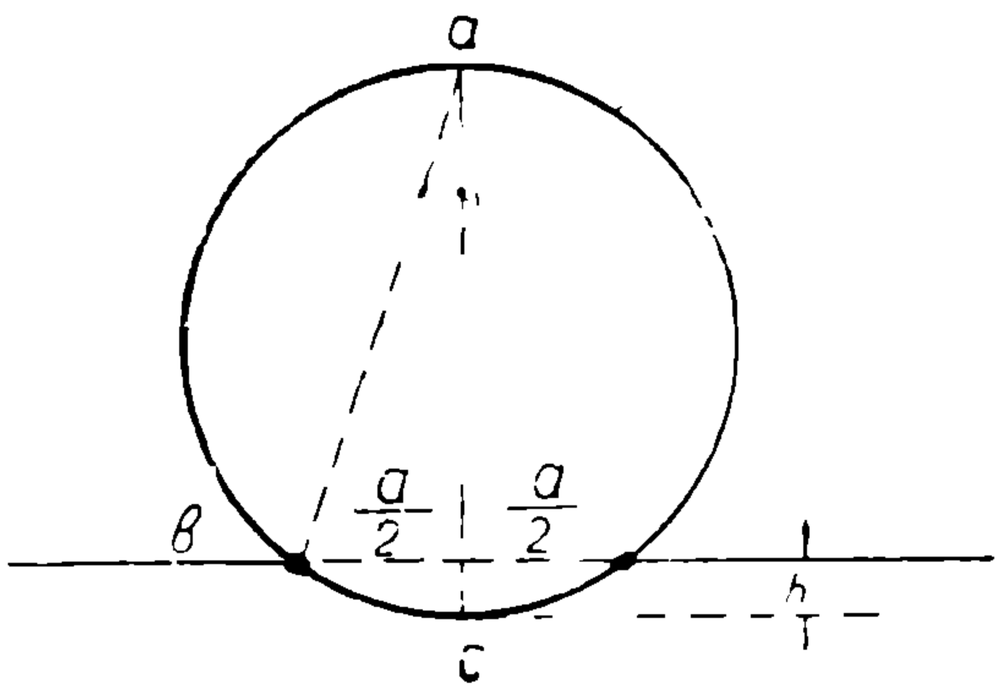


Рис. 15. Погружение колеса в грунт.

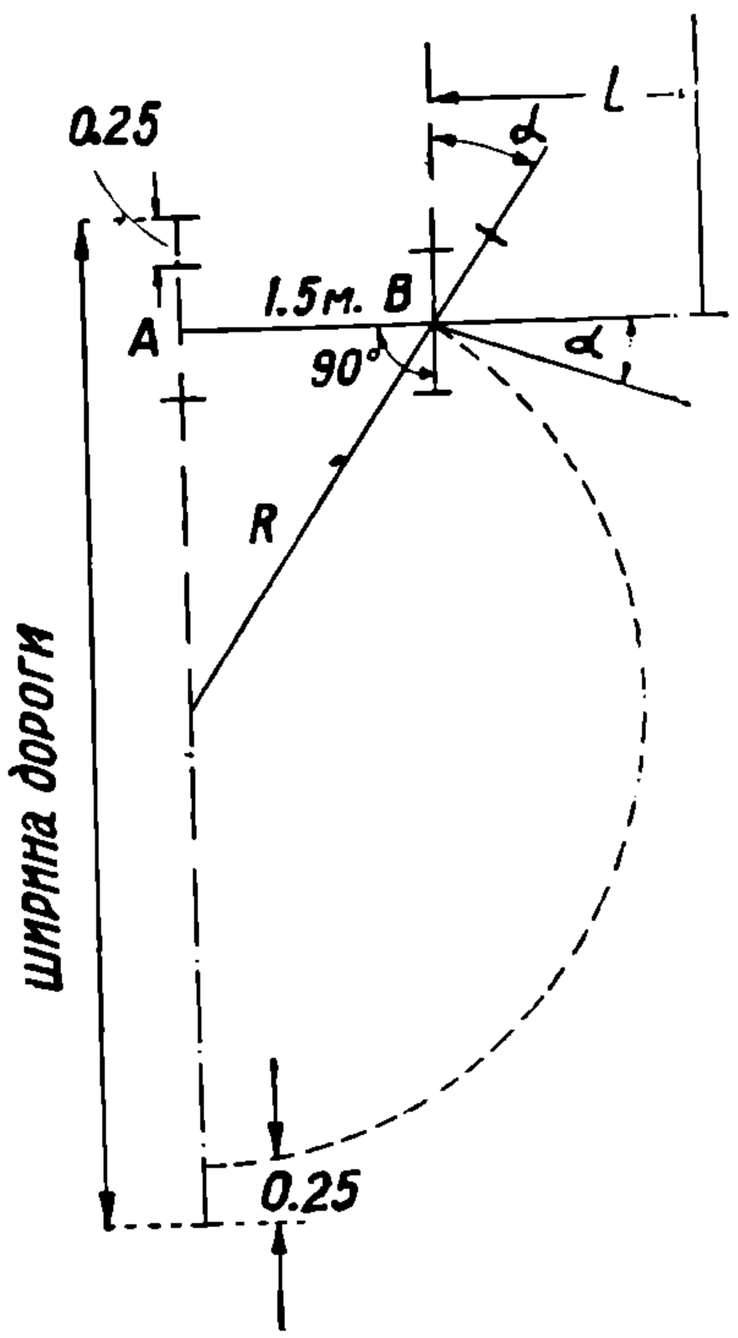


Рис. 16. Зависимость поворотливости экипажа от угла поворота передней оси.

На шоссейной дороге, как более жесткой, влияние диаметра колес сказывается в меньшем размере. При тех же испытаниях было найдено, что на изношенном шоссе размеры передних и задних колес с малой разницей диаметров более благоприятны в смысле расхода тяги, чем малые размеры и колеса с большой разницей диаметров. На ровной и плотной укатанной шоссейной дороге влияние диаметра колес на тяговом усилии практически не сказывается. Наиболее удовлетворительными размерами диаметра колес являются для передних колес $D_{пер.} = 800—1000$ *мм* и соответственно для задних $D_{зад.} = 1000—1200$ *мм*.

Поворотливость повозок имеет значение при устройстве закруглений, а также при назначении ширины дорожного полотна. Поворотливость повозки зависит от угла поворота передней оси, который бывает во вне городских повозках равен 30—45°, а в городских, для облегчения поворотливости,—до 90°. Радиус поворота зависит кроме того от ширины хода экипажа (рис. 16) AB, так как $R = AB/\sin\alpha$; при $\alpha = 30°$ и $AB = 1{,}5$ *м* радиус поворота

$$R = \frac{1{,}5}{1/2} = 3{,}0.$$

При ширине хода, равной 1,5 *м*, шириной дорожного полотна, достаточной для поворота экипажа, будет $B = 3 \times 2 + 0{,}5 = 6{,}5$ *м*.

§ 13. Сила тяги живого двигателя. В качестве тяговой силы для движения обычных повозок применяется живой двигатель, в большинстве случаев лошадь.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Силой тяги лошади называется то среднее усилие, которое она в состоянии проявить при передвижении тяжести по горизонтальному пути с равномерной нормальной скоростью (около 1 *м*/сек.). Сила эта зависит от лошади, причем теоретически считают, что средняя сила тяги составляет от $^1/_8$ до $^1/_9$ ее веса. Формулы для силы тяги, выведенные на основании непосредственных измерений, дают несколько большие результаты.

Так, по формуле проф. Wüst'a, для немецкой лошади $T = (\frac{P}{9} + 11)$ *кг*, где P — вес лошади в *кг*, T — сила тяги в *кг*. По формуле А. Малигонова для кубанской крестьянской лошади

$$T = \left(\frac{P}{8} + 9\right) кг.$$

В зависимости от веса, лошадей можно разбить на слабые, средние, сильные и очень сильные, причем лошадь каждой из этих групп будет обладать определенной силой тяги, как то видно из следующей таблицы:

Таблица 28.

Характеристика лошади	Вес в *кг*	Сила тяги		
		действит. средняя	наибольшая средняя	максимальн. кратковременная
Слабая	250	30	45	90
Средняя	350	40	65	130
Сильная	400	50	80	160
Очень сильная .	700	80	130	260

При совместной работе нескольких лошадей сила тяги каждой из них уменьшается, причем Бокельберг дает для этого случая такую формулу:

$$T_n = \left[1 - \alpha\left(n - 1\right)\right] T.$$

где T_n — сила тяги лошади при запряжке n лошадей, T — сила тяги лошади каждой в отдельности, коэффициент $\alpha = 0{,}075 - 0{,}0_0$, т. е. припряжка каждой лишней лошади убавляет силу тяги каждой из них на 7½%—6%.

По Лехолас сила тяги при совместной запряжке убывает неодинаково, а именно:

при запряжке лошадей в количестве	2	3	4	5	6	6
уменьшается на	12%	13%	20%	27%	36%	50%

Сила тяги лошади находится в определенной зависимости от скорости движения и продолжительности работы.

Пользуясь опытными даннными, Машек нашел, что при увеличении скорости движения тяговое усилие лошади уменьшается, и эта зависимость может быть выражена следующей формулой:

$$\frac{T}{T_0} + \frac{v}{v_0} + \frac{t}{t_0} = 3,$$

где T_0 — нормальная сила тяги лошади,
v_0 — „ скорость (примерно 1,1 *м*/сек.),
t_0 — „ продолжительность работы,
T, v, t — соответственные изменения этих величин против нормальных.

Приведенную формулу можно изобразить в следующем виде:

$$T = T_0\left(3 - \frac{v}{v_0} - \frac{t}{t_0}\right).$$

Перегрузка лошади на очень короткое время при $t = 0$ может быть выражена

$$T = T_0 \times \left(3 - \frac{v}{v_0}\right), \text{ при } v = v_0,$$

т. е. при неизменной нормальной скорости $T = 2T_0$ или в течение короткого промежутка времени силу тяги лошади можно удвоить.

Если же скорость уменьшится, то перегрузка может быть доведена до еще больших пределов: так, если считать, что v в пределе $= 0$, то $T = 3T_0$ или при рывке лошадь может довести свое тяговое усилие до тройного против нормального.

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ **14. Уравнение движения конной повозки.** При движении по дороге груженой повозки необходимо считаться со следующими возможными видами сопротивлений:

1) сопротивление от трения осей в цапфах или во втулках колес,
2) сопротивление от сотрясений,
3) сопротивление от перекатывания колес по дорожному полотну.

Сопротивление от трения осей в цапфах при хорошей смазке незначительно и не превышает десятых долей процента. Сопротивление от сотрясений при гужевой тяге, совершающейся с незначительной скоростью (5—10 *км*/час), также ничтожно, а потому остается только основное сопротивление от качения колес. Это сопротивление зависит от качества дороги и от веса перевозимого груза и главным образом обусловливается той работой, которая затрачивается на деформацию дорожного полотна при движении груженой подводы. Вследствие этого коэффициент сопротивления передвижения повозки может быть выражен следующей общей формулой:

$f = K\sqrt{\frac{h}{D}}$, где K — некоторый коэффициент, характеризующий дорожное полотно со стороны деформации его (для грунтовых дорог этот коэффициент равен 0,75 — 1,00); h — глубина колеи или деформации дорожного полотна, D — диаметр колеса. Из этого видно, что коэффициент сопротивления передвижения повозки растет пропорционально корню квадратному из величины относительного погружения колеса.

Отсюда сопротивление движению по горизонтальному пути будет иметь вид $W_1 = fQ$, где Q — вес повозки в *кг*. Так как при установившемся равномерном движении повозки сила тяги становится равной сопротивлению движения повозки по данному пути, то $T = W_1 = fQ$ и $f = \frac{T}{Q} = \frac{W_1}{Q}$, т. е. коэффициент сопротивления движению, учитывающий как трение при катании колес повозки, так и трение во втулках, является отношением усилия, которое должно быть приложено к нагруженной повозке для равномерного ее движения или сопротивления, возникающего при движении, к полному весу повозки с грузом.

Коэффициент сопротивления движению выражается или в тысячных, когда вес повозки выражен в *кг*, или в *кг* на каждую тонну груза, когда вес повозки выражен в тоннах. В последнем случая он может быть назван удельным сопротивлением и выражает то сопротивление, которое должна преодолевать лошадь, везущая по соответствующей дороге груз в одну тонну весом, включая и вес повозки. Среднее значение коэффициента f для конных повозок приводится в следующей таблице:

Таблица 29

Характер дороги	Коэффициент	Удельное сопротивление движ. в *кг* на *т* груза
Грунтовые дороги		
Сыпучий песок, свеже построенная грунтовая дорог	0,15	150
Обыкновенная грунтовая дорога	0,10	100
Твердая, хорошо закатанная грунтовая дорога...	0,05	50
Хорошая гравийная дорога	0,04	40
Шоссейные дороги		
Рыхлое неукатанное шоссе..	0,15	150
Шоссе плохо закатанное..... ..	0,10	100
Шоссе сильно разбитое..... ..	0,05	50
Хорошо закатанное шоссе.....	0,03	30
Шоссе с поверхностной обработкой битуминозным материалом или с внутренней обработкой.....	0,02	20
Мостовые		
Плохая булыжная мостовая.....	0,05	50
Мозаиковая или брусчатая мостовая .	0,02	20
Асфальтовая мостовая	0,01	10
Цементно-бетонная мостовая	0.01	10

НБ УДУНТ (ДИТ)

Как известно, коэффициент трения в состоянии покоя более коэффициента трения движения, поэтому лошадь, трогая с места, должна затрачивать некоторое дополнительное усилие. Кроме того, при трогании с места лошади приходится преодолевать сопротивление инерции повозки и ее груза. Преодоление последней будет требовать тем большего усилия, чем больше вес повозки и ее груза и чем с большею скоростью трогается лошадь с места. Для нормальных условий конной возки эти оба дополнительных сопротивления составляют 20 — 8% от веса телеги и груза.

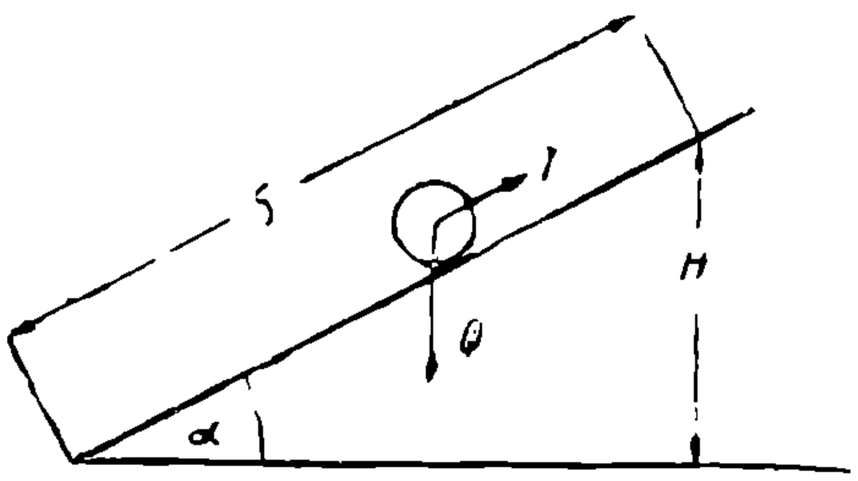


Рис. 17. Движение повозки на подъем

При движении с повозкой по подъему лошадь должна испытывать дополнительное сопротивление вследствие того, что повозка в этом случае стремится оторваться от лошади и двигаться в сторону, обратную движению последней. Это дополнительное сопротивление будет тем больше, чем круче уклон дороги. Действительно, в этом случае, для того чтобы передвинуть повозку по уклону (рис. 17), необходимо затратить работу не только на передвижку повозки весом Q на пути S, но также и на подъем ее на высоту H, т. е. работа лошади в этом случае будет иметь выражение: $F = fQS + QH$; дифференцируя полученное выражение по ds, найдем величину силы сопротивления

$$\frac{dF}{ds} = W_2 = fQ + Q\frac{H}{S}.$$

Отношение $\frac{H}{S} = \sin\alpha$, однако, ввиду малой величины угла можно принять

$$\sin\alpha = \operatorname{tg}\alpha,$$

следовательно

$$\frac{H}{S} = \operatorname{tg}\alpha = i - \text{уклону дороги},$$

таким образом в этом случае

$$T = W_2 = fQ + Q_i = Q(f + i)$$

или

$$Q = \frac{T}{f + i)},$$

т. е. величина перевозимого груза зависит от силы тяги лошади, рода дороги и профиля пути.

При движении по уклону лошадь, кроме того, должна преодолеть сопротивление, которое связано с подъемом собственного своего веса по уклону. Это сопротивление равно $W_3 = P_л i$, где $P_л$—собственно вес лошади.

Таким образом уравнение движения при конной тяге будет иметь следующий общий вид:

$$T \geqslant W = W_1 + W_2 + W_3 = fQ + iQ + iP_л = Q(f + i) + P_л i$$

ГЛАВА ПЯТАЯ

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

§ 15. Типы автомобилей. Основным и наиболее распространенным видом повозок, пользующихся сухопутными безрельсовыми путями, является автомобильная повозка, для которой, как указывалось выше, должна в современных условиях проектироваться дорожная сеть. С этой целью дорожник должен ясно представлять себе те требования, которые предъявляет автомобиль к дороге. Для выяснения этих требований прежде всего должны быть установлены основные характеристики автомобиля, которые сводятся к следующим:

1) основные габаритные размеры для определения размеров дорожного полотна и сооружений;

2) общий вес и вес, приходящийся на каждое колесо, а также удельное давление на шины, представляющее собою отношение веса автомобиля к площади проекции всех шин на дорогу;

НБ УДУНТ (ДИТ)

3) диаметр поворота или диаметр окружности, описываемой внешним колесом при повороте автомобиля;

4) устойчивость автомобиля против заноса задних колес и против бокового опрокидывания;

5) тяговая характеристика автомобиля, дающая возможность установить условия движения автомобиля по данной дороге в отношении его скорости, веса перевозимого груза, проходимости предельных подъемов, ускорения и пр.;

6) условия воздействия автомобиля на дорогу во время движения.

В настоящей главе будут рассмотрены только основные габаритные размеры и тяговая характеристика автомобиля, условия же воздействия автомобиля на дорогу будут приведены в отделе VI.

Все существующие типы автомобилей можно разбить на три группы: 1) автомобили легковые 2) автобусы, 3) грузовые автомобили.

Для дальнейшей характеристики автомобилей необходимо ввести понятие о литраже его двигателя, который зависит от диаметра цилиндра, хода поршня и числа цилиндров и может быть изображен в виде цилиндра, диаметр которого равняется диаметру цилиндров данного мотора, а высота—двойному, четверному, шестерному и т. д. ходу поршня, в зависимости от числа цилиндров мотора. Литраж может быть выражен формулой $L = 0{,}000785\ d^2hi$, где h—диаметр цилиндра в *см*, h—ход поршня в *см*, i—число цилиндров мотора.

Налог с автомашин взимается в зависимости от налоговой мощности данной машины, которая определяется по формуле $N = 0{,}3id^2h$, где N—налоговая мощность в *л. с.*, i—число цилиндров, d—диаметр цилиндров в *см*, h—ход поршня в *м*.

Необходимо помнить, что налоговая мощность ни в коей степени не характеризует действительную мощность двигателя, понятие о которой будет дано далее.

Легковые автомобили представляют собой наиболее крупную группу повозок этого типа, составляющую 85% всего мирового парка машин, а потому естественно имеется большое разнообразие конструкций этих автомашин. Все существующие типы могут быть разбиты на следующие группы: а) малые городские машины, б) малые дорожные машины и в) большие дорожные машины.

Основные характеристики каждого из этих типов приводятся ниже.

Таблица 30.

Характеристика автомобиля	Малые городские машины	Малые дорожные машины	Большие дорожные машины
Мощность двигателя в л. с.	5—8	12—16	18—30
Литраж в *л*	0,7—1,0	1,5—2,5	3—4
Число мест.	4	4—6	6—8
Максимальная скорость в *км*/час	50	70	100
Ширина колеи в *м*.....	1,0—1,3	1,09—1,42	1,28—1,50
Расстояние между осями в *м*	1,9—2,65	1,95 - 3,00	2,78—3,82

Далее приводится основная характеристика легкового автомобиля типа Форд-А, принятого к производству на Нижегородском заводе:

Тормозная мощность двигателя при максимальном 2 200 об/мин.	40 л. с.
Налоговая мощность.....	12,5 л. с.
Литраж двигателя	3,28 л.
Число цилиндров—четыре, диаметр и ход поршня.....	98 *мм* × 108
Максимальная скорость в *км*/час.....	85—100
Передаточное отношение от кардан. вала к заднему мосту.....	3,7
Расход горючего на 100 *км* пробега	11 *л*
Вес автомобиля с кузовом и 4 пассажирами брутто	1 210 *кг*
Вес нетто (без пассажиров)..... :	930 „
Низшая точка над поверхностью дороги.....	240 *мм*
Общая длина около.....	4 000 „
„ ширина..	1 650 „
Расстояние между осями	2 630 „
Ширина колеи.....	1 420 „
Радиус поворота	5 275 „
Средняя себестоимость пробега на 1 *км*.	25,3 коп

НБ УДУНТ (ДПТ)

Второй тип автомашин—автобусы—имеет сравнительно малое распространение: их насчитывается во всем мире около 250 тыс. шт., причем на долю САСШ приходится около 100 тыс., а на долю Англии—50 тыс. У нас в Союзе общее количество автобусов—1500 шт.

Средняя городская скорость автобусов составляет 20—40 *км*/час. По количеству пассажиров автобусы могут быть разбиты на следующие группы:

1) *Малые автобусы* на 14—15 мест, общий вес нетто 1200—1500 *кг*, ширина колеи 1,42—1,58 *м*, расстояние между осями 3,05—4,00 *м*, литраж—1,5—3,5 *л*.

2) *Средние автобусы* на 16—22 места, общий вес нетто 2000—2500 *кг*, ширина колеи 1,5—1,8 *м*, расстояние между осями 3,5—4,4 *м*, литраж 2,7—4,2 *л*.

3) *Большие автобусы* на 25—35 мест, общий вес нетто 3000—5000 *кг*, ширина колеи 1,62—1,81 *м*, расстояние между осями 4,50—5,60 *м*, литраж 4,5—5,5 *л*.

4) *Большие автобусы*—свыше 35 мест, общий вес нетто 5000—7000 *кг*, ширина колеи 1,60—1,92 *м*, расстояние между осями 4,75—5,84 *м*, литраж 5—7,10 *л*.

Ниже приводятся данные по наиболее распространенным у нас автобусам „Лейланд“ на 36 мест.

Литраж 6,66 *л*, расстояние между осями 4826 *мм*, ширина колеи—передней 1780 *мм*, задней 1830 *мм*, мертвый вес 6075 *кг*, полный вес автобуса (брутто) 9107 *кг*, нагрузка на переднюю ось 2352 *кг*, на заднюю 6755 кг. Передаточные числа коробки скоростей: 1-й—4,88, 2-й—2,78, 3-й—1,73, 4-й—1,0, передаточное число в заднем мосту 7,9; радиус поворота 9,175 *м*, расход топлива на 100 *км*—38 *л*.

У нас в Союзе устраивают автобусы на шасси грузовых а томобилей АМО-2 на 30—28 мест и Я-6 на 38 мест, причем последний тип имеет следующие размеры: общая длина 7800 *мм*, наибольшая ширина кузова 2500 *мм*, наибольшая высота 2250 *мм*, расстояние между передними и задними осями 4787 *мм*, ширина колеи, передней и задней, 1748 *мм*.

Примерная себестоимость эксплоатации различных типов автобусов применительно к нашим условиям приводится в следующей таблице (В. Кононов „Типы автомобилей и их назначение“):

Таблица 31

Наименование расхода	Автобусы на 15 мест	Автобусы на 20 мест	Автобусы на 30 мест	Автобусы на 40 мест	Автобусы на 60 мест
Стоимость машины в СССР	6 000	9 000	10 000	12 000	20 000
Налоговая мощность машины в л. с.....	15	20	25	30	40
Расход бензина на 100 *км* в *кг*	16	18	23	28	30
Амортизация на пробег в *км*	150 000	150 000	150 000	150 000	150 000
Эксплоатационные расходы на 100 *км* пробега:					
1. Зарплата шоферу в среднем с начислен. 3 500р. в г.	10,00	14,00	14,00	14,00	20,00
Для автоб. в 15 мест 2 500 р.. .	—	—		—	—
„ „ „ 60 „ 5 000 р..	—	—	—	—	—
2. Налог из расчета 20 р. за силу и страхование из расчета 2% стоимости в год	1,68	2,32	2.80	3,36	4,80
3. Гаражные расходы, содержание базы, непредвид	3,50	4,00	4,50	4,50	5,00
4. Горючее, смазочные и обтирочные материалы .	5,00	5,60	7,00	8,50	9,50
5. Резина по нормам Резинотреста	4,20	7,50	11,45	13,80	13,80
6. Ремонт машин $^1/_{1000}$ стоимости на 100 *км*.....	6 00	9,00	10,00	12.00	20,00
7. Амортизация	4,00	6,00	6,60	8,00	13,30
Итого на 100 *км* руб.	34,38	48,42	56,35	64,16	86,40
Стоимость 1 *км* пробега в коп..... ..	34	48,4	56.4	64,2	86,4
Стоимость пасс. *км* при 50% наполнения.	4,53	4,84	3,75	3,21	2,88
Стоимость пасс. *км* при 75% наполнения.....	3,10	3,23	2,51	2,14	1.92

Грузовые автомобили для дорожных целей представляют наибольший интерес, так как этот тип автомашин оказывает наибольшее воздействие на дорожную одежду вследствие своего веса и своих размеров. Помимо этого, как указывалось в главе I, в течение ближайшей пятилетки наше автостроение будет

НТБ УДХТ (ДИТ)

развиваться главным образом по линии грузовых машин, а потому наша дорожная сеть должна быть приспособлена для беспрепятственного пропуска автомашин по преимуществу этого типа.

По своей полезной нагрузке грузовые автомобили могут быть разбиты на следующие группы:

1)	с полезной нагрузкой	1,0—1,5 *m*	с максимальной скоростью....	50—60	*км*/ч.
2)	„	до 2,5	„	50—60	„
3)	„	3,5	„	40—45	
4)	„	5,0	„	40—45	

Первоначально заграницей, особенно в Америке, получили значительное распространение легкие грузовые машины в 1,0—1,5 *m*, составлявшие до 60% общего грузового парка машин. Однако в последнее время замечается стремление к развитию типов грузовых автомашин большого тоннажа. Необходимо помнить, что тяжелые машины потребуют также тяжелых типов

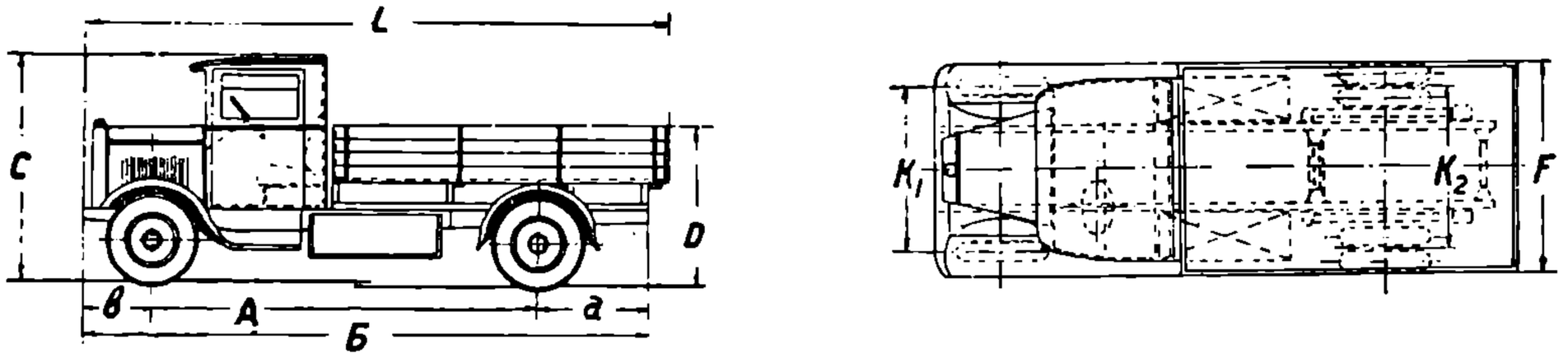


Рис. 18. Схема грузового автомобиля.

дорожных покрытий, каковой тип не может получить широкое развитие в ближайшее время. На заводах Союза предполагается выпускать грузовые автомобили следующих типов: а) по типу Форд-АА с полезной нагрузкой в $1^1/_2$ *m*, б) по типу Автокар-Амо 2—2,5 *m* и в) Я-5—5 *m*. Основные характеристики этих машин (рис. 18) приводятся в следующей таблице:

Таблица 32

Тип	Наиб. длина авт. *мм* *L*	Наиб. ширина *мм* *F*	Наиб. высота *мм* *C*	Наиб. дл. площадки куз-ва *мм*	*Г*. шир. пл. куз. *мм*	*А*. база *мм*	K_1 колея передн. *мм*	K_2 колея задняя *мм*	Расст. до низшей точк *мм*	Вес *кг* брутто	Вес нетто
Форд-АА	5 000	1 750	1 910	2 470	1 730	3 340	1 420	1 420	241,6	3 100	2 099
АМО-2 (2,5 *m*)	5 650	2 000	2 422	2 350	1 645	3 810	1 550	1 680	242,0	5 450	2 950
Я-5	7 479	2 460	2 100	3 800	2 225	4 787	1 748	1 784	325,0	9 400	4 400

Тип	Распр. нагр. на передн. ось	Распр. нагр. на задн. ось	Ср. скор. *км*/час	Максим. скор. *км*/час	Радиус поворота *мм*	Передаточн. число в коробке скоростей	Передат. число в зад мост.	Литраж	Мощность	Лоб. пл. $м^2$	Пл. сопр. шины с землей: перед. $см^2$	Пл. сопр. шины с землей: задн. $см^2$	Расход топл. на 100 *км*/*л*
Форд-АА	670	2 430	28	70	7 150	1 ск. — 6,40 2 ск. — 3,09 3 ск. — 1,69 4 ск. — 1,00	7,25	3,28	40	2,9	124,5	367,4	23,5
АМО-2 (2,5 *m*)	1 360	4 090	25	60	7 200	1 ск. — 5,35 2 ск. — 2,84 3 ск. — 1,76 4 ск. — 1.00	6,30	4,89	60	4,04	2×306	—	32
Я-5	2 458	6 308	23	45	7 000	1 ск. — 5,35 2 ск. — 2,84 3 ск. — 1,76 4 ск. — 1,00	8,80	7,02	60	—	2×318	—	42

Поворотливость автомобиля обусловливается тем, что сама передняя ось остается неподвижной, а управляемые колеса автомобиля повертываются около своих осей вместе с поворотными цапфами, шарнирно скрепленными с передней осью автомобиля (рис. 19). При этом устройстве достигается возмож-

НБ УДУНТ (ДШТ)

ность большего поворота, облегчается механизм поворота, сохраняется большая устойчивость автомобиля при повороте и передняя ось получает меньший изгибающий момент, так как поддерживается во время поворота в двух точках.

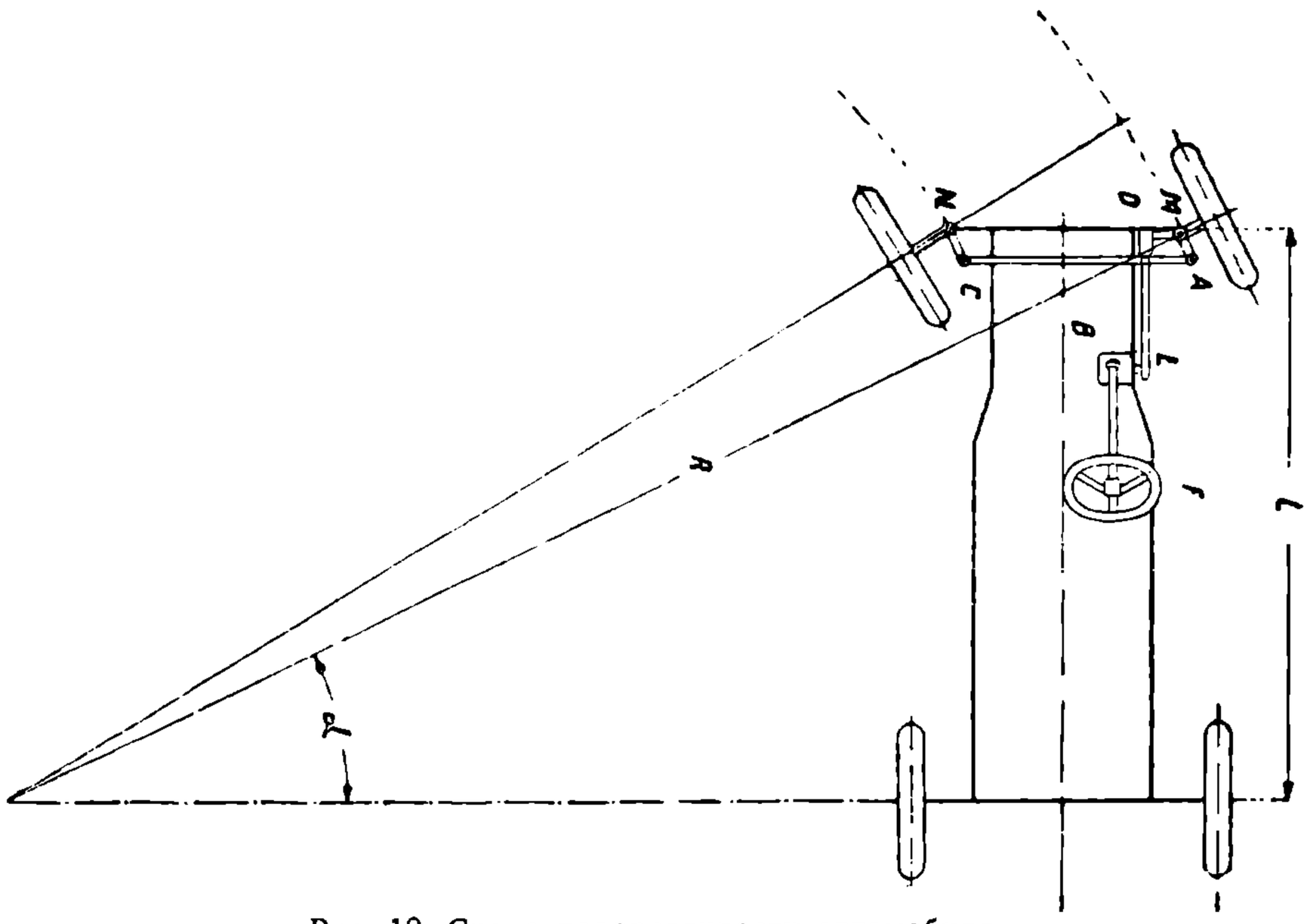


Рис. 19. Схема поворотливости автомобиля.

Радиус поворота, описываемый наружным колесом, можно определить из следующего выражения

$$R = \frac{L}{\sin \alpha},$$

где L — база автомобиля в *м*.

α — максимальный угол поворота переднего наружного колеса.

Для облегчения прохода автомобиля по кривым он снабжается специальным приспособлением, которое носит название дифференциала. При проходе по кривым колеса автомобиля должны описывать разный путь, т. е. вращаться с различной скоростью. Если бы колеса были насажены наглухо на одну ось, то поворот автомобиля был бы затруднен и шины крайне быстро изнашивались бы. Во избежание этого задняя ось делается составной из двух полуосей, соединенных между собой дифференциалом (рис. 20).

Устройство дифференциала следующее: к ведомой шестерне (*4*), получающей движение от конической (*6*), насаженной на конец карданного вала (*5*), прикреплена коробка с гнездами. В этих гнездах помещены шестерни, из которых две (сателлиты, *3*) могут свободно вращаться вокруг своей оси, перпендикулярной к задней оси автомобиля, и сцепляются с двумя другими шестернями (*1* и *2*), наглухо насаженными на концах левой и правой полуосей. Весь механизм—коронная шестерня, связанная с ней коробка с сателлитами и шестерни двух полуосей — заключен в картере. Таким образом движение карданного вала к колесам передается следующим образом: коронная шестерня вращается вокруг задней оси и увлекает во вращение коробку с сателлитами. По-

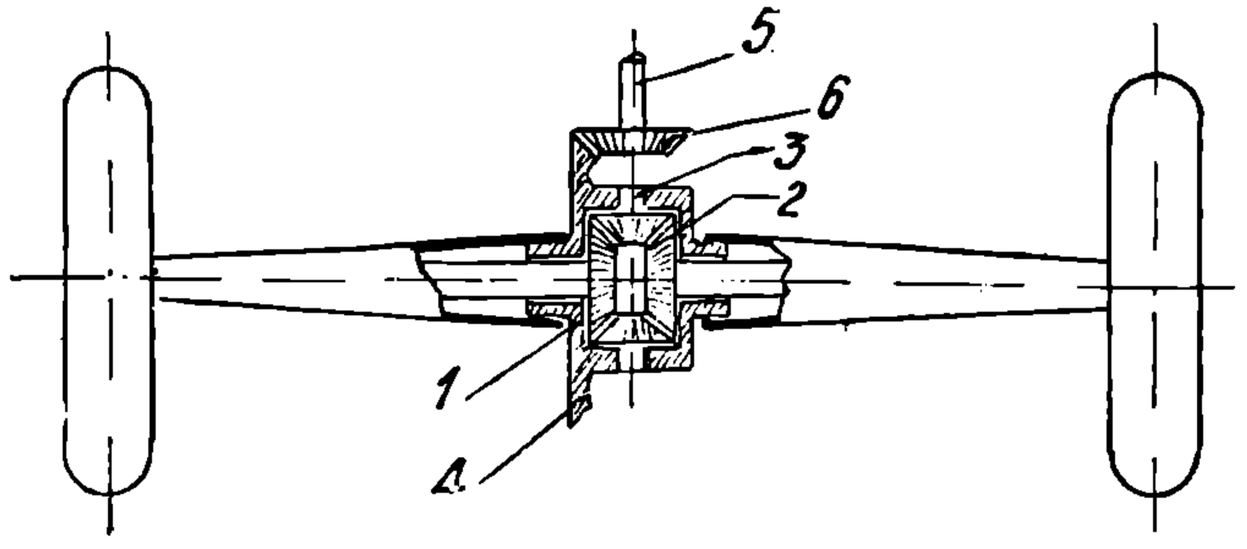
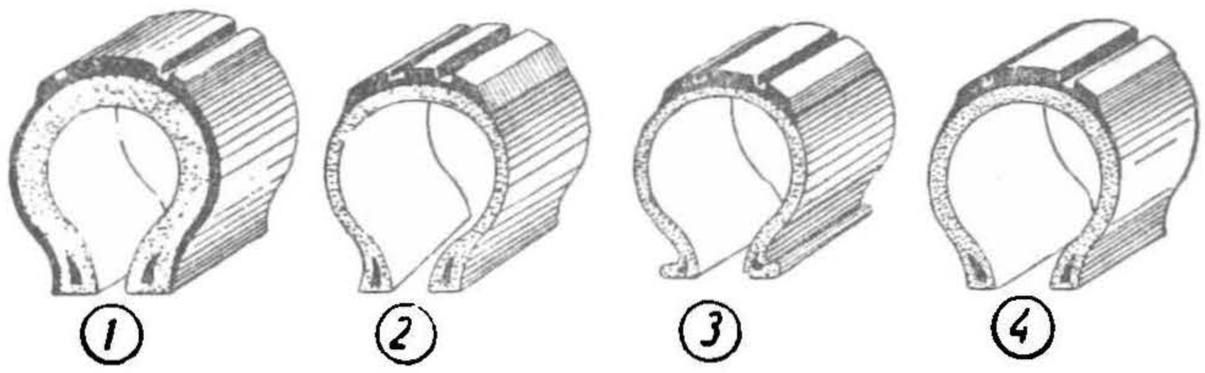


Рис. 20. Схема устройства дифференциала.

НБ УДУНТ (ДИТ)

следние в то же время могут свободно вращаться около осей, перпендикулярных к задней оси. Сцепляясь с шестернями, наглухо насаженными на внутренних концах полуосей, они таким образом приводят во вращение полуоси, а вместе с ними и колеса, причем, если одно из колес автомобиля встречает какое-



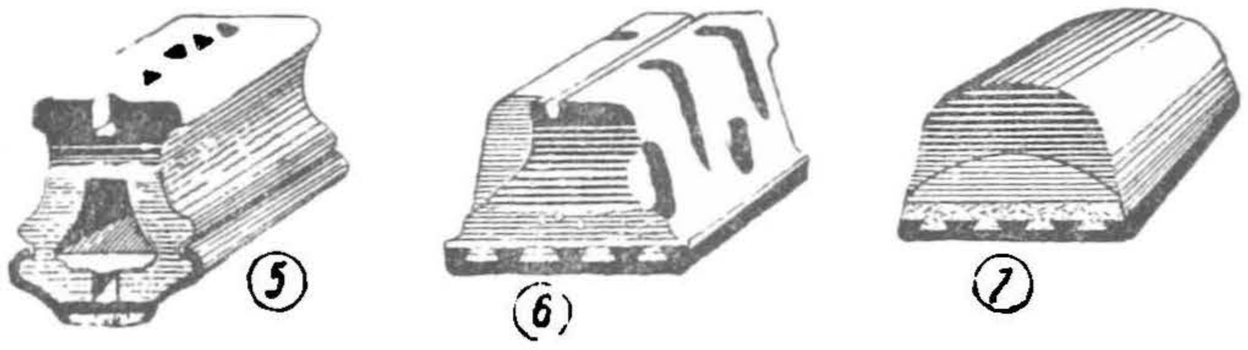


Рис. 21. Типы автомобильных шин.
Пневматики: *1* — гигант; *2* — баллон; *3* — тип баллона; *4* — обыкновенные
Массивные: *5* — полупневматик; *6* — подушечные; *7* — массивные.

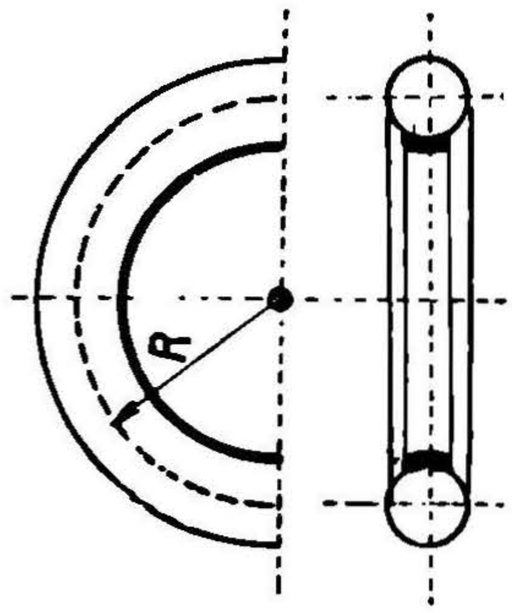


Рис. 22. Схема автомобильной шины.

либо препятствие движению, сателлиты начинают вращаться и катятся по зубьям шестерни этой полуоси, вращая вторую полуось с различной скоростью, т. е. колеса имеют различную скорость вращения. При выравнивании скорости вращения колес сателлиты, останавливая свое движение около своих осей, равномерно вращают обе полуоси и следовательно оба колеса. Полуоси заключаются в жесткие металлические трубы, составляющие одно целое с картером дифференциала.

Весь вес грузового автомобиля вместе с нагрузкой передается на дорогу при помощи колес, снабженных особыми шинами. Автомобильные шины могут быть массивные, полупневматические и пневматические. Все эти типы шин изображены на рис. 21.

Пневматические шины состоят из двух частей: внутренней камеры, наполненной сжатым воздухом, и наружной покрышки, предохраняющей камеру от износа. В сечении шина имеет форму кругового кольца (рис. 22). Размер шин обычно измеряют наибольшим диаметром шины $A = 2\,(R + r)$ и размером шины по профилю $B = 2\,r$, т. е. $A \times B$.

Пневматическая шина в своей камере имеет сжатый воздух, который находится под давлением 3—7 атм. в зависимости от типа шины; существует тип шин, называемый баллонным, который имеет давление воздуха всего в 1,5—2,5 атм., они относятся к шинам низкого давления. Под влиянием нагрузки на колесо пневматическая шина сплющивается, причем это сплющивание достигает в пневматической шине нормальной величины тогда, когда величина нагрузки, приходящейся на шину, будет соответствовать величине

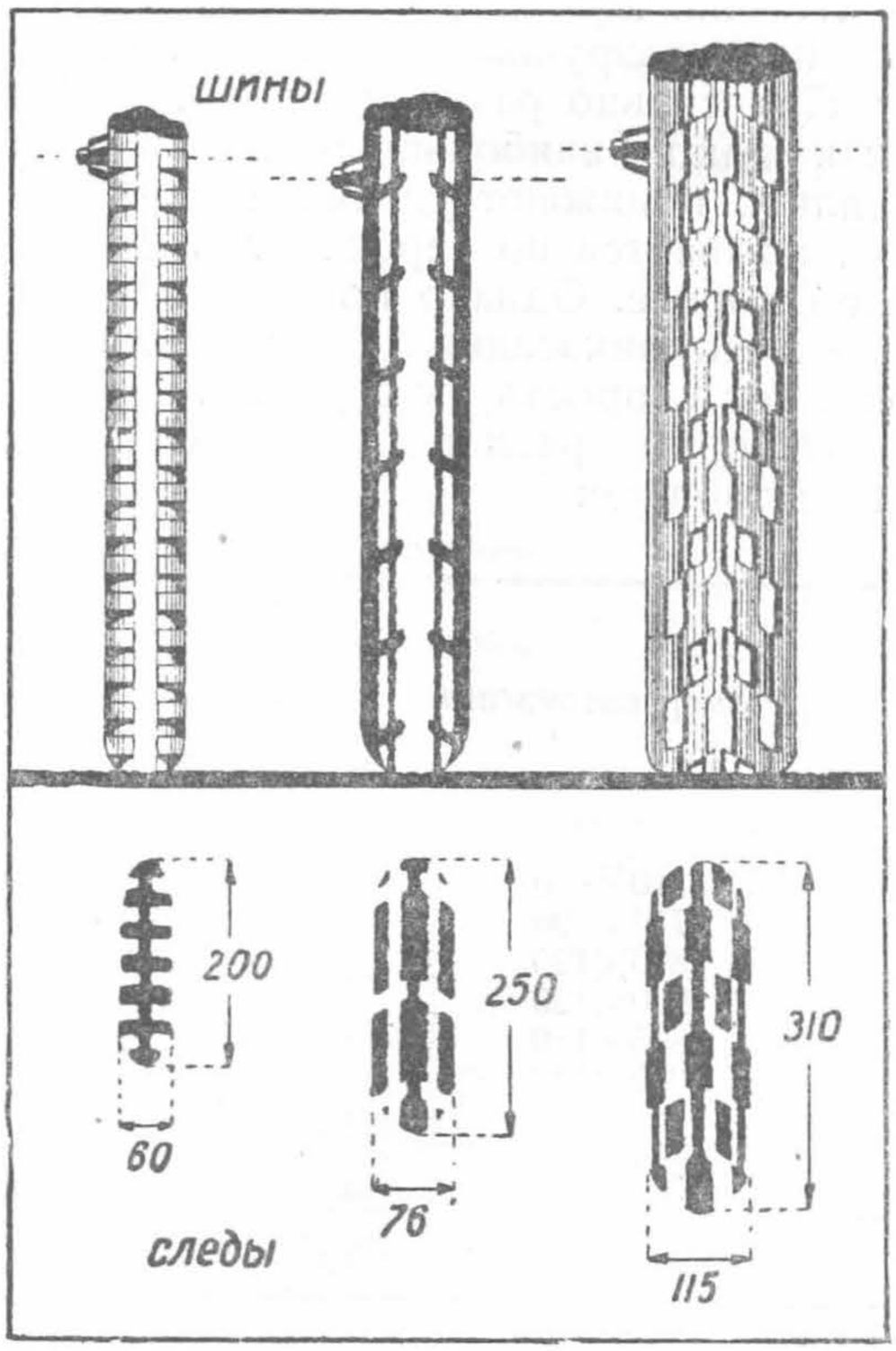


Рис. 23. Площадь соприкасания различных шин с дорогою (обыкновенных, типа баллон и баллон).

НБ УДМТ (ДИТ)

внутреннего давления в шине, умноженной на площадь ее соприкосновения с землей, т. е. $P = p \times S$, где P — нагрузка на шину в *кг*, p — внутреннее давление в шине; S — площадь соприкасания ее с дорогой в $см^2$.

Площадь соприкасания шины с землей имеет вид эллипса, большая ось которого проходит через среднюю линию беговой дорожки. Чем больше диаметр колеса и чем меньше профиль шины, тем эллипс будет длиннее и шире. На рис. 23 приводятся размеры площадей соприкасания для различных типов шин.

При движении по дороге автомобиля на металлических шинах, даже со сравнительно небольшой скоростью, малейшая неровность на дорожном полотне производит удар, и удар передается колесу, оси, раме грузовика, рессорам, которые начинают сжиматься и выпрямляться, пока не поглотят полностью всю силу удара. Так как таких небольших препятствий на дороге может быть очень много, то автомобиль будет получать непрерывные сотрясения и движение по дороге могло бы сделаться невозможным как для пассажиров, так и для перевозки груза. Резиновые шины играют роль буфера, который принимает на себя все толчки от неровностей дороги и потому передает рессорам только часть силы удара. Особенное значение в этом отношении имеют пневматические шины, которые обладают большой упругостью и эластичностью благодаря тому, что сжатый воздух в камере дает ей возможность легко сжиматься при встрече препятствий и восстанавливать свою форму по проходе. Массивные и полумассивные шины обладают гораздо меньшей эластичностью и слабо поглощают толчки. Влияние на дорогу массивных и пневматических шин изображено на рис. 24. Из этой схемы видно, что пневматические шины при проходе через препятствия оказывают давление в 3 раза меньшее, чем грузошина. Наличие пневматической шины требует затраты меньшей силы при движении, так как не приходится поднимать колесо на препятствия. Благодаря этому свойству пневматических шин в гораздо меньшей степени разрушаются и автомобиль и дорога.

При сильно разбитых дорогах большое значение имеют шины-баллон, так как дают наибольшую площадь соприкасания с дорогой, следовательно сильно понижают удельное давление сжатого воздуха в камере, шина легко укладывается по неровностям дороги и не вызывает толчков даже при плохой дороге. Однако по хорошей дороге эта шина, вследствие большой площади соприкасания, представляет большее сопротивление для движения и понижает скорость автомобиля.

Основные размеры наиболее распространенных шин приводятся в следующей таблице:

Таблица 33

Размер пневматика	Величина			Тип шин
	R среднего радиуса кольца *см*	r радиус круга сечения *см*	p давление воздуха в камере *кг/см²*	
710×90	31	4,5	3,0	бортовые высокого давления
710×90	33	4,5	3,0	
820×120	35	6,0	4,5	
920×120	40	6,0	4,5	
895×150	38	7,5	6,0	
935×150	40	7,5	6,0	
730×130	31	6,5	1,5	баллон
930×140	35	6,0	—	масс. шины
930×140	36	8,0		эластик

§ 16. Сила тяги автомобилей. В автомобильных двигателях нормального типа тепловая энергия, образующаяся в результате горения бензина (или другого горючего), расходуется примерно следующим образом: 50% тепловой энергии уходит с отходящими газами и в виде лучистой энергии; 25% поглощается циркулирующей водой охлаждения, и только 25% превращается в механическую энергию в виде работы двигателя. Работа, производимая двигателем

РУДНТ (ДИТ)

в течение 1 секунды, называется мощностью двигателя и измеряется в л. с., причем 1 л. с. равна 75 кг/*м* работы в секунду.

Полная мощность двигателя называется индикаторной мощностью, она измеряется при помощи специальных приборов, которые в виде кривой отмечают все изменения рабочего давления газа на поршень в цилиндрах за полный цикл работы двигателя. На основании этой диаграммы возможно определить среднее индикаторное давление путем деления всей площади индикаторной диаграммы на длину хода поршня.

Зная среднее индикаторное давление, индикаторную мощность в лошадиных силах можно вычислить следующим образом:

$$Ni = \frac{p_{ср} \times L \times n}{700},$$

где $p_{ср}$ — среднее индикаторное давление — может быть принято в 5—6 *кг/см*^{2},

L — литраж двигателя,

n — число оборотов в минуту.

Не вся мощность, которую развивает двигатель, передается дальше на маховик и коленчатый вал. Часть этой мощности расходуется на приведение в действие всех механизмов самого двигателя и на трение в подшипниках его, так что на маховик передается лишь около 80% индикаторной мощности мотора. Эта мощность, передаваемая на маховик и далее на ведущие части автомобиля, носит название эффективной или действительной мощности двигателя. Практически приходится иметь дело главным образом с этим видом мощности двигателя. Примерное определение этой мощности двигателя может быть сделано по следующей формуле

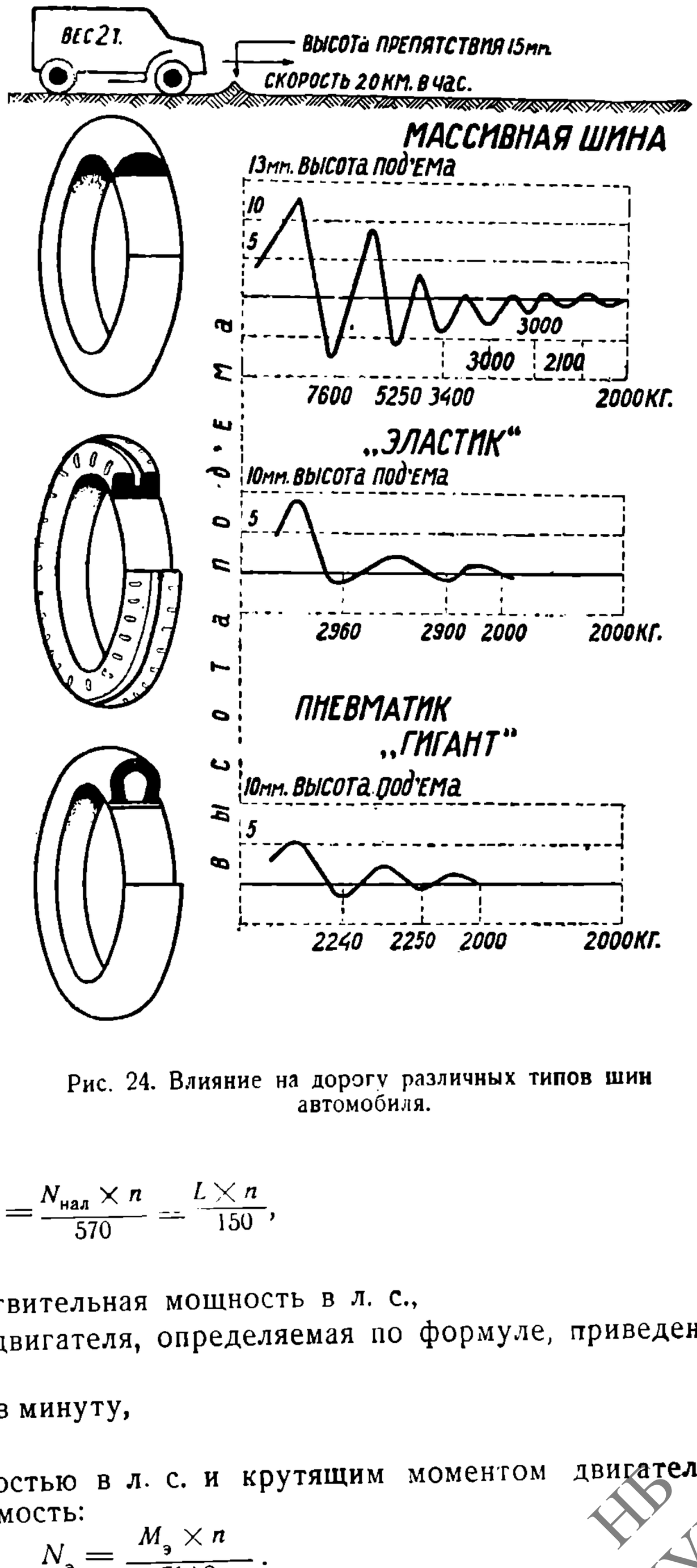


Рис. 24. Влияние на дорогу различных типов шин автомобиля.

$$N_э = \frac{N_{нал} \times n}{570} = \frac{L \times n}{150},$$

где

$N_э$ — эффективная или действительная мощность в л. с.,

$N_{нал}$ — налоговая мощность двигателя, определяемая по формуле, приведенной на стр. 63.

n — число оборотов вала в минуту,

L — литраж.

Между эффективной мощностью в л. с. и крутящим моментом двигателя существует следующая зависимость:

$$N_э = \frac{M_э \times n}{716{,}2}.$$

НБ УДУНТ (ДШТ)

Эта зависимость может быть выражена графически примерно так, как изображено на рис. 25.

Из этого графика видно, что число оборотов можно повышать лишь до известного наиболее выгодного предела, достигая при этом максимально возможной и экономически выгодной мощности. Для двигателей легковых автомобилей максимум $N_э$ получается при 2800—3200 об./мин. и максимум крутящего момента при 1200—1500 об./мин. Для грузовых автомобилей максимум мощности при 1400—1800 об./мин и максимум крутящего момента при 350—500 об./мин.

Дальнейшее преобразование работы двигателя происходит следующим образом (рис. 26).

Действительная мощность двигателя и наибольший крутящий момент подводятся к коробке скоростей. Здесь происходит некоторая потеря работы, которая расходуется на: 1) трение в подшипниках коробки скоростей, 2) трение в шестернях при передаче через них работы, 3) трение о масло валов и шестерен.

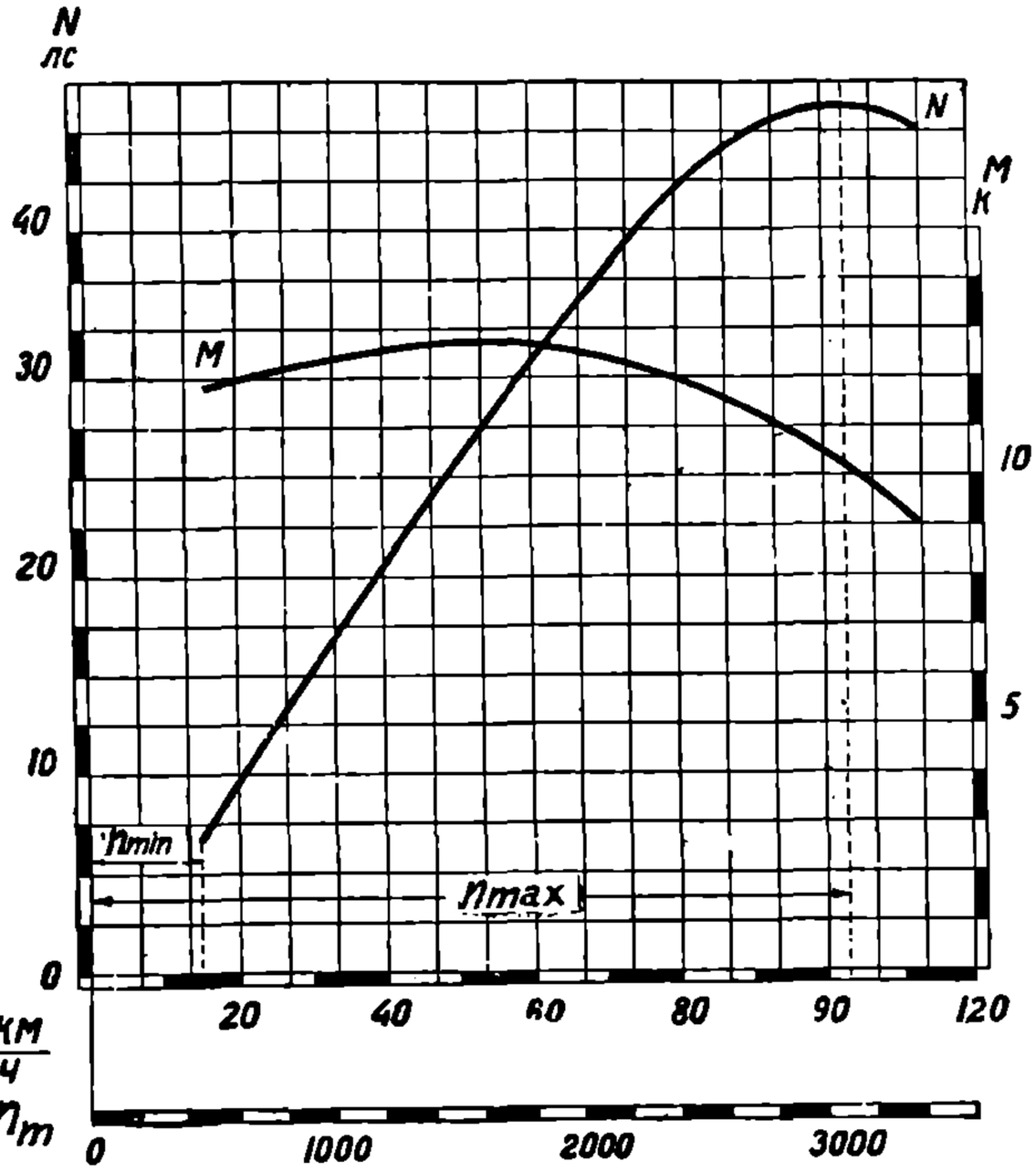


Рис. 25. Зависимость между мощностью $N_э$ и крутящим моментом M автомобильного двигателя.

Потеря работы в коробке скоростей будет меняться в зависимости от изменения передачи. Назовем механический коэффициент полезного действия скоростей через $\eta_к$. Здесь же в коробке скоростей будет меняться крутящий момент в зависимости от передаточного числа m, которое будет равно

$$m = \frac{\text{число оборотов коленчатого вала}}{\text{число оборотов карданного вала}}$$

и зависит от той передачи, на которую установлена коробка скоростей. Обычно бывает четыре скорости, из которых четвертая — прямая, т. е. передаточное число равно 1, и в этом случае карданный вал вращается с той же скоростью, что и коленчатый вал.

Далее через карданный вал работа двигателя подводится к задней оси автомобиля. Здесь будут иметь место новые потери, а именно: в кардане, в подшипниках карданного вала, в конической передаче, в подшипниках дифференциала и полуосей. Обозначим механический коэффициент в задней оси через $\eta_з$.

Равным образом в задней оси произойдет изменение как крутящего момента, так и числа оборотов благодаря конической передаче, которая существует между карданным валом и конической шестерней коробки дифференциала. Передаточное число в задней оси назовем через O, и оно будет равно

$$O = \frac{\text{число оборотов карданного вала}}{\text{число оборотов задней оси}}.$$

Необходимо отметить, что передаточное число O для данного автомобиля является величиной постоянной, в то время как m является величиной переменной, в зависимости от той передачи, которая установлена в коробке скоростей. Произведение $O \times m$ представляет собой общее передаточное число всей машины и выражает

$$O \times m = \frac{\text{число оборотов мотора}}{\text{число оборотов заднего колеса}}.$$

НБ УДУНТ (ДИТ)

Произведение коэффициентов $\eta_м = \eta_к \times \eta_з$ характеризует собою всю потерю энергии от двигателя до оси заднего колеса и может быть названо механическим коэффициентом полезного действия всей передачи автомобиля.

Для современных легковых автомобилей с ординарной конической передачей в задней оси $\eta_м$ изменяется от 0,9—до 0,85. Для грузовых автомобилей и для тяжелых легковых машин этот коэффициент меняется от 0,85 до 0,8.

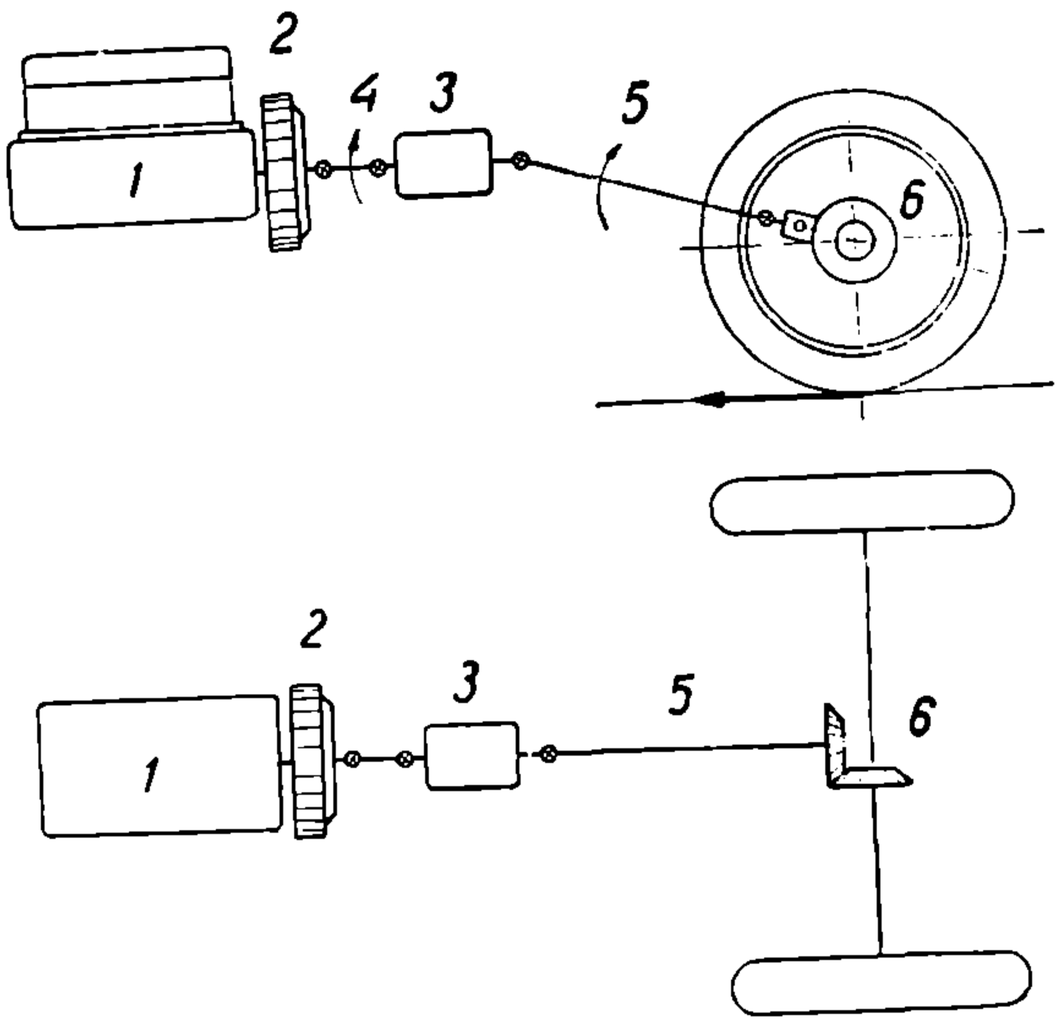


Рис. 26. Схема передач автомобиля.

На основании предыдущих рассуждений крутящий момент, передаваемый задним осям, будет равен

$$M_к = M_э \times \eta_м \times O \times m.$$

Сила тяги, приложенная на ободе колеса

$T_{об} = \frac{M_к}{r_к}$, где $r_к$ — радиус колеса с учетом деформации,

$T_{об}$ — сила тяги на ободе колеса.

С другой стороны, мощность двигателя $N_э$ и сила тяги на ободе колеса из условий равенства работы могут быть связаны следующим равенством:

$N_э \times 75 \times \eta_м = T_{об} \times v$, где v — скорость автомобиля в *м*/сек.,

отсюда

$$T_{об} = \frac{N_э \times 75 \times \eta_м}{v}.$$

Скорость автомобиля, в зависимости от существующего передаточного числа в коробке скоростей и в задней оси, может быть выражена следующим образом:

$$v = \frac{2\pi r_к \times n}{60 \times O \times m}.$$

Подставляя полученные выражения для v в предыдущее уравнение, получим

$$T_{об} = \frac{N_э \times 75 \times \eta_м \times 60 \times O \times m}{2\pi r_к n} = \frac{716{,}2\ N_э \times m \times O \times \eta_м}{n r_к}$$

Если скорость выражена в *км*/час., то сила тяги на ободе колеса получит следующее выражение:

$$\frac{N_э \times 75 \times \eta_м \times 60 \times 60}{1\,000} = T_{об} \times v$$

или

$$T_{об} = \frac{N_э \times 75 \times \eta_м \times 3\,600}{1\,000 v} = \frac{270 N \times \eta_м}{v}.$$

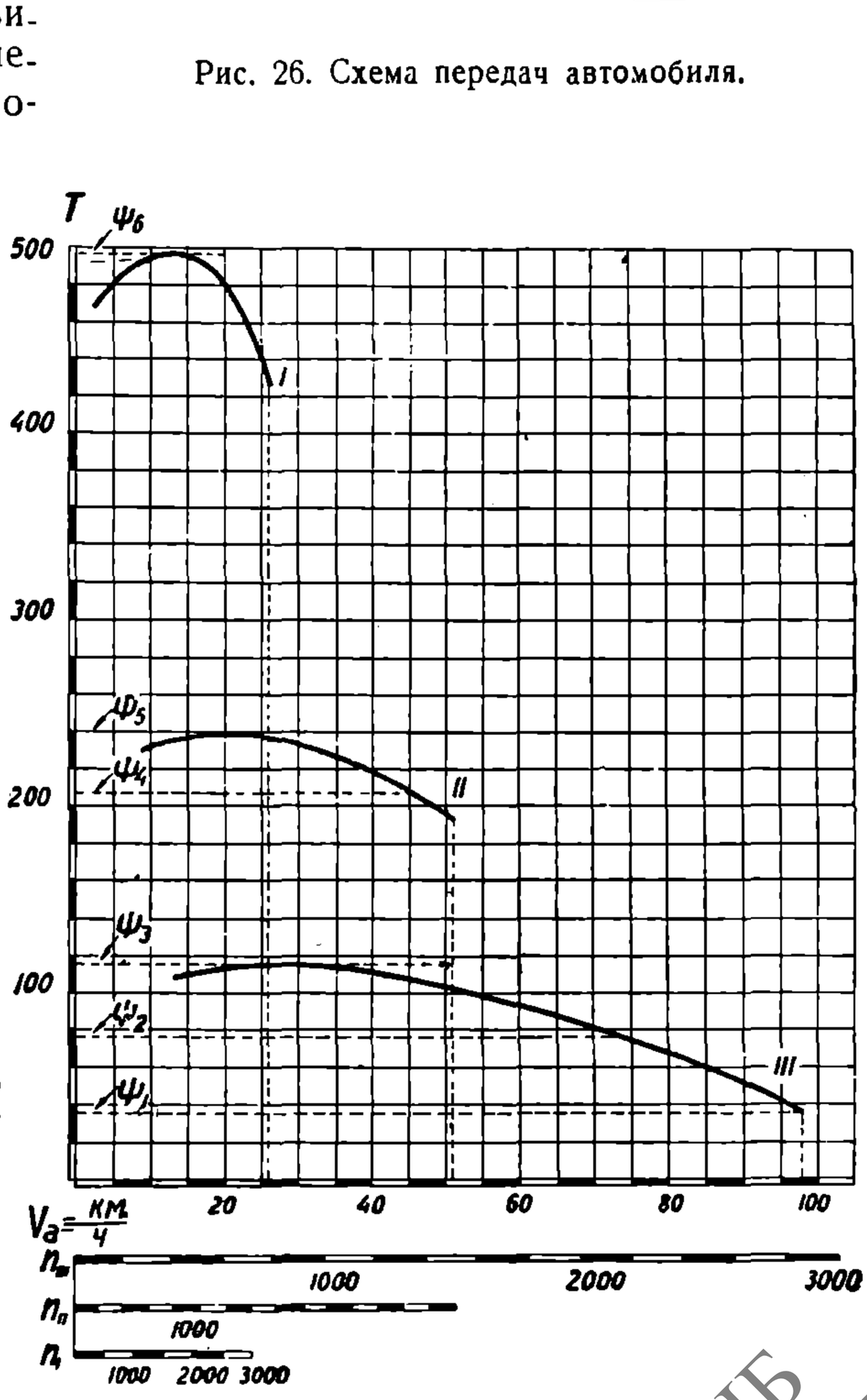


Рис. 27. Изменение силы тяги в зависимости от скорости при разных передачах в коробке скоростей.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Из этих выражений видно, что сила тяги зависит от скорости движения грузовика, а скорость движения в свою очередь зависит от числа оборотов и передачи, установленной в коробке скоростей. Эту зависимость можно выразить графически, как то представлено на рис. 27, где кривые *I*, *II* и *III* соответствуют изменению силы тяги на ободе колеса при разных передачах в коробке скоростей.[1]

Примерные величины передаточных чисел при разных скоростях для грузовых автомобилей следующие:

$$m_1 = 4{,}25 - 4,\ 5$$
$$m_2 = 2{,}75 - 3{,}15$$
$$m_3 = 1{,}75 - 2{,}00$$
$$m_4 = 1{,}0$$

Для передачи в задней оси можно принять для грузовиков $O = 5—8$, для легковых автомобилей 3—5.

§ 17. Уравнение движения при автомобильной тяге. Сила тяги автомобиля, получаемая на ободе ведущих колес, идет на покрытие следующих сопротивлений, которые возникают во время движения автомобиля:

1) сопротивление качению автомобиля по дороге, т. е. потери на деформацию дороги и шин, на трение в подшипниках передних колес, рессорах и пр.;

2) сопротивление воздуха поступательному движению автомобиля;

3) сопротивление, получаемое при движении автомобиля по подъему;

4) преодоление инерции автомобиля; это сопротивление возникает при разгоне автомобиля, когда часть мощности должна расходоваться на ускорение движения автомобиля. Работа двигателя, затрачиваемая на преодоление первых двух сопротивлений, в результате обращается в тепло, идущее на нагрев частей автомобиля, дороги, воздуха, и поэтому затрата работы на это сопротивление теряется безвозвратно.

Работа, затрачиваемая на движение автомобиля по уклону, идет на приращение энергии и при спуске возвращается обратно; работа, затрачиваемая на ускорение движения автомобиля, идет на приращение живой силы и также возвращается обратно при замедлении движения.

Так как последние два вида сопротивления не всегда имеют место, то двигатель автомобиля и конструкция его передач должны давать возможность повышать в известных случаях работу автомобиля. Этот запас мощности автомобиля характеризует его достоинства.

Первый вид сопротивления может быть выражен формулой $W_1 = Q \times f$, где Q — вес автомобиля в тоннах и f — коэффициент сопротивления в *кг* на тонну веса или, если Q выразить в *кг*, то f может быть выражено отвлеченным числом в десятичных дробях.

Коэффициент сопротивления движению автомобиля главным образом зависит от характера полотна дороги, а также в некоторой степени от скорости движения, диаметра ведущих колес и типа шин.

По данным опытов, при трогании с места и при малых скоростях сопротивление качению относительно велико и, постепенно понижаясь, достигает минимума приблизительно при скор. в 20 *км*/час, после чего опять медленно повышается. Колебания эти не очень велики, и при расчетах ими пренебрегают.

Принято считать, что сопротивление качению уменьшается с увеличением диаметра колес, хотя исчерпывающего опыта в этом отношении еще нет. Это объясня тся тем, что большое колесо не в такой степени деформирует дорожное полотно и легче обкатывает все мелкие неровности на дороге. Зависимость между сопротивлением и диаметром колеса окончательно еще не установлена. В § 14 была приведена зависимость этого коэффициента от ширины обода и диаметра колеса. Поскольку диаметр колес, встречающихся в автомобильной практике, имеет незначительные колебания, то он на величину коэффициента сопротивления не окажет большого влияния.

---

[1] Коэффициент $\varphi = (f + i)$ — указывает сопротивление, характеризуемое качеством дороги: ее состоянием и уклоном.

НБ УДУНТ (ДПТ)

Установление твердых соотношений между сопротивлением и типом шин представляет большие трудности. В то время как на хорошей, совершенно ровной дороге сплошные шины оказывают меньшее сопротивление, на изъезженном шоссе получается совершенно обратное. На ровной дороге работа деформации пневматиков, на которую затрачивается энергия, больше, чем при сплошных шинах. На неровной дороге, наоборот, вертикальные перемещения центров тяжестей масс автомобиля, большие при сплошных шинах, сильно увеличивают сопротивление. Ошибочно считать, что баллоны вследствие своей большей поверхности прилегания при всякой дороге вызывают большее сопротивление. Это справедливо только по отношению к абсолютно ровной дороге, тогда как в средних условиях баллоны дают лучшие результаты благодаря более покойному ходу автомобиля. Вследствие этого баллоны уменьшают возможную максимальную скорость на совершенно ровной дороге, но увеличивают среднюю скорость на нормальной средней дороге.

При наиболее распространенных размерах автомобильных колес и средней для каждого типа дороги скорости можно принять следующие величины коэффициента сопротивления в килограм. на тонну и в отвлеченных числах:

Таблица 34

Тип дорог	Удельн. сопр. в *кг* на тонну	Коэффициент сопротивления f
Сыпучий песок	150—300	0,15—0,30
Грунтовая дорога в зависимости от состояния	100— 80	0,10—0,08
Очень хорошая грунтовая дорога	50— 60	0,05—0,06
Гравийная дорога	40	0,04
Плохое шоссе	50— 35	0,05—0,035
Шоссе в хорошем состоянии	23	0,023
Плохая каменная мостовая	33	0,033
Хорошая каменная мостовая (брусчатая, клейнпфластер)	20	0,020
Клинкерная мостовая	15	0,015
Шоссе, улучшенное битуминозным материалом	16	0,016
Асфальто-бетонная и цементно-бетонная мостовая	10	0,010

Согласно более поздним американским данным:

а) для тяжелых грузовиков при движении по асфальтовой дороге и макадаму, улучшенному битумом:

v *км*/ч.	f *кг*/*т*
< 12	$17{,}6 + \frac{6}{400}\,v + \frac{1}{80}\,v^2$ *кг*/*т*
$12 - 21$	$20{,}3\,\sqrt[2{,}5]{\frac{v}{12}}$
$21 - 36$	$2{,}5\,\left(\frac{v}{21}\right)^{1{,}25}$

б) для легких грузовиков и легковых автомобилей:

	км/ч.	f *кг*/*т*
при асфальте	16 — 24	$14{,}5 + \frac{v}{4}$
деревянной мостовой	16 — 24	$18 + \frac{v}{4}$
хорошем шоссе	16 — 24	$24 - \frac{2}{3}\,v + \frac{v}{30}$
плохом шоссе	16 — 24	$28 - \frac{1}{4} + \frac{v^2}{50}$
проселочных дорогах	13 — 21	$36{,}5 - \frac{3}{4}\,v + \frac{v^2}{30}$
гранитных мостовых	15 — 23	$17{,}5 + \frac{v^2}{40}$.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Сопротивление воздуха W_2 вызывается дополнительной работой автомобиля по проталкиванию перед собой столба воздуха и зависит от площади F контура автомобиля на плоскости, перпендикулярной к движению в *кв м*, коэффициента сопротивления K, плотности воздуха d, скорости движения v *км* в час и скорости ветра C в *м* в секунду.

$$W_2 = KFd\left(\frac{v^2}{3{,}5} \pm C\right)^2.$$

Знак (+) соответствует встречному ветру и (—)— попутному.

Величина K зависит от формы кузова и для различных форм определялась опытом в воздушной трубе. Полученные результаты дают следующие величины:

для нормального открытого автомобиля с 4—6 пассажирами, американским верхом, багажом, запасными колесами и бидонами на подножках — $K = 0{,}52 - 0{,}55$;

для нормального открытого автомобиля с 4—6 пассажирами, без верха, багажа и пр. $K = 0{,}44 - 0{,}50$;

для нормального лимузина $K = 0{,}32 - 0{,}34$;

для открытого спортивного автомобиля обтекаемой формы без крыльев, с дисковыми колесами и маленьким передним стеклом $K = 0{,}26 - 0{,}27$;

для закрытого автомобиля наилучшей обтекаемой формы $K = 0{,}12 - 0{,}15$.

Величина лобовой площади F колеблется для пассажирских автомобилей от 2 до 4 $м^2$ и для грузовых от 4 до 7 $м^2$.

Плотность воздуха может быть принята постоянной и равной 0,13. Скорость ветра для простоты расчетов принимаем равной нулю.

Тогда формула примет вид:

$$W_2 = K \cdot F\, 0{,}13 \left(\frac{v^2}{3{,}6}\right) = 0{,}01\ KEv^2.$$

Если отнести сопротивление воздуха к 1 m веса автомобиля, то можно получить также некоторый коэффициент, характеризующий этот вид сопротивления, а именно:

$$W_2 = f_в Q,$$

откуда

$$f_в = \frac{W_2}{Q} = \frac{0{,}01KFv^2}{Q}.$$

Влияние этого коэффициента особенно велико при больших скоростях, так, например, при движении легкового автомобиля со скоростью $v = 60$ *км*/час; при весе автомобиля $Q = 1{,}15$ m и площади торца автомобиля $F = 3м^2$ сопротивление воздуха будет

$$W_2 = 0{,}005 \times 60^2 \times 3 = 54\ кг$$

$$f_в = \frac{54}{1{,}15} \cong 50\ \ кг/т = 0{,}05.$$

Коэффициент сопротивления движению этого же автомобиля по хорошему шоссе составит 0,02, следовательно общий коэффициент сопротивления $f + f_в = 0{,}02 + 0{,}05 = 0{,}07$, т. е. сопротивление движению автомобиля по шоссе со скоростью 60 *км*/час равно сопротивлению по грунтовой дороге. Возрастание сопротивления движению по горизонтальной обыкновенной шоссейной дороге для того же автомобиля с увеличением скорости движения представлено следующим образом:

$v =$	30	40	50	60	80 *км*/час
$f_1 =$.....	0,030	0,030	0,030	0,03	0,03
$f_в =$.....	0,012	0,022	0,035	0,05	0,08
$f_1 + f_в =$.....	0,042	0,052	0,065	0,08	0,11

Возрастание коэффициента сопротивления движению автомобиля и коэффициента сопротивления воздуха для разных типов дорог по американским опытам приводится на рис. 28. При $v = 0$ можно получить по той же диаграмме величину только коэффициента сопротивления движения автомобиля.

Сопротивление на подъемах W_3 выражается формулой $W_3 = Q \times i$, где Q — вес автомобиля в *кг*, а i — величина уклона, выраженная в десятичных дробях.

НБ УДУНТ (ДИТ)

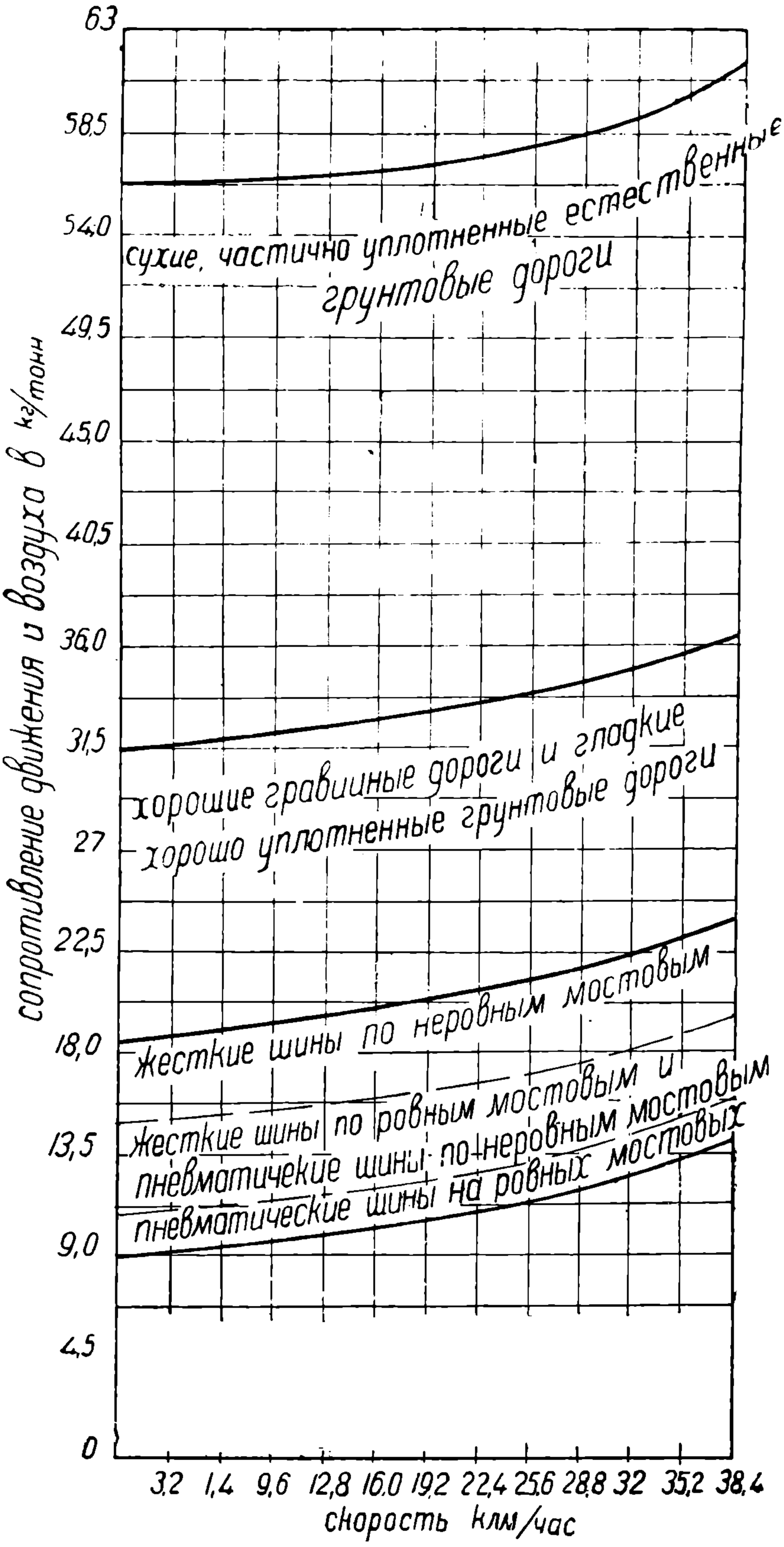


Рис. 28. Пределы изменения коэффициента сопротивления движения автомобиля и коэффициента сопротивления воздуха для разных дорожных покрытий в зависимости от скорости.

НБ УДУНТ (ДПТ)

Сопротивление, затрачиваемое на разгон автомобиля, равняется приращению живой силы движущихся масс автомобиля, т. е. в данном случае, принимая во внимание главным образом поступательно-движущуюся массу всего автомобиля, получим

$$W_4 = M\frac{dv}{dt} = \frac{Q}{g}\frac{dv}{dt},$$

где g — ускорение силы тяжести $= 9{,}81$ $м/сек^2$.

Приравнивая $\frac{\frac{dv}{dt}}{g} = j$, получим, что $W_4 = Q \times j$; так как $g = 9{,}81 \approx 10$ $м/сек^2$., то

$i = \frac{av}{dt}$ $10 = 0{,}1\frac{dv}{dt}$, следовательно, зная j, легко найти ускорение и наоборот. Для хорошего автомобиля j не должно быть менее 0,05, при плохой конструкции $j = 0{,}02$.

Таким образом общий вид уравнения движения при автомобильной тяге примет следующий вид:

$$T_{об} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = Q[(f + f_в) + (i + j)].$$

В этом общем уравнении член $(i + j)$ показывает избыток силы тяги автомобиля, так как эта сила тяги затрачивается автомобилем только в исключительных случаях. Разные конструкции автомобилей характеризуются различным избытком энергии, что является чрезвычайно важным эксплоатационным качеством автомобиля.

В этом отношении механическая тяга резко отличается от гужевой, в которой скорость $v = \text{const.}$, ускорение $\frac{dv}{dt} = 0$, и всегда мы имеем уравнение $T = W$; для механической тяги $\frac{dv}{dt} \neq 0$ и работа двигателя равна работе сопротивления плюс некоторый запас энергии, а именно

$$T_{об.} = T_{сопр.} + \frac{Mv^2}{2}.$$

Этот запас энергии позволяет автомобилю проходить без затруднения тяжелые участки дороги и участки со значительным уклоном.

Величина тягового усилия на ободе колеса должна быть ограничена силою сцепления колес с почвой. Если тяговое усилие превышает это сцепление, то колеса начинают буксовать. Величина сцепления определяется коэффициентом сцепления μ и сцепным весом автомобиля $Q_{сц}$, т. е. весом, приходящимся на ведущие его колеса. Сцепной вес $Q_{сц}$ для приблизительных расчетов можно принять

для легковых автомобилей (0,56—0,62) Q,
" малых грузовиков (0,60—0,64) Q,
" автобусов (0,64—0,68) Q.
" тяжелых грузовиков (0,66—0,75) Q.

Коэффициент сцепления μ может быть принят
для усовершенствованных дорог — 0,7—0 8,
" грунтовых и покрытых грязью дорог 0,6—0,5,
" дорог, покрытых снегом—0,15,—0,20,
" дорог, покрытых льдом—0,1—0,12.

Следовательно максимальное тяговое усилие, для того чтобы не было буксования, должно быть проверено по формуле:

$$T_{об} \leqslant \mu Q_{сц}.$$

Пример. Определить, какую наибольшую скорость может развить грузовик грузоподъемностью в 2,5 $т$, мощностью в 50 л. с., на хорошем шоссе на уклоне $i = 10\%$ на 4-й скорости при следующих данных:

НБ УДУНТ (ДИТ)

Вес на переднюю ось $Q_1 = 1{,}5$ *т*
Вес на заднюю ось $Q_{сц} = 3{,}5$ *т*
Полный вес $Q = 5{,}0$ *т*
Диаметр ведущего колеса $D = 1{,}0$ *м*

Передаточные числа в коробке скоростей $\begin{cases} m_1 = 4{,}25 \\ m_2 = 3{,}0 \\ m_3 = 2{,}0 \\ m_4 = 1{,}0 \end{cases}$

Коэффициент сопротивления качению $f = 20$ *кг/т*
Лобовая поверхность $F = 5$ *м²*
Коэффициент формы кузова $K = 0{,}55$ *м*
Передаточное число в задней оси $O = 5{,}0$ *м*
Коэффициент полезного действия передачи $\eta_м = 0{,}85$.

Сила тяги на ободе колеса (равная сопротивлению) определяется из формулы

$$Q\ (f + f_в + i) = W = T.$$

$$f_в = \frac{0{,}01\,KFv^2}{Q} = \frac{0{,}01 \times 0{,}55 \times 5 \times v^2}{5} = 0{,}055\ v^2$$

$$T = W = 5\ (20 + 0{,}055v^2 + 100) = 600 + 0{,}275\ v^2.$$

С другой стороны

$$T = \frac{716{,}2N \times m \times O \times \eta}{n \times r} = \frac{716{,}2 \times 50 \times 1{,}0 \times 5{,}0 \times 0{,}85}{n \times 0{,}5}.$$

Число оборотов на 4-й скорости будет

$$n = \frac{000 \times v \times O}{60\pi \times D}.$$

Следовательно

$$T = \frac{716{,}2 \times 50 \times 1{,}0 \times 5 \times 0{,}85 \times 60 \times \pi \times\ {,}0}{0{,}5 \times 1000 \times v \times 5} = \frac{11\,459}{v}$$

откуда

$$600 + 0{,}275\ v^2 = \frac{11\,459}{v}$$

или

$$600v + 0{,}275v^3 = 11\,459$$

или

$$v^3 + 2\,180v - 41\,670 = 0.$$

Решая это кубическое уравнение, пользуясь формулой Кардана, получим

$$v = \sqrt[3]{-q + \sqrt{q^2 + p^3}} + \sqrt[3]{-q - \sqrt{q^2 + p^3}},$$

где

$$q = -\frac{41\,670}{2} = -20\,835$$

и

$$p = \frac{21\,80}{3} = 727$$

Подставляя эти значения, получим

$$v = \sqrt[3]{20\,835 + \sqrt{(20\,835)^2 + (727)^3}} + \sqrt[3]{20\,835 - \sqrt{(20\,835)^2 + (727)^3}} =$$
$$= 17\ км/час.$$

Таким образом указанный грузовик может взять подъем в 10% со скоростью 17 *км*/час.

Эту задачу можно решить графически, для чего необходимо знать кривые мощности и крутящего момента двигателя автомобиля, согласно диаграммам, приведенным на рис. 25.

Тяговые усилия при разных передачах и любом числе оборотов определятся по формуле

$$T_{об} = \frac{Md \times O \times m \times \eta}{\frac{D}{2}}$$

НБ УДУНТ (ДИТ)

Зная величины O, m, η, и D, можно определить тяговое усилие в зависимости от крутящего момента.

Эти подсчеты для данного случая приведены в следующей таблице:

Таблица 35

Передачи в коробке скоростей	I	II	III	IV
Коэффициент полезного действия в зависимости от передачи.	0,80	0,82	0,83	0,85
Передаточное число в задней оси O		5,0		
Передаточное число в коробке скоростей m.....	4,25	3,0	2,0	1,0
Полное передаточное число...	21,25	15,0	10,0	5,0
Радиус ведущего колеса $D/_2$...	—	—	0,5	—
Тяговое усилие T.....	34,0Md	24,6Md	16,6Md	8,5Md

По кривой крутящих моментов, приведенной на вышеуказанной диаграмме, и результатам вышеприведенной таблицы, определяем тяговые усилия на каждой передаче в зависимости от числа оборотов мотора. Затем, имея в виду соотношение $v = \frac{\pi \cdot Dn\,60}{1\,000 \times 5 \times m}$, которое для взятого частного случая приводится к виду

$$v = \frac{\pi \times \ ,0 \times n \times 60}{1\,000 \times 5 \times m} = 0{,}0377\ \frac{n}{m},$$

получим тяговые усилия в зависимости от скоростей, которые можно нанести на новый график и получить четыре кривые T_1, T_2, T_3 и T_4 для всех четырех передач.

Сопротивление на горизонтальном участке будет состоять из сопротивления качению W_1 и сопротивления воздуха W_3, которое будет меняться в зависимости от скорости движения. Оба эти сопротивления могут быть представлены для рассматриваемого случая в следующей таблице:

Таблица 36

Скорость	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
W_1.....	100									
W_3..	5,5	22,0	49,5	88,0	137,5	188,0	267,5	352	445	550
$W_1 + W_3$.....	105,5	122,0	149,5	188,0	237,5	288,0	367,5	452	545	650

Сопротивление качению на горизонтальном участке выражается прямой, параллельной оси xx с ординатой $= 100$. Кривая общего сопротивления на горизонтальном участке выражается параболой $W_1 + W_3$, которую также можно нанести на последний график.

Для различных подъемов получаем ряд добавочных сопротивлений, для данного случая приводимых в следующей таблице:

Таблица 37

Подъем	0,01	0,02	0,04	0,10	0,20
Сопротивление $\frac{кг}{m}$	10	20	40	100	200
Вес автомобиля в m.....	5,0 m				
Сопротивление от подъема W_2	50	100	200	500	1 000

НБ УДУНТ (ДПТ)

Теперь на график можно нанести ряд параллельных парабол, определяющих полное сопротивление на подъемах при разных скоростях. Образец такого построения приведен на рис. 29 для случая легкового автомобиля.

Сопоставление кривых сопротивления и тяговых усилий позволяет сделать заключение о возможной проходимости автомобиля при различной характеристике дорог, о максимальной скорости при различных подъемах и на площадке и пр.

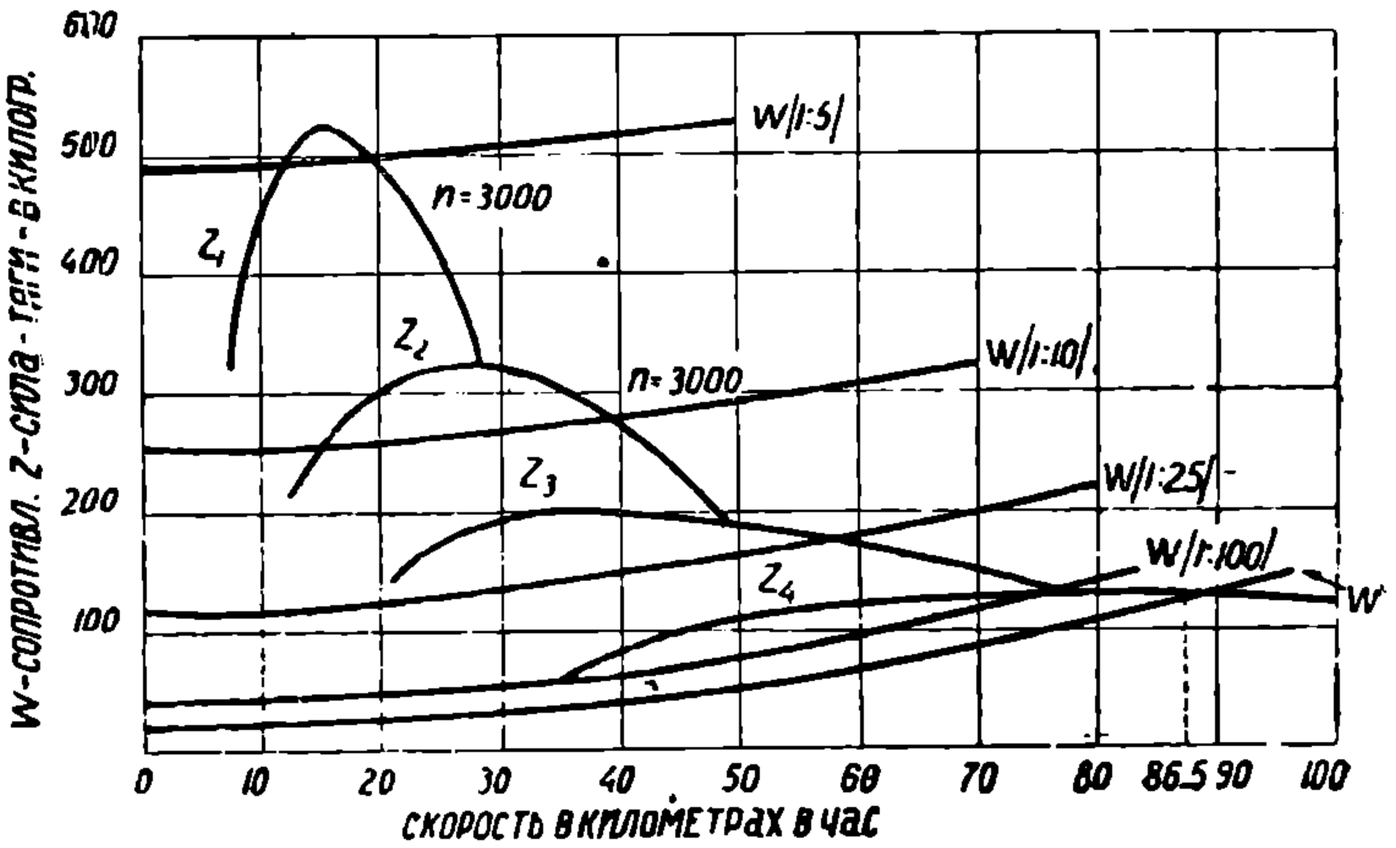


Рис. 29. График зависимости тяговых усилий и сопротивлений движения в зависимости от скоростей

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ТРАКТОРЫ

§ 18. Типы тракторов. Трактор в дорожном деле играет крайне важную роль и может быть использован в двух направлениях: в качестве транспортного средства для перевозки больших грузов или целых тракторных поездов и в качестве тяговой единицы при выполнении разнообразных дорожных работ. В первом случае трактор играет роль тягача и, в противоположность автомобилю, сам на себе в большинстве случаев никакого груза не везет.

Требования со стороны трактора к дороге резко отличаются от требований автомобильной тяги, а потому трудно создать такой тип дороги, который удовлетворял бы этим двум основным видам механического транспорта одновременно.

В противоположность автомобильной тяге, которая требует возможно жесткой дорожной одежды с небольшим коэффициентом сопротивления движению, — условие, при котором автомобильная тяга используется наиболее полно и экономно, — трактор, наоборот, требует мягкой дорожной одежды, так как его колеса или гусеницы снабжены в большинстве случаев ребордами, шпорами или шипами для увеличения сцепления колеса с дорогой и повышения его тяговой мощности. При движении по жесткому покрытию (шоссе, разного рода мостовые) трактор из-за резких толчков сильно изнашивается, а с другой стороны — его шпоры портят дорогу. Поэтому тракторы, которые используются на усовершенствованных дорожных покрытиях, должны снабжаться колесами на резиновом ходу (грузошины), либо для движения тракторов должен устраиваться специальный путь по обочинам дороги.

Далее для автомобильной тяги, как было указано в § 17, не имеет особого значения большой уклон дороги, так как автомобиль без особых затруднений берет уклон в 8—10 и более процентов. Для тракторной же тяги уклоны играют важную роль, так как трактор, при большом его весе, должен затрачивать значительную часть мощности на самопередвижение, что сильно отражается на тяговой мощности трактора на крюке, а следовательно в значительной степени понижает возможную полезную нагрузку.

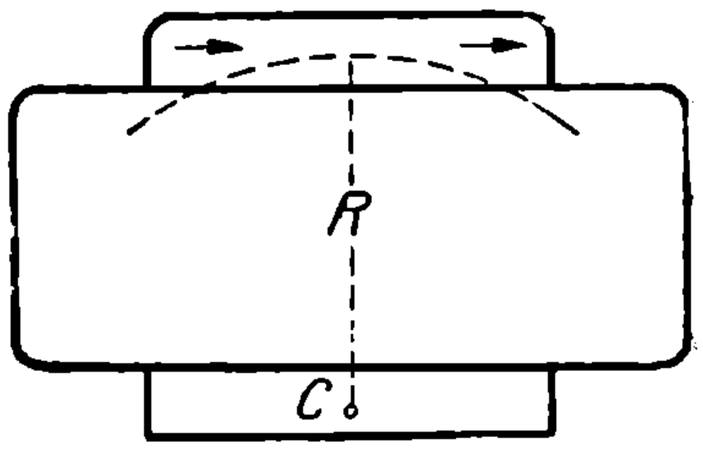


Рис. 30. Схема поворотливости гусеничного трактора.

Автомобильная тяга совершается с большой скоростью, а потому на прочности дорожного полотна сказывается главным образом динамическое воздействие колеса автомобиля. Тракторная тяга совершается с небольшой скоростью, максимум 10 *км*/час, а потому влиянием динамичности, вообще говоря, тут можно пренебречь.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

По той же причине — небольшой скорости движения — при тракторной тяге сопротивление ветра не имеет значения.

Существующие типы тракторов по устройству своих ходовых частей делятся на две группы: колесные и гусеничные. Последний тип трактора наиболее рас-

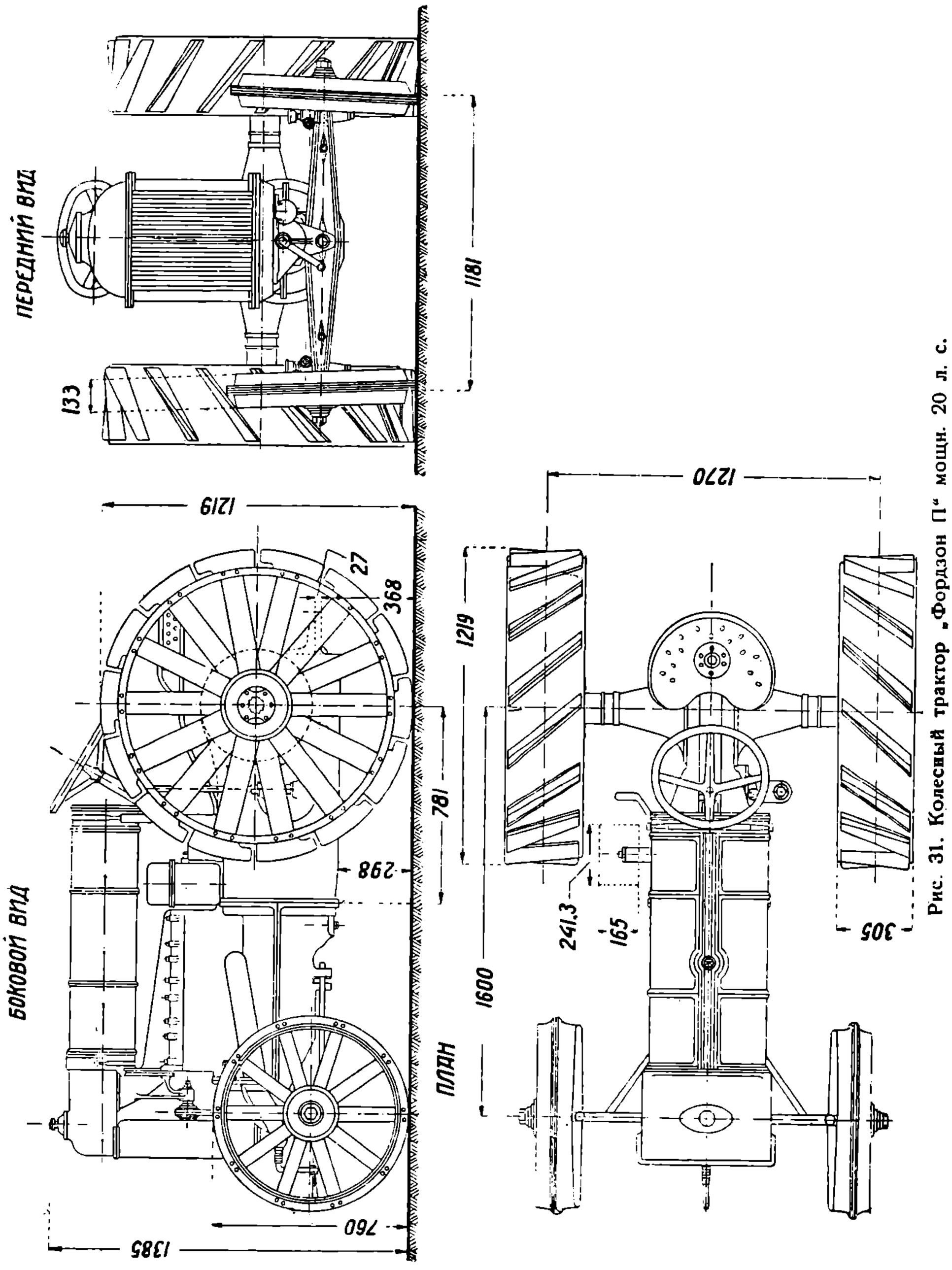


Рис. 31. Колесный трактор „Фордзон П“ мощн. 20 л. с.

пространен и особенно пригоден для дорожных целей ввиду следующих преимуществ гусеницы перед колесами:

1) лучшее сцепление с грунтом, благодаря чему увеличивается тяговая мощность трактора;

2) меньшее удельное давление на единицу площади, что позволяет гусеничным тракторам проходить по очень мягким грунтовым дорогам и по снежному пути;

НБ УДУНТ (ДПТ)

3) поворотливость трактора,—гусеничный трактор можно повернуть на месте, затормозив одну гусеницу (рис. 30), радиус поворота при этом очень мал, равен ширине хода трактора;

4) меньшая деформация дорожного полотна.

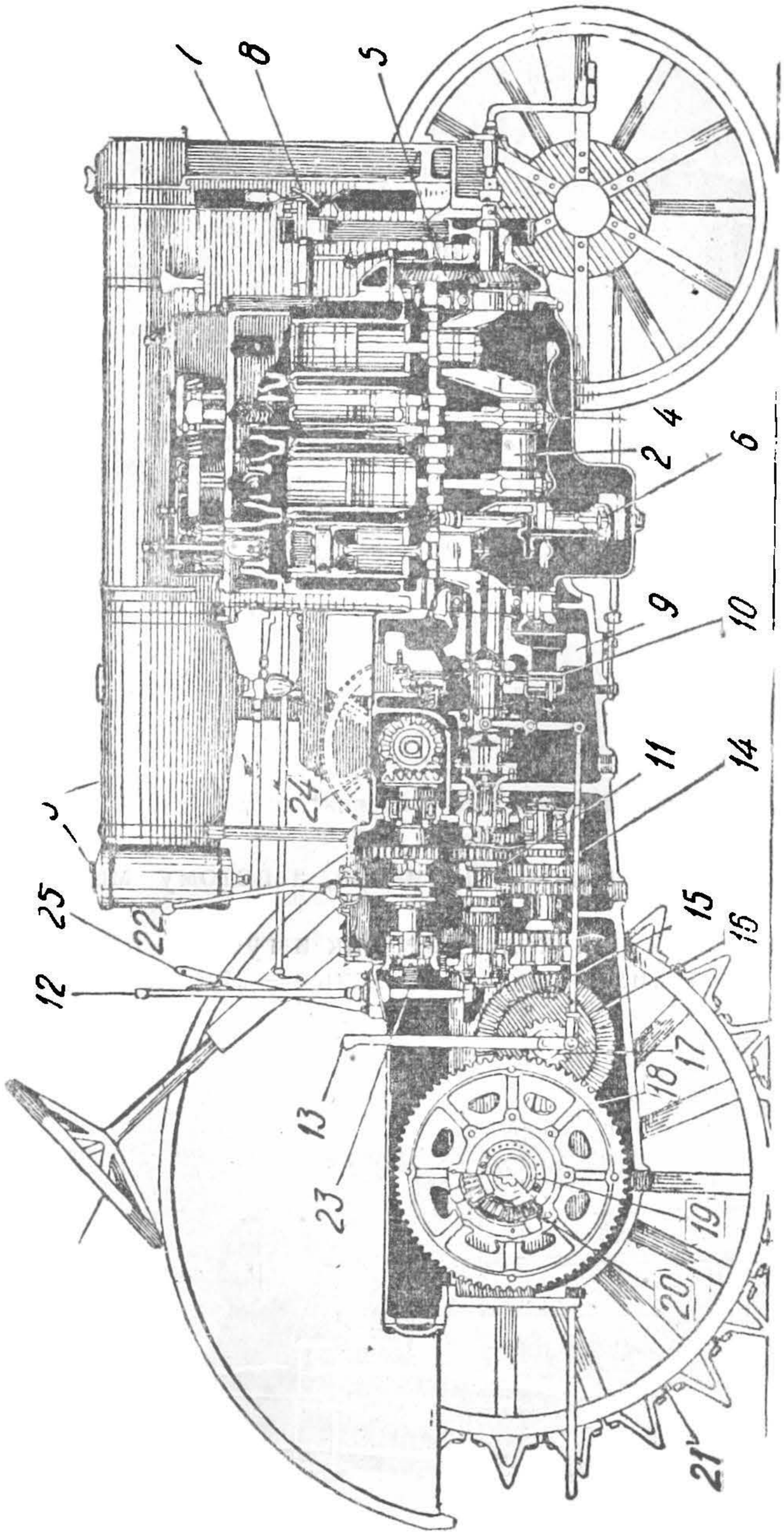


Рис. 32. Колесный трактор „Интернационал", мощн. 30 л. с.

1—пусковая рукоятка; *2*—коленчатый вал двигателя; *3*—бак для горючего; *4*—распределительный валик; *5*—шестерня привода к насосу; *6*—масляный насос; *7*—радиатор; *8*—вентилятор; *9*—маховик; *10*—муфта сцепления; *11*—ведущий валик коробки скоростей; *12*—рычаг передач коробки скоростей; *13*—нажимная педаль; *14*—нижний ведомый вал коробки скоростей; *15*—коническая шестерня ведомого вала; *16*—большая коническая шестерня; *17*—малая цилиндрическая шестерня; *18*—большая дифференциальная шестерня; *19*—коробка дифференциала; *20*—сателлиты; *21*—колеса; *22*—тормозный рычаг; *23*—рычаг от шкива; *24*—верхний вал; *25*—вал шкива; *26*—рулевое колесо.

Для того чтобы колесные тракторы давали давление не более 0,8—1,0 *кг/см²*, необходимо, чтобы размер колес удовлетворял определенным условиям. Ширина обода колеса дается в зависимости от нагрузки на колесо и от его диаметра, таким образом, чтобы удельное давление на грунт при погружении колеса на глубину 25 *мм* не превышало допускаемой нормы в 0,8—1,0 *кг/см²*, т. е.

$$\frac{P}{2b\sqrt{5R-6{,}25}} \leqslant (0{,}8-1{,}0)\ кг/см^2,$$

где P — статическое давление в *кг*, приходящееся на одно колесо,

b — ширина обода в *см*,

R — радиус ведущего колеса в *см*.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Обычно диаметр колеса трактора мощностью до 15 л. с. D = 1000—1200 *мм*, трактора мощностью до 30 л. с. D = 1200—1500 *мм* и трактора свыше 30 л. с. D — 1500—2200 *мм*. Из этого видно, что тяжелые, большой мощности трак-

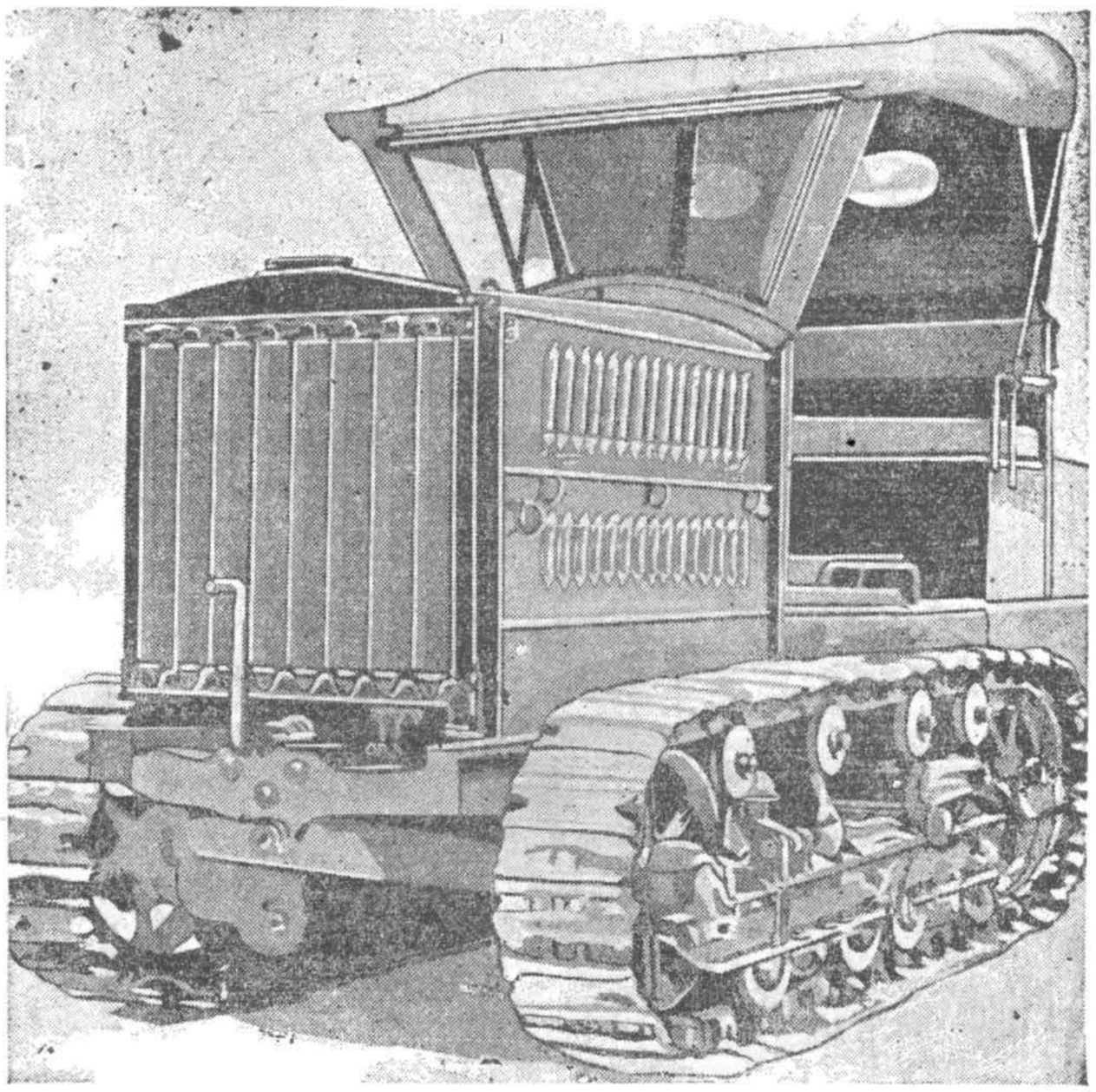


Рис. 33 Гусеничный трактор „Большевик", мощн. 40 л. с.

торы требуют колес очень большого диаметра, а потому мощные тракторы обычно делаются гусеничными.

У нас в Союзе применяются как колесные, так и гусеничные тракторы, причем изготовляются на советских заводах колесные — „Фордзон П" мощностью

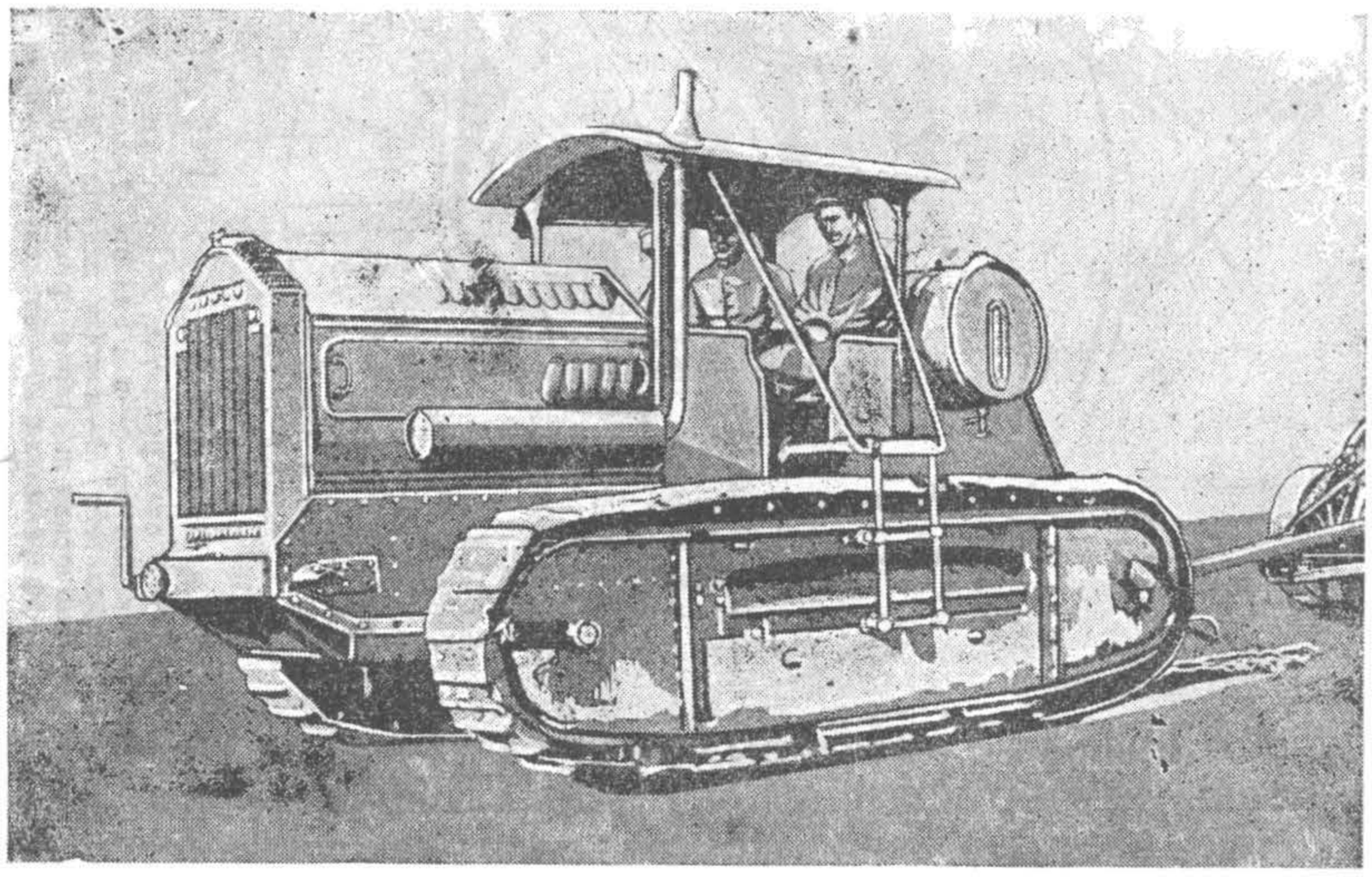


Рис. 34. Гусеничный трактор „Коммунар", мощн. 50 л. с.

20 л. с. и „Интернационал" мощностью 30 л. с. (рис. 31 и 32), гусеничные — „Большевик" мощностью 40 л. с. и „Коммунар" мощностью 50 л. с. (рис. 33 и 34); из американских тракторов применяются: „Катерпиллер" мощностью 60 и 30 л. с. (рис. 35 и 36), „Клетрак" мощностью 100, 80, 40, 30 и 20 л. с. (рис. 37)

НБ УДУНТ (ДИТ)

и „Монарх“ мощностью 75 и 50 л. с (рис. 38 и 39). Ниже приводятся схемы и основные характеристики означенных тракторов, пользуясь которыми можно произвести разного рода подсчеты, связанные с расчетом дорожной одежды тяговыми расчетами при данных технических характеристик дороги и пр.

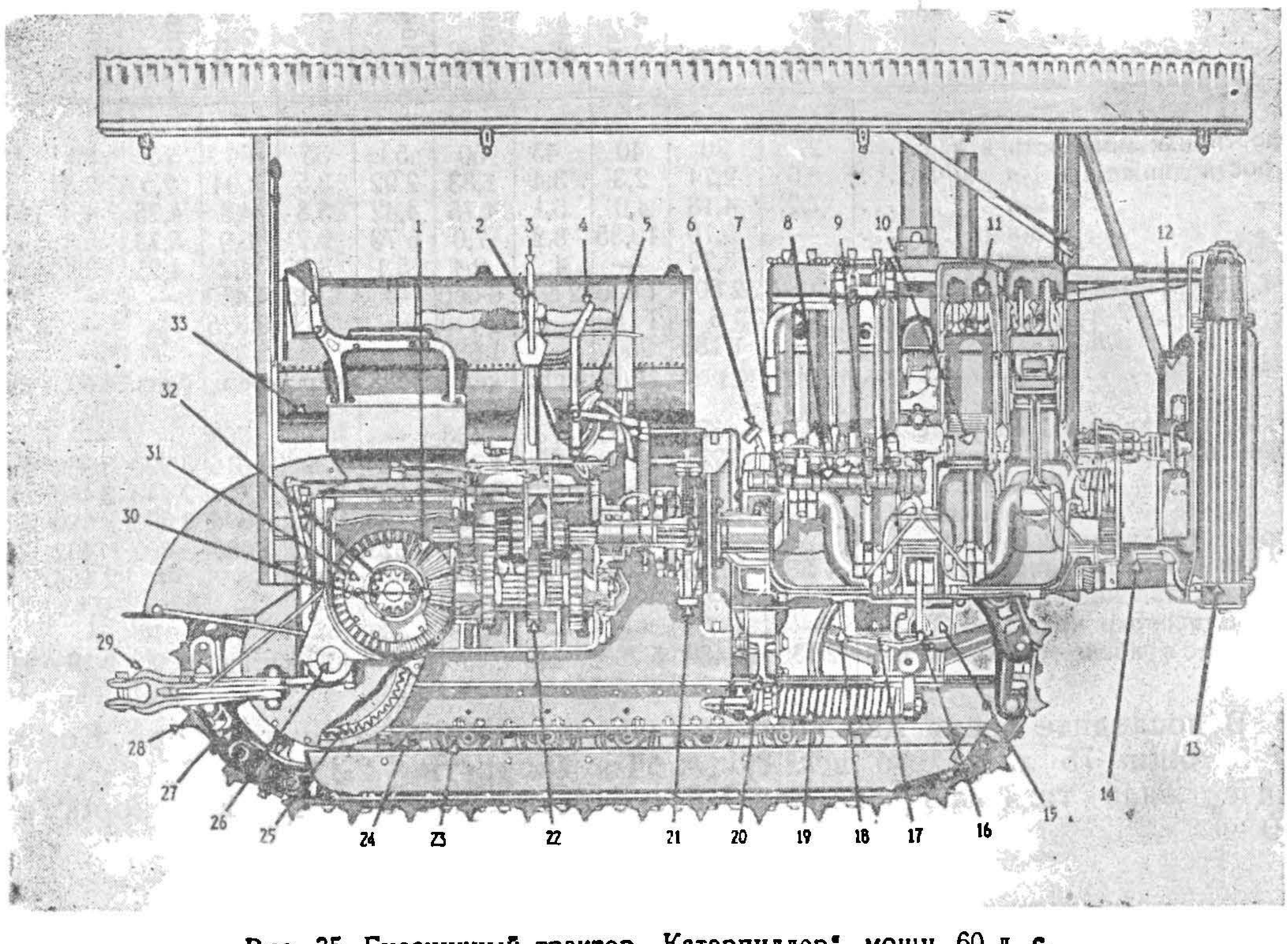


Рис. 35. Гусеничный трактор „Катерпиллер“, мощн. 60 л. с.

1—конусная шестерня; *2*—акселераторный рычаг; *3*—рулевой рычаг (ручка); *4*—рычаг, контролирующий диски сцепления на маховике; *5*—тормозная педаль; *6*—манометр, указывающий масляное давление; *7*—коленчатый вал; *8*—кулачковый (распределительный) вал; *9*—шатун; *10*—поршень; *11*—клапан; *12*—вентилятор; *13*—радиатор; *14*—трубопровод к насосу; *15*—масляный колодник; *16*—масляный насос; *17*—сетка масляного фильтра; *18*—переднее холостое колесо гусеницы; *19*—пружина натяжения (гусеничного полотна); *20*—уравнивающее коромысло (брус); *21*—главный диск сцепления на маховике; *22*—шестерни перемены скоростей (трансмиссионные шестерни); *23*—нижние ролики; *24*—зубчатое ведущее колесо; *25*—шестерня последней передачи; *26*—ось зубчатого колеса гусеницы; *27*—звено ходовой цепи; *28*—башмак гусеницы; *29*—тяговое сцепление (крюк); *30*—малая коническая шестерня; *31*—муфта управления (рулевые диски сцепления); *32*—малая шестерня последней передачи; *33*—бак для топлива

Таблица 38

Колесные тракторы

Основная характеристика	„Фордзон П“	„Интернационал“ 20/30
Эффективная мощность трактора в л. с.	20	30
Скорость движения 1-я *км*/час.	2,5	3,2
„ „ 2-я „	4,5	4,8
„ „ 3-я „	11,0	6,4
„ „ задний ход *км*/час.	4,3	4,4
Сила тяги на 1-й скорости *кг*	1 200	—
„ „ „ 2-й „ „	810	910
„ „ „ 3-й „ „	400	—
Топливо	керосин	керосин
Расход топлива на 1 силу/час. *г*	376	302
Габаритные размеры — длина *мм*	2 580	3 373
„ „ ширина „	1 620	1 651
„ „ высота „	1 390	1 541
Диаметр ведущего колеса в „	1 219	1 270
Ширина ведущего колеса в *мм*	305	305
Высота тягового крюка в *мм*	305	300—500
Общий вес в *кг*	1 500	3 011
Радиус поворота в *м*	—	5,0

УДУНТ (ДИТ) НБ

Таблица 39

Гусеничные тракторы

Характеристика трактора	„Клетрак" 20	„Катерпиллер" 30	„Большевик"	„Клетрак" 30	„Коммунар" 50	„Монарх" 5	„Клетрак" 40	„Катерпиллер 60"	„Монарх" 75	„Клетрак" 60	„Клетрак" 100
Эффективная мощность в л. с. ...	27	30	40	45	50	50	55	60	75	80	120
Скорость движения 1-я *км*/час ...	3,6	2,74	2,3	3,4	1,83	2,92	3,5	3,04	2,5	2,8	2,8
„ „ 2-я „ „ ...	7,2	4,18	4,0	5,1	4,75	4,42	5,8	4,2	4,25	4,0	5,2
„ „ 3-я „ „ ...	—	5,79	10,35	8,2	7,0	6 73	9,2	5,9	5,73	5,8	8,7
„ „ задний ход...	2,8	3,22	—	4,2	2,4	5,1	3,2	2,2	4,25	3,4	4,6
Сила тяги на 1-й скорости *кг*.. ..	2 082	2 503	1 600	2 800	6 000	—	1 415	4 450	—	—	9 075
„ „ „ 2-й „	775	1 647	1 100	—	2 440	—	—	3 325	—	—	—
„ „ „ 3-й „	—	1 183	250	—	1 600	—	—	2 320	—	—	—
Топливо	керос.	керос.	бенз.	кер.	кер.	бенз.	кер.	кер.	бенз.	кер.	кер.
			275—		300—						
Расход топлива на 1 силу/час. *г*..	418	373	—285	373	—408	—	—	363	—	—	—
Габаритные размеры — длина *мм*.	2 475	3 280	3 150	2 600	4 750	3 250	3 300	4 016	3 990	3 960	4 450
„ „ шир. *мм*..	1 213	1 150	1 600	1 625	2 000	1 930	1 725	3 404	2 440	2 440	2 440
„ „ высота *мм*	1 292	2 310	1 625	1 425	2 680	2 165	1 575	2 694	2 590	2 080	2 150
Ширина гусеницы *мм*..... .	238	330	280	300	400	325	350	5 085	400	432	475
Рабочая длина гусеницы *мм*	1 535	1 525	2 310	1 675	1 950	—	2 000	—	—	2 464	2 800
Удельное давление на грунт *кг*/*см*²	0,29	—	0,4	0,32	0,5	—	—	—	—	0,43	0,46
Высота тягового крюка *мм*	—	437,5	—	—	—	432	—	487	370	—	—
Общий вес в рабочем состоянии в *кг*	2 180	3 480	5 000	3 345	8 450	6 570	4 925	9 480	10000	9 185	9 975

В последнее время Харьковским заводом выпускается трактор „Коммунар" мощн. 75 л. с.; его вес 8,5 *т*, 1-я скорость — 2,33 *км*/час., 2-я — 6,16 *км*/час.; сила тяги на крюке при 1-й скорости — 5 200 *кг*, при 2-й скорости — 2430 *кг*.

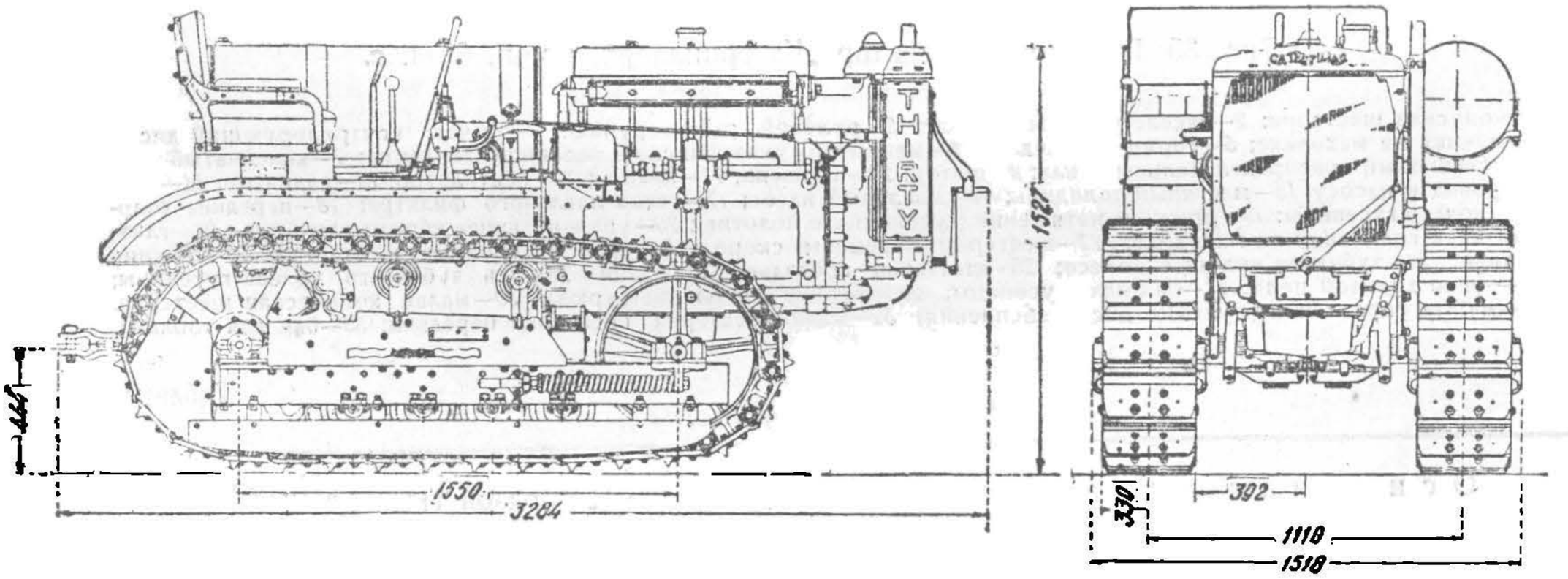


Рис. 36. Гусеничный трактор „Катерпиллер", мощн. 30 л. с.

§ 19. Определение мощности и силы тяги трактора. Трактор, в отличие от автомобиля, является по существу тяговой машиной, которая сама на себе ничего не везет, — полезный груз перевозится на повозках, прицепляемых к трактору. Поэтому работа трактора затрачивается как на самопередвижение, так и на передвижение тех прицепок, которые к нему припрягаются.

При изучении работы двигателя трактора и тех изменений, которые она претерпевает, необходимо различать следующие виды мощности (работы) трактора:

1) индикаторная мощность двигателя — N_i,
2) эффективная „ „ — $N_э$,
3) мощность на ободе колеса или на гусенице трактора — $N_{об}$,
4) мощность на крюке трактора — $N_{кр}$.

НБ УДУНТ (ДПТ)

Особое значение имеет послед ий вид мощности—на крюке, которая непосредственно затрачивается на передвижение полезного груза.

Индикаторная мощность двигателя обычно определяется тем же способом, как это указывалось в § 16 в отношении автомобильных двигателей, при

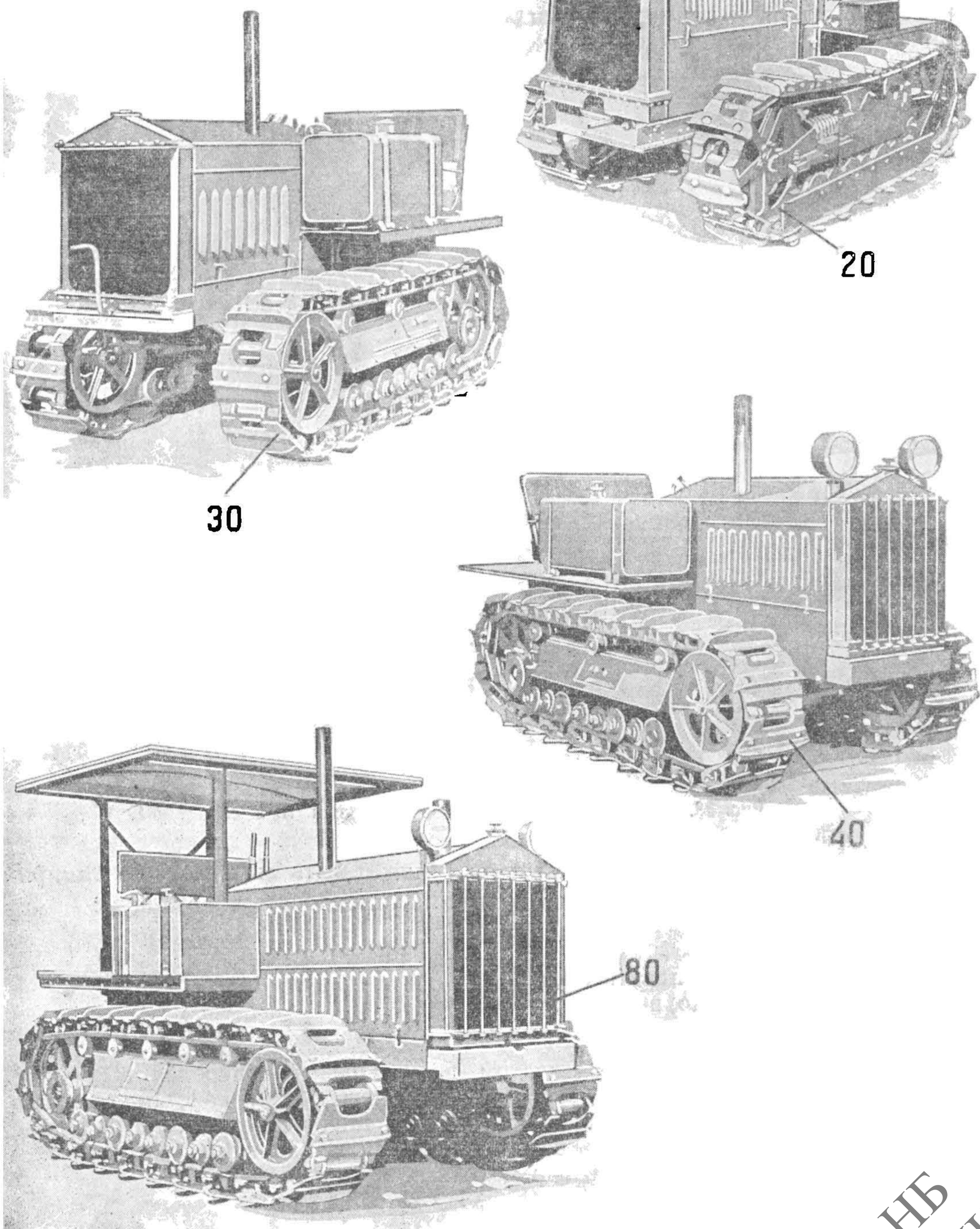


Рис. 37. Гусеничные тракторы „Клетрак" мощн. 20, 30 40 и 80 л. с.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

помощи индикаторной диаграммы, которая дает возможность определить среднее индикаторное давление на поршень двигателя и по этому давлению вычислить работу двигателя в единицу времени.

Эффективная мощность двигателя измеряется на коленчатом валу двигателя и представляет собою только часть индикаторной мощности, так как другая часть этой последней должна расходоваться на преодоление сопротивлений, возникающих в отдельных рабочих частях двигателя, т. е.

$$N_э = \eta_э N_i,$$

где $\eta_э$ представляет собою механический коэффициент полезного действия самого двигателя и примерно равен 0,65—0,85, иначе говоря, потери на внутреннюю работу двигателя составляют от 35 до 15%.

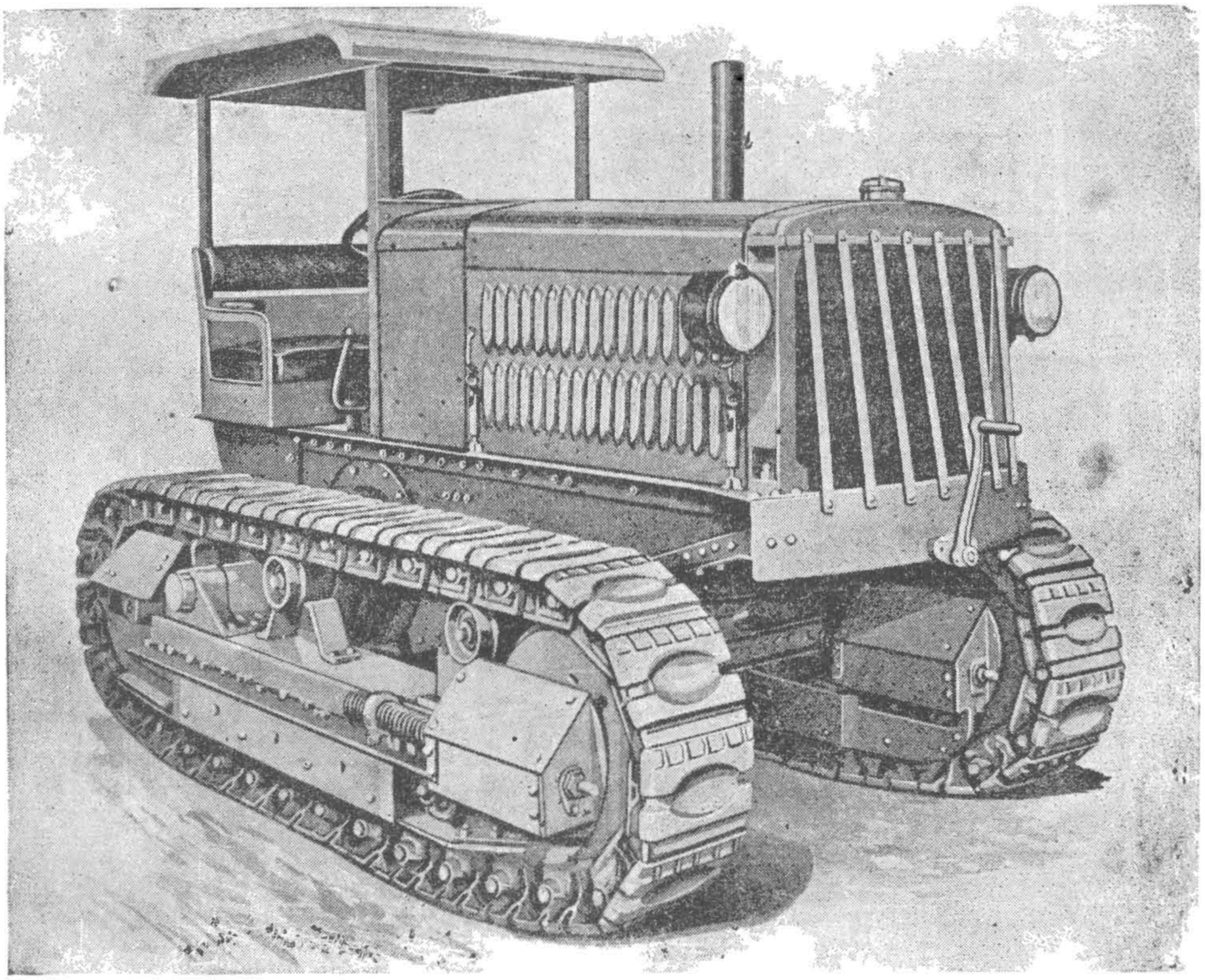


Рис. 38. Гусеничный трактор „Монарх", мощн. 75 л. с.

Обычно эффектив ая мощность двигателя может быть вычислена по эмпирическим формулам, из числа которых можно рекомендовать следующую: [1]

$$N_э = 0{,}46\ D^2 . l\ \ i$$

где D — диаметр цилиндра в *см*,
l — длина хода пор шня в *м*,
i — число цилиндров.

Эффективная мощность на коленчатом валу через ряд передач в коробке скоростей, в дифференциале и других передается ведущим колесам трактора или ведущей зубчатке гусеницы. Таким образом мощность трактора на ободе колеса будет меньше эффективной мощности на ту величину, какая расходуется на преодоление трения в передаточных механизмах.

$$N_{об} = N_э \times \eta_{об}.$$

[1] Н. С. Ветчинкин. Тракторная тяга (на правах рукописи). 1925 г.

НБ УДУНТ (ДПТ)

где $\eta_{об}$ — механический коэффициент полезного действия передач в тракторе Величина данного коэффициента в значительной степени зависит от совершенства и тщательности устройства передаточных механизмов и их подшипников. При грубой отдел е этих частей коэффициент $\eta_{об}$ может достигать—0,5.

В современных типах тракторов для уменьшения потери на трение передаточных механизмов, как общее правило, зубчатки делаются возможно лучше обработанные и из лучших сортов стали с валами на шарикоподшипниках или на роликах. В этих случаях коэффициент $\eta_{об}$ можно принимать равным 0,85 – 0,9.

Для определения силы тяги на ободе колеса можно воспользоваться следующим уравнением:

$$N_{об} \times 75 = N_э \times \eta_{об} \times 75 = T_{об} \times v,$$

где $T_{об}$ — сила тяги на ободе колеса, выраженная в *кг*, а v — скорость движения трактора в *м*/сек. откуда $T_{об} = \frac{N_э \times \eta_{об} \times 75}{v}$.

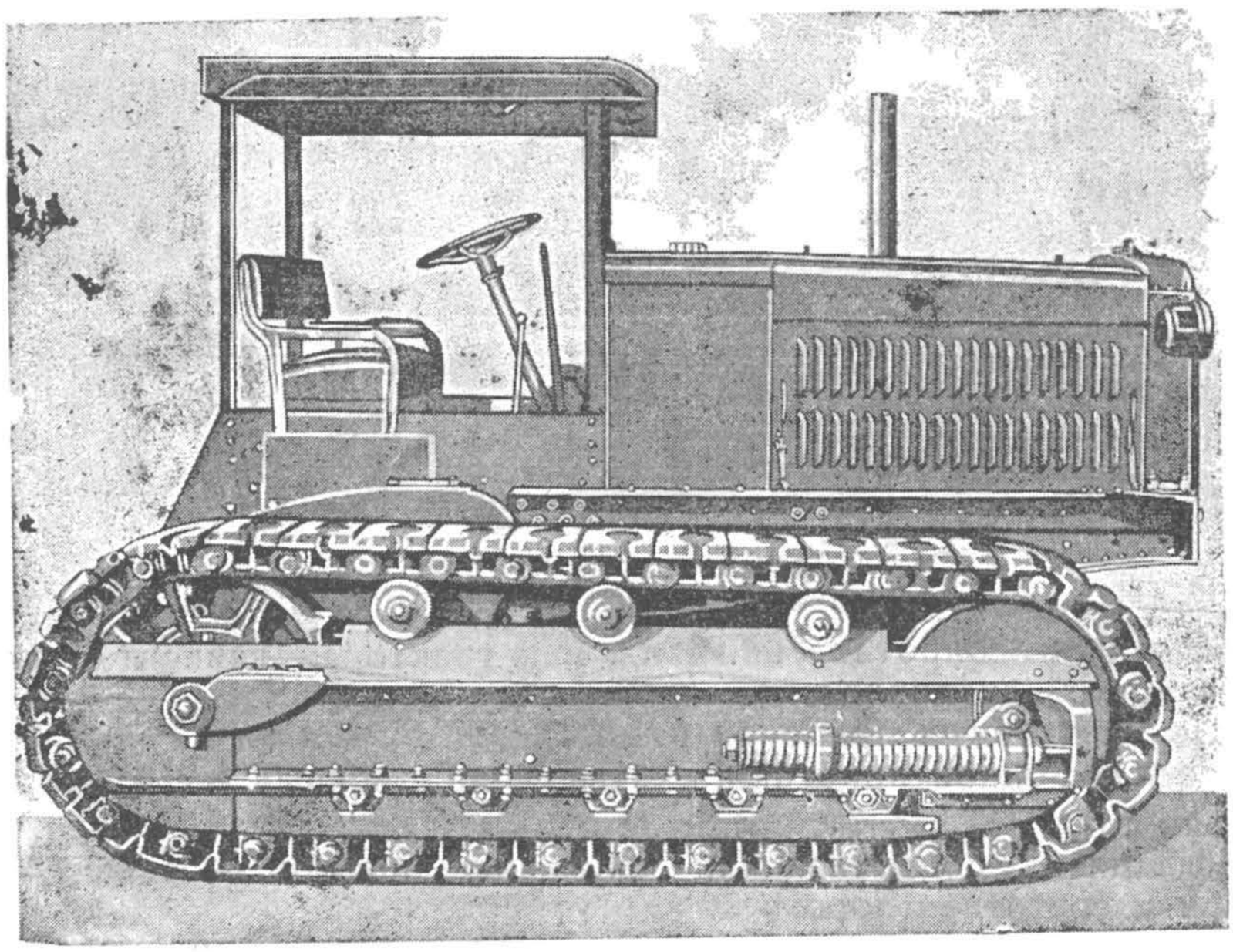


Рис. 39. Гусеничный трактор „Монарх", мощн. 50 л. с.

Если скорость будет выражена в *км*/час., то же самое выражение примет следующий вид:

$$\frac{N_{об} \times 75 \times 3600}{1000} = \frac{N_э \times \eta_{об} \times 75 \times 3600}{1000} = T_{об} \times v,$$

где v — скорость движения трактора в *км*/час., отсюда

$$T_{об} = \frac{270 \times N_э \times \eta_{об}}{v}.$$

Сила тяги на крюке трактора будет равна силе тяги на ободе колеса или гусеницы, минус то усилие, которое затрачивается на самопродвижение трактора. Усилие это расходуется на сопротивление движению трактора по горизонтальному пути и на сопротивление движению по подъему, т. е.

$$T_{кр} = T_{об} - Q_{тр} (f + i),$$

где $T_{кр}$ — сила тяги на крюке в *кг*, $Q_{тр}$ — вес трактора в *кг*, f — коэффициент сопротивления движению трактора по горизонтальному пути и i — максимальный уклон данной дороги.

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ 20. Уравнение движения при тракторной тяге. Для установившегося равномерного движения тракторного поезда, т. е. трактора с целым рядом прицепок, можно считать, что $T_{об} \leqslant W$, т. е. сила тяги на ободе колеса должна быть равна или быть больше того сопротивления, которое должен преодолеть трактор при движении по дороге.

Ввиду того, что тракторная тяга совершается с незначительной скоростью, не превосходящей 10 *км*/час.,—сопротивлением, возникающим от давления воздуха на торец трактора, можно пренебречь, а потому останутся только два вида сопротивлений: W_1 — сопротивление от передвижения трактора и прицепок по горизонтальному пути и W_2 — сопротивление от передвижения трактора и прицепок по уклону. Первый вид сопротивления равен

$$W_1 = Q_{тр} \times f + n\, Q_{пр} f_1$$

где $Q_{тр}$ — вес трактора в *кг*,

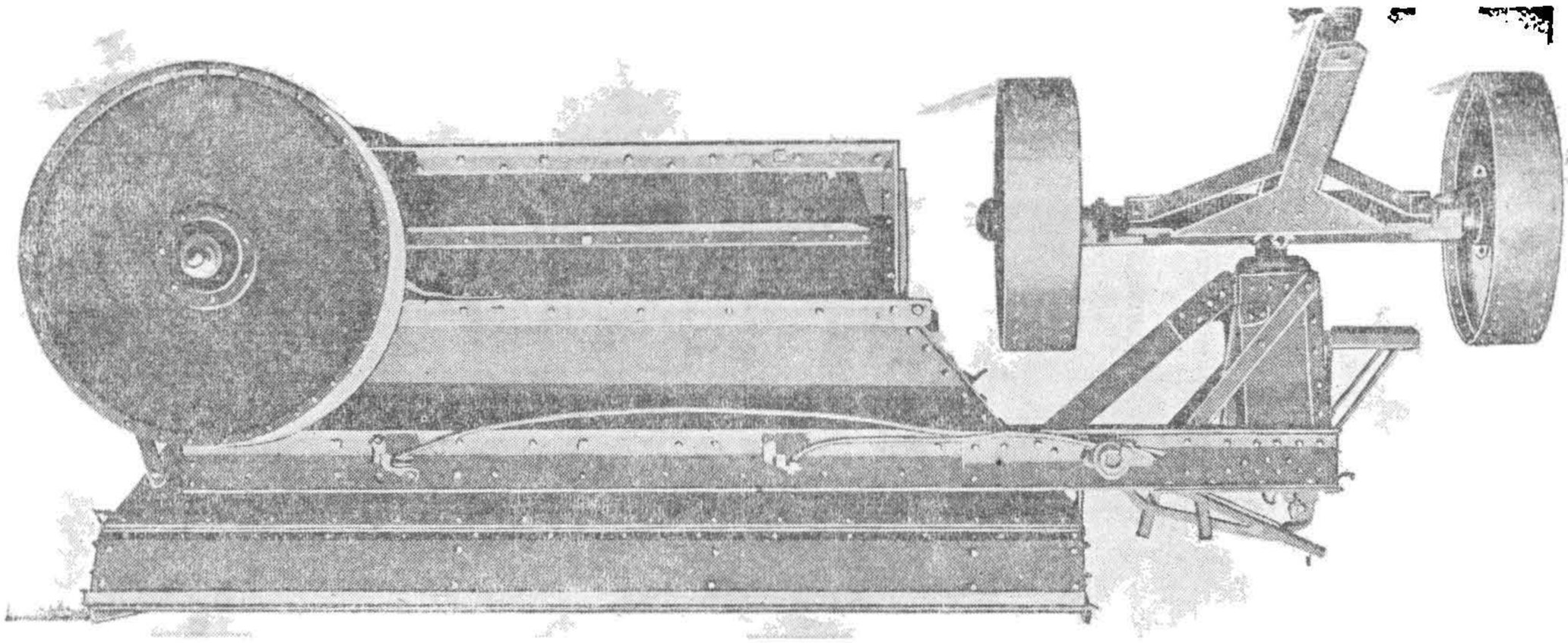


Рис. 4. Тракторная колесная прицепка.

f — коэффициент сопротивления движ нию трактора,—зависит от типа трактора и состояния дороги,

n — число тракторных прицепок в поезде,

$Q_{пр}$ — полный вес одной прицепки, считая ее собственный вес и вес полезной нагрузки в *кг*.

f_1 — коэффициент сопротивления движению повозок, — зависит от типа повозок и состояния дороги.

Сопротивление от передвижения тракторного поезда по уклону выразится следующей формулой:

$$W_2 = Q_{тр} \times i + nQ_{пр}\, i,$$

где i — средний максимальный уклон на заданном участке дороги.

Таким образом общее уравнение движения тракторного поезда может быть представлено в следующем виде:

$$T_{об} = Q_{тр}\ (f + i) + n\, Q_{пр}\ (f_1 + i).$$

Значение коэффициента f для различных типов тракторов.

Тип дороги	Значение f
Асфальтовая мостовая	0,010
Деревянная торцовая мостовая	0,013
Шоссе в хорошем состоянии.....	0,018
„ „ плохом состоянии	0,03
Булыжная мостовая в хорошем состоянии....	0,025
Грунтовая дорога	0,08
Свеже-взрыхленная пашня .	0,20 – 0,30
Скошенный луг (дерн).....	0,10
Сыпучий песок.....	0,15—0, 5
Ледяная дорога	0,02
Снеговая улучшенная дорога.....	0,035
„ обыкновенная дорога	0,04

НБ УДУНТ (ДПТ)

Значение *f* для гусеничных тракторов:

Тип дороги	Значение *f*
Шоссе	0,05
Гравийная и улучшенная грунтовая дорога	0,05—0,10
Грунтовая мягкая дорога	0,10—0,15
Обыкновенная снежная дорога	0,05—0,08

Прицепки могут быть колесного или гусеничного типа. Колесные тракторные прицепки (рис. 40) могут иметь собственный вес 2,5—3,0 *т*. Тракторные прицепки на гусеничном ходу (рис.41) применяются для перевозки разнообразных дорожно-строительных материалов и при земляных работах. Те и другие прицепки устраиваются различной емкости; размеры их приводятся в следующей таблице:

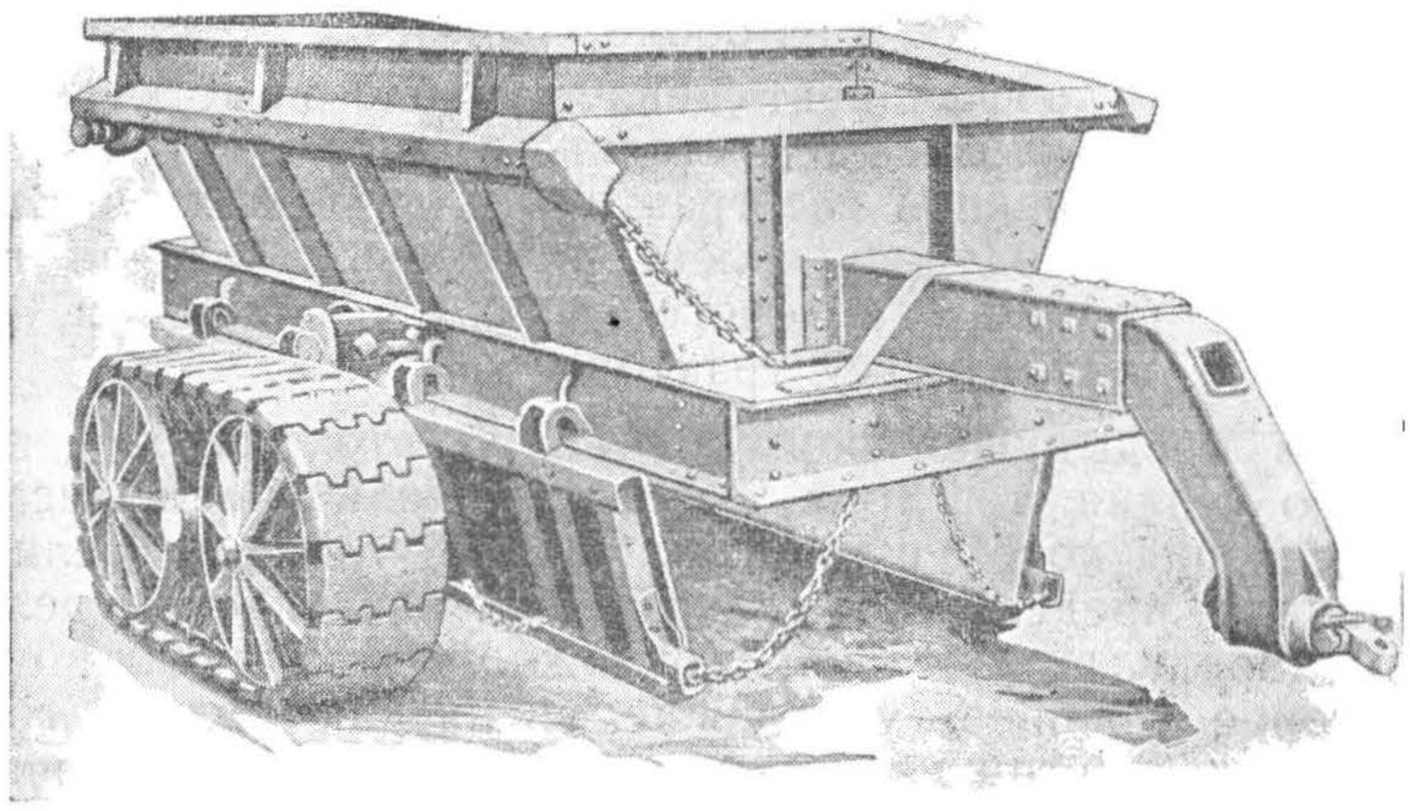


Рис. 41. Тракторная гусеничная прицепка.

Таблица 40

Тип	Емкость $м^3$	Собственн. вес *кг*	Основные размеры в *мм*		
			Длина	Ширина	Высота
Гусеничные прицепки:					
Типа „Вестерн"	3,8	3 800	3 022	2 540	1 600
„	5,32	4 725	4 343	2 438	1 600
„	7,6	5 985	4 343	2 793	1 905

Колесные	Собственн. вес *кг*	Полезная нагрузка *кг*	Полный вес *кг*
п — 12	1 100	1 750	2 850
п — 13	1 500	3 000	4 500
п — 15	1 000	1 750	2 750

При решении вопроса о движении тракторных поездов необходимо проверить тракторный поезд на трогание с места. В этом случае к сумме сопротивлений пути добавляется сопротивление от преодоления силы инерции поезда, равное произведению массы поезда на ускорение, т. е.

$$W_з = \frac{Q_{тр} + n Q_{пр}}{g} \frac{dv}{dt},$$

где g — ускорение силы тяжести, равное 9,8 *м*/сек.^{2},

$\frac{dv}{dt}$ — ускорение трактора, причем при расчетах можно принять $\frac{dv}{dt} = {}^1{}_3\ v$,

где v — первая низшая скорость трактора.

В этом случае необходимо

$$T_{об} \geqslant Q_{тр}\ (f + i) + n\ Q_{пр}\ (f_1 + i) + \frac{Q_{тр} + n Q_{пр}}{g}\ \frac{dv}{dt}.$$

НБ УДУНТ (ДПТ)

Для наиболее полного использования тягового усилия трактора на ободе колеса необходимо, чтобы не было буксования колес трактора. Это последнее условие требует, чтобы было достаточное сцепление гусеницы или колеса трактора с дорогой. Это условие выражается следующей формулой:

$$T_{об} \leqslant \mu Q_{сц.\ тр},$$

где

$T_{об}$ — сила тяги на ободе колеса,

μ — коэффициент сцепления колеса с дорогой, который зависит от устройства колеса и состояния дороги,

$Q_{сц.\ тр}$ — сцепной вес трактора в *кг*, т. е. та часть веса, которая приходится на ведущие колеса трактора. В случае гусеничного трактора, обе гусеницы которого являются ведущими, сцепной вес будет равен полному весу трактора.

Из предыдущей формулы видно что наиболее полное использование тягового усилия трактора связано с увеличением веса трактора и улучшением сцепления колеса с дорогой. Первое условие—увеличение веса трактора—ограничено предельным допускаемым давлением (удельным давлением) трактора на дорогу, во избежание возможной деформации почвы или дорожного полотна. Второе условие—улучшение сцепления колеса трактора с дорогой—осуществляется путем устройства разнообразного типа шпор и реборд. В этом отношении гусеница представляет существенные преимущества перед колесом, так как дает значительно бóльшую площадь соприкасания с дорогой и на этой площади можно расположить несравненно большее количество реборд. В нижеследующей таблице приводятся данные о коэффициенте сцепления для колесных и гусеничных тракторов на основании испытаний тракторов на ВССХ выставке в 1923 г.:

Таблица 41

Тракторы	Песок	Хорошая грунтовая дорога	Глинистая дорога	Дерн
Колесные	0,10—0,38	0,51 – 0,92	0,72 – 0,94	0,78—1,20
Гусеничные	0,40—0,55	0,91 – 1,04	0,87	1,08

Подставляя в последнее уравнение вместо $T_{об}$ его значение, выведенное в § 17, получим

$$T_{об} = \frac{270 \times N_э \times \eta_{об}}{v} \leq \mu Q_{сц.\ тр}$$

откуда можно определить относительный наиболее рациональный вес трактора на 1 л. с., а именно:

$$\frac{Q_{сц.\ тр}}{N_э} = \frac{270\,\eta_{об}}{v \cdot \mu}.$$

Обычно 1-я скорость тракторов составляет около 2 *км*/час. при коэффициенте μ, равном 0,6 — 0,75 и $\eta_{об} = 0{,}85$, получим

$$\frac{Q_{сц.\ тр}}{N_э} = 100 - 150\ кг \text{ на } 1 \text{ л. с.}$$

Обычно при большем относительном весе трактора наибольшая сила тяги определяется мощностью двигателя, при меньшем—исключительно сцеплением.

Пользуясь уравнением движения тракторного поезда, возможно решать целый ряд практических задач, связанных с механической транспортировкой дорожных материалов по различным дорогам.

В нижеследующей таблице приводятся данные о том общем грузе, который могут тащить тракторы различной мощности по различным дорогам с различными уклонами.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 42

Тип трактора мощность в л. с / Максимальн. подъемы на дороге	$i = 0{,}01$			$i = 0{,}02$			$i = 0{,}03$			$i = 0{,}04$			$i = 0{,}05$			$i = 0{,}06$		
	Характер дороги																	
	По плохой грунтовой дороге	По хорошей грунтовой дороге	По санному пути	По плохой грунтовой дороге	По хорошей грунтовой дороге	По санному пути	По плохой грунтовой дороге	По хорошей грунтовой дороге	По санному пути	По плохой грунтовой дороге	По хорошей грунтовой дороге	По санному пути	По плохой грунтовой дороге	По хорошей грунтовой дороге	По санному пути	По плохой грунтовой дороге	По хорошей грунтовой дороге	По санному пути
	Полезная нагрузка в тоннах																	
20	7,5	12,0	21,2	6,8	10,4	16,5	6,3	9,0	13,6	5,7	8,0	11,4	5,2	7,1	9 8	4,8	6,4	8,5
30	11,4	18,0	31,0	10,0	15,5	24,0	9,0	13,3	20,0	8,5	11,8	16,8	7,6	10,4	14,0	6,9	9,2	12,0
40	15.3	24,0	42,0	14,0	21,0	33,6	12,8	18,5	28,0	11,0	16,0	22,8	9,9	13,5	18,5	8,9	12,0	16,0
50	19,0	30,0	52,4	16,9	25,3	40,6	15,2	21,8	32,8	13,6	19,0	27,2	12,2	16,7	22,8	11,2	14,8	19,7
60	22,8	36,0	64,0	20,2	30,4	48,6	18,0	26,0	39,2	16,2	22,7	32,5	14,6	20,0	27,4	13,2	17,6	23,4
75	28,5	44,8	78,5	25,3	38,0	60,9	22,7	32,8	49,2	20,4	28,5	40,8	18,4	25,1	34,5	16,6	22,1	29,6

НБ УДУНТ (ДПТ)

Пример. Определить, какое количество тракторных прицепок может вести гусеничный трактор типа „Катерпиллер“ мощностью 60 л. с. по обычной грунтовой дороге с уклоном $i = 0{,}03$. Вес каждой прицепки—2,0 *т*. Емкость ее—3,5 $м^3$. Перевозимый груз—щебень. Вес 1 $м^3$ щебня=1800 *кг*. Нормальная скорость движения 2-я $v = 4{,}2$ *км*/час. Вес трактора—9480 *кг*.

Определим силу тяги на ободе гусеницы.

$$T_{об} = \frac{270 \times N_э \times \eta_{об}}{v} = \frac{270 \times 60 \times 0{,}85}{4{,}2} \cong 3\,280 \text{ кг}.$$

Проверяем тяговое усилие на буксование:

$$T_{об} \leq \mu Q_{сц.\ тр},$$

принимая $\mu = 0{,}7$ и подставляя численные значения, получим

$$3280 \leq 0{,}7 \times 9480 \text{ или}$$

$$3280 \leq 6636 \text{ кг}.$$

Таким образом возможность буксования исключена.

Количество прицепок определяем по уравнению движения тракторного поезда

где $$T_{об} = Q_{тр}\ (f + i) + nQ_{пр}\ (f_1 + i),$$

$f = f_1 = 0{,}08$

$Q_{тр} = 2\,000 + 3{,}5 \times 1\,800 = 8\,300$ *кг*

$i = 0{,}03$.

Подставляя численные значения, получим

$$3280 = 9480\ (0{,}08 + 0{,}03) + n \times 8300\ (0{,}08 + 0{,}03),$$

отсюда определяем

$$n = \frac{2\,238}{913} \approx 2 \text{ прицепки}.$$

Необходимо сделать поверку на трогание с места, пользуясь предыдущей формулой

$$T_{об} \geqslant Q_{тр}\ (f + i) + nQ_{пр}\,(f_1 + i) + \frac{Q_{тр} + nQ_{пр}}{g}\ \frac{dv}{dt},$$

где

$T_{об}$ на 1-й скорости $= \frac{270 \times N_э \times \eta_{об}}{v} = \frac{270 \times 60 \times 0{,}85}{3{,}04} \approx 4\,500$ *кг*.

$\frac{dv}{dt} = \frac{}{3} v$ (для v—1-й скорости $= \frac{0{,}84}{3} = 0{,}28$ *м*/сек^2.

Подставляя численные значения, получим

$$4\,500 \geqslant 9\,480 \times 0{,}11 + 2 \times 8\,300 \times 0\,11 + \frac{9\,480 + 2 \times 8\,300}{9{,}81} \times 0{,}28$$

$$4\,500 \geqslant 1\,042 + 1\,826 + 730 = \underline{3\,598},$$

т. е. на 1-й скорости трактор в состоянии взять с места две прицепки на уклоне $= 3\%$.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ОТДЕЛ III

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОГ

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ

§ 21. Основные технические условия проектирования автогужевых дорог. При реконструкции автогужевой сети должна учитываться необходимость приспособить эту сеть к условиям быстро развивающегося автомобильного транспорта. Последнее достигается, во-первых, правильным проектированием дорожной трасы в плане, в поперечном и в продольном направлениях, и, во-вторых, правильным выбором дорожной одежды в соответствии с характером и размером движения.

Правильное проектирование дорожной трасы возможно только после предварительных рекогносцировочных или инструментальных изысканий, материалы которых должны лечь в основу проектирования, а выбору одежды должны предшествовать изыскания экономические, дающие материалы об интенсивности движения и данные для расчета дорожной одежды.

Основным преимуществом автомобильного движения является его быстрота, и для удовлетворения этому основному качеству механического транспорта к дороге должны быть предъявляемы особые требования, для того чтобы движение по ней могло совершаться действительно быстро и в то же время безопасно.

При проектировании дороги необходимо руководствоваться данными ближайшего развития транспорта по материалам перспективных планов развития районов, причем в „Технических условиях Цудортранса для изыскания и проектирования автогужевых дорог" указывается, что, если с несомненностью будет установлено, что по перспективному плану развитие движения через десять лет потребует перевода дороги в высший класс,—следует дорогу в плане и уклоны проектировать по соответствующему высшему классу, прочие же элементы дороги—соответственно грузонапряженности ближайших пяти лет.

Сам механический транспорт также имеет стремление постоянно совершенствоваться, причем эти усовершенствования касаются главным образом двигателя и тормозных устройств, что в свою очередь дает возможность водителям машин в значительной степени повышать среднюю скорость движения. За последние десять лет в САСШ средняя допускаемая скорость движения для автомобилей на загородных дорогах возросла примерно на 30 *км*. Подтверждением сказанного может служить следующая таблица:

Таблица 43

Изменение предельных скоростей в САСШ за последние десять лет

Предельная скорость	Число штатов в 1918 г.	Число штатов в 1928 г.	Предельная скорость	Числ. шт. в 1918 г.	Число штатов в 1928 г.
24 *км*/час	1	0	64 *км*/час	1	10
32 „	5	1	72 „	0	4
40 „	20	2	80 „	0	0
48 .	11	6	Нет ограничений	8	3
52 „	2	22			

Как видно из приведенных выше соображений, особенно важно при проектировании основных элементов дорожного полотна предусматривать ближайшие перспективы развития транспорта, с тем чтобы не пришлось отстроенную сеть дорог вновь перестраивать, что всегда сопряжено с значительными, расхо-

НБ УДУНТ (ДШТ)

дами. В таком положении оказалась во многих местах сравнительно молодая сеть дорог САСШ, в данный момент требующая коренной реконструкции. Основными элементами дорожного полотна, на которых должно сосредоточиваться внимание проектировщика и строителя дорог, являются *поперечный профиль дороги, продольный профиль и построение дороги в плане.*

§ 22. Поперечный профиль дороги. Земляное полотно. При постройке дороги любого типа прежде всего требуется устроить земляное полотно, на котором в дальнейшем должна возводиться проезжая часть, выбираемая в соответствии с характером и интенсивностью движения по дороге.

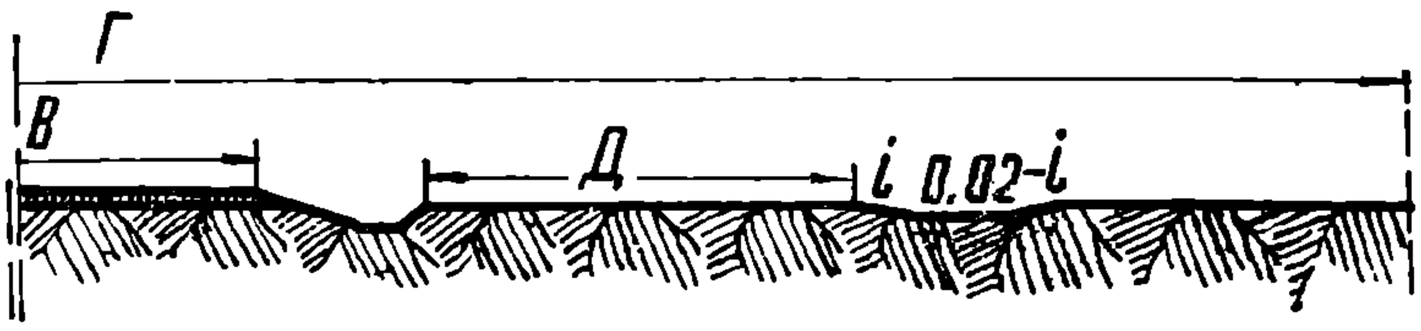


Рис. 42. Общий вид полосы отвода при насыпи высотою от 0 до 0,5 *м*.

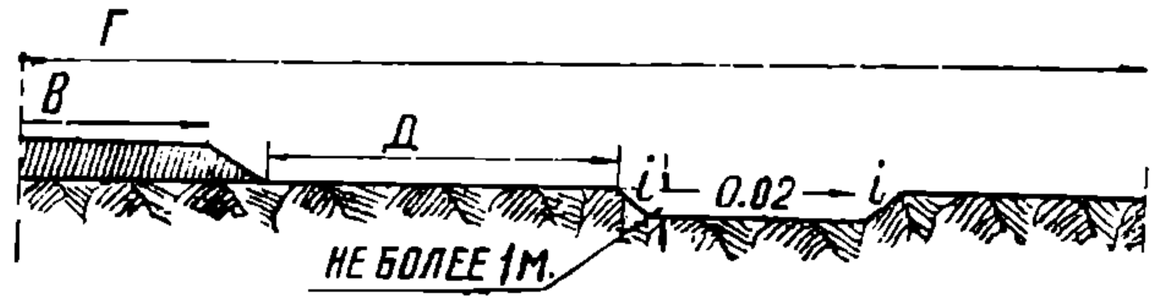


Рис. 43. Общий вид полосы отвода при насыпи высотою более 0,5 *м*.

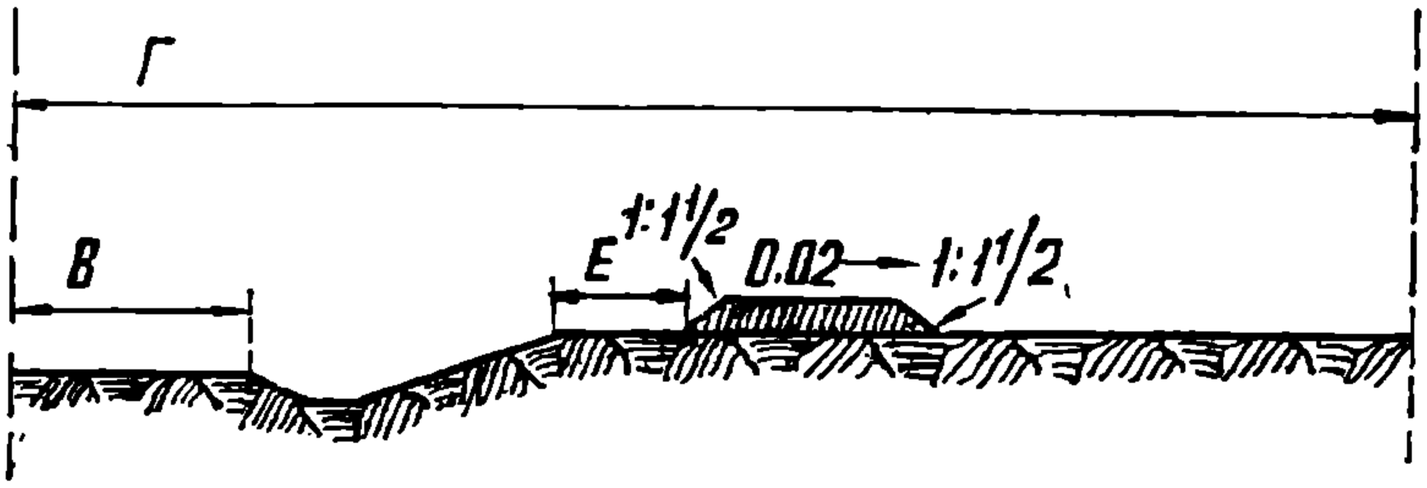


Рис. 41. Общий вид полосы отвода при выемках.

Смотря по тому, будет ли ось дороги проходить выше или ниже поверхности земли, в соответствии с местными условиями, должен проектироваться поперечный профиль земляного полотна. Возможно установить следующие типовые поперечные профили земляного полотна:

1) при насыпи высотою от 0 до 0,5 *м* (рис. 42),

2) при насыпи высотою более 0,5 *м* (рис. 43),

3) при выемке (рис. 44),

4) на косогоре, в том случае, если поперечный уклон местности $> {}^{1}/_{5}$ (рис. 45).

Каждый поперечный профиль земляного дорожного полотна состоит из следующих элементов:

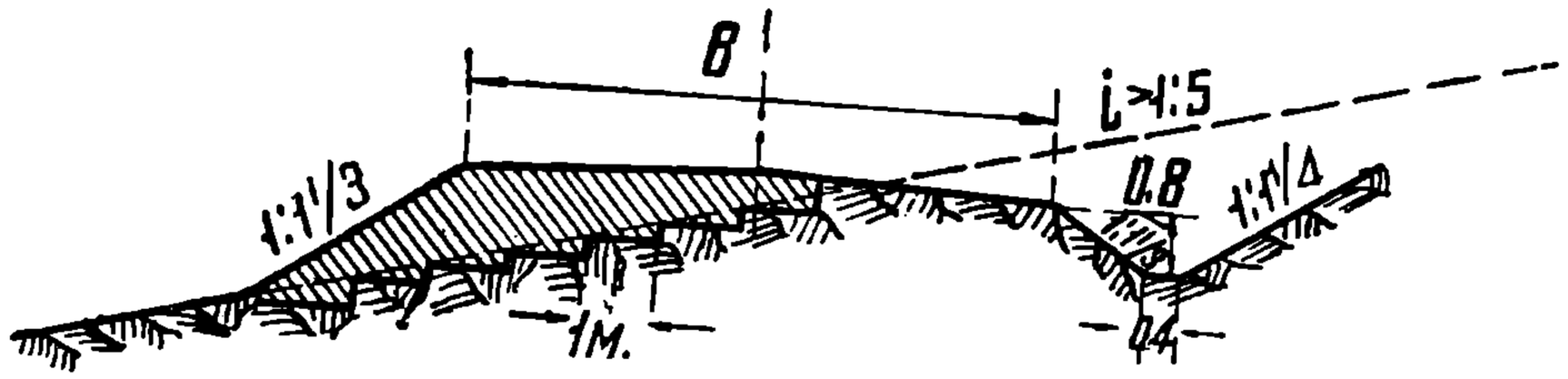


Рис. 45. Земляное полотно на косогоре при поперечном уклоне круче 1 : 5.

а) средней проезжей части, которая обычно укрепляется какой-либо верхней одеждой и служит непосредственно для движения экипажей по дороге;

б) обочин, которые располагаются по бокам проезжей части и служат ей упором;

в) боковых канав треугольного или трапецоидального сечения, в которые собирается вода, выпадающая на проезжую часть;

г) откосов насыпей или выемок, в том случае, если дорога проходит насыпью или выемкой;

д) обрезов, т. е. полос земли за канавами и откосами насыпей и выемок, на которых закладываются резервы, в целях получения земли, потребной для возведения насыпи, для складывания материалов и пр.

Общая полоса земли, включая и обрезы, занятая дорогой, носит название полосы отвода, причем установленные законом размеры этой полосы различны

НБ УДУНТ (ДИТ)

для разных классов дорог, как то видно из нижеследующей таблицы Т. У. Цудортранса.

Таблица 44

Технический класс дороги	Г полоса отвода в *м*	Д в *м*	Е в *м*	Уклон откосов резерва		
				нормальное движение	усиленное и тяжелое движен.	
					При насыпи менее 1 *м*	При насыпи 1 *м* и более
1	65	10	Не менее 3,0 *м*	1 : 1,5	1 : 4	1 . 1.5
2	65	10		1 : 1,5	1 : 4	1 : 1,5
3	43	8		1 : 1,5	1 : 4	1 : 1,5
4	43	8		1 : 1,5	1 : 4	1 : 1,5
5	34	4		1 : 1,5	1 . 1,5	1 : 1,5
6	21	0		1 1,5	1 1 5	1 1.5

Берма *D* не всегда должна иметь размеры, указанные в таблице Цудортранса, так как при механизации работ довольно часто приходится возводить неболь-

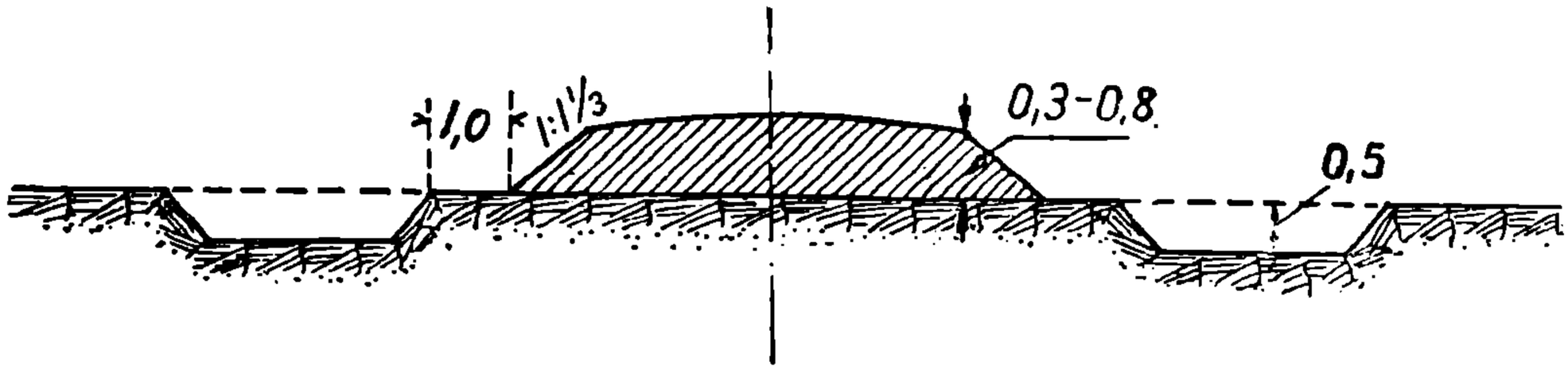


Рис. 46. Земляное полотно при небольшой насыпи 0,3—0,8 *м*, возводимое при помощи грейдера-элеватора.

шие насыпи высотою 0,3—0,8 *м* при помощи грейдера-элеватора за счет резервов, закладываемых непосредственно по бокам земляного полотна или создаваемых путем уширения боковых канав. В этом случае поперечный профиль земляного полотна будет иметь вид, изображенный на рис. 46.

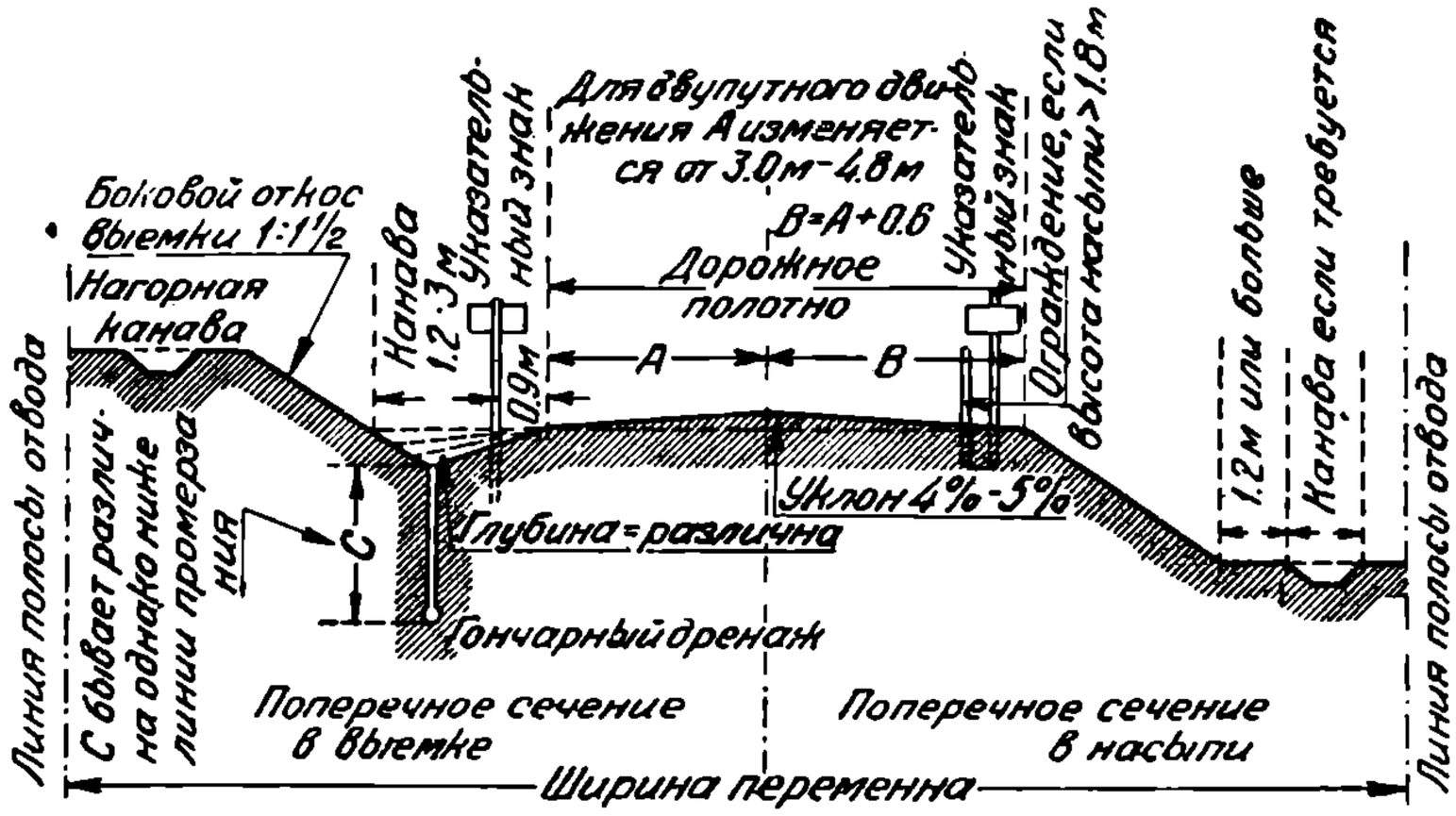


Рис. 47. Поперечный профиль земляного полотна, принятый американской практикой.

Типовый поперечный профиль земляного полотна, принятый в американской дорожной практике, изображен на рис. 47. Первоначальная полоса отвода для дорог в Америке принималась всего в 12,0 *м*, однако такая ширина оказалась явно недостаточной, и в настоящее время принята ширина от 30 до 45 *м*.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Если дорога проходит насыпью, то в зависимости от высоты последней земляное полотно устраивается по техническим условиям Цудортранса 1931 г. согласно

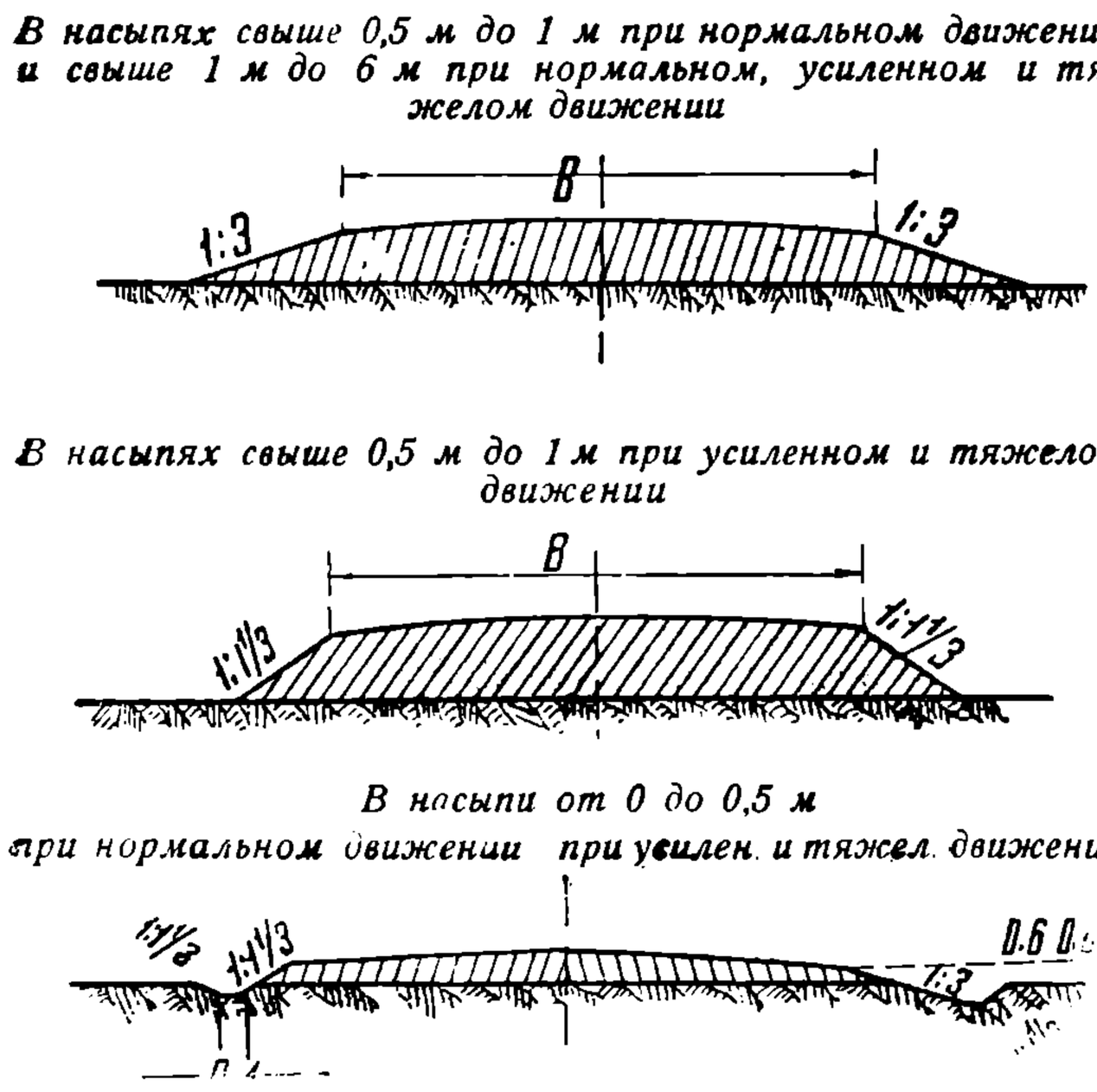


Рис. 48. Нормальные поперечные профили земляного полотна в насыпи.

тинам, изображенным на рис. 48.

Крутизна откосов насыпей зависит от грунта и высоты насыпи. В средних условиях, при высоте насыпи до 6,0 *м*, нормальная крутизна откосов по технич. условиям Цудортранса принимается 1 $1^1/_3$. При большей высоте насыпи откосы в верхней части делаются полуторной крутизны, а в нижней части—1 : 1,75 или 1 : 2. Наибольшая высота с полуторными откосами принимается: для глин—6 *м*, для суглинистых и мергелистых грунтов—7 *м*, для чистых мелких песков и супесков без примеси иловатых частиц—8,0 *м*, для гравелистых и крупно- и среднепесчаных грунтов—12,0 *м*. При очень высоких насыпях—свыше 20,0 *м*—требуются специальные геологические и почвенные исследования во избежание сплывов и оползней насыпи.

Когда дорога прокладывается в выемке, земляное полотно по техническим условиям Цудортранса устраивается, в зависимости от глубины выемки, согласно рис. 49.

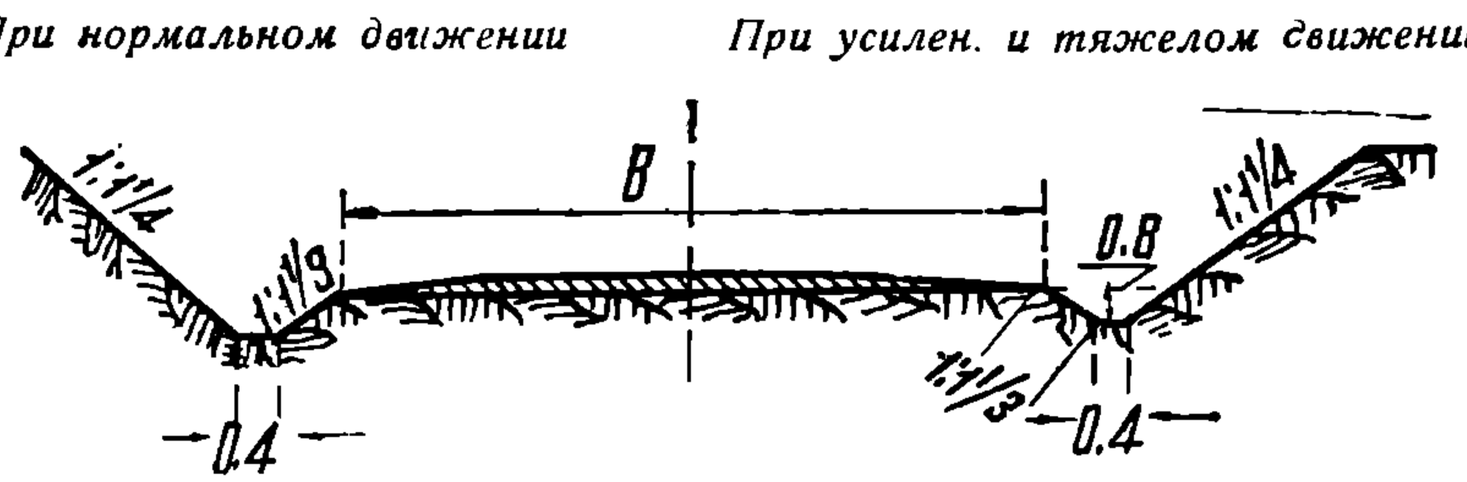


Рис. 49. Нормальный поперечный профиль земляного полотна в выемке.

При отсутствии необходимых материалов технические условия Цудортранса рекомендуют в качестве ориентировочных данных принимать следующие нормы для откосов выемок:

в обыкновенных грунтах	1 $1^1/_4$
в плотных землистых и хрящеватых грунтах . . .	1 : 1
в слабых каменистых и плотных мергельных грунтах	1 : $^1/_2$
в плотных каменистых грунтах и слабой скале .	1 : $^1/_5$
в твердой скале	1 $^1/_{10}$

при очень твердой неслоистой скале—откос отвесный и нависающий.

Различные типы заложения откосов, т. е. 1 : *m*, соответствуют определенному углу α наклона откоса насыпи или выемки к горизонту, так как $\alpha = \text{arc tg } m$ (рис. 50).

НБ УДУНТ (ДИТ)

Эти данные приведены в следующей таблице.

Таблица 45

Тип насыпи или выемки	1 m	$\alpha = \operatorname{arc\,tg}\,\alpha$
Насыпи		
Нормальный	1 : $1^1/_2$	34°
По Технич. условиям Цудортранса	1 : $1^1/_3$	37°
Зато ляемые дамбы из мелкого песка ...	1 : 2	26°34′
Невысокие насыпи с пологим въездом	1 : 3	18°30′
Выемки		
Нормальный	1 1	34°
По Технич. услов. Цудортранса	1 1 $^1/_4$	40°
Плотный грунт .	1 : 1 $^1/_4$	40°
Плотная сухая глина .	1 : 1	45°
Щебенистый грунт	2 : 1 до 1 : 1	64°—45°
Выветрившаяся скала	3 : 1 до 5 1	72°—79°
Массивн. невыветривш. скала ...	7 1 до 10 1	82°—84°

Устойчивость откосов насыпей и выемок зависит от условий равновесия частиц грунта, составляющих откос.

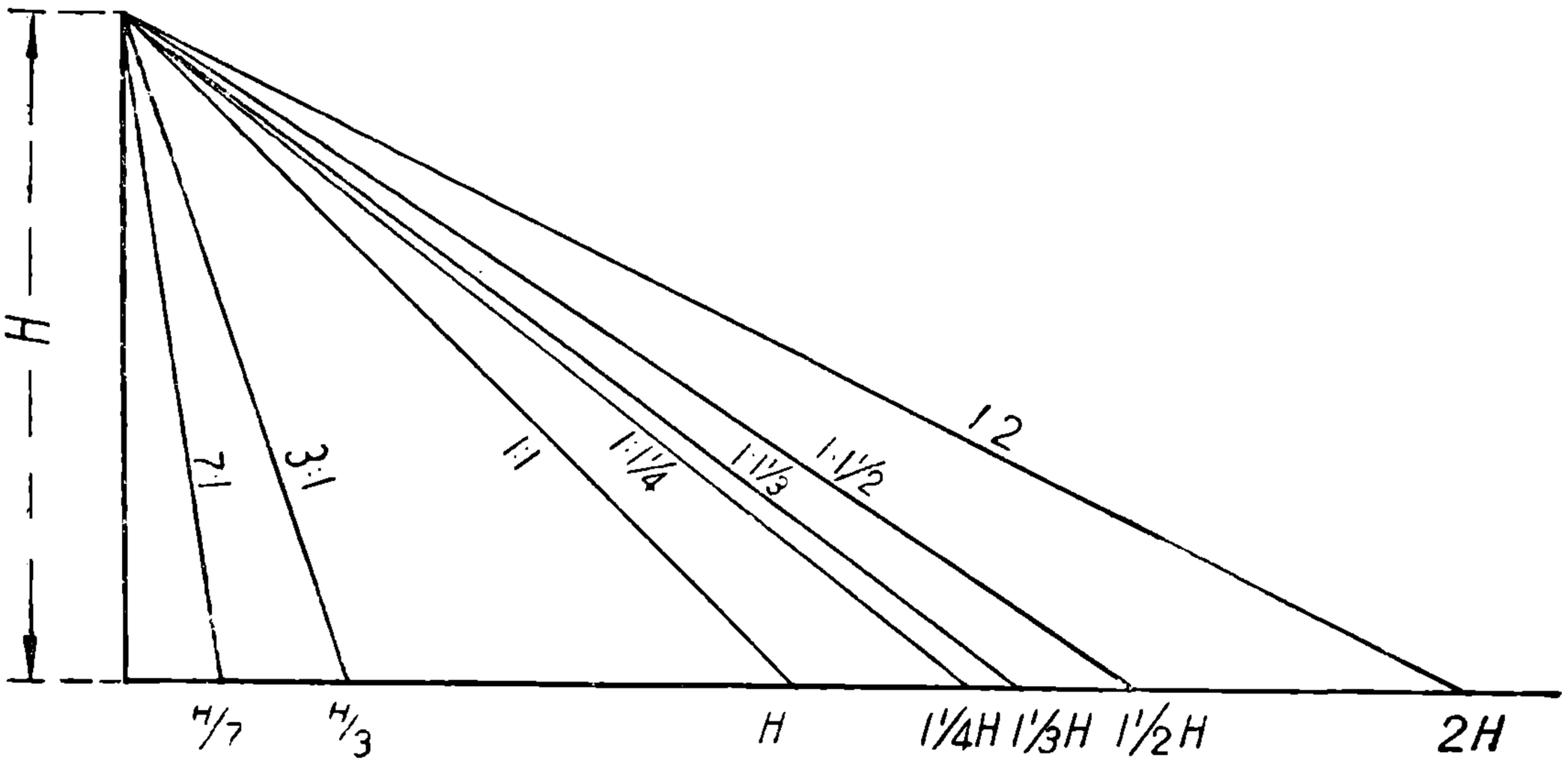


Рис. 50. Различные типы откосов насыпей и выемок.

Если через α обозначить угол наклона откоса (рис. 51), то tg α дает нам величину заложения откоса или $\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{m}$.

Обозначим вес частицы грунта, лежащей на откосе, через P. Этот вес можно разложить на две составляющие: нормальную к линии откоса и параллельную линии откоса, т. е. $N = P\cos\alpha$ и $T = P\sin\alpha$.

Рис. 51. Равновесие частицы грунта на откосе.

Сопротивление смещению частицы грунта будет равно

$$W = Nf + C,$$

где Nf — сила трения, обусловливаемая f—коэффициентом трения грунта о грунт, C—сила сцепления отдельных частиц грунта между собой. Коэффициент f трения грунта о грунт $= \operatorname{tg}\varphi$, где φ — угол внутреннего трения частиц грунта.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Положение частицы грунта будет устойчиво, если

$$T \quad W,$$

т. е.

$$P\sin\alpha \quad P\cos\alpha\,\mathrm{tg}\varphi + C$$

или

$$\mathrm{tg}\,\alpha \quad \mathrm{tg}\varphi + \frac{C}{N}$$

где $\varphi = \mathrm{arc\,tg}f$.

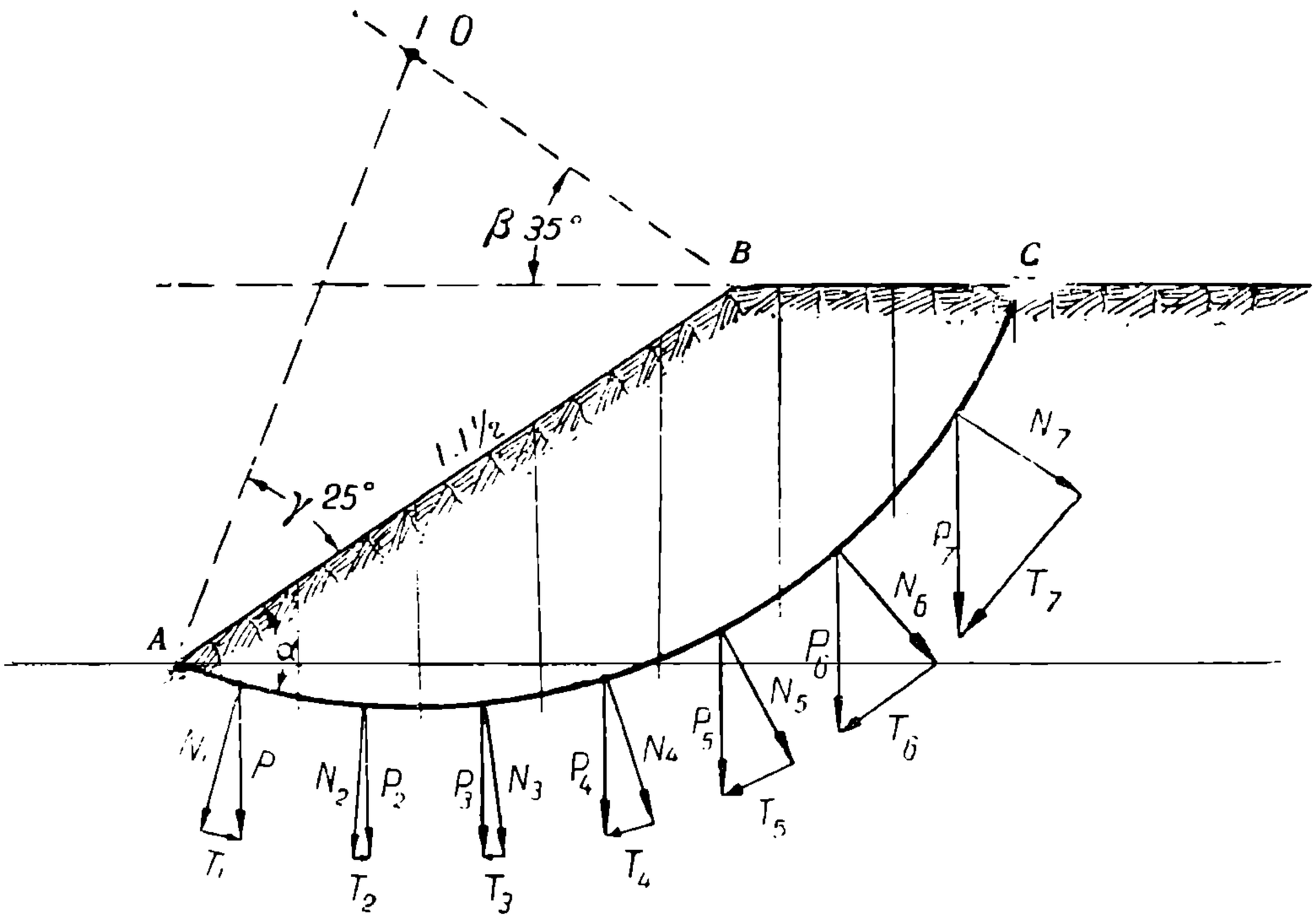


Рис. 52. Скольжение откоса по кривой.

Согласно исследованиям целого ряда ученых (Резаль, Фронтар, Петерсон, Феллениус, Терцаги) обрушение откоса происходит по некоторой кривой окружности радиуса R, который может быть определен следующим образом (рис. 52). Из точек A и B проводят прямые под углом β и γ; в пересечении их будет находиться центр окружности, по кривой которой возможно скольжение откоса.

Величина углов β и γ, в зависимости от величины угла откоса α, дана в следующем графике (рис. 53).

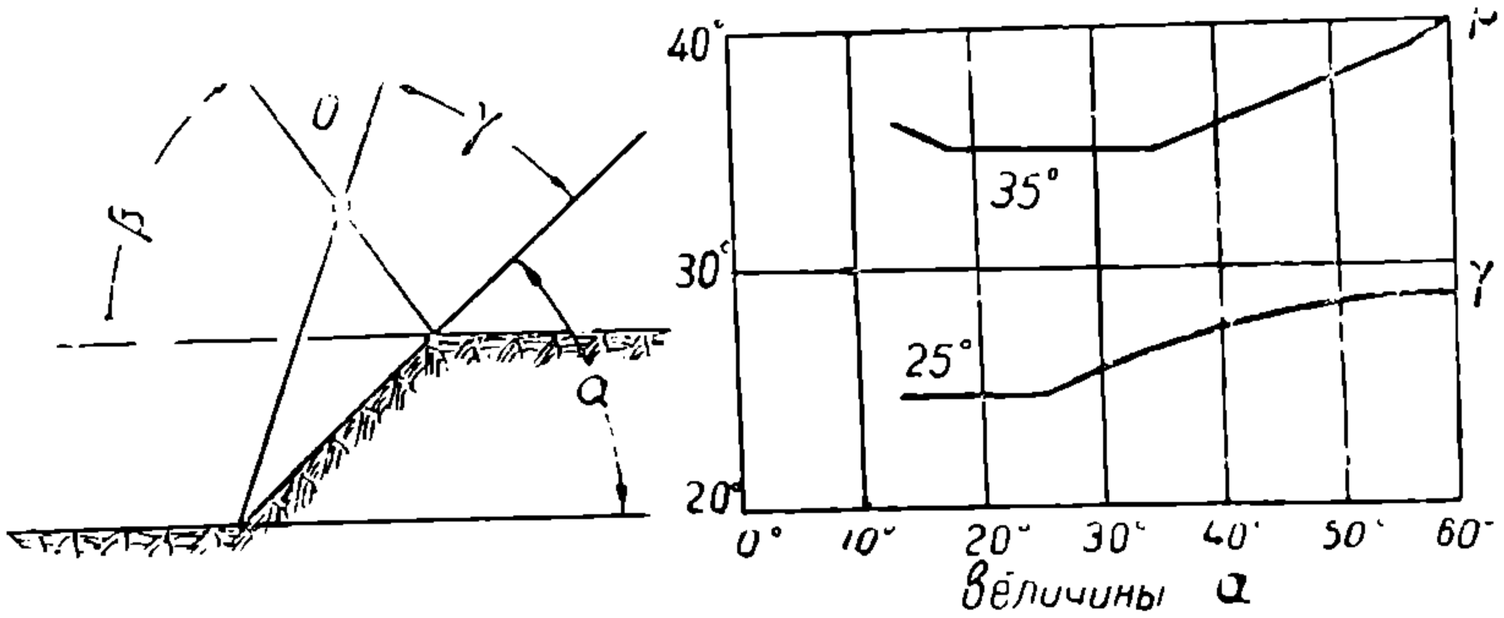


Рис. 53. Соотношение между углами α, β и γ.

Для определения устойчивости откоса разбивают клин ABC скольжения на вертикальные полосы. Определяется центр тяжести каждого слоя (1, 2, 3 и т. д.); для большинства из них центр тяжести находится посредине толщины слоя.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Проводим вертикальные линии через центр тяжести сечений для определения положения силы тяжести действующей на слой. Эти силы пересекают кривую скольжения в точках 1, 2, 3 и т. д. Определяем вес каждого слоя (P_1, P_2, P_3,...) и этот вес раскладываем на радиальные составляющие N_1, N_2, N_3 и т. д. и на касательные составляющие T_1, T_2, T_3.

Для условия равновесия необходимо, чтобы сумма момента всех сил, действующих на земляной клин обрушения вокруг центра вращения O, равнялась нулю или

$$R\Sigma T = R\ (\Sigma N \operatorname{tg}\varphi + Lc),$$

где

L — длина кривой скольжения,
c — сила сцепления,
φ — угол внутреннего трения,

откуда

$$c = \frac{\Sigma T - \operatorname{tg}\varphi \Sigma N}{L}.$$

Данное выражение дает нам возможность определить то сцепление, которое необходимо для поддержания равновесия данного грунта. Это сцепление должно быть сравнено со сцеплениями, определенными для разных грунтов.

Коэффициент устойчивости определяется как отношение между силами, противодействующими движению, и силами, стремящимися вызвать его; в данном случае по следующей формуле:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg}\varphi \Sigma N + Lc}{\Sigma T}.$$

У материала, в котором сцепление отсутствует ($c = 0$) (чистый сухой песок, чистый сухой пылеватый грунт и др.), угол внутреннего трения близок к углу естественного откоса этого грунта, а потому устойчивость подобных грунтов в насыпи или выемке определяется сравнительно просто Так же легко определяется угол естественного откоса этих грунтов, причем сопротивление боковому сдвигу равно $\Sigma T = \operatorname{tg}\varphi \Sigma N$, где N — нормальное давление, перпендикулярное к поверхности скольжения. В случае, если угол откоса насыпи или выемки равен углу естественного откоса или менее его, насыпь будет находиться в устойчивом положении вне зависимости от ее высоты.

Что касается грунтов, обладающих сцеплением, то нельзя считать, чтобы угол естественного откоса их был таков же, как угол трения. В дорожной практике известно много случаев, когда оползни насыпей произошли в силу того, что не учитывалось влияние сцепления, в значительной степени зависящее от состояния грунта и его влажности.

При материалах, обладающих сцеплением, максимум угла α, при котором откос может находиться в устойчивом положении, быстро убывает с увеличением высоты.

Формула Резаля дает приблизительные величины практической высоты для различных грунтов, обладающих сцеплением и определенным углом внутреннего трения. Эта формула имеет следующий вид:

$$h_1 = \frac{c \sin\alpha \cos\varphi}{\gamma \sin^2 \frac{(\alpha - \varphi)}{2}},$$

где

c — сцепление материала $кг/м^2$;
α — угол наклона откоса насыпи или выемки;
φ — угол внутреннего трения грунта;
γ — вес 1 $м^3$ грунта.

НБ УДУНТ (ДИТ)

На основании этой формулы можно получить следующую таблицу:

Таблица 46

Тип грунта	Уклон откоса	Угол откоса α	Вес грунта $кг$ в 1 $м^3$	Сцепление грунта $кг/м^2$	Угол внутр. трения	Критич. высота насыпи h_1, в $м$
Влажная глина	1 1/2	63°26′	1 200	1 000	2°	2,7
	1 1	45°				4,0
	1 2	26°35′				7,5
	1 4	14°02′				15,0
Средняя глина	1 1/2	63°26′	1 350	5 000	6°	13,0
	1 : 1	45°				21,0
	1 : 2	26°35′				46,0
	1 : 4	14°02′				164,0
Сухая крепкая глина...	1 1	63°26′	1 500	7 500	8°	18,0
	1 1	45°				30,0
	1 2	26°35′				75,0
	1 : 4	14°02′				390,0
Хороший суглинок.....	1 1/2	63°26′	1 650	5 000	34°	30
	1 1	45°				175
	1 : 2	26°35′				неогран.
	1 : 4	14°02′				"
Пылеватые глины.....	1 : 1/2	63°26′	1 500	1 000	14°	3,0
	1 1	45°				6,0
	1 : 2	20°35′				21,0
	1 : 4	14°02′				неогран.

§ 23. Ширина проезжей части. Выбор ширины проезжей части дороги должен базироваться на интенсивности движения, размерах проходящих экипажей и типе дорожной одежды.

Согласно техническим условиям Цудортранса, в зависимости от технического класса дороги, установлены следующие ширины:

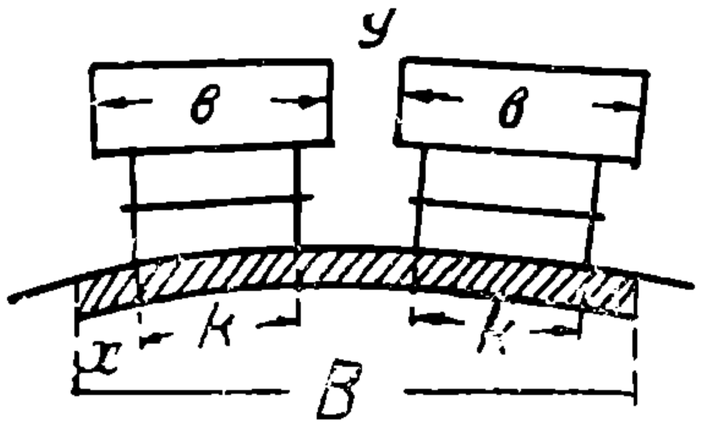
Таблица 47

Технич. класс дороги	Напряжение движения брутто в день $т$	Ширина земляного полотна в $м$			Ширина проезжей части в $м$			Ширина обочин в $м$		
		равн.	холм.	гор.	равн.	холм.	гор.	равн.	холм.	гор.
1	> 3 000	13,0	13,0	11,0	9,0	9,0	9,0	2,0	2,0	1,0
2	2 400—3000	13,0	13,0	8,5	9,0	9,0	6,5	2,0	2,0	1,0
	2 000—2400	10,5	10,5	8,5	6,5	6,5	6,5	2,0	2,0	1,0
	1 800—2000	10,0	10,0	8,0	6,0	6,0	6,0	2,0	2,0	1,0
	1 500—1800									
3	1 200—1500	10,5	10,5	8,5	6,5	6,5	6,5	2,0	2,0	1,0
	900—1200	10,0	10,0	8,0	6,0	6,0	6,0	2,0	2,0	1,0
	600— 900	9,5	9,5	7,5	5,5	5,5	5,5	2,0	2,0	1,0
4	500— 600	10,0	10,0	7,5	6,0	6,0	5,5	2,0	2,0	1,0
	400— 500	9,5	9,5	7,5	5,5	5,5	5,5	2,0	2,0	1,0
	300— 400	8,5	8,5	6,5	4,5	4,5	4,5	2,0	2,0	1,0
5	200— 300	9,5	9,5	6,5	5,5	5,5	4,5	2,0	2,0	1,0
	100— 200	8,5	8,5	6,5	4,5	4,5	4 5	2,0	2,0	1,0
6	50— 100	8,5	7,5	5,5	4,5	4,5	3,5	2,0	2,0	1,0
		7,5	6,5	5,5	3,5	3.5	3 5	2,0	2.0	1,0

Таким образом ширина проезжей части, установленная Цудортрансом, имеет шесть размеров: 9,0 $м$; 6,5; 6,0; 5,5; 4,5 и 3,5 $м$. Эта ширина установлена в зависимости от интенсивности и рода движения, причем подсчет этой ширины может быть сделан по следующим формулам (рис. 54): для двухпутного движения $B = b + k + y + 2x$, а для трехпутного, в случае обгона, $B = 2b + k + 2y + 2x$, где

b — ширина наиболее громоздких экипажей, движущихся по дороге: для грузовиков Я—5 $b = 2{,}46$ $м$ для автобусов $b = 2{,}5$;

НБ УДУНТ (ДИТ)



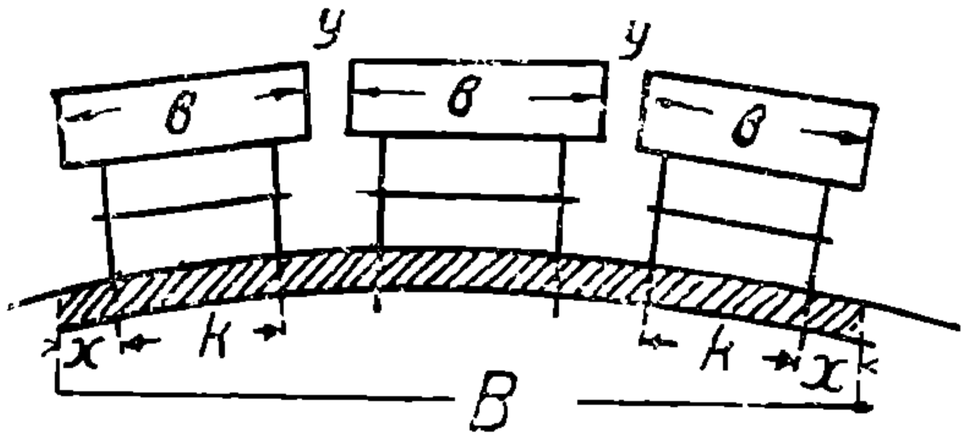


Рис. 54. Подсчет ширины проезжей части для двухпутного и трехпутного движения.

k — ширина колесного хода экипажа; для грузовиков Я—5 и автобусов 1,8 *м*;

x — безопасный зазор от края одежды до наружного колеса, дабы не попадать на обочину и не разрушать ее — 0,30—0,50 *м*;

y — безопасный зазор между двумя экипажами, в зависимости от скорости движения, равен 0,5—1,0 *м*; последний предел — для быстродвижущихся легковых автомобилей со скоростью 50 *км*/час.

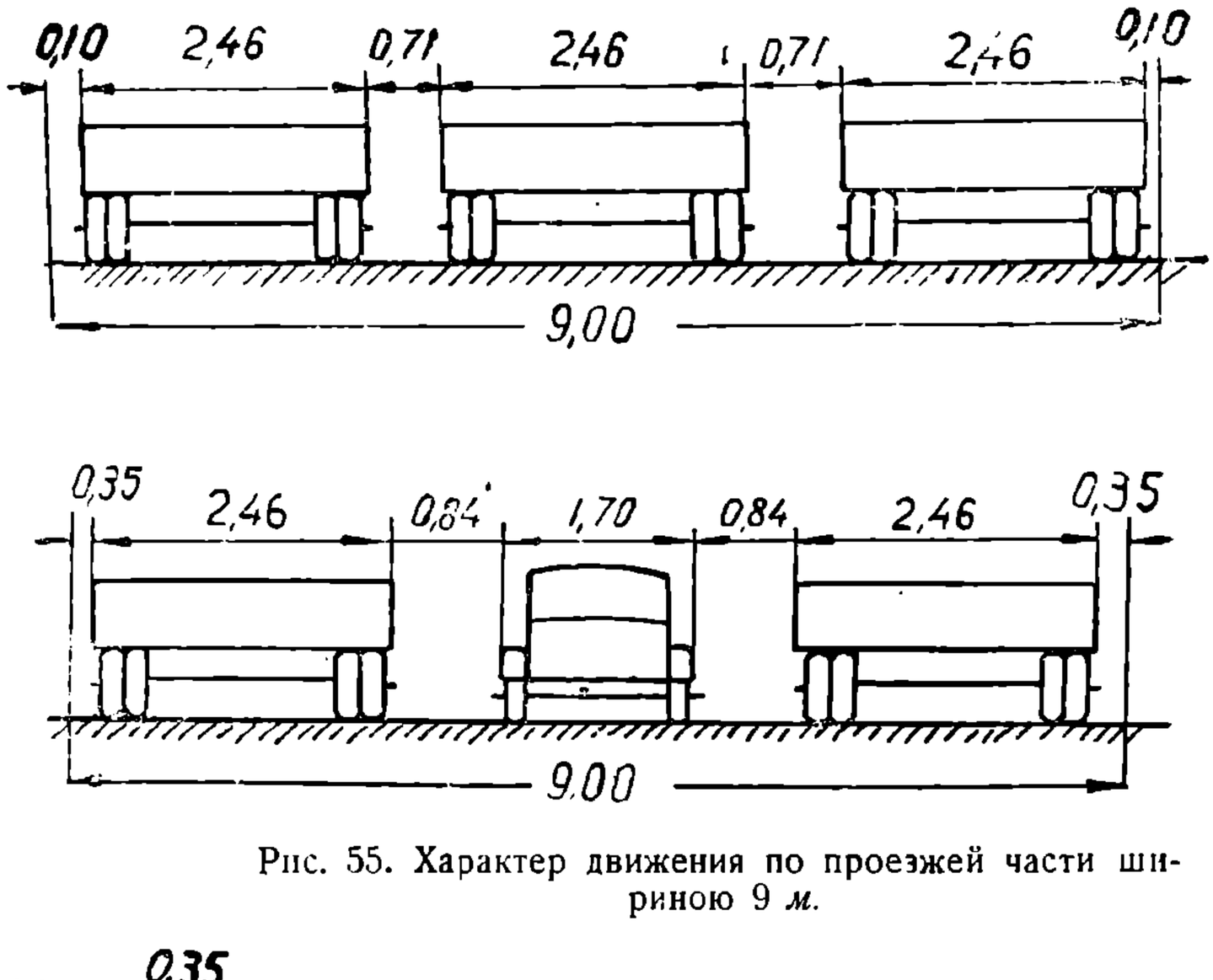


Рис. 55. Характер движения по проезжей части шириною 9 *м*.

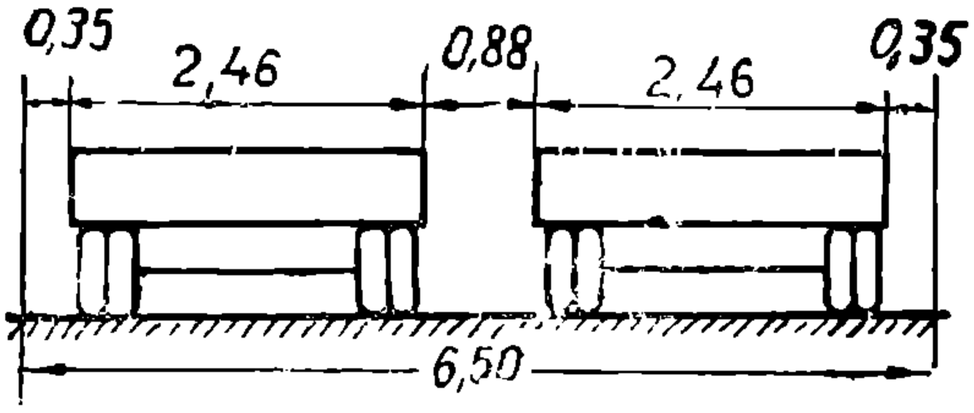


Рис. 56. Характер движения по проезжей части шириною 6,5 *м*.

Дороги установленной Цудортрансом ширины могут пропускать:

1) ширина 9,0 *м* — двухпутное автогрузовое движение с возможностью обгона (рис. 55).

2) ширина 6,5 *м* — интенсивное двухпутное автогрузовое движение и автобусное движение с большими скоростями (рис. 56);

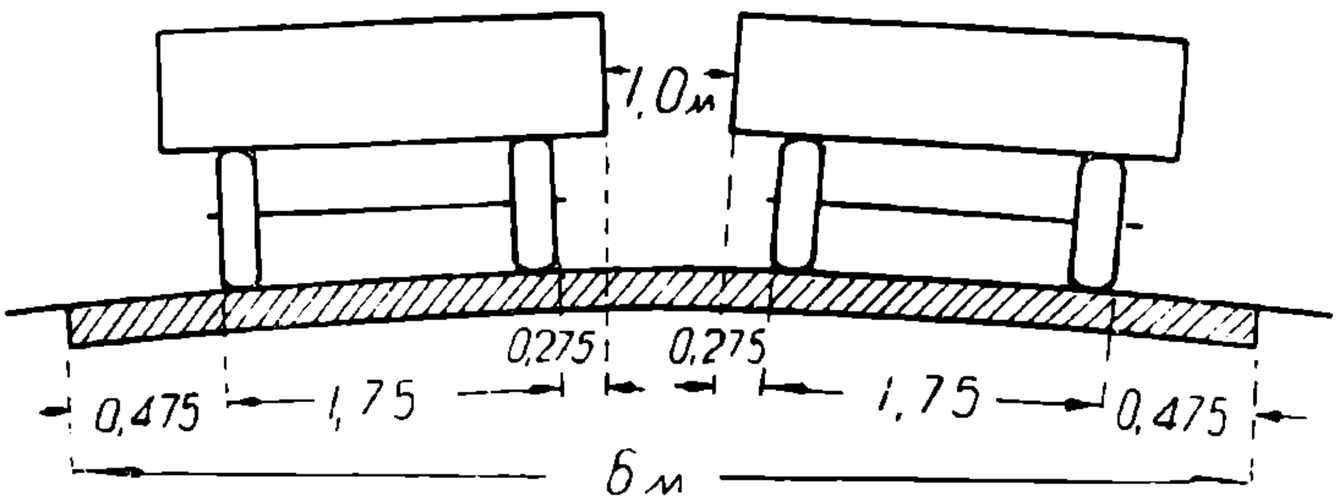


Рис. 57. Характер движения по проезжей части шириною 6 *м*.

3) ширина 6 0 *м* — интенсивное легковое и грузовое движение нетяжелых грузовиков с большой скоростью (рис. 57);

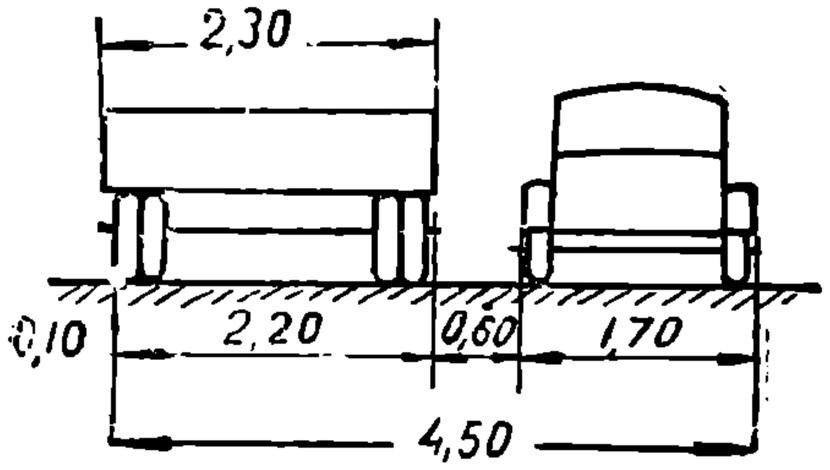


Рис. 58. Характер движения по проезжей части шириною 4,5 *м*.

4) ширина 5,5 *м* — то же движение, но с меньшими скоростями, с уменьшением зазора между экипажами до 0,7 *м* и расстояния наружного колеса от края одежды — до 37,5 *см*;

5) ширина в 4,5 *м* — для однопутного автогрузового движения средних грузовиков или для двухпутного смешанного, при встрече грузового автомобиля (2,5 *т*) и пассажирского автомобиля (рис. 58);

НБ УДУНТ (ДИТ)

6) ширина в 3 5 *м* — для однопутного автодвижения легковых грузовиков 1,5 *м* ($b = 1{,}75$ *м*) и разъезда их с обыкновенными крестьянскими телегами ($b = 1{,}70$ и $k = 1{,}30$), с частичным съездом их на обочину.

В среднем можно считать, что для каждой полосы движения автомобилей потребна ширина проезжей части дороги — от 2,5 до 3,0 *м*.

В американской дорожной практике наиболее распространенной шириной проезжей части для автомобильного движения было 5,4 *м* (18 фут.), однако по последним данным эта ширина является уже недостаточной и небезопасной; в связи с указанным выше увеличением скорости движения американцы переходят к ширине в 6,0 *м* (20 фут.).

Распределение движения на американских дорогах при ширине дороги в 5,4 *м* и в 6,0 *м* видно из графиков рис. 59.

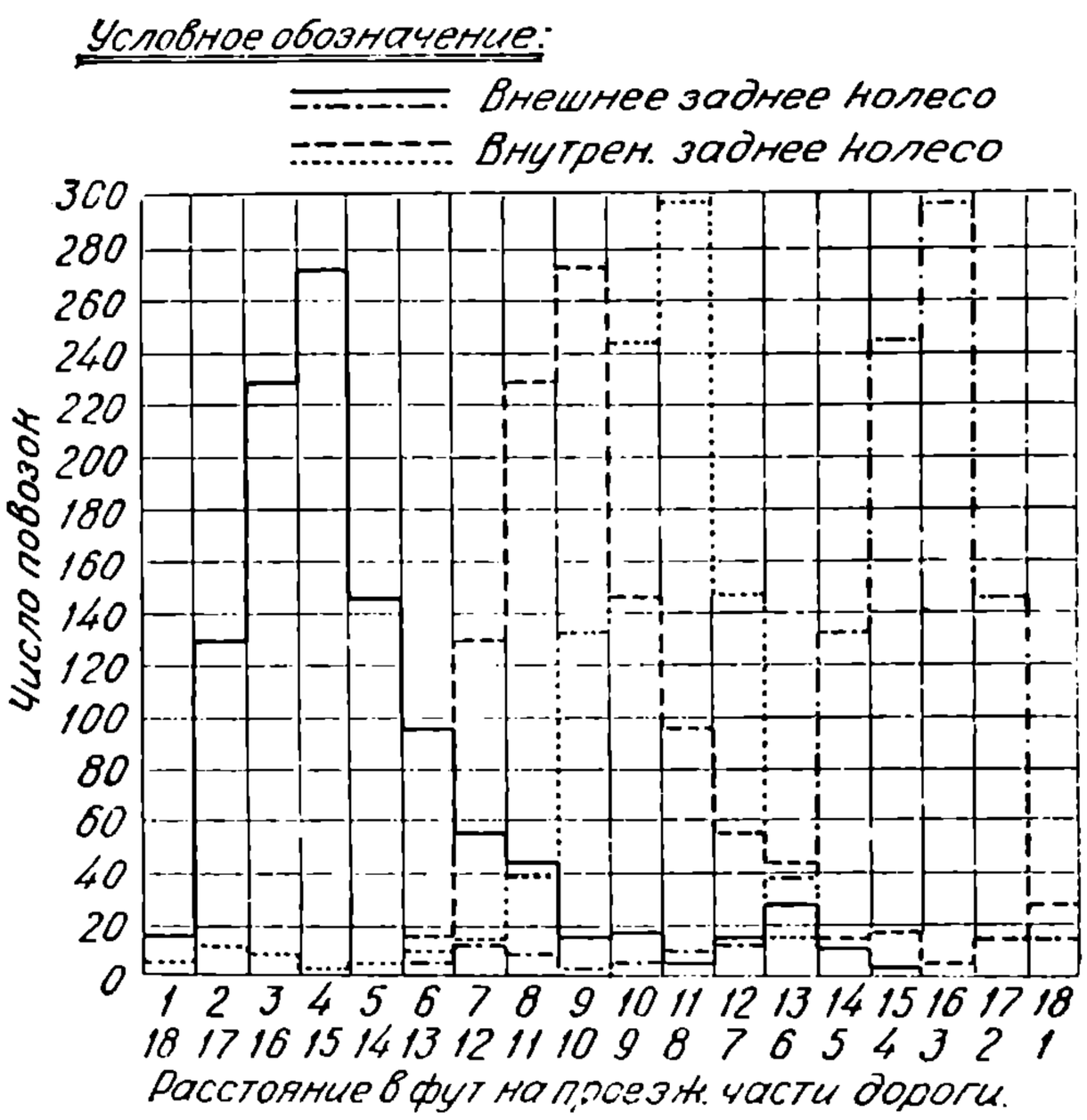


Рис. 59. Распределение движения по проезжей части шириною в 5,4 (18') и 6,0 *м* (20') на американских дорогах.

Пропускная способность дороги для автомобильного движения может быть подсчитана по следующей формуле, предложенной американским инженером Эггом:

$$N = \frac{1000 \times n \times v}{L + c},$$

где

n — число полос движения;

v — скорость движения в *км*/час;

L — средняя длина автомобиля *м*;

c — безопасное расстояние между двумя движущимися в одном направлении экипажами

Величина c в значительной степени зависит от скорости движения, а потому американцами предложена другая формула пропускной способности дороги, с учетом скорости движения:

$$N = \frac{1000 \times n \times v}{L + 0{,}04\, v^2}.$$

Пример. Движение по одной полосе $n = 1$. Скорость движения 30 *км*/час; длина автомобиля 7,0 *м*. Следовательно

$$N = \frac{1000 \times 1 \times 30}{7 + 0{,}04 \times (30)^2} \cong 730 \text{ автомобилей в час,}$$

или в течение суток $730 \times 24 = 17500$ автомобилей.

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ 24. Поперечный уклон проезжей части. В целях наиболее быстрого удаления с дорожного полотна выпадающей влаги и отвода ее в боковые канавы, расположенные вдоль дороги, дорожное полотно получает выпуклый профиль, т. е. средней части дорожного полотна придается некоторое возвышение над бровками (рис. 60). Отношение этого возвышения — называемое стрелой подъема f—к половине ширины дороги характеризует собой крутизну поперечного ската дорожного полотна, т. е.

$$i = \operatorname{tg}\beta = \frac{f}{\frac{b}{2}} = \frac{2f}{b}.$$

Выпуклостью поперечного профиля дороги называют отношение стрелы подъема ко всей ширине дороги, т. е.

$$w = \frac{f}{b}.$$

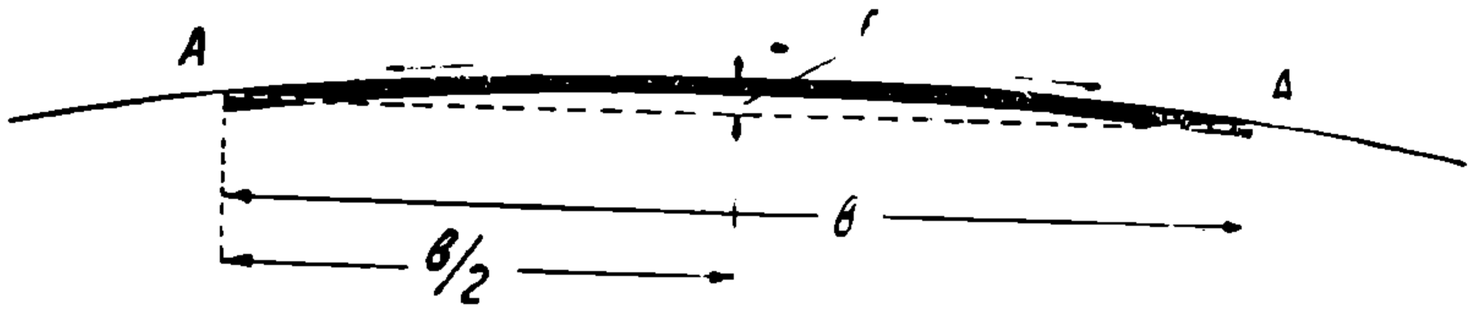


Рис. 60. Поперечный профиль проезжей части с однообразным скатом (двускатный профиль).

Условия надлежащего водоотвода требуют, чтобы поперечный профиль дороги был возможно круче, а условия удобства и безопасности движения наоборот, заставляют придавать дороге возможно малый поперечный скат. Таким образом назначение поперечного ската должно зависеть:

1) от типа дорожной одежды, ее гладкости, водонепроницаемости и способности удалять воду;

2) от характера движения,—при медленном движении крутой уклон не так ощутителен, как при быстром, когда на скользких мокрых дорогах автомобиль „заносит" и он может попасть в канаву,

В силу указанных соображений можно установить следующие поперечные уклоны для различных типов дорожной одежды:

Грунтовые дороги:
1) при глинист. и суглин. грунте....5% --6%
2) при супесчаном грунте.....3%—4%
3) промасленные грунтов. дороги....2%—3%

Гравийные дороги:
1) гравийн. дороги без обработки...4%
2) гравийные дороги, обработанные битуминозным материалом.. .....2%—3%

Дороги с каменной одеждой
1) шоссе, связанное водой.....3%—4%
2) шоссе, обработанное битуминозным материалом.....2,5%—3%
3) булыжная мостовая.....5%
4) брусчатая и мозаиковая мостовая.3%—4%
5) клинкерная мостовая.... .....2%—2,5%

Асфальто-бетонные дороги:
1) асфальто-бетон.....2%—3%
2) песчаный асфальт.....2%—2,5%
3) литой асфальт.....2%—2,5%
4) цементо-бетон....1,5%—2%

Очертание поперечного профиля может быть трех типов:

1) в виде двух пересекающихся прямых (двускатный профиль, рис. 60).
2) по дуге параболы или окружности (рис. 61);
3) средняя часть—по дуге пологой кривой ($R = 10\ a$), а края по наклонным прямым (рис 62).

Наиболее часто приходится устраивать поперечный профиль по параболе причем построить этот профиль можно, пользуясь уравнением параболы $x^2 = 2py$ Подставляя в эту формулу вместо x половину ширины дороги $b/2$, а вместо y – величину стрелы подъема f, определим параметр параболы

$$2p = \frac{x^2}{y} = \frac{b^2}{4f}.$$

Уравнение параболы примет вид

$$x^2 = \frac{b^2}{4f}\ y$$

или

$$y = \left(\frac{4f}{b^2}\right)\ x^2.$$

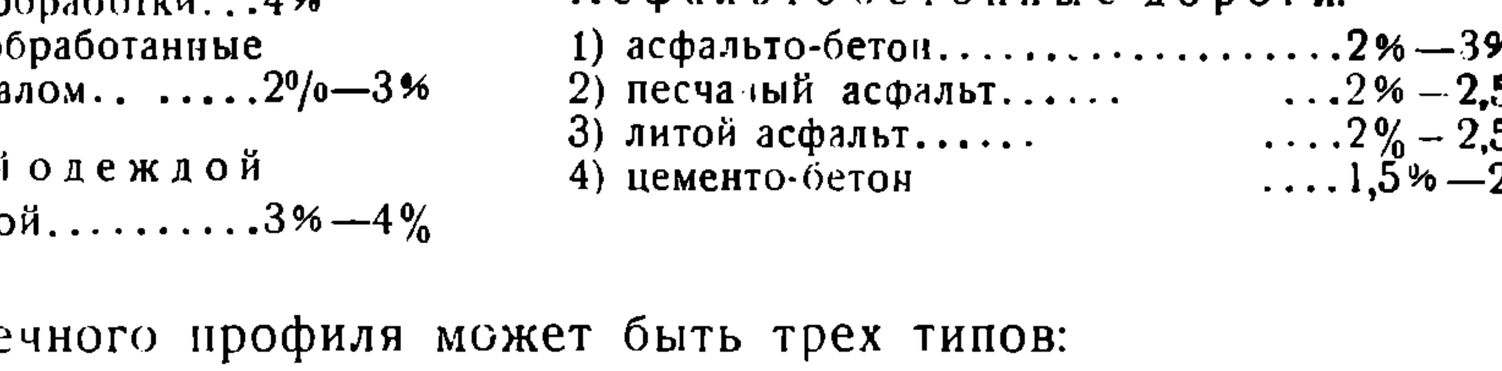


Рис. 61. Поперечный профиль, очерченный по дуге параболы.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Пользуясь этим уравнением, можно определить величину ординат параболы для различных x, соответственно равных $0{,}1b$; $0{,}2b$; $0{,}3b$; $0{,}4b$ и $0{,}5b$. В результате получим следующую таблицу:

Таблица 48

Расстояние точки от оси дороги в десятых долях ширины a	Величина ординаты в сотых долях стрелы подъема
0,1	0,96
0,2	0,84
0,3	0,64
0.4	0,36
0.5	0

При значительном продольном уклоне рекомендуется уменьшать поперечный скат дороги примерно на 1%—0,5%, однако это правило не может относиться к неукрепленным грунтовым дорогам, так как в этом случае косые струи стекающей по дороге воды могут сильно размывать дорожное полотно. Уменьшение поперечных уклонов на шоссейных и мощеных дорогах приводится в нижеследующей таблице:

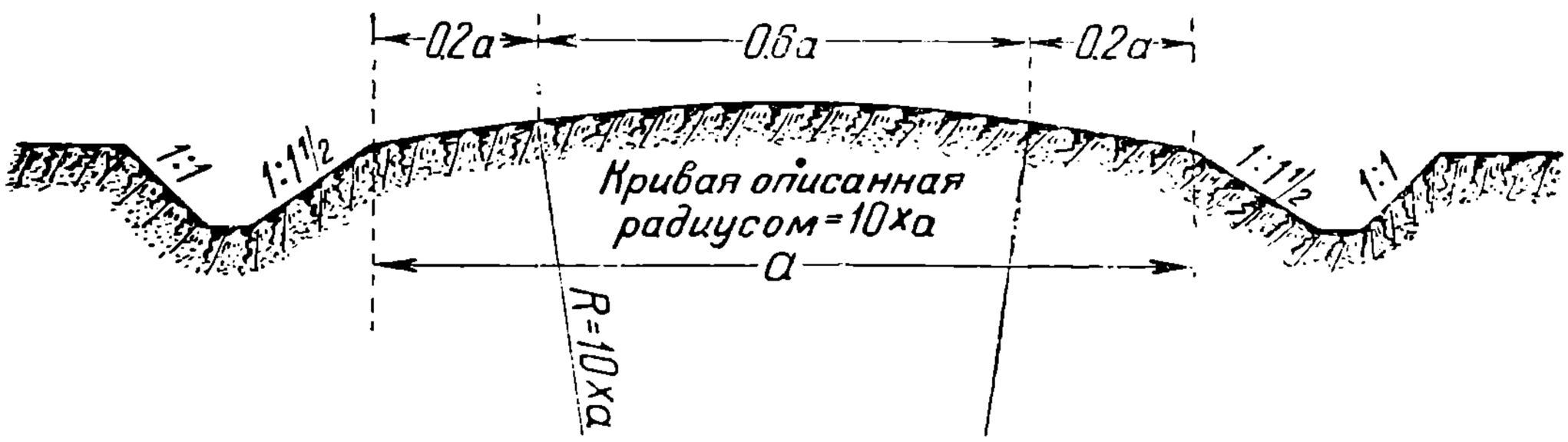


Рис. 62. Поперечный профиль со средней частью, очерченной по пологой кривой.

Таблица 49

Продольный уклон i	Поперечный уклон: шоссе	Поперечный уклон: мостовая
0%	2,5% - 4%	3%—5%
2%	1,5%—3,5%	2%—4%
3%	1,5%—3,5%	2%—4%

Поперечный профиль дорожного полотна может быть с треугольными и трапецоидальными боковыми канавами, причем на дорогах с усиленным автомобильным движением предпочтительно делать боковые канавы треугольного типа с пологим внутренним уклоном, равным 1 3—1 5.

При постройке дорожного полотна с помощью машин необходимо проектирование поперечного профиля вести таким образом, чтобы объем выемки грунта на площади боковых канав был равновелик насыпи грунта на дорожном полотне. Означенное требование можно удовлетворить следующими подсчетами (рис. 63):

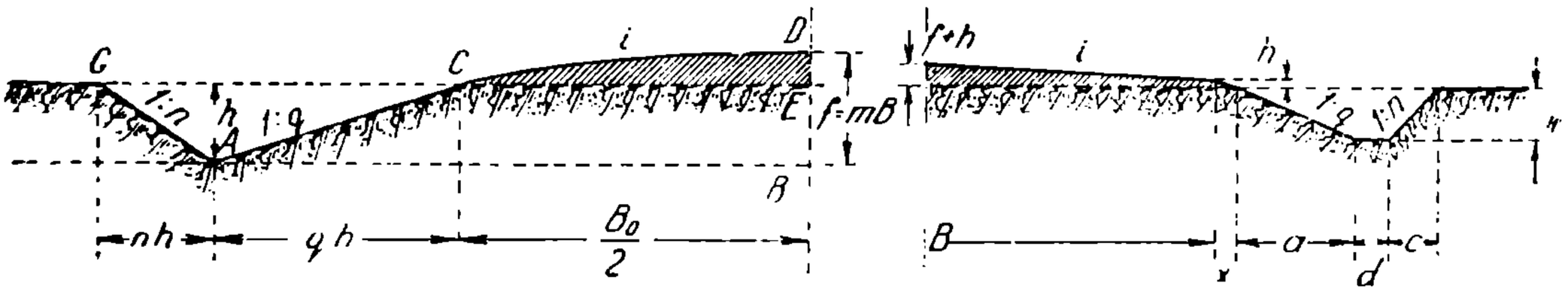


Рис 63. Поперечный профиль с треугольными и трапецоидальными боковыми канавами.

Площадь двух треугольных канав равна

$$\frac{(nh+qh)\times h}{2}\times 2 = h^2\ (n+q).$$

Площадь параболического сегмента равна

$$\frac{2}{3}\times\frac{1}{2}\ B_0 i\times B_0 = \frac{1}{3}\ B_0^2 i.$$

Следовательно мы имеем уравнение:

$$\frac{1}{3}\ B_0^2 i = (n+q)\ h^2$$

откуда

$$h = B_0\ \sqrt{i}\ \ \sqrt{\frac{1}{3\ (n+q)}}.$$

НБ УДУНТ (ДИТ)

Из этого уравнения, зная все прочие заданные элементы поперечного профиля, можно получить потребную глубину канавы, при которой будет соблюдено основное вышеприведенное соображение о равновеликости объемов выемки и насыпи.

Для облегчения подсчетов по этой формуле ниже приводится таблица, которая дает возможность при заданном поперечном уклоне i, заданных внутреннем и наружном уклоне кювета q и n найти коэффициент, на который надо умножить ширину дороги, для того чтобы получить требуемую глубину канавы. Ниже приводится таблица этих коэффициентов.

Таблица 50

$n+q$ \ i	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
3,0	0,066	0,074	0,082	0,088	0,094
4,0	0,053	0,065	0,071	0,076	0,082
4,5	0,054	0,061	0,067	0,072	0,077
5,0	0,052	0,058	0,063	0,068	0,073
5,5	0,049	0,055	0,060	0,065	0,070
6,0	0,047	0,053	0,058	0,062	0,067
6,5	0,045	0,051	0,056	0,060	0,064

Пример: Заданная ширина дорожного полотна $B_0 = 7{,}5$ *м* поперечный уклон дорожного полотна 5%. Внутренний откос треугольного лотка 1 4, а наружный—1 1, следовательно

$$n + q = 4 + 1 = 5.$$

Из таблицы находим необходимый коэффициент, который в данном случае $=$ $= 0{,}058$.

Потребная глубина лотка будет равна:

$$h = B_0 \times 0{,}058 = 7{,}5 \times 0{,}058 = 0{,}435, \text{ или кругло } 0{,}44 \text{ м}.$$

При трапецоидальных канавах потребная глубина канавы может быть вычислена следующим образом (рис. 63).

Площадь двух трапецоидальных канав равна

$$\frac{[(Hq + d + Hn) + d] \times H \times 2}{2} = (Hq + Hn + 2d)\ H = H^2\ (n + q) + 2dH.$$

Площадь насыпи в данном случае будет равна площади параболического сегмента + площадь трапеции:

$$\text{площадь сегмента} = \frac{1}{3} B^2 i,$$

$$\text{площадь трапеции} = \frac{[B + (B + 2hq)] \times h}{2}.$$

$$\text{Следовательно общая площадь насыпи} = \frac{1}{3} B^2 i + \frac{(2B + 2hq)h}{2}.$$

Таким образом в данном случае получим уравнение следующего вида:

$$\frac{1}{3} B^2 i + (B + hq)\ h = H^2\ (n + q) + 2\,dH.$$

Преобразуя это уравнение, получаем

$$qh^2 + Bh - [H^2\ (n + q) + 2dH + \frac{1}{3} B^2 i] = 0;$$

обозначая выражение

$$H^2\ (n + q) + 2\,dH - \frac{1}{3} B^2 i = k$$

получим

$$qh^2 + Bh - k = 0$$

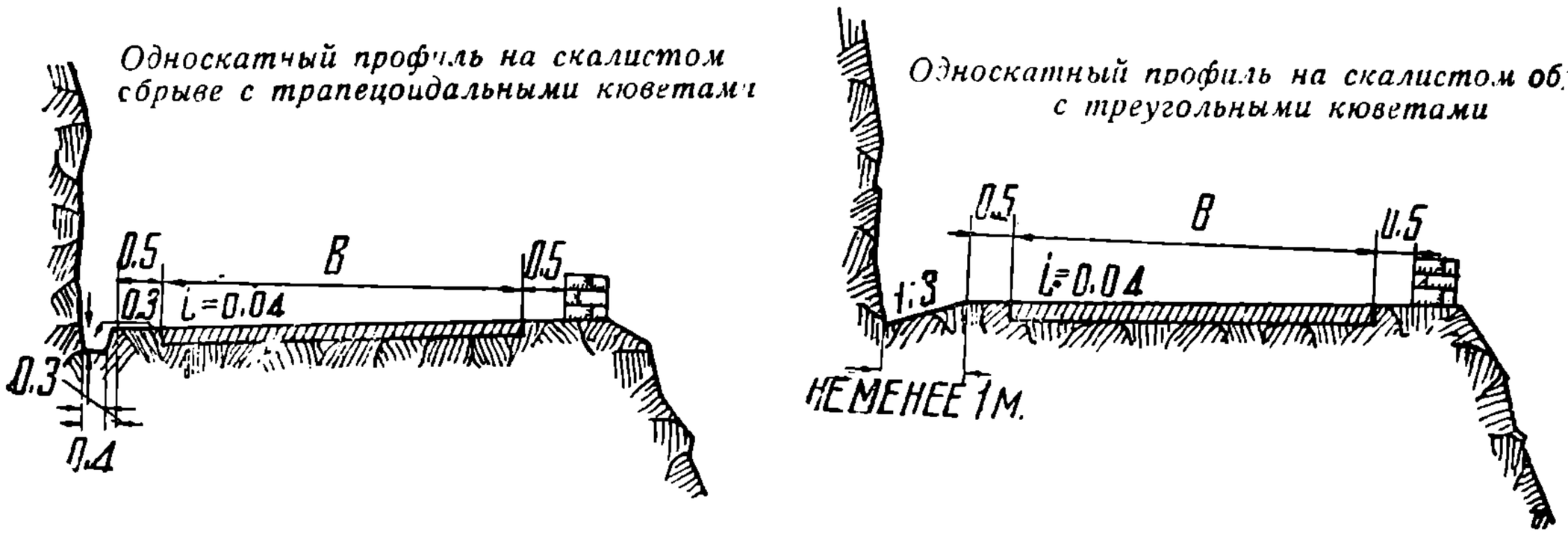
откуда

$$h = -\frac{B}{2q} \pm \sqrt{\frac{B^2}{4q^2} + \frac{k}{q}}$$

НБ УДУНТ (ДИТ)

Из этого уравнения, задаваясь глубиной канавы H в зависимости от глубины залегания грунтовых вод и потребного живого сечения канавы для пропуска заданного расхода воды, находим величину h—необходимой подсыпки дорожного полотна над уровнем земли.

При исчислении потребной глубины лотков и канав необходимо таковую округлять в бо́льшую сторону, имея в виду, что верхний слой грунта — дерновый покров—в некоторых случаях приходится выбрасывать в сторону.



Односкатчый профиль на скалистом сбрыве с трапецоидальными кюветами

Односкатный профиль на скалистом обрыве с треугольными кюветами

Рис. 64 Поперечный профиль в скалистом грунте.

§ 25. Обочины. Назначение обочин: 1) служить а) упором для укрепленной проезжей части дороги и б) местом для складывания по бокам дороги ремонтного материала, 2) предохранять дорожную одежду от воздействия влажности боковых канав. Согласно техничееким условиям Цудортранса, нормальная ширина обочин принимается в равнинной и холмистой местности в 2,0 *м*. в гористой—в 1,0 *м*; в скалистых грунтах ширина обочин может быть уменьшена до 0,5 (рис. 64). Поперечный уклон обочин устраивается в 5%—6%.

Продольная ось проезжей части дороги может не совпадать с продольной осью земляного полотна, и в этом случае обочины с двух сторон дороги могут иметь неодинаковую величину. Однако величина обочин в равнинных и холмистых местностях недолжна быть меньше 1,0 *м*, а в гористых—0,5 *м*. Ширина обочины всегда должна быть кратной 0,5, чтобы обеспечить переход дороги в высший технический класс. При неодинаковых обочинах на одной из них, шириной в 3,0 *м*, можно устроить летний путь или мягкую дорогу для движения тракторов, чтобы таким образом избежать порчи проезжей части при проходе по ней трактора. Обочины должны устраиваться из хорошего грунта, по преимуществу песчано-глинистого или гравелистого. Если дорога, шоссейная или мощеная, проходит по сыпучим пескам, обочины устраиваются из растительного грунта.

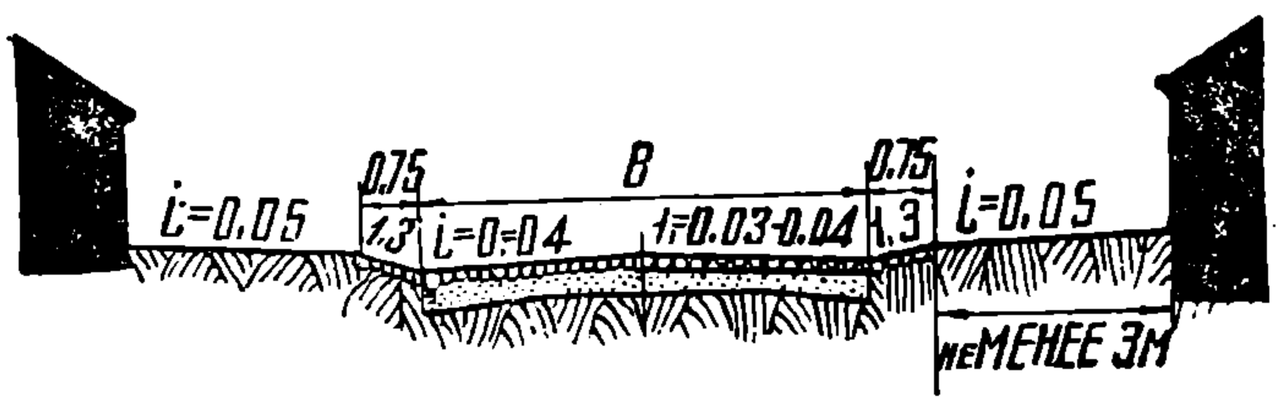


Рис. 65. Поперечный профиль дороги в населенных местах.

В пределах населенных мест обочины предпочтительно замащивать, так как в этом случае на дорожную одежду меньше будет попадать грязи от колес экипажей, выезжающих на дорогу с боковых улиц (рис. 65).

Движение экипажей по грунтовым обочинам должно, как правило, запрещаться, так как в мокрую погоду колеса экипажей сильно загрязняют проезжую часть дороги. Чтобы помешать этому движению, иногда на обочинах устанавливают банкетные камни, что однако при механическом транспорте нежелательно, так как камни эти могут послужить причиной автомобильных катастроф.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

§ 26. Общие понятия о продольном профиле и порядок его начертания. Если мысленно рассечь дорожное полотно вертикальной плоскостью по оси дороги, то в сечении получится ломаная линия, состоящая из ряда прямых, наклоненных под различными углами к горизонту. Ось дороги обычно не совпадает с поверхностью земли и проходит или выше, или ниже ее. В первом случае дорога будет проходить насыпью, во втором — выемкой; при совпадении оси дороги с поверхностью земли говорят, что дорога проходит „нулевыми отметками"

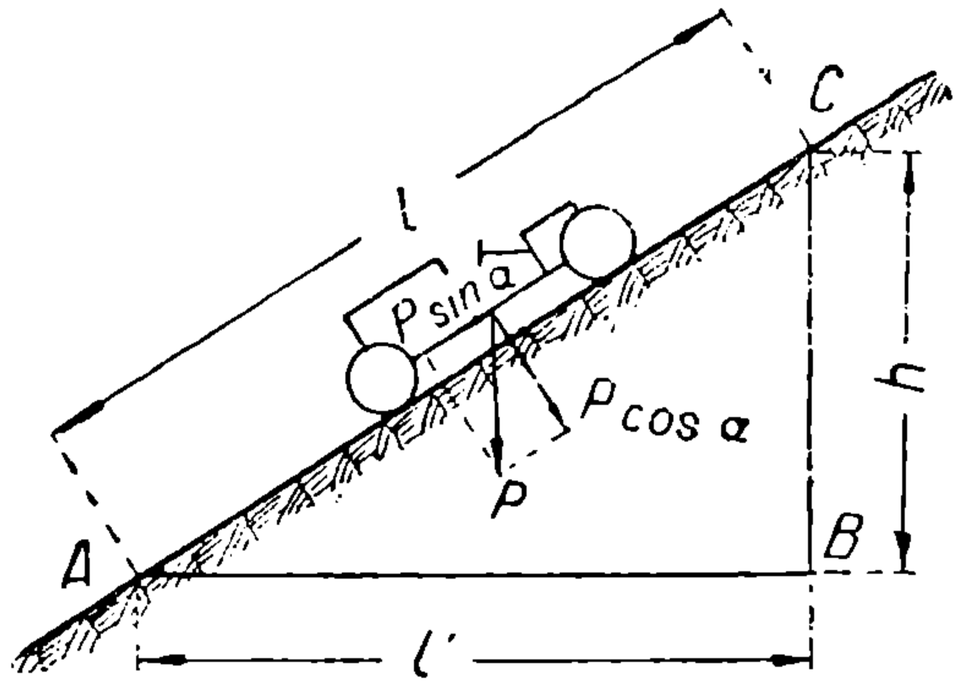


Рис. 66. Обозначение уклона дороги.

Когда экипажу приходится двигаться по уклону вверх, это называют „подъемом"; при движении вниз — „спуском". Величина подъема или спуска характеризуется степенью подъема или спуска между двумя заданными точками, т. е. отношением разницы высоты (h) двух этих точек к расстоянию между ними (рис. 66). Эта величина может определяться тангенсом угла наклона линии к горизонту, т. е.

$$i = \operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{l'}$$

Практически приходится измерять не расстояние l' по горизонтали между двумя точками, а расстояние l непосредственно по поверхности земли, поэтому фактически мы вычисляем не $\operatorname{tg}\alpha$, а $\sin\alpha$, так как $i = \sin\alpha = \frac{h}{l}$.

Однако в этом случае мы большой ошибки не делаем, так как при небольших углах, с которыми в данном случае приходится иметь дело, величины sin и tg почти одинаковы.

Величина уклона дороги i выражается или в процентах, или в десятичных дробях, т. е. можно обозначить уклон в виде 4% или 0,04.

В подтверждение возможности $\sin\alpha$ заменить $\operatorname{tg}\alpha$ приводится следующая таблица:

Таблица 51

Величина уклона	Величина угла наклона α	Величина $\sin\alpha$	Величина $\operatorname{tg}\alpha$
i — 4%	2° 17′ 26″	0,04001	0,04004
i — 7%	4° 0′ 45″	0,06983	0,07000

Продольный профиль дороги обычно должен составляться по установленному образцу, который, по последним техническим условиям Цудортранса, имеет вид, изображенный на рис. 67.

Профиль вычерчивается в масштабе для горизонтальных расстояний 1 *см* = 50 *м* и для вертикальных 1 *см* = 5,0 *м*.

На этом профиле наносятся:

1) пикетаж, т. е. номера пикетов (расстояние между точками = 100 *м*), километраж и все расстояния между промежуточными точками (плюсами);

2) черные отметки, т. е. отметки поверхности земли, которые получаются в результате нивеллировки дорожного полотна по будущей оси дороги; эти отметки откладываются от условной горизонтальной линии, обычно они связываются с уровнем Балтийского моря;

3) красные отметки, т. е. отметки будущей дороги, которые относятся к бровке полотна в законченном виде; наносятся они на продольный профиль

НБ УДИТ (ДИТ)

согласно тем правилам, которые изложены ниже в параграфе о проектировании продольного профиля;

4) уклоны проектной (красной) линии дороги с указанием величины уклона в десятичных дробях и длины, на которую он простирается;

5) на продольном профиле отмечается высота насыпей и выемок, которая получается как разность между черными и проектными (красными) отметками;

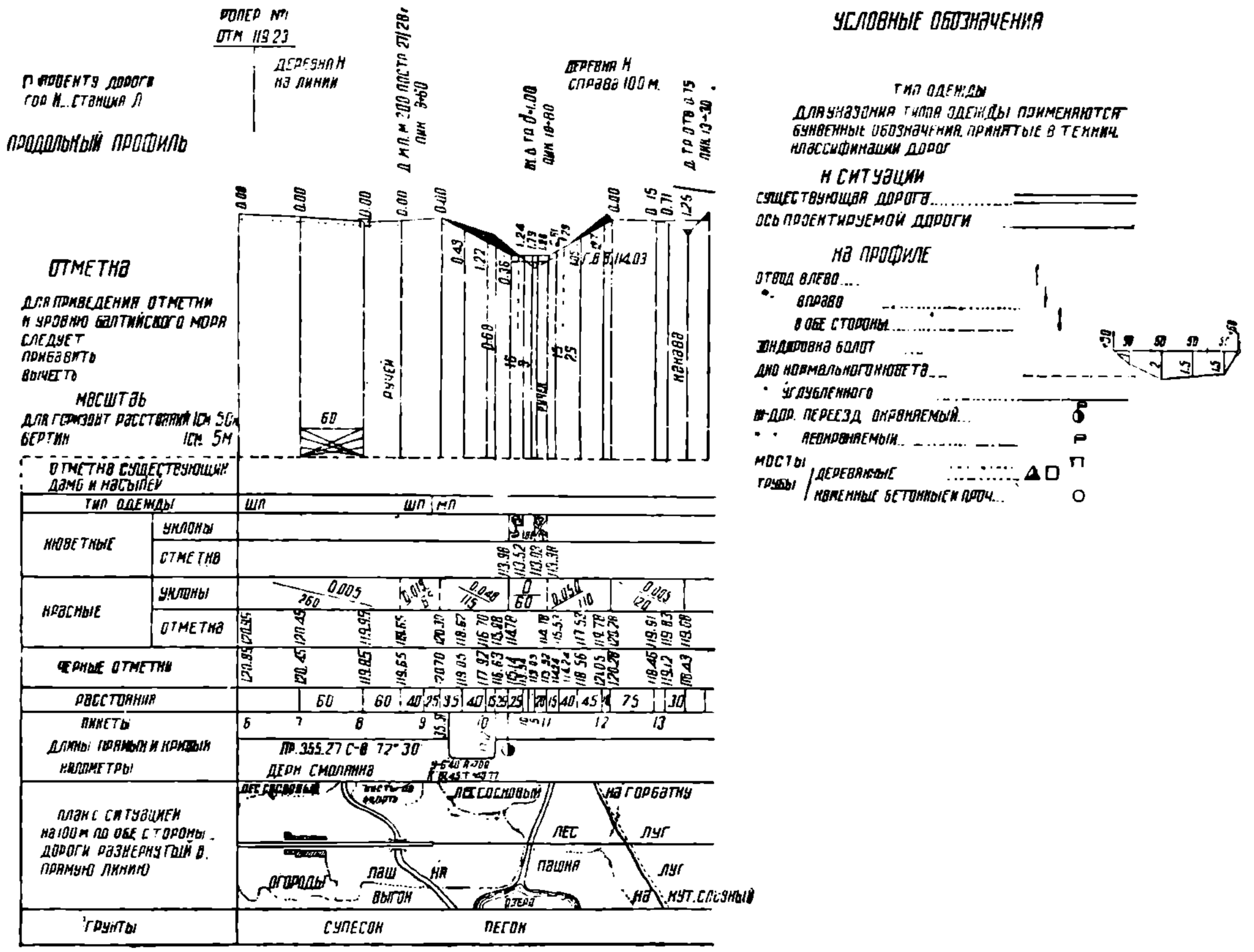


Рис. 67. Типовой продольный профиль дороги.

6) план местности с ситуацией на расстояние в 100 *м* от оси дороги по обе ее стороны.

7) характер грунта — на основании материалов дорожно-почвенных обследований, производимых параллельно с техническимн изысканиями:

8) тип одежды — согласно обозначениям, указанным в технической классификации Цудортранса;

9) отметки дна кюветов и их уклоны указываются лишь в тех случаях, когда кюветы не параллельны бровке полотна; на самом продольном профиле нормальные кюветы наносятся параллельно проектной линии дороги—пунктирной линией, а углубленные кюветы—сплошной линией;

10) стрелками наносится направление отводных канав, с соответственным указанием: влево, вправо или в обе стороны;

11) зондировка болот наносится на 4,0—5,0 *см* ниже красной линии, в виде отдельного профиля глубин болота; в месте болота наносится также и горизонт высоких вод;

12) все искусственные сооружения — с указанием их размеров (диаметр труб, пролетов мостов), у искусственных сооружений обозначается горизонт высоких вод, отметка дна, отметка углубленного лотка;

13) отметки существующих дамб и насыпей, если они встречаются на трасе, берутся по бровке дамбы и наносятся в особой графе; одновременно в графе „черных отметок" показывают отметки земли у подошвы насыпи;

14) длины прямых и кривых участков дороги.

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ 27. Основные требования при проектировании продольного профиля. При нанесении проектного профиля на продольный профиль с черными отметками надлежит руководствоваться следующими соображениями.

1) Проектная линия должна проходить возможно ближе к поверхности земли, во избежание излишних земляных работ и для того, чтобы можно было построить земляное полотно машинным способом, причем при супесках, тощих суглинках и других песчаных грунтах дорогу лучше вести небольшими насыпями (0,2—0,4 *м*), высота которых определяется из расчета, чтобы объем земли из кюветов уравновешивался объемом насыпи.

2) Проектную линию проводят по возможности в виде обертывающей, а не в виде прямой, пересекающей неровности земли, основываясь на компенсировании насыпей и выемок, как это принято при проектировании железнодорожного профиля. При проектировании дорог с дорогостоящим покрытием (усовершенствованные дороги и дороги высших типов) продольному профилю следует придавать возможно бо́льшую плавность, допуская в необходимых случаях отступления от принципа обертывающей.

3) Если дорога прокладывается песками, проектную линию надо проводить на одном уровне с поверхностью земли, поднимаясь над ней лишь за счет выпуклости полотна дороги и устраивая мелкие кюветы.

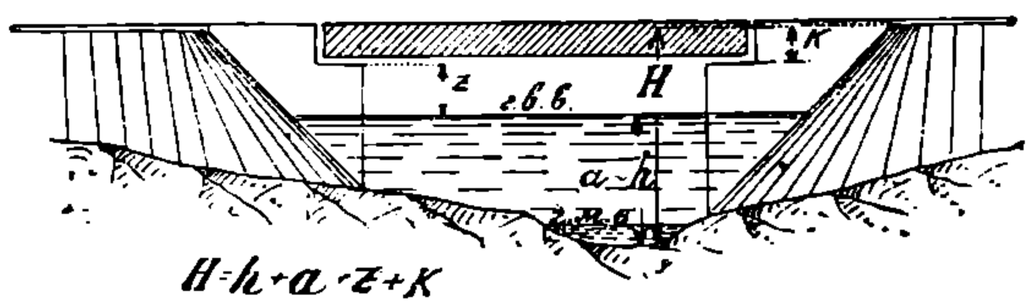


Рис 68. Определение высоты насыпи у моста.

4) устройства мелких выемок (< 0,5 *м*) следует, как правило, избегать, так как они очень сильно заносятся зимой.

5) В низменных местах, с мокрыми болотистыми грунтами, а также с грунтами жирно-глинистыми и другими, обладающими высокими капиллярными свойствами, проектную линию следует назначать в насыпи с отметкой 0,5 *м*, причем устраивать подобную насыпь можно за счет боковых резервов, используя в этом случае работу грейдера-элеватора.

6) На болотистых и равнинных участках, где затруднен водоотвод и дорога может периодически затапливаться поверхностными водами, высота насыпи принимается от 0,5 до 0,8 *м* от поверхности заболоченного грунта или от уровня продолжительного стояния поверхностных вод.

7) Расстояние между переломами проектной линии по возможности следует делать не меньше 100 *м* в равнинной местности и 50 *м* — в холмистой и горной, за исключением случаев проектирования грунтовых дорог и подходов к мостам, где расстояние между переломами можно доводить до 20 *м*.

8) Переломы профиля предпочтительно разделять горизонтальными площадками, резкие изменения уклона обычно смягчаются вставкой промежуточного уклона.

9) Величины уклонов не следует брать выше предельных, установленных для каждого технического класса дороги и типа дорожной одежды.

10) По возможности, следует избегать длинных горизонтальных участков и назначать наименьшие уклоны, из соображений продольного стока воды; для грунтовых дорог — от 0,005 до 0,01 и для дорог с каменной одеждой 0,003—0,005. В выемках не допускается устройство площадок, и продольный уклон назначается не менее 0,005.

11) Высота насыпи у искусственных сооружений и на поймах рек назначается так, чтобы повышение бровки полотна над уровнем самых высоких вод и при напорных трубах — над подпорным горизонтом самых высоких вод было 0,3 *м* у малых мостовых сооружений на суходолах; 0,5 *м* — у мостов через незначительные водотоки и от 0,5 до 0,8 *м* — на поймах рек, где наблюдается сильное течение. Высота насыпи у моста (рис. 68) в этом случае определяется следующим выражением:

$$H = a + h + z + k,$$

где $a + h$ — глубина воды при высоком подпертом горизонте,
z — расстояние от гор. в. в. до подферменного камня или низа ферм,
k — высота проезжей части моста (прогонов, поперечин, настила).

НБ УДУНТ (ДИТ)

12) В равнинной местности на затяжных площадках проектная линия наносится горизонтально, с возвышением бровки полотна в зависимости от местных гидрологических условий. Однако дну канав для стока воды в этом случае придается минимальный уклон в 0 002. Устройство зубчатого профиля с попеременным уклоном в ту и другую сторону не рекомендуется (рис. 69) как неудобного для автомобильного движения.

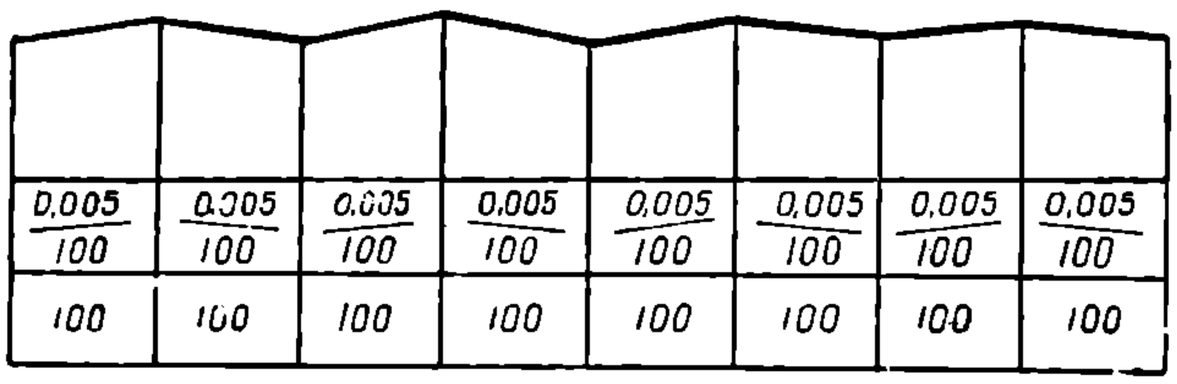


Рис. 69. Зубчатый продольный профиль.

13) При проходе дороги через населенные места необходимо проверить, достаточна ли ширина улиц для устройства насыпи или выемки, с тем чтобы не подкопаться под их фундамент (рис. 70).

14) Сплошное протяжение участков с затяжными предельными уклонами при всяких топографических условиях не должно превосходить 600 пог *м*. При необходимости проектировать длинные сплошные уклоны, таковые должны быть разделены на части длиной не более 600 пог *м* каждая, горизонтальными или близкими к горизонтальным вставками, длиною в равнинных местах 50—60 п. *м*, в холмистых и гористых — 30 п. *м*. Продольный уклон таких вставок должен быть не больше 3%. Такие перерывы затяжных уклонов особенно желательны для конной тяги (рис. 71).

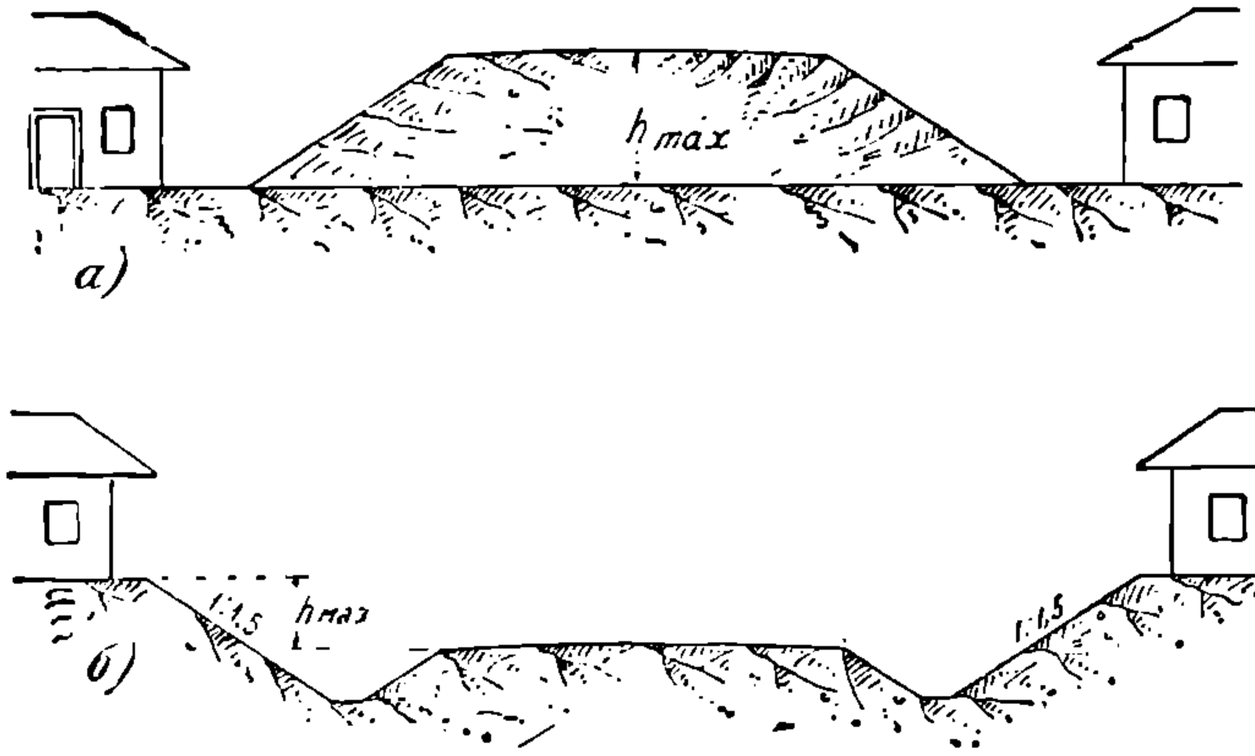


Рис. 70. Прохождение дороги по населенным местам.

§ 28 Предельные уклоны дорог. Назначая наибольшие допустимые продольные уклоны на дороге, необходимо исходить из интенсивности движения по дороге, типа дорожной одежды и характера местности.

Величина предельного уклона сказывается на величине нагрузки подвод, а каждый недогруз подводы повышает стоимость перевозки 1 *т* груза, т. е. повышает транспортные расходы; это бывает особенно заметно при большом движении. В таблице приведена стоимость гужевых перевозок в зависимости от уклона на мощеной дороге:

Таблица 52

Условия перевозки	Величина подъема		
	8%	5%	3%
Нагрузка на лошадь в *т*	0,6 — 0,5	0,8 — 0,6	1,0 — 0,8
Стоимость перевозки 1 *т/км*...коп.	55 — 70	40 — 55	30 — 40

Тип дороги при назначении уклонов имеет значение потому, что каждая дорога обладает определенным коэффициентом сцепления колеса с дорогой; в виду этого при гладкой одежде необходимо назначать меньшие уклоны во избежание опасности для автомобилей при движении с большими скоростями. На дорогах же, которые по своему типу все равно не допускают больших скоростей, можно назначать бо́льшие уклоны.

Наконец назначение уклонов зависит от рельефа местности. В равнинной местности можно назначать небольшие уклоны, так как они по характеру

НБ УДУНТ (ДИТ)

местности не вызывают больших земляных работ; наоборот, в гористой местности назначение очень пологих предельных уклонов всегда будет сопряжено с большими земляными работами, а потому экономически не всегда может быть оправдано.

Правила проектирования дороги учитывают три категории местности, в зависимости от топографии: 1) *равнинная*, 2) *холмистая и* 3) *горная*.

Техническими правилами Цудортранса установлены следующие наибольшие нормальные и наибольшие исключительные уклоны для различных типов дорог:

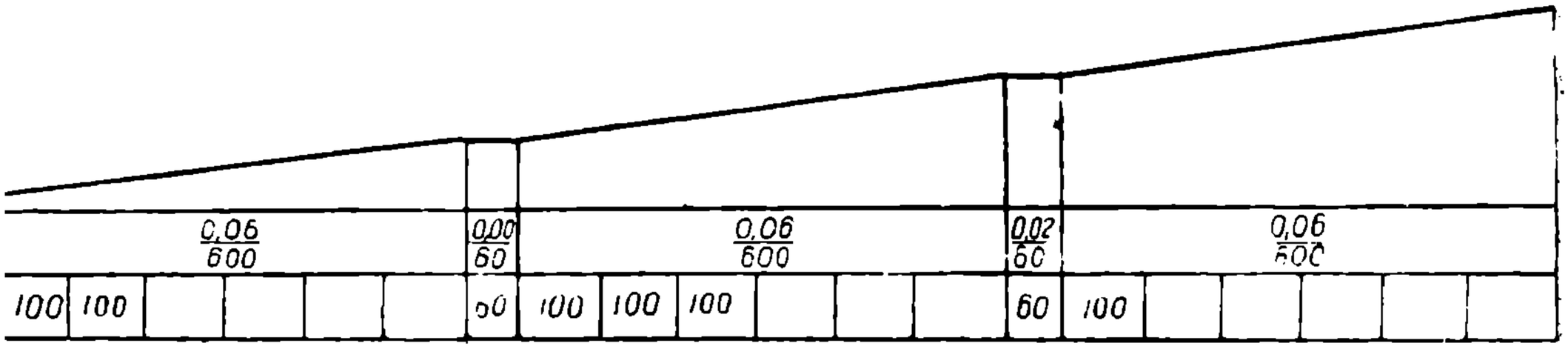


Рис. 71. Затяжной уклон с разделительными площадками.

Таблица 53

Класс дороги	Тип покрытия дороги	Наибольший нормальный уклон в процентах			Наибольший в исключительных случаях в процентах		
		равн.	холм	горист.	равн.	холм.	горист.
1	Цементо-бетон, асфальто-бетон брусчатая мостовая, мозаиковая мостовая	3		4	4	4	5
2	Клинкерная мостовая, „черное" шоссе..... ..	3	4	5	4	5	6
3	Шоссе, связанное водой, булыжная мостовая, гравийная промасленная доро а.... ..	4	5	6	5	6	7
4	Гравийная дорога, грунтовая с добавками.....	5	6	7	6	7	8
5	Грунтовая с добавками, грунтовая профилированная без добавок	6	7	8	7	8	9
6	Грунтовая дорога без добавок.	7	8	9	8	9	10

§ 29. Назначение предельных уклонов при конной, автомобильной и тракторной тяге. Выбор предельного уклона в каждом данном случае представляет собой технически-экономическую задачу и находится в зависимости от трех основных положений: 1) характера движения, 2) характера местности и 3) густоты движения.

Характер движения имеет очень большое значение при выборе предельных уклонов, так как на каждом из видов транспорта — гружевом, автомобильном и тракторном — влияние уклонов сказывается совершенно различно. При гужевом транспорте, с увеличением уклонов резко понижается количество перевозимого лошадью груза, так как лошадь может форсировать свою силу тяги в два раза и то только на незначительный промежуток времени. Вместе с понижением нагрузки естественно увеличивается стоимость перевозок *т/км*. Последнее видно из следующей таблицы:

Таблица 54

Условия перевозки	Уклоны в процентах				
	4 — 5	5 — 7	6 — 8	7 — 9	8 — 10
Нагрузка на лошадь в *т*	1,0 — 0,8	0,8 — 0,6	0-6 — 0,5	0,5 — 0,4	0.4 — 0.3
Стоимость гужевой перевозки за *т км* в коп. .	30 — 40	40 — 55	55 — 70	70 — 1 р.	1 р.—1 р. 50 к

НБ УДУНТ (ДИТ)

Из таблицы видно, что с повышением уклона вдвое полезная нагрузка на лошадь понижается почти в два раза, а стоимость перевозки повышается в три раза.

При *автомобильном* транспорте влияние уклонов сказывается в значительно меньшей степени; как указывалось в § 17, автомобили могут брать уклоны в 10—15% и даже до 20%. Объясняется это следующим: во-первых, автомобиль обладает значительно большим избытком мощности за счет конечного понижения скорости движения, причем сила тяги на ободе колеса автомобиля на 1-й скорости примерно в 5—6 раз больше, чем на 3—4-й скорости; во-вторых, автомобиль имеет лучшее сцепление колеса с дорогой, что очень важно для задних отталкивающихся, ведущих колес автомобиля.

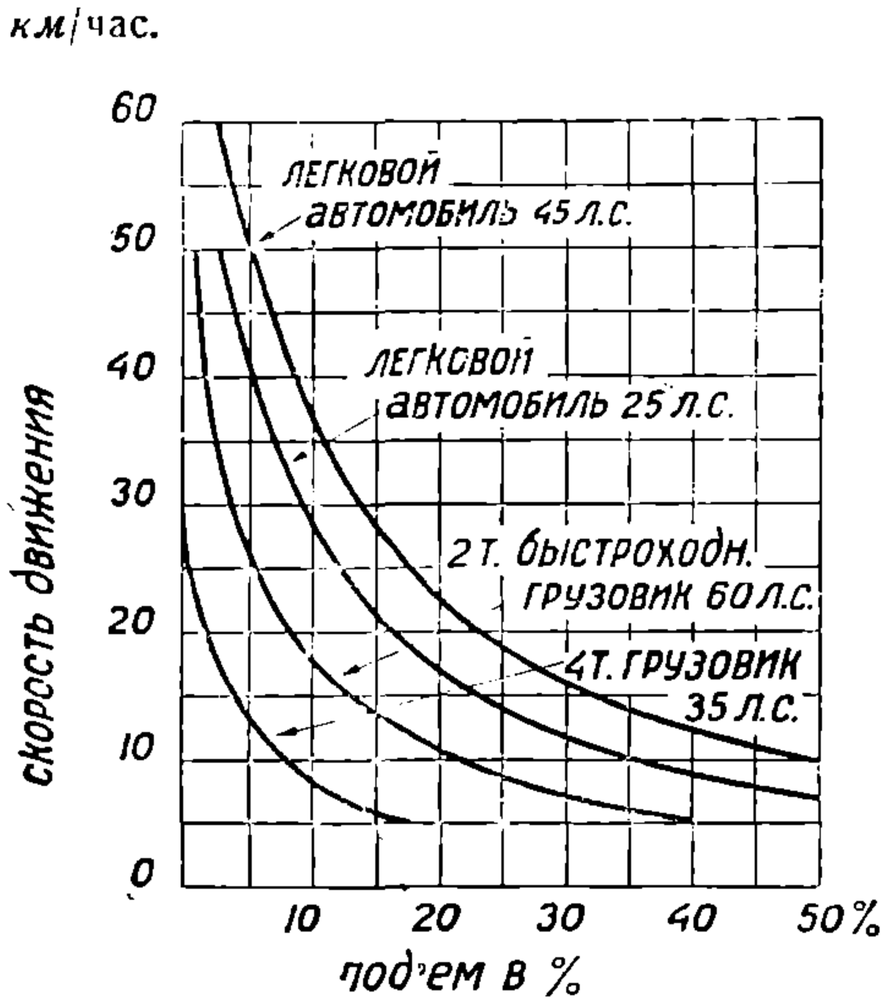


Рис 72. Влияние подъемов на скорость движения автомобиля.

Тот максимальный уклон, который может быть взят автомобилем в зависимости от условий сцепления колеса с дорогой, возможно определить следующим образом: сила тяги на ободе колеса, без учета сопротивления воздуха, при небольшой скорости, может быть определена следующим образом:

$$T_{об} = Q\ (f + i),$$

где $T_{об}$ — сила тяги на ободе колеса в *кг*,

Q — вес автомобиля в *кг*,

f — коэффициент сопротивления движению в зависимости от дороги,

i — уклон дороги.

С другой стороны, чтобы не было буксования и автомобиль мог двигаться, необходимо, чтобы

$$T_{об} \leqslant \mu Q \varphi_{сц}$$

где μ — коэффициент, указывающий, какая часть общего веса передается на задние ведущие колеса, обычно $\mu = 0{,}66$;

$\varphi_{сц}$ — коэффициент сцепления колеса с дорогой, в среднем можно принять его равным 0,5, но он сильно колеблется в зависимости от состояния дороги.

Из этих двух уравнений можно получить, что

$$Q\ (f + i_{сц}) \leqslant \mu\ Q \varphi_{сц}$$

или

$$i_{сц} = \mu \varphi_{сц} - f.$$

Максимальный уклон, определяемый для автомобильной тяги на основе тех формул, которые приводились в § 17, должен быть меньше $i_{сц}$

$$i_{max} < i_{сц}.$$

Для хорошей шоссейной дороги при $f = 0{,}03$

$$i_{сц} = 0{,}66 \times 0{,}5 - 0{,}03 = 0{,}30$$

или уклон, по сцеплению, не должен быть больше 30%.

В данном случае приходится считаться лишь с понижением скорости, что конечно имеет особое значение для легкового автомобильного движения. Влияние уклонов на скорость движения при одится на графике на рис. 72.

При тракторной тяге, а также при движении тягачей с прицепками, влияние уклонов сказывается опять весьма значительно, так как в целях наиболее полного использования трактора, как транспортной тяговой силы, необходимо возможно увеличивать количество перевозимого груза, между тем при значительном уклоне трактор вследствие своего большого веса должен затрачивать значительную часть своей мощности на самопередвижение, а потому у него остается мало тяговой мощности на крюке для перево ки полезного груза. Указанное особенно наглядно видно из таблицы, приведенной в § 20, из кото-

НБ УДУНТ (ДИТ)

рой ясно, что с увеличением уклона в 2—3 раза вес полезного груза, перевозимого трактором, понижается на 20—30%. Естественно, что вместе с этим растет и стоимость перевозки: так, если стоимость перевозки трактором на горизонтальном пути принять за 1, то при уклоне в 3% она возрастет в 2 раза, при уклоне в 6%—в 3 раза и при уклоне в 9% — в 4 раза.

Характер местности определяет выбор предельного уклона главным образом потому, что от него зависит размер земляных работ; увеличение же последних в свою очередь повышает общую стоимость дороги. В равнинной местности, при отсутствии резких переломов поверхности земли, назначение небольших предельных уклонов (3—4%) не вызовет значительных земляных работ, а следовательно и не повысит стоимости постройки дороги; наоборот, в гористой местности назначение даже низких предельных уклонов всегда связано с крупными земляными работами. Для смягчения подъема можно прибегать или к крупным земляным работам, или к удлинению линии, что наглядно видно из рис. 73, взятого из курса проф. Г. Д. Дубелира „Дорожное дело"

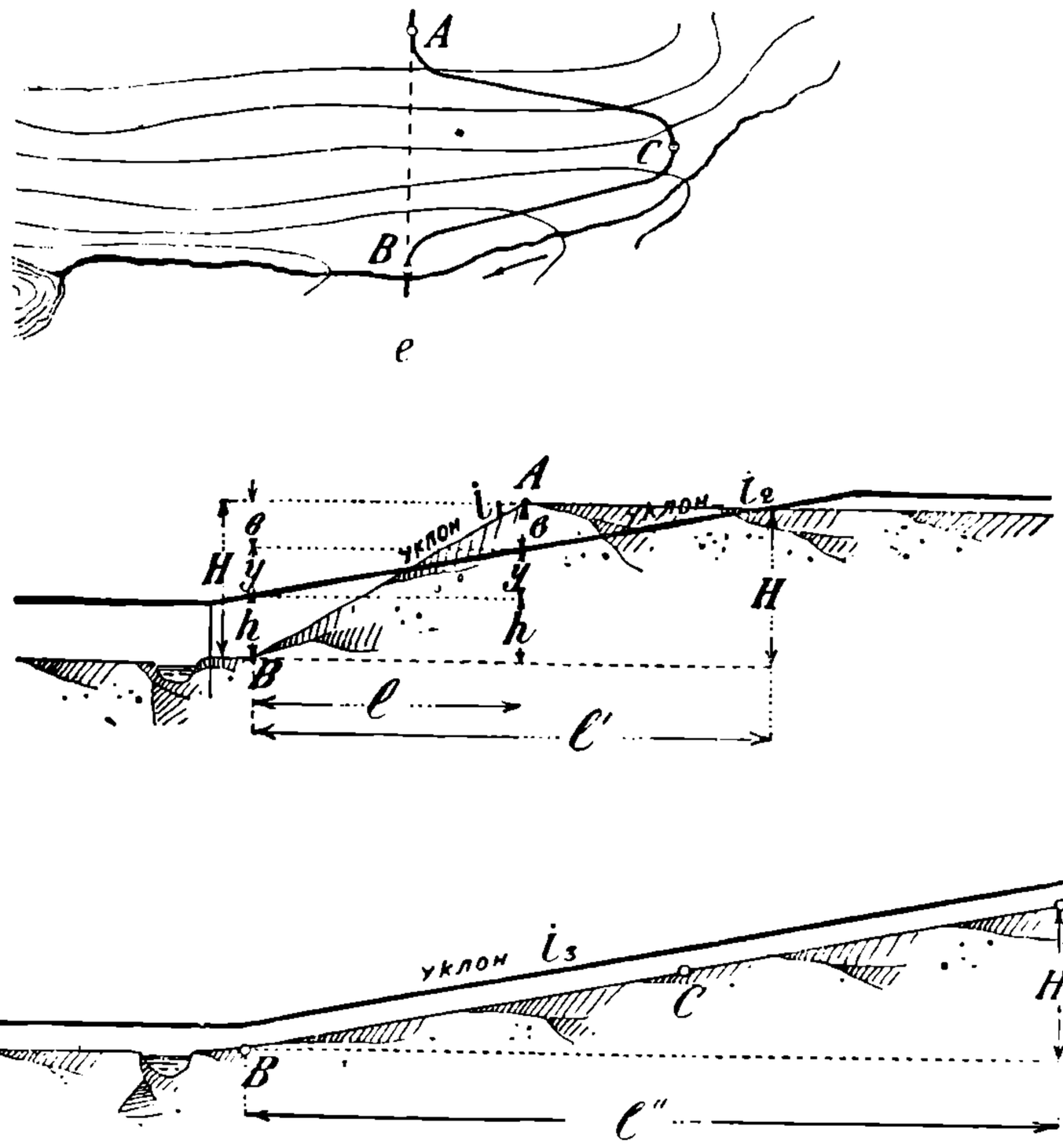


Рис. 73. Пример проектирования дороги между двумя точками A и B по кратчайшему расстоянию и с развитием линии.

Если необходимо соединить дорогой две точки — A и B, разность высот между которыми равна H, или уклон по кратчайшему расстоянию $i = \frac{H}{l}$ где l — расстояние между точками, задачу смягчения уклонов можно решить двумя путями: 1) за счет устройства в точке B насыпи, а в точке A выемки, 2) за счет удлинения и развития линии C путем увеличения длины от l до l''. В каждом данном случае приходится выбирать наиболее выгодное решение и, как указывалось в предыдущем параграфе, предельный уклон назначать особо для каждого вида местности: равнинной, холмистой и гористой.

При назначении предельного уклона густота движения по дороге также должна учитываться. Поскольку повышение уклона в значительной степени отражается на стоимости перевозки *т/км*, естественно, что при интенсивном движении по дороге эксплоатационные расходы, связанные с транспортировкой грузов, могут быть так велики, что окажется более выгодным произвести крупные земляные работы и улучшить дорогу в техническом отношении. Наоборот, при слабом движении превышение стоимости перевозки в течение года будет очень мало, а потому затрата капитала на техническую реконструкцию дороги будет совершенно нерентабельной.

Пример. Допустим, имеется подъездной путь к железной дороге протяжением 15 *км*, с уклоном до 8%; ежегодно по этому пути перевозится до 1500 *т*,

НБ УДУНТ (ДИТ)

следовательно стоимость транспортных расходов, согласно таблице на стр. 111, составит $15 \times 1500 \times 1$ руб. $= 22\,500$ руб.

Через некоторое время в районе дороги построен крупный государственный завод, и грузооборот по дороге вырос до 20 000 *т*. В этом случае стоимость транспортных расходов составит $20\,000 \times 15 \times 1$ руб. $= 300\,000$ руб. Если произвести реконструкцию дороги и понизить уклоны до 4%, то стоимость перевозки 1 *т/км* понизится до 50 коп., а следовательно общий расход по транспорту уменьшится до 150 000 р., т. е. ежегодно будет получаться экономия в 150 000 руб., что вполне оправдает произведенные расходы.

Для определения предельного уклона при конной тяге можно исходить из следующих рассуждений.

Назовем через $i_{ср}$ — средний подъем для данного характера местности. Этот уклон может быть определен следующим образом:

$$i_{ср} = \frac{\Sigma H}{L},$$

где ΣH – сумма наибольших возвышений наиболее высоких точек данного участка,— водораздельных точек, а L — длина участка.

Зная $i_{ср.}$, можно определить нормальный груз, который должна везти лошадь по этому среднему уклону с нормальной силой тяги, т. е.,

$$T_{нор.} = Q(f + i_{ср.}), \text{ или } Q = \frac{T_{нор.}}{(f + i_{ср.})}$$

Ставим условием, чтобы при предельном уклоне тот же груз лошадь везла с силой тяги T_{max} вдвое больше нормальной, т. е.,

$$T_{max} = 2\,T_{нор} = Q(f + i_{max}), \text{ или } Q = \frac{2\,T_{нор.}}{(f + i_{max})}$$

или

$$Q = \frac{T_{нор}}{f + i_{ср.}} = \frac{2\,T_{нор.}}{f + i_{max}},$$

из этого уравнения получим

$$f + i_{max} = 2(f + i_{ср.}),$$

или

$$i_{max} = f + 2\,i_{ср.}$$

По этой формуле для каждого типа дороги, характеризуемой коэффициентом f, и для $i_{ср}$, характеризуемого условиями топографии местности, определим i_{max}.

Пользуясь этим уравнением, можно составить следующую ориентировочную таблицу максимальных уклонов при гужевом транспорте:

Таблица 55

Местность	Средний подъем i ср.	Род дороги		
		шоссе $f = 0{,}03$	гравийная $f = 0{,}05$	грунтовая $f = 0{,}08$
Равнинная.....	0	0,03	0,05	0,08
Холмистая.....	0.01	0,05	0,07	0,10
Гористая	0,02	0,07	0,09	0,12

Для автомобильного движения значение приобретает только предельный спуск на котором приходится тормозить машину, чтобы не образовалось опасных скоростей. В данном случае предельный спуск определяют с тем расчетом, чтобы автомобиль мог итти по нему без торможения и чтобы скорость движения в конце участка с предельным спуском не достигала бы максимальной величины v_2.

Допустим, в начале уклона автомобиль идет со скоростью v_1. Живая сила при этом будет $\xi \frac{Q}{g} \frac{v_1^2}{2}$, где ξ — коэффициент влияния вращающихся масс — может быть принят равным 1,05 для легковых автомобилей и 1,10 для грузо-

НБ УАДИТ (ДИТ)

вых, Q — вес автомобиля. Живая сила в конце уклона будет $\xi \frac{Q}{g} \frac{v_2^2}{2}$. Приращение живой силы автомобиля при движении под уклон i_{max} должно равняться работе внешних сил, приложенных к автомобилю, т. е. его веса и сопротивления движению, или

$$\xi \frac{Q}{g} \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} = QLi_{max} - WL,$$

откуда

$$i_{max} = \frac{\xi}{2gL} (v_2^2 - v_1^2) + \frac{W}{Q}.$$

При значительных уклонах при выборе i_{max} приходится учитывать необходимость торможения.

При тракторной тяге предельный уклон определяют из тех соображений, чтобы по максимальному уклону трактор мог на 1-й скорости, при соответствующей силе тяги на крюке, поднять то же количество груза, которое везет по ровному пути, но на 2-й скорости. В этом случае можно воспользоваться уравнением, приведенным в § 20

$$T_{об} = Q_{тр}(f + i_{max}) + nQ_{пр}(f + i_{max}),$$

где n — число прицепок, определенное по среднему, наиболее часто встречающемуся уклону.

§ 30. Смягчение уклона в вертикальной плоскости. Выпуклый и вогнутый профиля. На автомобильном движении крайне вредно отражаются переломы профиля в вертикальной плоскости, которые могут вести к следующим нежелательным явлениям: 1) повреждениям нижних частей автомобиля, 2) отсутствию достаточной видимости пути.

Первое получается при коротких крутых подъемах, когда дорога проходит через высоко уложенные трубы или арочные мосты. При автомобильном шасси с расстоянием 5,5 *м* между осями колес наиболее низкие части отстоят от поверхности земли на 40 *см* (рис. 74), а при радиусе кривой $R = 10$ *м*, хорда в 5,5 *м* будет соответствовать стреле $h = 38$ *см*, т. е. во время движения уже могут получаться повреждения нижних частей. Считая, что безопасное расстояние от поверхности земли — 50 *см*, при величине h — 0,50 *см* и расстоянии между колесами в 5,5 *м*, — радиус кривой R должен быть равен 75 *м*. Таким образом кривая в вертикальной плоскости должна иметь радиус не менее 75 *м*.

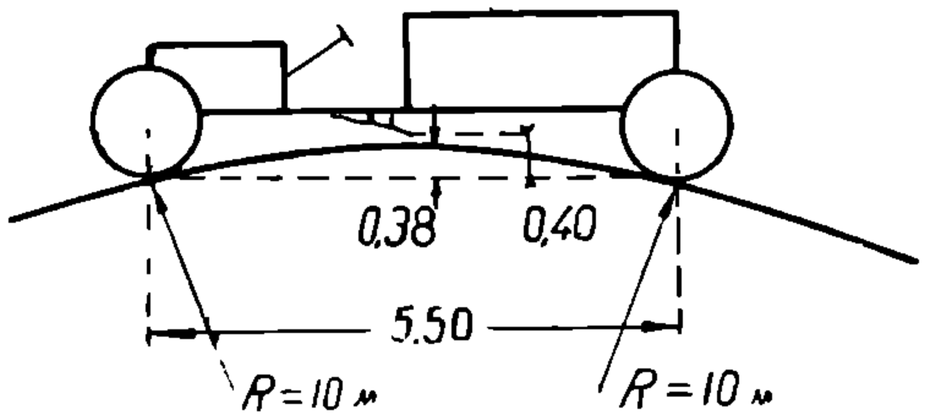


Рис. 74. Проходимость автомобиля по кривой в вертикальной плоскости продольного профиля.

Видимость бывает обеспечена, если кривая настолько полога, что водитель машины при высоте линии зрения $h = 1{,}25$ *м* видит впереди себя на достаточно большое расстояние, чтобы в случае препятствия успеть затормозить и остановить машину. Это расстояние l должно равняться пути, на протяжении которого машина может быть заторможена и остановлена (S_1) плюс путь (S_2), который автомобиль успеет пройти за то время, пока водитель начнет тормозить машину (1—1½ секунды).

Следовательно $l = S_1 + S_2$.

Путь торможения S_1 определяется из уравнения посредством приравнивания живой силы при движении автомобиля работе при торможении, т. е.,

$$\frac{Qv^2}{2g} = Q \sin \alpha S_1 + Q_m f S_1,$$

где Q — вес автомобиля,
v — скорость движения автомобиля — можно принять в 60 *км* час.,
α — угол уклона дороги — можно принять $\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha = i$,
Q_m — вес автомобиля, падающий на тормозную ось,
f — коэффициент трения 0,5 — 0,25,

НБ УДУНТ (ДПТ)

S_2 — путь, который пройдет автомобиль в 1 секунду $= \frac{v}{3{,}6} = \frac{60}{3.6} = 16{,}7$ *м*/с.

Обычно l получается равным 40—50 *м*.

В случае встречи двух машин общая длина видимого участка $S = 2l = 80$—100 *м*.

Следовательно в вершине перелома закругление должно быть настолько пологим, чтобы водитель машины мог увидеть препятствие через вершину кривой. Это будет в том случае, если стрела хорды кривой, при длине хорды в 80—100 *м*, будет не больше 1,25 *м* (рис. 75).

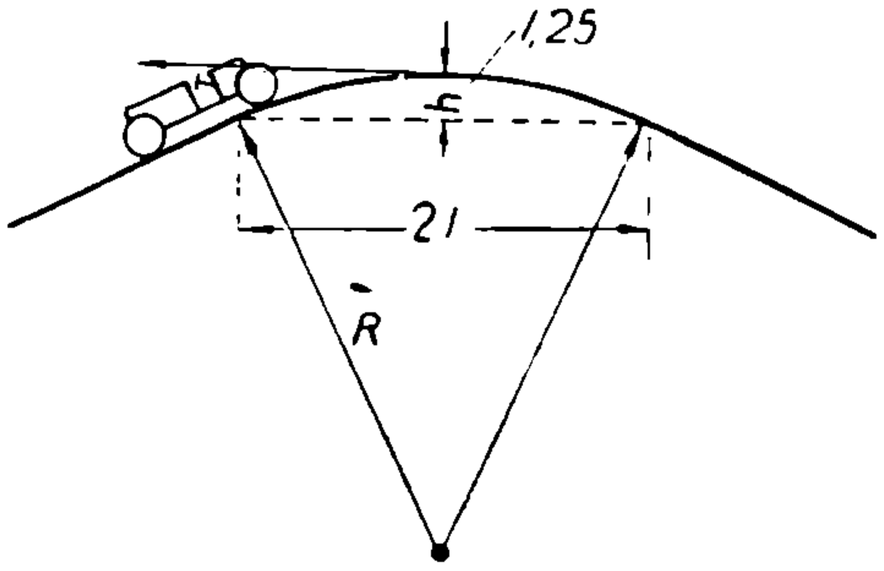


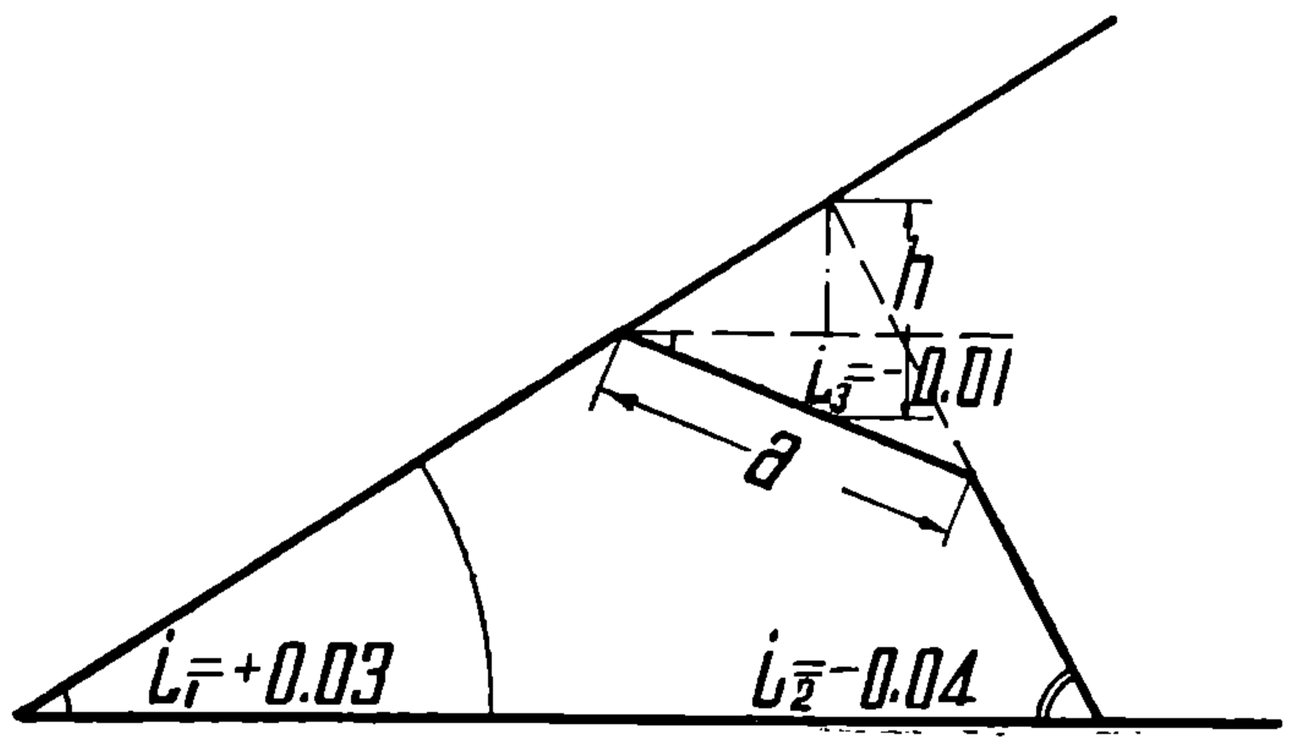
Рис. 75 Обеспечение видимости при переломах профиля в вертикальной плоскости

Радиус кривой, при помощи которой должен быть смягчен перелом в вертикальной плоскости, может быть определен из уравнения:

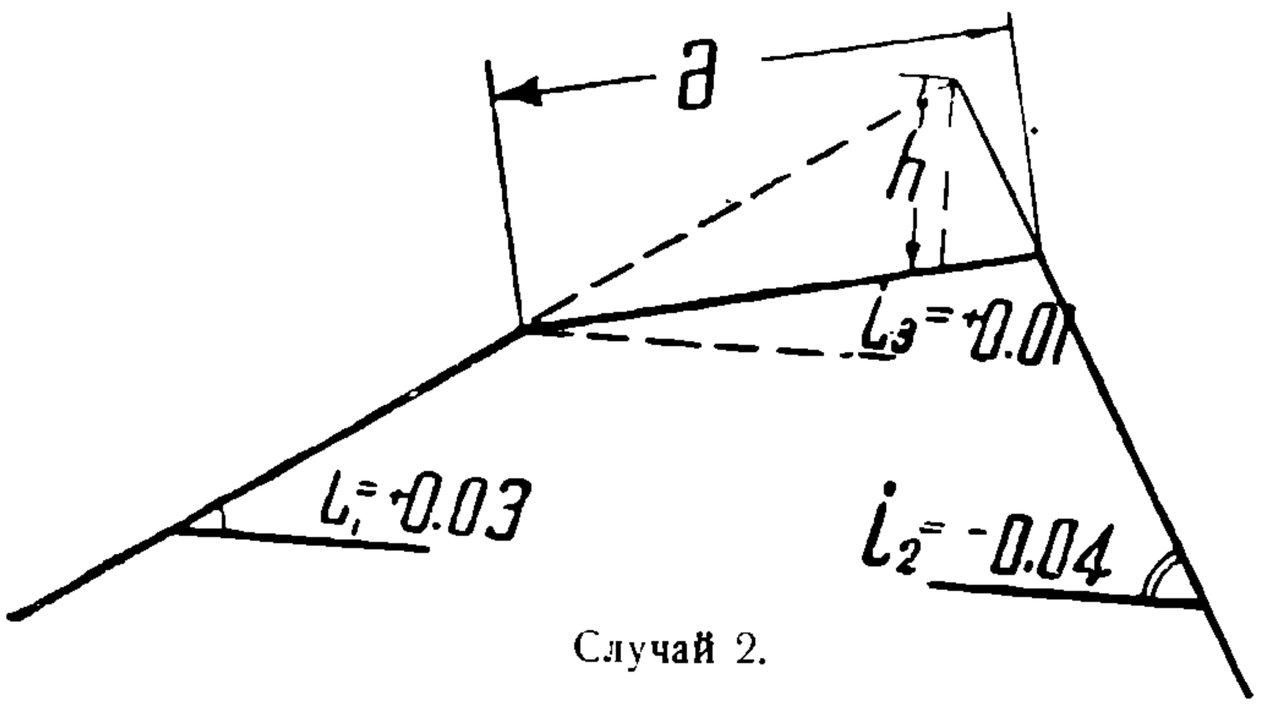
$$R = \frac{l^2 + h^2}{2h}.$$

Этот радиус обычно равен 500—1 000 *м*.

Вместо сопрягающей кривой техническими условиями Цудортранса предлагается смягчить перелом профиля введением прямой вставки с уклоном i_3. Подобная разбивка обязательна, если длина тангенса при разбивке перелома по кривой превышает длину более короткого из сопрягаемых уклонов; длина этой вставки определяется для двух случаев (рис. 76).



Случай 1.



Случай 2.

Рис. 76. Сопряжение переломов продольного профиля при помощи прямой вставки.

1-й случай $-\frac{i_1 + i_2}{2} > i_3$ — в этом случае длина прямой вставки $a \geqslant \frac{i_1 - i_2}{i_3 - i_2} A$ и величина срезки под вершиной смягчаемого угла h определяется по формуле $h \geqslant (i_1 - i_3)\ A$.

2-й случай $-\frac{i_1 + i_2}{2} < i_3; a \geqslant \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_3} A$ и $h \geqslant (i_3 - i_2)\ A$.

В обоих случаях $A = S - \sqrt{\frac{5S}{i_1 - i_2}}$, где S — видимость пути $= 100$ *м*.

Значение A при $S = 100$ *м* и при различных значениях $i_1 - i_2$, от 5% до 20% приводится на диаграмме рис. 77.

Во всех этих формулах численные значения уклонов надо принимать положительными для подъемов и отрицательными для спусков. [1]

[1] Вывод приводимых формул см. журнал „Дорога и автомобиль“ 1932 г., № 5—6, С. Я. Немоловский „К вопросу проектирования продольного профиля дороги“ и тот же журнал 1932 г. № 10, А. Макаров. „Об обеспечении видимости в продольном профиле“.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Пример 1. Пусть $i_1 = +0{,}03$, $i_2 = -0{,}04$ и $i_3 = -0{,}01$, тогда $\frac{i_1 + i_2}{2} = -0{,}005 > i_3 = -0{,}01$. Следовательно мы имеем 1-й случай, а потому

$$a \geqslant \frac{0{,}03 - (-0{,}04)}{-0{,}01 - (-0{,}04)} \quad A = \frac{0{,}07}{0\,03} \cdot 15{,}49 = 36{,}09 \text{ м}.$$

$$h \geqslant [0{,}03 - (-0{,}01)]\ A = 0{,}04 \times 15{,}49 = 0{,}62 \text{ м}.$$

Пример 2. Допустим $i_1 = +0{,}03$; $i_2 = -0{,}04$ и $i_3 = +0{,}01$.

$$\frac{i_1 + i_2}{2} = \frac{0{,}03 + (-0{,}04)}{2} = -0{,}005 < 0{,}01,$$

следовательно мы имеем второй случай.

Отсюда $a \geqslant \frac{0{,}03 - (-0{,}04)}{0{,}03 - (+0{,}01)} \times A = \frac{+0{,}07}{+0{,}02}\ 15{,}49 = 54{,}22$ м.

$$h = [0{,}01 - (-0{,}04)]\ A = 0{,}05 \times 15{,}49 = 0{,}77 \text{ м}.$$

Рис. 78. Смягчение вогнутого перелома в вертикальной плоскости.

При вогнутом переломе профиля (рис. 78) во время быстрого движения автомобиля возможны сильные толчки, которые будут вызывать значительное перенапряжение рессор автомобиля, превосходящее обычные нагрузки, на которые они рассчитываются (600 *кг*), а потому возможны поломки рессор. Во избежание этого смягчение вогнутого профиля делается при помощи кривой радиусом 200 *м*.

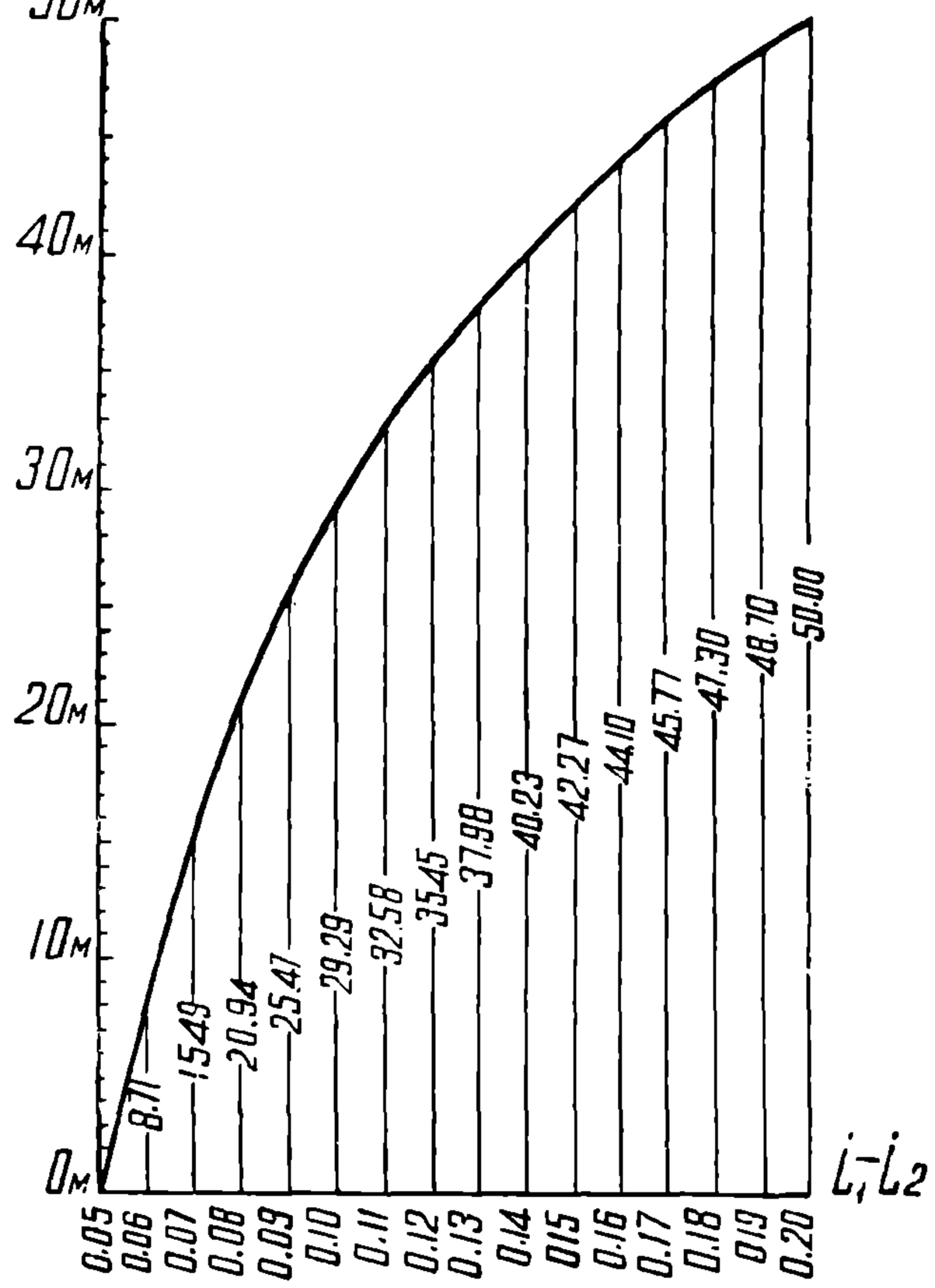


Рис. 77. Значение величины A при $S = 100$ *м* и различных $i_1 - i_2$.

§ 31. Наименьший продольный уклон. Техническими условиями Цудортранса 1931 г. предписывается по возможности избегать, в целях обеспечения водоотвода, горизонтальных участков и назначать наименьшие уклоны: для грунтовых дорог—от 0,005 до 0,01, для дорог с каменной одеждой—0,003—0,005. Горизонтальные участки дороги допускаются лишь на больших насыпях, на подходах к мостам и на участках с песчаным, хорошо дренирующимся грунтом.

Означенное условие крайне затрудняет проектирование дороги в равнинной местности, почти не обладающей уклоном. В этом случае при гужевом транспорте практиковался прием проведения дороги попеременным наименьшим уклонам через каждые 100 *м* (рис. 69). Из пониженных точек вода отводится водоотводными канавами в сторону от дороги. Однако при указанной проектировке получается пилообразный, очень неспокойный для автомобильного движения профиль, а потому подобная проектировка не может быть рекомендована для дорог с преимущественно механическим транспортом.

УДУНТ (ДИТ) НБ

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

УСТРОЙСТВО ЗАКРУГЛЕНИЙ

§ 32. Общие условия устройства закруглений. При проведении дороги между заданными пунктами обычно стремятся трасировать линию по наикратчайшему расстоянию между этими пунктами. Однако целый ряд данных как технического, так и экономического порядка заставляет отступать от указанного требования и вести дорогу не по прямой линии, а по ломаной, состоящей из целого ряда прямых отрезков, меняющих свое направление.

Причинами отклонений от прямолинейного направления могут явиться а) необходимость провести дорогу близ крупных населенных пунктов; б) необходимость обойти участки, представляющие при постройке дороги значительные технические затруднения, как-то: глубокие болота, большие возвышенности, глубокие балки, оползневые участки и пр.; в) возможность избежать постройки больших и дорогостоящих искусственных сооружений или излишнего количества этих сооружений (рис. 79).

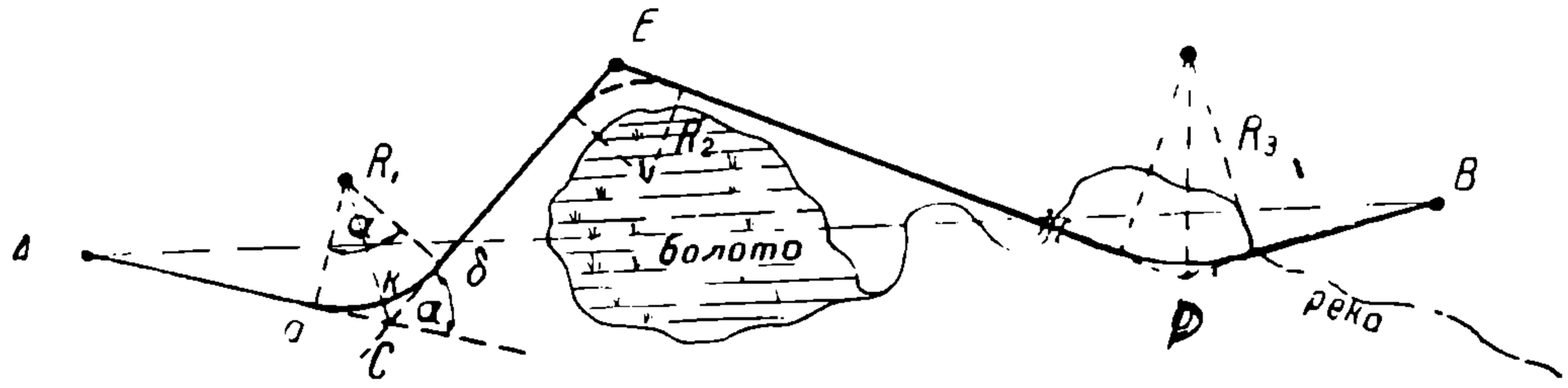


Рис. 79. Расположение дороги в плане.

При изменении направления дорога не поворачивает под углом; поворот дорожной оси совершается по плавной кривой, обычно по дуге круга и в редких случаях по дуге параболы.

Кривая поворота дороги обычно характеризуется следующими элементами: 1) вершиной угла (точки *C*, *E*, *D*), 2) углом поворота α — внешний угол между направлением двух смежных участков дороги; этот угол α равен центральному углу α между двумя радиусами, перпендикулярными к направлениям двух смежных прямых участков дороги в точках касания их к кривой, 3) величиной радиуса закругления (R_1, R_2, R_3), 4) длиной касательной и величиной тангенса (*Са*; *Сб*), 5) длиной кривой (*аСб*), 6) биссектрисой (*Ск*), т. е. расстоянием от вершины угла до кривой по направлению биссектрисы угла *аСб*.

Указанные величины могут быть определены следующими тригонометрическими формулами:

тангенс

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

длина кривой

$$K = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha^\circ}{180^\circ},$$

биссектриса

$$Б = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1\right) = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{4}.$$

На основании указанных формул могут быть составлены таблицы величин *T*, *K* и *Б* для различных *R* и различных α. При помощи означенных таблиц для разбивки кривых (Кренке, Моржова, Ясинского и др.) производится обычно разбивка кривой на местности.

Из приведенных данных видно, что в плане каждая дорога будет состоять из ряда прямых и кривых участков, причем большое количество закруглений на дороге понижает технические качества дороги, так как каждая кривая представляет значительные затруднения для движения.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Дополнительные сопротивления движению, возникающие при проходе по кривым, заключаются в следующем:

1) При проходе по кривой направление силы тяги двигателя составляет некоторый угол с направлением движения повозки, а потому полезная сила тяги уменьшается, так как часть ее расходуется на преодоление дополнительных сопротивлений — заворачивание экипажа. Означенное положение главным образом относится к конной и тракторной тяге, в виде целых тракторных поездов. Потеря полезной силы тяги будет тем больше, чем меньше радиус кривой поворота.

2) При движении по кривой развивается центробежная сила, которая имеет следующее выражение:

$$Ц = \frac{Q \cdot v^2}{g \cdot R},$$

где Q — вес повозки в *кг*,
g — ускорение силы тяжести = 9,8 *м*/сек²,
v — скорость движения в *м*/сек,
R — радиус кривой в *м*.

Из этого выражения видно, что центробежная сила прямо пропорциональна скорости движения и обратно пропорциональна радиусу, т. е. центробежная сила очень сильно растет с увеличением скорости движения и с уменьшением радиуса кривой. В силу изложенного влияние центробежной силы будет сравнительно невелико при гужевом и тракторном движении и будет оказывать значительное влияние на автомобильное движение, совершающееся со значительной скоростью. Под влиянием центробежной силы экипаж рискует опрокинуться, либо станет скользить и заноситься.

3) Наличие на дороге кривых ухудшает видимость при движении по дороге, что опять-таки имеет очень большое значение при автомобильном движении, совершающемся с большой скоростью. Ухудшение видимости будет тем больше, чем меньше радиус закругления.

Приведенные соображения говорят за то, что при проведении дороги надо стремиться к тому, чтобы на дороге было возможно меньше углов поворота или, при необходимости их устройства, таковые описывались возможно большими радиусами. Пологость трасы может быть охарактеризована условной величиной среднего радиуса, равной отношению суммы длин всех кривых к полной сумме углов поворота, т. е.,

$$\frac{\Sigma R_к \alpha_к}{\Sigma \alpha} = \frac{\Sigma l_к}{\Sigma \alpha} = R_{сред.},$$

где l_k — длина кривой.

В большинстве случаев устройство закруглений на дороге является неизбежным, а потому, чтобы облегчить прохождение повозок, особенно двигающихся с большой скоростью по кривым, должно

1) устраивать закругления пологими кривыми во всех случаях, где это по техническим условиям возможно.

2) Устраивать на кривых уширения,

3) при совпадении крутых уклонов с закруглениями уменьшать величину предельного уклона,

4) для уменьшения влияния центробежной силы, особенно при автомобильном движении, устраивать односкатный поперечный профиль дороги (вираж),

5) обеспечить на дороге видимость, для избежания возможных аварий.

§ **33. Допускаемые наименьшие радиусы закруглений.** Назначение наименьших радиусов закруглений на дороге зависит от типа экипажей и характера движения. Гужевая тяга совершается с небольшой скоростью 5—10 *км*/час, а потому наименьший радиус закруглений в данном случае зависит от поворотливости экипажа и возможности разъезда на кривой двух встречных экипажей. Поворотливость экипажа в свою очередь зависит от длины базы экипажа и возможного угла поворота его передней оси.

По этим данным можно графически определить минимальные радиусы закруглений для разъезда на кривой двух встречных экипажей. Таким же путем можно определить кривую, достаточную для прохода тракторного поезда. Во

УДУНТ (ДІТ) НБ

всех этих случаях наименьший радиус закругления составит 20—30 *м*. Автомобиль, благодаря особому устройству своих передних колес, обладает большой поворотливостью и может описывать кривую очень небольшого радиуса, однако при условии, что он движется очень медленно.

Наименьший радиус поворота в том случае, когда автомобиль остается на той же самой стороне дороги (рис. 80), может быть вычислен следующим образом:

$$(R+b)^2+l^2=(R+B)^2$$

откуда

$$R=\frac{l^2+b^2-B^2}{2\,(B-b)},$$

где l — расстояние между осями автомобиля (длина базы) 5,5 — 6 *м*.
R — радиус закругления,
b — ширина хода автомобиля = 1,7 *м*,
B — ширина половины проезжей части, примерно 3,0 *м*.

$$R=\frac{5{,}5^2+1{,}7^2-3{,}0^2}{2\,(3-1{,}7)}=9{,}3\ м.$$

Однако поворот автомобиля по указанной кривой возможен лишь при очень медленном ходе, что несовместимо с нормальными условиями автомобильного движения.

Назначение кривых зависит также от характера местности. В равнинной местности проведение дороги пологими кривыми не представляет затруднений, в то время как в горной местности устройство пологих кривых сопряжено с крупными и дорогими земляными и скальными работами, а потому поневоле приходится ограничиваться меньшей величиной радиуса закругления и итти на понижение скорости движения.

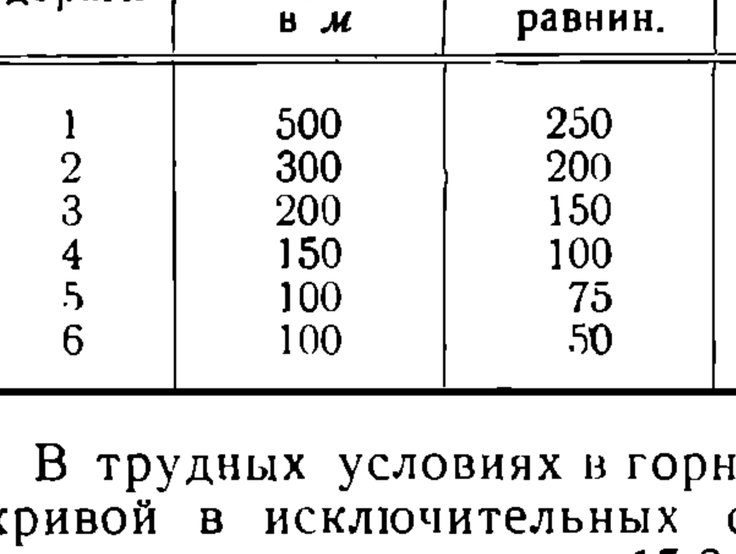


Рис. 80. Проход автомобиля по кривой.

Техническими правилами Цудортранса 1931 г. предусмотрены для каждого технического класса дороги основные рекомендуемые радиусы закруглений, наименьшие нормальные и наименьшие допустимые в исключительных случаях. Размеры этих радиусов приводятся в следующей таблице:

Таблица 56

Класс дороги	Основной рекомендуемый радиус в *м*	Наименьший нормальный радиус в *м*			Наименьший в исключительных случаях радиус в *м*		
		равнин.	холм.	горист.	равнин.	холм.	горист.
1	500	250	200	100	150	100	50
2	300	200	150	75	100	75	50
3	200	150	100	50	75	50	30
4	150	100	75	40	50	40	20
5	100	75	50	30	40	30	20
6	100	50	40	20	30	20	10

В трудных условиях в горных местностях при устройстве закруглений радиус кривой в исключительных случаях может быть уменьшен для дорог 3 и 4 технического класса до 15,0 *м* и для дорог 5 и 6 класса — до 10 *м*.

При совпадении крутых уклонов с закруглениями малых радиусов (менее 75,0 *м*) величина уклонов в процентах не должна превышать уклона, вычисленного по формуле

$$i=i_{max}\,\frac{R}{75},$$

где i_{max} — наибольший нормальный уклон для данного класса дороги и R — принятый радиус.

Две смежные кривые, направленные в разные стороны, с радиусами менее 75,0 *м*, должны быть разделены между собою прямой вставкой. Длина этой прямой вставки должна быть не менее утроенной ширины земляного полотна

НБ УДУНТ (ДИТ)

(25—30,0 *м*) и кроме того должна быть проверена на возможность размещения на ней переходных кривых (рис. 81). В этом случае на прямой вставке должен поместиться отгон виража, что на виражах без переходных кривых требует вставки не менее 40,0 *м* между основными кривыми, а при виражах с переходными кривыми — не менее 10,0 *м* между концом отгона одного виража и началом другого.

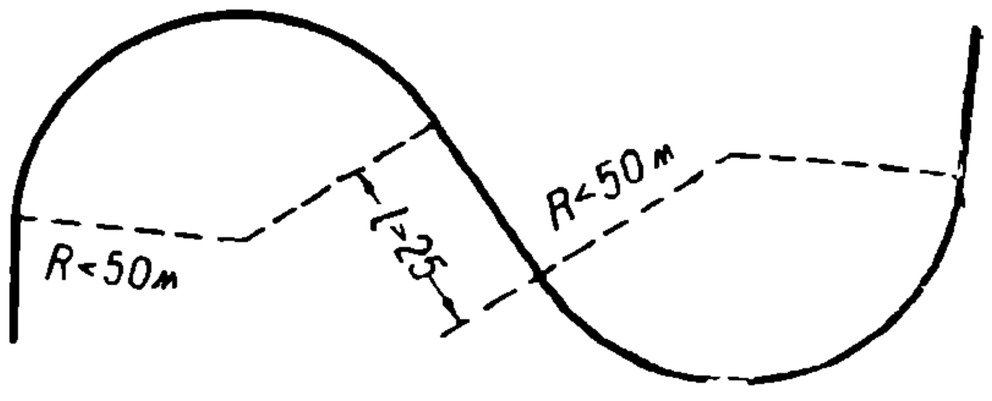


Рис 81. Сопряжение двух кривых, направленных в разные стороны.

При устройстве закругления на дороге с сильным автомобильным движением необходимо определять радиус закруглений из условия скольжения автомобиля, которое наступает тогда, когда составляющая центробежной силы, параллельная поверхности дороги, становится больше составляющей веса автомобиля, параллельной поверхности дороги, увеличенной на силу трения скольжения (рис. 82).

$$Ц\cos\alpha > Q\sin\alpha + fQ\cos\alpha$$

где $Ц$ — центробежная сила в *кг*,

f — коэффициент трения колес о полотно дороги, в наиболее неблагоприятных случаях $f = 0{,}2$;

Q — вес автомобиля в *кг*;

α — угол поперечного уклона дороги (при уклоне 0.05 (5%) $\alpha = 3°$).

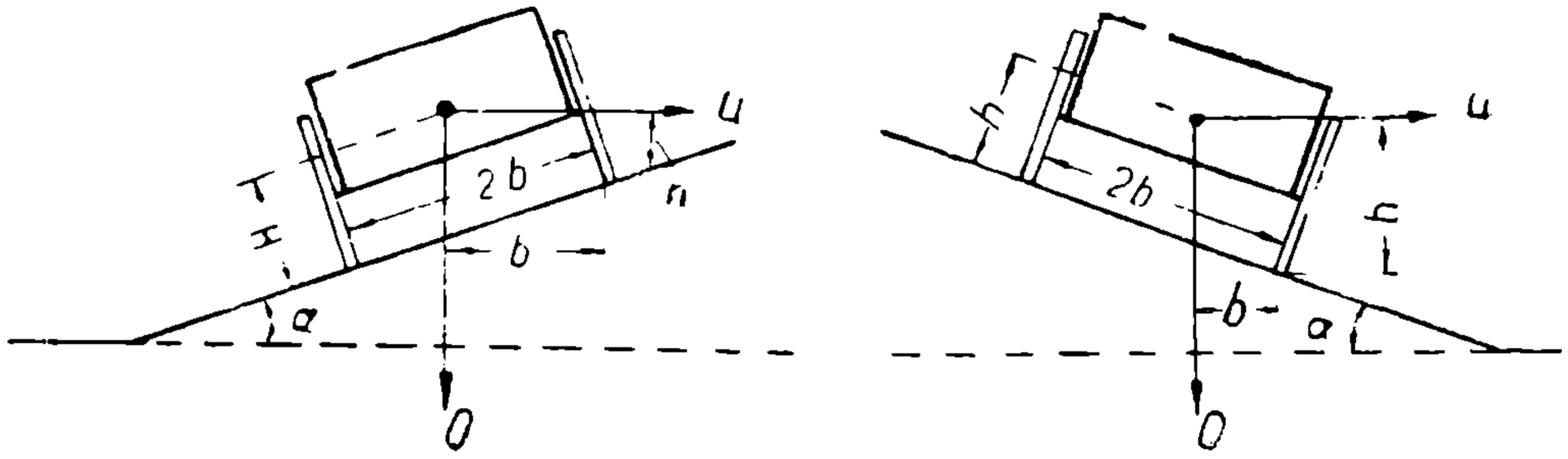


Рис. 82. Проход автомобиля по кривой.

Следовательно, для того чтобы не было скольжения, необходимо, чтобы существовало неравенство

$$Q\sin\alpha + Q\cos\alpha f > Ц\cos\alpha;$$

так как

$$Ц = \frac{Qv^2}{gR},$$

то, деля предыдущее уравнение на $\cos\alpha$, получим

$$\operatorname{tg}\alpha + f > \frac{v^2}{gR},$$

или

$$R \geqslant \frac{v^2}{g(\operatorname{tg}\alpha + f)}.$$

Например, если желательно, чтобы автомобильное движение совершалось по кривой со скоростью v—60 *км*/час = 16,7 *м*/сек., необходимо, чтобы

$$R \geqslant \frac{(16{,}7)^2}{9{,}81\,(0{,}05 + 0{,}2)} \geqslant 111{,}6 \text{ м}.$$

§ 34. Устройство уширений на кривых. Для безопасности движения автомобилей при проходе по кривым на последних устраивается уширение проезжей части. Это уширение делается постепенно на отгоне, длина которого принимается от 20—30 *м*, с таким расчетом, чтобы у начала кривой было достигнуто полное уширение дороги (рис. 83).

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Величина уширения назначается с расчетом, чтобы два автомобиля могли свободно разъехаться на кривой и между ними оставался бы достаточный просвет, величиной $C = 1{,}0 — 1{,}5$ *м* (рис. 84).

На этом чертеже имеются следующие обозначения:

R — радиус осевой линии нормальной ширины дороги,

B — нормальная ширина проезжей части.

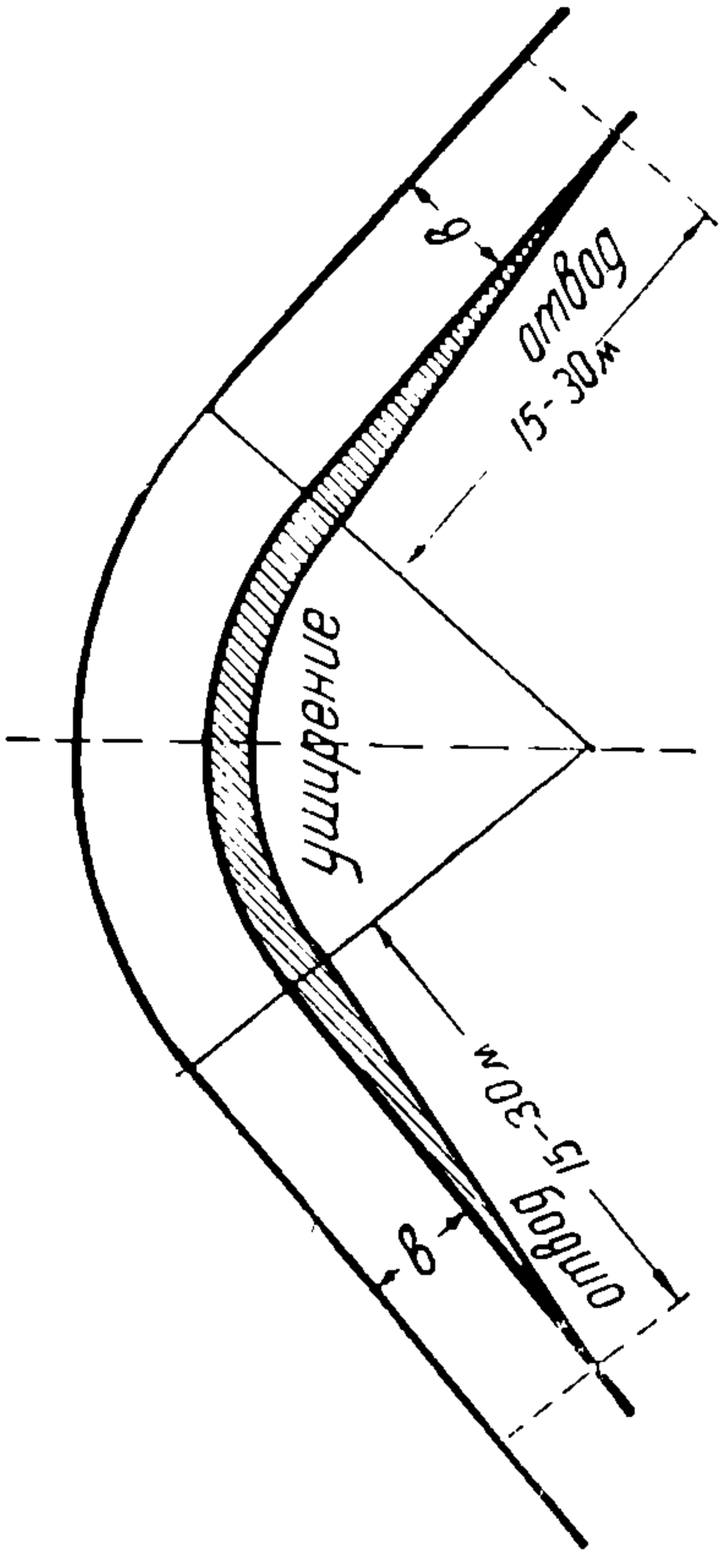


Рис. 83 Устройство уширения на кривой.

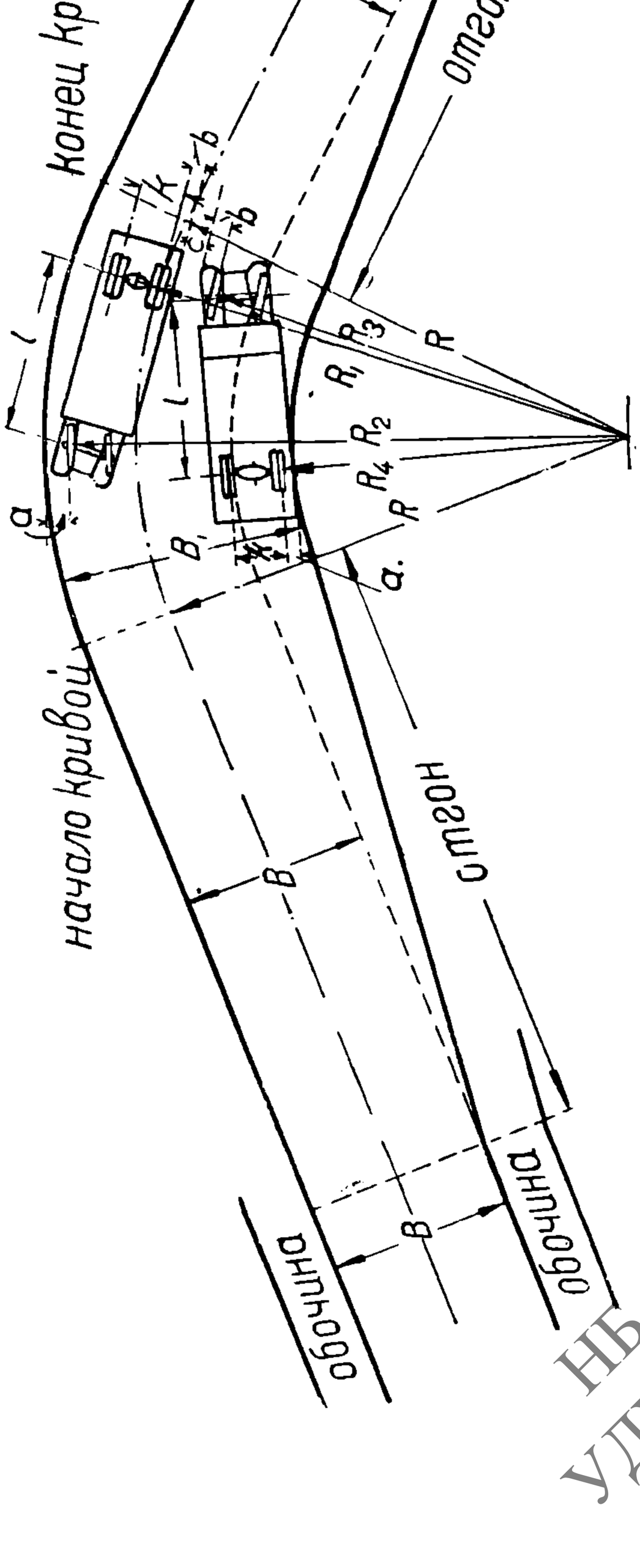


Рис. 84. Определение величины уширения на кривой.

B_1 — ширина проезжей части вместе с уширением,

a — расстояние от края проезжей части до центра наружного колеса = 0,5 — 0,6 *м*,

C — свободное расстояние между автомобилями = 1,0—1,5 *м*,

l — длина базы автомобилей,

K — ширина хода автомобилей,

b — ширина колеса.

На основании приведенного чертежа можно написать следующие равенства:

$$R_2 = R + \frac{l}{2} \; B - a; \; R_1 = \sqrt{R_2^2 - l^2} - K$$

$$R_3 = R_1 - (c + 2b); \; R_4 = \sqrt{R_3^2 - l^2} - K.$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Полная ширина на кривой $B_1 = R - R_4 + a + \frac{1}{2} B$.

Величина уширения $b = B_1 - B = R - R_4 + a + \frac{1}{2} B - B = R - R_4 + a - \frac{B}{2}$.

Американское общество государственных дорожных учреждений рекомендует для определения уширения следующую формулу инж. Вошеля:

$$B_1 = 2 (R - \sqrt{R^2 - L}) + \frac{5{,}8}{\sqrt{R}},$$

где R — радиус кривой в *м*, L — длина автомобиля, примерно = 6,0 *м*.

Согласно техническим правилам Цудортранса 1931 г., на закруглениях радиусом менее 125 *м* для дорог первых четырех классов и радиусом менее 75 *м* для дорог 5 класса ширину одежды следует увеличивать за счет обочины во внутреннюю сторону кривой.

Величина уширения принимается	для	радиусов	от		75—150	*м*	—0,5 *м*
„	„	„	„	„	45— 75	„	—1,0 „
„	„	„	„	„	30— 45	„	—1,5 „
„	„		„	„	20— 30	„	—2,0 „
			„	„	10— 20	„	—2,5 „

Если ширина обочины недостаточна для уширения проезжей части, необходимо проектировать соответствующее уширение земляного полотна, с тем чтобы обочина была в равнинной и холмистой местности не менее 1,0 *м*, а в горной — не менее 0,5 *м*

§ 35. Устройство виража и переходных кривых. Согласно требованиям технических правил Цудортранса, на дорогах первых двух классов при устройстве закруглений радиусом менее 250 *м*, на дорогах III и IV классов — радиусом менее 200 *м* и на дорогах V класса — радиусом менее 100 *м*, проезжая часть дороги и ее обочины устраиваются с профилем, односкатным к центру кривой. Этот односкатный профиль носит название виража и особо необходим на дорогах с большим автомобильным движением, чтобы автомобилям не приходилось значительно уменьшать скорость, проходя по кривым.

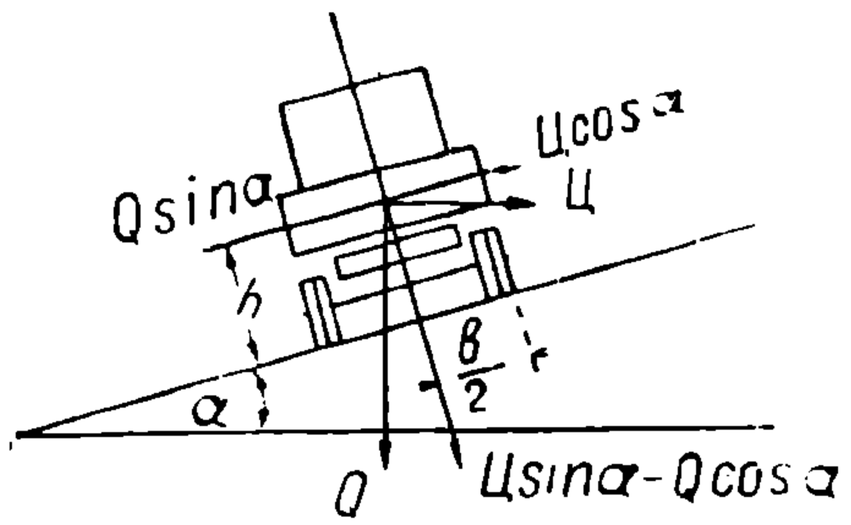


Рис. 85. Силы, действующие на автомобиль, проходящий по виражу.

Величина односкатного профиля $i_1 = \operatorname{tg} \alpha$ может быть подсчитана следующим образом (рис. 85). Допустим, автомобиль проходит по виражу со скоростью v.

На автомобиль будут действовать следующие силы.

1) Центробежная сила $Ц$, направление которой горизонтально и обращено в наружную сторону кривой.

Сила $Ц$ имеет следующее значение: $Ц = \frac{Q}{g} \frac{v^2}{R}$,

где Q — вес автомобиля в *кг*,
g — ускорение силы тяжести в *м*/сек^2,
v — скорость движения автомобиля в *м*/сек,
R — радиус кривой в *м*.

Эта центробежная сила $Ц$ может быть разложена на две составляющие: одну — параллельную поверхности дороги $= Ц \cos \alpha$ и стремящуюся сдвинуть автомобиль в поперечном направлении в наружную часть кривой, и другую — $Ц \sin \alpha$, перпендикулярную к поверхности земли, прижимающую автомобиль к дороге.

2) Собственный вес автомобиля Q, который также может быть разложен на две составляющие: перпендикулярную к поверхности земли $Q \cos \alpha$ — прижимающую автомобиль к дороге, и параллельную поверхности земли — $Q \sin \alpha$, стремящуюся сдвинуть автомобиль в направлении, противоположном действию центробежной силы, т. е. внутрь кривой.

Вследствие действия перпендикулярной силы на поверхность дороги, при движении автомобиля возникает сила трения, равная $\varphi (Ц \sin \alpha + Q \cos \alpha)$, где φ — коэффициент трения автомобильных колес о дорогу. Для сухой шоссейной дороги φ — 0,4; для мокрой шоссейной дороги $\varphi = 0{,}3 - 0{,}2$. Эта сила трения должна удерживать автомобиль от бокового скольжения.

УДУНТ (ДИТ)

Для устойчивости автомобиля при прохождении виража должно существовать следующее равенство:

$$Ц \cos\alpha - Q \sin\alpha = \varphi (Ц \sin\alpha + \cos\alpha).$$

Разделим это уравнение на $\cos\alpha$ и определим $\operatorname{tg}\alpha = i_1$, т. е поперечный уклон виража; получим $i_1 = \frac{Ц - \varphi Q}{Q + \varphi Ц}$, или, подставляя вместо $Ц$ его значение

$$Ц = \frac{Q}{g}\,\frac{v^2}{R}, \text{ получим}$$

$$i_1 = \frac{v^2 - gR\varphi}{gR + v^2\varphi}.$$

Эта формула может быть несколько упрощена, если в основном уравнении равновесия автомобиля пренебречь величиной $Ц \sin\alpha$, ввиду малой величины угла α, и если положить, что не весь вес автомобиля сопротивляется поперечному сдвигу, а только часть его, приходящаяся на задние колеса и равная kQ; тогда уравнение равновесия примет следующий вид:

$$Ц \cos\alpha - Q \sin\alpha = \varphi k Q \cos\alpha;$$

или, деля его на $\cos\alpha$ и определяя $i_1 = \operatorname{tg}\alpha$, получим $i_1 = \frac{Ц}{Q} - \varphi k$,

или, подставляя значение $Ц$, окончательно получим $i_1 = \frac{v^2}{gR} - \varphi k$.

Из этих выражений видно, что поперечный уклон виража тесно связан со скоростью движения и радиусом закругления.

По техническим условиям Цудортранса величина односкатного профиля назначается для дорог I, II, III и IV классов:

при радиусах от 201 — 250 *м*	3% — 4%
„ 151 — 200 „	4%
„ 101 — 150 „	5%
„ до 100 *м* и менее	6%

Для дорог V класса:

при радиусах до 50,0 *м*.	6%
„ 51,0 — 75,0 *м*.	5%
„ 76,0 — 100,0 *м*.	4%

Нижние пределы применяются на дорогах при более шероховатых покрытиях, главным образом на белом шоссе, мостовых, грунтовых и гравийных дорогах, не обработанных дегтевыми и битумными материалами; верхние — при более гладких, усовершенствованных покрытиях.

Значение допускаемых скоростей движения в *км*/час, в зависимости от радиуса и уклона односкатного профиля, с учетом наиболее невыгодного случая, т. е. $\varphi = 0{,}02$, приводится в следующей таблице. [1]

Таблица 57

R \ i%	2,5%	3,0%	4%	5%	6%
125	50	50	52	53	55,0
100	45	46	48	49	50,0
75	40	40	41	42	43,0
60	36	36	37	38	39 0
50	32	32	33	34	35,0
40	30	30	30	31	31,5
30	25	26	26	27	28,0

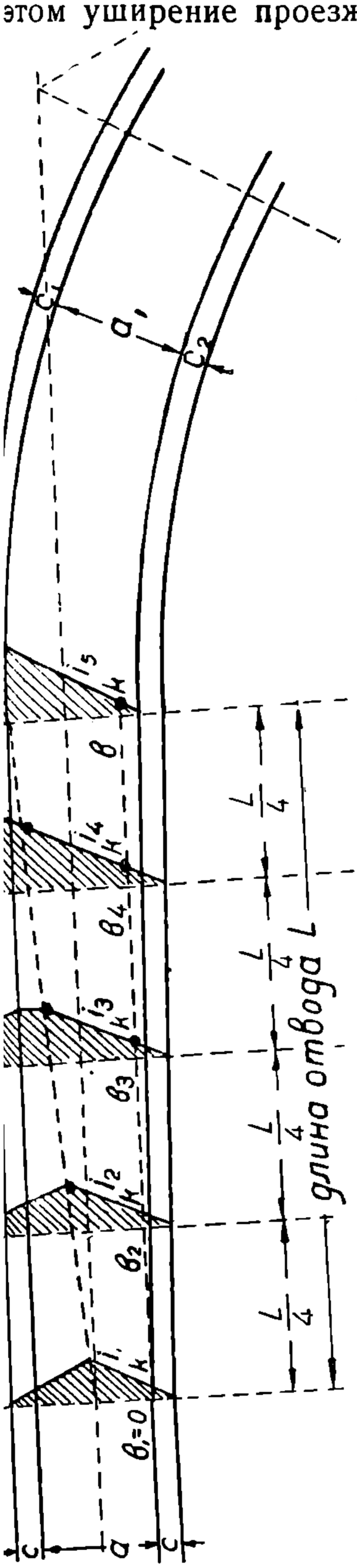
Переход от односкатного профиля, к двускатному производится постепенно до начала основной кривой закругления, т. е. на прямом отгоне или на переходной кривой. Переход обычного двускатного профиля в односкатный может выполняться различными путями: 1) путем вращения всего поперечного профиля около внутренней бровки проезжей части или 2) путем вращения поперечного профиля около осевой точки поперечного профиля.

В первом случее уклон наружного ската проезжей части от нормального

[1] Предельные скорости движения в *км*/час могут быть вычислены из условий воспрепятствования боковому скольжению по формулам, при $\alpha < 0° - v \leqslant 3{,}6\sqrt{Rg(\varphi - \operatorname{tg}\alpha)}$ при $\alpha \geqslant 0° - v \leqslant 3{,}6\sqrt{Rg(\varphi + \operatorname{tg}\alpha)}$; где α угол наклона односкатного профиля, φ — коэффициент сцепления можно принять равным 0,2; из условий против опрокидывания экипажа по формуле $v = 3{,}6\sqrt{Rg\operatorname{tg}(\alpha + \beta)}$, где $\operatorname{tg}\beta = \frac{b}{2h}$; где b ширина хода экипажа, h — расстояние центра тяжести экипажа от поверхности дороги, самый неблагоприятный случай может быть принят при $\beta = 30°$.

ЦВ УДУНТ (ДИТ)

уменьшается к середине отвода до нуля, после чего получает обратное направление и сливается в конце отвода у начала основной кривой с внутренним скатом, образуя односкатный профиль.[1] Уклон внутреннего ската проезжей части изменяется от нормального путем вращения поперечного профиля вокруг внутренней кромки проезжей части нормального поперечного профиля. При этом уширение проезжей части и внутренняя обочина несколько понижаются против нормального положения, что может быть достигнуто соответствующей срезкой обочины. Поперечный уклон наружной обочины постепенно уменьшают, и к концу отвода он принимает обратный уклон Если грунт обочины скалистый или гравелистый, то можно все дорожное полотно сделать односкатным.



Пример изменения поперечного профиля на вираже

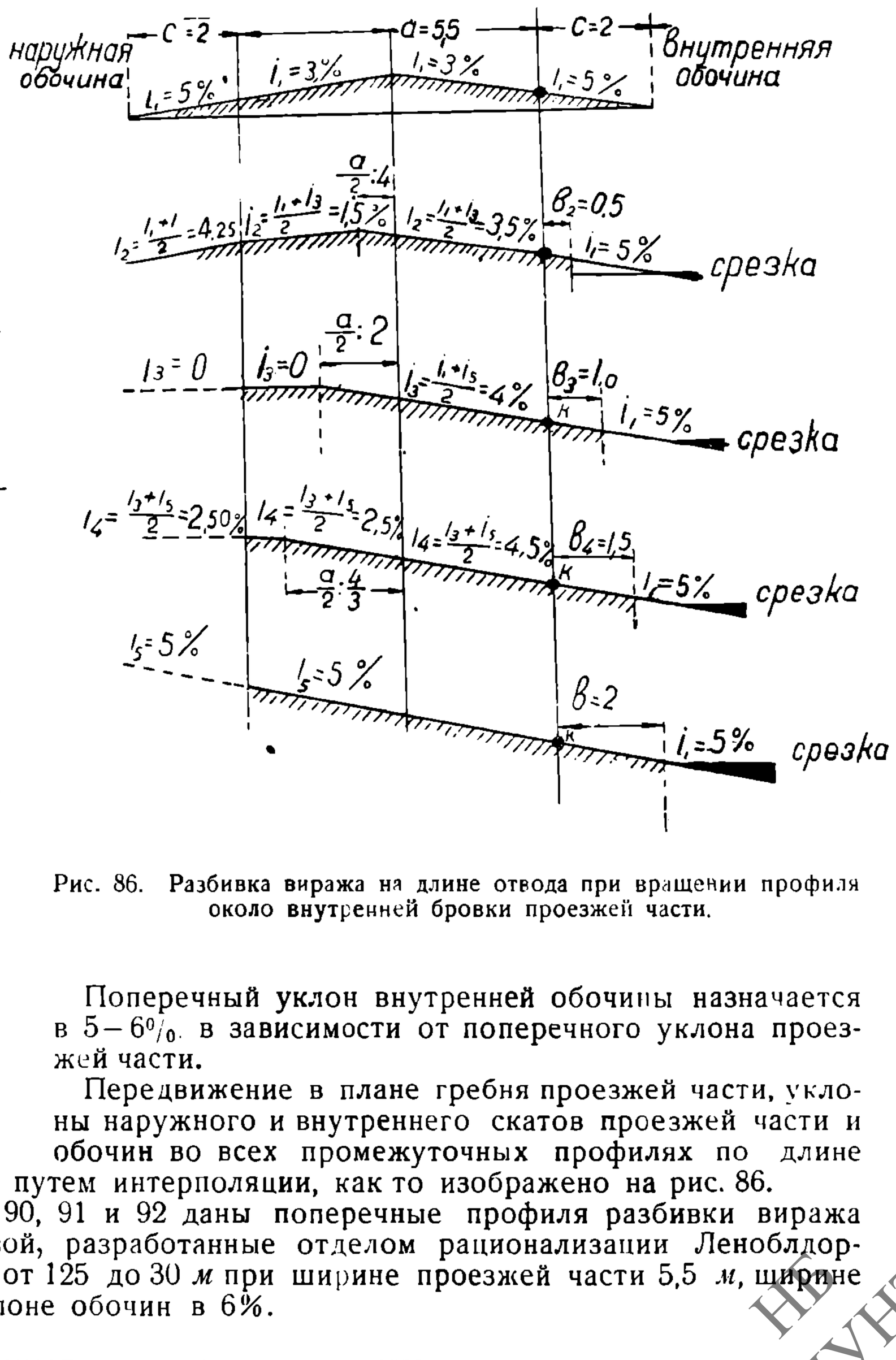


Рис. 86. Разбивка виража на длине отвода при вращении профиля около внутренней бровки проезжей части.

Поперечный уклон внутренней обочины назначается в 5—6% в зависимости от поперечного уклона проезжей части.

Передвижение в плане гребня проезжей части, уклоны наружного и внутреннего скатов проезжей части и обочин во всех промежуточных профилях по длине отвода определяются путем интерполяции, как то изображено на рис. 86.

На рис. 87, 88, 89, 90, 91 и 92 даны поперечные профиля разбивки виража без переходной кривой, разработанные отделом рационализации Леноблдортранса для радиусов от 125 до 30 *м* при ширине проезжей части 5,5 *м*, ширине обочин в 2,0 *м* и уклоне обочин в 6%.

---

[1] Технические условия ЦИАТа на устройство виража. 1932 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

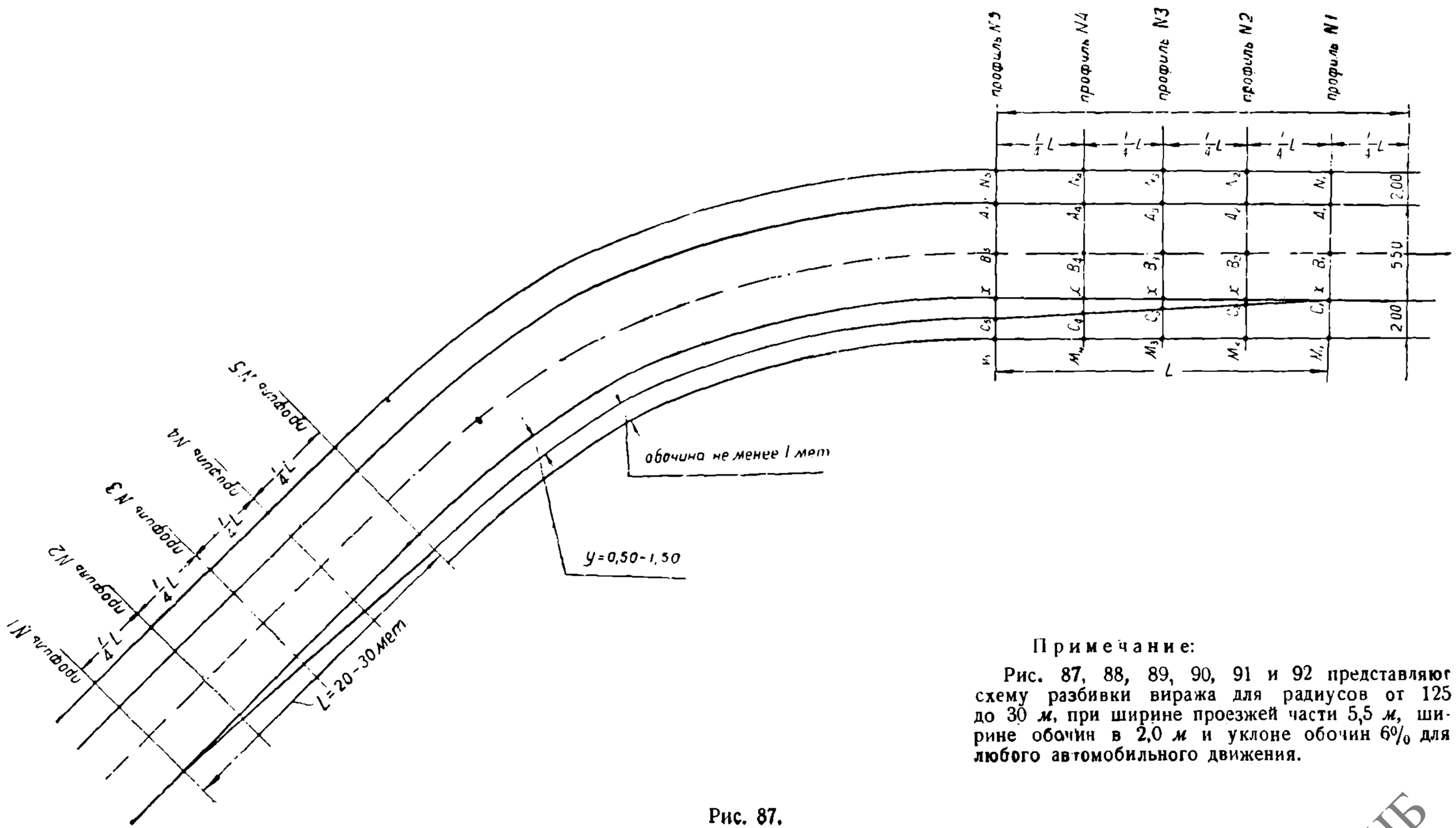


Рис. 87.

Примечание:

Рис. 87, 88, 89, 90, 91 и 92 представляют схему разбивки виража для радиусов от 125 до 30 *м*, при ширине проезжей части 5,5 *м*, ширине обочин в 2,0 *м* и уклоне обочин 6% для любого автомобильного движения.

НБ УДУНТ (ДИТ)

В приведенных таблицах даны возвышения переломных точек профиля в *см* над проектной линией *О—О* (бровка земляного полотна) для пяти профилей виража, из коих № 1—начальный профиль виража—профиль прямого участка и № 5—профиль в начале кривой с полным уширением и возвышением; №№ 2, 3 и 4—промежуточные профиля на отгоне.

В таблицах учтены все возможные случаи разбивки при любом поперечном уклоне начального профиля от 2 до 4%. Профиль № 1 одинаков для всех радиусов закругления.

Профиля виража с таблицами разбивки даются для следующих радиусов:

$R = 125—75$ *м* с уширением 0,5 *м* и длиною отвода 20 *м*,
$R = 75—45$ „ 1,0 „ 25
$R = 45—30$ „ 1,5 „ 30

Для радиусов от 125—45 *м* уширение делается за счет обочины, для радиуса 45—30 *м* необходимо уширение дорожного полотна в 0,5 *м*, с тем чтобы ширина обочины на вираже была не менее 1,0 *м*. Вращение профиля виража происходит относительно точки *х*, высота которой остается на всем протяжении виража неизменной.

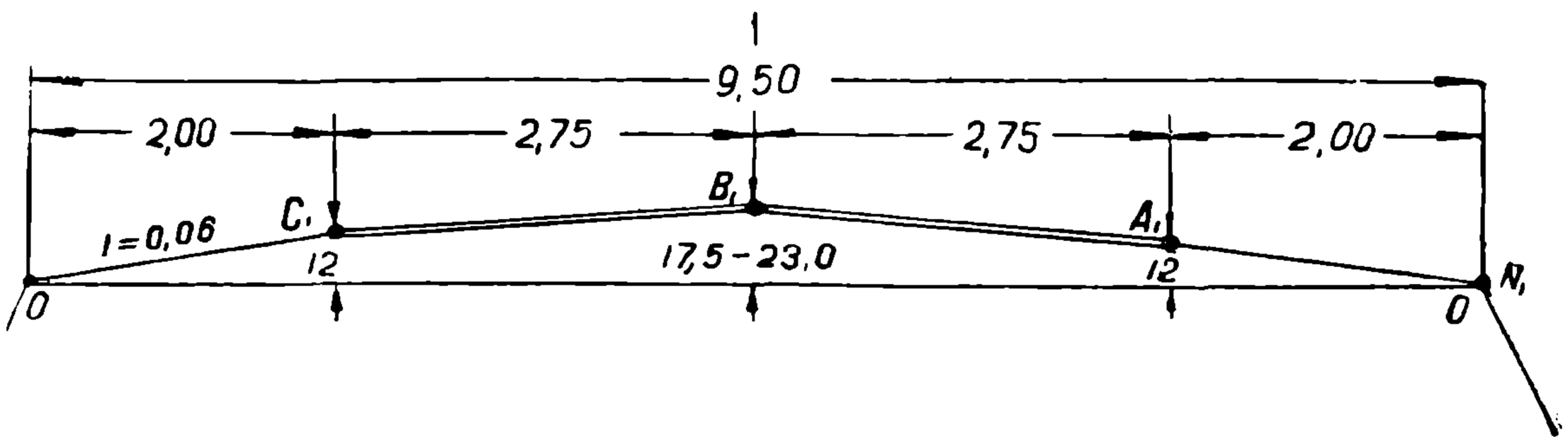
В случае вращения поперечного профиля на отгоне кривой относительно осевой линии, порядок разбивки виража на отгоне без переходной кривой изображен на рис. 93.

Продольные профиля различных точек отгона изображены на рис. 94.

Переход от прямой части пути к кривой при радиусе менее 75 *м* согласно техническим условиям Цудортранса на дорогах всех классов, за исключением 6 и 5 при регулярном автобусном движении производится по переходной кривой. Переходная кривая дает возможность более плавного, без толчков, перехода автомобиля с прямого участка на кривую.

Переходную кривую между проезжей и основной кривой можно устраивать при помощи радиоидальной спирали или коробовой кривой, состоящей из сопряженных дуг окружности, описанных разными радиусами. До настоящего времени в нашей дорожной практике устройство переходных кривых имело

Профиль № 1



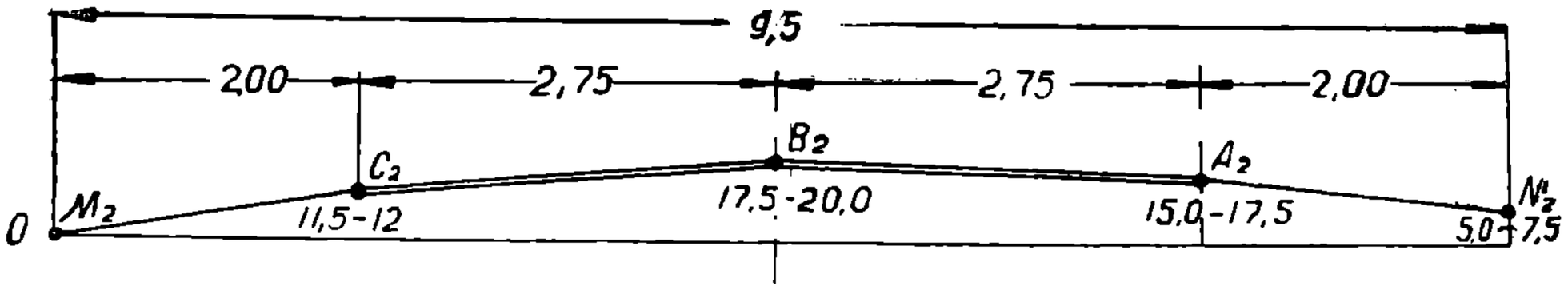
Возвышение точек разбивки над проектной линией для различных поперечных уклонов

Точки разбивки \ Уклоны профиля	2%	2,5%	3%	4%	Примечание
N_1	0	0	0	0	Профиль относится ко всем радиусам.
A_1	12,0	12,0	12,0	12,0	
B_1	17,5	19,0	20,0	23,0	
C_1	12,0	12,0	12,0	12,0	
M_1	0	0	0	0	

Рис. 88.

НБ УДУНТ (ДИТ)

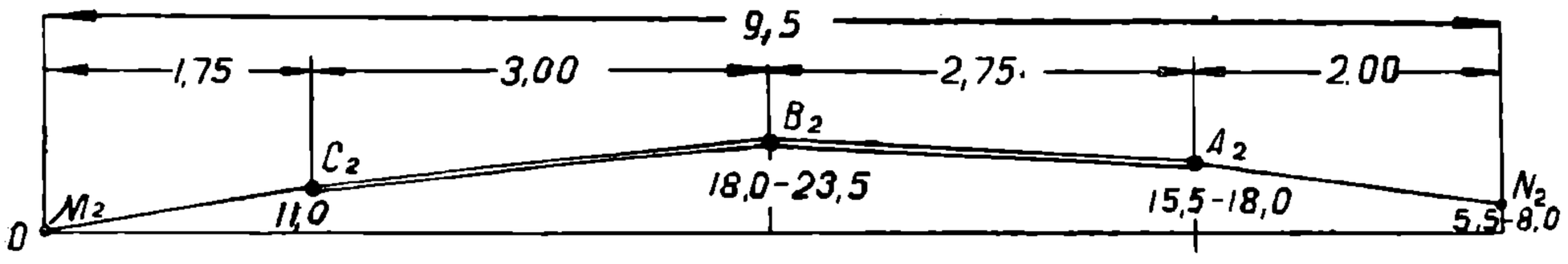
Профиль № 2, для радиуса от 125—75 м



Возвышение точек разбивки над проектной линией *О—О*.

Поперечный уклон на прямой / Уклон односкатного профиля	2%		2,5%		3%	4%	Примечание
	2,5%	3%	2,5%	3%	3%	4%	
N_2.	5.0	5,5	5,5	6,0	6,0	7,5	Уклон виража в 4% назначается лишь в случае такого же уклона поперечного профиля на прямом участке.
A_2.	15,0	15,5	15,5	16,0	16,0	17,5	
B_2.	17,5	18,5	19,0	19,0	20,0	23,0	
C_2.	12,0	12,0	12,0	12,0	11,5	11,5	
M_2.	0	0	0	0	0	0	

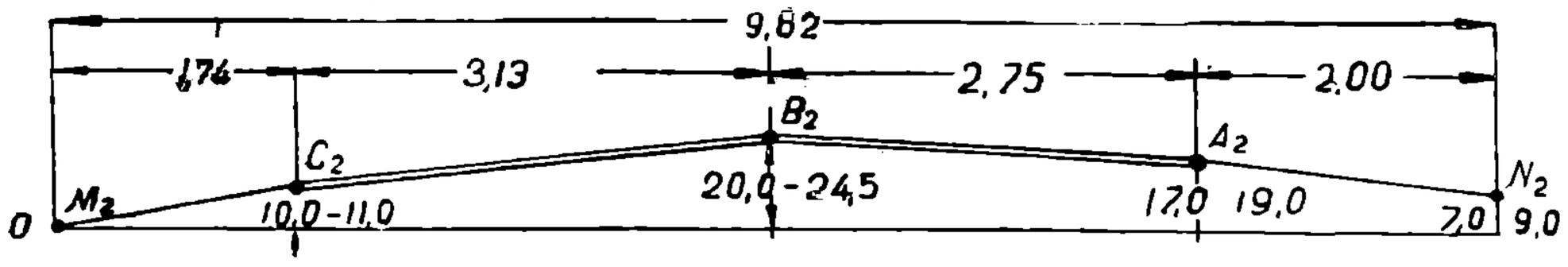
Профиль № 2, для радиуса от 75—45 м



Возвышение точек разбивки над проектной линией *О—О*.

Поперечный уклон на прямой / Уклон односкатного профиля	2%			2,5%			3%			4%		Примечание
	3%	4%	5%	3%	4%	5%	3%	4%	5%	4%	5%	
N_2.	5,5	6,0	7,0	5,5	6,5	7,0	6,0	7,0	7,5	7,5	8,0	Уклон виража в 5% назначается лишь при радиусе менее 50 метров.
A_2.	15,5	16,0	17,0	16,0	16,5	17,0	16 0	17,0	17,5	17,5	18,0	
B_2.	18,0	19,0	20,0	19,0	20,0	20,5	20,0	21,0	21.5	23,0	23,5	
C_2.	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	
M_2.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Профиль № 2, для радиуса от 45—30 м



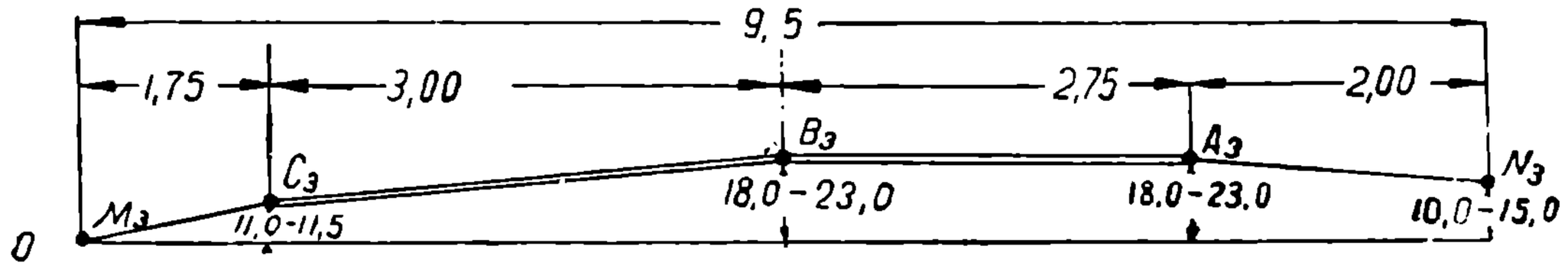
Возвышение точек разбивки над проектной линией *О—О*.

Поперечный уклон на прямой / Уклон односкатного профиля	2%		2,5%		3%		4%		Примечание
	5%	6%	5%	6%	5%	6%	5%	6%	
N_2.	7,0	7,5	7,0	7,5	7,5	8,0	8,0	9,0	Уклон виража в 6% назначается при преобладающем легковом автомобил. движении.
A_2.	17,0	17,5	17,0	17,5	17,5	18,0	18,0	19,0	
B_2.	20,0	21,0	21,0	21,5	21,5	22,0	24,0	24,5	
C_2.	11,0	10,5	11,0	10,5	10,5	10,0	10,0	10,0	
M_2.	0	0	0	0	0	0	0	0	

Рис. 89.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Профиль № 3, для радиуса от 125—75 м.



Возвышение точек разбивки над проектной линией *0—0*.

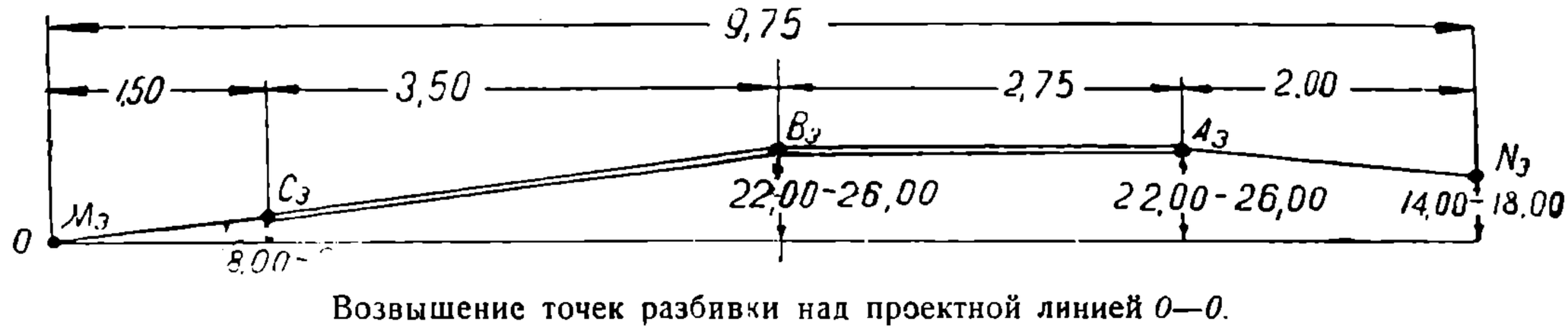
Поперечный уклон на прямой / Уклон односкатного профиля	2%		2,5%		3%	4%
	2,5%	3%	2,5%	3%	3%	4%
N_3.	10,0	11,0	11,0	11,5	12,0	15,0
A_3.	18,0	19,0	19,0	19,5	20,0	23,0
B_3.	18,0	19,0	19,0	19,5	20,0	23,0
C_3.	11,5	11,5	11,5	11,5	11,0	11,0
M_3.	0	0	0	0	0	0

Профиль № 3, для радиуса от 75—45 м.

Возвышение точек разбивки над проектной линией *0—0*.

Поперечный уклон на прямой / Уклон односкатного профиля	2%			2,5%			3%			4%	
	3%	4%	5%	3%	4%	5%	3%	4%	5%	4%	5%
N_3.	11,0	12,0	14,0	11,5	13,0	14,0	12,0	14,0	15,0	15,0	16,0
A_3.	19,0	20,0	22,0	19,5	21,0	22,0	20,0	22,0	23,0	23,0	24,0
B_3.	19,0	20,0	22,0	19,5	21,0	22,0	20,0	22,0	23,0	23,0	24,0
C_3.	10,5	10,5	10,0	10,5	10,5	10,0	10,5	10,0	9,5	10,0	9,5
M_3.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Профиль № 3, для радиуса от 45—30 м.



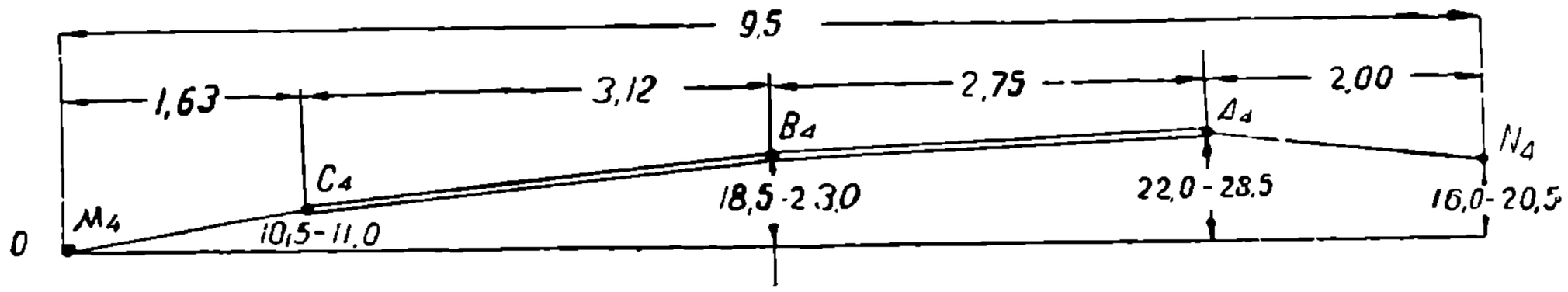
Возвышение точек разбивки над проектной линией *0—0*.

Поперечный уклон на прямой / Уклон односкатного профиля	2%		2,5%		3%			
	5%	6%	5%	6%	5%	6%	5%	6%
N_3.	14,0	15,0	14,5	15,5	15,0	16,5	16,5	18,0
A_3.	22,0	23,0	22,5	23,5	23,5	24,5	24,5	26,0
B_3.	22,0	23,0	22,5	23,5	23,0	24,5	24,5	26,0
C_3.	9,5	9,0	9,5	9,0	9,0	8,5	8,5	8,0
M_3.	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 90.

УДУНТ (ДИТ)

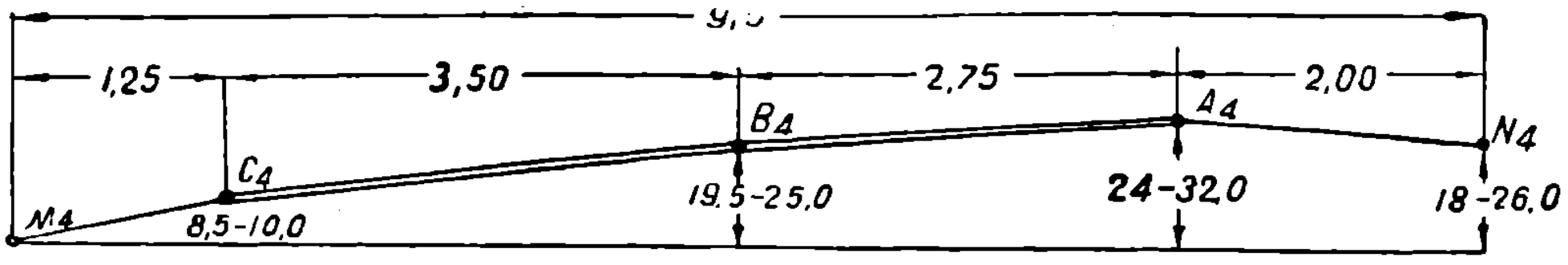
Профиль № 4 для радиуса от 125—75 м.



Возвышение точек разбивки над проектной линией *0—0*

Поперечный уклон на прямой / Уклон односкатного профиля	2%		2,5%		3%	4%
	2,5%	3%	2,5%	3%	3%	4%
N_4	16,0	17,5	16,5	18.0	18,5	20,5
A_4	22,0	24,0	22 5	24,0	24.0	28,5
B_4	18,5	19 5	19,0	20,0	20,0	23,0
C_4	11,0	11,0	11,0	11,0	11.0	10,5
M_4	0	0	0	0	0	0

Профиль № 4 для радиуса от 75 45 м.



Возвышение точек разбивки над проектной линией *0*

Поперечный уклон на прямой / Уклон односкатного профиля	2%			2,5%			3%			4%	
	3%	4%	5%	3%	4%	5%	3%	4%	5%	4%	5%
N_4	18,0	21,0	25,0	18,0	21,5	25,0	18,5	22,0	25,0	18,0	26,0
A_4	24,0	27,0	31,0	24,0	28,0	31,0	24,5	28,0	31,5	28,5	32,0
B_4	19,5	21,5	24,0	20.0	22,0	24,0	20,0	22,5	24,5	23.0	25,0
C_4	10,0	9,0	8,5	10,0	9,0	8,5	10,0	9,5	8,5	9,0	8,5
M_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Профиль № 4 для радиуса от 45—30 м.

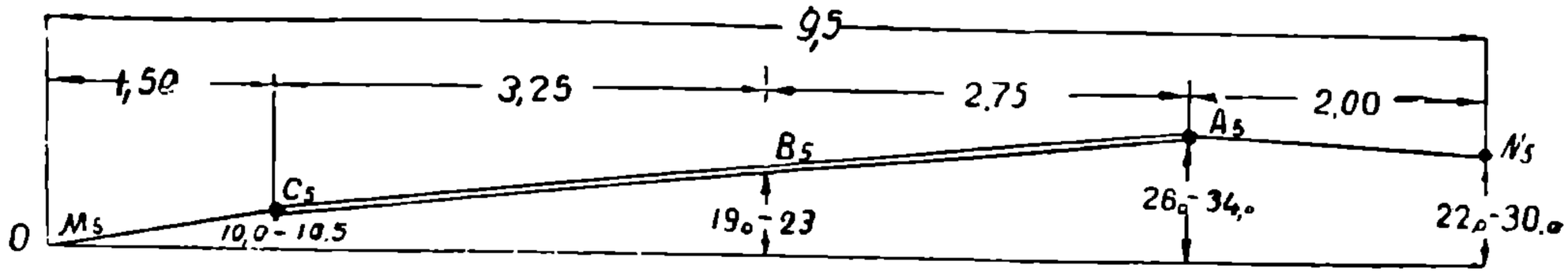
Возвышение точек разбивки над проектной линией *0—0*

Поперечный уклон на прямой / Уклон односкатного профиля	2%		2,5%		3%		4%	
	5%	6%	5%	6%	5%	6%	5%	6%
N_4	24,5	29 0	25,0	29,0	25,0	30.0	28,0	31,0
A_4	31,0	35,0	31,0	35,0	32,0	6.0	32,0	36,5
B_4	24,0	26,0	24,0	26,	24,5	26.5	25,0	27.0
C_4	7,0	6,0	7,0	6,0	7,0	6,0	6,5	5,5
M_4	0	—1,5	0	—1,5	0	—1,5	0	—1,5

Рис. 91.

НБ УДУНТ (ДИТ)

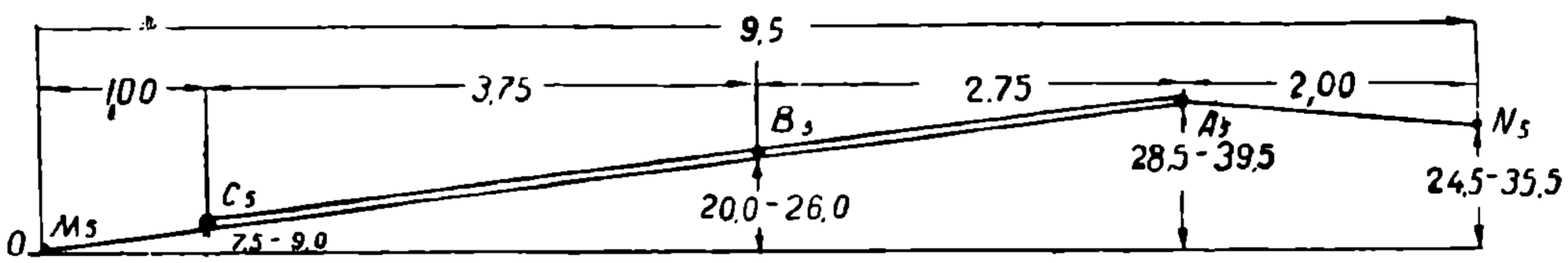
Профиль № 5 для радиуса от 125—75 м.



Возвышение точек разбивки над проектной линией *0—0*

Точки разбивки \ Уклон односкатного профиля	2,5%	3%	4%	Примечание
N_5.	22,0	24 5	30,0	Уклон виража в 4% назначается лишь в случае наличия такого же уклона на поперечном профиле прямого участка.
A_5.	26,0	28,5	34,0	
B .	19,0	20,0	23,0	
C_5.	10,5	10,5	10,0	
M_5.	0	0	0	

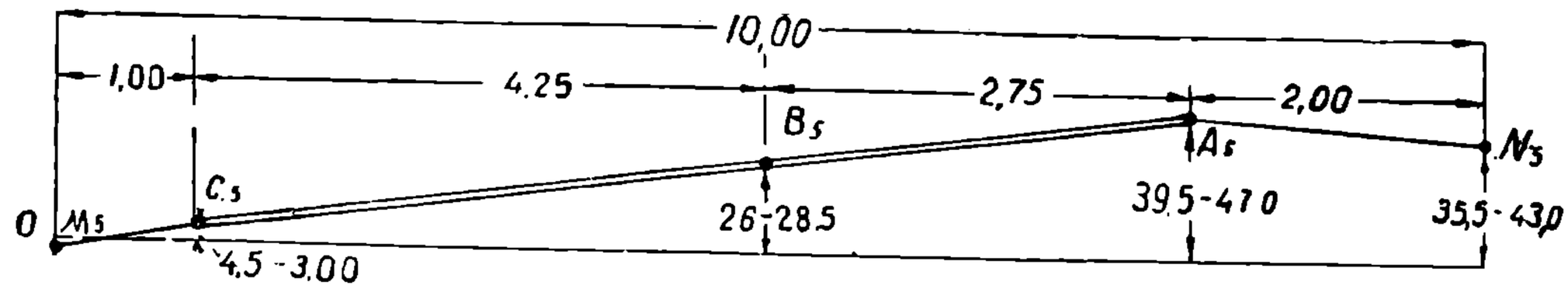
Профиль № 5 для радиуса от 75—45 м.



Возвышение точек разбивки над проектной линией *0—0*.

Точки разбивки \ Уклон односкатного профиля	3%	4%	5%	Примечание
N_5.	24.5	30,0	35,5	Уклон виража в 5% назначается лишь для радиуса менее 50 *м*.
A_5.	28,5	34,0	39,5	
B_5.	20,0	23.0	26,0	
C_5.	9,0	8,0	7,0	
M_5.	0	0	0	

Профиль № 5 для радиуса 45 –30 м.



Возвышение точек разбивки над проектной линией *0—0*.

Точки разбивки \ Уклон односкатного профиля	5%	6%	Примечание
N_5.	35,5	43	Уклон виража в 6% назначается при преобладающем легковом автомобильном движении.
A_5.	39,5	47	
B_5.	26,0	28,5	
C_5.	4,5	3,0	
M_5.	—1,5	– 3,0	

Рис. 92.

НБ УДУНТ (ДИТ)

незначительное применение, а потому в дальнейшем даются основные теоретические вычисления, связанные с разбивкой этих кривых в производственной обстановке.

Переходная кривая, устраиваемая на радиоидальной спирали, определяется уравнением: [1]

$$\rho = \frac{C}{S},$$

где ρ — радиус кривизны,
C — параметр кривой,
S — длина кривой от точки, где $\rho = \infty$, до точки, нас интересующей.

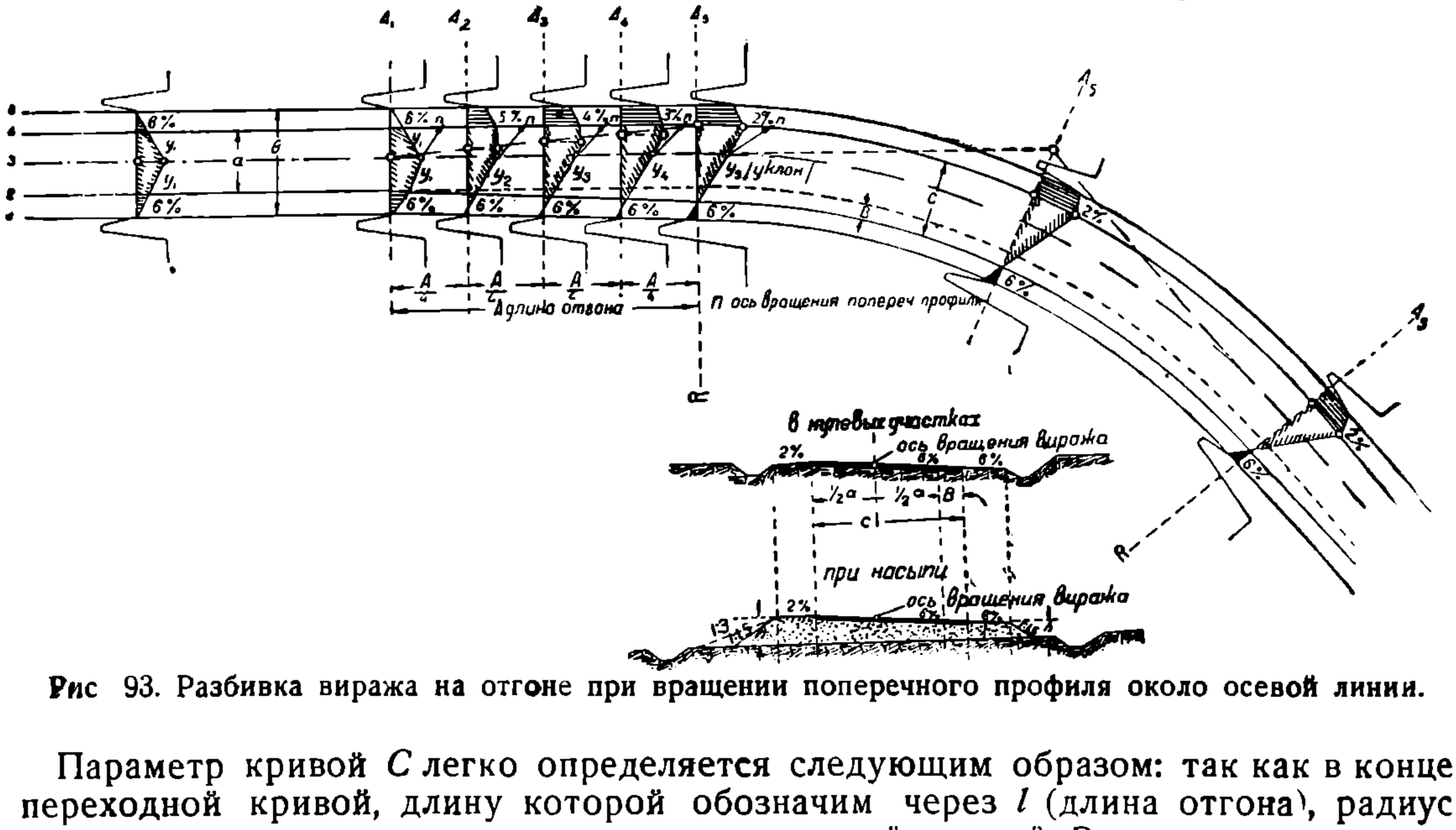


Рис 93. Разбивка виража на отгоне при вращении поперечного профиля около осевой линии.

Параметр кривой C легко определяется следующим образом: так как в конце переходной кривой, длину которой обозначим через l (длина отгона), радиус кривизны ρ должен равняться радиусу основной кривой R, то

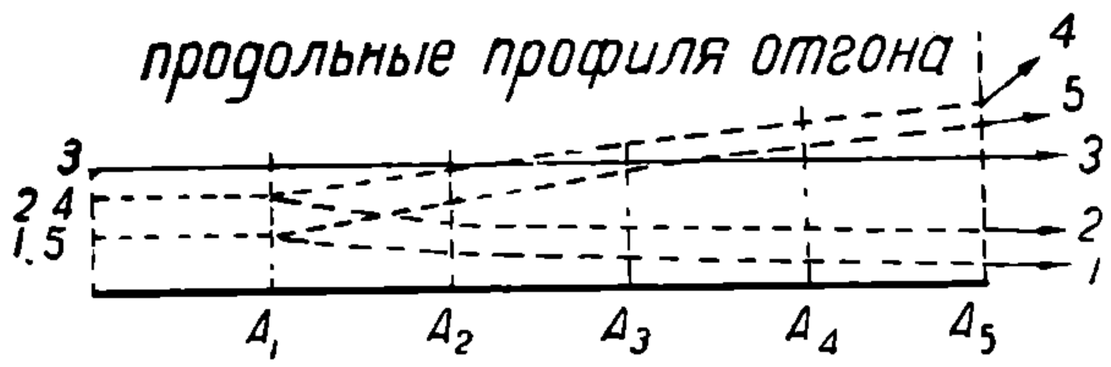


Рис. 94. Продольные профиля отгона.

$$R = \frac{C}{l}$$

откуда

$$C = Rl \qquad (1)$$

Для виражей величины радиусов основной кривой и отгона находятся в следующих пределах:

$$10 \leqslant R \leqslant 200 \text{ м}; \quad 20 \leqslant l \leqslant 45 \text{ м}.$$

Нижний предел для переходной кривой в 20 *м* установлен техническими условиями для удобства вписывания движущегося экипажа на закругление. Высший предел получится, если при ширине дороги в 9,0 *м* с поперечным уклоном в 0,04 *м* переходим на односкатный профиль с уклоном 0,06. Тогда длина отгона

$$l = \frac{\frac{9{,}0}{2} \times 0{,}04 + \frac{9}{2} \times 0{,}\ 6}{0{,}01} = 45 \text{ м}.$$

Таким образом параметр спирали C будет изменяться в пределах

$$200 \leqslant C \leqslant 9\,000.$$

Для разбивки переходной кривой нам нужны Декартовы координаты Формулы для определения координат x и y будут:

$$x = S - \frac{S^5}{40\,C^2} + \frac{S^9}{3456C^4} -$$

$$y = \frac{S^3}{6\,C} - \frac{S^7}{336\,C^3} + \frac{S^{11}}{42\,240\,C^5} - .$$

[1] Составлено по техническим условиям ЦИАТа, разработ. инж. А. С. Боженко.

НБ (2). УДУНТ (ДИТ)

(вывод их см. „Полевые таблицы" В. А. Важеевского. Огиз-Гострансиздат, 1932, стр. 343).

Ряды эти довольно быстро сходящиеся, и в большинстве случаев бывает достаточно ограничиться двумя первыми членами.

Важно знать угол β, образованный касательной в конце переходной кривой с осью x-ов (рис. 95)

$$\beta = \frac{l}{2R} \quad . (3)$$

Если угол поворота

$$\alpha \geqslant 2\beta,$$

то вираж возможно устроить с переходной кривой данного параметра.

Если окажется, что $\alpha < 2\beta$, нужно выбрать другие R и l так, чтобы осуществилось равенство $\alpha \geqslant 2\beta$.

Для разбивки оси переходной кривой и всего виража, необходимо знать тангенс TA и биссектрису $AБ$.

Из рис. 95 видно, что

$$TA = x_0 + y_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (4)$$

Биссектриса

$$AБ = \frac{y_0}{\cos \frac{\alpha}{2}} - R \quad . (5).$$

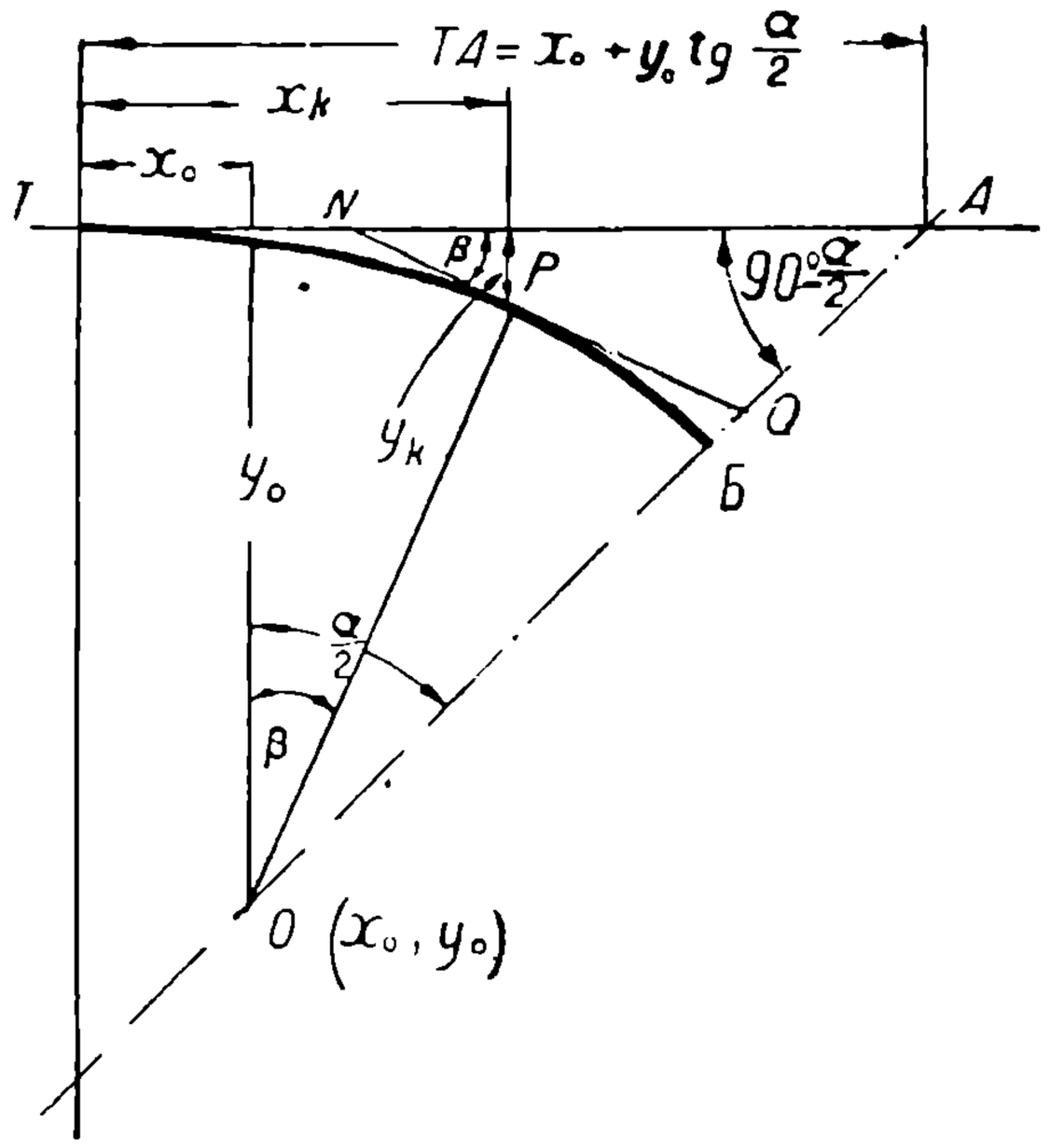


Рис. 95. Построение переходной кривой при помощи радиоидальной кривой (спирали).

Таким образом, для определения TA и $AБ$ нужно определить x_0 и y_0. Из того же рис. 95 видно:

$$x_0 = x_k - R \sin \beta; \; y_0 = y_k + R \cos \beta. \quad (6)$$

x_k и y_k координаты конца переходной кривой найдутся из формулы (2) при $s = l$.

Определим еще положение касательной NP, для разбивки основной кривой по полевым таблицам. Положение этой касательной определится отрезком TN, так как другая точка касательной — конец переходной кривой — уже известна.

$$TN = x_k - y_k \operatorname{ctg} \beta \quad (7)$$

Если точки N и P близки друг к другу и не дадут возможности определить точно положение касательной NP, то положение касательной NP лучше установить точкой Q, положение которой определится на биссектрисе отрезком:

$$AQ = (TA - TN) \frac{\sin \beta}{\cos\left(\frac{\alpha}{2} - \beta\right)} \quad (8).$$

Формулы (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7) и (8) дают возможность достаточно точно разбить ось виража.

Надо заметить, что координаты промежуточных точек, конца переходной кривой, $\angle \beta$, координаты центра основной кривой x_0, y_0 и отрезок TN могут быть вычислены независимо от угла поворота α для различных параметров спирали C, и по таблицам разбивка виража станет настолько же простой, как и разбивка круговой кривой. Для разбивки виража на местности нужно будет вычислить только тангенс по формуле (4) и биссектрису по формуле (5) и в некоторых случаях отрезок AQ на формуле (8).

Переходная кривая коробового типа (5-звенная) имеет тот недостаток, что при этой кривой переход с прямолинейного участка дороги не производится так плавно, как по радиоидальной спирали, у которой в начале переходной

НБ УДУНТ (ДИТ)

кривой радиус кривизны $\rho = \infty$. В коробовой же кривой экипаж вступает на переходную кривую конечного радиуса, хотя и большего в несколько раз, чем радиус основной кривой.

Преимущество же этой переходной кривой заключается в следующем: при небольших углах поворота и малых радиусах устройство переходной кривой по радиоидальной спирали не осуществимо. Например, при $\alpha = 30°$ и $R_{осн.} = 30$ *м* и длине переходной кривой $l = 20$ *м*

$$\angle \beta = \frac{l}{2R} = \frac{20}{2 \cdot 30} = \frac{1}{3} \cong 19°.$$

т. е. равенство ($\alpha \leqslant 2\beta$) неосуществимо, так как

$$30° < 2 \cdot 19°.$$

Если же возьмем коробовую 5-звенную кривую с переходными радиусами $R_2 = 180$ *м* и $R_1 = 90$ *м*, то угол поворота на переходной кривой будет 9°33′, т. е.

$$\alpha > 2 \cdot 9° 33'$$

и осуществить такую переходную кривую будет возможно.

Элементы 3-звенной переходной кривой коробового типа определяются следующими формулами (рис. 96).

Величина тангенса

$$TA = x_0 + y_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Биссектриса

$$AБ = \frac{y_0}{\cos \frac{\alpha}{2}} - R$$

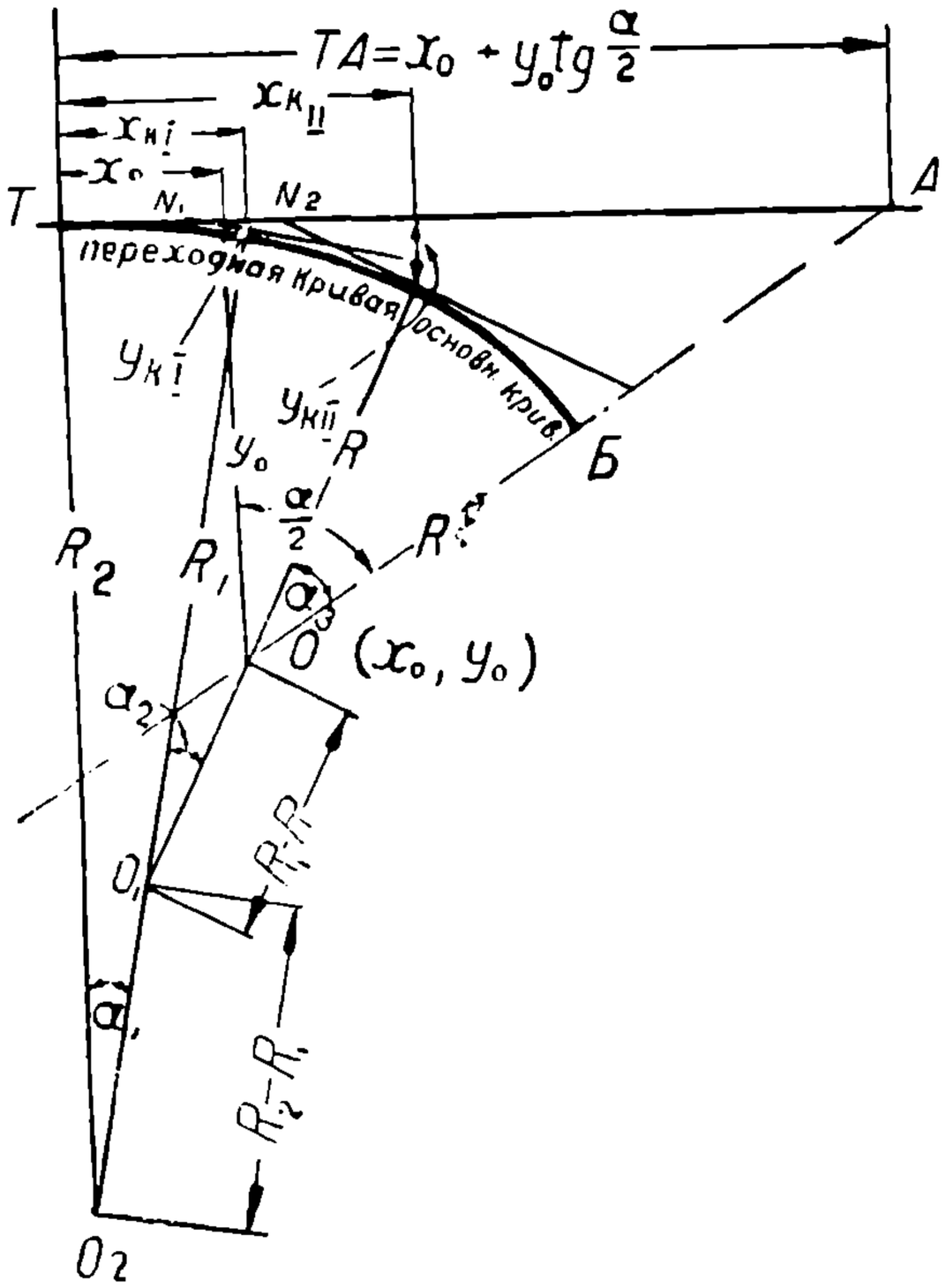


Рис. 96. Разбивка переходной кривой по коробовой кривой.

где x_0 и y_0 — координаты центра основной кривой определяются формулами:

$$\left.\begin{aligned} x_0 &= (R_2 - R_1) \sin \alpha_1 + (R_1 - R) \sin (\alpha_1 + \alpha_2) \\ y_0 &= R_2 - (R_2 - R_1) \cos \alpha_1 - (R_1 - R) \cos (\alpha_1 + \alpha_2) \end{aligned}\right\} \quad . \quad (9)$$

где α_1 — центр. угол, соответствующий дуге 1-го звена

α_2 — „ „ „ „ 2-го „

Углы $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = \frac{\alpha}{2}$ (угол α — угол поворота).

Углы α_1 и α_2 определяются из условий:

$$R_2\alpha_1 = R_1\alpha_2 \text{ и } R_2\alpha_1 + R_1\alpha_2 = l \quad (10)$$

l — длина переходной кривой,

R_2 — радиус дуги 1-го звена,

R_1 — „ „ 2-го звена.

Радиусы R_2 и R_1 можно выбирать произвольно, но для плавности перехода лучше установить такую зависимость:

$$R_2 = 3R \qquad R_1 = 1{,}5R,$$

где R — радиус основной кривой.

Координаты конца 1 звена:

$$\left.\begin{aligned} x_{kI} &= R_2 \sin \alpha_1 \\ y_{kI} &= R_2 (1 - \cos \alpha_1) \end{aligned}\right\} \quad (11)$$

Координаты конца 2 звена

$$\left.\begin{aligned} x_{kII} &= x_{kI} + 2R_1 \sin \frac{\alpha_2}{2} \cos \left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2}\right. \\ y_{kII} &= y_{kI} + 2R_1 \sin \frac{\alpha_2}{2} \sin \left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2}\right) \end{aligned}\right\} \quad (12)$$

НБ УДУНТ (ДИТ)

Для разбивки 2 звена и основной кривой нужно знать положение касательных в конце 1 и 2 звеньев.

Эти касательные определяются отрезками TN_1 и TN_2

$$TN_1 = x_{k\text{I}} - y_{k\text{I}} \operatorname{ctg} \alpha_1;\ TN_2 = x_{k\text{II}} - y_{k\text{II}} \operatorname{ctg}\ (\alpha_1 + \alpha_2) \qquad (13)$$

Формулы (9), (10), (11), (12) и (13) не зависят от угла поворота α и потому могут быть вычислены для различных R, и полученные данные сведены в таблицу.

На месте же нужно вычислить только

$$TA = x_0 + y_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$АБ = \frac{y^\circ}{\cos \frac{\alpha}{2}} - R,$$

где x_0 и y_0 берутся из вычисленных таблиц, а α — угол поворота.

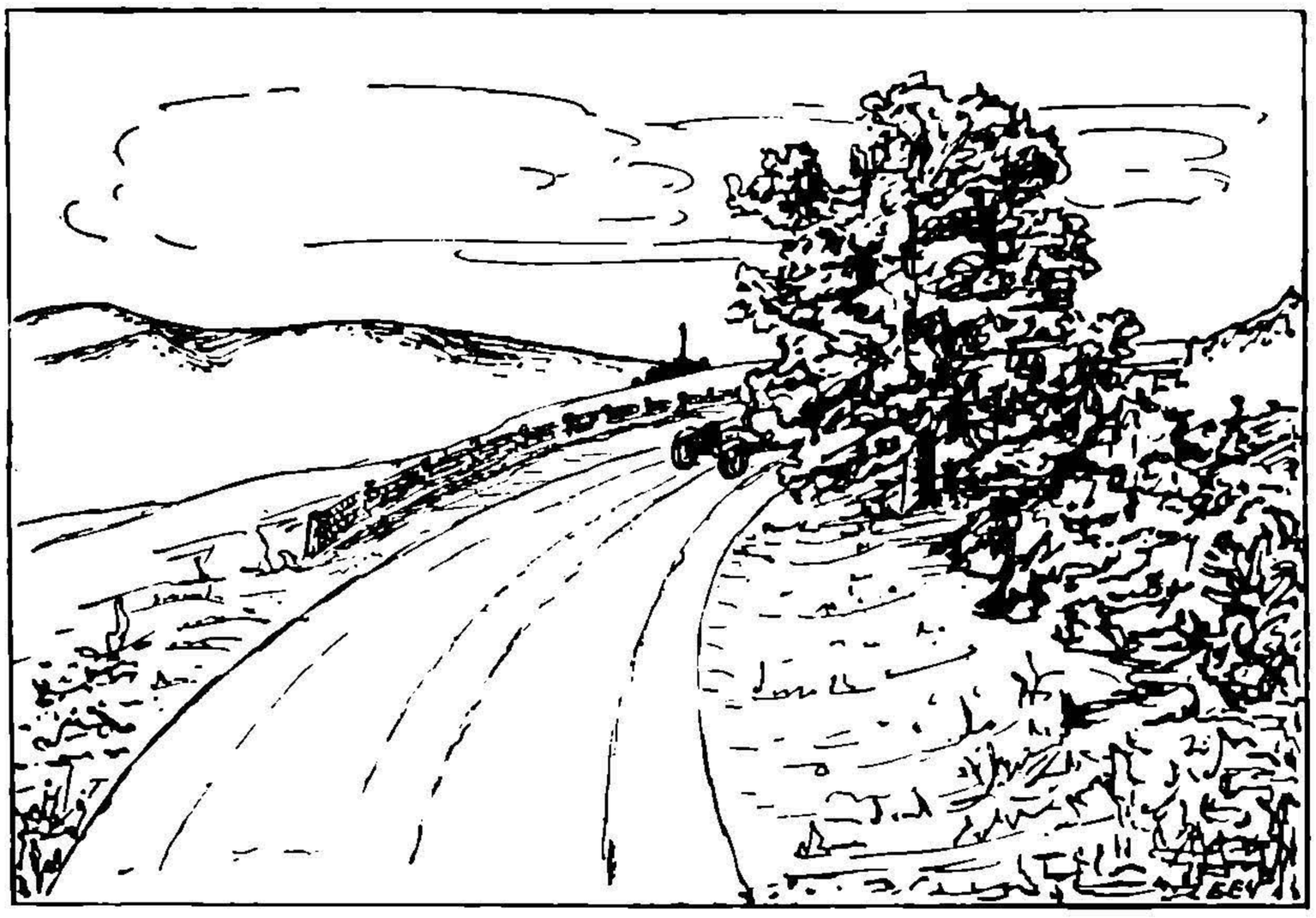


Рис. 97. Дорога с плохой видимостью на закруглениях

§ 36. Обеспечение видимости на кривых. На кривых участках водитель машины должен, как сказано, видеть лежащий перед ним путь на достаточно большое расстояние, чтобы успеть затормозить машину. На закруглениях малого радиуса такой видимости трудно достичь, так как прилегающая к дороге местность бывает застроена либо покрыта кустарником или лесом (рис. 97 и 98). На таких кривых столкновения повозок и несчастных случаев можно избежать только в том случае, если будет произведена расчистка дорожной полосы или срезка откоса выемки для обеспечения необходимой видимости дороги на высоте точки зрения водителя машины, примерно около 1,2 *м*. По техническим условиям Цудортранса расположение дорог первых пяти классов в плане должно обеспечивать видимость не менее чем на 100 *м* в равнинной и холмистой местности, что соответствует скорости движения автомобиля около 60 *км*/час, и не менее 50 *м* в гористой местности, что соответствует скорости движения автомобиля в 30 *км*/час. Для дорог 6 класса видимость может быть уменьшена в равнинной и холмистой местностях до 50 *м*, в гористой местности — до 30 *м*.

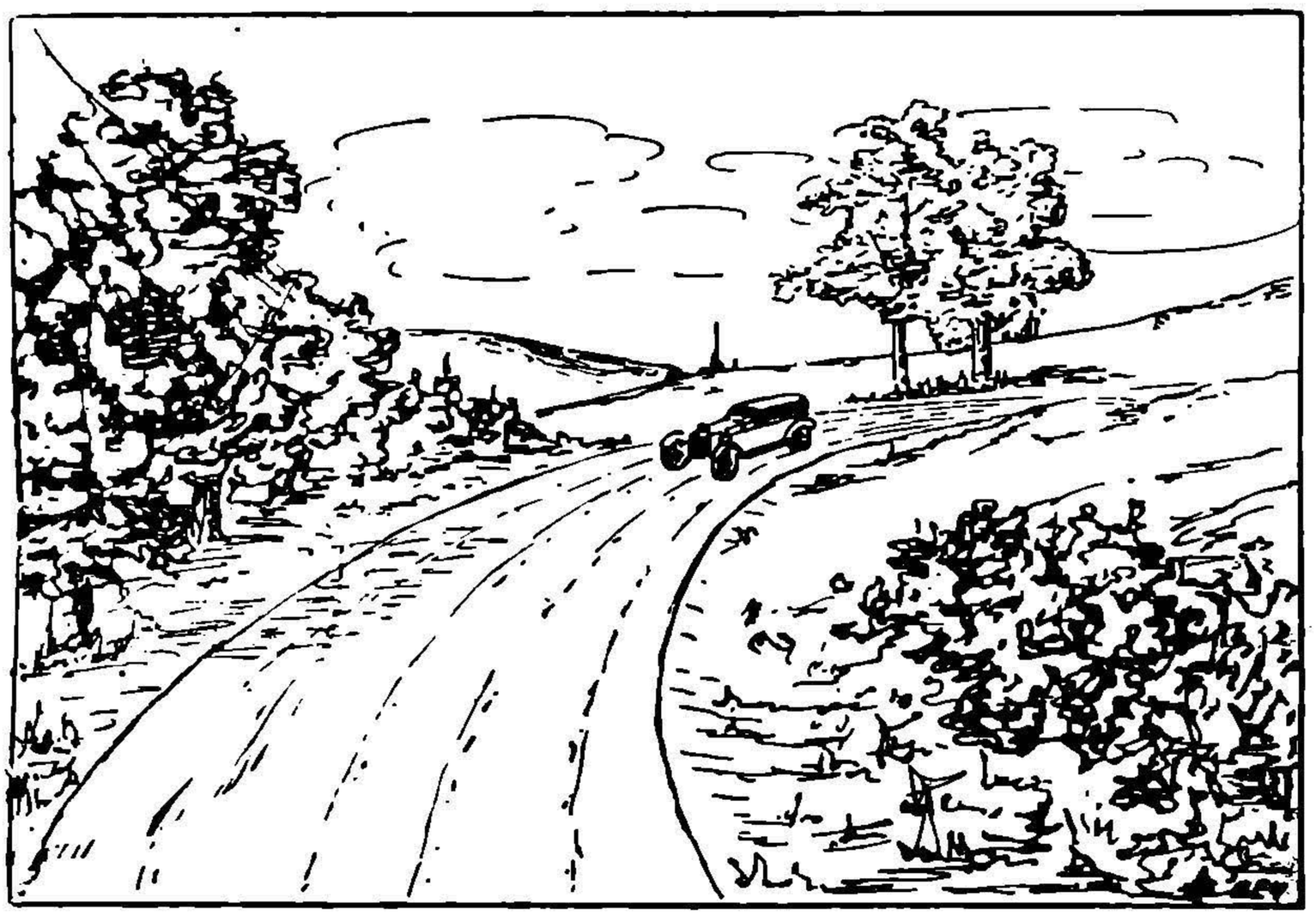


Рис. 98. Дорога с хорошей видимостью на закруглении.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

В особо затруднительных случаях, в частности в населенных пунктах, допускается отступление от этого правила, но при условии установления сигналов тихого хода.

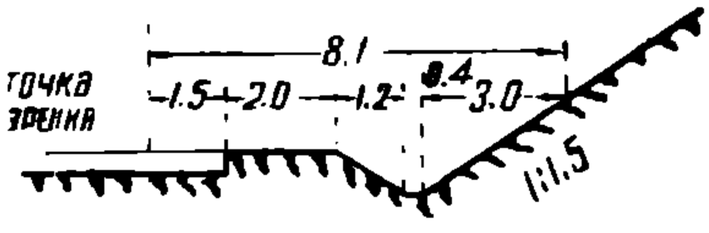


Рис. 99. Обеспечение видимости в равнинной местности.

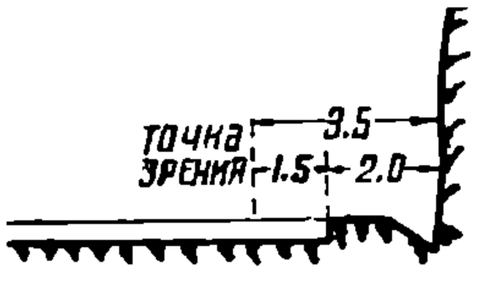


Рис 100. Обеспечение видимости в выемках с плотным грантом.

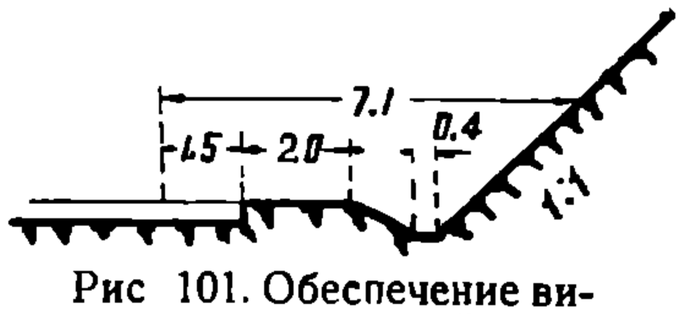


Рис 101. Обеспечение видимости в гористой местности.

При указанной обеспеченности видимости на высоте точки зрения, равной 1,2 *м*, в выемках в равнинной местности (рис. 99) ширина, на которой должна быть обеспечена видимость — $h = 8{,}1$ *м*, в выемках с плотным грунтом (рис. 100) $h = 7{,}1$ *м*, в горной местности $h = 3{,}5$ *м* (рис. 101).

Максимальный угол, при котором не требуется разработки выемки при данном h, может быть определен следующим образом.

На рис. 102 имеются следующие обозначения:

α — угол поворота,
R — радиус закругления,
S — хорда, соответствующая требуемой видимости дороги,
h — стрела дуги, на которой должна быть обеспечена видимость.

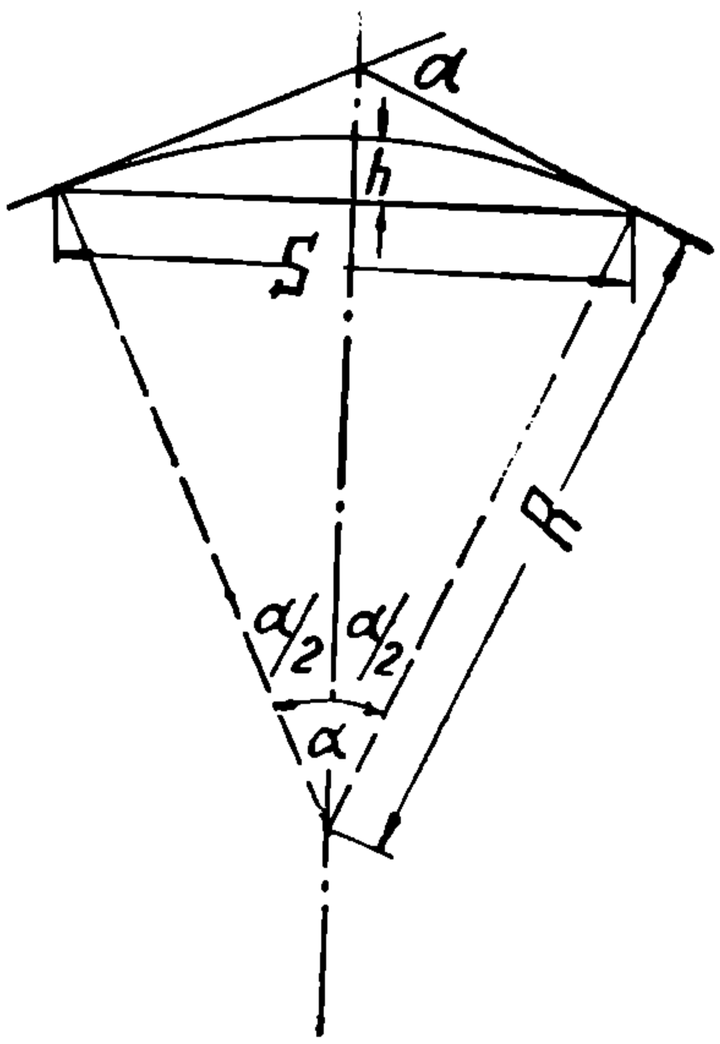


Рис. 102. Определение максимального угла поворота, при котором не требуется разработки выемки.

Из чертежа 102 находим:

$$S = 2R\sin\frac{\alpha}{2} = 4R\sin\frac{\alpha}{4}\cos\frac{\alpha}{4}$$

$$h = R - R\cos\frac{\alpha}{2} = R\left(1-\cos\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{-\cos\alpha}{2}};\quad \sin^2\frac{\alpha}{2} = \frac{1-\cos\alpha}{2};$$

$$1-\cos\alpha = 2\sin^2\frac{\alpha}{2}.$$

$$1-\cos\frac{\alpha}{2} = 2\sin^2\frac{\alpha}{4}$$

$$h = 2R\sin^2\frac{\alpha}{4}$$

$$\frac{S}{h} = \frac{4R\sin\frac{\alpha}{4}\cos\frac{\alpha}{4}}{2R\sin^2\frac{\alpha}{4}} = \frac{2}{\operatorname{tg}\frac{\alpha}{4}},$$

или

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{4} = \frac{2h}{S}.$$

При видимости $S = 100$ *м* и $h = 8{,}1$ в равнинной местности $\operatorname{tg}\frac{\alpha}{4} = \frac{2\times 8{,}1}{100} = 0{,}162$ или $\frac{\alpha}{4} = 9°12$, след. $\alpha_{max} = 36°48$.

При видимости $S = 100$; $h = 7{,}1$ *м*; $\operatorname{tg}\frac{\alpha}{4} = \frac{2\cdot 7{,}1}{100} = 0.142$; $\frac{\alpha}{4} = 8°5'$ и $\alpha = 32°20'$; при $S = 50$ *м* $h = 3{,}5$ *м* в гористой местности $\operatorname{tg}\frac{\alpha}{4} = \frac{2h}{S} = \frac{2\times 3{,}5}{50} = 0{,}14$; $\operatorname{tg}\frac{\alpha}{4} = 8°3'$ $\alpha = 32°12'$; при $S = 30$ *м*; $h = 3{,}5$ *м*; $\operatorname{tg}\frac{\alpha}{4} = \frac{2h}{S} = \frac{7}{30} 0{,}233$; $\alpha = 13°8'\times 4 = 52°32'$.

НБ УДУНТ (ДИТ)

На основании этих вычислений получим следующую таблицу:

Таблица 58

При видимости S	Откосы выемки	Удаление откосов от точки зрения h	Максимальн. угол поворота, при котором не требуется разработки выемки
100	1 $1^1/_2$	8,1	36°48′
100	1 1	7,1	32°20′
50	вертик.	3,5	32°12′
30	вертик.	3.5	52°32′

Величина радиусов, при которых обеспечивается заданная видимость пути—S, в выемках при данных углах поворота определяется следующим образом (рис. 103):

$$BK = \frac{S}{2}\ \mathrm{tg}\ \frac{\alpha}{2};\ BM = R\left(\sec\frac{\alpha}{2} - 1\right) =$$

$$= R\left(\frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}} - 1\right) = R\left(\frac{1-\cos\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}}\right) =$$

$$= R\left[\frac{\left(1-\cos\frac{\alpha}{2}\right)}{\sin\frac{\alpha}{2}}\ \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}}\right] = R\,\mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{4}\ \mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2}$$

$$h = BK - BM = \frac{S}{2}\ \mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2} - R\,\mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{4}\ \mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2};$$

отсюда

$$R = \frac{\frac{S}{2}\ \mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2} - h}{\mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{4}\ \mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2}}.$$

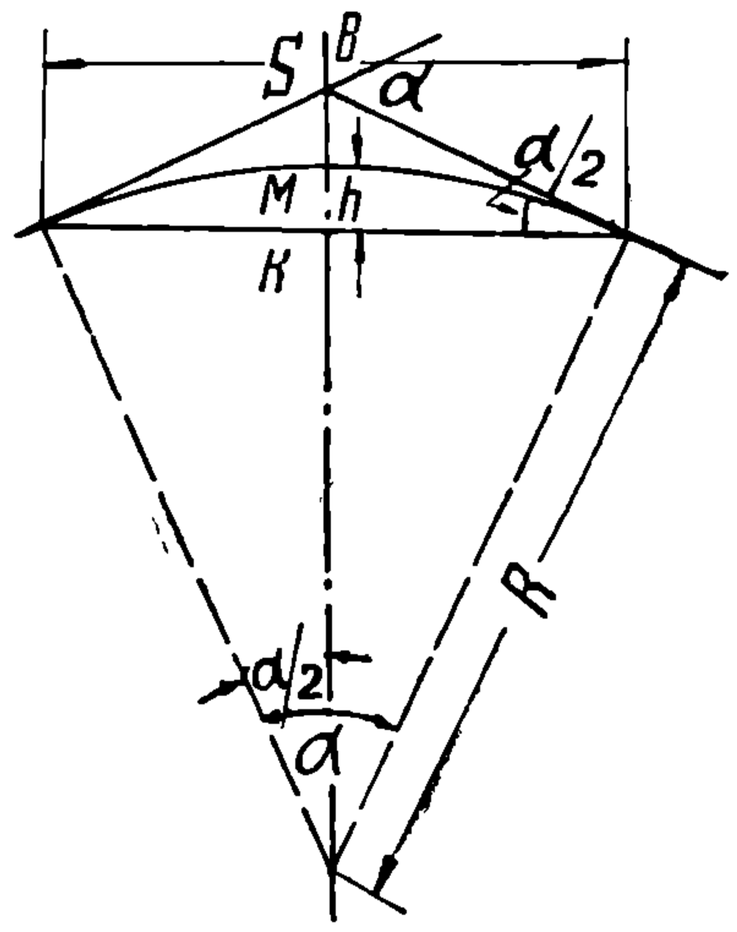


Рис. 103. Определение наименьшего радиуса, обеспечивающего видимость пути в выемке.

При различных углах α можно составить следующую таблицу значений R:

Таблица 59

	Значение R в $м$				
	$S=100$ $h=8,1$	$S=100$ $h=7,1$	$S=50$ $h=3,5$	$S=30$ $h=3,5$	
15°	—	—	—	—	Внесенные в таблицу R соответств. кривой, отстоящей от внутреннего края проезжей части на 1,5 $м$. Чтобы получить R, отнесенный к оси дороги, следует к значению R по таблице прибавить величину $(b/2-1,5)$, где b — ширина, проезжей части дороги.
17°30′	—	34,2	29,90	—	
20°	45,7	111,0	58,80	—	
22°30′	—	144,7	74,88	—	
25°	122,8	163,8	83,90	—	
30°	149,8	178,1	90,40	16,4	
35°	157,7	178,3	90,20	25,2	
40°	157,7	—	—	30,7	
50°	—	—	—	33,7	

На рис. 104 изображены кривые, показывающие, при каких углах поворота и каких минимальных радиусах обеспечивается заданная видимость без дополнительной срезки откосов.

На рис. 105 изображены кривые, показывающие зависимость между радиусом, углом поворота и шириной разделки выемок для обеспечения видимости на кривой при $S = 100$ $м$.

§ 37. Устройство дорожных извилин или серпантин. В гористой местности, при пересечении горных хребтов, обычно приходится отказываться от проведения

НБ УДУНТ (ДИТ)

дороги по кратчайшему направлению из-за больших уклонов и прибегать к изгибам и зигзагам, для того чтобы на значительном протяжении разогнать слишком большой уклон. Зигзаги (рис. 106) значительно удлиняют дорогу по сравнению с прямым направлением, однако дают возможность подняться с допустимыми уклонами на вершину хребта и затем спуститься с него на противоположной стороне (рис. 107).

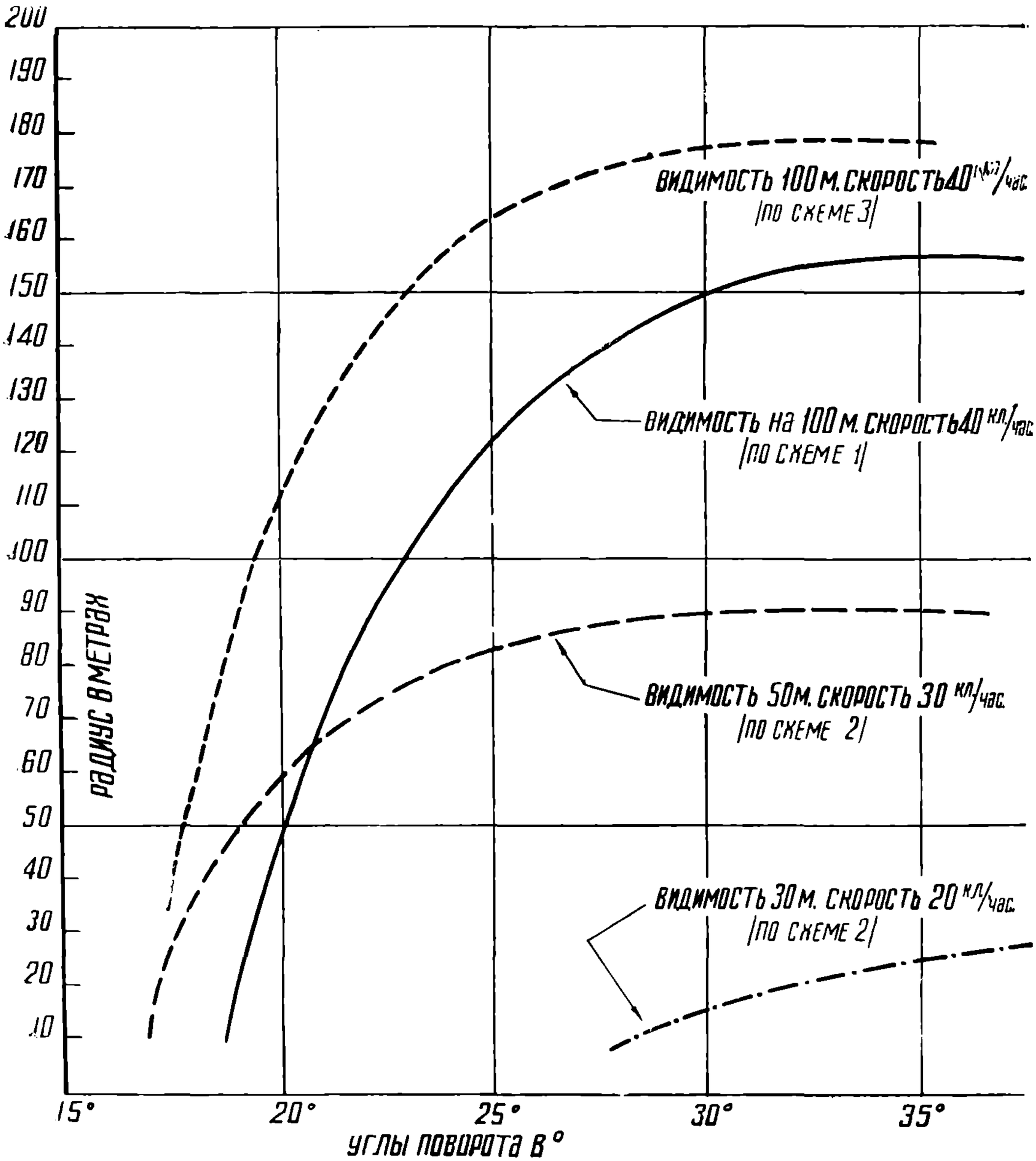


Рис. 104. Кривые, показывающие, при каких углах поворота и каких минимальных радиусах обеспечивается заданная видимость, без дополнительной срезки откосов.

В виду острых углов поворота дороги, сопрягать участки зигзагов между собой при помощи обыкновенных кривых не представляется возможным из-за недостатка места, а потому сопряжение участков на зигзагах делается обычно при помощи закруглений, располагаемых снаружи угла (рис. 108) и состоящих из полуокружности, описанной из точки пересечения *O* осей сопрягаемых участков прямых, соединенной с прямыми участками зигзагов при помощи

НТБ УАДИТ (ДШТ)

пологих кривых. Такого типа закругления носят название *серпантин* или, при неправильной форме их, *петли.*

Серпантина в деталях проектируется следующим образом (рис. 109): 1) на сходящихся осях сопрягаемых участков зигзагов (прямые *АО* и *ОД*), поль-

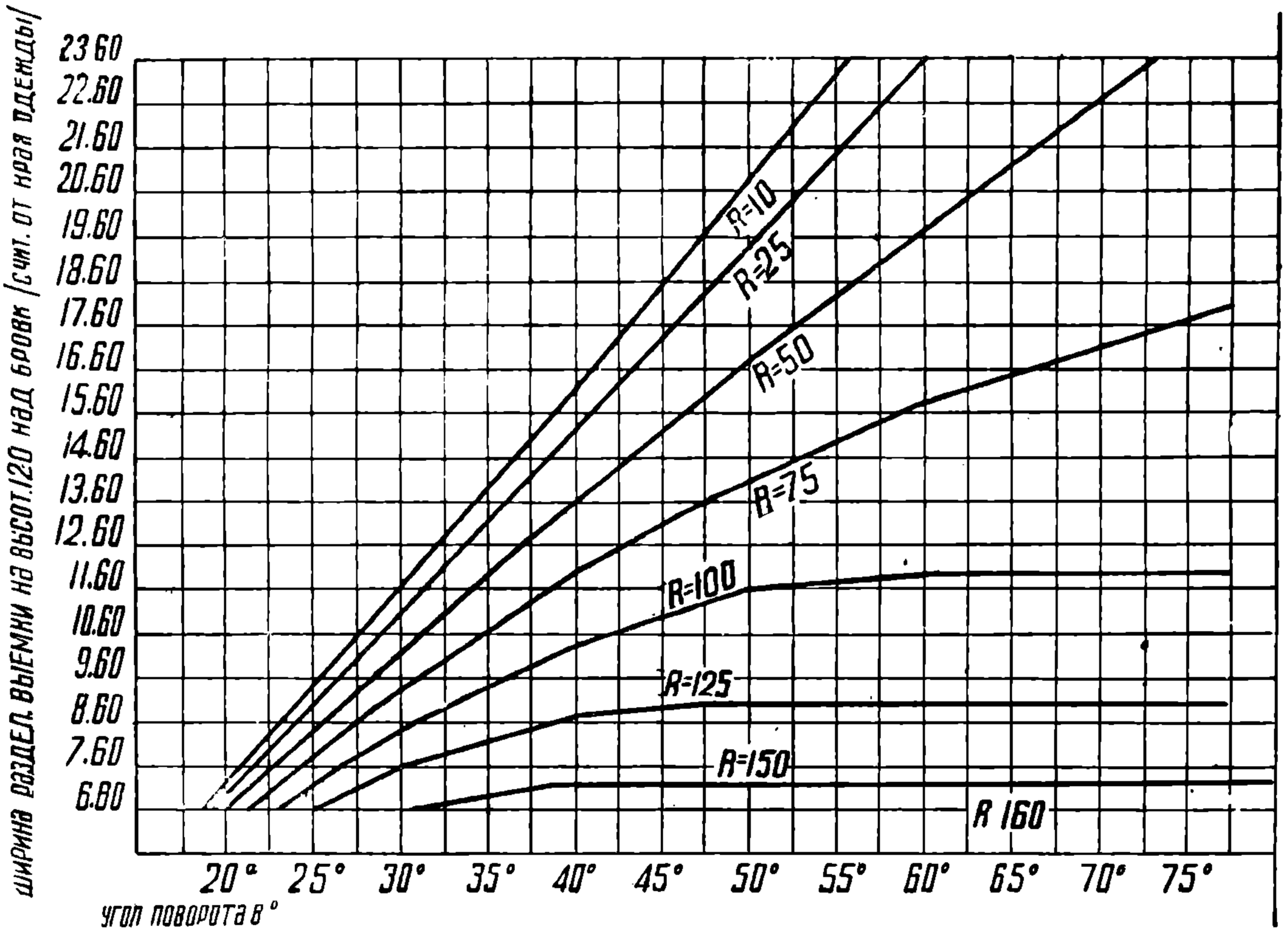


Рис. 105. Зависимость между радиусом, углом поворота и шириною разделки выемок для обеспечения видимости, равной S—100 *м*.

зуясь поперечными профилями, отыскивают такой пункт (*ХУ*), на котором, при имеющемся между осями расстоянии, как раз хватает места для размещения полуширины верхней части дороги и полуширины нижней части дороги и откоса между ними. Затем выбирают положение закругления *БВГ*, центр коего может быть взят, в зависимости от рельефа местности, либо на пересечении осей (точка *О*), либо вне его, а очертание может быть сделано по окружности.

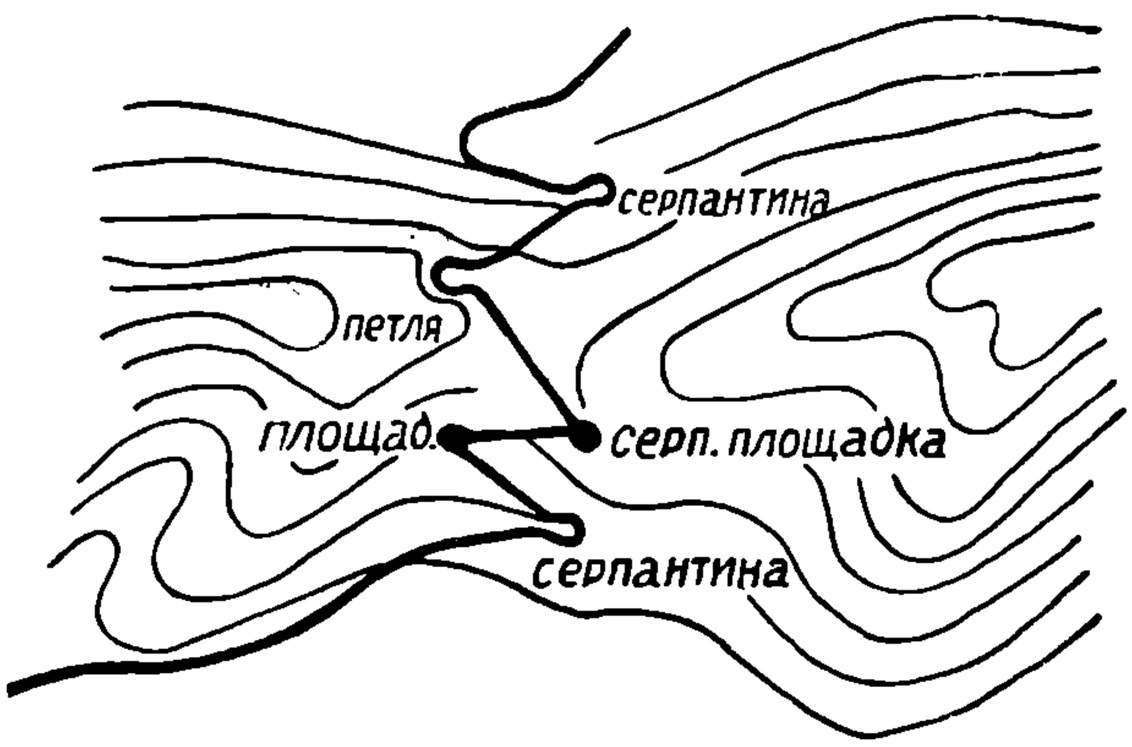


Рис 106. Проведение дороги при помощи зигзагов.

Из точки, принятой за центр, радиусом *R*, имеющим величину не ниже наименьшего допускаемого предела, очерчивают внутреннюю бровку закругления, а затем и наружную бровку по заданной на закруглении увеличенной ширине дороги. В верхней части серпантины, расположенной в выемке, уширение дороги должно быть доведено до полной величины, соответствующей принятому радиусу закругления, а в нижней части закругления, расположенной на насыпи, величина уширения может быть несколько сокращена. Очертив затем из точки *О* как центра ось закругления *БВГ*, проводят из точек *х* и *у*

ГБ УДМТ (ДШТ)

касательные *хБ* и *уГ*, скругляют углы *АхБ* и *ГуД* и таким образом получают соединение оси закругления с осями сопрягаемых участков зигзагов. После этого вычерчивают наружные и внутренние бровки соединительных участков, сводя на их протяжении увеличенную на закруглении ширину дороги до нормальной.

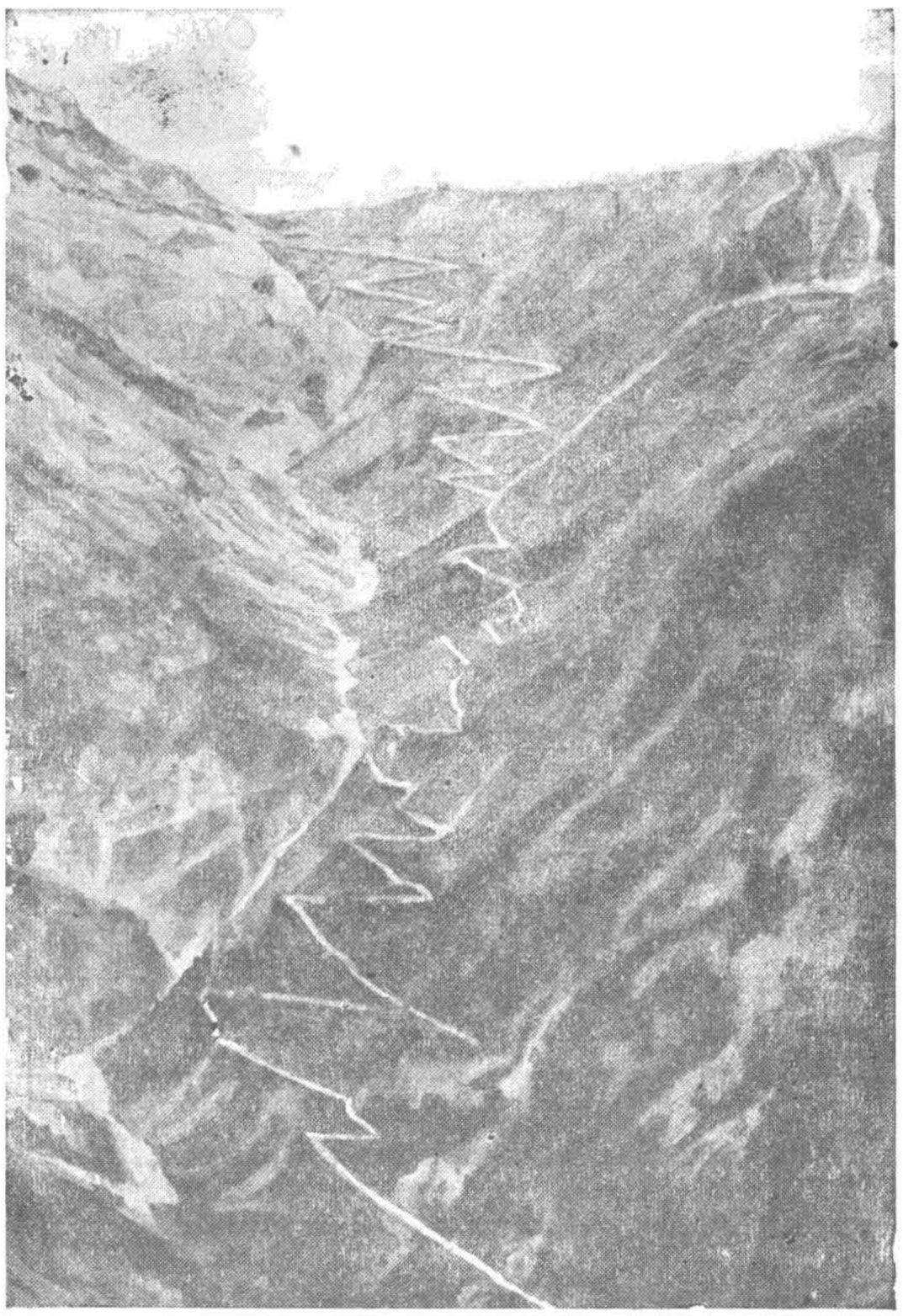


Рис. 107. Подъем на хребет при помощи зигзагов.

Серпантины приходится устраивать чаще всего на склонах, имеющих достаточно большой уклон (на крутых косогорах), что вызывает необходимость применения глубоких выемок, высоких насыпей и подпорных стенок (рис. 110).

Разбивку серпантин как при составлении проекта дороги, так и на местности должно производить очень тщательно, выбирая очертание их таким образом, чтобы по возможности сократить объем земляных работ и количество подпорных стенок.

Для более наглядного представления о конструкции серпантины приводится схема ее устройства, заимствованная из курса Лесселя (рис. 110 и рис. 111).

Серпантина упрощенного вида, или серпантинная площадка, устраиваемая в трудных горных условиях, отличается от обычной тем, что внутренние бровки дороги смежных участков зигзагов доводятся до пересечения под острым углом (рис. 112). При такой конструкции радиус самого закругления по наружной бровке должен быть не меньше 8,0—10,0 *м*, а уширение на закруглении должно быть разогнано напрямых участках на длине не менее 20 *м*.

Угол, образуемый внутренними бровками смежных участков зигзагов, должен быть не меньше 8,5°, чтобы можно было разместить между ветвями надлежащие полуторные откосы дорожного полотна.

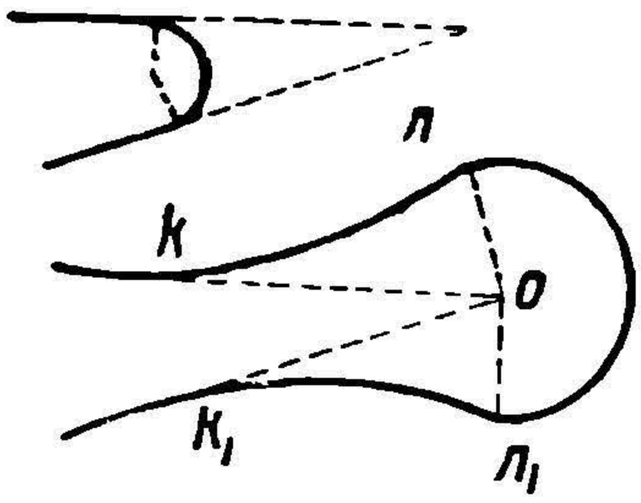


Рис. 108. Устройство кривых на зигзагах.

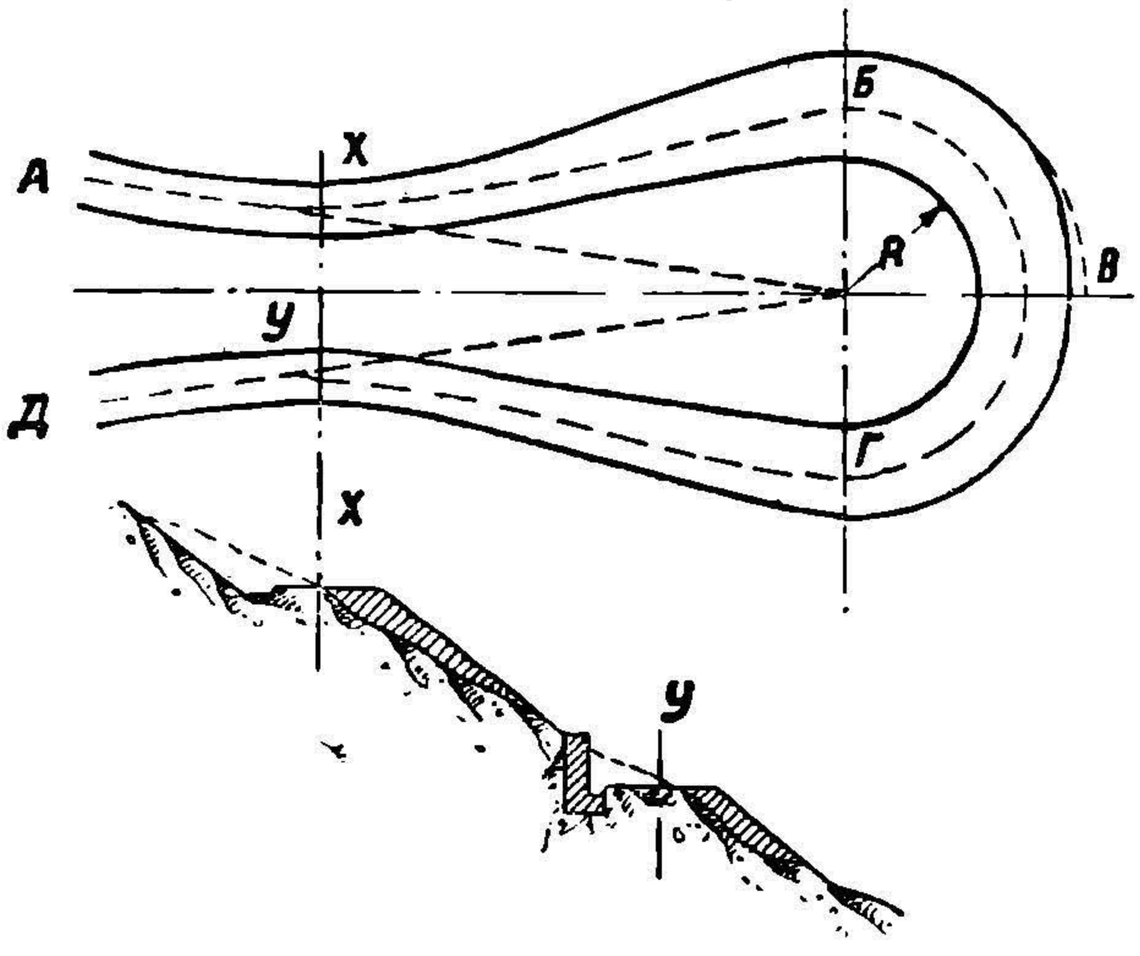


Рис. 109. Проектирование серпантины.

Площадка, в противоположность серпантине, являющейся изогнутым по определенному очертанию участком дороги, представляет собой уширение дороги в месте пересечения смежных участков зигзагов. Устройство площадок требует меньшего количества земляных работ по сравнению с устройством

ГБ УДУНТ (ДИТ)

серпантин, а потому они могут находить себе большое применение на горных дорогах, не имеющих автомобильного движения.

Автотранспорт требует более плавного поворота на закруглениях, чего не могут дать площадки, и поэтому применение их на автомобильных дорогах следует ограничить, как сказано выше, лишь теми случаями, когда устройство серпантин невозможно из-за большой крутизны склонов.

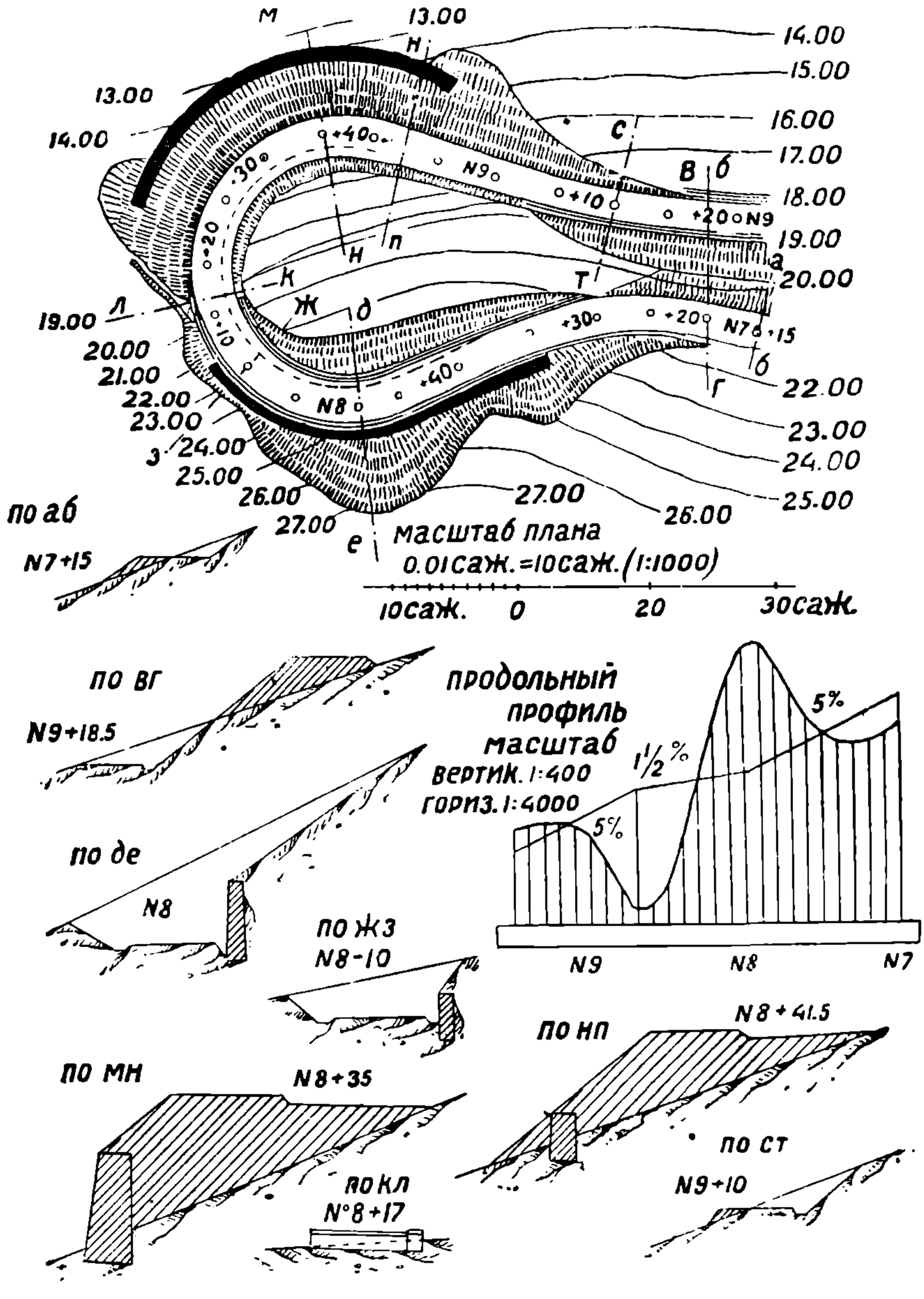


Рис. 110. Построение серпантины.

Построение площадок производится следующим образом (рис. 113): из точки O пересечения внутренних краев сопрягаемых участков дороги описывают окружность радиусом R, равным половине длины запряжки экипажа $\left(R=\frac{l}{2}\right)$, и соединяют эту окружность с линиями наружных краев участков при помощи касательных $ЕЖ$ и $ЗИ$, параллельных равноделящей $ДО$ угла встречи участков, закругляя углы в местах встречи касательных с прямыми участками.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Внутренние грани участков соединяются дугою, касательной к вышеуказанной окружности в точке *Б*. Для построения этой дуги восстанавливают в точке *Б* перпендикуляр к биссектрисе *ОД* до пересечения его с направле-

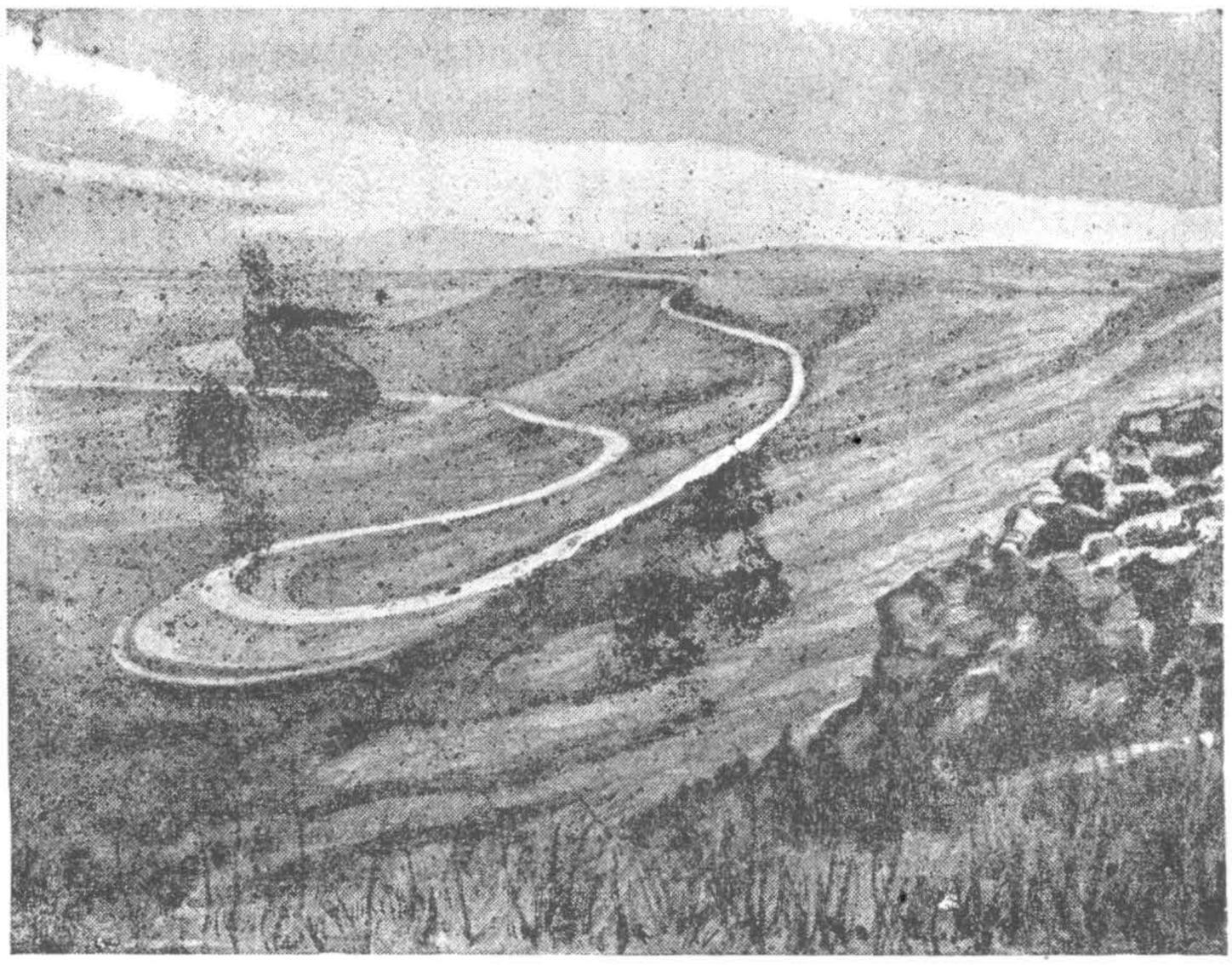


Рис. 111. Общий вид серпантины.

нием внутренней грани в точке *В*, откладывают расстояние *BF*, равное длине *БВ* и восстанавливают в полученной точке *F* перпендикуляр к линии *ОД* до пересечения с биссектрисою угла; точка пересечения *Д* и будет центром этой касательной дуги, и радиус ее будет *ДБ* = *ДF*.

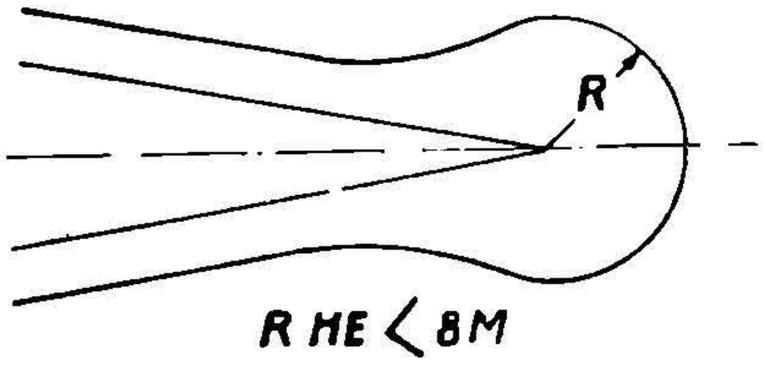


Рис. 112. Упрощенная серпантина.

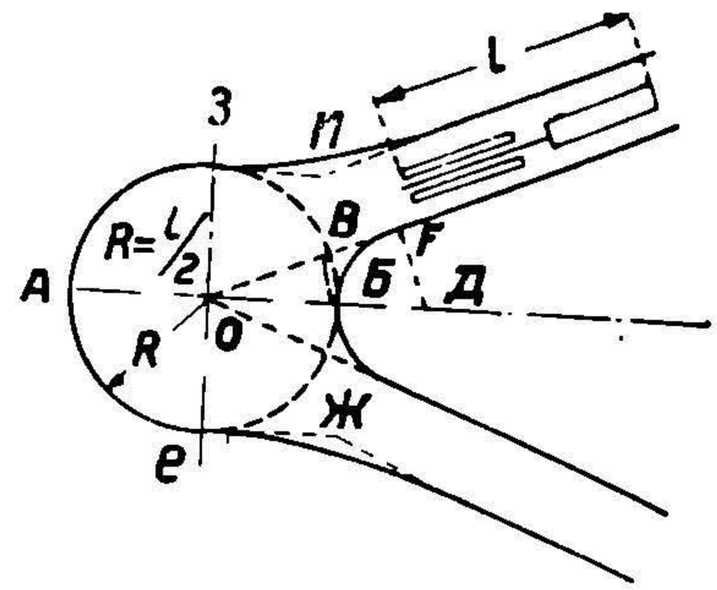


Рис. 113. Построение площадки.

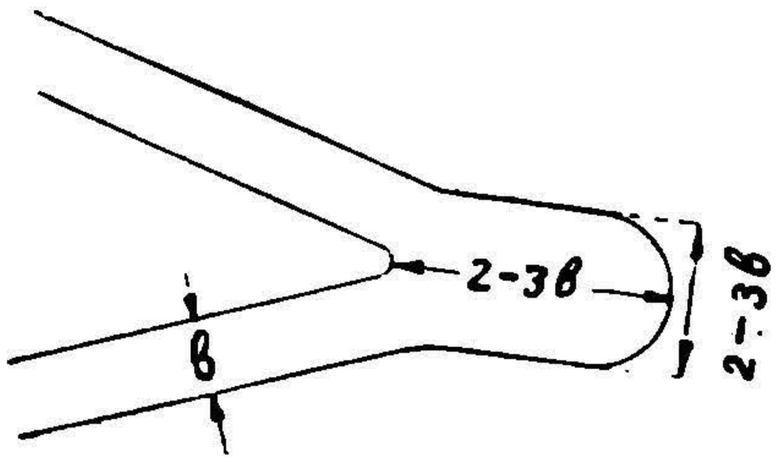


Рис. 114. Площадка на пологом склоне для вьючных горных дорог.

Рис. 115. Площадка на крутом склоне для вьючных горных дорог.

Для горных двуколочных и вьючных дорог может быть применен более простой способ построения площадок в зависимости от ширины дороги: а) если площадка располагается на сравнительно пологом скате, то как ширина, так и длина ее делаются в 2—3 ширины дороги (рис 114), и б) если площадка располагается на крутом скате, где выделка широкой площадки очень

РВ УДУНТ (ДИТ)

затруднена, то для уменьшения объема земляных работ ширина ее делается в $1^1/_2$ ширины дороги, зато длина в 4 ширины дороги (рис. 115).

Движение длинных запряжек и особенно автомобилей по площадкам очень затруднительно, поэтому при всякой возможности, если позволяет рельеф местности, надлежит вместо площадок строить серпантины. Расстояние между серпантинами должно быть по возможности не менее 500 *м*.

ЛИТЕРАТУРА К ОТДЕЛУ III

Проф. Г. Д. Дубелир. Дорожное дело, ч. I. 1928.

Проф. Е. П. Залесский. Дороги. 1929.

Цудортранс. Технические условия, правила и нормы для изысканий, проектирования, постройки, ремонта и содержания автогужевых дорог и мостовых сооружений на них, часть I. 1931.

П. Н. Шестаков. Курс автогужевых дорог. 1932.

Шенк. Автомобильные дороги. 1930.

Ленобдортранс. Нормы ширины проезжей части и полотна дорог. 1928.

И. И. Малышев. Определение наибольшей крутизны подъемов, преодолеваемых автомобилем. Журнал „Война и техника“, № 246, декабрь 1925.

E. Neumann. Neuzeitlicher Strassenbau. 1927 и 1931 г.

Agg. Construction of roads and Pavements. 1929.

Harger. Rural Highway Pavements. 1924.

Agg. The economics of highway grades (Bulletin 65 Iowa State College).

A. Y. Bruel. The effect of increased speed of vehicles on the design of highways. (Журнал „Public Roads“, март 1929).

Portland Cement concrete Roads. Bulletin № 1077. United States Department of Agriculture. Bureau of Public Roads.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ОТДЕЛ IV
ВОДООТВОД

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ВОДООТВОДА

§ 38. Значение водоотвода при постройке дорог. Главнейшей причиной разрушения дорог различных типов является чрезмерное увлажнение дорожного полотна или его основания, вследствие чего несущая способность большинства грунтов, за исключением песков и гравиев, значительно понижается и дорожная одежда не в состоянии сопротивляться воздействию колес экипажей. В силу этих соображений строители дорог должны стремиться всеми мерами удалять от дорожного полотна и его основания как атмосферную влагу, выпадающую на дорогу в виде дождя или снега, так и грунтовую воду, могущую действовать на дорожное полотно, проникая из нижних слоев грунта.

В виду разнообразного воздействия влаги на грунты различного механического состава, а также из-за различного характера самой влаги, сосредоточенной в почве, гидрологические условия режима дорожного полотна очень сложны и требуют каждый раз специальных обследований.

С этой целью при производстве дорожных изысканий необходимо обращать внимание на следующие явления:

1) Характер грунта дорожного полотна, грунта основания и подстилающих слоев, главным образом в отношении их механического состава.

2) Количество выпадающих в данном районе атмосферных осадков.

3) Общий рельеф местности и расположение в районе дороги пониженных мест.

4) Горизонт грунтовых вод и колебания этого горизонта в различное время года.

Задачей проектирования водоотвода должно явиться:

1) Собирание всей поверхностной воды, выпадающей на дорожное полотно и стекающей с него, вследствие выпуклого профиля, и отведение этой воды вдоль дороги к пониженным местам и водотокам. Для этой цели на продольном профиле дороги должен быть нанесен уклон дна боковых придорожных канав.

2) Отведение поверхностной воды в сторону от дороги в близлежащие естественные низины или в специально устраиваемые водопоглощающие колодцы или водоиспаряющие резервуары.

3) Предохранение дороги от возможного разрушения ее водой, стекающей с нагорной стороны, путем перехвата этой воды при помощи специальной нагорной канавы.

4) Недопущение подступа грунтовой воды к дорожному полотну или основанию дороги путем понижения уровня грунтовых вод и дренирования дорожного полотна.

5) Перехватывание грунтовой воды, выходящей на откосах выемки дорожного полотна или увлажняющей дорожное полотно благодаря подпору.

6) Предохранение дорожного полотна в осеннее и весеннее время в период чрезмерного его увлажнения.

§ 39. Водный режим почв. Различные виды содержащейся в почве воды и ее характеристика. Для правильного проектирования водоотвода в первую очередь надо знать те виды влаги, которые имеют место в грунтах.

В природных условиях грунт получает воду сверху поверхностную, от атмосферных осадков, и снизу — из грунтовых вод, стремящихся выйти на

НБ УДУНТ (ДИТ)

дневную поверхность. Совокупность процессов поступления воды в почву, ее превращение из одного вида в другой и ее передвижение в почве носит название водного режима почвы или грунта.

В почвенных горизонтах вода содержится в следующих видах: 1) парообразная почвенная, 2) гигроскопическая, 3) пленочная, 4) капиллярная, 5) гравитационная вободная, 6) вода в твердом состоянии в виде льда.

В почвенном воздухе, также как и в атмосферном, всегда содержится большее или меньшее количество водяных паров, которые составляют *парообразную почвенную воду*. Кроме па ообразной воды каждый грунт, даже совершенно сухой по внешнему виду и на ощупь, на самом деле всегда содержит некоторое количество *гигроскопической воды*. Эта вода поступает в грунт благодаря тому, что поверхность почвенных твердых частиц, подобно поверхности других твердых тел, обладает способностью поглощать из окружающего воздуха некоторое количество водяных паров и как бы обволакиваться тончайшей пленкой их, причем водяные пары атмосферного и почвенного воздуха переходят в состояние гигроскопической влаги. Так как поглощение паров совершается только поверхностью, то естественно, что грунты, которые обладают большей общей поверхностью частиц, будут иметь и больше гигроскопической влаги; к таким грунтам относятся мелкозернистые глинистые и пылеватые, обладающие значительной поверхностной энергией, по сравнению с грунтами крупнозернистыми, песчаными. Если воздух насыщен водяными парами, грунт извлекает из него наибольшее количество гигроскопической влаги, и такое состояние грунта называется состоянием гигроскопичности. Для разных грунтов, в зависимости от крупности их зерен, наибольшая гигроскопичность может колебаться в значительных пределах; так, для песка она около 1%, для пыли—7%, для глины--до 17%, при этом процен выражает отношение веса гигроскопической воды к общему весу образца грунта. Гигроскопическая вода не передвигается как жидкость.

Пленочная вода или наибольшая молекулярная влагоемкость, это вода, которая прилипает к поверхности почвенных частиц, окружая их в виде тонкой пленки, когда через почву протекает известное количе тво воды. При этом происходит следующее явление: с частицы, покрытой более толстой пленкой воды, последняя переходит на соседнюю частицу с более тонкой пленкой до тех пор, пока толщина пленок на обеих частицах не сделается одинаковой. Но если рядом со второй лежит, соприкасаясь с ней, частица, совсем не покрытая жидкой водой, то пленка со второй частицы будет распространяться и на эту третью, а так как вследствие этого пленка на второй частице сделается тоньше пленки на первой, то с первой на вторую начнет распространяться пленка первой частицы и т. д. Таким образом пленочная вода стремится перемещаться, причем это перемещение не зависит от силы тяжести и может происходить по разным направлениям.

Пленочная влага обладает значительным молекулярным притяжением и, как показали опыты проф. А. Ф Лебедева, ее нельзя удалить даже при сильном центрофугировании (2000 оборотов в минуту). Удерживаемое на частицах грунта благодаря молекулярным силам сцепления количество воды, в проц. по весу к сухому образцу грунта, называется *максимальной молекулярной влагоемкостью*. Эта влагоемкость колеблется в зависимости от механического состава грунта: от 2 до 3% для песка и до 30% для глины.

Из физики известно, что тонкая стеклянная трубка, опущенная одним концом в сосуд с водой, втягивает в себя столб воды и удерживает его на более высоком уровне, чем уровень воды в сосуде. Если трубку вынуть из сосуда, то столб воды все же останется у нижнего конца и не будет стекать до тех пор, пока трубку не продуют. Чем меньше внутренний диаметр трубки, тем выше будет столб удерживаемой ею воды. Если наливать воду в трубку сверху, то она будет проходить через трубку, но некоторое количество ее останется в трубке в виде такого же столба в нижнем конце. Это явление носит название *капиллярности*, или волосности, и объясняется особым свойством так называемого меникса, т. е. образованием на границе между столбом воды и воздухом внутри трубки поверхностной пленки воды, которая имеет вогнутую форму и удерживает подвешенный к ней столб воды.

НТБ УДУНТ (ДШТ)

Поверхностное натяжение воды можно принять равным 0,0764 *г/см*. При высоте водяного столба y и при направлении силы натяжения у мениска, составляющей угол α с вертикалью (черт. 116), равновесие подвешенного столба будет выражаться следующим уравнением

$$\pi r^2 y = 0{,}0764 \times 2\,\pi\, r \cos\alpha;$$

при $\alpha = 0$ величина столба удерживаемой воды достигает наибольшего значения $= h$, следовательно

$$\pi r^2 h = 0{,}0764 \times 2\,\pi r \text{ или}$$

$$h = \frac{0{,}0764 \times 2}{r} = \frac{0{,}1528}{r}.$$

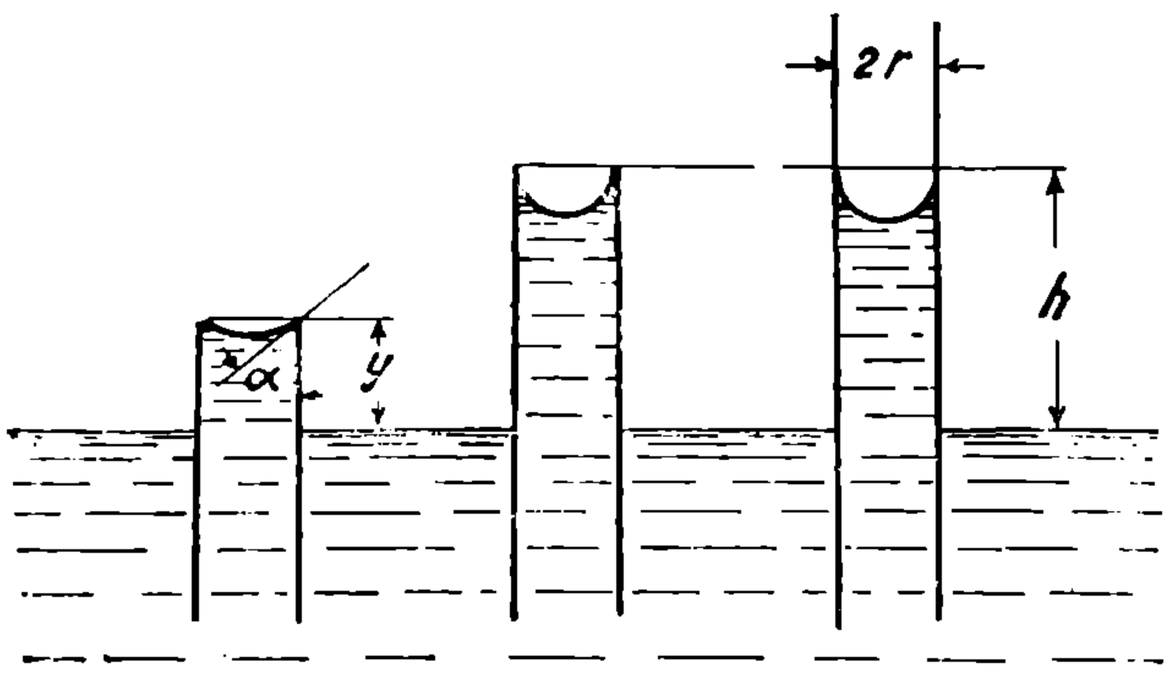


Рис. 116. Капиллярное поднятие воды в трубке.

Из этого уравнения видно, что, чем меньше диаметр трубки, тем выше капиллярное поднятие воды.

Подобные же явления происходят и в грунте. Если налить некоторое количество воды в яму, вырытую в сухой плотной глинистой почве, то вода будет не только просачиваться вниз, но смочит стенки ямы несколько выше своего уровня в самой яме. Наблюдая в сухую погоду воду в канавах, можно видеть, что она проникает по откосам канавы и смачивает их несколько выше своего уровня в самой канаве.

Эти явления происходят потому, что поры между почвенными частицами сообщаются друг с другом и образуют целую сложную систему капиллярных ходов, по которым вода, как по трубкам, может подниматься и удерживаться выше уровня стояния воды (напр., грунтовой) Чем мельче частицы, из которых состоит грунт, тем тоньше будут капиллярные ходы между этими частицами, а потому в грунтах глинистых, пылеватых капиллярное поднятие воды будет всегда больше, чем в грунтах песчаных.

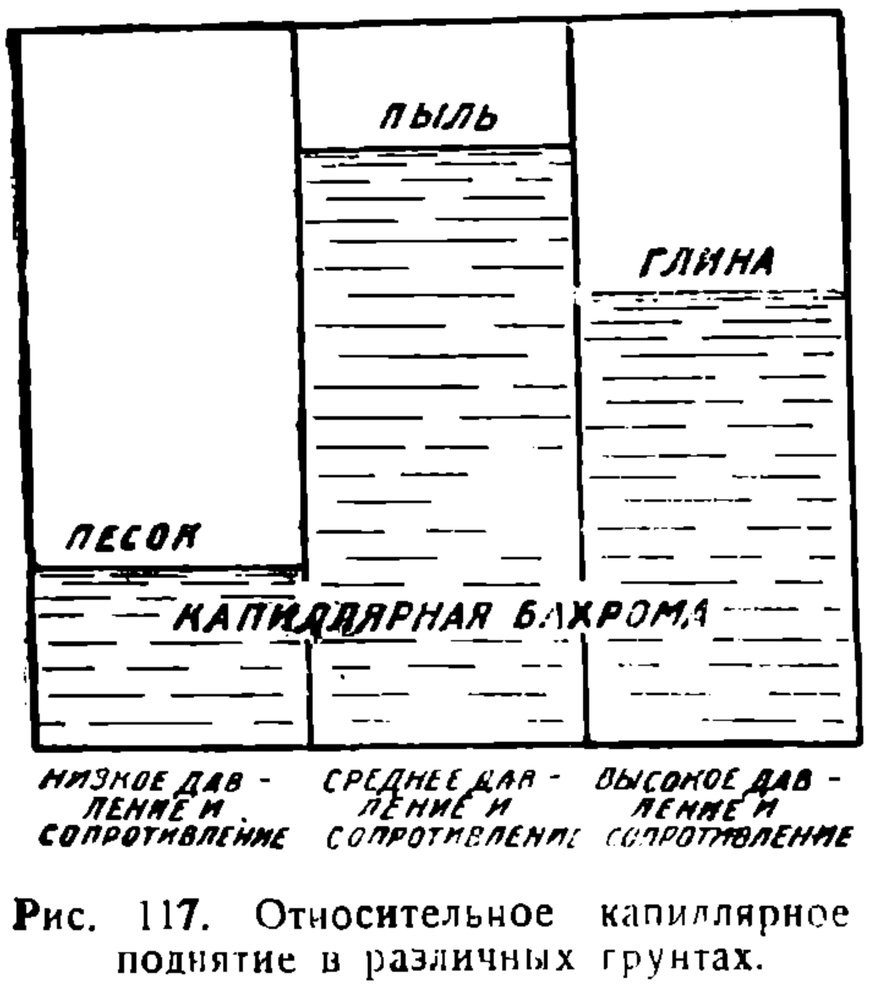


Рис. 117. Относительное капиллярное поднятие в различных грунтах.

Капиллярное поднятие воды в грунте зависит не только от капиллярного давления, стремящегося протолкнуть воду вверх, но и от сопротивления трения которое поры почвы оказывают продвижению воды. Это давление, а также сопротивление продвижению увеличиваются по мере уменьшения величины частиц почвы (рис. 117). Самое интенсивное действие капиллярного поднятия обусловливается соответствующим сочетанием этих двух величин. В песке как капиллярное давление, так и сопротивление течению низки, в глине, наоборот, они высоки Пылеватые грунты обладают наиболее подходящим сочетанием этих двух факторов, а потому в них происходит наиболее значительный подъем, достигающий 3,0 *м* в год, даже если уровень грунтовой воды находится на значительном расстоянии ниже поверхности почвы.

Для практических целей высоту капиллярного поднятия для глин и пылеватых грунтов можно считать в пределах 1,0—1,5 *м*, а для мелкопесчаных 0,4—0,6. Для песчаных грунтов с частицами крупнее 0,25 *мм* высота капиллярного поднятия ничтожна и составляет 4—5 *см*, так что такие грунты с этой точки зрения можно считать неопасными.

Столбики капиллярной воды в грунтах опускаются вниз, пока не достигнут либо сплошного слоя воды (грунтовой), либо трещины, пустоты, расширения

НБ УДУНТ (ДПТ)

хода и т. п, прерывающих капиллярные ходы, у концов которых они и останавливаются. В этом случае капиллярная влага является как бы подвешенной в некотором горизонте почвы.

Капиллярная влажность имеет очень большое значение для дорожных целей, так как при наличии этой влаги все грунты, за исключением песчаных и гравелистых, становятся мало устойчивыми; поэтому надо принимать меры, чтобы в поверхностном слое дорожного полотна или его основании не образовалось капиллярной влаги. Этого можно достигнуть или понижением уровня грунтовых вод, или уменьшением величины поднятия капиллярной воды, путем изменения механического состава грунта.

Гравитационной или *свободной водой* называется такая, которая передвигается в грунте под влиянием силы тяжести и течет внутри слоев грунта, подобно речной воде, подчиняясь всем известным законам гидравлики. Почвенные горизонты могут находиться в состоянии полного насыщения гравитационной водой, каковое явление, как временное, наблюдается, например, во время обильных дождей или таяния снега, или в речной долине во время половодья. Во всех этих случаях гравитационная вода не удерживается навсегда в почвенном горизонте, а рано или поздно просачивается глубже, в нем же остается гигроскопическая, пленочная и капиллярная вода. Скорейшее удаление гравитационной воды осуществляется при помощи правильно устроенного поверхностного дренажа дорожного полотна (боковые и отводные канавы).

Если температура в почвенном горизонте опускается ниже 0°, то находящаяся в нем жидкая вода переходит в твердое состояние — *лед*. Необходимо отметить, что перед замерзанием жидкой воды количество ее в почвенном горизонте может увеличиться — за счет выпадения влаги, при постепенном понижении температуры, из избытка парообразной воды, находящейся в почвенном воздухе. Превращаясь в лед, вода, как известно, несколько расширяется в объеме и цементирует твердые почвенные частицы, делая грунт водонепроницаемым.

Все перечисленные свойства влаги, находящейся в различном состоянии в дорожном полотне, крайне важны для правильного проектирования водоотвода и для устранения на дорогах тех явлений повышенного увлажнения, которые делают непроезжими отдельные их участки.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

УДАЛЕНИЕ НАЗЕМНЫХ И ГРУНТОВЫХ ВОД

§ **40. Боковые канавы.** Для удаления наземных вод устраиваются канавы трех типов: а) боковые, б) отводные и в) нагорные.

Боковые канавы устраиваются по обеим сторонам дороги, там, где дорога проходит в выемке, в нулевых профилях и в насыпях не свыше 0,5 *м*. Если насыпь выше 0,5 *м* или грунт песчаный, боковые канавы обычно не устраиваются На косогорных участках, где дорога проходит полунасыпью и полувыемкой, канава обычно устраивается с одной нагорной стороны.

Поперечное сечение канав должно быть достаточным для того, чтобы они могли пропускать весь возможный расход воды, составляющийся как из того количества воды, которое выпадает на дорожное полотно, так и из воды, попадающей в канаву с прилегающего участка. Гидравлический подсчет канавы производится тем порядком, который указан ниже в § 45, причем надо считать, что наивысший горизонт воды в канаве должен быть на 0,2 *м* ниже бровки канавы.

Поперечное сечение канав может быть трапецоидальное или треугольное (рис. 118).

При трапецоидальных канавах ширина по дну делается в 0,4 *м* — 0,5 *м*, наружный уклон 1:1 или 1 $1^1/_2$, внутренний при постройке дороги с помощью машин 1:2 — 1 $2^1/_2$, при рытье вручную 1 1½ и 1:$1^1/_3$. Глубина канав — 0,6 — 0,8 *м*.

Треугольные канавы, по техническим условиям Цудортранса, устраивают двух типов: при супесчаном грунте — с внутренним откосом 1:5 и глубиною 0,30—0,40 *м*, а в суглинистом грунте—с внутренним откосом 1:3, глубиной 0,45.

НТБ УДИНТ (ДИИТ)

Наружный откос в обоих случаях устраивается 1 : 1 — 1 : $1^1/_2$. Применение трапецоидального или треугольного профиля канав определяется количеством воды, подлежащей пропуску через канаву, причем при небольшой глубине канавы предпочтение должно быть отдано трапецоидальному сечению; при больших глубинах (до 0,8 *м*) разница между канавами того или другого сечения в отношении пропуска воды сглаживается.

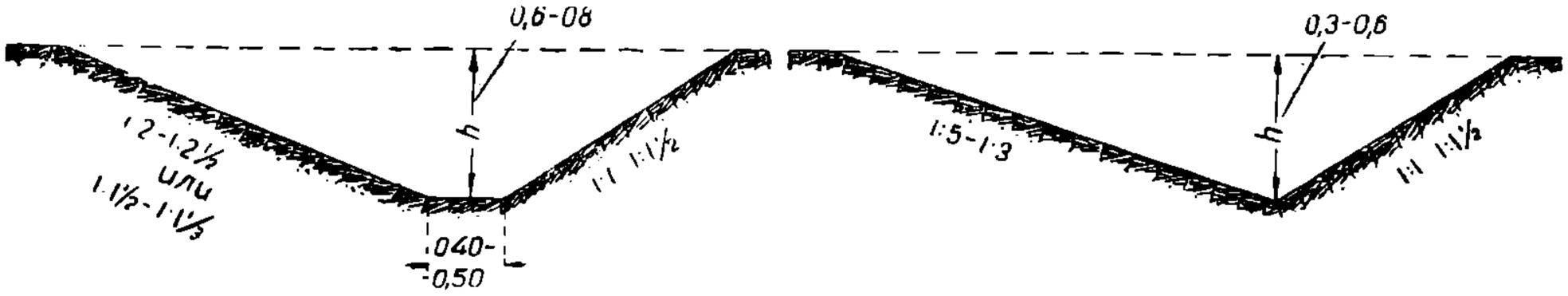


Рис. 118. Трапецоидальное и треугольное сечение канав.

Применение треугольных канав упрощает механизацию постройки дорожного полотна и лучше гарантирует безопасность движения автотранспорта. При этом внутреннему откосу канавы желательно придавать возможно пологий уклон 1 : 4 и 1 : 5. Для обеспечения надлежащего стока воды вдоль дорожного полотна дно боковых канав должно иметь уклон не менее 0,005 и в исключительных случаях 0,002. В пересеченной местности обычно уклон дна определяет я рельефом местности и дно канавы делается параллельным бровке дорожного полотна, причем канава на всем протяжении сохраняет одинаковую глубину.

В местности со слабым продольным уклоном для обеспечения надлежащего водоотвода дно канав от начальной точки постепенно понижаетс ясоответственно потребному минимальному уклону; в этом случае дно канав не параллельно бровке дорожного полотна и глубина канав постепенно увеличивается (рис. 119). Такие канавы носят название углубленных и на продольном профиле особо обозначаются. При значительных и затяжных уклонах, во избежание размыва дна и откосов канав, а следовательно и повреждения дорожного полотна, канаву надлежит укреплять.

При уклоне канав до 0,03 применяется одерновка боковых откосов сплошь или в клетку. Дно обыкновенно не дернуется для удобства очистки.

При уклонах канав до 0,05 применяется замощение канав мелким камнем на мху.

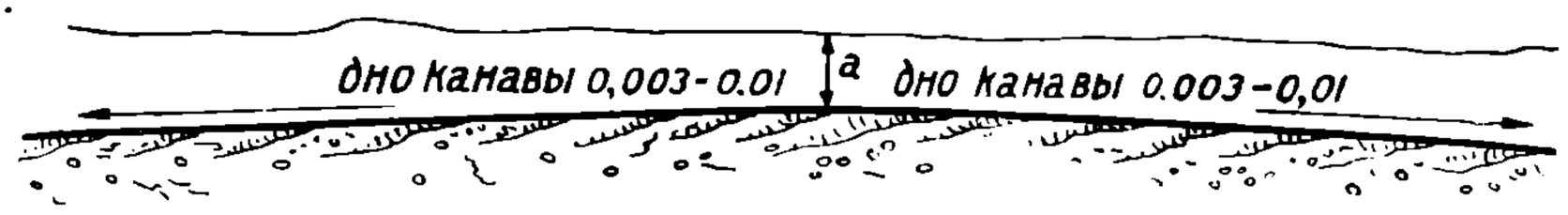


Рис. 119. Углубленная канава.

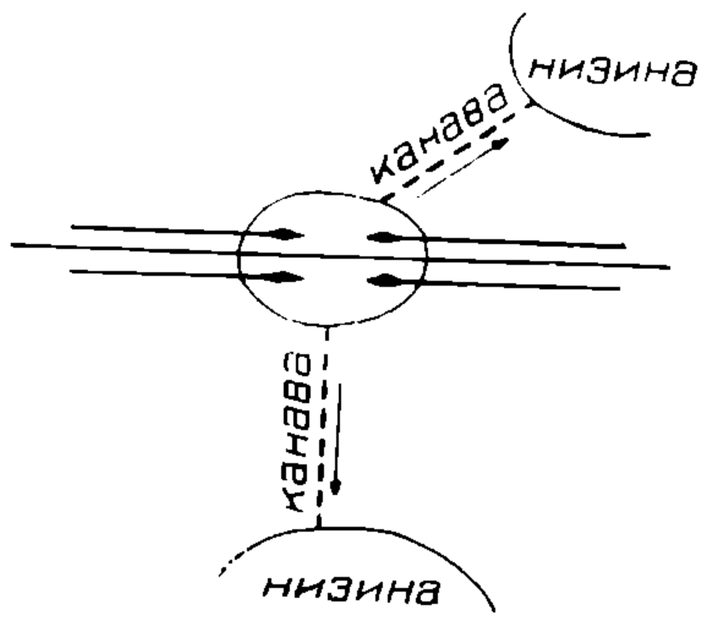
§ 41. Водоотводные канавы Водоотводные канавы служат для отвода воды в сторону от дорожного полотна, в близ расположенные низины или, в целях уменьшения числа искусственных сооружений, из отдельных низин, пересекаемых дорогой, к ближайшему искусственному сооружению. При этом поперечные отводные канавы могут отводить воду с каждой стороны дорожного полотна в расположенную с каждой стороны дороги низину (рис. 120); или при расположении низины с одной стороны приходится прибегать к устройству искусственного сооружения для отвода воды в общую низину (рис. 121). Размеры отводным канавам даются обычно в $1^1/_2$—2 раза больше, чем боковым. Откосы устья должны быть предохранены от размывания одерновкой или замощением камнями.

Дну отводных канав придается минимальный уклон, необходимый для стока воды; очень длинных отводных канав (свыше 500 п. *м*.) следует по возмож-

НБ УДУНТ (ДИТ)

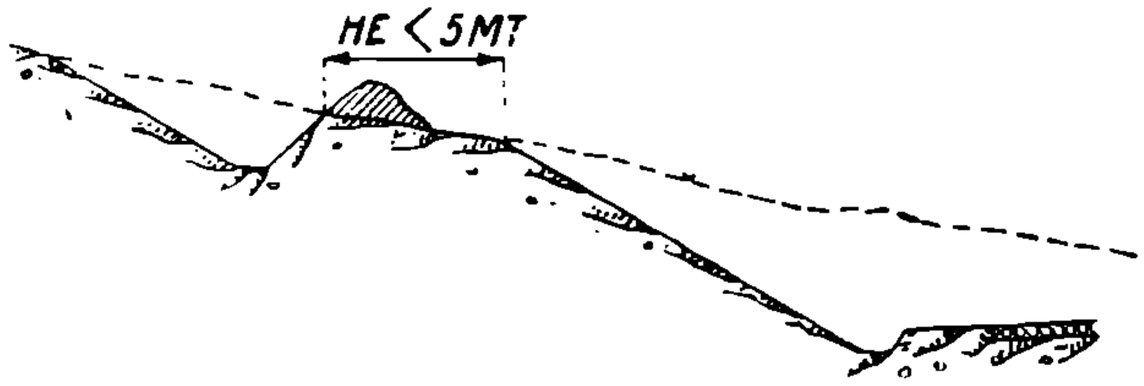
ности избегать, так как это сопряжено с чересчур большими земляными работами, в особенности при равнинном характере местности.

Для того чтобы дать отводной канаве правильное направление во всех затруднительных случаях водоотвода. предварительно должна быть произведена поперечная нивеллировка местности.



Ри.. 120. Водоотводные канавы с обеих сторон дорожного полотна.

§ 42. Нагорные канавы. При проведении дороги по косогорной местности, с нагорной стороны дороги устраиваются канавы, назначение которых перехватить стекающую по склону дождевую и снеговую воду и не допустить размыва дорожного полотна.



Ри 122. Нагорная канава при расположении дороги в выемке.

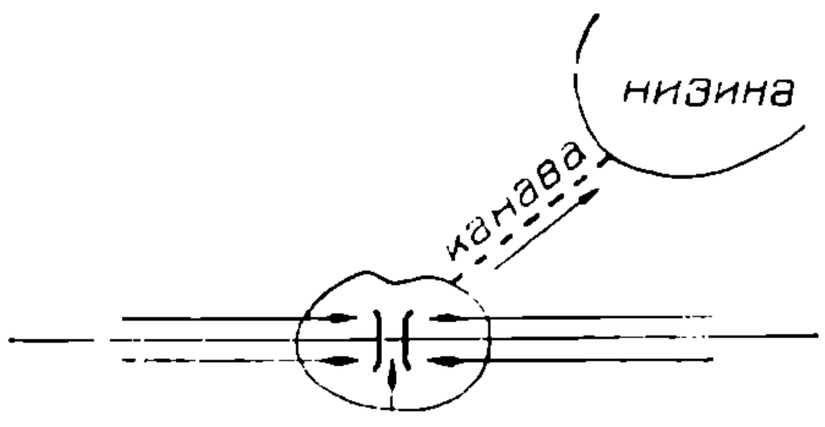


Рис. 121. Водоотводная канава с одной стороны дорожного полотна.

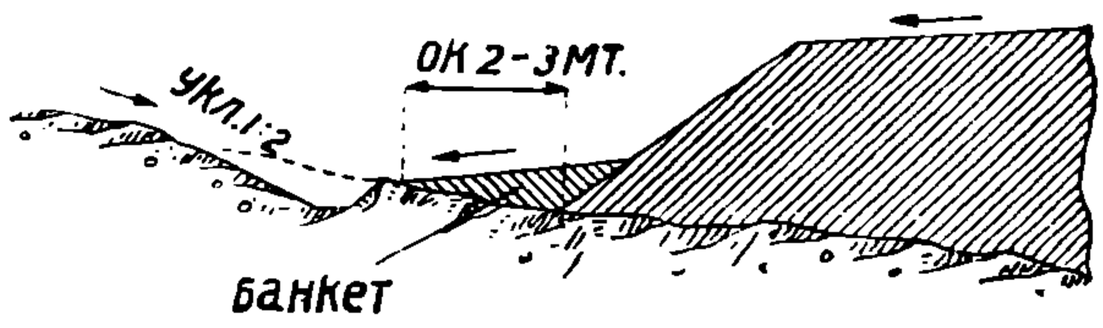


Рис. 123. Расположение нагорной канавы на косогорной местности при прохождении дороги насыпью.

В тех случаях, когда дорога проходит выемкой или полунасыпью, нагорная канава располагается со стороны выемки не менее как в 5 *м* от ее бровки, при этом желательно устраивать также валик, во избежание попадания воды на откос при переполнении канавы (рис 122). Если же дорога по косогору проходит насыпью, то нагорная канава располагается не ближе 2—3 *м* от подошвы насыпи (рис. 123). Размеры нагорных канав должны быть таковы, чтобы канавы могли принять в себя все то количество воды, которое стекает во время ливней с косогора (расчет канав см. § 45).

Нагорным канавам должно придавать определенный уклон не менее 0,005, с тем чтобы вывести воду к пониженным точкам или к водотокам. Выпуск воды из нагорной канавы в боковые кюветы не допускается во избежание размыва полотна. Однако в горной местности, при удаленности естественного стока, можно выпустить воду из нагорной канавы в кювет по мощеному лотку на откосе с тем, однако, чтобы эта вода при помощи искусственного сооружения (трубы) была спущена под откос косогора (рис. 124). При значительной крутизне склонов (более $^1/_3$) нагорные канавы проходят не параллельно дороге, а по горизонталям или в виде ломаной линии, чтобы стекающая вода не изменяла резко своего направления (рис. 125).

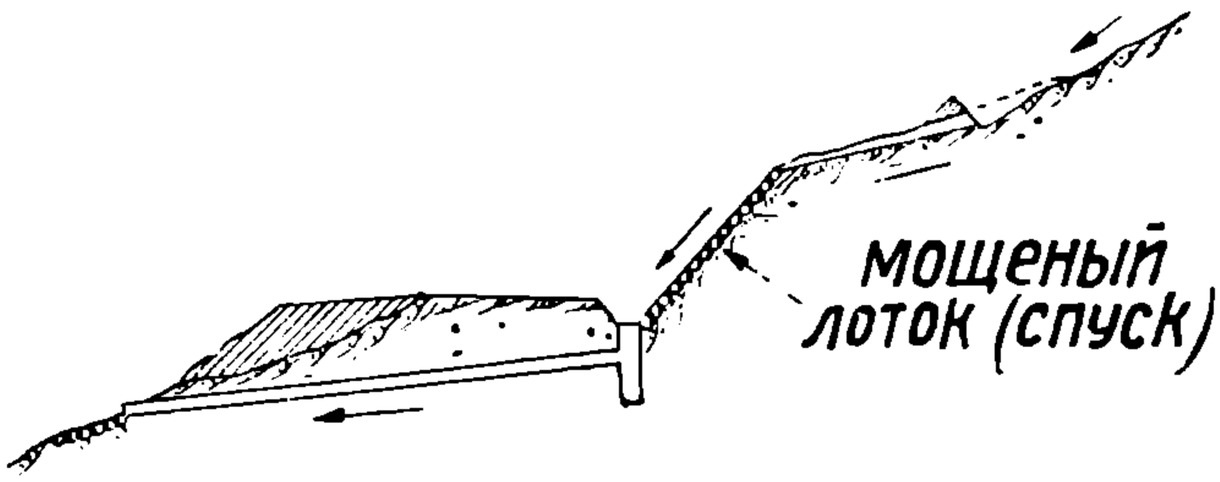


Рис. 124. Выпуск воды из нагорной канавы в боковой кювет.

При крутых и обширных склонах приходится прибегать к устройству двух нагорных канав, одна из которых располагается ближе к гребню, принимая в себя главную массу воды и этим предохраняя нижележащую канаву. При

НБ УДУНТ (ДИТ)

особенно крутых откосах нагорные канавы не устраивают, а заменяют уширенными нагорными резервами, из которых возводится насыпь или полунасыпь дорожного полотна (рис. 126).

§ 43. Устройство водоотвода в равнинной местности представляет значительные трудности, так как в поперечном направлении от дороги не имеется низин, в которые можно было бы отвести воду из боковых канав, а придание боковым канавам для стока воды однообразного продольного уклона на значительном протяжении соединено с техническими затруднениями.

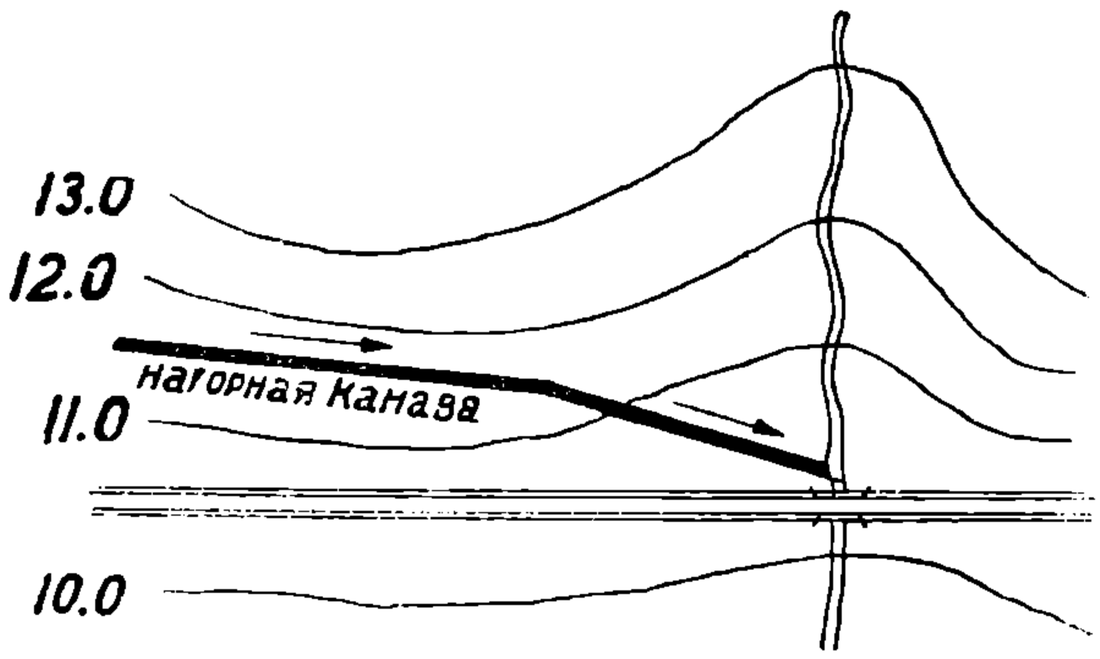


Рис. 125. Проведение нагорной канавы на крутых склонах.

В указанных обстоятельствах приходится прибегать к искусственным мерам водоотвода, заключающимся в устройстве *поглощающих колодцев и испаряющих резервуаров*, к которым вода подводится при помощи углубленных канав. Первые применяются в тех случаях, когда под верхним непроницаемым слоем грунта залегает слой, способный поглощать воду—песчаный, гравелистый, и трещиноватый известковый грунт. Для выяснения глубины залегания водопроницаемого грунта необходимо предварительно произвести бурение. При значительной, свыше 3,0 *м*, глубине залегания этих грунтов устройство поглощающих колодцев невыгодно. Устраиваются они так: вырывается колодец, круглой или четырехугольной формы, диаметром 0,75—1,5 *м*, при чем роют вплоть до водопоглощающего грунта. Вырытый колодец засыпают щебнем или мелким камнем, разм. 5—7 *см*, сверху покрывают его слоем хвороста или соломы толщиной 5—7 *см* и затем песком (рис. 127). За отсутствием камня колодец можно заполнить вертикально устанавливаемыми фашинами. В случае, если проницаемый слой лежит на значительной глубине, свыше 2,0 *м*, роют колодец глубиной до 1 *м* и на дне его устраивают буровую скважину, диаметром не менее 15 *см*, доводят эту скважину до водопроницаемого слоя и затем буровую скважину и колодец, как сказано, заполняют щебнем. С боковыми канавами колодец соединяется при помощи отводных канав, которые должны иметь необходимый уклон к колодцу.

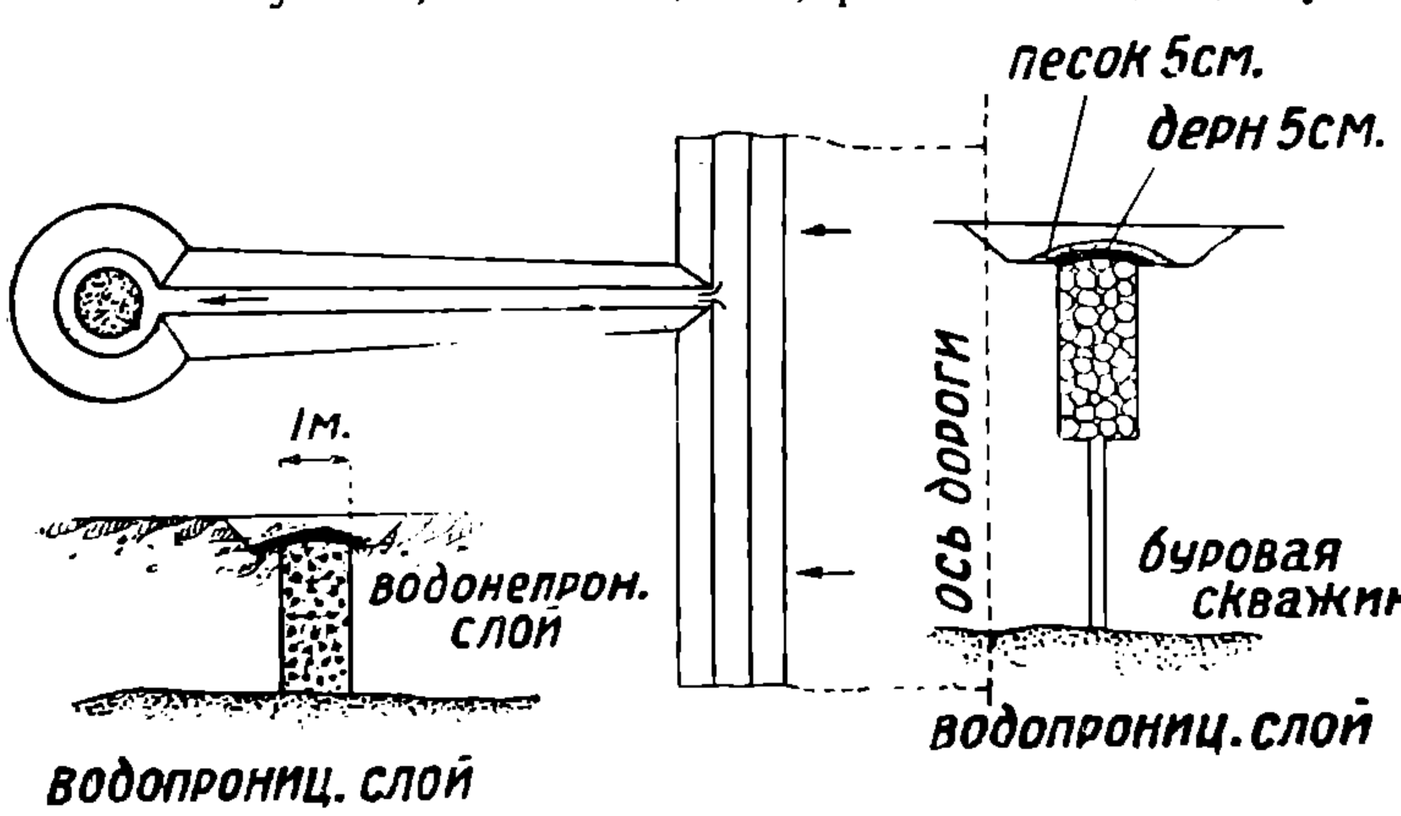


Рис. 127. Устройство вертикальных поглощающих колодцев.

В том случае, если водопроницаемый грунт залегает очень глубоко, прибегают к устройству в стороне от дороги испаряющих резервуаров. Размер резервуара должен рассчитываться таким образом, чтобы резервуар мог вместить всю воду, выпадающую на ту площадь дороги, которую он обслуживает; при этом должна учитываться как просачивающаяся, так и испаряющаяся вода.

ГПИ УДУНТ (ДИТ)

Принимая наибольшее количество выпадающей в год воды за слой в 15 *см* на 1 кв. *м*, а стекающей к пониженным местам — в $^1/_3$ от выпадающей, т. е. 5 *м* при испаряющей силе воды в 3,0 *см* с 1 кв. *м*, получим, что площадь резервуара должна быть в 5 раз меньше, чем площадь дорожного полотна, с которой принимается вода. Обычно считают, что поглощающий колодец должен принять примерно половину годового количества осадков, выпадающего на обслуживаемую площадь.

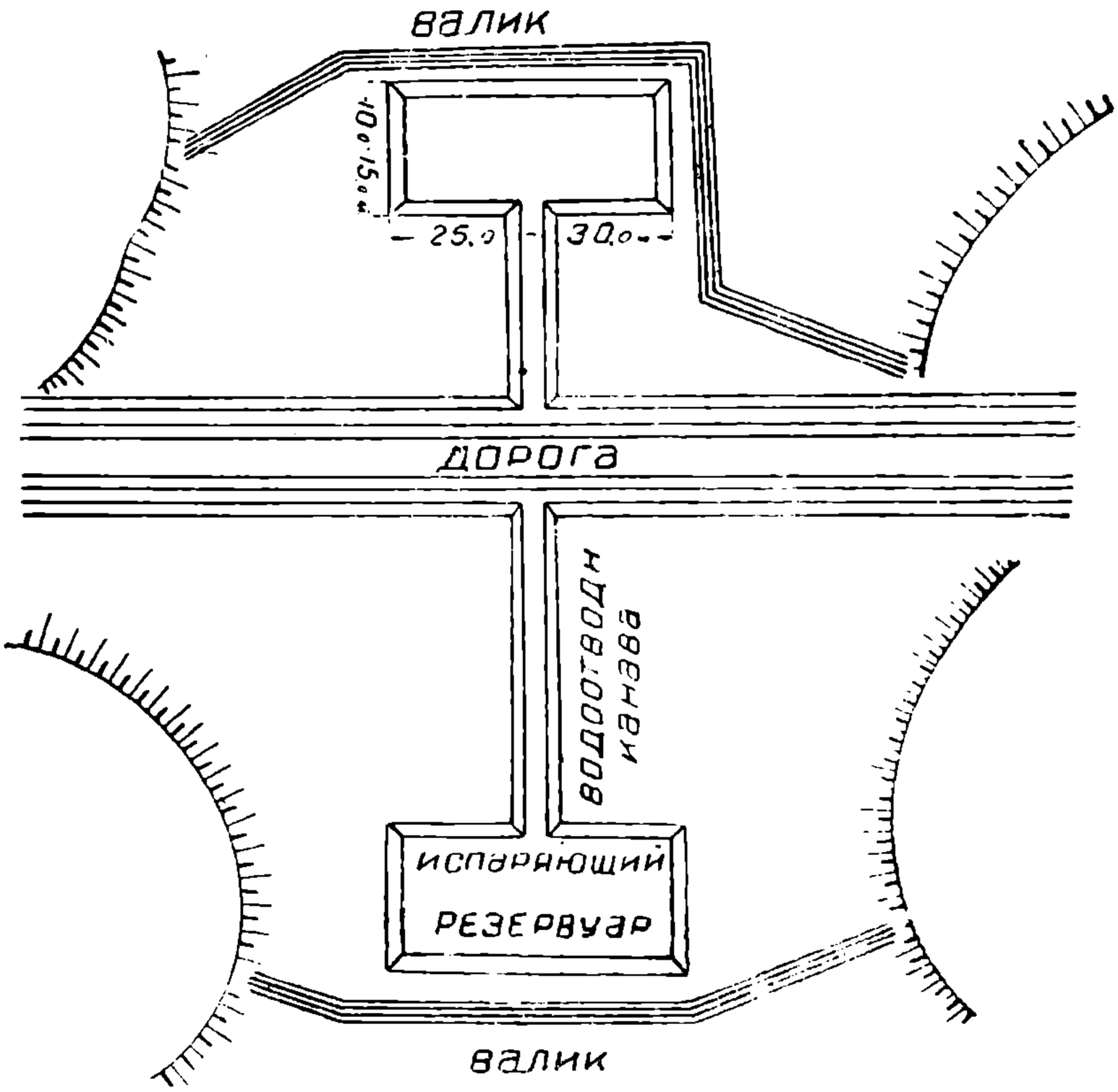


Рис. 128. Устройство испаряющих резервуаров.

Обычно испаряющие резервуары назначают для участков дороги длиною не более 200 *м* и помещают посредине участка. Глубину резервуарам придают в 1,0—1,5 *м* с учетом глубины канавы, подводящей к резервуару воду от боковых канав. От притока воды с прилегающей местности резервуар можно ограждать валиком высотою 0,2—0,5 *м* (рис. 128).

§ 44. Устройство водоотвода в холмистых и гористых местностях. В гористой местности при проведении дорожного полотна с большими продольными уклонами боковым канавам также приходится придавать значительный уклон в 5—6% и выше. При значительном уклоне дна канав вода протекает с большой скоростью в силу чего неиз ежен размыв канавы, во избежание которого прибегают к укреплению откосов и дна канав одерновкой или замощением

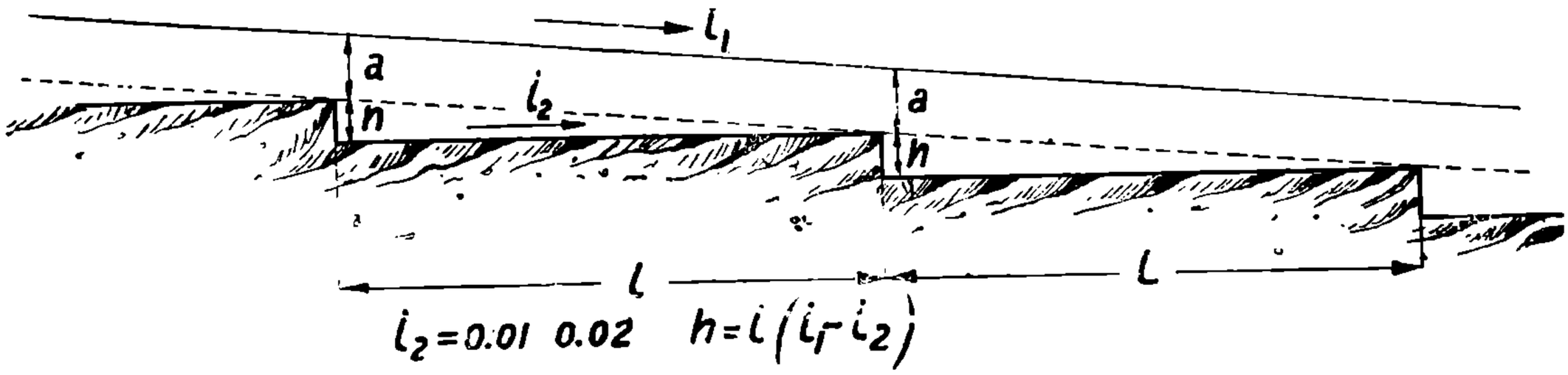


Рис. 129. Расположение канавы с уступами.

на мху. Обычно устройство канав без укрепления можно допустить для средних — суглинистых и супесчаных грунтов—при следующих уклонах:

при длине участка более 500 *м* — величина уклона 0,05—0,015,
менее 500 *м* 0,01—0,03.

При неустойчивых грунтах и уклоне до 3% надо применить одерновку, которая повышает допускаемую среднюю скорость течения до 1,0—1,5 *м* в секунду.

НБ УкрНТ (ДІТ)

Если уклон выше 3%, делают замощение на мху, и тогда может быть допущена скорость: при одиночной мостовой до 2,5 *м*/сек. и при двойной — 3,5 *м*/сек.

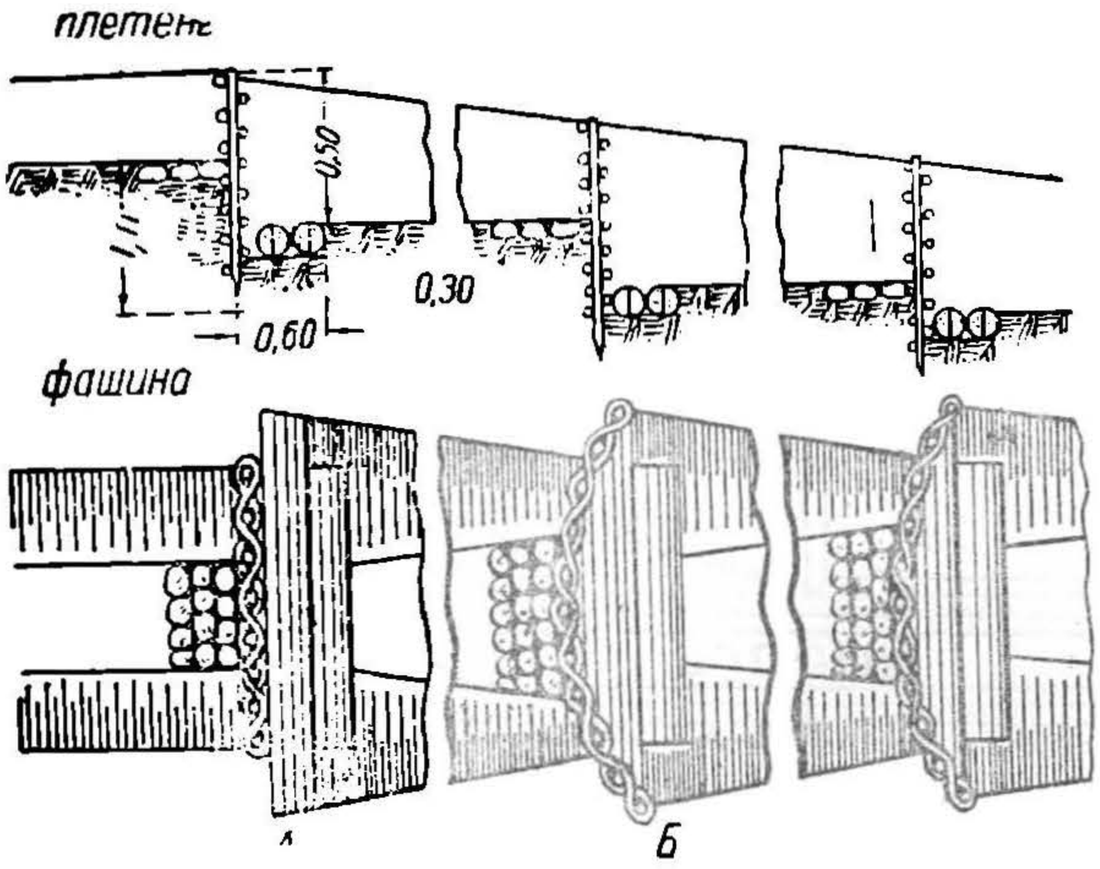


Рис. 130. Укрепление уступов плетневой стенкой

Однако в сильно пересеченной местности, когда уклоны дна канав превосходят 5—6% и притом имеются затяжные участки с подобными уклонами, в виду значительных расходов, связанных с работами по сплошному замощению канав, для уменьшения скорости протекающей воды устраивают ступенчатые канавы (рис. 129). В этих канавах общее падение дна распределяется между несколькими уступами, в пределах которых дну канавы придается уклон, не допускающий размыва грунта (обычно 1—2%). Высоту уступов в обычных условиях не следует делать выше 1,0 *м* и лишь в сильно гористых местах 1,5 *м* при соответствующем укреплении. Величина высоты уступа может быть определена по следующей формуле:

$$h = l\,(i_1 - i_2),$$

где i_1 — продольный уклон местности.

i_2 — продольный уклон дна канавы между уступами, назначаемый из тех соображений, чтобы не было размыва,

l — расстояние между уступами, назначаемое в зависимости от общего протяжения участка и числа уступов.

h — высота уступов.

Во избежание размыва сами уступы должны быть укреплены.

Рис. 131. Укрепление уступов канавы при помощи ряжевых стенок.

Способы укрепления уступов зависят от наличия того или другого материала и высоты уступа. Наиболее простым способом укрепления служит плетневая стенка, устроенная по кольям толщиною 5—10 *см*, забиваемым в расстоянии 0,3 *м* друг от друга; водобойная часть уступа в этом случае укрепляется фашинами, укладываемыми поперек канавы (рис. 130). Уступы укрепляются и ряжевыми стенками, как показано на рис. 131.

В местностях, богатых каменным материалом, ступы могут укрепляться каменной стенкой, уложенной насухо (при высоте до 1,0 *м*) (рис. 132) или на растворе (рис. 133). На дорогах общесоюзного значения могут устраиваться перепады из железобетонной стенки (рис. 134). Выше уступа дно канавы укрепляется мощением камнем на протяжении не менее 0,5 *м*, а ниже уступа не менее 1,5 *м*.

НБ УДУНТ (ДИТ)

В гористой местности при сильном падении воды, во избежание размыва уступов, приходится прибегать к устройству специальных открытых или закрытых водобойных колодцев (рис. 135).

§ 45. Расчет канав. Дорожные канавы должны иметь сечение, достаточное для пропуска максимального расхода воды. Если это условие не будет удовлетворено, то результатом явится недостаточный водоотвод, переполнение канавы водой, размыв откосов и дорожного полотна или насыпи; при чересчур большом сечении будет происходить заиливание и загрязнение канавы, не говоря о том, что будет произведен лишний расход на ее проведение.

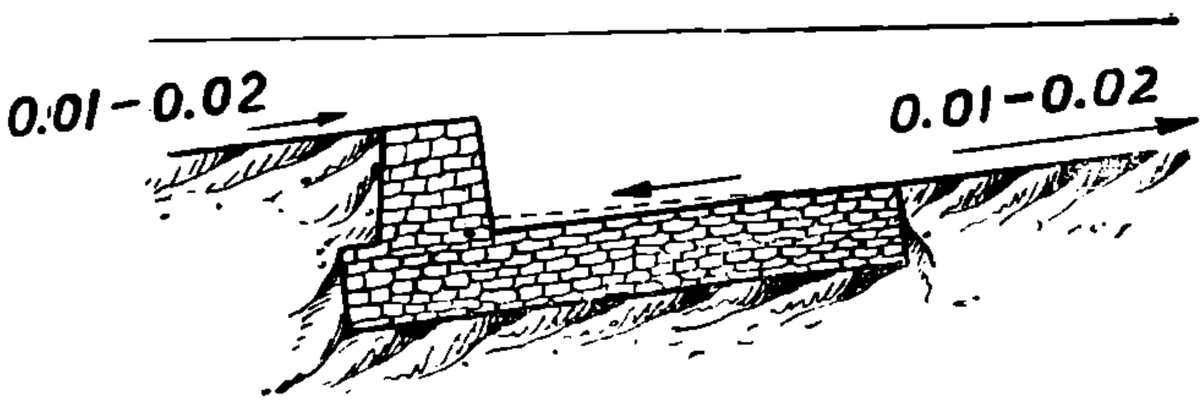


Рис. 132. Укрепление уступа каменной стенкой. уложенной на-сухо.

Особенно важно делать тщательный расчет отводных и нагорных канав; боковые канавы должны быть проверены расчетом лишь во всех сомнительных случаях. Гидравлический расчет канав сводится к определению поперечного сечения канавы в зависимости от потребного расхода и допускаемой средней скорости течения воды, с тем чтобы не было размыва канавы.

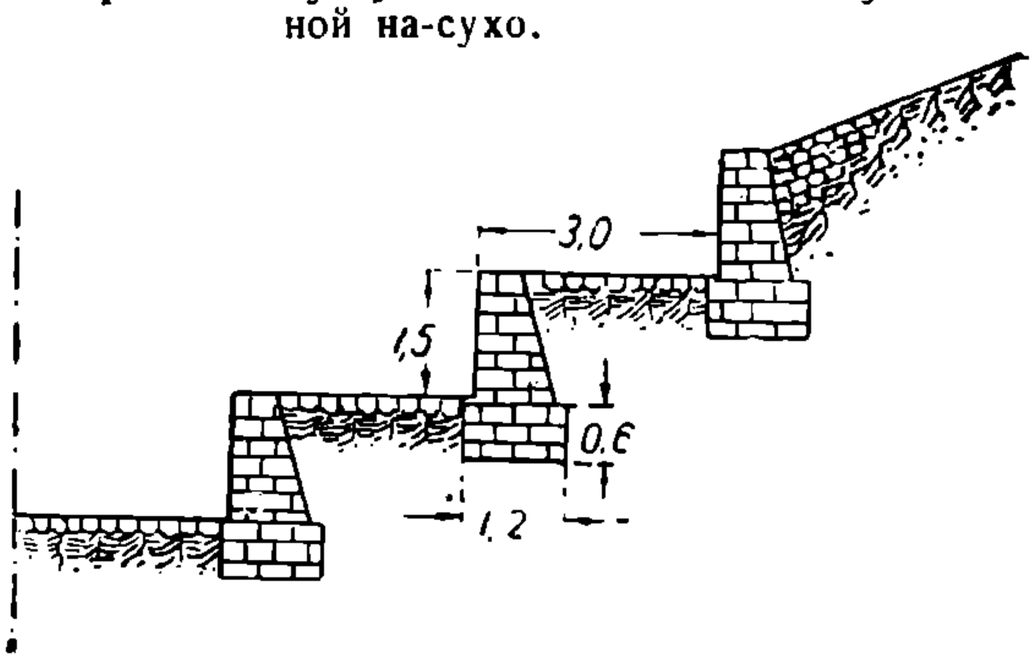


Рис. 133. Укрепление уступа каменной стенкой на растворе.

Для определения расхода воды, подлежащей отводу через канавы, необходимо определить площадь бассейна, с которого будет поступать вода. В отношении нагорных канав расход воды определяется по отдельным участкам, так как площадь их на всем протяжении может быть не одинакова. Расход воды определяется по одной из следующих формул:

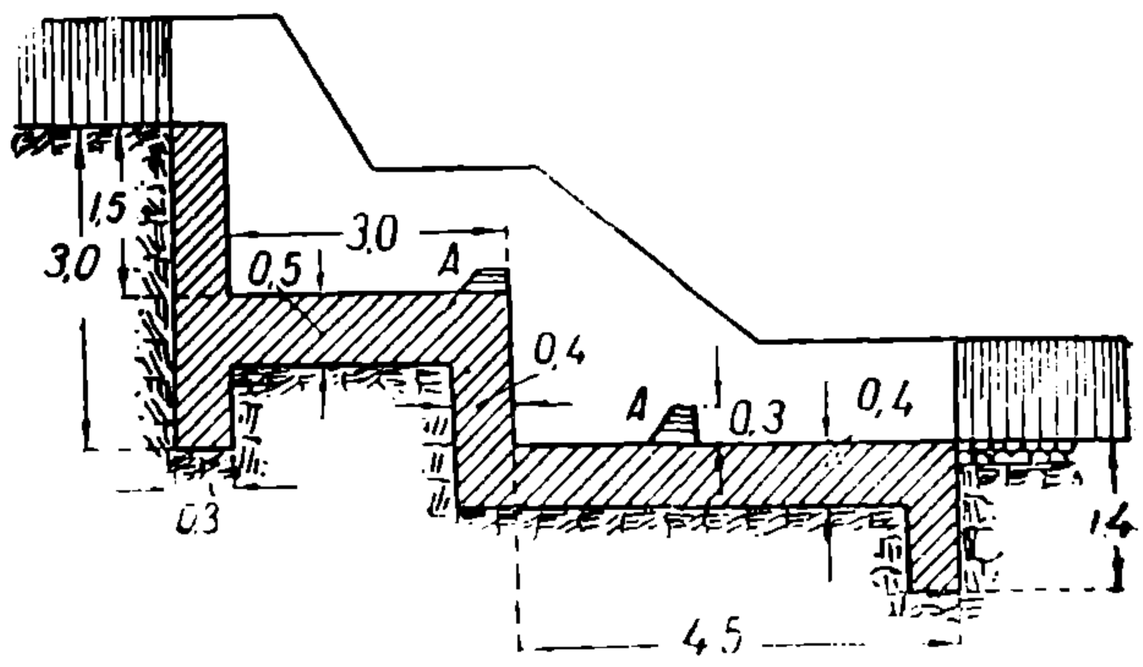


Рис. 134 Укрепление уступа железобетонной стенкой.

$$Q = c\ F\ \alpha.$$

где Q — количество воды в $м^3$, прит кающей к канаве,
F площадь бассейна, прилегающего к канаве, в $км^2$,
c — климатический коэффициент от 6 до 24, определяемый по карте изолиний.
α — коэффициент стока бассейна, зависящий от его длины или уклона.

Другая формула предложена нормами ЦИСа НКНС 1931 г.

$$Q = 16{,}67\ F\ (a\ k\quad i),$$

где Q — наибольший расход ливневых вод ($м^3$/сек.),
F — площадь бассейна в $км^2$,
a — максимальная интенсивность дождя при продолжительности его, дающей наибольшее значение расхода для принятого за единицу климатического района ($мм$/мин),
k — климатический коэффициент,
i — интенсивность впитывания воды почвой ($м.и$/мин.).

Более детальные обозначения величин, входящих в означенную формулу, приведены в отделе V, главе 15, § 65.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Расчет канав ведется по следующим формулам гидравлики:

$$Q = \omega \times V$$

и формуле Шези

$$V = c\sqrt{R\ i},$$

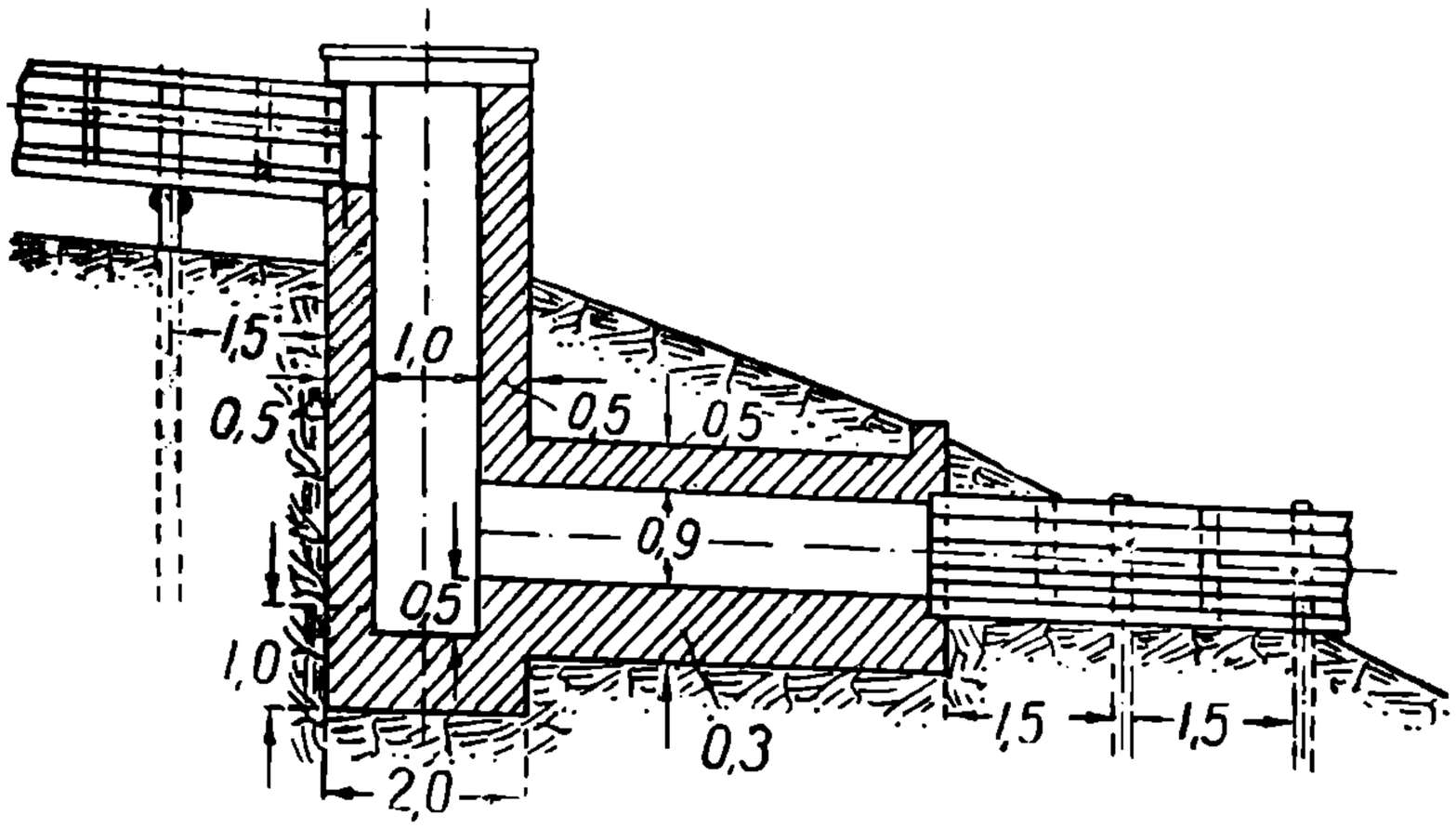


Рис. 135. Закрытый водобойный колодец.

где ω — площадь живого сечения канавы, из расчета, что вода в канаве протекает слоем h, а все сечение канавы до бровки откоса должно быть увеличено на 0,20 *м* (рис. 136),

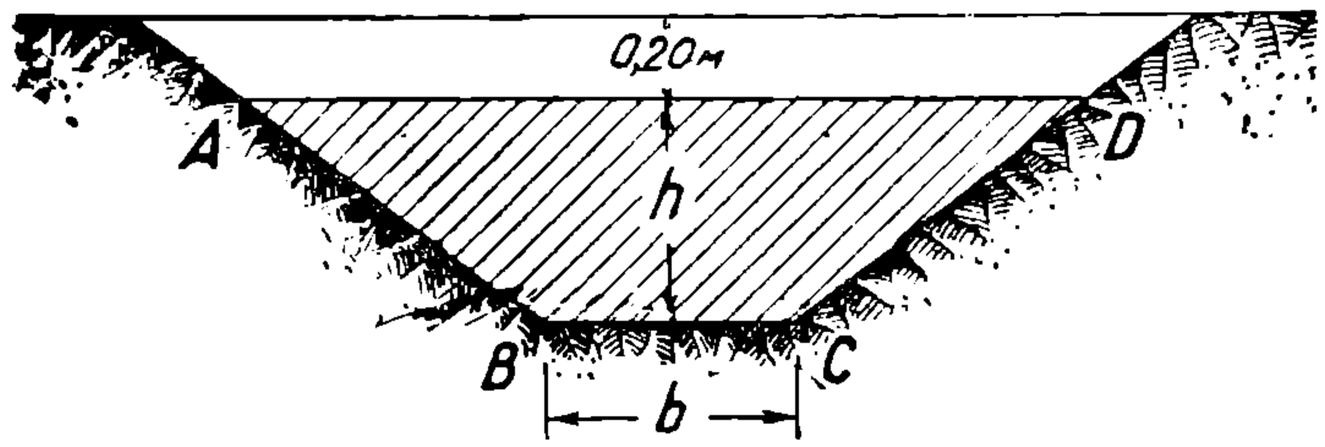


Рис. 136. Расчетное поперечное сечение канавы.

V — средняя допускаемая скорость течения воды в канаве в *м*/сек.

Эта скорость имеет большое значение для прочности канавы, чтобы избежать ее размыва. Допускаемые средние скорости в зависимости от грунта и его укрепления приводится в следующей таблице.

Таблица 60

	Род грунта или его укрепления	Скорость *м*/сек.	
		допускаемая по дну	средняя расчетная
1.	Илистый грунт.	0,10	0,15
2.	Мелкий песок	0,25	0,35
3.	Крупный песок, лес и одиночная дерновка плашмя	0,60	0,80
4.	Глинистые грунты средней плотности (суглинки, супески)	0.40 — 0,75	0.55 — 0,95
5.	Гравий и мелкая галька (до 2,5 *см*).....	1,00	1,25
6.	Хрящеватый грунт, галька крупная.....	1.20	1,50
7.	Плотная твердая глина, дерновка в стенку.	1.50	1.80
8.	Каменистый грунт, одиночная мостовая...	2,15	2,50
9.	Скальный грунт, двойная мостовая.....	3,10	3,50
10.	Кирпичная кладка из железняка на цементном растворе....	4.00	4 50
11.	Лоток из бутовой, бетонной кладки, плетневые ящики, заполненные крупным камнем	4,50	5,00
12.	Деревянный лоток. ...	6,00	6,60

НБ УДУНТ (ДПТ)

R—гидравлический радиус или отношение площади живого сечения ω к смоченному или подводному периметру (рис. 136).

$$R = \frac{\omega}{\rho}$$

где

$$\rho = AB + BC + CD$$

C—коэффициент, зависящий от материала, из которого устроена канава, и от гидравлического радиуса R.

Для определения коэффициента C имеется целый ряд формул, из которых в данных случаях наиболее применимой является формула Базена.

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

В этой формуле γ—коэффициент шероховатости, зависящий от шероховатости русла, по которому протекает вода. Значение коэффициента γ в зависимости от шероховатости стенок канавы приводится в следующей таблице.

Таблица 61

№ категории	Род обделки стенок	γ
1	Очень гладкие стенки (строганые доски, гладкая цементная штукатурка и т. д.)..	0,06
2	Гладкие стенки (нестроганые доски, тесовая и кирпичная кладка, бетонные и чугунные трубы, весьма хорошая бетонировка и др.).....	0,16
3	Негладкие стенки (хорошая бутовая кладка, посредственная бетонировка)	0,46
4	Грубо обделанные стенки (грубая бутовая кладка, весьма грубая бетонировка по скале, замощение булыжником, стенки в плотных землистых грунтах, притом весьма хорошо содержимые, стенки, чисто высеченные в скале).	0,85
5	Земляные стенки в обычном состоянии (так же мощеные, но несколько заросшие и т. п.)	1,30
6	Земляные русла, оказывающие особенно сильное сопротивление (при плохом содержании, значительных водорослях, скалистом с валунами или крупногалечном дне и пр.)..... ...	1,75

Коэффициент C в зависимости от коэффициента шероховатости гидравлического радиуса R может быть сразу определен по следующей таблице:

Таблица 62

Гидравлический радиус R	Коэффициент шероховатости γ						Гидравлический радиус R	Коэффициент шероховатости γ					
	0, 6	0,16	0,46	0,85	1,30	1,75		0,06	0,16	0,46	0,85	1,30	1.75
0,05	68,5	50,7	28,4	18.1	12,8	9,9	0,28	78,1	66.8	46,5	33,4	25,2	20.2
0,06	69,8	52,6	30,2	19,4	13,8	10,7	0,29	78,3	67,0	46,9	33,7	25,5	20.5
0,07	70,9	54,2	31,7	20,6	14,7	11,4	0.30	78,4	67.3	47,3	34,1	25,8	20,7
0,08	71,8	55,6	33,1	21,7	15,5	12,1	0.31	78,5	67.6	47,6	34,3	26,1	21,0
0,09	72,5	56,7	34.4	22,7	16,3	12,7	0,32	78,6	67,8	47,9	34,7	26,4	21,2
0,10	73,1	57,7	35,5	23,6	17,0	13,3	0.33	78,8	68.0	48.2	35,1	26,7	21,5
0,11	73.6	58,7	36.5	24,4	17,7	13,9	0,34	78.9	68,2	48 5	35.4	26,9	21,7
0,12	74,1	59,5	37,4	25,2	18,3	14,4	0,35	79,0	68 4	48,8	35,7	27,2	22,0
0,13	74,6	60,2	38,2	25,9	18.9	14,9	0,36	79.1	68,6	49.2	36,0	27,5	22,2
0,14	75,0	60,9	39,0	26,7	19,4	15,3	0,37	79,2	68.8	49.5	36,3	27,7	22,4
0,15	75,3	61,5	39,7	27,2	19,9	15.8	0,38	79,2	69,0	49,8	36,6	28,0	22,7
0,16	75,6	62,1	40,5	27,8	20,4	16,2	0,39	79,3	69,2	50,1	36,8	28,2	22,9
0,17	75,9	62,7	41.2	28,4	20,9	16,6	0,40	79,4	69,4	50,4	37,1	28,5	23,1
0,18	76,2	63,2	41,8	29,0	21,4	17,0	0,41	79,5	69,6	50,6	37,4	28,7	23,3
0,19	76,5	63,6	42,4	29,5	21,8	17,3	0,42	79,6	69,7	50,9	37,6	28,9	23,5
0,20	76,7	64,1	42,9	30,0	22,3	17,7	0,43	79.7	69,9	51,1	37,9	29,2	23,7
0,21	76,9	64.5	43,5	30,5	22,7	18,1	0,44	79,7	70.1	51,4	38,1	29,4	23,9
0,22	77,1	64,9	44,0	30,9	23,1	18,4	0,45	79,8	70,2	51,6	38,4	29.6	24.1
0,23	77,3	65,2	44,4	31,4	23,4	18,7	0,46	79,9	70,4	51,8	38,6	29.8	24.3
0,24	77,5	65,5	44,8	31,8	23,8	19,0	0,47	80,0	70,5	52,0	38,8	30.0	24.5
0,25	77.6	65,9	45,3	32,2	24.2	19,3	0,48	80,0	70,6	52.3	39,1	30.2	24,7
0,26	77 8	66.2	45,7	32,6	24,5	19,6	0,49	80,1	70,8	52.5	39.3	30.4	24,8
0,27	78.0	66,5	46,1	33,0	24.8	19,9	0.50	80,2	70,9	52,7	39,5	30,6	25,0

УГЛУНТ (ДИТ)

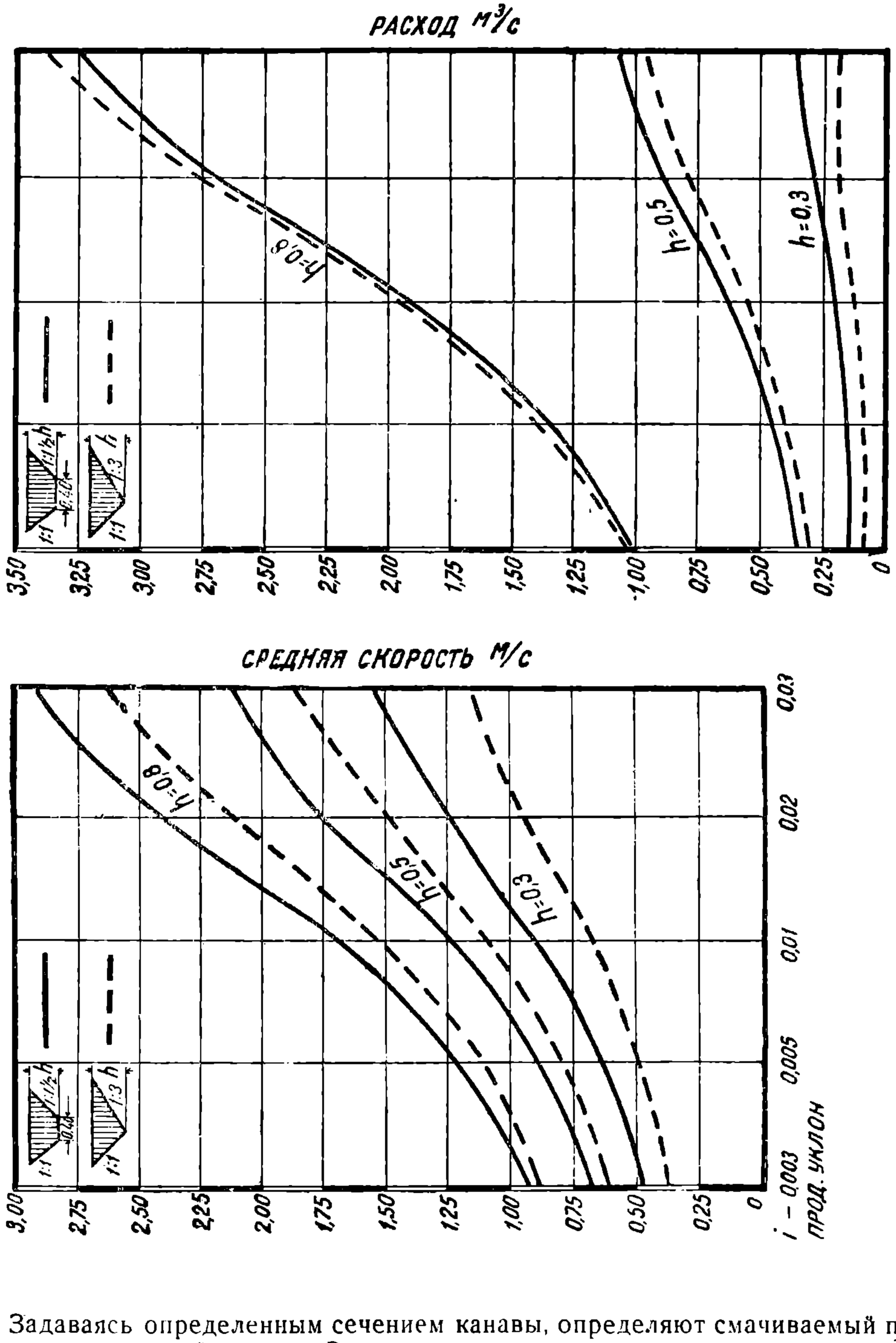


Рис. 138. График для подбора поперечного сечения канавы по расходу и продольному уклону

Рис. 137. График для подбора поперечного сечения канавы по средней скорости и продольному уклону.

Задаваясь определенным сечением канавы, определяют смачиваемый периметр ρ, гидравлический радиус R и, в зависимости от продольного уклона канавы, допускаемую скорость v, сравнивают последнюю с допускаемой скоростью для данного грунта для определения необходимости укрепления дна канавы, затем по формуле $Q=\omega . v$ определяют расход, который может пропустить канава Q. Если $Q>Q_1$. расхода, который должна пропускать канава, то выбранное сечение канавы является достаточным. Разница между Q и Q_1 не должна превышать 5—10%.

В целях ускорения работы по выбору размеров поперечного сечения канавы и вычислению допустимых скоростей можно пользоваться специальными графиками.

На рис. 137 и 138 приведены графики для подбора сечений двух видов канав — трапецоидального и треугольного сечений.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Пример. Допустим, что канава должна пропустить расход — $Q = 0{,}7$ $м^2$ в секунду. Грунт—плотная, твердая глина. Уклон канавы $i = 0{,}02$. Определить размеры канавы.

Примем канаву треугольного сечения следующих размеров (рис. 139).

Площадь сечения канавы $\omega = \frac{2{,}0 \times 0{,}4}{2} = 0{,}40$ $м^2$.

Подводный периметр $\rho = \sqrt{2 \times 0{,}5)^2} + \sqrt{(1 . 5)^2 + (0 \quad 5)^2} = 2{,}28$.

Гидравлический радиус $R = \frac{0{,}40}{2{,}28} = 0{,}17$ при указанном $R = 0{,}17$ и коэффициенте шероховатости $\gamma = 1{,}30$, коэффициент $C = 20{,}9$.

Определим скорость по формуле Шези

$$V = C\sqrt{Ri} = 20{,}9\sqrt{0{,}17 \times 0{,}02} = 1.28 \text{ м/сек.}$$

Для указанного грунта средняя расчетная скорость по таблице $V = 1{,}8 > 1{,}28$; следовательно укрепление канав не потребуется.

Канава принятого сечения может пропустить расход воды

$$Q = \omega \times V = 0{,}40 \times 1{,}28 = 0{,}72 > 0{,}70 \text{ } м^3/\text{сек.}$$

§ 46. Устройство дренажа. Закрытый дренаж в дорожном деле применяется, когда нужно: 1) понизить уровень грунтовой воды, 2) понизить высоту капиллярного поднятия воды, 3) перехватить поток грунтовой воды с нагорной стороны для борьбы с оползнями, сдвигами, сплывами дорожного полотна и откосов дорожных выемок.

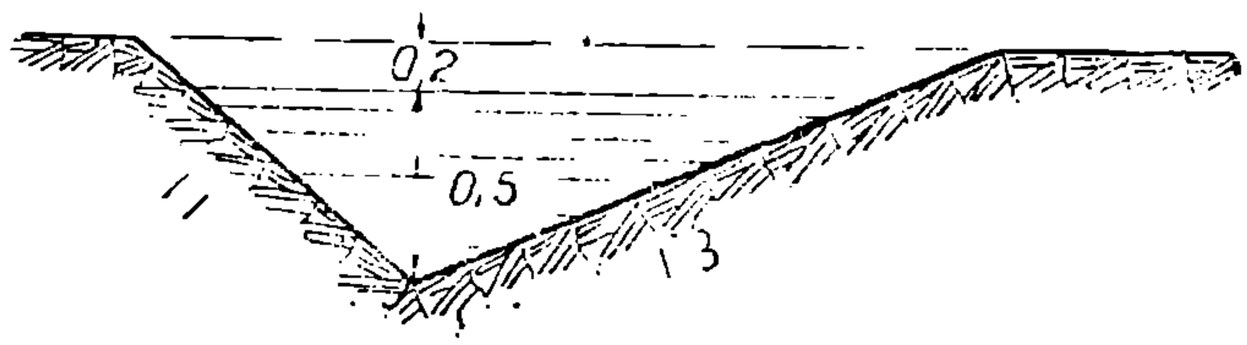


Рис 139. Сечение канавы треугольного типа.

„Грунтовой" называется такая свободная в теле земли вода, которая держится на определенном уровне, причем расстояние ее от поверхности земли может быть определено путем прокопки или пробуравливания ямы или скважины.

Уровень грунтовой воды весьма значительно изменяется в зависимости от времени года и погоды; обычно он выше всего находится осенью и весной по окончания таяния снега и ниже всего—от середины до конца лета и к концу зимы. Грунтовая вода вследствие изменения рельефа местности, неравномерности испарения и т. п. находится в постоянном движении с сильно меняющейся скоростью. Глубина залегания грунтовой воды может колебаться от 0,5 до 4 и более метров.

Основным условием эффективности действия дренажа, в целях понижения уровня грунтовой воды, является расположение дна дренажа ниже первоначального уровня грунтовой воды, к моменту замерзания. Обычная глубина закрытого дренажа на дорожном полотне 1,5—2,0 *м*, наиболее часто 1,1—1,8 *м* ниже полотна дороги, причем в большинстве случаев такой дренаж является достаточным для понижения уровня грунтовых вод.

Влияние дренажа на понижение уровня грунтовой воды зависит от грунта и может распространяться только на полосу определенной ширины от дренажной канавы.

Если в насыщенном водой грунте устроить две дренажные канавы на некотором расстоянии друг от друга (рис. 140), то вода из грунта сначала выделяется очень быстро, потом все медленнее и медленнее, и наконец истечение из грунта совершенно прекращается. В массе земли, насыщенной водой, частицы воды подвержены некоторому равномерному давлению со всех сторон, а также гидродинамическому давлению, стремящемуся перемещать их в направлении наибольшего уклона местности. Когда роется канава, частица воды, наряду с гидродинамическим давлением, подвергается еще и некоторой разности давления в сторону канавы и под влиянием равнодействующей этих двух давлений получает стремление просочиться в канаву.

В силу изложенного горизонт грунтовой воды, бывший до прорытия канавы на уровне *n*—*n*, по прошествии некоторого времени понизится у канавы до

НБ УИЖТ (ДИТ)

кривой *an*. Кривая понижения грунтовой воды будет иметь вид параболы, уравнение которой может быть представлено таким образом: $x = A\left(\frac{y}{H}\right)^2$, причем вид этой параболы будет зависеть от водопроницаемости грунта. Чем меньше грунт будет представлять затруднений для прохождения воды, тем кривая будет положе, и наоборот — в плотных, трудно проницаемых грунтах кривая будет круче.

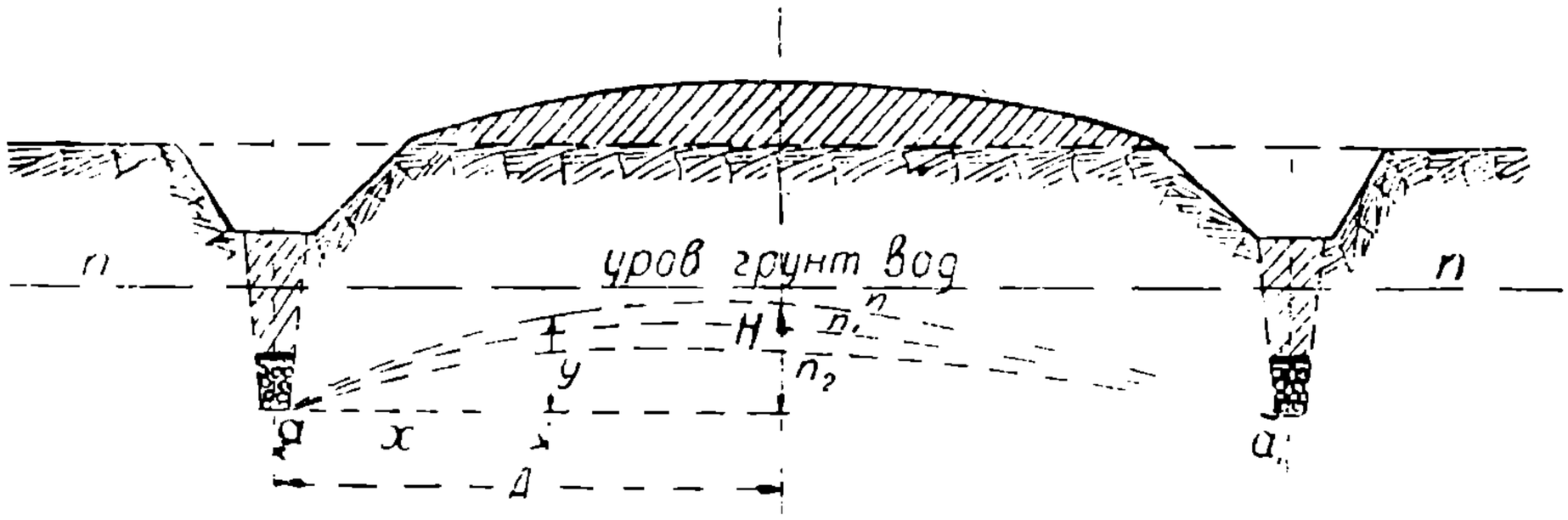


Рис. 140. Понижение при помощи дренажа уровня грунтовой воды.

Отсюда очевидно, что точка *n*, лежащая посредине между дренажами, будет тем ниже от поверхности земли, чем проницаемее грунт, и тем выше, чем он плотнее; чем ближе друг от друга дренажные канавы, тем больше глубина осушения грунта (точка *n* расположена ниже), и наоборот—чем дальше друг от друга канавы, тем тоньше слой осушаемого грунта (точка *n* расположена выше). В первом случае дорожное полотно будет осушено лучше, чем во втором, тем более, что, благодаря волосности, вода может подниматься на некоторую высоту сверх линии ana_1.

При проектировании дороги надлежит так назначать земляное полотно дороги, чтобы поверхность его была выше поверхности ana_1, на определенную величину, характеризуемую капиллярным поднятием воды в грунте.

Наклон линий *an*, n_1, an_2 и т. д. определяет границу полезного действия дренажной канавы известной глубины и при известном между канавами расстоянии. Согласно опытным данным, наклон линии осушения или линии „депрессии" грунтовых вод для различных грунтов имеет следующие величины: для песков — 0,005 0,015, для растительного грунта—0,03, для песчано глинистого грунта — 0,05—0,10, для глинистого — 0,10 —0,15. Закрытый дренаж можно располагать по оси дороги, так как он в этом случае наиболее полно осушает дорожное полотно, однако, в виду затруднительности его ремонта, целесообразнее дренажные канавы устраивать по бокам дороги, под боковыми канавами (рис. 141).

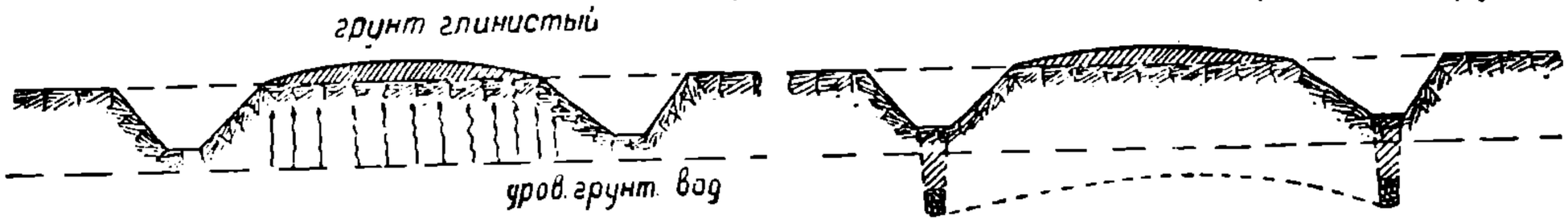
Рис 141. Сравнение расположения дренажных канав по оси и бокам дороги.

Капиллярная вода располагается обычно выше грунтовой, — это вода, которая поднимается в грунт под влиянием капиллярной или всасывающей силы. Различные грунты обладают, как указывалось в § 39, различной капиллярной способностью, так, для гравелистого песка (крупность зерен 2—0,5 *мм*) высота капиллярного поднятия 3,5—12 *см*.

Обыкнов. песок	(крупн. зерен	0.5— 0 2 *мм*)	высота кап. подн.	12—35 *см*
мелкий	„ „	0,2— 0,05	„	35—100 *см*
пылеватый	„	0,05—0,02	„	1—3 *м*
крупная пыль	„	0,02—0,005		3—10 *м*
мелкая пыль (глина)		0,005—0,002		10—30 *м*

НБ УДУНТ (ДИТ)

При устройстве дорожного полотна или основания необходимо, чтобы капиллярная вода не достигала верхнего слоя дорожного полотна и не размягчала его. Это достигается заложением дренажных канав ниже горизонта грунтовых



неправильно устроенный дренаж — дорога в плохом состоянии.

правильно устроенный дренаж — дорога в хорошем состоянии.

Рис. 142. Устройство дренажа для уменьшения капиллярного подъема воды.

вод, а следовательно понижением уровня грунтовой воды, а вместе с тем и уровня капиллярного поднятия воды (рис. 142).

Если дорога прокладывается по косогору, внутренний дренаж устраивается с нагорной стороны; назначение его — перехватывать грунтовые воды, протекающие под дорожным полотном по волоносному слою (рис. 143). Если грунтовая вода выходит по водопроницаемому грунту на откос дорожной полувыемки, дренаж устраивается выше дна боковой канавы, для защиты откоса от возможного сползания (рис. 144). Так как устройство дренажа — дорогая и технически трудная работа, то предварительно должны быть произведены подробные гидрологические исследования, с целью определения напластования различных слоев грунта, протекания грунтовых вод, величины капиллярного поднятия и пр.

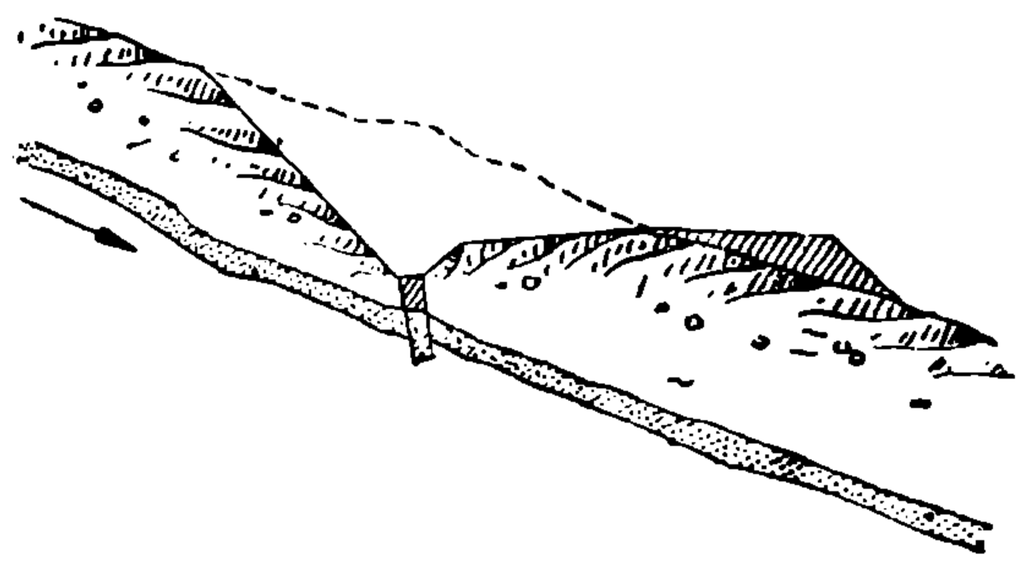


Рис. 143. Перехватывание дренажем грунтовых вод с нагорной стороны на косогоре.

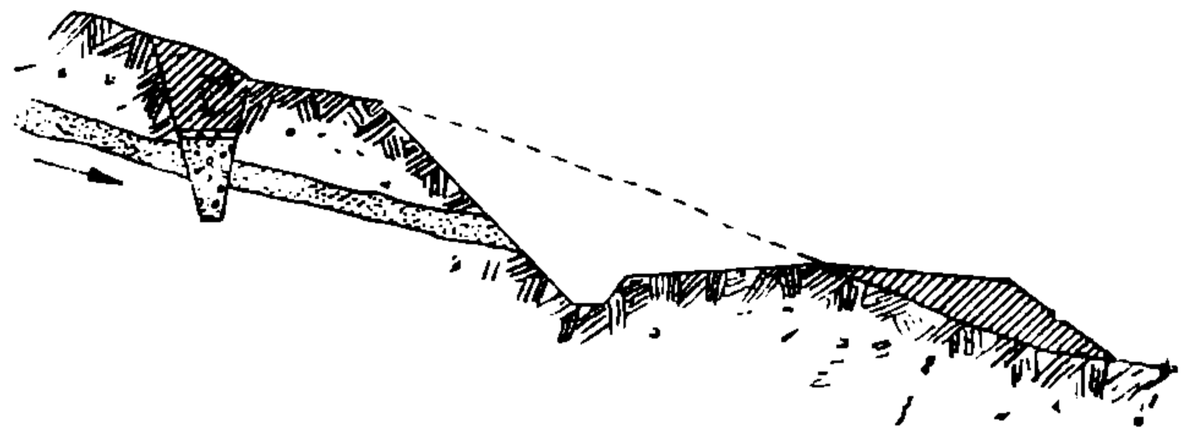


Рис. 144. Перехватывание дренажем грунтовой воды, выходящей на откос.

Лучшим типом дренажа является дренаж из гончарных или цементных труб с внутренним диаметром 7—15 *см*, укладываемых в узкие траншеи, шириной по дну 0,20 *м*, вырываемые на дне боковых канав. Сверху трубы засыпаются гравием или хрящом, затем кладется дерн и, наконец, насыпается земля, которая тщательно утрамбовывается.

Всасываемая дренажными трубами вода должна отводиться в продольном направлении в низины и выпускаться на откосы таковых или спускаться в глубокие слои грунта при посредстве водопоглощающих колодцев. Дренаж из труб очень дорог, а потому редко применяется в условиях дорожного строительства; в большинстве случаев делают дренаж из более дешевых материалов: щебня, гальки, мелкого камня, фашин, плитного камня, пластин, кирпича и пр. (рис. 145). При устройстве подобного дренажа вырывают канавы глубиною 1,0—1,5 *м*, шириною по дну 0,2—0,4 *м* и по верху 0,4 — 0,8 *м*, на дно укладывается дренирующий материал, занимающий примерно $^1/_3$ глубины канавы поверх него дерн, сверху насыпается песок и плотно утрамбовывается.

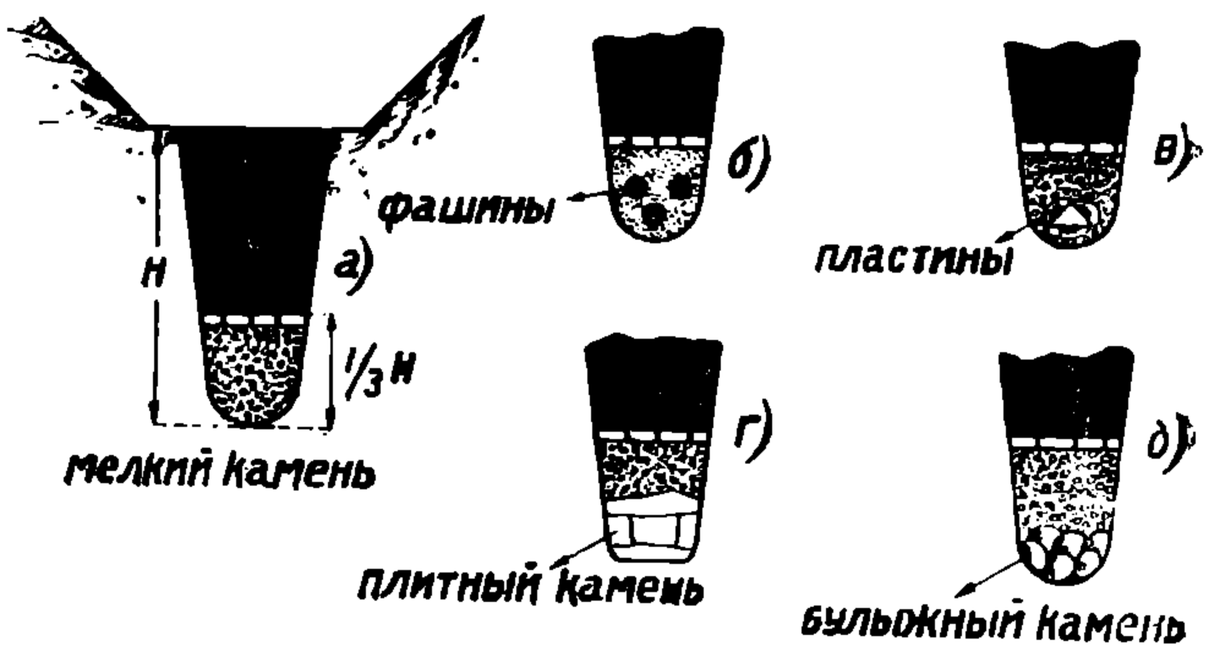
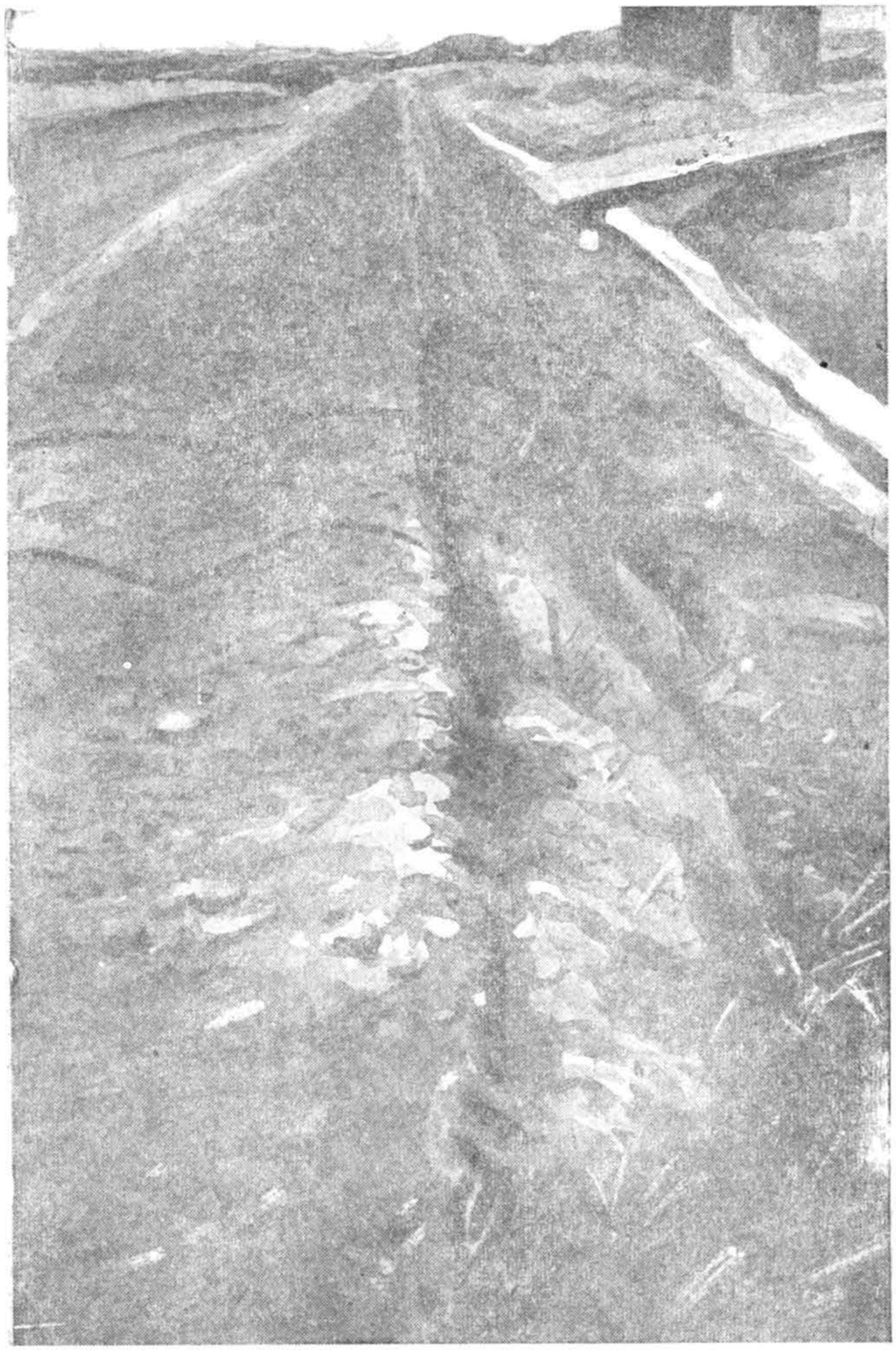


Рис. 145. Различные типы устройства дренажных канав

НБ УДУНТ (ДИТ)

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

ПУЧИНЫ И НАЛЕДИ



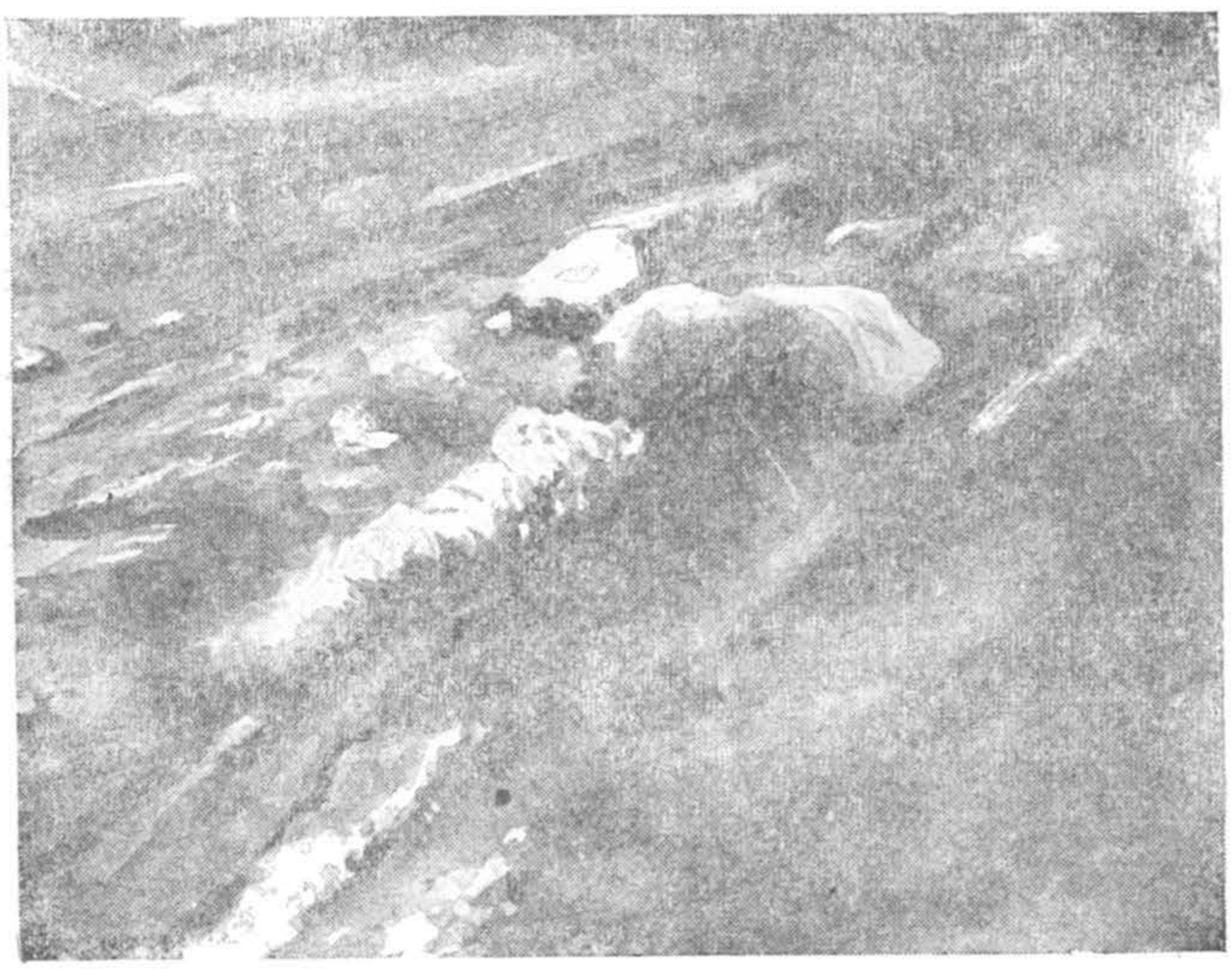


Рис. 146. Трещины на пучинистых участках.

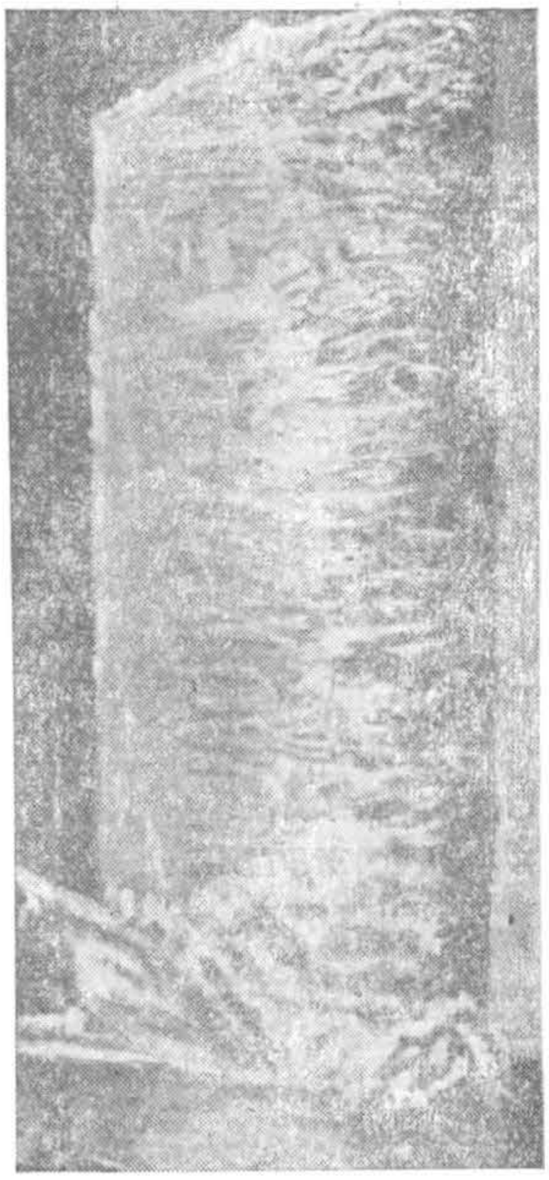
§ 47. Причины образования пучин. Пучинами называются такие места грунтовых или шоссейных дорог, где под действием влаги или промерзания дорожное полотно приподнимается, образуя бугры; бугры эти могут давать трещины, через которые вытекает на дорожную поверхность нижний разжиженный слой грунта (рис. 146). Пучины появляются поздней осенью и зимой, но особенно дают себя чувствовать ранней весной при оттаивании грунта, который в пучащих местах делается настолько слаб, что теряет всякую несущую способность. На грунтовых дорогах колеса экипажей вязнут, а на шоссейных кора не выдерживает, прорезается и смешивается с пучинистым грунтом. Обычно в таких местах шоссейная кора имеет очень большую толщину, так как состоит из щебня, смешанного с грунтом, в который щебень постепенно опускается. С просыханием грунта пучины обычно пропадают, и дорога принимает прежний вид. Пучины особенно резко проявляются в северных районах, причем в Карелии на грунтовых дорогах они носят специальное название „кирзы". Для того чтобы вести правильную борьбу с пучинами, необходимо знать причины их образования.

Появление пучин обычно обусловливается характером грунтов, их напластованием, гидрологическими и климатическими условиями.

Целый ряд исследований показал, что больше других пучинистыми свойствами обладают пылеватые грунты, содержащие частицы мелкой пыли (0,01—0,005) более 60% и, кроме того, частицы крупной пыли и глины. Подобные грунты обладают большой

НБ УДУНТ (ДИТ)

способностью впитывать в себя поверхностную влагу и увеличиваться при этом в объеме, а также высокой капиллярностью, достигающей 1,5—3,5 *м*, почему они легко увлажняются снизу, со стороны грунтовой воды. Имеет также значение напластование грунтов и залегание на некоторой глубине водонепроницаемого грунта; таким водонепроницаемым грунтом может быть промерзший грунт (донник) или слой вечной мерзлоты; поверх такового грунта располагается водоносный слой, а выше последнего—другие грунты.



песок—глина.

Рис. 147. Образец замерзшего грунта из песка и глины с прослойками льда в глинистом грунте.

Что касается гидрологических условий, то образованию пучин способствует значительное переувлажнение грунта—либо верхней водой, либо капиллярной влагой. Важным климатическим условием, обусловливающим появление пучин, является глубина промерзания грунта. По указанию М. И. Сумгина, количество пучин и величина пучистых бугров, при прочих равных условиях, прямо пропорциональны глубине и интенсивности промерзания грунта. По характеру образования пучины могут быть разбиты на две группы: *верховые* и *коренные* пучины. Первый вид пучин является следствием значительного переувлажнения верхних слоев грунта, причем грунтовые воды в этом случае почти не играют роли. Появление второго вида пучин обусловливается наличием грунтовых вод, капиллярным поднятием и глубоким промерзанием грунта.

Если произвести разрез пучины зимой, то в замерзшем грунте можно заметить многочисленные тонкие прослойки льда, что не будет наблюдаться в грунтах, не обладающих способностью пучения (пески) (рис. 147). Появление означенных прослоек льда может быть объяснено следующим: более крупные частицы воды в грунте за-

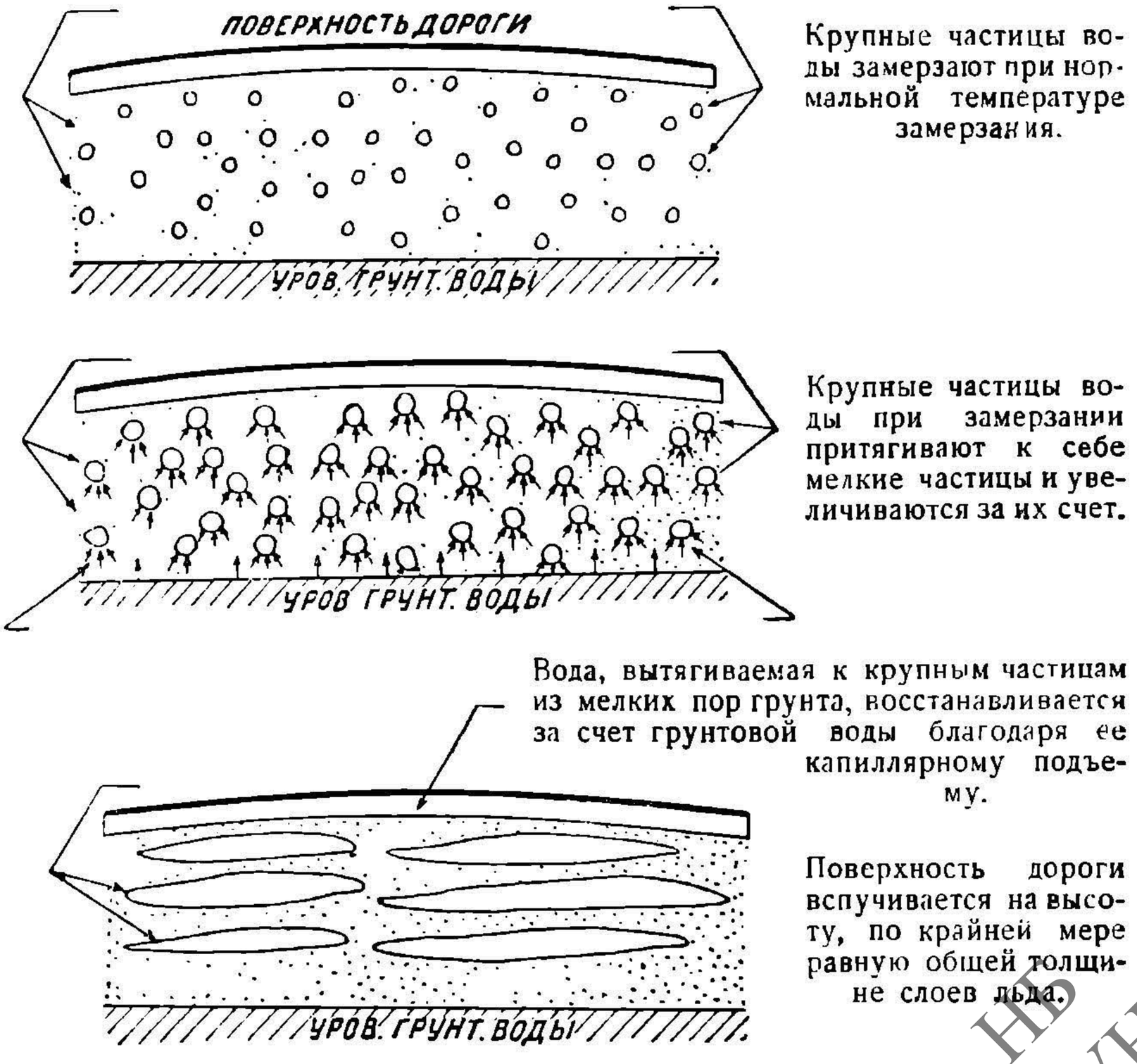


Рис. 148. Схема образования ледяных прослоек в грунтах при промерзании пучинистых участков.

НБ УДУНТ (ДПТ)

мерзают при нормальной температуре замерзания (—4° Ц), в то время как более мелкие частицы не замерзают. После замерзания более крупные частицы притягивают к себе из мелких капиллярных ходов мелкие частицы воды, которые при этом замерзают и увеличивают в объеме ранее замерзшие крупные частицы воды. Так образуются прослойки льда, который поднимает грунт. На смену мелким частицам воды из грунтовой воды по капиллярам поднимаются новые, и процесс может снова повторяться (рис. 148).

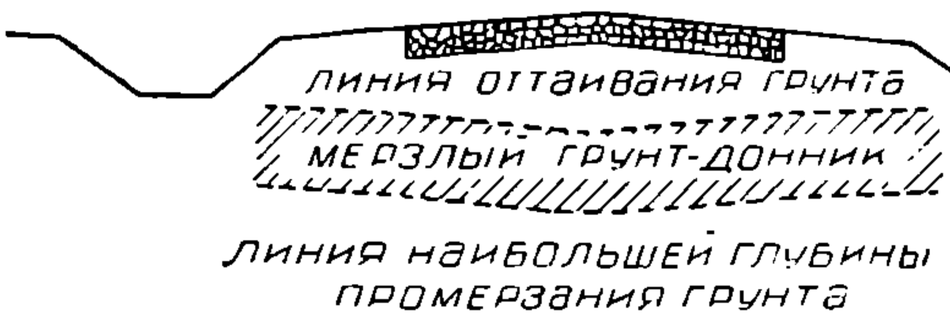


Рис. 149. Оттаивание грунта весной под шоссейной дорогой.

Таким образом для образования пучины необходимы: соответствующий грунт, его сильное увлажнение и промерзание.

Весной, под действием солнечных лучей, оттаивание грунта будет итти энергичнее под дорожной одеждой, в то время как обочины и боковые канавы еще не оттаяли (рис. 149). Оттаявшая вода, не имея выхода, размягчает грунт основания, который при этом теряет несущую способность. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока не оттают нижний слой полотна дороги (донник) и обочины.

§ 48. Меры борьбы с пучинами. В виду того что пучины оказывают серьезное препятствие движению по дороге, необходимо принимать меры ли к ускорению процесса их протекания, или к совершенному их устранению. Все мероприятия, направленные на эту борьбу, можно разбить на три группы: 1) меры, предохраняющие дорогу от порчи во время появления пучин, 2) меры, укорачивающие процесс пучинообразования, 3) меры, уничтожающие причины образования пучин.

К мерам первой категории, предупреждающим возможность прорезания дорожной одежды колесами экипажей, могут быть отнесены: покрытие весной пучинистых участков слоем хвороста, еловых лапок, досками и пр. или устройство специальных объездов таких участков.

К мерам второй категории относятся: а) прогревание или пропаривание пучистых участков путем опускания паропровода в грунт на известную глубину,— этот способ применяется в САСШ, но у нас пока практического применения не нашел; б) утепление пучинистого грунта на зиму (навозом или другими мерами), чтобы уменьшить глубину промерзания грунта; в) удаление оттаявшей влаги из грунта основания путем устройства вертикального дренажа (рис. 150).

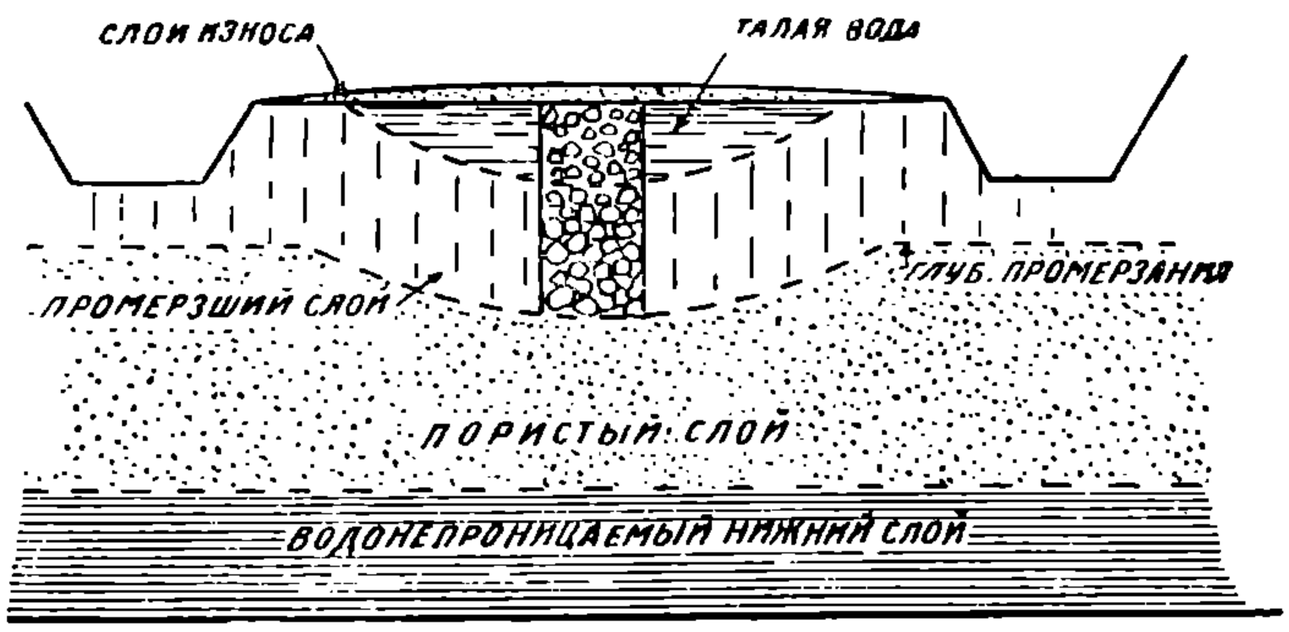


Рис. 150. Удаление оттаявшей воды из пучинистого грунта путем вертикального дренажа.

Меры борьбы третьей категории являются коренными мерами, требующими в большинстве случаев затраты значительных средств, а потому до их выполнения должны быть предприняты подробные почвенно-гидрологические обследования. К числу этих мер относятся:

а) на небольших участках с пучинами пучинистый грунт (пылеватый глинистый) заменяется непучинистым песчаным, гравелистым; эта мера дает очень хорошие результаты, однако сопряжена со значительными расходами;

б) уровень грунтовой воды понижается путем устройства внутреннего дренажа; этой мерой понижается высота капиллярного поднятия воды в капиллярах грунта, и следовательно верхние слои грунта лишаются вредного увлажнения. Дренаж устраивается, как сказано в § 46;

НБ УДУНТ (ДИТ)

в) на известной глубине в теле дороги устраивается „изолирующий" слой, назначение которого нарушать капиллярность грунта, т. е. препятствовать капиллярному всасыванию воды из нижележащих слоев.

В шведской и американской дорожной практике той же цели служат „непроницаемые" слои.

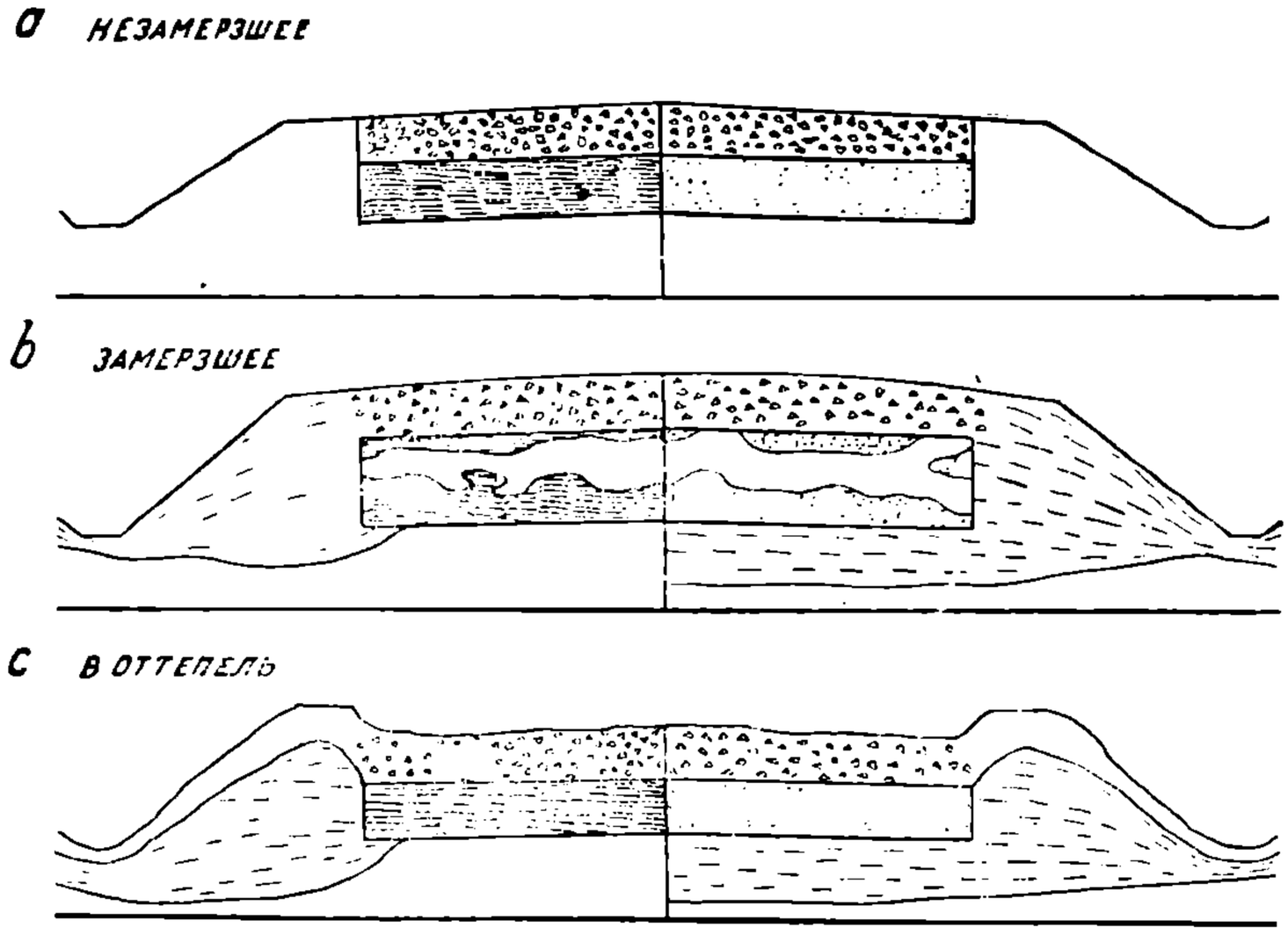


Рис. 151. Неудачная конструкция песчаной прослойки в корыте.

В качестве изолирующих слоев могут применяться: песчаная прослойка, фашинное основание, слой мха. Толщина песчаного слоя должна назначаться из соображений, чтобы расстояние от уровня грунтовой воды до верха песчаного слоя превышало капиллярность песка. Обычно песчаный слой располагается под поверхностью дороги на расстоянии 50—60 *см* и толщина его назначается в 20—30 *см*. Песчаный слой может устраиваться в корыте или доходить до края дороги. Устройство корыта нерационально в том отношении, что если обочины остаются из пучинистого грунта, то при оттаивании средняя часть дороги опустится, а обочины под влиянием пучения поднимутся, что вызовет появление трещин и деформацию дорожной одежды (рис. 151).

Песчаная прослойка должна устраиваться по возможности из более крупного песка.

Фашинная прослойка, помимо нарушения капиллярности, служит изоляцией, в силу чего при фашинах грунт промерзает на меньшую глубину. Фашинный слой устраивается толщиной в 15—30 *см*, в плотном теле. Основным недостатком фашинного слоя является то, что нижележащий грунт постепенно будет проникать в фашинный слой, обволакивать отдельные ветви, и фашина может потерять свойства пористого материала. Особенно резко это может обнаружиться при пылеватых плывунных грунтах. Во избежание этого явления шведская практика рекомендует укладывать фашинный слой между двумя прослойками из мха. Наилучший материал для фашины в данном случае— можжевельник, ель, сосна.

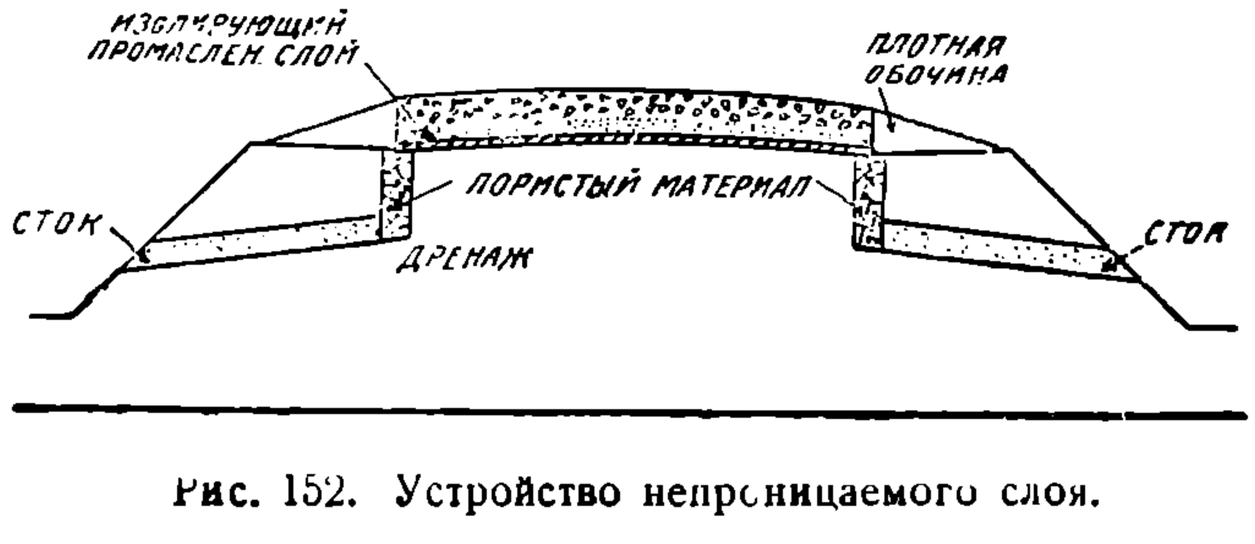


Рис. 152. Устройство непроницаемого слоя.

В качестве материала для непроницаемого слоя могут служить: толь, слой обработанный битуминозными материалами, и т. п. Обычно непроницаемый слой располагается на глубине 50 *см* ниже поверхности земли. Во избежание переувлажнения дорожного полотна, лежащего над непроницаемым слоем, необходимо обеспечить отвод воды из верхнего слоя дренажем (рис. 152).

Применение того или другого способа уничтожения пучин зависит от местных условий, от возможности получить соответствующий материал и экономичности того или иного приема.

§ 49 Наледи в районе вечной мерзлоты При постройке дорог в районе крайнего Севера можно встретиться с явлениями, которые носят название „наледей".

НБ УГЛТУ (ДГТ)

Эти явления имеют большое сходство с явлением пучин, так как при этом происходит также — и в гораздо большем масштабе — образование бугров, сильно препятствующих движению по дороге.

Причины образования наледи — значительное промерзание грунта и стеснение вследствие этого потока речных или грунтовых вод, которые образуют бугры, достигающие высоты нескольких метров. Под влиянием напора воды эти бугры дают трещины, через которые проникает вода и заливает все дорожное полотно. Особенно часто образование наледей происходит у дорожного полотна, которое служит естественной преградой движению грунтовых вод и способствует более глубокому промерзанию грунта (рис. 153).

Мерами борьбы с наледями, на основании работ М. И. Сумгина и В. Г. Петрова, можно считать так называемые „мерзлотные" пояса, благодаря которым

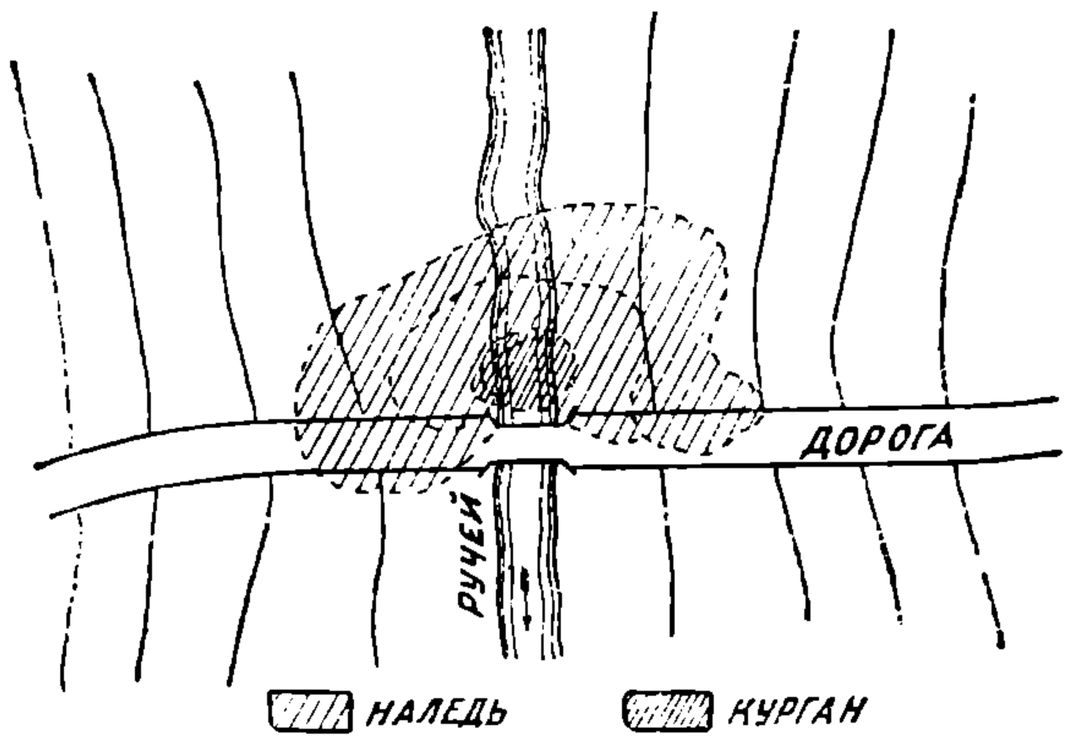


Рис. 153. Образование наледи у дорожного полотна.

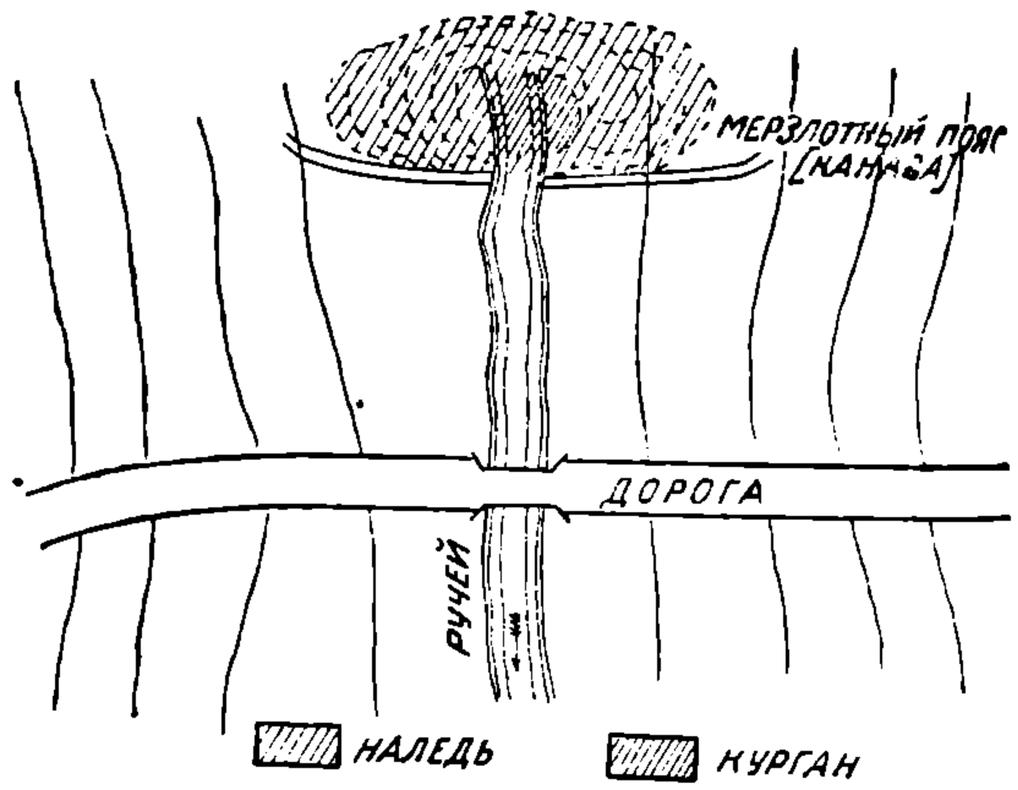


Рис. 154. Меры борьбы с наледями путем создания мерзлотного пояса.

образование наледи относится в сторону от полотна дороги (рис. 154). Для этой цели на некотором расстоянии от трасы дороги, выше по течению потока, вырывается канава известной ширины и глубины, благодаря которой создаются условия, способствующие более глубокому промерзанию грунта. В силу указанного явления преграждается путь движению воды и образуется наледь. Опыт устройства подобных „мерзлотных" поясов в районе Якутской магистрали оказался достаточно действительным.

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ К ОТДЕЛУ IV

Проф. Н. Н. Иванов. Грунтовые дороги. 1931

Проф. Б. Б. Полынов. Почвы и их образование. 1923.

И. Н. Шестаков. Курс автогужевых дорог. 1932.

Проф. А. Ф. Лебедев. Почвенные и грунтовые воды. 1930.

А. Г. Лорберг. Расчет отверстий до ожных водопропускных сооружений. 1931.

М. И. Сумгин. Краткий курс дорожной геофизики. 1931.

Цудортранс. Технические условия, правила и нормы для изысканий, проектирования и постройки автогужевых дорог, ч. I.

ЦИАТ. Временная инструкция. Изучение пучин на автогужевых дорогах. 1930.

В. Борисов. Методы борьбы с пучинами. Журнал „Дорога и автомобиль". 1931. № 7.

Г. Бесков. Труды Шведского дорожного института. Издание Бюро переводов ЦИАТа:

а) Практическое значение капиллярности.

б) О способах изоляции трещинообразования и перемещений при пучении.

в) Об общем размягчении дороги во время оттепели.

г) Значение дренажа для условий пучения.

Хогентоглер и Арон. Осушение дорог. Издание Бюро переводов ЦИАТа. Из журнала „Hihgway Engineer and Constructor", 1931. № 3.

W. J. Schlick. The Theory of underdrainage.

Bulletin 50. Engineering experiment Station of Iowa. State College of Agriculture.

Ch. Terzaghi. Principles of final soil classification. Журнал „Public Roads", May 1927.

Hogentogler, Winterrnyer, Willis. Subgrade soil constants, their significance and their application in practice Журнал „Public Roads", June 1931.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ОТДЕЛ V
ДОРОЖНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИЗЫСКАНИЯ

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ИЗЫСКАНИЯ

§ 50 Значение экономических обследований и изысканий в условиях реконструкции дорожной сети. Задачей реконструкции дорожной сети в настоящее время является перестройка ее в связи с экономикой социалистического хозяйства СССР. С этой целью должна резко измениться вся конфигурация дорожной сети в направлении: а) удовлетворения растущих потребностей отдельных крупных экономических центров, социалистических городов, промышленных предприятий, совхозов, колхозов, МТС и единоличных хозяйств и б) в особенности—обеспечения обороноспособности СССР.

С другой стороны, трасирование дорожной сети должно быть увязано с условиями местности, т. е. должно применяться к рельефу, почве и климату,— с той и другой точки зрения необходимый материал должны дать обследования и изыскания *экономические* и *дорожно-почвенные*. Наконец, в целях приспособления дорожной трасы для движения автомобильного и гужевого транспорта необходимо найти надлежащее начертание отдельных участков дороги в плане и продольном профиле. Последняя задача возлагается на *технические* изыскания. Все виды предварительных изысканий: экономические, дорожно-почвенные и технические — должны проводиться в комплексном порядке, для того чтобы задача построения автогужевой дорожной сети, удовлетворяющей всем требованиям хозяйства СССР, была освещена и разрешена наиболее полно и разносторонне.

Экономические исследования автогужевых дорог в свою очередь бывают двух типов: сплошные экономические обследования и экономические изыскания. Первые связаны со сплошным изучением транспортной работы целой сети дорог различного значения — районных, областных или краевых, — как на данный отрезок времени, так и в перспективном плане развития этой транспортной работы в разрезе пятилетки либо генерального плана реконструкции народного хозяйства.

Экономические изыскания сводятся к изучению транспортной работы проектируемой новой автогужевой магистрали или реконструируемой существующей в разрезе пятилетки.

Помимо этих двух основных типов перспективного учета движения существует третий, так называемый метод непосредственного учета движения, имеющий наибольшее распространение в заграничных странах. Он как бы дополняет два предыдущих и заключается в том, что регулярно, через определенные промежутки времени, устанавливается динамика развития транспортных перевозок, закономерность этой динамики для различных районов, а также определяются технико-эксплоатационные показатели службы дорожной одежды (износ дорожной коры, распределение движения по ширине проезжей части и пр.).

В результате каждое экономическое обследование и изыскание должно дать следующий материал:

1) густоту движения по дороге в течение всего года в *т* нетто (только груза) и в течение суток в *т* брутто (грузов вместе с весом экипажей),

2) работу дороги за год в *т/км*,

3) распределение движения по дороге в течение года по сезонам,

НБ УДУНТ (ДИТ)

4) характер движения по дороге — гужевого и автомобильного, грузового и легкового,

5) характер грузов, перевозимых по дороге,

6) характер обслуживания дорогой специальных требований обороноспособности,

7) характер развития перевозок в разрезе перспективного плана,

8) стоимость перевозки по дороге (стоимость *т/км*) отдельно для гужевого и для автомобильного транспорта.

Все полученные данные дадут возможность правильно выбрать тип дороги, наметить укрепление ее проезжей части, установить основные элементы технической проектировки (ширина проезжей части, предельный продольный уклон максимальный радиус закругления), а также наметить дальнейшую реконструкцию дороги в связи с развитием движения и возможным понижением стоимости *т/км* перевозки грузов.

§ 51. Метод сплошного обследования дорожной сети. Сплошные экономические обследования обычно производятся самостоятельно от прочих видов изысканий и имеют целью установить размер и характер грузовых автогужевых перевозок за отчетный год, а также рост этих перевозок и изменение состава движения в разрезе перспективного плана. Основной упор при сплошном обследовании должен быть сделан на учет перспективного размера движения по дорогам, с тем чтобы на основе полученных материалов можно было правильно наметить техническое оборудование дорожной сети с постепенным его развитием в пределах данного района на весь перспективный период.

При производстве сплошных обследований необходимо учитывать следующее:

1) количество перевезенных за отчетный год всевозможных грузов, т. е. грузов вне населенных мест — грузооборот отчетного года,

2) количество предполагаемых к перевозке грузов на каждый год перспективного периода — перспективный грузооборот,

3) расстояние пробегов, совершенных каждым грузом в отчетном году, — отчетный пробег грузов,

4) расстояние пробегов, которые должны быть выполнены каждым грузом по годам перспективного периода, — перспективный пробег грузов,

5) работа автогужевого транспорта по обследуемым перевозкам. т. е. произведение величины веса груза на величину пробега по каждому году перспективного периода,

6) направление пробегов грузов от начального до конечного пункта с указанием основных промежуточных, т. е. определение основной сети дорог, обслуживающих размещение производительных сил,

7) данные о сезонности перевозок по основным видам грузов, в процентных отношениях,

8) данные о стоимости перевозок отдельно для гужевого и для автомобильного транспорта.

Основной административно-территориальной единицей при сплошных обследованиях является *район*, и все обследование строится в районном разрезе. Затем полученные порайонные данные о величине и направлении грузооборота сводятся в итоговые данные по обследуемому краю, области, республике.

Все перевозки района подразделяются на *внутрирайонные*, *межрайонные* и *транзитные*. Внутрирайонными называются такие перевозки, начальный и конечный пункт которых лежит в пределах одного района; межрайонными — перевозки, которые в пределах данного района имеют только либо начальный, либо конечный пункт; наконец транзитными — такие, которые, пересекая данный район, не имеют в нем ни начального, ни конечного пункта.

Работа по организации и проведению сплошных экономических обследований может быть разбита на следующие пять основных периодов:

а) работа по подготовке к обследованиям с составлением опросных анкет,

б) „ в краевых организациях,

в) „ в районных организациях,

г) „ в районном центре,

д) систематизация и обработка полученных данных и придание им графического наглядного изображения.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Сплошные экономические обследования производятся экспедиционным путем, непосредственным выездом сотрудников экспедиции на места и собиранием на месте необходимых данных по заранее разработанным анкетам. Способ рассылки анкет на места обычно не достигает больших результатов.

Материалом для определения грузооборота за отчетный год служат отчетные данные статистического и бухгалтерского порядка по отдельным хозяйствам или объединениям, для определения перспективного грузооборота — данные перспективных планов тех же хозяйств и объединений.

Величина пробегов грузов за отчетный год, а также их направление определяются на основании прикрепления пунктов сдачи грузов к пунктам приема, отчетных данных и, в крайнем случае, опросов сведущих лиц. Величина и направление пробега грузов в перспективном плане — по данным этих планов.

Для каждой перевозки грузов должны быть определены начальный, промежуточный и конечный пункт пробега по гужевым дорогам.

Собирание материалов для определения работы дорог ведется по следующим видам хозяйственной деятельности района:

а) сельское хозяйство (совхозы, колхозы, машино-тракторные станции (МТС) и единоличный сектор),
б) государственная промышленность,
в) кустарная промышленность,
г) товаропроводящая система (кооперация),
д) лесопромышленные организации,
е) строительные организации,
ж) прочие перевозки.

Как указывалось выше, собирание на местах (в районных и краевых организациях) необходимого материала производится путем специально составленных анкет или опросных бланков, отдельно для каждого вида хозяйства и связанных с ним перевозок.

Ниже приводятся образцы подобных опросных бланков для совхозов. Форма № 1 — по учету перевозок за отчетный год и форма № 2 — по учету за перспективный период, по каждому его году в отдельности.

Форма № 1

Опросный бланк для совхозов по учету за отчетный год

1. Наименование совхоза и его производственный уклон

.....

2. Площадь под совхозом
3. Точное местонахождение пунктов отправления и приемки грузов в совхозе:
   1.
   2
   3.
   4.
4. Наименование ближайших к этим пунктам железнодорожных станций или разъездов и расстояние до них в *км.*
   1.
   2.
   3.
   4.
5. Валовая продукция (в числителе) и товарная продукция (в знаменателе) хозяйства по отдельным ее видам за 193..... год.

а) зерновые культуры ..... $\frac{m}{m}$

б) технические культуры ..... $\frac{m}{m}$

в) картофель, продукты огородничества, бахчеводства..... $\frac{m}{m}$

г) сено и солома..... $\frac{m}{m}$

д) продукты садоводства и виноградарства..... $\frac{m}{m}$

е) молочные продукты $\frac{m}{m}$

НБ УДУНТ (ДИТ)

ж) мясо и сало..... ..... *т* / *т*

з) шерсть, кожа и пр. продукты животноводства ..... *т* / ..... *т*

и) продукты птицеводства, пчеловодства и пр..... *т* / ..... *т*

к) продукты промышленной переработки совхоза..... ..... *т* / ..... *т*

Всего..... ..... *т* / ..... *т*

6. Из общего количества товарной продукции вывезено в 193..... г. по автогужевым дорогам ..... *т*

7. В том числе:

от ..... до ..... с пробегом в ..... *км* ..... *т*

.....

.....

8. Общее количество завезенного в совхоз по автогужевым дорогам инвентаря, горючего, смазочных материалов ..... *т*

9. В том числе:

от ..... до ..... с пробегом в ..... *км* ..... *т*

от ..... до ..... с пробегом в ..... *км* ..... *т*

.....

.....

10. Общее количество завезенного в совхоз по автогужевым дорогам топлива (в числителе) с выделением особо дров (в знаменателе) ..... *т* / ..... *т*

11. В том числе:

от ..... до ..... с пробегом в ..... *км* .... *т* / ..... *т*

от ..... до ..... с пробегом в ..... *км* ..... *т* / ..... *т*

.....

12. Общее количество завезенных в совхоз строительных материалов (в числителе) с выделением особо (в знаменателе) лесоматериалов .... *т* / ..... *т*

13. В том числе:

от ..... до ..... с пробегом в ..... *км* .... *т* / ..... *т*

от ..... до ..... с пробегом в ..... *км* .... *т* / ..... *т*

.....

.....

14. Общее количество прочего завоза (фуража, удобрения и пр.)..... *т*

15. В том числе:

от ..... до ..... с пробегом в ..... *км* ..... *т*

от ..... до ..... с пробегом в ..... *км* ..... *т*

.....

.....

16. Общее количество грузов, ввезенных и вывезенных совхозом в 193.....г. по автогужевым дорогам..... *т*

17. Из них: по хорошей дороге ..... %, в распутицу ..... %

18. Общее количество сделанных этими грузами тоннокилометров.....

19. Из них: по хорошей дороге ..... %; в распутицу ..... %

20. Средняя нагрузка грузовой подводы (в числителе) и грузовика (в знаменателе) ..... *т* / ..... *т*

21. Общая стоимость перевозки грузов совхоза по автогужевым дорогам ..... руб.

22. Средняя стоимость тоннокилометра: в числителе — для гужевого транспорта, в знаменателе — для автотранспорта:

а) по хорошей дороге..... коп. / коп.

б) в распутицу ..... коп. / коп.

23. Доля автотранспорта в общем объеме автогужевых перевозок ..... %

24. Собственные транспортные средства совхоза ..... грузовиков, ... тракторов, ... лошадей, ... повозок.

25. Автогужевые дороги, коими пользовался совхоз в 193.....г. при перевозке своих грузов, с указанием начального, конечного и наиболее известных промежуточных пунктов и технической категории дороги.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Форма № 2

Опросный бланк для совхозов по перспективному учету

1. Наименование совхоза
2. Предполагаемые пункты отправления и приемки грузов совхоза на его территории.
3. Ожидаемая в 193..... г. валовая продукция (в числителе) и товарная продукция (в знаменателе) совхоза по отдельным ее видам:

а) зерновые культуры..... $\frac{m}{m}$

б) технические культуры..... $\frac{m}{m}$

в) картофель, продукты огородничества, бахчеводства ..... $\frac{m}{m}$

г) сено и солома..... $\frac{m}{m}$

д) продукты садоводства и виноградарства..... $\frac{m}{m}$

е) молочные продукты ..... $\frac{m}{m}$

ж) мясо и сало..... $\frac{m}{m}$

з) продукты птицеводства, пчеловодства и пр..... $\frac{m}{m}$

и) продукты промышленной переработки совхоза ..... $\frac{m}{m}$

Всего:..... $\frac{m}{m}$

4. Из общего количества товарной продукции предполагается вывезти по автогужевым дорогам *m*.

5. В том числе:
от до с пробегом в *км* *m*

6. Предполагаемое к завозу в совхоз по автогужевым дорогам количество инвентаря, горючего, смазочных материалов

7. В том числе имеет пройти:
от до с пробегом в *км* *m*

8. Предполагаемое к завозу в совхоз по автогужевым дорогам общее количество топлива (в числителе) с выделением особо дров (в знаменателе) ... $\frac{m}{m}$

9. В том числе имеет пройти:
от ..... до с пробетом в *км* ..... *m*

10. Предполагаемое к завозу в совхоз по автогужевым дорогам количество строительных материалов

(в числителе) с выделением особо дров (в знаменателе) ..... $\frac{m}{m}$

11. В том числе имеет пройти:
от до с пробегом в *км* ..... *m*

12. Предполагаемое к завозу по автогужевым дорогам количество прочих грузов (фуража, удобрения и пр.) ..... *m*

13. В том числе имеет пройти:
от до с пробегом в *км* *m*

14. Предполагаемое общее количество грузов, имеющих быть вывезенными и ввезенными совхозом по автогужевым дорогам *m*.

15. Общее количество имеющих быть сделанными этими грузами тоннокилометров .....

16. Предполагаемая доля автотранспорта в общем объеме автогужевых перевозок совхоза .....

17. Предполагаемое количество собственных транспортных средств. грузовиков тракторов ....., лошадей повозок .....

18. Автогужевые дороги, которыми предполагает пользоваться совхоз при перевозке своих грузов, с указанием начального, конечного и наиболее известных промежуточных пунктов.

НБ УДУНТ (ДШТ)

При сплошном обследовании все перевозимые грузы сводятся в отдельные группы согласно нижеследующей номенклатуре:

1 группа — продукция полеводства (зерновые, фуражные и крупяные хлеба, за исключением зерна, перевозимого на мельницы потребительского помола).
2 группа — технические культуры (хлопок, лен, конопля, табак, подсолнух, горчица и пр.).
3 группа — сено, сеяные травы, солома.
4 группа — продукция огородничества, бахчеводства и садоводства.
5 группа — продукция животноводства и птицеводства.
6 группа — продукция лесопромышленных организаций (лес дровяной и деловой).
7 группа — грузы мельниц потребительского помола (зерно, мука).
8 группа — продукция цензовой фабрично-заводской промышленности.
9 группа — сырье (за исключением сельскохозяйственного и лесного) для цензовых фабрично-заводских предприятий.
10 группа — продукция кустарной промышленности.
11 группа — сырье для кустарной промышленности (за исключением сельскохозяйственного и лесного).
12 группа — грузы товаропроводящей системы.
13 группа — грузы для сельскохозяйственного производства (сельхозмашины, горючее, удобрение, чистосортные семена и пр.).
14 группа — прочие грузы (все грузы, не вошедшие в предыдущие группы).

Сведения, собранные согласно приведенным выше опросным листам по отдельным совхозам и другим хозяйственным объединениям, сводятся в общую таблицу, согласно форме № 3 и 4, с указанием перевозки различных грузов по указанным выше группам для каждого хозяйства в отдельности по годам пятилетки.

Форма № 3

Перевозки грузов

Район
Край

(подробное наименование хозяйства)
.....(подробное местонахождение хозяйства)
.....(когда организовано хозяйство)

	Род груза	Род груза	Род груза	Род груза	Род груза	Род груза		
Годы							Итого.....	
	Тонны	Тонны	Тонны	Тонны	Тонны	Тонны		
1932..								
1933.....								
1934.....								
1935.....								
1936.....								
1937.....								

Подпись обследователя

Подпись ответств. сотрудника хозяйства

Дата обследования

НБ УДУНТ (ДИТ)

Форма № 4

Таблица перевозок грузов

Район
Край
.....(подробное наименование хозяйства)

.....(подробное местонахождение хозяйства)

Начальный пункт перевоз.	Конечный пункт перевоз.	Род перевозимых грузов	1931 г.					Расстояние перевозки в период с 1933 по 1937 г.		1933		1934		1935		1936		1937		Промежуточные пункты перевозок грузов в 1931 г.
			Раст. в км	т	тк	т	тк			т	тк	т	тк	т	тк	т	тк	т	тк	
1	2	3	4	4-а	5	6		7	7-а	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	А
		Всего ..																		

Форма № 5

Таблица перевозок грузов

Район..... по..... титулам, по группам грузов
Край
Год.....

Начальный пункт перевозок	Конечный пункт перевозок	Растояние в км	Наименован. хозяйства	группа грузов		группа грузов		группа грузов		группа грузов		группа грузов		группа грузов		Итого		Промежуточные пункты перевозок грузов в 1931 г.
				т	тк	т	тк	т	тк	т	тк	т	тк	т	тк	т	тк	
			Всего ...															

НБ УДУНТ (ДШТ)

Форма № 6

Таблица перевозок грузов по титулам, по группам хозяйств и по родам

Район-——.....
Край —.....
Год 193.....

Начальный пункт перевозок	Конечный пункт перевозок	Расстояние в *км*	Группы хозяйств	Группы грузов		Группы грузов			Итого		Промежуточный пункт перевозок грузов в 193.....г.
				т	*тк*	*т*	*тк*				
1	2	3	4	5	6	7	8				
			Итого..... В том чис. Весной..... Летом..... Осенью Зимой.....								

Материалы, полученные по всем видам хозяйства и сведенные в таблицы, согласно формам №№ 3 и 4, затем сводятся в общую сводную таблицу № 5, составленную на каждый год по отдельным группам хозяйств по титулам и по группам грузов, и, наконец, в сводную таблицу № 6, являющуюся сводкой полученных данных по всему району на каждый год.

Наконец, полученные по обследуемому району данные сводятся в таблицу, отнесенную к дорогам, с указанием количества грузов, перевозимых по каждой дороге.

Форма № 7

Наименование дороги с указанием ее перегонов	Протяжение в *км*	Количество грузов в тыс. тонн			Примечание
		в прямом направлении	в обратном направлении	в обоих направлениях	

В этой последней таблице все дороги разбиты на перегоны, т. е. на участки одинаковой густоты движения, причем цифры годового грузооборота по каждому перегону являются в то же время показателями этой густоты движения.

Общая работа дороги определится как сумма тоннокилометров по всем перегонам, а средняя густота движения — как частное от деления этой суммы на протяжение дороги в километрах.

Полученные данные сплошного экономического обследования могут быть изображены графически в виде картограммы густоты движения, которая строится следующим образом: на схематической карте, в масштабе — для районов 5 *км* в *см*, а для области — 10 *км* в *см*, наносятся все начальные и конечные пункты и ряд главнейших промежуточных пунктов, в которых изменяется густота движения, согласно данным, помещенным в форме № 7. Нанесенные пункты соединяются прямыми линиями. На этих линиях, на перпендикулярах к ним, откладывается исчисленная густота движения на каждом перегоне в отдельности, в масштабе 5 тыс. тонн нетто в 1 *мм*. Длина перпендикуляра, вос-

РГБ УДУНТ (ДПТ)

станавливаемого к оси дороги справа (считая от начального пункта дороги), должна соответствовать густоте грузового движения в прямом паправлении, а слева — в обратном направлении. Для большей наглядности направление движения можно указать стрелками.

Построенную эпюру движения нужноиллюстрировать цифрами густоты движения (в тыс. тонн), проставленных у эпюр каждого перегона в том и другом направлении (рис. 155).

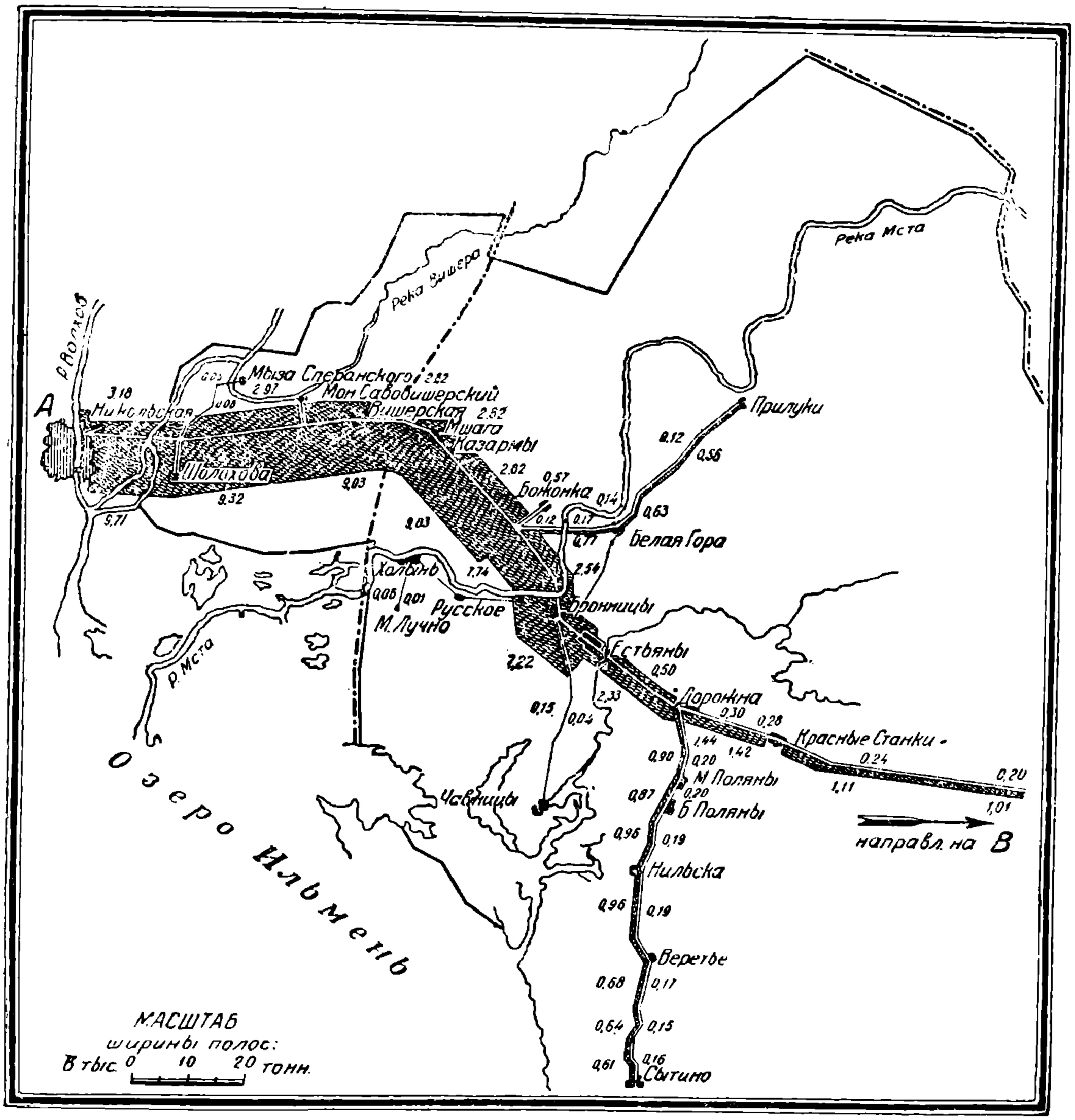


Рис. 155. Графическое изображение густоты движения по дороге.

Приведенным выше способом определяем движение по дороге в течение всего года в тоннах перевезенного груза, без учета веса самого экипажа.

Эта грузонапряженность дороги носит название *грузонапряженности нетто* в год. Однако для дорожного дела имеет значение не только вес провозимых по дороге грузов, но и вес самого экипажа, который также воздействует на дорожную одежду и имеет значение для выбора типа и срока службы одежды. Поэтому в основу классификации дорог кладется не работа дороги в течение всего года, а размер перевозок в течение суток с учетом веса самого экипажа. Последний вид грузонапряженности дороги носит название *грузонапряженности брутто* или *технической* грузонапряженности.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Для грубых подсчетов техническими условиями Цудортранса рекомендуется пользоваться при переходе от грузонапряженности нетто тонн в год к напряженности брутто тонн в сутки следующей формулой:

$$B = \frac{N}{100},$$

где B — напряженность брутто тонн в день,
N — грузонапряженность нетто тонн в год.

Проф. Г. Д. Дубелир для тех же условий предлагает следующую формулу

$$B_1 = N\eta\ (1 + k + kr)\left(1 + \frac{m}{2} + 8p + 4q\right),$$

где N — грузонапряженность нетто в тоннах в год,
B — „ „ брутто „ „
B_1 — „ „ „ в летний сезон,
η — доля колесных перевозок за вычетом санных,
$1 + k(1 + r)$ — коэффициент тары с учетом движения порожняка, где
$\kappa = \frac{u}{e}$ — отношение веса повозки u к ее средней нагрузке e,
r — отношение числа порожних повозок к числу груженых,
$\frac{m}{2}$ — коэффициент, учитывающий влияние пассажирского движения,
где m — отношение числа пассажирских экипажей к грузовым,
$\frac{1}{2}$ — оценка влияния легкового экипажа на дорогу,
$8p$ — коэффициент, учитывающий влияние грузовиков и автобусов,
где p — отношение числа грузовиков и автобусов к числу подвод,
8 — коэффициент влияния грузовика на дорогу,
$4q$ — аналогичный коэффициент для легковых автомобилей.

Полная грузонапряженность брутто (летом и зимой):

$$B = 2.8\ N.$$

Ленинградский Облдортранс разработал переходную формулу от напряженности нетто к технической напряженности следующего вида:

$$B = N_2\ (1 + k + kr + \frac{mv}{e}) + N_1\ (1 + k_1 + k_1 r_1 + \frac{m_1 v_1}{e_1}).$$

где B — грузонапряженность брутто в тоннах в год,
N — „ нетто
N_2 — доля гужевых перевозок,
k — отношение веса повозки, возницы и упряжных животных к средней нагрузке подводы,
r — отношение числа порожних подвод к груженым,
m — отношение легковых повозок к груженым,
v — вес легковой повозки (с учетом возницы, пассажиров и упряжных животных),
e — средняя нагрузка подводы,
N_1 — доля автоперевозок,
k_1 — отношение веса грузовой автомашины к ее средней нагрузке,
r_1 — отношение порожнего пробега к груженому,
m_1 — отношение легковых автомобилей к груженым грузовикам,
v_1 — вес легкового автомобиля (с пассажирами) и
e_1 — средняя нагрузка грузовика.

Обе последние формулы требуют разделения движения на порожние, груженые подводы и на перевозки автотранспорта. Эти данные учитываются при производстве обследований движения по дороге методом непосредственного учета, который будет разобран в § 53.

При наличии эпюр движения за целый ряд лет в порядке перспективного обследования имеется возможность учесть развитие движения на каждой из дорог обследуемой сети и, в зависимости от этого, наметить необходимое развитие технического оборудования каждой дороги.

НБ УДУНТ (ДИТ)

На рис. 156 приводятся две эпюры, рисующие развитие автоперевозок на дорожной сети штата Нью-Иорк САСШ за период времени с 1922 до 1965 г., т. е. на 43 года вперед. В американской практике вероятный рост автомобильного движения строится на основании следующих данных:

1) предполагаемого роста численности населения,

2) обслуженности населения автомобилями (т. е. количества жителей на 1 автомобиль),

3) предполагаемого роста числа автомобилей в данном районе,

4) суточного пробега автомобилей в *км*,

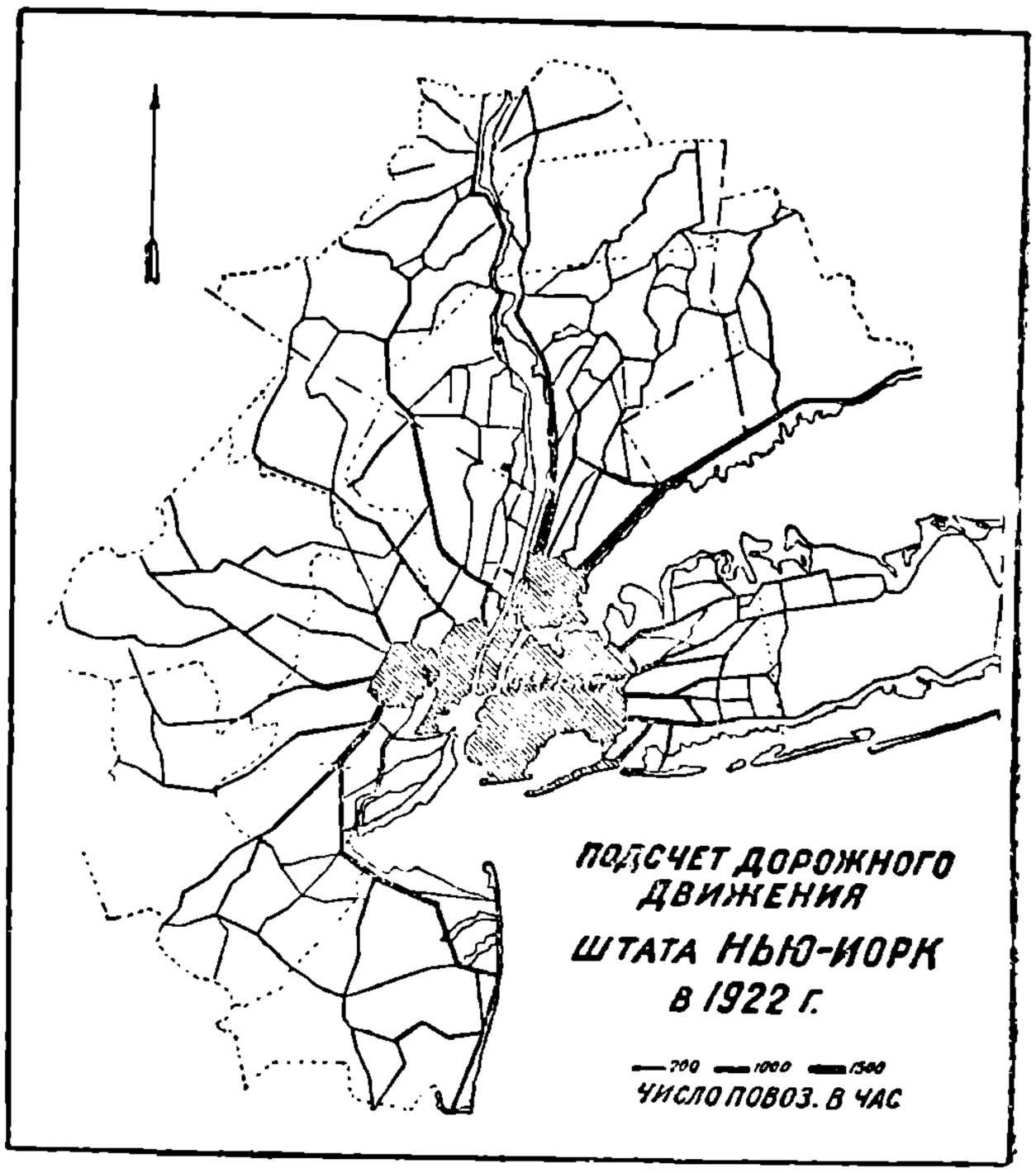
5) предполагаемого относительного распределения этого пробега по отдельным дорогам.

Как указывалось выше, данные экономических обследований позволяют, в соответствии с густотой движения и принятой классификацией, наметить тип дороги, отвечающий данной интенсивности движения.

На рис. 157 приведены две сравнительные эпюры, рисующие густоту движения на дорогах штата Мэн, и типы дорог, установленные на основании этой густоты движения.

§ 52. Производство титульных экономических изысканий. Титульные экономические изыскания производятся при постройке новой автогужевой линии, реконструкции существующей или при установлении на дороге автодвижения. Они обычно предшествуют техническим изысканиям и имеют целью обосновать выбранное направление проектируемой дороги, установить тип ее одежды и выяснить эффективность капиталовложений.

В большинстве случаев титульные изыскания осуществляются экспедиционным порядком, причем в задание экспедиции входит собирание всевозможных материалов, наличие которых необходимо для выяснения района обслуживания дороги, определения ее грузооборота и пассажирооборота всей дороги и отдельных ее перегонов.



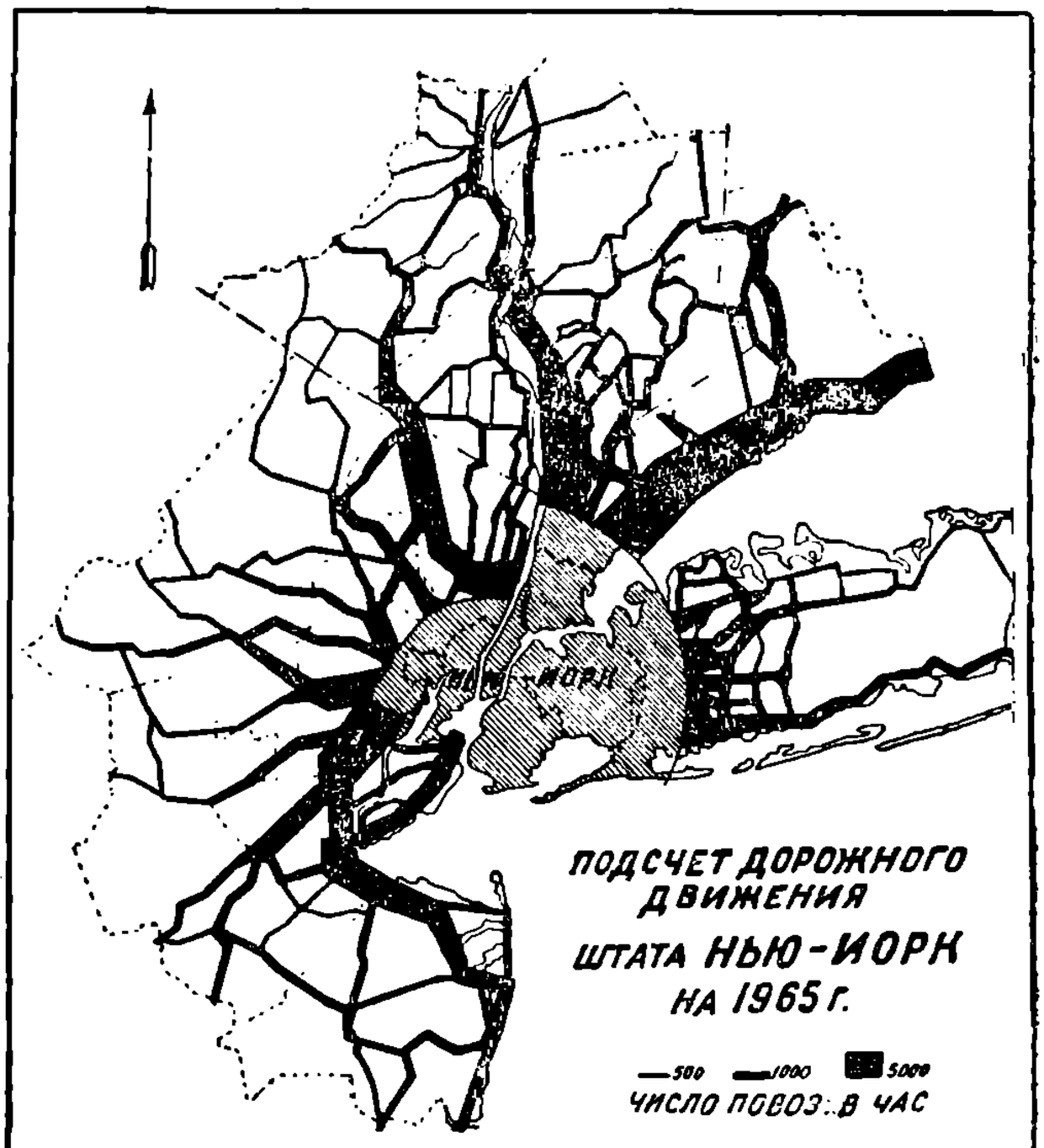


Рис. 156. Эпюра развития автодвижения на дорогах штата Нью-Иорка в течение 1922—1965 г.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Собирание указанных материалов производится в пределах района обследования дороги на основании официальных данных советских, хозяйственных и обществен-

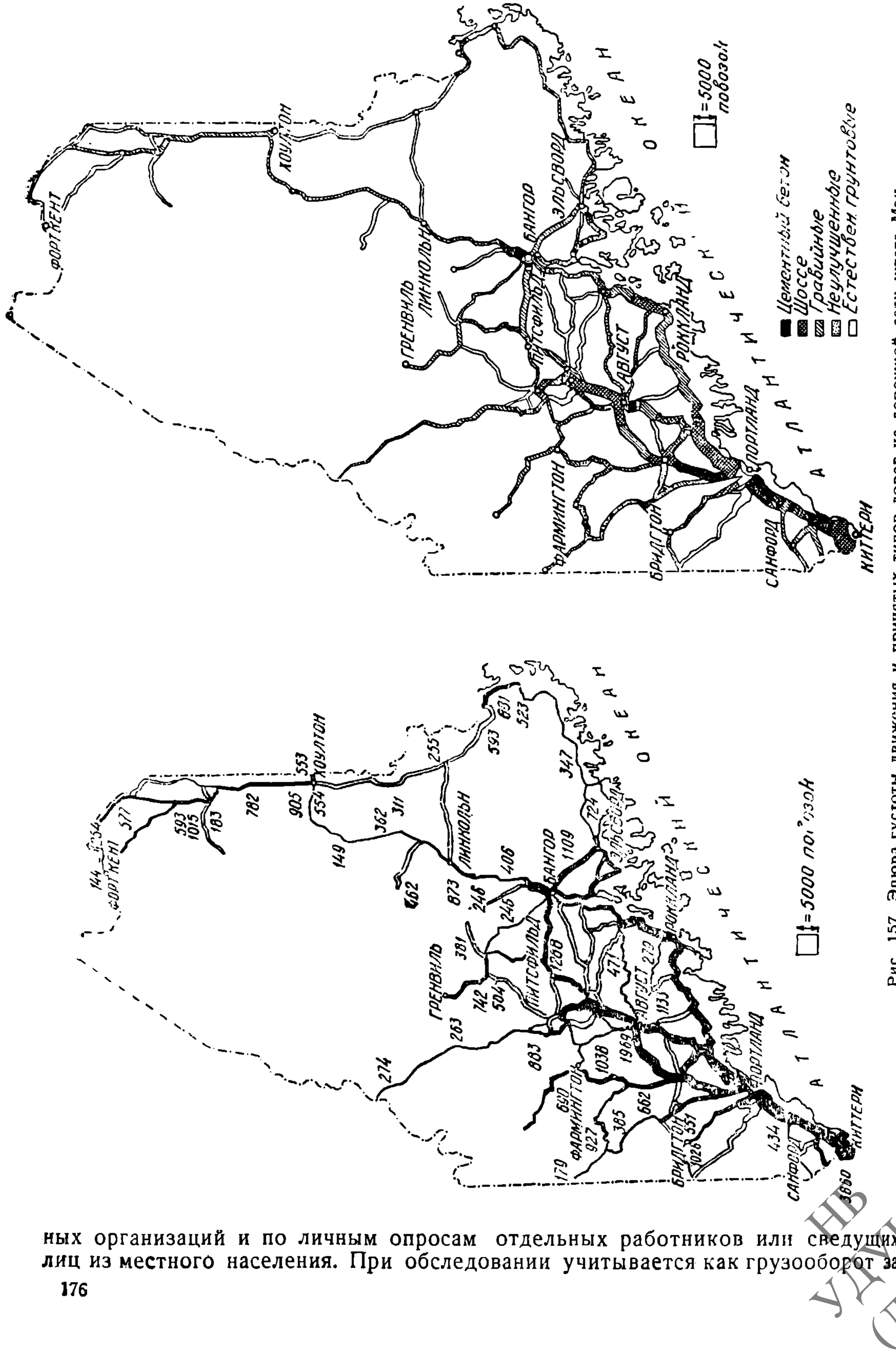


Рис. 157. Эпюра густоты движения и приня

ных организаций и по личным опросам отдельных работников или сведущих лиц из местного населения. При обследовании учитывается как грузооборот за

НВ УДУНТ (ДПТ)

обследуемый год, так и ожидаемый грузооборот на дороги ближайшие два-три года.

В первую очередь до производства изысканий должен быть определен район обследования, по которому устанавливается район обслуживания дороги. Под районом обслуживания надо понимать территорию со всеми размещенными на ней населенными пунктами, хозяйственные единицы которых пользуются данной дорогой или ее отрезками для перевозки своих грузов и пассажиров. Данные грузовых тяготений к различным центрам дают возможность начертать границы обслуживания дороги (рис. 158).

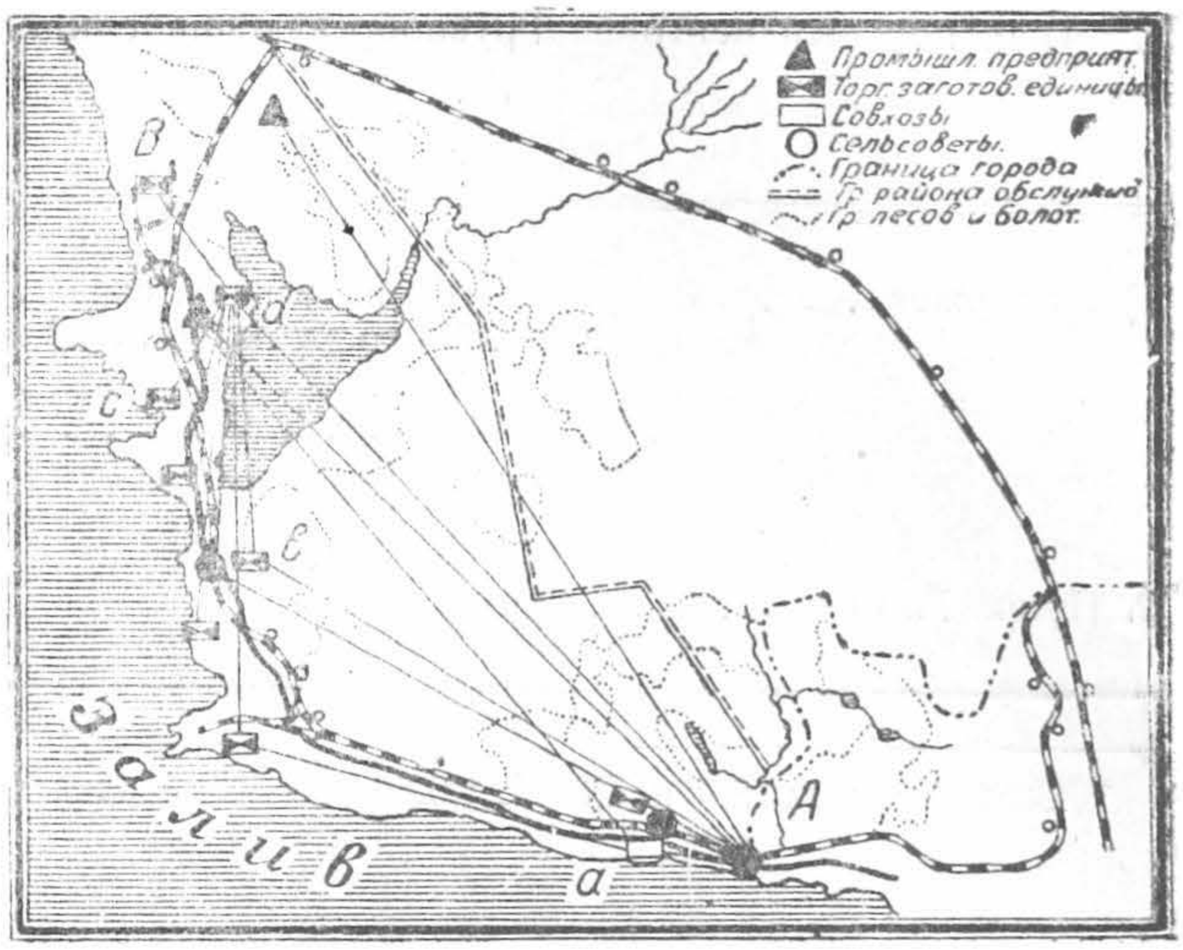


Рис. 158. Район обслуживания дороги.

Основной задачей изысканий, как указывалось выше, является определение грузооборота и пассажирооборота. Под первым следует понимать общее количество грузов, проходящих в течение года по дороге или по ее отдельным отрезкам.

Понятие пассажирооборота аналогично приведенному.

Все перевозки на изыскиваемой автогужевой дороге можно разбить на следующие восемь категорий:

1) перевозки промышленных предприятий,
2) перевозки совхозов,
3) перевозки колхозов,
4) перевозки хозяйств социально-бытового сектора,
5) перевозки организаций сектора обмена (торгово-заготовительных),
6) перевозки лесозаготовительных организаций,
7) перевозки прочих организаций (транспортных, строительных и других),
8) хозяйственные перевозки населения.

Учет перевозок каждой из перечисленных категорий хозяйств производится во время изысканий, путем заполнения соответствующих бланков.

Ниже (на стр. 180 и 181) приводятся образцы подобных бланков для обследования грузов промышленных предприятий, совхозов и хозяйств социально-бытового сектора (бланки №№ 1 и 2).

Все собранные таким образом материалы затем сводятся в три ниже приводимые ведомости:

1) ведомость грузооборота района обследования изыскиваемой линии,
2) ведомость грузонапряженности изыскиваемой дороги по категориям перевозок,
3) ведомость грузонапряженности и работы изыскиваемой дороги по сезонам движения.

На основании полученных материалов можно графически изобразить густоту движения грузов и пассажиров по изыскиваемой дороге отдельно по перегонам, избегая, по возможности, большого дробления перегонов и приноравливая их к отдельным крупным пунктам. Таким образом можно получить „схему грузового движения по изыскиваемой дороге с разделением движения на сезонность перевозок“ (рис. 159) и „график грузового движения с указанием категорий провозимых грузов“ (рис. 160).

Полученные данные о напряженности движения по дороге нетто, согласно приведенным в § 51 формулам, могут быть переведены на напряженность брутто.

Исходя из данных о существующей напряженности брутто изыскиваемой дороги и предстоящего увеличения этой напряженности в ближайшее время, представится возможным экономически обосновать технический класс дороги и наметить тип дорожного покрытия. Помимо ведомостей и графиков, материалы титульных изысканий должны сопровождаться подробной экономической запиской.

УАДИ (ДТУ)

Грузооборот рай
Новгород
(в тыс

Транспортный центр	Грузообразующие единицы	Корреспондирующие пункты	Общий грузооборот в 1933 г.	Авто	
				В ы	
				Колес. путь	
1) Новоржев	Заготовительный склад .	Тригорская	5,0	3,00	
	Райпотребсоюз (склад) .	Сущево 35%, Тригор. 65%	3,5	—	
	МТС	Сущево, ...	0,8	—	
	Почта	Сущево 50%, Тригор. 50%	0,1	0,02	
		Итого .	8,9	3,00	
2. Пушк. Горы	и т. д.				

* Сальдо между 8,9 и 7,83 = 1,02—есть перевозка по другим дорогам, а не по изыскиваемой.

Грузонапряже
по категор

№№ по порядку	Название перегонов	Протяжение перегонов в км	Грузонапряже									
			1932 г.									
			Перевозки промпред. и кустарн. промышлен.		Перевозки совхозов		Перевозки потребкооперации		Перевозки с/х. произв. кооперации		Перевозки лесных организ.	
			к А	к Б	к А	к Б	к А	к Б	к А	к Б	к А	к Б

Грузонапряженнос
по сезон

№№ по порядку	Название перегонов	Протяжение перегонов	Грузонапряженность дороги (нетто в тыс. тонн)													
			1932 г.										1935 г.			
			Колесный путь			Санный путь			Итого				Колесный путь			Санный путь
			к А	к Б	Итого	к А	к Б	Итого	к А	к Б	Всего		к А	к Б	Итого	к А	к Б	Итого

НБ УДУНТ (ДШТ)

Ведомость № 1

обслуживания

оворжев

тонн)

уж. грузооборот по изыскиваемой дороге в 1932 г.						Общий грузооборот в 1935 г.	Автогуж. грузооборот по изыскиваемой дороге 1935 г.						
о з		В в о з			Всего		В ы в о з			В в о з			Всего
анн. путь	Итого	Колес. путь	Санн. путь	Итого			Колес. путь	Санн. путь	Итого	Колес. путь	Санн. путь	Итого	
2,00	5,00	—	—	—	5,00	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	1,00	1,00	2,00	2,00	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,60	0,20	0,80	0,80	—	—	—	—	—	—	—	—
2,02	0,04	0,02	0,02	0,04	0,08		—	—	—	—	—	—	—
2,02	5,04	1, 2	1,22	2,88	7,88		—	—	—	—	—	—	—

Ведомость № 2.

ть дороги

перевозок

ность дороги по перегонам (нетто в тыс. тонн)																									
1935 г.																									
Перевозки прочих организ.	Всего					Перевозки промпред. и кустарн. промышл.		Перевозки совхозов		Перевозки потреб. кооперации		Перевозки с/х. произв. кооперации		Перевозки лесных материалов		Перевозка прочих материалов		Всего							
А	к Б	к А	к Б	Итого в 1932 г		к А	к Б	к А	к Б	к А	к Б	к А	к Б	к А	к Б	к А	к Б	к А	к Б	Итого в 1 32 г.			

абота дороги *Ведомость № 3*

жения

Работа дороги (нетто) в тыс. *т/км*																									
1932 г.									1935 г.												Всего				
Колесный путь			Санный путь			Итого			Колесный путь			Санный путь			Итого										
А	к Б	Итого	к А	к Б	Итого	к А	к Б	Итого	к А	к Б	Итого	к А	к Б	Итого	к А	к Б	Итого	к А	к Б	Итого	к А	к Б	Итого		

НБ УДУНТ (ДИТ)

НАИМЕНОВАНИЕ ДОРОГИ *Бланк № 1*

Лицевая сторона

Бланк обследования совхозов и хозяйств социально-бытового сектора

1. Подробное наименование хозяйства..
2. Производственный уклон
3. Точное местонахождение: район пункт
4. Количество населения: а) рабочих и служащ..... .....б) прочих
5. Посевная площадь: зерновых ...*га*; технических.....*га*; корнеплодов..... *га* прочих *га*; огорода.....*га.*
6. Стадо: раб. скота ; коров..... ...; свиней Птица
8. Перечень промпредприятий, имеющихся в хозяйстве
9. Валовой оборот хозяйства (в тоннах):

Вывоз хозяйства (товарная продукция)	1932 г.	1935 г.	Ввоз в хозяйство	1932 г.	1935 г.
1. Зерновые: рожь			1. Минеральные удобрения .		
овес			2. Горючее		
Ячмень			3. Топливо		
Прочие			4. Семена		
2. Технические: семя .			5. Корма: грубые		
волокно			концентриров.		
3. Корнеплоды . .			6. Продукты питания и товары широк. потребл.		
4. Овощи и фрукты			7. Стройматериалы		
5. Молочные продукты .			8. Прочее		
6. Прочие прод. животн. .					
7. Прочее					

10. Количество пассажиров в год
11. Количество имеющихся автомобилей тракторов
12. Сколько уплачивается за перевозку: а) пассажира за *км*.....
б) груза за *т/км*

НАИМЕНОВАНИЕ ДОРОГИ *Бланк № 2*

Лицевая сторона

Бланк обследования промышленных предприятий

1) Наименование предприятия
2) Местонахождение: город.....район
поселок селение
3) Число рабочих Число служащих
4) Кем производятся перевозки грузов для предприятия:.....
6) Каким видом транспорта.....
6) Если гужевой дорогой (полностью или частично) производится ввоз или вывоз, то каких грузов и сколько (в тоннах):

Род перевозимого груза	Единицы меры	Общий грузооборот[1]		В том числе перевозится автогужем			
				1932 г		1935 г.	
		1932 г.	193 г.	На колесах	На санях	На колесах	На санях
Сырье							
Топливо							
Продукция (с тарой)							
Полуфабрикаты							
Отходы							
Строит. материалы							
Прочие грузы							
Пассажиры							

7. Сколько уплачивается за перевозку а) пассажира за *км*
б) груза за *т/км*.....

[1] По всем видам сообщения

НБ УДУНТ (ДИТ)

Бланк № 1

Оборотная сторона

Распределение перевозки по автогужевым дорогам

Род груза	Количество тонн/человек				Пункт отправления	Промежуточные селения	Пункт назначения	Протяжение в км
	1932 год		1935 год					
Пассажиры	Колесный путь	Санный путь	Колесный путь	Санный путь				
Хозяйственные перевозки по изыскиваемой дороге								
1. Снопы								
2. Сено из поля								
3. Дрова из леса								
4. Навоз								
5.								
6.								

Бланк № 2

Оборотная сторона

Распределение перевозок по автогужевым дорогам

	Род груза пассажиры	Количество тонн/человек		Пункт отправления	Промежуточные селения	Пункт назначения	Протяжение в км
		1932 год	1935 год				
По колесному пути							
По санному пути							

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ **53. Метод непосредственного учета** движения на автогужевых дорогах в наших условиях является контрольным к методу сплошных экономических обследований. При систематическом производстве такого учета в течение ряда лет можно установить процент роста движения за известный период и таким образом перейти к исчислению перспективного грузооборота на автогужевой сети.

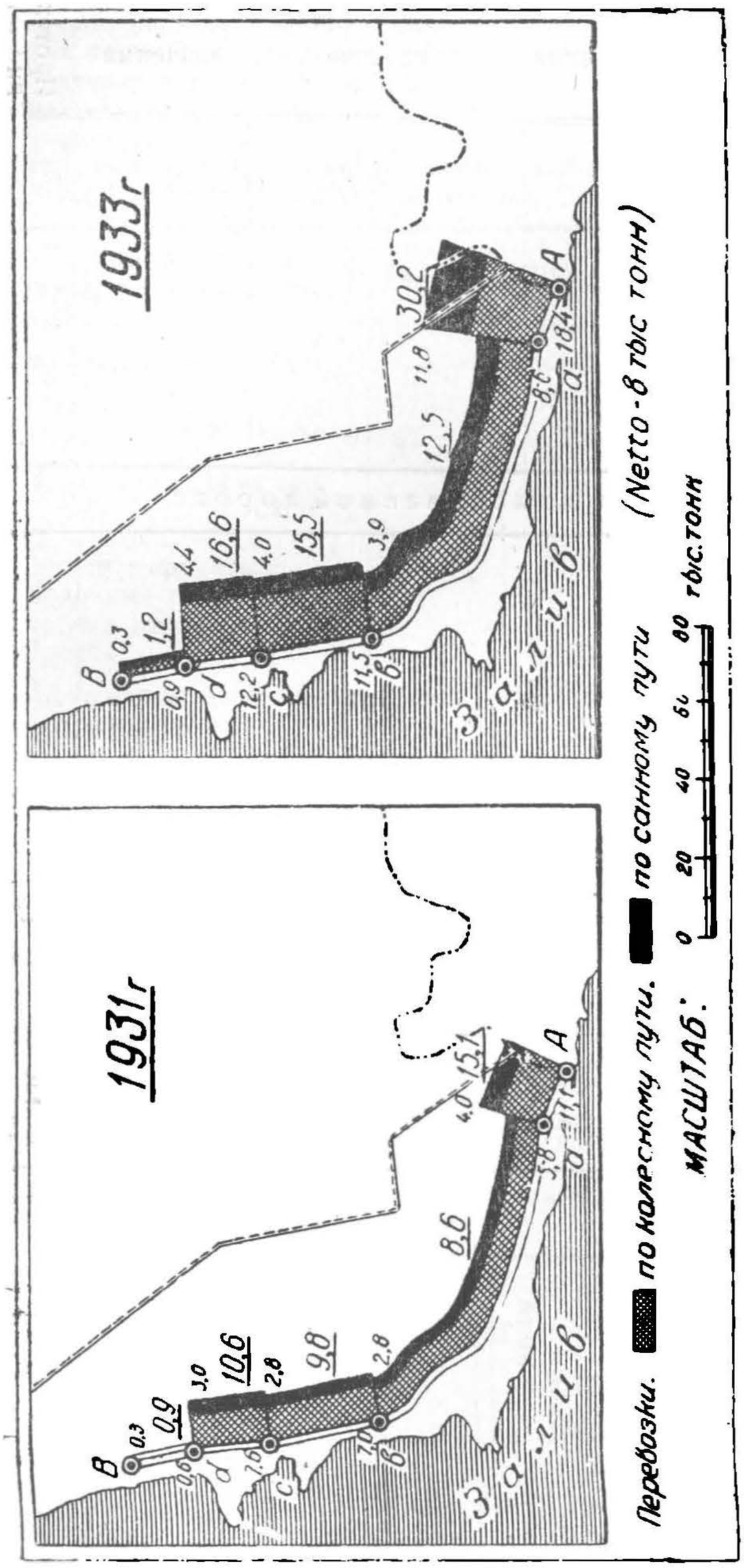


Рис. 159. Схема грузового движения изыскиваемой дороги.

В заграничной практике метод фактического учета является основным и почти единственным методом учета движения по дорогам.

По американским данным непосредственный учет движения имеет следующие задачи: [1]

а) Задачи административно-технического порядка:

1) выявить размеры суточного, сезонного и годового движения и распределение его по дорожной сети;

2) определить возможные размеры движения в будущем;

3) установить связь между размерами движения и факторами, влияющими на развитие движения, как-то: количество автомобилей, население, размеры производства;

4) классифицировать дороги в зависимости: а) от размеров легкового и грузового автомобильного движения и б) от грузоподъемности грузовых автомобилей, их веса и веса на колесо;

5) определить размеры грузового движения и грузонапряженность;

6) выяснить наибольший габарит груженых автомобилей и частоту критических нагрузок в целях определения потребной ширины дорожной одежды и основных проектировочных данных а) для дорог вообще, б) для дорог, примыкающих к крупным населенным пунктам;

7) установить соотношение между шириной дороги, размерами движения и скоростью;

8) выяснить влияние скопления автомобилей у пересечений и в узких местах на общую среднюю скорость движения экипажного потока;

9) установить расчетом, насколько экономически оправдывается то или иное улучшение существующей дороги или постройка новой;

10) установить соотношение между нагрузкой экипажей и густотой движения по дорогам — с одной стороны, и стоимостью постройки и содержания дорог — с другой;

---

[1] Доклады американских специалистов на V Международном дорожном конгрессе в Милане в 1926 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

11) выяснить размеры и характер движения по дорогам для распределения ассигнований на постройку и содержание дорог;

12) выяснить действительные нагрузки автомобилей, частоту и размеры перегрузок;

13) сравнить стоимость разного рода улучшений дорог (как-то: изменение направления, смягчение уклонов, устранение пересечений в уровне с другими дорогами и с железными дорогами, уширение узких мест) с ожидаемой от этих улучшений экономией в эксплоатации автомобилей.

б) Задачи экономического порядка:

1) получить данные о количестве грузов, перевозимых автомобилями, и о соотношении между дорожным и другими видами транспорта;

2) определить дальность автомобильных перевозок и установить соотношение между родом груза и дальностью его перевозки автомобилями;

3) определить объем перевозок при регулярных и нерегулярных рейсах;

4) подсчитать общую стоимость грузов, перевозимых по дорогам;

5) установить пункты отправления и назначения грузов, перевозимых по дорогам;

6) получить сведения о взаимоотношениях между автомобильным и другими видами транспорта;

7) получить данные об условиях автомобильных перевозок, о количестве грузов, перевозимых между различными городами и районами;

8) установить, какой процент легкового автомобильного движения приходится на грузовые повозки;

9) определить процент сельского движения.

Непосредственный учет движения на автогужевых дорогах состоит в регистрации проходящих мимо учетных пунктов различного вида грузовых и пассажирских повозок, различного вида машин, вьючных и верховых животных, гуртов скота и пешеходов. Учет этот производится особыми счетчиками, кадр которых составляется из ремонтеров, мостовых сторожей и особо нанимаемых лиц, при недостаточном количестве первых.

Учетные пункты размещаются на дорожной сети там, где движение резко изменяется (перекрестки, примыкания, наличие крупных промышленных предприятий и пр.). Учетные пункты бывают двух видов: *основные*, на которых учет движения представляется особо важным и потому производится во все сроки, назначенные по расписанию, и — *вспомогательные*, где при недостатке на дороге нужного числа ремонтеров и при необходимости найма особых счетчиков — количество дней учета может быть уменьшено. Расстояние между основными пунктами не должно превышать 45 *км*.

В американской практике учетные посты разделяются на две категории — *учетные*, в которых производится лишь опрос шоферов и пассажиров, и *весовые*, в которых, кроме опроса, производится и взвешивание автомобилей. Весовые посты устраиваются в важнейших пунктах — с постоянными либо с переносными весами. В последнее время в нашей литературе появилось несколько статей, посвященных вопросу о проекте автоматических весов, устанавливаемых на дорогах и производящих автоматическое взвешивание и регистрацию проезжающих повозок; однако практического применения эти весы еще не получили.

Учет движения производится в строго определенные дни и часы, согласно выработанному расписанию.

В американской практике наблюдения в каждом пункте делаются не реже, чем раз в месяц, в разные дни недели. Продолжительность каждого наблюдения — 8 — 9 часов в сутки; расписание часов наблюдений составляется так, чтобы можно было получить полные сведения во все часы дня и ночи. Кроме того в некоторых пунктах (называемых контрольными) организуются непрерывные 24-часовые наблюдения, с помощью которых делается переход от 8 — 9 часовых наблюдений к суточным.

В нашей практике для основных пунктов установлено около 62 дней наблюдения, а для вспомогательных — 22 дня в течение года, причем на каждом пункте наблюдения ведутся 6 часов, с изменением этих часов в течение суток

НБ УДУНТ (ДИТ)

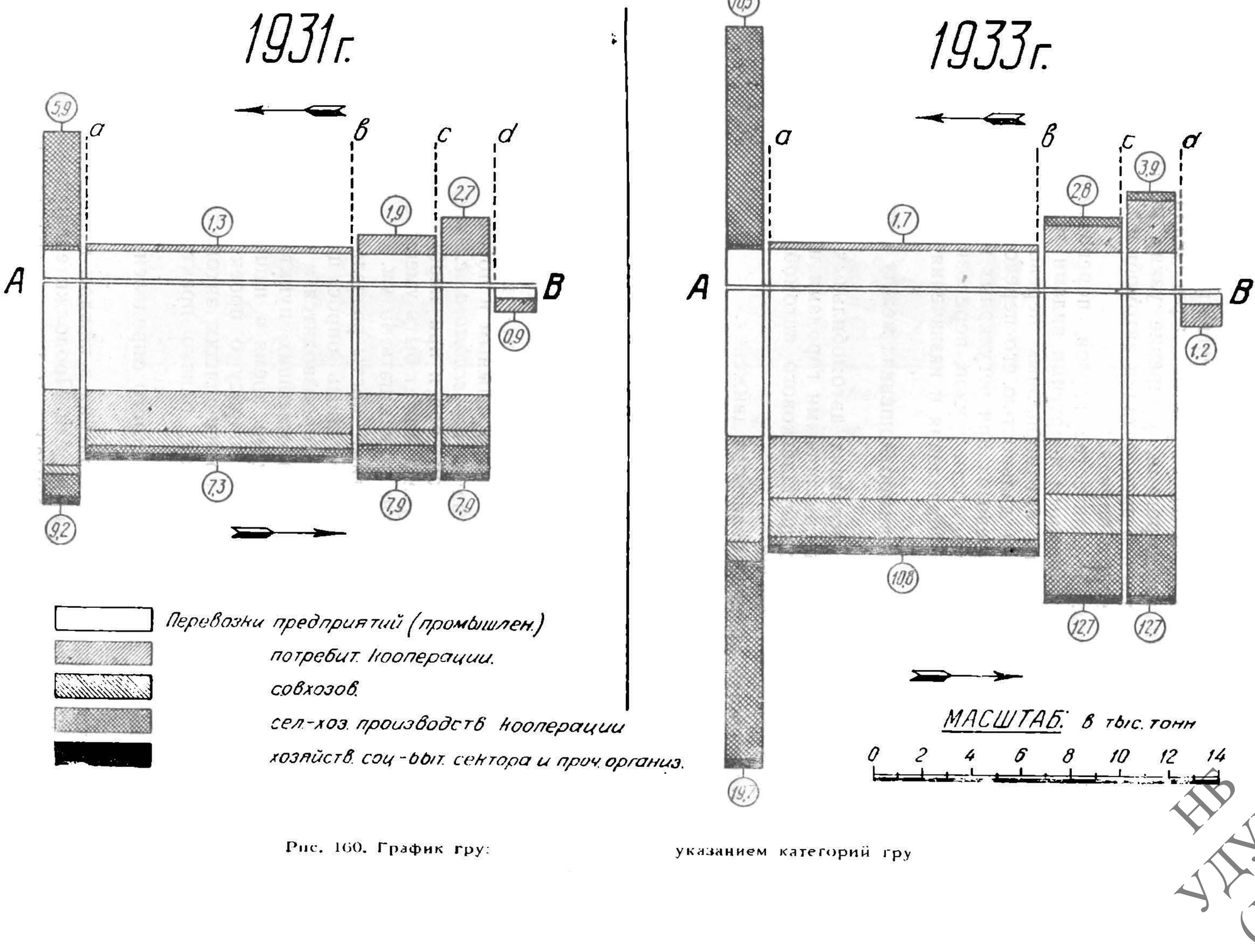


Рис. 160. График гру: указанием категорий гру

НБ УДУНТ (ДПТ)

для различных дней учета. Примерное расписание дней и часов учета приводится в таблице на стр. 186.

Самый учет счетчики производят на основании учетной карточки, форма каковой приводится на стр. 187—188.

В указанной карточке счетчик за время пребывания на учетном пункте должен отмечать каждую проходящую мимо пункта повозку, машину, животное и пассажиров, делая отметку в клетке соответствующей графы, путем проставления в ней установленных знаков и отмечая в то же время направление движения. При прохождении пассажирских повозок счетчик в клетке соответствующей графы ставит цифру, соответствующую числу пассажиров.

В автобусах, если это возможно, также определяется число пассажиров. При проходе гуртов скота в соответствующей графе цифрой отмечается количество голов скота. По заполнении карточек таковые передаются счетчиком районному организатору, а этот последний направляет их для обработки в краевые и областные дорожные организации.

Разработка учетных карточек производится по четырем таблицам. Таблица 1 относится к каждому пункту учета, причем по соответствующим графам заносятся суммарные данные учетных карточек по определенному пункту учета, за каждый день учета в истекшем учетном году. Дни учета в таблице распределяются по трем дорожным сезонам: сезон колесного движения, сезон движения на санях и сезон смешанного движения, охватывающий собою периоды весенней и осенней распутицы.

В таблицу 2 заносятся данные о размере среднего движения по отдельным его видам. Для этой цели из таблицы 1 по каждому дорожному сезону суммируются данные о различных видах движения, наблюдавшихся в течение определенных часов (0—5; 5—12; 12—19; 19—24), и путем деления этой суммы на число учетов в соответствующие часы за сезон выводится размер среднего движения в эти часы. Путем суммирования соответствующих данных определяется размер среднесуточного движения (по определенным его видам) по каждому дорожному сезону, а затем и среднесуточного движения за год.

Последняя величина должна представлять не простую среднеарифметическую сезонных средних, а взвешенную среднюю, причем за весы принимают число дней, охваченных в учетном году тем или другим дорожным сезоном.

Таблица 3, составленная по каждому пункту учета, представляет исчисления учтенного движения в весовых выражениях. Для этого полученные в таблице *2* данные о среднесуточном, посезонном и годовом движении по отдельным видам движения переносятся в таблицу 3 и помножаются на весовые величины для каждого рода движения, которые могут быть приняты примерно в следующем размере:

а) порожняя повозка			.....0,3 *m*
б) груженая одноконная повозка ...			0,6
в) груженая двуконная повозка.....			..1,0
г) легковая повозка с пассажирами.....			0,6
д) легковой автомобиль..			1,2
е) грузовой автомобиль 1½-тонный		порожн	1,6
ж)		груженн.....	3,1
з)		порожн..	.3.0
и)		груженн	.6,0
к)	5	порожн	4,8
л)		груженн	9,8
м) трактор обыкновенный, без прицепок .			.:1,8
н) гусеничный			8,8

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 63

Месяц и год	Число	Часы учета	Месяц и год	Число	Часы учета
Расписание дней и часов учета на основных пунктах в.....г.					
193 г.			193 г.		
Июнь	5	12—19	Октябрь	8	12—19
	6	5—12		9	5—12
	25	12—19		18	0—5
	25	5—12		19	19—24
				27	12—19
Июль	7	12—19		28	5—12
	8	5—12			
	17	0—5	Ноябрь	9	12—19
	18	19—24		10	5—22
	27	12—19		19	0—5
	28	5—12		20	19—24
Август	5	12—19	Декабрь	2	12—19
	6	5—12		3	5—12
	15	0—5		16	0—5
	16	19—24		17	19—24
	23	12—19		27	12—19
	24	5—12		28	2—12
Сентябрь	5	12—19			
	6	5—12			
	15	0—5			
	16	19—24			
	25	12—19			
	26	5—12			
193 г.			193.....г.		
Январь	9	12—19	Апрель	2	12—19
	10	5—12		6	5—12
				15	0—5
Февраль	5	12—19		16	19—24
	6	5—12		28	12—19
	15	0—5		29	5—12
	16	19—24			
	25	12—19	Май	9	12—19
	26	5—12		10	5—12
				15	0—5
Март	9	12—19		16	19—24
	10	5—12		22	12—19
	24	0—5		23	5—12
	25	19—24			
Расписание дней и часов учета на вспомогательных пунктах в г.					
193.....г.			193 г.		
Июнь	5	12—19	Февраль	25	12—19
	6	5 12		26	5—12
Июль	17	0—5	Март	9	12—19
	18	19—24		10	5—12
Август	5	12—19	Апрель	15	0—5
	6	5—12		16	19—24
Сентябрь	15	0—5	Май	22	12—19
	16	19—24		23	5—12
Октябрь	18	12—19			
	19	5—12			
Ноябрь	8	12—19			
	10	5 12			
Декабрь	27	12—19			
	28	5—12			

НБ УДУНТ (ДИТ)

Учетная карточка

Район участок № .....дистанция

Дорога ..... учетный пункт №

Год 193 месяц число и часы учета от до

А. Конное движение

Виды движения			Направление движения	
			От К	От К
Грузовые подводы	грузжевые	Одноконные		
		Запряженные двумя и более животными		
	порожние	Одноконные		
		Запряженные двумя и более животными		
Пассажирские		Одноконные		
		Запряженные двумя и более животными		
Животные под верхом				
Животные без упряжки (гурты скота)				

НБ УДУНТ (ДИТ)

Б. Автомобильное движение

Виды движения			Направление движения	
			От К	От К
Грузовые машины грузовые		Тягачи с прицепками		
	Автомобили	Малого тоннажа (до 3-х тонн)		
		Большого тоннажа (до 3 тонн)		
Грузовые машины порожние		Тягачи с прицепками		
	Автомобили	Малого тоннажа (до 3 тонн)		
		Большого тоннажа (3 и более тонн)		
Пассажирские автомашины		Автобусы		
		Легковые автомобили		
		Мотоциклы		

В. Прочие виды движения

Тракторы без прицепок и с прицепками		
Велосипедисты и пешеходы		

Характер движения: колесное, санное, смешанное (нужное подчеркнуть)

Поверку учета производил: 1) в час. мин. (должность и подпись)

2) в час. мин. (должность и подпись)

Учет на пункте № производил счетчик (подпись)

Карточка сдана районному организатору мес. дня

(подпись счетчика)

Карточка сдана начальнику участка мес. дня

(подпись районного организатора)

НБ УДУНТ (ДИТ)

В этой же таблице фиксируется среднесуточное движение на определенном сечении дороги, пассажиров и животных, в числе коих должны быть учтены и животные, запряженные в повозки.

Окончательная сводка данных учета делается в таблице 4, в которой данные таблицы 3 о годовом среднесуточном грузовом и пассажирском движении, а также движении животных объединяются по отдельным дорогам. Данные по отдельным учетным пунктам, находящимся на той или другой дороге, располагаются в этой таблице согласно географическому положению пунктов на дороге, в последовательном порядке от начального пункта дороги.

Данные из таблицы 4 можно представить в виде графика густоты движения по дороге с разбивкой его на гужевое и на автомобильное движение (рис. 161). Подобные же графики можно составить по отдельным дорожным сезонам.

Метод непосредственного учета дает возможность получить сразу техническую грузонапряженность брутто. Но при всех его положительных данных он обладает тем недостатком, что требует для своего осуществления наличия большого количества и притом достаточно опытных и квалифицированных счетчиков, а также стоимость его очень высока.

Содержание одного учетного пункта в течение года может обходиться от 100 до 200 рублей, не считая расходов, связанных с обработкой материалов. В силу указанного постановка счетчиков на всей сети дорог экономически нецелесообразна; на дорогах с небольшим движением возможно, по примеру САСШ, прибегнуть, взамен постановки счетчиков, к объезду дороги на автомобиле и подсчету встречных экипажей. Такой метод недостаточно точен, но его легко повторить, а потом можно установить среднюю интенсивность движения.

При очень интенсивном движении, когда работа счетчиков делается затруднительной, в американской практике прибегают к помощи аэросъемки, дающей возможность на снимке запечатлеть интенсивность движения по дороге.

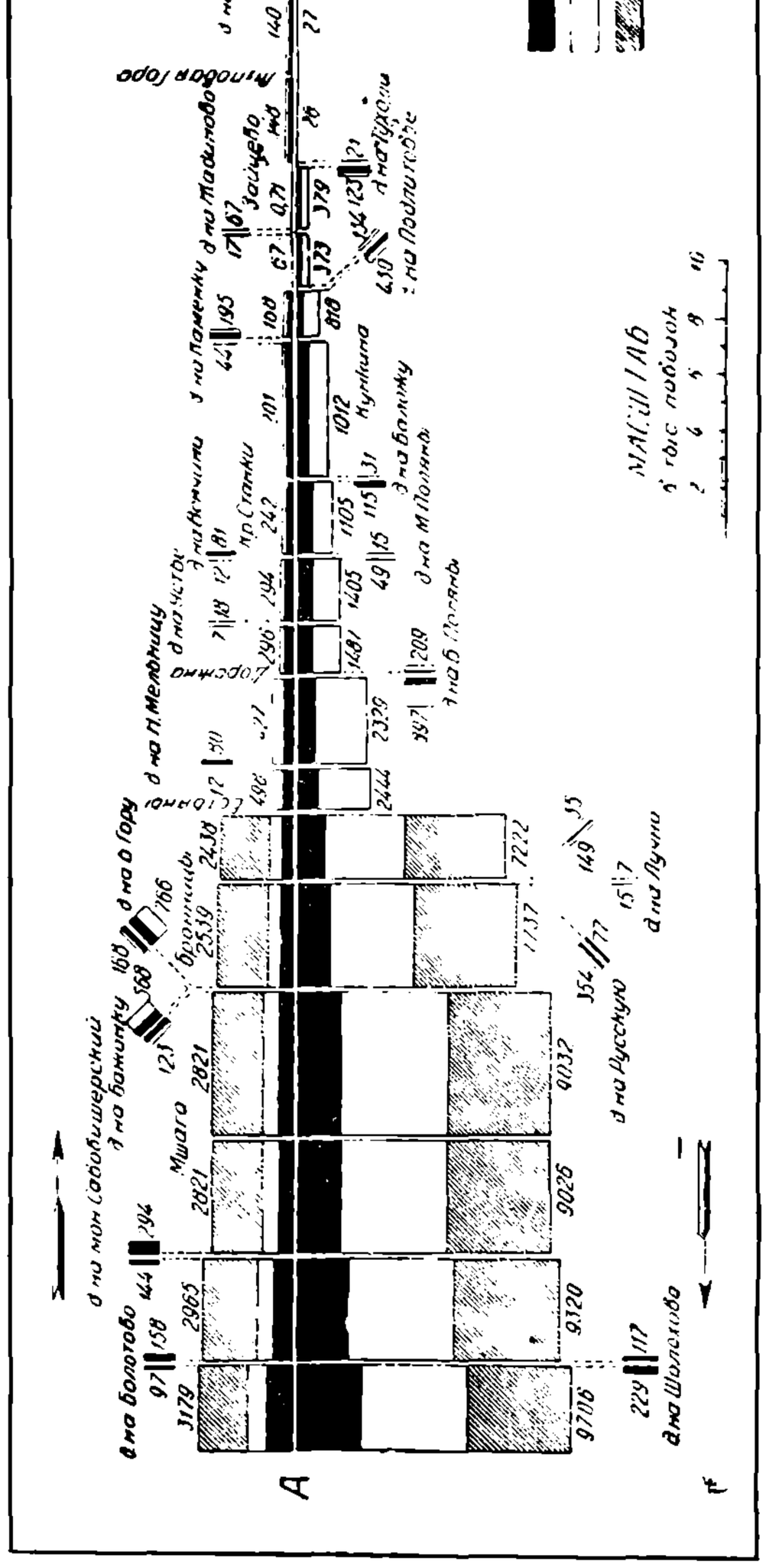


Рис. 161. График густоты движения по дороге—По данным метода непосредственного учета.

§ **54**. **Себестоимость перевозок и эффективность капиталовложений**. В системе строгой плановости необходимо, чтобы затраченные денежные средства в каждом случае, наряду с достижениями определенных условий строительства социализма, давали известный экономический эффект. В отношении дорожного

НБ УДУНТ (ДИТ)

дела это должно сказаться в том, что капитал, затраченный на благоустройство дорожной сети, вызовет повышение удобства и понижение стоимости перевозки грузов по дорожной сети, что и оправдает израсходованные на реконструкцию дорог суммы. Таким образом вопросы, связанные с определением себестоимости перевозок и эффективности капиталовложений в дорожное дело, должны составлять неотъемлемую часть экономических дорожных обследований.

Стоимость перевозки грузов в значительной степени зависит от типа дорожной одежды, состояния дороги и времени года, в течение которого совершаются перевозки. Для иллюстрации этого вопроса ниже приводятся данные по обследованию стоимости гужевых перевозок кооперативных грузов в пределах Ленинградской области.

Таблица 64

Таблица стоимости гужевых перевозок в копейках на *т/км* в различные периоды года по шоссейным и грунтовым дорогам

Время года	Тип дороги	Районы					
		Ленингр.	Лужский	Лодейнопольск.	Новгородск.	Боровичск.	Псковский
Весна	шоссе	35,5	30,9	30,2	36,0	38,2	34,9
„	грунт	40,1	38,6	38,3	38,5	55,5	47,6
Лето	шоссе	45,0	36,9	47,5	37,0	30,9	30,9
„	грунт	49,8	39,5	54,3	36,6	34,3	35,9
Осень	шоссе	46,9	44,0	48,0	31,5	36,6	34,9
„	грунт	53,3	52,6	57,2	41,5	78,9	48,6
Зима	шоссе	36,6	29,2	30,3	28,3	21,7	26,3
„ . .	грунт . .	34,3	31,5	38,3	96,9	24,0	25,2

Таблица 65

Таблица стоимости перевозки *т/км* в коп. по удовлетворительным и неудовлетворительным грунтовым дорогам

Состояние грунтовой дороги	Стоимость перевозки *т/км* в коп.				
	Осень	Зима	Весна	Лето	За год
	Псковский район				
Удовлетворит.	28,33	22,68	27,88	92,93	25,25
Неудовлетворит.	47,50	28,84	45,80	30,78	38,08
	Великолуцкий район				
Удовлетворит .	36,02	25,79	35,99	22,79	30,90
Неудовлетворит.	62,27	29,23	61,98	33,06	46,90

Из приведенных данных видно, что: 1) разница в стоимости перевозки по дорогам с крепкой одеждой в течение года сравнительно незначительна, в то время как для грунтовых дорог она колеблется в значительных пределах; 2) стоимость перевозки по грунтовым дорогам в значительной степени зависит от состояния этих дорог; 3) в зимнее время разница в стоимости перевозки для различных типов дорог в значительной степени сглаживается.

Для того, чтобы определить эффективность капиталовложений, надо знать транспортные расходы, которые связаны с перевозкой грузов по дорожной сети до и после ее реконструкции, а также определить тот капитал, который затрачен на реконструкцию дорожной сети.

Если в данном районе имеется дорожная сеть общим протяжением *L км*, и работа этой сети в течение года составляет *Q т/км*, то все необходимые данные, связанные с определением эффективности капиталовложения, могут быть представлены в следующей таблице:

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 66

Тип дороги	До реконструкции					После реконструкции				
	Протяжен. *км*	Стоимость 1 *км* руб.	Работа дорог *т/км*	Стоимость *т/км*	Общий расход на трансп. руб.	Протяжен. *км*	Стоимость 1 *км* руб	Работа дороги *т/км*	Стоимость *т/км* руб.	Общий расход на транспорт руб
Грунтовая неулучшенная	L_1	A_1	Q_1	C_1	N_1	—	—	—	—	—
Грунтовая улучшенная	L_2	A_2	Q_2	C_2	N_2	L_2'	A_2	$Q_{2'}$	C_2	$N_{2'}$
Гравийная	L_3	A_3	Q_3	C_3	N_3	$L_{3'}$	A_3	$Q_{3'}$	C_3	$N_{3'}$
Белое шоссе	L_4	A_4	Q_4	C_4	$И_4$	$L_{4'}$	A_4	$Q_{4'}$	C_4	$N_{4'}$
Черное шоссе	—	—	—	—	—	L_5	A_5	Q_5	C_5	N_5
Итого.	L	—	Q	—	—	L	—	Q	—	

Стоимость первоначального дорожного капитала может быть подсчитана следующим образом:

$$A = L_1A_1 + L_2A_2 + L_3A_3 + L_4A_4.$$

Стоимость дорожного капитала после реконструкции:

$$A' = L_2'A_2 + L'_3A_3 + L_4'A_4 + L_5A_5.$$

Расходы, связанные с реконструкцией дорожной сети:

$$M = A' - A.$$

Стоимость транспортных расходов до реконструкции:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4.$$

Стоимость транспортных расходов после реконструкции

$$N' = N_2' + N_3' + N'_4 + N'_5.$$

Очевидно, что $N' < N_2$; следовательно экономия на транспортных расходах в год составит $S = N - N'$.

Эффективность капиталовложения или „процент эффективности" — назовем процентным отношением между годовой экономией на транспорте грузов и затратами на реконструкцию дорожной сети, или

$$f = 100 \times \frac{S}{M}.$$

Срок, в течение которого затраченный капитал себя оправдает, или срок „отдачи капитала"[1] может быть определен по следующей формуле:

$$n_{лет} = \frac{S}{M}.$$

Для означенных подсчетов экономические изыскания должны дать все величины, указанные в приведенной таблице. Значительно больше трудностей представляет определение стоимости 1 *т/км* перевозки грузов по дорогам различного типа. Эта стоимость С складывается из двух величин: 1) стоимости расходов, связанных с эксплоатацией повозки (S_1), и 2) стоимости расходов, связанных с благоустройством и содержанием дороги в состоянии, удобном, для движения (S_2). Исчисление этих величин было приведено в § 10, где говорилось о выборе типа одежды.

Ниже приводятся более детальные подсчеты тех же величин, с некоторыми возможными вариантами. Для определения величины S_1 — себестоимости перевозки груза, зависящей от эксплоатации повозки, воспользуемся для ясности изложения конкретным примером. Допустим, мы имеем дорогу *AB* с годовой работой в 415 000 *т/км*. Перевозка совершается при помощи $3^1/_2$-тонных

[1] Доклад М. П Столярова на II Научно-исследовательской автодорожной конференции в Ленинграде, апрель 1932 г.

НТБ УАДИТ (ДИТ)

грузовиков типа Я-5. Количество грузовиков может быть определено в зависимости от дальности пробега, средней рабочей скорости и допускаемой нагрузки на грузовик.

Все эти данные зависят от типа и состояния дороги, таким образом на величину S_1 также будет оказывать влияние выбранный тип дороги.

Допустим, что после подсчетов общее количество потребных грузовиков составит 7 шт.

Величина S_1 будет зависеть от трех видов расходов: А) первоначальных капитальных затрат, Б) постоянных расходов, В) переменных расходов.

Ниже в таблице приводится примерное исчисление всех этих расходов.

А. Капитальные затраты.	Руб.
1. Приобретение машин	
7 грузовых в $3^1/_2$ *т* типа Я-5 по руб. 12 000 $12\,000 \times 7 =$	84 000
2. Приобретение запасных частей 5% стоимости машин	
$84\,000 \times 0{,}05 =$	4 200
3. Приспособление имеющихся помещений под гараж, контору, склад и мастерские, считая в 10% стоимости новой стройки и оборудование его в 5% стоимости. На одну машину требуется площади гаража 45 $м^2$, служебн. помещен. 21 $м^2$ и мастерских 10 $м^2$, всего до 76 $м^2$ при высоте в 4 *м* и строительной стоимости каменного помещения 24 р. за 1 $м^3$.	
$24 \times 6 \times 4 \times 7 = 51\,072$ руб.; $51\,072 \times 0{,}15 =$	7 661
Итого капитальных затрат	95 861
Б. Постоянные расходы	
1. Содержание персонала	
При условии односменной работы: летом при 3 и 7 машинах по 2 2 чел. на машину, зимой при 7 машинах по 2 чел на машину.	
а) Зарплата по 100 р. в мес. на человека $(100 \times 2{,}2 \times 3 \quad 4{,}5) + (100 \times 2{,}2 \times 7 \times 2{,}5) + (100 \times 2 \times \times 7 \times 5) =$	13 820
б) соцстрах — 17% и культнужды — 3,5% от зарплаты, всего 20,5%.	
$13\,820 \times 0{,}205 =$	2 833
в) проз. и спецодежда, считая на 1 машину:	
1) костюм кожаный на 2 года 50 р.	
2) рукавицы кожан. на 2 года 10 р.	
3) шуба на 3 года 80 р.	
4) шапка на 3 года 10 р.	
5) рукавицы тепл. на 2 года 5 р	
$\frac{50}{2} + \frac{10}{2} + \frac{80}{3} + \frac{10}{3} + \frac{5}{2} = 62{,}50$	
$62{,}50 \times 7 =$ . .	437,50
Итого	17 090,50
2. Содержание здания:	
Отчисления со стоимости здания:	
1) амортизация 2%	
2) капит. ремонт 1%	
3) текущий ремонт 1%	
Итого 4%	
51 072 р. $\times 0{,}04 =$	2 043
б) страхование здания в 2% со страховой оценки, выражающейся в 60% строительной стоимости	
$51\,072 \times 0{,}6 \times 0{,}02 =$	613
в) отопление здания по 0.05 $м^3$ дров на 1 $м^2$ помещения при цене дров 8,3 р. за $м^3$.	
$2\,128 \times 0{,}5 \times 8{,}3 =$	883
г) освещение, считая по 5 свечей на 1 $м^2$ помещения. среднее число часов горения 650 в год, расход на 1 свечу в час 1,2 ватт при цене 0,036 р. за гектоваттчас	
$\frac{532 \times 5 \times 650 \times 1{,}2 \times 0{,}36}{100}$	747
д) содержание здания в чистоте, считая по 0,2 руб. год на 1 $м^2$ строения:	
$532 \times 0.2 =$	106 50
е) вывозка мусора и снега	40
Итого	4 432.4

НБ УДУНТ (ДИТ)

3. Хозяйственные расходы

а) водоснабжение по 25 ведер на машину в день при 150 днях мойки и по 1 ведру на человека при 365 днях в году по 1,5 коп. за ведро

$$\frac{(25\times7\times150)+(2\times7\times365)}{100}\times1{,}5=$$ 470.50

б) телефон..... 100

в) канцелярские расходы 2% от зарплаты

$13\,820\times0{,}02=$ .. 276,50

Итого..... 847

4. Налоги и сборы

а) налог на автомобиль по 8 р. на 1 HP налоговой мощности $8\times24\times7=$..... 1344

б) гербовый и канцелярский сборы — 2% от зарплаты

$13\,820\times0\,02=$..... 276,50

Итого..... 1 620,50

5. Страхование машин

Расходы по страхованию машин исчисляются в размере 2,5% от страховой оценки, а последняя составляет 50% первоначальной стоимости машин:

$84\,000\times0{,}5\times0{,}025$ 1 050

Итого постоянных расходов.. 25 039,50

В. Переменные расходы

1 Горючее:

Летняя норма горючего на 1 машину/*км* 350 *г*, при внегородской езде с грузом на 15% меньше $350\times0{,}85=$ $=298$ *г*, при внегородской езде без груза на 25% меньше — $350\times0{,}75=263$ *г*.

Зимняя норма на 10% выше: с грузом $350\times1{,}1=385$ *г*, без груза 350 *г*.

Утечка при выдаче—0,5%. Цена бензина 0,26 р. за 1 *кг*

$$\frac{(298\times79934)+(263\times6048)+(385\times97080)+(350\times15342)}{1000}\times$$

$\times1{,}005=68497$ [1]

$68\,497\times0{,}26=$..... 17809

2. Смазочные материалы

а) масло 3,5% от веса горючего+0,25% на утечку, цена 0,3 р. за *кг*.

$68\,497\times0{,}035\times1{,}0025=2\,403$ *кг*,

$2\,403\times0{,}3=$..... 721

б) тавот по 120 *г* на машину в день, цена 0,47 р. за *кг*.

$$\frac{(120\times3\times135)+(120\times7\times75)+(120\times7\times150)}{1\,000}=238\ кг$$

238 *кг* $\times0{,}47=$..... 112

Итого..... 833

3. Керосин и обтирочные материалы.

а) керосин 0,5% от веса горючего+0,5% на утечку, цена 0,11 р. за *кг* $68\,497\times0{,}005\times1{,}005=344$ *кг*.

$344\times0{,}11=$ 38

б) концы и тряпки, для грузовика по 4 *кг* в месяц, цена 0,37 р. за *кг*.

$(4\times3\times4{,}5)+(4\times7\times2{,}5)+(4\times7\times5)=264$ *кг*

$264\times0{,}37=$..... 98

Итого..... 136

[1] По летнему пути грузовик сделает 79 934 маш./*км* с грузом и 6 048 *км* порожнем; по зимнему пути 97 080 маш./*км* с грузом и 15 342—порожнем.

НБ УДУНТ (ДИТ)

4. Освещение автомобиля

По 6 *кг* карбид-кальция на машину в мес., считая осветительный период 8 мес. цена 0,6 р. за *кг*.

$(6 \times 7 \times 7{,}5) + (6 \times 3 \times 0{,}5) = 324$ *кг*.

$324 \cdot 0{,}6 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$ 194,50

5. Резина

Покрышки и камеры „Гигант" по цене 330 р. и 32 р. из расчета комплект (6 шт.) покрышек на 15 000 *км* пробега и комплект (6 шт.) камер на 12 000 *км* пробега, при годовой работе грузовика в 198 400 маш./*км*

а) покрышки $\frac{198\,400 \times 6}{15\,000} = 79{,}36$.

$79{,}36 \times 330 \ldots\ldots\ldots$ 26 189

б) камеры: $\frac{198\,400 \times 6}{12\,000} = 99{,}2$

$99{,}2 \times 32 =$ 3 174,50

Итого 29 463,50

6. Ремонт машин.

По 1200 р на машину (скидка 10% на внегородскую работу и 10% на пневматики)

$1\,220 \times 0{,}8 \times 7 = \ldots\ldots\ldots\ldots$ 6 832

7. Амортизация машин.

Считая сроком службы машины пробег в 50 000 *км* на каждые 10 000 *км* пробега 4% покупной стоимости

$\frac{198\,400 \times 4}{10\,000 \times 7} = 11{,}33\%$ $84000 \times 0{,}1133 = \ldots\ldots\ldots\ldots$ 9 517

Итого переменных расходов..... 64 785

Общая сумма расходов по грузовой автолинии AB выразится в сумме $25\,039{,}50 + 64\,785 = 89\,824$ р. 50 коп. Следовательно, себестоимость 1 *т/км* составит

$\frac{89\,824{,}5}{41\,500} = 21{,}6$ коп.

При установлении тарифа можно предусмотреть некоторый доход от работы автолинии, например, в размере 8% на основной капитал или $95\,861 \times 0{,}08 = 7\,669$ руб.; тогда тарифная стоимость 1 *т/км* перевозок груза составит

$$\frac{89\,824{,}5 + 7\,619}{41\,500} = 23{,}5 \text{ коп.}$$

Величина второй слагаемой стоимости перевозок S_2 зависящей от расходов, связанных с устройством и содержанием дороги, может быть исчислена или по методу, указанному в § 10, или по нижеприводимому подсчету, предложенному проф. Г. Д. Дубелиром. [1]

В данном случае экономическими показателями являются:

а) величина строительных расходов (капиталовложение на постройку),

б) долговечность одежды (расходы на возобновление),

в) расходы на текущий ремонт и содержание одежды.

Общая величина расходов за период времени t лет на устройство, ремонт и содержание 1 *км* дороги может быть представлена в следующем виде:

$$Z = Aq_1 + Bt + C - D,$$

где

q_1 — количество прошедших повозок в тоннах брутто (за вычетом зимнего движения по санному пути $= q_2$),

t — продолжительность работы одежды в годах,

A — расходы, пропорциональные движению (износ одежды на 1 m),

B — расходы на содержание дороги в год, не зависящие от движения,

[1] Доклад проф. Г. Д. Дубелира на II Научно-исследовательской автодорожной конференции в Ленинграде, апрель 1932 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

C — единовременные затраты на постройку и реконструкцию одежды,
D — стоимость части дорожной одежды и материалов, которые могут быть использованы в последующий период после истечения срока t.

Средняя стоимость расходов на дорогу в год составит

$$r = \frac{z}{t} = A\frac{q_1}{t} + B + \frac{C-D}{t}.$$

Если по дороге в год проходит q тонн груза, то стоимость *т/км* будет

$$S_2 = \frac{r}{q} = A\frac{q_1}{tq} + \frac{B}{q} + \frac{C-D}{tq}.$$

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 13-й ОТДЕЛА V

Проф. Г Д. Дубелир. Дорожное дело, ч. II. 1928.

Московское окружное управление местного транспорта. Методы и практика непосредственного текущего наблюдения в гужевой статистике, ч. I. Проф. Поплавский и инж. Макаров, 1926.

Der Neuzeitliche Strassenbau. Dr. Ing. Ph. Rapparort. Allgemeine Strassenplanung. 1928.

Труды V Международного конгресса в Милане. 1926. Доклады по вопросу об учете движения на дорогах.

J. G. Kc-Kay. The Maine Highway Transportation Survey. „Public Roads", мау 1925, № 3.

Цудортранс. Руководящие данные по эксплоатационным расходам. 1931.

Циат. Инструкция по сплошному обследованию дорог. 1931.

Леноблдортранс. Инструкция по титульным изысканиям дорог. Экономист Б. А. Пожалов. 1931.

Леноблдортранс. Инструкция по непосредственному учету движения. Экономист Б. А. Покалов 1931.

Циат. Инструкция по определению грузооборота и работы дорог методом сплошного обследования.

Инж Б. В. Семашко. Экономические изыскания автомобильных дорог. Огиз-Гострансиздат 1932 г.

ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ

ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫЕ ДОРОЖНЫЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ

§ 55. Значение и цель почвенно-грунтовых дорожных обследований. При постройке каждой дороги огромное значение имеют те природные условия, в которых пролегает трасса дороги. Под природными условиями следует понимать орографию, климат, рельеф местности, гидрологию, почво-грунт прохождения дороги, местные дорожно-строительные материалы и растительность.

Почвенно-грунтовые дорожные изыскания, проводимые обычно одновременно с техническими, имеют своей целью осветить все перечисленные местные особенности пролегания дороги и дать дорожному работнику необходимый материал для правильного проектирования, постройки и эксплоатации дороги.

Изучение указанных местных природных условий одинаково необходимо,— будет ли дорога укреплена крепкой одеждой или останется без всякого укрепления, чисто-грунтовой. В первом случае исследование почво-грунтов и их гидрогеологических особенностей будет иметь целью выяснить свойства основания дороги, от каковых свойств в значительной степени зависит устойчивость и прочность верхней одежды дороги; во втором случае исследования будут направлены непосредственно на изучение того материала, из которого будет устроен верхний покров дороги. Американская дорожная практика в дорожно-почвенных исследованиях идет по преимуществу первым путем, т. е. грунты изучаются главным образом, как основание для дорожной одежды; практика нашего Союза, наоборот, выдвинув ведущим типом в реконструкции дорожной сети дорогу облегченного типа, должна в основном ставить дорожно-почвенные исследования, исходя из другой точки зрения: *„грунт как дорожная одежда"* — лозунг, выдвинутый московскими дорожными работниками во главе с инж. Азатовым. Однако при этом конечно не должна упускаться из вида и первая задача дорожно-почвенных исследований, имеющая не менее важное значение.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Почвенно-грунтовые дорожные изыскания могут быть двух типов: рекогносцировочные и подробные.

Рекогносцировочные изыскания обычно производятся или при общем обследовании дорожной сети, или при предварительных технических изысканиях, и имеют целью дать общее ознакомление с местными условиями прохождения трасы дороги, установить основные типы имеющих наибольшее распространение грунтов и почв, выяснить наличие местных дорожно-строительных материалов и их качество, установить возможные отклонения трасы от намеченного направления и предварительно выяснить отдельно участки дороги, на которых в дальнейшем потребуются более детальные исследования.

Подробные почвенно-грунтовые изыскания обычно входят как составная часть в технические изыскания и производятся одновременно с последними. при этом почвоведы должны входить в состав изыскательской партии. Такой вид комплексной работы дает возможность изыскателю-дорожнику учесть особенности природных и почвенных условий трасы, а почвоведу — требования технического порядка. При подробных изысканиях должны быть выявлены все почвенные и грунтовые разности трасы, а также гидрологические условия попикетно.

При проложении каждой дороги дорожнику приходится иметь дело с верхними слоями земной коры, подвергающимися ряду изменений под действием воды, воздуха и живых организмов, т. е. с грунтами и почвами; правильно оценить их как дорожно-строительный материал он может, только имея сведения по почвоведению и грунтоведению, которые должны сводиться к следующим:

1. Понятие о рыхлых горных породах и грунтах, из них образуемых.
2. Понятие о почвах, характере их образования и основных типах почвообразования.
3. Сведения о физико-механических свойствах грунтов и лабораторных способах их исследования.
4. Сведения о полевых способах исследования грунтов.
5. Правила и порядок взятия образцов на дороге для лабораторных исследований.

§ 56. Рыхлые горные породы и грунты. Твердые горные породы, изверженного и осадочного происхождения, из которых под влиянием геологических процессов образовалась земная кора, под воздействием воды, воздуха, физического и химического выветривания, а также механических изменений, частично претерпели ряд разрушений и переносов, в результате которых получились *обломочные рыхлые горные породы.*

По происхождению рыхлые горные породы можно разделить на следующие виды:

Элювиальные — остатки горных пород, получившиеся в результате вымывания. Обычно они представляют сравнительно крупные частицы горных пород. оставшиеся на более возвышенных местах или в виде осыпей и обвалов.

Дилювиальные — наносы, смытые потоками дождевой или снеговой воды и отложенные у подошвы или на нижних склонах возвышенности, с которой они были смыты. Обычно это мелкозернистые частицы горных пород. типа глин.

Аллювиальные — наносы, являющиеся результатом отложений в современную эпоху озер, рек и других водных потоков. В зависимости от скорости течения таким образом могут отлагаться либо более крупные породы в виде песков, либо более мелкие в виде глины.

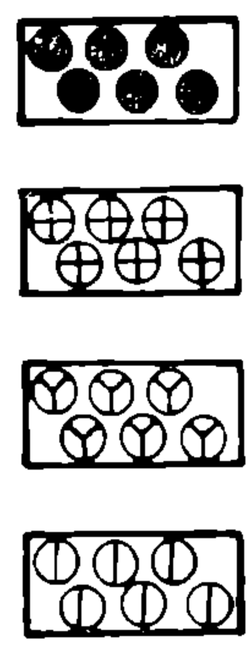
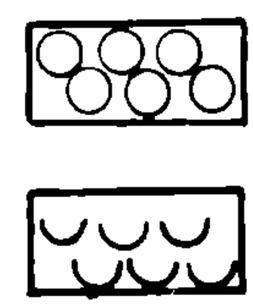
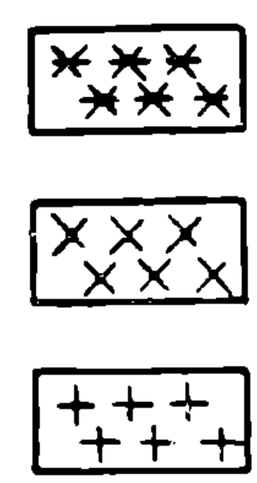
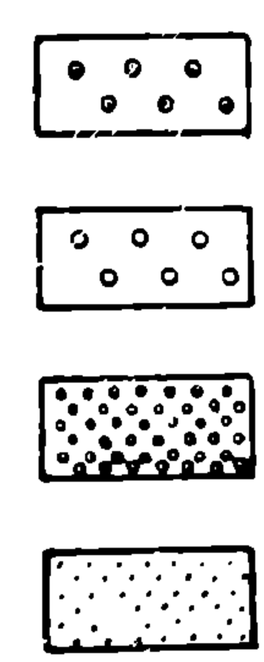
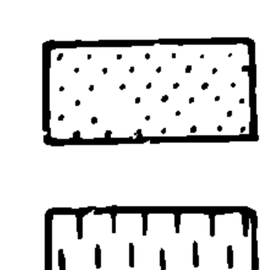
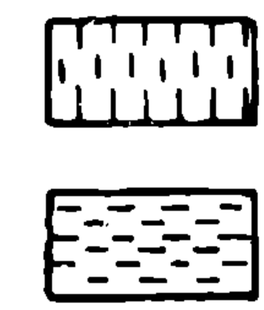
Ледниковые отложения (морены), образовавшиеся в эпоху движения ледников и представляющие собою окатанные крупные частицы горных пород, нередко вкрапленные в более мелкозернистые пески и даже глины.

Эоловые отложения — образовавшиеся в результате перенесения ветром мелких пылеватых частиц горных пород; таким способом образовались лессы.

Главнейшим признаком рыхлых осадочных пород, интересующим дорожника, является их механический состав, в зависимости от какового они могут быть разбиты на следующие 7 групп, с подразделением каждой группы на фракции:

НБ УДУНТ (ДИТ)

Классификация обломочных рыхлых пород

Номенклатура частиц		Диам. частиц	Условные обозначения частиц
Камни и глыбы:	очень крупные...	крупнее 80 *см*	
	крупные	80—40 *см*	
	средние.....	40—20 *см*	
	мелкие.	20—10 *см*	
Щебень, галька и булыжник (щебень—частицы остроребер ные, галька и булыжник—частицы окатанные)		крупный 10 4 *см*	
		мелкий 4—2 *см*	
Гравелистые частицы (хрящ. частицы наз. гравелистыми, когда окатаны, и хрящем, когда остроребе рны)		крупные 20—10 *мм*	
		средние 10—4 *мм*	
		мелкие 4—2 *мм*	
Песчаные частицы		крупные 2—1 *мм*	
		средние 1—0,5 *мм*	
		мелкие 0,5—0,25 *мм*	
Песчано-пылеватые частицы.....		0,25 — 0,05 *мм*	
Пылеватые частицы		крупные 0,05—0,01 *мм*	
		мелкие 0,01 — 0,005 *мм*	
Глинистые частицы (глинистая субстанция)		< 0,005 *мм*	

НБ УДУНТ (ДНТ)

Полевая классификация грунтов

Условные обозначения	Номенклатура грунтов	Содержание		
		глинистых частиц (< 0 005 *мм*)	пылеватых частиц (0,05 – 0,005 *мм*)	песчаных частиц (2 — 0,05 *мм*)
1	Глина	больше 60%	—	—
2	Глиинстый грунт	60—30%	—	—
3	Пылевато-глинистый грунт	60—30%	больше чем каждой из двух других групп в отдельности	—
4	Тяжелый суглинок	30 – 20%	—	больше чем пылеватых
5	Пылеватотяжелый суглинок	30—20%	больше чем песчаных	—
6	Средний суглинок	20—15%	—	больше чем пылеватых
7	Пылеватый суглинок	20—15%	больше чем песчаных	—
8	Легкий суглинок	15—10%	—	больше чем пылеватых
9	Пылевато-легкий суглинок	15—10%	больше чем песчаных	—
10	Супесь	10—3%	—	больше чем пылеватых
11	Пылеватый грунт	10—3%	больше чем песчаных	—
12	Пыль	меньше 3%	больше 50%	—
13	Пылеватый песок	3%	50—20%	—
14	Песок	3%	меньше 20%	—

НБ УДУНТ (ДГТУ)

Характеристика основных четырех наиболее мелких групп рыхлых пород, из которых в большинстве случаев составляется грунт, приводится ниже.

1. Глинистые частицы („глинистая субстанция", „глина", диаметр меньше 0,005 *мм*). Грунты, состоящие из таких частиц, во влажном состоянии обладают большой липкостью, пластичны, при высыхании дают усадку, отличаются большим водопоглощением, водонепроницаемостью, обладают большим капиллярным поднятием, в воде сильно набухают, в сухом состоянии тверды.

2. Пылеватые частицы (от 0,05 до 0,005 *мм*). Грунты, состоящие из таких частиц, в отличие от грунтов глинистых, обладают малой липкостью, при высыхании не дают усадки или весьма малую, непластичны, не имеют связности или весьма малую, в воде не набухают или набухают весьма незначительно. В отношении же водопроницаемости и капиллярного поднятия они стоят ближе к глинистым грунтам, чем к песчаным, т. е. обладают малой водопроницаемостью и значительным капиллярным поднятием воды. Эти грунты легко переходят в плывунное состояние.

3. Песчаные частицы (от 2 до 0,05 *мм*). Грунты из песчаных частиц, в отличие от пылеватых, обладают большой водопроницаемостью, малым капиллярным поднятием воды и трудно переходят в плывунное состояние.

В отношении других свойств они сходны с пылеватыми; так, они в сыром состоянии не липки, не дают усадки, непластичны, не имеют связности и в воде не набухают.

Частицы от 0,25—0,05 *мм* в отношении капиллярного поднятия и водопроницаемости стоят ближе к пылеватым частицам, чем к песчаным,

4. Гравелистые частицы (от 20—2 *мм*). Грунты из гравелистых частиц отличаются от песчаных тем, что не обладают способностью к капиллярному поднятию.

Грунт таким образом представляет собой рыхлую горную породу, характеризуемую крупностью частиц, из которых он составлен, частиц, образовавшихся в результате выветривания горных пород.

Грунты можно классифицировать по содержанию в них тех или иных частиц, причем им присваивается вполне определенное название. Первоначально почвоведами была принята двучленная классификация грунтов (проф. Сибирцев), в основу которой положены два свойства грунта — глинистость и песчанистость, причем глинистыми считались частицы менее 0,01 *мм*. Такая классификация дорожников не могла удовлетворить, в силу чего на I Всесоюзной конференции по научно-исследовательским вопросам дорожного дела в 1931 г. была принята следующая трехчленная классификация грунтов с учетом всех трех групп частиц — песчаных, пылеватых и глинистых (табл. на стр. 198).

Гравийный материал, по предложению проф. Н. Н. Иванова, может быть классифицирован следующим образом:

Таблица 67

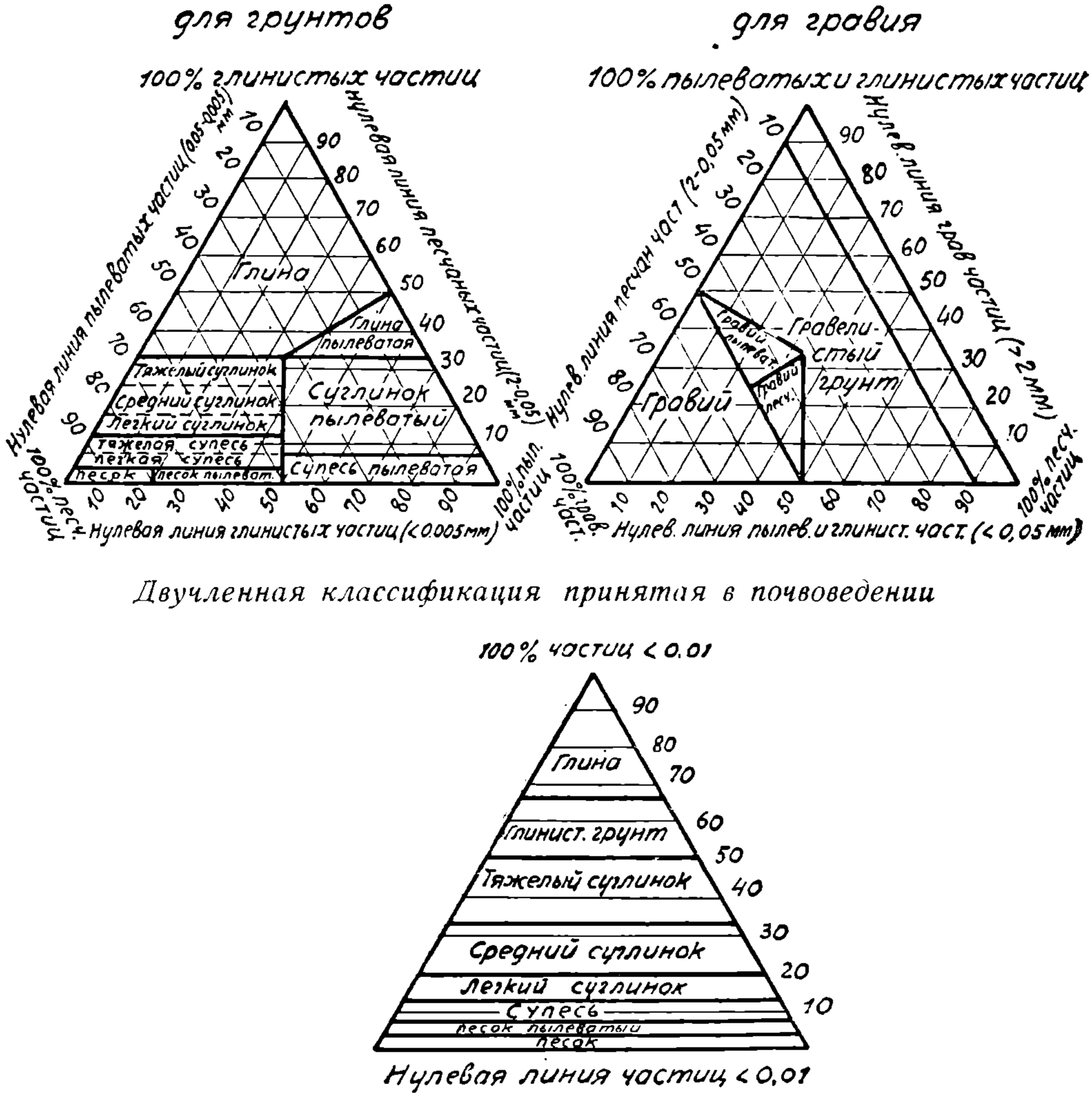
Грунт	Гравелистых частиц крупнее 2 *мм*	Песчаных частиц 0.05—2 *мм*
Грунт, относящийся к первой классификации Гравелистый грунт .	до 10%	
	меньше чем песчаных или пылевато-глинистых, отдельно взятых (10—50%)	
Песчанистый гравий .	больше чем песчаных или пылевато-глинистых	меньше чем пылеватых и глинистых
Пылеватый гравий	отдельно взятых (33—50%)	больше чем пылеватых и глинистых
Гравий .	больше 50%	

Приведенную классификацию грунтов можно изобразить графически, пользуясь треугольной системой координат (рис. 162), в которой каждая из сторон треугольника принимается за нулевую линию песка, пыли или гравия, и от нее

НБ УДУНТ (ДИТ)

откладывается по высоте соответствующее процентное содержание данной фракции. В этом треугольнике, носящем название треугольника Фере, использовано основное свойство равностороннего треугольника, а именно, что сумма перпендикуляров из какой-либо точки внутри треугольника на три стороны равна высоте треугольника. Таким образом любой механический

Трехчленная классификация грунтов, предложенная проф Н. Н. Ивановым



Двучленная классификация принятая в почвоведении

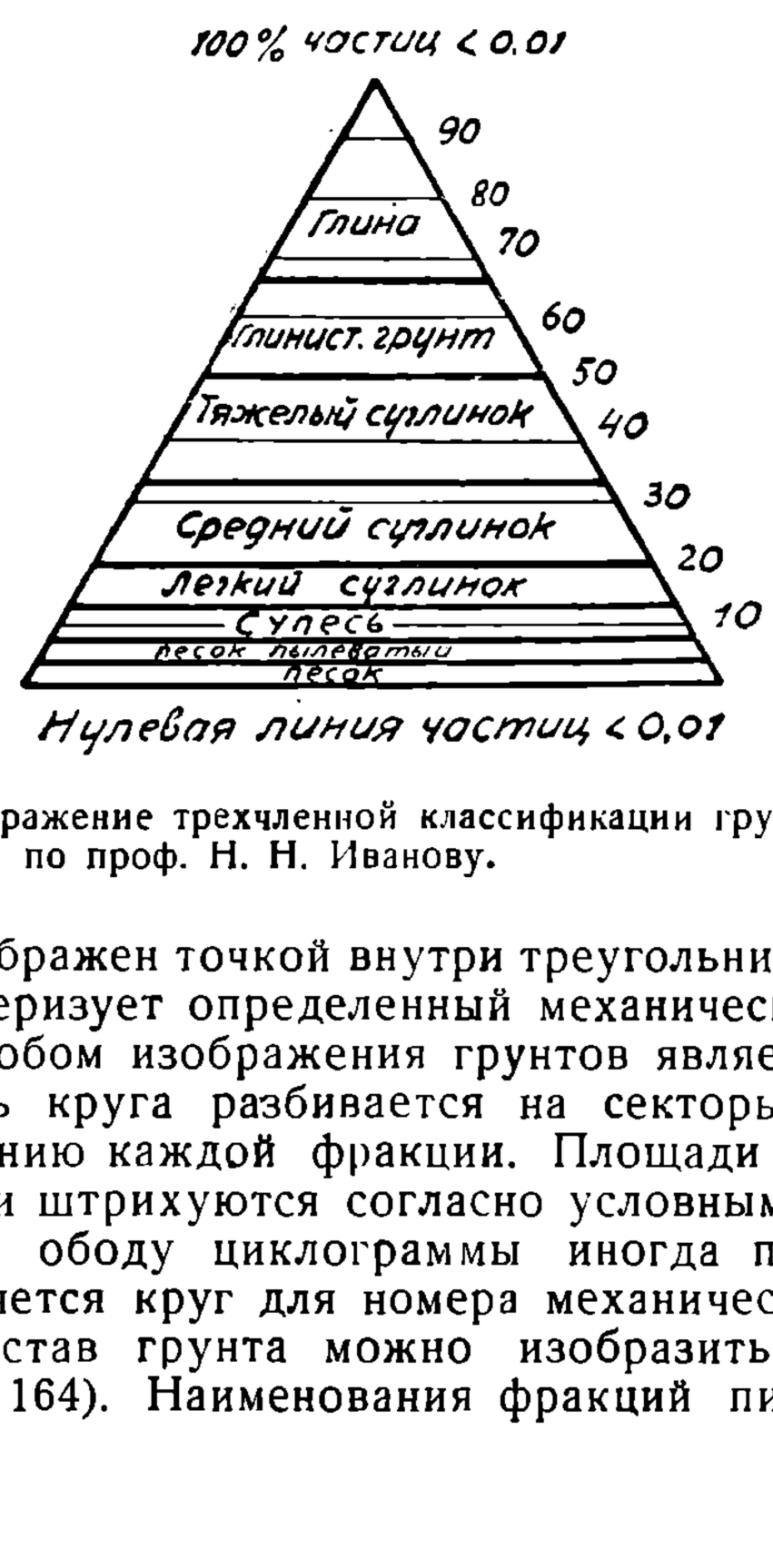


Рис. 162. Графическое изображение трехчленной классификации грунтов и гравия по проф. Н. Н. Иванову.

состав грунта может быть изображен точкой внутри треугольника, и каждая точка внутри треугольника характеризует определенный механический состав грунта.

Вторым графическим способом изображения грунтов является способ циклограммы (рис. 163). Площадь круга разбивается на секторы с длинами дуг, пропорциональными содержанию каждой фракции. Площади соответствующих секторов закрашиваются или штрихуются согласно условным знакам фракций. Кроме того, по наружному ободу циклограммы иногда пишутся проценты фракций. В середине оставляется круг для номера механического состава.

Наконец механический состав грунта можно изобразить также в прямоугольных координатах (рис. 164). Наименования фракций пишутся на равном

НБ УДУНТ (ДИТ)

расстоянии вдоль прямой по оси абсцисс. Содержание каждой фракции откладывается по оси ординат от этой прямой. Крайние точки соединяются ломаной прямой. Можно также откладывать каждую фракцию в виде столбика, заштрихованного или закрашенного в условный цвет. Этот способ дает более наглядную картину при сравнении ряда грунтов.

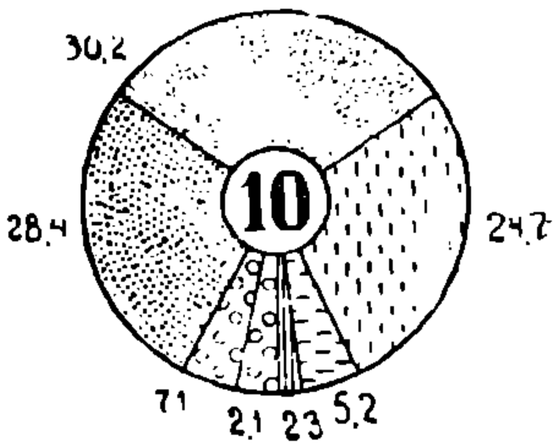


Рис. 163. Графический способ изображения механического состава грунтов при помощи циклограмм.

§ 57. Почвы и их образование.[1] Почвой, в отличие от грунта, называют поверхностные слои земной коры, которые, оставаясь на месте своего образования, изменились и выветрились под действием воздуха, воды, температуры, а также процессов, в которых участвуют живые организмы, прежде всего микроорганизмы. Строение почвы и другие ее морфологические признаки различны в различных климатических зонах, т е. характер почвообразования существенно изменяется с изменением климата и потому каждой резко выраженной климатической зоне соответствуют определенные морфологические признаки почвообразования.

Под морфологическими признаками почвы разумеются наружные признаки, характеризующие почву (строение, структура и окраска).

Процессы почвообразования в пределах одной и той же климатической зоны видоизменяются в зависимости от материнской породы, рельефа, живых организмов, возраста страны и микроклимата (т. е. изменения климата под влиянием местных условий, как-то: рельефа, растительности, экспозиции и пр.), но основные их признаки остаются одинаковыми.

Если выкопать на поверхности земной коры яму, глубиной 1—2 *м*, с вертикальными стенками и очистить стенки от осыпи лопатой, то можно легко усмотреть, что строение почв подчиняется некоторой закономерности. Наверху, у самой травы, почва окрашена в темный цвет, указывающий на присутствие гумуса. В северных районах этот слой едва достигает нескольких сантиметров, тогда как в черноземной полосе он нередко доходит до 80 *см* и больше. У дна ямы, а иногда и значительно выше, мы видим материнскую породу, т. е. ту рыхлую горную породу, на основе которой происходит почвообразование. Между горной породой и верхней темно-окрашенной частью располагаются слои различной окраски и различной структуры Иногда эти слои ясно отделены друг от друга и образуют вполне определенные горизонты, иногда постепенно переходят один в другой. Вертикальная стенка, по которой мы изучаем почвы, называется почвенным разрезом (рис. 165), а глубина, на которую распространяются почвенные процессы, — мощностью почвы.

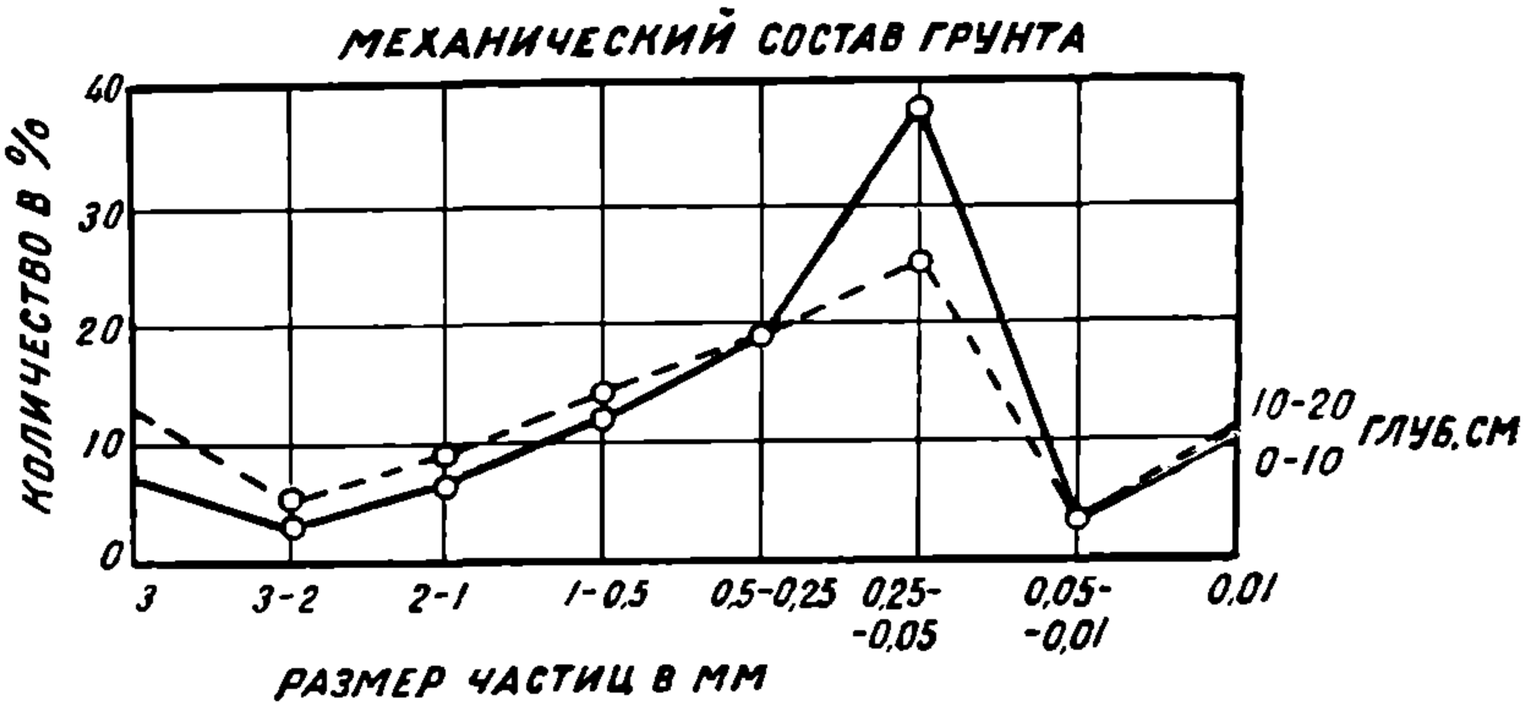


Рис. 164. Изображение механического состава грунта в прямоугольных координатах.

Вторая стадия почвообразования заключается в том, что на продуктах выветривания горных пород скопляется некоторое количество гумуса (органическая часть почвы, перемешанная с минеральной составной частью), образуя гумусовый горизонт. В дальнейшем, главным образом благодаря действию просачивающейся и отчасти подымающейся снизу воды, продолжается сложение почвы и образование ряда новых горизонтов.

---

[1] Составлено по материалам В. В. Охотина.

НБ УДУНТ (ДПТ)

Вода вымывает растворимые соли, а иногда и выносит наиболее мелкие (коллоидальные) частицы, перенося их вверх или вниз в те или иные горизонты. Если преобладает просачивание воды вниз, то очевидно растворимые соли будут вымываться в первую очередь из верхних горизонтов. Такие горизонты называются элювиальными (вымывными). На известной глубине, по мере уменьшения количества просачивающейся воды и увеличения концентрации растворов, начнется выпадение солей и коагуляция коллоидов, что ведет к образованию иллювиального горизонта (вмывания).

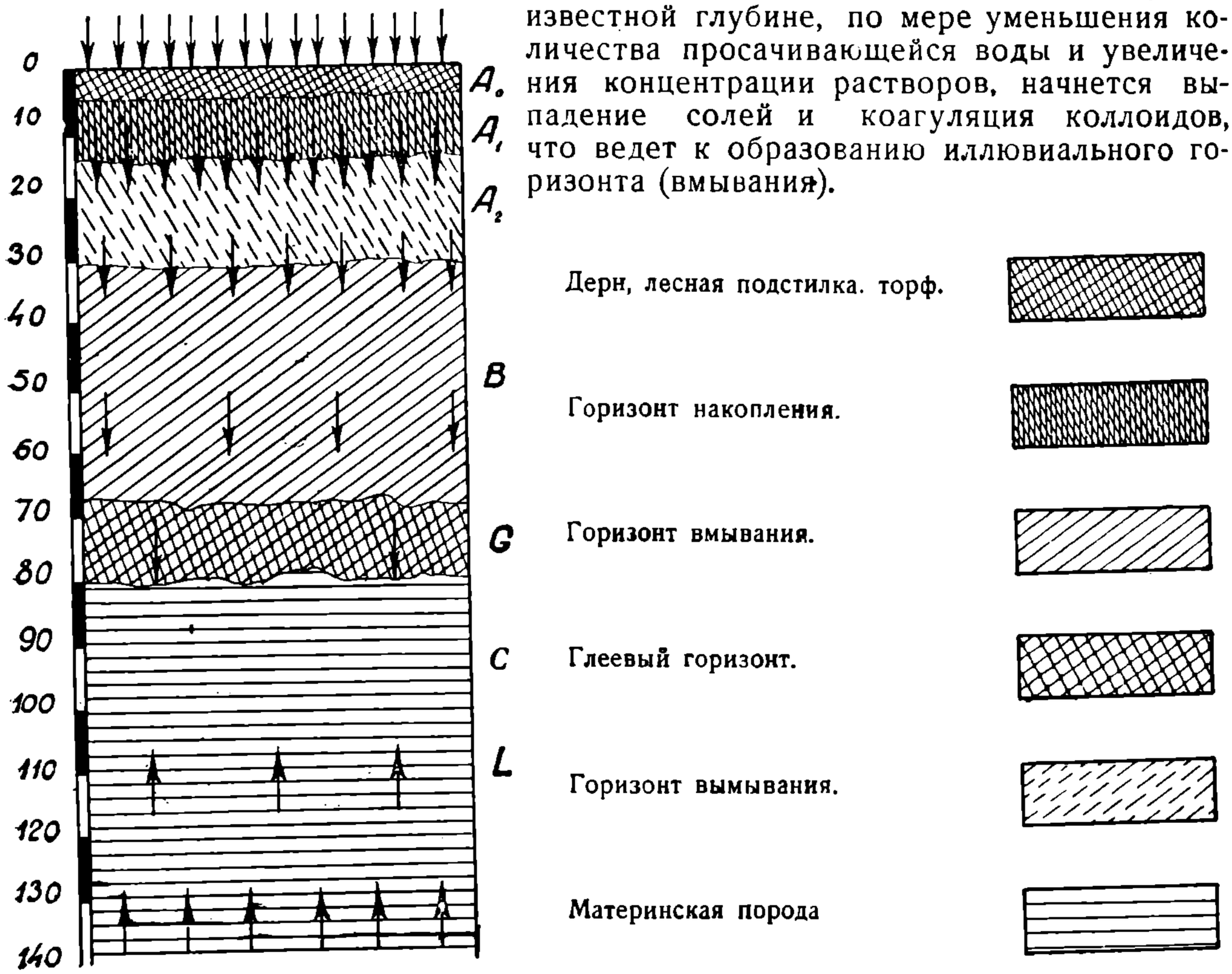


Рис. 165. Почвенный разрез с различными горизонтами.

Горизонты на разрезах принято обозначать определенными большими буквами латинского алфавита:

A — горизонт вымывания или элювиальный в свою очередь расчленяется на горизонты:

A_0 — настилка из листьев, хвои и пр., очень слабо минерализованная;
A_1 — горизонт накопления гумуса;
A_2 — подзолистый горизонт;

B — горизонт иллювиальный или вмывной;

B_1 — обозначает ортштейн;
B_2 — горизонт скопления углекислых солей (карбонатный горизонт);
B_3 — горизонт скопления гумуса;

G — глеевый горизонт;
C — материнская порода,
Д — коренные породы.

Попутно с образованием горизонтов, благодаря тем или иным химическим процессам и действию организмов, почва принимает различную структуру, сложение и окраску.

Наиболее распространенными типами структуры являются:

1) крупнокомковатая или ореховая, при которой структурные отдельности имеют вид круглых комков или многогранников, размером около 1 *см* и выше;

2) комковатая или зернистая с отдельными комками, величиной от нескольких *мм* до 1 *см*;

НБ УДУНТ (ДИТ)

3) мелкозернистая, пороховидная с отдельностями, не превышающим 3—5 *мм*;
4) глыбистая, при которой почва распадается на крупные глыбы неправильной формы, достигающие 5 и более *см*. В том случае, когда глыбы принимают форму вертикально расположенных столбиков, структуру называют столбчатой;
5) плитчатая;
6) губчатая.

Окраска почвы является одним из признаков для выделения почвенных горизонтов, но при этом необходимо иметь в виду, что она зависит от влажности и условий освещения.

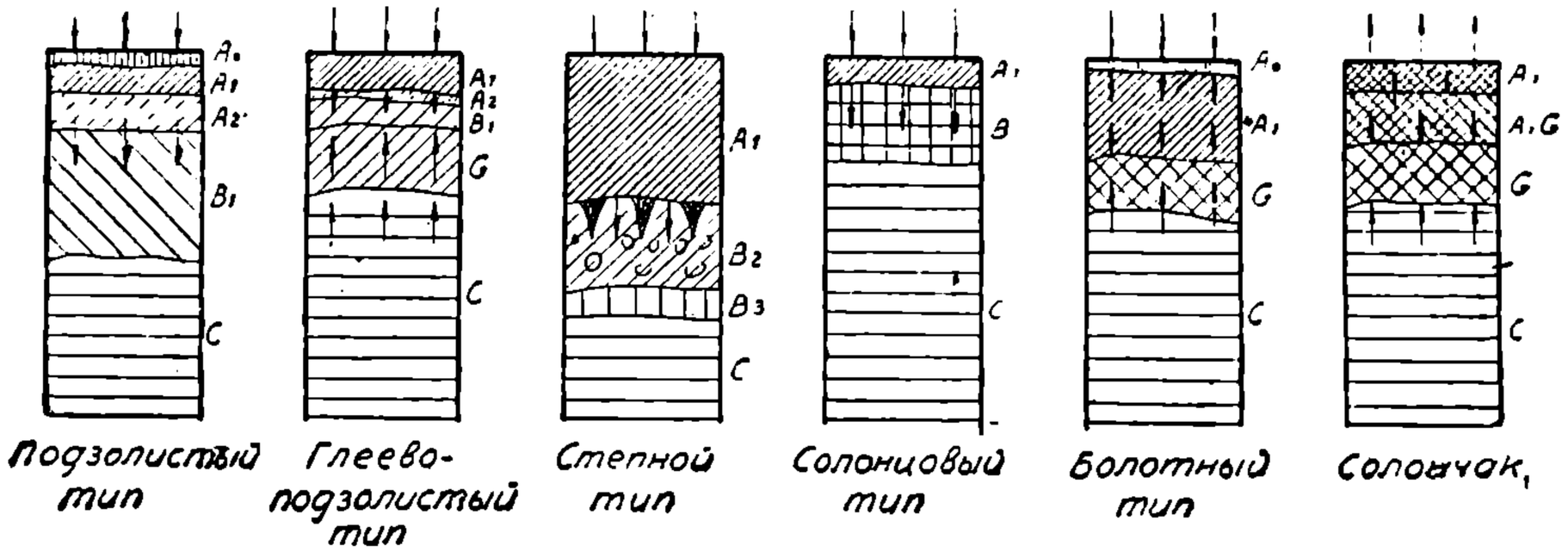


Рис. 166. Основные типы почв.

Основным фактором почвообразования является климат, а следовательно почвенные типы должны быть подчинены определенному закону зональности. Акад. К. Д. Глинка выделил следующие пять основных типов почв (рис. 166):
1) почвы болотного типа,
2) „ подзолистого типа,
3) „ степного типа,
4) солонцового типа,
5) почвы латеритного типа.

Почвы болотного типа. Почвы болотного типа развиваются там, где поверхностные горизонты земной коры сильно пересыщаются водой, частью собирающейся в виде верховодки, частью поднимающейся от неглубоко стоящих грунтовых вод. Почвы этого типа делятся на два подтипа: 1) собственно болотные почвы и 2) солончаковые почвы.

Собственно болотные почвы развиваются на Севере, где их образованию благоприятствует низкая температура, при которой из почвы испаряется вода в небольших количествах. Пересыщенность этих почв водой не дает кислороду воздуха проникать в почву, а отсутствие кислорода отражается на процессах изменения органической и минеральной массы почвы. Органические вещества разлагаются медленно и неполно, и в почве скопляется много полуразложившихся растительных остатков, образующих торф.

Среди болотных почв выделяют две разности: торфяно-болотные и лугово-болотные. В торфяно-болотных почвах можно выделить два горизонта. Верхний горизонт (*A*) торфянистый. В верхней части этот горизонт состоит из полуразложившихся растительных остатков, сохранивших форму растений, из которых он образовался, книзу этих остатков все меньше и меньше, и наконец вся масса представляет собой темнобурое вязкое аморфное вещество. Мощность этого горизонта бывает различна — от 10 *см* до 40 *см* и более. Под горизонтом (*A*) залегает второй горизонт (*G*), глеевый. Этот горизонт синеватого или зеленоватого цвета с бурыми пятнами и прожилками, если он глинистый, и сизоватого цвета, если песчанистый.

Лугово-болотные (иловато-болотные почвы). В этих почвах верхний горизонт (*A*) формируется при участии луговых злаков, осоковых и камышевых сообществ образующих при разложении „землистый“ („иловатый“) перегнойный горизонт, в котором нередко находится много минеральной массы. Полуразложившихся веществ в этом горизонте меньше, чем в горизонте (*A*) торфяно-болотных почв. Мощность его бывает различна (от 10 до 30 *см*).

НБ УДУНТ (ДИТ)

Второй горизонт — глеевый (*G*) — по своим свойствам подобен горизонту (*G*) торфяно-болотных почв.

Дороги на болотных почвах страдают от избытка воды. При проведении дороги по таким почвам они должны быть осушены, и потому при изысканиях прежде всего нужно обратить внимание на водоотвод. Свойства осушенных болотных почв в дорожном отношении различны в зависимости от свойств торфянистого горизонта и от механического состава глеевого. Дороги, пролегающие по мощному торфянистому горизонту, являются более или менее удовлетворительными только в сухое время и то лишь при малой напряженности транспорта, в сырое время они непроезжи.

При смешении торфянистого горизонта с песком получается связная масса, которая дает удовлетворительное полотно, но все же такие дороги не могут выдерживать большой напряженности транспорта.

Солончаковые почвы. В формировании солончаковых почв, как и болотных, участвуют грунтовые воды. Грунтовые воды тех районов, где развиваются солончаки, содержат в той или другой степени растворимые соли. В пониженных формах рельефа эти воды, залегая неглубоко, по капиллярам поднимаются на поверхность, где при испарении из них выкристаллизовываются соли, образуя часто солевые выцветы и солевые корки. В верхних горизонтах солончаковых почв также скопляются значительные количества солей, до нескольких процентов. С глубиной содержание солей падает. Нижние горизонты этих почв нередко бывают оглеенными и имеют синеватый оттенок. В дорожном отношении солончаки различны, в зависимости от состава солей.

Солончаки с натриевыми солями в сухое время дают твердую корку, а в сырое время очень липки и вязки, дороги по ним в это время являются непроезжими.

Почвы подзолистого типа развиваются под лесами, а также под лугами и несколько заболоченными пространствами. Поэтому среди почв подзолистого типа выделяют три основных группы:

лесные подзолистые почвы
луговые „
торфяно-подзолистые „

В зоне подзолистых почв выпадает в год значительное количество осадков — около 500 *мм*, средняя годовая температура около +3° С. Такое сочетание тепла и влаги благоприятствует тому, что вода в значительных количествах просачивается через почву в грунт и вымывает из нее все простые, растворимые в воде соли. Гумус и глинистые частицы в значительных количествах перемещаются из верхних горизонтов в нижние. Эти процессы вымывания отражаются на внешнем (морфологическом) строении почвы. По морфологическим признакам в типичной подзолистой почве можно выделить следующие горизонты:

Верхний горизонт (A_0) состоит из полуперегнивших растительных остатков; в почвах лесных он образует так называемую лесную настилку, а в почвах луговых — дерновую.

Второй горизонт (A_1) серого или светлосерого цвета, в зависимости от содержания гумуса, количество которого колеблется от долей процента до 3,5%. Мощность этого горизонта различна — от 2 до 20 *см*.

Третий горизонт (A_2) в сухом состоянии почти белый. В суглинистых почвах он часто имеет слоеватое сложение. Мощность его достигает 15 *см* и более. Из горизонтов A_1 и A_2 происходит вымывание глинистых частиц и гумуса.

Четвертый горизонт (B_1) бурого цвета, вязкий в сыром и твердый в сухом состоянии. Иногда в этом горизонте имеются стяжения (более сильно сцементированные участки). В песчаных почвах эти стяжения образуют сплошной слой, часто настолько твердый, что его нельзя пробить лопатой; такой сцементированный слой называется ортштейном. У суглинистых разностей эти стяжения разбросаны по горизонту в виде пятен. Мощность горизонта (B_1) значительная (до 50 *см* и более).

Ниже горизонта B_1 залегает материнская порода (*C*), почти незатронутая процессами почвообразования (рис. 166).

Строение горизонтов изменяется в зависимости от разности почв.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Подзолисто-глеевые почвы. Кроме типичных почв подзолистого типа встречаются почвы, переходные к болотным. Они называются подзолисто-глеевыми. У этих почв под горизонтом A_2, а иногда непосредственно и под горизонтом A_1, располагается раскисленный, чаще всего зеленоватый или сизоватый глеевый горизонт (*G*). Оглеение нижних горизонтов происходит под влиянием грунтовых вод, близко стоящих к поверхности. а также под влиянием задержки вод, просачивающихся с поверхности и образующих иногда временную верховодку. Подзолисто-глеевые почвы встречаются чаще всего на нижних частях склонов.

Качество дорог на подзолистых почвах зависит от механического их состава, — чем ближе механический состав дороги к оптимальной смеси, тем дорога лучше. При проектировании дороги на подзолистых почвах необходимо учитывать различие в горизонтах. В тех случаях, когда верхние горизонты слишком песчанисты, одна профилировка — когда наверх попадает более глинистый материал из гор. B_1 — может значительно улучшить дорожное полотно. Когда же верхние горизонты (A_1 и A_2) сами содержат достаточное количество глинистых частиц, то внесение грунта из нижнего горизонта B_1, как более глинистого, только ухудшит состояние дороги.

Почвы степного типа. К почвам степного типа относятся черноземы, каштановые почвы, бурые почвы, сероземы и красноцветные почвы полупустыни. Почвы даннного типа формируются под влиянием континентального сухого климата. Осадки, выпадающие здесь, в значительной части приурочены к летним месяцам, когда, в силу высокой температуры, испарение их достигает большой величины, чему способствует также и низкая относительная влажность воздуха. При таких условиях через почву воды фильтруется очень мало, а потому почвы степного типа являются мало выщелоченными.

Черноземы. Строение типичных, так наз. „мощных черноземов“ таково:

Верхний горизонт (*A*) обычно делится на два подгоризонта: подгоризонт A' и подгоризонт A''. Подгоризонт A' перегнойный, черной окраски (особенно во влажном состоянии). Структура зернистая, очень прочная; мощность достигает 50 и даже 60 *см*. Подгоризонт A'' с трудом отличим от A'. Темный, почти черный. Структурность несколько более крупная, переходящая в комковатую. Мощность до 50—70 *см*. В нижней его части окраска не всегда однообразна. В этих почвах гумусовый горизонт имеет мощность до 1,5 *м*. Количество гумуса в верхних частях горизонта обычно 8—10%, а иногда достигает 20%. С глубиной содержание его убывает, но очень постепенно и без резких скачков.

Второй горизонт (*B*). Обычно бесструктурный, мелкопористый, палево-серого, желтого или буроватого цвета. Мощность 40—50 *см*.

Третий горизонт (*C*)—материнская порода, обычно лёсс или лёссовидные породы, пористые, палевой окраски.

В черноземах имеется всегда зернистая структура. По механическому составу все горизонты черноземов довольно однообразны.

Каштановые, бурые сероземы и красноцветные почвы полупустыни. Другие почвы степного типа (каштановые, бурые почвы, сероземы и красноцветные) отличаются от черноземов тем, что верхний гумусовый горизонт имеет небольшую мощность: у каштановых 18—22 *см*, у бурых и сероземов—10—15 *см*, и количество гумуса небольшое, в каштановых обычно 3—4%, в бурых и сероземах—2—2½% и ниже. Зернистой структуры в этих почвах нет. Она заменяется листоватой, чешуйчатой, причем весьма непрочной, легко разрушающейся при давлении.

В дорожном отношении поведение черноземов зависит главным образом от их механического состава: на черноземах глинистых и тяжелосуглинистых дороги бывают плохими, они липки уже после небольших дождей, а в весеннюю и осеннюю распутицу и совсем непроезжи. Такие дороги могут быть улучшены пескованием, внесением гашеной извести, а также мела. На черноземах легкосуглинистых и супесчаных дороги удовлетворительны.

Состояние дорог на почвах каштановых, бурых сероземах и красноцветных зависит не только от механического состава почв, но отчасти и от их химизма. Почвы, содержащие заметные количества карбонатов кальция, дают дорожное полотно, более устойчивое как в сухую, так и в мокрую погоду, чем почвы, не содержащие их.

УДУНТ (ДІТ)

Почвы солонцового типа формируются из солончаков, если последние в силу тех или других условий (понижение уровня грунтовых вод. улучшение условий поступления в почву атмосферных осадков и пр.) рассоляются. Глинистые частицы и частицы гумуса в солончаках, содержащих натриевые соли, насыщены натрием

В солонцах верхний гумусовый горизонт (*A*) элювиальный. Он бывает слоист, ячеист, бесструктурен. Мощность его очень различна, она колеблется от нескольких миллиметров до 20 *см*. Когда горизонт *A* более или менее мощный, то он явственно подразделяется на два подгоризонта: A_1—более темного цвета—и нижний A_2—более светлый, а иногда и белесый, похожий на горизонт A_2 подзолистых почв.

Второй горизонт солонцов *B* часто темнее верхнего горизонта в силу того, что в него вмыто много гумуса и глинистых частиц. В этом горизонте имеется всегда ясно выраженная структурность.

Под горизонтом *B* залегает материнская порода (*C*). По механическому составу отдельные горизонты солонцов очень резко между собой различаются. Верхний горизонт *A* сильно обеднен глинистыми частицами, нижний же *B*, наоборот, сильно обогащен ими.

В дорожном отношении солонцы являются почвами неблагоприятными. Во влажном состоянии они вязки и липки, и дороги на них в это время непроезжи. В сухое время они дают очень твердую, неровную, мало удобную дорогу.

Почвы латеритного типа занимают громадные площади тропических и субтропических широт. Они формируются в условиях высокой средней годовой температуры (25—30°) и большого количества выпадающих годовых осадков (1500—2500 *мм*). Типичные латериты развиваются в условиях тропического климата; с переходом в субтропические широты, где осадков меньше и годовая температура ниже, латериты сменяются красноземами. В умеренно влажном климате красноземы переходят в желтоземы, в которых уже проявляются некоторые черты подзолистых почв. В пределах СССР почвы латеритного типа встречаются только в Закавказьи.

По типам почвообразований весь район СССР может быть разбит на зоны, согласно прилагаемой карте (рис. 167).

§ 58. Физико-механические свойства грунтов и их лабораторные испытания. При изучении грунтов с точки зрения самой дорожной одежды или как основании для искусственной корки, приходится ограничиваться не только одним гранолуметрическим составом (текстурой) грунта, но также изучать физические и механические свойства грунтов, которые могут иметь значение при постройке и эксплоатации дорог Физические свойства грунтов сильно разнятся в зависимости от того, из какой крупности частиц они состоят и в каких количественных соотношениях эти частицы находятся в грунте. Основное влияние на физические свойства грунтов оказывает вода, а потому большинство изучаемых свойств грунтов связано с воздействием на них влаги Почти все испытания физических и механических свойств грунтов связаны с наличием определенной аппаратуры и лабораторий, а потому таковые относятся к подробным почвенно-грунтовым дорожным изысканиям, при производстве которых берут целый ряд образцов наиболее характерных грунтов и подвергают их детальным лабораторным испытаниям.

Главнейшие лабораторные исследования механических и физических свойств грунтов следующие:

1) механический анализ,
2) определение влажности,
3) „ истинного и кажущегося удельного веса,
4) „ пористости,
5) „ пластичности,
6) „ временного сопротивления на сжатие,
7) „ линейной и объемной осадки,
8) „ времени размокания,

---

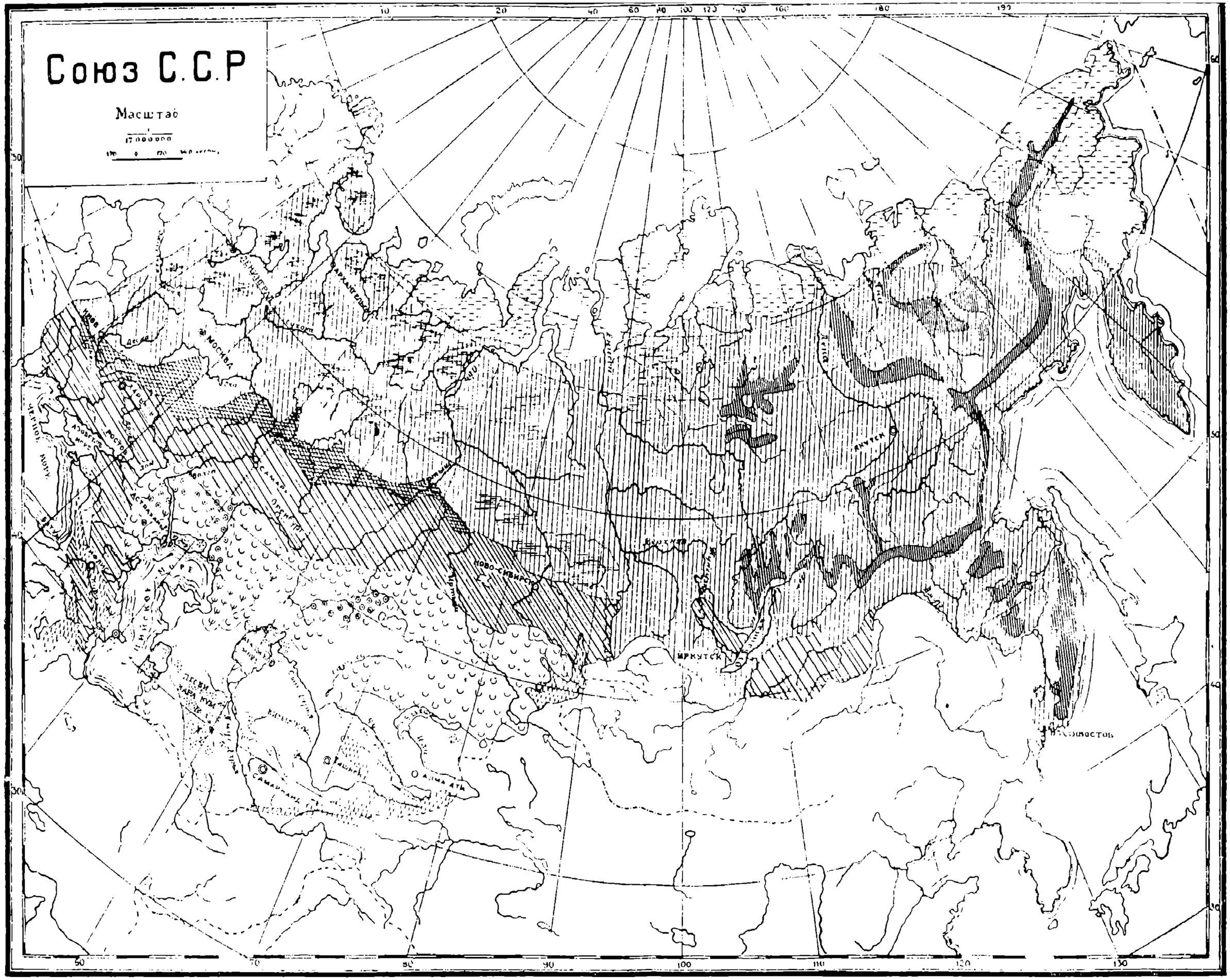
[1] ЦУМТ. Исследовательское дорожное бюро. Методы и указания по исследованию грунтов для дорожного дела 1928 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Союз С.С.Р

Масштаб

1:17 000 000



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Почвы тундры
- Подзолистые почвы
- Болотные почвы
- Выщелоченные осерхавированные черноземы
- Мощный и тучный чернозем
- Торфяно-болотистые почвы
- Пятнистые солонцы на каштановых почвах
- Солончаки
- Солонцовые комплексы
- Горнолуговые почвы
- Сероземы
- Пески

НБ УДУНТ (ДПТ)

9) определение липкости,
10) капиллярной влагоемкости
11) водопроницаемости,
12) гумуса,
13) „ зависимости между давлением и влажностью,
14) „ срезывающей силы (коэффициента трения и сцепления).

Механический анализ, который определяет состав фракций разного размера в грунте, является основным испытанием, которое позволяет правильно характеризовать грунт в зависимости от приведенной выше полевой классификации, а также судить, насколько означенный грунт будет соответствовать своему назначению в дорожной одежде, в качестве покрытия или основания, и какие потребуются его улучшения. Однако надо помнить, что одним механическим анализом не может в полной мере охарактеризоваться данный грунт.

Определение крупности частиц при механическом анализе разбивается на две части: а) частицы $> 0{,}25$ *мм* и б) частицы $< 0{,}25$ *мм*.

Фракции первой группы определяются путем просеивания на соответствующих ситах, причем наиболее мелкие, изготовляемые в СССР сита имеют отверстия в 0,25 *мм*, а за границей—0,06 *мм* (немецкие № 100) и 0,07 *мм* (американские № 200).

Фракции второй группы выделяют путем отмучивания, используя закон падения частиц в жидкости.

Размеры отверстий сит должны соответствовать принятой классификации фракций по крупности. В зависимости от того, какая требуется точность работы, просеивают сухой материал либо применяют воду. В первом случае возможно слипание более мелких частиц и налипание их на более крупные. У нас обычно для частиц мельче 1 *мм* применяется мокрое просеивание. Навеска грунта берется в зависимости от крупности частиц для грунтов от 125 до 1000 *г* и для гравиев 2—5 *кг*, что примерно соответствует американским нормам.

Взятая навеска грунта обливается литром дестиллированной воды в большой фарфоровой чашке и нагревается в водяной бане в течение двух часов при частом помешивании палочкой с резиновым наконечником. Размокший грунт переносят на сито с отверстиями в 0,5 *мм*, поставленное на стеклянную или фарфоровую чашку. В чашку затем приливают столько воды, чтобы грунт был ею покрыт. После этого грунт тщательно растирают палочкой с резиновым наконечником и тщательно промывают. Частицы крупнее 0,5 *мм*, оставшиеся на сите, сушат и разделяют на фракции просеиванием через соответствующие сита: 1, 2, 4, 10, 20, 40 *мм*. Часть грунта, прошедшую через сита 0,5 *мм*, переносят на сито 0,25 *мм*, растирают, промывают, сушат и взвешивают. Если применяется еще более мелкое сито, операция производится так же, как на сите с отверстиями 0,25 *мм*.

Для разделения на фракции частиц мельче 0,25 *мм* существует много различных методов, использующих как падение частиц в стоячей воде, так и, наоборот, взмучивание частиц восходящей струей воды. У нас в настоящее время применяются методы Сабанина и Робинзона (несколько видоизмененные лабораторией Научно исследовательского института автодорожного транспорта (ЦИАТ).

Метод Сабанина. Образец грунта, полученный с поля, размельчают в ступке деревянным пестиком таким образом, чтобы не повредить отдельных частиц, а затем в воздушно-сухом состоянии просеивают через сито с отверстиями в 1 *мм*. Из просеянной части берется навеска 4—5 *г* с точностью до 0,01 *г* и переносится в колбочку емкостью в 125 *см*. Колбочка (рис. 168) закрывается пробкой, в которую вставлена стеклянная трубка длиной 25—30 *см*, обернутая мокрой фильтровальной бумагой; нижний конец трубочки должен быть наравне с нижней поверхностью пробки. Колбочка ставится на асбестовую сетку и кипятится один час. Жидкость в колбочке сначала должна кипеть умеренно, а когда она перестанет пениться, то сильнее; однако нельзя допускать, чтобы жидкость разбрызгивалась по стенкам колбы.

После кипячения содержимое колбы переносят на сито с делениями в 0,25 *мм*, вставленное в большую фарфоровую чашку, и обливают таким количеством воды, чтобы уровень ее был выше дна сита. Грунт на сите осторожно расти-

УДИТ (ДИТ) НБ

рают пальцем под водой, сито приподнимают из воды и снова опускают и грунт снова растирают. Эту операцию повторяют несколько раз, чтобы разбить все глинистые комочки, которые не разошлись при кипячении. Наконец, сито вынимают из воды и промывают до тех пор, пока вода не станет стекать совершенно чистой. Чтобы быть уверенным, что грунт промыт хорошо, сито переносят на другую большую фарфоровую чашку, где снова промывают. При правильном ведении операции во второй чашке собирается только несколько отдельных частичек, которые и присоединяются к массе, находящейся в первой фарфоровой чашке. Сито с частицами от 1 до 0,25 *мм* ставят на чистую бумагу и переносят в сушильный шкап. Если после высушивания некоторые частицы при легком постукивании пройдут через сито, что бывает очень часто, то их присоединяют к фракции 0,25—0,5 *мм*. Часть, оставшуюся на сите, переносят в предварительно взвешенную фарфоровую чашечку и взвешивают. Отделение частиц в 0,25 *мм* основывается на изменении скорости падения частиц в зависимости от диаметра и производится при помощи прибора проф. Сабанина, изображенного на рис. 168.

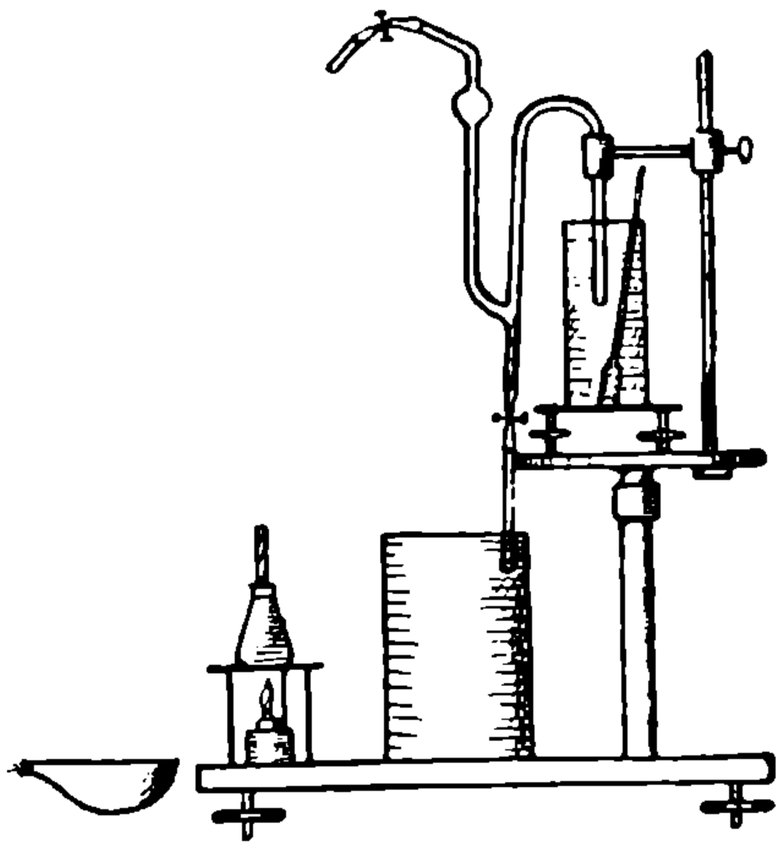


Рис. 168. Прибор Сабанина.

Таблица 68

Скорость падения частиц по методу Сабанина

Диаметр *мм*	Время	Пройденный путь *см*
0,05	5 сек.	1
0,01	50 сек.	1
0,005	36 мин.	1
0.001	2 ч. 24 мин.	1

Прибор устанавливается следующим образом: на железную подставку ставится другая, медная, с помощью уровня и винтов приводимая в горизонтальное положение. На эту подставку ставится стакан, имеющий деления от 2 до 12 *см*, и в него опускается предварительно наполненный водой сифон так, чтобы нижний его конец в стакане приходился точно против деления 2; в таком положении он прочно закрепляется.

Жидкость в фарфоровой чашке, содержащая частицы $<0{,}25$ *мм*, наливается в стакан до высоты 1 *см*, взбалтывается резиновой лопаточкой и оставляется в покое на 100 сек. Чеерез 100 сек. жидкость сливается сифоном до высоты 2 *см* в большой (3—5 *л*) стакан; к этому моменту во взвешенном состоянии в столбе воды между делениями 2 и 4 остаются только частицы <0.01 *мм* Тотчас же после взбалтывания в стакане взбалтывание производится и в фарфоровой чашке, и часть жидкости из нее через 10 секунд переносится в другую фарфоровую чашку, емкостью около 100 $см^3$, и этой жидкостью из малой чашки каждый раз доливается стаканчик с делениями. Взмучивание жидкости в фарфоровых чашечках повторяется каждый раз: в малой за 50 сек. до сливания из стаканчика, а в большой—за 20 сек. до переливания в малую.

Через 10—15 сливаний приступают к растиранию частиц, находящихся в малой фарфоровой чашке для чего жидкость осторожно сливают в стаканчик с делениями, и если этой жидкости нехватает до высоты 4 *см*, то доливают жидкостью из большой фарфоровой чашки, так же и при последующих сливаниях, пока идет растирание грунта в малой фарфоровой чашке все время доливают стакан из большой фарфоровой чашки. Растирание производят пальцем в течение 2 - 5 мин., в зависимости от содержания глины, а также перегноя (в почве). В большой фарфоровой чашке также производят растирание, слив предварительно жидкость в малую чашку. Растирание в чашках повторяется примерно после каждых 15 сливаний.

Отмучивание в чашках производят до тех пор, пока частицы не станут быстро садиться на дно и вода над осадком через 50 сек. после взбалтывании

НВ УДУНТ (ДИТ)

не будет совершенно прозрачно. В стакане с делениями отмучивание кончают, когда в верхнем столбике жидкости высотой в 2 *см*, через 100 сек. после взбалтывания больше не будет содержаться твердых частиц. Для проверки отмучивания содержимое чашек переносят в стакан, сифон устанавливают против деления 6, наливают воды до деления 12 и взмучивают. Если через 5 минут верхний столб воды в 6 *см* не содержит взвешенных частиц, то отделение фракции $< 0{,}01$ *мм* считается законченным. В противном случае жидкость сливается до черты 6, остающаяся снова доливается до высоты 12 *см* и операция сливания продолжается до полного просветления.

После полного отделения частиц $< 0{,}01$ *мм* большой стакан отставляют и вместо него ставят другой, примерно таких же размеров, Дестиллированную воду доливают до деления 12 *см*, жидкость взмучивают и через 30 сек. сливают до высоты 6 *см* во вновь подставленный стакан. За этот срок все частицы, бо́льшие 0,05 *мм*, успеют пройти верхний столб воды в 6 *см*, и в нем останутся только частицы $< 0{,}05$ *мм*, каковые и перейдут при сливании в подставленный стакан. Отмучивание кончают, когда верхний столб жидкости в 6 *см* через 30 сек. после взбалтывания не будет содержать взвешенных частичек.

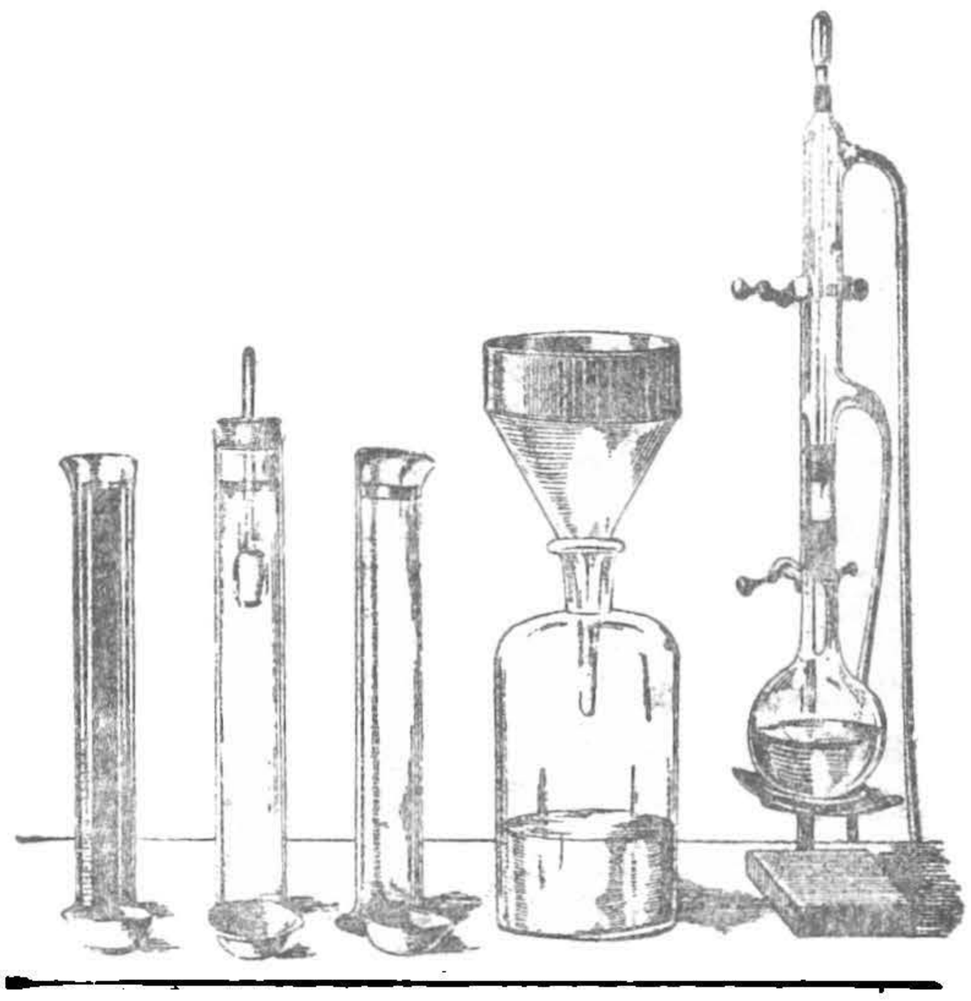


Рис. 169. Прибор Робинзона.

После отмучивания избыток воды сливается в стакан с делениями; содержащаяся в нем фракция 0,25—0,05 *мм* переносится во взвешенную фарфоровую чашку, высушивается и взвешивается. В большом стакане, содержащем фракции 0,05—0,01 *мм*, после полного оседания частиц на дно, вода сливается сифоном, а фракция переносится во взвешенную фарфоровую чашку, сушится и взвешивается.

Разделение частиц $< 0{,}01$ мм по методу Робинзона. Объем жидкости, находящейся в большом стакане и содержащей частицы $< 0{,}01$ *мм*, отделенные по методу Сабанина, измеряется градуированным цилиндром и переносится в пятилитровую бутыль. Стакан и цилиндр ополаскивают таким количеством дестиллированной воды, чтобы общий объем суспензии (взмученного грунта) равнялся 2—25 *л*. Бутыль крепко закрывают хорошо пригнанной резиновой пробкой и сильно взбалтывают в течение 1 мин. После этого жидкость выливают в два литровых цилиндра, имеющих внутренний диаметр около 6 *см* и высоту около 40 *см*, и снова взбалтывают длинной стеклянной палочкой, на конце которой имеется прочно укрепленный толстый резиновый кружок диаметром около 4 *см*. Взмучивание осуществляется быстро повторяющимися в течение минуты опусканиями мешалки до дна и подниманиями до поверхности жидкости. Уровень жидкости должен быть в обоих цилиндрах на одинаковом расстоянии от верхнего края цилиндра (не менее 4 *см*). Принадлежности для производства анализа представлены на рис. 169.

Для взятия пробы в цилиндр опускают пипетку в 20 *см*, вделанную в широкую пробку так, что верхнее деление ее находится ниже пробки и при опущенном положении пипетки в цилиндре на 3 *мм* ниже уровня жидкости. Пробку в нижней части подрезают так, чтобы она свободно входила в цилиндр; при этом верхняя ее часть ложится на стенки цилиндра. Пипетка всегда опускается на одну и ту же глубину; при этом жидкость, входящая в пипетку, наполняет ее как-раз до верхнего деления.

При взятии пробы во время опускания пипетки верхний конец ее плотно закрывают пальцем. После введения пипетки на желаемую глубину палец отнимают, и жидкость сама собой заполняет пипетку как-раз до черты. По наполнении вынутую пипетку с наружной стороны обтирают полотенцем. Жид-

РЕПОЗИТОРИЙ УДУНТ (ДИТ)

кость из пипетки переносят во взвешенную фарфоровую чашечку, выпаривают, и сухой остаток взвешивают.[1] Взвешивание должно производиться очень тщательно на весах, дающих точность не менее 0,1 *мг*. Полученный вес фракции перечисляется на весь объем жидкости.

Для определения частиц < 0,01 *мм* проба берется через 25 мин. пипеткой, погружаемой в суспензию на 30 *см*, для частиц < 0,005 *мм*—через 18 часов и <0,001 *мм*—через 3 суток.[2]

При повторных определениях оставшаяся в бутылях суспензия снова взбалтывается.

Если при отделении частиц < 0'01 *мм* набирается жидкости больше 3 *л*, то в таком случае для разделения их на фракции берется новая навеска — для глин 10 *г*, а для тяжелых суглинков 20 *г*; отвешенное количество грунта помещают в плоскодонную $1^1/_2$ литровую колбу и обливают одним литром дестиллированной воды. К колбе присоединяют обратно поставленный холодильник, и навеску кипятят 12 часов; по охлаждении все содержимое колбы через сито с отверстием в 0,25 *мм* переливается в пятилитровую бутыль со вставленной в нее большой воронкой (рис. 169).

Часть грунта, оставшаяся на сите, легонько растирается пальцем. Для обмывания сита и колбы, в которой производилось кипячение, берется ровно 3 *л* дестиллированной воды, в которую прибавлено 10 *см*³ 10% аммиака. Таким образом весь объем суспензии будет равняться 4 *л*. Бутыль взбалтывается, содержимое разливается по цилиндрам, и определение производится как указано выше.

Вычисление результатов механического анализа в процентах. Результаты механического анализа в процентах примерно вычисляются так:

Навеска грунта 500 *г*; при анализе получено:

фракции	20—10 *мм*	25 *г*;	что составит	$\frac{25.100}{500} = 5\%$
	10—4	85 „		$\frac{85,100}{500} = 17\%$
	4—2	60 „		$\frac{60.100}{500} = 12\%$
	2—1	45 „		$\frac{45.100}{500} = 9\%$
	1—0,5	50 „		$\frac{50.100}{500} = 10\%$
	0,5—0,25	„ 60 „	„ „	$\frac{60.100}{500} = 12\%$

Процент фракций < 0,25 *мм* получается из разности 100—(5+17+12+9++10+12)=35.

Для анализа частиц < 0,25 *мм* взята навеска в 5,102 *г*, содержащая 2% гигроскопической воды; следовательно сухого вещества 5 *г*; фракции 0,25—0,05 получено 1,5 *г*, что составит в проц. — $\frac{1,5\ 35}{5} = 10,5\%$ и 1 *г* фракции 0,05—0,01 *мм*, т. е. $\frac{1\ 35}{5} = 7\%$.

Частицы < 0,01 *мм* получаются по разности: 35—(10,5+7)=17,5.

Объем суспензии, содержащей частицы < 0,01, равнялся 2,5 литрам. При взятии пипеткой в 20 *см*³ вес частиц < 0,005 получился 0,0154 *г*; при перечислении на весь объем получится $\frac{0,0154\ .\ 2500}{20} = 1,925$, что в проц. составит $\frac{1,925\ .\ 35}{5} = 13,5\%$.

Вес частиц < 0,001 *мм* получился 0,01 *г*, что при перечислении на весь объем дает $0,01 \times 125 = 1,25$ и в проц. составит $\frac{1,25\ .\ 35}{5} = 8,75\%$

---

[1] В виду того, что взвешивается сухое вещество, необходимо в грунте определять гигроскопическую воду в особой навеске и весь расчет вести на сухое вещество.

[2] Если пипетка короче, то время взятия соответственно уменьшается; так например, если пипетка имеет длину 25 *см*, то для определения частиц < 0,01 берется проба через 20 мин. 50 сек (50 сек. × 25), для частиц < 0,005 *мм*—через 15 час. (36 мин. × 25), для частиц < 0,001 *мм*—через 60 час. (2 ч. 24 мин. × 25).

НБ УДУНТ (ДИТ)

Для получения процента фракции 0,005—0,001 *мм* вычитается процент фракции < 0,001 из процента фракции < 0,005, и в данном случае получится 13,5 — 8,5 = 5%, процент частиц 0,01—0,005 *мм* получится, если вычесть из процента частиц < 0,01 процент < 0,005 (17,5% — 13,5% = 4%).

Определение влажности обычно производится в полевой обстановке и имеет целью установить, с каким видом влаги в грунте мы имеем дело— гигроскопической, наибольшей молекулярной или капиллярной влагоемкостью, каковые, как было описано в главе 10, в значительной степени влияют на устойчивость грунта.

Влажность грунта определяется путем взвешивания образцов грунта при данном состоянии влажности и в высушенном при 105°С состоянии. Если *A*— первоначальная навеска, *B*—вес после высушивания, то процент влажности (всегда по отношению веса сухого грунта)

$$X = \frac{A - B}{B} \cdot 100.$$

Высушивание должно производиться в специальном сушильном шкапу до постоянства веса образца грунта. Обычно на это требуется около 6 часов.

Первоначальные навески грунта выбираются в зависимости от точности весов и желательной точности в определении влажности.

Определение истинного и кажущегося удельного веса (вес единицы объема). Определение истинного удельного веса производится следующим образом. Грунт, высушенный при 105°С, всыпают в сухой, предварительно взвешенный пикнометр с притертой пробкой и взвешивают с точностью не менее 0,01 *г*. Затем в пикнометр приливают дестиллированной воды (примерно $^1/_2$ пикнометра), пикнометр ставят на азбестовую сетку и содержимое его некоторое время слегка кипятят для удаления воздуха из грунта и воды (ни в коем случае нельзя допускать разбрызгивания). Дав отстояться грунту (для чего иногда требуется несколько часов), осторожно доливают пикнометр прокипяченной дестиллированной водой до черты и взвешивают. Отдельно взвешивают пикнометр, наполненный до черты дестиллированной прокипяченной водой. Все взвешивания производятся при 15—20°С.

Зная вес пикнометра с водой (*A*), вес высушенного грунта (*B*) и вес пикнометра с водой и грунтом (*C*), удельный вес (*D*) определим по формуле:

$$D = \frac{B}{A + B - C}.$$

Определение кажущегося удельного веса грунта видоизменяется в зависимости от того, находится ли он в сыпучем или в связном состоянии.

а) Грунт сыпучий. Определение ведется следующим образом: грунтом наполняют измерительный цилиндр или колбу и легкими постукиваниями резинового молоточка уплотняют до постоянного объема. Объем грунта берется, в зависимости от его крупнозернистости, 100—1000 *см*. Затем колбу или цилиндр с грунтом взвешивают и из полученного веса вычитают вес тары (вес цилиндра или колбы). Разделив вес грунта на вес равного объема воды при 4°С, получим кажущийся вес грунта.

б) Грунт в связном состоянии. Из грунта с желаемой влажностью (или уплотнением) приготовляют фигуру, объем которой легко определить измерением сторон (кубик или цилиндр). После вычисления объема грунт высушивают и взвешивают. Кажущийся удельный вес будет вес в граммах, отнесенный к 1 $см^3$ объема.

Для того чтобы получить удельный вес с точностью 0,01—0,02, надо взять не менее 10 $см^3$ грунта.

Если берется грунт с естественной структурой и приготовление из него кубика или цилиндра затруднительно, объем определяют ртутью или при помощи мелкой дроби (бекасинника). Образец погружается в мензурку с ртутью. Для того чтобы он не всплыл, грунт приходится придерживать тонкой проволокой, свернутой внизу в спираль, или тонкой палочкой с плоским наконечником. Объем погруженной части проволоки или палочки определяется отдельно и вычитается из полученного объема ртути и образца: Деления мензурки должны

УДУНТ (ДИТ)

быть не менее 0,5 *см*³, при определении объема дробью размер образца следует брать крупнее, не менее 150—200 *см*³. Вместо стеклянной мензурки можно применять другой вымеренный сосуд. Дробь насыпают до определенного уровня, а затем определяют ее объем. Разность между объемом сосуда и объемом дроби покажет объем образца грунта.

Определение пористости грунта делается с целью характеризовать объем пустот в нем и следовательно судить об его уплотненности. Для песков пористость колеблется от 25—45%, для глин может достигать 60% и больше. Пористость может быть определена несколькими способами.

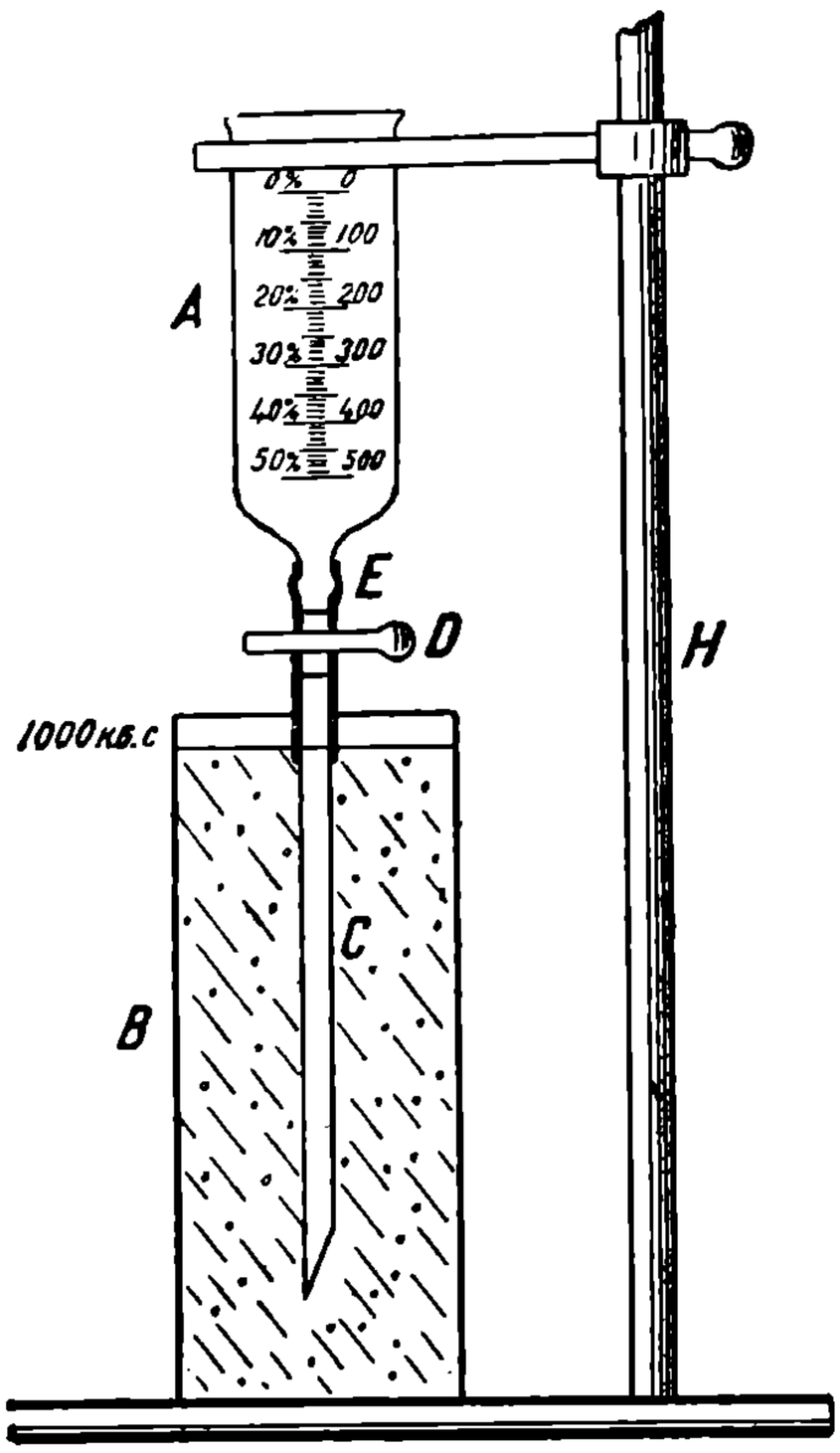


Рис. 170. Прибор для определения пористости песчаных грунтов.

1-й способ. Определение пористости по истинному и кажущемуся удельным весам грунта. Зная истинный удельный вес грунта D и кажущийся D_1, пористость его вычисляют по формуле.

$$p=100\left(1-\frac{D_1}{D}\right).$$

2-й способ. Определение пористости заполнением пор водой (для песков). С этой целью пользуются прибором, изображенным на рис. 170. *A*—градуированный цилиндр с делениями на *см*³ на правой его стороне, на левой же показан процент пористости грунта; *B*—цилиндр с чертой, определяющий емкость в 1 *л*; *C*—медная трубка с резиновой соединительной трубкой и винтовым зажимом.

При определении пористости этим методом грунт по частям насыпают в цилиндр *B*, уплотняют легкими постукиваниями резинового молоточка и доводят до объема 1000 *куб. см.* После этого, зажав резиновую трубку зажимом, в цилиндр *A* наливают воду до метки *O*, затем зажим открывают, вода через трубку *C* поступает в грунт и заполняет поры. Когда вода появится на поверхности грунта, зажим снова закрывают и по делениям цилиндра *A* отсчитывают, какой объем воды разместился в порах. Каждые 100 *м*³ воды соответствуют 10% пористости.

3-й способ — по влажности (для связных грунтов). При приготовлении образца связного грунта помощью прессования все поры в нем наполнены водой (небольшой объем защемленного воздуха уменьшит в результате вычисленную пористость на несколько процентов). Определив процент влажности *X* обычным путем высушивания, пористость можно вычислить по формуле

$$p=100\left(\frac{XD}{100+XD}\right).$$

Определение пластичности имеет целью установить способность грунта претерпевать изменение формы без изменения объема. Это свойство является крайне важным, в особенности для глинистых грунтов, так как последние, обладая значительной пластичностью, без их улучшения не могут служить ни надежным основанием, ни надежной одеждой дорог. Шведский ученый Аттерберг предложил характеризовать ее *числом пластичности*, представляющим разность влажностей, соответствующих пределу текучести и пределу раскатывания в проволоку.

Предложенный Аттербергом метод, требующий для своего выполнения наличия весов, заключается в определении:

а) нижней границы текучести или такой густоты (консистенции), при которой грунт, замешанный с водой и помещенный в плоскую фарфоровую чашечку, при разделении на две части снова сливается, и б) предела раскаты-

ГБ УДУНТ (ДПТ)

вания в проволоку или момента, при котором тесто, приготовленное из грунта и воды, более уже не раскатывается в проволочки (нити).

Нижняя граница текучести определяется следующим образом: берется порция (10—20 *г*) сухого порошка грунта, просеянного через сито в 1 *мм*, приготовленного растиранием в фарфоровой ступке помешается в плоскую фарфоровую же чашечку, куда добавляется вода; смесь (грунт + вода) тщательно перемешивается до образования однородного теста. Полученное тесто, при помощи полированного никкелевого шпателя-лопаточки, распределяется в чашечке пластом толщиною около 1 *см*, по возможности с ровной и гладкой поверхностью. Далее такой пласт разрезают на две части шпателем так, чтобы между ними образовался канал; верхняя часть этого канала немного раздвигается (2—2,5 *мм*), и он приобретает форму, представленную на чертеже (рис. 171). Затем по дну чашечки три раза ударяют ладонью руки, чтобы нижние стенки канала сливались (рис. 171). Нижняя граница текучести уловлена, если обе части на дне после третьего удара слились; если же части не слились то к массе добавляется вода и операция повторяется. Наконец, может случиться и так, что стенки канала сливаются от первого или второго удара, что указывает на избыточное количество в массе воды, т. е. на переход границы текучести. Тогда масса сгущается добавлением некоторого количества грунта, и операция повторяется снова. Когда граница уловлена, надлежащая консистенция получена, из чашечки берется средняя проба, которая помещается в стаканчик с притертой пробкой; количество воды в массе определяется высушиванием. Оценка выражается в процентах воды по отношению к весу сухого грунта.

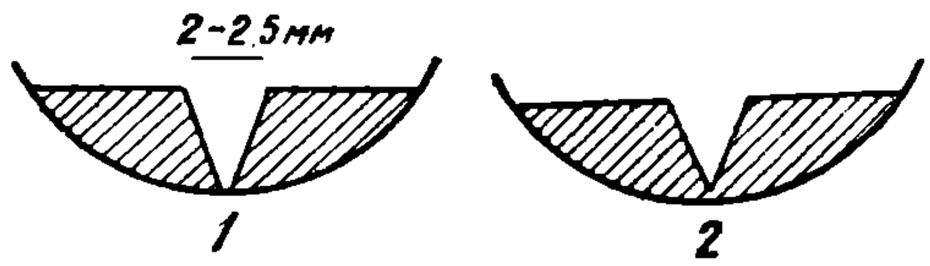


Рис. 171. Испытание пластичности по Аттербергу.

Предел раскатывания в проволоку определяется таким образом: однородная масса, приготовляемая на воде из исследуемого грунта, раскатывается между ладонью или пальцами руки и гладкой поверхностью, покрытой бумагой, в тонкие жгутики-проволочки до тех пор, пока жгутики начнут распадаться на отдельности, не соединяющиеся между собой заново в проволочки. Распадающиеся проволочки осторожно собираются шпателем в стаканчик, и в них высушиванием определяется содержание воды. Оценка и для этого состояния выражается в процентах по отношению к весу сухого грунта.

Разность между содержанием воды при нижней границе текучести и пределом раскатывания в проволочку Аттерберг назвал «числом пластичности». Если, например, нижняя граница текучести—39,8% воды, а предел раскатывания в проволоку—25,0%, то число пластичности равно 14,8. Чем пластичнее грунт, тем больше разность между границей текучести и пределом раскатывания.

Аттерберг по величине пластичности подразделяет грунты:

1) Пластичные 1 класса, у которых число пластичности больше 15;
2) „ 2 „ „ „ от 15 до 7;
3) „ 3 „ „ меньше 7;

Грунты же, у которых число пластичности = 0, относятся к непластичным.

Метод определения пластичности при помощи прибора, не требующего весов, предложенный проф. П. А. Земятченским, заключается в количественном определении величины деформации грунтов и деформирующей силы. Прибор, сконструированный П. А. Земятченским, состоит из рамы, укрепленной на основании (рис. 172). Через верхнюю и нижнюю перекладины рамы проходит свободно скользящий стержень, имеющий на нижнем конце маленькую площадку, во время работы опирающуюся на испытываемый образец. Верхняя площадка предназначена для груза. Последним может служить насыпанная в стеклянную или жестяную банку или в бумажные коробки мелкая свинцовая дробь, поступающая порциями по 0,5 *кг*. На нижней перекладине рамы, рядом со свободно двигающимся по вертикали стержнем, укреплена реечка с делениями на *мм*, по которой отсчитывается величина сжатия шара до появления на нем трещины. Испытание производится следующим

НБ УДУНТ (ДІТ)

образом: шар, приготовленный указанным ниже способом, помещается под нижнюю площадку двигающегося стержня. При этом нужно стараться ставить шар как можно точнее в центре площадки. Когда шар установлен, приступают к его сдавливанию, последовательно насыпая дробь в сосуд, помещенный на верхней площадке (или ставя коробки с отвешенным количеством дроби); отмечают при каждой прибавке груза величину сжатия шара. Груз прибавляется до тех пор, пока не появятся на поверхности шара трещины. При появлении первой трещины отмечается сжатие диаметра шара, а также величина нагрузки, вызвавшей данную деформацию. В результате умножения сжатия диаметра шара на нагрузку получается „указатель пластичности", который выражается в виде такой зависимости

$$(a - b)\ p,$$

где a — диаметр шара до сжатия,
b — величина диаметра после сжатия (по вертикальной оси), оба в *см*,
p — величина нагрузки в *кг*.

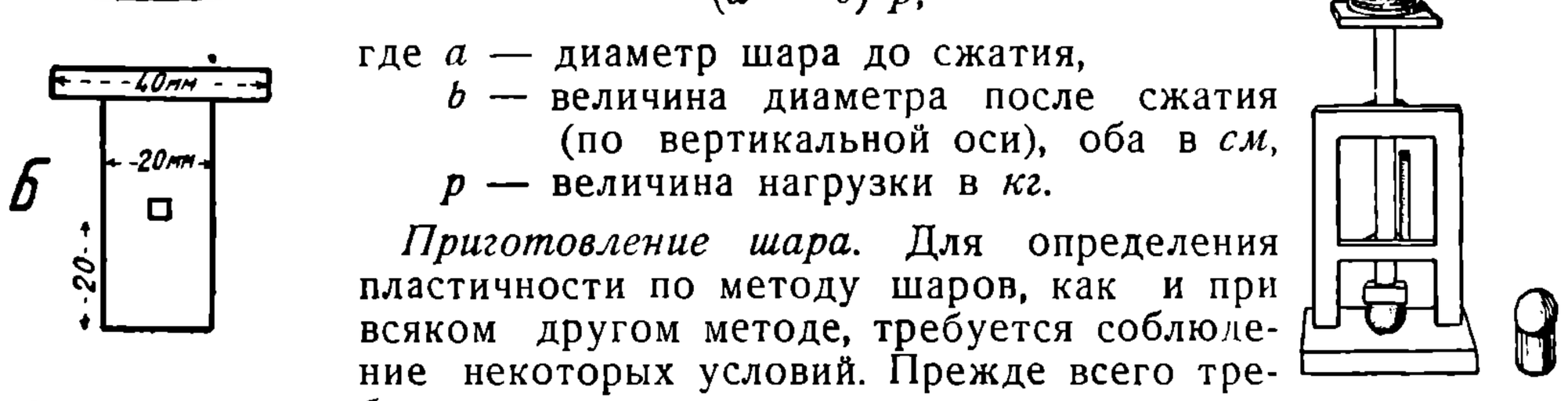


Рис. 173. Формы для приготовления кубиков.

Приготовление шара. Для определения пластичности по методу шаров, как и при всяком другом методе, требуется соблюдение некоторых условий. Прежде всего требуется из грунта приготовить массу определенной консистенции. Для этого берется растертый в порошок грунт, замешивается с водой до рабочего состояния, т. е. до момента, при котором грунт остается мягким, способным к обработке, не прилипая к коже руки; перемешиванием в руках доводится до возможно полной однородности; из приготовленной таким образом массы берется часть в количестве, достаточном для приготовления шара диаметром 4,5—4,6 *см*. Шар приготовляется выкатыванием взятого куска массы между ладонями рук.

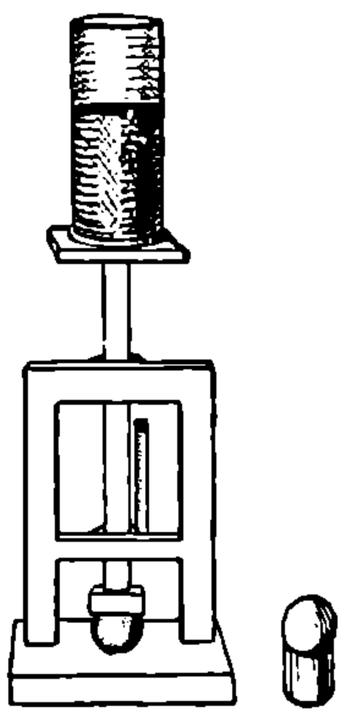


Рис. 172. Испытание пластичности по способу сжатия шаров.

Для дорожных одежд пригодны грунты не выше 3 класса пластичности по Аттербергу, т. е. с числом пластичности 0.6—7,0, что соответствует по методу проф. П. А. Земятченского 2—3,5.

Определение временного сопротивления на сжатие имеет целью установить связность грунта, что указывает на присутствие в нем связующих частиц, в виде глины или гумуса.

Образец грунта, взятый для испытания, просеивается через сито с отверстиями в 1 *мм*. Из прошедшей через сито части грунта 60—70 *г* кладут в фарфоровую ступку, смачивают водой и размешивают шпателем до рабочего состояния. Формовка производится в специальном металлическом приборе (рис. 173), состоящем из: 1) формы, 2) уплотнителя, 3) вставки-задерживателя. В форму, возможно полнее наполненную грунтом, вставляется уплотнитель. Последним грунт и уплотняется на прессе многократным (не менее 10) поднятием и опусканием нагрузки 50—60 *кг/см*^{2} до прекращения деформаций. Прекращение деформаций в данном испытании определяется с точностью до 0,5 *мм*.

По уплотнении в боковое отверстие уплотнителя вставляется задерживатель. Отверстие же в уплотнителе сделано так, чтобы при вдавливании уплотнителя расстояние между нижним концом уплотнителя и формы было 2 *см*. Затем прибор ставится на металлический цилиндр и надавливанием ладонью руки на уплотнитель последний вдавливается в форму по задерживатель; выдавленный при этом из формы излишек грунта осторожно срезывается ножом, после чего задерживатель вынимается и из формы выдавливается кубик разм. 2 *см* в ребре. Приготовляются одновременно три кубика для определения среднего из трех полученных чисел. Сформованные кубики оставляются на сутки при комнатной температуре для просыхания, затем ставятся в сушильный шкаф,

НТБ УДУНТ (ДИТ)

высушиваются в течение 6 часов при температуре 105°С, после чего переносятся в эксикатор и по охлаждении идут для раздавливания под пресс. Связность грунта характеризуется временным сопротивлением сжатию кубика, выраженным в *кг* на *см*^{2} Для хороших грунтов пределы временного сопротивления сжатию будут 20—40 *кг*/*см*^{2}. При большем сопротивлении грунт содержит избыток глины, при меньшем—является малосвязным.

Определение линейной и объемной усадки. Усадка характеризует способность грунта менять свой объем под действием капиллярных сил, а следовательно указывает с одной стороны на способность грунта к уплотнению, а с другой—на его свойства разбухать и давать трещины при высыхании, что имеет особое значение при устройстве грунтовых оснований. Обычно измеряется линейная усадка грунта, но может быть определена и объемная усадка.

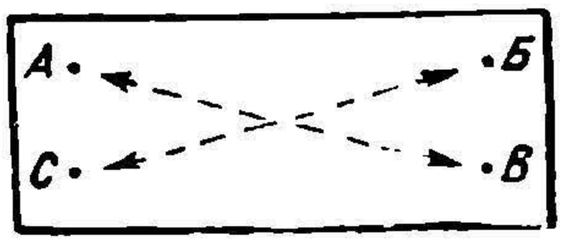


Рис. 174. Плитка грунта для исследования линейной усадки.

а) Для измерения линейной усадки грунт в рабочем состоянии раскатывается на стеклянной подставке в блин, толщиной около 1,0 *см*. При помощи жестяных форм из него вырезываются пластинки размером 25×7 *см*. На означенной пластинке по двум диагоналям, на расстоянии 5—6 *см*. намечаются циркулем 4 точки, расстояние между которыми l_1, и l_2 измеряются циркулем по масштабной линейке (рис. 174). Затем пластинки высушиваются при 105°С до постоянного веса и снова измеряется расстояние между точками, лежащими по диагоналям (l_3 и l_4).

Среднее из соотношений:
$\frac{l_1 - l_3}{l_1} \times 100$ и $\frac{l_2 - l_4}{l_2} \times 100$
называется линейной усадкой.

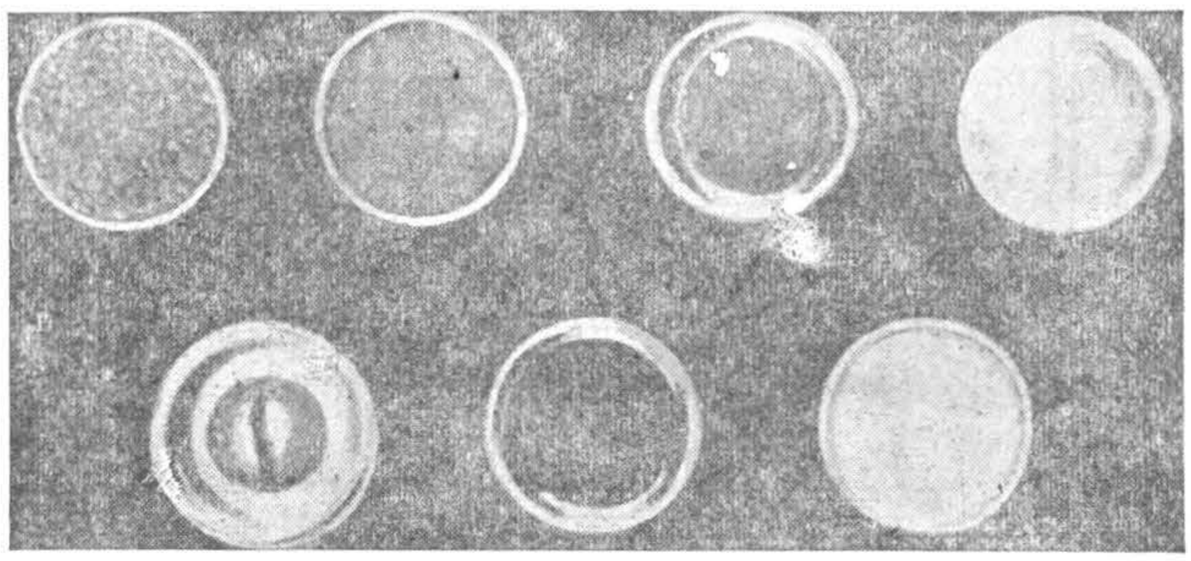


Рис. 175. Объемная усадка различных грунтов.

б) Для измерения объемной усадки грунт в рабочем состоянии помещается в плоскую фарфоровую чашку диаметром примерно 6 *см* и высотой 1 *см* (рис. 175). После удаления излишка грунта шпателем образец высушивается до постоянного веса. Процент уменьшения объема по отношению к первоначальному определяется путем наполнения чашки с высушеннным грунтом ртутью. Излишек ртути из чашки удаляется при помощи стеклянной пластинки, плотно прижимаемой к краям чашки.

Американцы считают, что грунты для дороги не должны иметь линейной усадки более 5%.

Определение размокания грунта. Размокание характеризует степень устойчивости грунта под действием воды и в то же время косвенным образом указывает на его связность. Метод определения скорости размокания заключается в следующем: проба грунта, взятая для испытания, растирается, просеивается, если в грунте имеется большое количество крупного скелета, через сито в 1 *мм*, замешивается с водой и тщательным перемешиванием доводится до рабочего состояния. Приготовленной таким образом массой наполняется доверху металлическая форма, имеющая вид усеченного конуса, диаметр нижнего основания которого—3,5 *см*, верхнего—2,5 *см* и высота—4,5 *см*. Сверху в формочку на грунт кладется металлический кружок диаметром около 3,3 *см*; форма ставится под пресс, где грунт и уплотняется нагрузкой 30 *кг*/*см*^{2}.

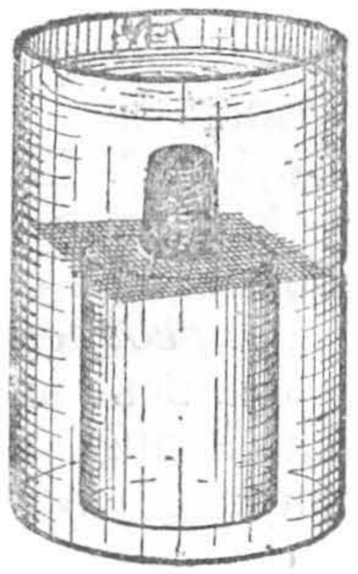


Рис. 176. Испытание на размокание.

Сформованный грунт при помощи цилиндрического металлического стержня выдавливается из формы и высушивается, в начале при обыкновенной температуре, а затем в сушильном шкапу при температуре 105° С. Приготовленные образцы охлаждаются в эксикаторе и переносятся на сеточку с отверстиями

НБ УГЛТУ (ДИТ)

1,5 *см*², расположенную поверх небольшого стакана, погруженного в воду с таким расчетом, чтобы поставленный на сетку образец полностью был покрыт водой (рис. 176).

Скорость размокания высчитывается от начала погружения образца в воду до момента, при котором весь образец провалится через сетку.

Определение липкости. Липкость имеет большое значение с точки зрения сопротивления движению экипажей, в связи с налипанием грунта на колеса. Определение липкости грунтов производится прибором Охотина, изображенным на рис. 177. Липкость определяется при разных влажностях, начиная от малой и кончая такой, при которой грунт превращается в грязь, почти не прилипая. Содержание воды в грунте определяется весовым способом. Самое определение липкости ведется следующим образом: формочка плотно, от руки, набивается грунтом так, чтобы он был выше краев формочки; затем сверху

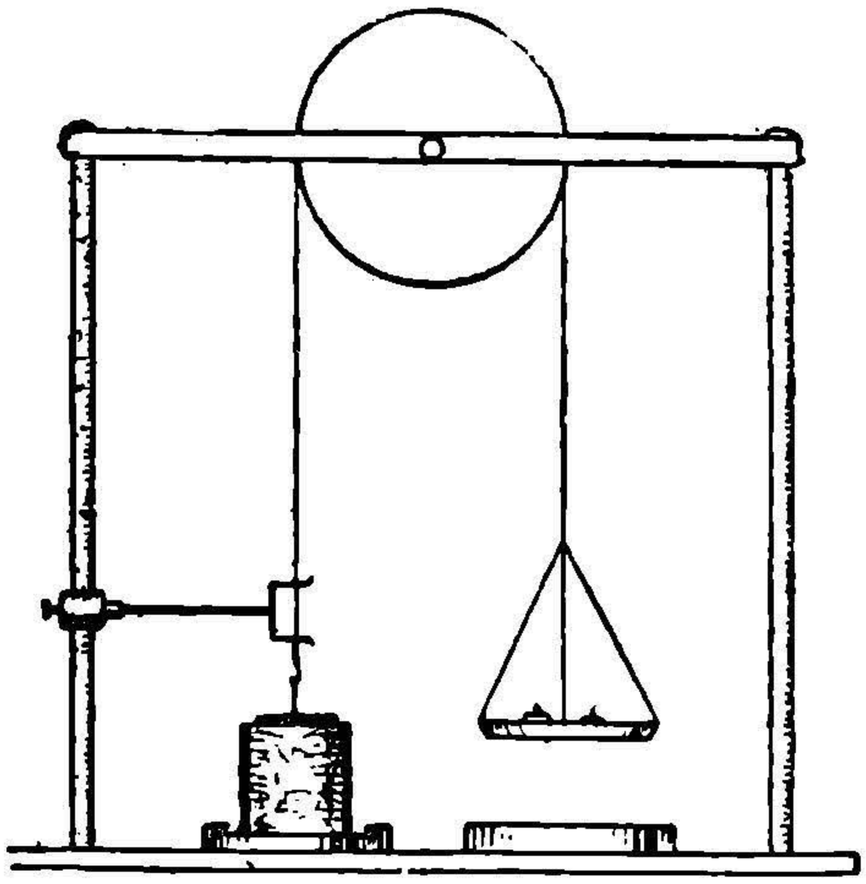


Рис. 177. Прибор В. В. Охотина для испытания на липкость.

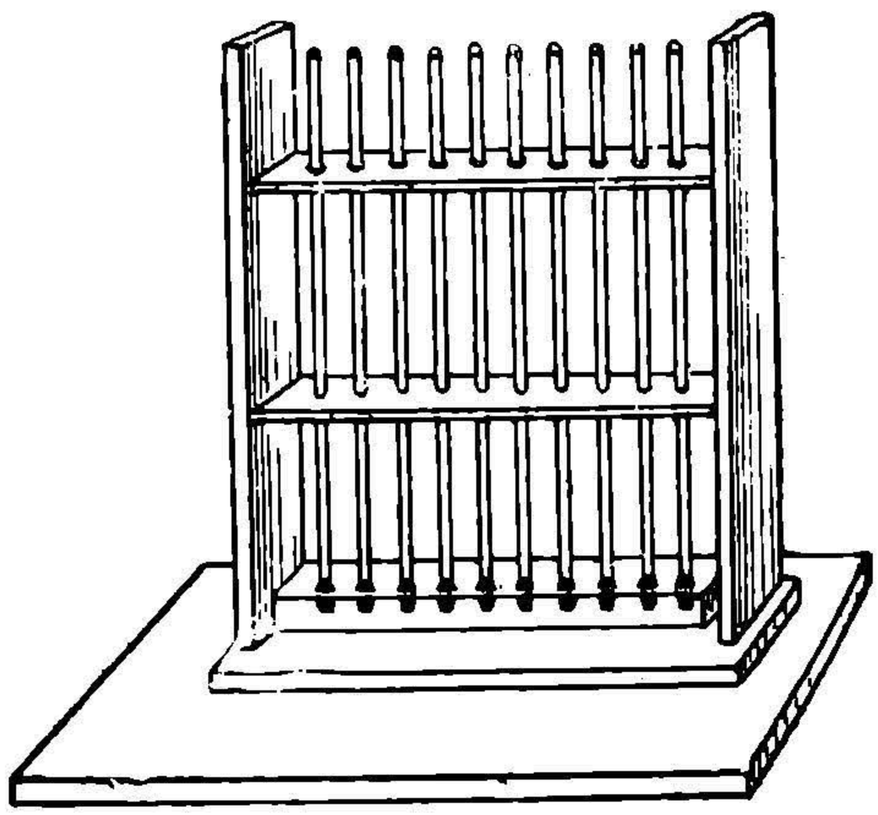


Рис. 178. Прибор для определения капиллярного поднятия грунтов.

на него кладется пластинка, имеющая площадь в 10 *см*², как раз равную площади поперечного сечения формочки, и прессом с грузом в 80 *кг* прижимается к грунту. Если от данной нагрузки пластинка прилипла к грунту не по всей площади, то ее пришлифовывают к грунту и снова прижимают нагрузкой в 80 *кг*. После этого формочка вставляется в пазы, чтобы она не могла подняться кверху во время опыта; затем ушко пластинки задевается крючком, и на чашку сыплется медленной струей мелкая дробь до тех пор, пока пластинка не оторвется от грунта. Дробь взвешивается, и нагрузка вычисляется на 1 *см*². Для каждой влажности делаются контрольные определения.

Хорошие участки дорог по методу, описанному выше, дают липкость не более 70 *г/см*² металлической пластинки.

Определение капилярной влажности. Капилярная влажность, как указывалось выше, в главе 10, является одной из самых важных влажностей, влияющих на устойчивость дорожного полотна. Лабораторные способы ее определения недостаточно детально разработаны, а потому на эти испытания надо смотреть как на факультативные для относительного сравнения различных грунтов между собой. Для определения водоподъемной способности грунтов можно воспользоваться прибором, применяемым и в практике гражданского дорожного строительства и в сельском хозяйстве. Прибор (рис. 178) состоит из 10 градуированных трубок диаметром в 2 *см*. Трубки одним своим концом входят в металлические ванны, куда наливается вода, и удерживаются в вертикальном положении особым деревянным штативом. Высота прибора — около 75 *см*. Ход самого анализа такой.

Испытуемый, предварительно высушенный в комнате грунт насыпается через воронку в стеклянную трубку, нижний конец которой лучше предварительно обвязать тряпкой, чтобы не высыпался грунт. При наличии 10 трубок в приборе сразу можно производить анализ 10 образцов грунта. Для сравнения

НТБ УДУНТ (ДИТ)

результата лучше ставить грунты в одинаковые условия, например помещать в трубки грунты, просеянные предварительно через сито в 2—1 *мм* и т. п. При этом в трубочках окажутся все песчаные, пылеватые и глинистые частицы. Прибор дает возможность изучить водоподъемную способность определенных фракций данного грунта; для этого помещают в первую трубку одну фракцию, во вторую—следующую и т. д. Когда все трубки наполнены и поставлены в штатив, наливают в ванну воду так, чтобы она покрывала нижние концы трубок на ½—1 *см*. Затем следят за быстротой поднятия воды в трубках по потемнению грунта вследствие увлажнения его поднимающейся водой. Обычно вода поднимается неравномерно, поэтому трубка осматривается кругом и за высоту принимается средняя величина поднятия. Отсчет высоты поднятия делается по делениям на трубках. Отсчет производят через определенные промежутки времени: первые полчаса — через 10 мин., затем через ½ часа и далее через час (до суток). Если желают проследить поднятие воды в более длительный срок, то отсчет ведут через 4—5 час. Результат анализа записывают в особый журнал, который может иметь указанную ниже форму.

Форма журнала для записей анализа на капиллярное поднятие воды

Название испытуемого грунта	Откуда взят грунт	Размер фракций грунта					Высота поднят. воды в *см* через						Примечания
							10 мин.	½ часа	1 час	4 часа	и т. д.		

Определение водопроницаемости. Водопроницаемостью грунта называют его способность пропускать через себя воду сверху вниз. Водопроницаемость характеризуется скоростью прохода воды или, как говорят, просачиванием воды. Она всецело зависит от механического состава грунта. Чем крупнее частицы, тем эта скорость больше. Малая водопроницаемость грунтов при слабых поперечных скатах дорожного полотна может вызвать плохую проездность данного участка грунтовой дороги в дождливую погоду, так как верхние слои грунта на проезжей части будут иметь большую влажность, а следовательно малую сопротивляемость вдавливанию. Кроме того они могут получить и способность липнуть (глинистые грунты).

Мерилом водопроницаемости грунтов служит количество воды в кубических сантиметрах, прошедшее (просочившееся) в единицу времени через определенную площадь сечения грунта в $см^2$ при определенном давлении. Поэтому данные водопроницаемости зависят как от качества грунта (крупности слагающих его фракций), так и от обстановки опыта, вследствие чего полученные результаты имеют относительный характер. В почвоведении для определения водопроницаемости почв пользуются прибором Н. А. Качинского [1] и прибором проф. Дояренко (для определения водопроницаемости почв непосредственно в поле). Для испытания можно пользоваться аппаратурой, изображенной на рис. 179. Ход самого анализа таков. [2]

---

[1] Н. А. Качинский, Изучение физических свойств почвы и корневых систем растений, 1930.
[2] Г. А. Домрачева, Физико-механический и химический анализ почвы. 1931.

НБ УДУНТ (ДПТ)

Стеклянную трубку высотою в 35 *см* и диаметром в 3—4 *см* надо прикрыть кружком фильтровальной бумаги, подвязать кусочком полотна и двумя чертами восковым карандашом отметить на трубке высоту 20 *см* и 24 *см*. Далее надо наполнить трубку грунтом до высоты 20 *см*, постепенно насыпая его через воронку. Грунт необходимо распределять в трубке равномерно, уплотняя легким постукиванием трубки о мягкий предмет. После этого трубку с грунтом помещают в штативе, в кольце над воронкой. Под воронку ставят мерный цилиндр и, заметив время, осторожно наливают на грунт слой воды в 4 *см* (до отметки в 24 *см*). Остается поддерживать уровень воды на 4 *см* и в то же время следить за появлением первой капли через полотно трубки. Результат испытания выразится временем, необходимым для просачивания через слой грунта в 20 *см* слоя воды в 40 *мм*. Чем больше в испытуемом грунте глинистых частиц, тем медленнее идет просачивание (требуется иногда несколько часов), чем больше песчаных—тем быстрее.

Некоторой иллюстрацией изложенного служит помещаемая ниже таблица.

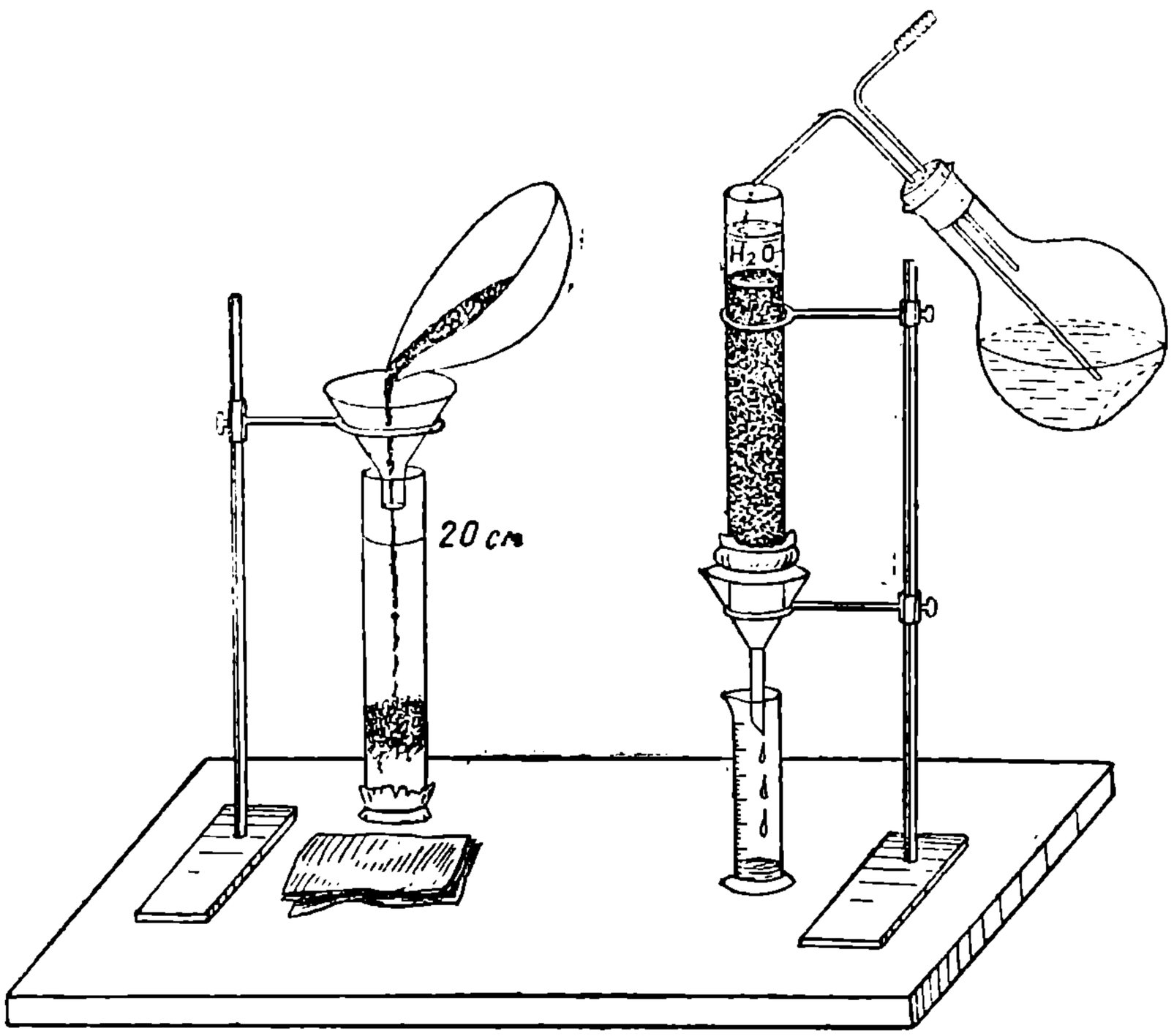


Рис. 179. Прибор для определения водопроницаемости грунтов.

Таблица 69

Скорость просачивания воды в некоторых почвах [1]

Почвы (б. Нижегродской губ.)	Время просачивания воды через слой почвы в 18 *см*	Состав почвы			Порозность %
		гумус %	глина %	песок %	
Глинистый чернозем[2]	2 ч.	10,3	40,7	36,0	50,6
Суглинистый чернозем	3 „ 32 м.	6,1	26,0	61,0	47,0
Темнокоричневый суглинок	3 „ 5 „	4,1	20,2	66,3	51,3
Серый средний суглинок	2 „ 9 „	2,9	16,7	76,3	47,4
Светлосерый легкий суглинок	1 „ 5 „	1,7	13,6	78,4	47,9
Дерново-глинисто-песчаная	1 „ 30 „	1,1	5,2	91,3	33,0
Дерново-кварцево-песчаная	1 „ 4 „	0,3	1,5	98,5	34,0

[1] По труду Е. А. Домрачевой, Физико-механический и химический анализ почвы.

[2] Быстрая сравнительно скорость просачивания в глинистом черноземе объясняется его большой порозностью.

НБ УДУНТ (ДИТ)

В последнее время для определения водопроницаемости песчаных грунтов пользуются прибором Гейниха (рис. 180). Он довольно прост и удобен в обращении, поэтому его можно рекомендовать также для полевой лаборатории. Сущность устройства прибора понятна из чертежа.

Грунт насыпается в трубку диаметром 4 *см* на высоту в 6 *см* и уплотняется в ней встряхиванием или ударами резинового молоточка. Трубка внизу имеет медную сетку, покрытую фильтровальной бумагой. Наполненная грунтом трубка устанавливается в зажимах штатива, а над ней на этом же штативе закрепляется опрокинутая колба с водой. Через трубку колбы проходит тонкая трубочка со скошенным кон-

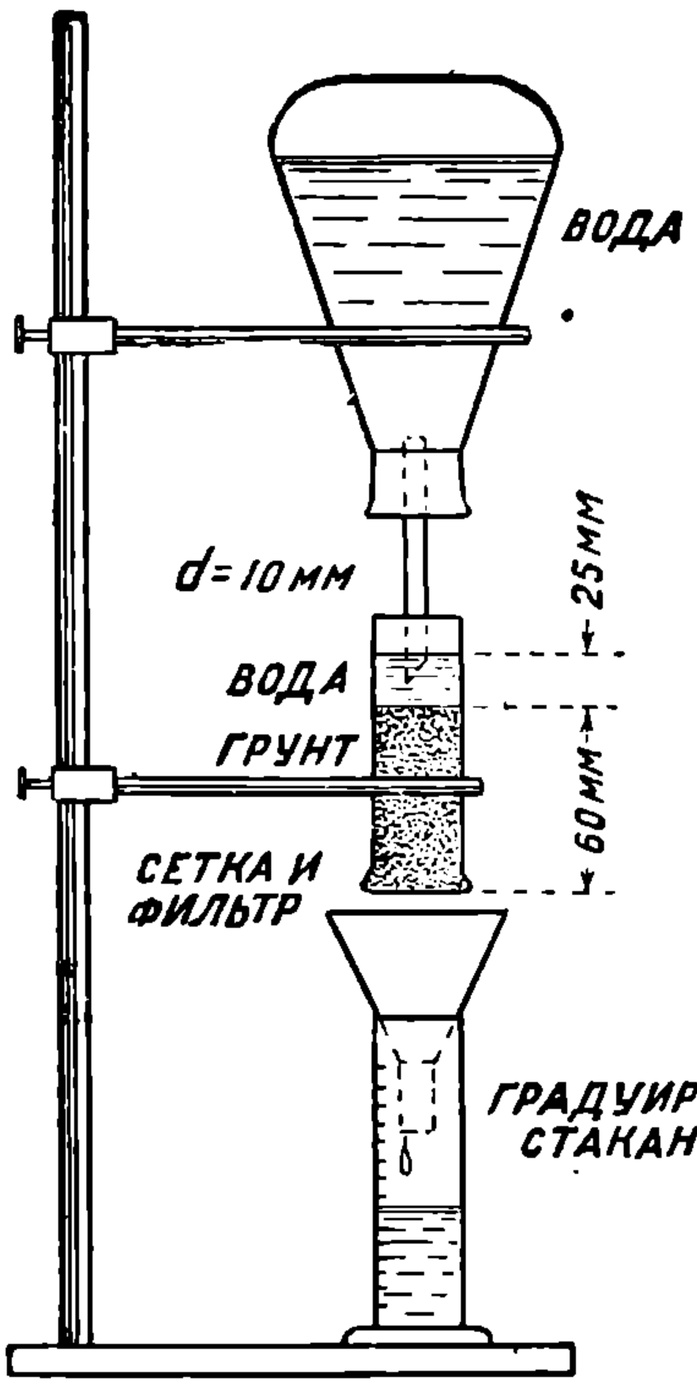


Рис 180. Прибор Гейниха для определения водопроницаемости песчаных грунтов.

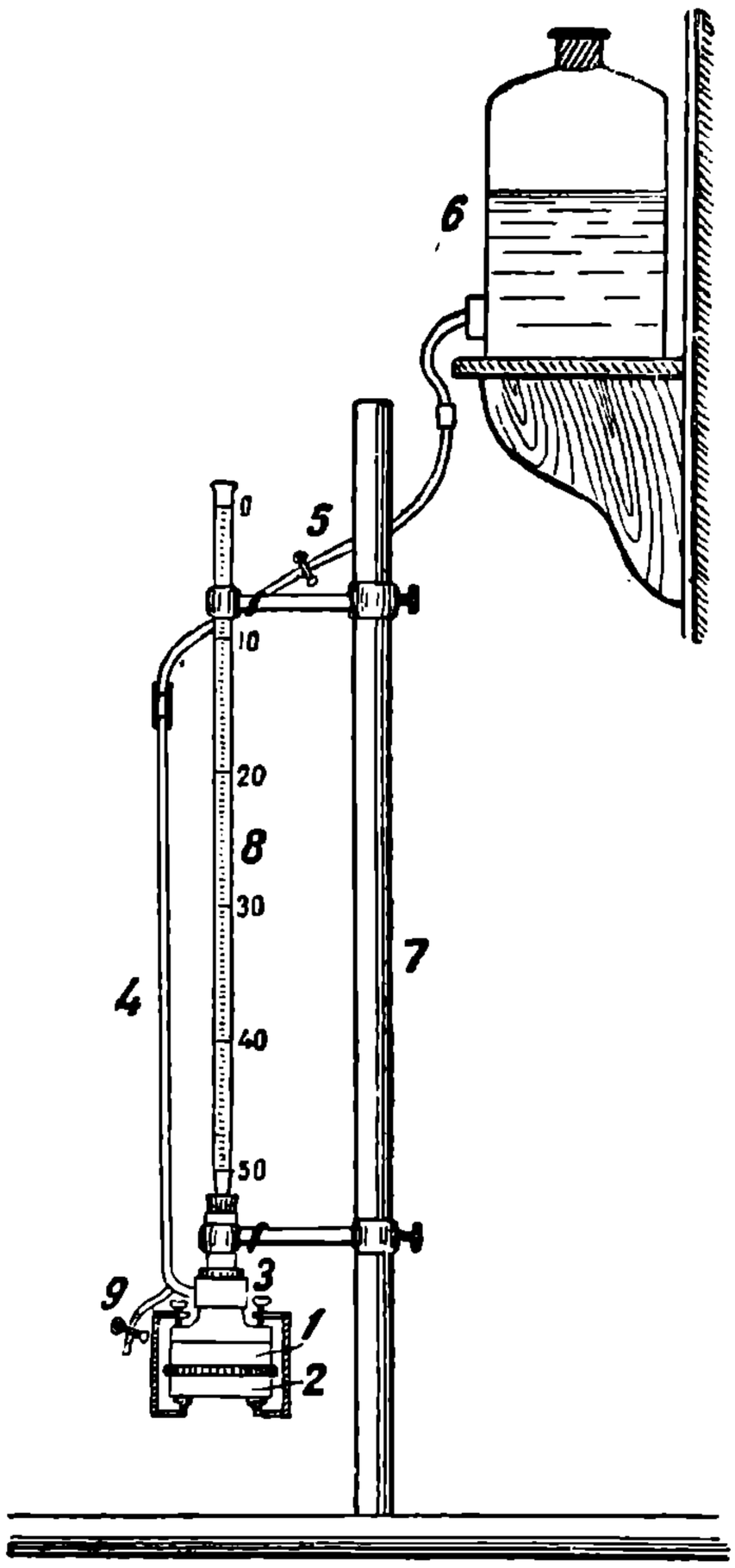


Рис. 181. Прибор Соколова для определения водопроницаемости грунтов.

цом. Это позволяет поддерживать одинаковую высоту напора воды в трубке над грунтом (на чертеже 25 *мм*). Как только уровень воды понизится и обнажит скошенное отверстие в трубочке, через него в колбу входит воздух и выгоняет из нее определенный объем воды. Таким образом прибор Гейниха сам регулирует подливание воды, тогда как при работе с аппаратурой (рис. 179) воду из колбы надо все время подливать рукой, что утомительно.

Существует еще серия приборов для определения водопроницаемости грунтов, например прибор В. Охотина и прибор А. М. Соколова, но они требуют уплотнения грунта определенным давлением, а потому ими пользоваться сложнее.

На рис. 181 изображен прибор проф. Соколова, с помощью которого анализ производится так.

В среднее кольцо (1) прибора, имеющее внутренний диаметр 2,5 *см*, высоту 1 *см* и дно из мелкой металлической сетки, накладывается грунт в рабочем состоянии и уплотняется нагрузкой в 48 *кг*.; избыток грунта осторожно срезывается ножом до краев кольца, которое при помощи струбцинок зажимается

НБ УДУНТ (ДИТ)

между нижним кольцом (2) и кольцом полого „колпака“ (3), укрепленного на штативе (7). Верхнее отверстие „колпака“ закрывается резиновой пробкой с отверстием, в которое вставляется градуированная стеклянная бюретка (8). Кроме того „колпак“ имеет боковое отверстие, от которого отходит металлическая трубочка (4), соединяющаяся резиновой трубочкой (5) с тубусом бутыли (6).

У места соединения „колпака“ прибора с трубочкой (4) от последней отходит короткая трубочка (9) с резиновым наконечником и зажимом, которая служит для регулирования уровня воды в бюретке (8).

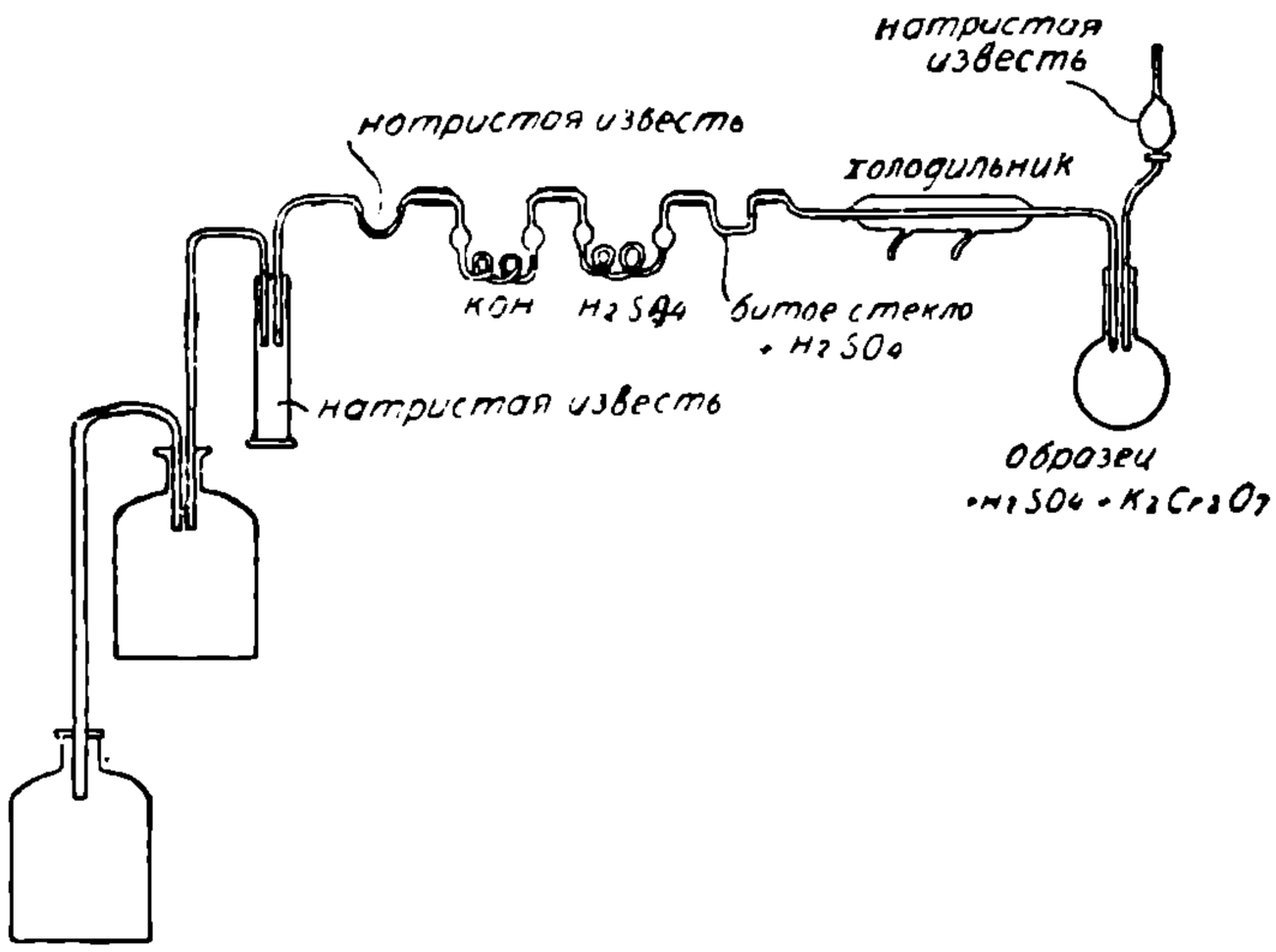


Рис 182. Прибор Кноппа для определения гумуса.

После укрепления кольца (1), наполненного грунтом, зажим резиновой трубочки (5) открывается, вода из бутыли (6) наполняет „колпак“ (3) прибора и присоединенную к нему бюретку (8). Столб воды над грунтом должен равняться 50 *см*. Затем зажим закрывают и следят за появлением внизу прибора первой капли воды, прошедшей через грунт; время с момента появления первой капли воды, необходимое для просачивания 10 *см*^{3}, выражает водопроницаемость испытуемого грунта.

Определение гумуса. Количество органического вещества в грунте определяется или сжиганием, или путем колориметрическим, т. е. по окраске. При последнем методе грунт смешивается с 3% раствором едкого натра и оставляется в покое на 24 часа. Количество гумуса определяется по особой шкале, по цвету жидкости над песком.

Сжигание может производиться непосредственно в тигле либо путем окисления, либо посредством определения количества получившейся углекислоты.

На последнем принципе основан и прибор Кноппа, изображенный на рис. 182.

5 *г* грунта, после отбора корешков, помещают в колбу емкостью до 200 *см*^{3}, обливают 20 *см*^{3} дестиллированной воды, осторожно приливают 30 *см*^{3} крепкой серной кислоты и взбалтывают. Когда выделение углекислоты из углекислых солей грунта закончится, пропускают через колбу струю воздуха, лишенного углекислоты. Для последней цели в колбу вставляют две трубки: одну—длинную, почти до дна, вторую—короткую. Первая соединяется с трубкой, наполненной натристой известью, поглощающей углекислоту воздуха, вторая—с аспиратором в виде сосуда, в котором при помощи вытекающей воды производится разрежение воздуха. Когда углекислота удалена, в колбу всыпают 8 *г* двухромокалиевой соли и быстро закрывают колбу той же пробкой с двумя трубками. Длинная трубка закрывается краном, а короткая соединяется с рядом трубок, наполненных серной и натристой известью. Составив таким образом прибор, колбу постепенно нагревают до тех пор, пока не прекратится выделение углекислого газа. После этого открывают кран, который соединяет трубку, идущую до дна колбы, с трубкой, наполненной натристой известью, аспиратором протягивают около 1 *л* воздуха и затем взвешивают трубки с натристой известью. Привес покажет количество поглощенной углекислоты, образовавшейся из углерода гумуса. Умножая количество углекислоты на 0,471, получим количество гумуса.

Определение зависимости между давлением и влажностью. Образец грунта измельчается в ступке, очищается от кореньев, камешков и пр. и замешивается с водой до состояния, близкого к пределу текучести. Полученной жидкой массой слоем 2—3 *см* наполняется формочка диаметром около 4 *см*. При малых

НТБ УДУНТ (ДШТ)

давлениях формочка делается медной при больших, во избежание деформации стенок,—стальной. На грунт кладется слой фильтровальной бумаги, а сверху насыпается песок, тоже слоем около 2 *см*. Поверх песка кладется крышка с диаметром на 1 *мм* меньше диаметра формы (кольцевая щель оставляется для выхода воды). Песок заливается водой в количестве, достаточном для заполнения всех его пор (вода может выступать над крышкой). После этого крышка ставится под стержень рычажного пресса (прессы масляные и им подобные нежелательны, так как не держат определенной нагрузки) и нагружаются соответственной нагрузкой, которая выдерживается до тех пор, пока осадка грунта не прекратится. Прекращение осадки определяется или самописцем, или периодическими отсчетами осадки, при помощи специальных приборов. Во избежание пересыхания грунта следует, в случае необходимости, подливать воду, чтобы она все время покрывала крышку. После прекращения осадки излишек воды удаляют фильтровальной бумагой, формочку вынимают из-под пресса, песок снимают, а испытуемый грунт высушивают для определения процента влажности. Для каждой точки кривой зависимости делается не менее двух испытаний. В случае расхождения производится третье. Количество давлений, для которых определяется влажность, зависит от желаемой степени точности построения кривой.

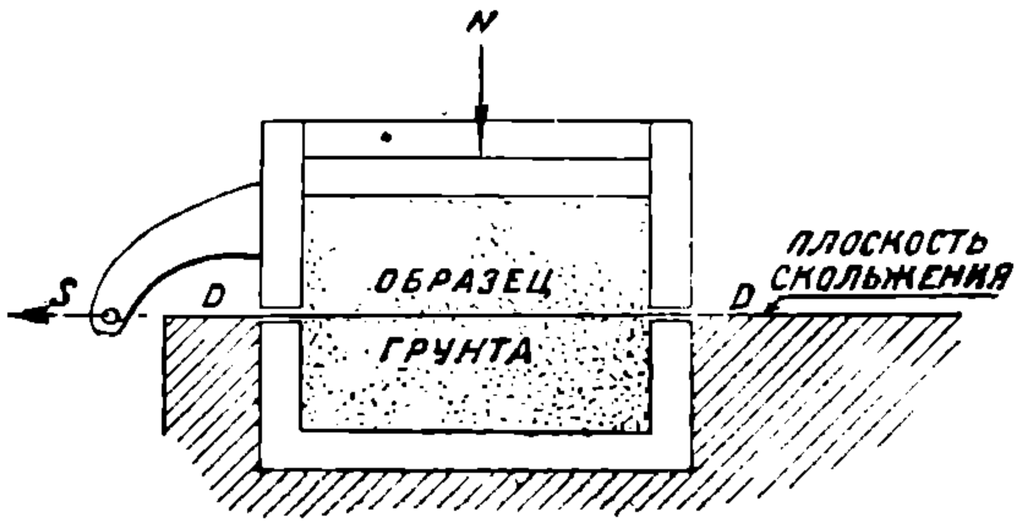


Рис. 183. Схема установки на срезание грунта.

Определение срезывающей силы (силы трения и сцепления). Американские исследователи придают особое значение коэффициентам внутреннего трения и силе сцепления грунтов, сильно отражающимся на устойчивости и несущей способности грунтов. В отделе VI в § 70 приведены данные американской практики о разделении грунтов основания с указанием коэффициента внутреннего трения и силы сцепления для каждого из них.

Для определения срезывающей силы существует много различных методов, но все они сводятся к нескольким основным:

1. Образец связного грунта, вырезанный из естественного монолита или сформованный определенным давлением в виде цилиндра или кубика, подвергается срезыванию по одной определенной плоскости или двум плоскостям (рис. 183). Вертикальная нагрузка осуществляется при помощи рычажного пресса; срывающее усилие передается от домкрата или от рычажного пресса. В первом случае усилие определяется динамометром, во втором — непосредственной нагрузкой. При непосредственной нагрузке усилие получается обычно несколько (10—20%) больше, чем при динамометре, так как в первом случае измеряется сила, необходимая для движения, а во втором—сила, при которой движение останавливается.

Срезывающая сила определяется из выражения

$$S = Nf + c,$$

где S — срезывающая сила в *кг*,
N — вертикальное давление в *кг*,
f — коэффициент внутреннего трения грунта,
c — сила сцепления в *кг*.

2. Если желательно отдельно определить трение и сцепление, можно поступать так: приготовляется ряд образцов, одинаковых по уплотнению (влажности), определяется срезывающая сила при разных вертикальных давлениях (но не превышающих давления, при котором производилось уплотнение), полученные величины наносятся на график (рис. 184), в котором по оси абсцисс отложены вертикальные давления, а по оси ординат—срезывающие силы; пересечение полученной линии с осью ординат дает величину сцепления (срезывающая сила на единицу площади при отсутствии вертикальной нагрузки); угол наклона ее к оси абсцисс дает величину угла трения.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

В американской дорожной практике также считают, что один только механический анализ не в состоянии характеризовать грунт с достаточной полнотой, особенно в отношении наиболее мелких частиц грунта, а потому для характеристики грунтов вводится определение ряда константов, каковыми являются:

1) предел пластичности,
2) „ текучести,
3) число пластичности,
4) предел усадки,
5) коэффициент усадки,
6) изменение объема,
7) линейная усадка,
8) эквивалент центрофугальной влажности,
9) „ полевой влажности.

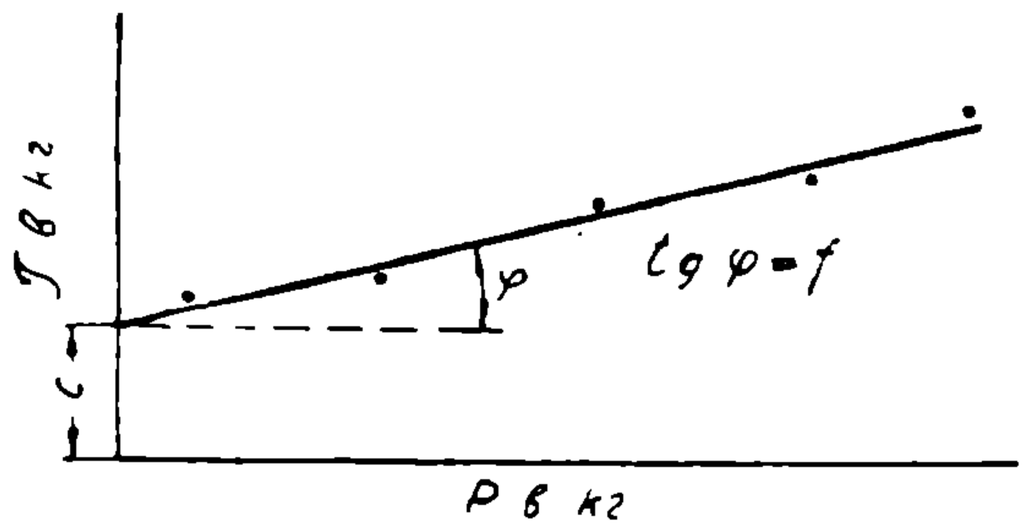


Рис. 184. Определение по срезывающей силе коэффициента чистого трения и сцепления.

Из перечисленных испытаний физических свойств грунтов в практике СССР не применяются только два последних, которые вошли исключительно в американскую дорожную практику.

Эквивалентной центрофугальной влажностью называется влажность, выраженная в процентах от веса высушенного образца, удерживаемая в слое грунта в 1 *см* после центрофугирования его на особом приборе со скоростью, соответствующей в 1000 раз увеличенной силе тяжести. По американским данным хорошие дорожные грунты имеют эквивалент влажности ниже 20%, плохие грунты—выше 30%.

Эквивалентом полевой влажности называется минимальное количество влаги, выраженное в процентах веса высушенного грунта, при котором капля воды, помещенная на гладкой поверхности грунта, не будет сразу им поглощаться, а станет распространяться по поверхности и придаст ей блестящий вид.

Численное значение приведенных выше констант характеристики грунтов, по данным американской практики, для наиболее распространенных типов грунта приводится в следующей таблице.

Таблица 70

Характер грунта	Предел текучести	Число пластичности	Усадка		Эквивалент влажн	
			пред.	коэф.	центрофугальн.	полевой
Песок	20	0	—	—	4	25
Пылеватый грунт	27	17	19	1,8	22	22
Глина	100	54	11	2,1	70	55
Коллоиды	399	354	6	2,0	—	86

В зависимости от физико-механических свойств грунтов американская дорожная практика разработала классификацию грунтов, приведенную на стр. 314 и 315.

§ 59. Полевые испытания грунтов. При рекогносцировочных дорожно-почвенных изысканиях бывает важно в полевой обстановке с простейшим оборудованием произвести испытание грунтов, чтобы иметь возможность судить об их пригодности для дорожного полотна или о необходимости их улучшения.

Для этой цели применяются полевые испытания грунтов, которые сводятся к следующим: 1) механический анализ по внешнему виду, 2) механический анализ по способу Рутковского, 3) определение пластичности, 4) определение содержания органических веществ.

Механический состав почв и грунтов обычно определяется по внешним признакам, на-ощупь; на основании этих определений выделяются гранулометрические группы, из коих каждая имеет свои характерные свойства. Полевое деление грунтов на группы и их характеристика могут быть сведены в следующую таблицу:

УДУНТ (ДИТ)

Таблица 70-а

Гранулометрическая разность грунта	Ощущение при растирании на руке	Вид в лупу	Состояние в сухом виде	Состояние во влажном виде	При скатывании в сыром состоянии	При сдавливании в сыром состоянии	При резке ножом в сыром состоянии	Другие признаки
Глинистые почвы и грунты	При растирании грунта на пальцах песчаных частиц не чувствуется, комочки раздавливаются очень трудно	Песчинок не видно	Тверды в кусках	Вязки, пластичны, липки и мажутся	Дают длинный тоньше 0,5 *мм* шнур	Шар сдавливается в лепешку, не трескаясь по краям	Дают гладкую поверхность, на которой не видно песчинок	Стеклянной палочкой чертятся с блестящим следом Черта узкая и мелкая
Суглинистые почвы и грунты	При растирании чувствуются песчаные частицы, комочки раздавливаются легче	Ясно видно присутствие песчинок на фоне тонкого порошка	Комья и куски менее тверды, ударом молотка рассыпаются на мелочь	Пластичность, липкость слабая	Длинного шнура не дают, так как он рвется	Шар дает лепешку с краями в трещинах	Чувствуется присутствие песчинок	Дают черту матового цвета. Черта более глубокая и широкая
Супесчаные почвы и грунты	Песчаные частицы преобладают, комочки раздавливаются без труда	Видно большое количество песку, который преобладает над глинистыми частицами	Комья легко рассыпаются и крошатся от удара	Не пластичны	Шнур почти не удается скатать	Шар при легком давлении рассыпается	—	—
Песчаные почвы и грунты	Глинистых частиц не чувствуется	Видны только песчаные частицы	Цементации нет	—	—	—	—	—

НБ УДУНТ (ДНТ)

Механический анализ разделения грунта на песчаные, пылеватые и глинистые частицы по способу Рутковского производится следующим образом.

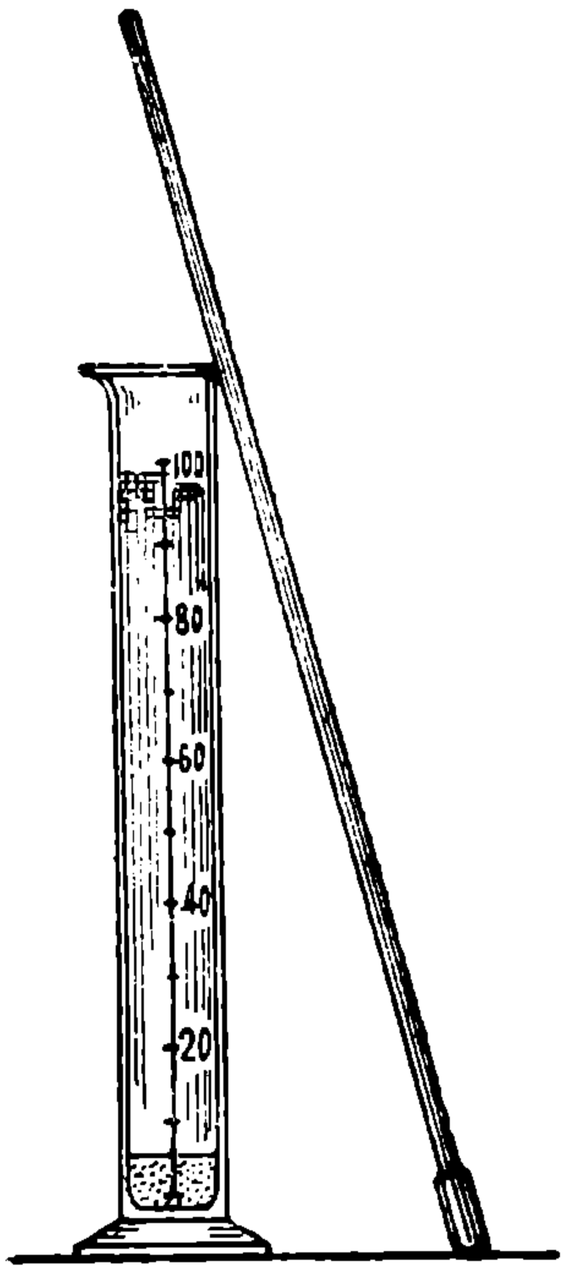


Рис. 185. Мерный стакан для полевого определения механического состава грунта.

Определение содержания глинистых частиц (меньше 0,005 *мм*). Образец грунта, взятый из карьера, или с поверхности полотна дороги, или послойно из разреза, весом не менее 200 *г*, предварительно высушивается на воздухе, деревянным пестиком осторожно размельчается в ступке, чтобы не раздробить отдельных зерен минералов, и просеивается через сито в 1 *мм*. Грунт, прошедший через сито, тщательно перемешивается и всыпается в цилиндрическую мензурку (рис. 185) емкостью 100 *см*^{3} диаметром 2,5 *см*, в таком количестве, чтобы после уплотнения легким постукиванием мензурки о какой-нибудь упругий предмет (книгу, тетрадь и т. д.) получилось 3 *см*^{3} глины, тяжелого суглинка или 5 *см*^{3} супеси, легкого суглинка. Затем уплотненный грунт разрыхляют, постукивая краем дна мензурки приливают 50—70 *см*^{3} воды и размешивают грунт стеклянной палочкой с каучуковым наконечником для отделения глинистых частиц от частиц песчаных и пылеватых. Размешивание производится до тех пор, пока на стенках мензурки при растирании грунта не исчезнут мазки (полоски) глины. Когда это достигнуто, вливают 3 *см*^{3} раствора хлористого кальция (5,5 *г* на 100 *см*^{3} воды), снова размешивают, добавляют воды до 100 *см*^{3} и грунт оставляют отстаиваться.

На следующий день определяют приращение объема грунта и это приращение перечисляют на 1 *см*^{3} объема сухого грунта. В тех случаях, когда для анализа взяты образцы тяжелых жирных глин, увеличение объема отмечается после того, как набухшая масса примет постоянный объем (через 2—3 дня).

Вычисление содержания глинистых частиц производится по таблице 71.

Таблица 71

Вычисление содержания глинистых частиц

Приращение на 1 *см*^{3} сухого грунта	Глинистых частиц	Приращение на 1 *см*^{3} сухого грунта	Глинистых частиц	Приращение на 1 *см*^{3} сухого грунта	Глинистых частиц	Приращение на 1 *см*^{3} сухого грунта	Глинистых частиц
4,00	90,70	3,00	68,01	1,75	39,68	0,75	17,00
3,75	85,03	2,75	62,25	1,50	34,00	0,50	11,33
3,50	79,36	2,50	56,68	1,25	28,34	0,35	7,93
3,25	73,67	2,00	45,35	1,00	22,67	0,12	2,72

Примечание. Если при анализе приращение объема на 1 *см*^{3} сухого грунта дает величину, не приведенную в таблице, то для вычисления процента глинистых частиц берут ближайшую к найденной при анализе и определяют пропорцией, например: приращение объема при анализе 1,1 *см*^{3}, ближайшая величина в таблице 1,0. Процент глинистых частиц грунта будет равен

$$\frac{22{,}67 \quad 1{,}1}{1{,}0} = 24{,}93$$

Этот способ применим только для несолонцовых почв и грунтов (подзолистые, деградированные суглинки, черноземы и т. д.) Коэффициент набухания для солонцов, по последним данным, при содержании в них 100% глинистых частиц (<0,005 *мм*) будет равняться примерно 8.

Определение содержания песчаных частиц (1—0,05 мм). В мензурку емкостью в 100 *см*^{3} насыпают 10 *см*^{3} грунта прошедшего через сито в 1 *мм*, затем наливается вода до 100 *см*^{3} и размешивается стеклянной палочкой с каучуковым наконечником. Через 90 секунд осторожно сливают 80 *см*^{3} мутной

НТБ УДУНТ (ДИТ)

воды (16 *см*); [1] снова добавляется вода до 100 *см*³, размешивается и снова сливается то же количество через 90 сек.; эта операция повторяется, пока жидкость не станет прозрачной. Вылив последний раз 80 *см*³ воды, доливают до 30 *см*³ (высота 6 *см*), взмучивают и через 30 сек. осторожно сливают всю жидкость над грунтом. Эта операция повторяется несколько раз (3—4 раза) Затем, налив последний раз воду, оставляют отстояться минут на 15—20 и отсчитывают объем осевшего песка. Принимая каждый кубический сантиметр осевших частиц за 10% (весовых) грунта, вычисляют количество песчаных частиц. Определение содержания песчаных частиц в глине не производят, а после определения процента глинистых частиц весь избыток в образце относят к пылеватым.

Определение содержания пылеватых частиц (0,05—0,005 *мм*). Зная процент содержания в грунте глинистых и песчаных частиц, путем вычитания из 100 определяют процент содержания пылеватых.

Таблица 72

Пример расчета содержания глинистых частиц по увеличению объема

Объем сухого грунта в мензурке	Объем осевшего грунта	Приращение на 5 *см*³ сух. грунта	Приращение на 1 *см*³ сух. грунта	% глинистых частиц по таблице
5 *см*³	3,1 *см*³	3,1 *см*³	0,62 *см*³	0, 5—11,33% 0,12— 2,72% 0.62—14.05%

Содержание песчаных частиц

1. Количество взятого грунта . . . . . 10 *см*³
2. „ осевшего грунта после отмучивания 5,25 „
3. Считая 1 *см*³ осевшего грунта за 10%, имеем . 5,25 × 10 = 52,5%

Содержание пылеватых частиц

Содержится в образце глинистых частиц 14,05%
„ „ „ песчаных „ 52,50 „
„ „ „ глинистых и песчаных частиц 66,55 „
„ „ „ пылеватых частиц 100% — 66,55% = = 33,45%

Метод определения пластичности по величине диаметра „проволочки" при пределе раскатывания влажного грунта. Берется 10—15 *г* грунта, растертого в порошок, замешивается с водой и перемешиванием в руках доводится до полной однородности, до рабочего состояния, т. е. до момента, при котором грунт остается мягким, не прилипая к рукам. Из приготовленной таким образом массы раскатывают проволочки. Раскатывание производится между пальцами рук и поверхностью стола, покрытого бумагой, или между ладонью одной руки (левой) и пальцами другой (правой). Когда проволочка начнет распадаться на несоединяющиеся между собой части, она осторожно переносится на миллиметровую бумажку или линеечку, при помощи которых и измеряется ее диаметр. На основании полученных данных, грунт по пластичности относят к одной из следующих групп.

Таблица 72а

Диаметр проволочки при пределе раскатывания	Пластичность по Аттербергу
Меньше 0,75 *мм*	Больше 18
0,75 *мм*	18 – 14
1 — 2 „	14 — 10
2 — 3 „	10 — 6
3 — 4 „	6 — 1
4 — 8 „	1 и меньше

Хорошие и удовлетворительные дорожные грунты имеют пластичность по Аттербергу 0,6—6, что соответствует пластичности по толщине „проволоки" 7—2 *мм*.

Грунты, у которых цифры пластичности по методу Аттерберга стоят ниже указанных, а по толщине проволоки выше, относятся к рыхлым песчаным и пылеватым грунтам, которые для улучшения дорожных свойств требуют прибавки глинистых грун-

[1] Объем воды в 80 *см*³ в мензурке, применяющейся при анализе, имеет высоту 16 *см*.

НБ УДУНТ (ДИТ)

тов. Более высокие „числа пластичности“ и меньший диаметр проволоки указывают на более тяжелый, глинистый характер грунта, требующего поэтому добавления песчаного и пылеватого грунта.

Определение влажности грунта делается способом, описанным в § 58.

Определение содержания органических веществ. Потеря при прокаливании (сжигание в тигле). Для определения содержания органических веществ берется грунт, высушенный в сушильном шкапу при 100—105° С, кладется во взвешенный тигель, взвешивается и потом осторожно прокаливается подставляемой под тигель горелкой Постепенно накаливание усиливают придвигая горелку ближе к тиглю. Прокаливание кончают, когда в грунте не остается черной краски от органических веществ. Тигель закрывают крышечкой, охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Содержание органических веществ исчисляется в процентах от веса сухой почвы (результат этим способом получается преувеличенный, так как из грунта удаляется вместе с органическими веществами и химически связанная вода).

Ниже приводится перечень оборудования полевого ящика-лаборатории для производства полевых испытаний грунтов:

Таблица 73

№№ п/п	Наименование предметов	Количество	Ориентировочная стоимость
1	Сита, набор	1	15 р.
2	Грохота, набор	1	15 „
3	Весы технические на 1 2 *кг*.	1	20 „
4	Весы аптечные.....	1	25 „
5	Ступка фарфоровая	2	15 „
6	Шкапчик сушильный.....	1	15 „
7	Примус	1	10 „
8	Термометр на 200° С	1	5 „
9	Чашечек фарфоров. диам. 6—10 -16 *см*....	6	10 „
10	Баночек с притертыми пробками	10	3 „
11	Мензурок на 100 *см*³ цилиндрических	5	7 „
12	Метр складной	1	5 „
13	Компас	1	5 „
14	Лупа.....	1	7 „
15	Нож почвенный	1	1 „
16	Совок для почв	1	3 „
17	Молоток геологический..	1	3 „
18	Тигель фарфоровый с треугольником	1	1 „
19	Штатив металлический малого размера.....	1	6 „
20	Эксикатор малого размера.....	1	12 „
21	Пробирки	10	— 50 к.
22	Соляная кислота 10%-я.....	50 *см*³	50 „
23	Хлористый кальций сухой	250 *г*	—
24	„ „ раствор	1 фл.	—
25	Карандаши цветные	12	2 „ 50 „
26	Палочки стекл. дл. 32 *см*, толщ. 0 8 *см*....	3	— 50 „
27	Ящик	1	25 „ —

§ 60. Взятие образцов грунтов. Образцы грунта берутся в характерных пунктах дороги при каждой перемене грунта, но не реже чем один на километр. Как правило, образцы грунтов берутся по оси дороги. При обследовании существующих дорог с искусственно-созданной корой необходимо также брать образцы с краев дороги для выяснения, какой грунт при устройстве канав попадет на проезжую часть.

Для того чтобы взять образцы, выкапывают яму глубиной 0,50—1 *м*. Бо́льшая глубина требуется в тех случаях, когда дорога должна пройти выемкой, при глубоких канавах и в районах с глубоким почвообразованием (степной тип). Из каждой ямы берут несколько образцов, из характерных горизонтов, отличающихся друг от друга по составу грунта. Ориентировочно можно указать для подзолистой зоны три образца: первый из верхнего слоя—от 0 до 10 *см*, второй—из горизонта вымывания, третий—из горизонта вмывания или мате-

НБ УДУНТ (ДИТ)

ринской породы, примерно с глубины, соответствующей низу канавы. Вообще образцы следует брать из тех слоев, которые отличаются по цвету или механическому составу. Для черноземов образцы берутся с глубины 0—10 *см* и 10—20 *см*, а также, для выяснения изменения грунта по мере углубления, с глубин 20—30, 30—40 и 40—50 *см*. Для контроля между ямами делают неглубокие прикопки (0—10 *см*) и из них берут образцы для проверки, не изменился ли характер грунта. Вес каждого образца—около 1 *кг*, контрольного—500 *г*. Если образец сырой, он обязательно должен быть тщательно просушен.

Взяв образцы, составляют описание почвенного разреза, обнажившегося на стенке ямы, с занесением в дневник количества, толщины слоев и их внешних (т. наз. морфологических) признаков. Обязательно следует наносить горизонт грунтовой воды, если он будет обнаружен, и глеевый горизонт. Для исследования более глубоких слоев грунта производится бурение винтовым буром на глубину до 1 *м*, считая от дна ямы. В нескольких наиболее характерных почвенных разрезах могут быть взяты монолиты грунта.

Каждый образец завертывают в оберточную бумагу. Образцы из одной ямы вкладывают в плотный холщевый мешок с двойным швом и с продернутой у верхнего края завязкой из шпагата. Ширина мешка около 18 *см*, длина — около 35 *см*. На каждый взятый образец грунта заполняется этикетка и ее корешок по прилагаемому образцу:

Образец грунта №——— Корешок.

Кил. или пик.....

Разрез (яма) №.....

Горизонт

Глубина взятия.....

Полевая характеристика грунта (суглинок, супесь и т. д.).....

Кем взят образец и когда.....

Образец грунта №.....

Область.....Район.....

Тракт .....

Кил. или пикет .....

Разрез (яма) №.....

Глубина взят. горизонт.....

Полевая характеристика грунта.....

Качество участка.....

Время взятия образца 193—г. .....мес.....дня

Кем взят образец.....

Дополнит. сведения.....

Этикетка, тщательно завернутая в пергаментную бумагу, вкладывается в мешок вместе с образцами, а корешок остается в этикетной книжке. На мешке химическим карандашом пишется тракт, пикет, номер разреза, количество образцов и инициалы взявшего образец.

Кроме образцов грунтов, взятых на дороге, следует брать пробы карьерных материалов, которые предполагается использовать для улучшения или замены грунтов дороги. Вес образцов—от 1 до 2 *кг*. Если материал данного карьера более или менее однообразен, берется один образец, если материал разнообразный, с чередованием слоев, то необходимо брать по одному образцу из каждого слоя. На взятые образцы карьеров, также как и на образцы грунтов, пишутся этикетки; на мешке, кроме названия пункта, пикета и номера образца, ставится: „карьер".

Этикетка для карьера

Проба карьера №——— Корешок.

Местонахождение .....

Глубина взятия.....

Полевая характеристика (крупный песок, мелкий песок, гравий и т п.).....

Запас

Кем взят образец

Проба карьера №.....

Область.....Район.....

Тракт .....

Карьер №.....

Местонахождение .....

Глубина взятия .....

Полевая характеристика.....

Запас

Толщина вскрытия.....

Толщина слоя карьерного материала

Время взятия образца 193.....г.

.....мес.....дня

Кем взят образец.....

НБ УДУНТ (ДІТ)

Беря образцы гравийных материалов, необходимо прежде всего решить вопрос: назначается ли он для механического анализа или для определения износа и других испытаний. В первом случае необходимо 3—5 *кг* (большее количество при более крупном гравии), во втором случае 20—30 *кг*.

Материал берут отдельно из разных мест карьера или дороги только, если желательно точно охарактеризовать состав. Обычно достаточно знать средний состав карьера. Поэтому в двух-трех местах карьера берут образцы со всей толщи разреза и тщательно перемешивают. Из полученной смеси берется необходимое количество материала для средней пробы.

§ 61. Порядок производства почвенно-грунтовых дорожных обследований. До того как приступить к полевым обследованиям, грунтовед-дорожник должен ознакомиться с материалами, имеющими отношение к данной трасе: 1) с гипсометрической, геологической и почвенной картами и 2) с главнейшими литературными данными, касающимися геологии, гидрологии и климата, а также должен собрать снаряжение, необходимое при полевых обследованиях (список снаряжения приводится в конце этого параграфа).

Работа в поле грунтоведа-дорожника состоит в выяснении: 1) геологического строения местности, по которой проходит траса; 2) всех разностей почв и грунтов, как по трасе, так и в полосе, смежной с ней, на 100 *м* в обе стороны; 3) гидрологических условий; 4) карьеров, которые могут быть использованы при постройке дороги, и 5) состояния дороги, когда изыскания ведутся вдоль уже существующей дороги.

При подробном обследовании трасы должно быть выявлено геологическое строение местности, по которой она пролегает, и в связи с этим уяснен характер рельефа, его формы и происхождение. Для выяснения геологического строения необходимо изучить естественные обнажения, искусственные выемки и колодцы. Одновременно с этим выясняется глубина уровня грунтовых вод и направление их движения. При обследовании трасы делаются разрезы двух видов: основные и прикопки.

Основные разрезы роются для выяснения всех свойств почвы или грунта данного места; глубина их должна быть такова, чтобы в них можно было видеть все почвенные горизонты и верхний слой подстилающей породы, или до уровня грунтовых вод. Нормальная глубина разрезов полтора метра, на тот случай, что они будут использованы для земляных работ. Когда траса пролегает по ровной местности и предвидится возможность застоя воды в канавах, то в разрезах изучаются нижележащие слои (на глубину до 5 *м*) для выяснения глубины залегания водопроницаемого грунта, до которого будут заложены водопоглощающие колодцы. Изучаются также глубокие слои берегов и оврагов, где предполагается постройка мостов, и тех мест, где, по условиям рельефа, будут сделаны выемки.

Прикопки роются для выяснения границ почвенных и грунтовых разностей на глубину, до которой будут рыться канавы или закладываться карьеры (50—100 *см*).

В разрезе вертикальная стенка обравнивается и затем производится описание. Основные разрезы описываются подробно. Относительно прикопок только отмечается, чем почвы и грунты их отличаются от таковых основного разреза

Описание основных разрезов должно останавливаться на следующих признаках: строение почвы и грунта, цвет, структура, сложение, связность, гранулометрический состав, определенный по полевому способу на ощупь, влажность, включения и новообразования и некоторые химические свойства.

Кроме изучения уровня грунтовых вод по естественным обнажениям, искусственным выемкам и колодцам, необходимо проследить их уровень и при обследовании трасы по разрезам, отмечая в описании разреза—на какой глубине залегают грунтовые воды. В случае высокого стояния (менее 1 *м* от поверхности) необходимо выяснить, насколько мощным является водонепроницаемый слой, на котором воды задерживаются, имеет ли он уклон и в каком направлении, зависит ли высокий уровень воды от того, что вся местность понижена или именно в данном месте имеется приток воды со стороны. Необходимо выяснить также, если этому не мешает сырое состояние почвы, на какую высоту грунтовые воды поднимаются капиллярно. Высота капиллярного под-

НТБ УДУНТ (ДИТ)

нятия определяется как по степени увлажнения почвы на разных высотах, так и по наличию глеевых процессов, при помощи приборов, описанных в § 58.

После описания разреза из него берутся образцы почв и грунтов по правилам, указанным в § 60. При подробном обследовании желательно также брать монолитные образцы.

При обследовании существующей дороги необходимо тщательно изучать полотно и собирать сведения о ее состоянии в другие периоды года, особенно в весеннюю и осеннюю распутицу. При изучении полотна дороги нужно обратить внимание: 1) ровное ли оно, или волнистое; 2) расположено ли на одном уровне, либо выше окружающей местности, или образует корыто; 3) есть ли колеи и выбоины; 4) какую они имеют форму и размеры, насколько часты и какую часть дороги примерно занимают; 5) насколько твердо полотно; 6) какова ширина дороги и проезжей части.

Для измерения колейности, выбоин и ухабов служит колеемер. Он состоит из горизонтальной линейки, к которой прикреплена вертикальная рейка с линейкой свободно двигающейся в вертикальном направлении. Горизонтальной линейкой измеряется ширина колеи или выбоины, а вертикальной—ее глубина. При измерении горизонтальная линейка устанавливается поперек колеи, а вертикальная опускается на дно. Глубина определяется по вертикальной линейке у места скрещения ее с рейкой.

Во время обследования существующих дорог особо тщательно, как в отношении состояния дорожного полотна, так и в отношении гидрологических и грунтовых условий, должны обследоваться эталонные (образцовые) участки, если они имеются. Эти участки дают указания, в каком направлении нужно изменять состав других участков, чтобы приблизить их дорожные свойства к эталонным.

При обследовании грунтовой дороги, по мере того как будет выясняться состав грунтов трасы и необходимость их улучшения, должны быть произведены разведка и обследование материалов, могущих итти на улучшение. Такими материалами являются гравий, глины, пески, торф, болотная руда, мел и др. При обследовании найденного месторождения следует определить, какую площадь оно занимает и какова его мощность, а отсюда приблизительно вычислить и кубатуру материала. Если материал залегает неглубоко от поверхности, то для выяснения его запасов и качеств закладываются разрезы, как при обследовании дорожных грунтов; если же он залегает глубоко, производится бурение.

Следует точно указать, где находится месторождение, его расстояние от дороги, для чего нужно сделать глазомерную съемку его площади и ближайших мест, а также начертить в масштабе схему напластований и вскрыши и указать, имеются ли дороги для вывоза материала.

Если на разных глубинах материал неодинаков, то исследуются и описываются все слои с указанием, какую часть примерно составляет каждый из них и можно ли их разрабатывать по отдельности. Для лабораторного исследования материала берутся образцы.

Описание месторождений карьеров заносится в полевой журнал по следующим заголовкам:

1. Карьерное месторождение:

число ..... 193 ..... г.
месяц

Область
Район
Тракт.....

2. Характеристика карьерного материала.
3. Характер залегания материала:
4. Покрывающие и подстилающие слои:
5. Ориентировочные запасы материала:
6. Условия разработки и вывозки.
7. Кто и когда производил обследование:
8. Глазомерная схема карьерного месторождения:
9. Схема разрезов карьерного месторождения, причем залегание гравийного карьерного материала может быть сплошное, покровное, слоевое и гнездовое (рис. 186).

НБ УДУНТ (ДИТ)

Отчет представляется после лабораторной обработки материала, собранного в поле, и состоит: 1) из почвенно-грунтового профиля, 2) почвенной карты травы и смежной с ней полосы и 3) объяснительной записки.

Почвенно-грунтовый профиль обычно совмещается с продольным техническим профилем и имеет вид, изображенный на рис. 190.

В объяснительной записке указываются: 1) естественно-исторические условия тракта — геология местности, рельеф, климат, растительность, почвы и грунты дороги и придорожной трасы, с приведением всех лабораторных данных, касающихся гранулометрического состава и физических свойств; 2) описание дороги с указанием зависимости ее состояния от естественно-исторических факторов; 3) подробное описание месторождений карьерных материалов с данными об их мощности и условиях разработки.

При производстве обследования необходимо иметь гипсометрическую, геологическую и почвенную карты или выкопировки с них, продольный нивеллировочный профиль трасы, а также следующее снаряжение:

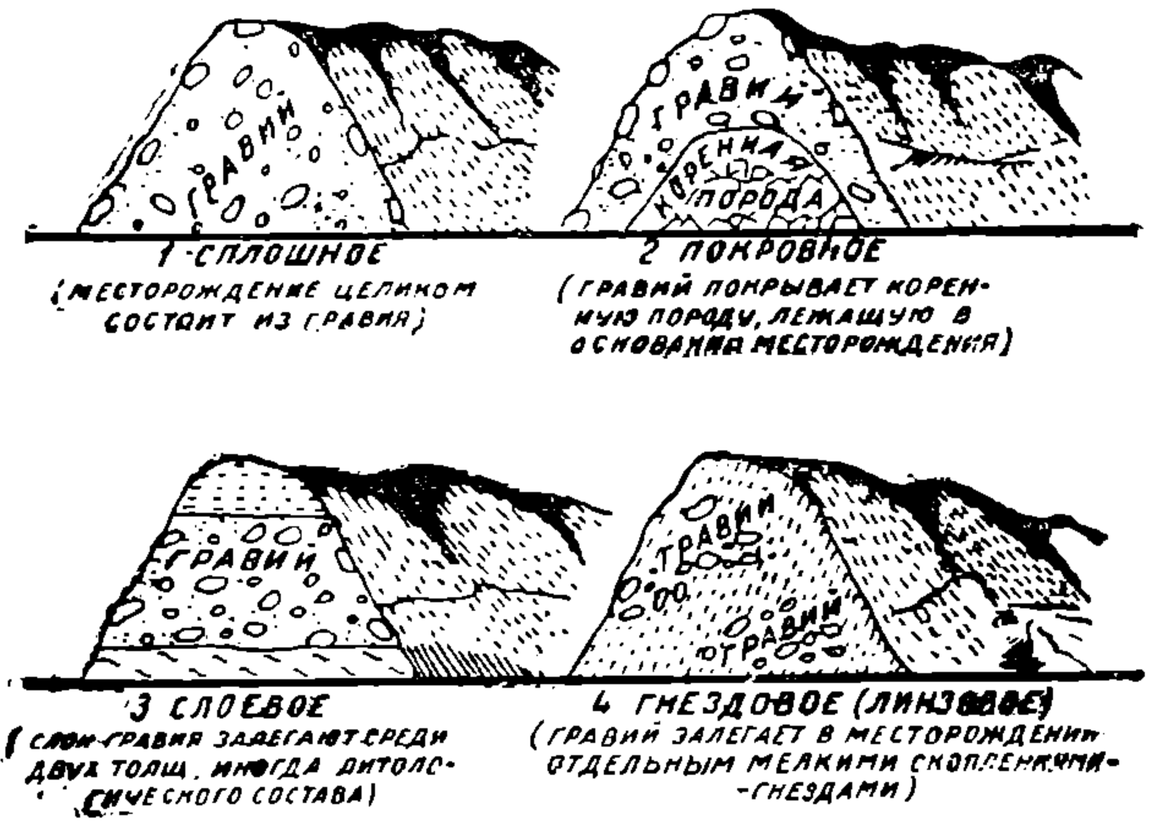


Рис. 186—189 Формы залегания гравия.

А. Для заложения разрезов:
1. Железную лопату (английскую или саперную).
2. Почвенный бур с двумя штангами.
3. Кирку, мотыгу или кайло.
4. Плоский рашпиль.

Для изучения разрезов:
1. Широкую стальную стамеску или прочный перочинный нож.
2. Складной метр.
3. Рулетку на 20 *м*.
4. Складную лупу 6-или 10-кратную.
5. Геологический молоток.
6. 10% раствор соляной кислоты 40—50 *см*³ в капельнице (капельница должна храниться в эбонитовом или деревянном футляре).
7. 2,5% раствор азотнокислого серебра 20—25 *см*³ в склянке оранжевого стекла с притертой пробкой.
8. 5% раствор хлористого бария 40—50 *см*³ в склянке с притертой пробкой.
9. 10% раствор красной кровяной соли в склянке с притертой пробкой.
10. Раствор 4% щавелево-кислого аммония в склянке с притертой пробкой.
11. 1% раствор фенол-фталеина в 98% спирте 10—15 *см*³ в склянке с притертой пробкой.
12. Дестиллиров, воды 300—400 *см*³ в склянке с притертой пробкой.
13. Бумажные фильтры диаметром 5—6 *см*.
14. Маленькие стеклянные воронки 5—6 *см*.
15. Пробирки 5—6 шт.
16. Химические стаканы 4—5 шт.
17. Стеклянные палочки 5—6 шт.

Б. Для ведения записей:
1. Дневник установленной формы в плотном переплете.
2. Тетрадь или отдельные листы бумаги для зарисовки разрезов.
3. Карандаши простые, чернильные и цветные, или вместо последних акварельные краски,
4. Перочинный нож.
5. Брезентовую сумку с ремнем через плечо.

В. Для упаковки образцов:
1. Оберточную бумагу.
2. Пергаментную бумагу.
3. Этикетки в виде отрывных книжек.
4. Шпагат.
5. Мешочки из холста или бязи 15×30 *см*.
6. Вещевой мешок.
7. Упаковочные ящики или в крайнем случае большие мешки.
8. Веревки.
9. Гвозди.

Г. Для глазомерной съемки:
1. Планшет.
2. Компас
3. Визирную линейку.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Циклограммы гранулометрического состава почво - грунтов осевого профиля и карьеров.

Гранулометрические. гидрологические и другие данные о почвогрунтах осевого профиля.

Уклоны.

Красные отметки.

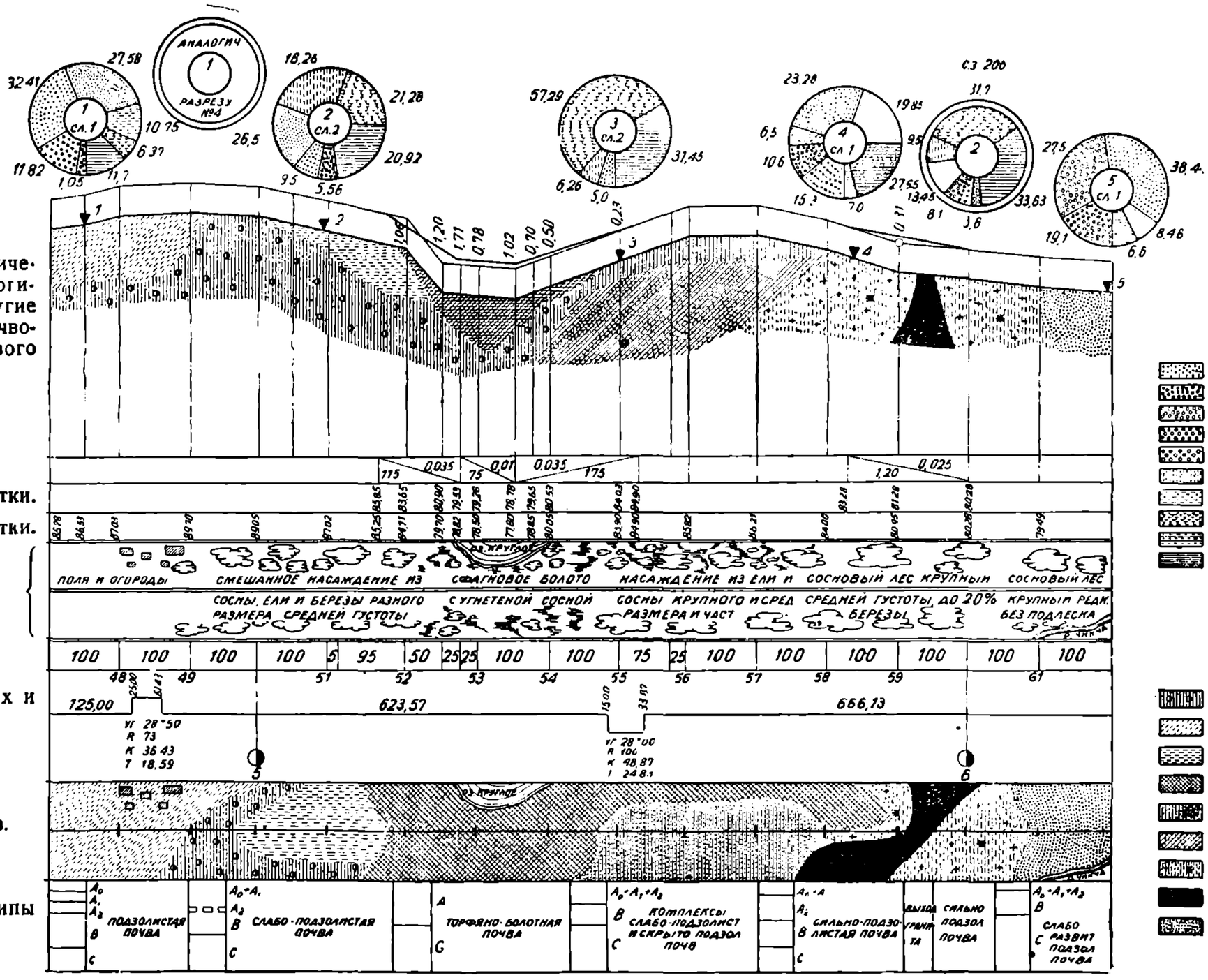
Черные отметки.

План.

Расстояния.
Пикеты.
Длина прямых и кривых
Километры.

План грунтов.

Почвенные типы и разности.



Условные обозначения фракций гранулометр. состава почво грунтов на циклограмах.

От 20	до 2	мм.
. 2	. 1	"
. 2	. 0,5	.
. 1	. 0,5	.
. 0,5	. 0,25	.
. 0,25	0,05	.
. 0,05	0,01	.
. 0,01	0,005	.
. <0,05	.	
. <0,005	.	

Условные обозначения грунтов на плане и профиле.

- Пылеватый тяжелый суглинок с валунами
- Легкий суглинок
- Средний суглинок
- Торф
- Пылев. тяж суглинок
- Пылеватая глина
- Пылеватый тяжелый суглинок с гравием
- Выход гранита
- Песок

Рис. 190. Почвенно-грунтовой профиль.

НБ УДУНТ (ДПТ)

Д. Для промеров (если нет пикетажа):
1. Ленту.
2. 11 шпилек.
3 Колышки.

Е. Для подбора смесей:
1. Треугольники Фере на синьке с обозначением поля оптимальных составов

Ж. Для взятия монолитных образцов:
1. Специальные монолитные ящики.
2. Клещи или плоскозубцы.
3. Отвертку и винты.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ II ОТДЕЛА V

Акад. К. Д. Глинка. Почвоведение, 1927.
Б. Б. Полынов. Почвы и их образование, 1927.
В. В. Охотин. Курс почвоведения (литограф. издание).
Проф. Н. Н. Иванов. Грунтовые дороги. 1931.
Проф. Г. Д. Дубелир. Дорожное дело, ч II. 1928.
ЦИАТ. Информационный листок № 2—В. В. Охотин. Указания по производству полевых почвенно-грунтовых дорожных обследований.
Инж. Л. Новиков Полевые обследования грунтов при рекогносцировке дорог. 1932. г.
ЦИАТ. Методы и указания по исследованию грунтов для дорожного дела. 1923.
ЦИАТ. Технические правила по производству полевых почвенно-грунтовых изысканий при подробном обследовании трасы. 1932 (печатается).
ЦИАТ. Инструкция по производству полевых испытаний грунтов (С. О. Рутковский).
ЦИАТ. Инструкция по полевому обследованию месторождений (залежей) гравийных материалов (сост. А. С. Спиридонова).
Проф. М. М. Филатов. Почвы и грунты в дорожном деле. 1932.
Hogentogler and Wintermver Subgrade soil constants, their significance and their application in practice. „Public Roads", Juny № 4 and July № 5. 1931.

ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОРОЖНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ.

§ **62 Цель технических изысканий.** В дополнение к экономическим, почвенно-грунтовые дорожные изыскания и технические изыскания должны дать подробный материал, который позволил бы запроектировать и нанести на местности линию дороги между двумя заранее заданными точками, при соблюдении основных условий проектирования, установленных для выбранного типа дороги, а также выяснить возможную стоимость постройки дороги.

Под основными техническими условиями проектирования дороги надо подразумевать те данные, которые связаны с величиной продольного уклона дороги (минимального и максимального), размером и видом нормальных поперечных профилей дороги в различных условиях пролегания ее оси, предельные и рекомендуемые радиусы закруглений, обеспечение видимости, устройство виражей и пр., т. е. все те данные, о которых было сказано в отделе III.

Технические изыскания могут производиться для постройки совершенно новой дорожной линии, заданной между двумя точками, или в целях реконструкции существующих дорог и приспособления их для передвижения механического транспорта. В последнем случае может потребоваться спрямление отдельных участков дороги, смягчение уклонов и радиусов закругления, устройство обходов в неудобных для автодвижения местах и пр.

Этот тип изыскательных работ является в данное время наиболее распространенным, так как вся ближайшая программа дорожного строительства будет проходить под флагом полной реконструкции существующей, крайне несовершенной дорожной сети.

В зависимости от характера выполняемых при изысканиях работ, они могут быть разбиты на две группы: 1) рекогносцировочные и 2) подробные, причем последние в свою очередь разделяются на предварительные изыскания и окончательные, непосредственно перед постройкой дороги. Каждый вид изысканий состоит из полевых и камеральных работ. Первые дают материал в результате осмотра, съемки, обследований на месте, а вторые позволяют составить проект перестройки или реконструкции дороги.

§ **63. Рекогносцировочные изыскания.** Рекогносцировочные изыскания могут быть различных видов, в зависимости от предъявляемых к ним требований:

НБ УДУНТ (ДИТ)

1) *рекогносцировочные обследования*, имеющие целью установить состояние целой сети дорог и получить предварительный материал о работах, потребных для реконструкции этой сети;

2) *рекогносцировочные изыскания* новых линий или существующих дорог для составления эскизного проекта дороги и ориентировочной наметки стоимости постройки;

3) *рекогносцировочные изыскания*, как подсобные для производства подробных предварительных изысканий, с целью установления направления, по которому надлежит вести трасу. Последний вид рекогносцировочных изысканий имеет особо важное значение в горных условиях, где проложение дороги всегда встречает значительные трудности.

При рекогносцировочных обследованиях ведется график или линейный план состояния дороги, образец которого приведен на рис. 191. На этот линейной график наносится:

1) план дорожной полосы с покилометровым пикетажем, с указанием ширины дорожного полотна и проезжей части;

2) тип укрепления проезжей части;

3) род грунта на дороге, на дорожной полосе и род грунта основания;

4) толщина одежды;

5) встречаемые на дороге уклоны свыше 5% с указанием их длины;

6) пригодность дороги в сухое и сырое время года для того или иного рода движения, с указанием в соответствующей графе пригодности участка для движения, по разрядам экипажей, согласно схеме расчетных нагрузок для мостов, принятых в технических условиях Цудортранса 1931 г.;

I разряд.....	10,0 *m*	автомобиль
II	8,0	
III	6,0	
IV	4,0	
V	2,5	
VI	1,5	
VII	<1,5	

7) типы мостов с указанием величины их пролетов и обозначением нагрузки, которую мост в состоянии пропустить;

8) ситуация местности вправо и влево от дороги с указанием всех населенных пунктов. количества дворов и населения,

9) наличие боковых отводных и нагорных канав, а также их состояния, что имеет особо важное значение для исправного действия водоотвода.

Помимо линейного плана при рекогносцировочных обследованиях ведутся четыре ведомости:

ведомость состояния дорожного полотна,
ведомость типов и состояния всех искусственных сооружений,
ведомость канав с указанием их состояния,
ведомость карьерных материалов с указанием их мощности, удаленности дороги и способов транспортировки.

Данные рекогносцировочных обследований служат для выяснения необходимых работ и их последовательности, а также для определения тех участков, которые потребуют подробных обследований.

Рекогносцировочные изыскания для новой линии или реконструкции существующей производятся в следующем порядке: 1) нанесение линии на карту 2) осмотр на месте предполагаемой трасы дороги и ее вариантов, 3) выполнение в случае надобности упрощенных инструментальных (летучих) изысканий.

При нанесении на карте линии между двумя заданными районами обычно пользуются существующими картами как более крупного (1 : 50 000—1 : 10 000), так и более мелкого (1 1 000 000) масштаба. На этих картах отмечаются возможные варианты положения трасы по водоразделу или по долине реки; наиболее удобные пункты перехода через крупные речные долины и возможность использования направления существующих дорог. Окончательное решение о направлении линии по долине реки (тальвег) или по водоразделу может быть принято только на месте, так как тот и другой вариант проведения линии обладают положительными и отрицательными качествами.

Проведение линии по долине имеет следующие приемущества: а) линия заходит в целый ряд населенных пунктах, обычно расположенных у водных систем, б) уклоны долины пологи и с плавными переходами.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Условные обозначения для графика состояния дороги

Ось дороги.

Границы ширины земляного полотна дороги с каменной одеждой (красным).

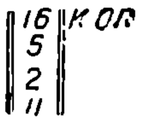
Границы ширины каменной проезжей части (шоссе, мостовая) (красным).

Границы проезда по грунтовой дороге

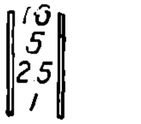
Границы ширины насыпи, дамбы, гати или выемки грунтовой дороги.

Хворостяная, жердевая, бревенчатая проезжая часть

Границы ширины дорожной полосы (полосы отвода).



Деревянный мост на каменных опорах длиною 16 *м*, шир. проезда 5 *м* высот. над меженью 2 *м* под нагр. II р.



Каменный мост длиною 16 *м*, ширина проезда 5 *м*, высота 2,5 *м* под нагрузку I разряда (красным).

Деревянная труба отверстием в 1,0 *м*

Каменная труба отверстием в 1,0 *м* (красным)

Бал. подкос. арочн. подкос. бал.
2,5+10+..+15+10+..,5.

Мост состоит из двух пролетов бал. сист. по 2,5, двух промежуточн. подкос. по 10 и двух средних арочной по 15.

2 парома подъемной силой 5 *т* кажд., общая пропускн. способность по 50 *т*

Исправная канава (синим)

Заплывшая канава (синим)

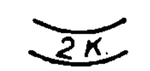
Отсутствие канав (синим)

Затопляемые при разливах рек участки дороги и прилегающей к дороге местности (синим)

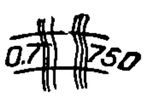
Болото (синим)

Брод глубиною 0,7 *м* на дороге

Возможный объезд моста слева на расстоянии 400 *м* от дороги



То же, справа на расстоянии 2 *км*



Брод глубиною 0,7 *м* на расстоянии 750 *м* от дороги (синим)

с. Ива ово; населения 1 500 душ 150 дворов; 8 колодцев

1	Род дороги	
2	Род грунта	На дорожной полосе (в полев. части
3		На дороге
4	Род основания под одеждой	
5	Толщина одежды в *мм*	
6	Уклоны	
7	Годность дороги для движения	Сухой
8		Мокрой
9	Ситуация местно ти влево от дороги	
10	Дорога и канавы боковые и нагорные	
11	Ситуация местности вправо от дороги	
12	Километры	
13	Радиусы поворотов в метрах	
14	Сведения о карьерах камня, гравия, песка и лесе	
15	Назначение работ	

НБ УДУНТ (ДПТ)

Дорога .....

ОБРАЗЕЦ ЗАПОЛНЕНИЯ

1	Шоссе	Мостовая	Гравийная	Смешение грунтов		Грунтов. профилированная
2	Глинистый		Суглинок	Торфяник		Суглинок
3	Пылевая Супесь		Супесь			Ср. Суглинок
4	Песчаное	Грунт полотна				
5	100		150	130		
6	0.7			0.08		
7	I					III
8	I	IV	VII			Непроезжая

9 — 500м; 1500×150×8; с Иваново; р Нара

10 — 18 / 6 / 2.1 / II; 9м; 5м; 10; 0.7; 6м; 45 / 6 / 4.0 / II; 12м; 25·10·2·15·10·25

11 — ручей; пашня; 300 м; 0.8; 2к

12 — 0; 1; 2; 3

13 — R=75; R=10; R=30

14 — Камень 2 км влево; Хворост 5 км вправо

15 — Мелк. рем. мостовой | Профилирование | Канавы | Гравирование 500 куб. м на км

Рис. 191 Образец графика состояния дороги

НБ УДУИТ (ДШТ)

Недостатки долинных линий: а) большое число искусственных сооружений для перехода через боковые притоки, овраги; при этом искусственные сооружения должны устраиваться в самой невыгодной части этих водотоков; б) необходимо устраивать большие насыпи и защищать их от размыва весенними водами; в) необходимо заботиться об устойчивости полотна дороги; г) дорога в долине реки медленно высыхает после дождей и весной.

Преимущества водораздельных линий: а) отсутствие искусственных сооружений, если же таковые и попадаются, то весьма небольших отверстий, ибо водотоки пересекаются в верхних частях течения; б) отсутствие на водоразделах холмов и крутых косогоров, что освобождает от крупных земляных работ и от необходимости устраивать подпорные стенки для обеспечения устойчивости земляного полотна дороги; в) полотно дороги быстро высыхает, так как открыто влиянию солнца и ветров.

Недостатки водораздельных линий: а) отсутствие населенных мест, куда могла бы заходить дорога; б) частая извилистость водоразделов, обилие болот, озер и впадин.

На карте более крупного масштаба намечается все то, что в дальнейшем предстоит решить на месте: места переходов через крупные водотоки, переходы через населенные пункты, крутые подъемы из долин рек на водоразделы и пункты перевалов через горные хребты, участки, на которых предстоит спрямление линии (в случае пользования полотном существующих дорог), в том числе и на переходах через лесные массивы. Тут же предварительно и ориентировочно намечаются способы примыкания к начальному и конечному пунктам, а также подходы к железнодорожным станциям и пристаням, и выбираются пункты пересечения данной дороги с железными дорогами и шоссейными магистралями. Далее оцениваются в общих чертах трудность предстоящих изысканий и преимущества отдельных вариантов, если карта дает материал для их сравнения, и производится предварительное деление дороги на километры для удобства записей при последующей рекогносцировке.

После тщательного изучения трасы дороги с нанесением ее на карту, траса изучается на месте путем объезда и обхода, это дает необходимый материал для эскизного проекта. Прежде всего устанавливаются начальный и конечный пункты дороги, примыкание ее к этим пунктам а также к железнодорожным станциям, с разработкой узловых соединений. На месте разрешается вопрос о прохождении дороги через населенные пункты. Если дороги предназначаются для сравнительно развитого автомобильного движения, желательно все населенные места обходить, для обеспечения видимости на дороге и предупреждения несчастных случаев с местным населением. При тесном и неправильном расположении улиц в пределах населенных пунктов желательно, и независимо от движения, дорогу вести в обход.

Если выясняется возможность использовать трасу существующей дороги, намечают работы, связанные с улучшением этой трасы — ее спрямлением, расширением, улучшением продольного профиля и пр. Назначаются места искусственных сооружений и приближенно, при помощи упрощенных формул, определяются их отверстия. Площадь крупных бассейнов исчисляется по карте, а малых – определяется на-глаз в натуре. Особенное внимание должно быть уделено осмотру существующих мостов и труб, на основании которого можно сделать ценные выводы относительно отверстий проектируемых новых сооружений.

Для примерного подсчета земляных работ, оцениваемых обычно ориентировочно в $м^3$ на километр дороги, необходимо на месте выделить участки с нулевыми отметками, с небольшими земляными работами, и выяснить объем работ на тех участках, где есть переходы через долины и низкие места. Все варианты проложения дороги, нанесенные на карту, должны быть проверены на месте и выяснены наиболее благоприятные почвенные условия каждого варианта. Подробно обследуются карьеры дорожностроительных материалов (гравия, песка, камня) в отношении их мощности и условий транспортировки материала на дорогу. В заключение окончательно устанавливается направление дороги и вводятся поправки в то направление, которое первоначально было намечено на карте.

УДУНТ (ДИТ)

Летучие инструментальные изыскания ограничиваются только отдельными небольшими участками дороги в особо сомнительных местах, а именно: при очень крутых подъемах и горных перевалах, требующих развития линии, при переходах через долины больших рек, для получения более определенных данных об отверстии мостов, при переходе дороги через заболоченные участки и пр.

Эскизный проект, который может быть составлен на основе рекогносцировочных изысканий, должен заключать в себе следующие материалы:

1) топографическую карту района дороги с нанесенной на нее трасой, с разбивкой километража и всеми вариантами, в масштабе по возможности не менее 1:100000 (на карту наносятся и существующие дороги — железные, шоссейные и важнейшие грунтовые);

2) поперечные профили отдельных участков дороги;

3) продольные профили наиболее трудных участков дороги;

4) ведомость намеченных искусственных сооружений (с описанием и сооружений существующих);

5) ведомость отдельных участков дороги по типам принятых поперечных профилей;

6) ведомость карьеров дорожных материалов и соображения о мощности карьеров, средней дальности возки материалов и стоимости их на месте работы;

7) ориентировочную смету с приблизительным исчислением всех работ, предусмотренных проектом.

8) экономическую записку, с приведением данных о существующей и перспективной интенсивности и о характере движения, и прочие данные, в соответствии с инструкцией по экономическим обследованиям;

9) пояснительную записку с обоснованием проекта с технической стороны и соображениями о выборе класса дороги и технических условий, а также с краткими описаниями топографических и климатических особенностей местности; в записке должно быть упомянуто о том, что проект согласован с местными исполкомами, иногда — и с местными органами НКПСа и НКЗема, а в подлежащих случаях надлежит иметь отзыв о проекте и местного органа Нарвоенмора;

Третий вид рекогносцировочных изысканий, предшествующих подробным изысканиям, имеет целью облегчить проведение последних и связан, по преимуществу, с проведением дороги в трудных, по топографическим условиям, местностях, лесистых местах и в местах, которые не имеют готовых топографических карт. На подобных участках дороги приходится прибегать к легким инструментальным изысканиям при помощи барометрического нивелирования, тригонометрической съемки, карманных нивелиров и пр. На всем остальном протяжении эти рекогносцировочные изыскания ничем не отличаются от предыдущего типа.

Инструментальные изыскания по большей части требуются в горных местностях при устройстве перевалов из одной долины в другую с переходом через водоразделы В этом случае некоторые пункты трасы до известной степени являются заранее установленными, это места переходов через реки в долине рек и перевальные точки на хребтах — в седловинах, т. е. наиболее низких местах хребта.

Задача рекогносцировочных изысканий провести линию между этими двумя точками, причем прокладывать ее приходится сверху, так как в верхней части проведение дороги по крутым склонам сопряжено с наибольшими трудностями. Обычно в этих условиях соединение двух точек, расположенных в долине и на хребте, по кратчайшему прямому направлению бывает невозможно, так как уклон дороги получится выше предельного. Если разность высот этих двух точек равна H, а допустимый предельный уклон установлен i_{max}, то длина линии должна быть не менее

$$L = \frac{H}{i_{max}}$$

Для получения этой длины приходится развивать линию по склону косогора, причем во избежание крупных земляных работ в этом случае приходится прибегать к использованию боковых второстепенных долин. Если имеются по-

НБ УДУНТ (ДИТ)

перечные долины, то главную долину оставляют и поднимаются по поперечной до такого места, в котором переход через последнюю можно устроить,

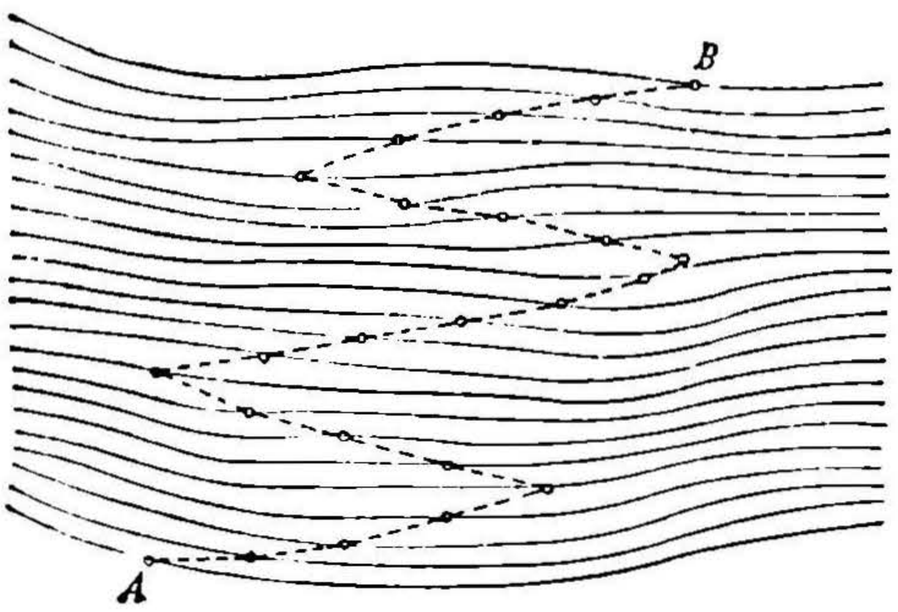


Рис. 193. Развитие линии по склону зигзагами.

не производя больших работ; затем возвращаются по другой стороне поперечной долины и входят в главную,

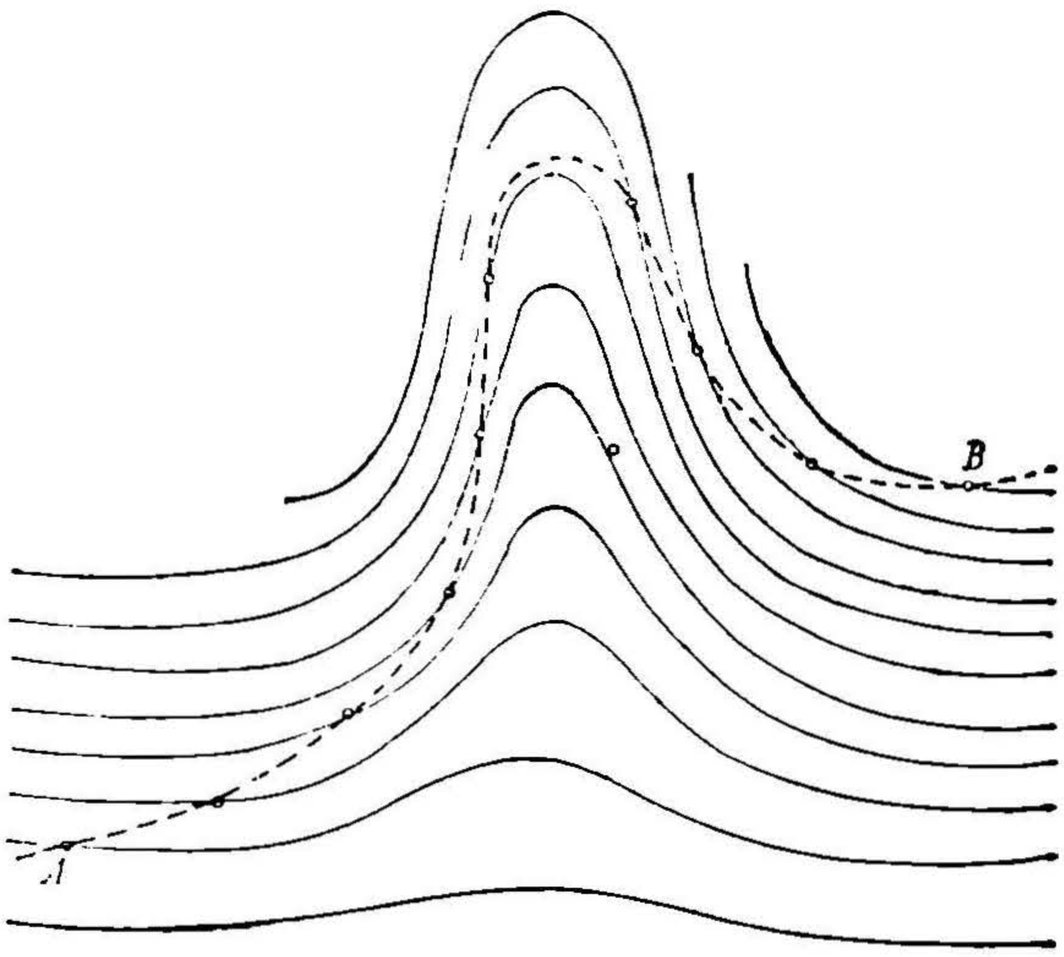


Рис. 192. Развитие линии заходом в боковую долину.

поднявшись на такую высоту, какая допускается сделанным обходом (рис. 192). Если подобных поперечных долин в данной местности нет, то развертывают дорожную линию по косогору главной долины, поднимаясь по нему зигзагами от подошвы к ущелью и округляя образующиеся при этом острые углы кривыми наименьшего допускаемого радиуса (рис. 193). Нужно стараться пролагать эти повороты или серпантины по тем местам косогора, где местность ровнее, чтобы количество земляных работ было возможно меньше. Кроме объема земляных работ, при проведении дороги в горной местности необходимо обращать внимание на геологическое строение косогора с точки зрения устойчивости дорожного полотна, необходимости избежать оползней (рис. 194) или устройства высоких и дорого стоящих подпорных стенок (рис. 195).

При переходах через крупные водотоки, помимо инструментальных рекогносцировок, необходимо собирать сведения о горизонте высоких вод, об отверстиях мостов, расположенных выше и

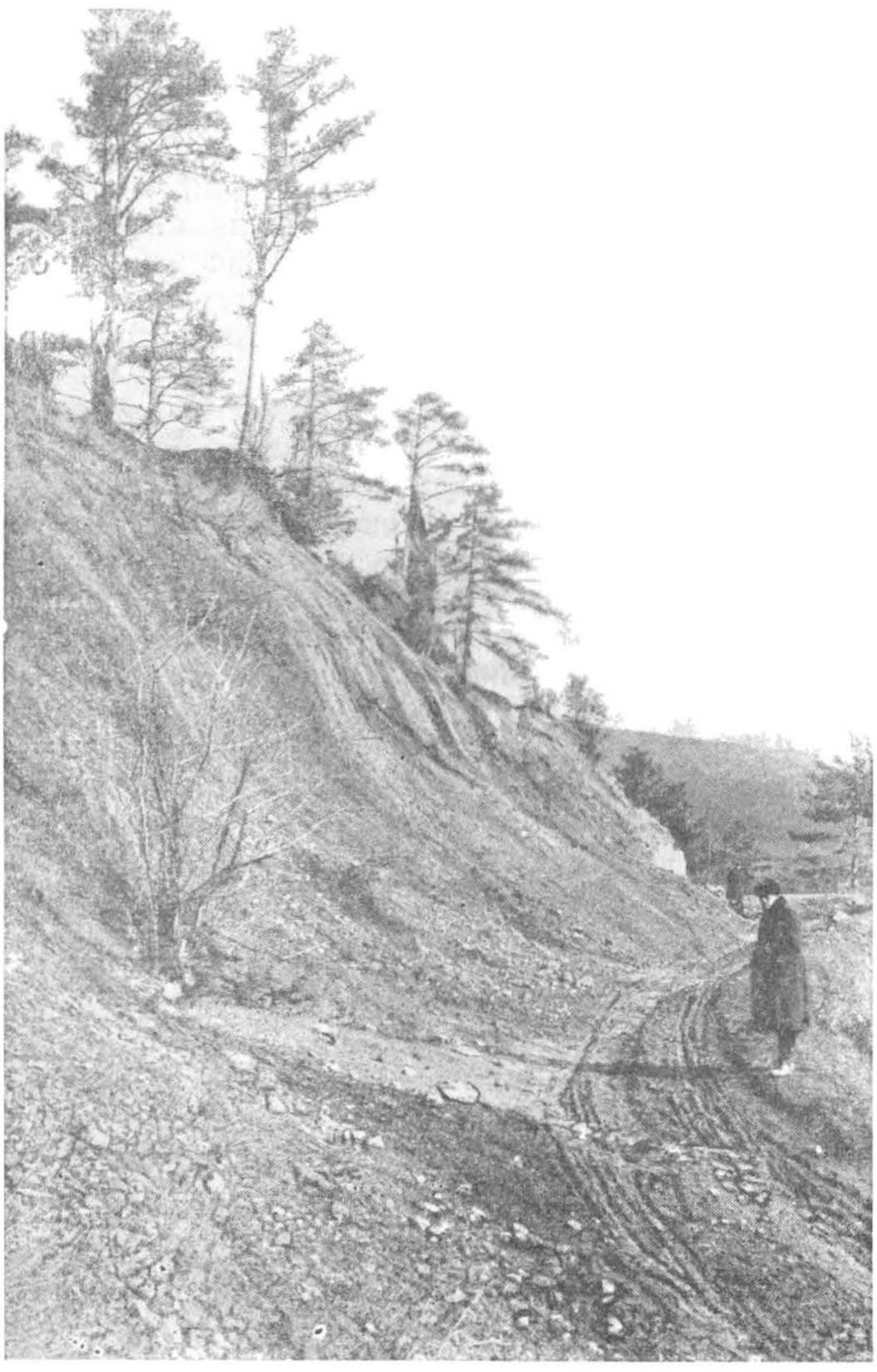


Рис. 194. Оползание откоса на горных дорогах Крыма.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ниже обследуемых переходов, об имеющихся плотинах, мельницах, шлюзах и т. д.

Проведение дороги в горной местности является в большинстве случаев очень трудным делом, требующим от изыскателя основательного навыка разбираться в рельефе местности; приходится из нескольких вариантов выбирать наиболее удачный как в экономическом, так и в техническом отношениях.

В качестве примера можно привести выбор направления дорожной трассы между пунктом *A* и *B*, согласно рис. 196.[1]

Из рассмотрения карты ясно, что провести дорогу от *A* до *B* по прямой линии невозможно, так как она должна будет пересечь высоту (горизонталь 60), по крутому склону с обрывом спуститься к реке (горизонталь 10), по очень крутому склону с обрывом *H* подняться на вершину *C* (горизонталь 80) и вновь опуститься до точки *B*. В виду этого надо отказаться от прямого направления *AB* и прибегнуть к развитию линии. Первый участок от *A* назначается по долине притока реки; со слабым уклоном от горизонтали точки *A* доходит до пересечения с горизонталью 10 на берегу реки; делаем поворот дороги, чтобы пересечь реку перпендикулярно течению ее, и, располагая поверхность моста на высоте горизонтали 10, доходим до точки *L*.

За точкою *L* направление дороги наметится по четырем вариантам.

1-й вариант: от точки *L* на север легким уклоном до точки *M*, затем на северо-запад до седловины *N*, мимо обрыва *H*, затем поворот на восток и плавным подъемом доходим до точки *B*.

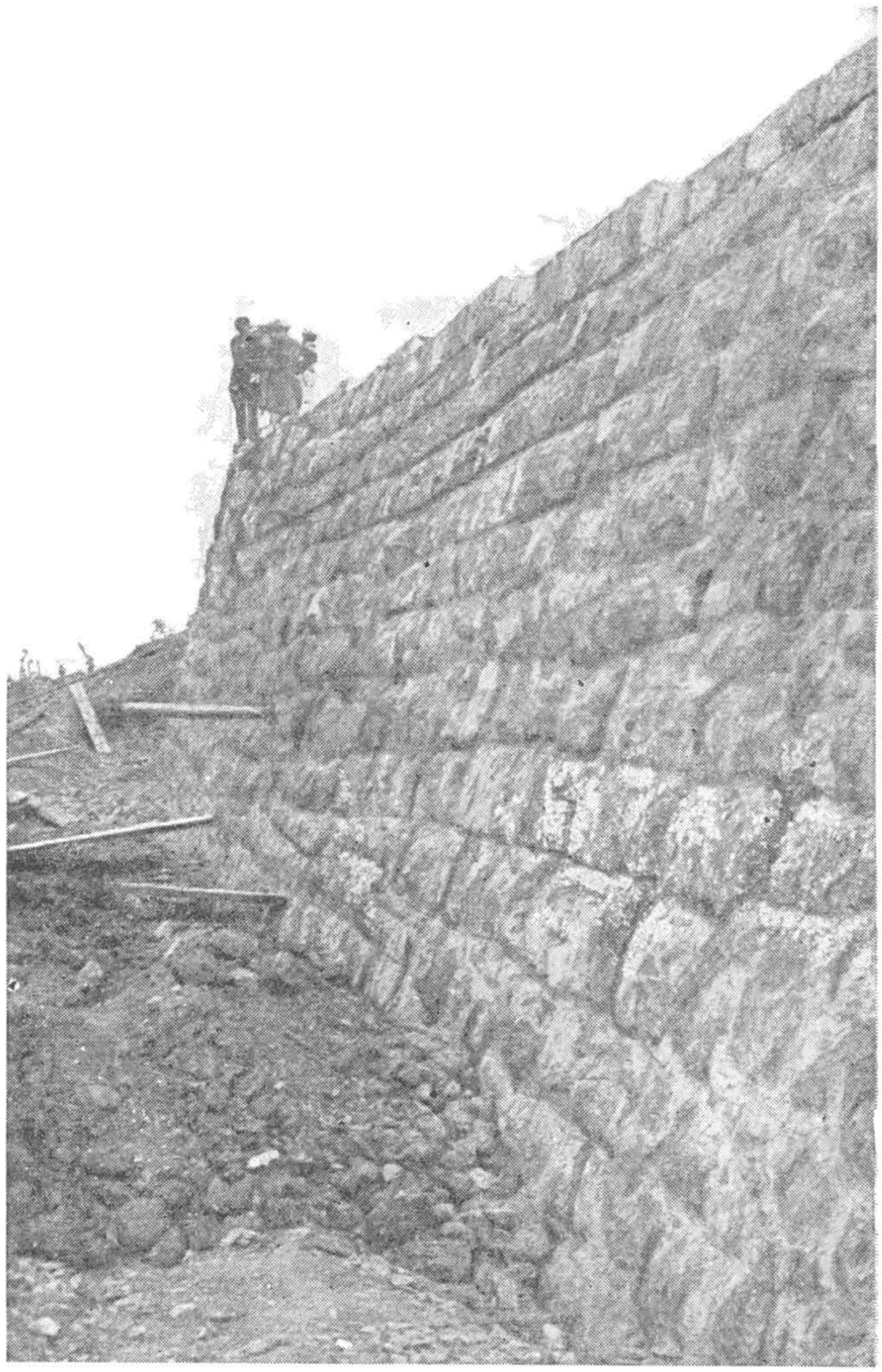


Рис 195 Подпорная стенка высотою около 10,0 *м* на горных дорогах Крыма.

2-й вариант: от точки *L* до точки *M* по прежнему направлению, в точке *M* поворот на юго-восток до точки *P*, в точке *P* петля; далее на север, постепенным подъемом до седловины *S* (горизонталь 75) и затем на северо-восток плавным спуском до точки *B*.

3-й вариант: от точки *L* на восток по косогору, подъемом до точки *Q* (горизонталь 35), в точке *Q* петля, поворот на северо-запад и подъем до точки *P* (горизонталь 55) 2-го варианта и далее до точки *B*.

4-й вариант: от точки *L* до точки *Q*, как в 3-м варианте, далее поворот на север и по легкому косогору плавным подъемом до точки *B*

Для того чтобы окончательно остановиться на одном из намеченных направлений, производится сравнение их с точки зрения длины, высоты пересекаемых ими возвышенностей, крутизны подъемов и спусков, объема земляных

[1] Проф. Залесский. Горные дороги. 1925.

НБ УДУНТ (ДИТ)

работ и количества дорожных сооружений, и наконец,—с точки зрения удобства содержания.

Длина вариантов: 1-го — 3 900 *м*, 2-го — 4 050 *м*, 3-го — 4 050 *м*, 4-го — 3 650 *м*. Следовательно в отношении длины преимущество остается за 1-м и 4-м вариантами. Сравнивая их в отношении высоты пересекаемых возвышенностей, опять надо отдать преимущество 1-му и 4-му вариантам, так как они не поднимаются

Рис. 196. Пример проведения дороги в гористой местности.

бесполезно до высоты, превышающей высоту расположения точки *B*, как варианты 2 и 3, поднимающиеся до горизонтали 80, с тем чтобы затем снова спуститься до горизонтали 70, на коей расположена точка *B*. В отношении крутизны подъемов и спусков опять-таки надо отдать предпочтение вариантам 1-му и 4-му.

РГБ УДУНТ (ДШТ)

В виду этого надо отказаться совсем от вариантов 2-го и 3-го, а чтобы окончательно решить — отдать ли предпочтение 1-му или 4-му, сравнить их в отношении объема земляных работ, количества дорожных сооружений и удобства эксплоатационного содержания.

Вариант 1-й потребует большого количества земляных работ, так как проходит по крутым скатам, а на участке *M* потребует устройства подпорных стен.

Вариант 4-й проходит по более пологим скатам, потребует меньшего количества земляных работ и обойдется без устройства подпорных стенок, т. е. имеет в этом преимущество перед 1-м.

В смысле же удобства содержания преимущество имеет вариант 1-й, так как он проходит по склонам, лучше обогреваемым солнцем, но, поскольку дорога предположена шоссированная, особого значения это преимущество не имеет.

Таким образом видно, что 4-й вариант дает ясные преимущества и в отношении стоимости сооружения дороги и в отношении крутизны продольных уклонов, а следовательно является наивыгоднейшим.

Трудность проведения дороги в горной местности ясно видна из рис. 197 — глазомерной съемки перевального участка дороги от гор. Байбурта до гор. Оф, выполненной проф. Е. П. Залесским.

После рекогносцировочных изысканий начинаются обычные подробные инструментальные изыскания.

§ 64. Подробные предварительные и окончательные изыскания. Подробные инструментальные изыскания имеют своею целью окончательно закрепить на месте предварительно намеченное по карте или на основании рекогносцировочных изысканий направление дороги с таким расчетом, чтобы составленный на основании этих изысканий проект дороги наиболее экономически разрешил вопрос постройки и содержания дороги, при условии наибольших удобств и безопасности движения, с соблюдением основных технических условий проектирования и сооружения дорог.

Помимо общих правил проведения дорог, изложенных в отделе III, при производстве подробных изысканий, согласно техническим условиям Цудортранса, надлежит руководствоваться следующими основными положениями:

1. Переходы через реки назначать по возможности на прямых плесах, на участках с незатопляемыми берегами, перпендикулярно к течению во время половодья, в местах, где направление весенних вод приближается к направлению течения при меженном горизонте. Кроме того место перехода должно быть выбрано так, чтобы по возможности ограничиться одним отверстием. На судоходных реках при выборе места перехода необходимо сообразовываться также с удобствами судоходства.

2. Не допускать бесполезной извилистости оси дороги в плане, уменьшая число изломов ее и прокладывая трасу с малыми углами поворотов.

3. Не обесценивать выбираемым направлением дороги полезных земель и угодий и избегать затопления их подпором у сооружений.

4. Не допускать бесполезных спусков и подъемов и потерянных уклонов линии (вставок короткого уклона среди длинного подъема), увеличивающих виртуальную длину дороги.

5. Стремиться к минимуму земляных работ, оставаясь в пределах допускаемых техническими условиями уклонов.

6. При необходимости пересечения с железной дорогой в одном или в разных уровнях выполнят технические условия и соблюдать габариты, установленные НКПС.

Подробные изыскания производятся отдельными изыскательскими партиями, на обязанности которых лежит выполнение следуюших работ:

1. Трасировка (разбивка) на месте основного направления с провешиванием линии и измерением углов, с разбивкой пикетажа и со съемкой ситуационного плана дорожной полосы.

2. Нивелировка продольного профиля и поперечных профилей.

3. Обследование бассейнов водотоков для назначения отверстий искусственных сооружений (мостов и труб).

4. Гидрометрические работы в местах перехода через большие реки.

5. Обследование грунтов при помощи специальных почвоведов.

НБ УДУНТ (ДИТ)

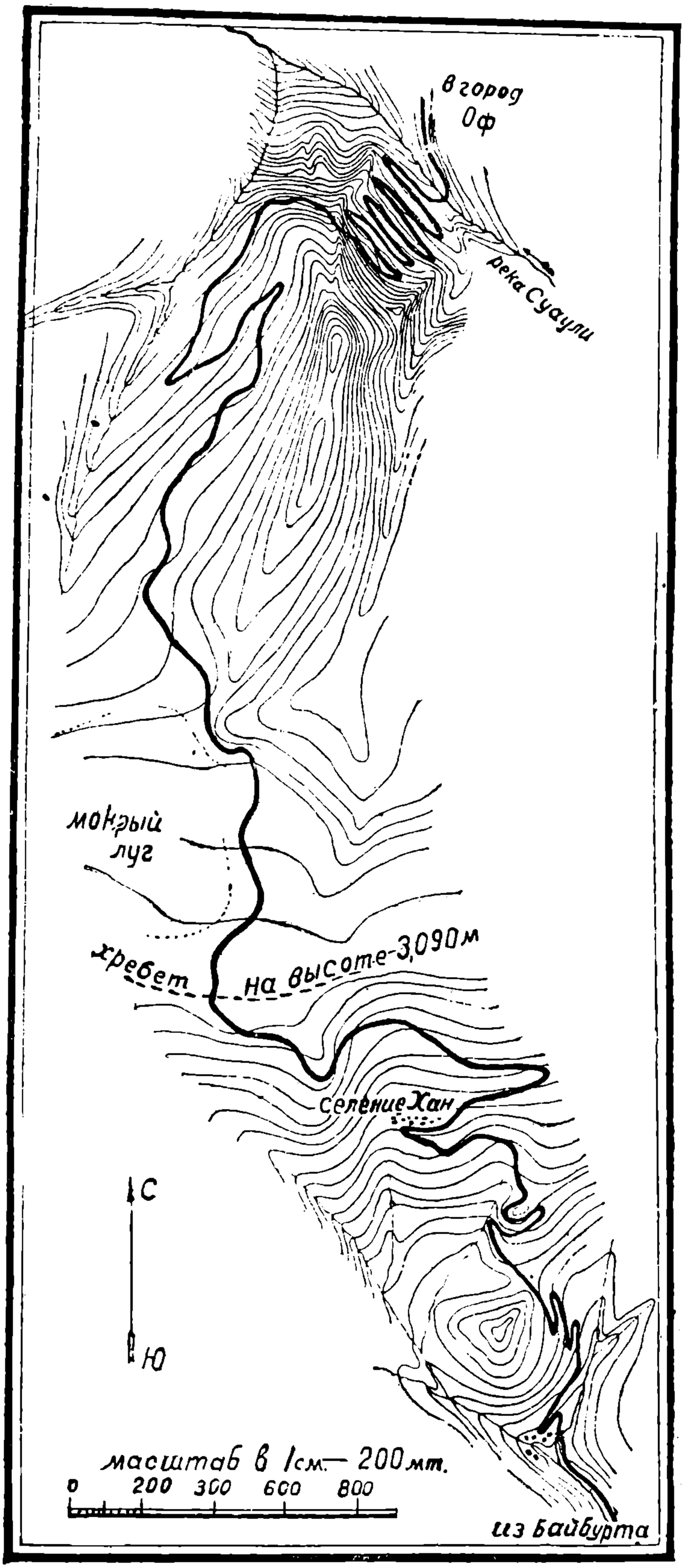


Рис. 197. Участок перевальной дороги между городом Байбург и городом Оф.

6. Обследование наличия дорожно-строительных материалов в районе изысканий при помощи тех же почвоведов.

7. Полевая обработка данных, полученных в процессе изысканий.

Для успешности работы необходимо требовать, чтобы партией выполнялись не только самые полевые изыскания, но и та часть проектной работы, которая по своему характеру должна выполняться на местности.

Таким образом инструментальные работы во время подробных изысканий состоят в 1) провешивании линии и измерении углов; 2) промере длины линии и снятия ситуации местности 3) продольной и поперечной нивелировки; 4) съемке планов в горизонталях в особо трудных местах, где требуется развитие линии или устройство зигзагов и серпантин; 5) съемке мест перехода у больших и малых мостов. Для производства этих работ партия должна быть снабжена геодезическими инструментами: гониометрами, пантометром, теодолитом, нивелиром, мензулой, лентой, причем все эти инструменты должны быть проверены до начала работ.

При провешивании линии направление ее задается начальником изыскательской партии, так как эта работа является наиболее ответственной, от которой в значительной степени зависит доброкачественность всего проекта дороги. Проходя через лес, необходимо делать просеку не более 1,0 *м* шириною. В начале работы желательно определить склонение магнитной стрелки. Если не уда-

НБ УДУНТ (ДИТ)

лось получить сведения об этом от ближайшей астрономической обсерватории, то величина склонения может быть определена при помощи угломерного инструмента.

При провешивании линии следует для временного ее закрепления оставлять взамен вынутых вех (через одну-две), так наз. „замены" — колья в 0,5—1 *м* или толстые прутья; в наиболее важных местах желательно трасу дороги закреплять более солидными заменами долговременного типа, которые весьма ценны для последующего просмотра и восстановления линии, — вехами высотою 5—8 *м*, глубоко закапываемыми в землю.

Углы поворотов отмечаются солидными угловыми кольями. Однако, в виду недолговечности кольев, рекомендуется отмечать углы столбами, толщ. 20—25 *см*, закопанными в землю на 1 *м*; столбы сверх того полезно привязывать к двум ближайшим предметам постоянного типа, а если их не окажется, то к двум специальным, для этой цели закопанным вспомогательным столбам. На угловом колу пишется № угла, величина угла и расстояние до пикета.

При прокладке линии вдоль реки необходимо возможно тщательнее определить горизонты самых высоких вод; зафиксированные актами отметки этих горизонтов должны служить основой для трасировки линии; отметки горизонтов делаются возможно чаще, во всяком случае не реже чем через 3 *км*. Все полученные отметки должны быть отчетливо выписаны на продольном профиле.

Вслед за провешиванием линии идет партия, на обязанности которой лежит измерение углов, ведение пикетажа, разбивка кривых, поперечников и съемка ситуационного плана дорожной полосы. При всех изменениях направления линии измеряются *внешние* углы поворота при помощи угломерных инструментов — гониометра, пантометра или теодолита—и ведется журнал углов, в который заносятся следующие данные: № угла (Уг №) по порядку; положение вершины угла по пикетажу; направление поворота линии (вправо или влево); величина угла; наблюденные по буссоли румбы прямых при визировании вперед и назад сверенные на месте работ с вычислением угла; радиус (*R*), тангенс (*T*), длина кривой (*K*), биссектриса (*Б*) и поправка; последние данные — точно по таблицам, с двумя десятичными знаками.

Измерение линии производится стальною 20-метровою лентою по горизонтальному направлению, причем необходимо следить за правильным ее натягиванием. Точность измерения длины в случае двойного промера должна быть 0.1% или 1 *м* на 1 *км* измерения линии. При измерении вся линия разбивается на пикеты по 100 *м* каждый. При примыкании соседних партий, а также при введении в основной ход вариантов допускаются необычные (рубленые) пикеты протяжением от 50 до 150 *м*, с особой записью их в пикетажной книжке и на продольном профиле. Каждый пикет обозначается колышком толщиною 0,04 *м*, длиною около 0,20 *м*, вбитым в уровень с землею (точка); около него забивается пикетный кол (сторожок) сечением около 0,04 × 0,06 *м*, длиною около 0,30 с надписью на нем номера по порядку, начиная с № 0.

Промежуточные точки (плюсы) назначаются в наиболее характерных изломах поверхности земли и таким образом, чтобы расстояние от них до ближайших пикетов выразилось по возможности в целых метрах. Плюсы обозначаются так же, как и пикеты, точками и сторожками.

В равнинной и слабо холмистой местности разбивка кривых, как правило, не производится, а поступают следующим образом: после подхода пикетажа к каждому углу и назначения радиуса кривой направляют ленту от угла по другому тангенсу, затем переставляют шпильки вперед по тангенсу на разницу между длиной двух тангенсов и кривой ($2T - Kp$), с целью получить пикетаж по кривой, а не по тангенсам; при назначении радиуса, особенно в застроенных и других тесных местах, необходимо проверить назначение радиуса путем выноса биссектрисы на кривую. В гористой или сильно холмистой местности, а также на крутых косогорах полная разбивка кривых также не производится, а выносятся на кривую только пикеты и характерные точки. Выбор радиуса кривой делают в зависимости от местных условий, стараясь получить возможно пологое закругление.

Если линия проходит по насыпям или выемкам старой существующей дороги или по дороге с боковыми канавами, по косогору, при поперечном уклоне

НБ УГЛУНТ (ДИТ)

его свыше $^1/_5$; по дамбам или вообще по неровной местности; в непосредственной близости вдоль водотоков; в населенных пунктах, — то необходимо разбивать поперечные профиля путем забивки колышек в наиболее характерных местах, причем длина профилей назначается с учетом предполагаемых на данном месте земляных работ и во всяком случае не менее 10 *м* в каждую сторону от оси дороги; в населенных пунктах должна быть показана основная линия строений.

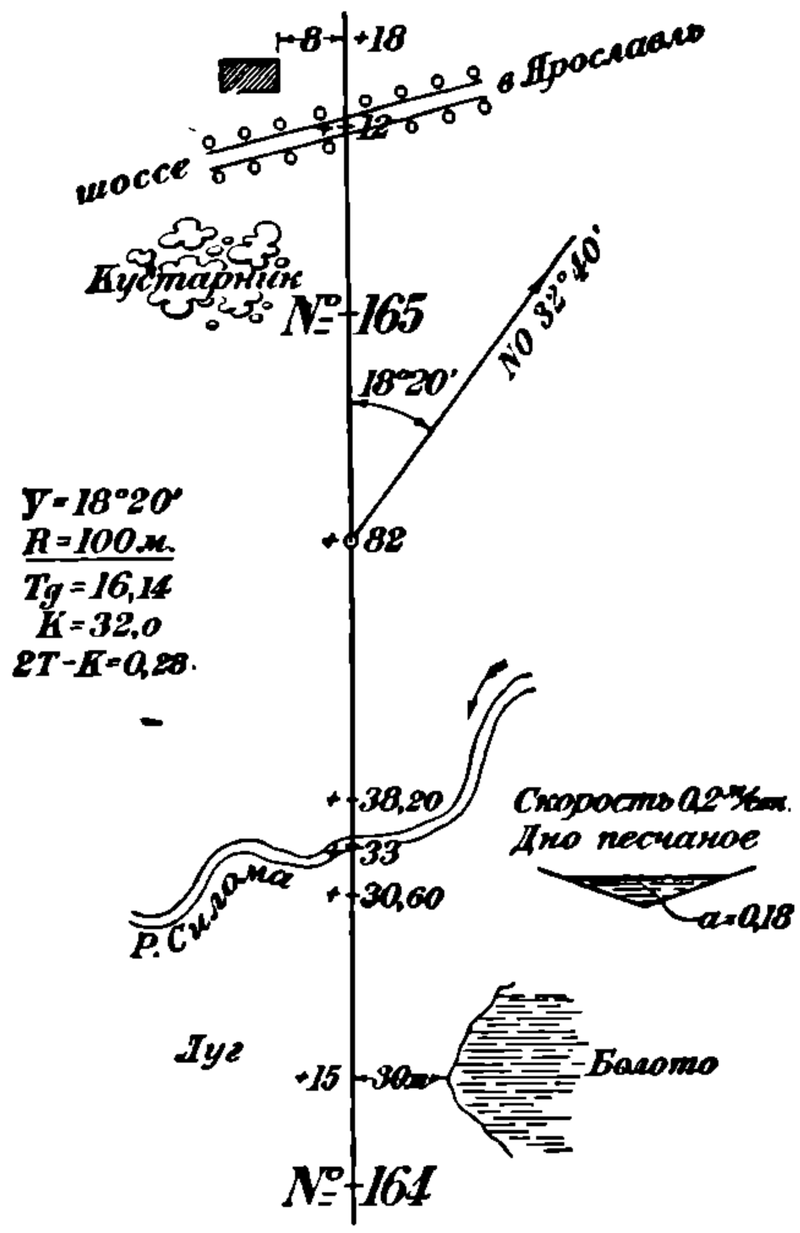


Рис. 198. Образец пикетажного журнала

При промерах через овраги следует насколько возможно мерить лентой по горизонтальному направлению при помощи вешки небольшими участками (6—10 *м*); поперечники при значительной крутизне следует ватерпасить.

Измерение расстояния через значительные реки и овраги производится тригонометрически.

При разбивке линии (пикетаж) ведется пикетажный журнал в книжке с миллиметровой клетчатой бумагой. В этом журнале наносится от руки ось дороги и подробно обозначаются все данные, относящиеся к разбивке линии, как-то: номера пикетов, плюсы, углы, их номера, положение относительно ближайшего предыдущего пикета, направление относительно линии (правые, левые), величина в градусах; выбранные по местным условиям радиусы закруглений, биссектрисы, кривые и тангенсы; все реперы с их порядковыми номерами, причем должно быть обозначено, с какими точками трасы связан репер в плане, приведены размеры, определяющие его точное расположение, описание его и схематический чертеж.

Вместе с измерением и разбивкой линии производится и заносится в пикетажный журнал съемка плана дорожной полосы по координатам (рулеткою). План наносится от руки в масштабе примерно 25 *м* в 0 01 *м*. Общая ширина дорожной полосы показывается в нем около 100 *м*, из них полоса шириною примерно в 50 *м* (по 25 *м* от оси в каждую сторону) подлежит более точной съемке, а остальные части наносят по глазомерной съемке. На 50-метровой ширине должны быть обозначены очертания болот, лесов, угодий, рек, ручьев (с обозначением направления течения), прудов, колодцев, строений, примыкающих железных, шоссейных и грунтовых дорог и пр., причем там, где дорожная полоса проходит через селения, линии домов и усадеб должны быть нанесены возможно точнее. Должно быть также указано, в чьем пользовании (какого колхоза) находятся смежные с трасой земли. С особой точностью должны быть нанесены строения, подлежащие сносу (рис. 198) На плане отмечаются находящиеся вблизи фабрики, заводы, колхозы и совхозы, железнодорожные станции и пр., с указанием примерного расстояния до них. Для тех селений, через которые проходит траса, отмечается количество населения и число колодцев. Для суждения о горизонте грунтовых вод отмечается глубина колодцев от поверхности земли до горизонта воды.

Трудные участки дороги, а также места примыканий и пересечений с существующими железными и безрельсовыми дорогами с каменной одеждой, подходы к крупным населенным пунктам, застроенные места и места, где возможно примыкание вариантов, должны быть сняты отдельно в более крупном масштабе (20 или 10 *м* в 1 *см*), в горизонталях. Особенно тщательно должны быть указаны на плане начальный и конечный пункты трасы.

На этом плане должна быть обозначена ширина улиц в селениях и дорог как примыкающих, так и тех, по которым частью проходит проектируемая дорога; в первом случае кроме того следует обозначить вне плана направление и характер дорог: на станцию, на фабрику, в деревню, полевая и пр.

План всей линии, вычерченный отдельно по тангенсам углов в масштабе 100 *м* в 1 *см*, должен быть перенесен затем на карту по румбам прямых.

НБ УДУНТ (ДШТ)

Третья партия изыскателей производит продольную и поперечную нивелировку. Нивелир устанавливается по возможности на равных расстояниях от крайних связующих точек. Наибольшее допускаемое расстояние на равнинных местах около 150 *м*, в зависимости от условий погоды и видимости. В горных местах место стоянки нивелира каждый раз выбирается так, чтобы в трубу можно было видеть наибольшее деление первой рейки. Для второй рейки выбирается положение, при котором показания нивелира были бы наименьшими; при этом часто случается, что рейку нельзя установить в точке, поставленной пикетажистами, в этом случае пользуются так называемыми „вводными точками", которые вносятся в нивелировочный журнал под буквами *X* и служат лишь для связи нивелировки.

Нивелировка связующих точек и реперов по трасе, как правило производится двойная, причем второй нивелир контролирует отметку реперов и на выбор промежуточные связующие точки. Одиночная нивелировка (с контрольными точками) допускается лишь в том случае, когда отметки начальной и конечной точек нивелировки основной линии известны по ранее произведенной двойной нивелировке или же по имеющимся официальным отметкам нивелировочных марок (реперов), а также при изыскании дорог второстепенного значения. Расходимость между обеими нивелировками при двойном нивелировании не должна превосходить:

а) для дорог с каменной одеждой — величины $h = 0{,}05\sqrt{2L}$,

б) для грунтовых дорог — величины $h = 0{,}08\sqrt{2L}$, где h — в *м*, а длина участка L — в *км*.

Проверка расхождения нивелировки должна производиться для каждого километра и для каждого пройденного за день участка в целом, равно как и вообще для всей магистрали. Вычисление нивелировочных отметок во время изысканий может производиться относительно условного уровня. По окончании изысканий, а по возможности и сразу, все отметки нивелировки должны быть перечислены в отметки Военно-топографического управления, для чего следует связываться с соответствующими отметками реперов на железных дорогах или с водомерными постами на реках, приведенными к уровню моря.

Записи и вычисления отметок производятся с точностью до 2 *мм*; на продольном и поперечном профилях отметки наносятся с точностью до 1 *см*. Подсчеты и проверка нивелировочных отметок делаются в нивелировочной книжке, обязательно в поле. Проверенные нивелировочные отметки в тот же день вечером записываются и накладываются на продольный профиль, и в тот же день на продольный профиль наносится проектная линия с красными отметками.

В случае надобности восстановить нивелировку на каком-либо участке, в качестве исходной точки служат реперы особо устанавливаемые, в равнинных местностях — не реже чем через 2—3 *км*, а в пересеченных и горных местностях — на каждом километре. Реперы желательно иметь постоянного типа: на постоянных солидных сооружениях, прочных выступах скал и пр. За отсутствием последних устанавливают прочные столбы толщиной 20—25 *см*, длиной 1,6—2 *м*, обделанные в верхней части по определенному шаблону; их закапывают в землю на глубину не менее 1—1,5 *м* (ниже глубины промерзания), с врубкой креста в нижнем конце. В качестве временных реперов рекомендуется пользоваться пнями срубленных деревьев. При переходе больших рек закладываются дополнительные реперы, на каждом берегу. Все реперы, помимо занесения их в пикетажный журнал, вносятся в особую ведомость реперов и указываются на продольном профиле.

При продольной нивелировке одновременно производится нивелировка поперечных профилей, разбитых при ведении пикетажа линии. Поперечная нивелировка имеет целью установить объем насыпей и выемок в косогорной местности и установить наивыгоднейшее положение оси дороги. В каждую сторону от оси профиль снимается на таком расстоянии, чтобы на нем уместились откосы насыпей и выемок. Нормальные поперечные профиля снимаются на 20—30 *м* в каждую сторону от оси дороги. При очень крутых склонах вместо нивелира применяется ватерпас.

УДУНТ (ДИТ)

Для назначения отверстий и расположения малых искусственных сооружений необходимо:

а) определить площадь бассейна; при малых бассейнах (расстояние от места до водораздела не более 1 *км*) и в том случае, когда площадь бассейна на карте неясна, площади бассейнов определяют съемкой путем обхода главного водораздела; во всех остальных случаях площадь определяется по карте крупного масштаба;

б) измерить длину бассейна по карте или плану;

в) определить уклон бассейна; уклон должен быть взят средний, характерный для скорости, с которой наибольшая масса воды будет притекать к сооружению; нивелировку нивелиром или барометром следует производить по длине не менее половины длины бассейна, прилегающего к сооружению;

г) снять поперечные профили тальвега в наиболее характерных местах;

д) определить действительный уклон тальвега на протяжении 200 *м* выше сооружения и 100 *м* ниже;

е) в малых речках и ручьях необходимо кроме того определить уклон горизонта воды на 500 *м* вверх по течению и на 200 *м* вниз;

ж) определить грунт дна;

з) нанести на основании съемки береговые линии в пределах 400 *м*;

и) собрать сведения об отверстиях мостов выше и ниже обследуемого перехода.

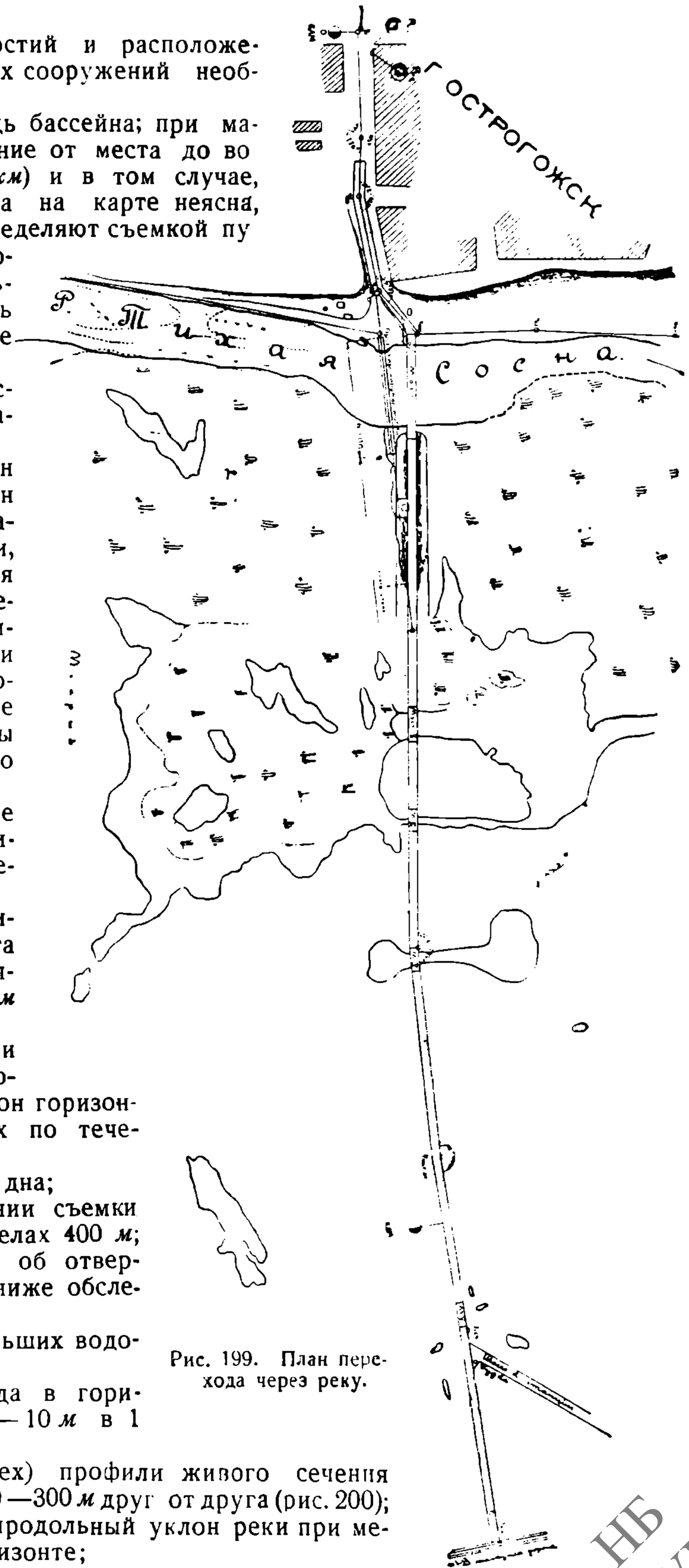


Рис. 199. План перехода через реку.

При пересечении больших водотоков надлежит:

1) снять план перехода в горизонталях в масштабе 2 — 10 *м* в 1 *см* (рис. 199);

2) снять (не менее трех) профили живого сечения реки на расстоянии 200 —300 *м* друг от друга (рис. 200);

3) пронивелировать продольный уклон реки при меженном и высоком горизонте;

4) определить бурением геологические разрезы русла и поймы;

НБ УДУНТ (ДШТ)

5) установить горизонты меженных и наиболее высоких вод, горизонт ледохода, скорости течения воды и направления струй при разных горизонтах;

6) собрать сведения о судоходстве и сплаве; в случае отсутствия данных о горизонтах воды, необходимо установить водомерный пост.

Работы по съемке на реках малой и средней величины могут производиться той же партией, которая ведет изыскания дороги. На больших судоходных реках объем работ настолько увеличивается, что целесообразно выделить для этих работ особую партию, приспособленную для производства специальных гидрологических работ и изысканий.

При наличии искусственных сооружений по ходу трасы или вблизи ее (на расстоянии до 3 *км*) необходимо составлять эскизы этих сооружений, с указанием размеров и существующих типов укрепления русла, а также с описанием состояния самого сооружения (степень годности главных элементов) и обстоятельств пропуска ледохода и весенних и ливневых паводков, с возможно более точным определением горизонта высоких вод.

Обследование грунтов и гидрологических условий, а также исследование запасов и качества местных карьерных материалов, производится при помощи особой группы почвоведов, как это указывалось в главе 14.

В случае отсутствия в районе постройки достаточного для постройки или улучшения дороги количества местных строительных материалов должно быть выяснено, из каких ближайших (с указанием расстояния) мест, каким путем (по железной дороге, водою и т. д.) и на каких условиях могут быть получены для разных участков дороги необходимые дорожно-строительные материалы. Необходимо во время изысканий озаботиться заготовкой образцов каменных пород и других материалов для испытаний.

Особое внимание надлежит уделять трасировке дороги на болотах, так как в этом случае стоимость постройки дороги будет очень высока.

Прежде всего болото должно быть охарактеризовано, т. е. должно быть указано, какого рода болото. Зондировка может производиться следующим образом: шест для зондировки должен быть очищен от коры, длиною 5 — 6 *м*, по возможности цилиндрический, с тупыми концами, с диаметром от 3 до 4 *см*, перед зондировкой растительный покров снимается; шест, приведенный в вертикальное положение, дружным усилием двух рабочих (не подростков) опускается до полного отказа большим диаметром вниз в намеченную лунку; при зондировке болот глубже 2 *м* погружение ведется непрерывно в две смены. В случае внезапной остановки погружения шеста, очевидно попавшего на случайное препятствие (коряги, корни и т. п.), шест вынимается и лунка закладывается рядом с прежней. Опускание считается правильным, если при погружении шест останавливается постепенно.

Кроме зондировки, не реже чем через каждые 50 *м* по оси дороги, производится поперечная зондировка в обе стороны, и если окажется, что погружение шеста в сторону от оси дороги дает бо́льшую величину, то на всем болоте производится зондировка не только по оси, но и в стороны, до бровки проектируемого земляного полотна, и за глубину зондировки принимается среднее арифметическое из двух наибольших величин.

Следует стремиться к тому, чтобы на переходе через болота траса прошла в направлении наименьших глубин болота.

Если есть основание полагать, что глубина зондировки более 4 *м*, то вместо зондировки шестом производится зондировка до материка металлическим буром. Результаты зондировки учитываются при исчислении земляных работ, а именно: для ориентировки нужно считать, что при глубине болота до 6 — 7 *м* рабочие отметки насыпей на болотах увеличиваются на половину величины зондировки. На болотах более глубоких рабочие отметки увеличиваются на полную глубину зондировки. Более подробные данные о проложении дорог по болотам изложены в главе 22.

При производстве изысканий, вместе с обследованием вопроса об имеющихся в районе трасы дорожно-строительных материалах, необходимо выяснить существующие на них цены, а также цены на другие важнейшие привозные строительные материалы и стоимость гужевого транспорта. Необходимо сверх того установить емкость местного рабочего рынка (в смысле наличия на месте

НБ УГЛТ (ДГТ)

рабочих разных специальностей), а также выяснить, какие потребуются меры для размещения привозных рабочих (например, не потребуется ли устройство бараков).

Согласно техническим условиям Цудортранса 1931 г. при производстве изысканий необходимо ежедневно приводить в порядок данные полевых работ, дабы своевременно можно было бы устранить и выяснить обнаруженные недочеты.

Эта обработка материала сводится к следующему:

1. Вычерчивают план пройденного участка.
2. Наносят на карту пройденную трасу.
3. Вычерчивают продольный профиль пройденного участка с нанесением вчерне намечаемой проектной линии, с вычислением основных рабочих отметок и с нанесением всех данных, полученных путем изысканий и помещаемых на продольном профиле (глубины зондировки болот, высоты горизонта высоких вод и пр.).
4. Вычерчивают планы и вычисляют уклоны бассейнов водотоков.
5. Вычерчивают поперечные профили.
6. Составляют необходимые ведомости.
7. Производят расчет отверстий всех искусственных сооружений, кроме отверстий титульных мостов.

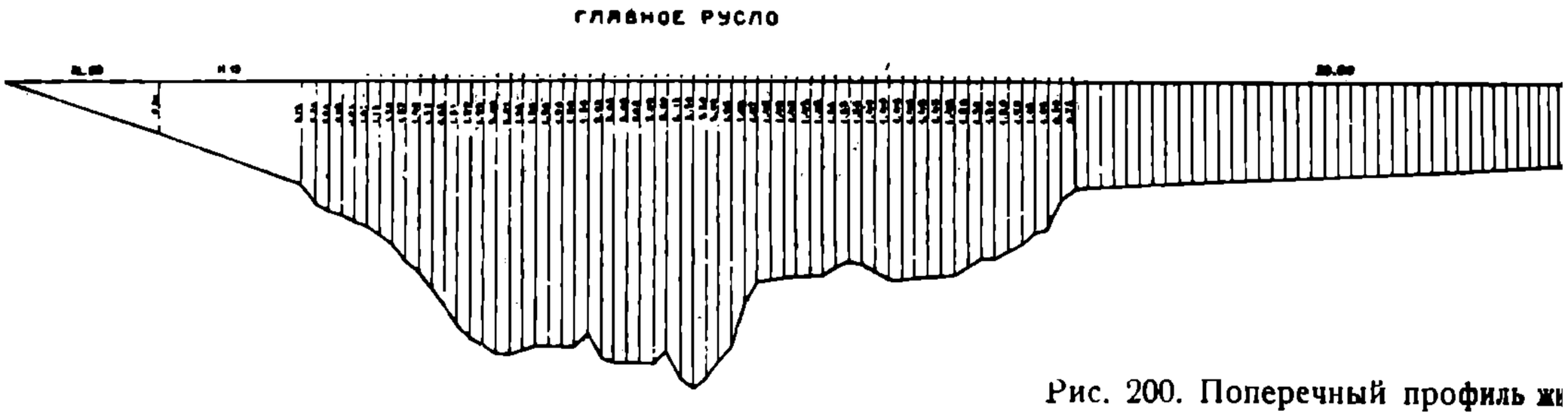


Рис. 200. Поперечный профиль жи

Продольный профиль дороги вычерчивается на клетчатой бумаге (миллиметровой) в масштабе: продольном 50 *м* в 1 *см* (1:5000) и вертикальном 5 *м* в 1 *см* (1:500); поперечные профили вычерчиваются в одинаковом масштабе для горизонтальных и вертикальных расстояний — 1 *м* в 1 *см* (1:100). Поперечный масштаб ситуационного плана внизу профиля принимается 50 *м* в 1 *см* (1:5000). Ширина ситуации принимается 100 *м*, а в затруднительных случаях, особенно в горной местности, по возможности не менее 25 *м*. Отдельный полный план линии вычерчивается в масштабе 1:20 000; на плане наносится ситуация смежных с трасой участков и указываются кривые и их радиусы. Планы бассейнов вычерчиваются в масштабах, удобных для ясного изображения их, с указанием масштаба, площади, длины, уклона.

Отметки местности и реперов записываются на профилях с двумя десятичными знаками. Порядковые пикеты на продольном профиле изображаются одной цифрой.

Для упрощения продольного профиля продольные длины (длина прямых и кривых, расстояние между точками перелома местности, расстояние начала и конца кривой от ближайшего пикета) выписываются на профиле в целых метрах, причем длина кривых, начало и конец кривых округляются до целых метров, точно же выписывается только длина тангенсов.

На продольном профиле выписываются все данные по разбивке кривых и румбы прямых, показываются границы грунтов, все существующие искусственные сооружения с естественным очертанием русла под ними, а также четко выписываются вверху профили репера и на плане ситуации — наименования селений, через которые (или вблизи которых) проходит траса. Составление продольных профилей производится согласно образцу продольного профиля, изображенного на рис. 67.

В результате произведенных подробных технических изысканий, для составления подробного проекта постройки дороги и исчисления ее стоимости должны быть представлены следующие материалы:

НБ УДУНТ (ДИТ)

1) Пояснительная записка, касающаяся производства изысканий, описания соответствующих условий водоотвода и снабжения дороги строительными материалами.

2) Все подлинные полевые журналы, подписанные лицами, производившими изыскания.

3) План трасы со всеми вариантами, четко нанесенный на топографической карте (возможно более крупного масштаба), или выкопировка из него, с нанесением на этом плане километража, проектируемых и существующих крупных искусственных сооружений, а также карьеров камня и песка и других дорожно-строительных материалов.

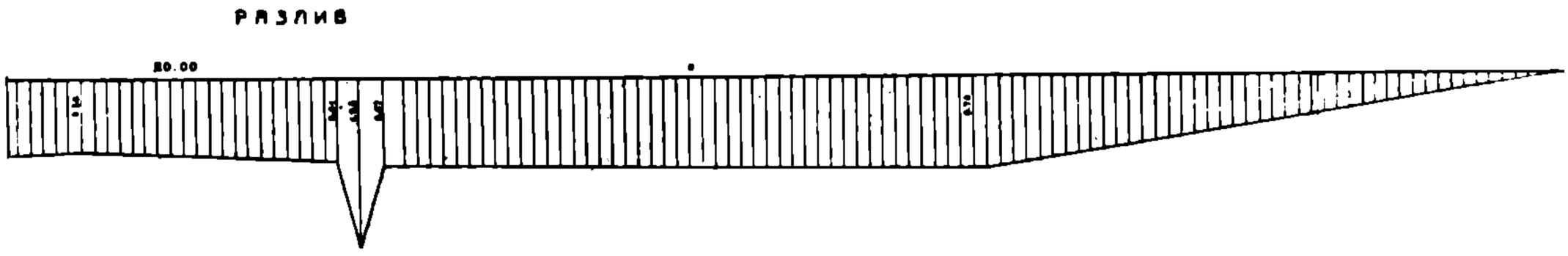
4) План всей трасы и прилегающей к ней полосы в масштабе 1:20000.

5) Планы отдельных участков (вариантов) дороги, с нанесением возможных вариантов трасы, в масштабе 1:2000 — 1:5000.

6) Продольный профиль по главному направлению и по вариантам в масштабе горизонтальном — 1:5000 и вертикальном — 1:500.

7) Поперечные профили местности в характерных местах.

8) Ведомость водотоков и существующих на них искусственных сооружений как на самой трасе, так и вблизи нее.



ния реки вместе с поймой.

9) Планы бассейнов, пересекаемых дорогой, как измеренных в натуре, так и снятых по карте, с указанием их площади, длины, уклонов, характера поверхности бассейнов и преобладающих грунтов.

10) Живое сечение водотоков, с указанием горизонта меженных и высоких вод и ледохода.

11) Данные по бурению и по зондировке болот.

12) Ведомость строений, подлежащих сносу, и ведомость ширины и площади дорожной полосы, с указанием рода занимаемых угодий,

13) Ведомость реперов.

14) Ведомость исследования грунтов.

15) Ведомость карьеров каменных и пр. дорожно-строительных материалов, с указанием их расположения по отношению к дороге.

16) Ведомость справочных цен на материалы, рабсилу и транспорт.

17) Пояснительная записка о выборе типа проезжей части.

18) Ведомость предполагаемых типов искусственных сооружений.

Окончательные изыскания производятся по утверждении проекта до приступа к работе с целью восстановления и закрепления на месте линии, введения тех исправлений, которые сделаны в утвержденном проекте для улучшения трасы предварительных изысканий.

При окончательных изысканиях должны быть произведены следующие основные работы:

1) Восстановлена вся линия, намеченная по предварительным изысканиям, и произведены всевозможные улучшения ее, в целях уменьшения строительных работ.

2) Разбиты все кривые на местности.

3) Сняты дополнительные поперечные профили для подсчета земляных работ и закладки резервов.

4) Собраны все недостающие данные для назначения отверстий искусственных сооружений, пересмотрены все данные подробных изысканий для расчета отверстий, сделаны уточнения и дополнения. какие окажутся необходимыми.

УДУНТ (ДИТ) НБ

Дорога .....

Л И С Т .....

РАБОТЫ, ПРОИЗВЕДЕННЫЕ С 19..... по 19 ..... г.

Перегоны .....

.....

19..... г.
19..... г.
19 г.
19..... г.
19..... г.
19 г.
19 г.

Спрямленный план дороги на ширину 64 *м*.

30 25 20 15 10 5 0 5 10 15 20 25 30

Обрез лев.

Ось полотна.

Обрез прав.

Состояние мостов и труб.

Разрез почвы по оси дороги на глубину до 70 *см*.

10 20 30 40 50 60 70

П р о е з д и м о с т ь

По наблюдению 19..... г.
19 г.
„ 19 ..... г.

Рис. 200-а. Карточка учета состояния дорожного полотна и сооружений (лицевая сторона).

НБ УДУНТ (ДИТ)

Качество дороги во время обследования 19.....г.

Согласно обследования

Поправочное

Продольный профиль.

Нивелирование 19.....г.

Промер щебеночной коры.

[Милиметровка для вычерчивания продольного профиля]

Карьеры

Красные отметки

Черные отметки

Уклоны

Расстояния

Сотки I II III IV

Километры

Спрямленная ось полотна

Рис. 200-б. Карточка учета состояния дорожного полотна и сооружений (продолжение лицевой стороны)

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Мосты, трубы и переправы лавы и паромы)

№№ сооружений	КМ сотка (200 м)	Растоян. от пред. сотки	Описание сооружений во время обследования 19.....г.	Год постройки	Состояние сооружений	Число пролетов	Длина	Ширина или отверстие	Высота		№№ сооружений	КМ сотка (200 км)	Растоян. от пред. сотки	Перестройка, постройка и упразднение сооружений	Год постройки	Число пролетов	Длина	Ширина или отверстие	Высота	

Рис. 200 в. Карточка учета состояния дорожного полотна и сооружений (оборотная сторона).

НБ УДУНТ (ДИТ)

Размеры полотна дороги:

Километры:																																						
Сотки (200 *м*):	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Во время обследования 19..... и 19..... года:																																						
Проезжая часть — Шоссе — Ширина																																						
Шоссе — Длина	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Шоссе — Толщина щебеночн. коры																																						
Мостовая — Ширина																																						
Мостовая — Длина																																						
Грунтовая — Ширина																																						
Грунтовая — Длина																																						
Гравийная — Ширина																																						
Гравийная — Длина																																						
Гать — Ширина																																						
Гать — Длина																																						
Полотно: Ширина																																						
Полотно: Длина																																						
После перестройки и постройки за период 19.....—19..... г.																																						
Проезжая часть — Шоссе — Ширина																																						
Шоссе — Длина	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Шоссе — Толщина щебеночн. коры																																						
Мостовая — Ширина																																						
Мостовая — Длина																																						
Гравийная — Ширина																																						
Гравийная — Длина																																						
Полотно: Ширина																																						
Полотно: Длина																																						

Итого: шоссе——мостовой——грунтовой—— по обследов. / после перестр.

Рис. 200 г Карточка учета состояния дорожного полотна и сооружений (продолжение оборотной стороны).

НБ УДУНТ (ДИТ)

Дор. эксплоат. участок _____ шоссе

обдортранс _____ тракт

Километр

линейный план и ситуация

Граница и знаки отчуждения **Л** ОСЬ ДОРОГИ **П** Граница и знаки отчуждения	План дороги наносится на миллиметровке
№№ искусств. сооруж.	
№№ гражд. зданий	
№№ и мощн карьеров и дальность возки	

Продольный профиль (по оси дороги) и геологический разрез (по обрезу)

МАСШТАБЫ: Гориз. 1 *см*—50 *м* Вертик. 1 *см*—2 *м* Для геологич. разреза 1 *см*—0,5 *м*	Продольный профиль наносится на миллиметровке
Красные отметки	
Горизонт. расстояния и уклоны	
Длина прямых и кривых и углы поворотов.	
Пикетаж	

Исполнено работ

Операционный год	I		II		III		IV		V	
	Колич	Руб.	Колич.	Руб.	Колич.	Руб.	Колич.	Руб.	Колич.	Руб.
19 — 19										
19 — 19										
19 — 19										
19 — 19										
19 — 19										
19 — 19										
19 — 19										
19 — 19										
19 — 19										
19 — 19										
19 — 19										
19 — 19										

Рис. 201. Учетная карточка на каждый *км* шоссейной дороги (лицевая сторона)

НБ УДУНТ (ДИТ)

			2	4	6	8
19 — гг.	Промеры щебеночной коры	20 10 0				
	Промеры балластного слоя	10 20				
	Общее состояние полотна дороги					
	Пучины					
	Состояние обочин	Л				
		П				
	Состояние канав	Л				
		П				
19 — гг.	Промеры щебеночной коры	20 10 0				
	Промеры балластного слоя	10 20				
	Общее состояние полотна дороги					
	Пучины					
	Состояние обочин	Л				
		П				
	Состояние канав	Л				
		П				
19 — гг.	Промеры щебеночной коры	20 10 0				
	Промеры балластного слоя	10 20				
	Общее состояние полотна дороги					
	Пучины					
	Состояние обочин	Л				
		П				
	Состояние канав	Л				
		П				
19 — гг.	Промеры щебеночной коры	20 10 0				
	Промеры балластного слоя	10 20				
	Общее состояние полотна дороги					
	Пучины					
	Состояние обочин	Л				
		П				
	Состояние канав	Л				
		П				
19 — гг.	Промеры щебеночной коры	20 10 0				
	Промеры балластного слоя	10 20				
	Общее состояние полотна дороги					
	Пучины					
	Состояние обочин	Л				
		П				
	Состояние канав	Л				
		П				
19 — гг.	Промеры щебеночной коры	20 10 0				
	Промеры балластного слоя	10 20				
	Общее состояние полотна дороги					
	Пучины					
	Состояние обочин	Л				
		П				
	Состояние канав	Л				
		П				

Оценка дороги по инвентарным спискам 193.....г.

а) Земляное полотно..... *куб. м*.....руб. г) Двугектометров знаки..... штук.....руб

б) Каменная одежда..... *куб. м*.....руб. д) Надолбы..... штук.....руб

в) Километр. знаки..... штук .....руб. е) Переездные мостики..... $\frac{\text{штук}}{\text{пог. м.}}$ руб.

Полоса отчуждения гектар.

..... *193.....г.* *Начальник участка*

Рис. 201-а. Учетная карточка на каждый *км* шоссейной дороги (оборотная сторона).

НБ УДУНТ (ДИТ)

Каменные и бетон.	жел.-бет.	железные	смешан.	деревян.

Экспц. участок .....
Облдортранс

шоссе .....
тракт

под ..... — ..... нагрузку

Перегон

.... километр +

Труба №

Схематические чертежи трубы.

Примечание: Схематические чертежные труды делаются на миллиметровке.

Масштаб .....

Примечания: а. На чертежах трубы требуется показать: 1) фасад, план, вертикальный разрез по оси трубы и поперечный разрез трубы; 2) горизонты высоких и меженних вод с верховой стороны; 3) продольный уклон трубы. б. Если труба косая, то на плане трубы указать угол косины.

Рис. 201-б Карточка для учета труб (Лицевая сторона).

Главнейшие данные:

1. Год постройки или перестройки
2. Диаметр или отверстие ..... *м.*
3. Высота (внутренн.) ..... *м.*
4. Длина *м.*
5. Высота насыпи от лотка ..... *м*
6. Укрепление лотка
7. Одежда полотна дороги над трубой
8.

Оценка сооружения по инвентарным спискам 193.....г. ..... руб.

..... *193 г.* *Начальник участка*

Годы	Назначено по плану			Исполнено по годовому отчету		Акт приемки		Примечание
	§	Род работы	Сумма	Род работы	Сумма	№	№ дела	
19								
19								
19								

Рис. 201-в. Карточка для учета труб. (Оборотная сторона).

НБ УДУНТ (ДИТ)

Каменные	жел.-бетон.	железные	смешан.	деревян.	до 10 *м.*	от 10 до 40 *м*	от 40 до 50 *м.*	от 50 до 100 *м.*	свыше 100 *м.*

Экспл. участок
Облдортранс

ПОД ..... НАГРУЗКУ

шоссе .....
тракт

Перегон

километр + ...

Мост №

через р. площадь бассейна ..... *кв км.*

Система моста

Схема моста

Примечание: Схема моста делается на миллиметровке.

Масштаб:

План перехода

Примечание: Схема моста делается на миллиметровке.

Масштаб: .....

Рис. 201в. Карточка для учета мостов (лицевая сторона).

НБ УДУНТ (ДИТ)

Главнейшие данные

1. Год постройки или перестройки.....
2. Длина по настилу *м*
3. Ширина между перилами *м*
4. проезжей части *м*
5. Высота настила над ур. в. в. ..... *м*
6. м в. ..... *м*
7. верха опорн. подушки над ур. в. в. *м*
8. Высота настила над гор. ледохода ..... *м*
9. Число пролетов и их размер.....
10. Число ледорезов
11. Длина дамб ..... *м*
12. Ширина дамб поверху ..... *м*
13. Высота дамб у устоя..... ..... *м*
14. Уклон откосов дамб.....
15. Продольный уклон дамб
16. Длина эстакад ..... *м*
17. .....
18.
19.

	Материал	Тип		Материал	Тип
Береговые опоры			Ледорезы		
Речные опоры			Эстакады		
Пролетное строение			Дамбы		
Верхнее строение			Разводная часть		

Оценка сооружения по инвентарным спискам 193 .....г.: .....руб

а) Береговые и речные опоры.....руб
б) Пролетное строение.....руб.
в) Эстакады
г) Дамбы .....руб.
д) Ледорезы .....руб
е) Разводная часть руб

„ .....*193*.....*г.* *Начальник участка*

Годы	Назначено по плану			Исполнено по годовому отчету		Акт приема		Примечание
	§	Род работы	Сумма	Род работы	Сумма	№	№ дела	
19								
19								
19								
19								
19								
19								
19								
19								
19								
19								

Рис. 201г. Карточка для учета мостов (оборотная сторона).

НБ УДУНТ (ДИТ)

5) Собраны окончательные данные по отводу земли и сносу строений.

6) Произведены недостающие обследования, бурение и пр.

7) Проложены в случае надобности новые варианты по указанию утверждающей инстанции.

После постройки дороги, для систематического учета состояния дороги и всех последующих работ, связанных с ее реконструкцией, необходимо, чтобы в эксплоатационных участках были заведены карточки учета, согласно приведенному выше образцу.

Возможно также иметь учетные карточки на каждый километр дороги, на каждую трубу и каждый мост (рис. 201, 201а и 201б).

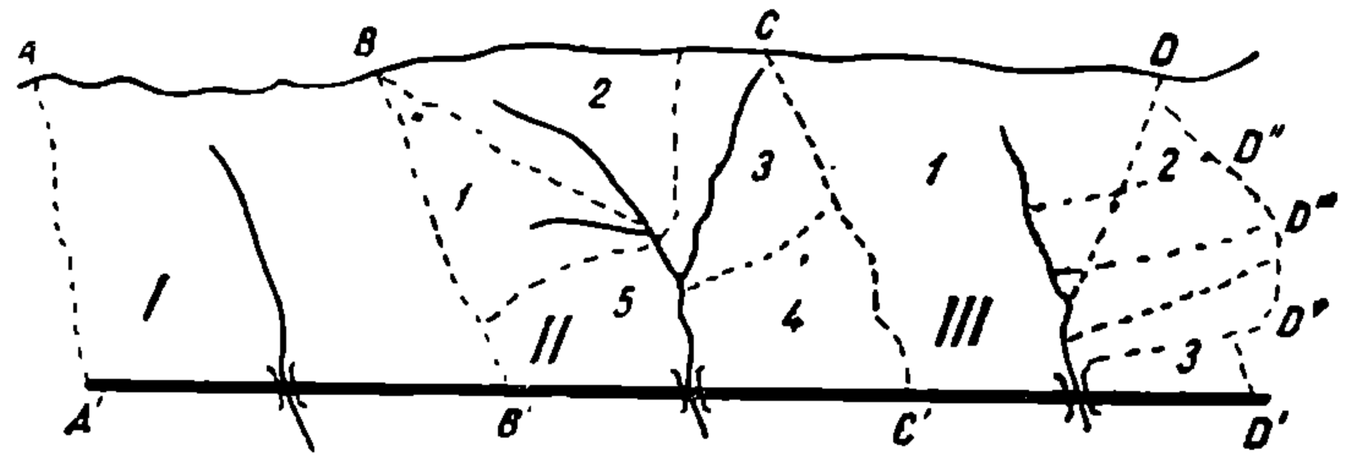


Рис. 202. Определение границ бассейнов искусственных сооружений.

§ 65. Определение отверстий искусственных сооружений. При составлении проекта постройки дороги, после подробных изысканий приходится рассчитывать отверстия моста, подпорный горизонт и назначать высоту насыпи на подходах к мосту.

Приемы определения отверстий малых и больших мостов сводятся к нахождению расчетного расхода воды, который должно пропустить данное сооружение, и к отысканию наиболее выгодного отверстия моста.

По техническим условиям Цудортранса (1931 г.) определение расчетного расхода производится: а) при размерах бассейна до 20 *кв. км* — по нормам, установленным НКПСом; б) при бассейнах от 20 до 100 *кв. км*, параллельно с вышеуказанным способом, по показаниям жителей, признакам прохода воды, натурным обследованием и др.; в) при бассейнах свыше 100 *кв. км* исключительно на основе натурных наблюдений. Ввиду указанного, способы расчета малых и больших мостов различны.

Для расчета малых мостов необходимо иметь следующие данные: 1) площадь бассейна F в $км^2$, 2) длину бассейна L *км*, 3) средний уклон всего тальвега i_0, 4) поперечный профиль русла в месте прохода, 5) уклон тальвега у места перехода (i), определяемый на протяжении 200 *м* выше и на 100 *м* ниже сооружения.

Все эти данные должны быть получены во время изысканий. Площадь и длина бассейна, с которой притекает вода к данному искусственному сооружению, может быть определена по карте в масштабе не мельче 1:150 000. В случае отсутствия карт или затруднений в определении границ бассейна по карте, следует определять площадь и длину бассейна инструментальным путем (рис. 202). Подсчет площади бассейна по карте производится: 1) планиметром, 2) разбивкой площади на геометрические фигуры и вычислением их площадей, 3) перенесением контура бассейна на кальку и накладыванием ее на миллиметровку.

Величина отверстия мостов и труб должна быть рассчитана на наибольший возможный приток воды во время наиболее интенсивного ливня или во время таяния снега.

Для первого случая расход может быть определен по формуле

$$Q = C\alpha F,$$

где

C — коэффициент, характеризующий собой величину выпадения осадков и обозначающий количество $м^3$ воды, притекающей к сооружению с 1 $км^2$ площади бассейна в зависимости от гидрологических условий при $\alpha = 1$. Величина коэффициента C находится по карте изолиний (рис. 203 и 204). Промежуточные значения коэффициента C определяют по интерполяции с точностью до целых единиц.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

α—коэффициент, зависящий от длины и уклона бассейна, или коэффициент стока. При коротких бассейнах с крутыми склонами вода сбегает быстро; в длинных и пологих происходит замедление стока и максимальный приток значительно

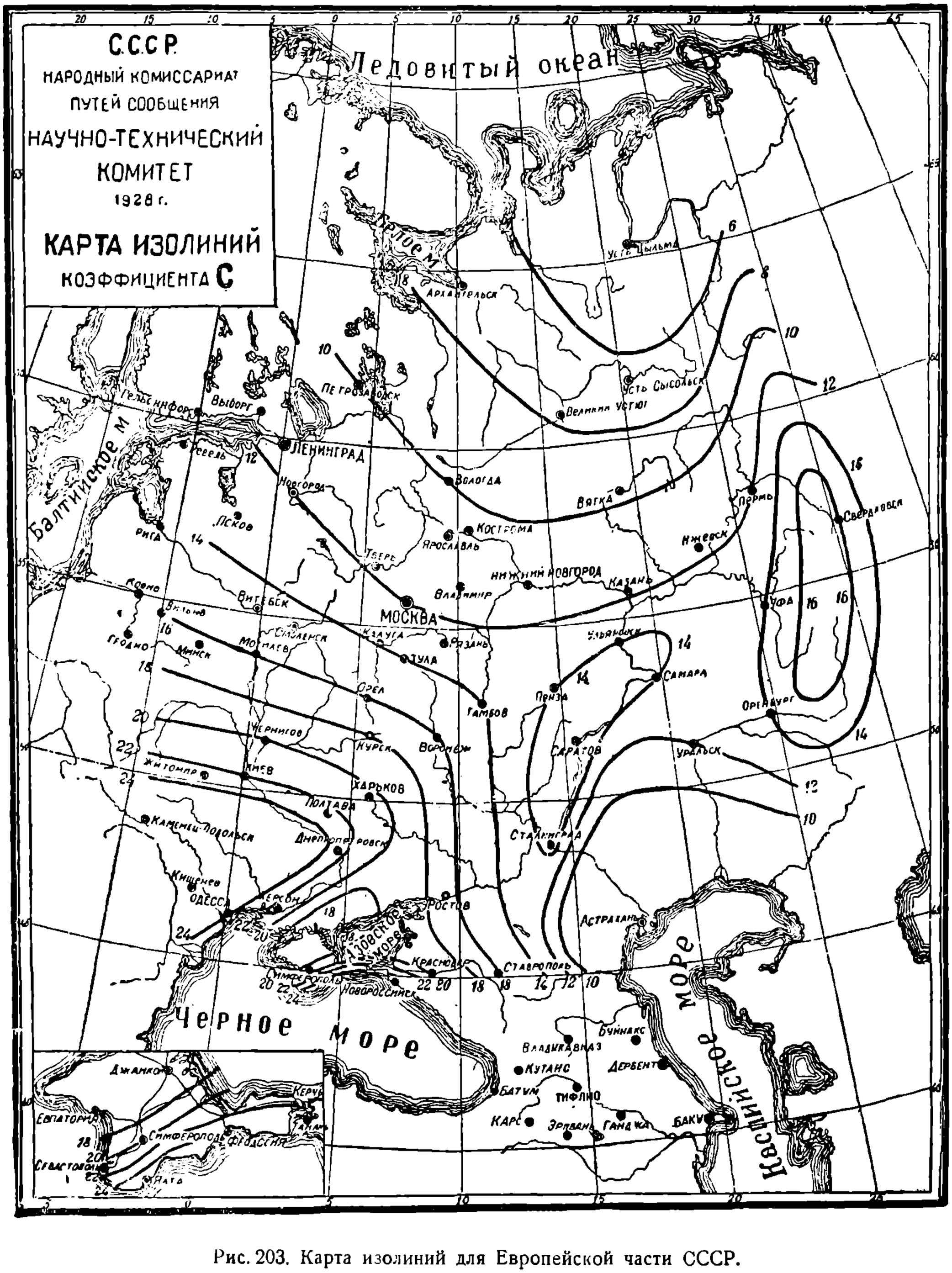


Рис. 203. Карта изолиний для Европейской части СССР.

меньше количества выпадающей воды. В обоих случаях принимается, что просачивание воды в грунт не происходит, в виду возможности мокрого и мерзлого состояния поверхности стока.

НБ УДУНТ (ДИТ)

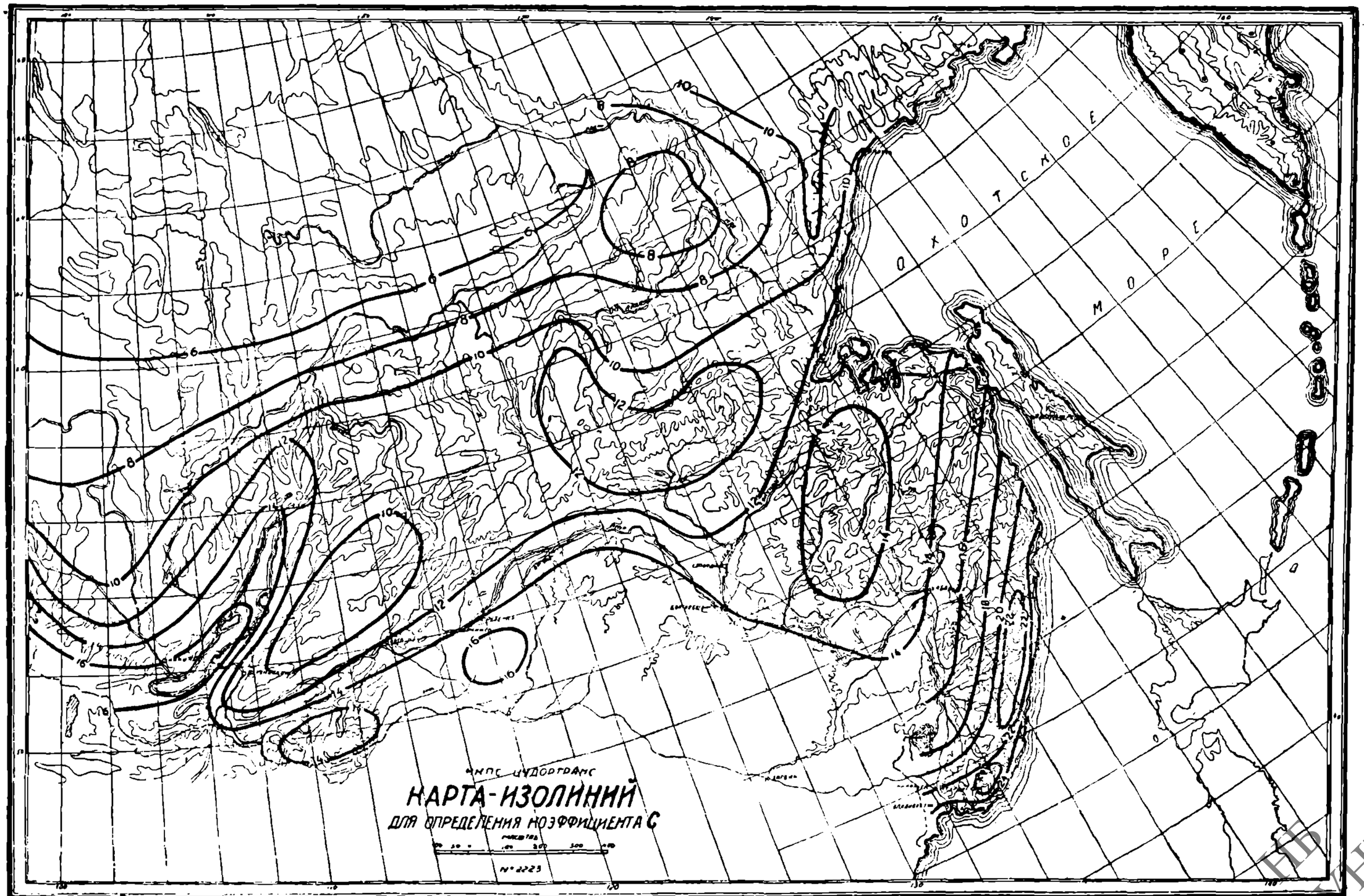


Рис. 204. Карта изолиний для Сибири

НТБ УДУНТ (ДПТ)

Величина коэффициента α для различных климатических районов приводится в таблицах 74 и 75 для различных климатических районов:

Таблица 74

Значение коэффициента α при величине C меньшей или равной 12.

Длина бас. L в *км* \ Уклон i	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,010	0,015	0,020	0,050	0,100
0	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,15	1,2	1,25
1	0,18	0,225	0,270	0,36	0,450	0,54	0,72	0,90	0,990	1,035	1,08	1,125
2	0,15	0,188	0,225	0,30	0,375	0,45	0,60	0,75	0,825	0,863	0,90	0,938
3	0,11	0,138	0,165	0,22	0,275	0,33	0,44	0,55	0,605	0,633	0,66	0,688
4	0,083	0,104	0, 35	0,18	0,225	0,27	0,35	0,45	0,495	0,518	0,54	0,563
5	0,066	0,083	0,108	0,144	0,185	0,222	0,296	0,37	0,407	0,426	0,444	0,463
6	0,055	0,069	0,090	0,120	0,154	0,185	0,254	0,317	0,349	0,365	0,380	0 396
7	0,047	0,059	0,077	0,100	0,132	0,159	0,218	0,272	0,308	0,322	0,336	0,350
8	0,041	0,052	0,068	0,090	0,116	0,139	0,191	0,238	0,270	0,282	0,300	0,313
9	0,033	0,041	0,054	0,072	0,093	0,110	0,152	0,190	0,216	0,225	0,240	0,250
10	0,028	0,035	0,045	0 060	0,077	0,093	0,127	0,159	0.180	0,188	0.200	0,209
12	0,024	0,030	0,039	0,051	0 066	0,079	0,109	0,136	0,151	0,161	0,171	0,179
14	0,021	0,026	0,034	0,045	0,058	0,069	0,09	0,119	0,135	0,141	0,150	0,157
15	0,018	0,023	0,030	0,040	0,051	0,062	0,085	0,106	0,120	0,125	0,138	0,139
08	0,017	0,021	0,027	0,035	0,045	0,056	0,076	0,095	0,108	0,113	0.120	0,125

Таблица 75

Значение коэффициента α при величине C большей 12.

Длина бас. L в *км* \ Уклон i	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,010	0,015	0,020	0,050	0,100
0	0,20	0,25	0,30	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,15	1,2	1,25
1	0,18	0,225	0,270	0,36	0,45	0,54	0,72	0,90	0,990	1.035	1,08	1,125
2	0,15	0,188	0,225	0,30	0,375	0,45	0,60	0,75	0 825	0,863	0,90	0.938
3	0,11	0,138	0,165	0,22	0,27	0,32	0,44	0,55	0,605	0,633	0,66	0,688
4	0,09	0,113	0,135	0,18	0,225	0,27	0,36	0,45	0,495	0,518	0,54	0.563
5	0,071	0,093	0,111	0,14	0,185	0,222	0,296	0,37	0,407	0,426	0,444	0,463
6	0,063	0,079	0,095	0,127	0,159	0,190	0,254	0,317	0,349	0,365	0,380	0,395
7	0,056	0,070	0,084	0,112	0,140	0,168	0,224	0,280	0,308	0,322	0,336	0,350
8	0,050	0,063	0,075	0,100	0,125	0,150	0.200	0,250	0,275	0.288	0.300	0,313
10	0,042	0,053	0,063	0,084	0,105	0,126	0,168	0,210	0,231	0,242	0,252	0,263
12	0,035	0,046	0,05 5	0.073	0,092	0,110	0,146	0,183	0,201	0,210	0,220	0,230
14	0,030	0,039	0,049	0,065	0,082	0,098	0,131	0,164	0,180	0,189	0,197	0,205
16	0,026	0,035	0,043	0,060	0,075	0,090	0,120	0,150	0,165	0,173	0,180	0,188
18	0,023	0,031	0,038	0,053	0,068	0,082	0,109	0,136	0,150	0,156	0,163	0,170
20	0,021	0,028	0,034	0,048	0,061	0,075	0,100	0,125	0,138	0,144	0,150	0,156

Обычно величина расхода, исчисленная по этой формуле, является несколько преувеличенной, а потому допускается уменьшение расчетной величины стока ливневых вод, — до 50% при благоприятных условиях, т. е. если большая часть площади бассейна имеет сильно проницаемую почву, а именно: 1) сыпучие сухие пески с мощностью залегания не менее 1 *м*; 2) рыхлые осыпи из щебня и гальки; 3) сильно трещиноватые известняки и гипсы (при этом должна быть учтена возможность влияния промерзаемости почвы на явления стока).

Не более чем на 20% допускается уменьшение расчетной величины стока для бассейнов площадью свыше 20 *км*², покрытых в большей своей части лесом.

НБ УДУНТ (ДИТ)

С другой стороны, надлежит повышать, но не более чем на 30%, расчетную величину стока ливневых вод, при особо неблагоприятных условиях, способствующих увеличению стока, когда грунт на большей части площади бассейна состоит из непроницаемых пород, а именно: а) сплошной скалы из массивных кристаллических пород без трещин, или с малым количеством трещин; б) жирной глины; в) вечно мерзлой подпочвы, способствующей, при оттаивании верхнего слоя, увеличению стока.

Этой же формулой можно пользоваться при определении поперечного сечения канав, как это указывалось в § 45.

По техническим условиям Цудортранса формула для определения расхода воды имеет вид

$$Q = 0{,}7 \quad C \cdot \alpha \quad F,$$

где 0,7 — обычно принимаемый коэффициент уменьшения расхода против приведенной выше формулы.

Помимо ливневого стока определяется расход от таяния снеговых вод по формуле $Q_2 = CF$, где C — модуль снегового стока, F — площадь бассейна в $км^2$. Величина модуля снегового стока для малых бассейнов (до 2500 $км^2$) принимается в Европейской части СССР от 1,5 до 0,5 $м^3$/сек с 1 $км^2$ причем значение модуля убывает по направлению с северо-востока на юго-запад. Для средних условий $C = 1$. Для расчета принимается больший из этих двух расходов.

Пример: Даны. площадь бассейна $F = 5{,}6$ $км^2$
длина $L = 2{,}35$ $км$
уклон $i = 0{,}0054$ „

C — для Рязани по карте изолиний $= 13$.

$C > 12$; коэффициент α определяем по вышеприведенной таблице.

$$\alpha = 0{,}375.$$

Расход: $Q_1 = C\alpha F = 13 \times 0{,}375 \times 5{,}6 = 27{,}3$ $м^3$/сек.

Расход от таяния снегов $Q_2 = CF$, принимаем модуль таяния снегов для средних условий $= 1$,

получаем $Q_2 = 1 \times 5{,}6 = 5{,}6$ $м^3$/сек.

Приток ливневых вод 27,3 $м^3$/сек. $> 5{,}6$ $м^3$/сек., следовательно, необходимо принимать для расчета $Q = 27{,}3$ $м^3$/сек.

Для грунтовых дорог иногда, в целях сокращения строительных расходов, если по условиям перевозок можно рискнуть перерывом сообщения, допускается уменьшение коэффициента C почти на 30%.

Уменьшение расхода, а следовательно и величины расчетного отверстия, возможно особенно при перестройке деревянных мостов на грунтовых дорогах, когда мост, существовавший до перестройки, по своей длине был меньше расчетного, причем размыва дна за время его существования не наблюдалось.

Полученный в вышеприведенном примере расход 27,3 $м^3$/сек., согласно указанным данным, можно было бы уменьшить до $0{,}7 \times Q = 0{,}7 \times 27{,}3 = 19\,1$ $м^3$/сек.

В последнее время для определения расхода ливневой воды при расчете искусственных сооружений малых отверстий Центральным научно-исследовательским институтом транспортного строительства (ЦИС) НКПС предложено пользоваться формулой инж. М. М. Протодьяконова в следующем виде:

$$Q = 16{,}67 \times F \times (aK - i),$$

где Q — наибольший расход ливневых вод ($м^3$/сек),
F — площадь бассейна в его наименее выгодной расчетной части ($км^2$),
a — максимальная интенсивность дождя при продолжительности его, дающей наибольшее значение расхода для принятого за единицу климатического района ($мм$/мин),
K — климатический коэффициент,
i — интенсивность впитывания воды почвой ($мм$/мин).

Значения максимальных интенсивностей дождей для средних условий Центрального района Европейской части СССР (между 52° — 60° сев. широты и 33° 20′ — 47° 20 вост. долготы) берутся в зависимости от продолжительности расчетного дождя, по данным следующей таблицы:

РГБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 76

Интенсивность впитывания

Продолжительность дождя t		Максим. интенсивность *мм*/мин. a	Продолжительность дождя t		Максимальная интенсивность *мм*/мин. a
час.	мин.		час.	мин.	
—	2	4,46	—	50	1,25
—	3	4,24	1	—	1,09
—	4	4,03	1	10	0,96
—	5	3,85	1	20	0,86
—	6	3,68	1	30	0,78
—	7	3,52	1	40	0,71
—	8	3,38	2	—	0,61
—	9	3,25	2	20	0 53
—	10	3,12	2	40	0,47
—	12	2 91	3	—	0,42
—	14	2,72	3	20	0,38
—	16	2,55	3	40	0,35
—	18	2,40	4	—	0,325
—	20	2,27	4	20	0,30
—	25	2,00	4	40	0,28
—	30	1,77	5	—	0,26
—	35	1,61	5	20	0,25
—	40	1,47	5	40	0.23
—	45	1,35	6	—	0,22

Примечание. Таблица исчислена по формуле

$$a = \frac{5}{1 + 0{,}06t}$$

где

t = продолжительность дождя (мин.).

Для средних условий Центрального района Европейской части СССР климатический коэффициент $K = 1$. Для других районов коэффициент K определяется сообразно соотношениям суточных максимумов осадков по равенствам:

$$K = \frac{M_1}{68} \text{ и } K = \frac{M_2}{33},$$

где

M_1 — наибольшее значение суточного количества дождевых осадков, наблюдавшегося данной метеорологической станцией, желательно в течение 30 лет или, при неимении достаточных наблюдений, за меньший период времени, но не менее 15 лет.

M_2 — среднее арифметическое из взятых по отдельным годам наибольших суточных количеств дождевых осадков, наблюдавшихся данной метеорологической станцией, желательно за 30 лет, а при невозможности — за меньший период времени.

Величины M_1 и M_2 определяются по отдельным метеорологическим станциям, расположенным в районе дороги, и из полученных значений K берется среднее арифметическое. Если климатические условия дороги переменны, дорога разбивается на ряд участков с различными климатическими коэффициентами. Для определения коэффициента на местах должен собираться исчерпывающий метеорологический материал о суточных максимумах осадков.

Интенсивность впитывания i определяется путем опытов над впитыванием. С этой целью на поверхности земли, по возможности на ровном и горизонтальном месте, устанавливается кольцевое двухрядное ограждение из котельного железа толщиной 2—3 *мм* и несколько (на 2—3 *см*) вколачивается в землю (рис. 205). В ограждение наливается вода, сначала в наружное кольцевое пространство (причем вода нигде не должна проникать внутрь), потом во внутреннее пространство. Наблюдения ведутся исключительно по уровню внутреннего пространства; наружное же водяное кольцо служит лишь для предохранения от влияния бокового впитывания, и в него время от времени подливается вода так, чтобы уровень воды держался одинаковый с уровнем внутреннего пространства. Наблюдатель через определенные промежутки

НТБ УДУНТ (ДИТ)

времени (сначала через 2 мин., потом через 5 и 10 мин.) измеряет расстояние от поверхности воды во внутреннем пространстве до определенного уровня, напр. до рейки, неподвижно положенной сверху на ограждение. Время и величина промера заносятся в журнал. Разность промеров такого рода дает понижение уровня за соответствующий промежуток времени. Опыт продолжается не менее 2 часов. При сильной впитываемости, в момент, когда уровень воды снизится до 1 *см* над поверхностью земли, делается долив воды, причем производятся промеры непосредственно до и после долива. Понижение уровня за период от 1 до 2 ч., деленное на 60, принимается в качестве величины интенсивности впитывания *i мм*/мин. Производство опытов по впитыванию не допускается при температуре воздуха или почвы ниже нуля, а равно при почве, хотя бы частично промерзшей на глубину возможного просачивания воды в грунт.

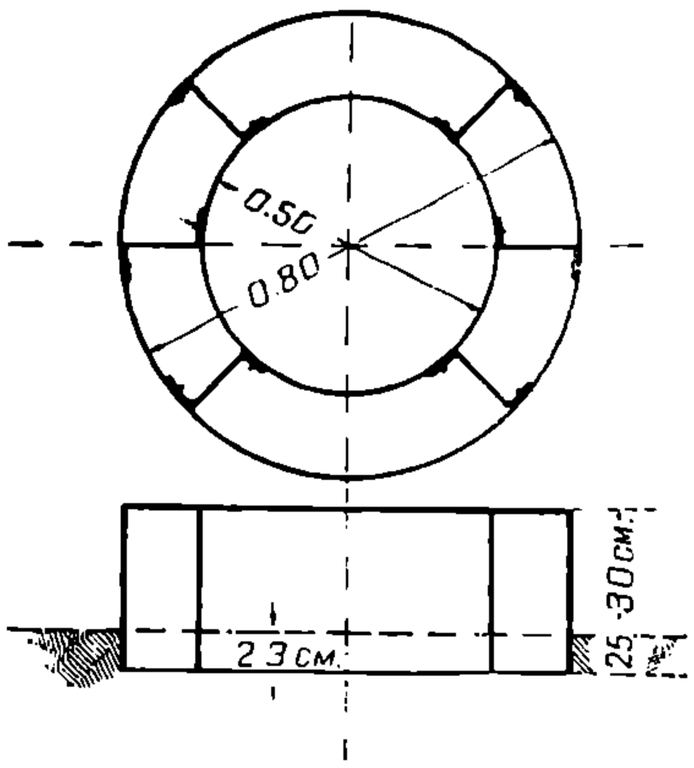


Рис. 205. Испытание на интенсивность впитывания.

Входящая в формулу расхода величина интенсивности дождя a определяется сообразно продолжительности дождя, равной времени стекания воды по бассейну или по его наивыгоднейшей, в отношении стока, расчетной части. Требующиеся для определения этого времени скорости течения v_1 и v_2 приведены в таблицах 77 и 78.

С помощью этих таблиц по приведенной формуле расхода определяется расход лишь для бассейнов весьма малой величины. При этом сначала следует задаться временем стекания и определить соответствующие значения a и Q. Дальнейший расчет ведется по способу последовательного приближения, причем время стекания t определяется по формуле

$$t = 16{,}67\left(\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2}\right),$$

где l_1 — путь стекания по логу (*км*); l_2 — путь стекания по склонам (*км*); V_1 и V_2 — скорости стекания по логу и по склонам (*м*/сек) (см. таблицы).

Скорость V_1 берется по таблице 77 сообразно величине расхода, определенного по предшествующему приближению; скорость V_2 — по таблице 78, причем величина $A = (ak - i)\,l_2$. Величина l_2 может приниматься равной половине

Скорость стекания воды по логу V_1 м/сек **Таблица 77**

Расходы воды Q м³/сек \ Уклон лога J_1 ‰	1	2	5	10	15	20	30	40	50	75	100	150	200
1	0,20	0,26	0,37	0,48	0,55	0,62	0,72	0,80	0,87	1,01	1,13	1,31	1,46
2	0,24	0,31	0,44	0,56	0,66	0,73	0,85	0,95	1,03	1,20	1,34	1,56	1,74
5	0,30	0,39	0,55	0,71	0,83	0,92	1,07	1,19	1,30	1,51	1,68	1,96	2,19
10	0,36	0,46	0,65	0,84	0,98	1,10	1,28	1,42	1,54	1,80	2,00	2,33	2,60
15	0,39	0,51	0,72	0,93	1,09	1,21	1,41	1,57	1,71	1,99	2,21	2,58	2,88
20	0,42	0,55	0,77	1,00	1,17	1,30	1,52	1,69	1,83	2,13	2,38	2,77	3,09
30	0,47	0,61	0,85	1,11	1,29	1,44	1,68	1,87	2,03	2,36	2,63	3,00	3,42
40	0,50	0,65	0,92	1,19	1,39	1,55	1,80	2,01	2,18	2,54	2,83	3,30	3,68
50	0,53	0,69	0,97	1,26	1,47	1,63	1,90	2,12	2,30	2,68	2,99	3,48	3,88
75	0,59	0,76	1,08	1,40	1,63	1,81	2,11	2,35	2,55	2,97	3,31	3,86	4,31
100	0,63	0,82	1,16	1,50	1,75	1,95	2,27	2,53	2,74	3,20	3,50	4,14	4,63
150	0,70	0,91	1,28	1,66	1,93	2,15	2,51	2,79	3,03	3,54	3,94	4,58	5,12
200	0,75	0,98	1,38	1,79	2,08	2,32	2,70	3,00	3,26	3,80	4,23	4,93	5,50
250	0,79	1,03	1,45	1,88	2,19	2,44	2,84	3,17	3,44	4,01	4,47	5,20	5,80
300	0,83	1,08	1,52	1,97	2,30	2,56	2,98	3,32	3,60	4,20	4,67	5,44	6,08
400	0,90	1,16	1,64	2,12	2,47	2,75	3,21	3,57	3,88	4,52	5,03	5,86	6,54
500	0,95	1,23	1,73	2,24	2,61	2,91	3,39	3,77	4,10	4,77	5,31	6,19	6,91

Примечание. Таблица исчислена по формуле: $V_1 = 0{,}200\ Q^{1/4}\ J_1^{3/8}$.

РБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 78

Скорость стекания по склонам

Уклон склонов / $J_2{}^0/_{00}$ / A	1	2	5	10	15	20	30	40	50	75	100	150	200
0,1	0,041	0,047	0,056	0,063	0,068	0,072	0,078	0,082	0,086	0,092	0,098	0,105	0,111
0,2	0,058	0,066	0,079	0,089	0,097	0,102	0,110	0,116	0,121	0,131	0,138	0,149	0,157
0,5	0,092	0,105	0,124	0,142	0,153	0,161	0,174	0,184	0,192	0,206	0,218	0,235	0,249
1,0	0,130	0,148	0,176	0,200	0,216	0,228	0,246	0,260	0,271	0 292	0,309	0,332	0,352
1,5	0,159	0,181	0,215	0,245	0,265	0,279	0,301	0,318	0,332	0,357	0,378	0,407	0,431
2,0	0,184	0,209	0,249	0,283	0,306	0,322	0,348	0,367	0,383	0,413	0,437	0,470	0,498
2,5	0,205	0,234	0,278	0,316	0,341	0,360	0,389	0,411	0,428	0,461	0,488	0,526	0,556
3,0	0,225	0,256	0,304	0,346	0,374	0,395	0,426	0,450	0,469	0,505	0,534	0,576	0,609
4	0,260	0,296	0,351	0,400	0,432	0,456	0,492	0,520	0,542	0,583	0,617	0,664	0,704
5	0,290	0,331	0,393	0,447	0,483	0,510	0,550	0,580	0,606	0,652	0,690	0,743	0,788
6	0,318	0,363	0,430	0,490	0,529	0,558	0,602	0,636	0,664	0,714	0,756	0,814	0,862
8	0,368	0,419	0,497	0,566	0,611	0,645	0,696	0,734	0,766	0,826	0,874	0,940	0,995
10	0,411	0,468	0,556	0,632	0,683	0,720	0,778	0,821	0,857	0,922	0,976	1,051	1,111

Примечание. Таблица исчислена по формуле: $V_2 = 0{,}130\, A^{1/5}\, J_2{}^{3/16}$.

ширины бассейна $\frac{B}{2}$. Когда разница между последовательными приближениями в величине расхода станет меньше 5%, то дальнейший расчет можно прекратить.[1]

Для предварительных изысканий и сметных соображений определение расхода можно производить по упрощенной формуле:

$$Q = CjF^{3/4},$$

где F — площадь бассейна, *км*^{2},

C — коэффициент гористости; принимаем для равнинных и слабохолмистых бассейнов $C = 10$, для сильнохолмистых $C = 15$, для слабогористых $C = 20$, для сильногористых $C = 25$;

j — коэффициент проницаемости почв; принимается для почв средневпитывающих (i от 0,6 до 2,0 *мм*/мин.) — $j = 1$, для почв слабовпитывающих (глины, жирные суглинки, скалы и др. i до 0,6 *мм*/мин)—$j = 1{,}50$; для почв сильновпитывающих (пески, супески и др. i больше 2,0 *мм*/мин.) $j = 0{,}5$.

Таблица 79

Исчисления площади бассейнов в степени $^3/_4$

F	$F^{3/4}$	F	$F^{3/4}$	F	$F^{3/4}$
0,1	0,1781	3,0	2,28	15	7,622
0,2	0,.991	3,5	2,559	16	8,000
0,3	0,4054	4,0	2,828	17	8,372
0,4	0,5035	4,5	2,0?0	18	8,739
0,5	0,5943	5,0	3,344	19	9,100
0,6	0,6819	5,5	3,591	20	9,457
0,7	0,7654	6,0	3,834	22	10,16
0,8	0,8459	6,5	4,071	24	10,84
0,9	0,9241	7,0	4,303	26	11,51
1	1	7,5	4,532	28	12,17
1,2	1,147	8,0	4,757	30	12,82
1,4	1,287	8,5	4,978	35	14,39
1,6	1,422	9,0	5,196	40	15,90
1,8	1,554	9,5	5,411	45	17,37
2,0	1,682	10	5,62	50	18,80
2,2	1,806	11	6,040	60	21,54
2,4	1,928	12	6,447	70	24,20
2,6	2,048	13	6,846	80	26,75
2,8	2,165	14	7,238	90	29,22
				100	31,70

[1] Подробности расчета расхода ливневых вод по формулам инж. М. М. Протодьяконова см. „Нормы расчета стока поверхностных вод 1931 г.", издание ЦИС—НКПС—1931 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Определенный по этой формуле максимальный расход должен быть уменьшен в n раз причем коэффициент n имеет следующие значения:

Железобетонные, железные, деревянные мосты на массивных опорах, с небольшим числом пролетов 1,75
Каменные и бетонные трубы, каменные мосты, деревянные и иные мосты, состоящие из большого числа малых пролетов (эстакадного типа), а также нагорные и иные канавы, переполнение которых может угрожать полотну и сооружениям 2,25
Временные искусственные сооружения и на обходах 2;75
Водоотводные канавы всякого рода, переполнение которых не может угрожать полотну и сооружениям 3,0

Для облегчения расчета по этой формуле служит таблица 79.

При расчете отверстия течение воды под мостом или трубой рассматривается как течение в открытом канале прямоугольного сечения; считается, что вода не скапливается перед сооружением и что длина сооружения довольно значительна по сравнению с его шириной.

Определение бытовой скорости и глубины притекания при бытовых условиях необходимо для того, чтобы можно было судить о применимости при расчете отверстий формулы Бресса и для определения величины подпора.

Игнорирование скорости притекания при величине ее больше 1 *м* в секунду приводит к значительному запасу в величине отверстия и высоте искусственного сооружения.

Горизонт высокой воды при бытовых условиях установить на месте в большинстве случаев не представляется возможным, а потому его определяют подбором. Для этого вычерчивают на клетчатке поперечный профиль русла у сооружения и на нем подбором или по таблицам намечают глубину воды a. Подсчитывают гидравлические элементы русла при данной глубине:

ω — живое сечение русла,
p — смачиваемый периметр,
$R = \frac{\omega}{p}$ — подводный радиус, равный частному от деления живого сечения на смачиваемый периметр.

Бытовая скорость

$$V_0 = C\sqrt{Ri},$$

где C — скоростный коэффициент $= \frac{87}{i + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$ (по Базену),

i — уклон тальвега,
γ — коэффициент шероховатости для земляного русла (см. § 45).

Величина $C\sqrt{R}$ для различных γ и R и величина $\sqrt{i}$ приведены в нижеследующих трех таблицах №№ 80, 81, 82.

Таблица 80

Значения $\sqrt{i}$ для формулы Дарси-Базена

Уклоны i	$\sqrt{i}$	Уклоны i	$\sqrt{i}$	Уклоны i	$\sqrt{i}$	Уклоны i	$\sqrt{i}$
0,000	0,00	0,013	0,114	0,026	0,161	0,039	0,197
0,001	0,032	0,014	0,118	0,027	0,164	0,040	0,200
0,002	0,045	0,015	0,122	0,028	0,167	0,041	0,202
0,003	0,055	0,016	0,126	0,029	0,170	0,042	0,205
0,004	0,063	0,017	0,130	0,030	0,173	0,043	0,207
0,005	0,071	0,018	0,134	0,031	0,176	0,044	0,210
0,006	0,077	0,019	0,138	0,032	0,179	0,045	0,212
0,007	0,084	0,020	0,141	0,033	0,182	0,046	0,214
0,008	0,089	0,021	0,145	0,034	0,184	0,047	0,217
0,009	0,095	0,022	0,148	0,035	0,187	0,048	0,219
0,010	0,100	0,023	0,152	0,036	0,190	0,049	0,221
0,011	0,104	0,024	0,155	0,037	0,192	0,050	0,224
0,012	0,109	0,025	0,158	0,038	0,195	—	—

НБ УИУНТ (ДИТ)

На основании этих данных выводится расход при бытовых условиях $Q_0 = \omega V_0$.

Если полученный расход отличается от расчетного не больше, чем на 10% го горизонт при глубине a принимают за действительный.

Таблица 81

Значения коэффициента шероховатости γ для формулы Дарси-Безена

№ по пор.	Род обделки стенок русла	γ
1	Очень гладкие стенки (строганые доски, гладкая цементная штукатурка и т. д.)	0,06
2	Гладкие стенки (нестроганые доски, тесовая и кирпичная кладка, бетонные и чугунные трубы, весьма хорошая бетонировка и др.)	0,16
3	Негладкие стенки (хорошая бутовая кладка, посредственная бетонировка).....	0,46
4	Грубо обделанные стенки (грубая бутовая кладка, весьма грубая бетонировка по скале, замощение булыжником, стенки в плотных землистых грунтах, притом весьма хорошо содержимые, стенки чисто высеченные в скале)	0 85
5	Земляные стенки в обычном состоянии (сюда же — мощеные, но несколько заросшие и т. д.)	1,30
6	Земляные русла, оказывающие особенно сильное сопротивление (при плохом содержании, значительных водорослях, скалистом с валунами или крупно-галечном дне и пр)	1,75

Таблица 82

Значения $C\sqrt{R}$ для различных гидравлических радиусов R и коэффициентов шероховатости γ для вычислений по формуле Дарси-Базена

R	γ = 0,46		γ = 0,85		γ = 1,30		γ = 1,75		R	γ = 0,46		γ = 0,85		γ = 1,30		γ = 1,75	
0,06	7,40	1,97	4,76	1,39	3,37	1,02	2,62	0,80	0,75	49,19	2,23	38,05	1,94	30,14	1,60	24,94	1,42
0,08	9,37	1,85	6,15	1,31	4,39	0,98	3,42	0,78	0,80	51,32	2,13	39,88	1,83	31,73	1,59	25,28	1,34
0,10	11,22	1,72	7,46	1,26	5,37	0,96	4,20	0,87	0,85	53,48	2,16	41,75	1,87	33,28	2,55	27,66	1,38
0,12	12,94	1,65	8,72	1,23	6,33	0,93	4,98	0,74	0,90	55,61	2,13	43,50	1,75	34,83	1,55	29,04	1,38
0,14	14,59	1,61	9,95	1,20	7,26	0,90	5,72	0,76	0,95	57,62	2,01	45,30	1,80	36,37	1,54	30,32	1,28
0,16	16,20	1,52	11,15	1,13	8,16	0,91	6,48	0,73	1,00	59,60	1,98	47,03	3,37	37,80	1,43	31,60	1,28
0,18	17,72	1,46	12,28	1,15	9,07	0,90	7,21	0,70	1,10	63,40	3,80	50,40	3,26	40,72	2,92	34,20	2,60
0,20	19,18	1,46	13,43	1,07	9,97	0,86	7,91	0,72	1,20	67,12	3.72	53,66	3,17	43,58	2,86	36.68	2,48
0,22	20,64	1,31	14,50	1,08	10.83	0,83	8,63	0,68	1,30	70,68	3,56	56,83	3,07	46,35	2,77	39,10	2.42
0,24	21,95	1,36	15,58	1,04	11,66	0,84	9,31	0,72	1,40	74,13	3,45	59,90	3,00	49,04	2,69	41,49	2,39
0,26	23,31	1,29	16,62	1,05	12,50	0,83	10,03	0,66	1,50	77,46	3.33	61,90	2,95	51,65	2,61	43,87	2,38
0,28	24,60	1,32	17,67	1,03	13,33	0,81	10,69	0,65	1,60	80,70	3,24	65,85	2,85	54,27	2,62	46,17	2,30
0,30	25,92	1,19	18,70	0,95	14,14	0,80	11,34	0,69	1,70	83,85	3,15	68,70	2,75	56.81	2,54	48,43	2,26
0,32	27,11	1,17	19,65	0,99	14,94	0,74	12,03	0,62	1,80	86,90	3,05	71,45	2,73	59,27	2,46	50,65	2,22
0,34	28,28	1,24	20,64	0,94	15,08	0,82	12.65	0,67	1,90	89,92	3,02	74,18	2,67	61,73	2,46	52,84	2,19
0,36	29,52	1,16	21,58	0,97	16,50	0,75	13,32	0,66	2,00	92,84	2,92	76,85	5,18	64,11	2,38	55,00	2,16
0,38	30,68	1,17	22,55	0,95	17,25	0,86	13,98	0,52	2,20	98,47	5,63	82,03	4,97	68,81	4,70	59,20	4,20
0,40	31,85	1,13	23,50	0,88	18,01	0,74	14,60	0,63	2,40	103,94	5.47	87,00	4,86	73,27	4,46	63,30	4,10
0,42	32,98	1,10	24,38	0,94	18,75	0,75	15,23	0,62	2,60	109,13	5.19	91,86	4,64	77,67	4.40	67,27	3,97
0,44	34,08	1,04	25,32	0,84	19,59	0,70	15.85	0,62	2,80	114,19	5,06	96,50	4,58	81,93	4,26	71,16	3,89
0,46	35,12	1,12	26,16	0,91	20,20	0,73	16,47	0,65	3,00	119,07	4,88	101,08	4,42	86,08	4,15	75.00	3,84
0,48	36,24	1,02	27,07	0,88	20,93	0,70	17,12	0,56	3 20	123.80	4,73	105,50	4 30	90,11	4,03	78.67	3,68
0,50	37,26	2,59	27,95	2,13	21,63	1,85	17,68	1,54	3.40	128,39	4,59	109,80	4,20	94,08	3,97	82,30	3,63
0,55	39,85	2,47	30,08	2,05	23,45	1,71	19,22	1,47	3,60	132,86	4,47	114,00	4.10	97,96	3,88	85,87	3.57
0,60	42,32	2,33	32,13	2,01	25,16	1,32	20.69	1,39	3,80	137,21	4,35	118,10	4,01	101,74	3,78	89,37	3,50
0,65	44,65	2,31	34,14	1,97	2 ,84	1,70	22,08	1,44	4,00	141,40	4,19	122,11		105,45	3,71	92,80	3,43
0,70	46,96		36,11		28,54		23,52										

Примечание. Во второй графе значений γ приходится табличная разность для облегчения определения γ в случае, если R имеет точность до 1/100.

Величину отверстия определяют в зависимости от скорости V, допускаемой руслом или укреплением дна. Средняя скорость приведена в таблице 83

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 83

Наименование грунта, русла или укрепления	Скоростъ *м сек.*	
	Допуск. по дну $v_{дн}$ *м*/сек.	Сред. рас. в отв р. *V м сек.*
Илистый грунт	0,10	0,15
Мелкий песок.....	0,25	0,35
Крупный песок, лесс, дерновка плашмя.....	0,60	0,80
Глинистые грунты средней плотности (суглинки, супески)	0.40—0,75	0,55—0.95
Гравий, мелкая галька (до 2,5 *см*)...	1,00	1,25
Хрящеватый грунт, крупная галька.....	1,20	1,50
Плотная твердая глина, дерновка в стенку	1,50	1,80
Каменистый грунт, одиночная мостовая	2,15	2,50
Скальный грунт, двойная мостовая	3,10	3,50
Кирпичная кладка из железняка на цементном растворе.....	4,00	4,50
Каменная или бетонная кладка, плетневые ящики с заполнением крупным камнем	4,50	5,00
Деревянный лоток.....	6,00	6,60

Получив по таблице величину допускаемой скорости, глубину воды в сооружении определим по формуле

$$\eta = \frac{v^2}{g}.$$

Эта величина определится по таблице 85-I.

При расчете отверстия могут быть три случая:

1) Глубина протекания воды в сооружении больше глубины при бытовых условиях, и скорость протекания воды в сооружении больше скорости протекания при бытовых условиях, т. е.

$$\eta > a \text{ и } V > V_0;$$

в этом случае расчет производим по формуле Бресса

$$b = \frac{gQ}{\mu V^3}$$

где b — отверстие сооружения в метрах,

μ — коэффициент сжатия струи согласно нижеприводимой таблице 84,

V — допускаемая скорость в сооружении,

g — ускорение силы тяжести 9,81 *м*/сек²,

Q — расход в *м*³/сек.

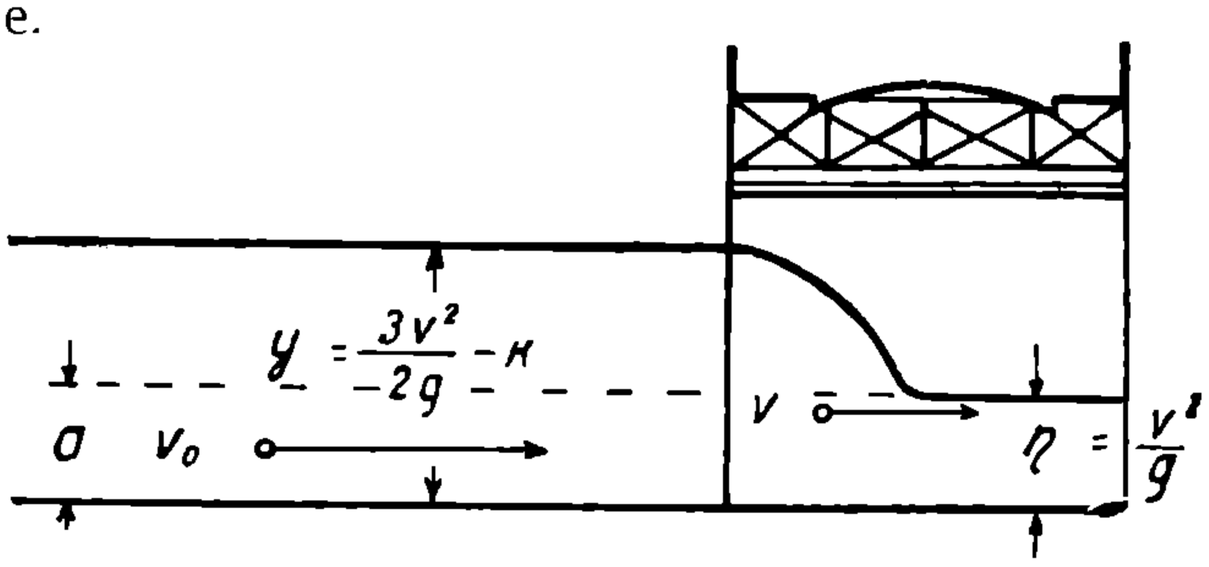


Рис. 206. Расчет отверстия по формуле Бресса.

Таблица 84

Коэффициенты μ сжатия струи в сооружении

I. Для мостов с быками	
Для мостов с пролетом более 50 *м*, независимо от очертания быков.	0,95
Для пролетов не более 50 *м*:	
а) при заостренном очертании быков ..	0,90
б) „ закругленном очертании быков	0,85
в) прямоугольном очертании быков	0,80
II. Для мостов однопролетных	
Для мостов: а) с трапецоидальной формой очертания под мостом и б) с заборными стенками и расходящимися откосными крыльями..	0,90
Для труб, независимо от их очертания, с расходящимися откосными крыльями	0,90
Для мостов на каменных устоях с обратными стенками	0,85
Для труб, независимо от очертания, без расходящихся откосных крыльев, а также срезанных в плоскости насыпи	0,80
Для труб с выпущенными из тела насыпи концами, а также для арочных мостов с затопленными пятами	0,75

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 85

I **Для определения** $\eta = \frac{v^2}{g}$ (горизонт протекания воды в сооружении в *м*)

v	0,35	0,55	0,8	0,95	1,25	1,50	1,8	2,0	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,5	5,0	6,5
η	0,0123	0,0308	0,065	0,092	0,159	0,229	0,330	0,408	0,516	0,637	0,771	0,917	1,077	1,248	1,433	1,631	1,841	2,064	2,548	4,307

II **Для определения** $y = \frac{3}{2}\,\frac{v^2}{2g}$ ($g = 9{,}81$ *м*/сек.) (подпорный горизонт перед сооружениями при $v_o < 1$ *м*/сек.)

v	0,35	0,55	0,8	0,95	1,25	1,50	1,8	2,0	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,5	5,0	6,5
y	0,019	0,046	0,098	0,138	0,239	0,344	0,495	0,612	0,774	0,956	1,155	1,376	1,615	1,872	2,150	2,447	2,762	3,096	3,823	6,63

III **Для определения** $K = \frac{v_o^2}{2g}$ (высота, соответствующая скорости притекания в *м*)

v_o	1,0	1,25	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,1	2 2	2,3	2,4	2,5	2 6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,23	3,5	3,75
K	0,051	0,080	0,086	0,100	0,115	0,131	0,147	0,165	0,184	0,204	0,225	0,247	0,270	0,294	0,319	0,345	0,372	0,406	0,429	0,459	0,532	0,625	0,717

Таблица 86

Определение величины подпора при $v_o > 1$ ***м***/сек.

Скорость притекания v_0 *м*/с. / Сред. скор. воды в сооруж. v_o *м*/с.	Глубина воды перед сооружением $y = 1{,}5\,\eta - K = \frac{3v^2 - v_o^2}{2g}$ при скорости притекания v_o *м*/сек.																						
	1,0	1,25	1,30	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2 0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,25	3,5	3,75
1,25	0,188	0,159																					
1,50	0,293	0,2 4	0,258	0,244	0,229																		
1,80	0,444	0,416	0,409	0,396	0,3 1	0,365	0,348	0,330															
2,00	0,561	0,5 2	0,525	0,512	0,497	0,481	0,464	0,446	0,428	0,408													
2,25	0,723	0,694	0,688	0,674	0,659	0,644	0,627	0,609	0,590	0,570	0,549	0,527	0,504										
2,50	0,905	0,876	0,870	0,856	0,841	0,825	0,808	0,791	0,772	0,752	0,731	0,709	0,686	0,662	0,637								
2,75	1,105	1,076	1,070	1,056	1,041	1,025	1,009	0,991	0,972	0,952	0,931	0,909	0,886	0,862	0,837	0,811	0,784	0,75					
3,00	1,325	1,296	1,290	1,276	1,261	1,245	1,229	1,211	1,192	1,172	1,151	1,129	1,106	1,082	1,057	1 031	1,004	0,976	0,947	0,917			
3,25	1,561	1,535	1,529	1,515	1,500	1,484	1,468	1 450	1,431	1,411	1 390	1.368	1,345	1,321	1,296	1.270	1,243	1,215	1,186	1,156	1,077		
3,50	1,822	1,793	1,787	1,773	1,758	1,742	1,726	1,708	1,689	1,669	1,648	1,626	1,603	1,579	1,554	1,528	1,501	1,473	1,444	1,414	1,335	1,248	
3.75	2,099	1,070	2,064	2,050	2,035	2,019	2,003	1,985	1.966	1,946	1,925	1,903	1,880	1,856	1 83	1,80	1,778	1,750	1,721	,691	1,612	1,525	1,431
4,00	2,395	2,366	2,360	2,346	2,331	2,315	2,299	2 281	2,262	2,242	2,221	2.199	2,176	2,152	2,127	2,101	2, 74	2,046	2,017	1,987	1,908	1,821	1,729
4,25	2,711	2,682	2,676	2,662	2,647	2,631	2,615	2,597	2,578	2,558	2 537	2.515	2,492	2,468	2,443	2,417	2,390	2,362	2,333	2.308	2,22	2,1 7	2,045
4,50	3,045	2,016	3,000	2,996	2,981	2,965	2,949	2,931	2,912	2,892	2,871	2,849	2,826	2,80	2,777	2,751	2,724	2,696	2,667	2,637	2,558	2,471	2,379

УДГТ (ДИТ)

Подпорный горизонт воды перед сооружением в метрах (рис. 206)

$$y = 1{\cdot}5\eta - K = \frac{3V^2}{2g} - \frac{V_0}{2g},$$

где v_0 — скорость притекания воды к сооружению; при $v_0 < 1$ *м*/сек. величиной K можно пренебречь и величину подпора для $v < 1$ *м*/сек. можно брать по таблице 85. Величина подпора для $V_0 > 1$ *м*/сек. берется по таблице 86.

2) Глубина протекания воды в сооружении меньше глубины воды при бытовых условиях, а скорость протекания в сооружении больше скорости протекания при бытовых условиях, т. е. $\eta < a$, но $V > V_0$,— формула Бресса неприменима, и величина отверстия определяется по формуле затопленного водослива.

Этот случай может иметь место при скорости протекания в сооружении 1,5 — 2,5 *м*/сек. либо в оврагах с резко очерченным руслом.

Тогда отверстие определяем в предположении, что глубина воды в сооружении равна глубине воды при бытовых условиях (рис. 207). Величина отверстия

$$b = \frac{Q}{\mu a v}$$

где b — ширина прямоугольного отверстия в *м*,

Q — расход в $м^3$/сек.

μ — коэффициент сжатия струи, приведенный ранее в таблице 84,

a — бытовая глубина нестесненного потока.

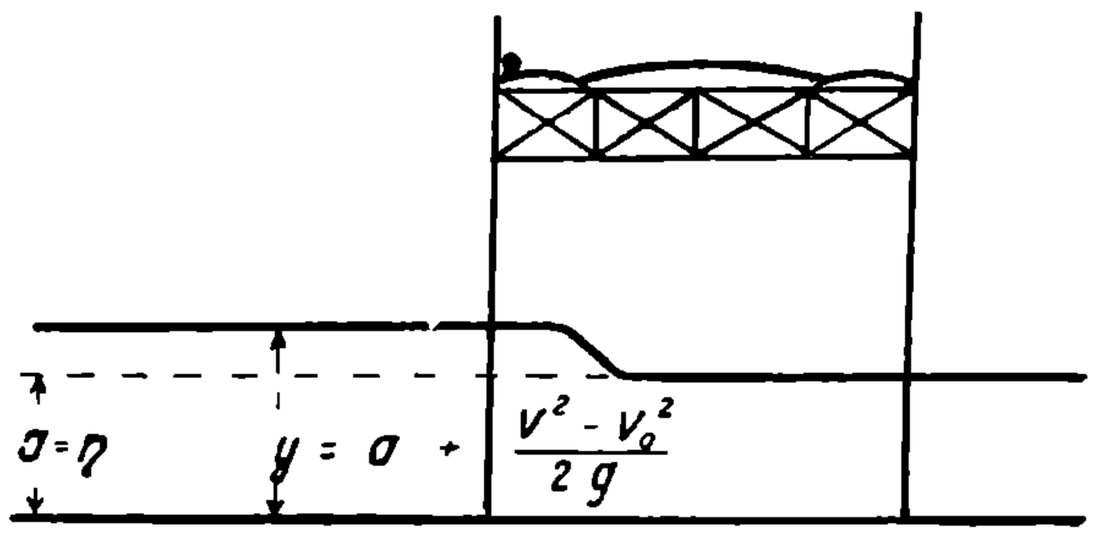


Рис. 207. Расчет отверстия по формуле затопленного водослива ($\eta < a$).

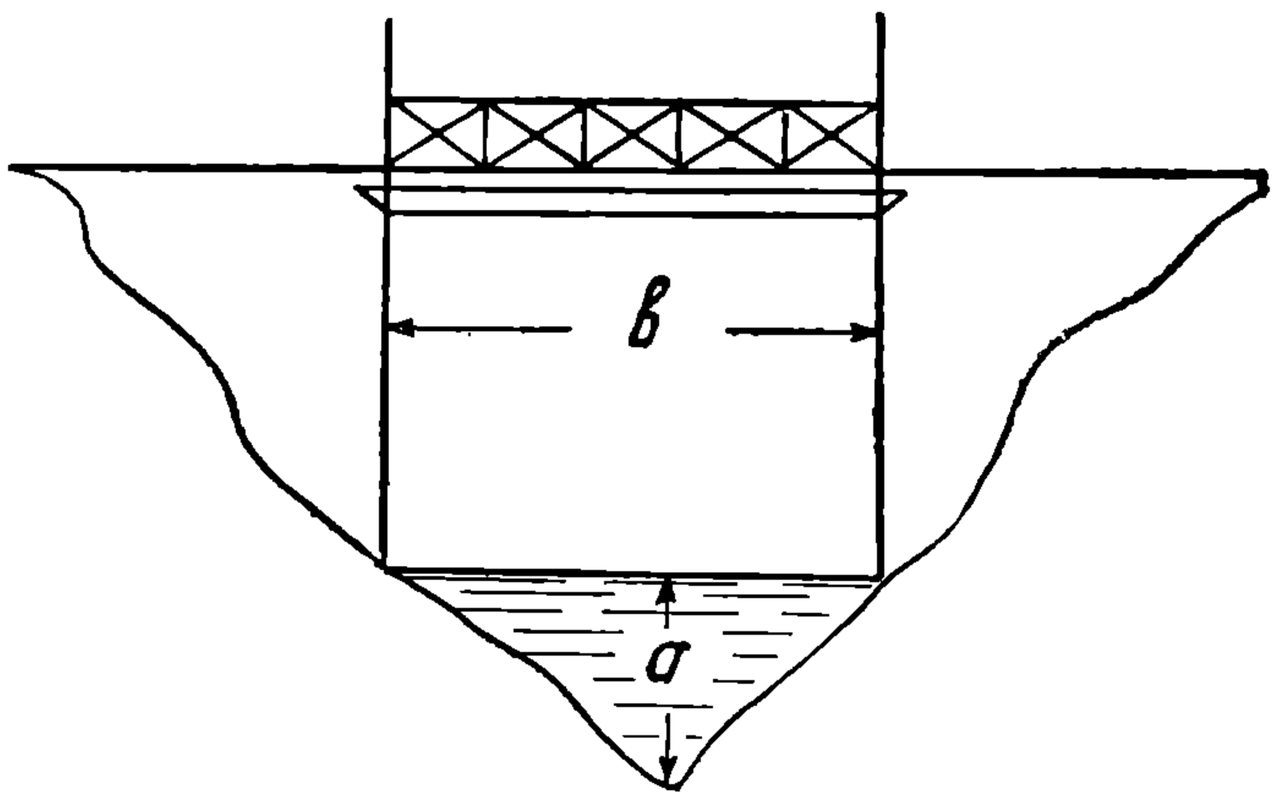


Рис. 208. Отверстие моста без расчета, назначаемое по урезу воды.

Если живое сечение в натуре не имеет прямоугольного сечения, то необходимо вводить поправку в величину отверстия на непрямоугольное сечение таким образом, чтобы фактическое живое сечение было не меньше расчетного.

Подпор определяется по формуле:

$$y = a + \frac{v^2 - v_0^2}{2g}$$

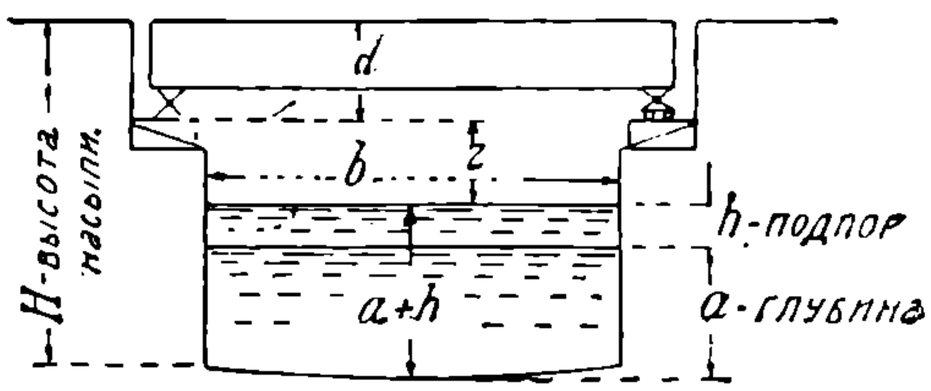


Рис. 209. Определение высоты насыпи у моста.

3) Скорость воды в сооружении меньше скорости воды при бытовых условиях, т. е. $V_0 > V$, — тогда отверстие не рассчитывается; устои намечаются по урезу воды с таким расчетом, чтобы не стеснять живого сечения (рис. 208)

Высота насыпи у моста определяется по формуле (рис. 209)

$$H = a + h_n + Z + d,$$

НБ УДУНТ (ДИТ)

где a — глубина потока в нестесненном сечении, $a + h_n$ — глубина потока под мостом, $h_n = y$ — величина подпора, Z — возвышение подферменной площадки над наиболее высоким горизонтом, d — конструктивная высота от подферменной площадки до бровки полотна.

Дальность распространения подпора определяется по формуле $L = \frac{2y}{i}$, где y — подпор, i — уклон поверхности нестесненной воды.

Общий ход расчета отверстия трубы или небольшого моста приводится на нижеследующем бланке.

РАСЧЕТ ОТВЕРСТИЯ $\frac{\text{моста}}{\text{трубы}}$ **№**.....

через..... *км*. пик. №.....+.....

перегона..... дороги.....

(Указанная форма применяется для мостов и безнапорных труб с площадью бассейна не свыше 4 C км², если C меньше 15, то для бассейнов не свыше 100 км²).

Принято по расчету

1 Отметка бровки насыпи..... *м*

2. Отметка дна лотка или русла по оси..... *м*

3. Отметка подпорного горизонта.....

4 Средняя допускаемая скорость..... *м*·с

5. Отверстие в свету..... *м*

6. Длина моста по верху *м*

7 Длина трубы по дну..... *м*

8 Тип моста или трубы.....

.....

9. Укрепление лотка

Данные для расчета

1 Площадь бассейна $F =$..... км²

2 Длина бассейна $L =$ км

3 Средний уклон всего тальвега $i_0 =$.....

4. Уклон тальвега у места перехода $i =$

5. Грунт русла

6. Отметка линии дна тальвега по оси перехода

7 Отметка дна канавы при подходе к сооружению, если она ниже дна русла..... *м*

8. Дополнительные обстоятельства, влияющие на приток воды (наличие плотин, прудов, болот, почвенный и растительный покров бассейна и т. д.)

9. Сведения о существующем старом мосте и других мостах на соседних линиях.....

НБ УДУНТ (ДИТ)

Наибольший расход в сооружении определяется по формуле

$Q = C\,a\,F =$ ..... $=$ ..... $м^3$/сек.

где C — географический коэффициент, определяемый по карте изолиний (рис. 203 и 204).

a — коэффициент, зависящий от длины бассейна L и среднего уклона тальвега i^0, определяемый по вспомог. табл. на стр 264.

F — площадь бассейна в $км^2$.

В случае расположения выше проектируемого сооружения плотины, подпорный горизонт коей выше принимаемого в расчет г. в. в., добавочный приток воды Q_1 от прорыва плотины определяется по формуле

$$Q_1 = \omega' \quad C' \sqrt{\frac{R'\ h'}{l'}} = \text{.....} м^3/\text{сек.}$$

где $\omega' =$ ..... $м^2$ — площадь живого сечения места прорыва, определяемая на месте

$R' =$ $м$ — подводный радиус в месте прорыва

$h' =$ ..... $м$ — подпор плотины,

$l' =$ $м$ — расстояние от плотины до сооружения;

$C' = \dfrac{87}{1 = \dfrac{\gamma}{\sqrt{R}}}$ (по Базену) = ...

Принимая во внимание нижеследующие обоснованные соображения об $\frac{\text{уменьшении}}{\text{увеличении}}$ исчисленного выше расхода .....

.....

останавливаемся на величине расчетного расхода $Q_0 =$ ..... $м^3/с$.

Подбирая ощупью горизонт притекающей воды, соответствующий принятому выше расчетному расходу Q_0, получим его при отметке ..... $м$.

Действительно, площадь живого сечения $\omega =$ .....

$=$ $м^2$

Подводный периметр $P =$

$=$ $м$

Гидравлический радиус $R = \dfrac{\omega}{P} =$ $=$ $м$

Средняя скорость притекающей воды по формуле Дарси-Базена

$v_0 = C\sqrt{Ri} = C\sqrt{R} \cdot \sqrt{i} =$ ..... $\times$ $\times$ $=$ ..... $м$/сек.,

где $C = \dfrac{87}{1 = \dfrac{\gamma}{\sqrt{R}}}$; $C\sqrt{R}$ определяется из вспомог. табл № 82, $\sqrt{i}$ — из табл. № 80, а γ — коэффициент шероховатости, из таблицы № 81. Соответствуюший расход $Q_0 = v_0 \times \omega =$ ..... $\times$ .....

$=$ ..... $м^3$/сек.

Полученный расход всего на ..... % (меньше 5%) отличается от расчетного расхода, определенного выше, а потому найденный горизонт притекающей воды, соответствующий отметке ..... $м$, принимается за действительный.

Наибольшая бытовая глубина нестесненного потока $a =$ ..... $-$ ..... $=$ ..... $м$

НБ УДУНТ (ДИТ)

РАСЧЕТ ОТВЕРСТИЯ

Допустимая средняя скорость, определяемая по таблицам, в сооружении соответственно $\frac{\text{руслу}}{\text{лотку}}$

——..... $v =$ ..... м/сек

Соответствующая этой скорости глубина воды в сооружении по Брессу

$$\eta = \frac{v^2}{g} = 0{,}102\ v^2 = \qquad м =$$

Величину отверстия определяем по формуле Бресса (если $\eta > a$ и $v > v_0$)

$$b_1 = \frac{g\ Q_0}{\mu\ v^3} = \text{.....} = \text{.....} м.$$

где $Q_1 =$ ..... $м^3$/сек. $\mu =$ ..... коэффициент сжатия струи (табл. № 84) $v =$ ..... м/сек. допущенная средняя скорость в сооружении; $g = 9{,}81$ м/сек

Величину отверстия определяем по формуле затопленного водослива (если $\eta < a$)

$$b = \frac{Q_1}{\mu\ a\ v} = \text{.....} = \text{.....} м.$$

где $Q_0 =$ ..... $м^3$/сек. — расчетный расход, $\mu =$ ..... — коэффициент сжатия, $v =$ м/сек. — допущенная средняя скорость в сооружении, $a =$ ..... м — бытовая глубина нестесненного потока.

Если $v < v_0$, то отверстие моста не должно суживать естественное русла потока.

Принято отверстие $b =$ ..... м; отверстие netto $b_2 =$ ..... м.

Средняя скорость в сооружении, соответствующая принятому сооружению

по формуле Бресса

$$v_1 = \sqrt[3]{9{,}81 \frac{Q}{\mu\ b}} = \sqrt[3]{9{,}81\ \text{————}} =$$

$$= \sqrt[3]{\text{————}} = \qquad м/сек.$$

Глубина подпертой воды перед входом в сооружение

$$y_n = \frac{3\ V_1^2 - V_0^2}{2\ g} = \text{.....} = \text{.....} м.$$

по формуле затопленного водослива

$$v_1 = \frac{Q}{\mu\ a b_2} = \text{————} = \text{.....} м.$$

Глубина подпертой воды перед входом в сооружение

$$y_n = a + \frac{V_1^2 - V_0^2}{2\ g} = \qquad = \qquad м$$

Отметка подпорного горизонта = отметка дна по оси $+ y_n =$ .....

Площадь живого сечения в сооружении при отметке подпорного горизонта

$\Omega =$ ..... = ... м

Подводный периметр $P_1 =$ ..... м. Гидравл. радиус $R_1 = \frac{\Omega}{P_1} =$ ..... = ... м.

Для обеспечения в пределах сооружения расчетной скорости $v_1 =$ ..... м/сек. дну его придается уклон $i_1 = \left[\frac{v_1}{C\sqrt{R_1}}\right]^2 = \left[\text{————}\right]^2 =$ ..... = ...

где $C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$, при чем γ коэффициент шероховатости дна сооружения; определяемый по вспомог. таблице № 81, а $C\sqrt{R}$ из таблицы № 82.

Предполагается понижение дна русла до отметки по оси перехода ..... м; с понижением дна на $h =$ ..... м.

При допускаемом уклоне водоотводного канала $i_2 =$ ..... и уклоне дна тальвега ниже перехода i_3 ..... водоотводная канава потребуется длиной $l = \frac{h}{i_3 - i_2} =$ ..... м.

Площадь сечения водоотводной канавы у сооружения $q =$ ..... $м^2$.

При отметке подпорного горизонта = ...

Отметка $\frac{\text{низа пролетного строения}}{\text{верхней точки внутреннего очертания трубы}} =$ ..... м.

Отметка бровки полотна м

НБ УДУНТ (ДИТ)

Расчет отверстий больших мостов с площадью бассейна свыше 60 $км^2$ производится из условий пропуска наибольшего возможного количества весенних вод. Так как на больших реках весенний разлив распространяется на значительную площадь, то обычно отверстие моста делается значительно меньше всей поймы реки, причем это стеснение живого сечения реки должно вызвать увеличение скорости и подпора. В задачи проектировщика входит наиболее удачно разрешить вопрос о возможном стеснении живого сечения, не вызвав чрезмерных недопустимых величин скоростей и подпора.

Таким образом расчет отверстий больших мостов распадается на две части: а) определение расхода реки во время самых высоких весенних вод, б) расчет собственно отверстия моста.

Для определения расхода реки надо заснять во время изысканий поперечные профили живого сечения реки в месте постройки моста, а также выше и ниже по течению. Равным образом определяются, по возможности путем непосредственных наблюдений, горизонты самых низких и меженних вод, а также ледохода и самых высоких вод. Если эти данные нельзя добыть непосредственным измерением, то они получаются от водомерных постов или у местных старожилов. В большинстве случаев поперечный профиль живого сечения реки состоит из трех частей: средней, глубокой части—коренного русла—и двух, по бокам, мелких мест—правая и левая пойма.

Кроме поперечного сечения для расчета расхода и отверстия моста надо знать среднюю скорость течения живого сечения $v_{ср}$, а также скорость течения по дну $v_{дн}$ и на поверхности $v_п$. Зная среднюю скорость для каждой части живого сечения, можно подсчитать общий расход по формуле

$$Q = \omega_1 v_{1_{ср}} + \omega_2 v_{2_{ср}} + \omega_3 v_{3_{ср}}.$$

Скорость течения зависит от продольного уклона, глубины водотока и шероховатости лога реки, а потому скорость надо определять отдельно для каждой характерной части поперечного сечения и затем выводить среднюю. Скорости сечений определяются в натуре при помощи поплавков, вертушек и проч. Измерения скоростей подобным образом делаются для каждой характерной вертикали живого сечения и затем по ним определяется средняя скорость. Зависимость средней скорости в каждой вертикали живого сечения от соответствующей скорости на поверхности может быть вычислена по формуле Вейсбаха $v_{ср} = 0{,}915\ v_п$, причем средняя скорость на поверхности составляет в свою очередь 0,915 от наибольшей скорости на поверхности или

$$v_{ср} = 0{,}915 \times 0{,}915_{max}\ \ v_п = 0{,}837_{max}\ \ v_п$$

Скорость по дну выражается по Вейсбаху формулой

$$v_н = 0{,}83\ \ v_п$$

Отсюда следует, что скорость по дну приблизительно одинакова со средней скоростью течения $v_{дн} = \frac{0{,}83}{0{,}837}\ v_{ср} \cong v_{ср}$.

Практически производить наблюдения при наивысшем горизонте высоких вод почти невозможно, тем более, что подобные горизонты бывают крайне редко. Поэтому для возможно точных расчетов приходится для данного сечения реки устанавливать зависимость между скоростями и высотами горизонтов воды и затем путем графического построения этой зависимости, откладывая по осям абсцисс высоты горизонтов, а по оси ординат—соответствующие величины скоростей при этих горизонтах, находить путем продолжения построенной кривой величину соответствующей скорости при максимальном горизонте.

Этот способ определения скоростей и расходов довольно сложен, а потому иногда прибегают к более простым способам расчетов, используя для этой цели эмпирические формулы.

Одной из таких эмпирических формул, дающих наиболее вероятные результаты при определении средней скорости — $v_{ср}$, является формула Гангюлье-Куттера,

НБ УДУНТ (ДИТ)

дающая значение $v_{ср}$ в зависимости от продольного уклона поверхности воды l и подводного радиуса R живого сечения, а именно:

$$v_{ср} = C\sqrt{Ri},$$

где коэффициент C имеет следующее выражение:

$$C = -\frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}},$$

где

n—коэффициент, зависящий от грунта русла, и его значение приводится в следующей таблице:

Таблица 87

№	Род стенок	n	$1/n$
1	Очень гладкие стенки (строганые доски, цементная штукатурка и т. д.)	0,010	100
2	Гладкие стенки (строганые доски, тесовая кладка, весьма хорошая кирпичная кладка, бетонные и чугунные трубы, гладкая бетонировка)	0,013	76,9
3	Негладкие стенки (обыкновенная бутовая кладка, старая кирпичная кладка, грубая бетонировка)...	0,017	58,8
4	Грубо обделанные стенки (грубая бутовая кладка, сухая кладка из крупных камней, каналы в скале, лессе, плотном гравии и т. д.)...	0,020	50,0
5	Земляные стенки в хорошем состоянии (больш. каналы в средних условиях содержания и ремонта, малые в хороших; реки и ручьи в хороших условиях со свободным течением)	0,025	40,0
6	Земляные стенки в обычном состоянии (реки и каналы, местами с водор., булыжниками или заметно заросшие травой, с местн. обвалами откосов)	0,030	33,3
7	Земляная стенка в плохом состоянии с неправильным профилем, заросшая травой.....	0,035	28,6
8	То же, но в исключительно плохих условиях..	0,040	25,0

Значение коэффициента C в зависимости от гидравлического радиуса и уклона i обычно также находится по вспомогательным таблицам. Величину продольного уклона i, соответствующего поверхности наивысшего горизонта воды, также обычно невозможно определить в натуре, а потому уклон определяют путем экстраполяции, устанавливая зависимость между уклонами и различными горизонтами реки. Для менее точных расчетов этот уклон можно определить по следующей формуле:

$$i = \frac{\omega}{\omega'}\ i',$$

где

ω — площадь живого сечения при наивысшем горизонте,

ω' — „ „ „ при наблюденном горизонте весенних вод;

i' — уклон, измеренный для этого последнего горизонта.

Другой формулой может служить приводившаяся уже ранее (стр. 269) формула Дарси-Базена, имеющая следующий вид:

$$v_{ср} = C\sqrt{Ri},\ \text{где}\ C = \frac{87}{1 - \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

где γ — коэффициент шероховатости, находим по таблице 81, $C\sqrt{R}$ при известном R и γ также находим по таблице 82. Скорости, определенные по этим формулам, обычно сравниваются со скоростями, полученными путем непосредственных наблюдений, и для расчетов принимается формула, дающая наиболее вероятные результаты.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Расчет отверстия моста производится в зависимости от характера грунта и предполагаемой системы основания, в двух вариантах: а) без допущения размыва русла и б) с допущением размыва русла.

Первый вариант применяют при достаточно прочном поверхностном грунте русла, допускающем некоторое увеличение бытовой скорости, и при напластованиях, соответствующих системе оснований опор с неглубоким заложением таковых, а также при свайных опорах моста. В этом случае отверстие моста назначается с таким расчетом, чтобы скорость течения в стесненном опорами моста сечении не превышала предельной скорости, допускаемой в зависимости от характера данного русла.

Второй вариант применяют при слабом, легко размываемом грунте русла и при напластованиях, соответствующих системе оснований опор, с глубоким заложением таковых (кессоны, опускные колодцы и т. п.). В данном случае расчет ведется с допущением размыва русла, но не свыше определенных пределов, а именно, чтобы предполагаемый размыв русла не требовал чрезмерно глубокого, неэкономичного заложения опор и чтобы до размыва подпор перед мостом и скорость течения под мостом не превосходила допускаемых пределов.

В обоих случаях на судоходных реках должна быть сделана поверка скорости на поверхности и величины подпора, с учетом интересов судоходства.

Расчет отверстий моста при недопущении размыва. Расстояние между береговыми устоями берется не менее наибольшей ширины живого сечения при меженном (нормально летнем) горизонте. Наметив отверстие моста L, производят возможно точный подсчет действительной площади живого сечения под мостом ω при наивысшем горизонте. Зная наибольший расход Q, определяют среднюю скорость под мостом по формуле

$$v_{ср} = \frac{Q}{\mu\ \omega},$$

где μ — коэффициент сжатия $= 0{,}90$.

Наибольшая скорость на поверхности по формуле Вейсбаха будет

$$_{max}v_{пов} = \frac{v_{ср}}{0{,}837};$$

величина ее для судоходных рек не должна превосходить 1,5—2,0 *м/сек.* Скорость по дну определяется по формуле Вейсбаха.

$$v_{дн} = 0{,}83\,_{max}v_{пов}.$$

Эту скорость по дну надо сравнить с допускаемой скоростью по дну для данного грунта. Если полученная скорость окажется больше, то приходится изменить принятое живое сечение под мостом и сделать снова перерасчет.

Величина истинного подпора y определяется по следующей формуле.

$$y = \frac{v_c^{\,2} - v_o^{\,2}}{2g},$$

где

v_c — средняя скорость под мостом,

v_o — средняя скорость нестесненного живого сечения (бытовая).

Расчет отверстия с допущением размыва. Задаемся отверстием моста L и, определив площадь живого сечения под мостом ω, находим среднюю скорость под мостом:

$$v_{ср} = \frac{Q}{\mu\ \ \omega}.$$

Допустим, что отношение средней глубины потока весенних вод к максимальной глубине до размыва и отношение тех же величин после размыва постоянно, т. е.

$$\frac{h_o}{h_m} = \frac{H_o}{H_m},$$

где

H_m — наибольшая глубина реки под мостом после размыва,

H_o — средняя глубина реки под мостом после размыва,

h_m — наибольшая глубина русла под мостом до размыва,

h_o — средняя глубина русла под мостом до размыва $h_o = \frac{\omega'}{L}$

где ω' — площадь живого сечения под мостом до размыва, за вычетом площади сечения быков.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Размыв закончится, когда наибольшая скорость по дну живого сечения под мостом сделается равной наибольшей допускаемой скорости для данного грунта, т. е. $v_{дн}$.

Для определения H_o будем иметь выражение:

$$Q = \mu \quad H_0 L \quad v_{дн}$$

отсюда

$$H_0 = \frac{Q}{\mu \cdot L \quad v_{дн}}.$$

Из предыдущего получаем, что

$$H_m = \frac{H_0 h_m}{h_0} = \frac{Q \cdot L \cdot h_m}{\mu \cdot L v_{дн} \omega'} = \frac{Q h_m}{\mu \cdot v_{дн} \cdot \omega'}.$$

Наибольший размыв будет равен

$$h_x = H_m - h_m = h_m \left(\frac{Q}{\mu \quad v_{дн} \cdot \omega'} - 1 \right).$$

На судоходных и сплавных реках общая площадь размыва не должна превосходить 30% и, в крайнем случае, 50% полной площади живого сечения под мостом после размыва, т. е. необходимо, чтобы $h_x < \frac{h_o}{2}$. При этом надо иметь в виду, что на величину h_x нужно увеличивать глубину заложения опор или забивку свай.

Наибольшая скорость на поверхности и величина подпора находятся по тем же формулам, как и в предыдущем случае.

При рекогносцировочных изысканиях подробный расчет отверстия моста не делается и можно довольствоваться приблизительным определением такового. Одним из способов приблизительного расчета является использование приводимых ниже таблиц инж. Белинского.

Таблица 88

Площадь бассейна F в $км^2$		Коэффициент K	Площадь бассейна F в $км^2$		Коэффициент K
от	до		от	до	
60	115	0,28	11 400	17 000	0,100
115	340	0,24	17 000	23 000	0,080
340	570	0,20	23 000	34 000	0,060
570	1 140	0,18	35 000	57 000	0,040
1 140	2 300	0,16	57 000	114 000	0,030
2 300	5 700	0,14	114 000	340 000	0,028
5 700	11 400	0,12			

Величина отверстия определяется следующим образом:

1. Путем опроса местных жителей выясняется наивысший, замеченный за последние 20 лет горизонт весенних вод.

2. Определяется наибольшая глубина реки у места перехода при наивысшем горизонте h_{max}, а также глубина при меженном горизонте h_o.

3. По имеющейся карте подсчитывается для пересекаемой реки площадь F ее бассейна, расположенного выше проектируемого сооружения.

4. Для полученной таким образом площади F по вышеприведенной таблице находится соответствующее значение эмпирического коэфициента K.

5. По формуле

$$\omega = kF$$

определяется площадь живого сечения под мостом при наивысшем горизонте.

6. По формуле

$$L = \frac{\omega}{\mu \left(h_{max} - \frac{1}{3} h_0 \right)}$$

определяется отверстие моста, причем величина коэффициента сжатия (μ) обычно принимается равною 0.90.

Общий порядок расчета моста большого отверстия приводится в нижеследующем бланке:

НБ УДУНТ (ДИТ)

РАСЧЕТ ОТВЕРСТИЯ МОСТА №.....

через **на** *км.*, **пик. №** +-

перегона..... **дороги** .....—

(форма применяется для мостов с площадью бассейна выше *100 км²*)

I. Расчетные данные

1. Площадь бассейна $F=$

2. Продольный уклон $i=$.

3. Первый профиль на *м* выше оси моста

Отметка горизонта меженных вод.....

Отметка наивысшего горизонта высоких вод

При наивысшем горизонте выс. вод	Площадь живого сечения ω — $м^2$	Подводный периметр P — $м$	Подводный радиус R — $м$
Правая пойма			
Коренное русло			
Левая пойма			

4. Второй профиль (по предпол. оси моста)

Отметка горизонта меженных вод

Отметка наивысшего горизонта высоких вод

Отметка самого низкого ледохода

Отметка самого высокого ледохода

При наивысшем горизонте выс. вод	Площадь живого сечения ω — $м^2$	Подводный периметр P — $м$	Подводный радиус R — $м$
Правая пойма			
Коренное русло			
Левая пойма			

НБ УДУНТ (ДИТ)

Отметка горизонта меженных вод

Отметка наивысшего горизонта высоких вод

При наивысшем горизонте **высоких** вод	Площадь живого сечения ω — $м^2$	Подводный периметр P — $м$	Подводный радиус R — $м$
Правая пойма			
Коренное русло			
Левая пойма			

II. Приблизительный расчет отверстия по таблице Белинского

Потребная площадь живого сечения при горизонте высоких вод:

$\omega = к.\ F =$ ..... $=$ ..... $м^3$ сек.

(к — берем по таблице инж. Белинского—№ 88).

III. Определение расхода по эмпирическим формулам

а) определение расхода по формуле Гангилье и Куттера.

$$v_{ср} = C\sqrt{Ri};\qquad C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{1}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

n—коэффициент, зависящий от грунта русла (см. вспомогат. таблицу № 87), C—при известных i, R, n находим, по вспомогательным таблицам или путем вычислений.

Первый профиль на ..... $м$ выше оси моста.

При наивысшем гор. в. в.			R	C		ω	Q	Примечания
Правая пойма								
Коренное русло								
Левая пойма								

Суммарный расход $Q_2 =$ ..... $м^3$/сек.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Второй профиль ..... *м* по оси моста.

Правая пойма								
Коренное русло								
Левая пойма								

Суммарный расход Q_1 ..... *м*³/сек

Третий профиль на ..... *м* ниже оси моста.

Правая пойма							
Коренное русло							
Левая пойма							

Суммарный расход Q_3 ..... *м*³/сек.

Средний расход $Q_{ср} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3} = \frac{\quad}{3} =$ ..... *м*³/сек.

б) Определение расхода по формуле Дарси-Базена.

$$v = C\sqrt{Ri};\ C = \frac{8}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

γ — коэффициент шероховатости по табл. № 81.

$C\sqrt{R}$ — при известном R $\sqrt{}$ и γ находим по табл. № 82.

$\sqrt{i}$ — определяется по таблице № 80.

Первый профиль на ..... *м* выше оси моста.

Живое сечение	γ	$\frac{i}{\sqrt{i}}$	R	$C\sqrt{R}$	v	ω	Q	Примечание
Правая пойма								
Коренное русло								
Левая пойма								

Суммарный расход Q_2 ..... *м*³/сек

НБ УДУНТ (ДИТ)

Второй профиль по оси моста.

Правая пойма	γ	$\frac{i}{\sqrt{i}}$	R	$C\sqrt{R}$	v	ω	Q	
Коренное русло								
Левая пойма								

Суммарный расход $Q_1 =$ ..... $м^3$/сек.

Третий профиль на ..... $м$ ниже оси моста.

Правая пойма	γ	$\frac{i}{\sqrt{i}}$	R	$C\sqrt{R}$	v	ω	Q	
Коренное русло								
Левая пойма								

Суммарный расход $Q_3 =$ ..... $м^3$/сек.

Средний расход $$Q_{ср} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3} = \frac{\qquad}{3} =$$ ..... $м^3$/сек.

Для проверки вышеуказанных формул было произведено определение скоростей при горизонте $м$; причем оказалось:

При горизонте	Наблюденная скорость v		v $м$/сек. по формуле Г.К.	v $м$/сек. по Дарси-Базену
	По поверхности	$v_{ср} =$		
Первый профиль				
Второй профиль (по оси моста)				
Третий профиль				

Из сравнения этих величин заключаем, что более подходящий для данного русла результат дает формула По этой формуле берем расход, как средне-арифметический расход получаемый по трем профилям.

Таким образом для дальнейших расчетов принимаем:

$Q =$ $м^3$/сек.

IV. Определение отверстия моста

1. Размыв грунта не допускается

Средняя скорость в русле второго профиля $v =$ $м$/сек.

По формуле Вейсбаха наибольшая скорость по поверхности $v_п = \frac{v}{0{,}837} =$ ..... $м$/сек.,

НБ УДУНТ (ДИТ)

а наибольшая скорость по дну $v_{дн.} = \frac{0{,}83 . v}{0{,}837} =$ ..... *м* в сек

Так как размыв не допускается, то задаемся предельной скоростью по дну, при которой размыв еще не происходит, $v_{дн.} =$ .....*м* в сек. (грунт.....) (см. таблицу скоростей № 83).

(Если скорость по дну нестесненного русла превосходит скорость, указанную в этой таблице, то, учитывая существование этой скорости без увеличивающегося размыва в нестесненном русле принимаем ее за предельную скорость по дну в стесненном русле).

Потребную площадь живого сечения под мостом находим в предположении, что во всем сечении скорость по поверхности и соответственно скорость по дну будет распределена равномерно, следовательно при допускаемой скорости по дну $v_{дн.} =$ .....*м*/сек. средняя скорость всего сечения под мостом будет

$$v_{ср} = \frac{0{,}915 v_{дн.}}{0{,}83} = \quad = \quad м \text{ в сек.}$$

Влияние сжатия струи вследствие разделения ее опорами моста учитываем коэффициентом μ. При таких условиях потребная площадь сечения под мостом будет

$$\omega = \frac{Q}{\mu . v} = \frac{}{0{,}90 \times} = \quad .....м^2.$$

Эта площадь удовлетворяется при устройстве моста по следующей схеме,.....

имеющей площадь живого сечения $м^2$.

2. Когда размыв допускается

Задаваясь отверстием моста в свету $L =$ .....*м* и допуская размыв русла реки по стеснении живого сечения после устройства моста, определим величину этого размыва.

Допустив предположение, что отношение средней глубины потока весенних вод к максимальной глубине его до размыва и отношение тех же величин после размыва постоянно, т. е.

$$\frac{h_o}{h_m} = \frac{H_o}{H_m},$$

где

H_m — наибольшая глубина реки под мостом после размыва.

H_o — средняя глубина реки под мостом после размыва,

h_m — наибольшая глубина естественного русла,

h_o — средняя глубина русла под мостом до размыва,

и что размыв закончится, когда наибольшая скорость по дну живого сечения под мостом сделается равной наибольшей допускаемой скорости для данного грунта, т. е. $v_{дн.}$, будем иметь для определения H_o выражение:

$$Q = \mu . H_o \; L \; v_{дн.},$$

где

μ — коэффициент сжатия струи.

Откуда:

$$H_o = \frac{Q}{\mu . L . v_{дн}} = \quad м.$$

НБ УДУНТ (ДИТ)

называя ω площадь жив. сеч. под мостом до размыва, определяем:

$$h_o = \frac{\omega}{L} = \text{_____} = \quad м.$$

$$H_m = \frac{H_o \cdot h_m}{h_o} = \text{_____} \quad м.$$

и наибольший размыв будет равен $h_x = H_m - h_m$ — _____ = ...м.

При обыкновенных условиях принято, что на судоходных и сплавных реках площадь размыва не должна превосходить 30% полной площади жив. сечения под мостом после размыва, т. е. чтобы $h_x < \frac{h_o}{2}$, что и имеем, т е.

Таким образом принятое отверстие вполне достаточно.

V. Определение величины подпора

К мосту каждую секунду притекает по правой пойме .....$м^3$ со скоростью .....м в сек. по руслу $м^3$ со скоростью.....

м в сек. по левой пойме $м^3$ со скоростью

м в сек. Следовательно средняя скорость подходящей к мосту воды =

$$v_o = \frac{Q_1 + v_1 + Q_2 \times v_2 + Q_3 \times v_3}{Q_1 + Q_2 + Q_3} = \quad = м/сек.$$

Средняя скорость под мостом $v =$ м в сек.

$$\text{Подпор} = \frac{v^2 - v_o^2}{2g} = \frac{\text{_____}}{19{,}62} = \quad м.$$

Отметка подпорного горизонта равна..... м. Проектная отметка низа пролетного строения м, разность отметок = м, что удовлетворяет условиям возвышения низа ферм моста над подпорным горизонтом.

Отметка дамбы должна быть не ниже (т. е подпорный гор.+ 0,50 м).

§ 66. Подсчет земляных работ. При составлении проекта дороги для определения общей стоимости работ по постройке дороги приходится прибегать к подсчету земляных работ, связанных с устройством земляного полотна. Подробные данные по подсчету земляных работ изложены в курсах земляных работ [1], а потому в данном § на всех деталях подсчета земляных работ останавливаться не приходится.

При составлении предварительной сметы объем земляных работ может быть определен с точностью до 5%, а потому при подсчете можно пользоваться приблизительными исчислениями. Подсчет земляных работ может производиться аналитическим путем, по таблицам или графическим путем. При аналитическом методе подсчета можно пользоваться следующей формулой для подсчета объема

$$Q = \frac{F_1 + F_2}{2} \; l,$$

где F_1 и F_2—площади поперечных сечений выемки или насыпи, а l—расстояние между ними.

Площадь F может быть подсчитана по следующей формуле:

$$F = (b + nh)\; h,$$

где

b — ширина полотна
h — рабочая отметка насыпи или выемки
n — величина откоса.

При пользовании таблицами возможно применять таблицы дли подсчета земля ных работ, составленные ЦУМТом для ширины земляного полотна в 4,5, 5,5,

[1] Г. Д. Дубелир и В. М. Толстопятов. Земляные работы. Глава XV, §§ 118 — 134, изд. 1927 г. П. П. Смиренкин. Земляные работы. Транспечать НКПС 1931.

НБ УДУНТ (ДИТ)

6,5, 7,5, 8,5 и 9,5 при полуторном заложении откосов. В этих таблицах исчислены площади насыпей и выемок при высоте и глубине до 7,0 *м*. Земля из боковых

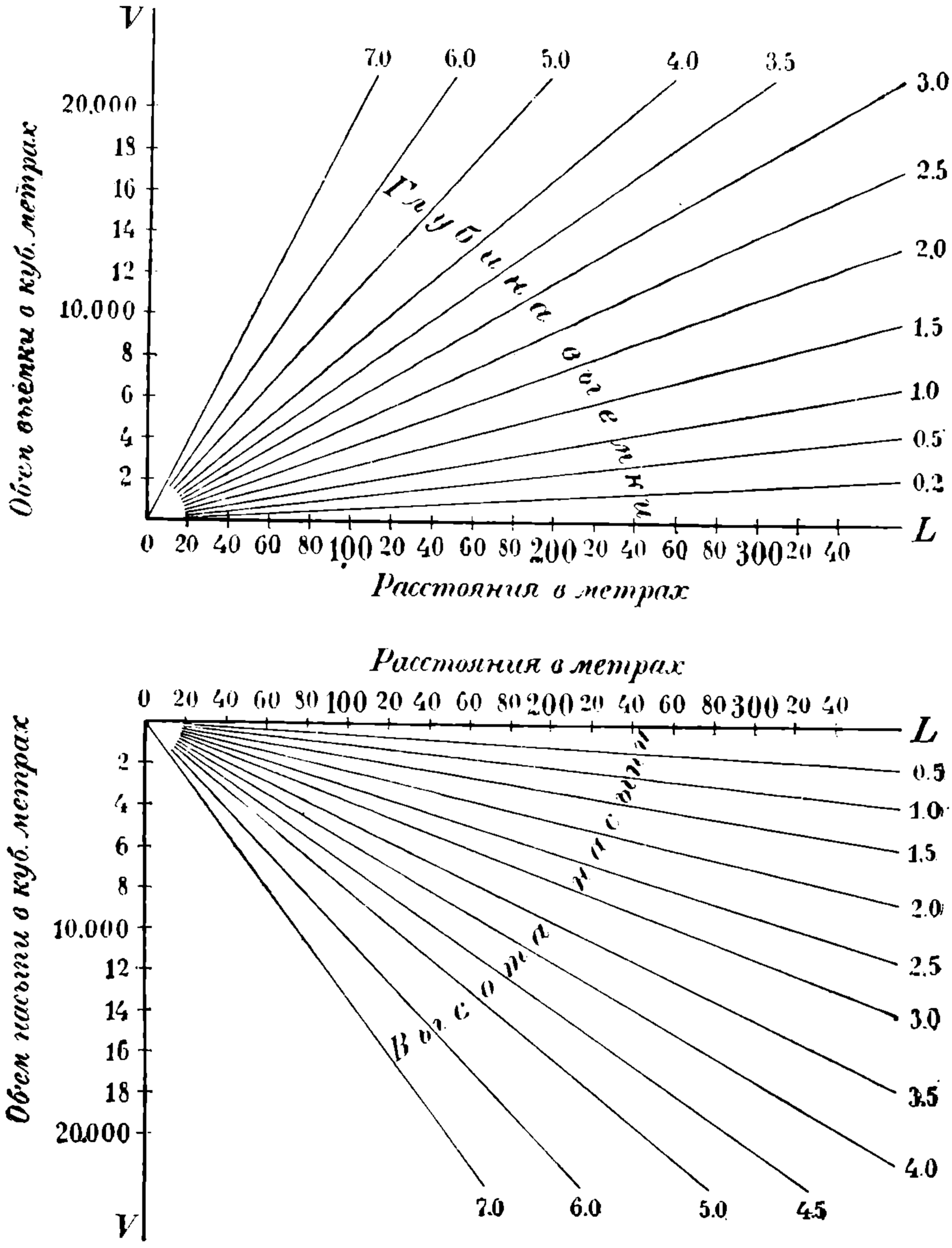


Рис. 210. График объема насыпей и выемок для полотна шириною 8,5 *м*. По оси абсцисс отложены расстояния, по оси ординат вверх отложен объем выемок, а внизу объем насыпей. Высота насыпей и глубина выемок написаны на наклонных лучах через 0.5—1.0 *м*.

канав идет по большей части в насыпь, а потому может не считаться отдельно для определения объемов выемки.

Для подсчета земляных работ при установленных Цудортрансом размерах насыпей и выемок с уклонами откосов 1 : 3 и 1 : $1^1/_3$, возможно пользоваться таблицами, составленными Ленпроектдором, образец каковых для полотна шириною 8,5 *м* приводится на стр. 286, 287, 288 и 289.

При графическом способе строят графические объемы насыпей и выемок, пользуясь вышеприведенными таблицами при определенной ширине дорожного полотна и откосах насыпей и выемок (рис. 210). По оси абсцисс откладываются расстояния в *м*, а по оси ординат объемы в $м^3$ для разных высот насыпей и глубин выемок. [1]

[1] Проф. Г. Д. Дубелир. Дорожное дело, ч. II. 1928.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 89

Подсчет земляных работ по полуплощадям при ширине полотна 8,5 и откосах 1:3

для насыпей при рабочей отм. от 0.00 до 1.00

h	$^1/_2\ \omega$		h	$^1/_2\ \omega$		h	$^1/_2\ \omega$
	насыпь	кювет		насыпь	кювет		
0,00	0,00	1.76	0,40	1.94	0,52	0,80	4,36
01	0.04	1.72	41	1.99	0.50	81	4.42
02	0.08	1.68	42	2.05	0.48	82	4.49
03	0.13	1.64	43	2.10	0.46	83	4.56
04	0.17	1.60	44	2.16	0.43	84	4.63
05	0.22	1.56	45	2.22	0.41	85	4.70
06	0.26	1.53	46	2.27	0.39	86	4.76
07	0.31	1.48	47	2.33	0.37	87	4.83
08	0.35	1.45	48	2.39	0.36	88	4.90
09	0.39	1.41	49	2.44	0.34	89	4.97
0.10	0.44	1.38	0.50	2.50	0.32	0.90	5.04
11	0.49	1.35	51	2.56	0.30	91	5.11
12	0.53	1.31	52	2.62	0.28	92	5.18
13	0.58	1.28	53	2.67	0.27	93	5.25
14	0.63	1.24	54	2.73	0.25	64	5.32
15	0.67	1.21	55	2.79	0.24	95	5.39
16	0.72	1.18	56	2.85	0.23	96	5.46
17	0.77	1.14	57	2.91	0.21	97	5.53
18	0.81	1.11	58	2.97	0.20	98	5.60
19	0.86	1.08	59	3.03	0.18	99	5.67
0.20	0.91	1.05	0.60	3.09	0.17	1.00	5.75
21	0.96	1.02	61	3.15	0.16		
22	1.01	0.99	62	3.21	0.14		
23	1.06	0.96	63	3.27	0.13		
24	1.11	0.92	64	3.33	0.12		
25	1.16	0.89	65	3.39	0.11		
26	1.21	0.87	66	3.46	0.10		
27	1.26	0.84	67	3.52	0.09		
28	1.31	0.82	68	3.58	0.08		
29	1.36	0.79	69	3.65	0.07		
0.30	1.41	0.76	0.70	3.71	0.06		
31	1.46	0.74	71	3,77	0.05		
32	1.51	0.71	72	3.84	0.04		
33	1.57	0.68	73	3.90	0.04		
34	1.62	0.65	74	3.97	0.03		
35	1.67	0.63	75	4.03	0.03		
36	1.73	0.61	76	4.10	0.02		
37	1.78	0.58	77	4.16	0.01		
38	1.83	0.56	78	4.23	0.01		
39	1 88	0.54	79	4.29	0.00		
0.40	1.94	0.52	0.80	4.36	0.00		

$$\text{Насыпь } \frac{\omega}{2} = \frac{Bh}{2} + \frac{3h^2}{2}$$

$$\text{Выемка } \frac{w}{2} = 0{,}32 - 0{,}4h + 2{,}25(0{,}8 - h)^2$$

Таблица 90

Подсчет земляных работ по полуплощадям выемок при ширине полотна 8,5 м с канавами

для выемок при высоте рабочей отметки от 3,50 до 6,00

h	$^1/_2\ \omega$	h	$^1/_2\ \omega$	h	$^1/_2\ \omega$	h	$^1/_2\ \omega$	h	$^1/_2\ \omega$
3.50	32.28	4.00	37.98	4.50	43.99	5.00	50.32	5.50	56.95
51	32.39	01	38.09	51	44.11	01	50.44	51	57.09
52	32.50	02	38.21	52	44.24	02	50.57	52	57.12
53	32 61	03	38.33	53	44.36	03	50.70	53	57.36
54	32.72	04	38.44	54	44.48	04	50.83	54	57.49
55	32.84	05	38.56	55	44.61	05	50.96	55	57.63
56	32.94	06	38.68	56	44.73	06	51.09	56	57.77
57	33.05	07	38.79	57	44.85	07	51.22	57	57.90
58	33.17	08	38.91	58	44.98	08	51.36	58	58.04
59	33.28	09	39.03	59	45.10	09	51.49	59	58.18
3.60	33.39	4.10	39.15	4.60	45.23	5.10	51.62	5.60	58.32
61	33.50	11	39.27	61	45.36	11	51.75	61	58.45
62	33.61	12	39.39	62	45.48	12	51.88	62	58.59
63	33 72	13	39.51	63	45.60	13	52.01	63	58.73
64	33.84	14	39.62	64	45.73	14	52.14	64	58.87
65	33.95	15	39.74	65	45.85	15	52.27	65	59.00
66	34.06	16	39.86	66	45.98	16	52.40	66	59.14
67	34.17	17	39.98	67	46.11	17	52.53	67	59.27
68	34.28	18	40.10	68	46.23	18	52.67	68	59.41
69	34.40	19	40.22	69	46.35	19	52.80	69	59.56
3.70	34.52	4.20	40.34	4.70	46.48	5.20	52.94	5.70	59.69
71	34.68	21	40 46	71	46.61	21	53.07	71	59.83
72	34.75	22	40.58	72	46 74	22	53.20	72	59.97
73	34.86	23	40.70	73	46.86	23	53.33	73	60.11
74	34.97	24	40.83	74	46.99	24	53.46	74	60.25
75	35.09	25	40.94	75	47.11	25	53.59	75	60.39
76	35.20	26	41.06	76	47.24	26	53.73	76	60 58
77	35.31	27	41.19	77	47.36	27	53.86	77	60.66
78	35.42	28	41.30	78	47.49	28	53.99	78	60.83
79	35.54	29	41.42	79	47.62	29	54.13	79	60.94
3.80	35.66	4.30	41.55	4.80	47.75	5.30	54.26	5.80	61.08
81	35.77	31	41.66	81	47.88	31	54.32	81	61.22
82	35.89	32	41 78	82	48 00	32	54.52	82	61.36
83	36.00	33	41.91	83	48.13	34	54.66	83	61.50
84	36.11	34	42.03	84	48.26	34	54.79	84	61.64
85	36.23	35	42.16	85	48.38	35	54.93	85	61.78
86	36.35	36	42.26	86	48.51	36	55.06	86	61.92
87	36.46	37	42.38	87	48.64	37	55.20	87	62.06
88	36.58	38	42.50	88	48.77	38	55.33	88	62.20
89	36.70	39	42.63	89	48.90	39	55.46	89	62.34
3.90	36.81	4.40	42.76	4.90	49.03	5.40	55.60	5.90	62.49
91	36.93	41	42.88	91	49.15	41	55.73	91	62.63
92	37 04	42	43.00	92	49.28	42	55.87	92	62.76
93	37.15	43	43.12	93	49.41	43	56.00	93	62.91
94	37.27	44	43.25	94	49.54	44	56.14	94	63.05
95	37.39	45	43.37	95	49.67	45	56.27	95	63.19
96	37.51	46	43.49	96	49.80	46	56.41	96	63.33
97	37.62	47	43.62	97	49.92	47	56.54	97	63.47
98	37.74	48	43.74	98	50.06	48	56.68	98	63.62
99	37.86	49	43.86	99	50.18	49	56.81	99	63.76
4.00	37.98	4.50	43.99	5.00	50.32	5.50	56.95	6.00	63.90

$$\frac{\omega}{2} = 1{,}14 + \left(\frac{B}{2} + 2{,}46\right) h + 0{,}625\, h^2$$

НВ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 91

Подсчет земляных работ по полуплощадям выемок при ширине полотна 8,5 м с канавами

для выемок при высоте рабочей отметки от 0,00 до 3,50

h	$^1/_2\ \omega$	*h*	$^1/_2\ \omega$	*h*	$^1/_2\ \omega$	*h*	$^1/_2\ \omega$	*h*	$^1/_2\ \omega$	*h*	$^1/_2\ \omega$	*h*	$^1/_2\ \omega$
0.00	1.14	0.50	4.65	1.00	8.48	1.50	12.61	2.00	17.06	2.50	21 81	3.00	26.89
01	1.21	51	4.72	01	8.56	51	12.69	01	17.14	51	21.91	01	26.99
02	1.27	52	4.79	02	8.64	52	12.77	02	17.24	52	22.01	02	27 10
03	1.34	53	4.87	03	8.71	53	12.86	03	17.33	53	22.11	03	27.21
04	1.41	54	4.94	04	8.79	54	12.95	04	17 42	54	22.21	04	27.31
05	1.48	55	5.02	05	8.87	55	13.04	05	17.52	55	22.31	05	27.41
06	1.54	56	5.09	06	8.95	56	13.12	06	17.61	56	22.41	06	27.52
07	1 61	57	5.16	07	9.02	57	13 21	07	17.70	57	22.51	07	27.62
08	1.68	58	5.24	08	9.11	58	13.30	08	17.79	58	22.61	08	27.73
09	1.74	59	5.32	09	9.19	59	13.39	09	17.89	59	22.71	09	27 84
0.10	1.82	0.60	5.39	1.10	9.27	1.60	13.47	2.10	17.98	2.60	22.81	3.10	27.94
11	1.89	61	5.46	11	9.35	61	13.56	11	18.07	61	22.91	11	28.04
12	1.96	62	5.54	12	9.43	62	13.65	12	18.17	62	23.01	12	28.15
13	2.02	63	5.61	13	9.52	63	13.73	13	18.25	63	23.11	13	28.26
14	2.08	64	5.69	14	9 59	64	13.82	14	18.35	64	23.21	14	28.37
15	2.16	65	5.76	15	9.68	65	13.91	15	18.45	65	23.31	15	28.47
16	2.23	66	5.83	15	9.76	66	13.99	16	18.54	66	23.41	16	28.58
17	2.30	67	5.91	17	9.85	67	14.08	17	18.63	67	23.51	17	28.69
18	2.37	68	5.99	18	9.92	68	14.17	18	18.73	68	23.61	18	28.79
19	2.43	69	6.06	19	10.00	69	14.26	19	18 83	69	23.71	19	28.90
0.20	2.51	0.70	6.13	1.20	10.09	1.70	14.35	2.20	18 93	2.70	23.82	3.20	29.01
21	2.58	71	6.22	21	10.17	71	14.44	21	19.01	71	23.91	21	29 12
22	2.65	72	6 29	22	10.25	72	14.52	22	19.11	72	24.01	22	29.22
23	2.72	73	6.36	23	10.34	73	14.61	23	19.21	73	24.12	23	29.33
24	2.79	74	6.44	24	10.42	74	14.70	24	19.31	74	24.21	24	29.44
25	2.86	75	6.52	25	10.50	75	14.78	25	19.39	75	24 32	25	29.54
26	2.92	76	6.59	26	10.58	76	14.87	26	19.49	76	24.42	26	29.65
27	2.99	77	6.67	27	10.67	77	14.97	27	19.59	77	24.52	27	29.76
28	3.07	78	6.75	28	10.75	78	15.06	28	19.68	78	24.62	28	29.87
29	3.13	79	6.83	29	10.83	79	15.15	29	19.78	79	24.72	29	29.98
0.30	3.21	0.80	6.90	1.30	10.92	1.80	15.24	2.30	19.88	2.80	24.82	3.30	30.09
31	3.28	81	6.98	31	11.00	81	15.33	31	19.97	81	24.93	31	30.20
32	3.35	82	7.06	32	11.08	82	15.42	32	20.06	82	25 03	32	30.31
33	3.42	83	7.13	33	11.17	83	15.50	33	20.16	83	25.14	33	30.41
34	3.49	84	7.21	34	11.25	84	15.59	34	20.26	84	25.24	34	30.51
35	3.57	85	7.29	35	11.33	85	15.69	35	20.35	85	25.34	35	30.62
36	3.64	86	7.37	36	11.42	86	15.78	36	20.45	86	25.44	36	30.73
37	3.71	87	7.44	37	11.50	87	15.87	37	20.55	87	25.55	37	30.84
38	3.78	88	7.52	38	11.58	88	15.96	38	20.64	88	25 64	38	30.95
39	3.86	89	7.60	39	11.67	89	16.05	39	20.74	89	25.75	39	31.06
0.40	3.92	0 90	7.68	1.40	11.76	1.90	16.14	2 40	20.84	2.90	25.86	3.40	31.18
41	3.99	91	7 75	41	11.84	91	16.23	41	20.93	91	25.96	41	31.29
42	4.07	92	7.84	42	11.92	92	16.32	42	21.03	92	26.07	42	31 39
43	4.14	93	7 92	43	12.01	93	16.42	43	21.13	93	26.16	43	31.50
44	4.21	94	7.99	44	12.09	94	16.50	44	21.22	94	26.27	44	31.62
45	4.28	95	8.07	45	12.17	95	16.59	45	21.32	95	26.37	45	31.72
46	4.36	96	8.16	46	12.26	96	16 69	46	21.42	96	26.47	46	31.83
47	4.43	97	8.24	47	12.35	97	16.78	47	21.51	97	26.57	47	31.94
48	4.50	98	8.31	48	12.44	98	16.87	48	21.61	98	26.68	48	32.05
49	4.57	99	8.39	49	12.54	99	16.97	49	21.71	99	26.79	49	32.16
0.50	4.65	1.00	8.48	1.50	12.61	2.00	17.06	2.50	21.81	3.00	26.89	3.50	32.28

НТБ УГЛУНТ (ДИТ)

h	½ ω		h	½ ω		h		h	½ ω	h	½ ω	h
	Насыпь	Выемка		Насыпь	Выемка							
0,00	0.00	1.17	0.50	2.30	0.24	1.00	4.92	1.50	7 87	2.00	11 17	2.50
01	0.04	1 15	51	2.34	0.23	01	4.97	51	7.94	01	11.24	51
02	0.08	1.12	52	2.39	0.22	02	5.03	52	8.00	02	11.31	52
03	0.13	1.10	53	2.44	0.21	03	5.08	53	8.06	03	11.37	53
04	0.17	1.07	54	2.49	0.20	04	5.14	54	8.13	04	11.44	54
05	0.21	1.05	55	2.54	0.19	05	5.20	55	8.19	05	11.51	55
06	0.25	1.02	56	2.60	0.17	06	5.25	56	8.25	06	11.58	56
07	0.30	1.01	57	2.64	0.16	07	5.31	57	8.32	07	11.65	57
08	0.34	0.98	58	2.69	0.15	08	5.37	58	8.38	08	11.72	58
09	0.40	0.95	59	2.74	0.14	09	5.43	59	8.44	09	11.79	59
0.10	0.44	0.93	0.60	2.79	0.13	1.10	5.48	1.60	8.51	2.10	11.87	2.60
11	0.48	0.91	61	2.84	0.12	11	5.54	61	8.57	11	11 94	61
12	0.52	0.89	62	2.89	0.11	12	5.60	62	8.63	12	12.01	62
13	0.56	0.87	63	2.94	0.10	13	5.65	63	8.70	13	12.08	63
14	0.61	0.84	64	2.99	0.09	14	5.71	64	8.76	14	12.15	64
15	0.66	0 82	65	3.04	0.09	15	5.77	65	8.83	15	12·22	65
16	0.70	0.81	66	3.09	0.08	16	5.83	66	8.89	16	12.29	66
17	0.74	0.78	67	3.15	0.07	17	5.88	67	8.96	17	12.36	67
18	0.79	0.77	68	3.20	0.06	18	5.94	68	9.02	18	12.43	68
19	0.83	0.75	69	3.25	0.06	19	6.00	69	9.09	19	12.50	69
0.20	0.88	0.72	0.70	3 30	0.05	1.20	6.06	1.70	9.15	2.20	12.58	2.70
21	0.92	0.70	71	3.35	0.04	21	6.12	71	9.22	21	12.64	71
22	0.97	0.68	72	3.41	0.04	22	6.18	72	9.28	22	12.72	72
23	1.02	0.66	73	3.46	0.03	23	6 24	73	9.35	23	12.79	73
24	1.06	0.64	74	3.51	0.03	24	6.30	74	9.41	24	12.87	74
25	1.10	0.62	75	3.56	0.02	25	6.35	75	9.48	25	12.94	75
26	1.16	0.59	76	3.61	0.02	26	6.41	76	9.54	26	13.01	76
27	1.20	0.58	77	3.67	0.01	27	6.47	77	9.61	27	13.08	77
28	1.25	0.57	78	3.72	0.01	28	6.53	78	9 68	28	13.16	78
29	1.29	0.55	79	3.77	0.00	29	6.59	79	9.74	29	13.23	79
0.30	1.34	0.53	0.80	3.83	0.00	1.30	6.65	1.80	9.81	2.30	13.30	2.80
31	1.39	0.52	81	3.88	—	31	6.71	81	9.87	31	13.37	81
32	1.43	0.50	82	3.93	—	32	6.77	82	9.94	32	13.45	82
33	1.47	0.49	83	3.99	—	33	6.83	83	9.01	33	13.52	83
34	1.53	0.46	84	4.04	—	34	6.89	84	10.08	34	13.60	84
35	1.57	0.45	85	4.09	—	35	6.95	85	10.14	35	13.67	85
36	1.62	0.44	86	4.15	—	36	7.01	86	10.21	36	13.74	86
37	1.66	0.42	87	4.20	—	37	7.07	87	10.28	37	13.82	87
38	1.72	0.40	88	4.26	—	38	7.13	88	10.35	38	13.89	88
39	1.76	0.38	89	4.31	—	39	7.19	89	10.41	39	13.97	89
0.40	1.81	0.37	0 90	4.36	—	1.40	7.26	1.90	10.48	2.40	14.04	2.90
41	1.86	0.36	91	4.42	—	41	7.31	91	10.56	41	14.12	91
42	1.91	0.34	92	4.47	—	42	7.38	92	10.62	42	14.19	92
43	1.96	0.33	93	4.53	—	43	7.44	93	10.69	43	14.26	93
44	2.00	0.31	94	4.58	—	44	7.50	94	10.75	44	14.33	94
45	2.05	0.30	95	4.64	—	45	7.56	95	10.82	45	14.41	95
46	2.10	0.29	96	4.70	—	46	7.63	96	10.89	46	14.49	96
47	2.15	0.28	97	4.75	—	47	7.69	97	10.96	47	14.56	97
48	2.20	0.27	98	4.80	—	48	7.75	98	11.03	48	14.64	98
49	2.94	0.25	99	4.86	—	49	7.81	99	11.16	49	14.71	99
0.50	2.30	0.24	1.00	4.92	—	1.50	7.87	2.00	11.17	2.50	14.79	3.00

НБ УДУНТ (ДИТ)

ширине земляного полотна 8 5 м и откосах 1 : 1 1/3

Таблица 92

1/2 w	h	1/2 w	h	1/2 w	h	1/2 w	h	1/2 w	h	1/2 w	h	1/2 w
14.79	3.00	18 75	3.50	23.04	4.00	27.67	4.50	32.63	5.00	37.93	5.50	43.55
14.80	01	18.83	51	23.13	01	27.77	51	32.73	01	38.03	51	43 67
14.94	02	18.92	52	23.22	02	27.86	52	32 84	02	38.14	52	43.78
15.02	03	19.00	53	23 31	03	27.96	53	32.94	03	38.25	53	43.90
15.10	04	19.08	54	23.40	04	28.06	54	33.04	04	38.36	54	44.02
15.17	05	19.17	55	23.49	05	28.15	55	33.14	05	38.37	55	44.13
15.25	06	19.25	56	23.58	06	28.25	56	33.25	06	38.58	56	44.25
15.33	07	19.33	57	23.67	07	28.35	57	33 35	07	38.69	57	44.37
15.40	08	19.42	58	23 76	08	28.44	58	33.45	08	38 80	58	44 48
15.48	09	19.50	59	23.85	09	28.54	59	33.56	09	38.91	59	44.60
15 56	3.10	19.58	3.60	23.94	4.10	28.64	4.60	33.66	5.10	39.02	5.60	44.72
15.63	11	19.67	61	24.03	11	28.73	61	33.71	11	39.13	61	44.83
15.71	12	19.75	62	24.12	12	28.83	62	33.87	12	39.24	62	44 95
15.79	13	19.83	63	24.21	13	28.93	63	33.97	13	39.35	63	45.07
15.87	14	19.92	64	24.31	14	29.03	64	34.08	14	39.46	64	45.19
15.94	15	20 00	65	24.40	15	29.12	65	34.18	15	39.58	65	45.30
16.02	16	20.09	66	24.49	16	29.22	66	34 29	16	39.69	66	45.42
16.10	17	20.17	67	24.58	17	29.32	67	34.39	17	39.80	67	45.54
16.18	18	20.26	68	24.97	18	29.42	68	34.50	18	39.91	68	45 66
16.58	19	20.34	69	24.76	19	29.52	69	34.60	19	40.02	69	45.78
16.34	3.20	20.43	3.70	24.85	4.20	29.62	4 70	34 71	5.20	40.14	5.70	45.90
16.42	21	20.51	71	24 95	21	29.71	71	34.81	21	40.26	71	46 01
16.49	22	20 60	72	25.04	22	29.81	72	34.92	22	40.36	72	46.13
16.57	23	20 68	73	25.13	23	29 91	73	35.02	23	40.47	73	46.25
16.65	24	20.77	74	25.22	24	30.01	74	35.13	24	40.58	74	46.37
16.73	25	20.85	75	25.32	25	30.11	75	35 23	25	40.69	75	46.49
16.81	26	20.94	76	25 41	26	30 21	76	35 34	26	40.81	76	46.61
16.89	27	21 03	77	25 50	27	30.31	77	35.45	27	40 92	77	46.73
16.97	28	21.12	78	25.59	28	30.41	78	35 55	28	40.03	78	46 85
17.05	29	21.20	79	25.69	29	30.51	79	35.66	29	41.15	79	46.97
17.13	3.30	21.29	3.80	25.78	4.30	30.61	4.80	35.77	5 30	41.26	5.80	47.09
17.21	31	21.37	81	25.87	31	30.71	81	35.87	31	41.37	81	47.21
17.29	32	21.46	82	25.97	32	30.81	82	35 98	32	41 49	82	47.33
17.37	33	21.55	83	26.06	33	30.91	83	36.09	33	41.60	83	47.45
17.45	34	21.63	84	26.15	34	31.01	84	36.19	34	41.71	84	47.57
17.53	35	21.72	85	26.25	35	31.11	85	36.30	35	41.83	85	47.69
17.61	36	21.81	86	26.34	36	31 21	86	36.41	36	41.94	86	47.81
17.69	37	21.90	87	26.43	37	31.31	87	36.51	37	42.06	87	47.93
17.77	38	21.98	88	26 53	38	31.41	88	36.62	38	42.17	88	48.05
17.85	39	22.07	89	26.63	39	31.51	89	36.73	39	42.28	89	48.17
17.93	3.40	22.16	3.90	26.72	4.40	31.61	4 90	36.84	5.40	42.40	5.90	48.29
18.01	41	22.25	91	26.81	41	31.71	91	36.95	41	42.51	91	48.41
18.10	42	22.34	92	26.91	42	31.81	92	37 05	42	42.63	92	48.54
18.18	43	22.42	93	27 00	43	31.92	93	37.16	43	42.74	93	48.66
18.26	44	22.51	94	27 10	44	32.02	94	37.27	44	42 86	94	49.78
18 34	45	22.60	95	27.19	45	32.12	95	37.38	45	42.97	95	48.90
18.42	46	22.69	96	27.29	46	32 22	96	37.49	46	43.09	96	49.02
18 50	47	22.78	97	27 38	47	32.32	97	37 60	47	43 20	97	49.14
18 58	48	22.87	98	27.48	48	32.43	98	37.71	48	43.32	98	49.26
18.66	49	22.96	99	27.58	49	32.53	99	37.82	49	43.44	99	49.39
18.75	3.50	23.04	4.00	27 67	4.50	32.63	5.00	37.93	5.50	43.55	6.00	49.51

НБ УДУНТ (ДПТ)

На основании этого графика возможно построить кривую объемов (рис. 211). которая дает возможность определить объем земляных работ на каждом пикете.

По абсциссам этой кривой откладывают расстояния, т. е. длину линии, обычно или в том же масштабе, как продольный профиль (100 *м* в 1 *см*), или в более крупном (напр. 50 *м* в 1 *см*). По ординатам последовательно откладывают приращения объемов насыпей или выемок на протяжении данного участка; так, например, приращение $\Delta V_2 = Ce = C2 - d1$ ординаты $C2$ изображает,

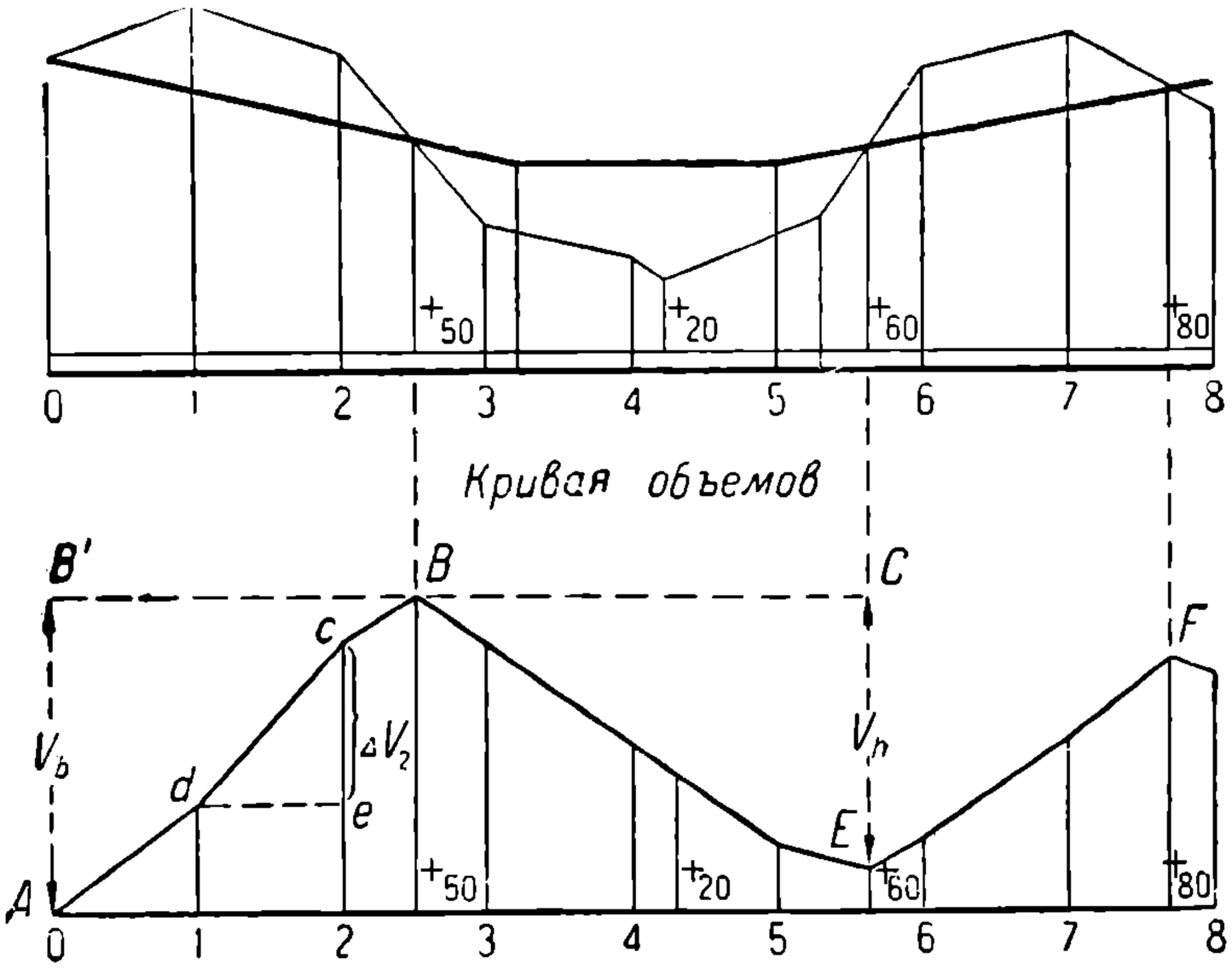


Рис. 211. Кривая объемов.

в известном масштабе, объем выемки на протяжении, соответствующем расстоянию между пикетами 1—2 на продольном профиле. При этом выемки условно откладываются в виде приращений вверх (в виде восходящей ломаной линии), а насыпи вниз (в виде нисходящей ломаной линии).

Для составления сметных соображений бывает крайне важно знать характер грунта, который приходится разрабатывать в выемке или резерве, и способ транспортировки грунта в насыпь,— при помощи перекидки, тачечной возки, конной возки, или наконец механической возки (тракторными лопатами или грузовиками). В силу изложенного на каждом пикете должен быть указан способ использования получаемой земли.

Для удовлетворения указанных требований подсчет земляных работ можно вести согласно нижеприводимой ведомости.

ВЕДОМОСТЬ ПОДСЧЕТА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Километры	Пикет	Плюс	Рабоч. отметка	Расстояние	Насыпь			Выемка				Выемка				Распределение земли				Резерв	
					площадь	средняя площадь	объем	площадь	углубленная канава		Общая площадь (средняя)	Объем грунта I	Объем грунта II	Объемы		Избытки выемки	Конная или тракт. возка		Перекидка и тачечная возка на небольшом расстоянии	Тачечная возка	Грунт	
									h_1	ω_1				в кавальеры	пригодная земля		объем	дальность возки			I	II

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ 67. Сравнение выбранных вариантов дороги. При составлении проекта дороги необходимо стремиться к тому, чтобы выбранное направление во всех отношениях представляло наибольшие удобства и безопасность для движения. Удобства и безопасность движения по дороге будут зависеть от следующих основных условий:

1) наиболее короткого расстояния между двумя заданными точками,
2) наименьшей извилистости дороги в плане,
3) возможно более пологих радиусов закруглений,
4) отсутствия частых переломов продольного профиля,
5) наименьшей виртуальной длины дороги.

Для возможности сравнения между собою отдельных вариантов дороги необходимо, на основе изложенных выше технических требований к дороге, установить ряд основных показателей, по которым эти варианты могут быть сравниваемы между собою.

Удлинение линии, вследствие ее извилистости, отклонение от прямого направления по воздушной линии, может быть характеризовано коэффициентом удлинения линии, выражаемого формулой

$$l = \frac{L_1 - L}{L} \times 100,$$

где L_1 — длина линии по проекту в *км*,
L — „ „ воздушной линии.

Для того чтобы траса дороги обладала наименьшей извилистостью и была возможно более пологой, необходимо уменьшить число углов поворота и по возможности увеличить радиусы закруглений.

Коэффициент извилистости дороги может быть выражен следующей формулой:

$$S = \frac{\Sigma\alpha}{L},$$

где $\Sigma\alpha$ — сумма всех углов поворота.
L — общая длина дороги.

Числовой характеристикой трасы в отношении величины радиусов закруглений может быть принята условная величина в виде среднего радиуса, выражаемого следующей формулой

$$R = \frac{\Sigma K}{\Sigma\alpha},$$

где ΣK — сумма длин кривых,
$\Sigma\alpha$ — сумма углов поворота в радианах.

Характеристикой частого изменения продольного профиля с излишними подъемами на водоразделах и спусками в долины может служить так называемый *средний уклон*, который определяется следующей формулой:

$$i_{cp} = \frac{\Sigma H}{2L},$$

где ΣH — сумма всех превышений проектных отметок на водоразделах над проектными отметками в долинах, считая в обоих направлениях,
L — длина дороги.

Для характеристики работы, затрачиваемой двигателем для перевозки груза по данной дороге, служит *виртуальная* длина. Виртуальной тяговой длиной данной дороги можно назвать условную длину горизонтального и прямого (без закруглений) отрезка пути, при прохождении по которому той же самой повозки работа сопротивления равна работе сопротивления на данном участке.

Если между двумя точками A и B можно провести несколько вариантов дороги, то наивыгоднейшим из них в отношении работы сопротивления является вариант, имеющий наименьшую виртуальную тяговую длину. Может случиться, что из двух вариантов окажется имеющим меньшую виртуальную длину не прямой, а обходный, в силу того, что на прямом направлении имеется много подъемов и вредных уклонов, а обходный вариант проходит по ровному месту. Таким образом прямая линия между двумя точками A и B в отношении работы сопротивления движению не всегда является кратчайшим расстоянием между этими точками. Рассмотрим сначала простейший случай, когда на данном

НТБ УДУНТ (ДИТ)

участке имеется всего лишь один подъем i длиною L и движение совершается конной тягой. Имея в виду малое значение сопротивления в кривых частях участка при определении виртуальной тяговой длины, сопротивлением в кривых пренебрегаем.

Обозначим виртуальную тяговую длину участка L через λ. Эта длина определится из условия равенства работы при прохождении данной повозкой весом P длины L и λ:

$$fPL + PiL = fP\lambda,$$

откуда

$$\lambda = L\left(1 + \frac{i}{f}\right)$$

Если вместо подъема имеем дело с уклоном, т. е. если величина i отрицательна, то виртуальная тяговая длина λ менее действительной длины участка L:

$$\lambda = L\left(1 - \frac{i}{f}\right).$$

Однако при больших уклонах, называемых вредными, следует применять не последнюю формулу, а первую. На большом уклоне экипаж, под действием составляющей собственного веса, параллельной дороге, стремится катиться вниз с большим ускорением и подталкивает лошадь, которая старается удержать повозку, развивая усилие, сходное с тем, которое развивается при подъеме той же повозки в гору. Поэтому и виртуальная длина на вредном уклоне—i такая же, как и на подъеме $+ i$. Пределом вредного уклона очевидно следует считать такой уклон, на котором сопротивление равно нулю, или, другими словами, $\lambda = 0$. Подставляя эти значения в предыдущую формулу, получаем предельное значение вредного уклона:

$$i_{вр} = -f.$$

На небольших уклонах и подъемах, например, при $i < 0{,}01$, можно считать $\lambda = L$.

Допустим теперь, что длина участка дороги состоит из ряда подъемов и уклонов, длины которых L_1; L_2; L_3...

Пусть виртуальные длины каждого из этих подъемов и уклонов, если рассматривать движение повозки от A к B, будут λ_1, λ_2, λ_3... Очевидно, что если мы будем рассматривать движение повозки не от A к B, а от B к A, то подъемы сделаются уклонами, а уклоны—подъемами. В соответствии с этим и их виртуальные тяговые длины изменят свои значения, например с λ_1 на λ_1' с λ_2 на λ_2' и т. д. Если сумму $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \ldots = \Sigma\lambda$ назвать виртуальной тяговой длиной участка AB, то сумма $\lambda_1' + \lambda_2' + \lambda_3' + \ldots = \Sigma\lambda'$ будет виртуальная тяговая длина того же участка в обратном направлении (BA). Вообще говоря, $\Sigma\lambda$ и $\Sigma\lambda'$ не равны между собою, т. е. виртуальная тяговая длина дороги в одном направлении отлична от ее виртуальной тяговой линии в другом направлении.

Если, как часто и бывает, движение по дороге совершается приблизительно в одинаковом размере в ту и другую сторону, то данное направление дороги может быть условно характеризовано полусуммой виртуальных тяговых длин $\Sigma\lambda$ и $\Sigma\lambda'$, т. е. величиной $\frac{\Sigma\lambda + \Sigma\lambda'}{2} = \Lambda$. Если длина участка есть $L_1 + L_2 + L_3 + \ldots = \Sigma L$, то частное от деления величины Λ на длину ΣL, т. е. величину $\frac{\Lambda}{\Sigma L}$ можно назвать *виртуальным тяговым коэффициентом данного участка.*

Следует обратить внимание, что если уклон i_n какого-либо отрезка L_n менее f, то для этого участка $\frac{\lambda_n + \lambda_n}{2} = 1$.

Поэтому, если мы хотим вычислить виртуальную тяговую длину какого-либо участка как полусумму виртуальных длин в двух противоположных направлениях, то следует выделить вредные уклоны, превышающие f. Для каждого из этих уклонов i_m длиною L_m виртуальная длина есть:

$$L_m\left(1 + \frac{i_m}{f}\right) = L_m + L_m\frac{i_m}{f}.$$

НБ УДУНТ (ДПТ)

Имея в виду, что, на основании изложенного выше, виртуальная длина отрезков с уклоном менее f, есть единица, можем написать,

$$A = \sum L + \sum \frac{L_m i_m}{f} = \sum L + \frac{1}{f} \sum L_m i_m.$$

Пример подсчета виртуальной длины при конной тяге. Пусть продольный профиль участка мощеной дороги, коэффициент сопротивления движению на которой $f = 0{,}04$, изображен на рис. 212-а. Действительная длина участка $\Sigma L = L_1 + L_2 + L_3 = 200 + 114 + 686 = 1000$ *м*. На участке имеется один вредный уклон $i = 6\%$ длиною 200 *м*. Поэтому, применяя приведенную формулу, можно в данном случае написать:

$$A = 1\,000 + \frac{200 \times 0{,}06}{0{,}04} = 1300 \text{ м}.$$

Виртуальный коэффициент в этом случае:

$$\frac{A}{\Sigma L} = \frac{1\,300}{1\,000} = 1{,}3.$$

Если бы при проектировании дороги удалось заменить уклоны в 6% и в $^1/_2$% (рис. 212-б) одним уклоном в 4% на протяжении $L_1 + L_2 = 200 + 114 = 314$ *м*. что, вообще говоря, можно сделать при известном изменении количества земляных работ, то на участке вредных уклонов вовсе не было бы и виртуальный коэффициент был бы 1.

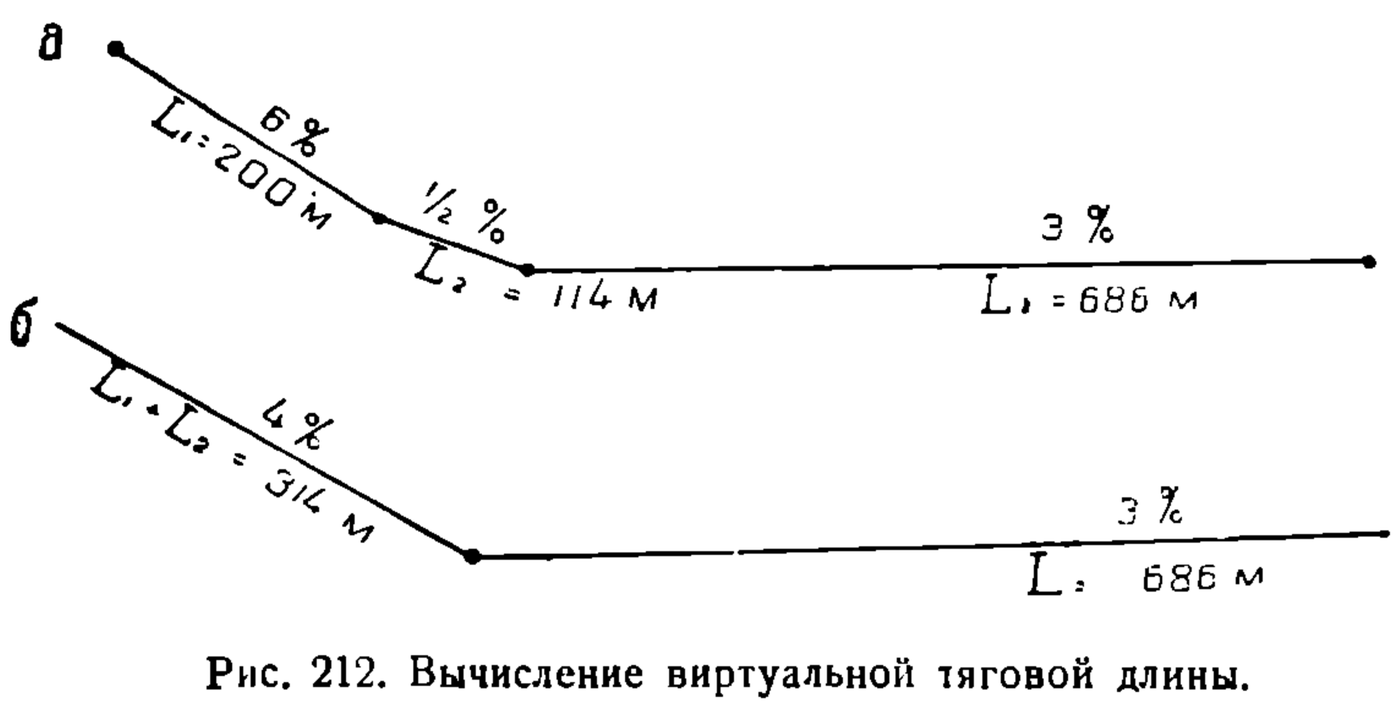


Рис. 212. Вычисление виртуальной тяговой длины.

Профиль рис. 212-б следовательно выгоднее в тяговом отношении, чем профиль рис. 212-а.

Для автомобильного движения определение виртуальной длины дороги может быть сделано следующим образом:

Полное сопротивление движению автомобиля на подъеме при равномерном движении выражается формулой

$$W = P \cdot f + P_i + 0{,}01\, kFv^2,$$

где f — коэффициент сопротивления на горизонтальном участке при равномерном движении, зависящий главным образом от рода одежды дороги и в некоторой степени от скорости, диаметра ведущих колес и типа шин. В дальнейшем мы будем принимать f зависящим от характера одежды дороги.

P — вес автомобиля;

i — подъем дороги;

κ — коэффициент, в тысячах, зависящий от формы кузова автомобиля;

F — лобовая поверхность автомобиля в $м^2$.

Сопротивление движению от толчков и сотрясений и от кривых в расчет не принимается.

В отношении сопротивления движению уклоны дороги надо подразделить на две категории: уклоны, при которых составляющая силы тяжести вдоль дороги есть движущая сила и нет надобности в торможении, и вторая группа, как указывалось выше, так называемые „вредные“ уклоны, на которых необходимо торможение для регулирования величины скорости.

Сопротивление движению для уклонов „безвредных“ выражается формулой:

$$W = Pf - P_i + 0{,}01\ kFv^2.$$

НБ УДУНТ (ДИТ)

Для данного полотна дороги, автомобиля и скорости движения „вредный" уклон определяется из последней формулы при $W = 0$.

$$Pi = Pf + 0{,}01\ kFv^2,$$

откуда

$$i_{\text{пред.}} = f + \frac{0{,}01\ kFv^2}{P}.$$

Для „вредных" уклонов

$$W = P\ f + P\ (i - i_{\text{пред}}) + 0{,}01\ kFv^2.$$

Имея выражение W для всех элементов продольного профиля, мы можем определить их виртуальные длины, но так как в действительности одни и те же уклоны часто повторяются, то гораздо удобнее определить виртуальные коэффициенты для всех встречающихся на данном профиле подъемов и уклонов и потом определить виртуальную длину всей линии.

Виртуальная длина l какого-нибудь элемента на подъеме при заданной скорости и данном автомобиле определяется выражением:

$$l\ (P \cdot f + 0{,}01\ \ kFv^2) = L\ (Pf + Pi + 0{,}01\ kFv^2)$$

откуда

$$l = L\ \frac{P \cdot f + Pi + 0.01\ kFv^2}{Pf + 0{,}01\ kFv^2} = \lambda L$$

Выражение при L называется виртуальным коэффициентом для подъема i

$$\lambda = \frac{Pf + Pi + 00{,}1\ kFv^2}{Pf + 0{,}01\ kFv^2}.$$

По этому выражению можно определить коэффициенты для всех подъемов.

Виртуальные коэффициенты для „безвредных" спусков определяются выражением:

$$\lambda = \frac{Pf - Pi + 0{,}0I\ kFv^2}{Pf + 0{,}01\ kFv^2}.$$

Для „вредных" спусков:

$$\lambda = \frac{P \cdot f + P\ (i - i_{\text{пред.}}) + 0{,}01\ kFv^2}{P \cdot f + 0{,}01\ kFv^2}.$$

Виртуальная длина линии равна $\Sigma\lambda L$.

Для облегчения и ускорения подсчетов, на основании последних трех формул можно составить готовые таблицы виртуальных коэффициентов для ходовых автомобилей при разных скоростях движения и разных коэффициентах f в зависимости от характера полотна дороги. Имея готовые таблицы, определение виртуальной длины линии и сравнение вариантов с точки зрения эксплоатационной не представит никакого затруднения.

§ 68. Состав детального проекта дороги. В состав детального проекта дороги должны входить следующие материалы:

1) Пояснительная записка в двух частях: технической и экономической. В экономической части дается обоснование экономической целесообразности капиталовложений, с приложением карт грузонапряженности и материалов по обследованию перевозок.

В технической записке дается обоснование класса дороги, технических условий и характерных особенностей и деталей проекта (выбор трасы, сравнение вариантов, применение предельных радиусов и уклонов, пересечение крупных водотоков, железных дорог, подходов к городам и транспортным узлам и т. п.).

В пояснительной записке должны быть приведены общие характеристики дороги, составленные на основании показателей, приведенных в § 67, а также должны быть показаны наиболее характерные измерители на 1 *км*; сметное количество земляных работ, количество и погонаж отверстий труб и мостов и стоимость—общая на 1 *км* и по главам сметы в процентах от общей стоимости.

2) Топографическая карта в масштабе по возможности не менее 1 : 100 000, с нанесением основного направления линии со всеми вариантами, с обозначением километров и с показанием карьеров и существующих и проектируемых путей сообщения данного района.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

3) План дороги по основному направлению и по вариантам в масштабе 1:20 000, с показанием на плане ситуации на полосе в 50 *м* по обе стороны от оси дороги, а в гористой местности—на 25 *м* от оси дороги. В случае искривления трасы или обхода каких-либо препятствий, последние наносятся на план с соответствующим уширением полосы съемки.

4) Планы отдельных мест (например, при развитии линии на крутых уклонах или в застроенных местах, а также планы узлов и более важных пересечений и примыканий дорог) в более крупном масштабе 1:2000 или 1:5000, в случае надобности—в горизонталях через 1 *м* по высоте.

5) Продольный профиль всей дороги по основному направлению и вариантам в масштабе горизонтальном $^1/_{5000}$ и вертикальном $^1/_{500}$, согласно установленному типовому чертежу, а также почвенно-грунтовые данные, нанесенные на том же профиле (рис. 67 и 187).

6) Принятые поперечные профили.

7) Поперечные профили в местах с поперечными уклонами более 20%, а также в местах проектировки виражей в масштабе 1:100.

8) Типовые чертежи для всех искусственных сооружений и зданий, за исключением особо сложных как по размерам и конструкции, так и по условиям производства работ, на которые представляются эскизные проекты.

9) Сводный план бассейнов искусственных сооружений.

10) Планы переходов рек с профилями живых сечений, с показанием горизонта самых высоких и меженних вод и ледоходов, а также данные о грунтах русел и схематические чертежи существующих в районе перехода мостов.

11) Расчеты отверстий всех искусственных сооружений.

12) Сводная ведомость расчетов отверстий.

13) Ведомость реперов (см. приложение № 1).

14) Ведомость отвода земель (см. приложение 2).

15) Ведомость сноса строений (см. приложение 3).

16) Ведомость рубки и корчевки, снятия мохового покрова и пр. (см. приложение 4).

17) Ведомость прямых и кривых (см. приложение № 5).

18) Ведомость водоотводных, осушительных и нагорных канав (см. приложение № 6).

19) Ведомость попикетного исчисления земляных работ.

20) Покилометровая ведомость земляных работ, с подразделением на грунты.

21) Ведомость дальности возки.

22) Ведомость дополнительных земляных работ.

23) Ведомость подсчета укрепления площадей откосов, насыпей и выемок.

24) Ведомость укрепления русел, конусов и дамб у искусственных сооружений.

25) Ведомость подпорных стенок и дренажей.

26) Ведомость искусственных сооружений (см. приложение № 7).

27) Ведомость тоннелей и галлерей.

28) Ведомость устройства проезжей части (см. приложение № 8).

29) Ведомость сооружений при пересечении с дорогами (путепроводы и переезды).

30) Ведомость гражданских сооружений.

31) Ведомость указательных знаков и оградительных сооружений.

32) Ведомость карьеров и лесных дач, с указанием примерной мощности их и результатов испытания материалов, и схема их расположения, с указанием протяжения обслуживаемых участков и средней дальности возки (см. приложение № 9).

33) Расценки на единицу работы; к ним прилагаются исчисления стоимости материалов на месте работ и цены на рабсилу.

34) Смета и сводка рабсилы и материалов (см. приложение № 10).

35) Общий план работ.

36) План финансирования.

37) Документы о согласовании проекта с местными властями и органами наркоматов.

Ниже приводятся образцы ведомостей и сметы на сооружение дороги.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Приложение № 1

К проекту дороги
Перегон
Партия
Изыскания производились

ВЕДОМОСТЬ РЕПЕРОВ

№ репера	Километр	Пикет	Плюс	Положение репера	Род репера	Эскиз	Отметка репера	
							условная	абсолютная

Ведомость составил — Проверил

Приложение № 2

К проекту дороги
Перегон
Партия
Изыскания производились

ВЕДОМОСТЬ УГОДИЙ, ПОДЛЕЖАЩИХ ОТЧУЖДЕНИЮ

Километры	Между пикетами	Расстояние	Площадь в квадратных метрах								
			Лес	Кустарник	Пашня	Луг	Сад Огород	Выгон	Пустырь	Усадьба	Дороги

Ведомость составил — Проверил

Приложение № 3

К проекту дороги
Перегон
Партия
Изыскания производились

ВЕДОМОСТЬ СТРОЕНИЙ, ПОДЛЕЖАЩИХ СНОСУ

№ по порядку	Километр	Пикет	Плюс	Наименование колхоза	Принадлежность строения	Родстроения и материал	Размер	Оценка		Примечания и эскиз
								Руб.	К.	

Ведомость составил — Проверил

Приложение № 4

К проекту дороги
Перегон
Партия
Изыскания производились

ВЕДОМОСТЬ РУБКИ И КОРЧЕВКИ

Километр	Пикет	Плюс	Расстояние	Площадь рубки *кв. м*			Площадь корчевки *кв. м*			Примечания
				Лес		Кустарник	Лес		Кустарник	
				густой	редкий		густой	редкий		

Ведомость составил — Проверил

НБ УДУНТ (ДИТ)

Приложение № 5

К проекту дороги
Перегон
Партия.....
Изыскания производились

ВЕДОМОСТЬ ПРЯМЫХ И КРИВЫХ

№№ углов	Километры	Начало и конец прямой и кривой	Пикетажная отметка вершины угла	Величина угла		Длина		Элементы кривой			Румб или азимут прямой
				влево	вправо	прямой	кривой	радиус	тангенс	биссектриса	

Ведомость составил Проверил

Приложение № 6

К проекту дороги
Перегон
Партия
Изыскания производились

ВЕДОМОСТЬ ВОДООТВОДНЫХ, ОСУШИТЕЛЬНЫХ И НАГОРНЫХ КАНАВ

Километры	Пикеты	Плюс	Расстояние	Средняя глубина	Средняя площадь сечения	Объем грунта		Уклон	Рубка и корчевка			Примечания
						тяжелого	легкого		лес густой	лес редкий	кусты	

Ведомость составил Проверил

Приложение № 7

К проекту дороги.....
Перегон
Партия
Изыскания производились .....

ВЕДОМОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

№ по порядку	Километр	Пикет	Плюс	Бодоток	Отметки				Род проектируемого сооружения и опор	Тип	Конуса				Примечания
					дна	межени	горизонта высоких вод	насыпи или бровки			Рабочая отметка конусов		Объем / Поверхность	Площадь замощ. / одерновки	
											левого берега	правого берега			

Ведомость составил Проверил

НБ УДУНТ (ДИТ)

Приложение № 8

К проекту дороги .....
Перегон .....
Партия
Изыскания производились

ВЕДОМОСТЬ УКРЕПЛЕНИЯ ПОЛОТНА

№ по порядку	Километр	Пикет	Плюс	Длина участков						Примечания
				Шоссе	Мостовая	Гравирование		Грунтов. дорога	Мостовой настил	
						в корыте	поверхностное			

Ведомость составил Проверил

Приложение № 9

К проекту дороги .....
Перегон
Партия .....
Изыскания производились

ВЕДОМОСТЬ КАРЬЕРОВ

Километр	Пикет	Плюс	Расстояние от линии	Наименование материала	Мощность карьера *м*³	Описание карьера (район и схема расположения, качество материала и условия разработки и перевозки)

Ведомость составил Проверил

Приложение № 10

СМЕТА

на сооружение дороги

на сумму Руб. .....

1) Протяжение дороги . *км*
2) Ширина между бровками *м*
3) Предположено замостить. %
4) Предположено загравировать %
5) Средняя кубатура насыпей и кавальеров на 1 *км* *м*³
6) Протяжение мостов на 1 *км* пог. *м*
7) Увеличение трасы по отношению к воздушной линии %
8) Средняя стоимость 1 *км* руб.

Смету составил:

.....

.....

Нач. ..... партии

Смету проверил

.....

.....

.... 193 ..... г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

№ по порядку	№ расценок	Наименование работ	Измерители	Количество	По цене		На сумму		Примечания
					Руб.	К.	Руб.	К.	
		А. Расходы по отчуждению и устройству просеки							
1		Расходы по отчуждению земель, составлению планов, постановке межевых знаков и оплата разъездов при ширине полосы в 65 *м*.....	п. км.						
2		Оплата землепользователей за вложенный труд:							
		а) пашни (озимь), сады и огороды	*га*						
		б) пашня (пар)	»						
		в) луг без мелиорационных устройств. .							
		г) клевер.							
3		Оплата расходов по относке строений жилых .	$м^2$						
		нежилых	»						
4		Рубка леса густого	*га*						
		» средней густоты .							
		» » редкого .							
		» » кустарника							
5		Корчевка леса: густого							
		» » средней густоты . .							
		» » редкого .							
		» » кустарника							
		.....							
		Итого по главе А. .							
		На 1 километр.							
		Б. Устройство земляного полотна							
6		Разработка грунта. тяжелого	$м^3$						
		» » легкого							
		.....							
7		Разравнивание грунта без утрамбовки в кавальерах							
8		Разравнивание грунта с обыкн. утрамбовкой в насыпях							
9		Прокопка нагорных и водоотводных канав. .	»						
10		Профилирование полотна .	$м^2$						
11		Перемещение грунтов:							
		а) перекидка и тачечная возка на малое расстояние . . .	$м^3$						
		б) тачечная возка	»						
		в) конная или тракторная возка скреперами на расстоянии:							
		50 *м* .							
		100 » .							
		200 »							
		300 » .							
		400 » .							
		500 »							
		600 » .							
		700 » .							
		800 » .							
		900 » .							
		1000 »							
		2000 » .							
		3000 »							
12		Планировка готовых откосов . .	$м^2$						

НБ УДУНТ (ДИТ)

№ по порядку	№ расценок	Наименование работ	Измерители	Количество	По цене		На сумму		Примечания
					Руб.	К.	Руб.	К.	
13		Дерновка откосов, конусов и канав	$м^2$						
14		Замощение откосов, дна канав и конусов							
15		.....							
16		Итого по главе Б. На 1 километр							
		В. Укрепление проезжей части							
17		Покрытие шоссейной одеждой при ширине полотна 5,5 *м* и обочин.....*м*. . .	п. *км*						
18		То же, при ширине полотна.....*м* и обочин.....*м* . . .							
19		Замощение вновь при ширине полотна 5,5 *м* и обочин.....*м*							
20		То же, при ширине полотна и обочин.....*м* . . .							
21		То же, при ширине полотна.....*м* и обочин.....*м* . . .							
22		Укрепление полотна гравийной одеждой, при ширине полотна 5,5 *м* и обочин.....*м*							
23		То же, при ширине полотна.....*м* и обочин.....*м* . . .							
24		Сплошные россыпи на шоссе .	п *м*						
25		.....							
		Итого по главе В. На 1 километр.							
		Г. Искусственные сооружения							
26		Постройка деревянных прямоугольных труб в 3 пластины.	п. *м*						
27		То же, но в 4 пластины . . .							
28		Постройка деревянных 3-угольных труб							
29		.....							
		.....							
30		Постройка малых (до 5 *м*) деревянных мостов на сваях . .							
31		Постройка средних деревянных балочных мостов на сваях.							
32		Постройка деревянных ригельно-подкосных мостов на сваях. . .							
33		Постройка деревянных подкосных мостов на ряжевых опорах							
33		.....							
34		Постройка жел.-бет. круглых или прямоугольных труб отверстием 0,75 *м*							
34		То же, отверстием..... *м* .							
35		.....							
		.....							
36		.....							
		.....							
37		.....							
		.....							
		Итого по главе Г. . На 1 километр.							

НБ УДУНТ (ДИТ)

№ по порядку	№ расценок	Наименование работ	Измерители	Количество	По цене Руб.	По цене К.	На сумму Руб.	На сумму К.	Примечания
		Д. Ограждение пути и постановка знаков							
38		Постановка указателей направления и километровых столбов	шт.						
39		Установка надолб.	„						
40		.....							
		Итого по главе Д.							
		На 1 километр.							
		Е. Гражданские сооружения							
41		Постройка деревянных гражданских сооружений, площ. .	$м^2$						
42		.....							
		.....							
43		.....							
		.....							
		.....							
		.....							
		.....							
		.....							
		.....							
		.....							
		.....							
		.....							
		Итого по главе Е. .							
		Вспомогательные работы 3% с суммы							
		Организацион. и непредвиден. расходы:							
		а) непредвиденные расходы с суммы .....0,25% . . .							
		б организационные расходы с суммы.....% .							
		.....							
		.....							
		Всего							

Средняя стоимость 1 *км* .....р.....к.

Подписи:

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 15 ОТДЕЛА V

Проф. Г. Д. Дубелир. Дорожное дело, ч. II. 1928.
Цудортранс. Технические условия, правила и нормы, ч. I—изыскания и проектирование автогужевых дорог, 1931.
ЦИС НКПС. Нормы расчета стока поверхностных вод. 1931.
Проф. Г. Д. Дубелир и В. М. Толстопятов. Земляные работы, 1927.
Трансторй. Расчет отверстий малых искусственных сооружений. 1930.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ОТДЕЛ VI

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ

ОБЩИЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

§ 69. Общие соображения при расчете дорожной одежды. В связи с реконструкцией автогужевого транспорта, работа дорожной одежды должна коренным образом измениться в соответствии с той новой нагрузкой, которая будет воздействовать на поверхность дороги.

До настоящего времени преобладающим видом повозки была груженая конная подвода с общим весом 750 *кг* (тара 250 *кг*, груз — 500 *кг*) и с давлением на колесо — 225 *кг* или городская платформа с общим весом 1 300 *кг* (тара 500 *кг*, груз — 800 *кг*) и с давлением на колесо 400 — 450 *кг*; в ближайшем же будущем в известных районах наиболее распространенным типом повозки должен явиться тяжелый автобус с общим весом 7 500 *кг*, с нагрузкой на колесо 2 500 *кг*, или грузовик весом 10 000 *кг*, с нагрузкой на одно заднее колесо 3 500 *кг*.

Таким образом нагрузка на дорожную одежду в ближайшее время возрастет примерно в 10 — 15 раз; естественно, что в связи с этим должны быть видоизменены и методы ее проектирования.

В отличие от Северной Америки, где преобладающим типом автомашин являются легковые автомобили и грузовики малого тоннажа, в наших условиях социалистического строительства будут развиваться перевозки грузов на машинах большого тоннажа и пассажиров на тяжелых автобусах.

В связи с последним положением надлежит с особым вниманием отнестись к проектированию толщины дорожной одежды, и конечно, нельзя придерживаться существовавшего до настоящего времени метода, когда шоссейная одежда во всех случаях делалась однообразной толщины, около 18 *см* (7″), вне зависимости от условий движения и характера грунта основания.

В отношении расчета дорожной одежды существующие типы дорожных покрытий можно разбить на три группы:

I группа — *дороги упрощенного типа* (грунтовые, песчано-глинистые, грунтовые, улучшенные всякими добавками).

Эта группа дорог может быть характеризована следующими признаками:

а) дорожная одежда обладает значительной степенью пластичности;

б) под влиянием нагрузки экипажа колеса его легко погружаются в материал дороги на некоторую глубину, образуя колею, которая остается и после прохода экипажа; работа смятия в данном случае расходуется на остаточную деформацию одежды;

в) деформации дорожной одежды могут легко и быстро возобновляться путем периодического утюжения;

г) влажность одежды в значительной степени влияет на величину остаточной деформации;

д) интенсивность движения также в сильной степени отражается на размерах деформации;

е) расчет одежды главным образом заключается в определении размеров колеи под влиянием проходов тех или иных повозок.

II группа—*дороги возобновляемого типа* (гравийные дороги, шоссе, связанное водой, битуминозное шоссе, асфальто-бетон).

Эта группа в отношении расчета одежды характеризуется следующими признаками:

а) дорожная одежда под влиянием движения претерпевает только упругую деформацию; упругая колея исчезает немедленно по проходе колеса, если

НБ УДУНТ (ДИТ)

давление от колеса не превосходит допускаемого давления на поверхность одежды;

б) поддерживающая способность грунта основания используется во всех точках одежды;

в) прочность одежды изменяется в зависимости от влажности;

г) влажность в значительной степени отражается на несущей способности грунта основания, а потому должны приниматься меры к обеспечению надлежащего дренажа основания;

д) одежды возможно рассчитывать на нормальную, присущую данному классу дороги нагрузку от экипажей, а не на случайную наибольшую;

е) динамическая нагрузка оказывает влияние на прочность одежды;

ж) интенсивность движения сказывается на прочности одежды, так как может вызывать как бы усталость материала дорожной одежды, вследствие чего разрушение последней может последовать даже при нормальной толщине.

III группа—*жесткие дорожные одежды* (цементно-бетонные, железобетонные, брусчатка и клинкер с заливкой швов на цементном основании);

а) поддерживающая способность грунта используется не полностью при частичном оседании грунта или короблении плиты;

б) колебания влажности грунта основания оказывают меньшее влияние;

в) напряжения от изменения температур в одежде должны быть учтены при расчете;

г) расчет должен быть сделан на наибольшие возможные грузы, располагающиеся самым невыгодным образом на дорожной одежде;

д) при расчете должен быть принят динамический коэффициент увеличения нагрузки;

е) дороги сравнительно мало изнашиваются под влиянием движения, а потому прочность их является величиной постоянной.

Из приведенных данных видно, что при расчете дорожной одежды должны приниматься во внимание такие факторы, как изменение прочности одежды под влиянием изменения интенсивности движения, изменения несущей способности грунта под влиянием климатических перемен и прочие явления, трудно поддающиеся теоретическому учету, почему приводимые ниже расчеты являются только приближенным методом расчета дорожной одежды.

Во всех случаях при расчете дорожной одежды необходимо учитывать, как распространяется давление от колес повозок по поверхности и как оно передается вглубь дорожной одежды. В первом случае верхняя одежда должна быть достаточно прочной, чтобы выдержать непосредственное давление от колеса или чтобы получилась лишь допустимая деформация дорожного полотна (для дорог I группы); во втором дорожная одежда должна быть достаточной толщины, чтобы передать на основание лишь допустимое давление (для дорог II группы) или чтобы представлять достаточное сопротивление изгибу (для дорог III группы).

§ 70. Внешние силы, действуюшие на дорожную одежду. Для того чтобы произвести расчет дорожной одежды, необходимо предварительно определить те внешние силы, которые могут действовать на дорожное полотно. Эти силы следующие: 1) вертикальные, 2) горизонтальные, действующие в направлении движения (сила тяги и торможения) и в поперечном направлении (центробежные силы), 3) высасывающие силы, образующиеся за задними колесами автомобиля, 4) динамическое воздействие колес.

Конная тяга. Вес лошади составляет от 250 — 500 *кг* и передается на дорожную одежду через две подковы.

При мягких грунтах давление передается на все копыта, площадью 75 $см^2$, а следовательно удельное давление лошади составит $\frac{500}{2\ 75} = 3{,}3$ $кг/см^2$.

При твердых грунтах площадь передачи давления составляет 20 $см^2$ и удельное давление повышается до 12 $кг/см^2$. Если подковы на шипах, давление передается через шипы и может достичь до 60 $кг/см^2$ — этим объясняется то вредное влияние, которое оказывают шипы на сохранность дорожной одежды.

Вертикальное давление от железных шин колес конных повозок может варьировать в больших пределах, причем давление на 1 пог. *см* составляет

УДУНТ (ДІІТ)

40 — 125 *кг*/пог. *см*. По постановлению II Международного конгресса максимальное давление на 1 пог. *см* от повозки должно составлять $p=125\sqrt{Д}$,—где $Д$—диаметр колеса в *см*.

Касательные силы в направлении движения очень незначительны и из условия сопротивления движения могут быть подсчитаны по следующей формуле:

$$t \text{ кг на пог. см} = fp,$$

где p — вертикальная нагрузка в *кг* на пог. *см*,

f — коэффициент сопротивления движения для шоссе 0,02 — 0,03
грунта 0,08 — 0,10.

Несравненно большей величины горизонтальные силы достигают при торможении и при боковом скольжении на кривых. В этом случае коэффициент трения катания f должен быть заменен коэффициентом трения скольжения φ, который для железных шин может доходить до величины 0,40.

В этом случае

$$t_1 = \varphi \times p = 0{,}40 \times (40 — 125) = 16 — 50 \text{ кг пог. см}.$$

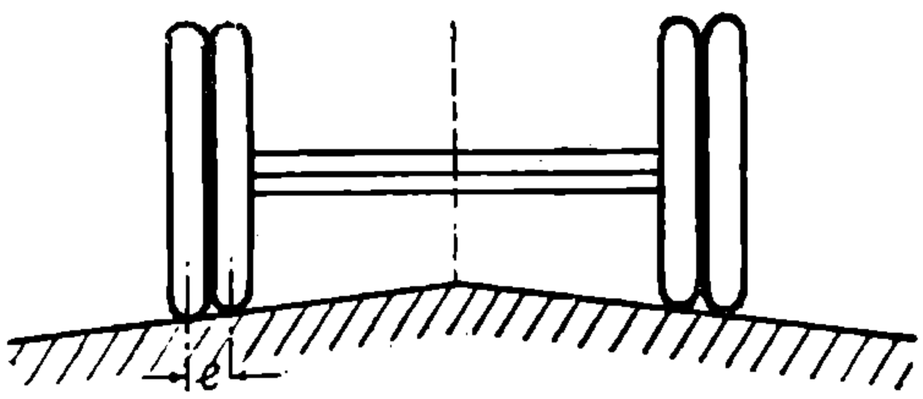


Рис. 213. Перегрузка внутренних колес из-за поперечного профиля дороги.

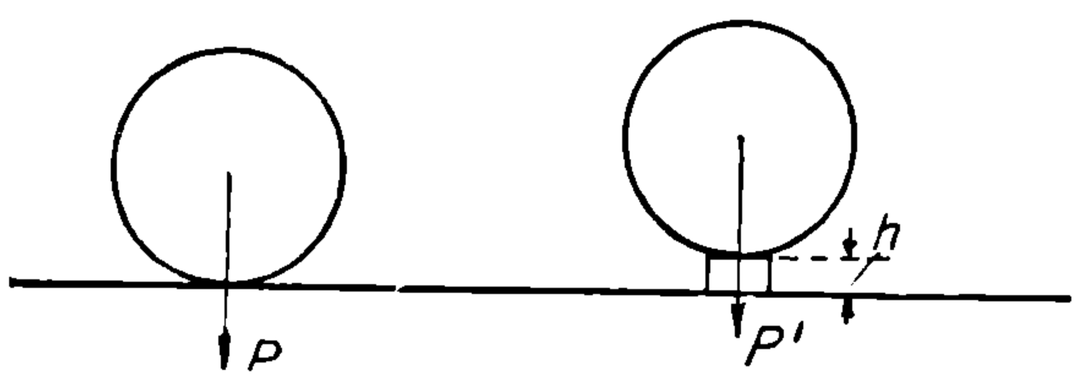


Рис. 214. Влияние динамической нагрузки при проходе препятствий.

Динамическим влиянием при гужевом движении, в виду незначительной скорости, можно пренебречь.

Автомобильная тяга. Вертикальное статическое давление колеса автомобиля зависит от общего веса грузовика и составляет для грузовика Я—5, общим весом 8,0 *т*, при двух задних спаренных колесах — 1335 *кг* на колесо; для грузовика Я—3, весом 6,5 *т*, при тех же условиях составит 1085 *кг* на одно заднее колесо, а при грузовике АМО (или Форд) весом 3 *т* давление составит 500 *кг*.

При спаренных задних колесах необходимо учесть перегрузку внутреннего заднего колеса за счет поперечного профиля дороги (рис. 213). В зависимости от поперечн го профиля величина перегрузки может меняться, в среднем ее можно оценить в 50% от общей нагрузки. При автомобильном движении, совершающемся с значительной скоростью, необходимо учитывать влияние динамической нагрузки, которая является следствием наличия на дорожном полотне небольших неровностей. Если статическое давление обозначить через P, то при проходе колесом препятствия высотою h (рис. 214) к статическому давлению прибавляется действие живой силы от вертикальных колебаний неподрессоренных частей автомобиля, следовательно

$$P_1 = P + \frac{P}{g}\,\frac{d^2h}{dt^2}$$

или

$$P_1 = P\left(1 + \frac{a}{g}\right),$$

где $a = \frac{d^2h}{dt^2}$; величина $\left(1 + \frac{a}{g}\right)$ выражает собою коэффициент динамичности и может быть обозначена через μ, следовательно

$$P_1 = P\mu$$

Значение коэффициента μ было получено в результате целого ряда опытов как в Германии, так и в Америке (рис. 215), причем на основании этих опытов было установлено, что на коэффициент динамичности в значительной степени

ВБ УДУНТ (ДИТ)

оказывает влияние тип шины. Пневматические шины, обладающие большой упругостью, позволяющей им поглощать неровности дороги, уменьшают колебания машины и ослабляют толчки; коэффициент динамичности получается наименьший. Наоборот, грузошины оказывают наибольшое динамическое

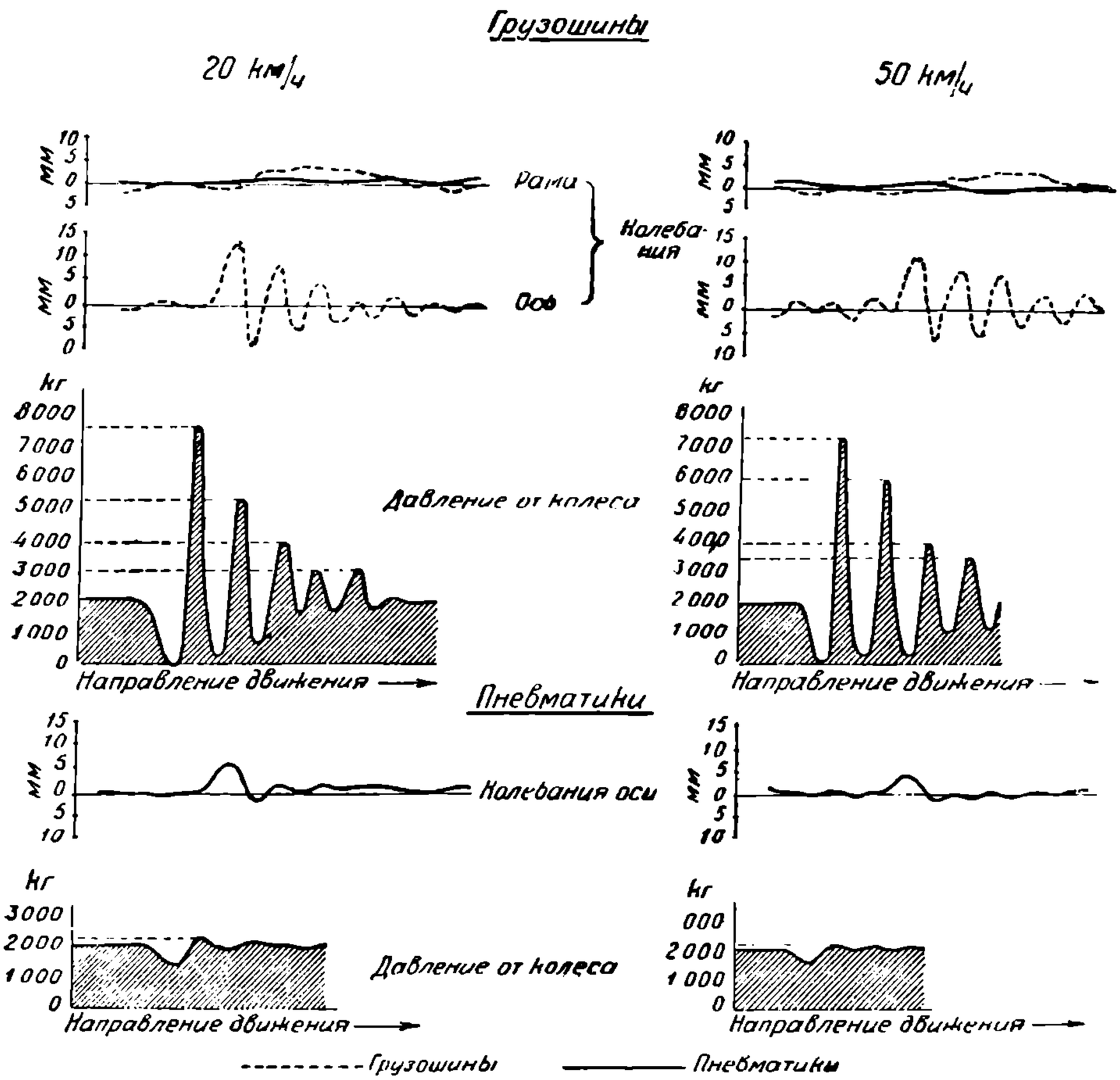


Рис. 215. Влияние динамической нагрузки при разного типа шинах

влияние на дорожную одежду, а потому эти шины наиболее вредны для дороги. Значение коэффициента динамичности приводится в следующей таблице:

Таблица 96

Тип шин	Значение μ при каменной одежде	Значение μ при черных покрытиях
Пневматики	1,1—1,75	1,1—1,4
Сплошные грузошины	2,5—3,0	1,4—1,5
Изношенные „	4.0 - 5,0	1,5—2,0
Железные шины	до 10	—

На вертикальную нагрузку колеса автомобиля будет кроме того оказывать влияние действие вращающего момента мотора и действие центробежной силы, появляющееся на закруглениях дороги. По данным Shaar'a дополнительное давление на одно из задних колес от вращающего момента ведущих колес, от продольного уклона дороги не превосходит обычно 10 — 15%. Влияние центробежной силы велико лишь при быстро двигающихся легковых автомобилях, когда оно может достигать до 30% нагрузки на колесо, для грузовых машин оно находится в пределах 10%.

При пневматических шинах давление на дорогу зависит от давления воздуха в шине, скорости движения и типа шины. Давление не может быть ниже

НБ УДУНТ (ДИТ)

произведения из площади соприкасания шины и давления воздуха. При движении происходит нагревание воздуха в шине и увеличение давления, а также изменение формы шины; если прибавить к этому влияние динамичности, то наибольшее вертикальное давление от колеса на пневматиках может быть принято равным двойному давлению воздуха в камере.

На основании предыдущего можно считать, что

$$P_{max} = P\ (1 + 0,15 + 0,10 + 0 \cdot 5) \times 1 \cdot 75 = P \times 1\ \ 75 \times 1\ \ 75 \approx 3\ P,$$

т. е. максимальное давление при движении примерно в 3 раза более статического давления на одно заднее колесо.

Кроме того для пневматиков можно считать, что

$$P_{max} = 2q\omega,$$

где ω — площадь соприкасания шин с дорогой в $см^2$.

q — давление воздуха в камере в $кг/см^2$, для обычных пневматиков 4 — 6 $кг/см^2$, а для баллонных шин — 1,5 — 2,5 $кг/см^2$.

Силы *высасывания* образуются в результате распластывания при движении резиновой шины на дороге: при отрывании шины от дороги образуется разреженное пространство, в которое с силой проникает воздух, заключенный в дорожной одежде, и увлекает за собой частицы связующего дорожного материала. Подобное же явление будет обнаруживаться при быстрой езде автомобиля, когда сзади колеса образуется разреженное пространство, в которое засасываются частицы дорожного материала. Эта сила всасывания может иметь максимальную величину, равную давлению атмосферы, т. е. 1 $кг/см^2$; в средних условиях ее можно принять равной ½ $кг/см^2$. В связи с указанным при развитии движения по дороге механического транспорта, совершающегося с большой скоростью, приобретает особо важное значение укрепление дорожной одежды связующими материалами, внутреннее сопротивление которых было бы не менее ½ $кг/см^2$.

§ 71. Несущая способность грунтов и дорожных одежд. При разрешении вопроса о расчете дорожной одежды, как указывалось в § 69, необходимо знать, какое безопасное давление можно допустить на поверхность дорожной одежды, состоящей из различных материалов, а также какую толщину надо придать дорожной одежде, для того чтобы давление на основание дороги, передаваемое через одежду не превосходило допускаемого давления для различных грунтов оснований.

Для определения допускаемого давления на грунт, или несущей его способности, нельзя пользоваться данными, принимаемыми при расчетах фундаментов, так как поведение грунтов на известной глубине и на поверхности или близ нее совершенно различно.

При определении несущей способности грунта важную роль играют сцепление грунта и внутреннее трение, которое находится в прямой зависимости от давления, приходящегося на грунт. Внутреннее трение обычно характеризуется углом, тангенс которого равен соотношению между силой трения и давлением, ею вызываемым. Этот угол носит название *угла внутреннего трения*. Таким образом удельная срезывающая сила грунта может быть выражена следующей формулой:

$$T = fP + C,$$

где T — удельная срезывающая сила в $кг/см^2$,

P — вертикальная сила $кг/см^2$,

f — коэффициент трения.

C — сила сцепления $кг/см^2$.

Величины c и f являются постоянными для данного грунта в данных его условиях и значительно изменяются с изменением условий, в которых находится грунт (влажность), что особенно резко сказывается на грунтах, состоящих из мелких фракций (пыль, глина).

К вопросу определения несущей способности грунта можно подойти при помощи следующих рассуждений (рис. 216).

Допустим, на грунт действует груз весом 2 Q (колесо экипажа) при ширине площади давления 2 b, что соответствует среднему давлению на 1 $см^2 = q$.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Прилегающая поверхность грунта в общем случае может быть нагружена некоторой дорожной одежлой, которая дает нагрузку q_1 на 1 $см^2$. Сцепление грунта обозначим через c на 1 $см^2$, а угол внутреннего трения — через φ.

Под влиянием нагрузки колеса грунт стремится деформироваться, причем призма грунта CDB будет стремиться опускаться, однако она встречает сопротивление со стороны другой призмы BDE, которую она должна передвинуть в противоположном направлении, т. е. снизу вверх.

Призма CBD оказывает на призму BDE активное давление H_1 и плоскость скольжения образует с вертикалью угол $45° - \frac{\varphi}{2}$; с другой стороны призма BDE вызывает пассивное сопротивление грунта (отпор) H, причем плоскость скольжения DE образует с горизонтом угол $45 - \frac{\varphi}{2}$. Вдоль плоскости скольжения CD и DE действуют прежде всего трение или составляющие сил R и R_1 и затем сцепление, равное величине c на 1 $см.^2$

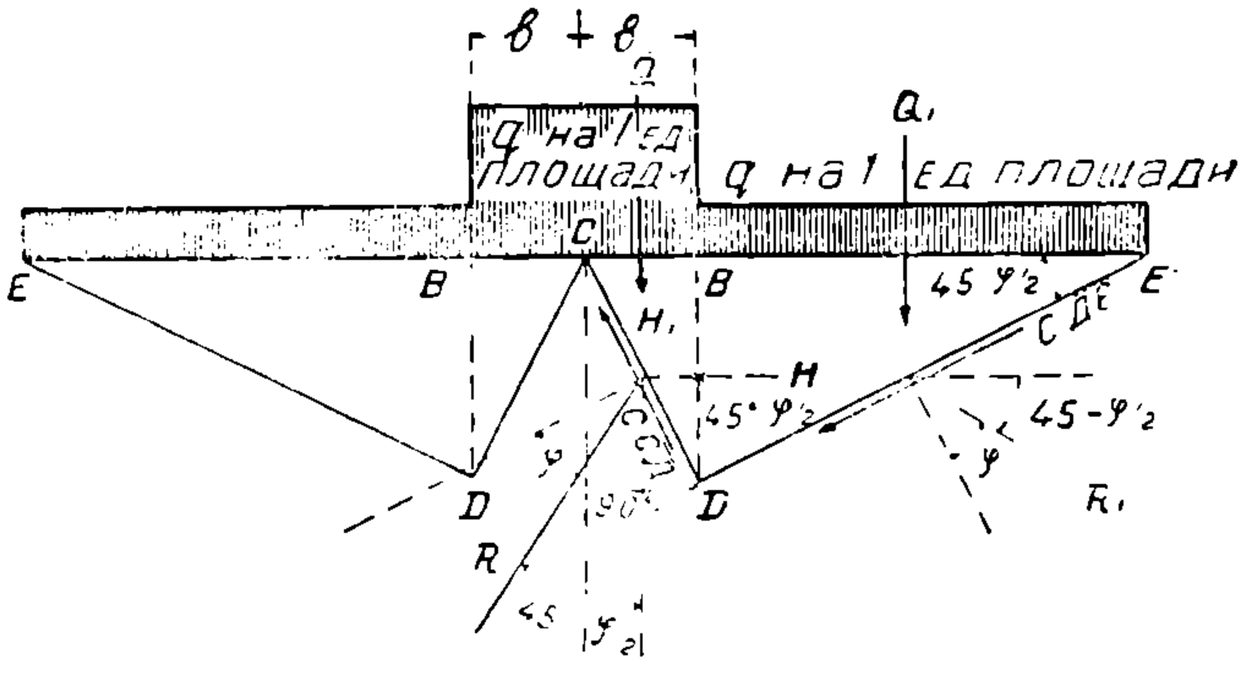


Рис. 216. Схема зависимости несущей способности грунта от его сцепления и внутреннего трения.

Сцеплением и трением, действующими на внутренней плоскости BD, можно пренебречь. Из условия, чтобы силы Q, R и H, действующие на призму CBD, и силы Q_1, R_1 и H_1, действующие на призму BDE, взаимно уравновешивались, можно получить следующее уравнение, проектируя все силы на горизонтальную плоскость:

$$H = Q \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - b\ c$$

и

$$H_1 = \frac{Q_1}{\operatorname{tg}\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)} + \frac{b\ c}{\operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)}.$$

Вертикальные силы Q и Q_1 состоят из внешней нагрузки, равной соответственно $q \cdot b$ и $\frac{q_1 \cdot b}{\operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)}$ и из веса земляных призм BCD и BDE при γ — весе 1 $см^3$ грунта или

$$Q = qb + \frac{b^2}{2 \operatorname{tg}\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)}$$

и

$$Q_1 = \frac{q_1 \cdot b}{\operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)} + \frac{b^2\ \gamma}{2 \operatorname{tg}^3\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)};$$

при условии, что грунт не будет деформироваться, имеем, $H = H_1$ или

$$Q \operatorname{tg}\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right) - bc = \frac{Q_1}{\operatorname{tg}\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)} + \frac{b \cdot c}{\operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)}.$$

Вставляя в эту формулу значения Q и Q_1, получим

$$qb \operatorname{tg}\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right) + \frac{b^2\gamma}{2} - bc =$$

$$= \frac{q_1 b}{\operatorname{tg}^3\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)} + \frac{b^2\gamma}{2 \operatorname{tg}^4\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)} + \frac{bc}{\operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)}.$$

или отсюда полдерживающая способность грунта, при условии, что он не будет деформироваться, получит следующее выражение:

$$a = \frac{q_1}{\operatorname{tg}^4\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)} + \frac{b\gamma}{2 \operatorname{tg}\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)}\left[\frac{1}{\operatorname{tg}^4\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)} - 1\right] + \frac{c}{\operatorname{tg}\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right) \sin^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)}.$$

НБ УДУНТ (ДИТ)

Пользуясь этой формулой, можно получить значение допускаемых давлений на разные грунты (несущую способность разных грунтов) как при условии действия груза непосредственно на поверхность, когда $q_1 = 0$, так и грунта, как дорожного основания, т. е. когда он покрыт какой-то одеждой, причем в частном случае, при толщине корки в 20 *см*, можно считать $q_1 = 0{,}05$ *кг/см²*.

Полученные данные для $b = 10$ *см* могут быть сведены в следующую таблицу:

Таблица 94

Тип грунта	Сцепление C *кг/см²*	Угол внутренего трения φ	Поддерживающая способность грунта *кг/см²*		Примечания
			на поверхности $q_1 = 0$	на глубине 20 *см* $q_1 = 0{,}05$ *кг/см²*	
Глина почти жидкая.	0,05	0	0,10	0,125	
Глина очень сырая.....	0,10	2°	0,2	0,25	
Глина в пластичн. состоянии	0,20	4°	0,5	0,55	
Глинистый грунт в слегка мокром состоянии...	0 5	10°—20°	1,0—2,0	1,5—2,50	
Глинистый грунт сухой....	1,0	30°	6,5—13,0	7,0—13,5	
Пылеватый грунт и мелкий песок-плывун.. . ..	0	10°	0,01	0,1	
Песок и гравий сыпучий...	0	34	0,25	0,85	
Песок, сцементированный с глиной	2	34	2,0	2,5	
Песчан. оптимальн. смеси...	0,5—1,0	24	2,65—5,25	3,0—5,6	
Гравийн. оптимальн. смесь хорошо уплотненная. ..	0,5—1,0	35°	5—10	5,6—10.6	

Из приведенной таблицы видно, что увеличение несущей способности грунтов в качестве оснований дорожных одежд особенно ощутительно для сыпучих и мало связанных грунтов.

Американская дорожная практика разбила грунты в качестве дорожных оснований на следующие восемь групп:

Таблица 95

Обозначен. грунта	Характеристика грунта в качестве основания	Угол внутрен. трения φ	Сцепление *кг/см²*	Примерный механический состав грунта
А—1	Хорошо подобранный по фракциям материал, крупный и мелкий; превосходно связан. Очень устойчив под нагрузкой колес независимо от влажности. Дает хорошие результаты при обработке поверхности или как основание для относительно тонких верхних слоев износа.	$\varphi = 34$	0,5	песок—65—80% пыль—5—15% глина—12—18% причем песку свыше 0,40 *мм*—45—60%
А 2	Крупный и мелкий материал без надлежащего подбора; плохо связан. Очень устойчив в достаточно сухом виде. Может размягчаться при высоком содержании воды, вызванном дождями или капиллярным подъемом от насыщенных влагой слоев, лежащих ниже в том случае, когда непроницаемое покрытие препятствует испарению из верхнего слоя или же становится сыпучим и пыльным при продолжительной засухе.	$\varphi = 34$	0,5—0,2	содержание песку не менее 55%, остальные фракции колеблются в разных пределах

НБ УДУНТ (ДИТ)

Обозн грунта	Характеристика грунта в качестве основания	Угол внутрен. трения φ	Сцепление $кг/см^2$	Примерный механический состав грунта
А–3	Только крупный материал (песок) без связующего вещества. Недостаточно устойчив по отношению к нагрузке от колес, но не изменяется от действия влаги. Не дает пучин, не оседает и не расширяется в значительной степени. Очень хорош как основание для упругих покрытий средней толщины и для относительно тонких жестких покрытий.	$\varphi=34$	0	мелких фракций $<0{,}1$ *мм* не более 10%
А–4	Пылеватые грунты без крупного материала, не содержащие в значительном количестве илистой коллоидальной глины. Обладает способностью легко поглощать воду в количестве, достаточном для того, чтобы вызвать быструю потерю устойчивости, даже если структура его не нарушена. В сухом или слегка влажном виде представляет собою плотную поверхность для езды, которая очень мало изменяет форму при удалении груза. В жестких одеждах могут образоваться трещины от пучин, и для упругих покрытий ценность этого грунта в отношении его поддерживающей способности очень незначительна.	$\varphi=10^c$	0	содержание песку $<55\%$
А–5	По обные грунтам А — 4, однако дают очень упругие покрытия, принимающие первоначальную форму после удаления тяжести даже в сухом виде. Свойства упругости препятствуют хорошему уплотнению шоссе во время постройки и сохранению связности впоследствии.	$\varphi=10^\circ$	0^o	то же, что и грунт А–4
А–6	Глинистые грунты без крупного материала. Воспринимают дополнительную влагу в твердом или мягком пластичном состоянии, только если их структура нарушена. В последнем случае способны разжижаться и проникать в промежутки шоссейной коры или вызывать разрушение высоких насыпей путем оползней. Дают твердое основание, необходимое для шоссейной одежды, только в очень сухом состоянии. Деформации происходят медленно, и при удалении тяжести прежняя форма восстанавливается лишь очень незначительно. Благодаря своему свойству давать усадку, а также поочередному высыханию и увлажнению под влиянием климатических явлений, могут образовывать трещины в жестких покрытиях.	$\varphi=2^\circ$	0,1	содержан. глины $>30\%$
А–7	Подобны группе А — 6, но при определенном содержании влаги быстро изменяют свою форму под нагрузкой и значительно восстанавливают свою форму после удаления груза, подобно грунтам группы А — 5. Поочередное высушивание и увлажнение более вредно отражается на изменении объема, чем в основаниях А — 6. Могут вызвать трещины в жесткой одежде до схватывания, а также трещины и разрушение впоследствии.	$\varphi=2^\circ$	0,1	то же, что грунг А – 6, но более упруги
А–8	Очень мягкий торф и гумус, неспособен служить поддержкой дорожного покрытия без предварительного уплотнения.	незначит.	незначит.	состав не характерен

НБ УДУНТ (ДИТ)

Допускаемые давления для различных типов покрытий могут быть приняты в следующих размерах:

Шоссе из мягкого камня.....	8—10 *кг/см²*
Старое шоссе из крепкого камня....	10—12
Шоссе с поворхностной обработкой..	12—15
Битуминозное шоссе...	15—25
Асфальто-бетон.....	26—40
Цементо-бетон	40—70
Каменные мостовые.....	40—60
Клинкер.....	20—50

ГЛАВА СЕМНАДЦАТАЯ

РАСЧЕТ И ТОЛЩИНА ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

§ 72. Распределение давления по поверхности дорожной одежды. Распределение давления от колеса экипажа по поверхности дороги зависит от диаметра колеса. ширины обода, типа шины и характера дороги.

При наличии дорог I группы указаных в § 69 названных дорогами упрощенного типа, обладающих значительной пластичностью, проход экипажа по этим дорогам вызывает остаточную деформацию в виде колеи, а потому в этом случае расчет дорожной одежды сводится к определению давления, которое вызывается данным колесом на дорожную одежду, а также размера колеи, которая образуется на дороге. Означенная деформация дорожной одежды может легко устраняться на подобных дорогах путем периодической утюжки.

При жестких металлических шинах наибольшее давление на дорожную одежду может быть подсчитано по следующей формуле, предложенной проф Нейманом и выведеной также проф. Н. Н. Ивановым.[1]

$$p_{max} = \sqrt[3]{\frac{9P^2C}{16b^2D}} = \sqrt[3]{\frac{9p^2C}{16D}}$$

где

P давление на колесо повозки в *кг*,

p—давление на 1 *пог. см.* ширины обода в *кг*,

b—ширина обода колеса в *см*,

D—диаметр колеса в *см*,

C—коэффициент деформации материала одежды, т. е. сила на 1 *см²*, которая вызывает деформацию в 1 *см*.

Для разных типов одежды коэффициент C имеет следующие значения:

грунтовая дорога суглинистая (сухая)	1—2 *кг/см²*
„ „ супесчаная . . .	2—4 „
гравийная дорога, покрытая тонким слоем гравия .	4— 8 „
гравийная (с толщиной гравийной корки 10 –15 см)	8—15 „
хорошо укатанное шоссе . . .	30—40 „
шоссе, пропитанное битуминозным материалом .	25—50 „ „

Глубина колеи может быть определена из следующего выражения:

$$p_{max} = h \quad C,$$

где h — величина наибольшего погружения колеса под влиянием нагрузки C. Подставляя в это выражение значение p_{max}, получим:

$$h = \sqrt[3]{\frac{9P^2}{16b^2C^2D}} = \sqrt[3]{\frac{9p}{16C^2D}}.$$

При массивных резиновых шинах давление по плоскости соприкасания шины с дорогой распределяется неравномерно, причем наибольшее давление посредине

$$p_{max} = 1{,}75\, p_{сред.}$$

Если предположить, что площадь соприкасания колеса с дорогой будет представлять собой эллипс с осями a и b, то наибольшее удельное вертикальное давление от колеса с массивной шиной будет

$$p_{max} = \frac{1{,}75P}{\pi \frac{b}{2} \cdot \frac{a}{2}}$$

[1] Проф. Н. Н. Иванов. Взаимодействие колеса и дороги. Сборник ЛИИПСа, вып. 100. 1929

НБ УДУНТ (ДИТ)

При пневматических шинах можно считать, что давление распространяется равномерно по всей плоскости соприкасания, причем плоскость соприкасания представляет собой эллипс с осями a и b.

Наибольшее давление на дорожную одежду в этом случае будет

$$p_{max} = \frac{P}{\frac{a}{2}\,\frac{b}{2}}.$$

Для грузовых автомобилей, строящихся на заводах СССР, плоскость соприкасания пневматической шины может быть принята следующая:

	Длина и ширина следа шины *см*	Площадь следа одной шины
Грузовик Я-5, весом 8 *т*, с давлением на одно заднее колесо 1 335 *кг*	27 × 15 *см*	318 *см*²
Грузовик Я-3, весом 6,5 *т*, с давлением на одно заднее колесо 1 085 *кг*	26 × 15 „	306 „
Грузовик АМО, весом 3,0 *т*, с давлением на одно заднее колесо 500 *кг*	24 × 10	188 „

При наличии массивных или пневматических шин глубина колеи для дорог 1 группы может быть подсчитана следующим образом (рис. 15).

Из треугольника $a\ b\ c$ можно написать

$$h : \frac{a}{2} = \frac{a}{2} : (D - h) \text{ или } \frac{a}{2} = \sqrt{h\ \ D - h}$$

В виду незначительности величины h можно пренебречь в личиной h^2, следовательно

$$\frac{a}{2} = \sqrt{hD}.$$

Подставляя это выражение $\frac{a}{2}$ в приведенные выше формулы наибольших давлений, получим:

$$t = \frac{1.75\,P}{\pi \sqrt{hD}\ \frac{b}{2}}$$

и

$$t = \frac{P}{\pi\ \frac{b}{2}\ \sqrt{hD}}$$

или

$$h = \frac{1\ 24\,P^2}{t^2 \cdot b^2 \cdot D} \text{ и } h = \frac{0{,}4\,P^2}{t^2 b^2 D},$$

где t — допускаемое давление на поверхность данного грунта.

Во всех этих выражениях для P при автомобильном движении должны быть взяты значения с учетом динамичности и прочих дополнительных увеличений статического давления, согласно § 70.

При расчете дорожных одежд по группе II, т. е. обладающих только упругой деформацией, надо найти по приведенным выше формулам наибольшее давление на поверхность дороги, оказываемое колесом экипажа, и сравнить это давление с допускаемым для данной одежды.

§ 73. Распределение давления от колеса в дорожной одежде и определение толщины ее. Для определения толщины дорожной одежды дорог главным образом II группы — возобновляемого типа, необходимо знать тот закон, по которому давление от колеса распределяется в дорожной одежде и воспринимается в конечном итоге грунтом основания. Законами распределения давлений через различные типы дорожных одежд занимался целый ряд дорожных исследователей, однако окончательных выводов, применимых для практических целей, еще не получено, а потому в дальнейшем будут даны только приблизительные методы подсчета толщины дорожной одежды.

Опытным путем установлено, что распределение давления зависит от размеров площадки, причем, вообще говоря, давление передается основанию неравномерно и наибольшее давление будет сосредоточиваться по оси площадки передачи давления.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Особенно наглядно это представлено Г. Фишером в его труде „Die statische Berechnung desStrassenoberbaues“ над сыпучим грунтом, частицы которого условно приняты за шары (рис. 217) Давление от некоторой площади шириной b передается на ряд шаров, причем каждый из этих шаров передает давление на два соприкасающихся с ним шара следующего ряда и т. д. Из этого разложения видно, что давление распространяется под углом 60° и что внутри сжимаемой площади образуется перевернутый равносторонний треугольник со сторонами b, внутри которого давление равно поверхностному, т. е. наибольшему; в обе стороны от этого треугольника давление медленно будет уменьшаться. Наибольшее давление посредине в 1,8 больше среднего. С увеличением глубины распределения давления, когда эта глубина достигает размеров больших, чем размер давящей площади, наибольшее давление будет достигать примерно 50% давления на поверхности.

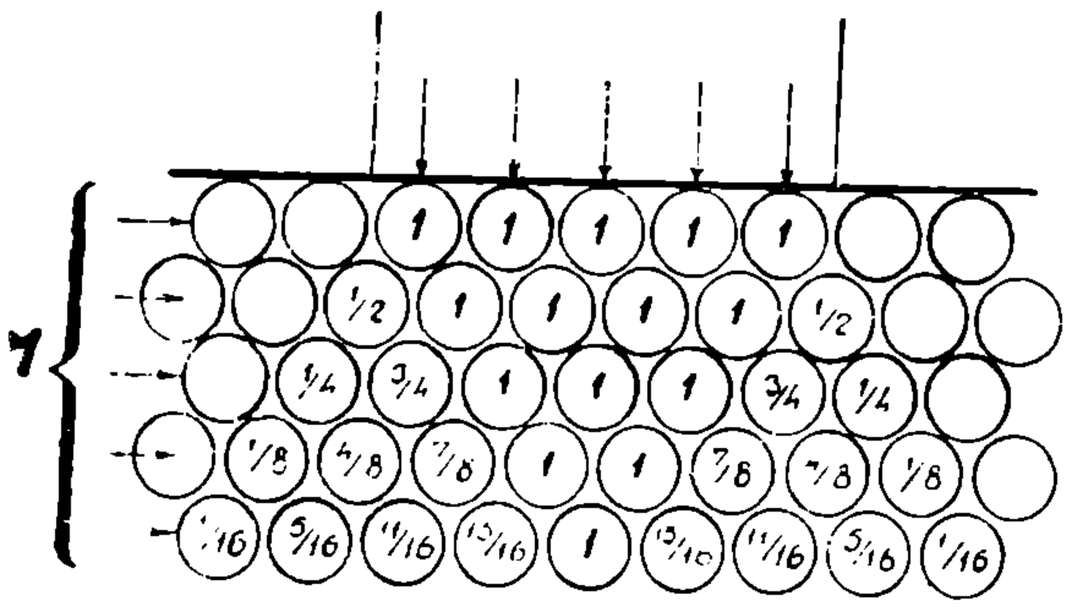
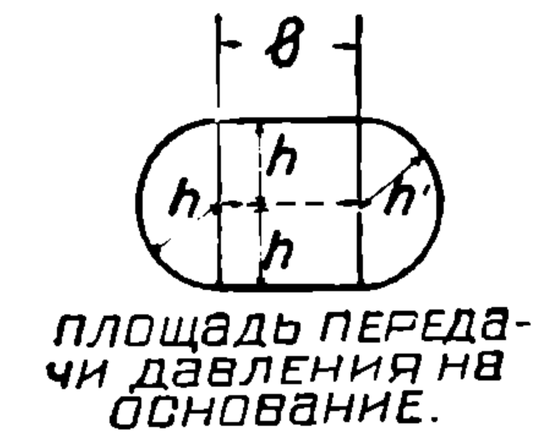


Рис. 217. Распределение давления в идеально сыпучем теле.

На основании опытов установлено что, начиная с некоторой глубины, близкой к поперечным размерам давящей площадки, распределение давления можно считать зависящим только от общей нагрузки, а не от размеров давящей площадки.



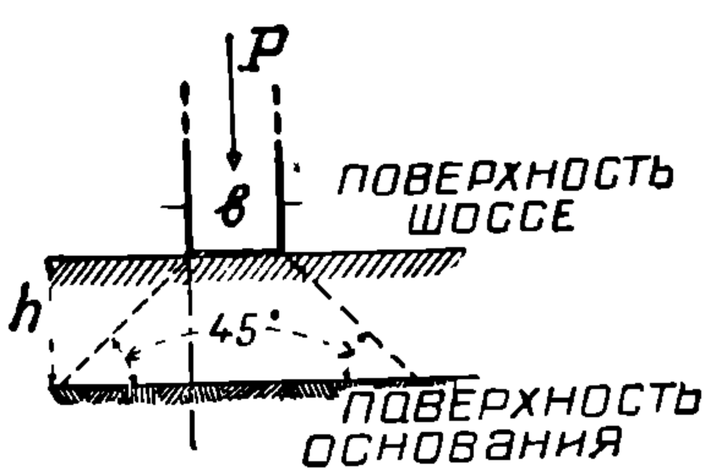


Рис. 218. Распределение давления от колеса по Гарджеру.

Если кроме того предположить, что, вместо фактического распределения давления, таковое распределяется равномерно и что действительное давление везде одинаково и равно действительному наибольшему давлению посредине, то в этом случае можно считать, что давление будет распространяться под некоторым углом, меньшим 60°, причем этот угол зависит от материала одежды.

Американский инженер В. Гарджер вывел приближенную формулу для определения толщины шоссейной одежды в случае жестких колесных шин при условии распределения давления под углом 45° (рис. 218).

Обозначим через

P — статическое давление колеса на одежду с учетом динамического коэффициента в *кг*,

b — ширину шины в *см*,

h — толщину шоссе в *см*,

t — допускаемое давление на грунт основания в *кг/см²*.

Площадь однообразного наибольшего распределения давления будет $\omega = \pi \cdot h^2 + 2hb = 3{,}14h^2 + 2hb$ или приближенно $= 3h^2 + 2hb$, отсюда

$$t = \frac{P}{3h^2 + 2hb}$$

или

$$h = \sqrt{\frac{P}{3t} + \frac{b^2}{9}} - \frac{b}{3}.$$

По означенной формуле возможно определить толщину шоссейной одежды при различном давлении на колесо и различном грунте основания.

На основании означенной формулы инж. Гарджер произвел вычисления потребной толщины одежды для разных грунтов оснований при $P = 5\,400$ *кг* и $b = 25$ *см* и сравнил результат с практическими данными о состоянии шоссейной одежды при различных условиях. Полученные данные приведены на графике рис. 219.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

При пневматической шине можно считать, как указывалось выше, что по поверхности давление распределяется равномерно по площади эллипса. На дорожное основание, можно считать, давление акже распространяется по эллипсу, но с большими полуосями, в зависимости от угла распределения давления (рис. 220).

Для различныходежд могут быть приняты следующие углы распределения давления:

грунтовая дорога
$\varphi = 27° — \operatorname{tg}\varphi = 0{,}5$
гравийная
$\varphi = 30° — \operatorname{tg}\varphi = 0{,}6$
шоссе
$\varphi = 35° — \operatorname{tg}\varphi = 0{,}7$
шоссе с внутренней обработкой битуминозным материалом
$\varphi = 37° — \operatorname{tg}\varphi = 0{,}75$
асфальто-бетон
$\varphi = 40° — \operatorname{tg}\varphi = 0{,}84$

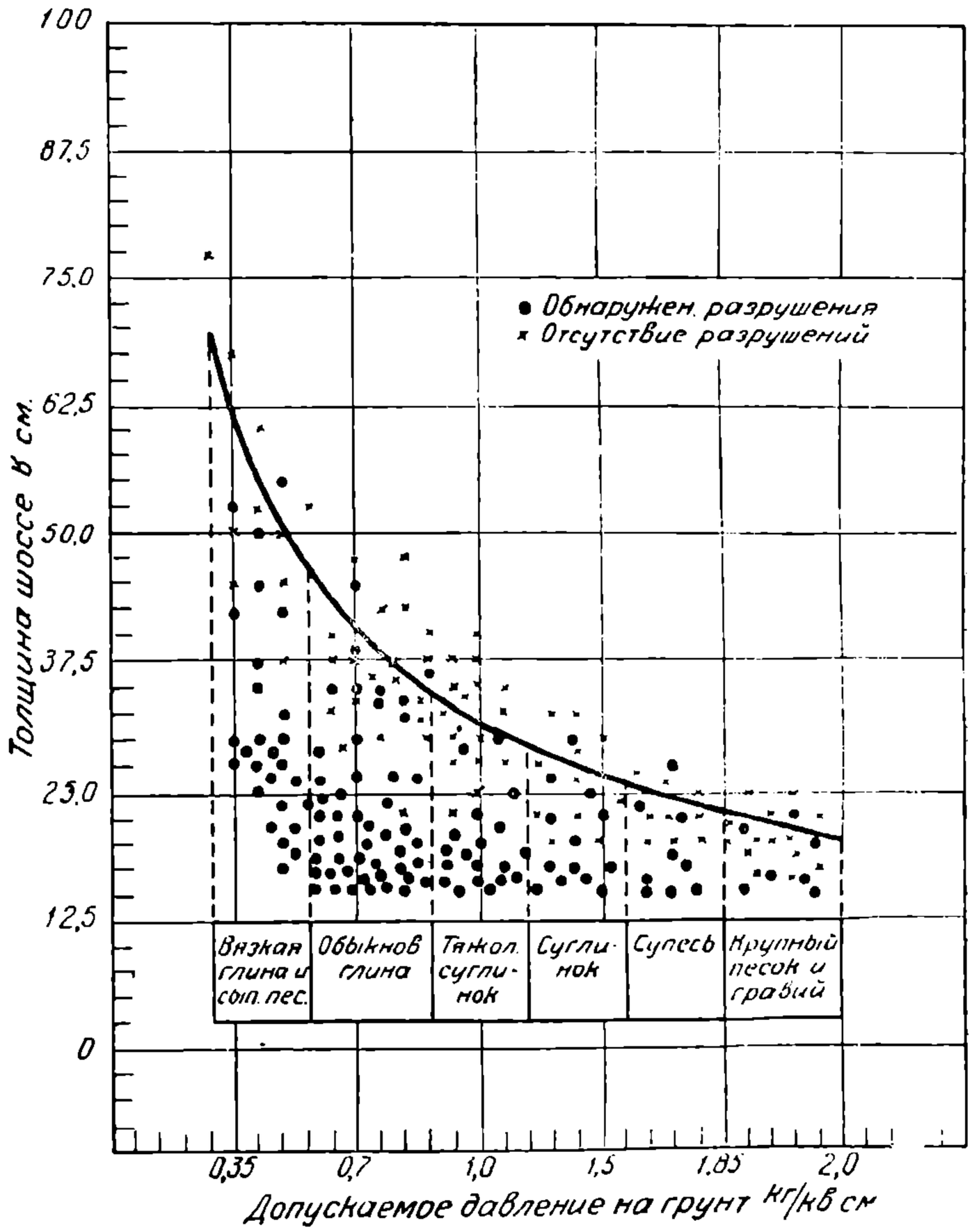


Рис 219. Сравнение теоретических данных с практическими, по состоянию шоссейной одежды по материалам инж. Гарджера.

Площадь передачи давления на основание в данном случае составит

$$\omega = \pi \frac{a_1}{2} \frac{b_1}{2} = \frac{\pi}{4} (a + 2h \operatorname{tg}\varphi)\ (b + 2h \operatorname{tg}\varphi).$$

Следовательно

$$t = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{\frac{\pi}{4}(a + 2h\operatorname{tg}\varphi)\ (b + 2h\operatorname{tg}\varphi)}.$$

Отсюда определяется h — толщина дорожной одежды при различных условиях.

При шоссейной одежде, устраиваемой на песчаном основании, необходимо сначала определить общую толщину шоссейной одежды вместе с песчаной прослойкой, в зависимости от допускаемого давления на грунт основания, а затем отдельно определить толщину шоссейной одежды из условий допускаемого давления на песчаную прослойку.

При наличии на грузовиках двух задних спаренных колес можно вести расчет на давление, приходящееся на одно колесо, на том основании, что обычно между колесами имеется зазор, примерно равный ширине шины. Так как давление довольно быстро падает в сторону от колеса, то увеличением давления, которое может иметь место между колесами, для практических целей можно пренебречь.

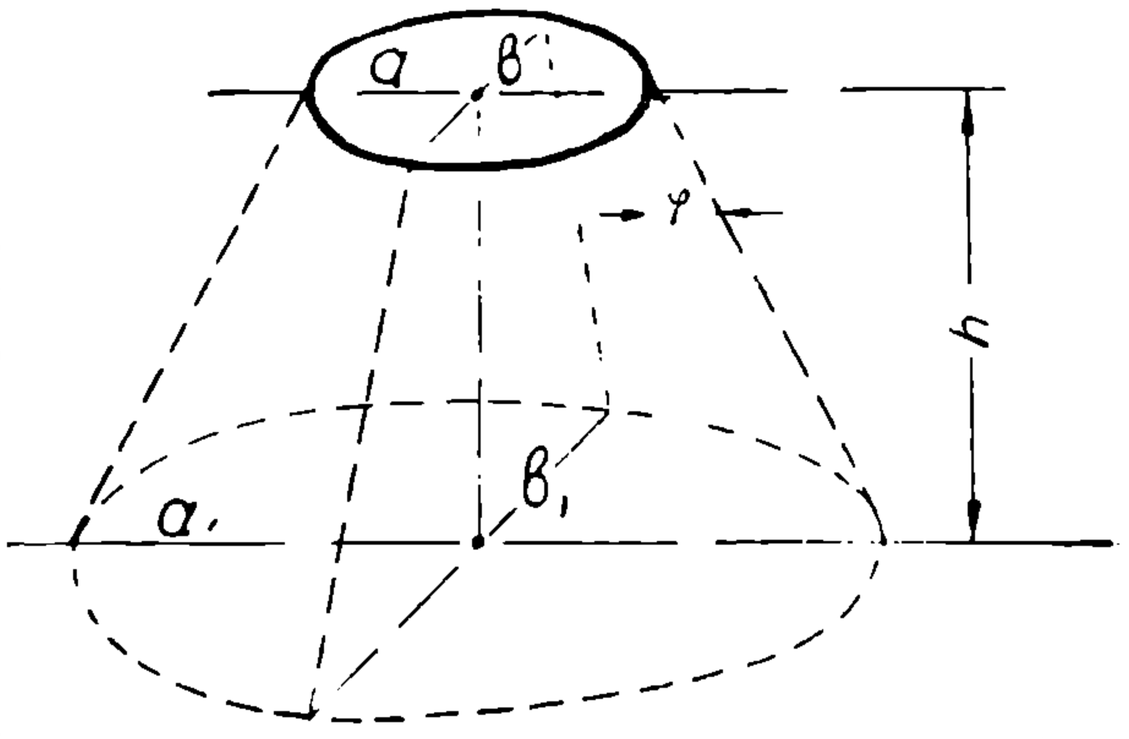


Рис. 220. Распределение давления через шоссейную одежду при пневматических шинах.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Проф. Н. Н. Иванов на основании расчета дает для дорожных одежд, обладающих сопротивлением изгибу (шоссе белое и черное, гравийные дороги). следующую формулу для определения толщины дорожной одежды

$$h = \alpha \sqrt{\frac{p}{t}},$$

где h — толщина одежды в *см*,
p — статическое давление на каждое колесо в *кг* (без увеличения на динамичность),
t — допускаемое давление на основание в *кг/см²*,
α — коэффициент, зависящий от степени уплотнения.

Для минимальной толщины, соответствующей началу деформации коры, коэффициент α может быть принят равным 0,6. Для устойчивого состояния коры коэффициент $\alpha = 0{,}75 - 0{,}80$.

Пример 1. По песчано-глинистой дороге требуется пропустить тракторные тележки весом без груза 1,0 *т*, а вместе с полезным грузом 3,0 *т*. Необходимо определить деформацию грунта при условии, что ширина шины тележки $b = 12{,}5$ *см*, а диаметр колеса $D = 1{,}0$ *м*. Наибольшее давление на поверхность дороги подсчитывается по формуле § 72

$$p_{\text{шах}} = \sqrt[3]{\frac{9P^2 \cdot C}{16b^2 \cdot D}}.$$

В данном случае $P = \frac{3\,000}{4} = 750$ *кг*; $b = 12{,}5$ *см*; $D = 100$ *см*. C (по § 72) — — 3 *кг/см²*.

$$p_{\max} = \sqrt{\frac{9 \times (750)^2 \times 3}{16 \times (12{,}5)^2 \times 100}} = \sqrt[3]{60{,}9} = 3{,}9 \text{ кг/см}^2.$$

Допускаемое давление на поверхность песчано-глинистых грунтов, согласно данным, приведенным в § 72 — от 2,65 до 5,25, в среднем около 4 *кг/см²*, так что в данном случае грунт будет работать на пределе своей несущей способности и может пропускать движение только в особо благоприятных климатических условиях.

Размер колеи от одного прохода тележки может быть определен по следующей формуле (§ 72)

$$h = \sqrt[3]{\frac{9P^2}{16 \times b^2 C^2 D}}.$$

Подставляя прежние обозначения, получим

$$h = \sqrt[3]{\frac{9 \times (750)^2}{16 \times (12{,}5)^2 \times (3)^2 \times 100}} = \sqrt[3]{2{,}25} = 1{,}26 \text{ см}$$

Пример 2. Требуется определить толщину шоссейной одежды с внутренней обработкой битуминозными материалами, предназначенной для движения автогрузовиков Я-3, общим весом с нагрузкой 6,5 *т*.

Шоссе устраивается на песчаном основании при допускаемом давлении на песчаное основание 2,5 *кг/см²*.

Фактическое давление на одно заднее колесо (§ 70) составляет 1085 *кг* Учитывая влияние перегрузок колеса и вводя коэффициент динамичности, получим

$$P_{\max} = 3P = 3\,255 \text{ кг}.$$

Давление на поверхность дорожной одежды, при площади от пневматического колеса = 306 *см²*, составит

$$p_{\max} = \frac{3\,255}{306} = 16 \text{ кг/см}^2 < 25 \text{ кг/см}^2 \text{ (§ 77)},$$

что меньше допускаемого.

Для определения толщины дорожной одежды воспользуемся формулой (§ 73):

$$t = \frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4}(a + 2h\operatorname{tg}\varphi)(b + 2h\operatorname{tg}\varphi)}$$

В данном случае t — 2,5 *кг/см²*, $P_{\max}$ — 3 255 *кг*, $a = 26$ *см*. b — 15 *см*, $\varphi = 37°$; $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}75$.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Подставляя, получим

$$2{,}5 = \frac{3255}{\frac{\pi}{4}\ (26 + 2 \times h \times 0.75)\ (15 + 2 \times h + 0{,}75)}.$$

После преобразования получим квадратное уравнение

$$h^2 + 27h - 564 = 0,$$

откуда

$$h = \frac{-27}{2} + \sqrt{\left(\frac{27}{2}\right)^2 + 564} \approx 14\ см.$$

§ 74. Расчет жестких одежд. К третьему типу дорожных одежд, в отношении приемов расчетов, были отнесены жесткие дорожные одежды, которые совершенно не обладают эластичностью, воздействие груза может вызвать излом такой одежды. В силу изложенного прочность подобных одежд должна рассчитываться на действие максимального груза, перевозимого по дороге.

Основным представителем жестких одежд являются цементно-бетонные дороги, устраиваемые из цементно-бетонных плит, уложенных на упругое основание.

Наиболее неблагоприятным случаем при расчетах жесткой одежды будет тот, когда под влиянием температурных явлений или каких-либо других причин (оседание основания) плита не будет опираться на грунт основания и следовательно надо рассчитывать только на прочность одной плиты. Американский инж. К. Ольдер предложил упрощенный способ расчета цементно-бетонной плиты, однако дающий близкие к действительности результаты; способ этот применяется до настоящего времени.

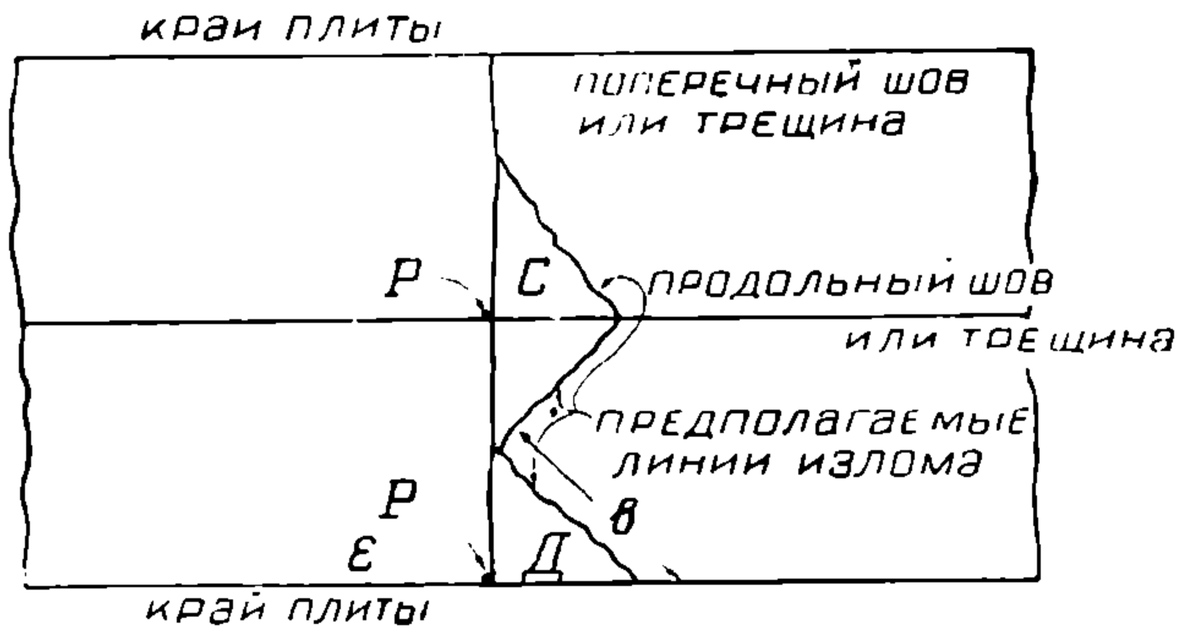


Рис. 221. Размещение груза на цементно-бетонной плите.

Как показал опыт, излом бетонной плиты происходит на некотором расстоянии от груза и это расстояние примерно равно 0,6 – 1,8 *м*. Рассмотрим три случая (рис. 221).

1-й случай. Груз действует на угол в месте расположения поперечного шва или трещины. Предполагается, что излом может произойти на расстоянии x от угла по линии, расположенной под углом 45° к углу плиты.

Изгибающий момент будет равен $M_1 = P\ x$. Длина излома $b = 2x$. Момент сопротивления плиты в месте излома

$$W = \frac{J}{\frac{h}{2}},$$

где

J — момент инерции плиты в месте излома $= \frac{h^3 x}{6}$,

h — толщина плиты.

Следовательно

$$M_1 = R \cdot W;\ Px = \frac{R}{\frac{h}{2}}\ \frac{h^3 x}{6},$$

где R — допускаемое сопротивление бетона растяжению при изгибе *кг/см*^{2},

или

$$P\ x = \frac{R\ h^2 \cdot x}{3};\quad h = \sqrt{\frac{3P}{R}}.$$

R обычно принимается не более как в 0,5 временного сопротивления бетона на изгиб. Американские инженеры принимают временное сопротивление бетона изгибу $= 50$ *кг/см*^{2}.

НБ УДУНТ (ДИТ)

2-й случай. Если в углах бетонной плиты помещается арматура то вместе с углом *D* будет деформировать также угол *E*, а следовательно момент сопротивления может быть удвоен. В этом случае толщина плиты может определяться по следующей формуле:

$$h = \sqrt{\frac{1.5\,P}{R}}.$$

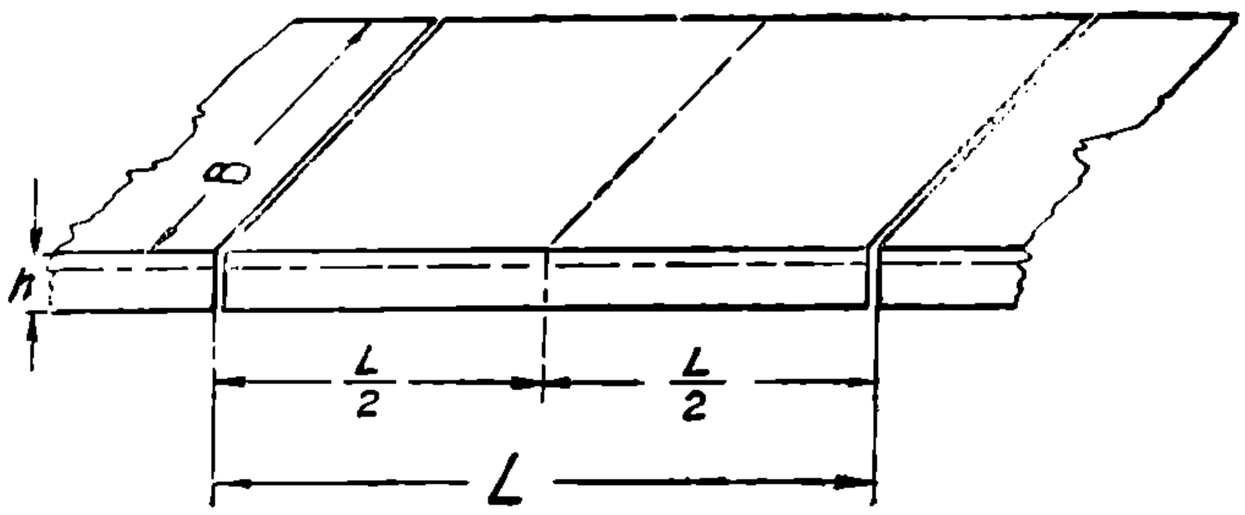


Рис. 222. Определение расстояния между швами.

3-й случай Если груз расположен в средней части плиты, в точке *C* и плита в достаточной степени укреплена арматурой, то момент сопротивления может быть вдвое, больше, чем в случае 2-м, и следовательно толщина бетонной плиты может быть определена по формуле

$$h = \sqrt{\frac{0{,}75\,P}{R}}.$$

Последняя формула может применяться только при условии, если бетонная плита настолько широка, что можно быть уверенным, что линии излома расположатся внутри площади плиты. Обычно толщина плиты по середине составляет 0,7 — 0,8 толщины плиты по краям.

Расстояние между поперечными швами в бетонной плите может быть определено по следующей формуле (рис. 222):

$$S \times a = f \cdot g \frac{L \cdot B}{2}$$

где S — сопротивление бетона растяжению в начале твердения принимаемое в 2,1 *кг см²*,

a — площадь поперечного сечения плиты в *см²*,

f — коэффициент трения между плитой и основанием, равный 1,5—2,

g — вес 1 *м²* плиты,

L — длина плиты между швами в *м*,

B — ширина плиты в *м*.

При железобетонной плите американский инж. Гольдбек предложил следующую формулу, для определения расстояния между швами.

$$fB\ \frac{L}{2}\ g = 100BhS + a_1 \frac{E_ж}{E_б}\ \ S_1$$

где обозначения те же и, кроме того,

h — высота плиты в *см*,

a — поперечное сечение арматуры,

$\frac{E_ж}{E_б}$ — отношение модулей упругости железа и бетона = 10—15,

S_1 — сопротивление железа растяжению (1750 *кг/см²*).

Если допустить в бетоне волосяные трещины, т. е. считать, что растяжение принимается только арматурой, то

$$B\ f\ \frac{L}{2}\ g = aS_1$$

§ 75. Толщина шоссейных дорог. Согласно техническим условиям Цудортранса 1931 г. толщина одежды шоссейных дорог установлена в следующих пределах (рис 223): [1]

Таблица 96

	Нормальное движение	Усиленное движние	Тяжелое движение
Толщина верхнего слоя гранитного щебня в плотном теле *см*	7	8	10
Толщина нижнего слоя гранитного щебня *см*	8	10	10
Итого *см* . . .	15	18	20

[1] Приняты во внимание изменения и дополнения к техническим условиям, изданные в 1932 г.

НБ УДУНТ (ДПТ)

Под слоем щебня располагается слой песку, толщина которого назначается в зависимости от грунта основания, но независимо от рода движения, как это видно из следующей таблицы.

Таблица толщины песчаного слоя в *см*

Таблица 97

Характер грунта \ Род движения	Нормальное	Усиленное	Тяжелое
	Толщина песч. слоя в *см*		
Песок	—	—	—
Супесь	10	10	10
Суглинок	15	15	15
Суглинок в сырых местах	20	20	20
Глина в сырых местах	30	30	30

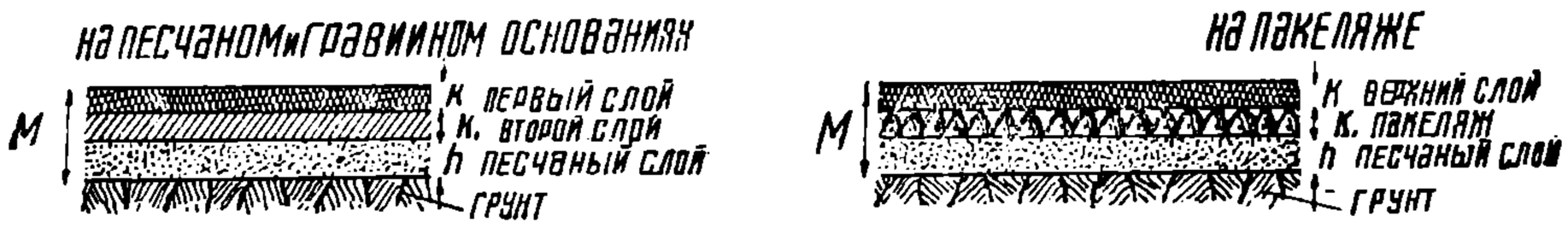


Рис. 223. Толщина шоссейной коры.

При улучшении шоссейной одежды вяжущими веществами толщина ее может быть несколько уменьшена. Толщина песчаного слоя безусловно должна зависеть не только от грунта основания, но и от рода движения. При этом толщина песчаного слоя может быть уменьшена за счет улучшения грунта основания, а следовательно и повышения его несущей способности.

По данным американской дорожной практики толщина шоссейной одежды в районах с сырым климатом принимается в следующих размерах.

Толщина шоссейной коры:

Таблица 98

Грунт основания \ Расположение дороги	Выемка или небольшая насыпь $< 0{,}3$ *м*	Средняя насыпь от 0,3—1,0 *м*	Высокая насыпь > 1 *м*
	Толщина шоссейной коры в *см*		
Дороги с движением I класса (более 2000 повозок за 10 час. в летнее время)			
Крупный песок и гравий	22,5—25	22,5—25	22,5
Суглинок	25—35	25—30	25
Обыкновенная глина	37,5—52,5	30—40	27,5
Тяжелые глины и сыпучий песок	55—75	35—45	32,5
II класс движения (от 800 до 2000 повозок за 10 час. в летнее время)			
Песок и гравий	20—22,5	20—22,5	20,0
Суглинок	22,5—30	22,5—27,5	22,5
Обычная глина	30—45	27,5—37,5	25
Тяжелые глины и мелкий песок	45—70	32,5—45	30
III класс движения (от 300 до 800 повозок за 10 час. в летнее время)			
Песок и гравий	17.5—20	17,5—20	17,5
Суглинок	20—25	20—22,5	20
Обычная глина	30—40	22,5—35	22,5
Тяжелая глина и мягкий песок	45—60	30—37,5	27,5
IV класс движения меньше 300 повозок в день)			
Песок и гравий	15.0—17,5	15,5—17,6	15,0
Суглинок	17,5—22,5	17,5—20,0	17,5
Обычная глина	25,0—37,5	20—30	20
Тяжелая глина и мелкий песок	37,5—55	25,0—35,0	22,5

НБ УДУНТ (ДИТ)

Двадцатилетние наблюдения над работой шоссейных дорог в штате Нью-Йорк дали следующие результаты:

а) щебеночная одежда толщиною 53 *см* на тощей глине и тяжелом иловатом грунте обнаружила колеи при движении II класса (800—2000 повозок в день);

б) щебеночная одежда толщиной в 58,0 — 70,0 *см* при тех же плохих грунтах и том же движении (800—2000 повозок в день) сохранила свой вид и потребовала лишь незначительного ремонта;

в) на крупнозернистом песке и мелком гравии имеют место случаи, когда кора в 18,0 *см* выдерживает движение I класса (более 2000 повозок), но, как правило, надо считать, что толщина в 23 *см* является минимальной, применяемой при движении I класса;

г) при суглинистом грунте основания для движения II класса бывает достаточной кора в 18—20 *см*, однако, как правило во избежание чрезмерных расходов на содержание требуется для II класса кора толщиной в 25—30 *см*.

Из приведенных данных видно, что при определении толщины коры проезжей дороги должны приниматься во внимание как условия и характер движения, так и несущая способность грунтов основания. и только с учетом совокупности этих двух факторов должна назначаться и вычисляться дорожная одежда.

ЛИТЕРАТУРА К ОТДЕЛУ VI

Технические условия Цудортранса 1931 г. ч. I.

Проф. Н. Н. Иванов. Грунтовые дороги. 1931.

Проф. Н. Н. Иванов. Черные дороги, 1931.

Проф. Н. Н. Иванов. Взаимодействие колеса и дороги. Сборник ЛИИПСа, вып. 100. 1929.

Шенк. Автомобильные дороги. 1930.

Инж. И. Е. Бугаев. Определение толщины щебеночной коры в условиях эксплоатации.

W. G. Harger. Rural Highway Pavements. 1924

Th R Agg. The construction of roads and pavements 1929.

E. Neumann. Neuzeitlicher Strassenbau. 1927

Dr Ing. W Shaar. Die Beanspruchungen der Strassen durch die Kraftfahrzeuge. 1925.

G. Fischer. Die statische. Berechnung des Strassenoberbaus.

VI Congres. Washington 1930. R sultats obtenus dans la construction et l'entretien des chaussées par l'emploi du ciment R pport U. S. A.

„Public Roads". May. 1929, vol. 10, № 3 C. A. Hogentogler and Ch. Terzaghi „Interrelationship of load, road and subgrade".

„Public Roads", June and July 1931. Vol. 12, № 4 и 5,

C. A. Hogentogler, A. M Wintermyer, E. A. Willis. „Subgrade soil constants, their significance and their application in practice"

НБ УДУНТ (ДИТ)

ОТДЕЛ VII

ДОРОГИ НИЗКОЙ СТОИМОСТИ

ГЛАВА ВОСЕМНАДЦАТАЯ

ОБЩИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПОСТРОЙКИ ДОРОГ НИЗКОЙ СТОИМОСТИ

§ 76. Общая характеристика дорог низкой стоимости. Пока в дорожной практике существовало только два основных вида автогужевых дорог (грунтовые и с каменными покрытиями), не было надобности в особом наименовании первой группы дорог.

В настоящее время известно много примеров, когда для улучшения проездности грунтовых дорог с успехом применяются разные дешевые местные материалы и отходы промышленности. Такой материал, как гравий, обладающий высокими дорожными техническими качествами и сравнительно дешевый, последнее время широко внедряется в дорожное строительство. Применение некоторых битуминозных вяжущих веществ для улучшения грунтовых дорог дало хорошие результаты. Много можно привести примеров новых дешевых материалов, которые в той или иной степени применяются и улучшают качество проезда по грунтовой дороге. Если каждому виду улучшения дороги присвоить наименование примененного материала, то получился бы длинный перечень, причем многие названия были бы понятны только тому району, где имеется данный материал.

Указанные обстоятельства заставили искать обобщающее название подобным покрытиям. По примеру американцев, у наших дорожников прививается термин „дороги низкой стоимости", который будет применяться в дальнейшем.

Нужно заметить, что понятия „дороги низкой стоимости" у нас и в САСШ далеко неравнозначащи. В САСШ под эту категорию подводят такие дороги, которые выдерживают смешанное движение не более 1500 единиц в сутки при большом проценте малотонных грузовиков и случайном проходе тяжелых. Сюда относят все дороги с необработанными одеждами стоимостью не свыше 12 500 р. за километр и те же дороги, улучшенные вяжущими и другими веществами, стоимость которых по дополнительной обработке не превосходит 7500 р. за километр. Короче говоря, в это понятие в САСШ входят все дороги, включая и шоссейные, с обработкой их вяжущими веществами, а в некоторых случаях и асфальто-бетон. [1]

У нас к этой категории относят все виды дорог и покрытий, на которых применяются исключительно дешевые местные материалы (исключая каменных) и отходы промышленности и общая стоимость постройки которых ниже стоимости постройки щебеночного шоссе. Некоторые виды дорог низкой стоимости (гравийная дорога, обработанная битуминозными веществами) могут выдержать напряженность движения до 1500 *m* брутто в сутки, а по прочности и качеству проезда превосходят щебеночное шоссе из твердых каменных пород.

§ 77. Постепенное улучшение типа дороги. С развитием в нашей стране моторного двигателя, перевозящего грузы и пассажиров, резко меняются технические условия на постройку и проектирование автогужевых путей сообщения. Не так давно в нашей дорожной литературе технический класс дороги определялся двумя факторами: дорожной одеждой и трасой.

---

[1] См. „Дороги низкой стоимости" по докладу инж. К. Н. Коннера. Огиз Гострансиздат. Москва, 1931.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

В настоящее время всякая дорога должна проектироваться с расчетом на то, что в самом ближайшем времени она может быть покрыта одеждой и из дороги низшей категории превратится в высокий тип.

С этой целью проектирующий и строитель, до того как приступить к работе, должны знать экономическое развитие района, где проволится дорога вид и характер движения и те климатические, грунтовые и гидрологические условия, от которых зависит служба дороги и ее несущая способность, для каковой цели должны производиться изыскания и исследования, описанные в отделе V При известном сочетании грунтовых, гидрологических и климатических факторов дорога без покрытий каменным или другим материалом может выносить довольно интенсивное движение (до 300—500 *m* брутто в сутки), при других же соотношениях этих факторов дорога не выдерживает и 100 *m*. Например, неспрофилированная, без придорожных канав грунтовая дорога (подъездной путь от Нелижского деревообделочного завода к железнодорожной станции Спасс-Деменск, Западной области, протяжением 20 *км*), пролегающая по супесчаным грунтам и идущая небольшой возвышенностью, без какого бы то ни было содержания и ремонта уже несколько лет выдерживает напряженность тележного движения до 500 *m* брутто в сутки. С другой стороны, подъездной путь Горы-Горки БССР, протяжением 15 *км*, проходит еще по большей возвышенности, но по пылевато-суглинистым грунтам, дорога спрофилирована, ежегодно ремонтируется,— и уже при движении в 100 *m* брутто в сутки вся изрезана колеями, разбита и во все времена года отличается трудной проездностью.

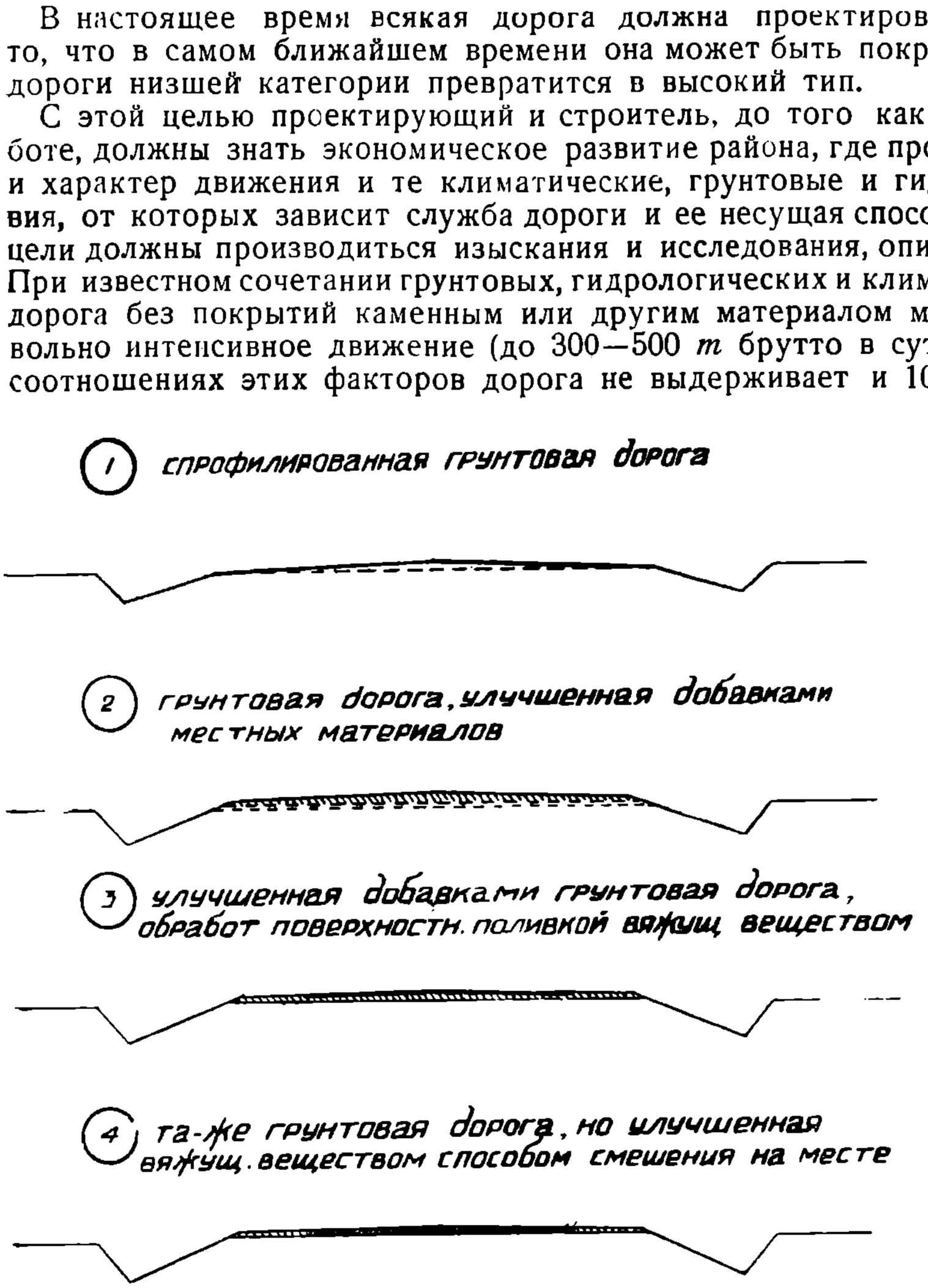


Рис. 224. Схема постепенного улучшения типа дороги низкой стоимости.

В нашем обширном Союзе имеются примеры и еще разительнее, но и приведенного достаточно, чтобы видеть, насколько большую роль играют такие факторы, на которые до самого последнего времени не обращалось внимания и изучением которых не занимались. Однако, современная дорожная техника позволяет дорожному специалисту поставить дорогу в такие гидрологические и грунтовые условия, какие желательны. Значит, до известного предела напряженности движения (до 600 *m* брутто в сутки)[1] при известных условиях можно и не прибегать к дорогим покрытиям.

По примеру САСШ и у нас как дорожное строительство, так и реконструкция автодорожной сети должны итти в направлении постепенного улучшения типа покрытий. Обычно в первый период после постройки дороги, когда движение по ней незначительно, нет необходимости устраивать дорогостоящее

[1] См. „Технические условия, правилы и нормы" Цудортранса. ч. I, изд. 1931 г

НБ УДУНТ (ДИТ)

покрытие, очень часто в этот период не плохо будет удовлетворять условиям движения только спрофилированная грунтовая дорога.

С развитием района, где проходит дорога, увеличиваются потребности пользующихся этой дорогой, а с ними и движение. Может наступить момент, когда спрофилированная дорога не выдержит нового движения и возникнет вопрос о выборе типа покрытия. Возросшее движение не так еще велико, чтобы говорить о постройке щебеночного шоссе, и дорожник должен применить первый способ улучшения грунтовой дороги местными дешевыми материалами или отходами промышленности. При дальнейшем увеличении движения улучшенную дорогу укрепляют вяжущими веществами или переходят на постройку гравийного покрытия, в зависимости от техно-экономических факторов (рис. 224).

Указанный порядок однако не обязателен для всех случаев. Иногда вблизи дороги нет местных материалов или отходов промышленности, но зато вяжущие вещества ценятся дешево. При таких обстоятельствах, безусловно целесообразнее спрофилированную дорогу сразу улучшить при помощи этих веществ. Если в этом районе возникнет большая фабрика, комбинат и т. п., которые вызовут к жизни большое и тяжелое движение по дороге, необходимость заставит построить, скажем, гудронированное шоссе или более высокий тип покрытия.

Рис. 225. Вид естественной грунтовой дороги.

При таких условиях наша дорога низкой стоимости явится хорошим основанием для прочного покрытия.

§ 78. Техническая классификация дорог низкой стоимости. Выше говорилось о том разнообразии видов дорог, которые объединяются в одно понятие дорог „низкой стоимости". По допускаемой напряженности движения, по тому или другому виду этих дорог их можно разделить на группы, в соответствии с технической классификацией дорог Цудортрансом и данным американской практики.

1 группа. Натуральные грунтовые дороги. К этому типу относятся такие дороги, на постройку которых почти не затрачено никакого труда человека и машины. Возникли они в виду необходимости соединения одного селения с другим, селения с полем и т. п. Обычно проходят по наиболее возвышенным местам. Водоотвода нет, часто нет и мостиков; они извилисты в плане, продольные уклоны не выдержаны (рис. 225). Если среди этих дорог и попадаются такие, которые могли бы выдержать движение до 500 *m* брутто в сутки, то во всяком случае даже и на такой дороге встречаются почти совсем непроезжие места. Эти дороги только в самое благоприятное время года обеспечивают легковое автодвижение.

2 группа. Спрофилированные ручным способом или машинами дороги с придорожными канавами и водоотводом, поперечный и продольный профили выдержаны согласно техническим условиям. Сюда можно отнести всякое полотно дороги, предназначенное для какого-либо покрытия. В зависимости от климата, грунтовых и гидрологических условий эта группа дорог выдерживает движение от 50 до 300 *m* брутто в сутки. При систематическом ремонте и содержании в сухое время года (не считая большинства районов Средней Азии) допускает легковое и небольшого тоннажа грузовое автомобильное со-

РЕПОЗИТОРИЙ УГЦНТ (ДИТ)

общение. В Средней Азии непроезжими для автомобильного и трудно проезжими для конного транспорта такие дороги бывают в самое сухое летнее время (летняя распутица).

3 группа. Спрофилированные грунтовые дороги, улучшенные местными материалами (песок, глина, торф, ракушка, жерства, мел, гравий и мн. др.) и отходами промышленности (шлаки, гарь, дефекационная грязь и др.). В зависимости от материала улучшения, климатических и гидрологических условий эта группа дорог выдерживает напряженность движения при исправном содержании 100—500 *т* брутто в сутки, незначительное легковое и грузовое автомобильное сообщение при грузовиках, грузоподъемностью до 7 *т* брутто Последнее в большинстве случаев во время распутицы прекращается.

4 группа. Спрофилированные, улучшенные местными материалами или отходами промышленности и не улучшенные грунтовые дороги, обработанные битуминозными веществами (смолистые нефти, дорожные масла, дегти, разжиженные битумы, нефтяные битумы и др). В зависимости от предварительного улучшения (см 3 группу), способа обработки вяжущим материалом, свойства самого вяжущего вещества, грунта, климатических и гидрологических условий, эта группа дорог может выдерживать напряженность колесного движения от 300 до 800 *т* брутто в сутки в любое время года, не исключая регулярного легкового и грузового автомобильного. Последнее ограничивается грузовиками в 7 *т* брутто.

5 группа. Гравийные дороги, построенные из гравийной оптимальной смеси или из гравийного материала по типу щебеночного шоссе. В зависимости от способа постройки, толщины гравийного покрытия, крупности, окатанности и петрографического состава гравийного материала, гравийные дороги выдерживают напряженность движения 400—1000 *т* брутто в сутки, не исключая регулярного легкового и грузового до 7 *т* брутто автодвижения.

6 группа. Гравийные дороги 5 группы, обработанные битуминозными вяжущими веществами (см. материалы 4 группы). Напряженность движения по таким дорогам во все времена года, в зависимости от гравийного материала, способа обработки и примененного битуминозного вещества, может доходить до 1500 *т* брутто в сутки.

Приведенная классификация по принципу допускаемого движения расположена в порядке увеличения этого движения. В такой же примерно последовательности увеличивается и стоимость постройки дороги. В каждую из перечисленных групп, за исключением 1-й входит один неизменяющийся элемент—полотно дороги, которое, раз построенное, должно в основном остаться без перестройки и для групп 3—6 указанного деления.

§ 79. Проектирование продольного и поперечного профиля дороги низкой стоимости. На стр. 321 указывалось на необходимость проектировать полотно дороги низкой стоимости с таким расчетом, чтобы оно могло в любой момент быть использованным для какого угодно вида дорожного покрытия. Поэтому все технические условия на проектирование автогужевых путей, изложенные в отделе III настоящего курса, остаются в силе.

Но проектирующий должен иметь в виду, что постройка полотна дороги низкой стоимости будет производиться дорожными машинами, а значит нужно создать условия для облегчения работы машин. Отсюда проектная линия на большом своем протяжении должна совпадать с черными отметками профиля, идя таким образом за рельефом местности. При этом необходимо соблюдать следующие условия:

1) Выемки допускаются только в таких местах, где необходимо смягчить продольный уклон до требуемого техническими условиями на постройку дорог.

2) Насыпи допускаются при въездах на мосты и мостики, на болотистых и заливаемых водой участках дороги, на грунтах, обладающих большой капиллярностью, на низинах и на плохих грунтах, которые в неулучшенном виде заведомо будут создавать непроезжие пробки.

3) При проектировании насыпей в некоторых местах для уменьшения количества переломов продольного профиля следует придавать им высоту не более 0,60 *м*, чтобы дать возможность с большим успехом использовать при постройке грейдер-элеватор.

НБ УДУНТ (ДШТ)

На приведенном ниже чертеже продольного профиля (рис. 226) указан принцип проведения проектной линии, с учетом производства работ при помощи машин.

Проектирование поперечного профиля при постройке дороги машинами. Приведенный для примера продольный профиль показывает, что постройка дороги за малым исключением почти сплошь идет нулевыми работами т. е. отметка бровки полотна совпадает с отметкой земли при нивелировке. При таких нулевых работах поперечный профиль полотна дороги проектируется без поднятия бровки выше уровня земли.

Выбор ширины полотна поперечного уклона и сечения придорожных канав грунтовой дороги производится в соответствии с перспективами напряженности движения по проектируемой дороге, с грунтом, гидрологическими условиями и продольным уклоном местности, по которой дорога прокладывается.

Технические условия Цудортранса 1931 г. дают приводимую ниже (стр. 324) готовую таблицу для выбора названных элементов.

Зная перспективную напряженность движения, по графе „ширина полотна" приведенной таблицы назначают соответствующую ширину проектируемой дороги.

При выборе поперечного профиля учитываются три фактора: грунт, климатические условия и безопасность движения по дороге. Так называемые тяжелые грунты (грунты с плохой водопроницаемостью и большой пластичностью, к каковым относятся глинистые, суглинистые и суглинистые черноземы) при малых поперечных скатах от выпавших дождей и таяния снега сначала делаются скользкими, затем липкими и наконец размокают настолько, что превращаются в грязь. От этого по дороге на таких грунтах сначала происходит занос задних колес автомобиля, что угрожает безопасности движения и замедляет скорость его. Во второй стадии на колеса налипает грунт, делая проезд по дороге затруднительным. В третьей стадии колеса экипажей врезаются в грунт дороги, что затрудняет или совсем прекращает движение.

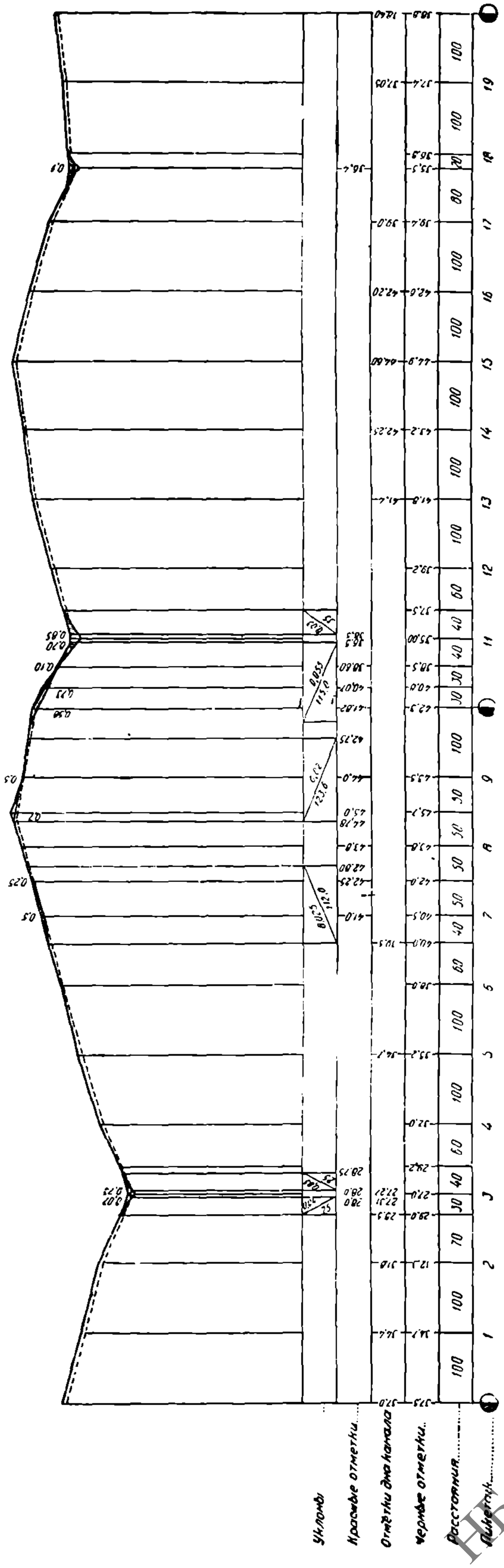


Рис. 226. Технический продольный профиль дороги.

НБ УГЛНТ (ДШТ)

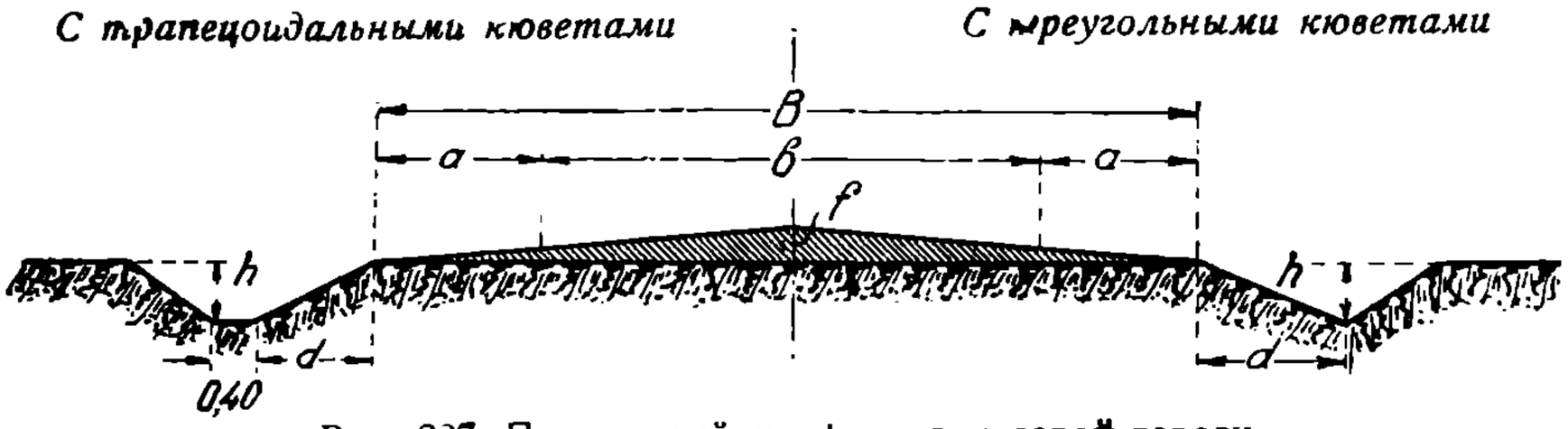


Рис. 227. Поперечный профиль грунтовой дороги

Таблица 99

Главнейшие элементы полотна дороги

Очертание канав	Род движения	Интенсивность движения	Род грунта	Элементы профиля						
				ширина полотна	ширина проезж. части	ширина обочины	залож. вн. стк. канавы	коэф. вн. откоса канавы	глубина канавы	стрела выпукл. полотна
				B	*b*	*a*	*d*	*i*	*h*	*f*
				метры						
При треугольн. очертании канав	Нормальное, усиленное и тяжелое	Сильное	Суглинист.	10,00	6,00	2,00	1,80	3	0,60	0,25
			Супесчан	10,00	6,00	2,00	2,00	5	0,40	0,15
		Среднее	Суглинист.	8,50	5,50	1,50	1,50	3	0,50	0,21
			Супесчан.	8,50	5,50	1,50	1,75	5	0,35	0,14
		Слабое	Суглинист.	7,50	4,50	1,50	1,35	3	0,48	0,20
			Супесчан.	7,50	4,50	1,50	1,50	5	0,30	0,12
		Очень слабое	Суглинист.	6,50	3,50	1,50	1,50	3	0,50	0,17
			Супесчан.	6,50	3,50	1,50	1,50	5	0,30	0,11
При трапецоидальном очерт. канав	Нормальное	Сильное	Суглинист.	10.00	6,00	2,00	1,00	1 1/3	0,75	0,25
			Супесчан.	10,00	6,00	2,00	0,97	1 1/3	0,73	0,15
		Среднее	Суглинист.	9,50	5,50	2,00	0,93	1 1/2	0,70	0,24
			Супесчан.	9,50	5,50	2,00	0,89	1 1/2	0,67	0,15
		Слабое	Суглинист.	8,50	4,50	2,00	0,89	1 1/3	0,67	0,21
			Супесчан.	8,50	4,50	2,00	0,84	1 1/3	0,63	0,13
	Усилен. и тяжелое	Сильное	Суглинист.	10,00	6,00	2,00	1,56	3	0,52	0,25
			Супесчан.	10,00	6,00	2,00	1,27	3	0,39	0,15
		Среднее	Суглинист.	9,50	5,50	2,00	1,50	3	0,50	0,24
			Супесчан.	9,50	5,50	2,00	1,14	3	0,38	0,15
		Слабое	Суглинист.	8,50	4,50	2,00	1,29	3	0,43	0,21
			Супесчан.	8,50	4,50	2,00	1,96	3	0,32	0,13

Примечание. Очень слабым для грунтовых дорог считается движение с напряженностью до 50 *m* брутто в сутки; слабое движение — от 50 до 100 *m*; среднее движение — от 100 до 300 *m*; сильное движение — от 300 до 600 *m* брутто в сутки.

В первой стадии намокания на указанных грунтах, чтобы избежать заноса колес, требовалось бы устраивать наименьший поперечный уклон, а лучше бы и совсем его не давать. Но тогда полотно дороги, даже и при незначительных дождях, через очень короткий промежуток времени размокнет и обратится в грязь со всеми ее последствиями. Последнее в противоположность первому обстоятельству требует наибольшего поперечного ската. Чтобы примирить эти два противоположных требования, на указанных грунтах следует делать поперечный уклон дороги не менее 4% и не более 6%, а лучше всего предельным считать 5%.

На средних грунтах (легкие суглинки, супеси, песчано-глинистые смеси и т. п.) возможность заноса колес уменьшается, и в то же время эти грунты не совсем водопроницаемы. Они требуют, чтобы вода на дороге не задержива-

НБ УДУНТ (ДИТ)

лась, так как могут тоже обратиться в грязь (хотя и в меньшей степени). Поэтому на подобных грунтах следует давать поперечный уклон в 3—4%.

На грунтах водопроницаемых (например, песчаных) возможности заноса не существует, скорее имеет место буксование колес. В то же время эти грунты при известной влажности более устойчивы. На этих грунтах поэтому или совсем не дается поперечный уклон, или он дается не более 2%.

Приведенные технические условия позволяют делать выбор между трапецоидальным и треугольным сечением канав независимо от вышеуказанных условий, базируясь на грунте дороги как на наиболее важном факторе. Остальные факторы, как-то: климатические, гидрологические, продольный уклон— должны также учитываться проектирующим и заставлять его вносить те или иные коррективы.

Так, возьмем из приведенной таблицы дорогу для сильного движения, проходящую по суглинистому грунту, с треугольной формой канав (первая горизонтальная строка) и формой трапецоидальной (девятая строка), предполагая наружный откос канав в обоих случаях с заложением 1 : 1. Тогда для треугольной формы площадь сечения (рис. 228) будет:

$$\frac{0.60 + 1,80}{2} \times 0,60 = 0,72 \ м^2,$$

а для трапецоидальной соответственно площадь сечения (рис. 229)

$$\frac{0,40 + (0,75 + 0,40 + 1,0)}{2} \times 0,75 = 0,96 \ м^2$$

Допустим, что треугольной формы канава идет с одной стороны дороги, а трапецоидальной—с другой; обе взяты согласно технических условий. Поперечные скаты в обе стороны равны, и продольный уклон обеих канав одинаков (допустим, 0,01) Как с полотна дороги, так и с полевой части притекает в каждую из канав одинаковое количество воды. Пусть в какой-то момент площадь сечения проходящей воды в каждой из канав будет равна 0,30$м.^2$ Тогда в треугольном сечении высота уровня воды будет:

$$\frac{4h^2}{2} = 0,30 \ м^2; \quad h = \sqrt{\frac{0,30 \times}{4}} = 0,40 \ м,$$

а в трапецоидальном:

$$\frac{(2^1/_3 \, h + 0,8) \, h}{2} = 0,30 \ м^2; \quad 2^1/_3 \, h^3 + 0,8 \, h - 0,60 = 0;$$

$$h = \frac{-0,8 \pm \sqrt{0,64 + 4 \times 2^1/_3 \times 0,60}}{2 \times 2^1/_3} = 0,36 \ м.$$

Рис. 228 и 229. Форма треугольной и трапецоидальной придорожной канавы.

Применяя формулу Шези $V = C\sqrt{Ri}$ и упрощенную формулу Гангилье-Куттера для определения C

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{23n}{\sqrt{R}}}$$

и высчитав подводный радиус по формуле $R = \frac{\omega}{p}$, получим:

для треугольного сечения $v_1 = 1,20$ *м*/сек.
трапецоидальн. $v_2 = 1,63$ *м*/сек.

Высота горизонта воды в треугольной канаве находится на 0,60—0,40=0,20 *м* от бровки полотна, в трапецоидальной на 0,75—0,36=0,39 *м*, к тому же вода уходит из трапецоидальной почти в полтора раза скорее. Бóльшая скорость

[1] На рис. 229 вместо „1,5“ следует читать $1^1/_3$“

НБ УДУНТ (ДИТ)

ухода воды и более низкое стояние уровня ее в канаве наиболее желательны для районов, где дожди идут продолжительное время испаряемость незначительная, грунт легко удерживает влагу и передает ее к полотну (рис. 230). И наоборот, более высокое стояние и более продолжительное время пребывания воды в канаве желательны в засушливых районах. Следовательно, в климатических районах северо-запада, севера Европейской части СССР и Сибири при всех грунтах, за исключением песчаных и супесчаных, преимущество нужно отдавать трапецоидальному сечению канавы. В случае, если при требуемой техническими условиями глубине канавы захватывается легко размываемый почвенный горизонт и не предполагается делать укрепления откосов и дна, преимущество нужно отдать треугольному сечению.

Разберем влияние продольного уклона дна канавы на выбор формы ее. С увеличением уклона, согласно приведенным формулам, увеличивается скорость течения, быстрее уходит вода из канавы, и в результате—меньше опасность смачивания полотна. Пока продольный уклон не вызывает чрезвычайно большой скорости, а тем самым и размывания грунта, в вышеупомянутых климатических рай нах преимущество нужно отдавать трапецоидальному сечению. При бо́льших уклонах для уменьшения размывающей способности преимущество надо отдать треугольному сечению.

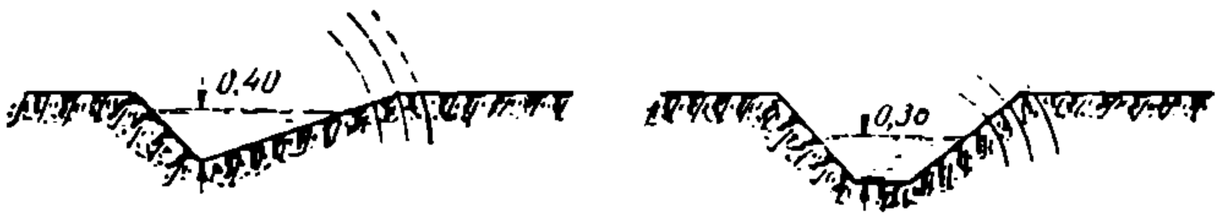


Рис. 230. Схема движения влаги из канавы к полотну дороги.

Количество пропускаемой канавой воды определяется, как указывалось в § 45, формулой $Q = \omega\ v$. Пусть мы хотим иметь постоянную безопасную скорость, тогда с увеличением притока Q будет увеличиваться площадь живого сечения протекающей воды. По техническим условиям бо́льшую площадь имеет канава трапецоидальной формы, а подсчет и рис. 228 и 229 показывают что на бо́льшую высоту заполняется канава треугольного сечения. Значит опасность смачивания больше в треугольной канаве, чем в трапецоидальной. Следовательно, при больших высотах (на косогористых местах без нагорных канав и когда придорожная канава на большой длине не имеет сбросов в сторону от полотна дороги) на грунтах, не впитывающих в себя воды лучше устраивать канавы трапецоидальной формы.

При выборе формы канавы не нужно забывать одного весьма важного условия—безопасности движения по дороге. На неулучшенных грунтовых дорогах, пролегающих по глинистым, тяжелым суглинкам и черноземным грунтам, уже после небольших дождей имеет место занос задних осей автомобилей, идущих даже на небольших скоростях. При трапецоидальных канавах заносы часто оканчиваются катастрофами, тогда как при треугольных обычно отделываются только остановкой машин.

Наконец последнее требование при выборе формы канавы—быстрота постройки и уменьшение строительной стоимости. Подробно этот вопрос будет освещен ниже, а сейчас заметим лишь, что дорогу с треугольными канавами одним и тем же снарядом можно спрофилировать в 1,25—1,5 раз скорее, чем с трапецоидальными, а значит, в 1,25—1,5 раза дешевле.

Из сказанного можно установить, что треугольная форма канавы имеет преимущество перед трапецоидальной в отношении экономичности, безопасности движения по дороге и уменьшения размывающей и вымывающей способности проходящей по канаве воды. Устраивать такие канавы можно на любых грунтах и в любых климатических зонах, если будут предусмотрены частые сбросы, где это требуется, собирающейся воды в сторону от дороги

Трапецоидальная форма канав применима при обслуживании большого водосбора, при высоком стоянии горизонта почвенных вод, на продольных уклонах, превышающих 0,02, и у подхода к мостам и трубам—с целью уменьшения стоимости искусственного сооружения.

§ 80. Выбор глубины канавы при нулевых работах. В начале настоящей главы было сказано, что бровка полотна дороги в большинстве случаев остается на уровне черных отметок. Такое положение бровки благоприятно влияет на

НБ УДУНТ (ДИТ)

уменьшение и удешевление постройки дороги дорожными машинами. При постройке дороги машинами в большинстве случаев грунт, вынутый из канавы целиком идет на полотно для создания надлежащего поперечного профиля строящейся дороги, а это возможно только тогда, если из канавы будет вынуто столько грунта, сколько его необходимо для создания этого профиля.

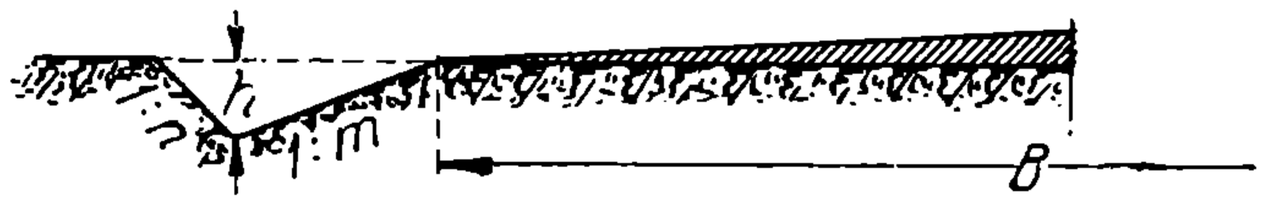


Рис. 231. Двускатный поперечный профиль грунтовок дороги с треугольной канавой.

Установив форму сечения канавы, задавшись заложением внутренних и внешних откосов ее, по техническим условиям Цудортранса или с поправкой на местные условия, о которых говорилось выше, зная ширину дороги и поперечный уклон, по тем же техническим условиям можем рассчитать глубину канав способом, указанным в § 22. На рисунке 231 представлен профиль дороги с канавой треугольного сечения.

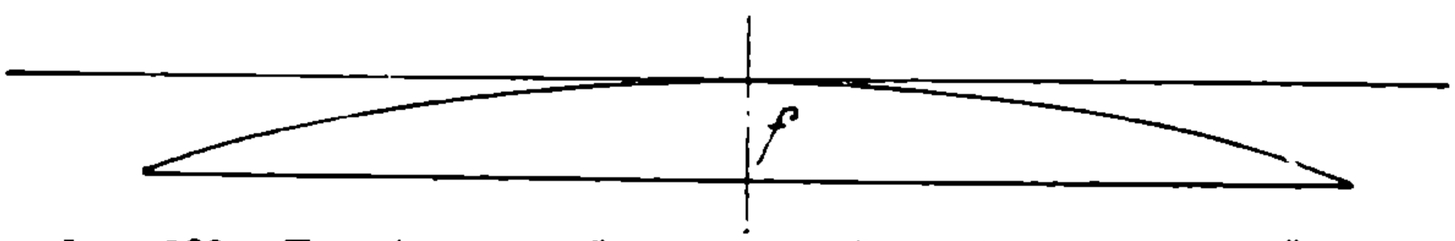


Рис. 232. Параболический поперечный профиль грунтовой дороги

Предполагается, что в конечном результате профилировки насыпная часть будет иметь плоский профиль формы треугольника. Иногда принимают этот профиль параболическим, что нельзя считать вполне правильным, так как передвижка грунта из канавы к середине полотна производится плоским ножом грейдера или утюга, в результате чего параболического сечения не получится. Давая искусственное параболическое очертание поперечному профилю дороги (рис. 232) из насыпного неуплотненного грунта и направляя езду посредине полотна дороги, мы тем самым будем уплотнять середину, уменьшая в значительной степени поперечный уклон дороги и ухудшая скат воды с полотна в канаву.

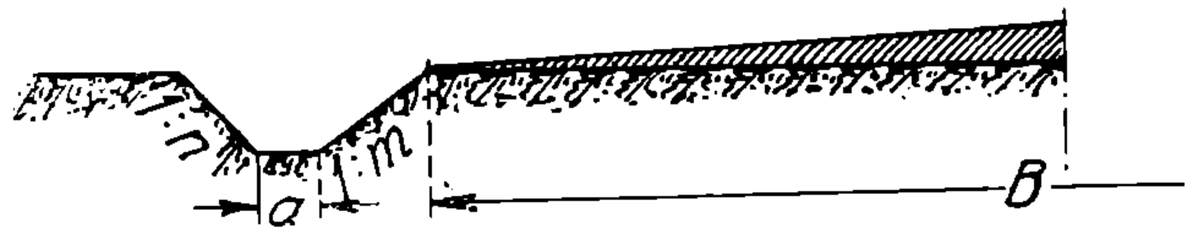


Рис. 233. Двускатный поперечный профиль грунтовой дороги с трапецоидальной канавой.

На рисунках 231 и 233 изображен поперечный профиль грунтовой дороги с треугольными и трапецоидальными канавами в нулевых отметках. Для равновесия земляных масс выемка из канавы и насыпка для создания профиля должны рассчитываться, как сказано в отделе III, § 22.

Описанный способ определения глубины канавы относится только к нулевым местам. На косогорах равновесие земляных масс (полувыемка и полунасыпь) тоже имеет место; о форме поперечного профиля в таких местах было изложено в главе седьмой. То же приходится сказать о профилях в выемках и насыпях.

ГЛАВА ДЕВЯТНАДЦАТАЯ

МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ ПОСТРОЙКЕ ГРУНТОВЫХ ДОРОГ

Установив поперечный профиль дороги, мы будем знать, какую ширину займет проектируемая дорога при каждом профиле. Зная это, можно будет уже подсчитать количество работ, предшествующих профилированию (подготовительных), земляных и профилировочных. Из подготовительных работ наиболее существенными и особенно важными при машинной постройке являются: корчевка леса и кустарника и уборка камней, если таковые имеются на трасе. Как корни, так и камни должны быть своевременно убраны до прихода отряда или отдельных машин по профилированию. Несвоевременная уборка обычно приводит к простоям машин профилировочных и по земляным работам, а не тщательная — уменьшает производительность последних, вызывает поломки и, во всяком случае, более скорое изнашивание их.

§ 81. Очистка дорожной полосы от леса и корней. Строителю очень важно знать, на какую ширину нужно производить расчистку полосы от пней и кор-

НБ УДУНТ (ДИТ)

ней. Рассмотрим профиль готовой спрофилированной дороги (рис. 234). Полотно *B* состоит из насыпной части толщиной от 0 до 15—25 *см* в зависимости от ширины. Оставление пней невыкорчеванными на этой ширине, даже

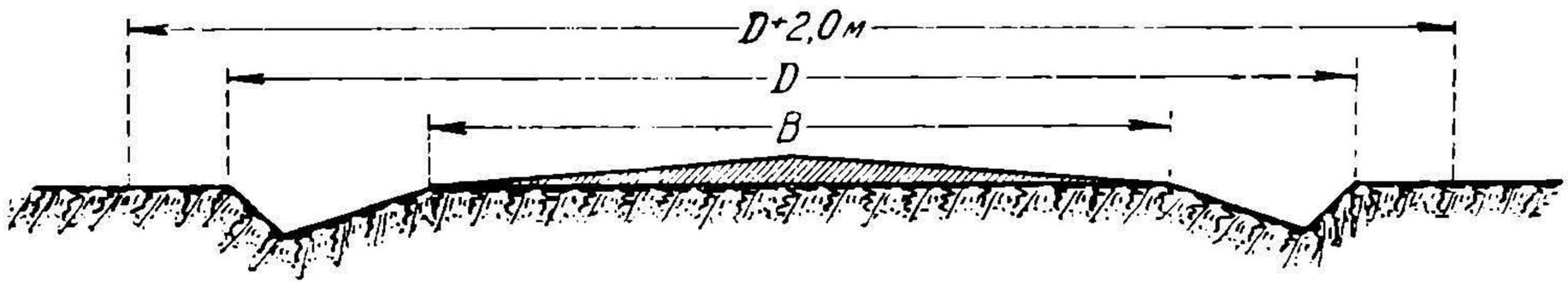


Рис 234. Ширина корчуемой полосы при постройке дороги.

в уровень с землей, привело бы к неравномерному уплотнению насыпной ездовой части дороги и в связи с этим—к просадкам, выбоинам, а при сгнивании корней – к провалам. Значит на ширине *B* корчевка обязательна.

Очевидна необходимость корчевки и по верхней ширине канав. Оставление пней в будущей канаве создало бы помеху работе машин при прокопке канавы, а в дальнейшем пни и корни препятствовали бы правильному отводу воды от дороги. Корни за наружной бровкой канавы также мешали бы и профилированию и стоку воды. К тому же за наружной бровкой приходится складывать дорожностроительные материалы, для улучшения полотна, постройки мостов, указательных знаков и пр., для чего нужна полоса шириной в 1,0—1,5 *м*. Следовательно должно быть выкорчевано пространство на ширину равную *D* (ширина полотна, включая ширину обеих канав поверху) + 2 *м*.

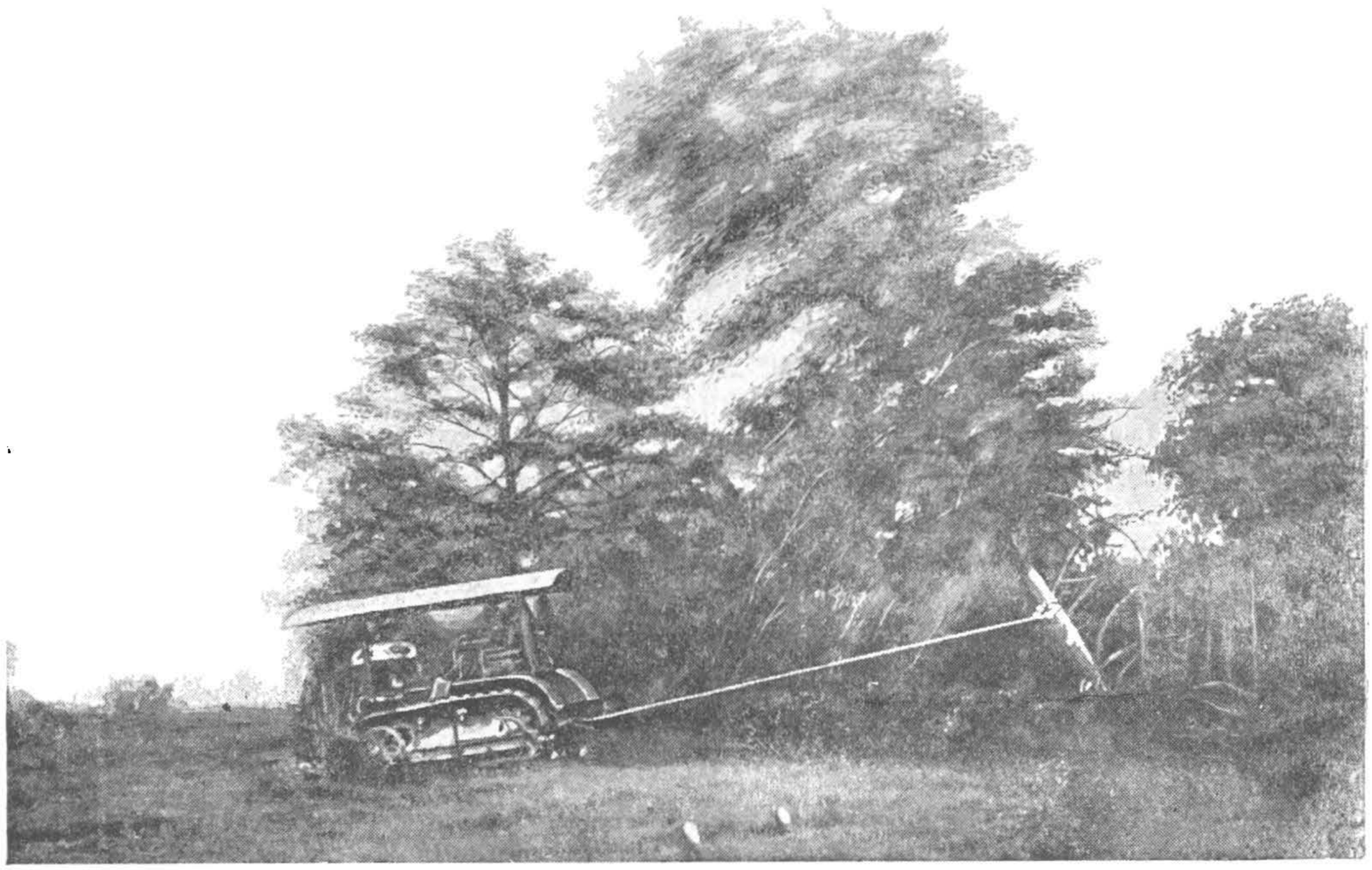


Рис. 235. Корчевка трактором растущего леса.

Ширина расчищаемой от леса и кустарника полосы в разных климатических и грунтовых условиях может быть разная. В умеренном и влажном климате, на плохо дренирующих грунтах, с увеличением ширины расчищаемой полосы дорога будет находиться в более благоприятных условиях, и наоборот. При этом с южной стороны до стены леса или кустарника достаточно вырубить лес на ширину, равную высоте деревьев (дать доступ солнечным лучам к полотну дороги). С северной стороны вырубка ограничивается шириной, потребной для корчевки. Следовательно в этом случае ширина вырубки леса должна

НТБ УДУНТ (ДИТ)

быть равна $D + h + 2$ *м*, где D имеет то же значение, что и при корчевке, а h — высота деревьев в данном месте.

В районах с песчаным и легким супесчаным грунтом, засушливых и с высокой температурой ширина просеки должна быть равна только ширине, потребной для корчевки ($D + 2$ *м*).

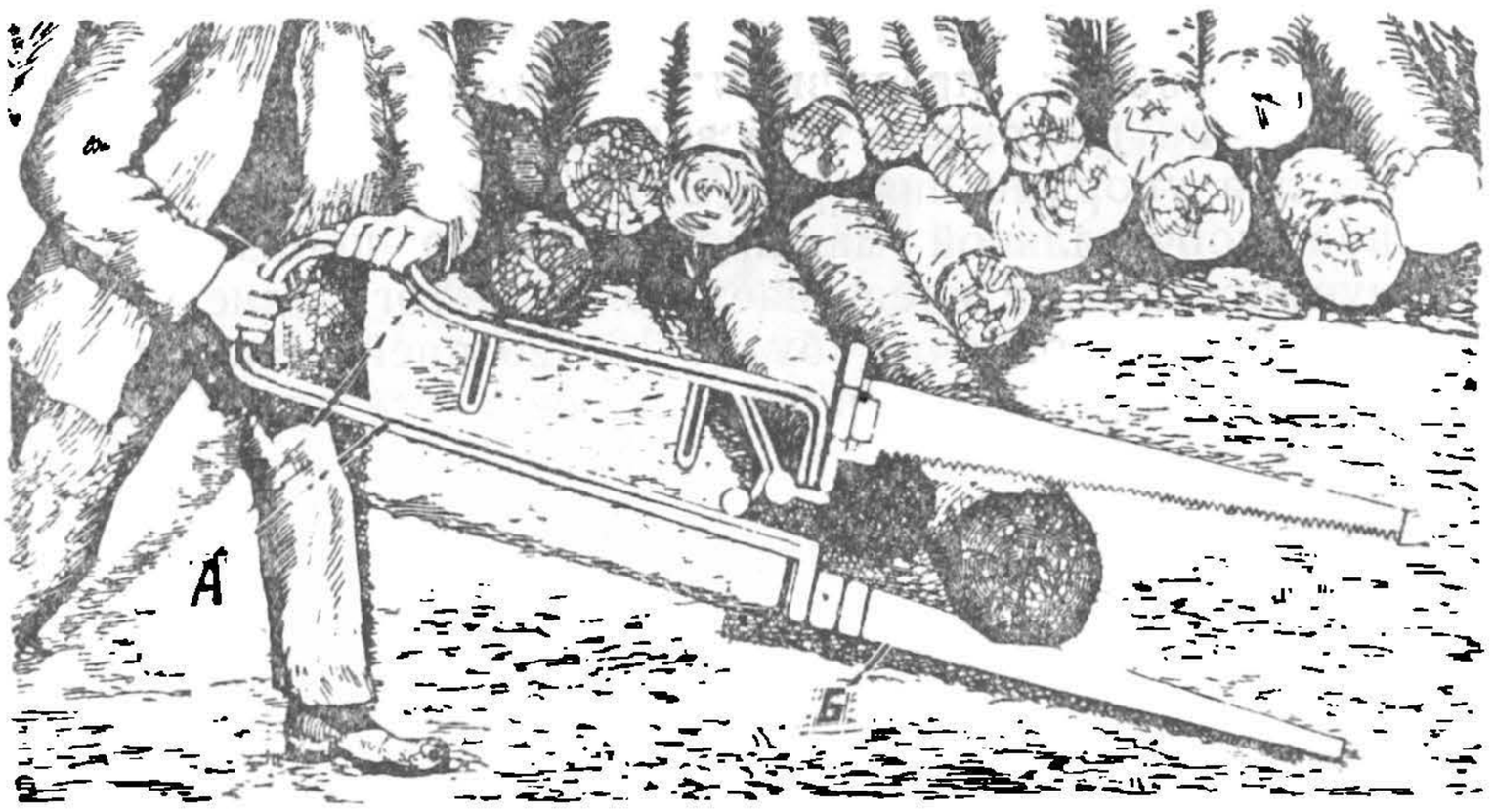


Рис. 236. Распиловка крупных деревьев пилой „Телес"

Когда дорога прокладывается по новому месту в лесном районе, возникает вопрос, в каком порядке производить работу: сначала срубать лес, а затем корчевать пни, или же производить выкорчевку растущего леса. При ручном способе корчевки следует отдать преимущество второму способу как более экономичному. При корчевке тракторами (рис. 235), если сама корчевка растущего леса без предварительной вырубки и более экономична, зато вместе с корнем удаляется до 5—10 $м^3$ грунта, отделение которого от корней, а затем и засыпка образовавшихся воронок потребуют затрат, превышающих экономию на корчевке. Корчевка растущего леса несколько усложняет организацию работ; притом возможна порча выкорчевываемых деревьев.

При большом объеме рубки для срезки деревьев следует применять механические пилы: пилу системы „Rinco", приводимую в действие двигателем внутреннего сгорания, и американскую ручную электрическую пилу. [1] Для перепиливания сваленных деревьев на строительный материал или дрова можно применить английскую пилу „Телес" (рис. 236).[2]

Рис. 237. Схема работы ручной корчевальной машиной.

Корчевку пней вырубленного леса экономичнее всего производить механизированными приспособлениями и тракторами. Из первых наиболее распространены ручная и конная корчевальные воротовые машины.

Ручная машина (рис. 237) состоит из металлической рамы, в которой имеется вращающаяся ось со стальным барабаном и зубчатым колесом. На этот барабан навивается стальной канат диаметром около 2 *см*, укрепляемый на пне непосредственно или через систему подвижных блоков. Вращение барабана и

[1] Описание см. Новиков Л. В. „Организация инженерных работ на фронте" 1929.
[2] Там же.

НБ УДУНТ (ДПТ)

наматывание на него каната с натяжением последнего производятся рычагом через зубчатое колесо. Чтобы предупредить обратное вращение вала и размотывание каната в случае ослабления рычага, с рычагом соединено собачка, упирающаяся в зубчатое колесо, как в храповик. С увеличением передаточных блоков в *n* раз, во столько же раз увеличивается усилие для удаления пня.

Машина устанавливается таким образом, чтобы одна стойка рамы была неподвижно скреплена перекидным канатом с наиболее устойчивым пнем, после чего один или два рабочих прерывистыми движениями на себя рукоятки (лом или деревянный аншпуг) приводят во вращение барабан. Машину можно установить и через два упорные пня (рис. 238), что улучшает работу передаточных блоков. Ручной корчевальной машиной выгодно производить работы, пока диаметр корчуемого пня не превышает 25 *см*, — тогда дневная производительность машины при двух рабочих будет 16—20 пней. Благодаря небольшому весу этой машины (150—250 *кг*) переброска ее в лесу производится без особых затруднений одним человеком на особой тачке.

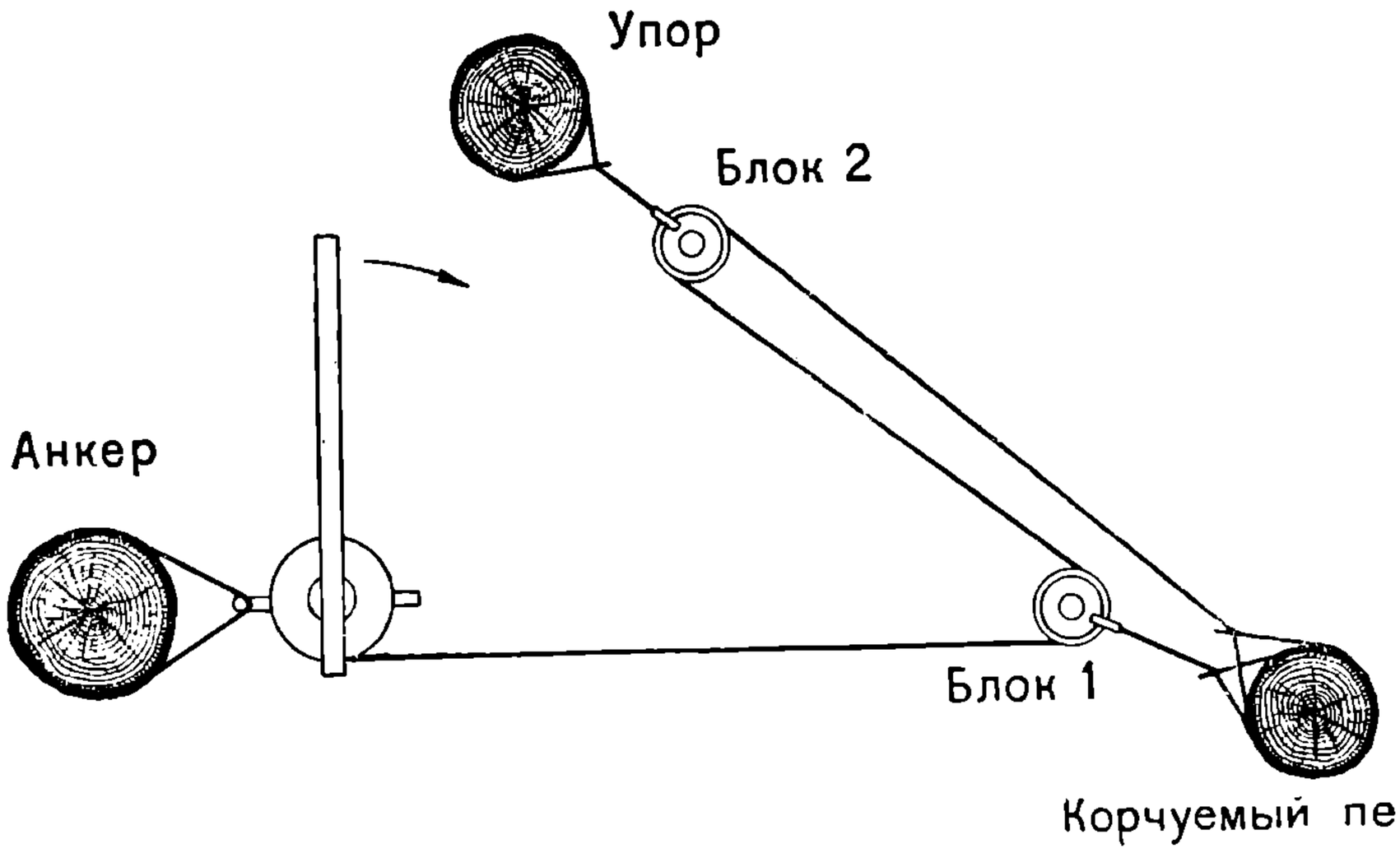


Рис. 238. Схема закрепления корчевальной машины с двумя блоками.

Конная корчевальная машина. На рис. 239 даны надписи, которые в достаточной степени поясняют принцип устройства и работу этой машины. В отличие от ручной здесь имеются специальное храповое колесо и две собачки. Это сделано для предупреждения вращения барабана в обратную сторону. Общий вид работы конной корчевальной машины помещен на рис. 240. Чтобы не затруднять переход впряженных лошадей через натянутые тросы, иногда устраиваются перекидные деревянные мостики на неглубоко забитых сваях или на козлах. Место установки машины выбирается с таким расчетом, чтобы с одной установки захватить возможно бóльшую площадь корчевания. Всякий раз после выдергивания пня канат сматывается с барабана при помощи особого махового штурвала. Перед тем как начать вертеть маховое колесо, необходимо приподнять вверх собачки храпового колеса.

Вес конной машины 320 — 650 *кг*. Переброска ее по корчуемой площади производится лошадью на особо устроенных тележках. Машина может выкорчевывать пни диаметром до 35 *см* за один рабочий день при двух лошадях 20—25 шт. Конная корчевальная машина приводится в движение через довольно длинную впряжную вагу, длиною до 4,0 *м*, что создает неудобство в работе и ограничивает ее применение только редким лесом.

Тракторная корчевальная машина. Наиболее успешно и экономично производится корчевка пней тракторными корчевальными машинами. На дорожных работах СССР испытаны и применяются корчевальные машины американской

НБ УДУНТ (ДИТ)

фирмы „Том Хустон", сконструированные специально на трактор ФП—20 л. с. В собранном виде машина и трактор есть нераздельный аггрегат.

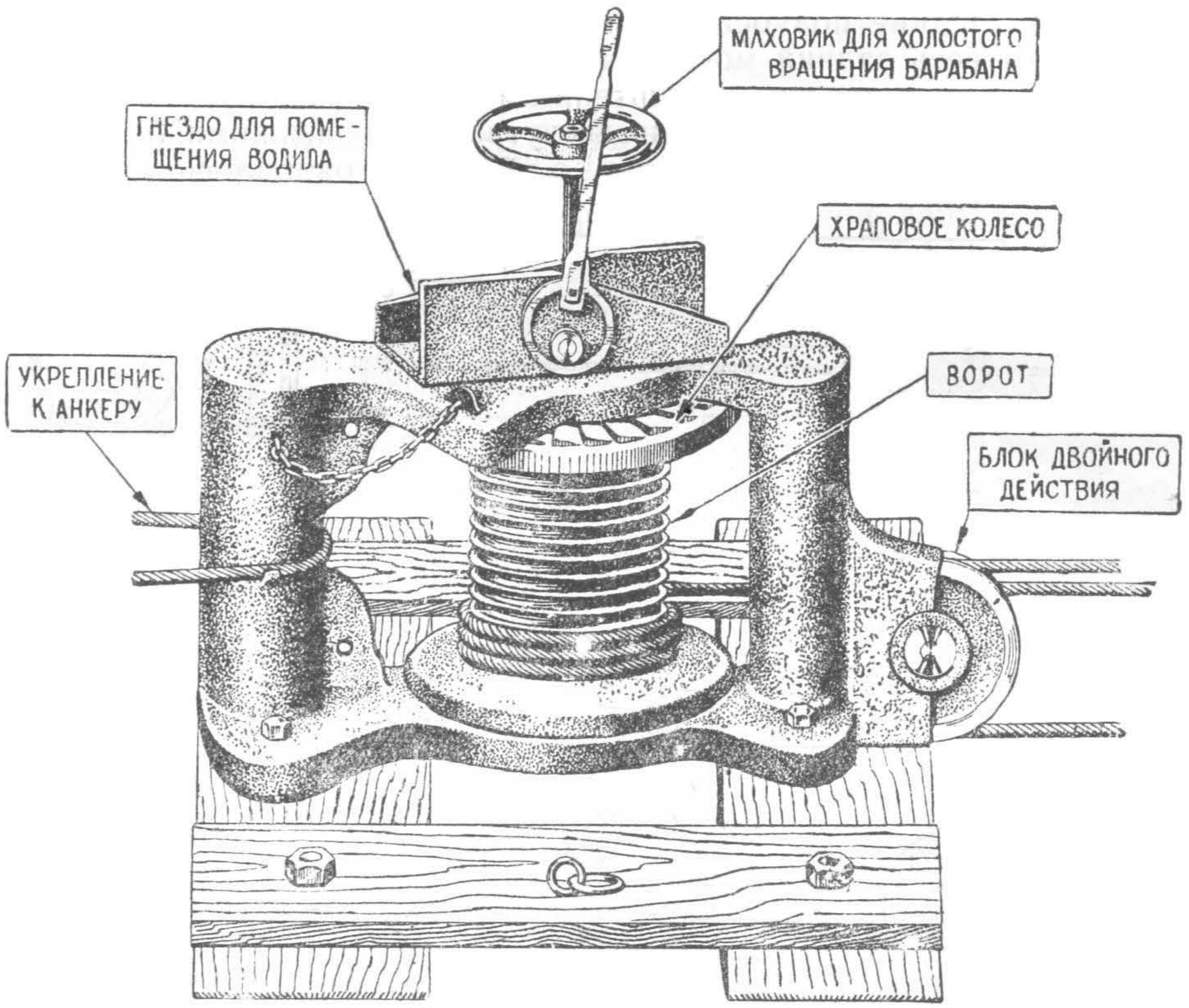


Рис. 239. Конная воротовая корчевальная машина.

Корчевальная машина представляет собой лебедку, станина которой устанавливается на деревянной платформе и закрепляется болтами Трактор устанавливается на этой же самой платформе задние колеса его снимаются, а задние полуоси закрепляются кожухами в кронштейнах станины лебедки. Вместо задних колес на полуосях трактора закрепляются две шестерни, зубья которых входят в зубья шестерни лебедки. Таким образом вращение задних полуосей трактора заставляет вращаться насаженные на них шестерни, а последние вращают вал лебедки. Прикрепление лебедки к анкерному (упорному) пню производится канатом, перекидываемым через пень и зацепляемым двумя

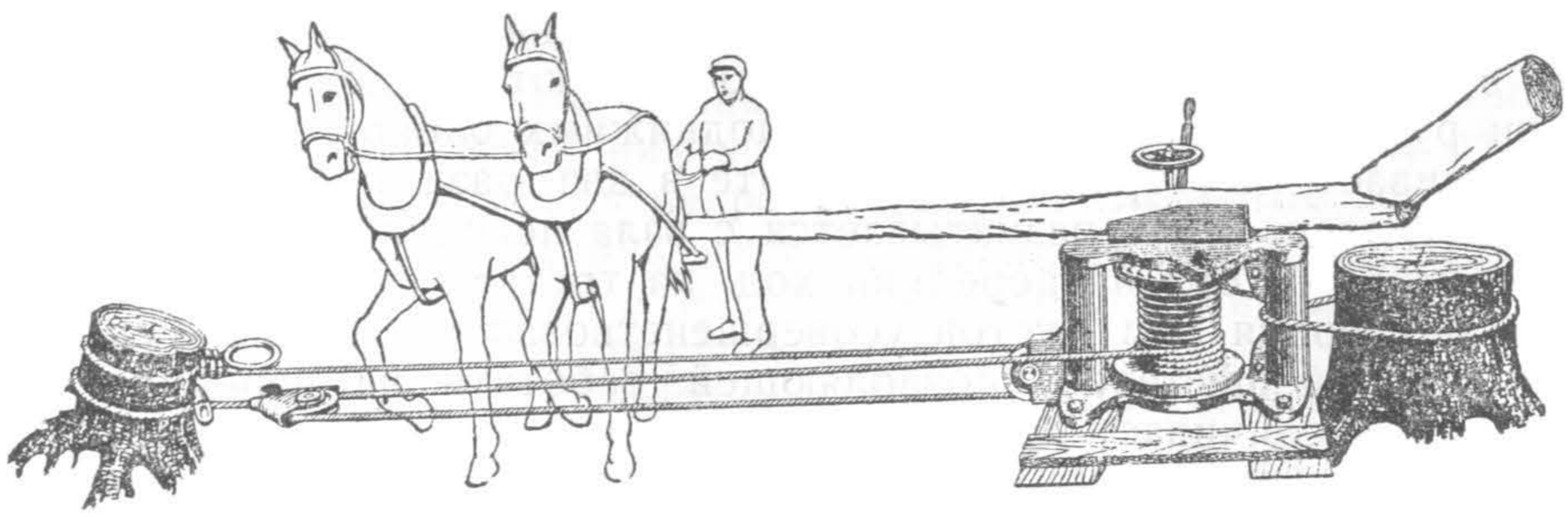


Рис. 240. Общий вид работы конной корчевальной машины.

свободными концами за крюки лебедки на станине. Канат от корчуемого пня к барабану лебедки проходит под картером трактора (рис. 241). Чтобы лучше использовать силу трактора, петлю на корчуемый пень следует надевать возможно выше. Чтобы петля каната не скользила по пню и не соскакивала, на пне делается топором зарубка.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Установка трактора для корчевки производится следующим образом. Трактор въезжает на платформу по доскам, задним ходом, и становится вплотную к корчевальной машине. На платформе он устанавливается на бруски такого размера, чтобы задние полуоси стояли несколько выше кронштейнов станины лебедки. Затем весь задний мост трактора приподнимается вагами, бруски удаляются, полуоси попадают на кронштейны и закрепляются особыми накладками Колеса после этой операции оказываются свободно висящими, легко снимаются а на их место укрепляются шестерни, о которых говорилось выше.

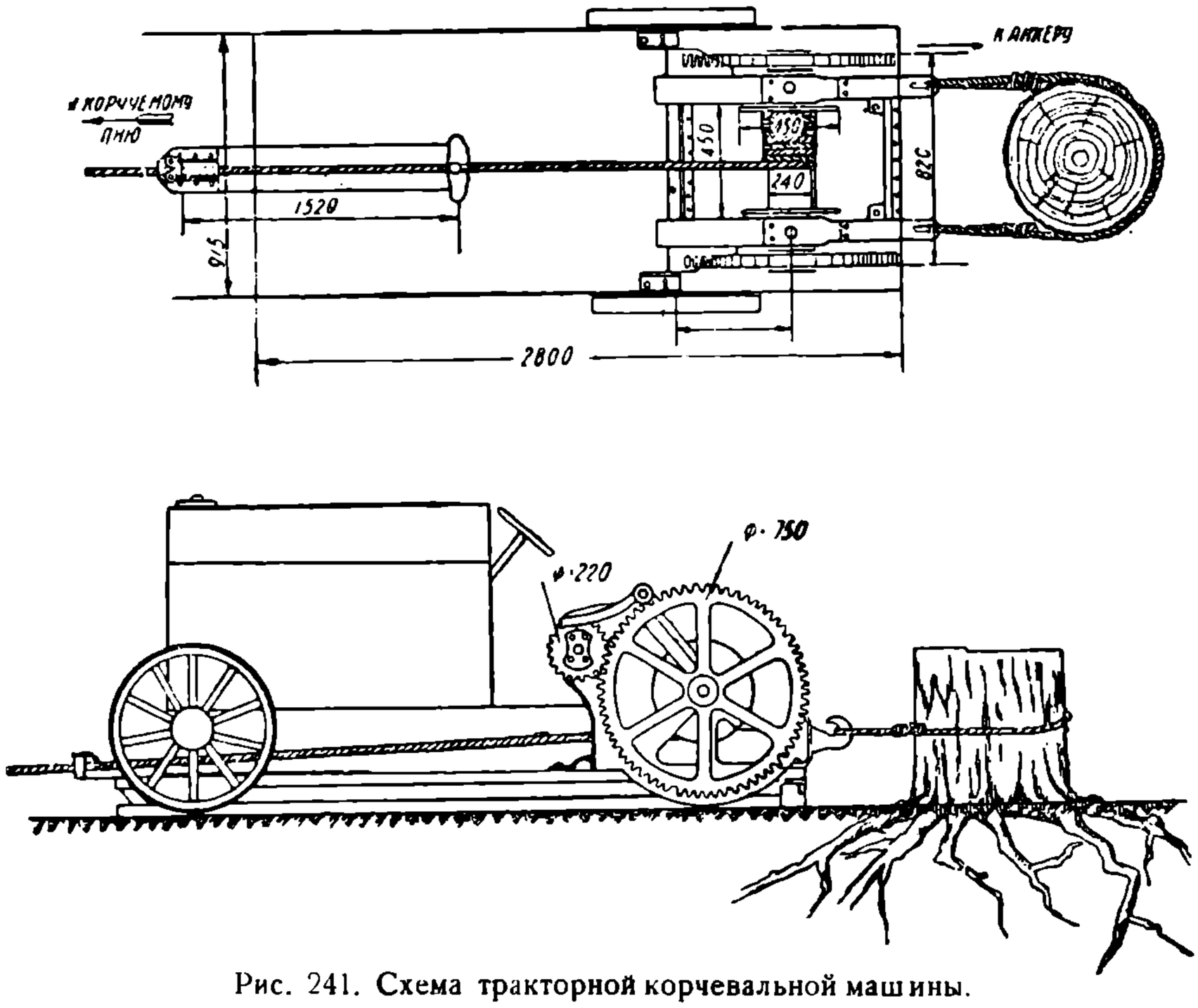


Рис. 241. Схема тракторной корчевальной машины.

Выкорчевка пня описанной установкой производится следующим образом. Мотору трактора дается задний ход. Вал лебедки начинает вращаться, наматывая на себя канат. При этой операции требуется, чтобы канат накладывался на вал витками один к другому. Если будет замечено беспорядочное накладывание каната, тракторист останавливает мотор, ослабляет канат, а рабочий исправляет неправильность. Когда канат намотан, мотору трактора дается полный газ для развития наибольшего усилия, канат сильно натягивается и корчуемый пень вытаскивается. При выкорчевывании очень толстых и глубоко сидящих в земле пней работу трактора облегчают введением, как это имело место при ручной и конной корчевке, подвижных блоков. Каждый введенный блок увеличивает тягу трактора на канате в два раза против тяги без блока Когда пень удален, канат разматывается с вала лебедки. Эта операция производится пуском мотора на передний ход, на третьей скорости.

В последнее время Том Хустон усовершенствовал конструкцию своей машины введением особой шестерни, позволяющей работать на передних скоростях трактора, что увеличивает производительность и упрощает работу.

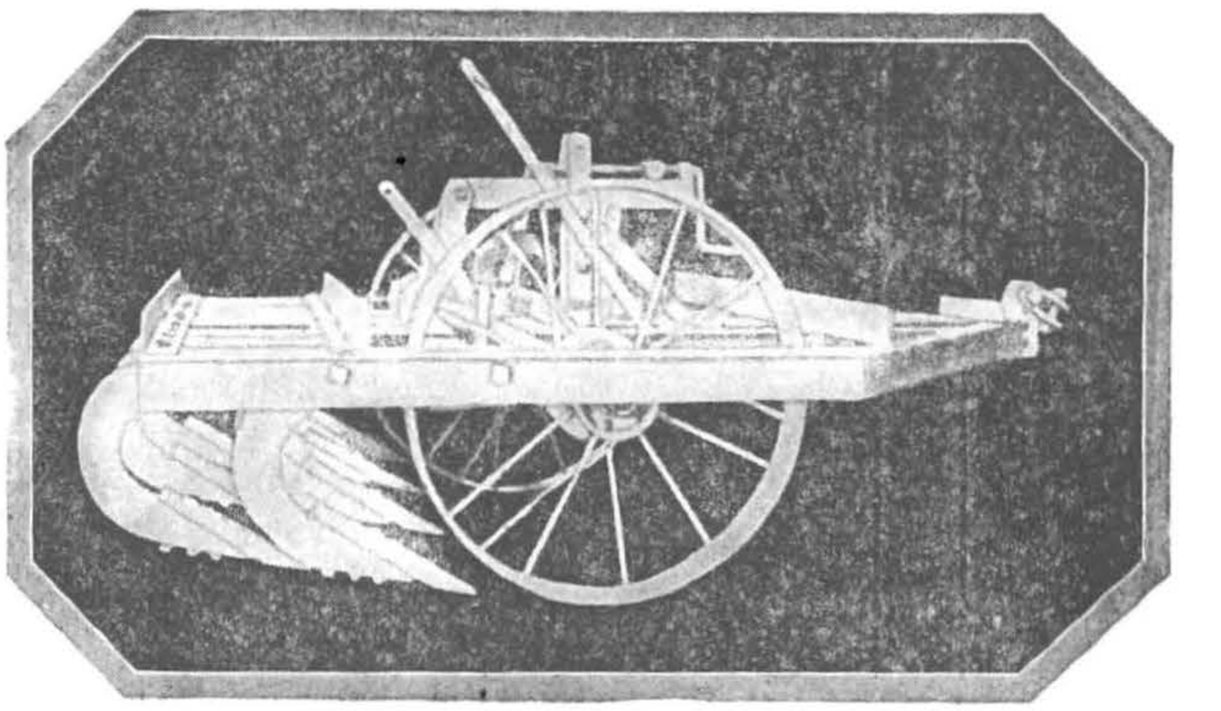
Существуют и другие типы тракторных корчевальных машин, напр., машина Дарси, которая главным образом применялась на работах организаций Наркомзема.

При тракторной корчевке, еще более чем при конной, выбор места установки машины сильно влияет на производительность работы, так как на каждую перестановку уходит около трех часов. Поэтому место установки должно быть по возможности выбрано на оси корчуемой полосы. Что же касается длины захвата этой полосы, то она зависит от толщины пней и легкости, с которой

НБ УДУНТ (ДИТ)

они удаляются. При пнях диаметром до 25 *см* длина полосы в обе стороны от трактора может быть взята по 50—60 *м* (равная стандартной длине прилагаемых к машине тросов). При бо́льших диаметрах длина захвата уменьшается до 40—50 *м*. Если корчевка производится в густом лесу, где много толстых пней, то рациональнее с одной установки захватывать только половину ширины выкорчевываемой полосы и продвигаться вперед только по этой половине. При обратном ходе выкорчевывается вторая половина.

Удаление пней за пределы выкорчевываемой полосы может производиться лебедкой корчевальной машины, обыкновенной лебедкой, лошадьми и рабочими. В первом случае тяговой канат, после отделения пня от земли, заносится в сторону, вводится дополнительный блок, и мотор трактора продолжает работать, наматывая канат на вал. Оттаскивать таким путем выгодно только очень толстые пни и с большим количеством приставшего к ним грунта. Пни небольшого диаметра выгоднее оттаскивать вручную.



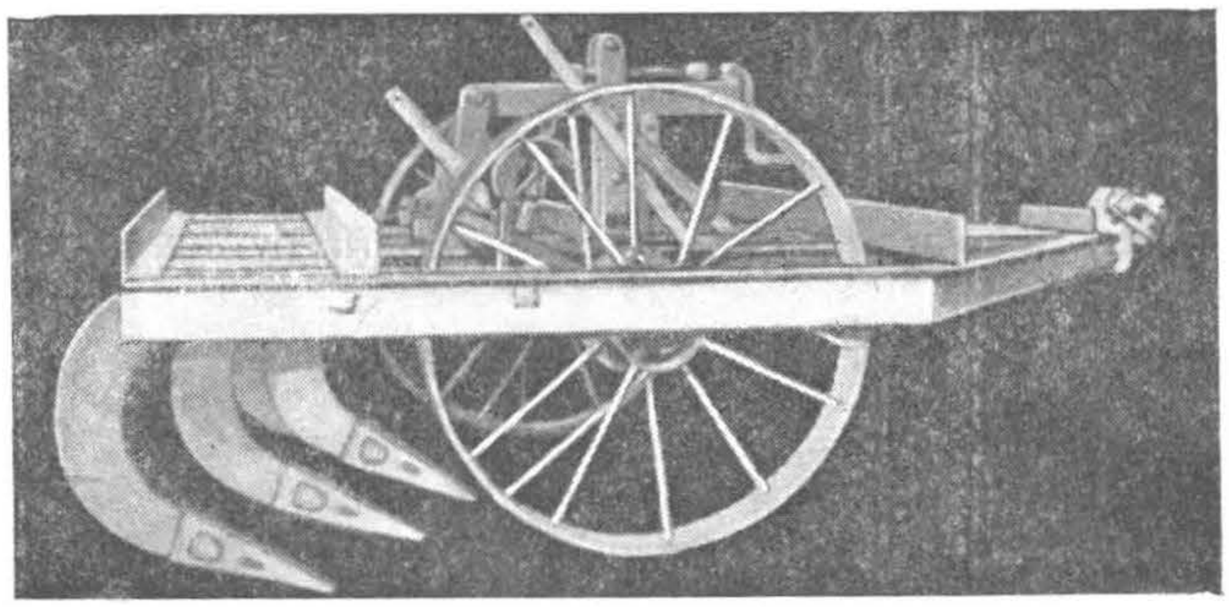


Рис. 242. Дорожный риппер.

По данным бригады ЦИАТа на работах Московской области в 1930 г. [1] производительность описанной установки за рабочий день выражалась в 60—80 шт. пней диаметром 30—60 *см*. Установку обслуживают шестеро рабочих, из коих четверо подтягивают канат к корчуемому пню в момент разматывания его с лебедки, остальные два делают зарубки на пне, устанавливают блоки и т. п.

Успех работы по выкорчевыванию пней, будь то ручная, конная или тракторная корчевка зависит от: 1) свойств грунта, 2) времени рубки леса, 3) породы и возраста леса.

Влияние грунта. На грунтах глинистых, суглинистых и щебенистых на выкорчевывание затрачивается на 10—15% больше времени, чем на супесчаных и песчаных. Этот излишек уходит, с одной стороны, на преодоление более прочной связи корней с грунтом, и с другой — на отделение большего количества грунта, оставшегося на корнях.

Влияние времени рубки леса. Корни свежесрубленного дерева продолжают еще жить полной жизнью, и у них не нарушена связь с грунтом. И наоборот, у давно срубленного леса корни некрепко связаны с грунтом, зато надземная часть (пень) подвергается гниению, отчего при натяжении каната пень быстро разрушается, а корни остаются в земле. Наиболее практичными для корчевки считаются пни, которые после вырубки леса простояли 1—2 года.

Породы леса. Из древесных пород легче всего корчуется ель, так как корни ее стелятся в земле, не образуя глубоко сидящей редьки. С трудом корчуется сосна и еще с бо́льшим — береза, дуб. Возраст леса особенно сильно влияет на успех корчевки. Чем старше дерево, тем толще пень, глубже в землю уходит редька его, больше ответвлений и сцепления с грунтом имеют корни. Поэтому основным измерителем для корчевки является диаметр пня.

Дорожный риппер и рутер. Как бы хорошо ни были удалены корни деревьев, в земле на неособенно большой глубине остаются оторвавшиеся нетолстые

[1] См. „Строительство дорог Московской обл.", книга I, 1931, стр. 50.

РГБ УДУНТ (ДШТ)

остатки корней Кроме того между толстыми пнями в лесу всегда растут кустарники, корни которых также будут сильно препятствовать работе профилировочных снарядов. Для тех и других корней применяется прицепной снаряд — дорожный риппер (рис. 242) или дорожный рутер (рис. 243). Как видно из рисунка, дорожный риппер состоит из рамы, на которой наглухо закреплены в два ряда в шахматном порядке изогнутые зубья со стальными резцами. Количество зубьев у риппера бывает 5 и 7. При 5 зубьях риппер захватывает полосу около 1,20 *м*, при 7 зубьях — около 1,80 *м*. Риппер для своей работы требует гусеничного трактора в 30 или 50 л. с., в зависимости от числа зубьев. Рама опускается для зарезания зубьев в землю и поднимается особым рычагом с сиденья тракториста. Зубья углубляются в землю до 60 *см* и при продвижении снаряда вперед выдергивают корни Дневная производительность риппера с 5 зубьями, в зависимости от количества корней и от грунта, — от 1,0 до 2,0 *га*, для риппера с 7 зубьями 1,5—3 *га*.

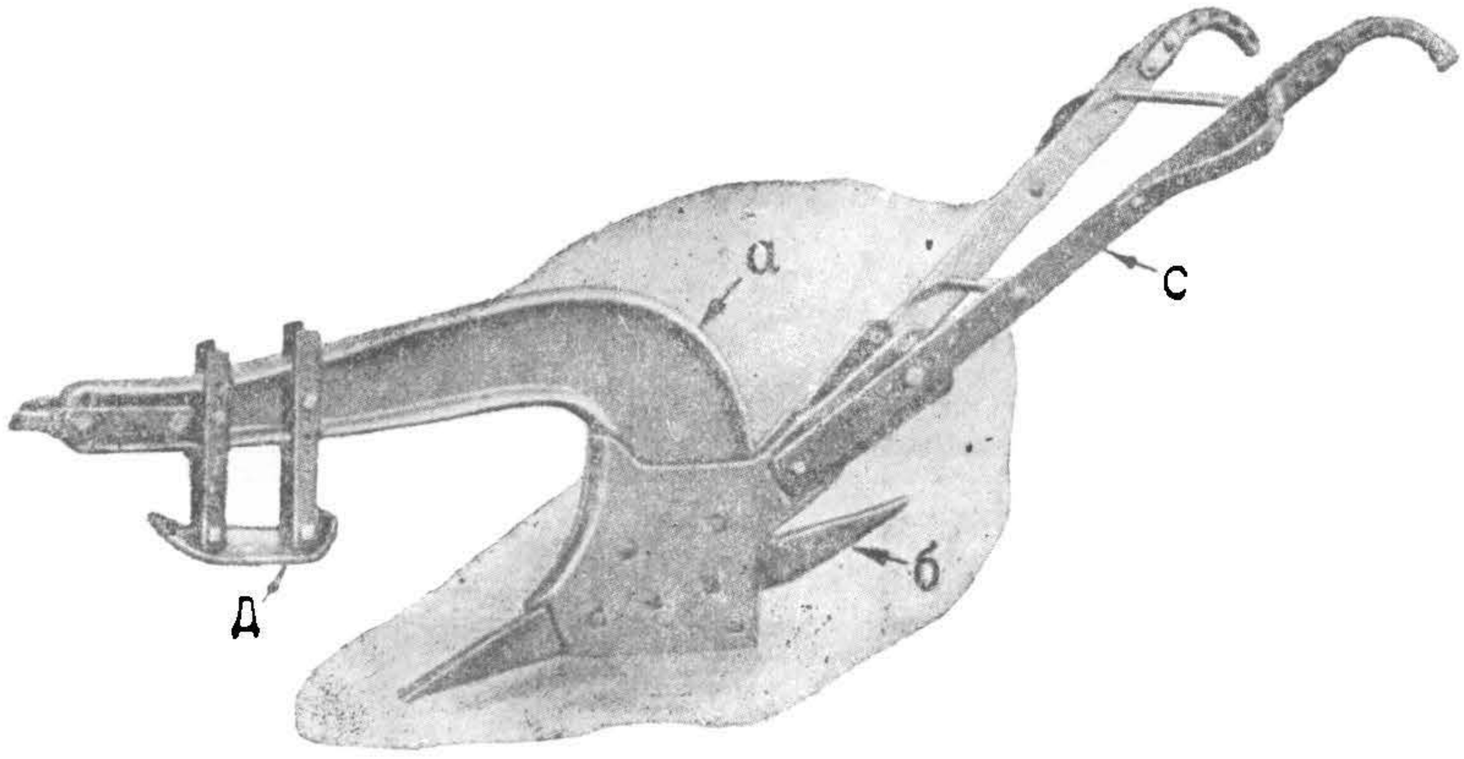


Рис. 243. Дорожный руттер.

На практике не всегда приходится производить корчевание машинами Если у дорожной организации машин не имеется, а объем работ большой, то наиболее рациональным является удаление пней путем взрывания их порохом, динамитом, аммоналом. При малых объемах корчевки работа обычно производится вручную и заключается в подкапывании корня лопатой подрубании его и вытаскивании пня вагами. Подрывной способ имеет тот недостаток, что после удаления пня образуются воронки, на засыпку которых требуется большое количество земли. Вблизи жилых помещений подрывной способ должен сопровождаться мерами предосторожности, чтобы осколки пней не попадали в окна домов, в прохожих и в животных.

Все другие способы во всяком случае уступают корчеванию трактором, так как стоят дороже и требуют большего числа рабочих дней.

§ 82. Уборка камней. При постройке грунтовых дорог можно часто встретить на будущем полотне дороги различной крупности камни, лежащие на поверхности или выступающие из земли. Так же, как пни и корни растений, камни эти могут быть причиной неравномерных просадок спрофилированного полотна, мешать профилировке и стоку воды по канаве. Следовательно такие камни должны быть удалены до начала профилирования. Ширина полосы, с которой необходимо удалять камни, одинакова с шириной полосы корчевки и определяется указанным выше способом. В зависимости от густоты расположения камней и от величины их, удаление можно произвести дорожным руттером (рис. 244), грейдерруттером и непосредственно трактором, с помощью троса (рис. 245). Назначение руттера и грейдерруттера, помимо разрыхления дорожного полотна, — выворачивать мелкие камни из земли. Пределом применимости этих машин служит величина отдельных камней — не свыше 0,25 *м* в диаметре.

Руттер требует гусеничного трактора 20—30 л. с. и особого рабочего, который направляет зуб по определенной борозде. Грейдерруттер имеет 5—7 съемных зубьев, закрепляемых в особых гнездах на треугольной раме. Для регулирования погружения зубьев на раме имеются два рычага, которые действуют независимо один от другого и могут опускать и поднимать каждую из половин треугольной рамы. Рычагами управляет во время работы специальный рабочий. Грейдерруттер требует гусеничного трактора в 30 — 40 л. с.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Руттер за один рабочий день может поднять камни с площади 0,3 — 0,5 *га*, а грейдеррутгер — с 1,0 — 1,5 *га*.

После взрыхления описанными снарядами каменистого грунта выгернутые большие камни удаляются за полотно дороги вручную, а маленькие (до 10 *см*)

Рис. 244. Разрыхление руттером каменистого грунта.

могут быть оставлены на полотне. На понижение производительности профилировки такие валуны заметного влияния не окажут, грейдер передаст их ближе к оси, и часть из них засыплется грунтом. Незасыпанные валуны при.

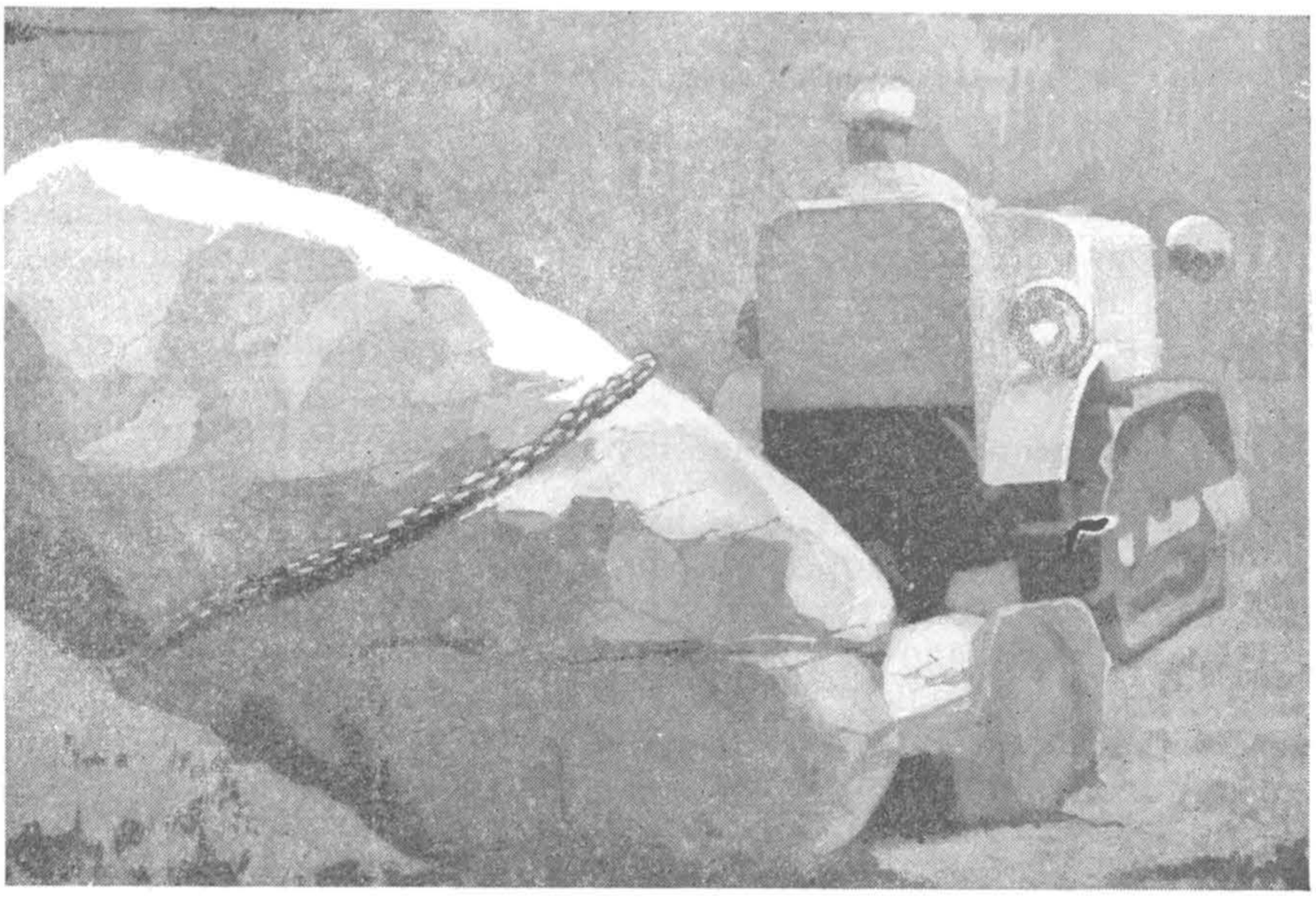


Рис. 245. Уборка трактором камня с дорожной полосы.

дальнейшей утюжке соберутся на оси, после чего их необходимо убрать вручную. Камни размерами более 0,40 *м* в диаметре удаляются трактором. Если камень утоплен в землю, то он предварительно подкапывается с одной стороны лопатами. К окопанному камню трактор подходит задним ходом, на камень

НБ УКУНТ (ДІТ)

рабочими надевается петля металлического троса или цепи, трактору дается передняя скорость, и он сначала вытягивает камень на поверхность земли, а затем оттаскивает за полосу отвода. Камни величиной до 0,6 $м^3$ удаляются колесным ФП 20 л. с. в количестве до 40 штук за рабочий день.

Камни большего размера требуют более мощных тракторов. За рабочий день трактор удаляет до 30 шт. камней величиной 0,4—1,0 $м^3$ и до 20—25 шт. камней величиной 1,0—1,5 $м^3$. Во всех случаях для подкопки камней, надевания троса и отвозки требуется до трех рабочих с лопатами, ломами и кирками.

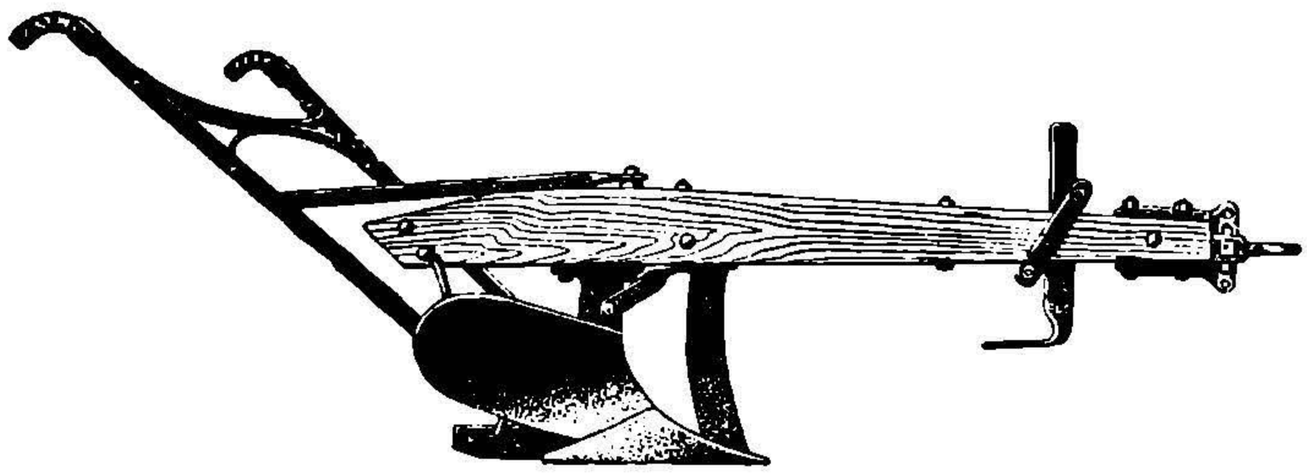


Рис. 246. Дорожный плуг

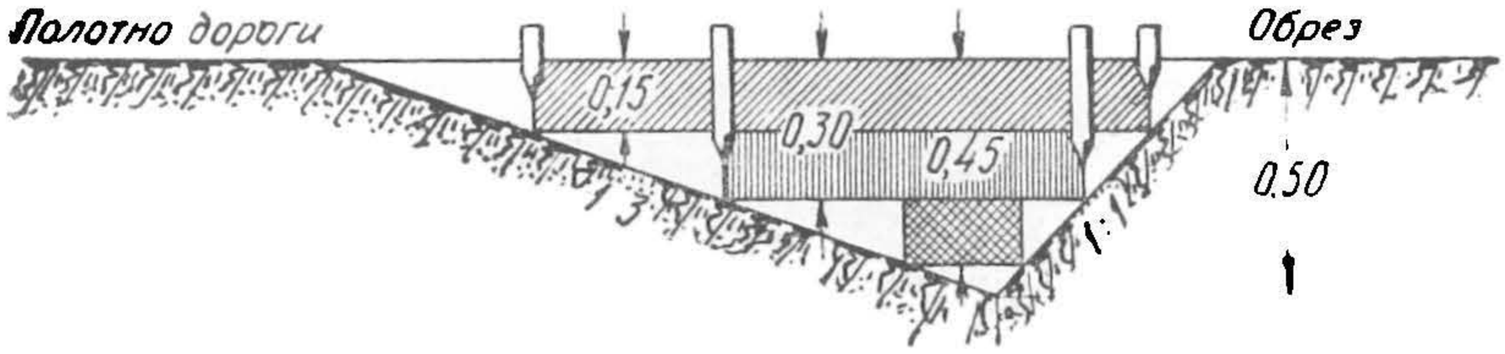


Рис. 247. Схема разбивки канавы перед разрыхлением ее плугом.

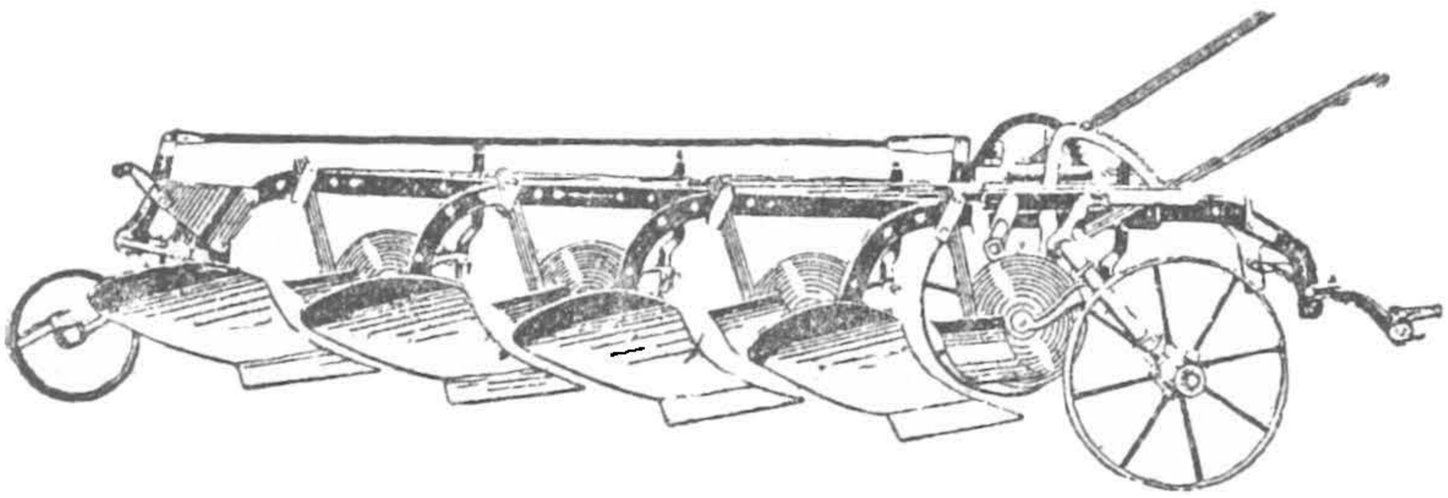


Рис. 248. Многолемешный плуг.

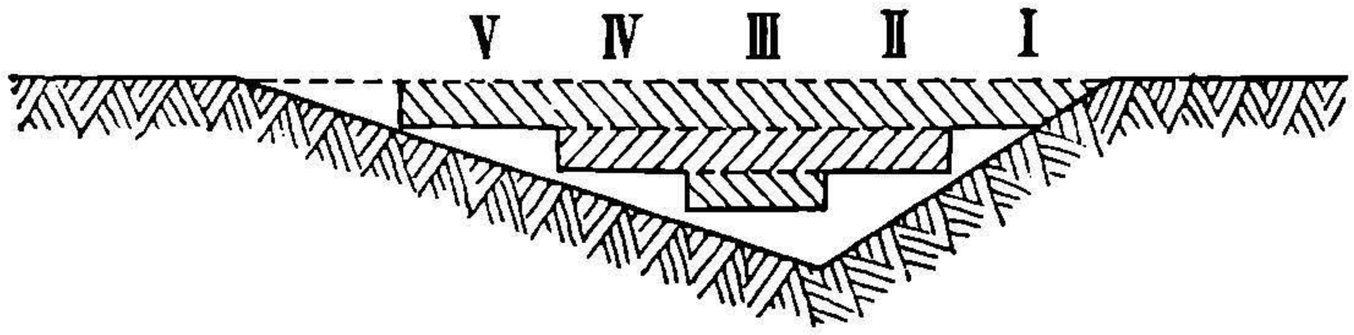


Рис. 249. Схема работы многолемешного плуга.

Если на строящейся дороге попадаются очень большие камни или камни средней величины, но в таком небольшом количестве, что невыгодно удалять их помощью трактора, их можно закапывать в землю, выгребая грунт из-под них до тех пор, пока весь камень не опустится на достаточную глубину.

§ 83. Разрыхление грунта. В большинстве случаев перед работой по выемке грунта необходимо произвести разрыхление места выемки Чем легче снаряд для профилировки и выемки и чем плотнее грунт. тем более необходимо предварительное разрыхление. Разрыхляющими снарядами могут служить дорожный руттер и грейдерруттер, которыми, как видели, пользуются для уборки камней и корней с полотна дороги. За неимением их можно использовать сельскохозяйственный плуг, а еще лучше дорожный плуг (рис. 246).

Дорожный плуг отличается от сельскохозяйственного несколько большим весом (100—150 *кг*) и отвалом, устроенным так, что вырезанный пласт при отвале разваливается на мелкие куски. Глубина зарезания (соответственно и разрыхления) дорожного плуга, в зависимости от плотности грунта и силы тяги, за один проход достигает 10—20 *см*. Лучшей тягой для дорожного плуга служит трактор ФП—20 *л*. с., но можно работать и конной тягой.

Допустим, мы имеем канаву с внутренним откосом 1 : 3, наружным 1 : 1 при глубине 0,50 *м* (рис. 247). Пусть глубина зарезания плуга за один раз 0,15 *м*. Чтобы не разрыхлить будущих откосов канавы, полоса первых проходов плуга отмечается колышками таким образом: от будущей внутренней бровки полотна колышки забиваются на расстоянии $0{,}15 \times 3 = 0{,}45$ *м* (или, все равно, от оси дороги $\frac{B}{2} + 0{,}45$ *м*, где B — ширина полотна), а от наружной $0{,}15 \times 1 = 0{,}15$ *м*. После разрыхления верхнего, отмеченного колышками слоя, грунт профилирующим

НБ УДУНТ (ДИТ)

снарядом убирается и, если требуется, вспашка углубляется. Место разрыхления вновь отмечается колышками, забиваемыми от внутренней бровки на расстоянии $0{,}3 \times 3 = 0{,}90$ *м*, от внешней на $0{,}3 \times 1 = 0{,}30$ *м* и т. д.

Если имеется многолемешный плуг (рис. 248), у которого лемеха могут подниматься и опускаться независимо один от другого, то вспашка (разрыхление) может происходить на полную глубину и ширину за один проход (рис. 249). В таком случае надо заранее знать, какие лемеха и на какую глубину нужно опустить. Многолемешный плуг требует большей силы тяги и обыкновенно обслуживается трактором в 40 л. с. Производительность однолемешного плуга на суглинистом грунте определяется в 70 $м^3$ разрыхленного грунта за 1 час работы, глинистого — 45 $м^3$/час и глинистого со щебнем и камнями — 25 $м^3$/час. [1] Производительность пятилемешного плуга при ширине разрыхления в 1,5 *м* и глубине до 0,45 *м*, в зависимости от плотности грунта и силы тяги, равняется 2—2,5 *км* за 1 час работы.

Рис. 250. Грейдер с разрыхлителем.

Разрыхлители. Чтобы уменьшить количество снарядов при постройке и ремонте грунтовых дорог, многие прицепные ножевые грейдеры и автогрейдеры снабжаются впереди ножа разрыхлителем. Зубья разрыхлителя делаются из особо крепкой стали и вставляются в стальную раму (рис. 250), которая при помощи червячной передачи и особой тяги опускается и поднимается грейдеристом. Разрыхляющие зубья делаются прямоугольного или квадратного сечения с обоими или одним заостренным концом; во втором случае заостренный конец делается изогнутым кпереди. Достоинство первых заключается в том, что, когда один конец зуба затуплен, зуб может быть перевернут другим концом. Зато зубья с одним заостренным концом, не имея этого преимущества, но будучи изогнуты, лучше разрыхляют грунт, причем требуется меньшая сила тяги. Количество зубьев, независимо от формы сечения и вида, бывает от 5 до 12 штук.

Обычно, когда работает разрыхлитель грейдера, нож приподнят. Потребная мощность двигателя при работе разрыхлителя та же, что и для грейдера, который снабжен этим разрыхлителем. Так как работа по разрыхлению очень тяжела, то не всегда бывает возможно и выгодно производить разрыхление всеми зубьями. На особо крепких грунтах эффект получается больше, когда работают только 3—5 зубьев, а остальные подняты. На грунтах щебенистых и гравийных зубья скоро тупятся (разрыхлив 1,5—2 *км*) и часто ломаются. Поэтому на работе должен быть полный комплект запасных зубьев.

---

[1] См. А. И Анохин „Дорожные машины", 1931, стр. 25.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

§ 84. Производство мелких земляных работ при постройке грунтовых дорог. При постройке грунтовой дороги производятся следующие земляные работы:

1. *Подсыпки на небольшую высоту* (до 0,50 *м*). В этих случаях грунт приходится брать или из ближайшей небольшой выемки, или—чаще всего — из недалеко заложенного резерва, или наконец за счет уширения боковых канав. При малой высоте насыпи легко осуществляется поперечная возка грунта на подсыпку.

2. *Неглубокие выемки для смягчения продольного уклона.* В этом случае грунт вывозится также на небольшое расстояние для выравнивания профиля или же отвозится в сторону — в кавальер. В данном случае поднимать грунт на большую высоту не приходится, а значит вполне допустима поперечная возка.

3. *Подсыпка к мостам и мостикам.* Чаще всего грунт для этой надобности берется поблизости, но иногда это расстояние может доходить до 200—300 *м*. С другой стороны, насыпи по своей высоте отличаются от первых двух видов работ и бывают в 2,0—3,0 *м*. Следовательно этот вид земляных работ требует как поперечной, так и продольной возки.

4. *Устройство дамб в заливаемой пойме реки, подходов к мостам, насыпей на болотах, затопляемых низинах и т. п.* На такие насыпи требуется большое количество привозного грунта, и расстояние подвозки может колебаться от 200 *м* до 1—2 и более *км*. Указанное расстояние большая, обычно высота насыпи и наконец невозможность поперечной возки требуют в этих случаях продольной возки.

Каждый из перечисленных видов земляных работ, имея свои особенности, может быть осуществлен наиболее экономически, если способы работ будут соответствовать этим условиям. В первом случае, когда грунт берется из ближайшей выемки или резерва, в зависимости от расстояния и объема работ, возможны: тачечная возка, применение конного скрепера-волокуши, конного и тракторного скрепера на полозьях. Когда подсыпка устраивается за счет уширения канав, при ручной прокопке, грунт сначала складывается у внутренней бровки канавы, а затем передвигается на полотно утюгом, ножевым грейдером или другим каким-либо снарядом. При большом объеме работ в этом случае с успехом может быть применен грейдер-элеватор, передающий грунт на полотно, после чего остается только спланировать насыпанный грунт. Во втором случае по аналогии с первым применимы: тачечная возка, скреперы и грейдер-элеватор. При работе грейдером-элеватором никаких других снарядов не требуется, так как грунт с ленты сваливается прямо в кавальер. В третьем случае, опять-таки в зависимости от расстояния возки, объема работ и высоты насыпи, могут быть применены: тачечная возка, все виды конных и тракторных скреперов и колесных лопат. Для четвертого случая могут быть использованы: колесные конные и тракторные лопаты, грейдер-элеватор с привозкой от него грунта тракторами на прицепках, подвозка грунта тракторами на прицепках при ручной или механической нагрузке на последние и наконец конный транспорт.

Рассмотрим вкратце все применяемые для земляных работ снаряды.

Конный скрепер-волокуша имеет вид большого металлического совка (рис. 251). Емкость его 0,09—0,14—0,20 $м^3$. В скрепер емкостью 0,09 $м^3$ впрягается одна лошадь, в два другие, более емкие, по паре лошадей.

Работа скрепером производится таким образом: в месте забора грунта рабочий приподнимает скрепер за ручки, ставя его под небольшим углом к горизонту, и трогает лошадь. Первое движение лошади заставляет скрепер врезаться в грунт и наполниться им, после чего рабочий, не останавливаясь, опускает ручку. Благодаря тому, что дно скрепера имеет несколько выпуклую форму и что центр тяжести нагруженного скрепера находится ближе к ручкам, передняя часть при продвижении скрепера приподнимается, что позволяет дну скользить, не зацепляясь за землю острым передним концом, и предохраняет грунт от высыпания. На месте выгрузки рабочий поднимает скрепер за ручки несколько выше, чем он это делает при зарезании; острый конец упирается в грунт, скрепер опрокидывается и высыпает находящийся в нем грунт. Дальнейшая операция заключается в том, что рабочий ставит скрепер в нормальное положение, как при подвозке, и едет к месту выемки, чтобы снова на-

НТБ УДУНТ (ДИТ)

чать описанный процесс. Для большей успешности работ плотные грунты, откуда производится забор, все время предварительно разрыхляются на глубину забора скрепера одним из вышеописанных снарядов по разрыхлению. Наполняется скрепер, даже при самом хорошем разрыхлении грунта, не более чем на 0,60—0,75 объема его.

Конные скреперы применяются при невысоких насыпях, при поперечной и продольной возке; одновременно в одном месте работает целый транспорт скреперов. Так как движение со скреперами происходит одним замкнутым

Рис. 251. Конный скрепер-волокуша в работе.

кругом, необходимо между лошадьми держать дистанцию не менее чем 10 *м* во избежание замешательств при неожиданной остановке одной из лошадей. Производительность скрепера емкостью в 0 09 $м^3$ за 8-часовой рабочий день в зависимости от расстояния подвозки, можно видеть из следующей таблицы[1]

Таблица 100

Дальность возки в *м*	Производительность за день в $м^3$	Дальность возки в *м*	Производительность за день в $м^3$	Дальность возки в *м*	Производительность за день в $м^3$
10	40,0	25	28,0	40	22,0
15	37,0	30	27,0	45	19,0
20	32,0	35	25,0	50	17,0

Уже при дальности возки в 50 *м* тачечная возка делается рентабельней. Отсюда верхним пределом применимости описанного снаряда надо считать 50 *м*, нижним — 10 *м*, так как при меньших расстояниях много времени будет уходить на повороты.

[1] Н. Н. Иванов „Грунтовые дороги". 1931.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Конный скрепер на полозьях, тип „Fresno“. Отличается от вышеописанного своей шириной, устройством режущего ножа и др. (рис. 252), что можно видеть из рисунка. Острие ножа скрепера на полозьях позволяет ему легко зарезаться в грунт и больше наполняться. При движении с нагрузкой скрепер тащит перед собой дополнительную порцию грунта, что дает коэффициент его наполнения в 1,10—1,20. По емкости эти скрепера бывают в 0,24—0,30—0,36 $м^3$. В скреперы емкостью в 0,24 $м^3$ впрягаются 2-3 лошади, а в два другие вида — по 3-4.

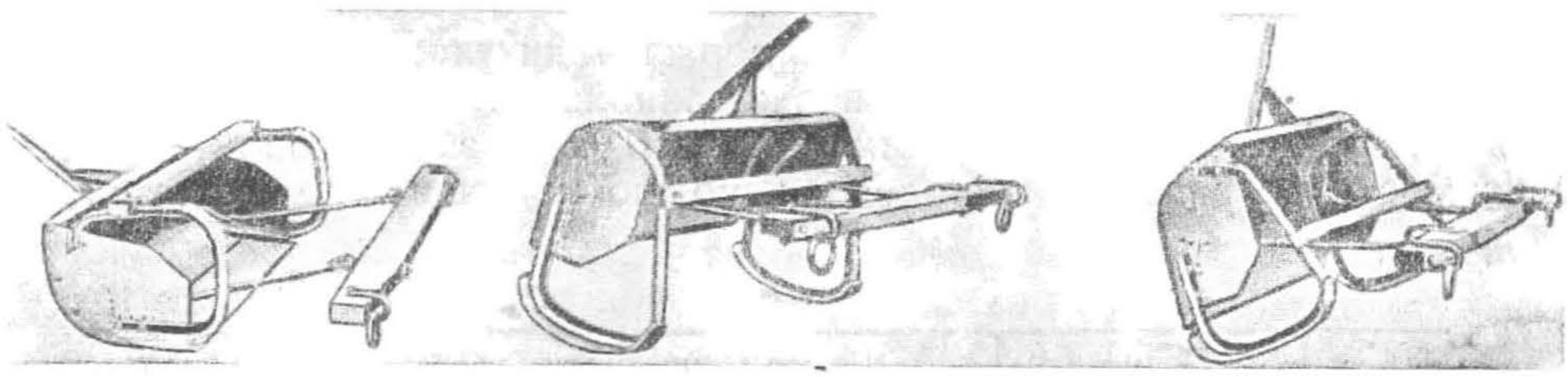
Рис. 252. Конная лопата-волокуша на полозьях.

Для наглядного представления, в какие положения может ставиться „Fresno“ во время работы, приводится схематический рисунок 253. Из положения *b* этого рисунка видно, что данным скрепером с успехом производится разравнивание грунта на месте свалки; это, с одной стороны, удешевляет работу, а с другой — разровненный грунт проходящими лошадьми все время будет уплотняться тонкими слоями, что будет улучшать качество возводимой насыпи.

Производительность „Fresno“ емкостью в 0,24 $м^3$ показана в таблице: [1]

Таблица 101

Дальность возки в *м*	Производительность за 8-час. раб. день в $м^3$	Дальность возки в *м*	Производительность за 8 час. раб. день в $м^3$	Дальность возки в *м*	Производительность за 8-час. раб. день в $м^3$
30	48,50	70	30,0	120	20,5
40	42,0	80	28,0	150	17,1
50	37,2	90	26,0	180	14,9
60	33,3	100	23,5	200	13,5



а *б* *в*

Рис. 253. Различные рабочие положения лопаты на полозьях.

Из таблицы видно, что „Fresno“ выгодно применять, начиная с расстояния в 30 *м* (сравни производительность одной лошади с этого расстояния таблицы 104). Дальше 100 *м* становится более выгодной обыкновенная конная возка или другие способы, о которых будет сказано ниже. Значит пределом применимости этой лопаты можно считать 30—100 *м*.

Конная колесная лопата (рис. 254). Та же, что и „Fresno“, но поставленная на колеса. Сзади у этой лопаты имеется рычаг, поднимая который кверху лопату ставят в наклонное положение, острым краем к земле. При движении впряженных в нее лошадей вперед, грунт наполняет лопату, пока сзади

---

[1] Н. Н. Иванов. „Грунтовые дороги“

НТБ УДУНТ (ДИТ)

стоящий рабочий не нажмет рычага вниз. При нажатии рычага лопата становится горизонтально и остается в висячем положении до места выгрузки. Чтобы под тяжестью груза во время движения она не наклонилась вперед, другой рабочий подхватывает ее спереди особым крючком. На месте выгрузки передний крючок откидывается, задний рычаг поднимается кверху, лопата наклоняется и высыпает грунт. Коэффициент наполнения подобных лопат не более 0,6—0,8. По емкости конные лопаты устраиваются в 0,25—0,36—0,42—0 48 $м^3$. Первые две могут работать при двух впряжных лошадях, последние — при четырех.

Производительность лопат емкостью в 0,36 $м^3$ видна из следующей таблицы: [1]

Таблица 102

Дальность возки в м	Производительность за 8-час. раб. день в $м^3$	Дальность возки в м	Производительность за 8-час. раб. день в $м^3$
30	36,0	100	23,5
40	32,0	120	22,5
50	29,0	150	19,5
60	27,0	180	17,5
80	25,0	200	16,4

Из сравнения с предыдущей таблицей видно, что применение этого вида лопат выгодно при расстоянии 90—200 *м*.

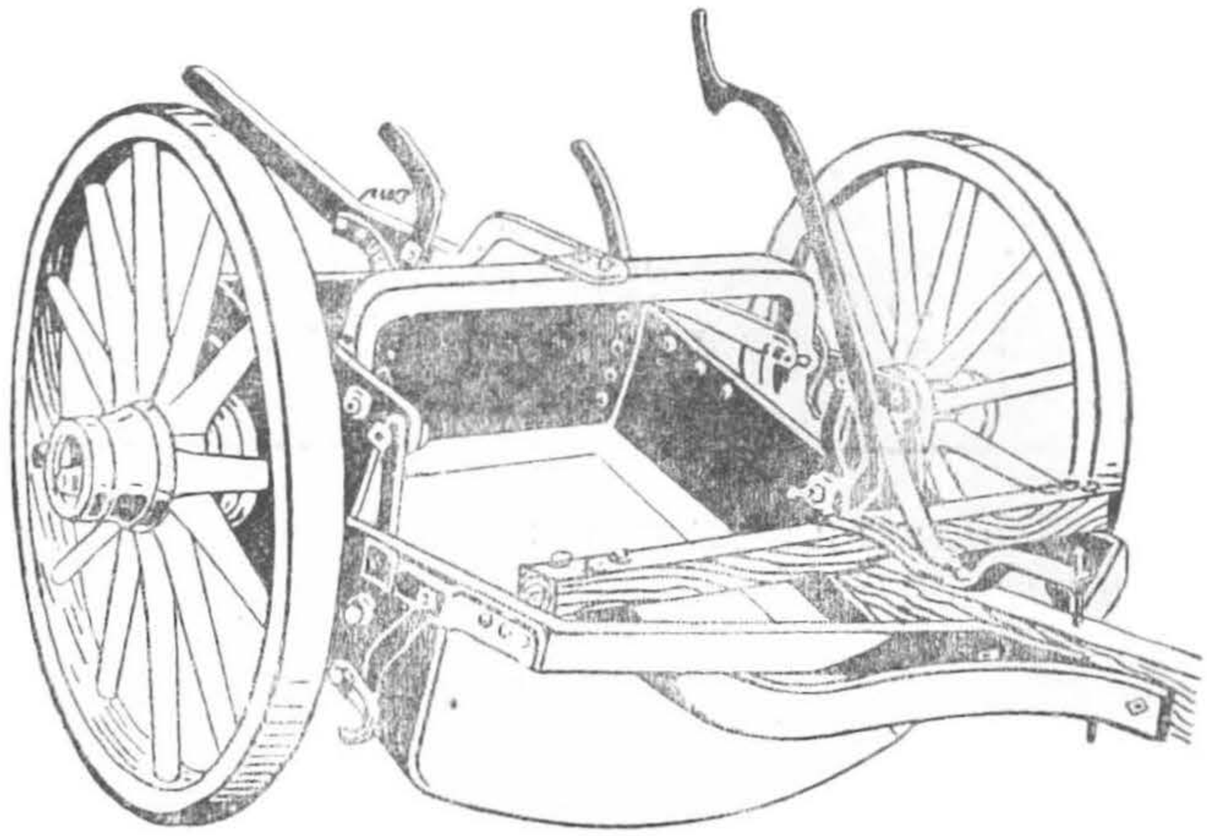


Рис. 254. Конная колесная лопата.

Тракторный скрепер на полозьях. Как видно из рисунка 255, по форме тракторный скрепер похож на конный скрепер „Fresno“, отличаясь от последнего более прочной конструкцией и наличием по середине изогнутой пластины. Эта пластина придает бо̀льшую жесткость скреперу и в то же время служит для установки скрепера в положение загрузки, опоражнивания и разравнивания (детали устройства видны на рисунке). Управление скрепером производится трактористом с его сиденья, без остановки трактора. Для этой цели скрепер снабжен рычагом, от которого к трактористу протянута контрольная веревка.

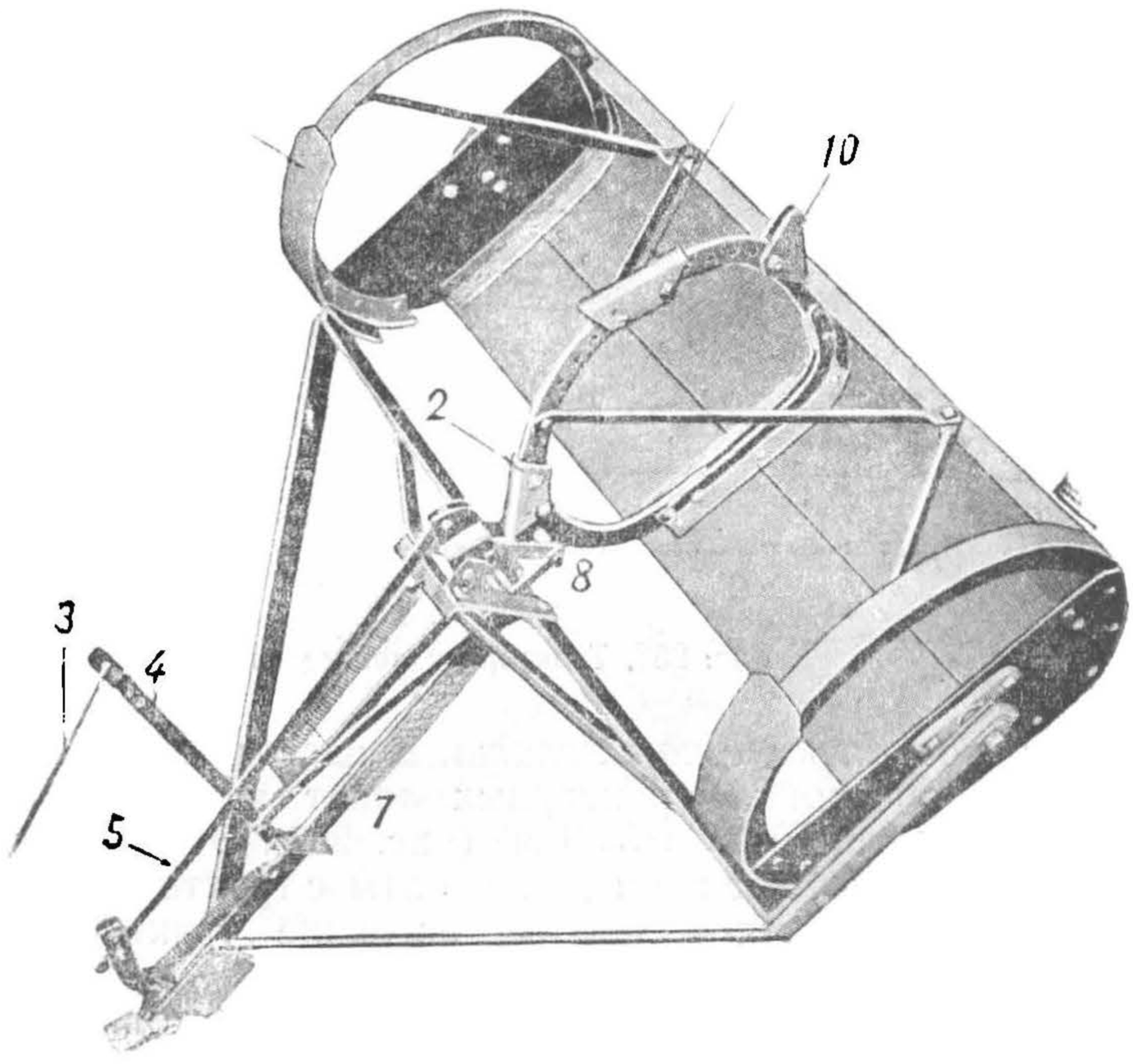


Рис. 255. Тракторная лопата на полозьях.

На наших заводах строи тся двухрычажный скрепер по типу скрепера американской фирмы „Killifer“ (рис. 256). Подобные скреперы устраиваются разных емкостей: 0,24—0,30—0,39—0,50—0,60 и 0,70 $м^3$. Первые два требуют тяги колесного трактора в 20 л. с.; скреперы в 0,39—0,50 $м^3$ — колесного или гусеничного трактора мощностью в 30 л. с. и скреперы в 0,60—0,75 $м^3$ — гусеничного трак-

[1] Там же.

НБ УДУНТ (ДНТ)

тора мощностью в 40 л. с. Независимо от емкости, описанный скрепер во время движения может догружаться и волочить перед собой грунт, почему коэффициент его наполнения 1,10—1,20. Дневная производительность лопаты емкостью в 0.39 $м^3$ приводится в таблице 107:

Таблица 103

Дальность возки в *м*	Производительность за 8-час. раб. день в $м^3$	Дальность возки в *м*	Производительность за 8-час. раб день в $м^3$	Дальность возки в *м*	Производительность за 8-час. раб. день в $м^3$
30	57	60	38	120	23
40	49	80	31	150	20
50	44	100	26	180	17

Из таблицы видно, что предел применимости этих лопат, по сравнению с конными, 30—150 *м*.

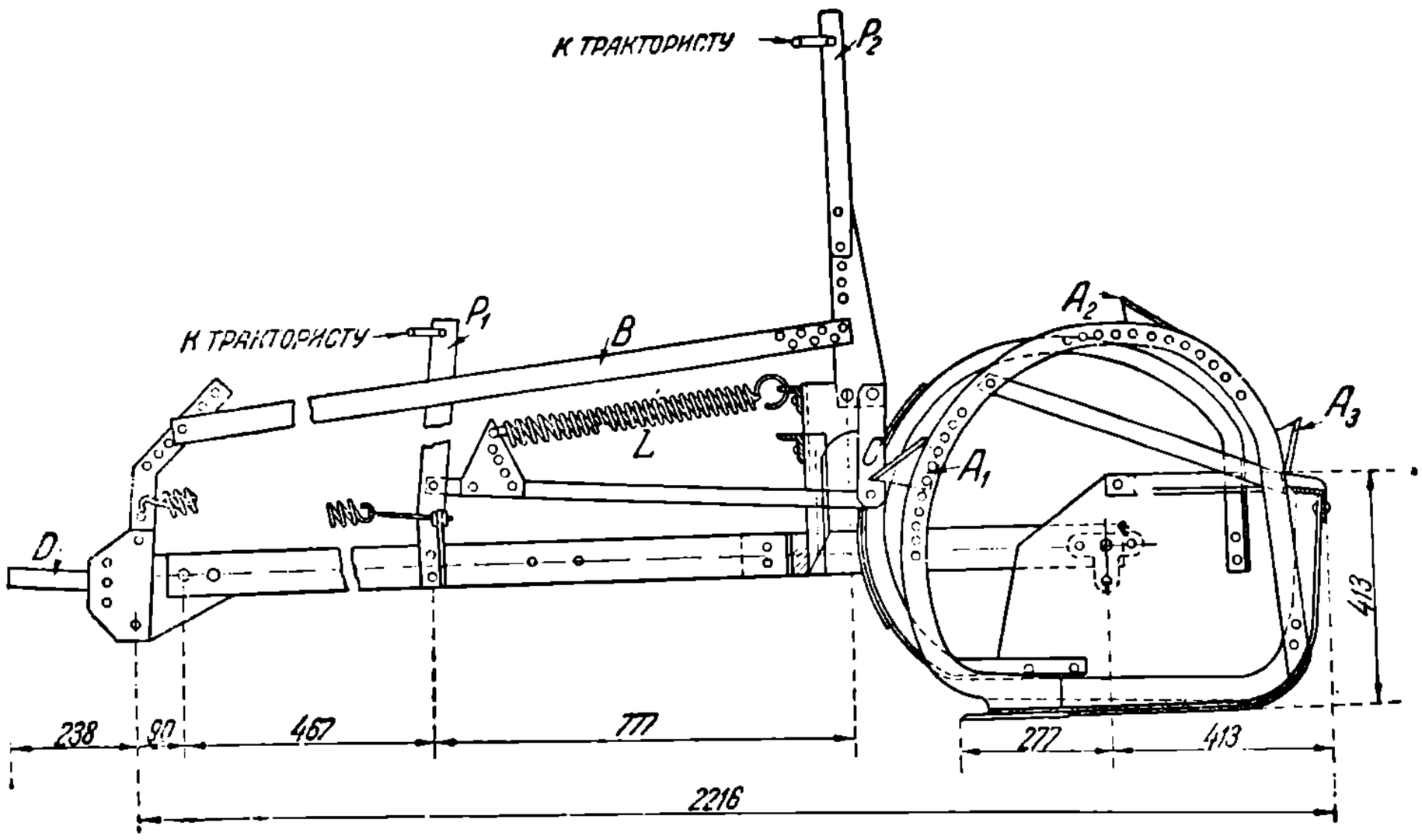


Рис. 256. Тракторная лопата на полозьях (тип Килифер).

Тракторная колесная лопата. В настоящее время на заводах СССР производится постройка тракторных лопат на колесах типа американской фирмы „Ми-а-ми“ емкостью в 0,50 $м^3$ (рис. 257). Эти лопаты монтируются со специальным приспособлением для работы с трактором ФП—20 л. с. Лопата во время работы приводится в рабочее состояние трактористом с его сиденья при помощи специальной лебедки.

К одному трактору прикрепляется только одна описанная лопата. Все операции по нагрузке и выгрузке производятся без остановки трактора. Коэффициент наполнения лопаты нужно считать равным 0,80.

Четырехколесная тракторная лопата. Типом такой лопаты может служить лопата американской фирмы „Беккер“ (рис. 258). Емкость их делается в 0,5—0,75 и 1,0 $м^3$. Управление производится специальным рабочим особыми рычагами, помещающимися позади лопаты. Коэффициенты наполнения их лопат 0,85—1,0. Лопаты эти в большинстве случаев прицепляются к одному трактору по нескольку штук целым поездом (рис. 259). Поезд из 4 или 6 лопат обслуживается тремя специальными рабочими, работа коих должна распределяться следующим образом: на месте нагрузки на первой

НТБ УДУНТ (ДИТ)

к трактору лопате рабочий действует рычагом. Ковш лопаты от собственной тяжести опускается режущим ребром вниз и устанавливается в положение нагрузки. Движение трактора вперед заставляет ковш наполняться. По наполнении ковша рабочий нажимает ножной рычаг вниз, отчего цепь начинает навиваться на передний вал и поднимать ковш до нужного положения. В это положение ковш устанавливается самостоятельно, благодаря наличию автоматического приспособления.

В момент наматывания цепи на вал рабочий переходит на третью лопату и производит с ней все описанные операции. Другой рабочий производит аналогичные операции сначала со второй, а затем и с четвертой лопатами. Первый рабочий с третьей лопаты переходит на пятую и другие следующего поезда и т. д. Нагруженные лопаты идут без людей, а на месте выгрузки их встречает специальный рабочий, который при проходе около него лопаты дергает за рукоятку цепи, заставляя откидываться заднюю стенку ковша. При правильной организации работы на загрузку одной лопаты обычно затрачивается около 15 сек. и на выгрузку ее — до 5 сек. Производительность описанных тракторных лопат в зависимости от дальности возки и емкости видна из таблицы 108. [1]

Таблица 104.

Дальность возки в *м*	Производительность в 8 час. раб день в $м^3$			
	Лопата емкостью 0,57 $м^3$	Лопата емкостью 1,0 $м^3$	Поезд из 3 лопат по 1,0 $м^3$	Поезд из 5 лопат емкостью по 1,0 $м^3$
100	35,0	57.0	132,0	187,0
150	25,0	41,0	102,0	150,0
200	19,0	32,0	82.0	125,0
250	15,0	26,0	68,0	105,0
300	13,0	22,0	59,0	92,0
400	10,0	17,0	46,0	73,0
500	8 0	14,0	38,0	60,0

Рис. 257. Колесная тракторная лопата типа „Ми-а-ми".

[1] Н. Н. Иванов. „Грунтовые дороги".

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица показывает, что пределами возки для тракторных колесных лопат является расстояние 100—500 *м*. Такой предел дает возможность широко использовать их почти на всех видах земляных работ при постройке грунтовых дорог.

Производительность работы любой из описанных конных и тракторных лопат за рабочий день можно определять по следующей формуле:

$$П = \frac{60.\ T.\ \eta.\ \mu.\ q.\ n.}{t_1 + t_2 + \frac{L}{v_1} + \frac{L}{v_2}}\ \ куб.\ м,$$

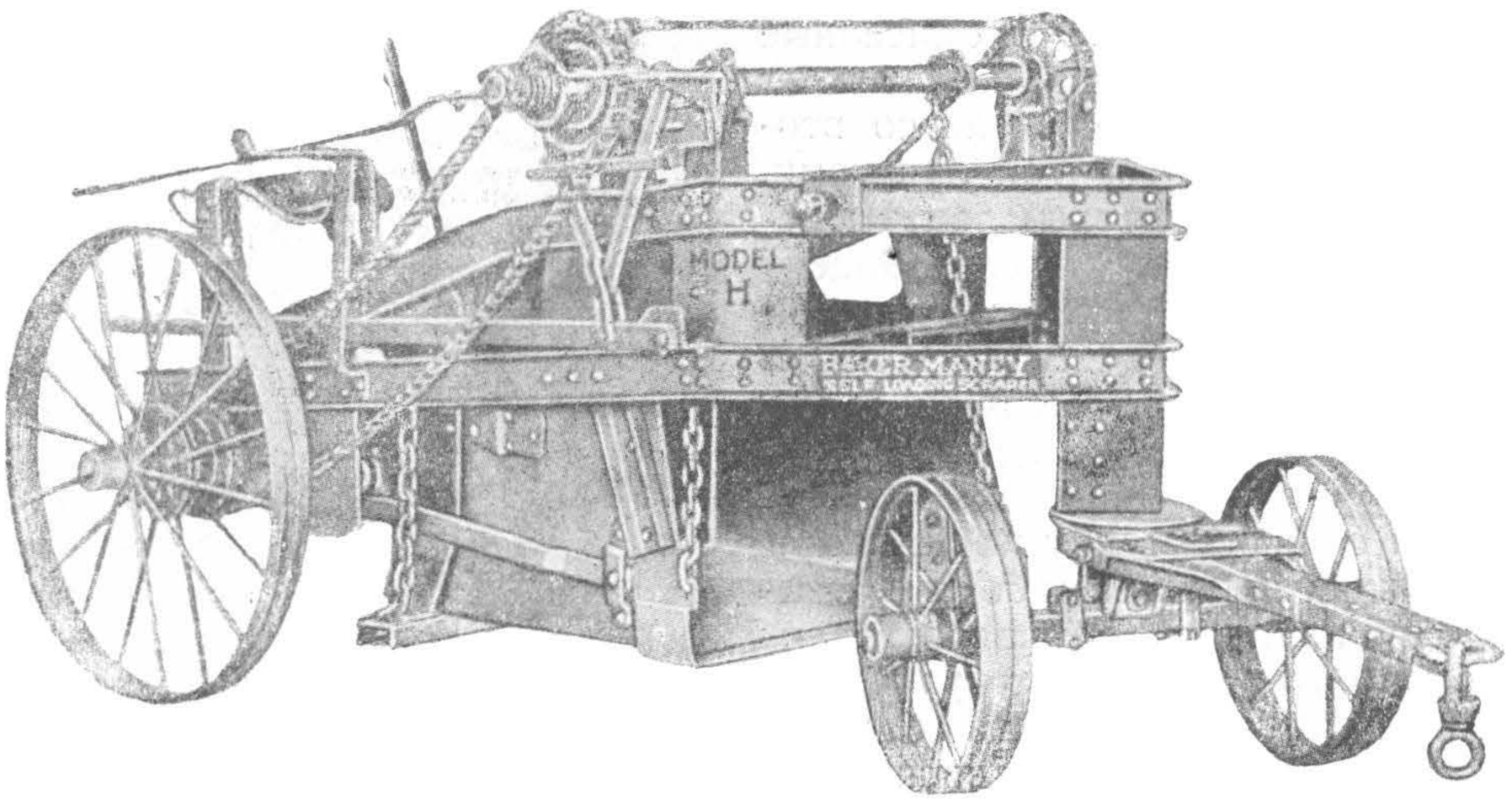


Рис. 258. Колесная тракторная лопата типа „Беккер".

где: 60 — минут в одном часе,
T — время часов работы в день,
η — коэффициент использования рабочего дня, принимаемого обычно в 0,80,
μ — коэффициент наполнения лопаты,
q — емкость одной лопаты в $м^3$,
n — число лопат в одном поезде,
t_1 и t_2 — время нагрузки и выгрузки в минутах,
L — среднее расстояние от места взятия грунта до места выгрузки в *м*,
v_1 и v_2 — скорости хода лопаты в груженом и порожнем направлении в *м*/мин.

Для различных типов лопат величины, входящие в формулу, имеют следующие значения:

Таблица 105.

Тип лопат	μ	t_1 минут	t_2 минут	v_1 *м*/мин.	v_2 *м*/мин.
Конная лопата скрепер .	0,75—0,8	0,8	0,2	55	90
„ „ типа „Fresno" .	0,9—1,0	0,6	0,2	55	90
„ колесные лопаты .	0,6—0,8	0,8	0,2	65	110
Тракторные лопаты скреперы	1,0—1,20	1,0	0,5	50	100
„ „ на колесах типа „Ми-а-ми" .	0,8—0,9	0,7	0,2	45	90
„ „ „ „ „ „Беккер" .	0,8—1,0	0,25	0,08	50	100

Грейдер-элеватор. При постройке дорог, в частности грунтовых, очень часто приходится дорогу возводить небольшой насыпью и вести работу на косогоре, когда полотно устраивается в полувыемке-полунасыпи. Для производства последних работ с особенным успехом может быть применен грейдер-элеватор (рис. 260), так как взятый им из выемки грунт передается сразу в насыпь. Если же грейдер-элеватор работает на разработке резерва с отвозкой грунта

НБ УДУНТ (ДИТ)

в насыпь, то отвозящие снаряды должны строго согласовать свое передвижение с движением грейдера-элеватора. В противном случае возможны простои первых или второго. Грейдер-элеватор работает на прицепке у трактора, от которого получают движение все его ходовые части. Устройство грейдера-эле-

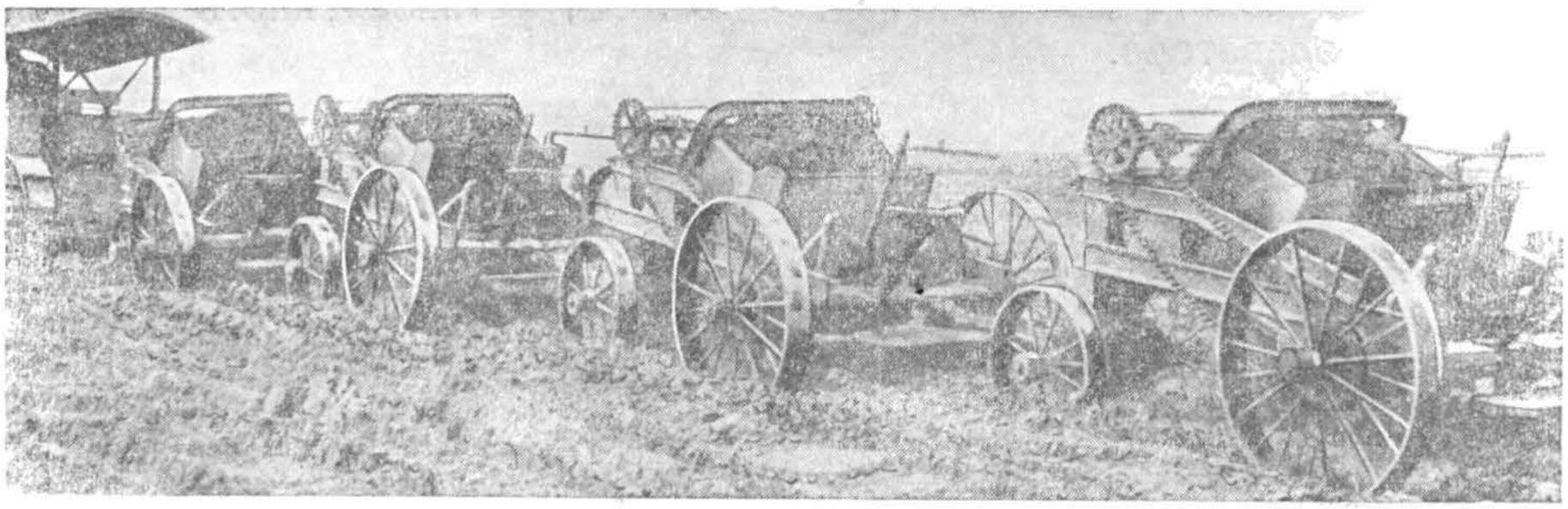


Рис. 259. Работа тракторными поездами из лопат типа „Беккер".

ватора и его работа в общих чертах состоит в следующем: имеющийся сбоку плуг вырезает в грунте борозду, шириной 0,25—0,30 *м* и глубиной 0,30—0,35 *м*. Вырезанный грунт попадает на ленточный транспортер, бесконечная лента которого передает этот грунт на другую сторону и с высоты 0,3—1,5 *м* сваливает его на землю или движущуюся платформу в расстоянии 3,0—9,0 *м* от борозды. Как высота подъема транспортера, так и дальность его выноса в сторону всякий раз регулируются соответствующими штурвалами и цепями.

Успешность работы грейдера-элеватора во многом зависит от грунта, который ему приходится вынимать. Каждый грейдер-элеватор снабжается комплектом плугов трех типов (рис. 261):

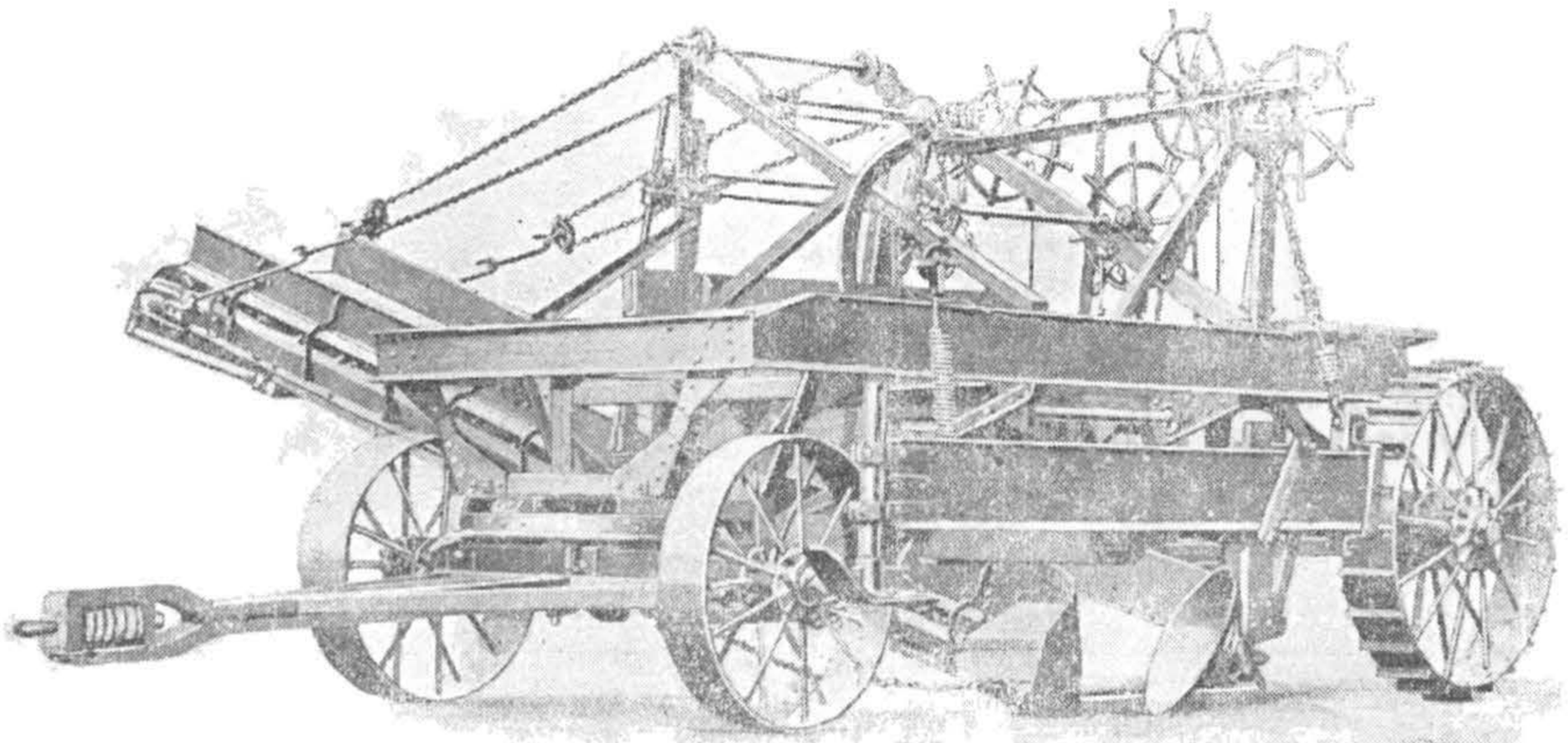


Рис. 260. Вид грейдера-элеватора со стороны плуга.

1) обыкновенный лемешный плуг, применяемый на очень твердых грунтах;
2) неподвижный дисковый плуг, наиболее употребляемый при постройке дорог;
3) вращающийся дисковый плуг, применяемый на дернистой или болотной почве и в грунте, содержащем камни и мусор.

Диаметр дисковых плугов бывает 58—65—70 *см*, а глубина зарезания равняется половине диаметра.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Движение ленточного транспортера осуществляется: 1) при помощи цепной шестеренки от заднего колеса грейдера-элеватора (тип. рис. 262) или 2) непосредственно от двигателя трактора через зубчатую передачу при помощи трех отдельных стержней, соединенных между собой шарнирами Гука (рис. 263), или 3) от специального двигателя в 10—15 л. с., установленного на передней раме грейдера-элеватора.

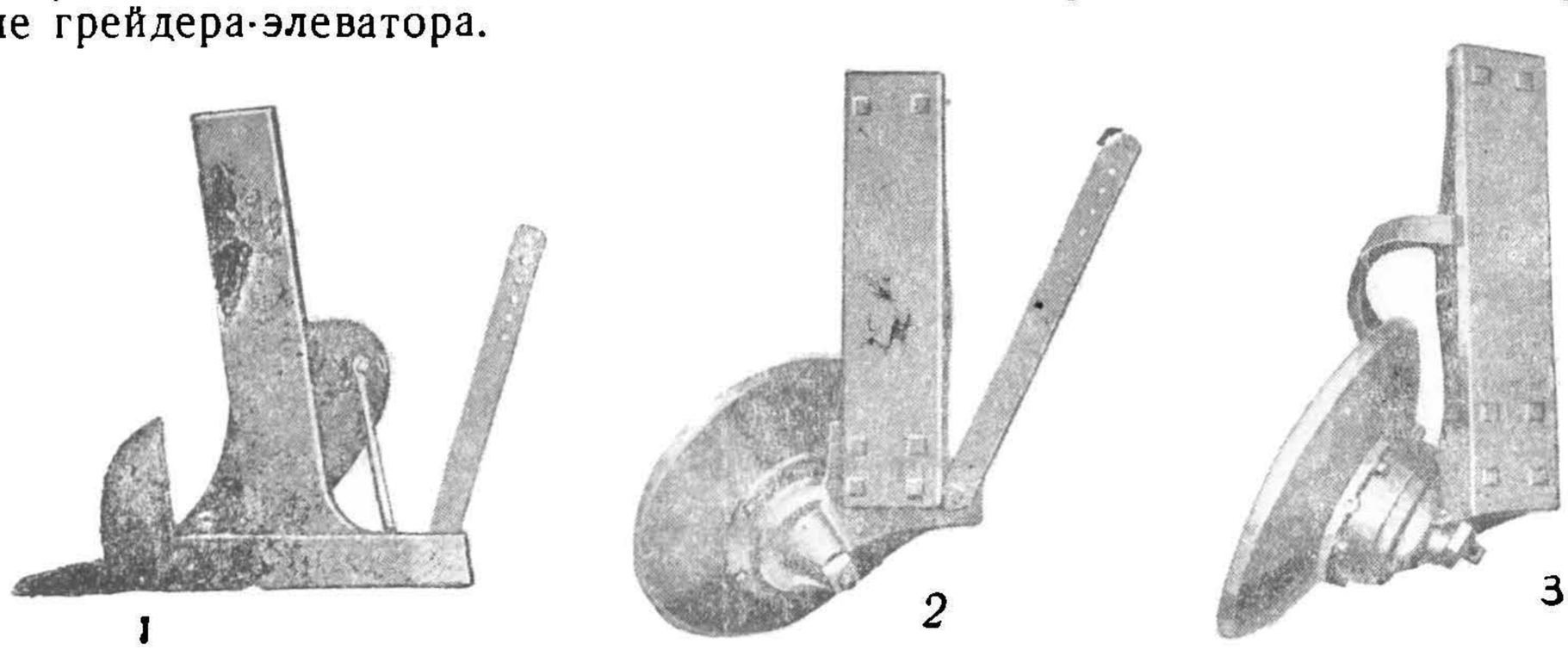


Рис. 261. Типы плугов для грейдера-элеватора.

Вырезаемая плугом земля успевает попасть на ленту при условии строгой согласованности движений как ленты, так и самого грейдера-элеватора. Это достигается во всех конструкциях грейдеров благодаря соответственному количеству зубцов конического круга на заднем колесе и зубцов конической шестеренки промежуточного вала, а также цепной шестерни промежуточного вала и цепной шестерни ведущего ролика ленты. В силу этого во всех грейдерах-элеваторах скорость поперечного перемещения грунта по ленте всегда равна скорости движения самого грейдера-элеватора.

Порядок работы грейдера-элеватора и порядок управления им. Грейдер-элеватор является прицепным снарядом и, в зависимости от характера работы и свойств грунта, требует тяги гусеничного трактора в 40—60 л. с. Всеми

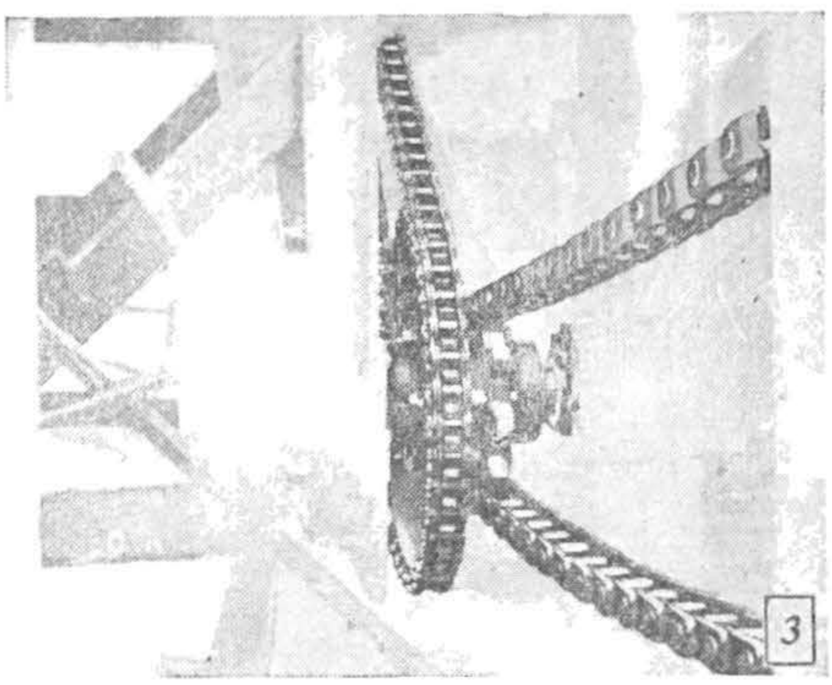


Рис. 262. Цепная передача к транспортеру грейдера-элеватора.

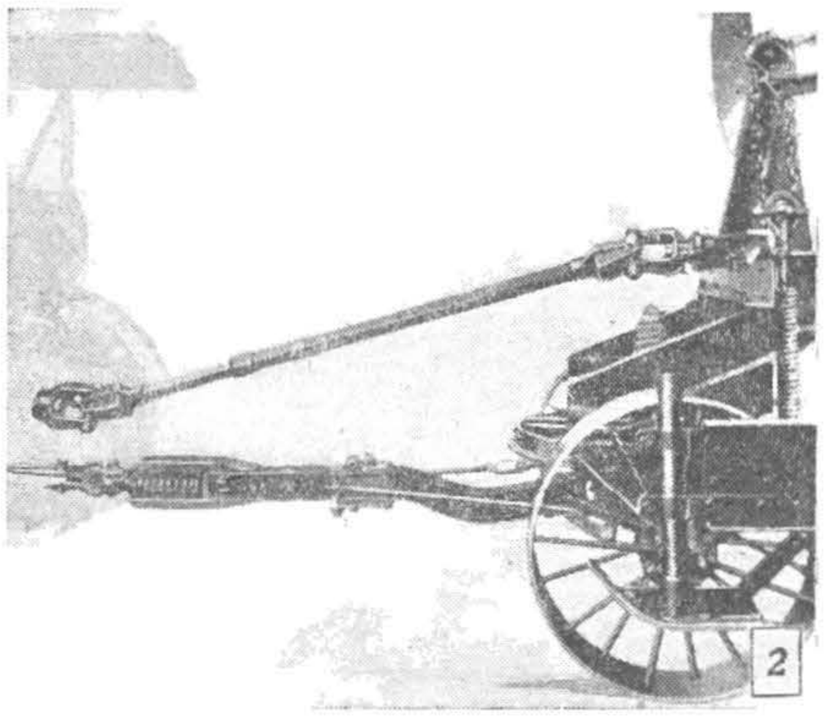


Рис. 263. Передача при помощи шарниров Гука к транспортеру.

частями грейдера-элеватора управляет грейдерист, вращая в ту или другую сторону маховые колеса, которые находятся у него под руками. В его же обязанность входит и управление дышлом грейдера-элеватора, регулирующим направление движения снаряда.

При возведении насыпей непосредственно из резерва необходимо согласовать, с одной стороны, глубину, ширину и расстояние резерва от насыпи и, с другой—высоту и ширину насыпи с длиной конвейера (рис. 264). Указанная схема возведения насыпи рассчитана на длину конвейера в 5,64 *м* при заложении резервов с обеих сторон насыпи. При одностороннем резерве ширина и высота

УДУНТ (ДИТ)

насыпи будут несколько меньше. Чтобы использовать грейдер-элеватор для возведения насыпи большей ширины и высоты (тоже и выемки, напр. при прокопке больших траншей, каналов), проходы грейдера по зарезанию в резерве и свалке в насыпь должны быть строго рассчитаны в известной последователь-

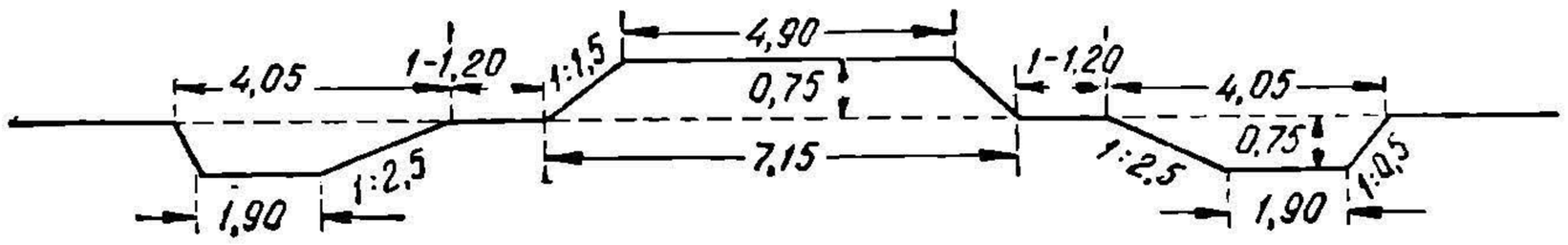


Рис. 264. Поперечный профиль дороги в результате работы грейдер-элеватора.

ности (рис. 265). Разравнивание грунта на насыпи может производиться прицепным ножевым грейдером, автострогом, бульдозером и другими снарядами.

Работа, представленная на рисунках 264 и 265, обычно производится на сухих местах. Резервы в таких случаях явятся придорожными канавами, а потому продольный уклон, внутренний и внешний откосы их должны отвечать техническим требованиям, предъявляемым к таким канавам. Возведенное по рис. 264 полотно будет в очень хороших гидрологических условиях, так как дно кювета находится ниже бровки полотна на 0,75 + 0,75=1,50 *м*, и во всяком случае не меньше 1,25 *м*.

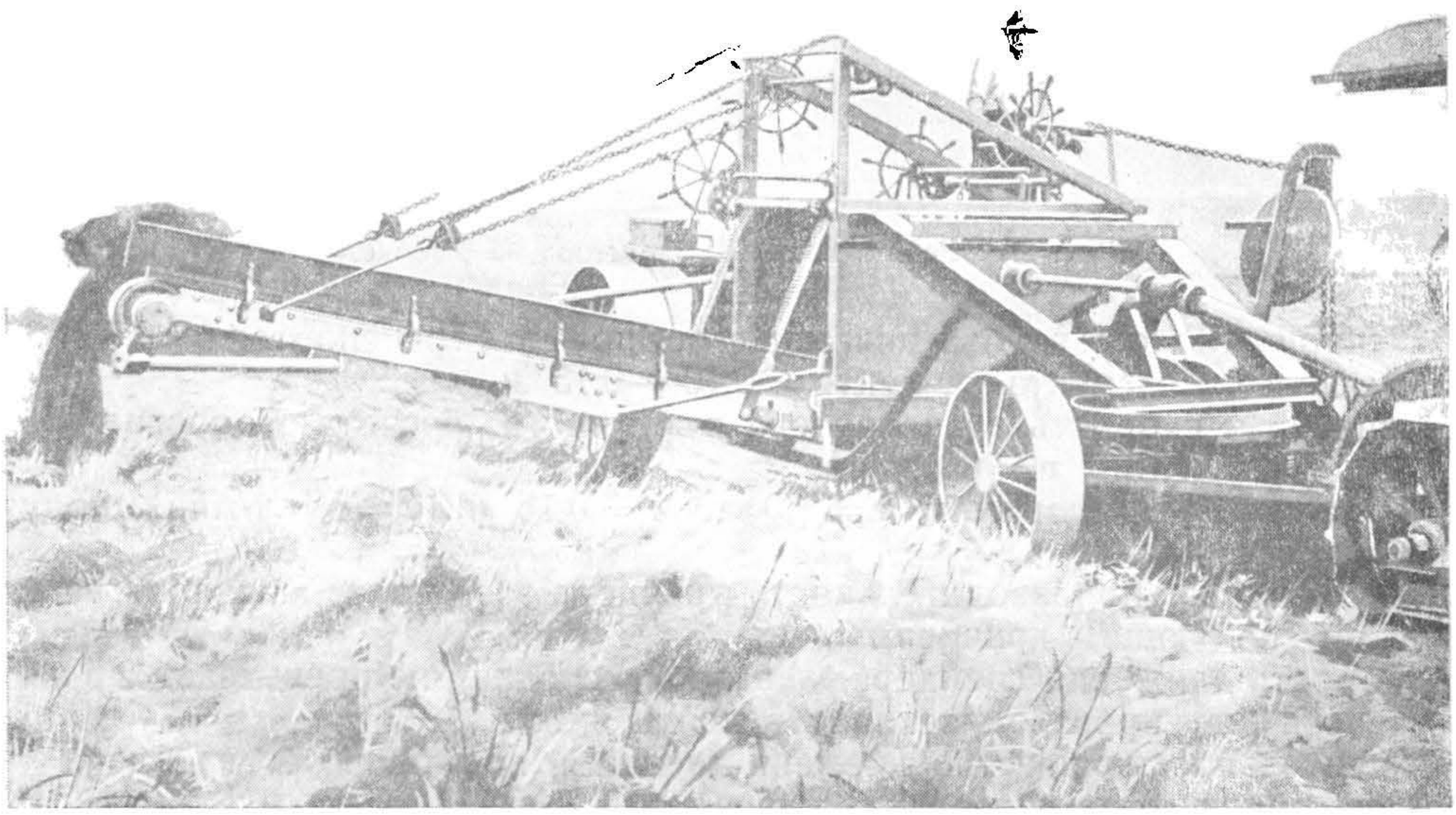


Рис. 265. Устройство насыпи из резерва грейдер-элеватором.

Грейдер-элеватор с успехом может быть применен при устройстве насыпи или выемки с отвозкой грунта особыми повозками на известное расстояние (рис. 266). При этом необходимо точно рассчитать количество транспортных средств, чтобы не заставлять, с одной стороны, грейдер-элеватор простаивать в ожидании транспортного снаряда, если последних недостаточно, а с другой— не создавать простоев транспортных снарядов в ожидании, пока грейдер справится с работой. Считается нормальным, если перевозочный снаряд подойдет к грейдеру-элеватору под нагрузку за 0,5—1,0 мин. до начала нагрузки. В момент отхода нагруженного снаряда и подхода порожнего под нагрузку грейдер-элеватор останавливается на 0,5—1,0 мин. Сигнал трактористу об остановке трактора и о возобновлении движения вперед подается грейдеристом.

Если грунт от грейдера-элеватора отвозится на высокую насыпь, в местах въезда груженых повозок и съезда порожних делается пологий откос. Отвозка

ГПБ УДУНТ (ДИТ)

может производиться: лошадьми, автомобилями с опрокидывающимися кузовами тягачами с прицепками и тракторами с прицепными тележками. Так как грейдер-элеватор во время работы разрыхляет грунт выемки, а сваленный в насыпь грунт находится в неуплотненном состоянии и даже не разровнен, то отвозка лошадьми и автомобилями является затруднительной. Наиболее применимой нужно считать перевозку гусеничным трактором с прицепными тележками на гусеничном ходу.

Теоретическую производительность грейдера-элеватора по выемке грунта аналитически можно представить следующей формулой:

$$П = {}^{2}{}_{3}\ 60 \cdot b \cdot h\ \ v\ м^3 \text{ ча-}$$

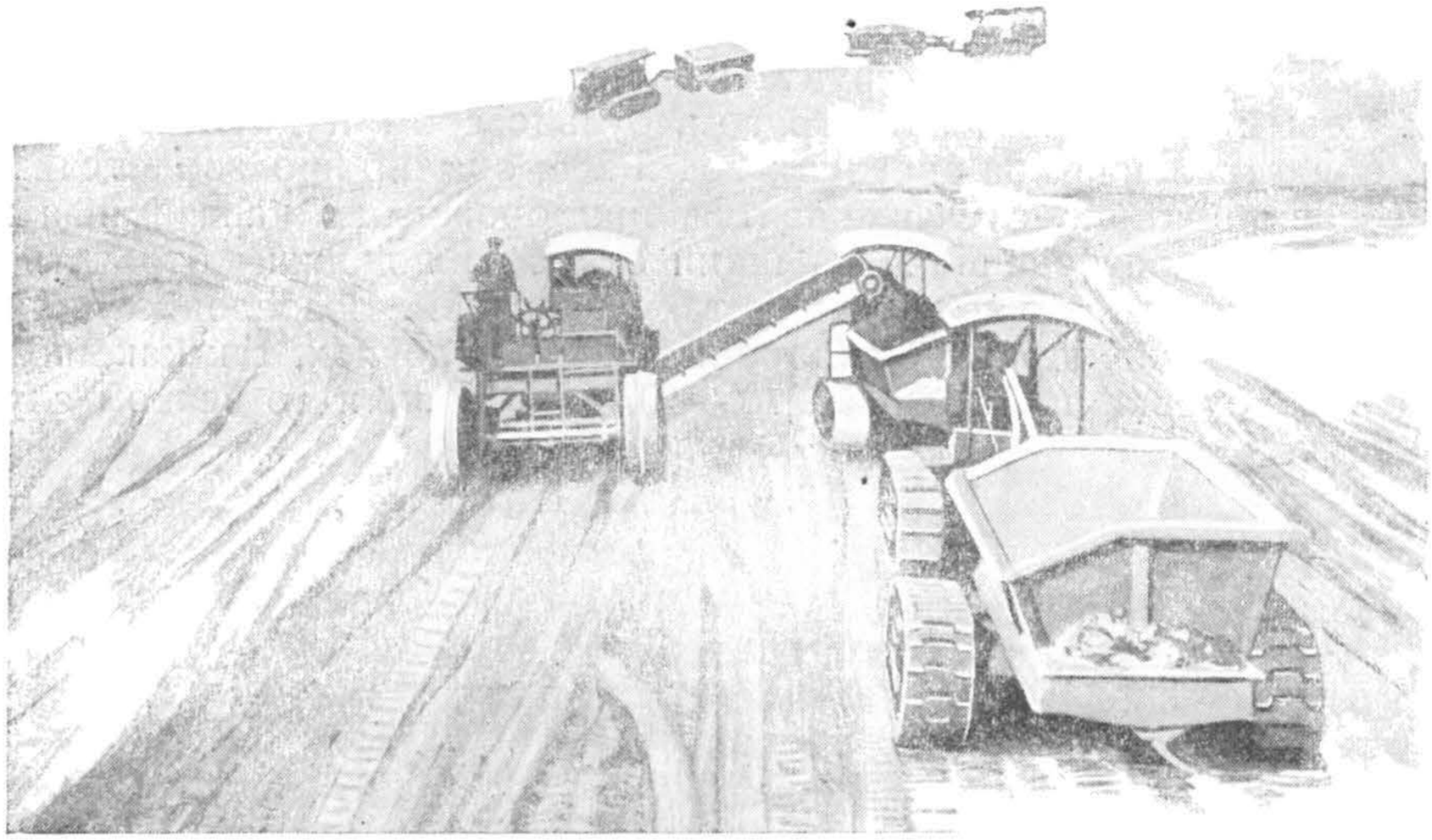


Рис. 266. Работа грейдера-элеватора на выемке.

где b = ширина полосы грунта, двигающегося по ленте транспортера = 0,75—1,0 *м*,
h = высота слоя грунта на ленте = 0,10 — 0,15 *м*,
v = линейная скорость транспортера в *м*/мин. (из расчета скорости трактора в 4 *км*/час получим $v = 66$ *м*/мин.).

Подставив в эту формулу $b = 1{,}0$ *м*, $h = 0{,}15$ *м*, $v = 66$ *м*/мин., получим: П = 400 $м^3$/час.

Фактическая же производительность грейдера-элеватора далека от теоретической, по следующим причинам:

1. Скорость движения грейдера-элеватора в среднем не превышает 2,5 *км*/час, что уже снижает производительность почти вдвое.

2. Значительное количество времени теряется на повороты грейдера-элеватора и на смену отвозящих грунт снарядов.

3. Вырезаемый плугом грунт не весь попадает на ленту транспортера, а попавший при движении ссыпается обратно на землю под плуг.

4. В редких случаях имеет место зарезание плуга на полную глубину (половину диаметра диска), что зависит от неровностей поверхности земли, от препятствий, попадающихся в грунте выемки, и от неодинаковой крепости грунта.

5. Вырезанное плугом сечение практически не является прямоугольником, а имеет форму, которую с учетом пункта 3 можно принять за треугольник (рис. 267).

Учитывая указанные факторы, производительность грейдера-элеватора следует рассчитывать по следующей формуле:

$$П = \frac{b \cdot h}{2}\ \ v\ \ \varphi\ м^3 \text{ в час,}$$

где b — ширина вырезаемой плугом борозды в *м* = 0,30,
h — глубина этой борозды в *м* = 0,35,
v — скорость движения грейдера-элеватора в *м*/час. = 2500,
φ — дневной коэффициент использования работы грейдера-элеватора = 0,80.

НБ УДУНТ (ДПТ)

Подставив численные значения входящих в формулу величин, получим производительность:

$$П = \frac{0{,}30 \times 0{,}35}{2} \times 2500 \times 0{,}8 = 100 \ м^3/час.$$

Приведенная формула вполне подтверждается практическими данными. Так, напр., по данным работы ЦИАТа [1] на московских работах в 1930 г. фактическая производительность грейдера-элеватора была доведена до 95—99 $м^3$/час.

Принимая во внимание, что приведенные выше факторы, влияющие на производительность грейдера-элеватора, являются переменными, можно заключить, что практическая формула не представляет собой окончательного выражения производительности, а может быть увеличена: а) если будет достигнуто увеличение скорости движения самого грейдера, б) если будут произведены улучшения конструкции ленты и плугов, в) если грейдер будет работать в однородном грунте.

Само собой разумеется, можно пользоваться и первой формулой, но тогда в нее необходимо ввести соответствующий поправочный коэффициент.

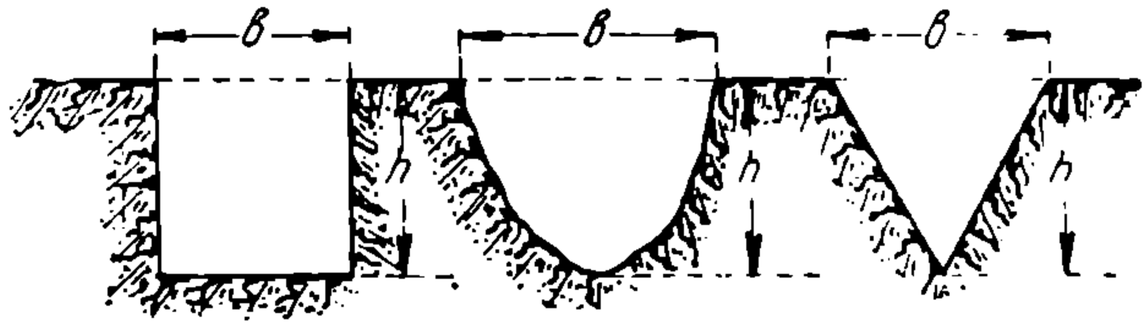


Рис. 267. Теоретическое и практическое попер. сеч, вынимаемое плугом грейдера-элеватора.

Как сказано выше, чем чаще будут повороты снаряда, тем меньше его производительность. Поэтому при возведении насыпи непосредственно из резервов длину участка необходимо давать по возможности больше, во всяком случае не менее 300 *м*. При разработке выемки с отвозкой нужно организовать работу грейдера-элеватора по очень пологим кривым.

Основной работой грейдера-элеватора является срезка косогоров, устройство насыпей небольших высот и др. Но он может быть использован и при возведении больших насыпей с подвозкой грунта гусеничными тракторами. В этом случае потребуется значительное количество транспортных средств, какими не всегда располагает дорожная организация.

Для примера рассчитаем потребное количество тракторов с прицепками грузоподъемностью в 3 $м^3$, при дальности отвозки в 1 *км* и при производительности грейдера-элеватора в 90 $м^3$ в час.

Потребное время на один рейс можно выразить следующей формулой:

$$T = \frac{60L}{v_1} + \frac{60L}{v_2} + t_1 + t_2 + t_3 \text{ минут},$$

где L — дальность возки в *км*, принятая для нашего примера равной 1,0 *км*

v_1 и v_2 — скорости в груженом и порожнем виде в *км*/ч. Для трактора „Катерпиллер 60“ $v_1 = 4$ *км*/час., $v_2 = 5{,}90$ *км*/час.

t_1 и t_2 — время нагрузки и выгрузки в минутах, t_3 — время остановки грейдера при смене транспорта = 1 мин.

При производительности грейдера-элеватора в 90 $м^3$/ч.—лента в одну минуту дает $\frac{90}{60} = 1{,}5$ $м^3$, значит на нагрузку тележки в 3 $м^3$ уйдет времени $t_1 = \frac{3{,}0}{1{,}5} = 2$ мин.

На выгрузку с поворотом будем считать $t_2 = 2$ мин.

Подставив в формулу численные величины, получим:

$$T = \frac{1 \times 60}{4} + \frac{1 \times 60}{5{,}90} + 2 + 2 + 1 = 30 \text{ минут}.$$

За время, пока трактор отвозит грунт и возвращается под нагрузку, грейдер-элеватор может загрузить $n = \frac{T}{(t_2 + t_3)\alpha}$ тракторов, где α — коэф. использования тракторов = 0,9. В нашем случае $n = \frac{30}{(2+1) \times 0{,}9} = 11$. Стало быть, при принятых данных требуется 11 тракторов в постоянной работе. При таком

[1] См „Строительство дорог Московской области“, книга I. 1 31, стр. 72.

НБ УДУНТ (ДИТ)

расстоянии возки время на нагрузку, выгрузку и остановку для смены транспорта (2 + 2 + 1 минуты) составляет: $\frac{5 \times 100}{25} = 20\%$, довольно значительную величину, а грейдер-элеватор простаивает $2 \times n \times t_3 = 2 \times 11 \times 1 = 22$ мин. или $\frac{22 \times 100}{60} = 36\%$. Пусть расстояние подвозки будет 0,5 *км*, тогда:

$$T = \frac{0{,}5 \times 60}{4} + \frac{0{,}5 \times 60}{5{,}9} + 2 + 2 + 1 = 17{,}5 \text{ мин.},$$

или потребное число тракторов $n = \frac{17{,}5}{(2+1) \times 0{,}9} = 7$.

Но в этом случае время на нагрузку и выгрузку составит:

$$\frac{5 \times 100}{12{,}5} = 40\%.$$

Если бы мы еще больше уменьшили расстояние подвозки, то использование тракторов еще уменьшилось бы. Этих двух примеров достаточно, чтобы вывести заключение, что пределами применимости работы грейдера-элеватора является 500—1000 *м*. При расстоянии до 500 *м* нужно применять тракторные и другие лопаты; при расстоянии свыше 1000 *м* нужна особая организация, либо очень большое количество тракторов.

§ 85. Подсчет мелких земляных работ и выбор машин. Обратимся к нашему техническому продольному профилю. На выбранном участке мы имеем только мелкие земляные работы и предполагаем, учитывая средние условия рельефа, что эти работы будут повторяться в таком же количестве и на других километрах дороги.

Пусть напряженность движения по запроектированной дороге исчислена в 500 *т* брутто в сутки. По техническим условиям Цудортранса ширина полотна при таком движении должна быть принята в 10,0 *м*. Произведем подсчет земляных работ: насыпей с откосами 1 : 3 и выше проектной отметки на $\frac{10 \times 0{,}25}{2 \times 10} = 0{,}125$ *м* для получения после осадки проектного поперечного профиля; выемок с вертикальными стенками, включая с двух сторон трапецоидальные кюветы с внутренними и наружными откосами $1 : 1^1/_3$, глубиной 0,75 *м*, т. е. на ширину: $10 + 2\ (0{,}40 + 0{,}75 \times 2^2/_3) = 14{,}80$ *м* Так как разбираются только мелкие земляные работы в предположении, что глубина выемок не более 0,50 = 0,70 *м*, то такой подсчет можно допустить по следующим причинам. Кювет и откос выемки будут сделаны профилировочным снарядом с передачей грунта из них на создание поперечного профиля дороги. Грунт откоса выемки-профиля и ширины полотна не изменит, так как земли с него будет очень немного. При глубине выемки в 0,40 *м* бровка от этого может повыситься только на $\frac{0{,}40 \times 0{,}40 \times 1{,}33}{2 \times 10} \times 2 = 0{,}02$ *м*.

Исчисление земляных работ произведем по формуле $\frac{F_1 + F_2}{2} L$ куб. *м* (без учета поправки), где

F_1 и F_2 — площади поперечных сечений выемки или насыпи согласно красных проектных отметок в $м^2$,

L — расстояние между двумя сечениями в *м*.

Подсчет земляных работ для 2-х *км* сведен в таблицу 110.

Объединяя все земляные работы по расстоянию и деля на 2, чтобы получить количество их на 1 *км*, будем иметь: 190 $м^3$ с подвозкой с расстояния 100 *м*; 238 $м^3$—200 *м* и 166 $м^3$—с расстояния 300 *м*. Предполагая, что работа будет производиться только тракторной тягой, согласно таблицам 104 и 108, по выгодности применения для первого расстояния выбираем тракторные лопаты на полозьях, а для остальных — колесные. Согласно этим же таблицам находим, что на перевозку 190 $м^3$ грунта лопатой емкостью в 0,39 $м^3$ потребуется $\frac{190}{44} = 4{,}3$ тракторо/дня.

При работе тракторными поездами в 3 лопаты, емкостью в 1,0 $м^3$ каждая, на перевозку 356 $м^3$ потребуется $\frac{356}{122} = 3$ тракторо/дня. на перевозку 238 $м^3$

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 106

№ пикетов	Рабоч. отметки в *м*		Площади в *м*		Средние пл. в $м^2$		Расстоян. в *м*	Объемы в $м^3$		Приведен. объемы в $м^3$		Примечания
	Насыпи	Выемки	Насыпи	Выемки	Насыпи	Выемки		Насыпи	Выемки	Насыпи	Выемки	
2 + 70	0	—	0	—	4,89	—	25	122	—	121	—	Общее количество насыпи, равное 390 $м^3$, нужно взять из резерва, расстояние до которого допускаем в 50 *м*.
+ 95	0,79	—	9,77	—	13,26	—	5	66,30	—	66,30	—	
3	1,12	—	16,75	—	13, 0	—	5	68,50	—	68,50	—	
+ 5	0,85	—	10,66	—	5,33	—	25	133,25	—	133,25	—	
+ 30	0	—	0	—	—	—	—	390,05	—	390,05	—	
6 + 60	0		0	—	3,66	—	40	146,40	—	146,40	—	
7	0,62	—	7,32	—	5,72	—	50	285,70	—	285,70	—	
+ 50	0,37	—	4,11	—	2,05	—	22	45,10	—	45,10	—	
+ 72	0	—	0	—	—	—	—	477,20	—	477,20	—	
8 + 39	—	0	—	0	—	5.18	11	—	57	—	57	
+ 50	—	0,7	—	10,36	—	5,18	29	—	150,22	—	150,22	
+ 79	—	0	—	0	—	—	—		207,22	—	207,22	На эту насыпь грунт будет взят из соседней выемки с подвозкой с расст. 80 *м*; недостающий грунт 305,50 — — 207,22 = 98,30 $м^3$ взять с 10 пк. с расстояния 100 *м*.
8 + 79	0	—	0	—	3,66	—	21	76,80	—	76,80	—	
9	0,62	—	7,32	—	3 66	—	62,5	228.70	—	228,70	—	
+ 62,5	0		0	—	—	—	—	305,50	—	305,50	—	
9 + 80	—	0	—	0	—	4,29	20	—	85,80	—	85,80	
10	—	0,58	—	8,58	—	9,19	30	—	275,70	—	275,70	
+ 30	—	0,73	—	9,80	—	4,90	28	—	137,20	—	137,20	
+ 58	—	0	—	0	—	—	—	—	498,70	—	498,70	Грунт на эту насыпь будет взят из соседней выемки с расстоян. подвозки 80 *м*.
+ 95	0,82	—	10,22	—	5,11	—	37	189	—	189	—	
11 + 5	0	—	0	—	6,26	—	35	219	—	219	—	
+ 40	0,97	—	12,51	—	—	—	—	408	—	408	—	Грунт на эту насыпь приходится взять из резерва, который предполагается в расстоянии 300 *м*.
17 + 50	0	—	0	—	6,66	—	30	199,80	—	199,80	—	
+ 80	1,12	—	13,32	—	6,66	—	20	133,20	—	133,20	—	
8	0	—	0	—	—	—	—	333	—	333	—	

потребуется $\frac{238}{22} = 3$ тракторо/дня и наконец для 166 $м^3$ надо $\frac{166}{59} = 3$ трак-- торо/дня. Всего на мелкие земляные работы на одном километре потребуется 4,3 + 3 + 3 + 3 = 13,3 тракторо/дня в одну смену.

Этот подсчет говорит о том большом значении, какое имеют мелкие земляные работы в общем комплексе постройки дороги. Особенно это станет ясно, когда мы увидим ниже, что на профилирование полотна с окончательной отделкой на 1 *км*, в зависимости от мощности прицепных снарядов и тракторов, требуется 1—4 тракторо/дня, т. е. в 3—13 раз меньше.

УДУНТ (ДИТ)

ГЛАВА ДВАДЦАТАЯ

ПРОФИЛИРОВАНИЕ ГРУНТОВОЙ ДОРОГИ МАШИНАМИ

§ 86. **Машины для профилирования.** Профилированной дорогой мы называем такую, которая имеет придорожные канавы, поперечные скаты (если таковые требуются по грунтовым и другим условиям) и выдержанный согласно техническим условиям продольный профиль.

При нулевом профиле основной работой по постройке дороги является, кроме искусственных сооружений, устройство придорожных канав. Прокопка их вручную обходится дорого и занимает много времени. Постройка канав на очень легких грунтах может быть произведена деревянным или металлическим канавокопателем (рис. 268). Предварительно место будущей канавы разрыхляется плугом или другим описанным выше снарядом. Деревянный канавокопатель состоит из направляющей доски сеч. 5×25 *см*, длиной 3,5 *м*, и отвала того же сечения длиной 2,5 *м*. Для уменьшения износа и создания режущего

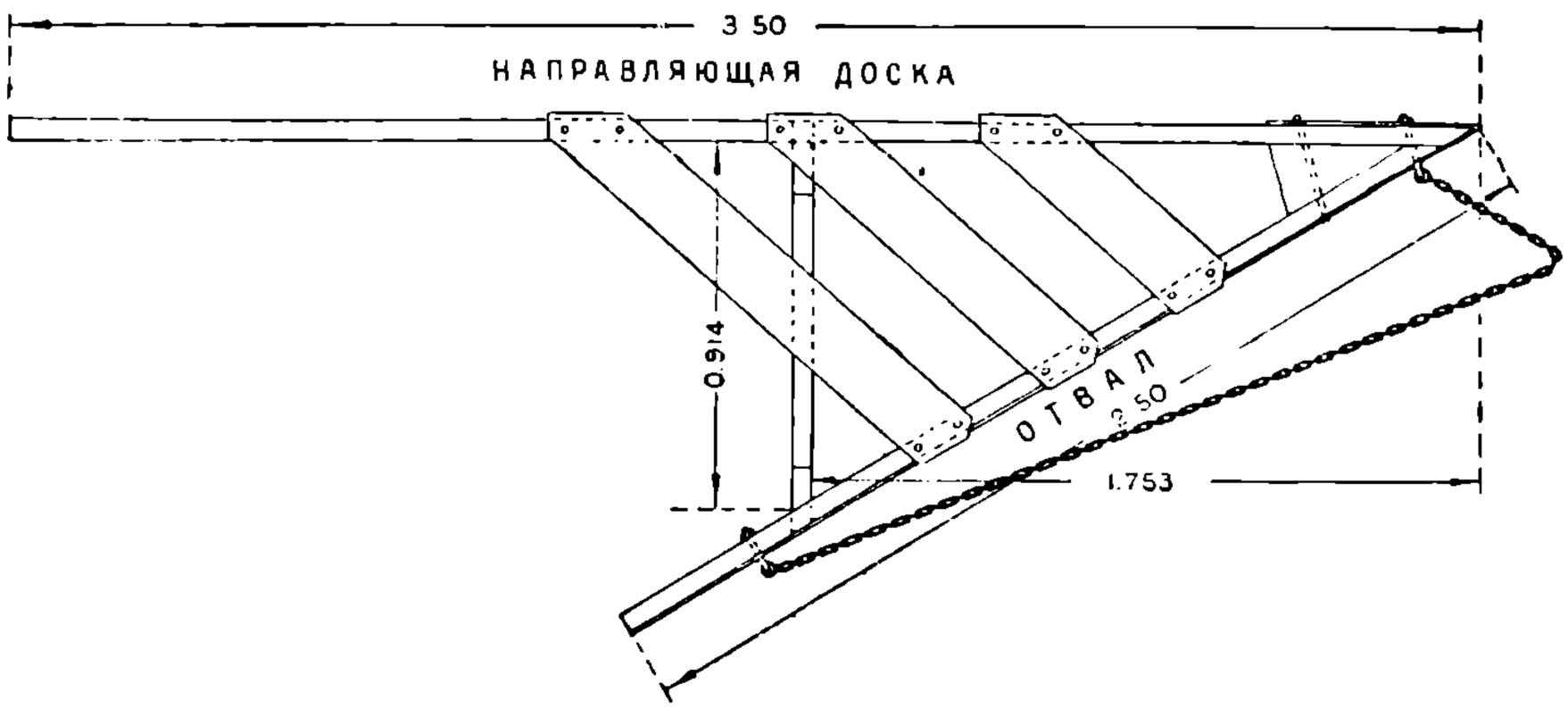


Рис. 268. Деревянный канавокопатель.

ребра, отвал оковывается полосовым железом. К отвальной доске прикрепляется цепь таким образом, чтобы одна часть ее была короче другой примерно в отношении 1:4. Устроенная так цепь позволяет направляющей доске итти параллельно оси дороги. В канавокопатель впрягается пара или тройка лошадей, которыми управляет погонщик, все время стоящий на канавокопателе. Производительность деревянного канавокопателя за 8 ч. работы в супесчаном грунте при глубине канавы 0,40 *м* = 0,3—1,5 *км*. [1]

Металлический канавокопатель. Металлические канавокопатели устраиваются двух типов: треугольные и трапецоидальные.

Наименования частей треугольного канавокопателя системы „Мартин" видны на рис. 269. Этот канавокопатель, в отличие от деревянного, имеет приспособление в виде распорки, которая служит для изменения угла между опорной и отвальной досками. Переставляя распорку на то или другое отверстие можно сделать угол между досками от 15 до 60°. Наименьший угол дается для первых проходов канавокопателя с целью более глубокого его зарезания, наибольший—при последних проходах, чтобы передать грунт из выкопанной канавы ближе к оси дороги. Канавокопатель „Мартин" требует тракторной тяги на гусеничном ходу в 20—30 л. с. Чтобы при этом не разрушалась выкапываемая канава, трактор обычно идет близко около оси дороги, отчего тяга направлена под некоторым углом к движению и канавокопатель стремится вылезть из канавы. Для уменьшения влияния этой боковой силы канавокопатель прицепляется к трактору на цепи длиной в 10—15 *м*.

---

[1] См. Св. Произв. норм, выпуск II, изд. 1930 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Работой канавокопателя обычно управляют трое рабочих (рис. 270). Один находится на передней части и регулирует глубину погружения канавокопателя; второй—на направляющей доске, регулируя правильность направления

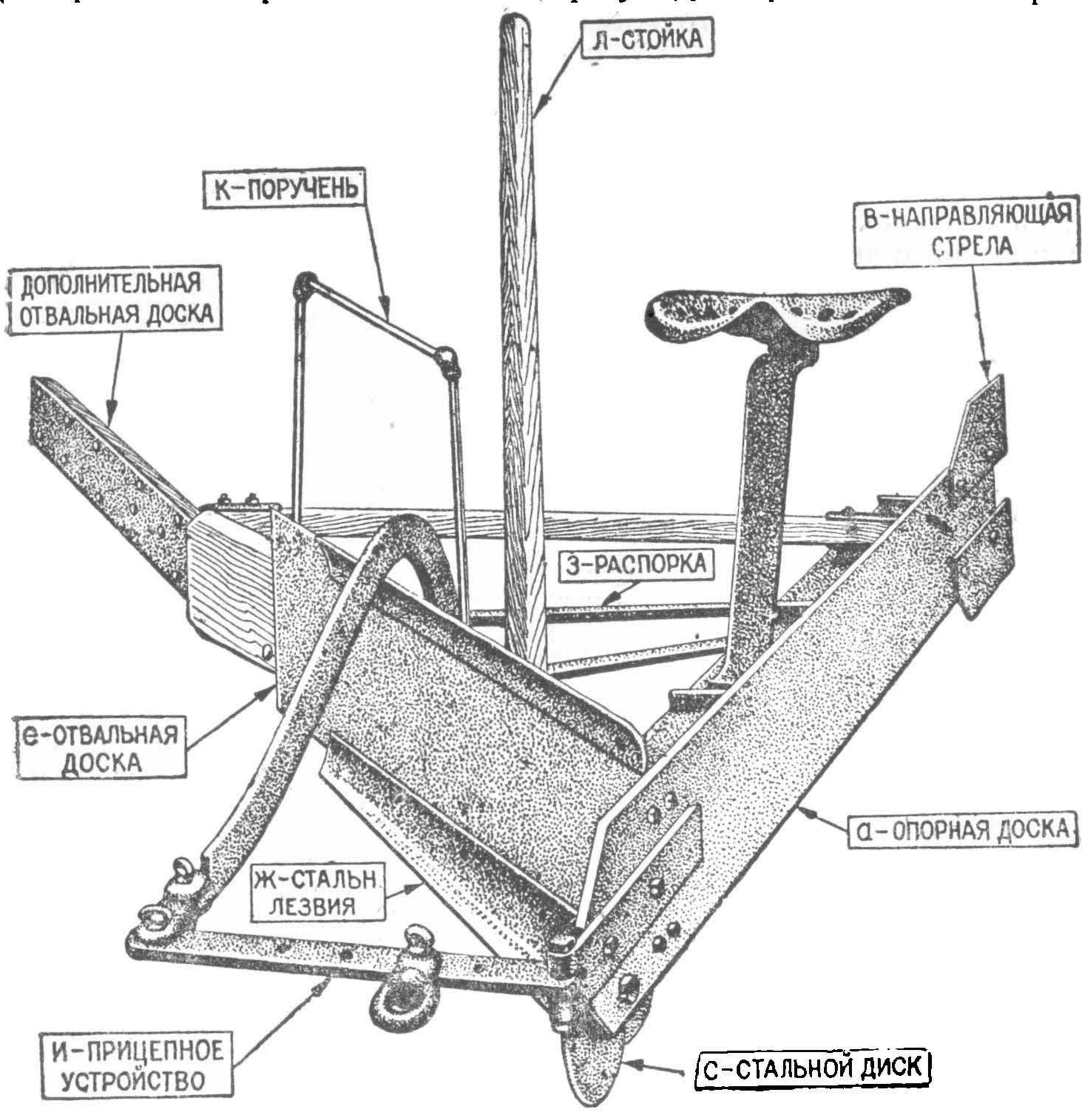


Рис. 269. Механический треугольный канавокопатель.

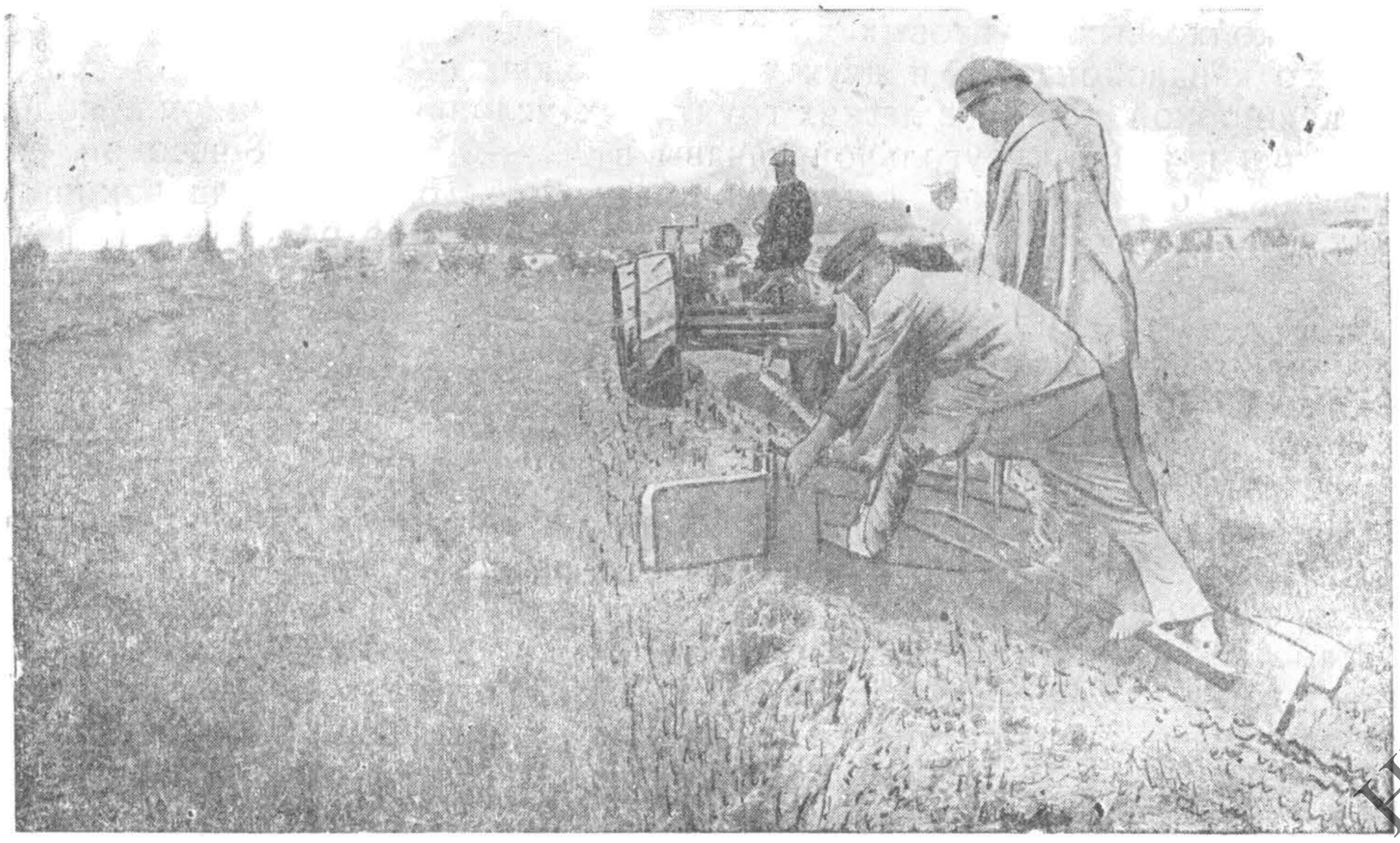


Рис. 270. Первый проход канавокопателя по канаве.

НБ УДУНТ (ДИТ)

канавокопателя; третий управляет дополнительной отвальной доской и следит за отвалом грунта.

Металлический канавокопатель может прокопать канаву с внутренними 1:2—1:3 и наружными 1:1 откосами. Производительность его при глубине канавы в 0,40 *м* и при указанных откосах в средних грунтах за 8-часовой рабочий день равняется 0,8—0,9 *км*. [1]

Трапецоидальный канавокопатель (рис. 271) от описанного выше отличается устройством отвальной доски. Последняя имеет загнутые отточенные края, расположенные под углом в 140° друг к другу. Считается целесообразным применять трапецоидальный канавокопатель в работе только для устройства трапецоидального дна канавы, после основной работы, производимой треугольным канавокопателем. Если трапецоидальным канавокопателем начать прокопку канавы с самого начала, то на его отвальную доску будет наваливаться значительного объема грунт, который своим давлением начнет поворачивать канавокопатель около его вертикальной оси.

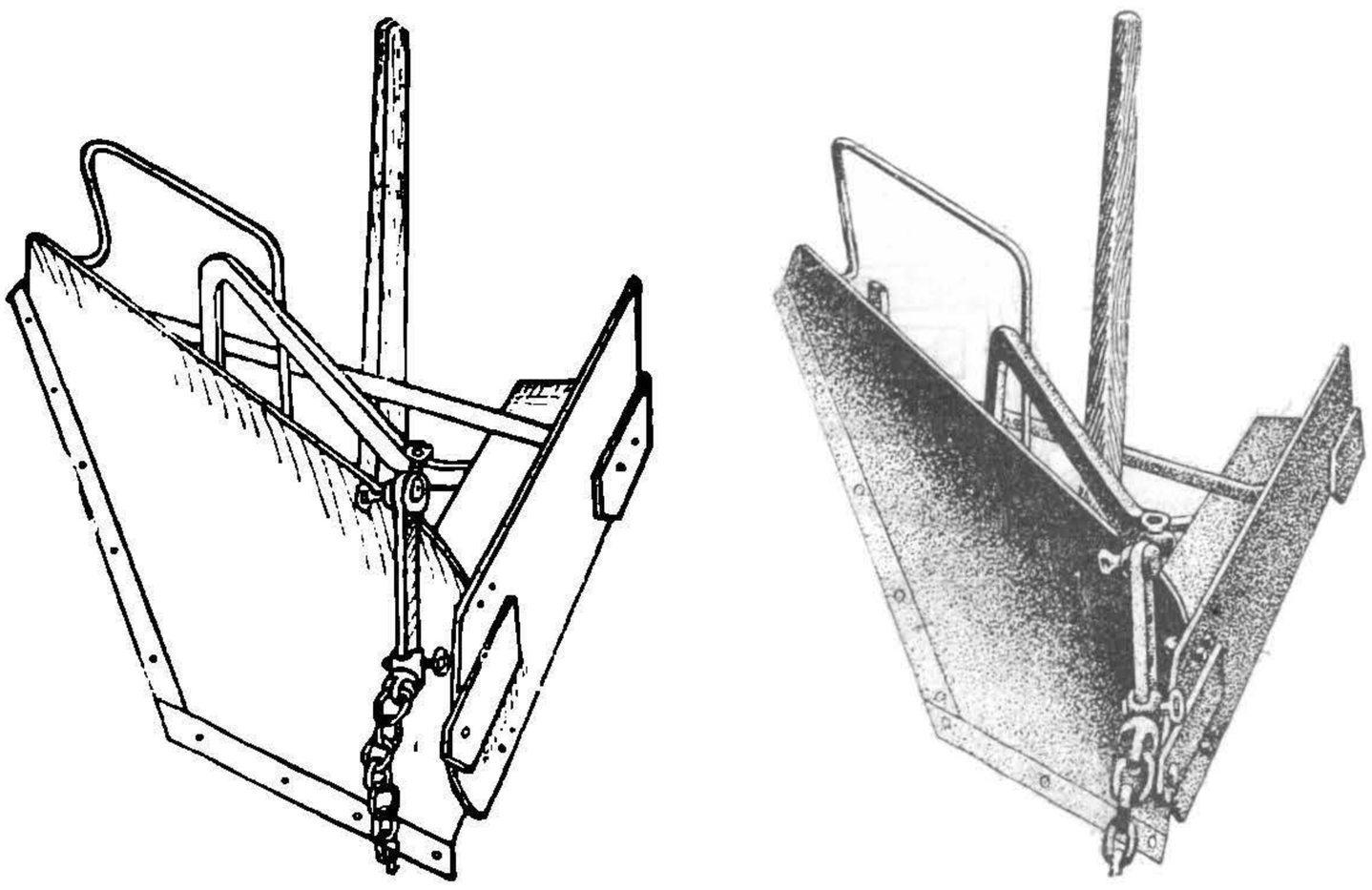


Рис. 271 Трапецоидальный металлический канавокопатель.

Вынутый из канавы любым канавокопателем грунт складывается на бровке полотна. Дальнейшая передача его к середине для создания поперечного профиля производится другими снарядами: деревянным или металлическим утюгом и пленером. Подробное описание и работу их см. в отделе „Содержание дорог".

Канавокопатели и утюги являются самыми простыми механическими приспособлениями при постройке грунтовых дорог. Благодаря своей простоте и доступности устройства, они в ближайшее время должны найти широкое применение в любых районах СССР при постройке и приведении в порядок межселенных и колхозных грунтовых дорог.

Из одного канавокопателя и двух утюгов можно составить отряд для постройки неширокой дороги в легких грунтовых условиях. При ширине полотна в 6,5—7,5 *м* и глубине треугольной канавы в 0,25—0,40 *м* за 8-часовой рабочий день такой отряд может спрофилировать 0,3—0,5 *км*. В канавокопатель впрягаются 3 лошади, в утюги—по 2. Следовательно в отряде будет занято $3+2+2=7$ лошадей и при них обслуживающего персонала 3—4 человека.

Организовав работу профилирования дорог в свободное от сельскохозяйственных работ время, можно в каждом колхозе иметь по два и больше таких отряда. Вместо лошадей могут быть использованы сельскохозяйственные тракторы в свободное от полевых работ время.

Ножевой грейдер. Основным снарядом для профилировки дороги является так называемый ножевой прицепной грейдер. В американской практике и у нас в СССР имеется довольно большое число разнообразных типов этих снарядов. Для ознакомления на рис. 272 представлен один из таких грейдеров типа „Адамс". Как видно из рисунка, главными составными частями грейдера являются: 1) металлическая основная рама, 2) тяговая рама с поворотным кругом, подвешенным к основной раме, 3) нож, подвешенный к поворотному кругу, 4) дышловое управление и 5) механизмы для управления рабочими частями грейдера.

---

[1] См А. И. Анохин. „Дорожные машины", 1931, стр. 58.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Рама грейдера делается изогнутой или прямой. Преимущество первой заключается в том, что часть, находящаяся над ножом, выгибается вверх, отчего ножу грейдера представляется большая возможность изменять свой наклон в вертикальной плоскости

Поворотный круг скреплен с тяговой рамой, а последняя подвешена к основной раме в трех точках: одна служит точкой прикрепления шарнира тяговой

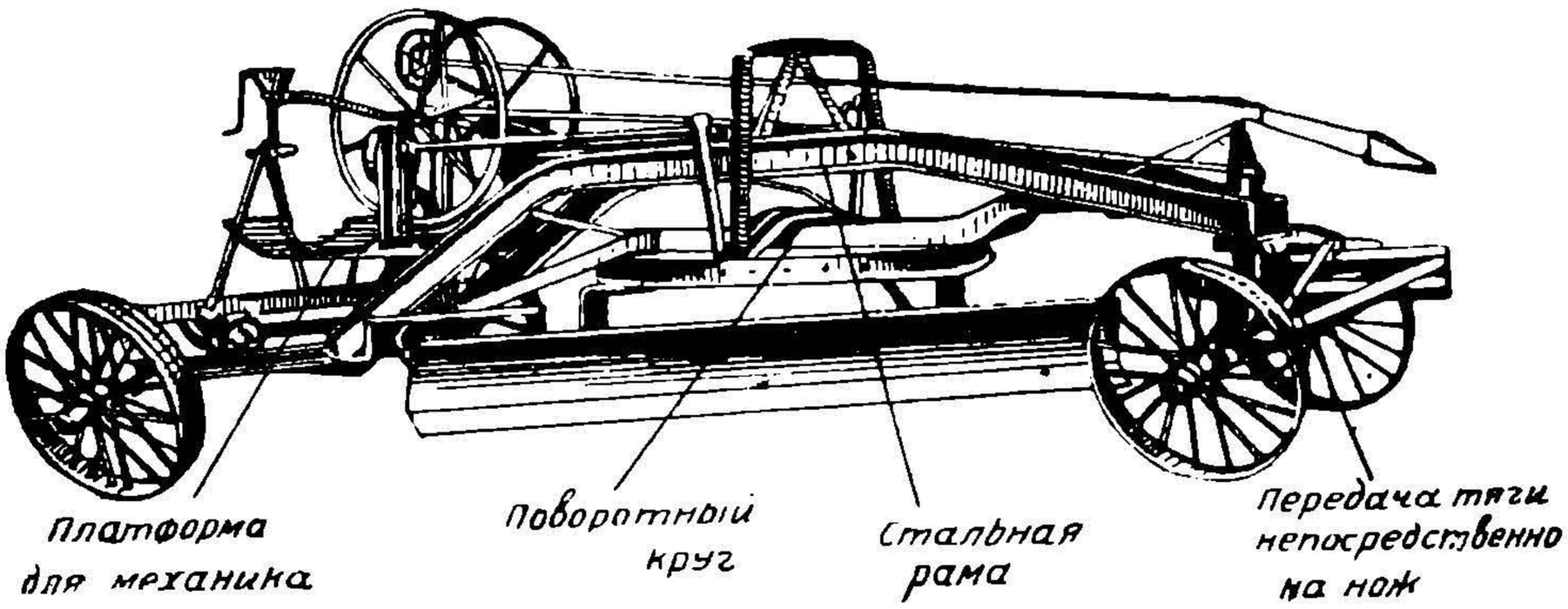


Рис. 272. Прицепной грейдер типа „Адамс".

рамы, через который проходит головной штырь; две другие путем двух вертикальных тяг прикреплены к поперечине тяговой рамы. Вертикальные тяги при помощи червячно-рычажной передачи приподнимают или опускают правую или левую стороны круга, заставляя нож вращаться в вертикальной плоскости и становиться под разными углами к горизонту. При срезке внешних откосов канавы или небольшой выемки приходится нож ставить под очень тупым углом к горизонту. Обычными вертикальными тягами это сделать невозможно. Некоторые фирмы для этого дают в вертикальной тяге ряд отверстий, в которые можно закреплять коленчатые рычаги. Так, например, закрепив рычаг одной стороны в нижнем отверстии, а другой—в верхнем, мы получим крутой наклон ножа с концом, высоко поднятым в сторону, где сделано закрепление в нижнем отверстии (рис. 273).

Для того чтобы поворачивать нож в горизонтальной плоскости, на внутренней полке поворотного круга имеются вырезы и зубчатая нарезка, за которые зацепляются зубцы круговой кремальерки или зубчатки. Помощью таких зубчатых передач грейдерист, вращая соответствующее маховое колесо, поворачивает в ту или другую сторону круг и вместе с ним нож.

Ножи грейдера бывают разной длины, ширины, разного изгиба и состоят из двух частей: нижней части, или собственно ножа, и верхней части—отвала. Обе части соединены между собой внаклад ку заподлицо и скрепляются болтами с потайными головками. Нижняя часть — съемная, так как, производя работу по вырезке грунта, она подвергается наибольшему изнашиванию. Относительно скорее изнашивается та сторона, которая больше находится в работе. Вообще же на работах должен быть комплект запасных ножей в количестве 1—2 шт. Работая грейдером попеременно то справа налево то слева направо, можно достичь равномерного

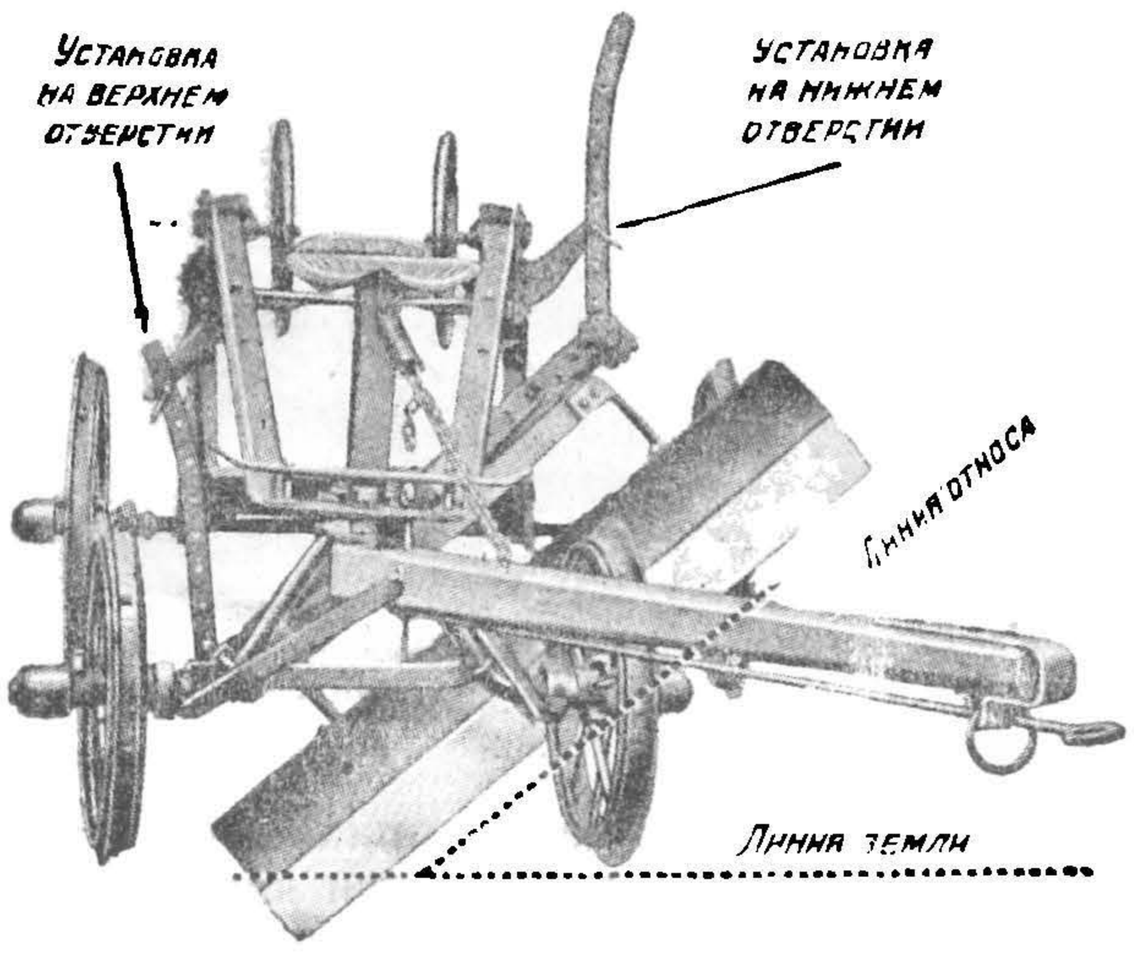


Рис. 273. Установка ножа грейдера для срезки косогора.

НБ УГЛУНТ (ДИТ)

износа ножа и тем самым удлинить срок его службы. При средних грунтовых условиях можно считать, что за строительный сезон износятся два ножа.

Ножи грейдера бывают длиною от 1,8 до 4,2 *м*, шириною от 0,35 до 0,65 *м* и соответственно толщиной от 9 до 16 *мм*. На успешность работы грейдера оказывает большое влияние изгиб ножа. Прямой нож (рис. 274) погружается в землю только за счет собственного веса. Вырезанный грунт при передвижении по прямому ножу дает большое трение скольжения, требуя у двигателя дополнительной силы. Изогнутый нож при зарезании в грунт получает дополнительное давление от грунта, на нем лежащего, что облегчает процесс самого зарезания и углубления. Вырезанный грунт при передвижении по такому ножу не только скользит, но катится по нем, что уменьшает силу трения.

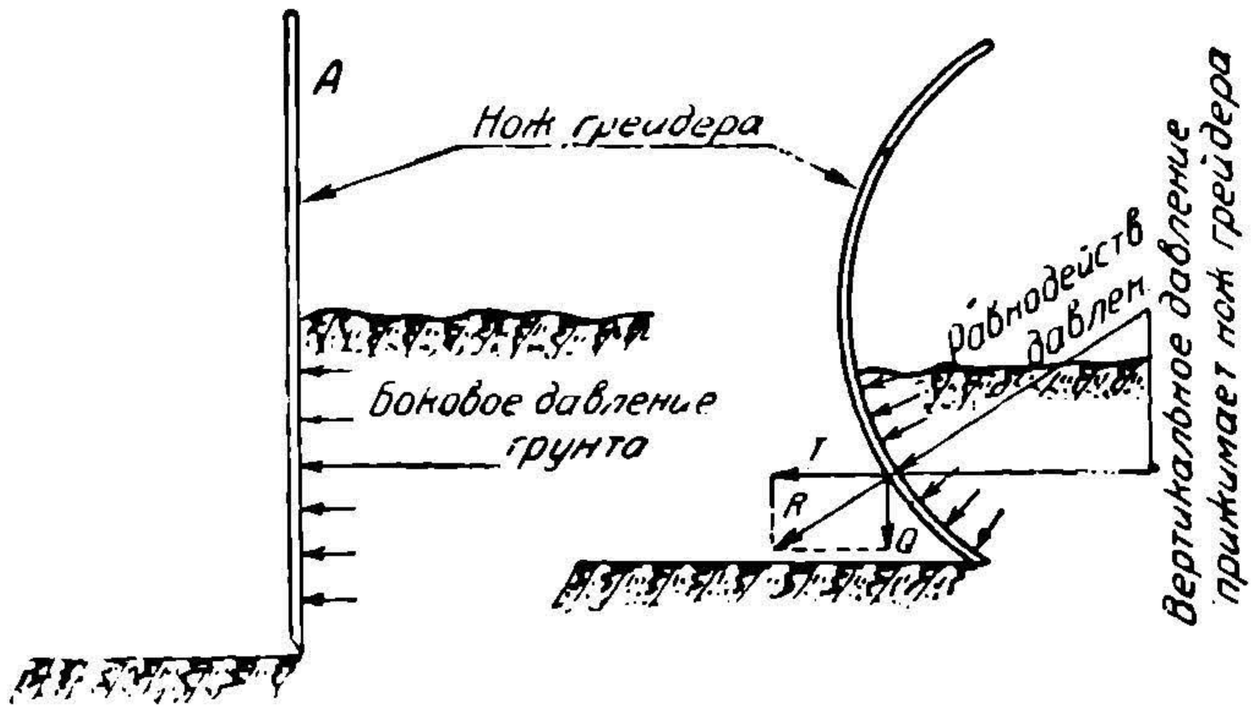


Рис. 274. Схема работы прямого и изогнутого ножа.

В легких грейдерах изгиб ножа делается близким к кривой окружности; в тяжелых по ползучей кривой, чтобы к поверхности земли нож был наклонен под более острым углом. В ножах с изгибом по кривой окружности после значительного износа их вырезанный грунт плохо загибается и с трудом скользит вдоль ножа. В таких случаях грейдерист время от времени должен также устанавливать нож под более острым углом к поверхности земли.

Вынос ножа в бок. В работе грейдера часто встречаются случаи, когда при нормальной установке ножа он короток для захвата вынимаемого грунта. Для таких случаев все грейдеры снабжаются передачами, позволяющими выдвигать нож в бок.

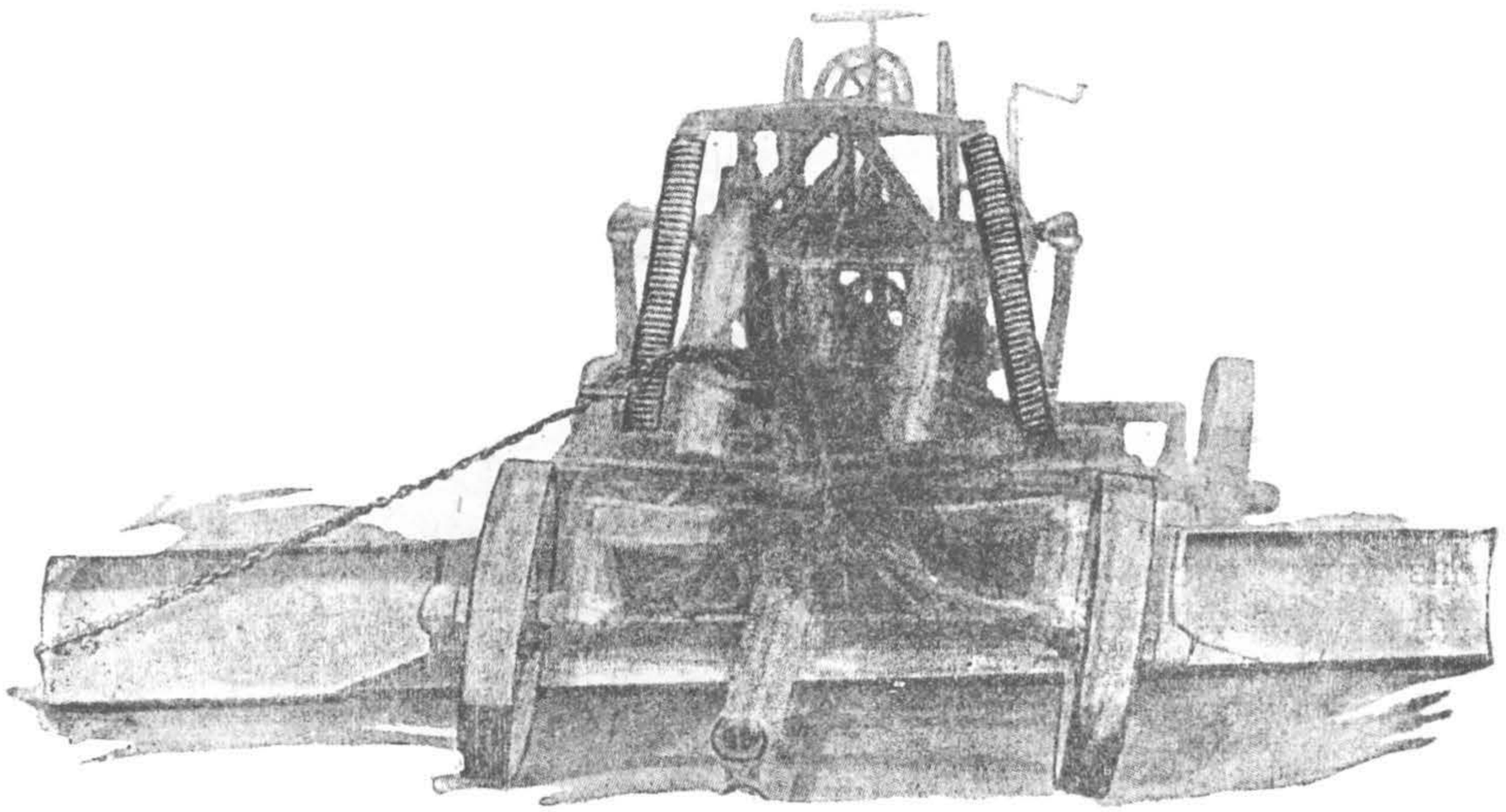


Рис. 275. Удлинители на обоих концах ножа грейдера.

Удлинители. Грейдером приходится работать по выемке грунта из канавы и передвигать этот грунт к оси дороги. Обычно при выемке и при передвижке мощность трактора не меняется, тогда как на перемещение грунта требуется затрачивать меньше силы, чем на его выемку. Разница в потребной мощности на работах в СССР была установлена динамометром. Результаты динамометрирования показывают, что при копании канавы грейдером используется мощность трактора на крюке в 40—80%, при перемещении—только 20—40% от

РЕПОЗИТОРИЙ УДУНТ (ДИТ)

мощности по каталогу. Чтобы загрузить трактор полностью и увеличить производительность грейдера при перемещении грунта, у всех мощных грейдеров ножи имеют с одной или с обеих сторон приспособления для прикрепления удлинителя. Удлинитель—такой же ширины и толщины, как и основной нож, при длине от 0,45 до 0,90 *м*. С основным ножом он скрепляется болтами, а конец его подвешивается цепью к основной раме грейдера (рис. 275).

Откосник. Выше говорилось уже о том, что при профилировании дороги применяются две формы канав: треугольная и трапецоидальная. Нож грейдера может дать только треугольную канаву. Для того чтобы получить трапецоидальное сечение, к концу ножа прикрепляется откосник (рис. 276). Присоединение откосника к основному ножу осуществляется при помощи промежуточного короткого ножа, скрепляемого с основным шарнирным болтом. Верхний конец откосника посредством телескопической тяги закрепляется жестко

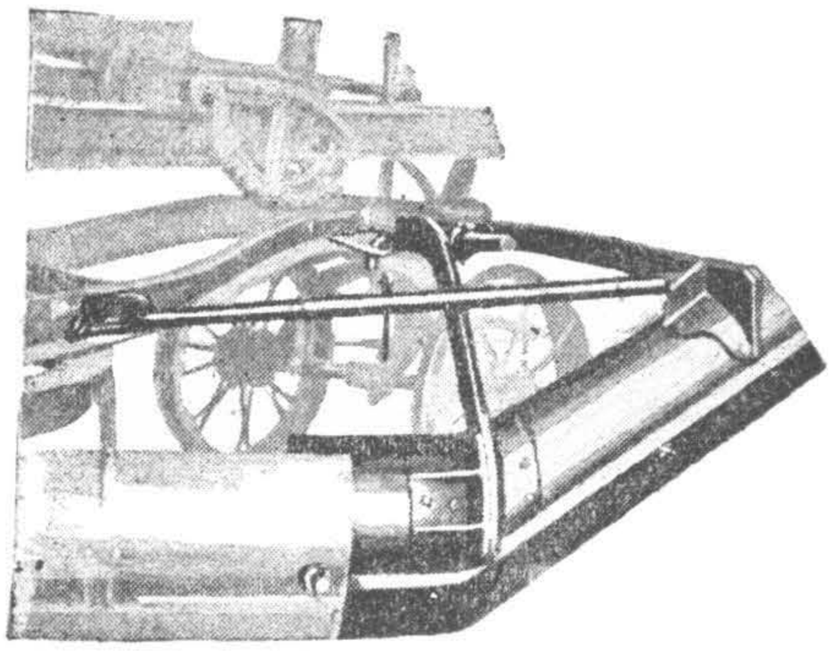


Рис. 276. Нож грейдера с откосником.

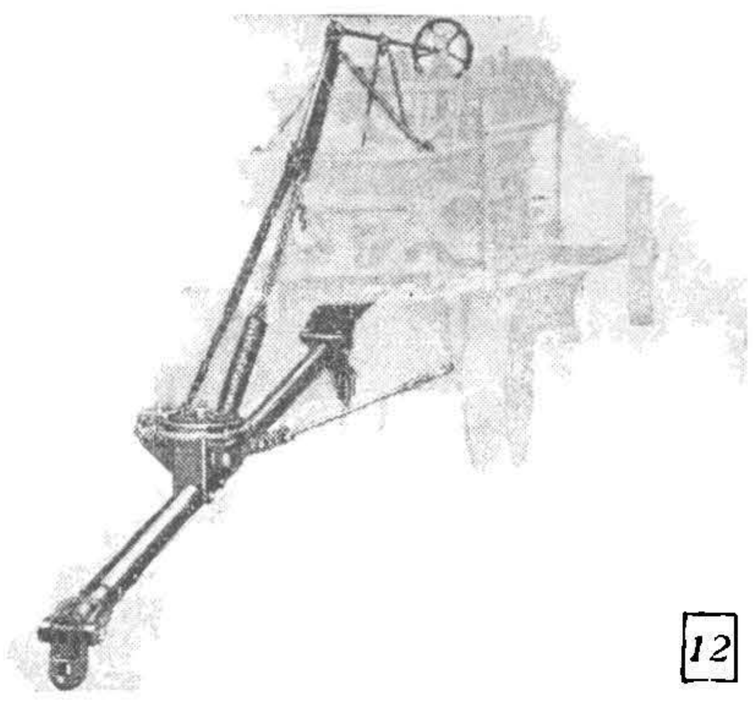


Рис. 277. Дышловое управление прицепного грейдера.

с тяговой рамой грейдера, ею же регулируется наклон откосника и величина срезаемого откоса. Во избежание поломок откосника верхний конец его прикрепляется цепью к основной раме грейдера.

Промежуточный нож при откоснике нужен для получения плоского дна канавы. Если его исключить, что вполне возможно, то грейдер с откосником будет срезать только наружный откос треугольной канавы, не делая трапецоидального сечения. Откосником с промежуточным ножом можно устраивать трапецоидальные канавы с внутренними откосами 1:2—1:2,5, наружными 1:1 и 1:2, с глубиной до 0,70 *м*, при ширине дна 0,35—0,40 *м*.

Дышловое управление у грейдеров для тракторной тяги имеет устройство, позволяющее грейдеристу со своего места направлять движение грейдера. Во время работы грейдер идет по краю, а тянущий его трактор—ближе к середине дороги. Направление силы тяги благодаря этому будет составлять с направлением движения некоторый угол. Чтобы воспрепятствовать сдвигу грейдера к оси дороги, дышло устраивается в виде треугольника, из отдельных наклонных и сочлененных между собою шарнирами Гука валов (рис. 277). Подобные дышла жесткие и должны применяться только при прокопке первой борозды. Дальнейшая работа лучше осуществляется при гибкой сцепке грейдера с трактором помощью троса или цепи. Гибкая сцепка позволяет трактору и грейдеру свободно располагаться в разных уровнях в вертикальной и горизонтальной плоскостях, что особенно важно при значительных глубинах канав.

Устройство задних осей грейдера. Нецентрированное направление тяги, в особенности когда грейдер идет по крутому откосу, дает боковую силу, стремящуюся сдвинуть грейдер к оси дороги. С другой стороны, давление передвигаемой ножом земли отодвигает грейдер в сторону канавы. В результате этих двух сил получается пара сил, которая стремится повернуть весь грейдер около его вертикальной оси. Чтобы избежать этого явления, задняя ось у некоторых грейдеров устраивается с горизонтальным вращением, т. е.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

ось можно повернуть так, что правое колесо выдвинется вперед по отношению к левому (рис. 278). Поворачивание производится при помощи простой червячной передачи и ручки

На этом же рисунке показано приспособление для того, чтобы сдвинуть в бок заднюю ось. Передвижение направо или налево производится помощью червячной и зубчатой передачи. Такое устройство оси позволяет отваливать вырезанный из канавы грунт снаружи или внутри следа колес (смотря по надобности), препятствует заднему колесу грейдера скользить вниз и упираться в наружный откос канавы.

Наклонная установка задних колес грейдера. При прокопке канавы колесам грейдера приходится стоять в разных уровнях, отчего центр тяжести веса грейдера перемещается к наружному откосу канавы. Вырезываемый грунт в свою очередь оказывает давление на грейдер в сторону канавы. В сумме получается значительная сила, которая, как было сказано выше, стремится сдвинуть грейдер в бок, по направлению к канаве. Величина этого давления будет увеличиваться с уменьшением угла наклона ножа к оси дороги, т. е.

Рис. 278. Вид прицепного грейдера с раздвинутой задней осью.

когда нож грейдера производит срезку грунта. Чтобы парализовать это вредное явление, во многих грейдерах передние и задние оси делаются составными, в виде шарнирного параллелограмма. Передвигая верхние поперечины этого параллелограмма, сдвигают параллельные рычаги его, и колеса принимают наклонное положение (рис. 279). Наклонное положение колесам грейдерист может придавать на ходу, когда он почувствует, что грейдер начинает съезжать вбок.

Механизмы для управления грейдера. Грейдерист стоит на особой площадке сзади грейдера. Все приспособления для управления расположены перед этой площадкой так, чтобы одно не мешало другому и чтобы наиболее употребляемые находились на расстоянии, не требующем изменения покойного положения грейдериста.

Из приспособлений под рукой у грейдериста находятся следующие:

1) два больших штурвальных колеса для подъема и опускания ножа,
2) штурвальное колесо для вращения поворотного круга,
3) „ „ дышлового управления,
4) „ „ „ выдвижения ножа вбок,
5) рукоятка для наклонной установки задних колес,
6) то же, для передних колес,
7) рукоятка для бокового передвижения задней оси.

Во время работы грейдера грейдеристу приходится одновременно действовать не всеми приспособлениями, а только некоторыми из них. Нож грейдера устанавливается под тем или иным углом к оси дороги на месте, перед началом работы, и остается в таком положении на весь рейс. В зависимости от производимой работы этот угол колеблется от 25 до 55°, причем меньшая

НТБ УДУНТ (ДИТ)

величина угла дается при срезке грунта, а бо́льшая—при перемещении его к оси дороги.

Рис 279. Вид прицепного грейдера с наклонно установленными задними колесами в работе.

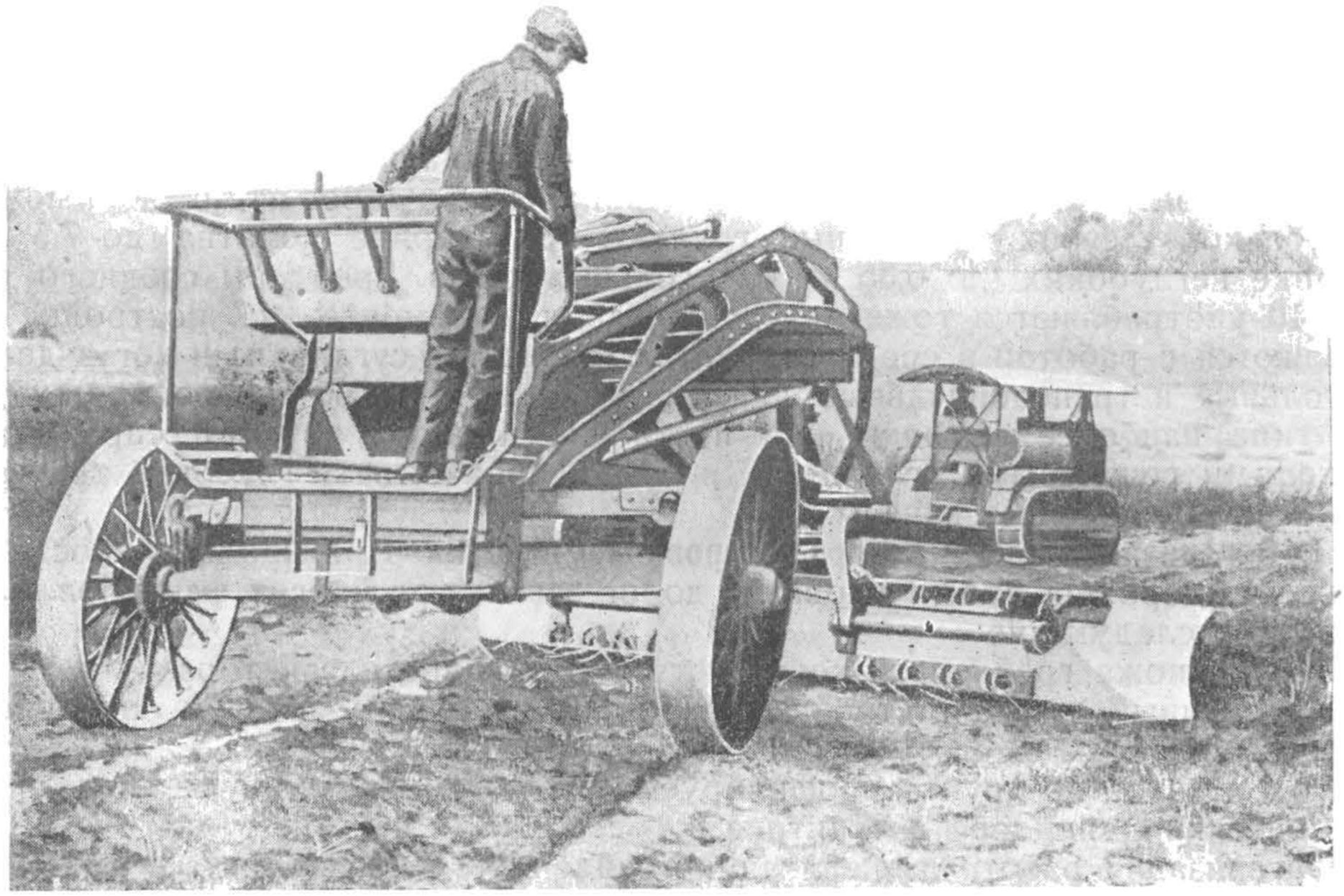


Рис. 280. Грейдер с механизированным управлением.

Во время хода грейдера грейдеристу приходится работать главным образом двумя большими штурвальными колесами, регулируя глубину зарезания ножа в зависимости от характера грунта и рельефа местности. Одновременно с этим

НБ УДУНТ (ДИТ)

грейдерист должен с неослабным вниманием следить за направлением движения грейдера, т. е. за тем, чтобы грейдер шел по направлению разбивки (что особенно важно при первом проходе). При неправильном направлении движения грейдера грейдерист начинает работать штурвалом дышлового управления.

Управление грейдерами особо тяжелых типов одному человеку не под силу, и тогда ставятся два грейдериста. В некоторых американских типах управление грейдером механизировано. Для приведения в действие всех необходимых рычагов у задней площадки помещается двигатель в 10—15 л. с. В таком случае управление грейдером производится одним человеком (рис. 280).

Типы ножевых грейдеров. В зависимости от длины ножа и размеров других составных частей грейдеры принято делить на три вида: грейдеры легкого, среднего и тяжелого типа.

Характеристика распространенных в Америке грейдеров приводится в следующей таблице: [1]

Таблица 107

Показатели	Грейдеры легкого типа				Грейдеры среднего типа				Грейдеры тяжел. типа	
	5′	6′	6½′	7′	7¼′	8′	9′	10′	12′	14′
Длина ножа в *м* . .	1,5	1,8	1,98	2,13	2,2	2,44	2,74	3,05	3,66	4,27
Ширина ножа в *см*	30·0	37,0	—	—	0,6	40,60	—	43,10	50,80	—
Толщина ножа в *мм*	8,0	8,0	—	—	9.5	12,70	—	12,70	—	—
Подъем ножа над землей в *см*	23,0	23,0	—	—	27,8	25,40	—	35,50	31,00	—
Потребная мощность двигателя	2 лошади или трактор 20 л. с.	4 лошади или трактор 20 л. с.	4 лошади или трактор 20 л. с.	6 лошадей или гусеничный трактор 30 л. с.	8 лошадей или гусеничный трактор 30 л. с.	гусеничный трактор 30 л. с.	гусеничный трактор 35—40 л. с.	гусеничный трактор 40—50 л. с.	гусеничный трактор 50—60 л. с.	гусеничный трактор 60—75 л. с.

На заводах СССР в настоящее время изготовляются грейдеры с длиной ножа 1,8 *м*—2,5 *м*—3,6 *м* (6′, 8′ и 12′). По длине ножа, выраженной в футах (американские размеры), грейдерам присвоена нумерация. Так, при длине ножа в 6′ грейдер считается № 6, при длине в 10′—№ 10 и т. д.

Грейдеры легкого типа № 6—7 употребляются главным образом при содержании и ремонте грунтовых дорог; на постройке новых дорог их можно использовать только в легких супесчаных грунтах, при ширине полотна до 7,5 *м* и прокопке неглубоких (до 0,35 *м*) треугольных канав. Грейдеры среднего типа № 8—10 употребляются тоже при содержании и ремонте; на постройке они справляются с работой в средних грунтах (супески и суглинки) и могут делать треугольные и трапецоидальные канавы глубиной до 0,60 *м*. Грейдеры тяжелого типа наиболее выгодны при постройке дороги; хорошо справляются с тяжелыми грунтовыми условиями и могут прокапывать глубокие треугольные и трапецоидальные канавы.

§ 87. Организация работ по профилированию полотна. Производительность ножевых грейдеров на профилировании дорог зависит от многих факторов. Главные из них следующие:

1. Размер ножа грейдера и соответственно мощность трактора.
2. Поперечный профиль строящейся дороги (ширина полотна и поперечного сечения канав).
3. Род и характер грунта профилируемой дороги.
4. Состояние грейдера и трактора.
5. Организация работ, квалификация грейдериста и тракториста и др.

Такое обилие факторов, из которых многие трудно поддаются учету, не дало возможности получить точное математическое выражение производительности грейдера.

---

[1] См. А. И. Анохин „Дорожные машины", 1931, стр. 94.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Для средних условий расчетная формула производительности в *км* одного грейдера с достаточной для практики точностью может быть представлена в следующем виде:

$$П_{км} = \frac{T\eta - (2nt_1 + t_2)}{2n} \times V_{раб.},$$

где T — время часов работы в день;

η — дневной коэффициент использования грейдера—0,80;

n — число проходов грейдера по каждой стороне дороги для полной профилировки зависит от типа грейдера, ширины полотна, формы канавы, от рода грунта и колеблется от 9 до 30.

t_1 — время на повороты в часах = 0,03—0,02. Справедливо, если длина профилируемого участка в *км* равна дневной производительности грейдера;

t_2 — время в часах на прикрепление откосника и удлинителя к ножу грейдера.

$V_{раб.}$ *км*/час = 0,90 $V_{теор.}$ *км*/час.

Приведенную формулу можно применять после составления схем проходов грейдеров, о чем будет сказано ниже.

В процессе профилирования дорог машинами на вид незначительные факторы в общей сложности суммируются в большую величину и сильно отзываются на общей работе отдельной машины или целого отряда. Многие из таких факторов вполне устранимы, если организатор работы, еще до вывода машин в поле, четко представит себе последовательность проходов машины, место питания машины горючим, смазкой, место перестановки ножа и т. п., другими словами, если будет выявлен весь процесс профилирования от начала до конца во всех подробностях. Поэтому является необходимым в мельчайших подробностях до выхода в поле проработать всю организационную сторону, чтобы в поле работа протекала по строго определенному плану.

Разберем, как наилучшим образом организовать работу машин по профилированию. Если у дорожностроительной организации имеется в наличии несколько грейдеров одного или нескольких типов разной мощности, то: 1) можно производить профилировку отдельных участков одной машиной от начала до конца работы (прокопка канавы, перемещение грунта к оси и др.); 2) можно составить целый отряд из машин, и каждый грейдер, или ряд их, будет выполнять одну какую-либо специальную работу (только выемку грунта или только перемещение его к оси и т. п.).

Независимо от того, какой мощности будет машина, в первом случае ей придется выполнять и наиболее трудную работу по выемке грунта из канавы и более легкую по перемещению. Само собой разумеется, что мощность трактора должна соответствовать наиболее трудной работе—прокопке канавы, а следовательно, как мы уже говорили при перемещении грунта не вся мощность будет полностью использована. В этих случаях, как было сказано, к ножу грейдера на время прикрепляются удлинители.

Работы по выемке и перемещению грунта перемежаются между собой. Удлинители то снимаются, то вновь прикрепляются, на что требуется время.

После выемки грунта из канавы, пока машина производит перемещение его к оси, времени проходит много. За этот промежуток в сухую погоду суглинистые и подобные им грунты успеют засохнуть, что сделает их, с одной стороны, более крепкими, с другой—более пыльными, а во время дождя более грязными. Как смена удлинителей, так и последние факторы в значительной степени уменьшают производительность и ухудшают качество профилирования.

Второй способ—работа целого отряда. При правильном подборе грейдеров и тракторов (последние с одинаковыми скоростями) все недостатки первого способа отпадают. Из отрицательных сторон этого способа нужно отметить следующие. Если впереди идущая машина по каким-либо причинам остановится, она задержит работу всех снарядов, идущих за ней. Избежать или уменьшить непроизводительные простои возможно, если дистанция между снарядами будет велика, во всяком случае не менее 100 *м*. Расстояние в 100 *м* при рабочей скорости машины в 2,5 *км*/час дает времени на приведение в порядок остановившейся машины только $\frac{100 \times 60}{2.5 \times 1000} = 2,5$ мин.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Для обеспечения нормальной работы отряда на случай выхода из строя на долгое время впереди идущей машины, снаряды один за другим должны пускаться в известной последовательности. Напр., впереди идет тяжелая машина № 12, за ней № 10 и дальше № 8. Если при такой последовательности выйдет из строя № 12, на его место станет № 10, замещать же № 12 машиной № 8 ни в коем случае не следует.

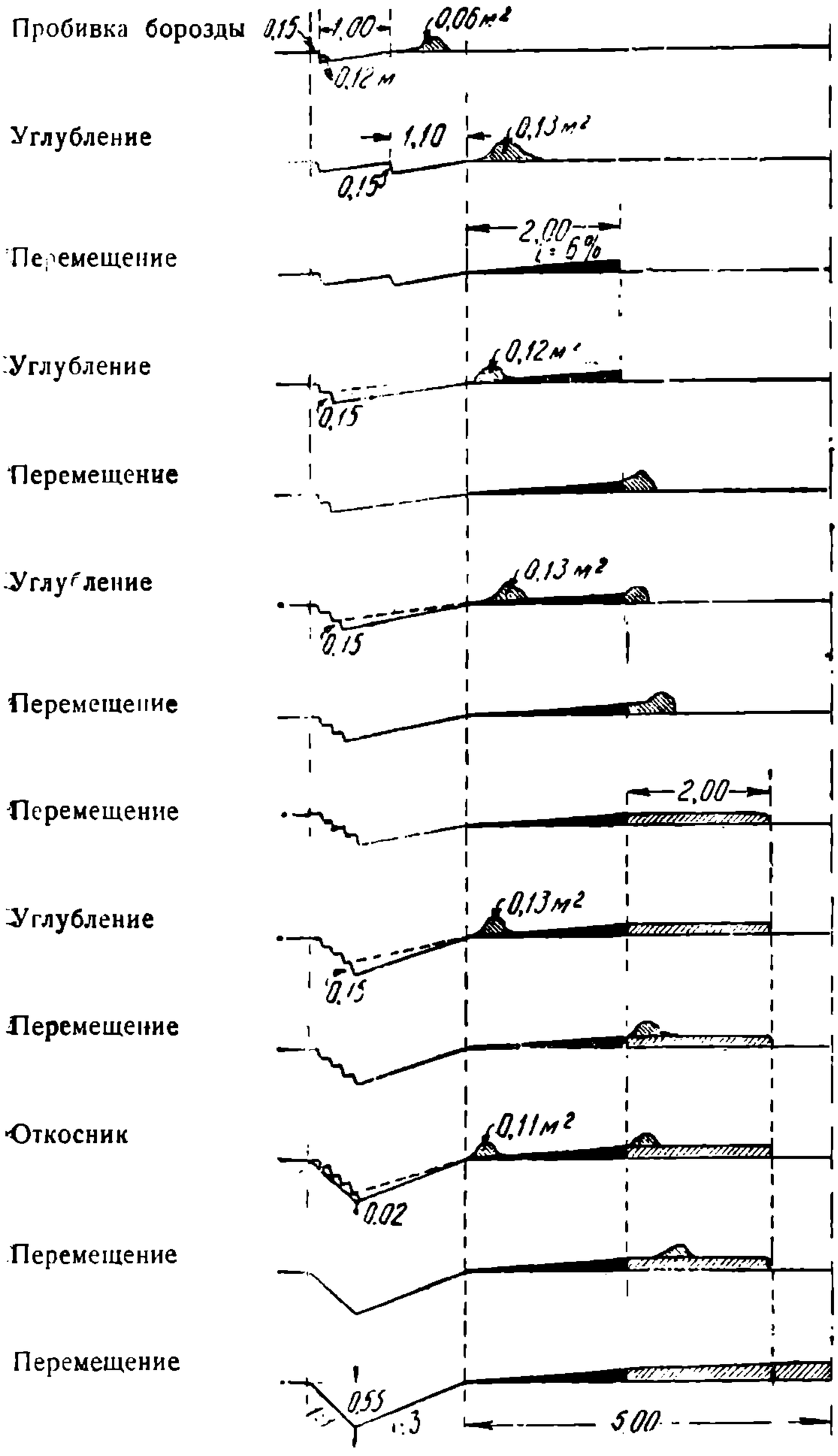


Рис. 281. Тринадцатипроходная схема профилировки с треугольными канавами грейдером № 12.

Составляя из грейдеров отряд для профилирования дороги, нужно учитывать наилучшее соотношение между мощными и легкими грейдерами, а также наиболее допустимую величину всего отряда.

Ниже увидим, что отношение проходов по выемке грунта из канав к проходам по перемещению, в зависимости от мощности снарядов и рода грунта, равняется 1 1,5 до 1 : 3. Приняв во внимание, что на выемку ставятся самые тяжелые типы грейдеров, получим комбинацию отряда из следующих машин:

1) грейдеров № 12—1 шт., грейдеров № 10—1 шт., № 8—1 шт. всего 3 шт.,

2) грейдеров № 12—1 шт., № 10—2 шт. и № 8—1 шт., всего 4 шт.

В обоих случаях грейдер № 8 с лучшим успехом может быть заменен № 10.

Если отряд будет составлен только из одного типа грейдеров № 12, то работа его и организационно и в смысле производительности будет стоять выше работы первых двух отрядов. Увеличение количества машин в наибольшем отряде против указанного или объединение двух отрядов вместе — отрицательно повлияют на производительность, так как больше будет возможностей для всяких замешательств, больше будет холостых проходов при работе и обязательно будут холостые проходы с одной стоянки на другую. Во всяком отряде к каждому грейдеру № 12 должен быть в запасе один удлинитель, а ко всем остальным грейдерам по два удлинителя.

Тяговые средства отряда—тракторы должны иметь примерно одинаковую ходовую скорость, иначе неизбежны простои или потеря времени при перегонах.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Будет ли профилирование дороги производиться одной машиной или целым отрядом, производительность работы в значительной степени зависит от длины профилируемого за один охват участка. Если бы длина участка была, положим, 100 *м*, при рабочей скорости трактора в 2,5 *км*/час = 40 *м*/мин., машина должна была бы повернуть через 100 : 40 = 2,5 мин. Процесс поворачивания занимает около 20 мин., что составляет от времени на чистую работу $\frac{2,0 \times 100}{2,5} = 80\%$.

На длине участка в 1 *км* потребное время на работу за проход равняется 1000 : 40 = 25 мин.; поворот же остается той же величины, в 2,0 *м*. Следовательно, на поворот потребуется времени от чистой работы всего $\frac{2,0 \times 100}{2,5} = 8\%$.

В первом случае непроизводительно теряется 80%, во втором—только 8%. Значит, увеличивать длину участка выгодно, но, конечно, до известного предела. Ограничивающими условиями являются: 1) необходимость от начала до конца, за один день, закончить профилировку данного участка; 2) необходимость, с целью наилучшей организации питания отряда, увязывать число дневных рейсов с рабочей скоростью движения трактора и расположением базы и 3) препятствия в виде мостов, ручьев, рек, выемок, насыпей, переход которых каждым холостым проходом грейдера будет являться потерянным временем,

Наиболее выгодным для профилирования следует считать участок, у которого длина в километрах равна или кратна рабочей скорости хода снаряда, выраженной в *км*/часах. Аналитически это можно записать так:

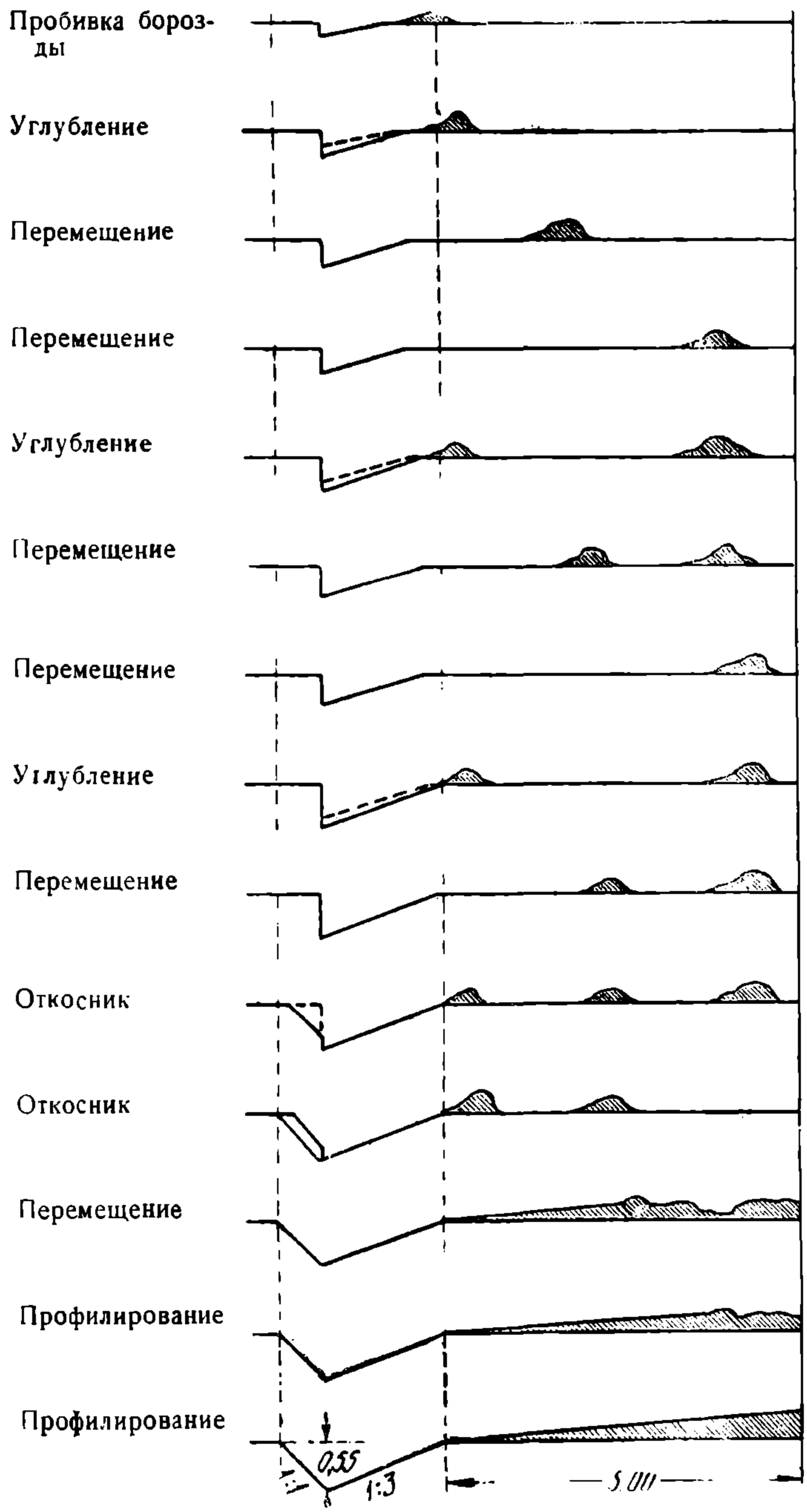


Рис. 282 Четырнадцатипроходная схема профилировки грейдером № 12.

$$L \text{ км} = \alpha V_{\text{раб.}},$$

где L — искомая длина участка в *км*;

V — рабочая скорость трактора в *км*/час;

α — коэффициент кратности, равный $^1/_4$, $^1/_2$, и т. д.

Напр., при скорости тракторов в 2,5 *км*/час длина участка может быть выбрана $L = {}^1/_4 . 2,5 = 0,62$ *км*, $L = {}^1/_2 . 2,5 = 1,25$ *км* и т. д

НБ УДУНТ (ДІІТ)

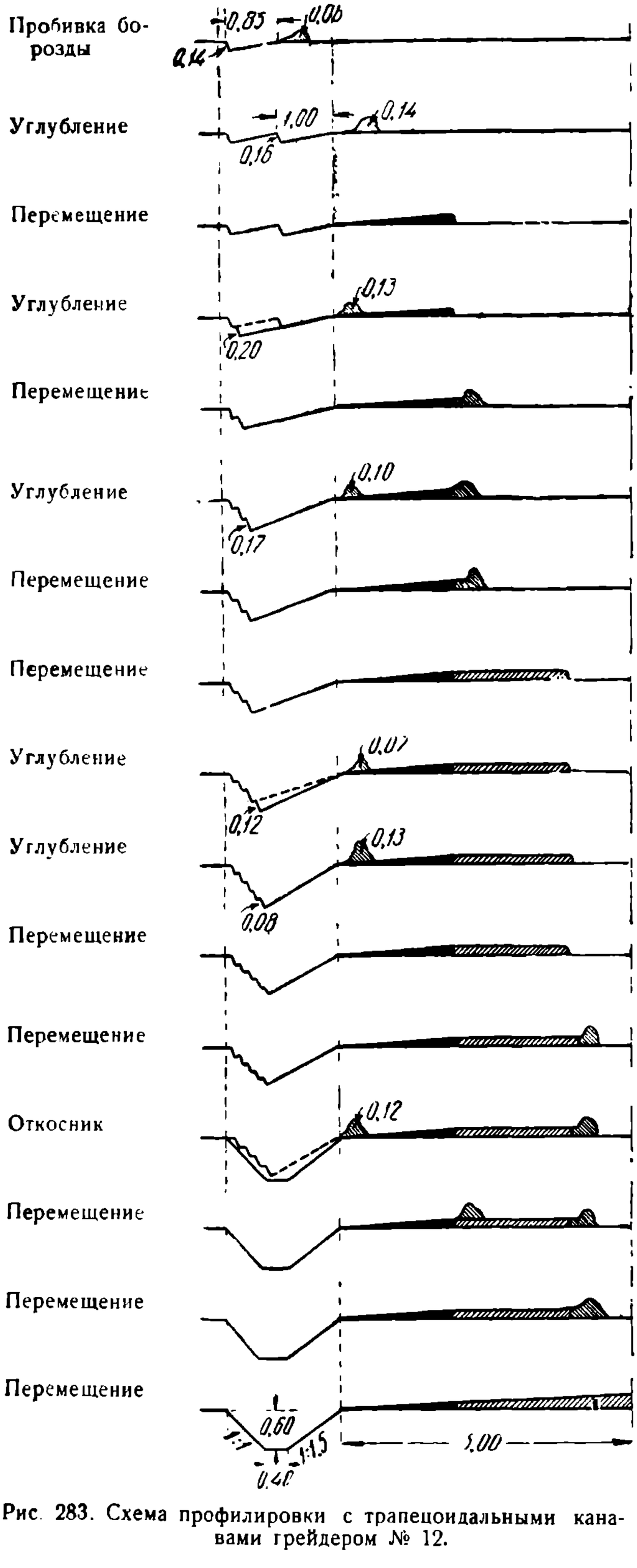


Рис. 283. Схема профилировки с трапецоидальными канавами грейдером № 12.

§ 88. Составление схем профилировки. Сообразуясь с наличием в дорожностроительной организации профилировочных снарядов, установив принцип организации отряда, выбрав поперечный профиль дороги (главным образом канав), приступают, на основе строгой плановости, к составлению схем проходов грейдеров. Для примера приведем четыре вида схем (рис. 281, 282, 283 и 284):

1) для устройства профиля с треугольными канавами одним ножевым грейдером № 12;

2) то же, при несколько отличном способе производства работ;

3) то же, с трапецоидальными канавами;

4) для устройства профиля с треугольными канавами отрядом из грейдеров: № 12—1 шт., № 10—1 шт. и № 8—1 шт.

Первая схема является американской. В СССР она за небольшим изменением в 1931 г. была проверена на работах на Северном Кавказе и в Ленобласти. Особенность этой схемы заключается в том, что:

1. Первые два прохода осуществляют выемку грунта из канавы на всю проектную ширину ее, что позволяет снятый дерн, не разрыхляя, уложить третьим проходом грейдера на обочине.

2. Создание профиля за счет выемки грунта из канав производится постепенно—от бровки полотна к оси дороги, что имеет свои преимущества и недостатки. Преимущество в том, что все последующие по перемещению грунта проходы машин будут уплотнять прежде отложенный свежерассыпанный грунт. Недостаток — теряется часть мощности двигателя на проходы трактора по неуплотненному грунту.

3. На выемке грунта нож грейдера всегда находится под небольшим углом по отношению к горизонту, что позволяет ножу зарезать большую площадь и больше использовать мощность трактора.

Вторая схема, в отличие от первой, имеет следующие особенности:

НБ УДУНТ (ДИТ)

1. Ширина канавы по верху получается только в результате нескольких проходов по выемке, отчего дерн срезается небольшими пластами и, размельченный дальнейшими проходами, передается на создание профиля.

2. Нож грейдера при выемке устанавливается под большим углом к горизонту, площадь срезания не велика, и трактор загружается не полностью.

3. Вынутый из канавы грунт передается к оси по плотной поверхности земли, что облегчает работу трактора и дает возможность перемещать большее количество грунта. Такой порядок перемещения не дает возможности свеженасыпанному грунту уплотняться, отчего движение по дороге в первое время будет более затруднено, чем при первой схеме.

4. При прокопке глубоких канав (более 0,50 *м*) откосник не в состоянии произвести срезку внешнего откоса за один раз, значит, потребуется сделать на один проход больше по сравнению с первой схемой.

Четвертая схема имеет большее число проходов, что объясняется введением в отряд менее мощных грейдеров. Сравнивая первые две схемы с последней, видно, что при работе одним грейдером тяжелого типа на спрофилирование 1 *км* требуется затратить 13 проходов, при последней—16 проходов.

Подсчитаем, сколько силочасов затрачивается на профилирование по первой и по последней схемам.

Обычно прокопка (углубление) и отделка канавы откосником производятся на первой скорости, а перемещение грунта по полотну—на второй скорости трактора (некоторые проходы по перемещению, при хорошей организации, могут производиться и на третьей скорости). Значит 6 проходов совершаются на первой скорости (см. схему) или на 1 *км* профилирования приходится пройти 12 *км* пути; на второй скорости $7 \times 2 = 14$ *км* пути. Отсюда, при 13 проходах

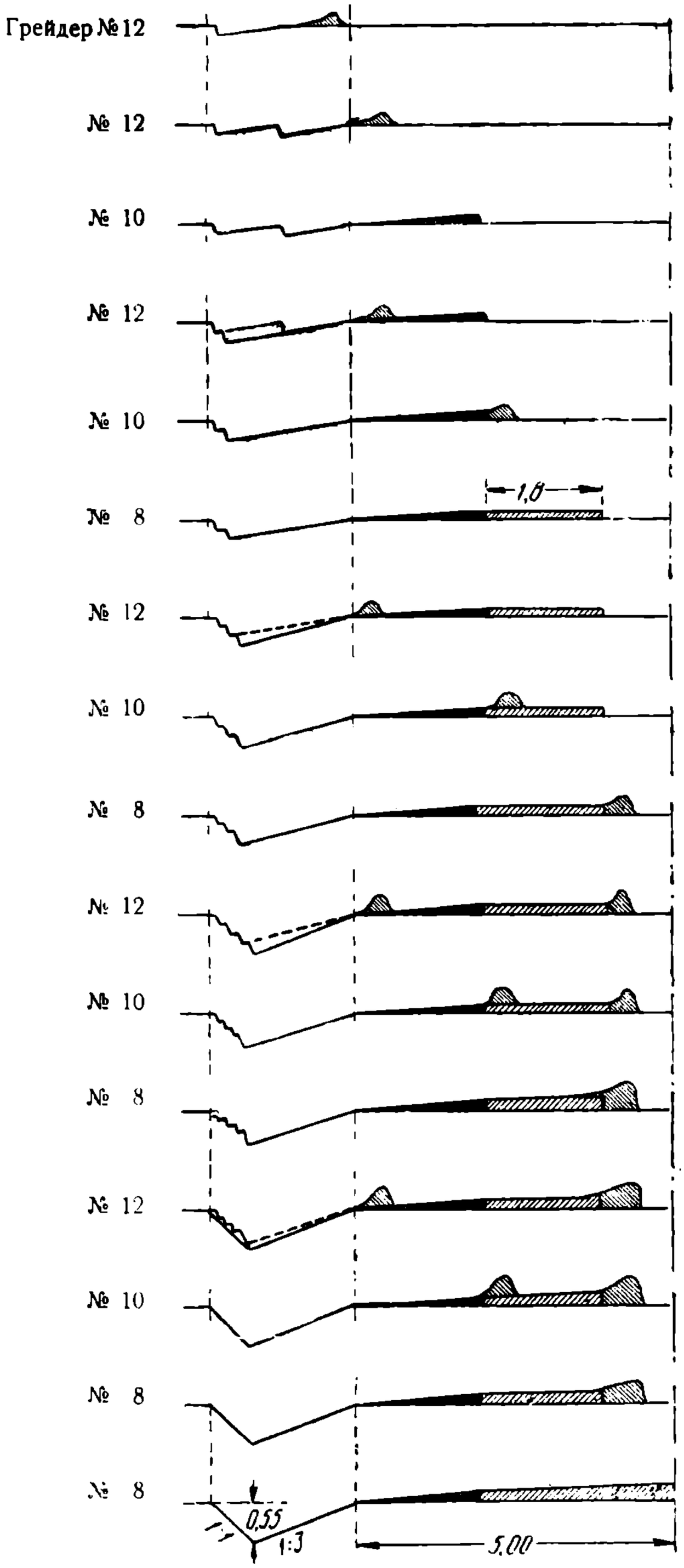


Рис. 284. Шестнадцатипроходная схема профилировки с треугольными канавами.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

по одному километру, на чистую работу потребуется времени $\frac{12}{2,5} + \frac{14}{4} = 8,3$ час. На вспомогательные работы будет затрачено: на повороты $2 \times 2 \times 13 = 52$ мин., на установку откосника—15 мин., на снятие откосника—5 мин., на установку удлинителя — 10 мин. и на снятие его — 5 мин., всего $52 + 15 + 5 + 10 + 5 = 87$ мин. $\sim 1,5$ часа. Всего же на спрофилирование 1 *км* будет затрачено времени $8,3 + 1,5 = 9,8$ час. или за 7-часовой рабочий день один грейдер № 12 спрофилирует $7 \quad 9,8 = 0,71$ *км*. При дневном коэффициенте использования трактора в 0,80 и мощности трактора „Катерпиллер" на крюке 48 л. с. будем иметь затрату на 1 *км* $\frac{48 \times 8 \times 0,80}{0,71} = 380$ сило-часов.

По последней схеме имеем 16 проходов, из них трактор 48/60 л. с. на углублении и с откосником делает 6 проходов на первой скорости, трактор „Коммунар 40/50" или ему подобный) на перемещении делает 5 проходов, теоретически на второй скорости, и трактор „Интернационал 20/30" (или лучше гусеничный с этой же мощностью) на перемещении делает 5 проходов, теоретически на второй скорости. Грейдеры № 10 и № 8 работают на одной только работе—перемещении—с постоянно укрепленными удлинителями. Практически все тракторы работают примерно на одних скоростях, так как нельзя рассчитать их работу так, чтобы сзади идущие при больших скоростях не догнали медленно идущие впереди тракторы с грейдером № 12.

Время, затрачиваемое каждым снарядом на спрофилирование 1 *км*, приводится в следующей таблице:

Таблица 108

Наименование трактора	Время чистой работы в час.	Время на повороты, в час	Время на установку и снятие откосника, в часах	Всего часов
„Катерпиллер" 48/60 л. с. .	$\frac{2 \times 6}{2,5} = 4,8$	$\frac{2 \times 2 \times 6}{60} = 0,40$	$\frac{15 + 5}{60} = 0,33$	5,53
„Коммунар" 40/50 л. с. .	$\frac{5 \times 2}{2} = 5,0$	$\frac{2 \times 2 \times 5}{60} = 0,33$	—	5,33
„Интернационал" 15/30 л. с.	$\frac{5 \times 2}{2} = 5,0$	$\frac{5 \times 2 \times 2}{60} = 0,33$	—	5,33

По этой таблице на профилирование 1 *км* требуется $(5,53 \times 48 + 5,33 \times 40 + 5,33 \times 15) \times 0,80 = 447$ сило-часов.

Данный цифровый подсчет показывает, в подтверждение ранее сказанного, что наиболее выгодно применение при профилировке тяжелого типа грейдера работающего в одиночку.

На производительность работы грейдера независимо от его типа, оказывает значительное влияние форма сечения канавы. Если для создания профиля дороги требуется вынуть из канавы определенное количество грунта, то глубина канавы с более пологими внутренними откосами будет меньше, и наоборот. Увеличение глубины и крутизны канавы требует лишних проходов грейдера, во-первых, потому, что приходится поднимать грунт на большую высоту, а это вызывает затрату некоторой мощности трактора; во-вторых, потому, что нож грейдера устанавливается под большим углом к горизонту и работает не всей своей длиной.

Так как трапецоидальной формы канавы обычно делаются с более крутыми внутренними откосами и большей глубины (см. технические условия Цудортранса), то на профилирование дороги с ними требуется времени больше, чем с треугольными (более пологими), примерно в 1,25—1,5 раза. Разницу в производительности машин при постройке трапецоидальных и треугольных канав можно видеть из нижеприводимой таблицы полученной в результате наблюдений за работой по профилировке грунтовых дорог в Московской области.[1]

[1] См. „Строительство дорог Моск. обл.", книга 1,. стр. 56.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 109

Профиль	Объем земляных работ в $м^3$			
	На одну работающую машину	На одну углубляющую машину	На одну отвалирующую машину	Момент перемещения на одну машину, *м*
Трапецоидальный 1:1 и 1:2	0,024	0,059	0,043	0,076
Треугольный 1:1 и 1:4	0.032	0.092	0,050	0,098

Здесь при прокопке канавы треугольного сечения машина вынимает грунта в $\frac{0,092}{0,052} = 1,5$ раза больше, чем при трапецоидальном, а перемещает в $\frac{0,050}{0,043} = 1,16$ раза больше. Соотношение количества проходов для трапецоидального и для треугольного сечения (рис. 281 и 284) $16 : 13 = 1,3$ подтверждает полностью таблицу.

Нормы ЦИАТа [1] дают следующую производительность грейдеров за 8 час работы в *км* в зависимости от его мощности, ширины профилируемого полотна и условий работы.

Таблица 110

№№ п/п	Ширина в *м*	6,5			7,5			8,5			9,5		
	Условия работы / Тип Грейдера	Легкие	Средние	Тяжелые	Легкие	Средние	Тяжелые	Легкие	Средние	Тяжелые	Легкие	Средние	Тяжелые
1	Грейдер № 12	—	—	—	0,750	0 625	0,425	0,625	0,535	3,63	0,535	0,438	0,270
2	№ 8	—	—	—	0,520	0,337	0,246	0,375	0,306	0,227	—	—	—
3	№ 7	—	—	—	0,208	0 242	—	—		—	—	—	—
4	№ 6	0,173	0 20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1. Понятие „Условия работы" (легкие, средние, тяжелые) для норм грейдеров № 12 и 8 обнимают как почвенно-групповые условия, так и количество земляных работ по поперечному профилированию, связанное с глубиной и заложением откосов канав.

При пользовании нормами в каждом конкретном случае надлежит учитывать оба отмеченных фактора.

2. Для грейдеров № 7 и 6 под условиями работы подразумеваются только почвенно-грунтовые условия.

Для этих грейдеров меньшая норма выработки в легких условиях объясняется тем, что на песчаных грунтах требуется большое количество проходов колесных тракторов.

Самая тщательная профилировка, произведенная высококвалифицированным персоналом, не дает проектного поперечного профиля дороги. Местами он бывает однобоким, местами не засыпаны впадины, ямы, и почти на всем протяжении остаются неразравненными валы. Все это делает вновь спрофилированную дорогу трудно проезжей, а с внешней стороны придает ей вид незаконченной работы. Для ликвидации указанных недоделок и для выглаживания полотна вслед за построечным отрядом назначается автогрейдер, а если такового нет—тракторный утюг. Производительность автогрейдера и утюга на указанной работе зависит от числа проходов, скорости движения снаряда, а эти оба фактора—от состояния профиля после ухода отряда по профилировке.

Все вышеприведенные четыре схемы профилировки относятся к работе в нулевых местах. Поэтому заглубление канавы во многом зависит от рельефа местности. Рельеф местности, за исключением равнинных степных районов, в большинстве случаев изменяется через короткие расстояния, отчего продольный профиль спрофилированной дороги и ее канав представляет собою

[1] Типовые комплекты мапино-дорожных отрядов и нормы работы машин, ЦИАТ, 1932 г.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

волнистую (вид синусоидов) линию. С целью придания дороге надлежащего продольного профиля, пригодного для автодвижения и могущего послужить в будущем основанием для дороги с покрытием, необходимо произвести ряд мелких земляных работ, выразившихся в нашем конкретном случае цифрой: 13,3 трактора/дня на 1 *км* дороги.

Работа по выравниванию продольного профиля должна быть произведена до прихода профилировочного отряда. Если же эти отряды будут объединены в один, то профилировочные снаряды идут вслед за снарядами по земляным работам и во всяком случае не впереди их.

Указанные работы по выравниванию продольного профиля необходимы, но еще недостаточны для придания полотну, главным образом канавам, надлежащего продольного профиля. Окончательное выправление в значительной степени зависит от внимательности и тщательной работы грейдериста. Он прежде всего обязан иметь элементарные сведения о профилях дорог, о водоотводе; тогда ему яснее станет, почему он должен *неослабно*, в процессе работы, следить за поднятием и опусканием ножа как по углублению, так и по перемещению. Чтобы не полагаться в этом случае исключительно на внимание и умение грейдериста, можно практиковать в местах, где требуется больше углубить или приподнять нож, на внешней бровке канавы выставлять условные знаки—колышки с прибитыми к ним дощечками. Напр., приподнятая вверх дощечка будет указывать на необходимость поднять нож вверх, опущенная вниз—на более глубокое его погружение.

Не менее важная задача—получить прямолинейность спрофилированной дороги в плане. Это достигается умелой разбивкой дороги перед профилировкой. Приведем два способа разбивки.

1-й способ применяется, когда грейдер прикрепляется к трактору жесткой сцепкой. При этом способе створы выставляются для направления по ним пробки радиатора трактора. Место установки створных кольев от внешней бровки должно равняться $\frac{1}{2}\ b + a + 0{,}15$ *м*, где b — ширина хода колес или гусениц трактора в *м*, a — величина выступающей части ножа грейдера от колес или гусениц трактора в сторону пробиваемой борозды в *м*. По этой разбивке держит направление тракторист.

2-й способ. Здесь грейдер прикрепляется к трактору тросом или цепью длиною 7,5 *м*. Колышки забиваются по внешней бровке канавы. Грейдер по отношению к трактору смещается вправо с таким расчетом, чтобы обрез правой гусеницы трактора шел левее колышков на 2 *м*, а нож грейдера делал зарез в 15 *см* левее колышков. В этом случае грейдерист идет по створу, регулируя движение грейдера, если трактор отклонится в сторону. В свою очередь и тракторист не пассивен. Он все время ведет трактор на определенной 2-метровой дистанции гусеницы от колышков.

Существует и еще ряд способов разбивки, но все они дают худшие результаты в сравнении с указанными. Возможность применения последних определяется местными условиями. В сильно пересеченной местности и при неопытных грейдеристах лучше применять первый способ; в степных районах и с опытными водителями грейдеров преимущество нужно отдать второму способу, тем более, что он дает еще возможность применять нежесткую сцепку, что ставит в лучшие условия работу грейдера и трактора. В обоих способах колья ставятся в расстоянии 20—30 *м* один от другого; на кривых и в пересеченной местности это расстояние уменьшается вдвое.

§ **89. Организация работ по постройке дороги машинами**. Выше были рассмотрены отдельные виды работ по постройке грунтовых дорог. Из рассмотрения ясно, как все виды организационно и по производственному принципу связаны между собой. При выполнении всех работ должна существовать определенная последовательность, и только правильно принятый порядок работ будет наиболее рационален и экономичен. Если бы все виды работ выполнялись одной какой-нибудь машиной, то организация работы не составила бы труда. Но обыкновенно разные работы требуют для своего выполнения разных машин и если число их для каждого вида не будет точно рассчитано, то произойдет недостаток одних и простой других. Поэтому, каков бы ни был объем работы при постройке дороги, дорожная организация, прежде чем

НТБ УДУНТ (ДИТ)

приступить к работе, должна составить четкий, со всеми подробностями план ее выполнения.

В первую очередь устанавливается количество работ, подлежащих выполнению по постройке дороги в целом, что сводится к составлению ведомости работ и соответствующих пояснительных записок. Вторая задача—наметить сроки выполнения работ в целом и отдельных видов их, что осуществляется составлением календарного плана. При составлении этого плана выявляются все производственные возможности дорожно-строительной организации. Возникает вопрос о наборе и подготовке квалифицированных рабочих, подготовке водителей машин, техперсонала, заключаются договоры на машины с МТС, отделами механизации и др., с колхозами—на рабсилу, заготовляются инструмент, спецодежда, производится постройка жилищ и т. п. Если на строящуюся дорогу доставить подсчитанное количество машин, рабсилу, техперсонал и т. п. и не расставить их по принципу полной увязки всех отдельных звеньев, будет нарушен составленный календарный план. В процессе работы в этом случае получится неполное использование машин и рабсилы, неминуемы организационные неувязки, падение производительности труда, ненужные переброски машин, рабсилы и т. п. Во избежание всего этого одновременно и неразрывно с составлением календарного плана составляется график использования машин и рабсилы.

Строгая плановость работы, положенная в основу всего нашего социалистического народного хозяйства, и в данном случае облегчит проведение хозрасчета и учета, элементы которых вместе с нормами должны быть доведены до каждого работника дорожного строительства. Параллельно с этим должно итти прикрепление рабсилы к определенным машинам, во избежание обезлички и безответственности, внедрение социалистических методов труда—ударничества и соцсоревнования, стимулируемого также применением системы премиального вознаграждения за превышение норм при условии высокого качества выполнения.

§ 90. Составление ведомости работ. Для примера составления ведомости работ рассмотрим случай постройки новой дороги протяжением 50 *км* с перспективной напряженностью движения 500 *т* бру то в сутки Ситуационный план и грунты представлены на развернутой линейной схеме (рис. 285); количество земляных работ—на каждом километре; расстояние подвоз и см. стр. 350.

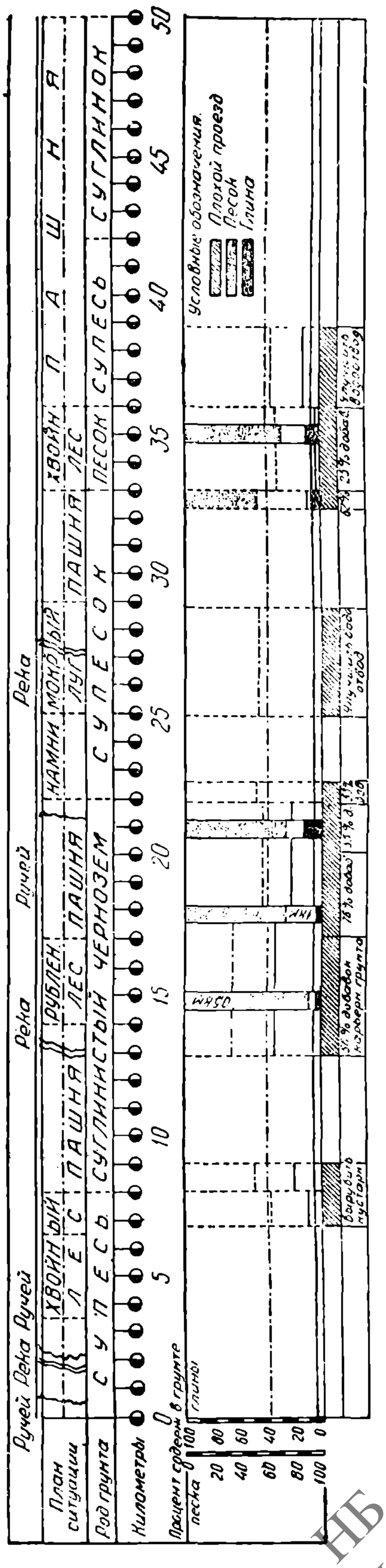


Рис. 285. Линейная схема

На основании имеющихся данных составим ведомость работ на постройку 50 *км*.

НБ УГЛТУ (ДІТ)

Ведомость работ, потребной рабсилы и машин для постройки машинами 50 км грунтовой дороги, шириной 10,0 м

№№ по пор.	Ссылка на урочные нормы	Наименование и подсчет: работ, рабсилы и машин	Измеритель	Количество работ	Количество рабсилы	Количество машин	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8
1		Произвести разбивку полотна дороги перед профилировкой на протяжение	*км*	50,00	—	—	
	Св. пр. норм. вып. II, 132—111	Техников $\frac{3,8 \times 50}{8}$.	дней	—	24	—	Делением на 8 рабочие часы переводятся в рабочие дни
		Рабочих $\frac{15,2 \times 50}{8}$	дней	—	95	—	
2	Ур. пол. §§ 99б и 100	Произвести рубку смешанного и хвойного посредственной густоты леса на *км* 3,5—6,5 и 33—36	*км*	6,00	—	—	
		$\frac{(10,0+2\times2,4+8)\times6\,000}{10\,000}$	*га*	13,68	—	—	10,0 *м* — ширина полотна; 2,4 × 2 — ширина 2 кюветов по верху; 8 — вырубленная полоса по 4 *м* за обрезы кювета; 6 000 = = 6 *км*
		Рабочих 13,68 × 265 × 0,6	дней	—	—	2175	
3	Ур. пол. §§ 99б и 100	Произвести рубку кустарника на 6,5—8 *км*	*км*	1,50	—	—	
		$\frac{(10,0+2\times2,4+8)\times1\,500}{10\,000}$	*га*	3,42	—	—	
		Рабочих 3,42 × 40 × 0,60	дней	—	82	—	
4		Произвести корчевку пней свеже и прежде срубленного леса на 3,5—6,5; 14—16; 33—36	*км*	8,00	—	—	
		$\frac{(10,0+2\times2,4+2)\times8\,000}{10\,000}$	*га*	13,44	—	—	(10 + 2 × 2,4 + 2 = = *D* + 2) см. стр. 328
		пней $\frac{30 \times 13.44}{0,07}$.	—	5760	—	—	30 обозначает площадь в $м^2$ пней на одном *га* средн. густоты леса $0,07 = \frac{\pi d^2}{4}$, где *d* — диаметр пня принят = 0,30 *м*
		Тракторов ФП—20 л. с. $\frac{5\,760}{80}$	дней	—	—	72,000	80 — производительность ФП в рабочий день (стр. 333)
		Рабочих 72 × 6.	дней	—	432	—	6 рабочих при работе одного трактора
5		Произвести корчевку кустарника риппером на 6,5—8 *км*	*км*	1,50	—	—	
		$\frac{(10+2\times2,4+2)\times1\,500}{10\,000}$	*га*	2,52	—	—	
		Тракторов ФП—20 л. с. $\frac{2,52}{1,00}$	дней	—	—	2,520	1,0 — производительность с 5-ю зубьями риппера (см. стр. 334)
6		Произвести уборку камней тракторами на *км* 22—25	*км*	3,00	—	—	
		$\frac{(10,0+2\times2,4+2)\times3\,000}{10\,000}$	*га*	5,04	—	—	300 означает количество $м^3$ камней на одном *га* (в нашем случае задаемся). В действительн. подсчитыв.
		300 × 5,04	$м^3$	1 512	—	—	

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 111

№№ по пор.	Ссылка на урочные нормы	Наименование и подсчет: работ, рабсилы и машин	Измеритель	Количество: работ	Количество: рабсилы	Количество: машин	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8
		Камней крупностью до 0,6 $м^3$; $\frac{1\,512 \times 0{,}31}{0{,}4}$	штук	1172,0	—	—	0,31 = 31% камней величиной до 0,6 $м^3$ (задаемся), 0,4 $м^3$-средняя величина камней
		Тракторов ФП — 20 л. с. $\frac{1\,172}{40}$	дней	—	—	29,300	40 – норма удаления трактором камней в день (стр. 336)
		Рабочих 29,3 × 1	дней	—	30	—	1 рабочий при тракторе (стр. 336)
		Камней крупностью 0,6—1,0 $м^3$; $\frac{1512 \times 0{,}45}{0{,}8}$	штук	851,00	—	—	0,45 = 45% камней велич. 0,6—1,0 $м^3$, 0,8 $м^3$ средняя величина камней
		Тракторов гусеничных 60 л. с. $\frac{851}{30}$	дней	—	—	28,600	30— норма удаления трактором камней в день (стр. 336)
		Рабочих 28,6 × 1	дней	—	29	—	
		Камней крупностью 1—1,5 $м^3$; $\frac{1\,512 \times 0{,}24}{1{,}2}$	штук	302,00	—	—	0,24=24% камней велич. 1,0 – 1,5 $м^3$; 1,2 $м^3$— средняя велич. камней.
		Тракторов 60 л. с. $\frac{302}{20}$	дней	—	—	15,000	20 – норма удаления трактором камней в день (стр. 336)
		Рабочих 15 × 1 . . .	дней	—	15	—	
7		Произвести мелкие земляные работы (выемки и насыпи) для выравнивания продольного профиля на 0—50 *км*	*км*	50,00	—	—	
		Тракторов Ф 1 4,3 × 50	дней	—	—	215,00	4,3 трактор/дня потребно на 1 *км* (см. стр. 350)
		Рабочих 215 × 1,0	дней	—	215	—	1 рабочий при скрепере
		Тракторов 60 л. с. (3 + 3) × × 50	дней	—	—	300,00	3 и 3 трактор/дня потребно на 1 *км* (см. стр. 351)
8		Рабочих 300 × 4	дней	—	1 200	—	4—по 2 рабочих на поезд (стр. 342)
		Произвести профилировку дороги отрядом из 3 грейдеров: № 12, № 10 и № 8 в супесчаном грунте 0—8 *км*	*км*	8,00	—	—	Согласно схемы 4-й и таблицы стр. 366 грейдер № 12 работает 5,53 часа. За ним последовательно идут № 10 и № 8, не удлиняя времени профилировки за исключением последнего прохода грейдера № 8. Этот последний проход совершается на 2-й скорости, когда № 12 и № 10 уйдут на д участок. След. дополнительно затрачивается времени $\frac{1 \times 2}{4} = 0{,}5$ час. Т. образ. на спрофилирование 1 *км* целым отрядом будет затрачено времени 5,33 + 0,5 = 6 ч. или за 8-часовой рабочий
		Тракторов 30 л. с., 50 л. с. и 30 л. с. $\frac{8}{1{,}1}$	дней	—	—	7,700	
		То же, суглинистого чернозема с трапецоидальными кюветами *км* 8—22	*км*	14,00	—	—	
		Тракторов 60 л. с. и 30 л. с. по $\frac{14}{0{,}9}$	дней	—	—	15,500	
		То же, супесчаного грунта на *км* 22—33	*км*	11,00	—	—	
		Тракторов по $\frac{11}{1{,}1}$	дней	—	—	10,000	

НТБ УГЛТУ (ДГТ)

№ № по пор	Ссылка на урочные нормы	Наименование и подсчет. работ, рабсилы и машин	Измеритель	Количество			Примечания
				работ	рабсилы	машин	
1	2	3	4	5	6	7	8
							день, приняв коэфиц. использов машин 0,85, отряд выполнит $\frac{8}{6} \times$ $\times 0{,}85 = 1{,}13$ и 1,10 *км* Из сравнения схем 1 и 3 можно видеть, что для трапецоидального сечения кюветов затрачивается $\frac{16-13}{13} \times$ $\times 100 = 23\%$ времен. больше, чем на треугольный, след., дневная производительн. отряда для трапецоидального сечения будет $\frac{1{,}10}{1{,}23} = 0{,}9$ *км*
		То же, на песчаном грунте на *км* 33—36	*км*	3,00	—	—	
		Тракторов по $\frac{3}{2}$	дней	—	—	1,500	
							В песчаных грунтах профилировка ограничивается срезкой дерна и еще одним углублением, всего 7 проходов, из коих 3 прохода № 12, 2 прохода № 10 и 2 № 8 (см. схему 4). На это потребуется времени $\frac{3 \times 2}{2{,}5} \times \frac{15+5}{60} +$ $+ \frac{1 \times 2}{4} = 3.23$ ч., а производительность в день $\frac{8}{3{,}23} \times 0{,}8 = 2$ *км*
		То же в супесчаном грунте на *км* 36—42	*км*	6,00	—	—	
		Тракторов по $\frac{6}{1{,}1}$.	дней	—	—	5,500	
		Тоже, на суглинистом грунте на *км* 42—50	*км*	8,00	—	—	
		Тракторов по $\frac{8}{0{,}9}$	дней	—	—	9,000	
9		Произвести вслед за профилировкой полотна утюжку на *км* 0—50	*км*	50,00	—	—	
		Тракторов ФП—20 л. с. $\frac{4{,}55 \times 50}{8}$	дней	—	—	28,500	

§ 91. Составление календарного плана. Составленная ведомость говорит нам о примерном количестве рабсилы и машин, какое потребуется на постройку 50 *км* дороги. В каком порядке будет производиться работа, сколько нужно иметь рабочих, машин, как снабжать рабочих и машины питанием и многое другое из ведомости не видно. Помимо этой ведомости, нужно иметь полную картину строительного процесса от начала до конца, в той последовательности, какая необходима для наиболее успешного и экономически целесообразного проведения работ с наименьшим числом рабочих и машин. В то же время организацию работ нужно построить так, чтобы одна группа рабочих и машин не задерживала другую. С этой целью на всякую работу в подготовительный (зимний) период составляется к лендарный план выполнения работ и график использования рабсилы и м шин. В нем должно быть четко указано положение каждой машины и рабочего во времени и по месту работ.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

На рис. 286 представлен такой график из предположения, что 1) постройка дороги начнется 1 июня и закончится к 25 июля, 2) работа производится при 6-дневной прерывной неделе с выполнением некоторых работ в две смены.

Принцип построения графика такой: по оси абсцисс в каком-то масштабе откладываются дни, по оси ординат – километры (масштабы могут быть разные). Затем устанавливается порядок работ. В нашем случае в первую очередь должна

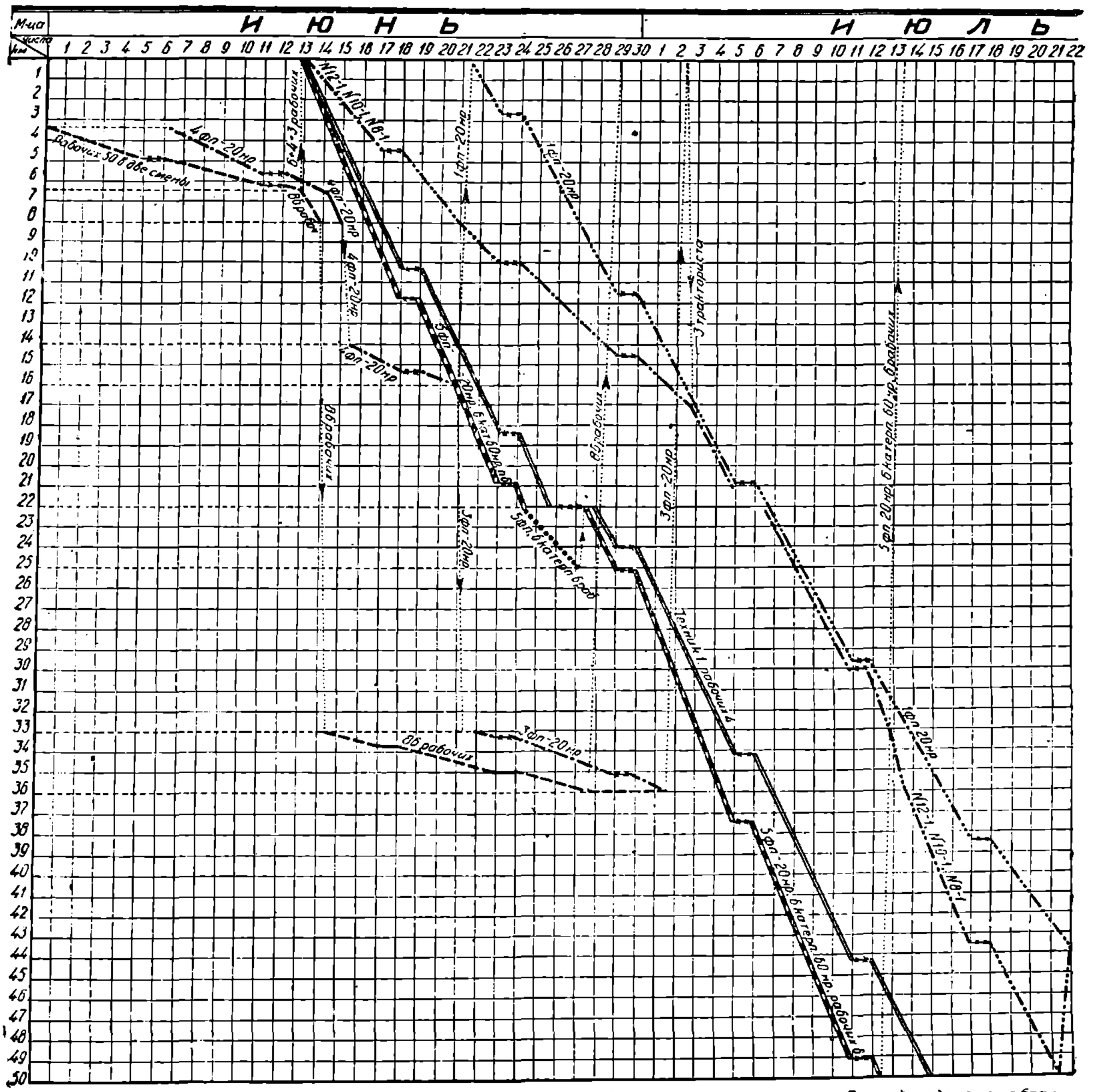


Рис. 286. График календарного плана выполнения работ и использования машин и рабсилы.

быть выполнена вырубка леса, так как до этой работы нельзя приступить к корчевке пней, не говоря уже о производстве земляных работ, профилировке и друг. В других случаях, если, напр., растущий лес имеется на дальних от начального пункта километрах, можно было бы приступить к корчевке, а если таковая не требуется, то к земляным работам. Последние во всех случаях предшествуют профилировке, а если даже оба отряда иногда объединяются, то на графике отмечается отдельно: сколько машин занято на профилировке и сколько на земляных работах.

НВ УДУНТ (ДИТ)

От начального пункта растущий лес находится на *км* 3,5—6,5. По ведомости на вырубку 6 *км* леса требуется 2175 рабочих, следовательно, на 3 *км* нужно $\frac{2175 \times 3}{6} = 1088$ рабочих дней. Пусть эту работу будут производить 99 рабочих, тогда 3 *км* будут выполнены в $\frac{1088}{99} = 11$ календарных дня (можно было бы задаться 11 рабочими днями и тогда получили бы потребное число рабочих). Начав работу с 1 июня и имея 6 июня и 12 июня выходные дни, вырубку последнего километра (6,5) закончим к концу дня 13 июня. Пересечение перпендикуляров, выставленных с точки 6,5 *км* и с 13 июня, покажет на окончание работы по вырубке леса на рассматриваемых километрах.

Закончив эту работу, 6 рабочих переходят на земляные работы, 4—на разбивку дороги, 3—на обслуживание отряда по профилировке. Остальные 99 — —6 — 4 — 3 = 86 рабочих с 13 июня приступают к вырубке кустарника на 6,5—8 *км* и выполнят эту работу в $\frac{86}{82} = 1$ раб. день (14 июня) (цифра 82 — потребность рабочих дней на вырубку кустарника).

После вырубки кустарника вся бригада в 86 человек перебрасывается на вырубку леса 33—36 *км*. Переход с 8 на 33-й *км*, равный 25 *км*, займет половину рабочего дня, и со второй половины 15 июня будет приступлено к работе. На вырубку 3 *км* леса бригаде в 86 чел. нужно затратить $\frac{2175 \times 3}{6 \times 86} = 12^1/_2$ раб. дней. За этот период придется 2 дня отдыха, следовательно, работа будет закончена 14,5 + 12,5 + 2 = 29 июня. Пересечение перпендикуляров с 36 *км* и с 29 июня показывает конец работы по вырубке леса. Другой какой-либо работы для бригады в 86 чел. нет; и она перебрасывается на другую дорогу.

Обратимся теперь к работе по выкорчевыванию пней. Временем мы ограничены, поэтому должны работу начать по возможности раньше, чтобы ее закончить к окончанию работы по вырубке леса на 6,5 *км* и наконец чтобы корчевкой не опередить вырубки. На выкорчевывание 3 *км* требуется $\frac{72 \times 3}{8} = 27$ тракторо/дней. Выделив на эту работу 4 колесных трактора ФП — 20 л. с., получим потребное число дней $\frac{27}{4} = 7$. Начнем корчевку со второй половины дня 7 июня, тогда при одном выходном дне закончим ее к 6,5 + 7 + 1 = 14,5 (половине дня 15 июня). После этого тракторы сразу же приступают к выкорчевыванию корней кустарника на 6,5—8 *км* и выполнят эту работу в $\frac{2,53}{4} = 0,63$ дня, т. е. к концу дня 15 июня.

16-го с утра все 4 трактора переходят на 14-й *км* производить корчевку пней 14—16 *км*, на что потребуется $\frac{72 \times 2}{8 \times 4} = 4,5$ раб. дня. Работу тракторы начнут в первой половине 16 июня и, с учетом дня отдыха, закончат 15,5 + 4,5 + + 1 = 21 (к концу дня 21 июня). С утра 22 июня один трактор уходит на 1-й *км* для утюжки спрофилированной к этому времени дороги, а 3 трактора идут на 33-й *км* для корчевки пней на 33—36 *км*. Первому нужно пройти 16 *км*, последним 17 *км*, на что будет затрачено по половине рабочего дня. С половины дня 22 июня первый трактор начнет утюжку, а три остальные—корчевку. На выкорчевывание 3 *км* потребуется $\frac{72 \times 3}{8 \times 4} = 8$ раб. дней. Прибавив 2 выходные дня, получим окончание корчевки 21,5 + 8 + 2 = 31,5 — 30 = 1,5—(к половине дня 2 июля).

Больше работы для 3 тракторов не имеется, и они направляются на базу (1-й *км*), куда прибудут к половине дня 3 июля, затратив на переход 33 *км* 1 рабочий день.

Земляные работы. С утра 14 июня на 1-м *км* приступлено к земляным работам. До 22 *км* траса очищена от пней и корней. На производство земляных работ на 22 *км* выделены: трактор ФП—20 л. с.—5 шт. с 5 скреперами и гусеничный трактор „Катерпиллер“ 60 л. с.—7 шт. с 7 × 3 = 21 лопатами типа

НВ УДУНТ (ДИТ)

„Беккер". Работа этим отрядом производится в две смены. Трактор ФП обслуживается одним рабочим, а для 7 „Катерпиллеров" нужно 9 рабочих. Следовательно при отряде должно быть (5 + 9) = 14 рабочих.

Указанным отрядом 22 *км* будут выполнены в $\frac{300 \times 22}{50 \times 7 \times 2} = 9{,}5$ календарных дней (расчет произведен по работе „Катерпиллеров" тоже и по ФП $\frac{215 \times 22}{50 \times 5 \times 2} =$ = 9,5). При двух выходных днях в этот промежуток, все 22 *км* будут закончены к 13 + 9,5 + 2 = 24,5 (половине дня 25 июля).

Дальше работу продолжать нельзя, так как на 22—25 *км* имеются неубранные камни. Уборка их предусмотрена отрядом по земляным работам, на что потребуется $\frac{29{,}3}{5 \times 2} = 3$ календарных дня. Следовательно, вся работа будет закончена 24,5 + 3 = 27,5 (к половине дня 28 июля). Отряд по уборке камней обслуживается рабочими так: на каждый трактор выделяется 1 рабочий, а на весь отряд—(5 + 7) × 2 = 24 раб. При отряде, как известно, находится 28 человек; из них 28 — 24 = 4 рабочих заняты подкапыванием камней и полготовкой их к захвату трактором.

Окончив уборку камней, отряд снова возвращается на 22-й *км* и в полном своем составе продолжает производить земляные работы. Дальше до конца 50 *км* препятствий нет. На оставшиеся 50 — 22 = 28 *км* потребуется затратить времени $\frac{215 \times 28}{50 \times 5 \times 2} = 12$ календарных дней. При 3 днях отдыха все земляные работы закончатся к 27,5 + 12 + 3 = 42,5 — 30 = 12,5 (половине дня 13 июля), и в этот же день отряд уходит на базу. На переход 50 *км* потребуется примерно один календарный день (две смены). Следовательно концом работы отряда надо считать 14 июля.

Вслед за земляными работами можно приступить к разбивке дороги для профилировки. На эту работу, согласно нормам, выделяется: техников 1 и рабочих 4, которые выполнят ее в 24 дня. Начав работу с 14 июня, одновременно с земляными работами, при 5 днях отдыха, за этот период можно было бы закончить разбивку к 13 + 24 + 5 = 42 — 30 = 12 (к концу дня 12 июля).

Отметив на нижней горизонтальной линии (50-й *км*) точку, соответствующую 12 июля, и соединив ее прямой линией с точкой, соответствующей 13 июля, получили бы пересечение этой линии с линией земляных работ. Точка пересечения обеих линий показала бы, что работа по разбивке дороги на таком-то километре и в такой-то день (соответствующий этой точке) догнала и опережает производство земляных работ. Выше же было сказано, что разбивка должна производиться после земляных работ. Поэтому на 22-м *км* разбивка приостановлена и все рабочие в количестве 4 человек переходят на уборку камней в помощь 4-м рабочим, работающим по подготовке камней для захвата тракторами. По окончании уборки камней, как уже отмечалось, отряд по земляным работам возобновил свою работу, а через 0,5 дня приступил к своей работе и отряд по разбивке дороги.

Аналогичным способом на график наносится и работа отряда по профилировке. Здесь только укажем на имеющиеся переломы линии профилировки на 8, 17. 22, 33, 36 и 42 *км*. За исключением 17-го *км* переломы обусловливаются переменой производительности отряда с переходом его на другой грунт или другой профиль (см. ведомость и линейную схему).

Перелом на 17-м *км*, после которого линия профилировки имеет более крутое направление, произошел потому, что с этого километра отряд начал работу в две смены. Возможность к переходу на вторую смену представилась после того, как закончили свою работу 3 трактора по корчевке пней. Эти тракторы 3 июля были приведены на базу, а освободившиеся трактористы переброшены в отряд по профилировке (см. на графике переход тракторов и трактористов).

Последняя операция – утюжка—ясна из графика.

НВ УДУНТ (ДИТ)

§ 92. Подсчет потребных машин и рабсилы. При составлении графика, как можно уже заключить из приведенных пояснений, составителю представляется большая возможность разных вариаций. Можно, напр., было бы увеличить число рабочих на вырубке леса, в связи с чем все последующие работы (корчевка, земработы и др.) передвинутся влево, времени на их выполнение будет больше, а значит машин потребуется меньше, и наоборот. Значит в основу составления графика должны лечь наличные и возможные ресурсы средств производства—люди и машины, и заданное время.

Из графика видно, что на постройке дороги работают 5 отрядов или бригад.

1. Отряд рабочих по вырубке леса и кустарника. В первые 11 раб. дней работает 99 чел., а в последующие 14 дней—86 чел., затратив на эту работу $99 \times 11 + 14 \times 86 = 2293$ раб. дня. Во все время работы, т. е. в продолжение 25 дней, отрядом руководит 1 десятник.

2. Отряд по корчевке пней и корней кустарника. В первые $12^1/_2$ дней на работе находятся 4 трактора ФП—20 л. с. с 4 корчевальными машинами Том Хустон, в последующие 9 дней—3 трактора ФП—20 л. с. с 3 корчевальными машинами. Соответственно первое время отряд состоит из 24 человек рабочих, во второй период—18 рабочих. 5 человек после $12^1/_2$ дней работы переходят сначала на земработы, а затем на уборку камней. Всего на корчевку затрачено ФП$=4 \times 12{,}5 + 3 \times 9 = 77$ раб. трактоpо/дня, корчевальная машина $4 \times 12 + 3 \times 9 = 75$ маш./дня, рvттер $4 \times 0{,}5 = 2$ раб. дня, рабочих $24 \times 12{,}5 + 18 \times 9 = 462$ раб дня. Отряд имеет в своем составе в продолжение $21^1/_2$ дня одного техника, который затем переходит на профилирование.

3. Отряд по устройству земляных работ и уборке камней. Этот отряд работает в две смены и состоит: из 5 шт. колесных тракторов ФП—20 л. с. и 7 шт. гусеничных тракторов „Катерпиллер" 60 л. с. Из прицепных снарядов: 5 шт. тракторных скреперов емкостью 0,39 $м^3$ каждый и 21 шт. колесных лопат типа Беккер емкостью 1,0 $м^3$ каждая. Отряд обслуживается: 28 рабочими в продолжение 24,5 календарных дней, 5 рабочими в продолжение 17,5 дней и 4 рабочими—в продолжение 3 дней. На эти работы, таким образом, затрачено:

ФП—20 л. с. $5 \times 24{,}5 \times 2 = 245$ трактоpо/дней.

„Катерпиллер" 60 л. с. $7 \times 24{,}5 \times 2 = 343$ трактоpо/дня.

Скреперов емкостью 0.39 $м^3$ $= 5 \times 21{,}5 \times 2 = 215$ маш./дня (3 календарных дня машины простаивают).

Лопат емкостью 1,0 $м^3$ — $21 \times 21{,}5 \times 2 = 903$ маш./дня (3 календарных дня машины простаивают).

Рабочих $28 \times 24{,}5 + 5 \times 17{,}5 + 4 \times 3 = 785$ 5 раб. дней.

О персонале этого отряда будет сказано ниже.

4. Отряд по разбивке дороги перед профилировкой, состоящий из 1 техника и 4 рабочих, работает в продолжение 24 дней, затратив на это: техников 24 раб. дня и рабочих $4 \times 24 = 96$ раб. дней.

5. Отряд по профилировке состоит из гусеничного трактора 60 л. с.—1 шт., гусеничного трактора 50 л. с.—1 шт., и гусеничного трактора 30 л. с.—1 шт. с грейдерами № 12—1 шт., № 10—1 шт. и № 8—1 шт. Отряд обслуживается сначала 3 рабочими, а при переходе на двухсменную работу—6 (3 раб. приходят по окончании корчевки). При одной смене, считая и обратный переход на базу, находится на работе 19 дней и при двухсменной работе 15 дней. Всего отрядом затрачивается:

тракторов	60 л. с.	$1 \times 19 + 1 \times 15 \times 2 = 49$	трактоpо/дней
„	50 л. с.	$1 \times 19 + 1 \times 15 \times 2 = 49$	„
„	30 л. с.	$1 \times 19 + 1 \times 15 \times 2 = 49$	„

грейдеров № 12, № 10 и № 8 по $1 \times 19 + 1 \times 15 \times 2 = 49$ машино/дня, рабочих $3 \times 17 + 6 \times 15 = 141$ раб. дня.

Последняя работа—утюжка—производится: ФП—20 л. с.: $1 \times 26{,}5 = 26{,}5$ трактоpо/дня. Трактор гусеничный 30 л. с.: $1 \times 1 = 1$ трактоpо/день, рабочих $1 \times 26{,}5 = 26{,}5$ раб./дня, металлический утюг тракторный $1 \times 26{,}5 = 26{,}5$ машино/дня.

Сведя все данные в таблицу, будем иметь затраты:

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 112

№№ по пор.	Наименование средств производства	Количество раб. дней	Стоимость в рублях		Примечание
			Одного	Всех	
1	Рабочих	3794	4	15.176	Единичные расценки см. в следующей таблице
2	Тракторов колесн. ФП—20 л. с.	348,5	26,26	9151,61	
3	„ гусеничн. 30 л. с.	50	44,19	2.209,50	
4	„ „ 50 л. с.	49	75,14	3.681,86	
5	„ „ 60 л. с.	392	81,52	31,955,84	
6	Корчев. машин „Том Хустон“	75	5 0	375	
7	Рипперов с 5 зубьями	2	1,60	3.20	
8	Тракт. скреперов емк. 0.39 $м^3$	215	1,0	215	
9	„ лопат емк. 1,0 $м^3$	903	5,0	4515	
10	Грейдеров № 12	49	18,0	882	
11	„ № 10.	49	16,0	784	
12	„ № 8	49	13,0	637	
13	Тракт. металл. утюгов	26,5	0,30	7,95	
14	Легковой автомобиль „Форд“	55	25	1375	
15	2 трактора ФП—20 л. с. на подвозке горюче о и др	40	26,26	1050,40	
16	Нач. отряда м-цев.	2	400	800	
17	Пом. нач. отряда „	2	250	500	
18	Техников „	2	250	500	
19	Десятники 6 „	12	175	2100	
20	Бригадир 2 „	4	200	800	
21	Зав. хоз. и помощн.	4	175	700	
22	Конторщиков 2 „	4	150	600	78019,36
23	Вспомогательные работы 10% от стоимости			7800	
	Итого стоимость постройки 50 км. дороги округло			85 800	

Стоимость постройки 1 км. дороги 85.800:50=1.716 руб.

Обслуживание отряда. Из графика видно, что на работе находится: колесных тракторов ФП—20 л. с. — 4 + 5 = 9 шт., гусеничн. 30 л. с. — 1 шт., гусеничн 50 л. с. — 1 шт. и гусенич. 60 л. с. — 7 + 1 = 8 шт., всего 9 + 1 + 1 + 8 = 19 тракторов. Все тракторы работают одновременно в 3 самостоятельных отрядах, объединенных одним общим планом. Чтобы координировать всю работу в целом, во главе отрядов должен стоять начальник—инженер, хорошо знающий механизацию постройки грунтовых дорог. На начальника возлагается руководство и инструктаж всех работ на участке. Для обеспечения возможности скоро и во-время давать необходимые распоряжения, ликвидировать возможные замешательства в работе машин, отряд снабжается легковым автомобилем.

Штаб отряда должен находиться там, где сосредоточено наибольшее количество машин. В нашем случае—при отряде по земляным работам — так как наиболее ответственной работой является профилировка, в которой скорее всего можно ожидать изменения схем, эта работа должна обслуживаться пом. начальника отряда или техником-дорожником на правах пом. начальника. Для руководства работами по ремонту и уходу за машинами в отряде должен быть один бригадир (механик) или два, когда работают самостоятельно два мощных отряда.

Вся хозяйственная часть по отряду, как-то: питание рабочих, питание машин, охрана машин, вопросы расквартирования и т. п., возлагается на зав. хозяйством и его помощника, если отряд работает не объединенно.

Непременной составной частью отряда должны быть: 1) походная мастерская с кузницей, которая производит на месте весь ремонт, не требующий для исправления сложных и тяжелых станков, замену износившихся частей, отточку ножей и т. п.; 2) походная кухня и хлебопекарня, последняя — если отряд не обеспечен печеным хлебом из ближайших кооперативных организаций; 3) походная канцелярия, которая, помимо конторского персонала, ведущего табели и счетоводство, должна иметь чертежника-техника для вычерчивания схем проходов машин, графиков использования машин, рационализаторов

УДУНТ (ДШТ)

Дневная стоимость

№№ по пор.	Тракторы и снаряды / Расход	ФП—20 л. с., стоимость 4 000 р., срок службы 600 дней	Тракт. 30 л с., стоимость 6 000 р., срок службы 600 дней	Комм. 50 л. с., стоимость 18 000 р., срок службы 600 дней	Катерп. 60 л. с. стоимость 20 000 р., срок службы 600 дней	Грейдер № 12, стоимость 6 000 р., срок службы 1 000 дней
1	Керосин.....	$6\times8\times0{,}15=7{,}20$	$14\times8\times0{,}15=16{,}80$	$12\times8\times0{,}15=14{,}40$	$14\times8\times0{,}15=16{,}80$	—
2	Бензин.....	$0{,}2\times8\times0{,}31=0{,}50$	$0{,}4\times8\times0{,}31=0{,}1$	$1{,}35\times8\times0{,}31=3{,}34$	$0{,}4\times8\times0{,}31=1{,}0$	—
3	Масло.....	$0{,}5\times8\times0{,}35=1{,}40$	$1{,}4\times8\times0{,}35=3{,}89$	$1{,}25\times8\times0{,}35=3{,}50$	$1{,}4\times8\times0{,}35=3{,}89$	—
4	Тракторист ...	6,50	6,50	6,50	6,50	—
5	Грейдерист ...		—	—	—	6,0
6	Амортизация .	$\frac{4.000}{600}=6{,}66$	$\frac{6000}{600}=10{,}0$	$\frac{18\,000}{600}=30{,}0$	$\frac{20\,000}{600}=33,\ 3$	$\frac{6000}{1000}=6{,}0$
7	Ремонт, считая стоимость его в % от стоимости машины при 100 рабочих днях в году	$\frac{4000\times0{,}10}{100}=4{,}0$	$\frac{6000\times0{,}10}{100}=6{,}0$	$\frac{18000\times0{,}10}{100}=18$	$\frac{20\,000\times0{,}10}{100}=20{,}0$	$\frac{6{,}000\times0{,}10}{100}=6{,}0$
	Итого	26,26	44,19	75,74	81,52	18,0

и хронометражистов. Наглядно организация управления и обслуживания отряда представлена на рис. 287.

§ 93. Типовые машино-дорожные отряды Если обратиться к любой отрасли народного хозяйства, всюду найдем определенную систему в вопросах укомплектования машинами всех видов строительства, производства и т. п. Количество снарядов и род машин зависят от масштаба работ, сезонности производства их, времени, отводимого на их выполнение, и т. п.

Для выполнения дорожных работ могут существовать машино-дорожные станции или организуются машино-дорожные отряды при строительном участке, укомплектованные по присущим дорожному строительству признакам.

Приведем один такой типовый отряд для постройки 1 *км* грунтовой дороги в одну смену.

Объем и перечень работ, подлежащих выполнению, предусматривается следующий (взят для средних равнинных условий).

1 Корчевка пней производится на ширину 17 *м* на протяжении 50 *м* (5% от общего протяжения), что составит $\frac{17\times50}{10\,000}=0{,}09$ *га*. При средней густоте леса и среднем диаметре пня 0,3 *м* будем иметь на 1 *км* пней $\frac{35\times0{,}09}{0{,}07}=45$ шт.

Тракторная корчевальная машина Том Хустон выкорчевывает в день в среднем 60 — 80 пней, следовательно для выполнения всей корчевки потребуется корчевальных машин: $\frac{70}{45}=1$ шт. и трактор ФП — 20 л. с. — 1 шт.

2. Мелкие земляные работы по подсыпке к мостам, трубам, выравниванию профиля (небольшие выемки и насыпи) в количестве 800 $м^3/км$ при средней дальности возки 50 *м*.

Один поезд из 3 лопат, емкостью 1,0 $м^3$ каждая, за одну смену выполнит

$$\frac{8\times60\times0{,}8\times3\times1{,}0\times0{,}9}{0{,}5+0{,}15+1{,}25+0{,}6}\cong400\ м^3.$$

[1] См. Анохин А. И. „Трактор в дорожном строительстве", 1930 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

работы тракторов[1]

Таблица 113

Грейдер № 10, стоимость 5000 р., срок службы 1000 дней	Грейдер № 8, стоимость 3500 р., срок службы 1000 дней	Корч. маш Том Хустон, ст. 2500 р., срок службы 1000 дней	Риппер с 5 зубьями., ст. 800 р., срок службы 1000 дней	Скрепер 0,39, стоимость 500 р., срок службы 1000 дней	Беккер, стоимость 2500 р., срок службы 1000 дней	Утюг, стоимость 150 р., срок службы 1000 дней
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—
6,0	6.0	—	—	—	—	—
$\frac{5000}{1000}=5,0$	$\frac{3500}{1000}=3,50$	$\frac{2500}{1000}=2,50$	$\frac{700}{1000}=0,80$	$\frac{500}{1000}=0,50$	$\frac{2500}{1000}=2,50$	$\frac{150}{1000}=0,15$
$\frac{5.000\times0,10}{100}=5,0$	$\frac{3.500\times0,10}{100}=3,50$	$\frac{2500\times0,10}{100}=2,50$	$\frac{800\times0,10}{100}=0,80$	$\frac{500\times0,10}{100}=0,50$	$\frac{2\,500\times0,10}{100}=2,50$	$\frac{150\times0,10}{100}=0,15$
16,0	13,00	5,0	1,60	1,0	5,0	0,30

На выполнение работ одного *км* потребуется $\frac{800}{400}=2$ поезда, состоящих из гусеничных тракторов 60 л. с. — 2 шт. и тракторных колесных лопат 1,0 $м^3$ — $-3\times2=6$ шт

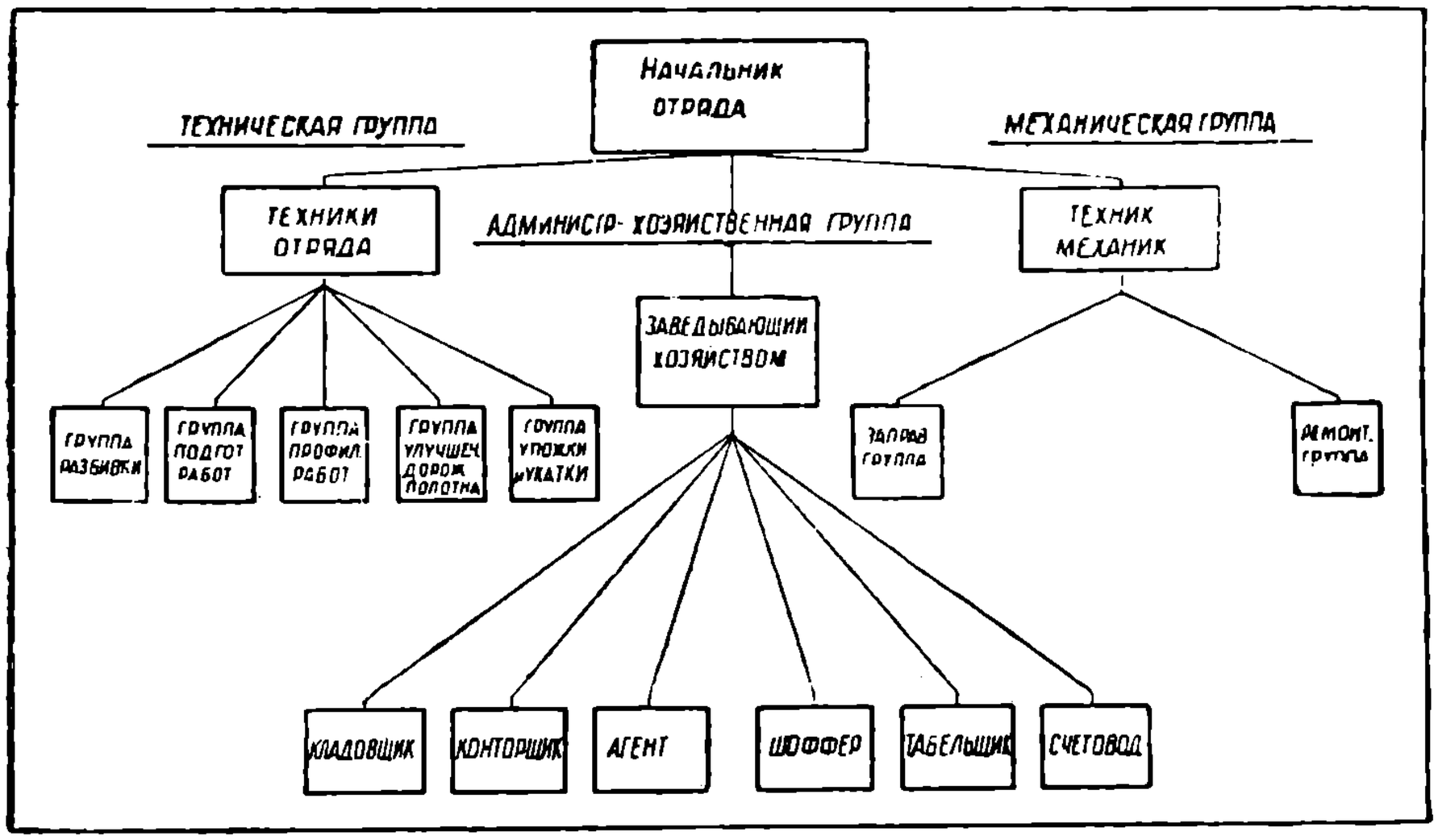


Рис. 287. Схема организации машино-дорожного отряда.

3. Профилирование полотна из предположения, что 60% производится в средних условиях, 40% в тяжелых, подразумевая под последним грунты тяжелого суглинка, глинистые и сечение канав трапецоидальное.

Из данных схем профилировки и ведомости работ имеем, что отряд, состоящий из грейдера № 12 — 1 шт., № 10 — 1 шт., № 8 — 1 шт., в средних усло-

НБ УДУНТ (ДИТ)

виях выполняет 1,1 *км*, а при тяжелых 0,9 *км* в одну смену. Значит приведенный отряд из 3 грейдеров обеспечивает заданную производительность.

На утюжение потребуется 1 трактор ФП—20 л. с. и 2 утюга.

Таким образом имеем следующий состав отряда:

Таблица 114

№№ п/п	Наименование машин	Количество	Единичная стоимость	Общая стоимость	Примечание
1	Гусеничн тракт. 60 л. с.	3	20 000	60 000	2 на зем. раб. 1 на профил.
2	„ „ 50 л. с.	1	18 000	18 000	на профил.
3	„ „ 30 л. с.	1	6 000	6 000	„
4	Колесных ФП—20 л. с.	2	4 000	8 000	1 на корчевке 1 на утюжке
5	Грейдеров № 12	1	6 000	6 000	
6	„ № 10	1	5 000	5 000	
7	„ № 8	1	3 500	3 500	
8	Откосник к грейдеру № 12	1	400	400	
9	Удлинители для № 10 и № 8	4	200	800	
10	Тракт. корчевальн. машины	1	2 500	2 500	
11	„ колесн. лопаты в 1,0 м³	6	2 500	15 000	
12	Утюги тракторные	2	150	300	
13	Легковые автомобили типа „Форд“	1	1 500	1 500	
14	Вагон-канцелярия	1	2 500	2 500	
15	Подвижн. ремонтн. мастерская	1	5 000	5 000	
16	Прицепн. тракт. цистерны 2,5	2	5 000	10 000	Для подвозки горючего
17	Походная кухня	1	600	600	
	Итого	30	—	146 100	

Приведенный отряд обслуживается нижеследующим персоналом:

Таблица 115

1	Начальник отряда инженер	1	
2	Техникон	2	
3	Десятников	3	
4	Бригадир (механик)	1	
5	Зав. хозяйством	1	
6	Кладовщик	1	
7	Конторщик	1	
8	Чертежник	1	
9	Грейдеристов	4	Взято по одному сверх наличных машин для обеспеч беспрерывности работ на случай болезни
10	Трактористов	8	
11	Старших рабочих	2	
12	Шофер	1	
13	Слесарь в мастерской	1	
14	Кузнец	1	
15	Повар	1	

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ

УКАТКА ГРУНТОВЫХ ДОРОГ

§ 94. Значение укатки грунтовых дорог. По окончании профилирования дорога обычно считается готовой и открывается для движения. В зависимости от ширины поперечного профиля дороги полотно ее состоит из неуплотненного грунта на толщину 10—30 *см*, что является одной из причин появления в первое время значительных колей, выбоин и отдельных просадок под влиянием проезда. Если вновь построенную дорогу подвергать регулярной утюжке, полотно все же будет быстро деформироваться, создавая значительные препятствия проезду. Это будет продолжаться до тех пор, пока грунт дороги по всей ширине не уплотнится на достаточную толщину.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Средством для ускорения уплотнения грунтовой дороги является укатка ее катками вслед за постройкой. Укатанная дорога действительно в первое время мало деформируется, но с течением времени на ней появляются колеи, эффект от укатки уменьшается, а затем и совсем исчезает. Не имея точных цифровых данных о периоде, в который укатка дает себя чувствовать на дороге, производственники считают, что затраты на эту работу далеко не оправдываются, и в подавляющем большинстве грунтовые дороги не укатываются. Не укатывают грунтовых дорог и за границей.

Наблюдения и изучение этого вопроса велись следующим образом: в производственных условиях на грунтовой дороге из супесчаного грунта на одном из строительных участков были заложены два участка. После профилировки и утюжки один из них был укатан, а рядом с ним лежащий был оставлен для уплотнения проездом. По открытии движения оба участка стали деформироваться не в одинаковой степени (рис. 288). Состояние полотна проверялось ударником с определением процента влажности грунта.

На рисунке по оси абсцисс отложены дни, а по оси ординат с левой стороны — цифры глубин погружения ударника после 40 ударов, с правой — процент содержания влаги в грунте. Как видно, укатанный участок в первое время вел себя значительно лучше, чем неукатанный, а через две декады оба участка по состоянию стали равноценными. Дальнейшее состояние участков оставалось почти равным, с некоторым преимуществом неукатанного. На грунтах суглинистых и более тяжелых мы получим ту же картину с периодом более длинным, а именно не в 20, а в 25—30 дней.

Рис. 288. График влияния укатки на качество грунтовой дороги.

Считая, что за время в 20—30 дней потребуются три утюжки неукатанный дороги, и положив стоимость утюжки 1 *км* в 6 руб., получим расход по содержанию за этот период $3 \times 6 = 18$ руб. Укатка 1 *км* в среднем при 15 проходах катка по одному месту будет стоить не менее 75 руб. Экономика является одним из важных факторов строительства, и она решает, в каких случаях нужно укатывать построенную дорогу, в каких этого не требуется.

Предположим, что по построенной дороге в первое время не предвидится переброски значительного числа грузов и отсутствует регулярное автодвижение. В этом случае незачем затрачивать средства на укатку, так как самозакатка проездом даст к нужному моменту не меньший эффект.

И наоборот. Дорога закончена постройкой к моменту большого оживления в срочной перевозке грузов (хлебные и другие осенние заготовки, открытие летнего дачного сезона и т. п.). Здесь укатка очень желательна, так как стоимость ее окупится на перевозках и к тому же последние будут выполнены в нужный срок. К сказанному должно добавить, что: 1) при сплошном или подавляющем автодвижении дорога скорее уплотняется, чем при гужевом, а значит меньше нуждается в укатке катками, и 2) на неукатанной дороге, чтобы получить равномерное уплотнение, в первое время после открытия движения требуется регулировать движение, устраняя возможность „набивать" большую колею по одному месту.

При укатке грунтовой дороги существенную роль играют вес и форма катка, влажность укатываемого грунта, число проходов катка по одному месту, характер грунта, толщина уплотняемого слоя и основание, на котором покоится укатываемый грунт.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Грунты рыхлые, не имеющие связующих частиц, плохо или совсем не поддаются укатке. Определить момент окончания уплотнения их весьма трудно, так как в процессе укатки верхние слои грунта разрыхляются. На укатку этих грунтов нужно пускать каток с небольшим удельным давлением — 15 — — 25 *кг* на 1 пог. *см* ширины барабана. Глинистые, суглинистые, черноземные грунты, наоборот, требуют каток с большим удельным давлением; уплотняются сверху вниз довольно медленно и, не передав давления глубоко в нижние слои, на поверхности начинают давать трещины (рис. 289). Укатка, не уплотнив грунта на должную глубину, должна прекратиться. Для создания наибольшего сцепления частиц укатываемого грунта и предупреждения появления трещин, перед проходами катка следует производить незначительное смачивание. Чрезмерно увлажненный грунт от первых же проходов катка начнет давать трещины на поверхности, расстраивая, а не уплотняя полотно.

Рис. 289. Вид трещин в дорожном полотне во время укатки.

Дорожные грунты различно относятся к влаге: одни требуют ее больше, другие — меньше. Найдено, что потребный оптимум равняется $^1/_3$ полной влагоемкости данного грунта. Отсюда, зная полную влагоемкость, можно при желании рассчитать потребное количество поливки.

Оптимальная влажность грунта является одним из необходимых условий укатки, но его недостаточно для определения нормального хода и окончания уплотнения. К тому же в полевых условиях в нужный момент трудно определить наличную влажность грунта и довести ее до желаемой. В настоящее время не существует способа или прибора, которые точно фиксировали бы как условия укатки, так и момент окончательного уплотнения. С некоторым приближением можно воспользоваться ударником Гольдбека, который представляет собою прибор, определяющий относительную плотность грунта. Установление плотности при укатке производится следующим образом. На укатываемой дороге намечается ряд сечений. Первые отсчеты 40 падений бабы ударника с высоты 1,0 *м* производятся до укатки и записываются в особый журнал. После 2 — 3 проходов катка по одному месту вновь производится отсчет и т. д. Под конец, когда погружение ударника станет разниться по сравнению с предыдущим отсчетом на небольшую величину, отсчеты должны повторяться после каждого прохода катка. Тот момент, когда глубина погружения ударника покажет величину, большую против предыдущего отсчета, этот момент и укажет на конец укатки. Показания ударника будут действительны только тогда, если он устанавливается всякий раз на однажды принятом сечении, но не на одном и том же месте.

НБ УДУНТ (ДИТ)

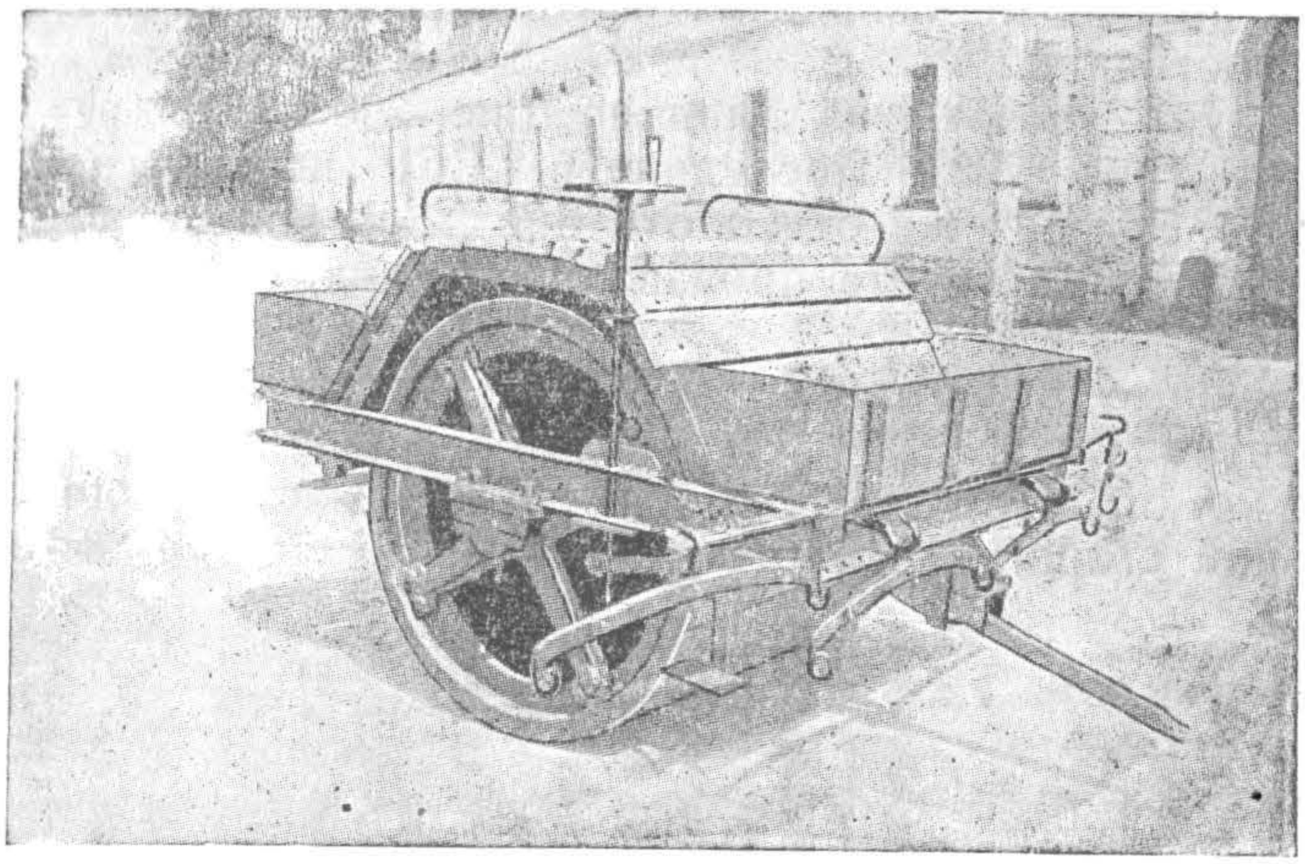


Рис. 290. Общий вид прицепного гладкого катка.

§ 95. Выбор катка. Выше указывалось, что различные грунты для своего уплотнения требуют не одинакового удельного давления. Дорожния практика пока не установила точных норм давления для того или иного рода грунта; с другой стороны, грунты на дороге обычно меняются. Поэтому целесообразно вначале укатку производить легкими катками, увеличивая вес их по мере уплотнения грунта. Увеличение веса производится или заменой легкого катка более тяжелым или, что чаще всего и делается, прибавлением нагрузки к катку в виде песка, камней или воды. Для грунтовых дорог предельным давлением является вес катка в 40 — 50 *кг* на 1 *см* ширины барабана.

Как правило, укатку начинают от бровки полотна, постепенно переходя к оси. Первые 2 — 3 прохода производятся по одному месту, после чего переходят на следующую полосу, захватив краем барабана катка около 0,20 *м* уже укатанной. Вторая полоса укатывается также 2 — 3 проходами по одному месту и т. д до оси. Пройдя катком по всей ширине дороги, второй цикл начинают отступя от бровки полотна на 1 — 2 *м* (в зависимости от ширины полотна). Среднюю ездовую часть, соответствующую проезжей части дороги с покрытием, можно укатывать полосами, 5 — 6 проходов по одному месту, переходя, как и в первом цикле, к оси.

Третий цикл должен быть окончательным, поэтому по каждой полосе нужно сделать столько проходов, сколько потребуется для окончательного уплотнения. Во всех трех циклах последние проходы ведутся по оси дороги. Обычно по оси требуется меньшее количество проходов, что и должно быть учтено в последнем цикле. Во избежание переувлажнения уже укатанных, смежных с осе-

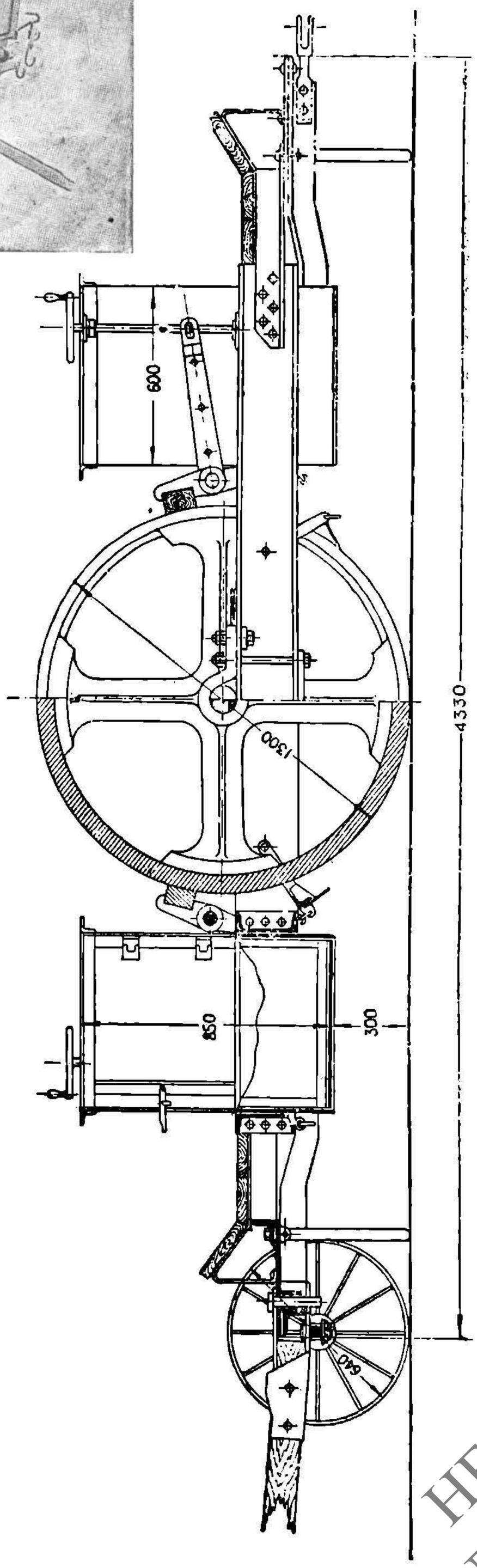


Рис. 291. Вид сбоку прицепного гладкого катка.

НБ УДУНТ (ДИТ)

вой полос, укатка замыкающей полосы производится без поливки водой или только в слегка увлажненном состоянии.

Из применяемых катков следует указать на гладкие (рис. 290 и 291), ребристые (рис. 292) и кулачковые (рис. 293). Последние в СССР не строятся и имеют малое распространение. Эффект же от уплотнения ими дороги получается самый лучший, так как укатка грунта производится снизу вверх на довольно значительную глубину.

Гладкие катки бывают прицепные и моторные. Укатка грунтовых дорог в общем требует нетяжелых катков, весом 2,5—5 *т*, поэтому наибольшее распространение имеют прицепные катки. Тягой для них могут служить живые двигатели или трактор. Отрицательной стороной живого двигателя является неиз-

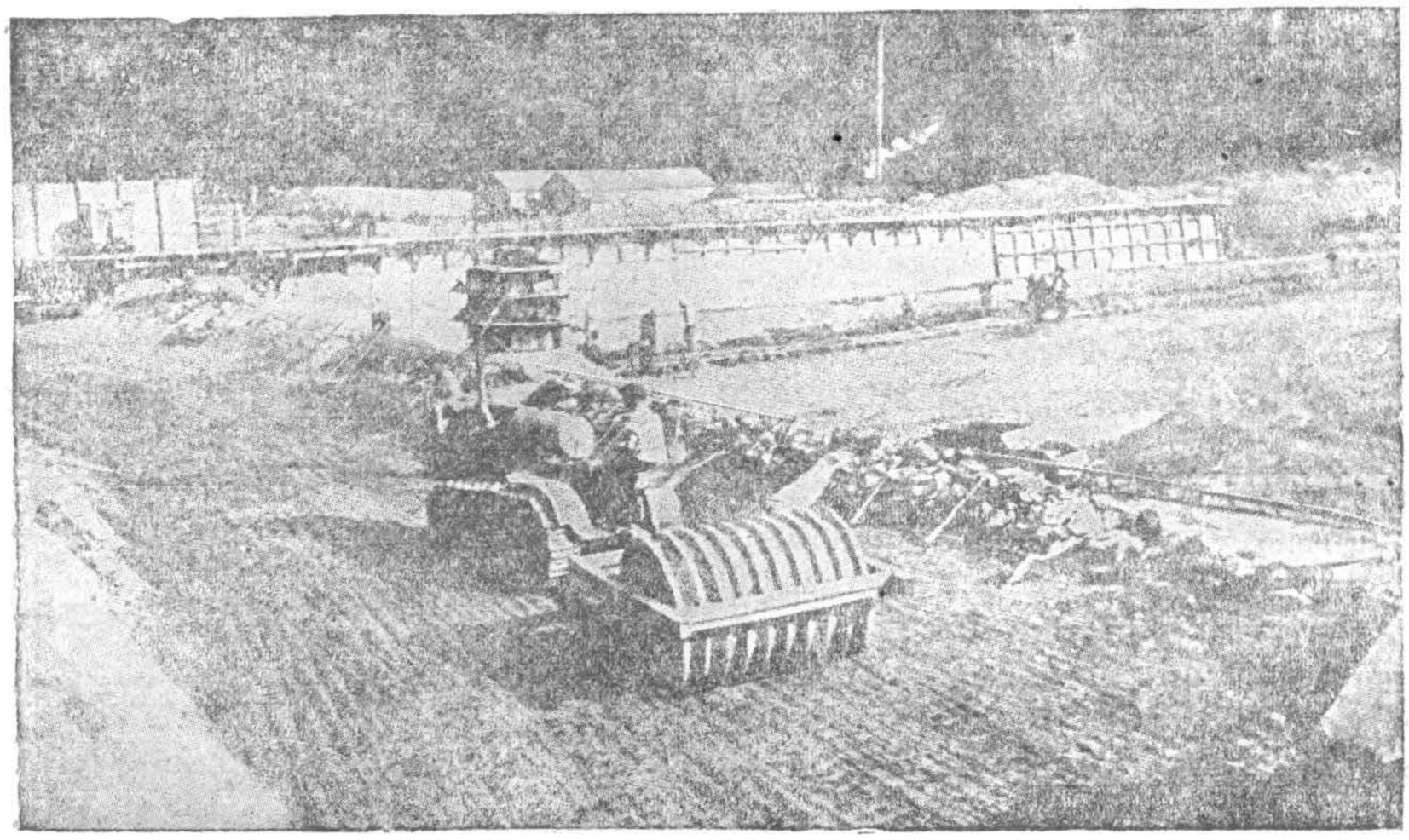


Рис. 292. Ребристый каток в работе.

бежное разрыхление укатываемой поверхности копытами. То же можно сказать и о колесных тракторах. Наиболее приемлемой тягой считается гусеничный трактор. Прицепной каток должен устраиваться с двухсторонней запряжкой во избежание поворотов, которыми обычно разрушается уже укатанное полотно.

Ребристые катки могут устраиваться меньшего веса по сравнению с гладкими, так как они при этом дают такое же, как гладкие, удельное давление. В разные периоды укатки давление их на грунт не одинаково, что освобождает от необходимости увеличивать их нагрузку. Меньшее давление они дают в первый момент укатки (что и требуется), потому что в рыхлый грунт каток вдавливается всей своей поверхностью. С уплотнением давление передается только через выступающие ребра, отчего нагрузка на $см^2$ поверхности дороги увеличивается, достигается и большая глубина уплотнения. На поворотах ребристый каток еще больше разрушает дорогу, и для него особенно важно иметь двустороннюю запряжку.

Если укатка дороги включается в общий план постройки дороги, то строечному отряду придается потребное количество катков с тракторами. Расчет потребности ведется по следующей формуле:

$$N = \frac{(Bn + 2An_1)\,L}{t\,(a-b)}\,\frac{a}{v},$$

где N — требуемое количество катков,
B — ширина укатываемой проезжей части (в *м*),
A — ширина укатываемой обочины (в *м*),
n — число проходов по одной полосе на проезжей части,
n_1 — то же, на обочине,
L — длина участка, подлежащего укатке в календарный день (в *км*),

НБ УДУНТ (ДИТ)

a — коэффициент запаса = 1,10 (на случай выхода трактора из строя),

t — продолжительность работы в день (в часах),

a — ширина барабана катка (в $м$),

b — величина перекрытия (в $м$),

v — эксплоатационная скорость движения трактора при укатке ($км$/час).

Если по расчету потребуется два и более катков, то считается желательным иметь в отряде хотя бы один ребристый каток. Совместная работа ребристого и гладкого катка дает лучшие результаты укатки по сравнению с работой каждого из них порознь.

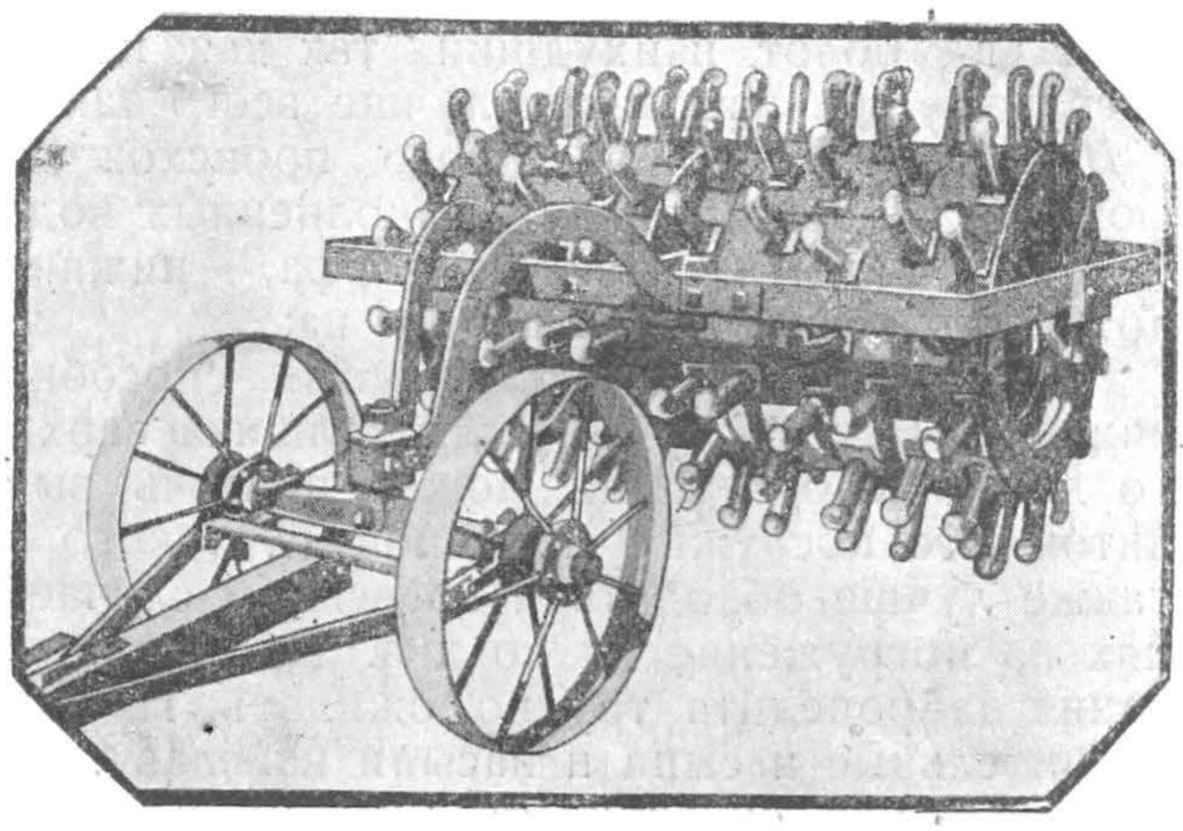


Рис. 293. Кулачковый каток.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ВТОРАЯ

ПОСТРОЙКА ДОРОГ НА БОЛОТАХ

§ 96. Классификация болот. При постройке новых дорог, если не считать выемок в скальных грунтах, самой дорогой работой является прокладка дороги по болоту. Количество земляных работ при этом, в зависимости от способа постройки, глубины и строения болота, колеблется в довольно значительных пределах. Большие первоначальные вложения, неизбежные при постройке дороги на болоте, требуют от дорожника осторожности в этом вопросе: необходимо искать обходных путей, хотя бы за счет увеличения длины пути, или переходить болота в самых узких частях. Указанные требования не всегда осуществимы, и знакомство с постройкой дорог на болотах необходимо.

В отношении устойчивости болота, как основания под дорогу, можно разделить на следующие группы. [1]

I группа. Болота озерного происхождения, образовавшиеся путем нарастания сплавины (рис. 294). Плавающий торфяной ковер имеет небольшую толщину; под ним находятся жидкие торфы и переувлажненные сапропелиты. [2]

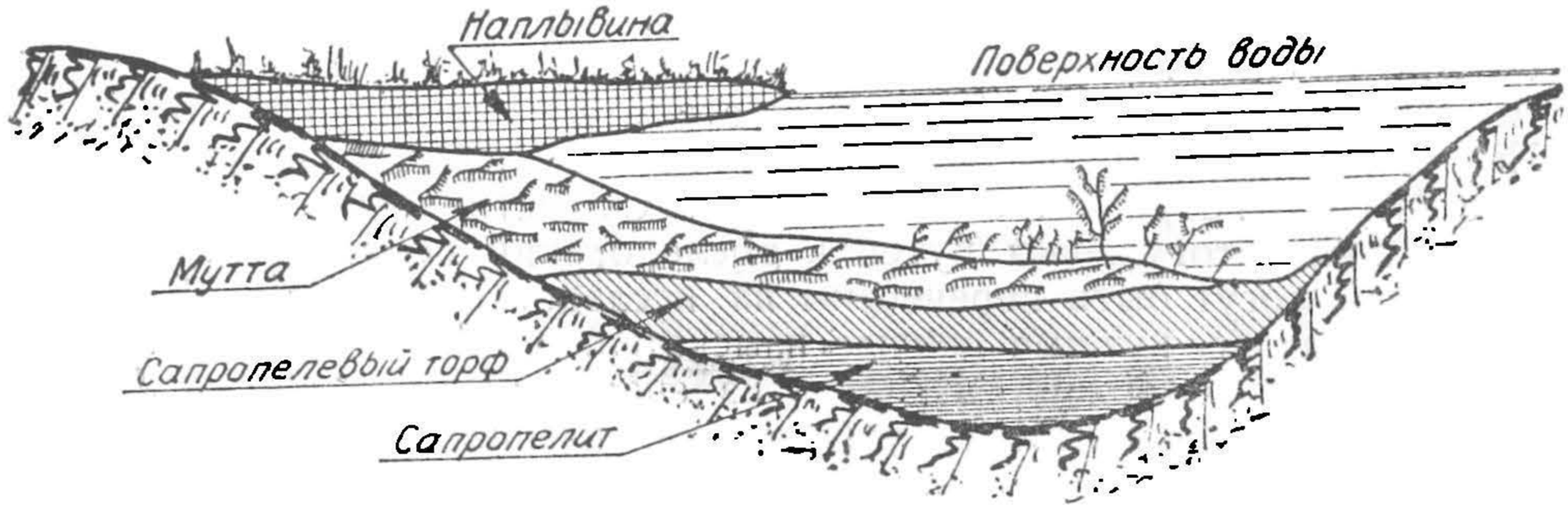


Рис. 294. Нарастание сплавины на озере.

[1] Грунтовый сборник ЦИАТа за 1932 г.

[2] Сапропелит представляет собою бесформенную массу, состоящую из остатков органических веществ. В зависимости от количества влаги сапропелит бывает очень жидким или довольно плотным. С точки зрения несущей способности сапропелита как основания под дорогу, можно рекомендовать следующие простые испытания: если взятый с места залегания сапропелит: 1) нельзя скатать в шарик (что укажет на его сильную влажность), то сапропелевый слой под действием веса насыпи будет растекаться, а сама насыпь погружаться на дно; 2) скатанный и сброшенный с высоты 1,0 $м$ шарик расплющивается, — такой сапропелит под действием веса насыпи будет выпирать в форме торфяных бугров, а насыпь — погружаться на дно; 3) скатанный шарик упруг и, упав с высоты 1,0 $м$, отскакивает, — такой сапропелит из-под насыпи выдавливаться будет незначительно, и погружения насыпи на дно ожидать нельзя.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Этот вид болот наихудший, так как не выдерживает самых незначительных нагрузок. При изыскании лучше всего такие болота совершенно обходить.

II группа. Болота озерного происхождения, образовавшиеся путем заторфования глубоких впадин, заполненных водой (рис. 295).

Верхние слои состоят из торфа, — нижние из сапропелита. Эта группа болот может быть подразделена на:

1. Болота, у которых несущая способность[1] верхних слоев больше, чем нижних. В этом случае, если толщина верхнего слоя незначительна (до 2,0 *м*), то давление от насыпи может повлечь выдавливание из-под торфа сапропелитов, что послужит причиной глубокого погружения насыпи. Такие болота также лучше обходить и во всяком случае рассчитывать при тяжелых насыпях на погружение их до дна. При толщине верхнего слоя до 4 *м* выдавливания сапропелита трудно ожидать. На таких болотах можно устраивать незначительные насыпи и насыпи на плаву.

2. Несущая способность верхних слоев равна несущей способности сапропелитов. На этих болотах, если сапропелиты имеют незначительную влажность и плотны, нет основания предполагать погружения насыпи на значительную глубину.

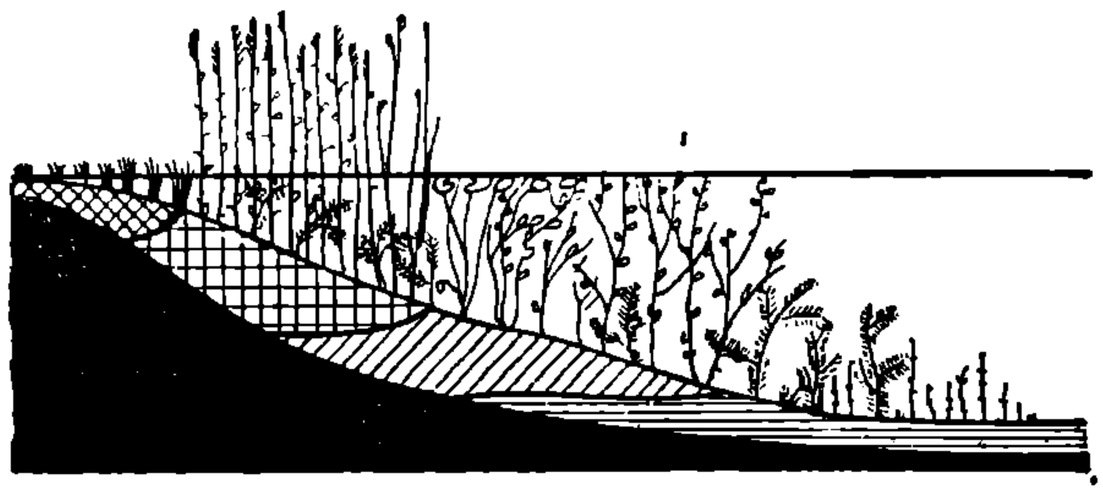


Рис. 295. Зарастание озера.

III группа. Болота образовались в результате зарастания прибрежных частей водоемов и суши. Вся толща их от поверхности до дна заполнена торфом. Эту группу болот можно разделить на три подгруппы:

1. Несущая способность верхних слоев больше несущей способности нижних. Насыпь на таком болоте будет неустойчива до тех пор, пока не будут уплотнены нижние слои давлением вышележащих слоев и насыпи. Это достигается путем прокопки глубоких прорезей (канав) вдоль полотна.

2. Несущая способность верхнего и нижнего слоя равны. Осушение такого болота позволит насыпи погрузиться только на глубину уплотнения и спрессования торфа, ставя ее в устойчивое положение.

3. Несущая способность верхних слоев меньше несущей способности нижних. В этом случае насыпь будет устойчива только при условии полного осушения болота на глубину, равную толщине верхнего слабого слоя.

§ **97. Изыскания на болотах.** Дорожному строительству предшествуют изыскания. Чем они детальнее проведены, тем рациональнее будет составлен проект и меньшие затраты потребует строительство. Существующие методы технических изысканий автогужевых путей и обследований почво-грунтов при них в малой степени могут быть перенесены на исследование болот. В обыкновенных изысканиях все нужные данные изыскатель легко получает простыми измерениями, имеет возможность видеть изменение рельефа и грунта и легко может ориентироваться в выборе лучшего направления. Микрорельеф дна болота скрыт от изыскателя и трудно доступен.

Чтобы учесть все факторы, влияющие на удорожание постройки, предотвратить могущие иметь место во время постройки дороги и ее эксплоатации катастрофы, необходимо обратить особое внимание на исследование болот; исследования эти так же, как и технические, можно разбить на рекогносцировочные, подробные предварительные и подробные окончательные.

---

[1] Несущей способностью торфов называется способность их выдерживать на себе временную и постоянную нагрузку, не разрываясь и не растекаясь в стороны. Основными факторами, от которых зависит несущая способность торфов, являются: 1) процент влажности торфа и 2) процент неразложившегося волокна, содержащегося в нем.

Чем ближе влажность к полной влагоемкости торфа, тем меньше его несущая способность: чем менее разложившийся торф, тем больше его несущая способность, и наоборот.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Рекогносцировочное обследование производится перед прокладкой трасы с целью получения данных для выбора направления дороги по болоту. При этом обследовании выясняется: 1) тип болота, топографическое положение его (на водоразделе, на склоне, в долине реки и т. п.), геологическое строение; 2) водный режим (источники питания, уровень грунтовых вод в прилегающей к болоту суше, направление стока воды с болота), 3) физическое строение торфа по слоям (степень разложения, влажность и др.).

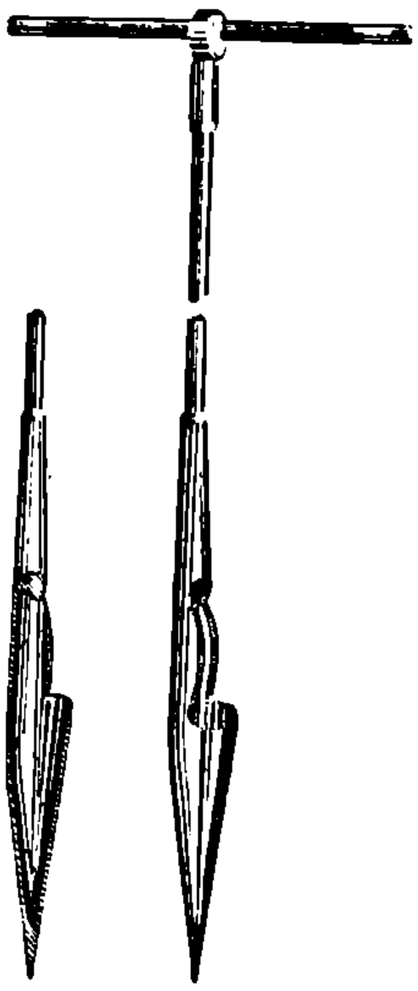


Рис. 296. Бур-зонд Сытина.

На основании этих данных делается анализ болота, в результате чего выбирается примерное направление трасы по нему.

Подробными предварительными обследованиями устанавливается рельеф дна выбранного направления и линия наименьших глубин. Это обследование производится по 3—5 линиям, параллельным выбранному направлению, и на каждый из них в расстоянии 50—100 *м* закладываются буровые скважины. По полученным отметкам дно болота вычерчивают в горизонталях (желательно через 0,5 *м*), и, выбрав самые возвышенные места, окончательно намечают направление дороги.

Подробными окончательными исследованиями устанавливается продольный профиль дна болота (при большом поперечном уклоне заснимаются и поперечники). Падение дна болота устанавливается не более чем через 1,0 *м*, в вертикальном направлении. Чтобы выявить такое падение, первые буровые скважины закладываются в расстоянии 10 *м* одна от другой. Если после первых двух-трех скважин будет установлено, что падение дна болота незначительное, то расстояние между скважинами увеличивается, но не более, чем до 50 *м*. Для ускорения производства обследований, бурение лучше всего производить буром Сытина (рис. 296). Пробы же торфа с целью определения его строения и физических свойств лучше брать буром Гиллера (рис. 297).

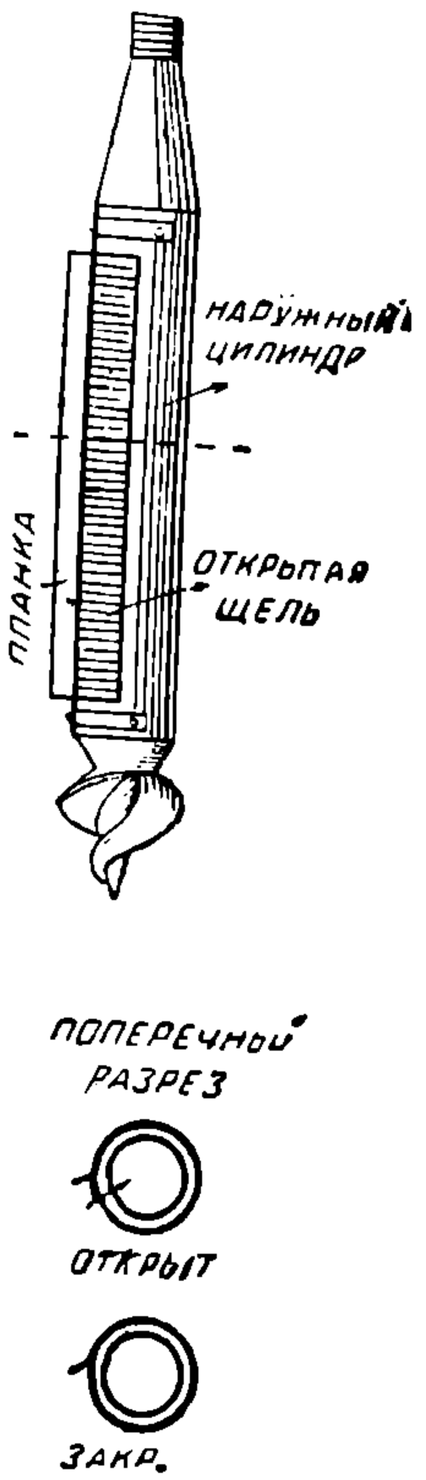


Рис. 297 Бур Гиллера.

Результаты окончательных исследований наносятся на технический продольной профиль или же вычерчиваются отдельно в принятом для технического профиля горизонтальном и вертикальном масштабах. На болотном профиле наносятся все слои торфа, а в пояснительной записке указывается рекомендуемый способ возведения насыпи, ожидаемая глубина погружения ее, надобность в прокопке канав и др

Технические изыскания на болоте. Разбивка пикетажа на болоте ничем не отличается от такой же работы в обычных условиях. Является обязательным начало и конец болота отмечать плюсами при несовпадении их с пикетами. На самом болоте пикетажные колья делаются толщиною 6—8 *см* и более. Глубина забивки зависит от характера болота и колеблется от 0,5 до 3,0 *м* и более. Кол (свая) забивается так, чтобы при нивелировке он по возможности не подвергался колебаниям вместе с поверхностью болота. В верхней части пикетажного кола делается зарубка, на которую при нивелировании устанавливается рейка. Уровень зарубки после забивки должен находиться на уровне почвы (ниже мохового покрова), а верхняя часть должна быть настолько высока, чтобы кол легко можно было найти в болотной траве. Если болото кочковатое, то кол забивается между кочками. На труднопроходимых болотах, когда нивелировщик на трасе погружается выше колен, нивелировку следует вести по краям, пересекая болото только поперечными ходами.

§ 98. Деформации торфяных масс. Прокладывая на болоте тем или иным способом дорогу, мы нарушаем его жизнь Как известно, первое требование—понизить уровень воды в болоте, что осуществляется прокопкою вдоль полотна

НБ УДУНТ (ДШТ)

боковых канав С прокопкой их болото проходит через три стадии осушения.

1. Отвод верховой воды с болота. В этот период давление торфа на нижележащие слои остается прежнее, так как влажность торфа не изменяется и он попрежнему погружен в воду без всякого уплотнения.

2. Понижение уровня воды в болоте. В этом случае торф хотя еще и насыщен водою, но уже погружен в нее, а потому начинает давить на нижние слои не только собственным своим весом, но и содержащейся в нем водой.

3. Высыхание торфа в результате испарения воды. С понижением уровня воды вследствие испарения уменьшается влажность торфа, а вместе с ней и давление его на нижние слои, по сравнению со второй стадией; по сравнению же с состоянием торфа первоначальным и в первой стадии осушения давление будет больше.

В результате трех стадий осушки происходит уплотнение и осадка торфа по всей его толщине—от поверхности до минерального дна.

Вильгарм[1] приводит таблицу осадки низинного болота, осушенного канавами глубиною в 1,0 *м* и покрытого слоем песка в 0,10 *м*.

Таблица 116

Плотность болота	При мощности залегания торфа в метрах							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Плотное	0,15	0,24	—	—	—	—	—	—
Довольно плотное	0,20	0,32	0,42	0,51	—	—	—	—
Довольно рыхлое	0,26	0,42	0,56	0,68	0,78	0,87	—	—
Рыхлое	0,35	0,59	0,75	0,92	1,07	1,20	1,30	—
Почти пловучее	—	0,80	1,04	1,26	1,46	1,65	1,83	2,0
Пловучее	—	—	1,65	2,10	2,50	2,85	3,15	3,40

Пользуясь этой таблицей, легко вычислить величину осадки торфа для той или другой толщины.

Например, болото имеет глубину 5,0 *м*, верхний слои его довольно плотный, толщиной 1,0 *м*, нижележащий слой 1—3 *м*, довольно рыхлый, и нижний от 3 до 5 *м*—рыхлый. Осадка этого болота вычисляется так:

$$0{,}20+(0{,}56-0{,}26)+(1{,}07-0{,}75)-0{,}10=0{,}72\ м.$$

Последнее вычитаемое 0,10 представляет собой слой насыпи (песка в данном случае). В приведенном примере величина осадки равняется

$$\frac{0{,}72\times 100}{5}=14\%$$ от глубины болота.

Указанная возможная осадка торфа, а с ним и насыпей, происходящая исключительно под влиянием физических, вполне изученных свойств торфа, не может быть страшна для строителя. Во-первых, она по величине незначительна во-вторых, происходит медленно и равномерно и, в-третьих, заранее может быть учтена соответствующим увеличением высоты насыпи поверх болота.

Более опасными бывают оседания насыпей от других причин:

1. Под влиянием веса насыпи и внешней нагрузки торфяная масса принуждена опускаться на дно болота. На дне она встречает плотный минеральный грунт и, сжатая сверху и снизу, прессуется, погружая тело насыпи на величину сжатия.

2. Торф, оседающий вместе с насыпью, встречает на своем пути переувлажненный, легко подвижный слой сапропелита, сапропелевого торфа или ила. Всякий такой слой выдавливается, корка торфа разрывается, а насыпь целиком погружается на минеральное дно.

3. Возведенная насыпь состоит из легко размывающегося грунта (суглинок, глина), и стекающие с болота воды вымывают мелкие частицы,—насыпь оседает или разрушается.

---

[1] К. Вильгарм — „Устройство дорог на болотах", 1931 г., стр. 22.

НБ УДУНТ (ДПТ)

§ 99. Погружение насыпи на болоте. Учитывая оседание торфа и насыпи на нем, в дорожной практике принимают расчет высоты насыпи по следующей формуле:

$$H + \frac{h}{2} + 1{,}5\,h_1\,,$$

где H—высота насыпи над болотом, h—глубина болота, h_1—толщина разжиженного слоя на дне болота.

Оседание насыпи могло бы быть всегда равным $\frac{h}{2}$ только при условии, если бы торфа во всех болотах по своим физическим свойствам были всегда одинаковы и строение болота до дна оставалось одним и тем же.

То же и 1,5 h_1. Формула предусматривает обязательное растекание разжиженного нижнего слоя, что в действительности происходит далеко не всегда.

Данные классификации говорят о неоднородности торфов, а практика показывает, что оседание происходит далеко не так, как представлено в формуле.

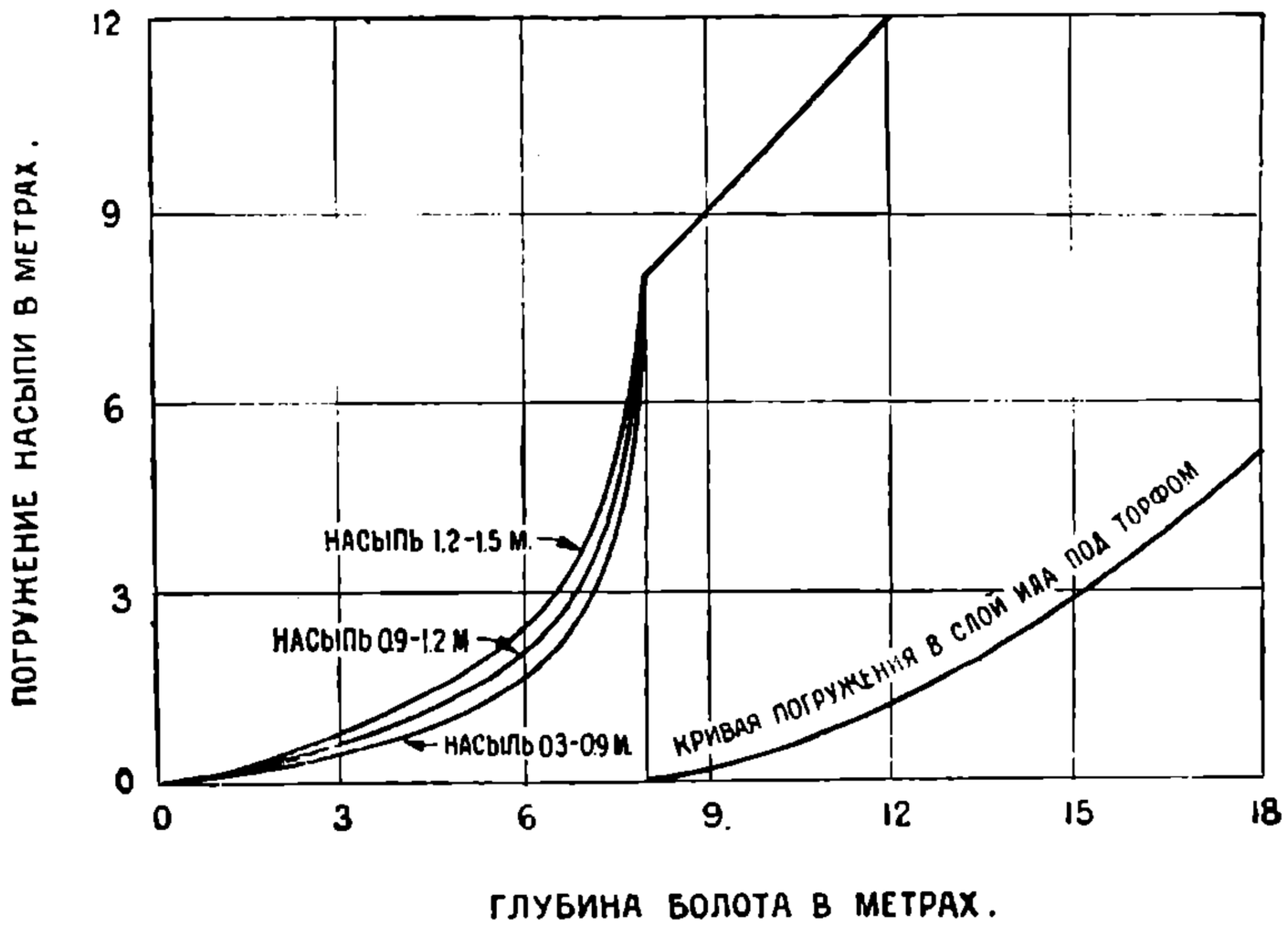


Рис. 298. Кривые погружения насыпи в зависимости от глубины торфяного болота.

По американским данным (Бертон), погружение насыпи находится в прямой зависимости от глубины болота, каково бы ни было его строение. На рис. 298 по оси абсцисс отложены глубины торфяного слоя, по оси ординат—глубины погружения насыпи в болото. Из рисунка видно, что насыпи с возвышением над болотом в 0,3—0,9 *м*, 0,9—1,20 *м*, и 1,20—1,50 *м* при глубине болота в 6,0 *м* оседают на очень незначительную величину. При глубине болота от 6 до 8 *м* осадка сильно увеличивается, а при глубине больше 8 *м* насыпь проваливается до минерального дна и все три кривые сливаются в одну. Приведенные кривые по виду строго выдержаны, по существу же грешат тем же, что и приведенная формула.

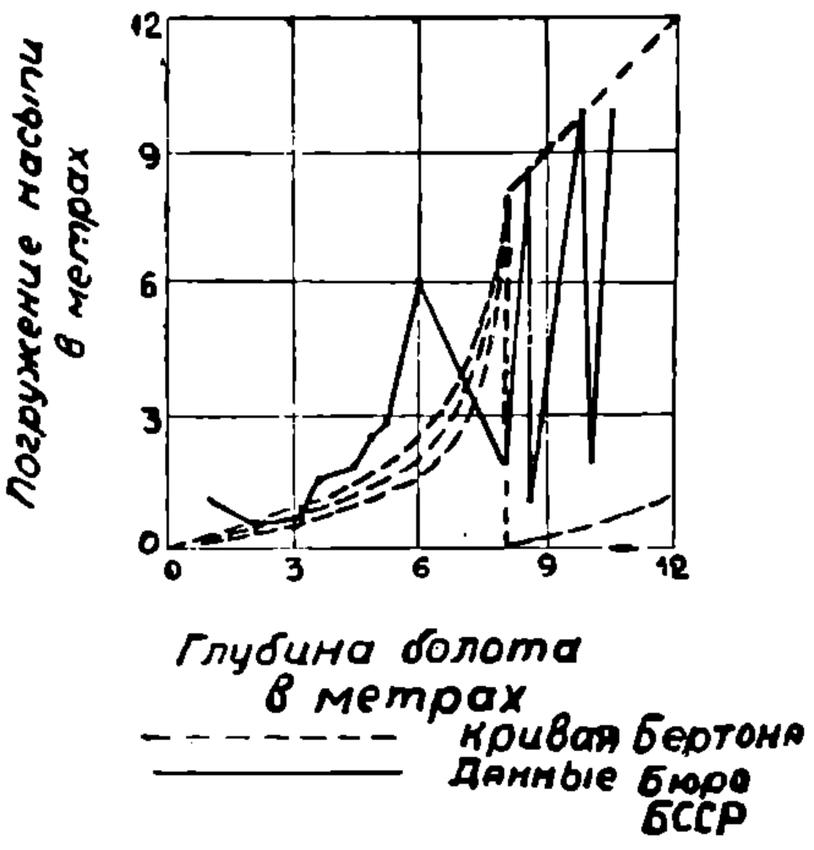


Рис. 299. Кривые опускания насыпей на торфяных болотах.

Последние исследования в СССР показывают, что величина погружения не находится в прямой зависимости от глубины болота (рис. 299).

На рисунке видно как в одном случае, при глубине болота в 9,0 *м*, насыпь опустилась на дно, а в другом случае, при той же глубине, насыпь погрузилась только на 1,0 *м*; или при глубине болота в 6 *м* насыпь опустилась на дно, тогда как по американской кривой она должна была бы погрузиться не более чем на 2,5 *м*.

Объяснение приведенным разноречивым фактам можно найти только в строении болота. Случай с погружением на глубину 9 *м* объясняется тем, что насыпь

---

[1] Н. П. Кузнецова «Изучение болот с точки зрения дорожного дела». 1931.

ГБ УДУНТ (ДИТ)

была возведена на плавающем торфянике, который под действием веса грунта разорвался, причем сильно разжиженные слои его частью выдавились, частью растеклись в стороны. Во втором случае болото имело другое строение. Вверху залегали толстым слоем сильно уплотненные торфа, а под ними на дне, толщиной в 4,0 *м*,—плотные, мало увлажненные сапропелиты. Подобное строение торфяника позволило насыпи осесть только на величину уплотнения торфа (на 1,0 *м*).

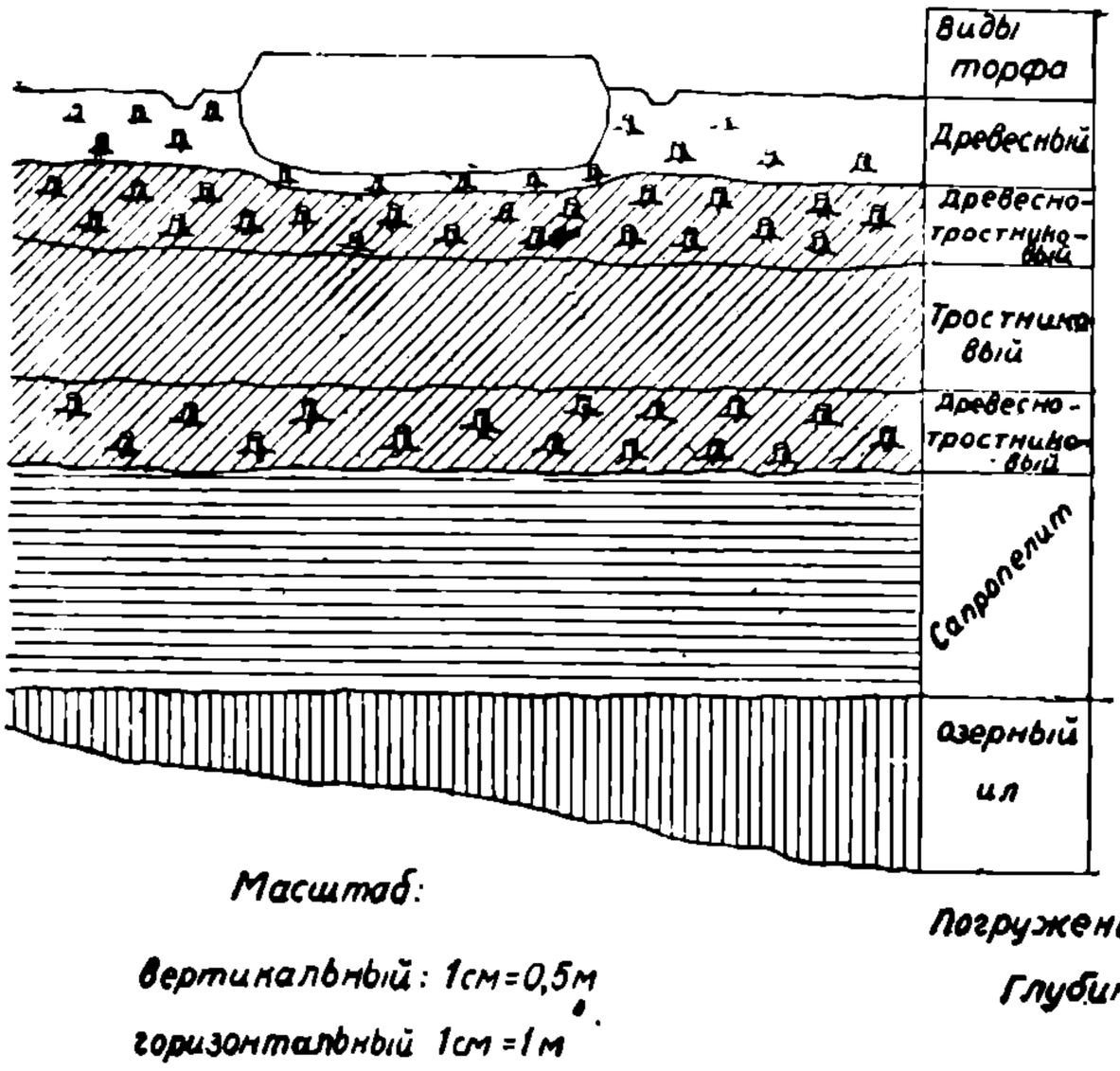


Рис. 300. Поперечный разрез насыпи дорожного полотна на болоте глубиной 8,5 *м*.

В последнее время работами Кузнецовой (СССР) и Бертона (САСШ) с достаточной достоверностью установлена форма, какую принимает насыпь, погрузившись в болото. В зависимости от строения торфяника насыпь может принимать следующие поперечные сечения. [1]

1. *Поперечное сечение трапеции с малым основанием внизу* (рис. 300). Такое сечение возможно, когда погружение насыпи происходит медленно. При этом условии давление на торфяную массу у подошвы насыпи равно нулю, увеличиваясь до полного веса насыпи на $см^2$ у бровки. В результате торф, как упругое тело, если не разрывается, отжимает землю к оси, придавая насыпи форму, близкую к трапеции.

2. *Поперечное сечение в форме почти прямоугольного четырехугольника* (рис. 301). Такое сечение получается, когда погружение насыпи происходит в момент ее возведения вследствие продольного скольжения материала насыпи по дну болота. Погружающийся грунт на своем пути разрывает торфяник. Последний раздается в стороны, сжимается и по всей глубине не оказывает одинаковое давление на погружающуюся насыпь. Такое явление в практике возможно, если болото имеет крутой склон и насыпь сооружается не тонкими слоями, а сразу на большую глубину.

Рис. Поперечный разрез насыпи дорожного полотна на болоте глубиной 6,5 *м*.

3. *Поперечное сечение в форме трапеции с большим основанием внизу* (рис. 302). Указанный случай возможен, если насыпь опускается на дно или в момент ее возведения, или через весьма короткий промежуток времени. Погружению, как мы видели, способствуют: разрыв торфяной корки и наличие разжиженного слоя на дне.

§ 100. Дороги облегченного типа на болотах. Часто по болоту приходится прокладывать дороги хозяйственного или местного значения с небольшой на-

[1] Грунтовой сборник ЦИАТа 1932 г., статья Кузнецовой.

НБ УДУНТ (ДИТ)

пряженностью движения и с легкими нагрузками на повозку. Экономичнее в таких случаях строить дорогу облегченного типа, при котором устраивается минимальная земляная насыпь, лишь обеспечивающая движение, но настолько легкая, что исключается опасность ее погружения в болото. Конструкция полотна такого рода дорог всецело зависит от типа болота, по которому дорога прокладывается.

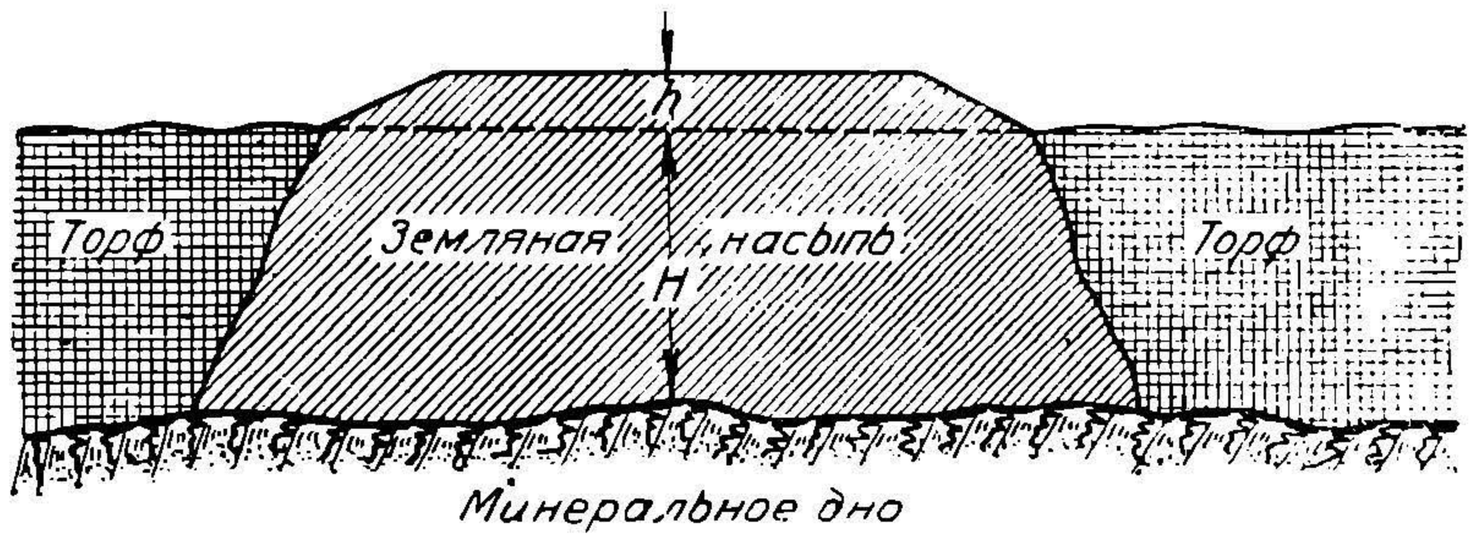


Рис. 302. Поперечное сечение осевшей насыпи дорожного полотна формой трапеции с большим основанием внизу.

Дороги на плаву. На сплавинных (1-я группа) болотах полотно устраивают на плаву, ставя его в условия тела, погруженного в жидкость. Чтобы полотно не затонуло, нужно дать насыпь по весу легче, чем вытесненная жидкость (закон Архимеда), учитывая при этом известное сопротивление верхней торфяной корки.

В местах лесистых для этой цели земляную насыпь возводят на бревенчатых или жердевых настилах (рис. 303). Бревна — жерди берутся толщиной 15—25 *см*, а длиной—на всю ширину основания насыпи. Под бревенчатый настил в продольном направлении укладываются лежни из бревен толщиной 25—30 *см* в расстоянии 1,5—1,75 *м* один от другого. Настил укладывается с притеской одного бревна к другому, комлями в разные стороны, перпендикулярно или под некоторым углом к оси дороги. Поверх уложенного настила по краям, а лучше еще и по середине, кладут прижимные брусья (бревна), скрепляемые через 0,7—1,20 *м* деревянными нагелями с нижними лежнями; таким образом получается связанный плот, способный нести известного веса нагрузку.

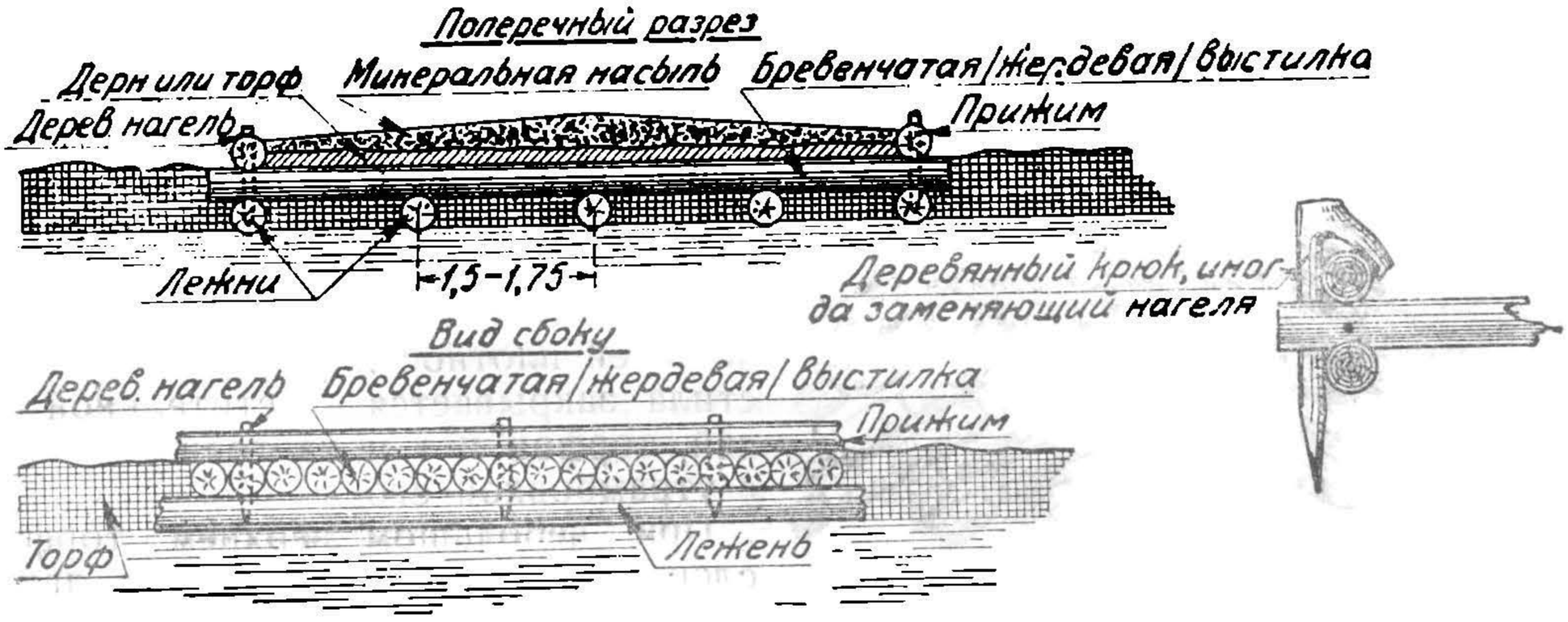


Рис. 303. Устройство дороги облегченного типа на бревенчатом настиле.

Сверх лежней, для предупреждения просыпания грунта, укладывается дерн травою вниз, торф, глина, земляной бетон слоем в 0,10 *м*, после чего насыпается грунт на толщину только достаточную для того, чтобы езда происходила не по бревнам. Чем меньше насыпано грунта, тем больше гарантий устойчивости сооружения. Если является опасность перегрузки настила, то земляная насыпка на нем не устраивается. Тогда верх бревен подтесывается и езда происходит как по бревенчатому настилу моста. Боковые канавы не устраиваются, так как прокопка их может принести только вред. Устраивая канавы, мы перерезаем волокна торфа, уменьшаем его плавающую способность и увеличиваем возможность погружения всего сооружения на глубину.

УДУНТ (ДИТ)

Для увеличения плавающей способности на особо опасных болотах бревенчатый настил и насыпь располагаются согласно рис. 304. Способы устройства настила здесь остаются те же.

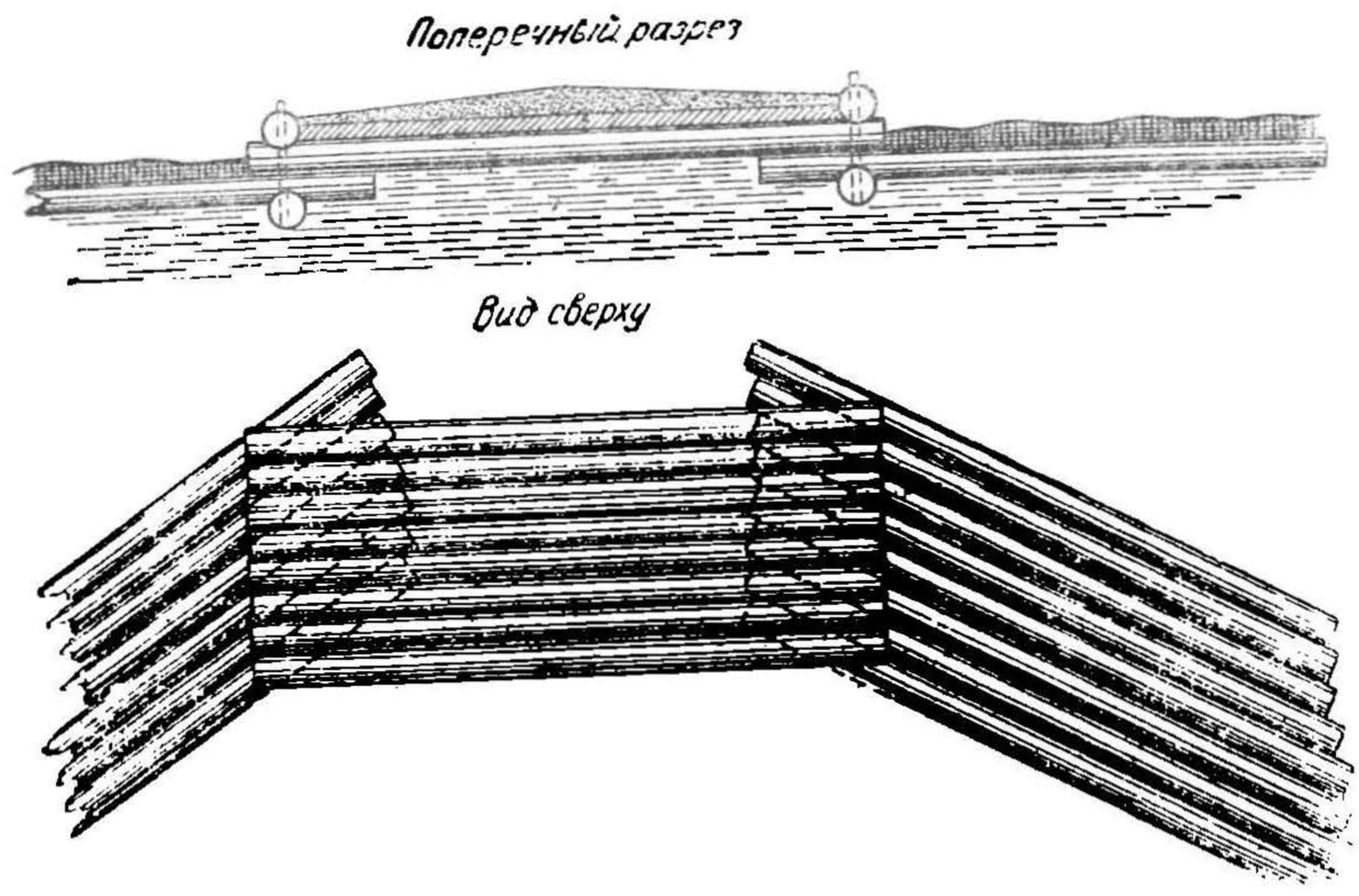
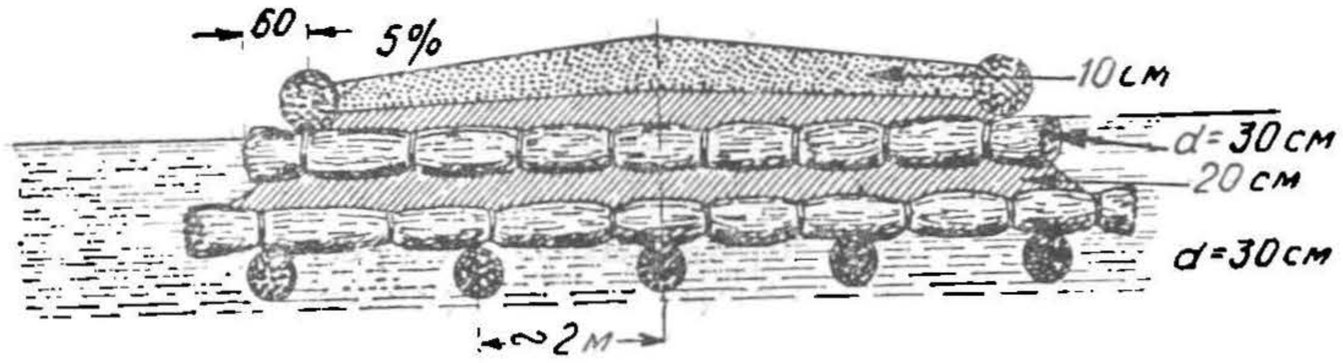


Рис. 304. Дорога на бревенчатом настиле в особо тонких болотах.

На бревенчатый настил употребляются наиболее легкие породы леса: ель, сосна; не допускается дуб, береза и др.

Дороги на болотах второй группы (см. стр. 386). На них вместо бревенчатого настила можно укладывать фашинник, хворост, вереск и др При фашинной, как и при хворостяной настилке обязательна укладка вниз продольных лежней. Толщина бревен для лежней берется 15—25 *см*, и укладываются они в таком же расстоянии, как и при бревенчатом настиле. На кочковатом болоте поверхность перед укладкой лежней и настила планируется. На лежни плотно друг к другу поперек дороги на толщину 0,30 *м* в уплотненном виде укладываются (лучше двукомельные) фашины или хворост (рис. 305). Поверх кладутся вдоль, с краев и посередине жерди толщиной 7—15 *см* и туго притягиваются к нижним лежням. Для большей плотности уложенный ряд настила закрывается растительной землей, торфом и т. п. на толщину до 5 *см* с утрамбовкой его.



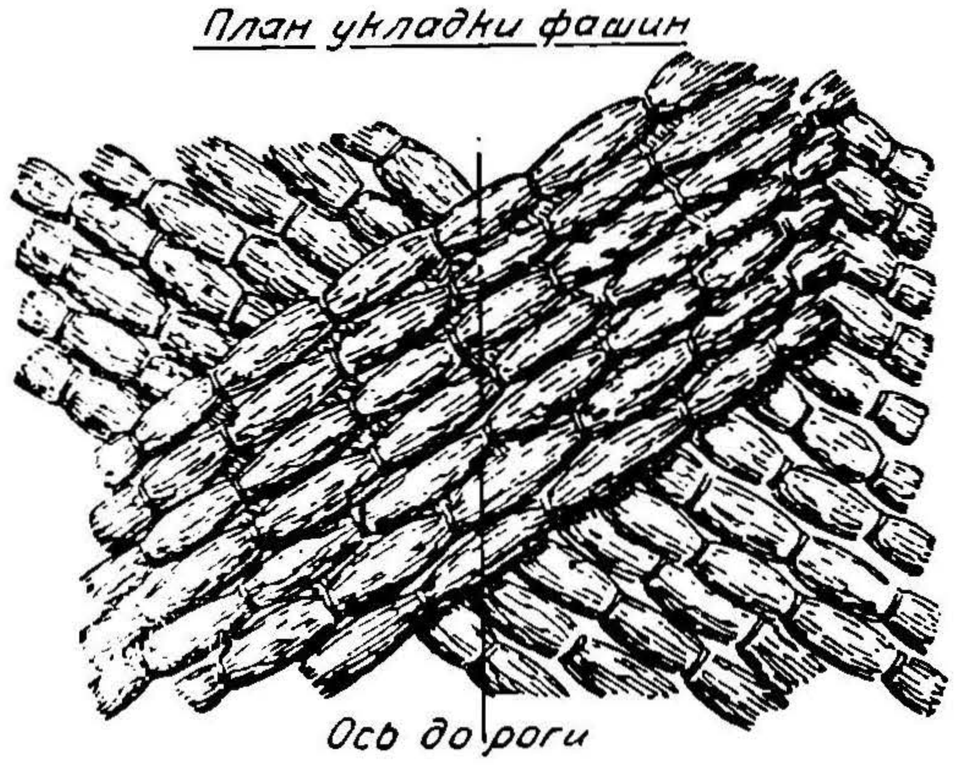


Рис. 305. Устройство дороги на фашинном настиле.

При небольшом верхнем торфяном слое выстилка устраивается в два, три и более рядов, причем второй ряд может быть уложен вдоль оси (поперек нижнего слоя), а последний — обязательно поперек. Каждый ряд покрывается, как и первый, связным грунтом с утрамбовкой. Чтобы получить одно целое из многих рядов выстилки, на верхний ряд, как и на нижний, укладывают жерди, которые вицами схватываются с нижним рядом. Земляная насыпь на описанных выстилках устраивается самая минимальная, с одной стороны, для удешевления строительной стоимости дороги, с другой—для уменьшения веса всего полотна. Хворостяная и фашинная выстилки, являясь плотом для на-

НБ УДУНТ (ДИТ)

сыпи, в то же время служат дренажем в горизонтальном и вертикальном направлении.

Разрезание верхних слоев торфа канавами и здесь уменьшает несущую способность, а поэтому прокопку их для уплотнения торфяной массы можно допускать только в значительном расстоянии от полотна (не менее 10 *м* от бровки).

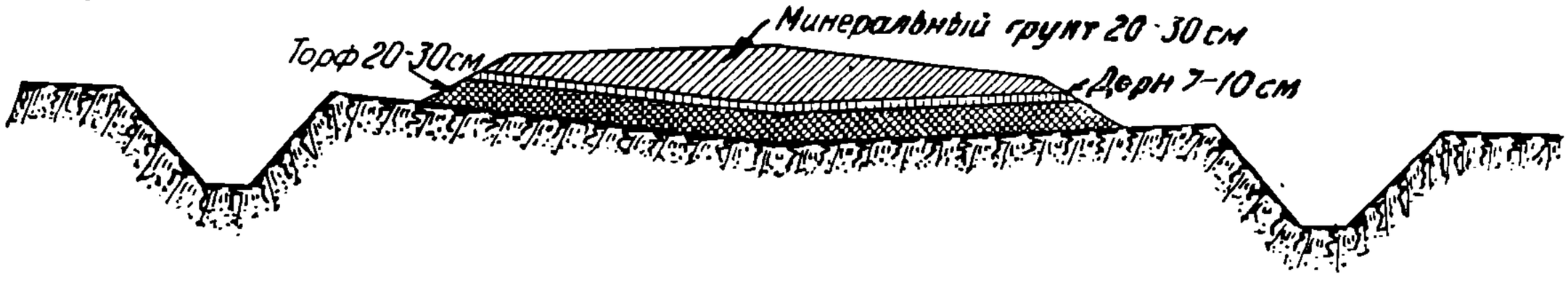


Рис. 306. Дорога на торфяном болоте с канавами.

Дороги на болотах третьей группы (см. стр. 386). Способы постройки дорог на этой группе болот коренным образом отличаются от двух первых. Основной и необходимой работой здесь является прокопка с обеих сторон боковых канав (рис. 306). Если сток воды по канавам обеспечен, то полезно их прокладывать в два ряда. Чтобы дать возможность осушенному болоту осесть до открытия движения, канавы следует прокопать за год-два вперед, причем в первый год углубление канавы производится не на проектное сечение. На второй год весной оно увеличивается, а осенью доводится до нужного профиля (рис. 307).

Углубление канавы сразу на большую глубину в некоторых случаях может принести вред, создавая благоприятные условия для выдавливания нижних сильно переувлажненных и разложившихся торфов. Так как в этой группе вся толща болота заполнена торфом, то прокопкаканав, как в случае обеспеченного стока, так и в отсутствии его, увеличивает несущую способность верхних слоев, и нет никаких оснований при небольших насыпях опасаться большой глубины погружения их. Практически постройка дороги осуществляется следующим образом. Вынутый из канав болотный грунт разравнивается по полотну ровным слоем, а сверх него укладывается дерн (можно обойтись и без него), а на самый верх—минеральный грунт на толщину 20—30 *см*.

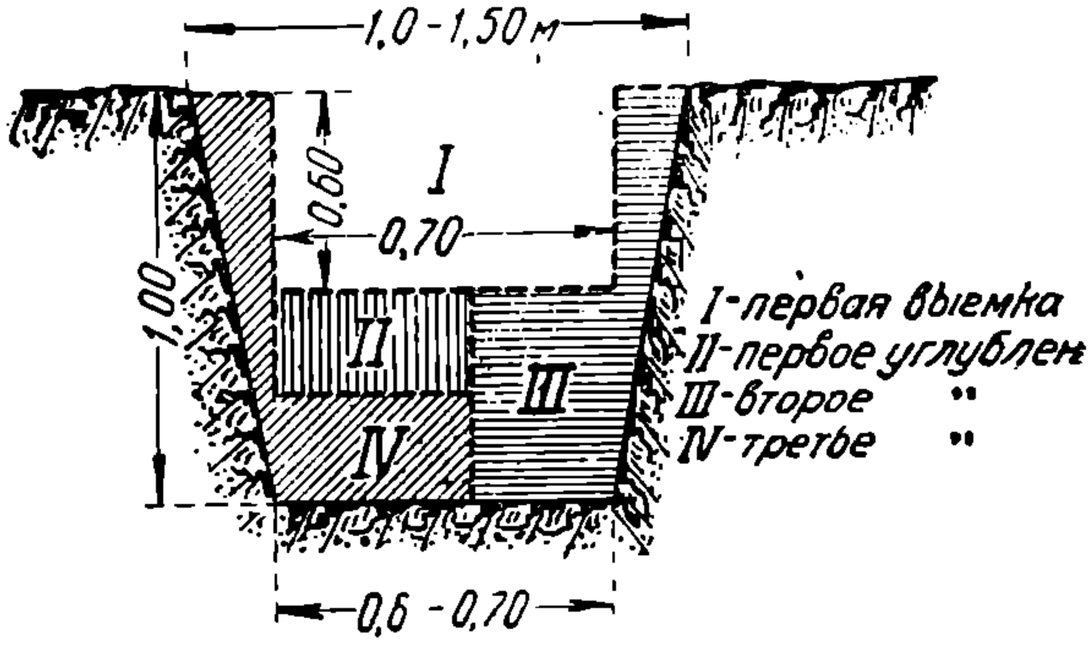


Рис. 307. Схема постепенного углубления канав в торфяном болоте.

§ 101. Дороги на болотах, предназначенные под покрытие. Дороги магистрального типа, предназначенные для большого и тяжелого движения, требуют устойчивого полотна. На неосевшей или плавающей насыпи нельзя устраивать дорожной одежды, так как под влиянием деформации полотна покрытие все время будет расстраиваться. Поэтому способы постройки этих дорог совершенно отличны от описанных выше. Разберем несколько наиболее типичных случаев.

Первый способ—выторфовывания. Этот способ выгодно применять только тогда, если мощность торфяного покрова на болоте не велика (1—2 *м*). Сущность работы заключается в том, что торф на всю ширину дороги убирается (рис. 308). Дорога после этого устраивается на минеральном грунте, как и в обыкновенных грунтах с нулевым профилем. Непременным условием для постройки дороги с выторфовыванием является возможность осуществления отвода воды из придорожных канав и понижения уровня грунтовых вод на такую глубину, чтобы капиллярное поднятие не доходило до поверхности полотна дороги.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Второй способ на болотах глубиной до 2—3 *м*. На грани будущего полотна дороги с обеих сторон прокапываются канавы в 0,8—1,20 *м* ширины (рис. 309), доходящие в глубину до разжиженных торфов. Грунт из них может быть разравнен под будущей насыпью, а лучше—удалить его за пределы дороги. В выкопанные канавы засыпается песок, который, оседая на минеральное дно, уплотнит оказавшийся между двумя песчаными столбами разжиженный и верхний торф. Засыпку обеих канав необходимо производить одновременно.

Рис. 308. Дорога на болоте с выторфованным профилем.

Сжатый с двух сторон торф, не имея выхода, может выдержать значительную насыпь и движение. Устройство боковых канав (на рисунке пунктир) желательно, но в глубину они не должны прорезать всего верхнего, более плотного торфа.

Третий способ—погружение насыпи на дно болота. Возможны два варианта:

1 Насыпь погружается постепенно от собственного веса и веса торфа. На болоте в расстоянии 3—5 *м* от будущей подошвы насыпи с обеих сторон прокапываются канавы шириной до 1,0 *м* глубиной—до мягких, разжиженных слоев. Торф из канавы разравнивается под будущей насыпью. Сейчас же после прокопки канав устраивается насыпь. Перерезанный канавами торф под влиянием значительного веса насыпи начинает опускаться вниз за счет выдавливания разжиженных торфов через канавы. Увеличивая насыпь и углубляя канавы, если потребуется, мы заставим насыпь с лежащим под ней торфом сесть на минеральное дно. Дальнейшая осадка полотна будет происходить медленно и незначительно за счет прессования лежащего под насыпью торфа.

2. Насыпь погружается искусственно в короткий промежуток времени.[1]

Первый прием применяется на болотах глубиной до 5,0 *м* и заключается в следующем. По оси будущей дороги с помощью динамита взрывается полоса на ширину 8—10 *м* и глубиной 3—4 *м*. В образовавшееся окно тотчас

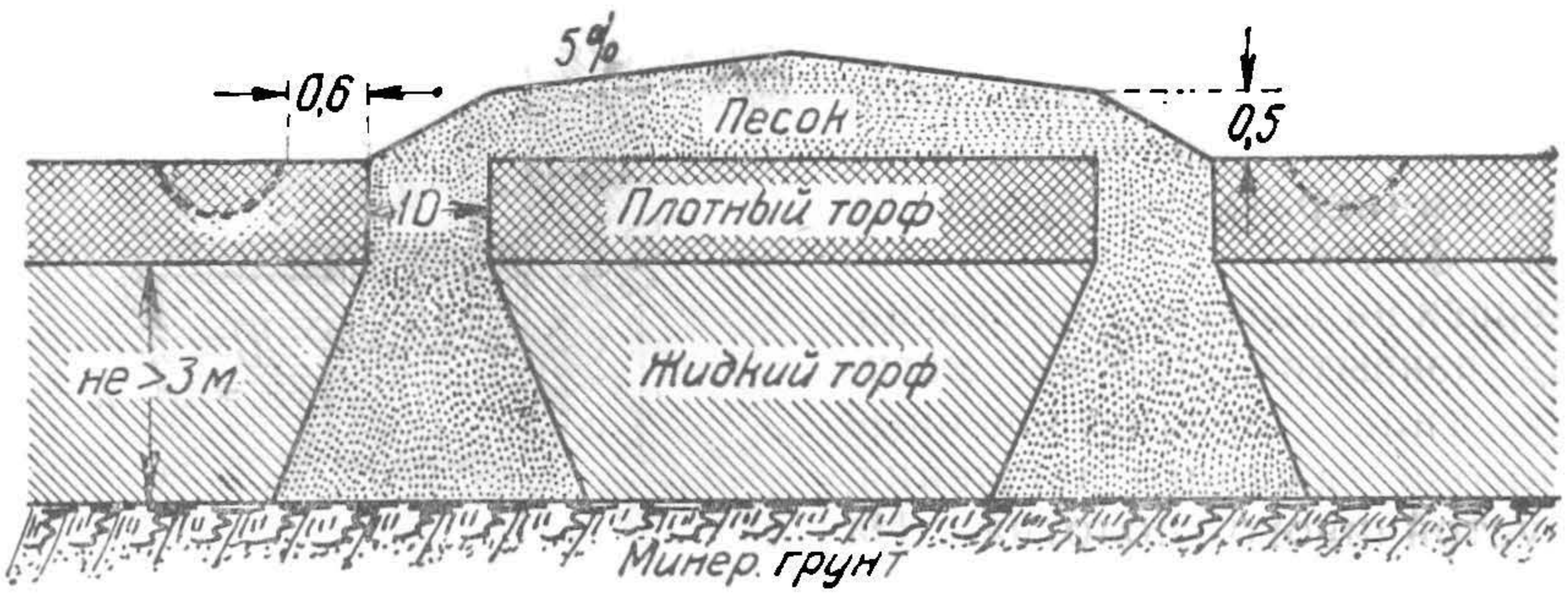


Рис. 309. Постройка дороги на торфяном болоте глубиной 2—3 *м* по методу Шталя.

же засыпается минеральный грунт, который из-за собственной тяжести садится на дно. Взрыванием торфа достигается: а) удаление из-под тела будущей насыпи значительного количества торфа. б) размельчение и перемешивание оставшегося торфа, который затем легко будет растекаться под насыпью.

Второй прием. На болоте возводится насыпь. Под нее закладывается и взрывается динамит. В первое время после взрыва под насыпью нарушается связь в торфяной коре, отчего происходит погружение засыпки. Когда оседание насыпи под торф приостановится, вводится сосредоточенный заряд и вновь взрывается. Цель подрывных работ здесь та же, что и в первом случае: удаление

[1] Highway Engineer and Contractor, December 1931.

НБ УДУНТ (ДИТ)

торфа из-под насыпи и разжижение его. Количество закладываемого динамита, глубина закладки и число скважин зависят от толщины торфа и высоты насыпи.

Третий прием. Сначала возводят насыпь, а затем по бокам ее взрыванием устраивают глубокие канавы. Такие канавы вызывают выдавливание разжиженного торфа, благодаря чему насыпь опускается на дно. Этот способ применяется с успехом, если грунт насыпи глинистый. Песок и др. рыхлые материалы легко ссыпаются в образовавшиеся в результате взрыва канавы, не давая потребной тяжести.

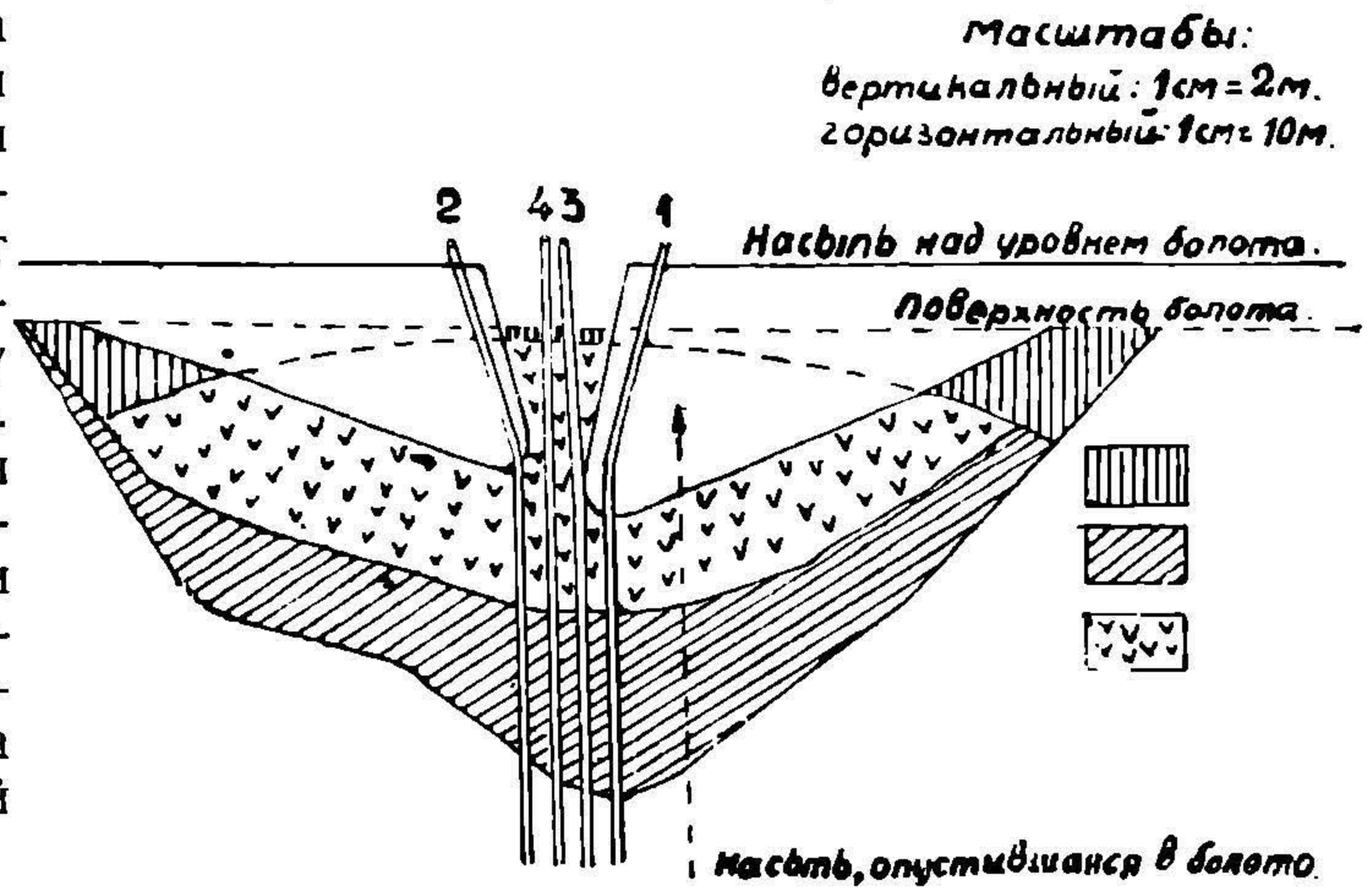


Рис. 310. Вид деформаций свай моста в опускающейся насыпи на болоте.

§ 102. Время постройки мостов на болотах. Насыпи, возведенные на болоте, сплошь и рядом оказываются плотинами для болотной воды. Уже при незначительном течении воды по болоту можно наблюдать фильтрацию грунта насыпи и размывание его. С другой стороны, как указывалось выше, на некоторых болотах искусственно устраивается осушка канавами, по которым с одной стороны полотна воду иногда приходится переводить на другую сторону.

В обоих случаях насыпь должна быть перерезана для пропуска воды, а место перекрыто мостом. Если сваи моста будут забиты ранее возведения насыпи или в одно время, то, опускаясь в торф, насыпь начнет давить на сваи, перекашивая их (рис. 310). Мост деформируется и разрушается. Поэтому на болотах, где насыпь заведомо будет погружаться, свайные мосты следует строить по окончании осадки насыпи или, в крайнем случае, в последней стадии ее.

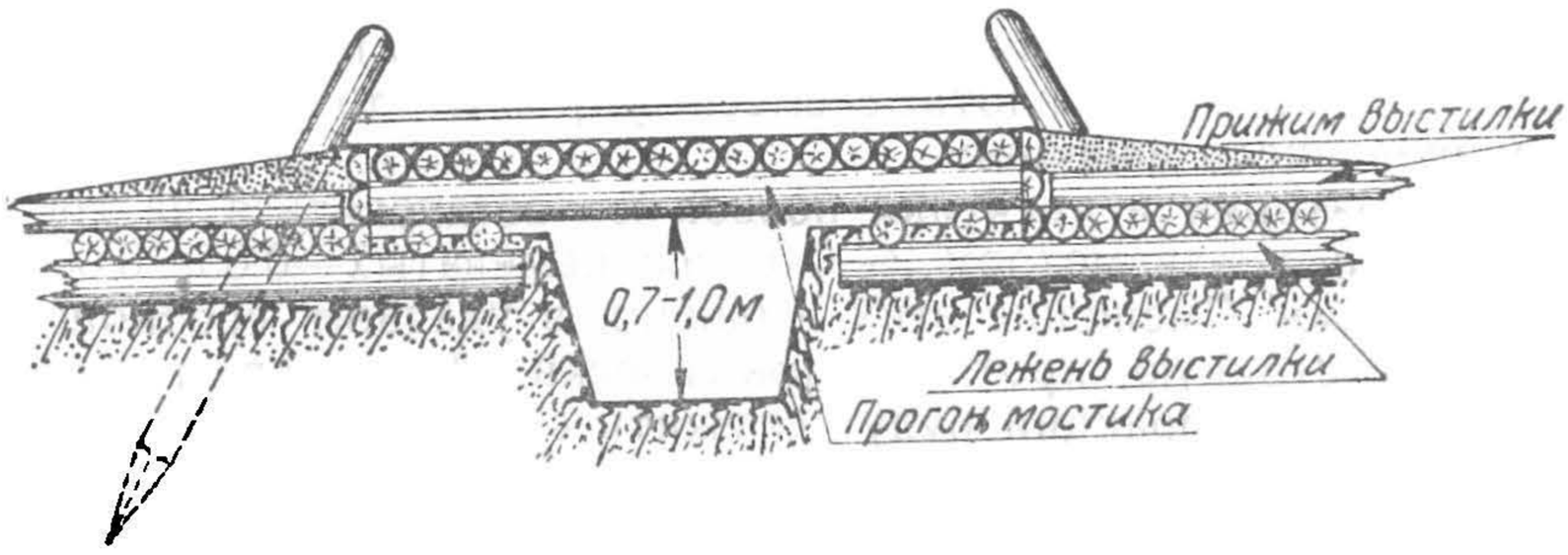


Рис. 311. Деревянный мостик на плавающем деревянном настиле.

На дорогах облегченного типа в глубоких болотах, для удешевления стоимости постройки, небольшие деревянные мостики можно строить на лежнях, укладывая их между насыпью и выстилкой, или между рядами выстилки, с врубкой в полдерева в специально уложенные поперек бревна (рис. 311). Конструкция такого мостика видна на рисунке.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ТРЕТЬЯ

УЛУЧШЕНИЕ ГРУНТОВЫХ ДОРОГ

103. Песчано-глинистые смеси (гранулометрические добавки). Почво-грунты, которые фактически являются материалом грунтовой дороги, по своим механическим и физическим свойствам довольно разнообразны. От этого далеко не одинакова их несущая способность и разно они противостоят климатическим факторам. Например, пески обладают способностью пропускать воду,

НТБ УКУНТ (ДИТ)

слабой сжимаемостью и др., что позволяет широко применять их в строительстве. Песок же в чистом виде на дороге, особенно в сухое время года, делает проезд затруднительным, а иногда и невозможным. Колеса автомобиля буксуют, лошадь с трудом тянет порожнюю телегу,

На глинистых и черноземно-глинистых грунтах в сухое время года, если дорога гладка, условия проезда считаются безукоризненными, допускающими интенсивное, с большим тоннажем и скоростями автодвижение. Но стоит увлажнить эти грунты до 7—10% их абсолютной влажности, дорога делается липкой и скользкой. Налипание грязи на колеса затрудняет проезд в той же мере, как и сухие пески, а скользкость угрожает безопасности движения и уменьшает скорость проезда. Влажность в количестве 10—25% обращает почво-грунт в грязь; проезд для автомобилей становится невозможным, а для конного транспорта—тяжелым. На таких грунтах, даже в летнее время, в период дождей, может наступить распутица, приносящая огромные убытки народному хозяйству.

Взятые примеры двух противоположных по своим свойствам грунтов дают основание полагать, что, изменяя их отрицательные дорожные качества, можно получить материал, менее подверженный ухудшению под влиянием климатических факторов и обеспечивающий проезд при всякой погоде.

В первую очередь напрашивается мысль использовать диаметрально противоположные свойства песка и глины, чтобы, смешав их в каком-то отношении, получить устойчивый материал. Но, оказывается, простой смеси еще не достаточно. Смесь станет плотной и стойкой, если она будет иметь наименьший объем пустот. Подобрав несколько песчано-глинистых смесей, для дорожных целей приходится признать лучшей ту, которая в своем составе имеет наиболее крупные песчаные фракции и наименьший объем пустот. Последний получается в результате распределения в определенном соотношении смешиваемых частиц. По данным грунтовой лаборатории ЦИАТа [1] самая устойчивая и плотная смесь получается, если первая по крупности фракция имеет диаметр в 16 раз больше, чем вторая, и взята в количестве 40% первой; вторая в 16 раз больше третьей при том же проценте и т. д. Неплохая смесь получается и тогда, когда соотношение одних составных частиц к другим будет не 16, а 8. Ни на дороге, ни вообще в полевых условиях, какие бы грунты мы между собой ни смешивали, получить теоретически нужную плотность невозможно. Приходится получать более или менее плотные смеси, упростив до минимума составление их и ограничив число фракций.

Данные лаборатории и практики позволяют остановиться на трех фракциях, а именно: песчаных—диаметром 2—0,05 *мм*, пылеватых—0,05—0,005 *мм* и глинистых $< 0{,}005$ *мм*. Смешение этих фракций в удачном соотношении может дать довольно стойкую против климатических факторов и плотную смесь, в которой песчаные фракции будут служить скелетом, пылеватые — заполнителем пустот, глинистые—связующим веществом.

Устойчивой смесью из трех указанных фракций считается такая, в которой:

песчаных частиц	(2— 0,05 *мм*)	содержится 60—80%	*А*
пылеватых „	(0,05—0,005 *мм*)	15—25%	
глинистых „	($< 0{,}005$ *мм*)	5—15%	

причем мелкозернистых частиц (0,25—0,05 *мм*) в смеси не должно содержаться больше 35%.

Если основной скелет смеси будет состоять не из крупнозернистого песка, то количество пылеватых и глинистых частиц должно быть больше за счет уменьшения количества песчаных. Наилучшая смесь в этом случае будет:

песчаных частиц	(0,5—0, 05 *мм*) .	55—75%	*Б*
пылеватых „	(0,05—0,005 *мм*) .	18—30%	
глинистых „	($< 0{,}005$ *мм*)	7—15 %	

Увеличение числа глинистых частиц против предельного количества в сырое время года повлечет за собой образование грязи на дороге. Недостаток же в сухое время уменьшит связность смеси и приведет к скорому расстройству

[1] Информационный листок ЦИАТа, 1931 г., № 2.

НБ УДУНТ (ДИТ)

дороги под проездом. Поэтому в районах с избыточным увлажнением и медленным испарением, а также на пониженных, затененных, медленно просыхающих местах, для смеси нужно брать нижний предел глинистых частиц; на возвышенных, открытых, скоро просыхающих местах, в районах с быстрым испарением—следует принимать верхний предел.

На практике песчано-глинистую смесь приходится составлять в двух случаях: 1) грунт дороги песчаный, трудно проезжий, нужно придать из карьера глинистого с пылеватыми частицами грунта; 2) грунт глинистый: к нему приходится добавлять песок из карьера.

Чтобы показать, как рассчитывается и составляется удовлетворяющая условиям проезда смесь, разберем пример. Пусть грунт дороги и грунта двух карьеров будут следующего состава:

Таблица 117

Гранулометрический состав грунтов (в проц.)

Размер фракции / Место взятия образца грунта	Песок					Пыль		Глина	Наименование грунта
	2—1 *мм*	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0.01—0,005	<0,005	
Дорога	1,50	2,50	6	8	7	12,5	14,5	48	Глин.
			25			27			
Карьер № 1	23	17,50	6,50	14	18	9	10	2	Песч.
			79			19			
Карьер № 2	9	8	14	11	8	29	19	2	Пылев песок
			50			48			

Пусть из грунта дороги и из карьера № 1 мы хотим составить грунтовую смесь, содержащую 10% глинистых частиц. Обозначим процент грунта дороги в смеси через X, тогда карьерного материала № 1 в этой смеси будет $100-X$. Согласно гранулометрическому составу грунт дороги содержит 48% глинистых частиц. Значит по отношению ко всей смеси этих частиц будет $\frac{48 \cdot X}{100}$. Соответственно можно обозначить содержание глинистых частиц в карьерном материале № 1 по отношению к общему проценту их в смеси: $\frac{2 \times (100 - X)}{100}$ Процентное содержание глинистых частиц грунта дороги плюс содержание этих же частиц карьерного материала, по условию, должно в смеси равняться 10%. Математически это запишется так:

$\frac{48 \cdot X}{100} + \frac{2 \times (100 - X)}{100} = 10$; или $48X - 2X + 200 = 1000$; $46X = 800$, откуда $X = \frac{800}{46} = 17{,}40\%$. Следовательно смесь, удовлетворяющая поставленным условиям, должна быть составлена из 17,40% грунта дороги и 100—17,40 = 82,60% карьерного материала № 1.

Подсчитаем в каком количестье в полученную смесь войдут отдельные фракции. Грунта дороги взято 17,40%, или по фракциям это распределяется так:

$$\text{песчаных } (2 - 0{,}05\ мм) = \frac{25 \times 17{,}40}{100} = 4{,}35\%$$

$$\text{пылеватых } (0{,}05 - 0{,}005\ мм) = \frac{27 \times 17{,}40}{100} = 4{,}70\%$$

$$\text{глинистых } (< 0{,}005\ мм) = \frac{48 \times 17{,}40}{100} = 8{,}35\%$$

Карьерного материала в смеси содержится 82,60%; по фракциям он распределяется: песчаных (2—0,05 *мм*) $= \frac{79 \times 82{,}60}{100} = 65{,}25\%$, пылеватых (0,05—0,005 *мм*) $= \frac{19 \times 85{,}60}{100} = 15{,}70\%$ и глинистых ($< 0{,}005$ *мм*) $= \frac{2 \times 82{,}60}{100} = 1{,}65\%$

НБ УДУНТ (ДИТ)

Сложив одноименные фракции одна с другой, получим смесь, состоящую из:

песчаных фракций (2— 0,05 *мм*) = 4,35 + 65,25 = 69,60%
пылеватых (0,05—0,005 *мм*) = 4,70 + 15,70 = 20,40%
глинистых (< 0,005 *мм*) = 8,35 + 1,65 = 10%.

Получившийся состав вполне отвечает устойчивой смеси *А*.

На тех же условиях попробуем составить смесь из грунта дороги и карьерного материала № 2. Так как количество глинистых частиц в обоих этих грунтах одинаково, то смесь, удовлетворяющая поставленным условиям, должна составиться из 17,40% грунта дороги и 82,60% карьерного материала № 2. По входящим в них фракциям смесь представится в таком виде.

Таблица 118

Наименование грунта	Фракции		
	Песчаные 2—0,05 *мм*	Пылеватые 0,05—0,005	Глинистые < 0,005
Грунт дороги	$\frac{25 \times 17{,}40}{100} = 4{,}35\%$	$\frac{27 \times 17{,}40}{100} = 4{,}70\%$	$\frac{48 \times 17{,}40}{100} = 8{,}35\%$
Карьерн. грунт № 2 .	$\frac{50 \times 82{,}60}{100} = 41{,}30\%$	$\frac{48 \times 82{,}60}{100} = 39{,}65\%$	$\frac{2 \times 82{,}60}{100} = 1{,}65\%$
Итого	45,65%	44,35%	10%

Сравнив получившуюся смесь с устойчивой смесью *А*, находим в ней недостаток песчаных фракций и избыток пылеватых. Значит по заданным условиям (содержание глинистых частиц 10%) из грунта дороги и карьерного материала устойчивой смеси получить нельзя.

§ 104 Графический способ составления песчано-глинистых смесей. Приведенный способ составления смеси требует для своего расчета много времени и не нагляден. Напр., неудовлетворительность состава из грунта дороги и карьера № 2 стала ясна только после продолжительных арифметических вычислений. В технике всюду, где возможно, применяются более простые и наглядные способы графических изображений и расчетов. Посмотрим, как можно графически рассчитать составление грунтовых устойчивых смесей С этой целью воспользуемся треугольной координатной системой.

Возьмем равносторонний треугольник. Каждую из сторон или высот его разделим на 100 равных частей и через точки деления проведем линии, параллельные сторонам треугольника (рис. 312).

Условимся откладывать процентное содержание глинистых частиц грунта по перпендикуляру, восставленному из нижнего основания, названного на рисунке „нулевой линией глины"; тогда грунт, состоящий из одних только глинистых частиц, будет содержать этих частиц 100%. Положение такого грунта в треугольнике будет в вершине треугольника, в точке *А*. Соответствующим образом, приняв левую сторону за „нулевую линию песка", грунт, содержащий только одни песчаные частицы, будет иметь их 100%. Положение такого грунта на треугольнике будет в другой вершине *В*. Аналогично будем иметь нулевую линию пыли на правой стороне треугольника.

На основании того, что 1) всякий грунт, состоящий из трех названных фракций, всегда будет иметь процентное отношение их, равное 100, и 2) что сумма перпендикуляров, опущенных из любой точки, взятой внутри треугольника, на основания, равна высоте треугольника (100%), можно найти точку в треугольнике, соответствующую заданному грунту. Приведенный треугольник называется треугольником Фере, по имени предложившего его.

Найдем в треугольнике положение грунта, состоящего на 50% из песчаных фракций, на 20% — из пылеватых и на 30% — из глинистых. Точка, соответствующая 50% песка, будет лежать где-то на 5-й параллельной линии от

НБ УДУНТ (ДИТ)

„нулевой линии песка". Надписи, относящиеся к процентному содержанию песка, помещены на нулевой линии глины. В свою очередь точка, соответствующая 20% пыли, будет находиться на 2-й параллельной линии от „нулевой линии пыли", которую находим по надписям на нулевой линии песка.

Пересечение 5-й и 2-й линий в точке *a* вполне определяет положение заданного грунта в треугольнике. Точка *a* одновременно должна находиться и на 3-й параллельной линии от „нулевой линии глины", показывающей содержание в грунте 30% глинистых частиц. Линию процентного содержания глины находим по надписям на нулевой линии пыли.

Можно было бы найти точку *a*, откладывая сначала глинистые частицы на 3-й параллельной линии от „нулевой линии глины". а затем—или на 5-й от песчаной, или на 2-й от линии пыли.

Можно решить задачу и обратного свойства. Пусть в треугольнике отложена точка *m*. Мы видим, что точка эта находится между „нулевой линией глины" и 1-й параллельной от нее. Измерив расстояние от точки *m* до нулевой линии глины по перпендикуляру в масштабе деления высоты на 100, получим содержание глинистых частиц в грунте $m=3\%$. Таким же способом по перпендикуляру от *m* до нулевой линии пыли измеряем расстояние в том же масштабе и находим содержание пылеватых частиц в грунте $=33\%$.

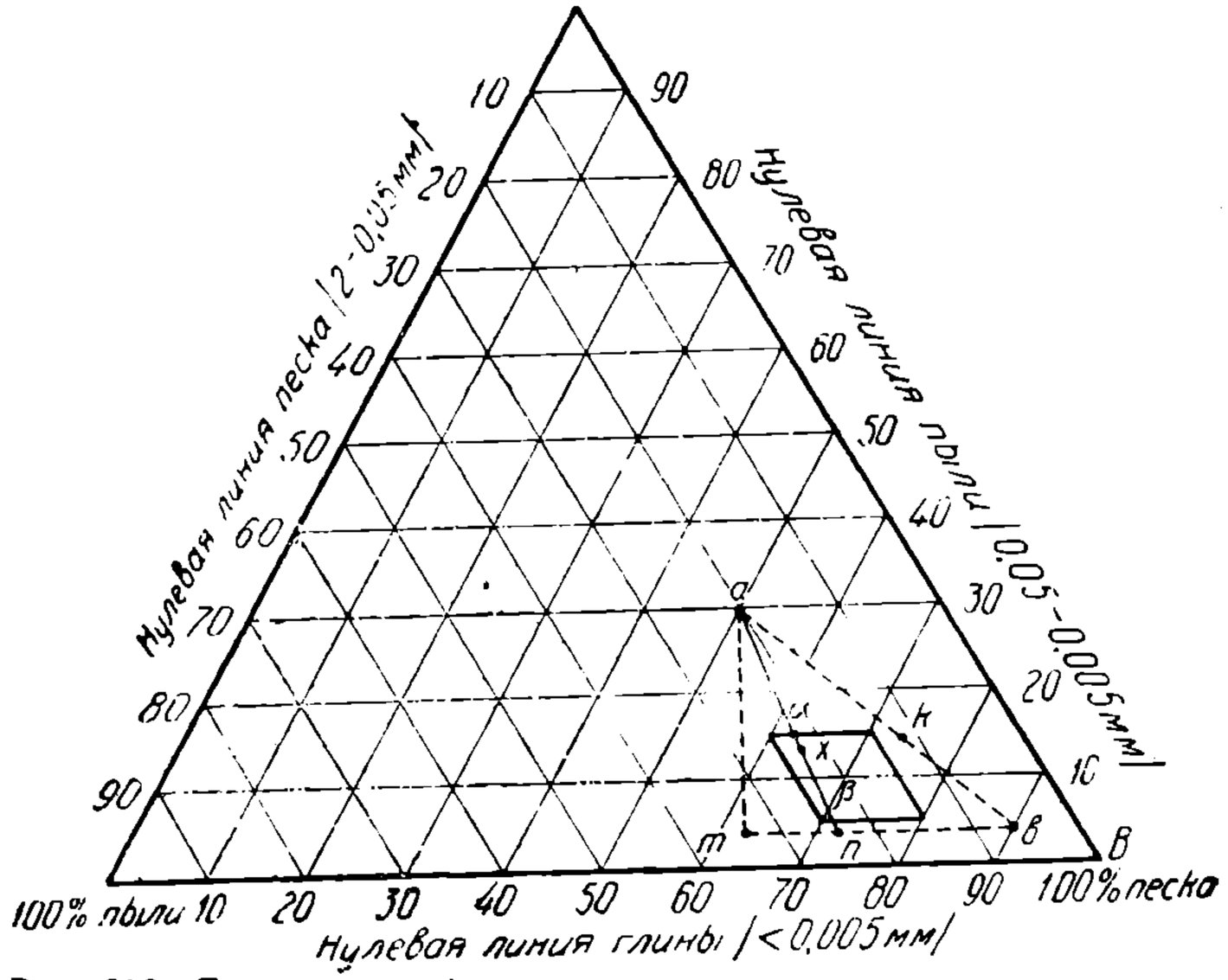


Рис. 312. Треугольник Фере для составления песчано-глинистых смесей.

Аналогично или по разности находим содержание песчаных частиц $100 - (3 + 33) = 64\%$.

Итак грунт состоит из песчаных частиц—64%, пылеватых частиц—33%, глинистых—3%.

Если в треугольнике нанести пределы устойчивой смеси *A*, то получим замкнутый четырехугольник. Все точки внутри его не могут иметь песка больше 80% и меньше 60%, пыли—больше 25% и меньше 15% и наконец глины—больше 15% и меньше 5%, а значит—точки грунта, попавшие в этот контур, будут удовлетворять допускаемым в дорожном деле устойчивым смесям. Этот четырехугольный контур принято называть четырехугольником устойчивой (оптимальной) смеси.

Возьмем, кроме отложенного в точке *a*, какой либо другой грунт. Пусть в нем содержится песчаных частиц 90%. пылеватых 6% и глинистых 4%. Аналогичным с описанным способом находим его положение в треугольнике. Это будет точка *в*. Соединим точки *a* и *в* прямой линией. Любая точка на этой линии будет означать переходный грунт от одного к другому (от грунта *a* к грунту *в* и обратно). Если эту точку взять близко около *в*, то грунт изменится незначительно за счет увеличения глинистых и пылеватых частиц. Переходя по этой линии ближе к точке *a*, будем получать грунт, все более и более по своему гранулометрическому составу приближающийся к грунту *a*. Значит всякий грунт, лежащий на прямой, соединяющей два грунта в треугольнике, получается в результате их смешения в каком-то отношении. Если точка нового грунта лежит по середине линии *ав*, то смесь составлена из равного количества основных грунтов *a* и *в*. Если, как сказано выше, новый грунт будет лежать ближе к точке *в*, то смесь, имея небольшую разницу по грануломет-

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

рическому составу с грунтом *в*, в своем составе имеет больший процент грунта *в* и меньший—*а*.

Из этого ясно, что соотношение между смешиваемыми грунтами вполне определяется отрезками прямой от нового грунта *К* до точек основных грунтов, причем чем ближе новый грунт лежит, скажем, к грунту *в*, тем больше его в смеси. Больший же отрезок прямой есть *Ка*, прилежащий к противоположному грунту. Следовательно для нахождения соотношения между двумя смешиваемыми грунтами нужно брать отрезки прямых в обратном отношении. В нашем случае для получения грунта *К* нужно взять грунта *в* столько частей, сколько, скажем, содержится миллиметров (или других линейных мер) в отрезке *Ка*, а грунта *а*—столько, сколько миллиметров содержится в отрезке *Кв*.

Итак, чтобы найти соотношение смешиваемых грунтов для получения нового, берут отрезки в обратном отношении. Пусть отрезок $\overline{Ка} = 20$ *мм*, а отрезок $\overline{Кв} = 15$ *мм*. Приняв всю длину прямой $ав = 20 + 15$ *мм* за 100, будем иметь, что для получения грунта *К* нужно взять грунта *а* $\frac{15\times100}{15+20} = 42{,}75\%$, а грунта *в* $\frac{20\times100}{15+20} = 57{,}25\%$.

Грунты *а* и *в* не попадают в контур, значит ни один из них не удовлетворяет техническим условиям устойчивой грунтовой смеси. Прямая, соединяющая эти грунты, не пересекает контура, следовательно ни одна точка на этой прямой не будет попадать в контур, что показывает невозможность получить удовлетворяющую нас смесь из этих двух грунтов. Отсюда следствие: из двух грунтов можно получить удовлетворяющую техническим условиям смесь только тогда, если прямая, соединяющая точки этих грунтов в треугольнике, пересекает контур или в какой-нибудь точке касается его.

Попробуем соединить точку *т* с точками *а* и *в*. Обе линии $\overline{ат}$ и $\overline{тв}$ не пересекают контура, следовательно составить устойчивую смесь из грунтов *а* и *т* или *в* и *т* невозможно. На линии $\overline{тв}$ возьмем произвольную точку *п*. Этот новый грунт получится из грунта *т* и *в* в обратном отношении к длине отрезков $\overline{тп}$ и $\overline{пв}$, т. е. грунта *т* надо взять *пв* частей, а грунта *в*—*тп* частей. По измерении оказалось, что отрезок $\overline{тп} = 10$ *мм*, *пв* = 17 *мм*, следовательно грунта *т* трубуется для смеси $\frac{17\times100}{7+10} = 63\%$, грунта *в* $\frac{10\times100}{17+10} = 37\%$. Зная составы основных грунтов (см. выше: грунт *т* состоит из: песчаных фракций 64%, пылеватых 33%, глинистых 3%; грунт *в*: из песчаных фракций 90%, пылеватых 6%, глинистых 4%) и имея процентное содержание их в смеси, найдем, что из грунта *т* на долю песчаных фракций приходится $\frac{64\times63}{100} = 40\%$, пылеватых $\frac{33\times63}{100} = 21\%$ и глинистых $\frac{3\times63}{100} = 2\%$. Из грунта *в* соответственно песчаных фракций приходится $\frac{90\times37}{100} = 33\%$, пылеватых $\frac{6\times37}{100} = 2\%$ и глинистых $\frac{4\times37}{100} = 2\%$. Всего же в смеси будет: песчаных фракций $40 + 33 = 73\%$, пылеватых $20 + 2 = 23\%$ и глинистых $2 + 2 = 4\%$.

Соединим точку *п* с точкой *а*. Прямая *па* пересекает контур. Следовательно из грунтов *а* и *п* можно составить отвечающую техническим условиям смесь. Возьмем на линии *ап* точку *х* с расчетом, чтобы она не вышла из пределов контура (можно брать в любом месте между точками α и β) и измерим отрезки: $ха = 15$ *мм* $хп = 10$ *мм*. Смесь *х* составится из грунта *а* $\frac{10\times100}{10+13} = 40\%$ и грунта *п* $\frac{15\times100}{10+15} = 60\%$. Предположив, что *а* означает грунт на дороге, а *п* в карьере, получим данные для составления смеси в производственных условиях, а именно: на улучшаемую дорогу из карьера *п* должны привезти 60% потребного для всей смеси грунта и смешать эту добавку с грунтом на дороге.

Последние рассуждения исходили из предположения, что *а* есть грунт дороги, а *п* действительный карьер (на практике весьма часто можно встретить пересечение контура прямой, соединяющей грунт дороги с грунтом карьера).

НБ УАДИТ (ДГТУ)

В нашем же более сложном случае карьерного материала *n* в действительности нет. Он сам является составным из грунтов *в* и *m*. В производственных условиях совершенно нет необходимости из грунтов *в* и *m* составлять смесь *n*, а потом смесь *n* с грунтом *a*. Нет надобности находить и гранулометрический состав *n*. В таких случаях поступают следующим образом. Условиям устойчивой смеси удовлетворяет искомый грунт *x*. Он составляется из: 40% грунта дороги *a* и 60% вспомогательного для расчета грунта *n*. В свою очередь *n* состоит из 63% действительного карьерного грунта *m* и 37% действительного карьерного грунта *в*. В искомую смесь эти грунты входят не полностью, а только на 60%. Следовательно, в состав *x* войдет: $в = \frac{37 \times 60}{100} = 22\%$ и $m = \frac{63 \times 60}{100} = 38\%$. Таким образом удовлетворяющая техническим условиям смесь *x* составится из: грунта дороги $a = 40\%$, карьерного грунта $в = 22\%$ и карьерного грунта $m = 38\%$.

Составитель смеси, помимо необходимости получения искомого грунта в контуре треугольника, должен учитывать экономическую сторону вопроса. Удешевить смесь можно, если при составлении будет получено возможное наименьшее количество привозного из карьера материала. Составляя смесь из *n* и *a* в предположении, что *n* привозный материал, мы получим возможное наименьшее количество его тогда, если обратный отрезок (*xa*) будет наименьшим. Наименьшим же он будет только в одном случае, когда точка *x* будет лежать на верхней границе контура. Следовательно по экономическим соображениям выбираемая точка всегда должна быть на той границе контура, которая расположена ближе к грунту, не требующему перевозки.

Во втором случае, когда добавки привозятся из двух карьеров (в разобранном случае из *m* и *в*), точку *n* нужно выбирать ближе к тому карьеру, который расположен ближе к месту постройки дороги.

По треугольнику Фере песчано-глинистая смесь составляется на основании гранулометрического состава входящих в нее грунтов без учета почвообразовательных процессов, под влиянием которых сложились эти грунты. Смесь на дороге будет вести себя далеко неодинаково в подзолистой зоне и в зоне распространения солонцов и солончаков. Поэтому всякий раз после подбора смеси по треугольнику ее следует в лаборатории испытать в отношении механических и водных свойств (временное сопротивление раздавливанию, вдавливанию, размокание, верхнюю и нижнюю пределы текучести и т. п.) и сравнить эти свойства с уже испытанными грунтами на дороге. Если они сильно будут разниться в худшую сторону от испытанных, то следует изменить состав, хотя бы он и не укладывался в контур треугольника.

§ 105. Построение линейной схемы грунтов на дороге. Непосредственно вслед за постройкой грунтовой дороги редко производится улучшение ее; во-первых, точно неизвестно, какие участки дороги будут вести себя плохо; во-вторых, трудно проезжие места в процессе эксплоатации можно ликвидировать правильным, регулярным содержанием и хорошим отводом воды от дороги, и наконец данные обследования почво-грунтов до постройки дороги обычно в процессе постройки изменяются. Кроме того, пока свеже-насыпанное полотно не уплотнилось, улучшение добавками не принесет той пользы, какая от него ожидается.

Плохо проезжие участки обнаруживаются в первую же осень и весну после постройки дороги. Поэтому осенью необходимо произвести тщательное обследование, чтобы в зимнее время заготовить добавки и вообще внести в стройплан необходимые улучшения. На плохих участках берутся образцы грунта (и в лаборатории дорожной организации производятся анализы его), определяется горизонт грунтовых вод, исследуется водоотвод и пр. В результате камеральной обработки данных грунтов и гидрологических условий на имеющемся ситуационном плане дороги (ниже его) в самом низу (рис. 285) отмечаются плохо проезжие участки (на чертеже показаны заштрихованными), а выше графически изображается состав грунтов. Способ такого изображения состава грунтов заключается в следующем: с левой стороны нанесены равные между собою вертикальные линии. разделенные на 100 равных частей каждая. Одно деление обозначает 1%. На правой вертикали деления идут снизу вверх, на

НБ УДУНТ (ДИТ)

левой—сверху вниз. Снизу откладывается процентное содержание глинистых фракций в грунте, сверху — процент песчаных. Пылеватые фракции определяются по разности.

Как видим, 7—9 *км* отмечены как плохо проезжие. Состав грунта на этих километрах следующий: песчаных фракций 62%, пылеватых 29% и глинистых 9%. По правой вертикали снизу отыскивается 9%, соответствующие содержанию глинистых фракций в грунте, и под 7—8 *км* проводится горизонтальная прямая напротив 9 деления. Эта линия покажет содержание глинистых фракций в грунте 7—8 *км*. Затем сверху по левой вертикальной линии отыскивается 62% и напротив этого деления по 7—8 *км* проводится вторая горизонтальная линия, которая покажет содержание песчаных фракций в грунте 7—8 *км*. Таким образом наносится состав грунтов на всех плохо-проезжих участках. Для облегчения использования графического изображения грунтов линии глины и песка наносятся разными красками. В нашем случае глина обозначена сплошной линией, песок—пунктирной. Горизонтальное положение линий и их взаимное параллельное расположение обозначают, что состав грунта на этом протяжении не изменяется.

На рисунке по всей длине плана проведены две параллельные линии с заштрихованным промежутком между ними. Эта полоса означает нижние пределы песчаных и глинистых фракций в устойчивой смеси *А* (глинистых не менее 5% и песчаных не менее 60%). Если линии песка и глины, означающие состав грунта на дороге, на схеме обе попадут в заштрихованный контур, то это покажет самый устойчивый либо близкий к нему состав грунта. Вертикальные столбики на схеме означают карьеры грунтов. Гранулометрический состав последних отмечается совершенно аналогично.

Имея данные о грунтах, карьерах и качестве проезда по дороге, можно технически правильно сделать выбор способа улучшения проезда. Рассмотрим 7—8 *км*. Род грунта сравнительно удовлетворителен. Следовательно, какая-то другая причина влияет на плохой проезд. Если это затененность, то надо вырубить кустарник, который на этих километрах имеется. Если плохой водоотвод, то надо его улучшить, и т. д. Считаясь с хорошим составом грунта на дороге, приходится предположить, что изменение состава грунта существенного улучшения не принесет. 8—9-й *км* видимо находятся в аналогичных условиях и добавок не требуют.

13—22½ *км*, судя по составу грунта, требуют улучшения добавками, что и должно быть сделано. Плохое состояние 25—29 *км* видимо не зависит от рода грунта. Следовательно надо находить истинные причины и, пока не приняты другие меры, добавками улучшать не следует. Дальнейшее понятно из схемы

§ 106. Поперечные профили улучшенных грунтовых дорог. При улучшении грунтовой дороги добавками карьерного материала возникает вопрос: улучшать ли дорогу на всю ширину полотна или только на ширину проезжей части Улучшение одной проезжей части потребует меньше добавок, а значит и обойдется дешевле. Улучшенная добавками дорога, как и не улучшенная, требует регулярного содержания в виде утюжки. Последняя же производится всегда от краев к середине. В силу этого каждая утюжка с обочины будет наносить грунт другого состава, ухудшая всякий раз качество смеси. Грунт с обочин будет наноситься и подводами, которые иногда при встречах сворачивают с середины дороги. В сырое время года, если основной грунт дороги глинистый, с обочины будет натаскиваться грязь—фактор быстрого разрушения улучшенной части.

К тому же следует добавить, что грунтовая оптимальная смесь легко напитывается водой. При корытном профиле в тяжелых грунтах отвод воды из корыта даже и при наличии воронок не будет осуществлен, что повлечет за собой после дождей расстройство покрытия. Как увидим ниже, улучшение грунтовых дорог карьерными материалами в практике осуществляется постепенно; постепенное же улучшение (наслоение добавок) возможно только при серповидном профиле (рис. 313).

На песчаных и супесчаных грунтах, когда не требуется устройства дренажных воронок в обочине, возможно применять так называемый полукорытный профиль (рис. 314). Что же касается профиля в корыте, то при улучшении

НБ УДУНТ (ДИТ)

грунтовых дорог карьерными добавками, как ясно из вышесказанного, лучше его не применять.

§ 107. Производство работ по улучшению дороги гранулометрическими добавками. Рассмотрим для примера улучшение плохого участка на 13—22½ *км*.

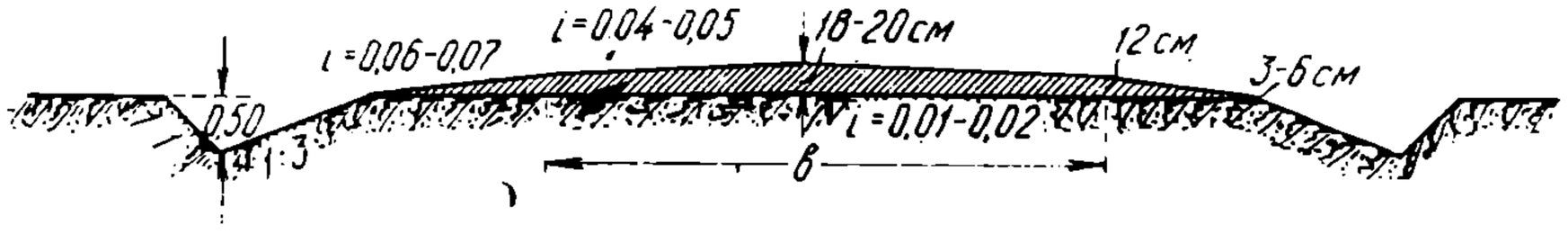


Рис. 313. Серповидный профиль улучшенной грунтовой дороги.

Произведем там улучшение по всему профилю. Согласно рис. 313 площадь улучшенного сечения при ширине полотна в 8,5 *м* и проезжей части 5,5 *м* будет равна $[(0{,}12+020)\times 2{,}75+(0{,}04+0{,}12)\times 1{,}5]\times 1{,}25=1{,}40$ *м*², где все размеры взяты из рисунка, а последний множитель 1,25 является коэффициентом уплотнения. В зависимости от рода и интенсивности движения толщина улучшения может быть взята иная, здесь же даны средние размеры. По данной площади объем улучшенной части на 1 пог. *м* дороги будет $1{,}40\times 1=1{,}40$ *м*³. Рассчитаем потребное число добавок. На треугольнике Фере отложим грунт 13—18 *км*. Его положение будет в точке *d* (рис. 315). В качестве добавок можно использовать карьер № 1 (напротив 15-го *км*, в стороне от дороги на 0,50 *км*) и карьер № 2 (напротив 18-го *км*, в стороне от дороги на 1,0 *км*). Карьер № 1 отложится на треугольнике в точке *в*, а № 2—в точке *п*. Прямые *вd* и *пd* пересекают контур, что говорит о возможности получить смесь, отвечающую техническим условиям. Отметив на границах контура точки *t* и *y*, получим потребность добавки из карьера № 1 $\frac{27\times 100}{27+21}=56\%$, из карьера № 2 $\frac{26\times 100}{26+8}=76\%$. По этим данным находим, что на 1 пог. *м* дороги из первого карьера надо привезти $1{,}40\times 0{,}56=0{,}78$ *м*³, а из второго $1{,}40\times 0{,}76=1{,}06$ *м*³. Предел выгодности возки из карьеров № 1 и № 2 (рис. 316) найдем по следующим выражениям:

$$q_1(a_1+в_2x)=q_2(a_2+в_1y)\,;\; x+y=l,$$

где q_1 и q_2 — потребное количество *м*³ добавок на 1 пог. *м* дороги из каждого карьера (для нас $q_1=0{,}78$ и $q_2=1{,}06$).

a_1 и a_2 — стоимость: вскрыши, отнесенная к 1 *м*³ предположенного к вывозке из каждого карьера материала, копания грунта и его нагрузка на транспорт. Пусть $a_1=a_2=0{,}30$ руб.

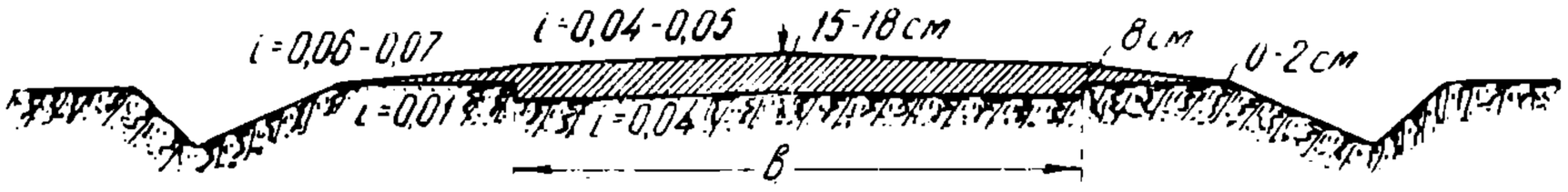


Рис. 314. Полукорытный профиль улучшенной грунтовой дороги.

$в_1$ и $в_2$ — зависит от состояния пути и от уклонов. Практически качество дороги можно определять следующим образом. Допустим, что по дороге из 1-го карьера на средней конной подводе можно перевозить по 0 5 *т*, а из 2-го на такой же подводе по 0,4 *т*, тогда, приравняв коэф. $в_1$ или $в_2$ единице, из соотношений 0 5 и 0,4 получим значение другого коэф. Пусть $в_1=1$, тогда $в_2$ будет равняться $\frac{0{,}4}{0{,}5}=0{,}8$. Обратно, если $в_2=1$, тогда $в_1$ будет равняться $\frac{0{,}5}{0{,}4}=1{,}25$. Если перевозка производится автомобилями, то коэф. $в_1$ и $в_2$ определяются по скорости. Пусть из 1-го карьера v_1 — скорость с грузом = 10 *км*/час, v_2 — скорость порожняком = 20 *км*/час; соответственно из 2-го карьера $v_1'=15$ *км*/час, $v_2'=25$ *км* час. Тогда средняя скорость из 1-го карьера

НВ УДУНТ (ДИТ)

$v_{ср.} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{10+20}{2} = 15$ *км*/час, из 2-го $v'_{ср.} = \frac{15+25}{2} = 20$ *км*/час. Если $в_2$ приравняем 1, тогда $в_1 = \frac{15}{20} = 0{,}75$. Для упрощения наших расчетов пусть $в_1 = в_2 = 1$.

x — искомое расстояние в *км* от первого карьера

y ⊥ „ „ „ „ второго „

l — расстояние в *км* от первого карьера до второго по перпендикуляру от карьеров к дороге и по дороге. В нашем случае $l = 4{,}5$ *км*.

Подставим цифровые величины в написанные выражения: $0{,}78\ (0{,}3 + x) = 1{,}06\ (0{,}3 + y)$ или, раскрыв скобки и перенеся неизвестные в левую часть, будем иметь:

$$+\begin{matrix} 0{,}78x - 1{,}06y = 0{,}084 \\ 1{,}06x + 1{,}06y = 4{,}77 \end{matrix}$$

и второе ур-ние $x + y = 4{,}5$. Умножив второе на 1,06 и подпишем результат под первым ур-ем, а затем сложим оба ур-ня

$1{,}84x = 4{,}854$, откуда $x = \frac{4{,}854}{1{,}84} = 2{,}60$ *км*.

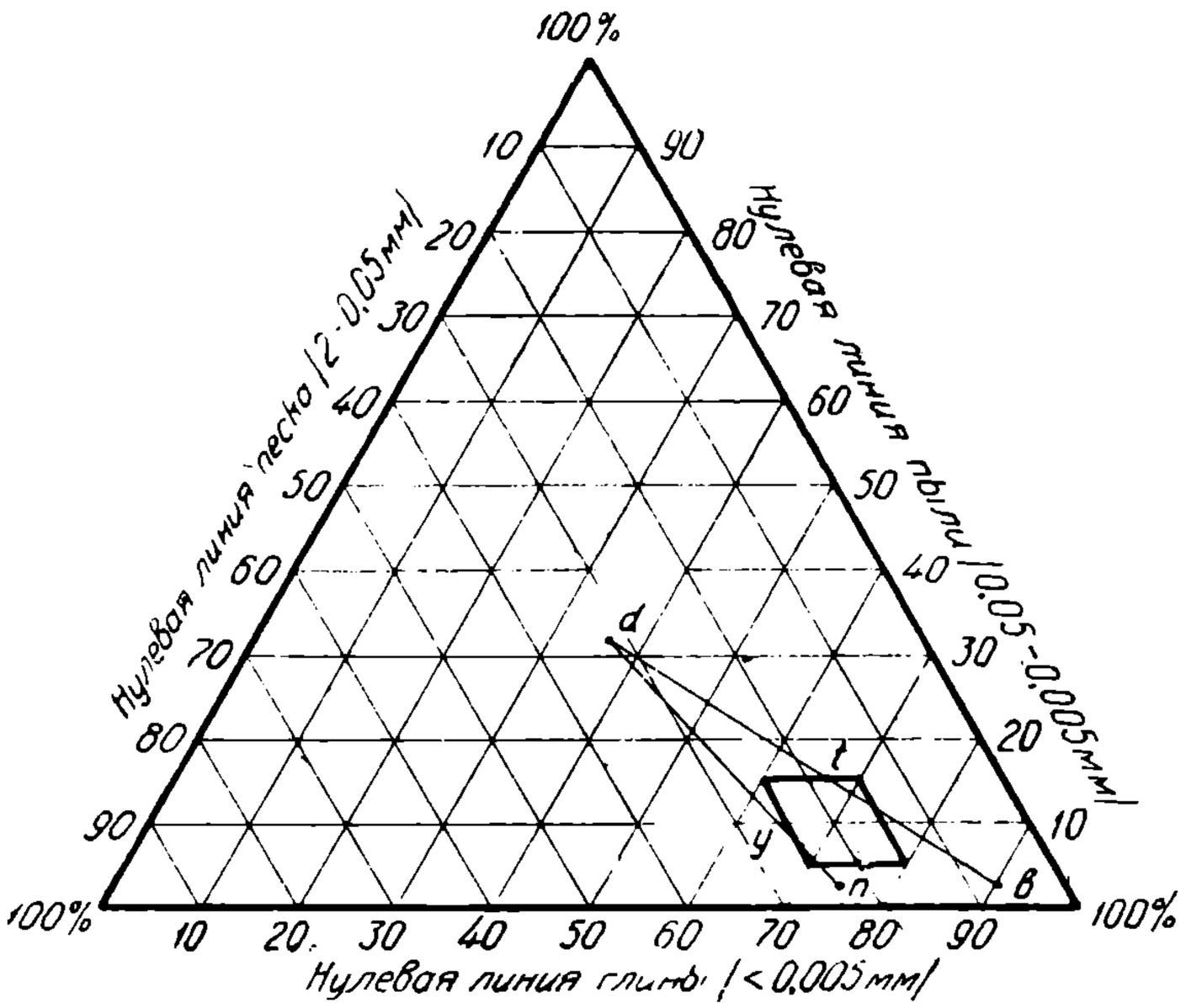


Рис. 315. Треугольник Фере.

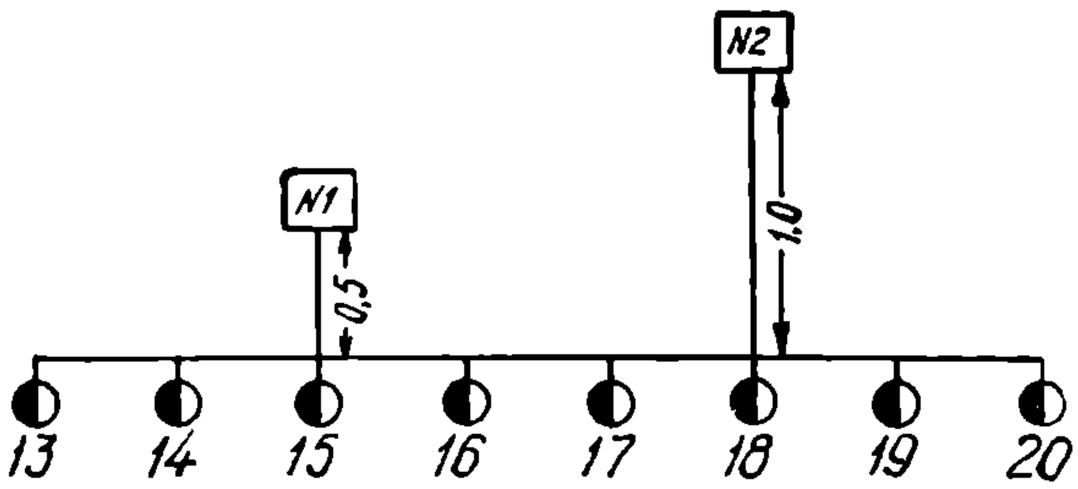


Рис. 316. Схема расположения грунтовых карьеров.

Следовательно из первого карьера выгодно возить добавки до 17 *км* + 100 *м* вправо и на 13–15 *км* слева, а всего на 4100 пог. *м* дороги. На это протяжение потребуется добавок $4100 \times 0{,}78 = 3198$ *м*³. Средняя дальность возки для левой части между 13–15 *км* будет равняться 1 *км* по дороге и до карьера 0,5 *км*, всего $1{,}0 + 0{,}5 = 1{,}5$ *км*; для правой части между 15 и 17 *км* + 100 = 1 *км* + 50 по дороге и до карьера 0,5 *км*, всего 1,55 *км*.

Если бы, положим, получили $x = 4$ *км*, тогда из 2-го карьера вправо пределом выгодности была бы точка, лежащая на 18 *км* + 500 *м* (правее 2-го карьера). Такой результат показал бы, что 2-й карьер при данных условиях эксплоатировать невыгодно. Обратно. Если бы точка предела выгодности из 2-го карьера лежала левее 1-го карьера, тогда эксплоатацая 1-го карьера стала бы невыгодна.

Установление предела выгодности возки из двух смежных карьеров можно произвести графическим путем. Графический способ для расчета требует больше времени, поэтому здесь и не приводится.

Аналогичным путем найдем среднюю дальность возки со второго карьера, подбор смеси из третьего, границу возки из второго и третьего и т. д.

Чтобы рассчитать потребный транспорт на перевозку 3198 *м*³ добавок, применим следующие выражения:

$$T = \frac{60 \times l}{v_1} + \frac{60 \times l}{v_2} + t_1 + t_2,$$

где T — время в мин. на один рейс автомобиля, l — средняя дальность возки в *км*, v_1 — скорость *км*/час груженого = 10, v_2 — скорость *км*/час порож-

НБ УДУНТ (ДПТ)

него = 20, t_1 — время нагрузки в мин. примем = 10 мин. (зависит от способа и организации нагрузки), t_2 — время выгрузки = 2 мин. (при опрокидывающихся кузовах). Подставив числовые величины, получим:

$$T = \frac{1{,}5 \times 60}{10} + \frac{2{,}5 \times 60}{20} + 10 + 2 = 25{,}5 \text{ мин.}$$

Производительность одного грузовика 3,5 *т* в одну смену:

$$\frac{8 \times 60 \times 2 \times \mu}{T} = \frac{8 \times 60 \times 2 \times 0.8}{25{,}5} = 30 \ м^3$$

Всего на перевозку 3198 $м^3$ добавок потребуется автодней $\frac{3198}{30} = 107$.

При работе в две смены и наличном парке грузовиков в 3 шт. работа по перевозке будет выполнена в $\frac{107}{2 \times 3} = 18$ календарных дней.

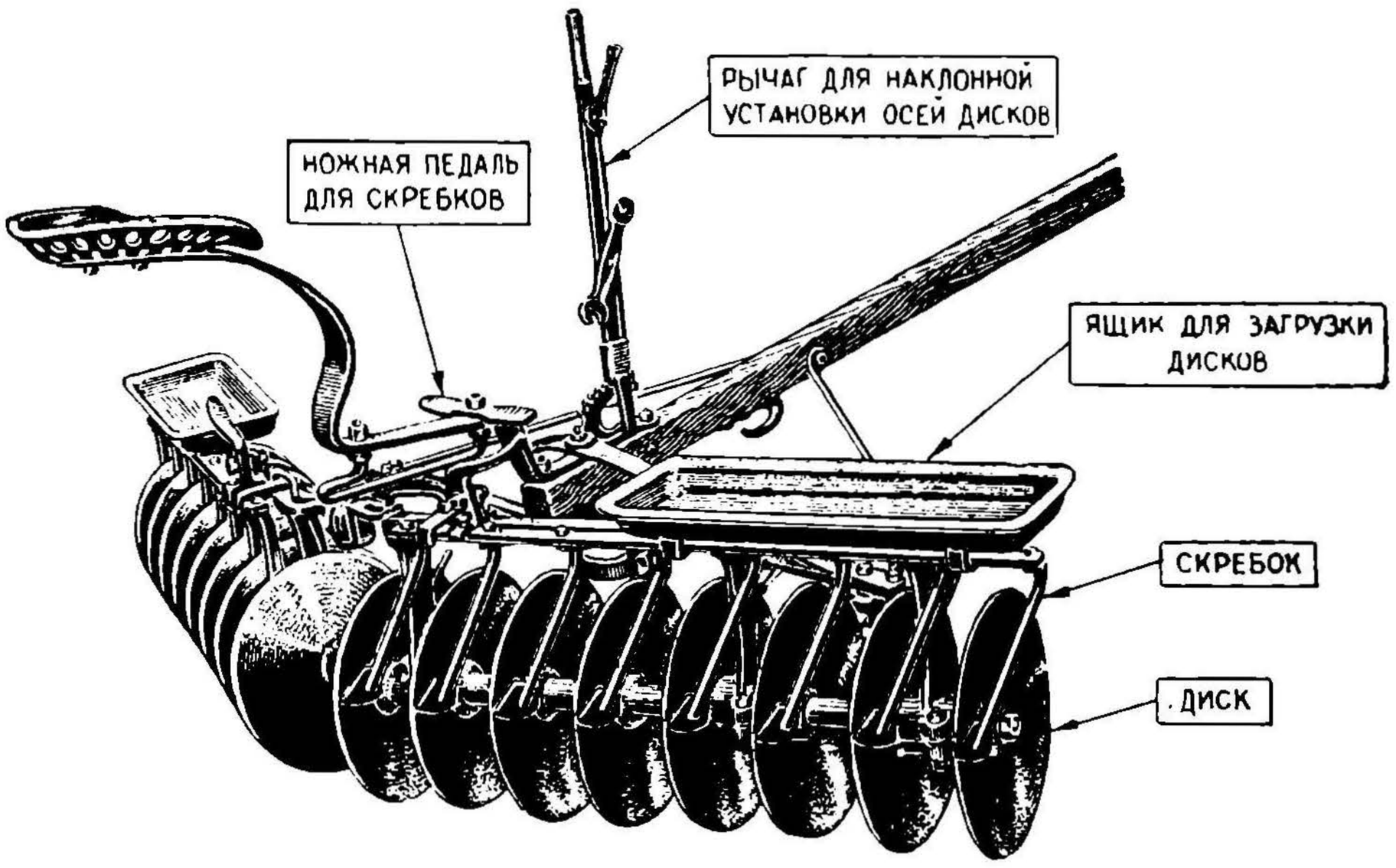


Рис. 317. Дисковая борона.

Перед возкой добавок улучшаемый участок должен быть спрофилирован с приданием поперечному профилю соответствующего уклона (0,01—0,02). После этого дорога разрыхляется на глубину использования местного грунта (в нашем случае на 44% от толщины улучшаемого покрытия). Для разрыхления могут быть применены описанные выше снаряды или дисковая борона Рандаля (рис. 317).

Основные размеры распространенных дисковых борон и потребная тяга приводятся в нижеследующей таблице

Таблица 119

Тип бороны / Основная характеристика	Легкие				Тяжелые			
	Бороны с диаметром диска 400 *мм.*				Бороны с диаметром диска 500 *мм.*			
Количество дисков	8	10	12	16	8	10	12	16
Раб. ширина захвата в *см*.... ..	115	147	178	231	120	147	178	231
Потребн. для работы двигатель .	2 лошади	2—3 лошади	3 лошади	Трактор 20 л. с.	2 лошади	3 лошади	Трактор 20 л. с.	Трактор 20 л. с.

НБ УГУНТ (ДПТ)

Производительность тяжелой дисковой бороны с 20 дисками за 8 час. работы в пог. *м*.

Таблица 120

Число проходов по одному месту	5	10	15
Грунт / Ширина обработанн. полосы в м.	Легк.	Средн.	Тяж.
5,5	1340	640	400
7,5	910	450	270
8,5	800	390	230
9,5	750	330	200

Если заготовленная добавка сложена на дороге в кучи, то рассыпка ее по ширине производится утюгом или автогрейдером.

Одним из основных условий хорошей службы полученной „оптимальной" смеси является тщательное перемешивание добавок с грунтом дороги. Успех этой работы зависит от применяемых снарядов, количества проходов снаряда и влажности перемешиваемых грунтов. Перемешивание можно производить дисковой и другого рода боронами и грейдером. Лучшие результаты получаются при совместной работе бороны и грейдера. Грейдером перемешиваемый грунт с середины собирается в валики к краям дороги (рис 318), затем валики перегоняются к середине, опять к краям и т. д.

Рис. 318. Перемешивание грунтовой смеси грейдером.

Для обеспечивания лучшего перемешивания глинистый и суглинистый грунты не должны быть сухи, так как в этом случае они будут иметь много комьев, разбить которые во время перемешивания не удастся. Переувлажненные будут облепляться песком и тоже не дадут ощутительных результатов от перемешивания. Лучшим состоянием надо признать такое, когда грунт несколько влажен, легко рассыпается, но рук не пачкает. Концом смешения нужно считать, когда смесь примет однородную окраску и не будет сплошных прослоек одного из смешиваемых грунтов.

После перемешивания производится профилирование и утюжка. Вопрос укатки улучшенной добавками грунтовой дороги разрешается так же, как и после постройки. Рис. 319 представляет неулучшенную суглинистую дорогу, рис. 320 ту же дорогу, улучшенную добавками песка.

§ 108. Улучшение глинистых грунтов. Описанный способ подбора грунтовых смесей и производство работ по доведению грунтовой дороги до требуемого состава до сего времени плохо прививаются у нас в дорожном строительстве, что объясняется исключительно новизной дела. Учитывая же к тому, что улучшение грунтовых дорог вяжущими веществами дает лучшие результаты при

ЦБ УДУНТ (ДИТ)

„оптимальном“ составе грунта, надо ожидать, что этот тип улучшения в ближайшее время получит широкое распространение.

Чтобы без значительных затрат и быстро привести в проезжее состояние большое протяжение грунтовых дорог, пролегающих по суглинистым, суглинисто-черноземным и глинистым грунтам, с успехом можно применять промежуточный способ улучшения, а именно: после весенней распутицы дорога профилируется и, пока грунт находится еще в несколько влажном состоянии, засыпается песком на толщину 3—5 *см*. Происходящим по дороге движением песчаная засыпка постепенно перемешивается с верхним слоем грунта дороги и уплотняется. К началу осени перемешивание закончится, но слой смеси будет недостаточным, чтобы противостоять осенней распутице, почему перед дождями следует сделать новую засыпку песка на ту же толщину. Если лето было дождливое, то новую засыпку придется произвести по середине лета, и таким образом под снег дорога уйдет с улучшенной коркой на толщину примерно в 12—20 *см*.

Рис. 319. Вид неулучшенной грунтовой дороги на суглинистом грунте в распутицу.

Так как такой метод улучшения не обеспечивает полного перемешивания и производится без учета гранулометрического состава грунтов, по качеству он будет хуже описанного выше, но зато прост, не требует никаких машин и знаний. Его следует широко практиковать на колхозных дорогах и когда необходимо на короткое время обеспечить движение по дороге.

§ 109. Улучшение песчаных грунтов. На песчаных грунтах построенная по принципу „оптимальной“ смеси дорога будет подвергаться вымыванию из нее глинистых и пылеватых фракций. Вследствие натаскивания песка с обочин такая дорога за первое лето потеряет связность и начнет быстро разрушаться. С целью предотвращения вымывания в основание улучшаемой части полезно укладывать траву, вереск, еловые лапки и им подобные органические вещества, слоем в 3—5 *см*.

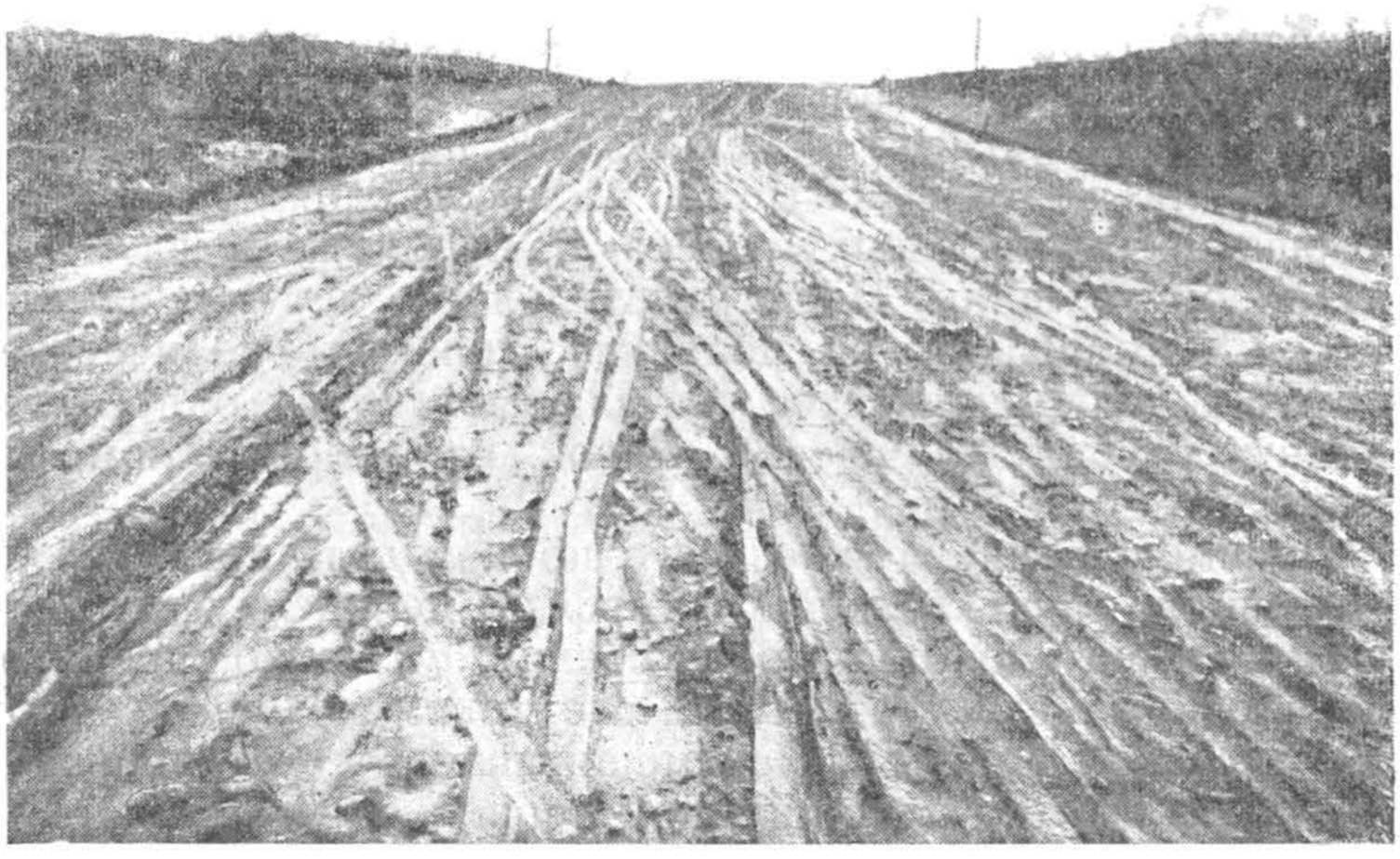


Рис. 320. Вид грунтовой дороги из песчано-глинистой смеси в распутицу.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Для улучшения песчаных грунтов следует избегать в качестве добавок жирных глинистых грунтов, так как в производственных условиях они трудно перемешиваются с песком. Преимущество следует отдавать среднему суглинку, хотя бы на улучшение песка потребовалось добавок и больше.

Применить способ постепенного улучшения, как это возможно на глинистых грунтах, здесь затруднительно. Рассыпанный слой глины или суглинка комьями погружается в песок или же после первых дождей начинает налипать на колеса экипажей и увозиться с места укладки.

Дороги из натуральных песчано-глинистых смесей. В американской практике имеет широкое распространение улучшение грунтовой дороги естественной песчано-глинистой смесью, если таковая находится от дороги не далее 3—4 *км*. Этот материал обычно рассыпается по всему профилю на толщину 15—20 *см*, профилируется и далее предоставляется уплотнению от проезда.

Нередко недалеко от дороги, в верхних слоях почвы можно встретить материал, близкий по гранулометрическому составу к песчано-глинистой смеси, но с бóльшим содержанием мелкого гравия, величиной в горошину. Такой материал в Америке носит название „топ-сойл" (top-soil). Топ-сойл является весьма хорошим и дешевым материалом для улучшения грунтовых дорог и при наличии безусловно должен широко применяться.

Торфование песков. В районах, где грунтовые дороги проходят по песчаным грунтам недалеко от торфяников и в то же время вблизи не имеется глинистых или суглинистых карьеров, с успехом для улучшения дороги может быть применен торф. Торфы, как известно, могут иметь различную степень разложения и содержать различное количество золы после сжигания. Степень разложения и зольность играют большую роль в выборе торфа для улучшения песчаного грунта. Преимущество во всех случаях нужно отдавать более созрелому торфу и с бóльшим процентом золы, так как такого торфа на улучшение потребуется меньше, связывание с песком произойдет скорее и лучше осуществится перемешивание. Торф недозрелый и с малым количеством золы тоже может быть употреблен в дело, но с худшими результатами.

Улучшать торфом песчаную дорогу можно в корыте или по всему профилю (серповидный профиль). Толщина улучшения такая же, как если бы вместо торфа употреблен был суглинок или глина. Процент добавки торфа колеблется от 25 до 50, по объему от толщины улучшаемого слоя, в зависимости от степени разложения и зольности. На качество улучшения не оказывает существенного влияния степень влажности торфа. В смысле же удобства работы с ним, легкости перемешивания, лучше всего применять торф в слегка влажном состоянии.

При производстве работ большое внимание должно быть уделено перемешиванию торфа с песком, которое лучше всего производить в два или три слоя. Можно например расчетное количество торфа разделить на три равные части и каждую часть смешивать с песком на полную глубину улучшаемого слоя—или же торф насыпать на песок слоями. Например половинную порцию торфа насыпать сверху песка и перемешать на глубину, равную половине заданной толщины. После тщательного перемешивания на смесь насыпается песок в потребном на половину толщины количестве, засыпается остатком торфа и перемешивается сначала на глубину одного верхнего слоя, а затем на полную глубину улучшения. Песок на второй слой может быть взят сбоку дороги.

Перемешивание лучше всего производить дисковой бороной, так как, помимо смешения, диски разрезают торф на мелкие куски. Если торф мало разложившийся, имеет волокнистое строение, не плохо предварительно сбоку дороги на плотном месте разостлать его тонким слоем и произвести разрезание той же дисковой бороной. Перемешивание следует производить до тех пор, пока смесь не примет однообразной черной окраски.

В первое время после открытия движения на торфованной дороге появятся значительные колеи, которые с течением времени могут совершенно исчезнуть. Чтобы дорогу сразу сделать удобной для проезда, полезно вслед за смешением и профилированием укатать катком весом до 3 *т*. Торфованная дорога может обеспечить движение до 200 *т* брутто в день. Очень полезно засыпать улучшенную часть сверху слоем песка в 2—3 *см*.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Из отходов промышленности на улучшение песчаных грунтов можно применять отходы свекловично-сахарного производства, в виде так называемой дефекационной грязи. Дефекационной грязи добавляется к грунту 20—25% по весу от толщины в 15—20 *см* улучшаемого слоя песка. Смесь тщательно перемешивается дисковой бороной или грейдером, профилируется и укатывается, как и при торфовании. В первое время, пока не произойдет цементации, на дороге будут образовываться значительной величины колеи. Добавление к смеси гравия даже в незначительном количестве сильно увеличивает качество данного вида улучшения.

§ 110. Улучшение глинистых грунтов известью. Дороги, пролегающие по глинистым грунтам, имеют то особенное свойство, что при переувлажнении дают жидкую грязь, а при высыхании—глубокие, трудно поддающиеся ликвидации колеи. Проутюжить сухую глинистую дорогу невозможно. Имея в сухом состоянии большую плотность и прочность, изрезанная колеями дорога делается или трудно, или совсем не проезжей.

В местах, где отсутствуют поблизости песчаные карьеры, глинистую дорогу в значительной степени можно улучшить прибавкой к ней известки. Известкование не может быть поставлено на один уровень с улучшением глинистого грунта добавкой песка, но все же делает дорогу менее скользкой; она скорее просыхает, медленнее размокает и, что важнее всего, после высыхания становится доступной для утюга.

Улучшение производится путем перемешивания извести с глинистым грунтом дороги дисковыми боронами или грейдером на толщину 15—20 *см* (лучше по всему профилю). Известь может быть употреблена как кипелка, в количестве 4—5% по весу от улучшаемого грунта, так и пушонка, 6 — 7% по весу Последняя должна быть свежего гашения. Пушонка рассыпается в виде порошка, а еще лучше в виде творожистой массы, на предварительно разрыхленный глинистый грунт. Кипелку лучше всего применять в виде известкового молока консистенции 1 : 5. В этом случае поливка дороги производится из бочки, которая устанавливается на колеса. В бочке проделывается отверстие, из которого вытекает известковое молоко и через жолоб выливается на грунт. Чтобы известь не осаждалась, время от времени раствор перемешивается деревянными веслами. Жидкий способ работы дает лучшие результаты, зато процесс работы несколько сложнее.

В обоих случаях для лучшего перемешивания рассыпку или разлив целесообразнее производить в два, три и более приемов, делая всякий раз перемешивание на полную глубину. Присутствие глинистых комков не позволит получить однородной смеси. После перемешивания смесь профилируется и, по возможности, укатывается. Описанный вид улучшения можно рекомендовать, когда на глинистом грунте устраивается гравийная дорога или шоссе. При хорошем водоотводе такое улучшение позволяет обходиться без песчаной прослойки между покрытием и грунтом.

§ 111. Термическая обработка грунтов. Улучшение дорожных качеств почво-грунтов введением в них тех или иных добавок возможно, если доставка их на улучшаемую дорогу экономически оправдывается. В обширном СССР имеется много таких районов, где как раз добавки в виде местных материалов вблизи отсутствуют. Так, по данным проф. Прасолова, черноземы и деградированные почвы занимают пространства в 2 507 500 *км*² или 11,8% всей суши СССР. Особенно первые из них (ЦЧО, УССР, Сев. Кавкав, Поволжье) на тысячи *кв. км* сплошь покрывают дневную поверхность, и редко можно найти острова других грунтов или легко добываемых нерудных ископаемых, которые могли бы быть применены на улучшение дорог. Для таких и подобных им районов дорожная техника должна найти другие способы воздействия на почво-грунт, которые изменили бы физико-механические свойства почво-грунта дороги. Суглинистые и глинистые черноземы, просто суглинки и глинистые грунты обращаются в удовлетворительные для дорог материалы, если они потеряют такие свойства как липкость, способность набухания и намокания.

В настоящее время лабораторные исследования и исследования на опытных участках у нас и за границей дают возможность заключить, что путем обжига

НБ УДУНТ (ДИТ)

вышепоименованных грунтов можно получить очень плотную и не боящуюся атмосферных влияний дорожную кору. Тоже путем обжига отдельных кусков указанных грунтов можно получить искусственный щебень со временным сопротивлением раздавливанию кубика 300 и более *кг/см*². Получение плотного полотна и искусственного клинкероподобного щебня в районах, где отсутствуют дешевые для добавки и каменные материалы, может явиться большим переворотом в дорожном деле и во всяком случае ускорить момент ликвидации нашего бездорожья. Опыты по обжигу чернозема специальной машиной были произведены в Австралии. [1] На рис. 321 представлена такая подвижная обжигательная печь, движущаяся по рельсам (может быть запроектирована на обычных колесах). Печь изнутри выложена огнеупорным кирпичом. Жар

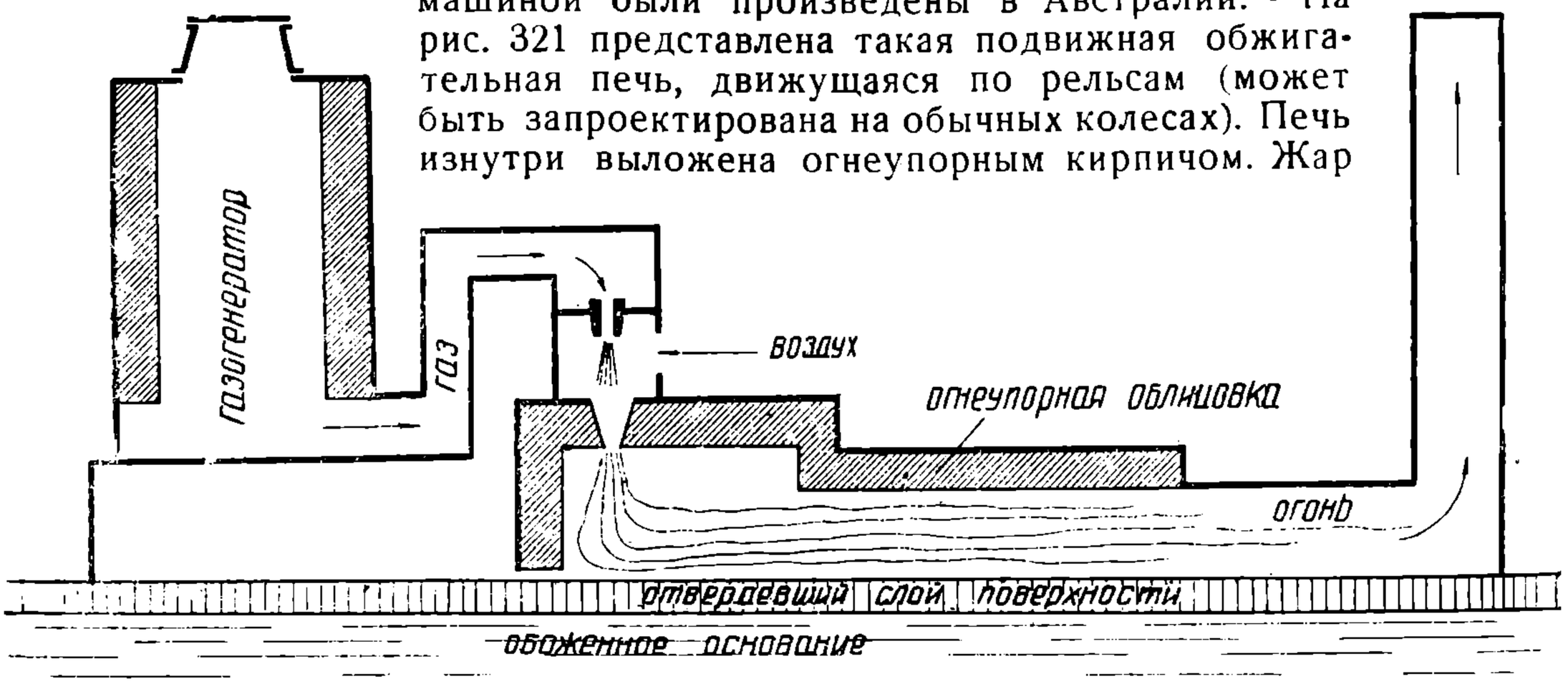


Рис. 321. Подвижная печь для обжига полотна дороги.

сохраняется при помощи асбестовых листов или иного изолирующего материала, расположенного между футеровкой и металлическим кожухом печи. Обычно печь сразу обжигает дорогу на полную ширину проезжей части, но может быть запроектирована и на половину ширины. Указанная печь в зависимости от рода грунта и степени обжига полотна за одни сутки может обжечь от 25 до 250 пог. *м* дороги с расходом угля около 50—100 тонн на 1 *км*. Порядок работы данной машиной следующий. Дорога профилируется, смачивается водою и уплотняется катком. Укатанной поверхности дают время просохнуть (для ускорения просушку можно произвести этой же печью, пропуская ее значительно быстрее, чем при обжиге). В результате просушки на поверхности дороги появляется много волосных и более крупных трещин, каковые дадут возможность на большую глубину проникнуть высокой температуре и с меньшими затратами топлива обжечь грунт Сам обжиг увеличит количество и величину трещин, и в конечном итоге получится трещиноватая спекшаяся поверхность, а под ней грунт, потерявший свои свойства липкости, намокания и др.

Если эти трещины залить битумным материалом, то получится плотная, гладкая поверхность, не уступающая по своим эксплоатационным качествам термакадаму. Вяжущее вещество следует разливать, пока обожженная поверхность не остыла. В этом случае глубина проникания вяжущего и его связывающая способность будут использованы наилучшим образом.

Простота устройства приведенной обжигательной печи, возможность запроектировать ее для различных сортов топлива (начиная от нефти и кончая торфом с дровами) даст возможность широкого распространения ее в дорожном деле для районов лесистого севера на глинистых и суглинистых грунтах и для юга (на черноземах), где имеется дешевая нефть и каменный уголь.

Пока в СССР таких печей нет, приходится прибегать к более простому способу—обжигу в напольных печах. В данный момент можно рекомендовать для обжига суглинков с содержанием глинистых фракций (< 0,005 *мм*) не более 30—35%, а также в подзолистой зоне малогумусные слабоподзоленные

[1] Road and Roads Construction, October 1931.

НБ УДУНТ (ДИТ)

тяжелые суглинки (горизонты *A* и *B*). Каолинитовые тяжелые и иловатые глины подвергаются обжигу с большим трудом и без соблюдения особых условий не дают достаточно стойкого продукта. [1] Само собой разумеется, дальнейшие исследования в этой области значительно расширят пределы применения обжига грунта. Способ обжига в напольных печах ограничен также отсутствием дешевого топлива и допустим пока только в северных районах, когда вырубленный с полосы отвода лес не используется на хозяйственные нужды.

Грунт для обжига берется с полотна дороги путем вырезания его большими кусками вручную или плугом, или с полосы отвода. Из наиболее крупных комьев (15×15×30 *см*) на обрезе строящейся дороги выкладываются столбики высотой до 0,50 *м*., шириной 0,40—0,50 *м* и длиной до 1,50 *м* параллельными рядами, в расстоянии один от другого 0,40—0,50 *м* (рис. 322 и 323). Чтобы под действием сверху наложенных комьев стенки не развалились, весьма желательно по обеим сторонам выложенных столбиков забить по два колышка, связав их сверху жердями. Такая конструкция заключает стенки в две рамы. Поверх рам на связывающие жерди укладываются отрезки газовых труб, рельсы или другие куски железа. Чем больше будет перекрыто стенок одним концом, тем прочнее печь. Сверху железного перекрытия укладываются с прозорами крупные куски глины, а по ним более мелкие. Во избежание потери тепла, напольные печи устраиваются в несколько топок, и кроме того сверху и с боков желательно произвести обмазку швов (прозоров) сырой глиной.

Рис. 322. Вид сбоку напольной печи для обжига глинистых грунтов.

Дрова закладываются с обеих сторон топок, сначала в небольшом количестве. Первые 3—4 часа в топках поддерживается несильный огонь, во избежание растрескивания глиняных кусков и разрушения печи. За этот промежуток времени из глины удаляется гигроскопическая влага, после чего топка наполняется дровами, оба отверстия закладываются свежими кусками глины и начинается настоящий обжиг, длящийся 10—14 часов. В этот период из глины удаляется большая часть химически связанной с ней воды, некоторые куски спекаются, другие обжигаются.

В зависимости от рода топлива, содержания в глинистом грунте глинистых частиц устройства печи, в результате обжига получается: до 15% пережога — железняка, до 35—40% нормального обжига, до 40% недожога и до 15%

НБ УДУНТ (ДИТ)

плохо обожженного. Плохо обжигаются куски с крайних стенок, и их лучше всего снова обжечь.

На обжиг 1 $м^3$ глинистого материала при хорошо устроенной печи расходуется 0 25—0,30 $м^3$ сухих березовых дров. После обжига печь разбирается, обожженная глина разбивается на более мелкие куски (5—10 *см*) и рассыпается по полотну. Если грунт брался с полотна, то россыпь производится в выкопанное корыто, если из полосы отвода—то по всему профилю. На глиняное основание перед расстилкой обожженных кусков следует уложить лапник, вереск или песок. Без таковых покрытие после первых же дождей потонет в грязи. Толщина покрытия из обожженной глины устраивается в 15—20 *см* в плотном теле. Принимая во внимание наличие больших пустот между комьями, на заполнение которых идет до 30—50% мелких кусков, толщина россыпи должна быть соответственно увеличена. Для облегчения закатки покрытия и доведения его до плотной массы в дело употребляется около половины недожженных кусков, что кстати имеет место при обжиге глинистых кусков в напольных печах.

Рис. 323. Вид сверху напольной печи для обжига глинистых грунтов.

Укатка обожженных кусков является весьма желательной, но каток не должен быть весом более 5 *т*. Каток осаживает на дно крупные куски глины, а меньшие разламывает, заклинивает ими пространство между большими кусками и заглаживает неровности.

Если обожженный грунт укладывается в корыто, то водоотвод из него осуществляется принятым в этом случае способом — устройством в обочинах песчаных воронок и продольных лотков. Обожженная глина теряет вредные в дорожном отношении свойства — липкость, пластичность и усадку. При напряженности движения 100—200 *т* брутто в сутки такая дорога является проезжей во всякое время года и может быть прекрасным основанием для гравийных дорог и щебеночного шоссе. Так как в дорогу укладываются куски разной степени обжига, то несущая способность поверхности не всегда и не везде одна и та же. Скорее будут изнашиваться недожженные куски, в результате чего образуются выбоины и ступенчатые колеи. Несмотря на плотную и прочную корку, проезд по такой дороге беспокоен. Чтобы избежать этого, рекомендуется вслед за уплотнением засыпать проезжую часть крупнозернистым песком слоем 3—5 *см*, всякий раз возобновляя его после износа.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

§ 112. Меловые дороги. В Центральной черноземной области и на значительной территории УССР имеются огромные запасы мела. Этот дешевый материал в последнее время стал с успехом применяться на черноземных грунтах, где вблизи не имеется достаточного количества песка. Мел на дорогу употребляется в кусках размерами от 6 до 100 *мм*. Рассыпка кускового мела может производиться слоями или на всю толщину сразу без какой бы то ни было сортировки кусков его по крупности.

Рассыпанный мел желательно укатать нетяжелым катком, 10—15 проходов по одному месту. В процессе укатки более мелкие куски, с одной стороны, заклиниваются в пустоты между крупными, с другой, под действием катка, растираются, делая покрытие совершенно плотным. Под влиянием проезда на меловой дороге появляются колеи, которые должны своевременно ликвидироваться путем рассыпки в них мела средней и мелкой крупности. Мел в колеях быстро заглаживается, и дорога при правильном и своевременном уходе всегда может содержаться в хорошо проезжем состоянии. Изнашиваясь, мел дает пыль, некоторую липкость и скользкость. Предохранить меловую дорогу от этих неприятных явлений можно путем рассыпки после укатки крупно - зернистого песка слоем в 2—5 *см*.

Рассыпка мела может быть произведена в корыто или по всему профилю. В первом случае в черноземном грунте необходимо устраивать водоотводы из корыта. В равной мере описанный вид покрытия применим на песчаном и других грунтах. Меловая дорога может выдерживать напряженность движения до 100—150 *т* брутто в день и может с успехом быть использована как основание для гравийных и шоссейных дорог.

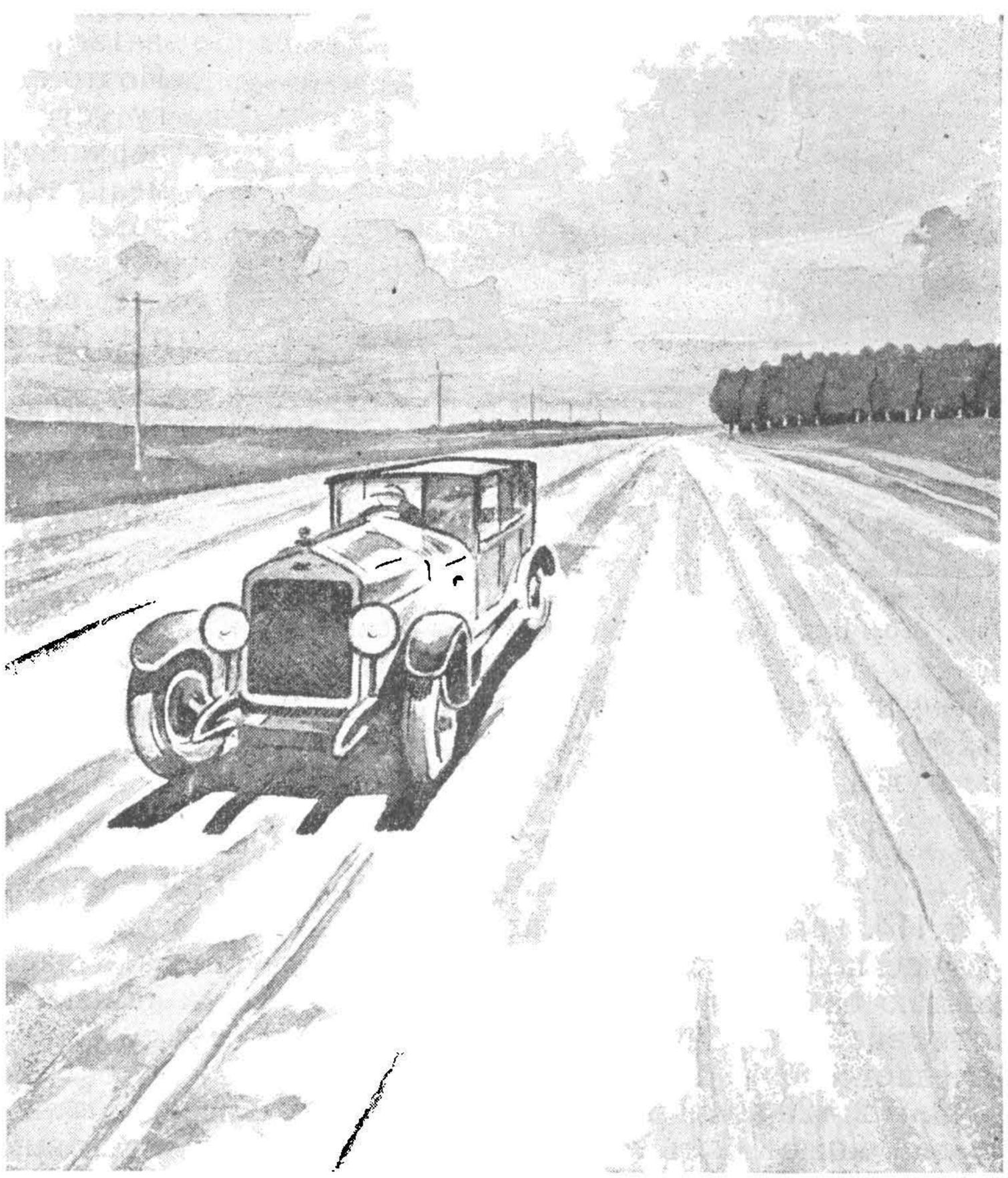


Рис. 324. Вид меловой дороги.

§ 113. Улучшение черноземных грунтов ракушкой. В приморских районах (все побережье Черного моря) с целью ликвидации липкости, скользкости и увеличения несущей способности суглинистых черноземов можно употреблять ракушку. Чем меньше в ракушке примеси тонко измельченных частиц, тем лучшие результаты будут получаться от улучшения ею.

На дорогу ракушка может быть применена двумя способами: поверхностной рассыпкой и способом перемешивания. Первый способ во всем похож на аналогичный способ постепенного улучшения глинистых грунтов. Как и песок, ракушку лучше всего рассыпать на слегка влажный грунт для улучшения связности. Второй способ состоит в смешении черноземного грунта с ракушкой

УДУНТ (ДИТ)

в пропорции 1:2, а лучше 1 1. Перемешивание производится, когда чернозем находится в слегка влажном состоянии, дисковой бороной или грейдером. Улучшение лучше производить по всему профилю, всячески избегая корытного.

Применение шлаков для постройки и улучшения дорог. Для постройки и улучшения дорог могут быть использованы доменный и котельный шлаки. Первый по охлаждении прелставляет собою твердую массу, состоящую из инертных стекловидных зерен и зерен, имеющих цементирующие свойства. Постройка дороги из такого шлака заключается в том, что стекловидные куски укладываются на грунт в разбитом на щебень виде. На такой щебень рассыпается в более размельченном виде активная часть, и оба слоя тщательно перемешиваются Так как активная часть, наподобие цемента, в присутствии воды схватывается, то желательно после спрофилирования смесь укатать катком с поливкой покрытия водой. Крупные куски стекловидного шлака, с одной стороны, бывает трудно перемешать с цементирующей частью, а с другой — большие пустоты не будут заполнены. Такое покрытие будет быстро расстраиваться под влиянием проезда. Поэтому лучше шлаковую дорогу устраивать в два слоя. На верхний слой употребляются мелкие фракции гравия и порошкообразный цементирующий шлак. Такой слой при хорошем смешении и укатке с водой скоро схватывается, представляя собой монолит, удобный для движения (рис. 325).

Рис. 325. Вид шлаковой дороги во время ее разборки.

Котельный и паровозный шлаки можно применять на суглинистых, суглинисто-черноземных грунтах, как улучшающий материал. Для удешевления стоимости улучшения, их можно рассыпать по полотну слоем в 3—5 *см*, предоставляя уплотнение проезду. Колеса экипажей часть шлака вдавливают в грунт, часть растирают. Смесь шлака и грунта дает покрытие качества не хуже, чем песчано-глинистая смесь.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ЧЕТВЕРТАЯ
ГРАВИЙНЫЕ ДОРОГИ

§ 114. Гравийный материал. Под гравийным материалом в геологической литературе понимается обломочная, механически-осадочная горная порода, крупностью от 60 *мм* и ниже, состоящая из смеси каменных, песчаных, пылеватых и глинистых частиц, не сцементированных между собою. Чистый гравий представляет собою более или менее округлые зерна обломков разных пород крупностью 2 - 20 *мм*. Гравий крупнее 20 *мм* называется галькой. По происхождению гравий может быть ледниковым (карьерным), береговым (морским или крупноречным) и речным. Отличительная особенность ледникового гравия — угловатость зерен, неоднородность их по размеру и засоренность песком, пылью и глиной.

Береговой гравий получается от совместной деятельности волн, приливов-отливов и морских течений; он имеет наиболее округлую форму, не содержит глинистых примесей и легко сортируется по размерам зерен. Гравий речной отлагается в результате неодинаковой скорости течения рек. По окатанности и размерам зерен он занимает промежуточное положение между ледниковым и береговым гравием.

Технические условия на гравийный материал. В дорожном строительстве особое внимание уделяется крепости применяемого материала. Поэтому основным испытанием является испытание сопротивления гравия на износ, производимое в барабане Деваля. По проценту истирания гравийного материала в барабане со стальными шарами его принято делить на три вида:[1]

[1] См. Технические условия Цудортранса 1931 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

1) твердый — износ менее 20%, 2) средний — износ менее 20—40%,
3) мягкий — „ „ 40—60%.

Второе требование к гравию — его цементирующая способность. В американской практике испытание производится следующим образом. Образец размалывается на шаровой мельнице с некоторым количеством воды, достаточным для получения плотного мелкозернистого крутого теста. Из теста формуется цилиндрик диаметром в 25 *мм* и такой же высоты. После просушки образец испытывается на разрушение нормированным ударом определенного веса, падающего с установленной высоты молоточка. По числу ударов до разрушения цилиндра и определяется цементирующая способность гравия. Напр., число 10 указывает на низкую способность к цементации, более 100 — на чрезвычайно высокую. Для сравнения укажем, что у шлака цементирующая способность характеризуется числом до 450, а некоторые гравии дают еще большую величину.

Третье испытание—на водопоглощаемость— имеет целью установить степень сродства гравия с водой и вяжущим веществом. Последнее особенно важно, когда предполагается гравийную дорогу обрабатывать вяжущим веществом. Свойство гравия впитывать в себя жидкости определяется степенью его разбухания при насыщении. Испытание состоит в следующем: берется определенное количество гравия и смешивается с вяжущим веществом, которым предполагается улучшить гравийное покрытие в пропорции, какая нужна для улучшения дороги. 1 *кг* смеси формуется под сильным давлением в цилиндре диаметром 10 *см* и высотою 12,5 — 15 *см*, после чего вместе с формой устанавливается на сетке с отверстиями в 0,05 *мм* в водяной ванне. В ванне образец находится на 3 *мм* выше дна, а верхний горизонт воды держится на 22 *мм* выше верхней поверхности образца. Величина набухания измеряется в верхней части образца посредством измерительного прибора, напр. „латиметром" Сумгина. Отсчеты делаются периодически до тех пор, пока не покажут максимума. В Америке считается, что гравий с набуханием в 1,50 *мм* представляет собою материал среднего качества. Разбухание в 20 *мм* указывает на полную непригодность гравия для обработки вяжущими веществами.

Четвертой важной особенностью является гранулометрический состав гравия. При постройке гравийных дорог выгодно разрабатывать только такой гравийный карьер, в котором содержится частиц менее 2 *мм* не больше 50—60%. Фракции крупнее 60 *мм*, как правило, в гравийное покрытие не допускаются. Если же их в карьере содержится не более 10% от всего состава, то такой карьер считается не содержащим фракций крупнее 60 *мм*. Наличие фракций крупнее 60 *мм* в количестве 15—30% допускает использование карьера с непременным условием раздробления крупных фракций на камнедробилке. Содержание фракций крупнее 60 *мм* в количестве более 35% требует обязательной прогрохотки всего гравийного материала через грохот с отверстиями в 50 *мм*. Гравий не должен содержать чешуйчатых и плитчатых отдельностей, а если разрешается такой гравий допускать к применению, то только в нижние слои покрытия. Для верхнего слоя допускается средний и твердый гравий; мягкий разрешается только при полном отсутствии первых двух и при условии изменения гранулометрического состава за счет увеличения крупных фракций и уменьшения мелких (песчаных, пылеватых и глинистых).

По гранулометрическому составу гравийный материал для гравийных дорог по техническим условиям Цудортранса разделяется на нижеследующие три сорта:

Таблица 121

Размеры гравийных частиц	Количество гравийных частиц в % % по весу		
	Сорт А (нижний слой)	Сорт Б (верхний и нижний слой)	Сорт В (верхний слой)
От 60 до 20 *мм*	15—45	—	—
50 „ 20 „	—	15—45	
20 „ 2 „	50—40	45—35	50—75
2 „ 0,05 *мм*	20—10	25—15	30—20
Менее 0,05 *мм* (цементирующие фракции)	15—5	15—5	20—5
Из них глины (менее 0,005) *мм* не более	5	5	5

УДУНТ (ДИТ) УБ

Если естественный гравий не удовлетворяет по размерам приведенному составу, то составляется искусственно путем соответствующих прогрохоток. Цементирующие фракции в гравийном материале не должны быть в виде комков или ссохшихся кусков, а должны быть равномерно распределены по всей массе гравия.

Как видно, технические условия не допускают для верхнего ездового слоя гравийной дороги фракций крупнее 50 *мм*, преимущественно же требуется на верхний слой гравий не крупнее 25 *мм*. Практика САСШ и данные наших исследовательских организаций показывают, что чрезмерно крупные фракции в составе гравийной смеси под влиянием проезда являются причиной образования выбоин и расстройства покрытия. Процесс разрушения происходит следующим образом (рис. 326). Прилегающие к крупной фракции мелкие частицы ездою отрываются от нее, камень с течением времени обнажается, высоко выступая над образовавшейся лункой. При последующей езде, помимо дальнейшего выноса мелких частиц, динамические удары от колес ускоряют процесс разрушения коры около выступающей фракции. Затем выступающая фракция выбивается со своего места и остается небольшая ямочка, последняя колесами засыпается мелкими частицами, и превращается в выбоину. В это же время вырванный камешек катается по дороге, то втаптываясь, то вновь выбиваясь из дорожной одежды, отчего увеличивается количество неровностей и выбоин.

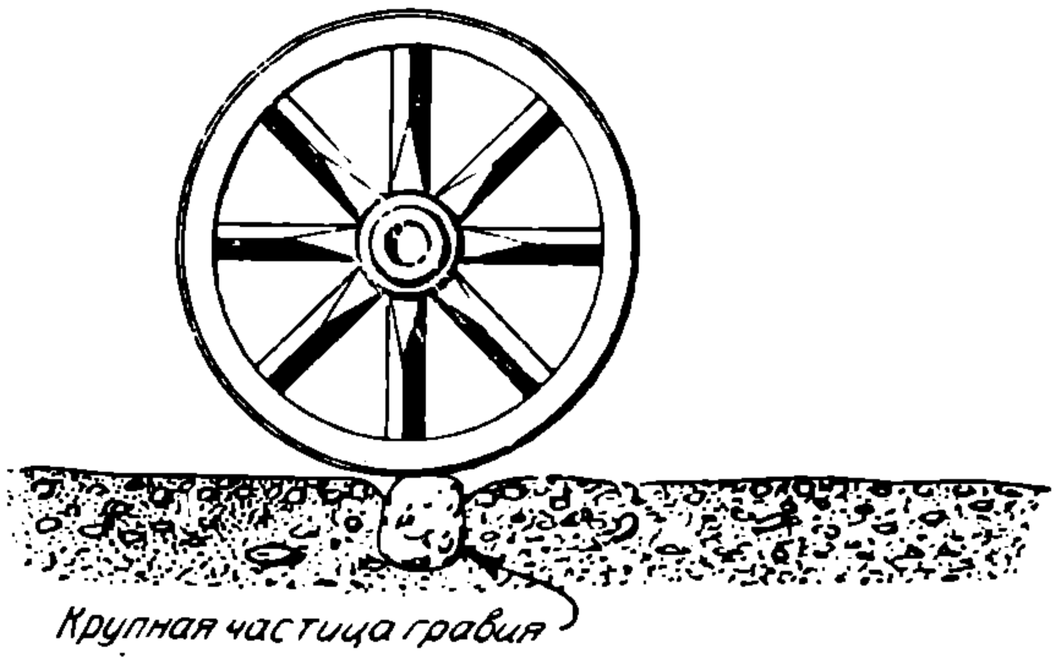


Рис. 326. Вид начала разрушения коры гравийной дороги.

Совсем другое дело, если в верхнем слое не будет крупных фракций. Отсутствие их дает более равномерный материал, более совершенно заклинивающийся. Вынос мелких частиц, конечно, и в этом случае будет иметь место, но динамические удары будут отсутствовать, так как не только колеса автомобиля, но и узкие шины телеги на площади соприкасания захватят одновременно выступающую гравийную частицу и прилегающие к ней такие же или более мелкие фракции.

Ниже мы увидим, что обработка гравийных дорог вяжущими веществами дает лучшие результаты, когда величина гравийных частиц не превосходит 20—25 *мм*, и это обстоятельство указывает на необходимость для верхних слоев применять группу В технических условий. Группа Б, с фракциями в 50 *мм*, допущена в верхний слой с целью удешевления гравийного покрытия. На дорогах второстепенных, а также там, где не предвидится в скором времени обработка вяжущими веществами и движение с большими скоростями, можно допускать однослойные покрытия при крупности фракций до 50 *мм*.

§ 115. Составление гравийных смесей. Технические условия Цудортранса на гравийный материал построены на принципе получения наиболее плотной и сцементированной смеси. Как в грунтовой смеси, так и здесь, для группы Б, крупные гравийные фракции 50—20 *мм* являются скелетом, средние (20—2 *мм*) заполнителем и мелкие (песчаные, пылеватые и глинистые) заполнителем и связующим веществом. Для группы В скелетом являются фракции 20—2 *мм*, заполнителем — песчаные 2—0,05 *мм* и связующим веществом пылеватые и глинистые фракции.

Несмотря на большие запасы в СССР гравийного материала, редко можно найти сплошь расположенные у строящейся дороги гравийные карьеры. Считается весьма благоприятным, если средняя дальность подвозки гравия к дороге равняется 3—5 *км*. Поэтому в подавляющем большинстве случаев один гравийный карьер обслуживает известное протяжение строящейся гравийной дороги, следующий участок — второй карьер и т. д.

Но редкие карьеры удовлетворяют приведенным выше техническим условиям Цудортранса. У одних бывает излишек крупных фракций с недостатком мелких, и наоборот. В силу ограниченности при дороге карьеров необходимо уметь

НБ УАДИТ (ДИТ)

составлять смеси, удовлетворяющие техническим условиям, при наличии одного гравийного карьера. Облегчающим условием для составления желаемой смеси является сам гравийный материал, который можно через грохота разделить на нужные для производства фракции. Согласно техническим условиям в состав смеси Б входят три фракции: 50—20 *мм*, 25—2 *мм* и меньше 2 *мм*. Следовательно всякий гравийный карьерный материал может быть разделен путем прогрохотки его через два грохота: грохот с отверстиями в 20 *мм* и с отверстиями 3—4 *мм* на три состава. На первом грохоте останутся гравийные фракции крупнее 20 *мм*, на втором — фракции от 20 до 2 *мм* и пройдут сквозь второй грохот фракции меньше 2 *мм*.

Здесь указаны отверстия грохотов 25 и 3—4 *мм* вместо 20 и 2 *мм*, как это соответствовало бы величинам фракций по стандартным размерам, потому что обычно и при машинной и при ручной грохотке грохота устанавливаются наклонно. Для получения же проекции наклонного грохота, равной 20 и 2 *мм*,

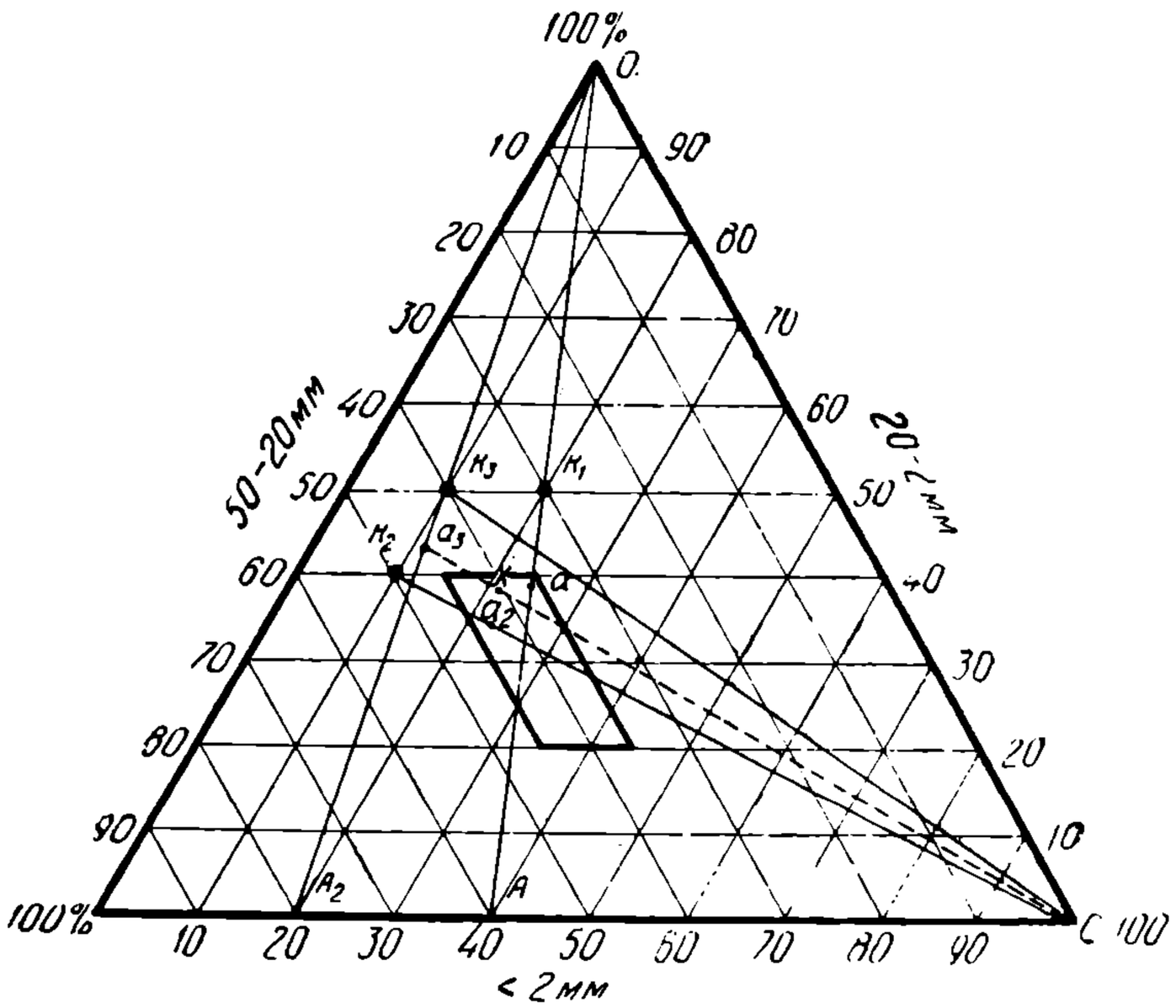


Рис. 327. Треугольник Фере для подбора гравийных смесей сорта Б.

нужны бо́льшие отверстия в самих грохотах. Кроме того прогрохочиваемый гравий движется по наклонной поверхности с известной скоростью, что не позволило бы, скажем, фракциям в 19 *мм* проваливаться в отверстие размером в 20 *мм*.

Для составления гравийной смеси применяется *графический способ*, аналогичный составлению грунтовых смесей на треугольнике Фере (рис. 327). Для группы Б нижнее основание примем за нулевую линию фракций меньше 2 *мм* (песок+пыль+глина). Левую сторону треугольника примем за нулевую линию фракций 50—20 *мм* и правую сторону — за нулевую линию фракций 20—2 *мм*. Согласно таблице технических условий для группы Б будем иметь следующие пределы потребной нам смеси:

50—20 *мм* — 15—45%
20— 2 *мм* — 45—35%
< 2 *мм* — 40—20%

Отложим эти пределы на треугольнике Фере так же, как мы это делали для пределов грунтовой смеси, и получим контур, в котором все точки отложившегося гравия будут удовлетворять техническим условиям. Назовем этот контур — контуром технических условий на гравийный материал для постройки гравийной дороги.

Пусть мы имеем гравийный карьер, состоящий из:

фракций 50—20 *мм* — 20%
20— 2 *мм* — 30%
< 2 *мм* — 50%

На треугольнике Фере положение этого карьера будет в точке K_1. Так как K_1 находится вне контура, значит карьерный материал не удовлетворяет техническим условиям. Допустим мысленно, что из карьерного материала мы отгро-

НБ УДУНТ (ДИТ)

хотили все фракции меньше *2 мм*. Тогда новый условный наш карьер будет состоять из двух фракций: 50—20 *мм* и 20—2 *мм*, которые, представляя карьер полностью, в сумме дадут 100%. Процентное содержание каждой фракции порознь в новом карьере увеличится за счет исключения 3-й фракции и пропорционально процентному содержанию их в первом карьере, а именно

$$\text{фракций } 50—20 \text{ мм будет } \frac{20 \times 100}{20 + 30} = 40\%$$

$$\text{фракций } 20—2 \text{ мм } \frac{30 \times 100}{20 + 30} = 60\%$$

Отложим новый карьер на треугольнике. Поскольку он не имеет в своем составе фракций меньше 2 *мм* (их будет нуль по условию), точка нового карьера будет обязательно лежать на нулевой линии фракций меньше 2 *мм*. Фракций 50—20 *мм* в карьере имеется 40%. Следовательно искомая точка будет находиться на пересечении 4-й параллельной линии от нулевой линии фракции 50—20 *мм* с нулевой линией фракций меньше 2 *мм*. Фракция 20—2 *мм* будет лежать в этой же точке, что видно на треугольнике.

Совершенно нет надобности производить пересчеты процентного содержания фракций в новом карьере и по ним находить положение его в треугольнике. Зная, что точка нового карьера будет находиться на нулевой линии фракций меньше 2 *мм*, достаточно через вершину треугольника (100% фракций меньше 2 *мм*) и точку K_1 (положение настоящего карьера в треугольнике) провести прямую. Пересечение этой прямой в точке A с нулевой линией фракций меньше 2 *мм* укажет на положение мысленного карьера в треугольнике и на процентное содержание в нем фракций 50—20 *мм*.

Линия K_1A пересекает контур, что показывает на возможность из K_1 и A составить смесь, отвечающую техническим условиям. Возьмем на этой линии точку a, тогда, по изложенному в отделе подбора грунтовых смесей, соотношение смешиваемых карьеров берется в обратной пропорции длине линий, т. е. из карьера K_1 нужно взять столько частей, сколько *мм* имеет линия aA, а из карьера A — столько частей, сколько *мм* имеет линия aK_1. По измерении оказалось $aK_1 = 9$ *мм* и $aA = 27$ *мм*. Приведя отношение длин в процентное соотношение смешиваемых карьеров, будем иметь, что для получения точки a нужно взять карьерного материала $K_1 = \frac{27 \times 100}{27 + 9} = 75\%$ и отгрохоченного (без фракций < 2 *мм*) $= \frac{9 \times 100}{27 + 9} = 25\%$.

Возьмем другой пример. Имеем карьер, состоящий из фракций

50—20 *мм* — 10%,
20— 2 *мм* — 50%,
< 2 *мм* — 40%.

На треугольнике положение этого карьера будет в точке K_2. Если бы провести прямую из вершины треугольника (100% фракций меньше 2 *мм*) через точку K_2, то прямая не пересечет контура, что покажет нецелесообразность применения условного карьера без фракций меньше 2 *мм*.

В этом случае рассуждение поведем следующим образом. Мысленно отгрохотим через грохот в 25 *мм* фракции меньше 20 *мм*, тогда новый воображаемый карьер будет иметь только одни фракции 50—20 *мм*, которых будет 100%. Точка, обозначающая этот карьер в треугольнике Фере, будет лежать на обеих нулевых линиях фракций 20—2 *мм* и фракций меньше 2 *мм* (так как они не содержатся в карьере), т. е. она будет лежать в вершине треугольника, если принять за основание нулевую линию фракций 50—20 *мм*. Соединяем точку K_2 с этой вершиной. Прямая пересекает контур, что показывает возможность получения удовлетворительной смеси из карьера K_2 и фракций 50—20 *мм*. Берем на этой прямой точку a_2, измеряем длины линий $a_2K_2 = 10$ *мм*, $a_2C = 55$ *мм* и по известному нам принципу находим, что для получения удовлетворяющей техническим условиям смеси нужно взять карьерного материала (K_2) согласно пропорции $\frac{100}{x} = \frac{55 + 10}{55}$, откуда $x = \frac{55 \times 10}{10 + 100} = 85\%$, и к нему же добавить отгрохоченных из него же фракций 50—20 *мм* $\frac{100}{x} = \frac{55 + 10}{10}$, откуда $x = \frac{10 \times 100}{55 + 10} = 15\%$.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Разберем самый сложный случай. Имеем гравийный карьер, состоящий из

фракций 50—20 *мм* — 10%,
20— 2 *мм* — 40%,
< 2 *мм* — 50%.

Этот карьер отложится в точке K_3 треугольника. Проведем через точку O (вершину треугольника) и K_3 прямую до пересечения с нулевой линией фракций меньше 2 *мм* в точке A_2. Точка A_2 показывает, что в условном карьере содержится фракций 50—20 *мм* — 20% и фракций 20—2 *мм* — 80%. Прямая OA_2 не пересекает контура, следовательно из карьера K_3 и A_2 нельзя получить нужной смеси.

Допустим дальше, что из карьера K_3 мы отгрохотим все фракции меньше 20 *мм*. В нем останутся одни только фракции 50—20 *мм*, которых будет 100%. Положение второго условного карьера будет в точке C. Приложив линейку к K_3 и C, видим, что прямая не пересечет контура. Проведем из точки C произвольную прямую с таким расчетом, чтобы она пересекла контур, и поведем ее дальше, до пересечения с линией K_3A_2 в точке a_3. На линии a_3C возьмем в контуре точку x.

По рисунку видно, что точка x составляется из карьера C и фиктивного карьера a_3. Измеряем линию $a_3x = 8$ *мм*, $xC = 58$ *мм*. По обратной пропорциональности находим состав искомого материала x, а именно из фиктивного карьера $a_3 = \frac{58 \times 100}{58 + 8} = 88\%$ и из условного карьера C (фракций 50—20 *мм*) = $= \frac{8 \times 100}{58 + 8} = 12\%$.

В свою очередь a_3 составляется из настоящего карьера K_3 и условного A_2. Линии $a_3K_3 = 6$ *мм*, $a_3A_2 = 32$ *мм*. Состав точки a_3 получится из карьерного материала $(K_3) = \frac{32 \times 100}{32 + 6} = 84\%$ и условного карьера A_2 (фракций 50—20 *мм* — 20% и фракций 20—2 *мм* — 80%) $= \frac{6 \times 100}{36 + 2} = 16\%$. Итак, x состоит из: карьера C (фракции 50—20 *мм*) — 12%, фиктивного карьера a_3—88%.

В свою очередь a_3 составляется из карьера K_3 — 84% и карьера A_2 — 16%.

В искомую же смесь x фиктивный карьер a_3 входит не целиком, а только 88%, следовательно от составляющих a_3 карьеров K_3 и A_2 в x войдет 88%, а именно:

$$K_3 = \frac{84 \times 88}{100} = 74\%,$$
$$A_2 = \frac{16 \times 88}{100} = 14\%.$$

В результате можно записать, что x составляется из:

карьерного материала $K_3 = 74\%$
условного карьера (фракции 50—20 *мм*) — 12%

$$\text{условного карьера} = \begin{cases} \text{фракции } 50\text{—}20 \text{ мм} — \frac{20 \times 14}{100} = 3\% \\ 20\text{—}2 \text{ мм} — \frac{80 \times 100}{100} = 11\% \end{cases}$$

И окончательно искомую смесь можно получить, если взять карьерного материала 74% и к нему добавить отгрохоченных

фракций 50—20 *мм* 12 + 3 = 15%
20—2 *мм* 11%

Теоретический расчет гравийной смеси. Гравийную смесь, отвечающую техническим условиям, легко рассчитать и *арифметическим путем*, который дает возможность получить искомую смесь скорее. Имея гранулометрический состав карьерного материала, надо из него получить смесь, отвечающую средним техническим условиям для сорта Б. Гранулометрический состав карьерного материала и требуемой смеси приведен в следующей таблице:

УДУНТ (ДИТ)

Таблица 122

Размер фракций в *мм*	Гранулометрический состав в %	
	Карьерного материала	Заданной смеси
50 — 20	25	30
20 — 2	35	40
< 2	40	30

В одном кубометре нашего карьера имеется 0,40 $м^3$ фракций менее 2 *мм*, а требуется их по условию 0,30 $м^3$. Следовательно, чтобы обеспечить в точности фракциями менее 2 *мм* один $м^3$ искомой смеси, нужно карьерного материала взять менее 1 $м^3$ во столько раз, во сколько потребное процентное содержание этих фракций меньше, чем их в карьерном материале. В нашем случае это будет $= \frac{30}{40} = 0{,}75$ $м^3$.

По фракциям это количество карьерного материала распределяется так (согласно процентному содержанию входящих в него фракций):

$$\left.\begin{array}{rl} \text{фракций } 50-20 \text{ мм} & \frac{0{,}75 \times 25}{100} = 0{,}19 \ м^3 \\ 20-2 \text{ мм} & \frac{0{,}75 \times 0{,}35}{100} = 0{,}26 \ м^3 \\ < 2 \text{ мм} & \frac{0{,}75 \times 40}{100} = \underline{0{,}30 \ м^3} \\ & 0{,}75 \end{array}\right\} \quad \text{(I)}$$

В действительности же нам надо получить 1,00 $м^3$ с процентным содержанием фракций согласно второй вертикали таблицы, или количественно по фракциям 1 $м^3$ смеси должен содержать:

$$\left.\begin{array}{rl} \text{фракций } 50-20 \text{ мм} & -\frac{1 \times 30}{100} = 0{,}30 \ м^3 \\ 20-2 \text{ мм} & -\frac{1 \times 40}{100} = 0{,}40 \ м^3 \\ < 2 \text{ мм} & -\frac{1 \times 30}{100} = \underline{0{,}30 \ м^3} \\ & 1{,}00 \ м^3 \end{array}\right\} \quad \text{(II)}$$

Подсчет (I) показывает содержание отдельных фракций в 0,75 $м^3$, а (II) — содержание фракций в 1 $м^3$ желаемой смеси. Произведя вычитание одноименных фракций (II)—(I), получим разницу, которая покажет, сколько и каких фракций нужно добавить к 0,75 $м^3$ карьерного материала, чтобы получить 1 $м^3$ желаемой смеси.

$$\left.\begin{array}{rl} \text{фракций } 50-20 \text{ мм} & 0{,}30 - 0{,}19 = 0{,}11 \ м^3 \\ 20-2 \text{ мм} & 0{,}40 - 0{,}26 = 0{,}14 \ м^3 \\ < 2 \text{ мм} & 0{,}30 - 0\,30 = 0 \end{array}\right\} \quad \text{(III)}$$

Итак, для составления гравийной смеси, отвечающей техническим условиям, нужно взять: карьерного материала 0,75 $м^3$ или 75% и к нему добавить:

фракций 50—20 *мм* — 0,11 $м^3$ или 11%
20 — 2 *мм* — 0,14 $м^3$ 14%

В подсчете (III) фракций < 2 *мм* добавлять не нужно, так как ими мы обеспечили 1 $м^3$ смеси, взяв 0,75 $м^3$ карьерного материала. Можно было расчет вести и по фракциям 50—20 *мм* или 20—2 *мм*, тогда в III подсчете в результате получился бы нуль, — фракций или 50—20 *мм* (или 20—2 *мм*). Для облегчения вычислений лучше всего начинать расчет с меньшей фракции, и только если в карьерном материале их содержится меньше, чем требуется по условию, расчет производить по одной из высших.

Расчет смесей верхнего слоя (сорт В) производится по такому же треугольнику (рис. 328). Нулевые линии: фракций 20—2 *мм*, 2—0,05 *мм* и 0,05 *мм* видны на рисунке. Положение контура технических условий всецело зависит от тех пределов, которые даны в технических условиях Цудортранса для сорта В.

Если сорт Б мы могли получить из любого карьерного материала, то нельзя этого сказать про сорт В, так как в производственных условиях мы не сможем отгрохотить из карьера фракций $< 0\,05$ *мм* Делая же разные вариации

НБ УДУНТ (ДИТ)

только с двумя фракциями: 20—2 *мм* и < 2 *мм*, не всегда возможно получить линию, пересекающую контур. Поэтому при составлении сорта В по треугольнику (рис. 328) в некоторых случаях придется прибегать к другому карьерному (гравийному или грунтовому) материалу, как это делается в грунтовых смесях, или к раздроблению крупных фракций на более мелкие в соответствующей установке и получать искомый состав из двух. Все, сказанное в отношении графического способа, в равной мере относится и к арифметическому.

§ 116. Разработка гравийных карьеров. Всякое массовое строительство для своего выполнения требует полной механизации. Из I главы мы знаем, какой удельный вес имеют гравийные дороги в общей сети автогужевых дорог СССР на ближайшую пятилетку. Если в среднем принять, что на 1 *км* гравийной дороги требуется 1000 $м^3$ гравийного материала, станет вполне ясным, что без механизации запроектированная постройка этих дорог неосуществима и с точки зрения темпов постройки и с экономической стороны. В первую очередь должна быть механизирована разработка гравийных карьеров, грохотка с дроблением гравия и транспортировка его на дорогу. Пока же в практике нашего дорожного строительства гравийные карьеры для постройки и улучшения дорог разрабатываются далеко не совершенными методами и не в полной мере используются достижения заграничной техники. До начала разработки гравийный карьер должен быть тщательно обследован с точки зрения его строения, петрографического и гранулометрического состава; должна быть произведена съемка для вычерчивания плана его в горизонталях и установлено место, откуда лучше всего начать разработку. В зависимости от положения карьера в вертикальной плоскости по отношению к подошве его, выбирается тот или иной способ эксплоатации.

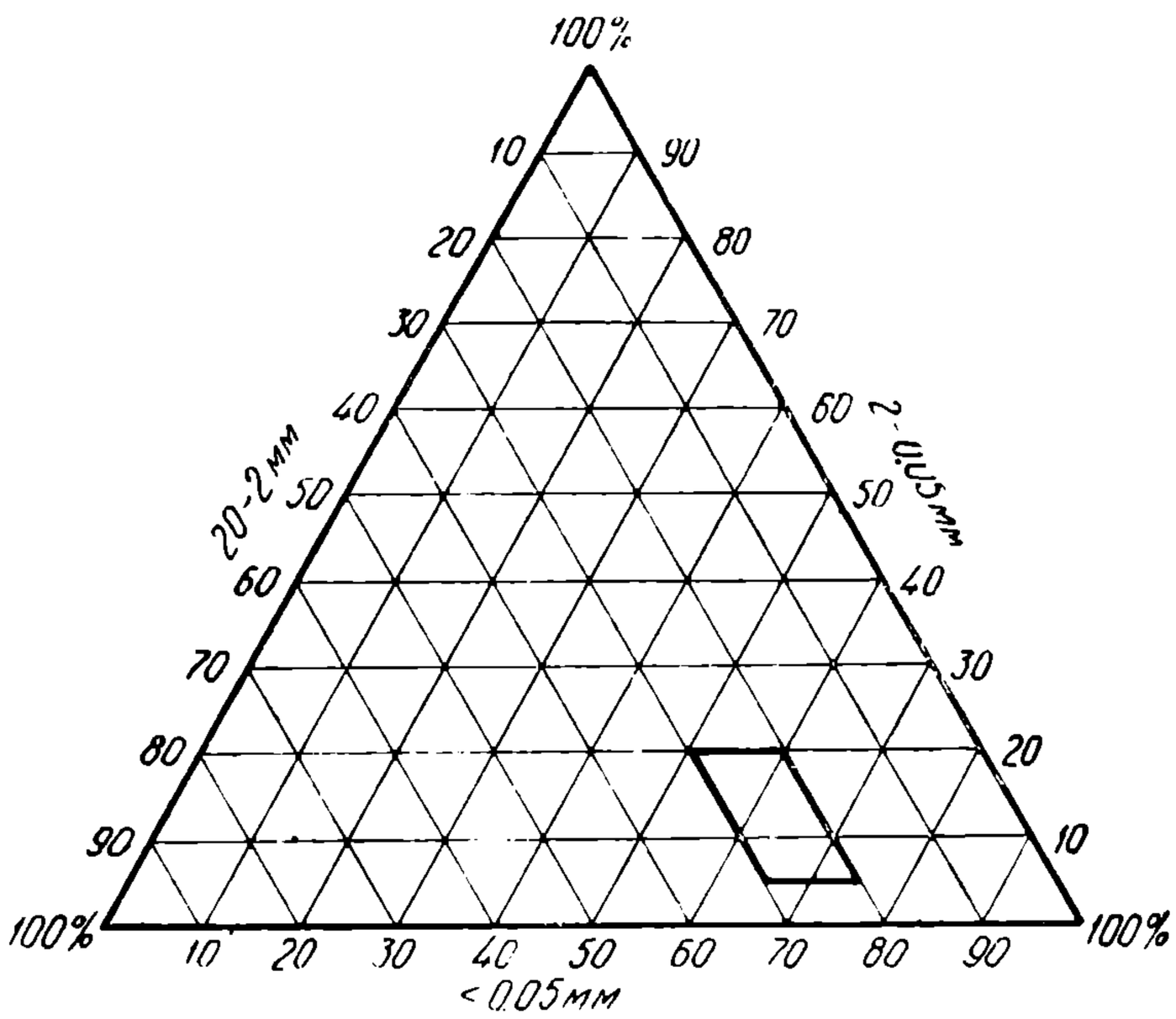


Рис. 328. Треугольник Фере для подбора гравийных смесей сорта В

В одинаковой мере ко всякому виду гравийного карьера относится обязательное условие: 1) до эксплоатации выкорчевывают лес и пни, если таковые имеются над карьером; обнажают гравийный материал на площади, подлежащей разработке в один сезон; вскрыша на полную толщину обязательно удаляется за пределы карьера, хотя бы и не предполагалось закончить эксплоатацию его в один и даже два сезона; 2) разработку ведут без подкопа снизу, все время спуская гравий сверху и соблюдая откос стенки не менее 1 : ½; попадающиеся в стенке или сверху большие камни, не гравийные прослойки удаляют за пределы карьера; 3) к карьеру устраивают дорогу такой ширины и качества, чтобы не имело место уменьшение нагрузок на телегу и обеспечивался свободный разъезд встречных подвод.

Самые большие потери при разработке может дать продолжительный простой повозок под нагрузкой и малый фронт работ. При транспортировке гравия лошадьми, чтобы уменьшить потребное количество их, нужно отказаться от существовавшего способа — подводчик, он же и нагрузчик. Должны быть обязательно выделены особые нагрузчики из расчета не менее двух человек на подводу. Считая, что крестьянская лошадь везет 0,35—0,40 $м^3$ и что на выкопку и передачу на телегу 1 $м^3$ гравия требуется 0,5 рабочих часов, одним человеком телега нагружается в $0{,}5 \times 0{,}4 \times 60 = 12$ мин., а двумя специаль-

УДУНТ (ДІІТ)

ными рабочими и погонщиком в 12:3 = 4 мин. При недалекой отвозке наличие двух рабочих может удвоить производительность работы лошади, а в отсутствии лошадей рабочие оправляют откосы, удаляют мусор и т. д.

Наиболее дешевым транспортом для вывозки гравия является автомобиль или трактор. Если взять для примера грузовой автомобиль с грузоподъемностью в 3,5 *т* (≈2,0 *м*³ гравия), то под нагрузкой он должен простаивать $\frac{2 \times 0{,}5 \times 60}{} = 20$ мин. При средней скорости движения автомобиля 15 *км*/час, за это время он прошел бы $\frac{15 \times 20}{60} = 5$ *км*. Если дальность возки 2,5 *км*, то это уменьшает производительность вывозки ровно вдвое, а при меньшем расстоянии — и еще больше. Ускорить нагрузку подвод вполне возможно, не прибегая к особой механизации. Первое условие — уметь использовать расположение карьера.

Рис. 329. Разработка гравийного карьера с использованием разности высот.

Для примера на рис, 329 приведен способ разработки, в котором использована разность высот карьера и подошвы его. Как видно, гравийный материал ссыпается на автомобиль или конную подводу через деревянный лоток, устраиваемый под углом 30—45° к горизонту земли. Внутренняя сторона лотка для уменьшения трения обивается кровельным железом. Гравий в лоток подается тачками, вагонетками или скреперами. Количество тех или других рассчитывается по промежутку времени, через который подходят транспортные средства под нагрузку Верхняя приемняя часть лотка делается с крыльями, чтобы подвезенный гравий весь попадал в лоток. Кроме того у входа лотка устраивается железная решетка с вертикальными или горизонтальными прутьями на расстоянии 60—70 *мм* один от другого, чтобы в нагружаемую подводу не попадали валуны, корни и гравийные фракции крупнее 60 *мм*. Расстояние между прутьями может быть и меньше, если требуется более мелкий гравий. Время от времени оставшиеся на решетке крупные фракции и другие посторонние предметы удаляются за пределы разработки карьера.

Подвозка гравия автомобилями требует особенно быстрой нагрузки. Не всегда можно иметь такое расположение карьера, как показано на рисунке. Если разницу высот нельзя использовать, то с большим успехом для нагрузки можно применить ленточный транспортер (рис. 330). Непременным условием его работы является заготовка гравийного материала в кучи скреперами или другим способом. Еще с большим успехом для нагрузки гравия можно исполь-

УДУНТ (ДИТ)

зовать механический нагружатель типа „Нельсон" (рис. 331 и 332). Он не требует никакой дополнительной заготовки, а будучи смонтирован на двигатель с гусеничным ходом, передвигается сам для захвата нагружаемого материала.

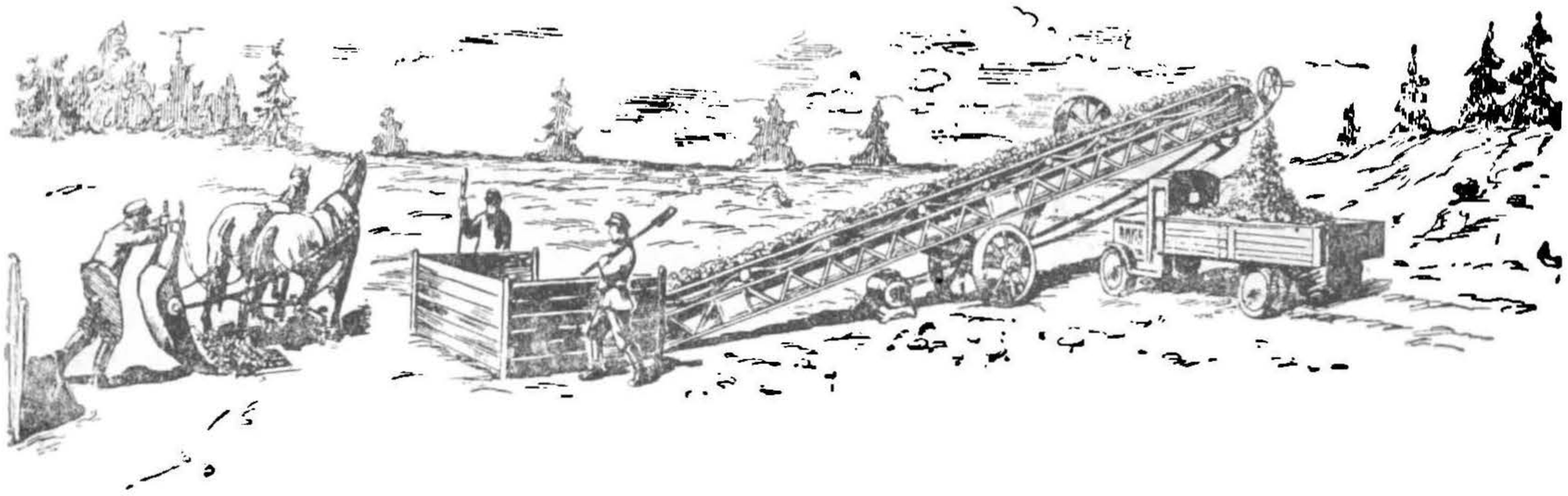


Рис. 330. Погрузка гравия на подводы ленточным транспортером.

Производительность элеватора-нагружателя подсчитывается по следующей формуле:

$$Qm/\text{час} = 3{,}6\ \varphi\ \frac{i}{a}\ \gamma\ v,^{1}$$

где φ — степень наполнения ковшей элеватора, для гравия = 0,75,
i — емкость ковша в литрах,
a — расстояние между ковшами в *м*,
γ — вес 1 $м^3$ материала в тоннах,
v — скорость движения ковшей элеватора *м*/сек.

При $i = 12$ *л*, $a = 0{,}4$ *м*, $\gamma = 1{,}8$ *т*, $v = 0{,}8$ *м*/сек., получим часовую производительность

$$Q = 3{,}6 \times 75 \times \frac{12}{0{,}4} = 1{,}8 \times 0{,}8 = 116\ т/\text{час} = 1{,}9\ т/\text{мин.} = 1\ м^3/\text{мин.}$$

Из этого видно, что на нагрузку 3,5 *т* грузовика нагружателем затрачивается всего только 2 мин.

§ 117. Грохотка гравия. Мало в природе таких гравийных карьеров, которые отвечали бы техническим условиям на гравийный материал для дороги. Для составления нужного состава, как мы видели на способах подбора гравийных смесей, приходится к карьерному материалу в той или иной мере добавлять грохоченный материал. Должно с полной категоричностью отметить, что составление потребных смесей всегда производится добавлением к карьерному недостающих грохоченных

Рис. 331. Механический нагружатель типа „Нельсон".

[1] Анохин, „Дорожные машины", 1931.

НБ УДУНТ (ДИТ)

фракций не допускается составлять смеси из разгрохоченного по фракциям карьерного материала. Конечно, получить нужный состав из прежде разгрохоченного материала можно, но это увеличит стоимость постройки гравийной дороги на 25—50%.

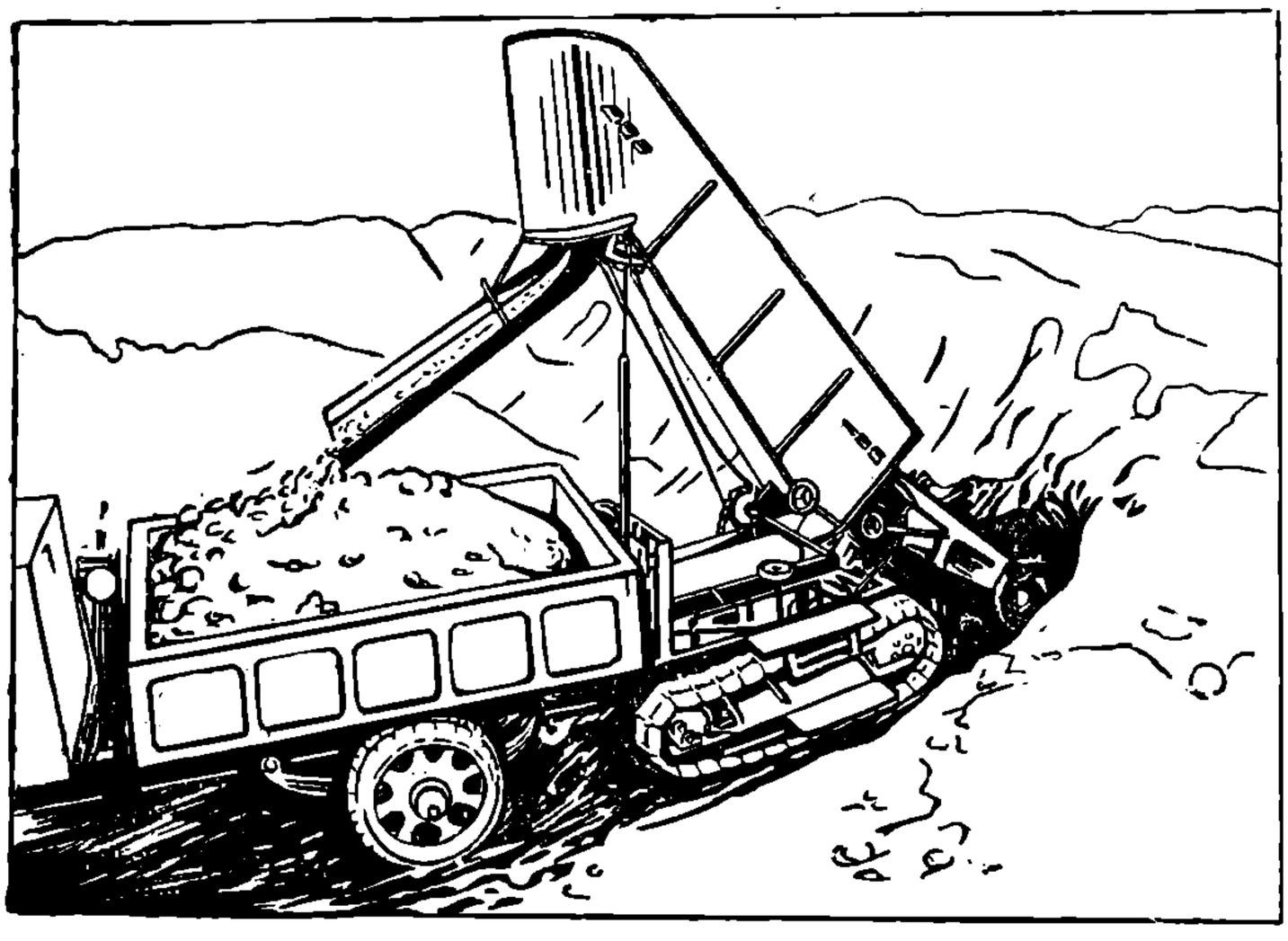


Рис. 332. Механический нагружатель в работе.

Технические условия на гравийный материал для постройки гравийных дорог были изданы в нашем Союзе впервые в 1931 г. До этого на гравийные дороги применялся материал без всякого учета гранулометрического состава его, и не мудрено, что к настоящему моменту мы не имеем рациональных способов механизированной грохотки гравия. А между тем это обстоятельство и является главной помехой к усиленной постройке гравийных дорог.

Сортировка гравия вручную через наклонно установленные грохота или на качающемся грохоте Переверзева не может разрешить проблемы постройки гравийных дорог. Ручной способ сортировки требует слишком много рабочих и слишком медлителен.

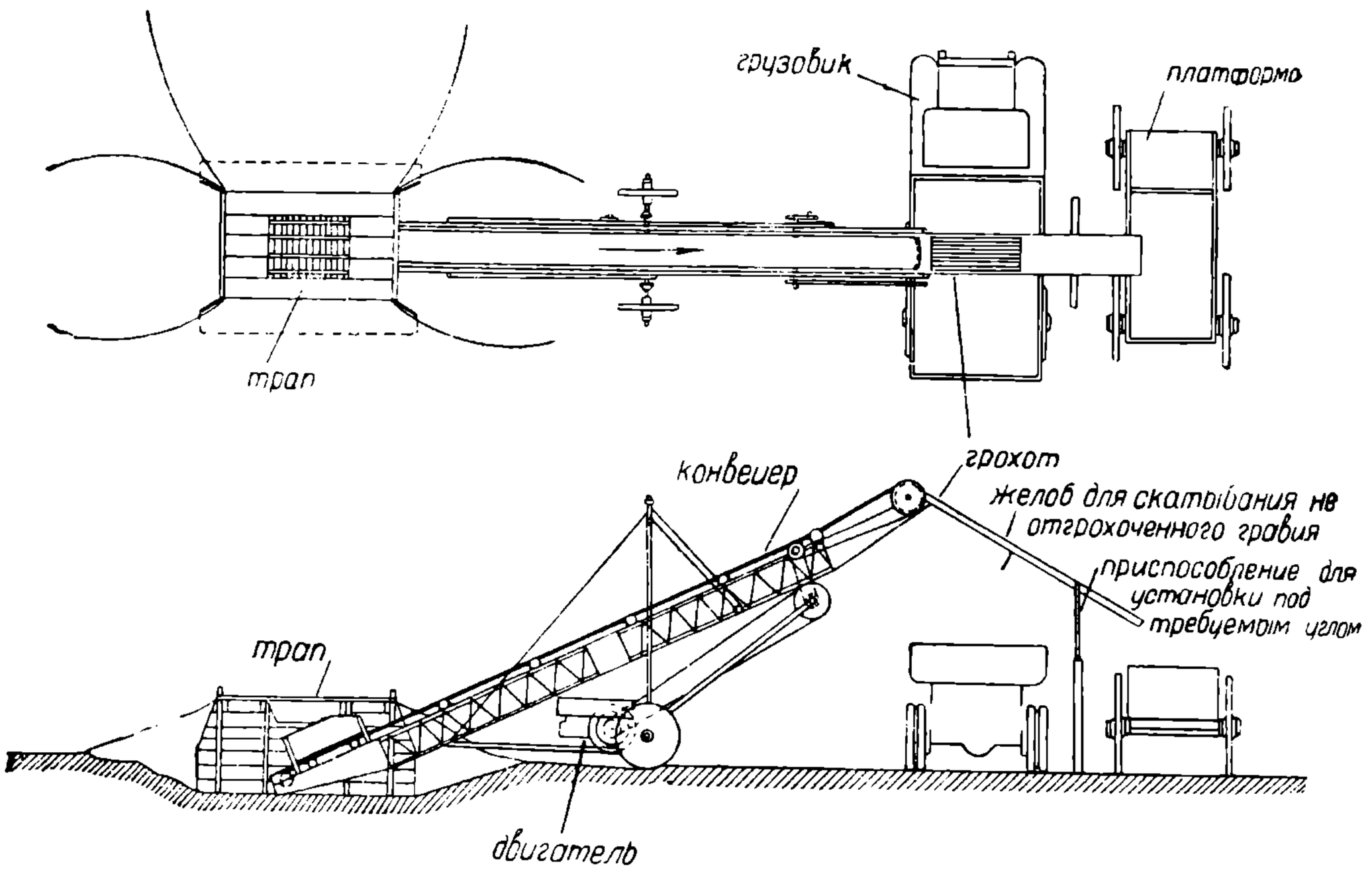


Рис. 333. Гравиосортировка производительностью до 20 $м^3$/час, сортирующая гравий на 2 сорта.

Наиболее простой механизированной установкой для сортировки гравия, является установка, представленная на рис. 333. В нее гравийный материал из

НБ УДУНТ (ДИТ)

карьера доставляется тачками или скреперами. Материал, попавший в трап, конвейером, приводимым в движение мотором в 2—3 л. с., подается на решетку (грохот). Решетка может быть сделана съемной и легко заменяющейся другой,

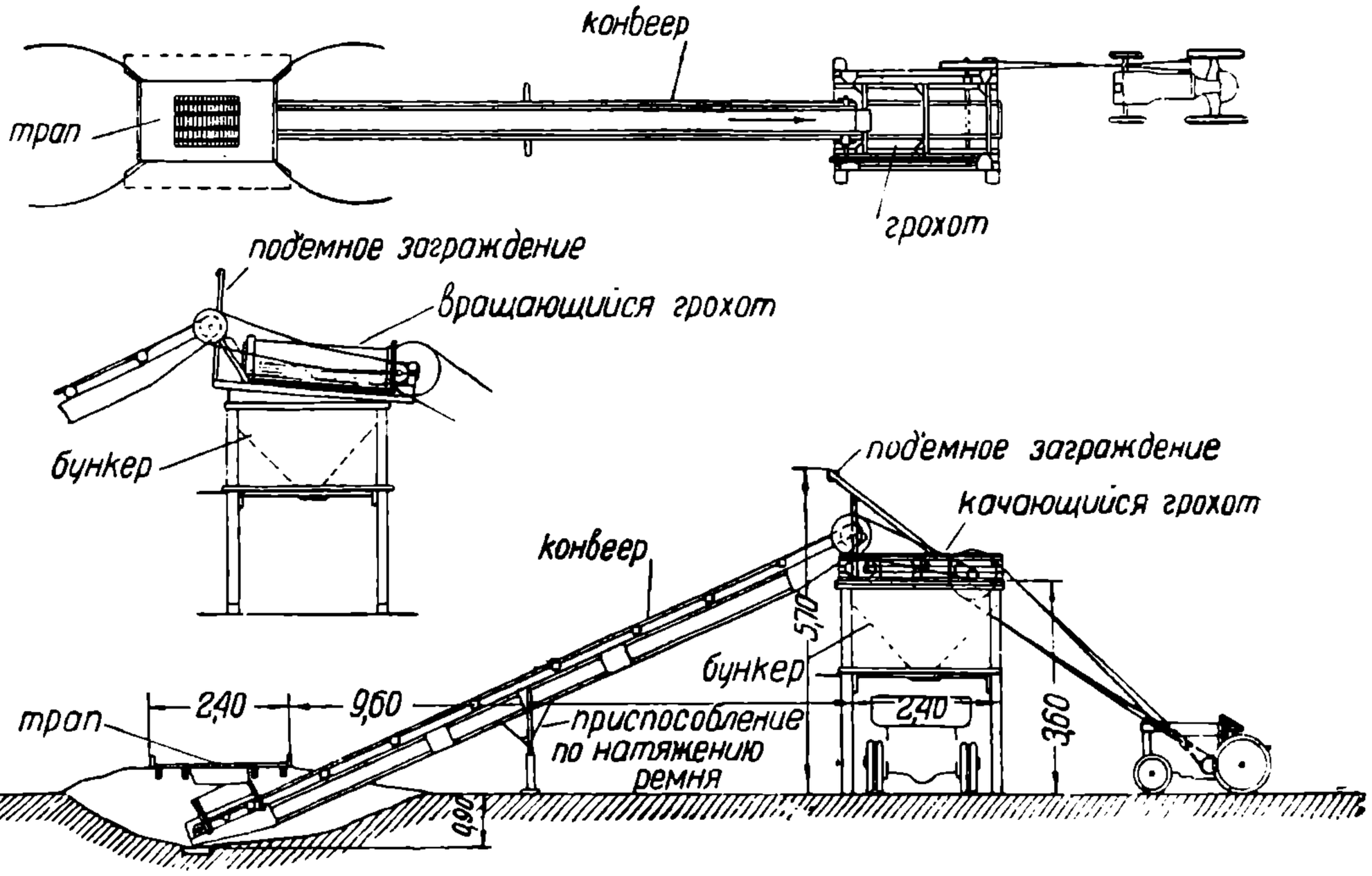
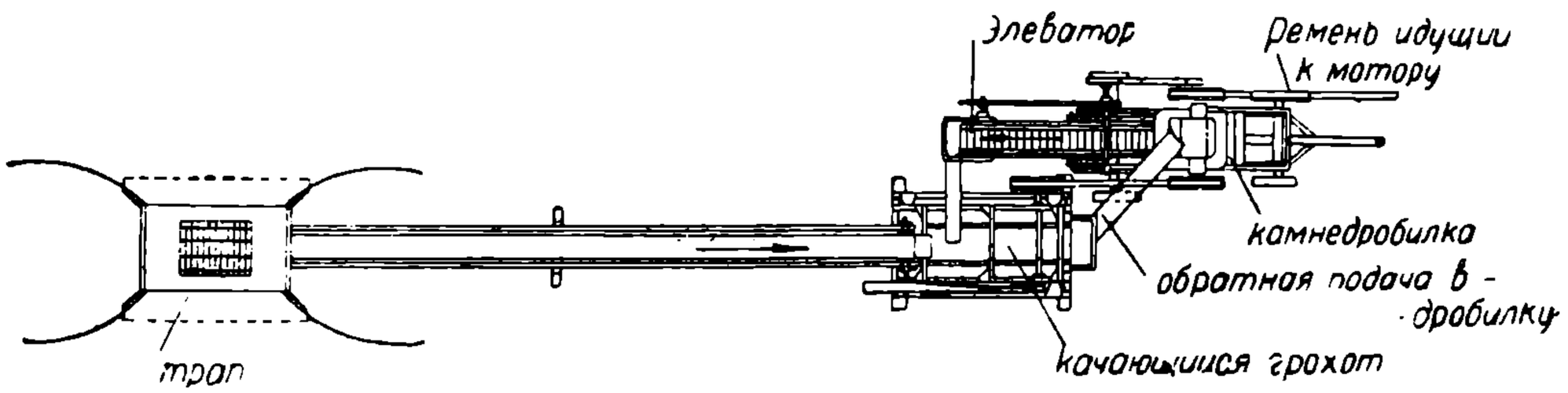


Рис. 334. Гравиосортировка производительностью до 30 *м*³/час, сортирующая гравий на 3 сорта.

смотря по надобности. Если будет поставлена с отверстиями в 4 *мм*, то гравийный материал разгрохочивается на две фракции: через решетку пройдут



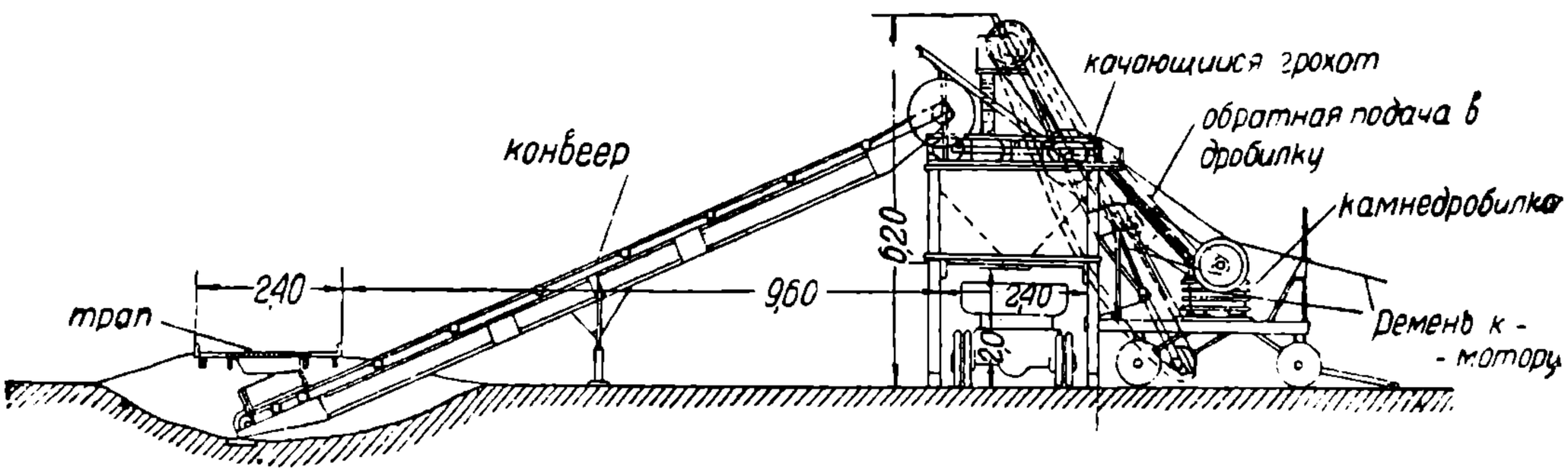


Рис. 335. Гравиосортировка совместно с камнедробилкой производительностью до 20 - 25*м*³/час, сортирующая гравий на 3 сорта.

частицы меньше 2 *мм*, которые отвозятся грузовиком, а частицы крупнее 2 *мм* по гладкому жолобу скатываются на платформу. Если решетка будет иметь

НБ УДУНТ (ДНТ)

служит вертикальная подставка.

Часовая производительность описанной установки может быть равна 20 $м^3$/час. карьерного материала. Зная состав этого материала по фракциям, легко рассчитать, сколько времени под нагрузкой будет стоять автомобиль и платформа.

На рис. 334 представлена более усовершенствованная гравиосортировка. Подача гравия к установке и на грохот происходит тем же порядком. Разделение гравия здесь производится на фракции. Более мелкие (напр., < 2 *мм* и 2—20 *мм*) проходят через качающийся грохот, попадают в разделенный на 2 части бункер и из него поочередно высыпаются в грузовик. Фракции, не прошедшие

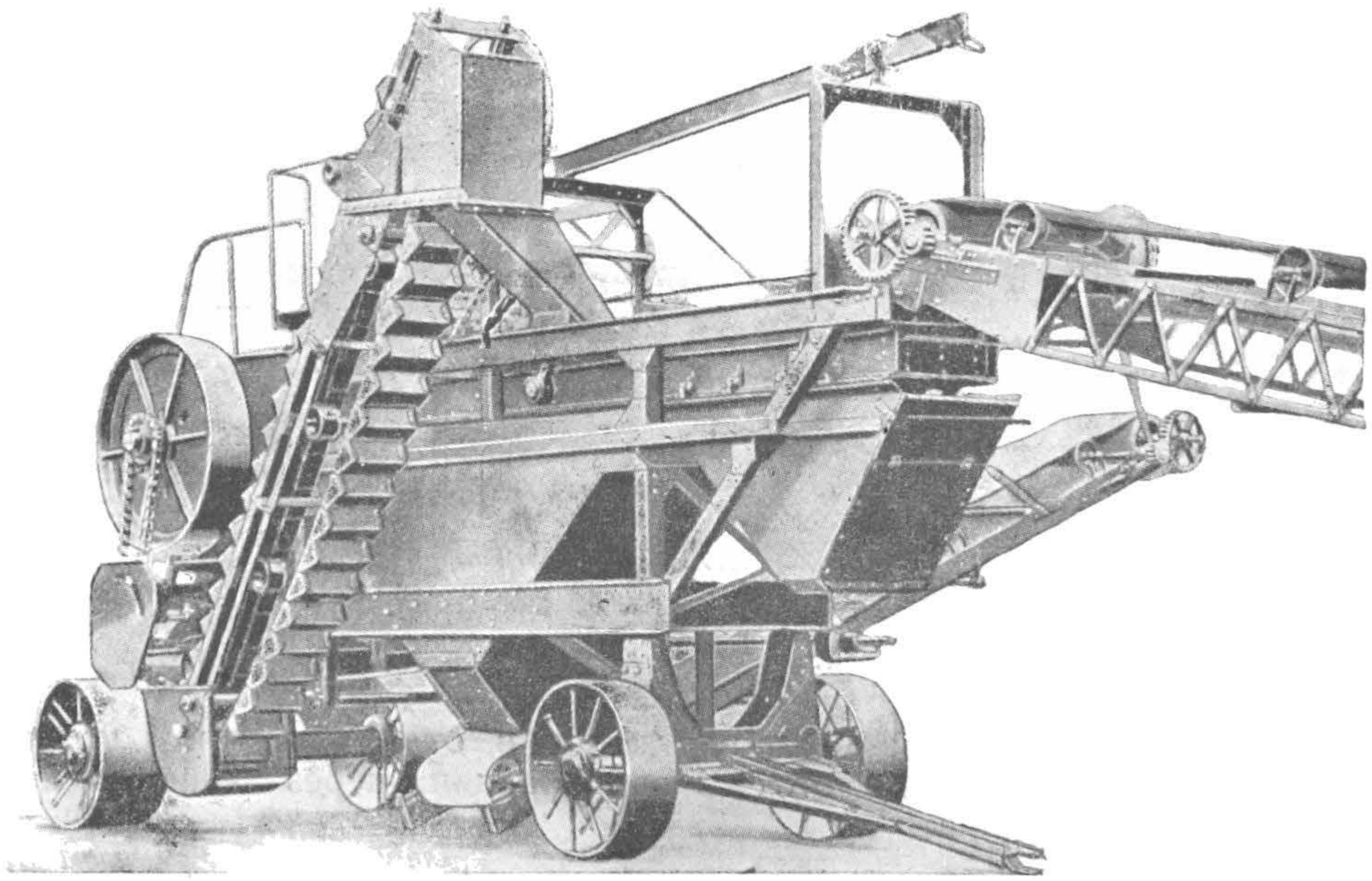


Рис. 336. Вид комбинированной гравийной установки со стороны ковшевого элеватора.

через грохот (более 20 *мм*), по жолобу сваливаются на землю или на платформу и тоже увозятся. Как и в первом случае, можно рассчитать транспортные средства для отвозки разгрохоченного гравия.

Вместо качающегося грохота может быть установлен вращающийся цилиндрический (на рис. 334 виден слева в отдельной детали). Как грохот, так и конвейер приводятся в движение одним мотором от трактора в 20 л. с. Производительность установки — 30 $м^3$/час.

На рисунке 335 представлена гравиосортировка в комбинации с камнедробилкой. От предыдущей она отличается тем, что не прошедшие через отверстия грохота крупные фракции гравия по жолобу попадают в камнедробилку. Раздробленный гравий ковшевым элеватором поднимается вверх и попадает вновь на грохот и т. д. Для приведения в действие камнедробилки, грохота и элеваторов требуется мотор в 30 л. с. Производительность такой установки— около 20 — 25 $м^3$/час. Рассортировка гравия и отвозка его происходит так же, как и во второй установке. Все описанные установки могут быть сделаны передвижными.

Из американских гравийных установок следует отметить установку на колесах с одновременным дроблением крупных фракций (рис. 336 и рис. 337). Производительность их бывает разная — 15, 23, 30 и 38 $м^3$ в час.[1] Установка состоит из следующих составных частей.

1. Грузовая повозка, на которой укрепляются: приемный ковш для гравия и ковш для отделяемого песка, качающиеся грохота для отделения песка,

[1] Анохин „Дорожные машины". 1931 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

гравия разных размеров и материала, подлежащего перебою, ковшевой элеватор и силовые передачи.

2. Погрузочный конвейер с полотном и питательная воронка с решеткой.
3. Повозка на четырех колесах для перевозки конвейера.
4. Разгрузочный конвейер.
5. Камнедробилка. производительностью около 8 *м*³/час., для дробления гравия до размера 25 *мм*.

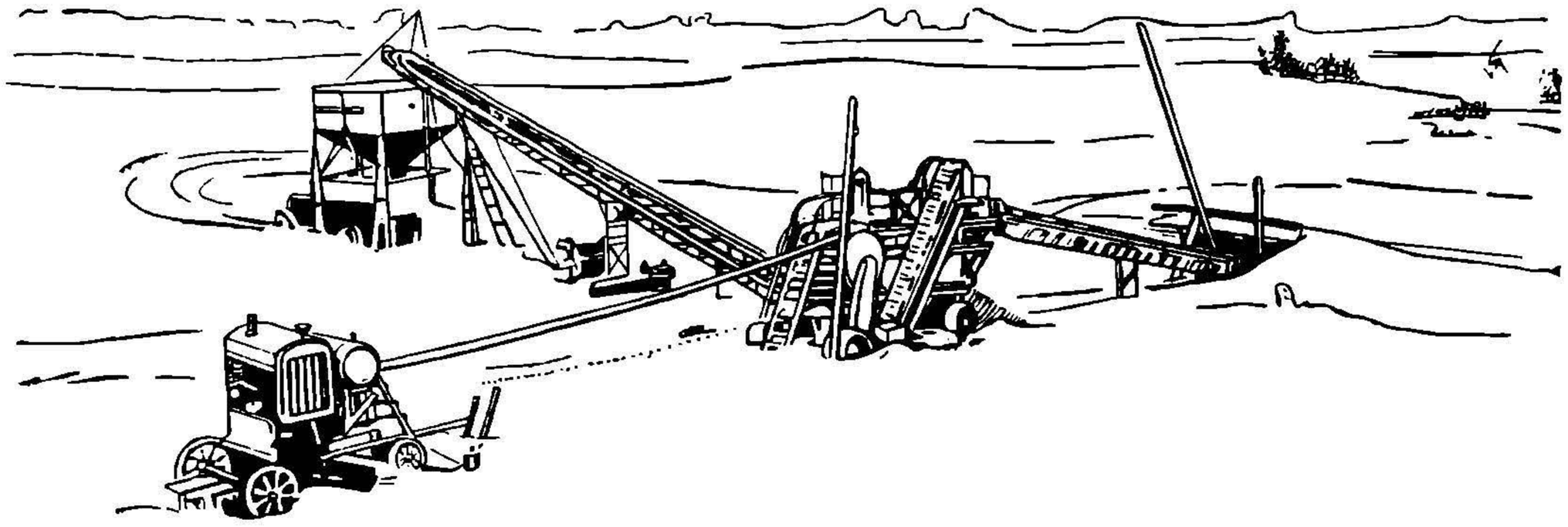


Рис. 337. Комбинированная установка с бункером.

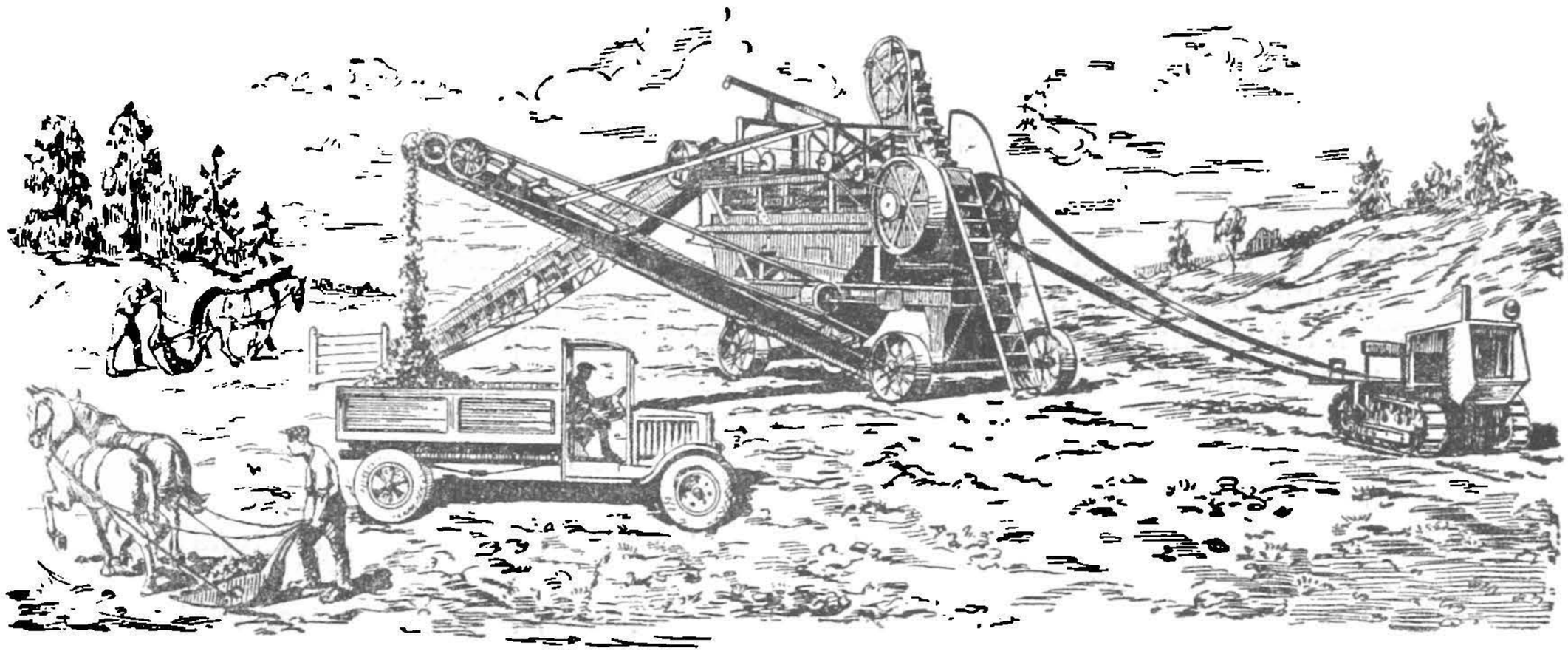


Рис. 337. Комбинированная гравийная установка в работе.

Вес всей установки 14,5 — 15 *т*. Для приведения в действие установки требуется двигатель в 60 л. с., который ее и перевозит с одного места на другое. Порядок работы следующий. Гравийный материал из карьера подвозится скреперами или другим каким-либо способом и выгружается на решетку трапа. Весь гравий крупнее 25 *мм* остается на решетке, не попадая в установку. Гравий, прошедший через решетку, попадает на погрузочный элеватор и подается на качающиеся грохота установки. Материал, оставшийся на верхнем грохоте, поступает в камнедробилку, дробится в ней до размеров 25 *мм*, подхватывается черпаковым элеватором, вновь подается на грохота и сортируется. В результате работы установки в отдельных закромах получается рассортированный по крупности гравий, а песок удаляется в сторону.

Достоинством этой установки является большая производительность, наличие камнедробилки и механическая подача гравия в сортировку.

§ 118. Толщина и профиль гравийного покрытия. Под гравийными дорогами подразумеваются такие дороги, которые построены на полную расчетную толщину из так называемой гравийной „оптимальной смеси“ (гравийного материала, удовлетворяющего техническим условиям Цудортранса 1931 г.). Гравийная дорога является уже дорожным покрытием, приближающимся по своей проч-

УДУНТ (ДИТ)

ности к покрытию из каменного щебня. Принимая во внимание дороговизну гравийного материала и прочность покрытия из него, толщину гравийного покрытия должно рассчитывать так же, как это делается при постройке щебеночного шоссе и других каменных покрытий.

Применим для расчета формулу, приведенную в отделе VI.

Пусть требуется построить гравийную дорогу на глинистом грунте, а в другом месте — на супесчаном. В обоих случаях нагрузкой является грузовой автомобиль 3,5 *т*. Задние колеса грузовика двойные. Отсюда давление на одно заднее колесо будет $\frac{3{,}5 \times 2 \times 1000 \times 2}{3 \times 4} = 1165$ *кг*. Учитывая перегрузку от поперечного профиля, касательные силы от торможения и скольжения на кривых и динамический эффект, которые в сумме увеличивают статическую нагрузку вдвое, будем иметь расчетную величину $P = 1165 \times 2 = 2330$ *кг*.

Приняв t глины $= 0{,}8$ *кг/см*^{2}, t супесч. $= 1{,}5$ *кг/см*^{2}, $a = 13{,}5$ *см*, $b = 33\,5$ *см*, $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}6$, получим толщину покрытия на глинистом грунте:

$$h = \frac{-(a+b) + \sqrt{(a+b)^2 + 4\left(\frac{1{,}25P}{t} - ab\right)}}{4\operatorname{tg}\varphi} =$$

$$= \frac{-(13{,}5 + 33{,}5) + \sqrt{(13{,}5 + 33{,}5)^2 + 4\left(\frac{1{,}25 \times 2\,330}{0{,}8} - 13{,}5 \times 33{,}5\right)}}{4 \times 0{,}6} =$$

$$= \frac{-47 + \sqrt{2\,209 + 12\,756}}{2{,}4} = 31 \text{ см}.$$

На супесчаном:

$$h = \frac{-47 + \sqrt{2\,209 + 4\left(\frac{1{,}25 \times 2\,330}{1.5} - 13{,}5 \times 33{,}5\right)}}{2{,}4} = 19 \text{ см}.$$

Разница в 12 *см* между вычисленными величинами указывает, с одной стороны, на значение расчета толщины одежды и, с другой, на влияние грунта основания на толщину самой одежды. Взятый пример говорит нам о необходимости улучшения грунта основания для удешевления гравийного покрытия. В самом деле, доведя искусственно грунт основания до допускаемого в супесчаном грунте напряжения, мы в праве уменьшить толщину гравийного покрытия на 12 *см*. При этом можно поступить двояко: 1) на глинистый грунт насыпать слой крупнозернистсго песка и 2) из глинистого грунта сделать грунтовую оптимальную смесь.

Расчет дает толщину песчаной прослойки или грунтовой оптимальной смеси, равной разнице толщины одежды на глинистом и супесчаном грунте (оптимальной смеси или песке). Это, конечно, не совсем так. Мы должны помнить, что глинистый грунт под влиянием влаги разбухает. Вниз ему мешает расширяться основной глинистый грунт, а сверху глинистые частицы встречают на своем пути пустоты песка и их заполняют. Точно не установлена высота поднятия глины в песок, но в среднем ее приходится считать равной 3—4 *см*.

Одновременно с этим под влиянием нагрузок гравийный материал погружается в лежащий под ним песчаный или оптимальный состав грунта. Это погружение приходится считать тоже равным 3—4 *см*. Таким образом гравийный материал может сблизиться с глинистым грунтом основания через песчаную прослойку или оптимальный состав грунта на 6—8 *см*. Отсюда толщина песчаной прослойки или улучшения не должна быть менее 8 *см*, а лучше 10 – 12 *см*. В нашем случае это не превышает расчета. В других же случаях, если бы разница в расчетных величинах была менее 8, основание мы должны улучшать все же на 10—12 *см*. Если разница в расчетных величинах будет больше 10, напр. 15, тогда и улучшение должно быть произведено на расчетную разницу.

Согласно изложенному легко можно вырешить вопрос о необходимости улучшения основания. Если, как в нашем случае, песок на подстилающий слой толщиной в 12 *см* или устройство в основании оптимальной грунтовой смеси будут стоить дешевле, чем гравийное покрытие толщиной в 12 *см*, то основание необходимо улучшить.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Приведенный расчет толщины по формуле не может считаться абсолютно верным, так как подставляемые в формулу величины не являются в настоящее время еще вполне установленными. Такой расчет полезно производить, с одной стороны, для выбора основания под гравийное покрытие, с другой—для проверки правильности выбора толщины одежды, установившейся практикой.

Если при постройке толщина гравийного покрытия будет преуменьшена, то не представит особого затруднения впоследствии увеличить ее до необходимых размеров тем же составом гравийного материала, который был рассыпан первоначально. Легкость и полная возможность увеличения толщины

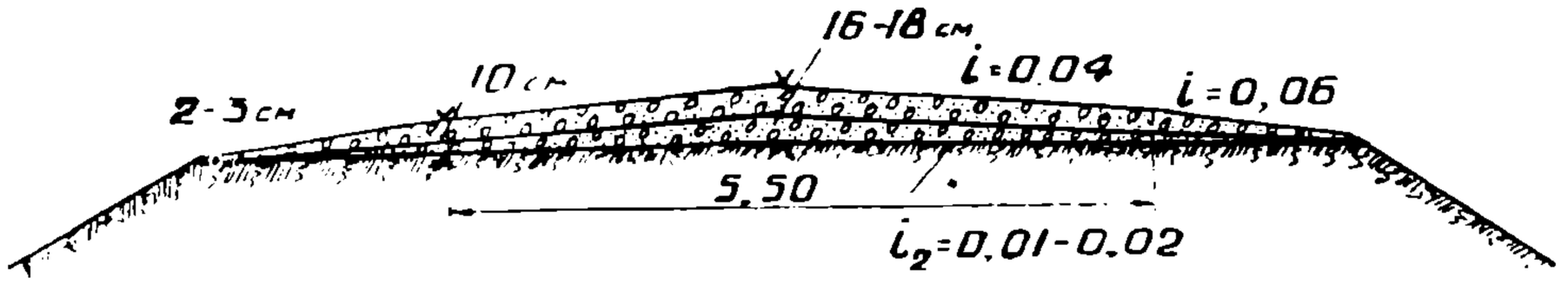


Рис. 338. Серповидный профиль двухслойной гравийной дороги.

гравийного покрытия до нужных размеров и после постройки ставит гравийную дорогу в особенно выгодные условия в сравнении с другими дорожными покрытиями . которые этим свойством не обладают. Это свойство гравийной дороги хорошо только до тех пор, пока гравийная кора не смешается с грунтом основания. Поэтому в первое время после открытия движения по гравийной дороге и позже, когда напряженность движения по ней начинает сильно увеличиваться, необходимо тщательно следить за состоянием одежды. Появляющиеся в коре проломы и просадки покажут на недостаточность толщины ее. В таких случаях деформации срочно следует заделать и одновременно с этим приступить к утолщению покрытия.

Гравийная смесь, в отличие от оптимальной грунтовой смеси, легко пропускает через себя воду. И если вода попадает между гравийным покрытием и основанием на водонепроницаемый грунт (глинистый или ему подобный), то, при необеспеченности увода ее из-под покрытия, основание размягчается, теряя всякую несущую способность, гравий смешивается с жидким грунтом, и покрытие разрушается. Такие грунты должны улучшаться независимо от желания уменьшить толщину покрытия. Отчасти вредное влияние переувлажнения грунта основания на гравийное покрытие можно уменьшить, устраивая покрытия по всему профилю (серповидным профилем, рис. 338).

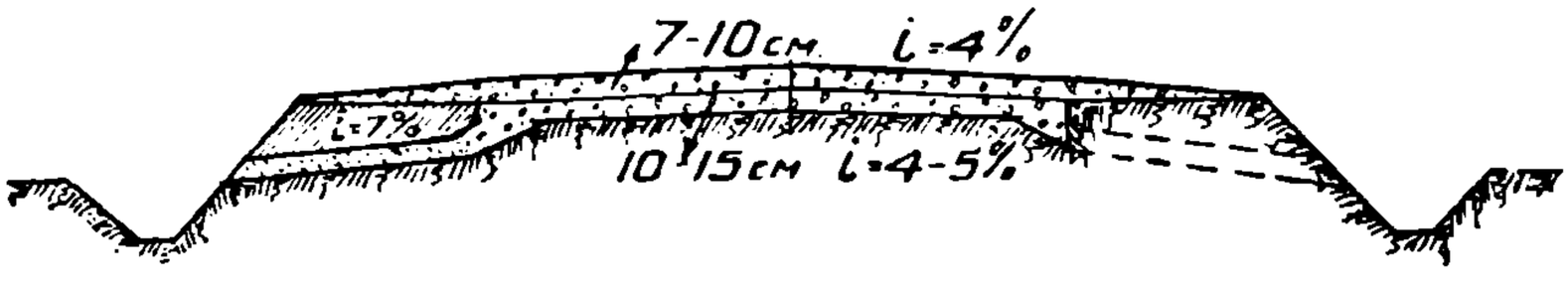


Рис. 339. Полукорытный профиль двухслойной гравийной дороги.

Преимущество серповидного профиля перед корытным заключается еще и в том, что при содержании гравийной дороги утюжкой на проезжую часть не будет наноситься грязь, расстраивающая покрытие. Устраивается серповидный профиль так же, как и на улучшенных грунтовых дорогах. По способу производства работ этот профиль наиболее прост и является единственно возможным, когда гравийная дорога строится в несколько приемов, о чем будет сказано ниже. По стоимости постройки он, однако, самый дорогой, так как требует большого количества гравия. Полукорытный профиль (рис. 339) является промежуточным между серповидным и корытным, а следовательно имеет достоинства и недостатки их обоих. На супесчаных грунтах и крупнозернистых песках этот профиль наиболее приемлем, а на грунтах тяжелых требует хороших дренажных устройств. Если продольный уклон дороги незначителен (порядка 0,001 — 0,008), помимо поперечных воронок в обочинах сле-

РЕПОЗИТОРИЙ УГХТ (ДИТ)

дует устраивать на границе проезжей части и обочины продольные треугольные ровики с продольным уклоном 0,03—0,06 по направлению к каждой воронке. Эти ровики, как и воронки, засыпаются сильно дренирующим материалом (чистым гравием или крупнозернистым песком).

Покрытие в корыте (рис. 340) следует допускать только на песчаных или супесчаных грунтах, когда нет надобности дренировать основание и не так опасен занос грунта на покрытие.

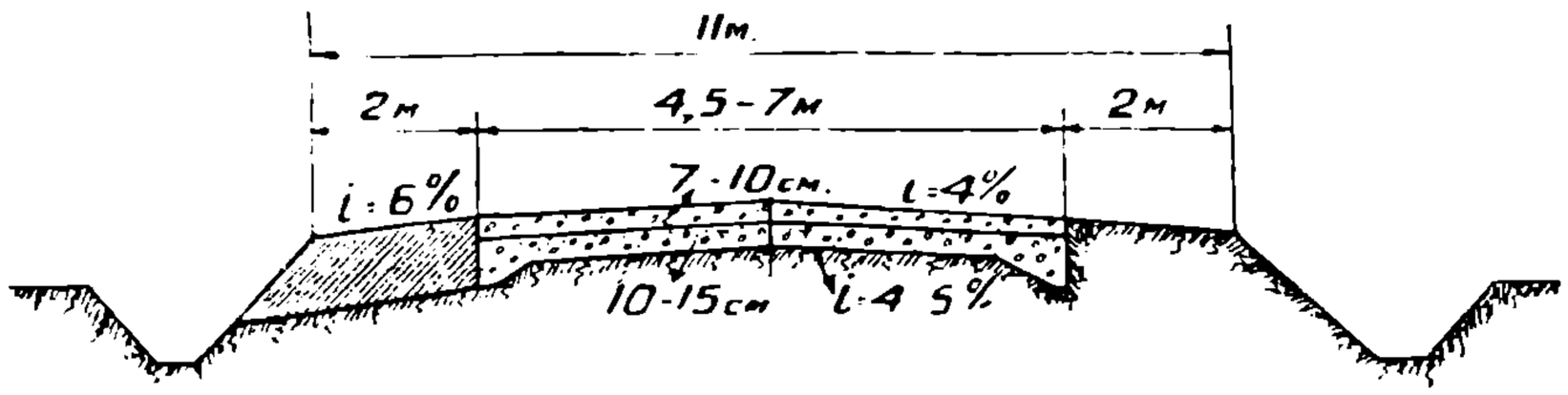


Рис. 340. Корытный профиль двухслойной гравийной дороги..

Все же в этом случае обочины следует улучшать или гранулометрическими добавками, или другими местными материалами (мел, шлак, ракушки и т. п.).

На косогорах для уменьшения земляных работ можно рекомендовать поперечный профиль гравийной дороги согласно рис. 341.

§ 119. Постройка гравийных дорог. Какой бы профиль гравийного покрытия ни был выбран, роль основания в отношении уменьшения толщины покрытия и его долговечности не меняется. Основание из оптимальной грунтовой смеси и из естественного грунта перед рассыпкой на него гравия должно быть спрофилировано и уплотнено катками. При этом обнаруживаются просадки основания, которые тут же и ликвидируются, тогда как без укатки слабые места дали бы себя почувствовать уже под гравийным покрытием, расстраивая одежду. Выбор катка и предел укатки устанавливаются согласно указаниям, сделанным выше об укатке грунтовых дорог.

Если приходится устраивать корыто под гравийную дорогу, то его с успехом можно выкопать грейдером. Укажем на один из таких способов (рис. 342). Если гравийная дорога устраивается на эксплоатируемой грунтовой дороге, которая обычно имеет колеи, выбоины и неодинаковый пеперечный уклон, в первую очередь производится профилирование с приданием полотну поперечного уклона от $1^0/_0$ до $4^0/_0$, смотря по тому, какой профиль будет принят. Для серповидного поперечный профиль делается $1—2^0/_0$, корытного — $4^0/_0$. В зависимости от ширины проезжей части и длины ножа грейдера на прокопку приходится затратить 6 — 9 рейсов (последовательность проходов видна на рис. 342) и на разравнивание грунта, вынутого на обочине, 1 – 2 рейса, всего 7—11 рейсов. При скорости движения грейдера 2,5 *км*/час и дневного коэффициента использования машины 0,80, за одну смену можно одним грейдером прокопать

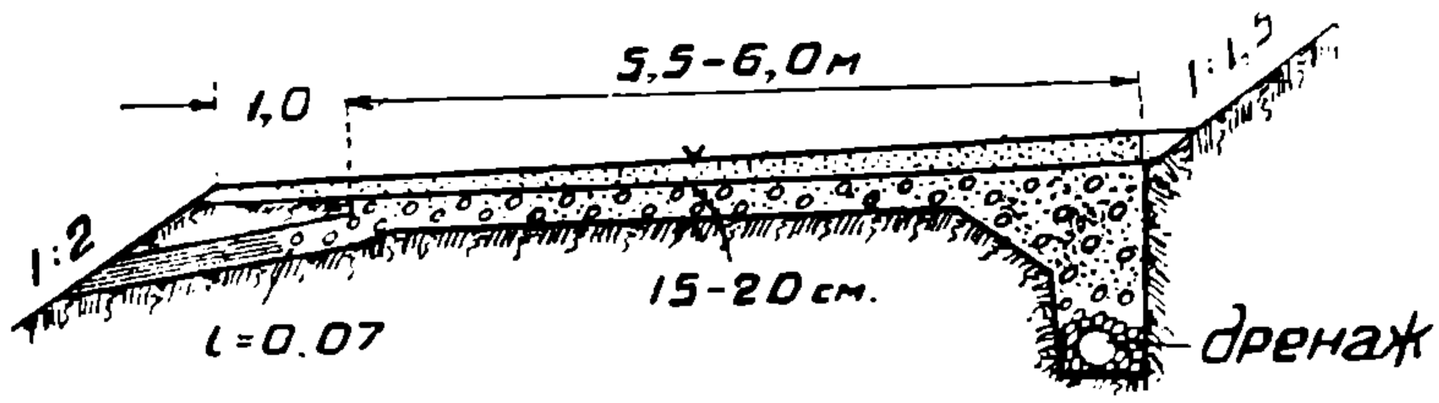


Рис. 341. Односкатный профиль двухслойной гравийной дороги на косогоре.

$$\frac{2.5 \times 8 \times 0{,}8}{2 \times 7} = 1{,}14 \ км \quad \text{до} \ \frac{2.5 \times 8 \times 0{,}8}{2 \times 11} = 0{,}8 \ км.$$

Лучшим видом является двухслойная гравийная дорога (рис. 338). На нижний слой толщиной 0,6 — 0,7 *м* от всей толщины покрытия рассыпается гравийный материал сорта А. Так как в большинстве случаев гравийный материал требуемого качества получается путем смешения карьерного гравия с грохоченым и отгрохотка должна вестись в карьере, чтобы на дорогу не привозить

УДУНТ (ДИТ)

ненужного материала, возникает вопрос, где производить перемешивание его Обычно перемешивание производится на дороге, и лучше вниз сыпать тот материал, которого требуется больше на данную толщину. Напр., если по подсчету грохоченого нужно взять 60%, а карьерного 40%, то вниз рассыпать грохоченый, и наоборот.

Гравий должен тщательно перемешиваться. В дороге гравий по фракциям должен распределяться так, чтобы средние частицы заняли пустоты между крупными фракциями, а связующие облепили заполняющие и скелет. Для перемешивания могут служить бороны и грейдер. Из грейдеров предпочтение за

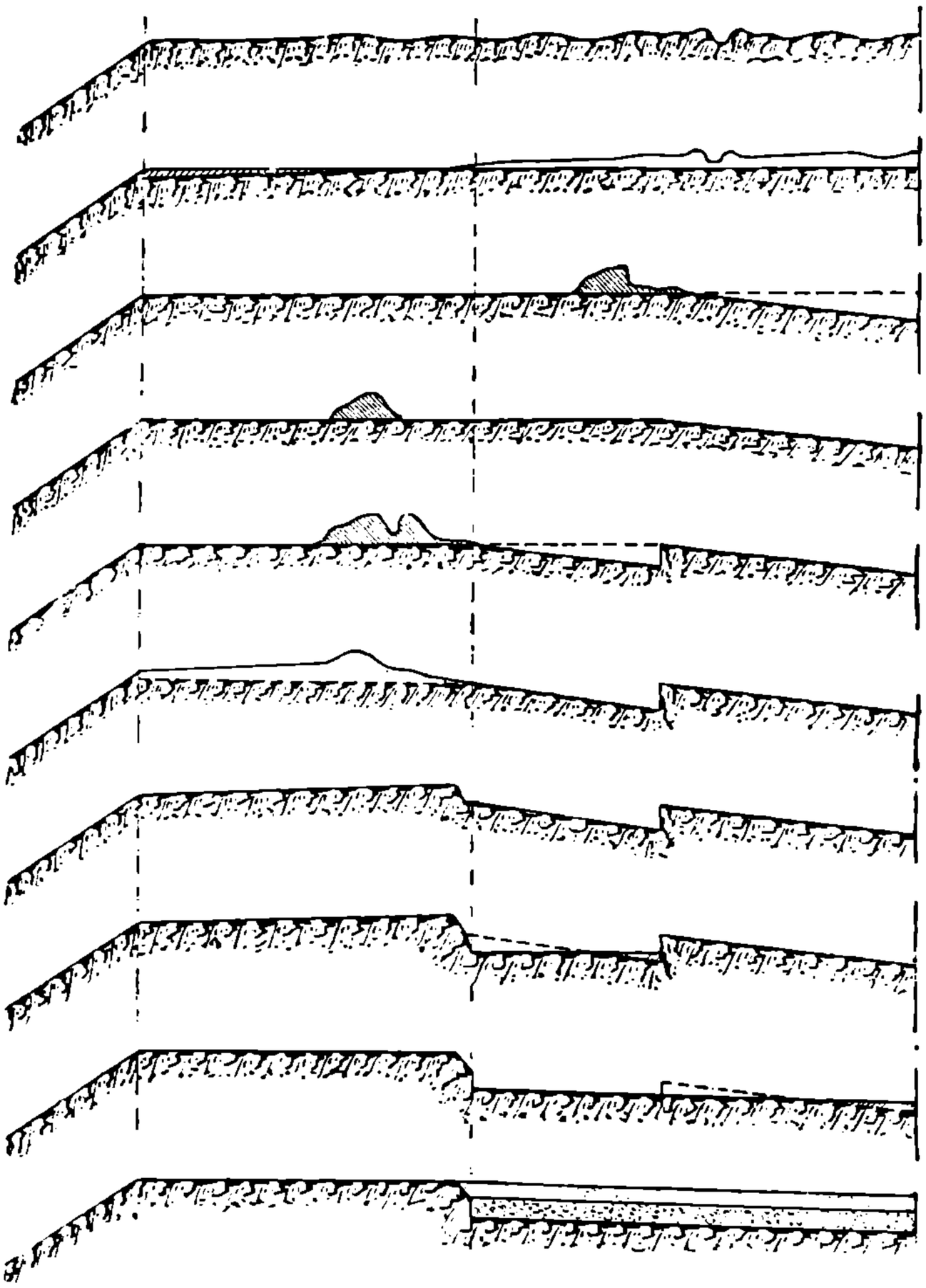


Рис. 342. Схема устройства корыта грейдером.

легкость, поворотливость и дешевизну нужно отдать автогрейдеру среднего типа. Порядок перемешивания остается тот же самый, как и при грунтовых смесях. Перемешанный гравий должен быть тотчас же спрофилирован и прикатан катком весом до 6 *m*, после чего можно производить рассыпку второго слоя, повторяя те же операции. Чтобы не задерживать движения по окончательно спрофилированной гравийной дороге и в то же время проездом не нарушать послойности одежды, гравий рассыпают на таком протяжении, на котором можно закончить работу целиком в один рабочий день.

В практике СССР принято каждый слой в отдельности или во всяком случае верхний укатывать. Пока у нас преобладающим движением является гужевой транспорт, укатка и верхнего слоя может быть оправдана. Но все же можно и не прибегать к ней, если будет организовано регулирование движения по всему профилю. При серповидном и отчасти при полукорытном профиле это само собой осуществляется, так как движение начинается с обочин, как более

НВ УДУНТ (ДИТ)

тонкого гравийного слоя, оказывающего меньшее сопротивление движению, и постепенно переходит к проезжей части.

Если гравийная дорога укатывается, то во избежание вымывания вниз глинистых и пылеватых частиц поливку следует производить в самом ограниченном количестве

Как бы тщательно ни было устроено основание и выполнены все технические условия постройки, после открытия движения скоро обнаруживаются дефекты в покрытии. Для их исправления поблизости должен иметься в запасе гравийный материал того же состава и, пока кора не уплотнилась, должны быть исправлены повреждения.

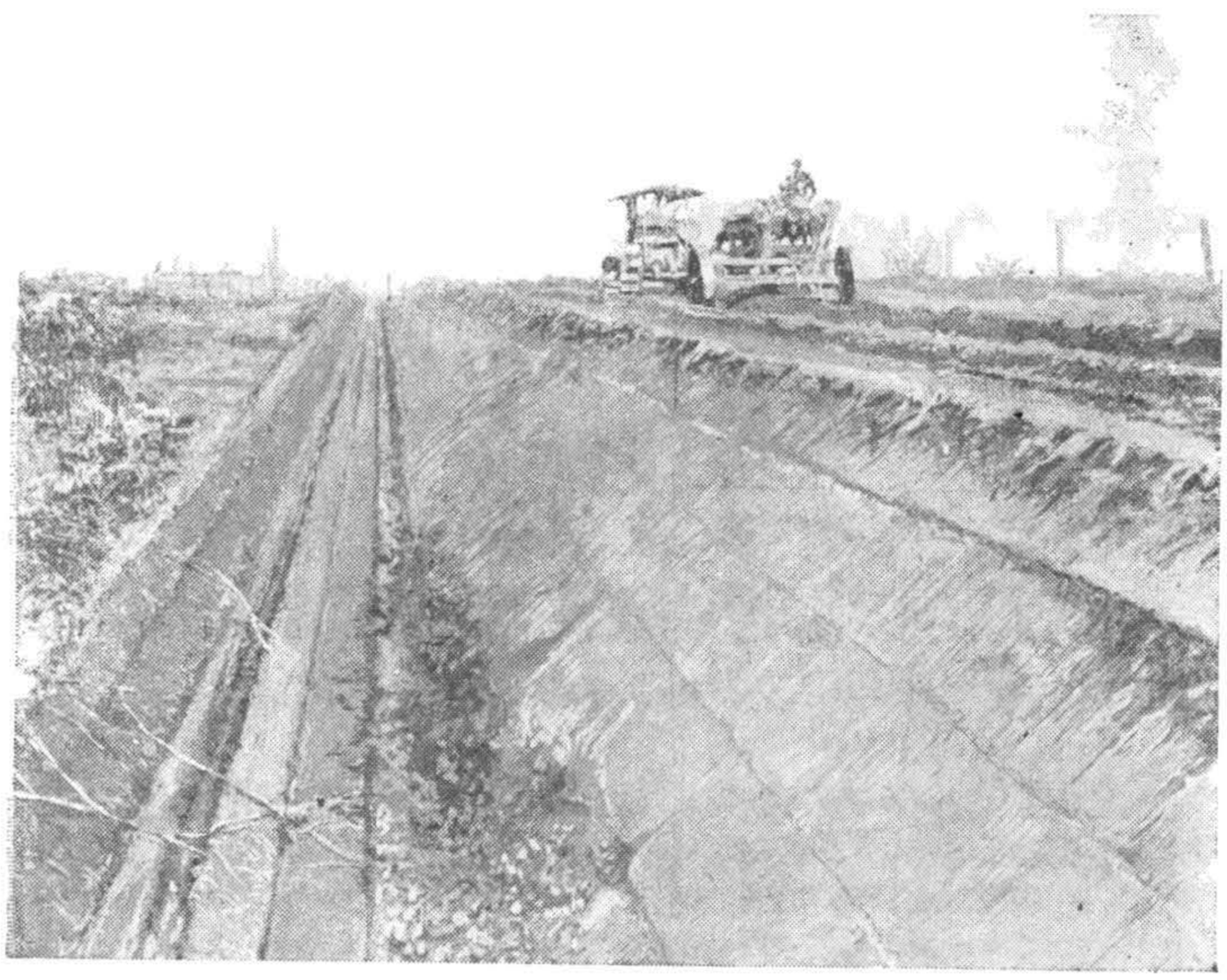


Рис. 343 Перемешивание гравия грейдером.

Рис. 344. Схема расположения гравийных карьеров.

Постройка гравийной дороги в один слои по существу ничем не отличается от двухслойной: требуется также перемешивание, профилирование и укатка, если хотят сразу получить более или менее плотную кору.

В американской практике распространением пользуется способ постройки гравийной дороги путем постепенного наслоения корки. В этом случае гравийный материал выставляется на дорогу в готовом составе в потребном для расчетной толщины покрытия количестве на подготовленное основание и распределяется по обеим обочинам валиками (рис. 343). Рассыпка производится тонкими слоями в 3—4 приема. При таком способе каждый рассыпанный слой легко уплотняется проездом, в результате чего происходит наилучшее уплотнение корки на всю толщину. Рассыпку последующих слоев при этом способе обязательно производить, не допуская образования колей на уже рассыпанном слое, в противном случае гравийный материал смешается с грунтом основания. Этот способ следует рекомендовать там, где движение по преимуществу автомобильное, позволяющее быструю закатку рассыпаемых слоев.

Организация работ при постройке гравийной дороги. Пусть задано построить гравийную дорогу общим протяжением 10 *км* за 42 дня. Грунты дороги: 0—3 *км*— глинистый, состоящий из песчаных фракций 37%, пылеватых 21% и глинистых 42%; 3—6,5 *км* суглинистый, из фракций: песчаных 60%, пылеватых 22% и глинистых 18%; 6,5—10 *км* песчаный из фракций: песчаных 80%, пылеватых 16% и глинистых 4%; имеются три гравийные карьера, расположение коих видно на рис.344. Гранулометрический состав их в%:

Таблица 123

Наименование карьера	60 — 20 *мм*	20 — 2 *мм*	2 — 0,5 *мм*	<0,05*мм*
Карьер № 1	22	26	34	18
„ № 2	29	38	28	15
„ № 3	31	30	19	20

НБ УДУНТ (ДИТ)

Для первого и второго участка выбираем серповидный профиль, для последнего 6,5 — 10 *км* — профиль в корыте. Толщину подсчитаем для каждого участка по вышеприведенной формуле.

Приравняв грунтовую оптимальную смесь по несущей способности к супеси с допускаемой нагрузкой $t = 1{,}2$ *кг/см*², получим необхо имую толщину гравий-

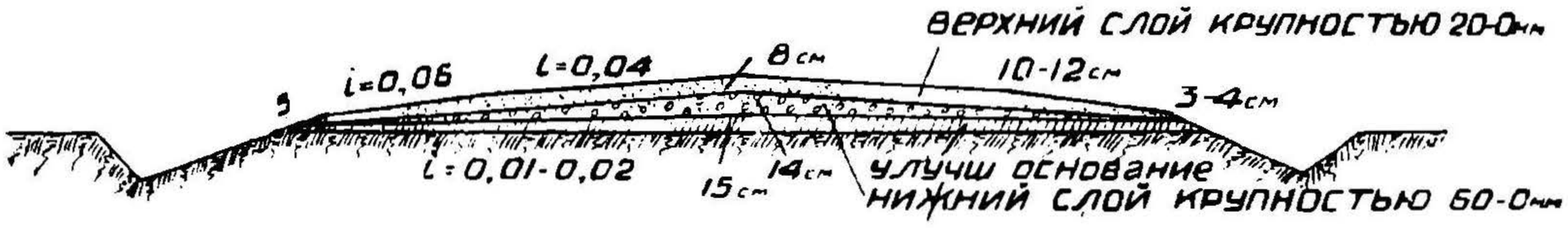


Рис. 345. Поперечный серповидный профиль двухслойного гравийного покрытия с улучшенным основанием.

ного покрытия на ней $h = 22$ *см*, а на глине 32 *см*. На первом и втором участках, согласно подсчету, достаточно улучшить грунт основания на 10 *см*, после чего толщину гравийного покрытия придется запроектировать в 22 *см*. Поперечное сечение улучшения и гравийного покрытия представлено на рис. 345 и 346, где указаны все размеры толщин и уклонов

Площадь улучшаемого поперечного сечения для первых двух участков равняется $\frac{0{,}05 + 0{,}15}{2} \times$ $\times 4{,}75 \times 2 \times 1{,}25 = 1{,}19$ *м*².

На всех трех участках гравийную дорогу предполагаем строить в 2 слоя. На первых 2 участках на 1 пог. *м* дороги на нижний слой с учетом уплотнения потребуется гравия сорта А: $\frac{9{,}5 \times 0{,}14}{2} \times$ $\times 1{,}25 \times 1 = 0.82$ *м*³, а на верхний — гравия сорта В: $5{,}5 \times$ $\times 0{,}08 + \frac{0\,08 + 0{,}03}{2} \times 2 \times$ 2) $\times$ $1 \times 1{,}25 = 0{,}82$ *м*³. Для третьего участка соответственно на нижний нужно $\frac{0{,}10 + 0{,}14}{2} \times 2{,}75 \times 2 \times$ $\times 1 \times 1{,}25 = 0{,}82$ *м*³, на верхний $5{,}5 \times 0{,}08 \times 1 \times 1{,}25 = 0{,}55$ *м*³.

Рис. 345а. Общий вид гравийной двухслойной дороги серповидного профиля.

По треугольнику Фере подсчитаем состав гравийной смеси сорта А. Откладываем карьер № 1 согласно гранулометрическому составу и находим,

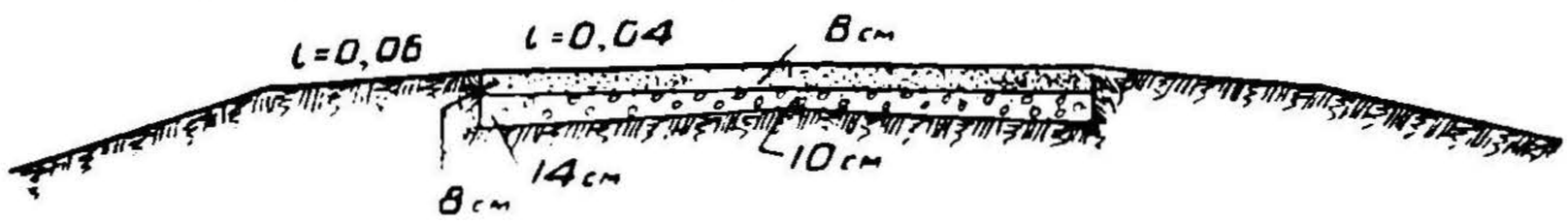


Рис. 346. Корытный профиль двухслойного гравийного покрытия на фильтрующих грунтах.

что карьерного материала нужно взять $\frac{26 \times 100}{12 + 26} = 68\%$ и остатка на грохоте в 4 *мм* 100—68 = 32%. Карьер № 2 попадает в контур, следовательно в добавке не нуждается. Карьер № 3: карьерного нужно взять: $\frac{21 \times 100}{21 + 7} = 75\%$ и остатка на грохоте в 4 *мм* — 100 — 75 = 25%.

Чтобы из первого карьера получить 32% (или, все равно, переведя на 1 *м*³ — — 0,32 *м*³) фракций 60 — 2 *мм*, нужно на грохот подать во столько раз больше

НБ УДУНТ (ДИТ)

карьерного материала, во сколько 100 больше процента содержания этих фракций в карьере, в нашем случае $\frac{100}{22+26}=2{,}1$ раза, т. е. на 1 $м^3$ смеси нужно перегрохотить $0{,}32\times 2{,}1=0{,}65$ $м^3$ карьерного гравия. Аналогично из третьего карьера на 1 $м^3$ смеси нужно перегрохотить $\frac{0{,}25\times 100}{31+30}=0{,}40$ $м^3$. Пусть прогрохотка 1 $м^3$ карьерного материала стоит 1 руб., нагрузка на подводу 0,30 руб. и пусть качество дороги к обоим карьерам одинаково. Рассчитаем выгодность дальности возки из каждого карьера (на рис. 344 схематически представлены расположения карьеров.) Будем сначала сравнивать карьеры № 1. и № 2. Применим формулы $q_1\ b_2\ x-q_2\ b_1\ y=q_2a_2-q_1\ a_1$ и $x+y=l$. Здесь $a_1=a_2=1+0{,}30=1{,}30$ (стоимости 1 $м^3$ грохотки и навалки), остальные обозначения те же, что и раньше. При $b_1=b_2=1$ уравнение напишется так:

$$q_1x-q_2y=q_2a_2-q_1a_1.$$

В нашем случае потребное количество гравия на 1 пог. $м$ дороги $q_1=q_2=0{,}82$ $м^3$. Сократить уравнение; на $q_1=q_2$, получим: $x-y=a_2-a_1$.

Подставим в правую часть последнего уравнения цифровые значения и под ним запишем второе уравнение; будем иметь:

$$\begin{array}{r} x-y=0{,}30-1\times 0{,}65+0{,}30=-0{,}65 \\ +x+y= \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad 6{,}50 \\ \hline 2\ x\ = \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad 5{,}85; \end{array}\quad x=\frac{5{,}85}{2}=2{,}90\ км.$$

Отсюда из первого карьера на нижний слой выгодно возить гравий от 0 до 2,90 $км$.

Подобным образом находим границу выгодности возки из второго и третьего карьеров:

$$\begin{array}{r} +x-y=1\times 0{,}40+0{,}30-0{,}30=0{,}40 \\ x+y= \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad =7{,}50 \\ \hline 2\ x\ = \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad =7{,}90; \end{array}\quad x=\frac{7{,}90}{2}=4\ км.$$

Беря данные первого вычисления, находим предел возки из второго карьера, а именно: от 2,90 до 7,50 $км$, и из третьего от 7,50 до 10 $км$.

Средняя дальность возки из первого карьера влево от него — 3 $км$. На эту часть нужно вывезти карьерного гравия:

$$2\times 1\,000\times 0{,}82\times 0{,}68=1\,115\ м^3,$$

грохоченого: $2\,000\times 0{,}82\times 0{,}32=525$ $м^3$, всего $1\,105+525=1\,640$ $м^3$.

При средней дальности возки 2,45 $км$ (вправо от карьера) — карьерного: $900\times 0{,}82\times 0{,}68=502$ $м^3$ и грохоченого $900\times 0{,}82\times 0\,32=236$ $м^3$, всего $502+236=738$ $м^3$.

Из второго карьера при среднем расстоянии 2,55 $км$ влево: карьерного — $2\ 00\times 0{,}82=1\,722$ $м^3$.

Из второго карьера при среднем расстоянии 2,75 $км$ вправо: карьерного — $1\,500\times 0{,}82+\ 000\times 0{,}82=2050$ $м^3$.

Из третьего карьера при среднем расстоянии 3,25 $км$ влево: карьерного — $500\times 0{,}82\ 0{,}75=307$ $м^3$, грохоченого $500\times 0{,}82\times 0{,}25=102$ $м^3$, всего $307+102=409$ $м^3$.

Из третьего карьера при среднем расстоянии 4 $км$ вправо: карьерного — $2000\times 0{,}82\times 0{,}75=1\,230$ $м^3$, грохоченого $2\,000\times 0{,}82\times 0{,}25=410$ $м^3$, всего $1\,230+410=1\,640$ $м^3$

Для получения гравийного материала на верхний слой (сорт В) поступаем следующим образом. Отгрохочиваем в каждом карьере фракции крупнее 20 $мм$ тогда таблица 124 заменится следующей:

Таблица 124

Наименование карьера	20 — 2 *мм*	2 — 0,05 *мм*	< 0,05 *мм*
Карьер № 1	33,30	43,60	23,10
„ № 2	53,50	25,30	21.20
„ № 3	43,50	27.50	29

НБ УДУНТ (ДИТ)

Отложив новые значения карьеров на треугольнике Фере состава В, находим, что из первого карьера можно получить удовлетворяющий нас состав таким образом; из карьерного материала 67% и выгрохоченных из него фракций 20—2 *мм* — 33%. Второй карьер отлагается у границы контура, и, следовательно, может быть применен на практике без добавок. Из третьего карьера получается состав путем смешения 70% карьерного материала с 30% фракций 20—2 *мм*.

На 1 пог. *м* дороги третьего и второго участков на верхний слой, как было высчитано, требуется сорта В — 0,82 $м^3$, для третьего участка 0,55 $м^3$. Из карьеров сорт В можно получить после следующих операций: отгрохотить фракции крупнее 20 *мм* и мельче 2 *мм*. Для первой отгрохотки придется на грохот подать карьерного материала из карьера № 1.

$\frac{0{,}82 \times 100 \times 100}{67\ (26+34+18)} = 1{,}57\ м^3$; из второго карьера $\frac{0{,}82 \times 100}{38+18+15} = 1{,}15\ м^3$; из третьего $\frac{0{,}55 \times 100 \times 100}{70\ (30+19+20)} = 1{,}14\ м^3$.

Для второй отгрохотки (добавление к материалу 20—0 *мм*) грохоченого — (фракций 20—2 *мм*) на грохот нужно подать из основных карьеров: первого $\frac{0.82 \times 33 \times 100}{100 \times 26} = 1{,}04\ м^3$; второй не требует фракций 20—2 *мм*; третьего $\frac{0{,}55 \times 30 \times 100}{100 \times 30} = 0{,}55\ м^3$.

Всего в результате первой и второй отгрохоток, для получения сорта В, на 1 пог. *м* дороги требуется подать на грохот из карьера № 1: $1.57 + 1{,}04 = 2{,}61\ м^3$, из № 2: $1{,}15\ м^3$ и из № 3: $1{,}14 + 0{,}55 = 1{,}69\ м^3$. Произведенный расчет количества грохочения для получения сорта В сделан в предположении, что грохотка будет производиться на одной из описанных механических гравиосортировок. В большинстве же случаев переработка карьерного материала на комбинированной с дробилкой гравиосортировке обходится дешевле.

По американским данным, в результате раздробления на камнедробилке гравийных фракций 60—20 *мм* получается:

фракций	20 — 2	*мм* — 80%
	2 — 0,05	— 15%
	< 0,05	— 5%

Пользуясь этими данными, легко определить грануло етрический состав гравийного материала, прошедшего через комбинированную гравиосортировку Напр., путем раздробления фракций 60—20 *мм* из 3-го карьера получим состав:

фракций 20 — 2	*мм*	$30 + \frac{10 \times 80}{100} = 55\%$
2 — 0,05		$19 + \frac{31 \times 15}{100} = 24\%$
< 0,05		$20 + \frac{31 \times 5}{100} = 21\%$

Получившийся состав целиком отвечает тех. условиям для сорта В. Дорожные качества этого материала благодаря наличию щебенок, способствующих лучшему уплотнению покрытия, выше, чем такой же состав без раздробления.

Для получения таким путем 1 $м^3$ сорта В требуется переработать карьерного материала только 1 $м^3$ против 1,69 $м^3$ без применения камнедробления. Чтобы сделать выбор, какой способ применить для получения сорта В, нужно знать стоимость 1 $м^3$ грохочения и тоже 1 $м^3$ грохочения в комбинации с дроблением. Если, положим, одно грохочение будет стоить 1 руб, а грохочение с дроблением 1 р. 50 к., тогда экономичнее применить 2-й способ.

Подсчитаем, какое нужно количество автомобилей в 3,5 *т* для перевозки, а также гравиосортировок с производительностью 15 $м^3$/час для прогрохотки на постройку 10 *км* гравийной дороги. Для нижнего слоя уже подсчитаны дальность возки из каждого карьера и потребное количество гравия на каждый участок; для верхнего произведем соответствующий подсчет (который здесь не приводится). Сведем все нужные результаты в таблицы.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Таблица 125

Подсчет количества автомобилей и гравиосортировок для нижнего слоя

Карьер и в какую сторону от него возится гравий	Средн. дальность возки в *км*	Время на 1 рейс в мин. $T=\frac{l\times 60}{10}+\frac{l\times 60}{20}+2+2$	Производительность автомобиля в одну смену в $м^3$ $П=\frac{8\times 60\times 0{,}8\times 2}{T}$	Потребное количество гравия на участок в $м^3$ P	Потребное количество автодней на перевозку $\frac{P}{11}$	Потребное количество грохоченого гравия $м^3$ F	Кол. $м^3$ карьерн. грав., кот. нужно подать на грохот, чтобы выполучить 1 $м^3$ грохоченого $\frac{100}{p_1+p_2}$	Количество всей прогр хотки $м^3$ $F\times\frac{100}{p_1+p_2}=M$	Потребн. количество грохот. дней $\frac{M\times 0{,}8}{15\times 8}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ 1 влево	3	31	24	1640	68	525 + 236 = = 761	2,1	1528	11
вправо	2,45	26	28	738	26				
№ 2 влево	2,55	27	28	1722	61	—	—		—
вправо .	2,75	29	26	2050	80	—	—	—	—
№ 3 влево	3,25	33	22	409	19	102 + 410 = = 512	1,64	840	6
вправо	4	40	20	1640	82				
			Итого		336	—	—	—	17

Примечание. В графе 3. l — расстояние возки; 10 *км*/час скорость в груженом направлении; 20 *км*/час — в порожнем; 2 + 2 мин. - время нагрузки и выгрузки

Графа 4. — 8 час. работы в смену; 0,8 дневной коэффициент использования автомобиля; 2 $м^3$ — емкость груз. автомобиля.

Графа 8. — ρ_1 — процентное содержание фракции 60 — 20 *мм*; ρ_2 — то же фракции 20 — 2 *мм* в карьере

Графа 10. — 0,8 — дневной коэффициент использования гравийной установки; 15 $м^3$/час производит. ее и 8 час. работы в смену.

Таблица 126

Подсчет количества автомобилей и грохотов для верхнего слоя

Карьер и в какую сторону от него возится гравий	Средняя дальность возки в *км*	$T=\frac{l\times 6'}{10}+\frac{l\times 60}{20}+2+$ $+2$ мин.	Производительность $П=\frac{6\times 60\times 0{,}8\times 2}{T}$	Потребное количество гравия $м^3$ на участок P	$\frac{P}{11}$	Количество $м^3$ карьерного гравия, который нужно подать, чтобы получ. грохоч. на 1 п. $м$ дороги	Количество прогро хотки $м^3$ M	$Q=\frac{M+0{,}8}{15+8}$
№ 1 влево	3	31	24	2 000 × 0,82 = = 1 640	68	2,61	(1 640 + 738) × × 2,61 = 6206	41
вправо	2,45	26	28	900 × 0,82 = = 738	26			
№ 2 влево	2,55	27	28	2 100 × 0,82 = = 1 722	61	1,15	(1722 + 1670) × × 1,15 = 3900	26
вправо .	2,65	28	26	1 500 × 0,82 + + 800 × 0.55 = = 1 670	64			
№ 3 влево .	3,35	34	22	900 × 0.55 = = 495	23	1,69	(495 + 1 100) × × 1.69 = 2695	18
вправо .	4	40	20	2 000 × 0,55 = = 1 100	55			
				Итого	297	—	—	85

НБ УДУНТ (ДИТ)

По изложенным выше данным подобным образом рассчитывается количество машинодней на профилирование, рассыпку гравия, прокопку корыта, если это требуется по проекту, улучшение основания, укатку основания, рассыпку гравийного материала для обоих слоев, перемешивание, профилирование рассыпан-

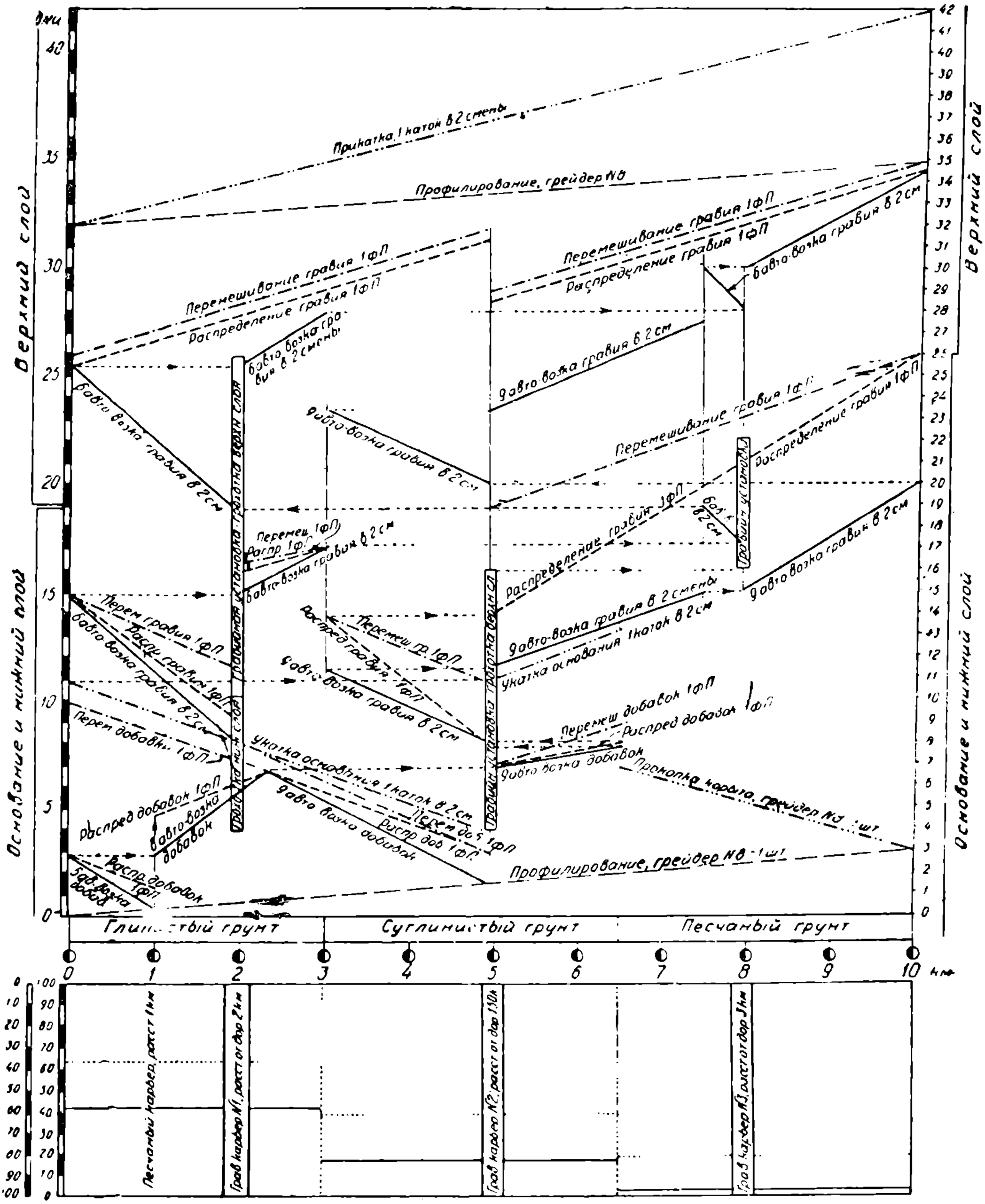


Рис. 347. График календарного плана выполнения работ по постройке гравийной дороги.

ного материала и укатку покрытия, если таковая положена. По окончании всех расчетов, сообразуясь с наличным состоянием машин, составляют календарный план выполнения работ и график использования машин. Рис. 347 представляет такой график, на котором по надписям и цифровым обозначе-

НБ УДУНТ (ДИТ)

ниям можно видеть последовательность операций, количество машин и продолжительность работы. Всего на работе находится: 15 грузовых автомобилей в 3,5 *т*, 2 гравийные установки производительностью 15 *м*³/час и 6 тракторов 30 *л. с.*

§ 120. Гравийное шоссе. В технических правилах и нормах Цудортранса 1931 г., кроме гравийных дорог, даны технические условия на постройку гравийного шоссе. Способы постройки его аналогичны с постройкой щебеночного шоссе. Прокапывается корыто на глубину толщины покрытия и улучшающей основание прослойки, если это требуется по роду грунта. Толщина гравийной одежды выбирается по практическим данным и проверяется по вышеприведенной формуле. Если грунт основания является водонепроницаемым, то в обочинах устраиваются воронки и продольные ровики (рис. 348). На гравийное шоссе применяется чисто прогрохоченный гравий, которой и укладывается в корыто в 3 слоя. Вниз на толщину 0,6 — 0,7 всей толщины покрытия применяются гравийные фракции 50 — 20 *мм*, разравниваются под шаблон и укатываются катком весом 6 — 8 *т*. Укатать чисто отгрохоченные гравийные фракции невозможно. Поэтому концом укатки нижнего слоя нужно считать такой момент, когда гравийные фракции займут более устойчивое положение в корыте. При укатке следует немного смачивать гравийный материал.

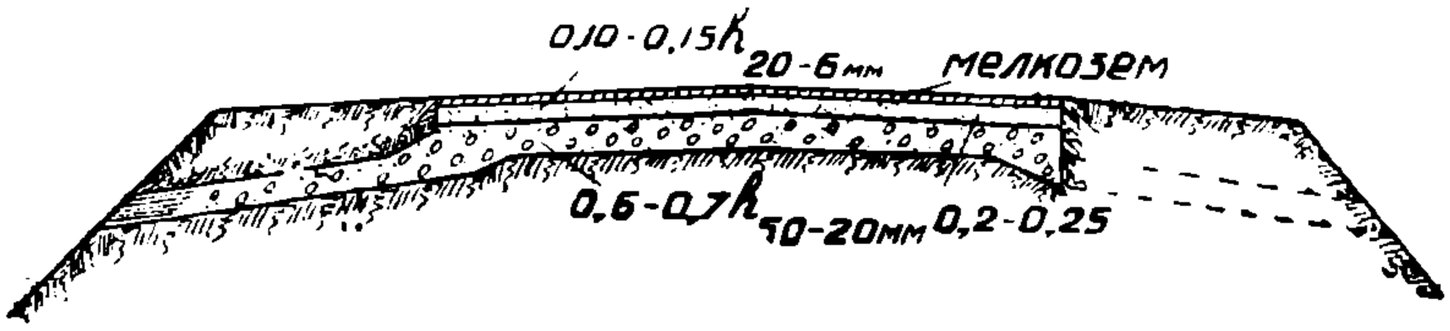


Рис. 348. Поперечный профиль гравийного шоссе.

После укатки нижнего слоя укладывается второй из фракций 20 — 6 *мм* на толщину 0,20 — 0,25 всей толщины покрытия. Этот слой укатывается катком того же веса, что и нижний, с незначительной поливкой водой. Укатка второго слоя также затруднительна. Поэтому, когда будет замечено, что гравийные фракции укатываемого слоя равномерно распределяются с нижним слоем, допускается произвести поливку раствором глины с таким расчетом, чтобы последней не попало в покрытие более 3% всего количества гравия. Такой способ дает глине возможность облепить все гравийные фракции тонким слоем, не ухудшая качества гравийного материала. После поливки глинистого раствора рекомендуется дать воде несколько испариться и уже потом снова произвести укатку. Верхний слой устраивается из фракций 6 — 2 *мм* и < 2 *мм*, укатывается тем же катком с поливкой водой. Может случиться, что в результате укатки всех трех слоев не будет достигнуто полного уплотнения и заклинки гравийной коры. В таких случаях уплотнение дороги предоставляют проезду, все время регулируя движение.

Для облегчения укатки и улучшения службы гравийного шоссе, когда на месте не имеется глинистых грунтов (когда применяется морской или речной гравий), следует вводить в покрытие до 30% гравийного материала, разбитого в щебенку. В районах Средней Азии и в Закавказьи в гравийное шоссе можно вводить до 10% грунта с содержанием в нем до 50% пылеватых и глинистых частиц. Такое покрытие будет в этих районах прочнее и удобнее для проезда. На крутых подъемах для обеспечения уплотнения гравийного шоссе можно рекомендовать перед укаткой гравийную россыпь поливать разжиженным битумом, дегтем или битумом по норме для обработки способом проникания (см. ниже). Относительно гравийного шоссе, как дорожного покрытия, следует заметить, что этот вид дороги по своим качествам стоит не выше гравийной дороги, построенной по техническим условиям. Стоимость же постройки и ремонта много выше. Устраивать гравийное шоссе рекомендуется в трех случаях: 1) если дорога строится из отмытого речного или морского гравия, перегрохоченного самой природой, 2) если гравийная дорога тотчас же должна быть обработана битумом по способу проникания и 3) когда гравийный материал перевозится на далекое расстояние в поездах, баржах, а затем с перегрузкой на авто-гужевом транспорте.

§ 121. Гравированные дороги. В практике Советского союза большим распространением пользуется способ улучшения грунтовых дорог гравийным

НБ УДУНТ (ДИТ)

материалом путем постепенного наслоения гравия. Порядок работ следующий. В зимний период из карьера выставляется на обочину гравий кучами или в виде усеченных пирамид. Весной, когда сойдет снег и дорога подсохнет настолько, что можно ее проутюжить, производится утюжка и тотчас рассыпается утюгом, грейдером или вручную заготовленный гравий. Первое улучшение производится на ширину проезжей части слоем 3—5 *см*, уплотняется проездом. Гравийный материал, попавший на несколько влажное и не совсем уплотненное полотно, перемешивается с грунтом дороги, обращаясь в так называемый земляной бетон. К осени может потребоваться вторая порция гравия, и тогда он рассыпается как и весной— после утюжки, желательно на всю ширину полотна, слоем 3—5 *см*. Так в два-три приема насыпается слой гравия в 10—15 *см*, и дальнейшее улучшение дороги производится в порядке содержания.

Обычно подобные улучшения требуются на глинистых, суглинистых, черноземных и других тяжелых грунтах. При этом чем пластичнее грунт, тем большие требования предъявляет он к гравию, а именно, во избежание полного поглощения грунтом гравия во время распутицы вниз должно сыпать песок или мелкозернистый гравий, и после того как он смешается с грунтом дороги рассыпать крупнозернистый. Указанный тип улучшения должен получить широкое распространение, так как он не требует прогрохотки, прост в выполнении и дешев. По качеству гравированная дорога занимает промежуточное положение между песчано глинистыми смесями и гравийными дорогами. Для автосообщения гравированная дорога годна за малым исключением во все время колесного движения.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ПЯТАЯ

ОБРАБОТКА ГРУНТОВЫХ И ГРАВИЙНЫХ ДОРОГ ВЯЖУЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

§ 122. Обеспыливание грунтовых и гравийных дорог. Бурный рост автодвижения по дорогам требует от дорожных организаций, чтобы они привели в самое кратчайшее время почти всю нашу автогужевую сеть в доступный для автомобиля вид. Покрыть миллионы километров дорог каменной одеждой из-за отсутствия во многих местах камня не представляется возможным. Не везде имеются гравийный и другие местные материалы, которыми можно было бы повысить несущую способность грунта. Кроме того все описанные виды улучшений дорог и щебеночных шоссе не устраняют пыли на дороге. Если плохие мостики, скользкость грунта, большие выбоины на дороге и т. п. являются часто причиной катастроф автомобилей, то уже при дистанции между вслед идущими и встречающимися автомобилями в 0,5 *км* неизбежны „пыльные катастрофы", которые по своим размерам превзойдут все прежние и в большинстве случаев будут сопровождаться человеческими жертвами.

Вопросы обработки вяжущими веществами пока находятся у нас в стадии опытов, результаты которых дают право сказать о большом будущем этого вида улучшений. Для целей обеспыливания и улучшения применяются неорганические вещества — хлористый кальций и сульфитно-целлюлозный щелок и органические: смолистые нефти, парафинистые мазуты, гудрон, полугудрон, битум и деготь. Хлористый кальций — отход содово-поташного производства. Действие хлористого кальция основано на способности последняго притягивать влагу из воздуха и удерживать таковую в течение более или менее продолжительного времени. На дорогу он рассыпается в виде мелких кусков, порошка или растворенным в воде и служит главным образом для устранения пыли. Может быть применен на гравийных и грунтовых дорогах, за исключением глинистых грунтов, так как на последних в сырую погоду дорога становится более скользкой.

Обеспыливание хлористым кальцием может быть произведено двумя способами. Первый заключается в том, что хлористый кальций в кусках или порошке рассыпается на поверхности дороги из расчета 0,25 *кг/м²*. Если россыпь производится в жаркую, сухую погоду, то образующаяся пыль покроет хлористый кальций тонким слоем, лишив его возможности притягивать влагу в ночное

УДК (ДШТ)

время. Поэтому рекомендуется рассыпку производить под вечер или ранним утром, когда воздух в значительной степени насыщен водными парами. Если рассыпка производится днем, то необходимо вслед за ней сделать поливку водой из расчета 0,5 *л/м²* Далее рассыпка хлористого кальция возобновляется всякий раз, когда дорога начинает пылить. В зависимости от климатических условий, за летний сезон приходится повторить рассыпку 4—8 раз.

Второй способ состоит в том, что хлористый кальций рассыпается в количестве 2,5—5 *кг/м²* (рис. 349) на свеже спрофилированное полотно и в продолжение суток оставляется лежать, чтобы он лучше впитался в материал дороги. На следующий день хлористый кальций грейдером перемешивается с материалом дороги, причем масса передвигается от обочин к оси и от оси к обочине. Подобную обработку приходится повторить несколько раз за сезон, в зависимости от напряженности движения и состояния погоды. Сильные дожди могут совершенно вымыть хлористый кальций из дорожной коры. Для примера укажем, что в штате Мичигин (САСШ), при движении от 500 до 1000 автомобилей в день, обработка производится 4 раза в сезон—по 2,7 *кг/м²* за один раз.

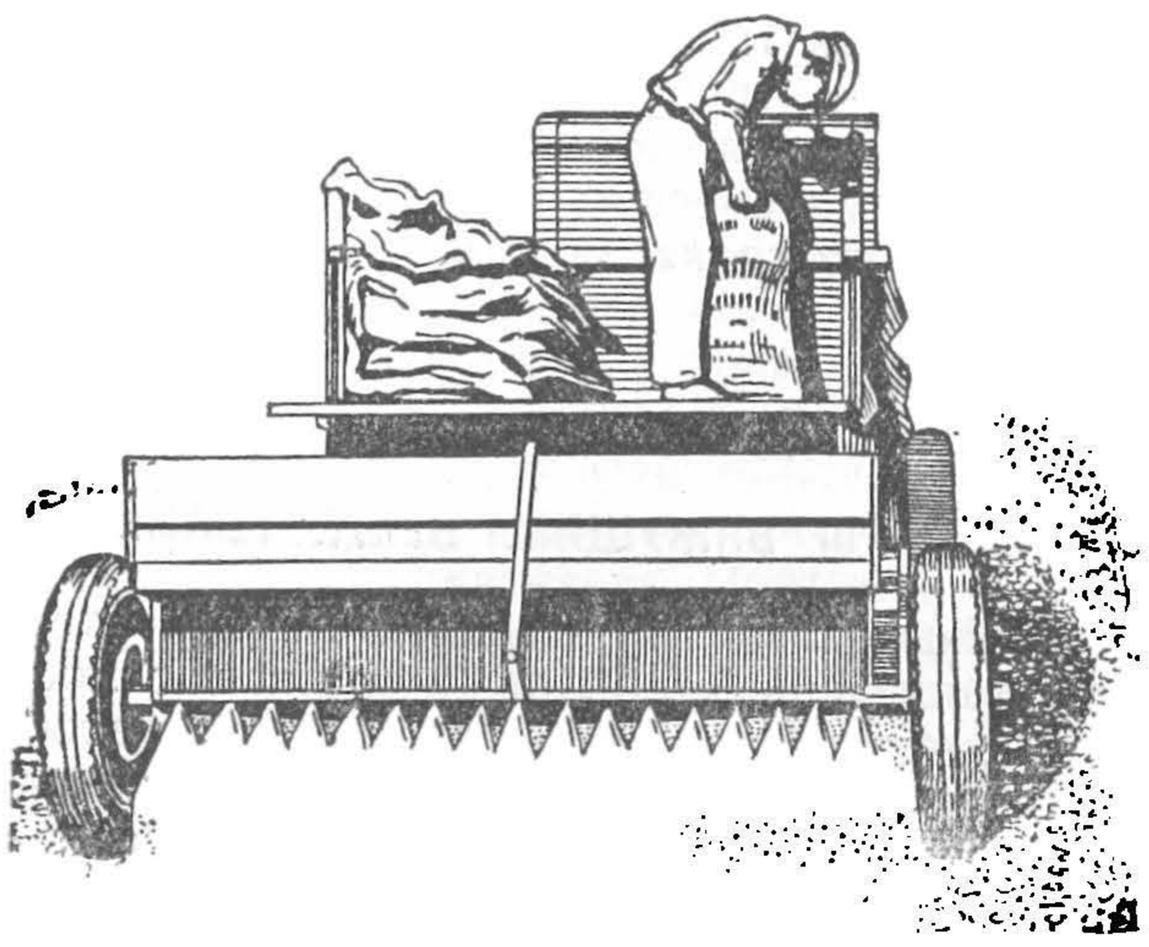


Рис 349. Механический снаряд для распределения хлористого кальция.

Сульфитно-целлюлозный щелок—отход производства целлюлозы в бумажной промышленности. Сам отход содержит 90% воды и 10% клеющего вещества лигнина, растворенного в воде. Действие сульфитно-целлюлозного щелока основано на его способности склеивать мелкие грунтовые и гравийные отдельности. На дорогу щелок привозится в сгущенном виде с содержанием воды 50%, а перед употреблением в дело вновь растворяется водой в отношении 1 части сгущенного щелока на 2 части воды. Жидкость разливается в холодном состоянии 2—4 раза в сезон. В первый раз выливается 2—3 *л/м²*, в последующие разы—по 1—1,5 *л/м²*. Промежутки между поливами должны быть такими, чтобы предыдущий разлив успевал впитаться в материал дороги.

В следующий сезон обработка и хлористым кальцием, и сульфитным щелоком возобновляется, как будто бы раньше эти материалы и не употреблялись.

Помимо уничтожения пыли на дороге, описанные способы улучшения увеличивают несущую способность покрытия, уменьшая износ его. При движении до 500 *т* брутто в день, экономия в износе коры окупает стоимость улучшения.

§ **123. Битумные материалы,** применяемые на гравийных и грунтовых дорогах, можно разделить на 3 вида:

1) *Дорожные масла* с битумным основанием, удовлетворяющие следующим условиям:

а) содержание битума с пенетрацией 80 при температуре 25° С не менее 60% и не более 75%; б) воды не более 2%; в) удельный вес не ниже 0,92—0,95; г) потеря после нагревания при 165° С в течение 5 часов 15—21%.

По степени вязкости их делят на 3 группы:

а) легкие дорожные масла с вязкостью по Энглеру при 50° С не менее 10 и не более 25, б) средние—вязкость по Энглеру при 50° С от 25 до 45, в) тяжелые—вязкость по Энглеру при 50° С от 45 до 80.

Сюда следует отнести разжиженные битумы, растворенные соответственными флюксами (растворителями). В зависимости от количества и сорта раствори-

НБ УДУНТ (ДИТ)

теля, разжиженные битумы могут быть получены с наперед заданной вязкостью и соответственно могут применяться в холодном и горячем состоянии. Из существующих растворителей следует указать: сольвент нефтяной, сольвент-нафта, лигроин, керосин, полимеры, бензин и др. Наилучшие результаты по данным лаборатории и на опытных участках получаются от смеси нефтебитума № 1 или 2 с нефтяным сольвентом в отношении: битума 70% и сольвента 30%.

При употреблении в дело температура дорожных масел колеблется от 60 до 120° С.

2) *Дегти*, применяемые в холодном виде при температуре до 60° С, должны удовлетворять следующим условиям:

а) воды не более 2%;

б) удельный вес при 25° С не менее 1,01;

в) вязкость по Энглеру при 40° С от 8 до 13;

г) количество легких масел (дестиллятов) по весу, отгоняемых до 170 С, не более 5%, до 270° С не более 30%; до 300° С не более 40%;

д) общее количество битума, растворимого в сероуглероде – 90%.

Дегти, применяемые в горячем виде при температуре до 120° С, должны отвечать следующим условиям:

а) воды — 0

б) удельный вес при 25° С не менее 1,03;

в) проба плавлением при 32° С от 60 до 150 сек.;

г) количество дестиллятов, отгоняемых: до 170° С не более 1%; до 270° С не более 15% и до 300° С не более 25%;

д) общее количество битума, растворимого в сероуглероде не менее 85%.

3) *Нефтяные битумы* применяются наиболее мягкие со следующими техническими качествами:

а) глубина проникания 150—300 (при 25° С, 100 ч. 5 сек.).

б) изменение проникания после нагревания не более 40%;

в) потеря в весе от нагревания при 165° С в продолжение 5 час. не более 2%;

г) количество битума, растворимого в сероуглероде, не менее 99,5%.

§ 124. Поверхностная обработка грунтовых и гравийных дорог битумными веществами. Опыты в нашем Союзе и данные практики САСШ показывают, что битумные вещества как средство для обеспыливания слишком дороги. От них мы должны требовать увеличения несущей способности дороги, уменьшения расходов на содержание и пр. Наиболее дешевым способом применения битумных материалов является: поверхностная обработка грунтовых и гравийных дорог, одиночная или двойная. В обоих случаях непременное условие — хорошее уплотнение идущей в обработку поверхности, произведенное искусственно либо проездом. Совершенно нельзя обрабатывать свежерассыпанный гравийный материал и песчаный грунт. Цель поверхностной обработки— создать эластичную кору, препятствующую прониканию поверхностной воды в одежду или полотно дороги, прекратить процесс пылеобразования, увеличить несущую способность дороги, создать гладкую плотную и оказывающую незначительное сопротивление движению одежду. Возможность получения гладкой и водонепроницаемой поверхности позволяет придавать обрабатываемой дороге поперечный уклон в 2—3%, что уменьшает опасность движения с большими коростями.

Создать такую кору можно только при помощи вяжущего материала, содержащего достаточное количество битума, и при условии, если разлитый материал будет иметь достаточно времени для того, чтобы затвердеть, проникнув вместе с тем на значительную глубину в дорогу. Последние два требования как бы противоречат одно другому. Выпускаемые в СССР Союзнефтью нефтяные битумы удовлетворяют только первому требованию. поэтому лучше применять двойную поверхностную обработку, употребляя сначала вещества более жидкой консистенции, а затем более густой, не исключая и битума. В обоих случаях разлив лучше всего производить механическими распределителями (гудронаторами).

При первой обработке вливается 0,8—1,2 *л м²*. Чтобы вяжущее вещество хорошо впиталось в обрабатываемую поверхность, с дороги удаляется грязь

НБ УАДУНТ (ДШТ)

и пыль, а засыпку минеральными материалами можно или совсем не производить, или применять в незначительном количестве. Вторая поливка производится после того, как первая порция совсем проникнет в поверхность. В зависимости от рода грунта и вяжущего вещества этот промежуток может быть от нескольких часов до нескольких дней. В этот промежуток должны быть выправлены все неровности в дороге и дефекты в обработке.

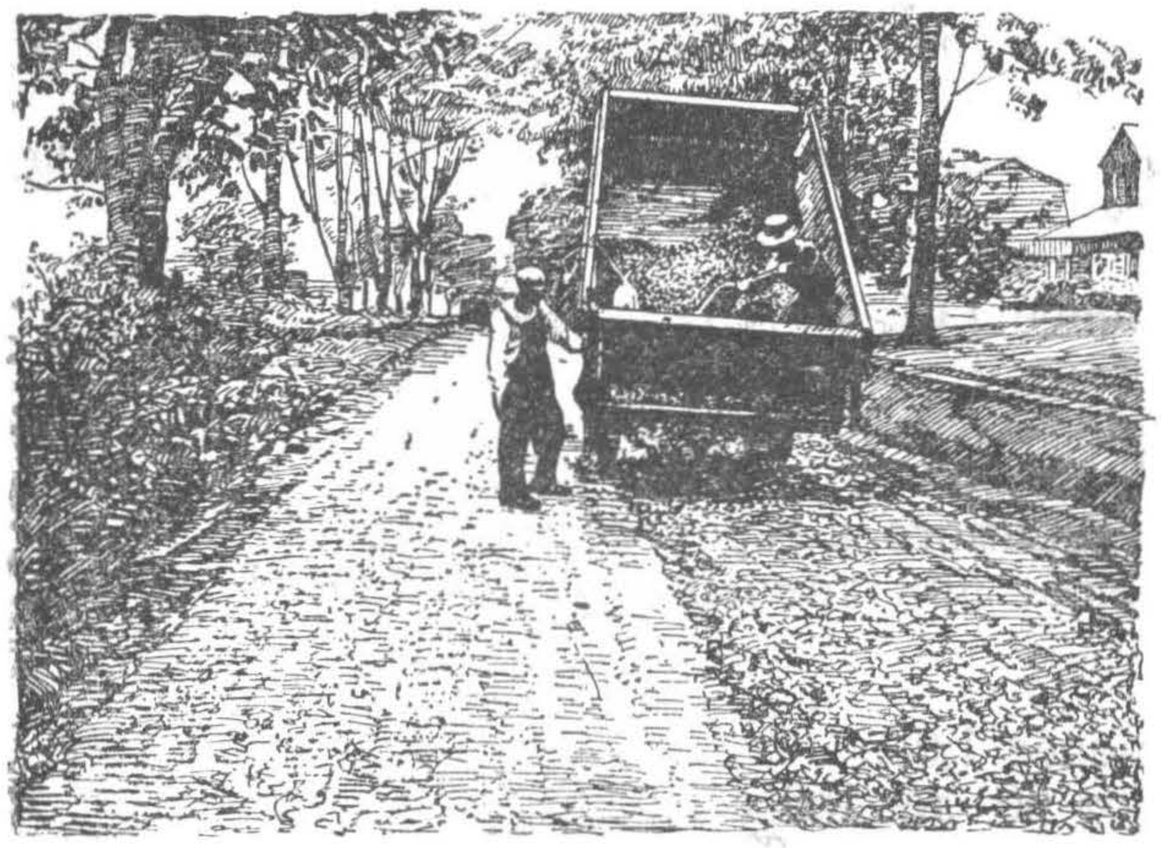


Рис. 350. Распределитель гравийных и щебневых высевок.

Рис. 350а. Ручное распределение гравия.

Во вторую поливку разливают от 0,8 до 1,6 $л/м^2$ в зависимости от скорости впитывания первой порции. Чем скорее происходит впитывание и чем меньше промежуток между поливами, тем меньше требуется материала на вторую обработку. После полива тотчас же производится рассыпка минерального материала. Количество его зависит от крупности входящих в него фракций и от примененного вяжущего вещества. Например, если поливка засыпается гравием крупностью 2—20 *мм*, его нужно рассыпать слоем 1,5—3 *см* (рис. 350). Если же дорога поливается дегтем или разжиженным битумом, а на засыпку употребляется песок, его можно рассыпать в два приема слоями по 1—1,5 *см* толщиной. Вторая рассыпка производится после того, как через первую порцию просочится вяжущее вещество. Рассыпанный гравийный материал желательно прикатать моторным катком весом до 5 *т*. Не допускается укатка прицепным катком, в особенности при колесном со шпорами тракторе. Уплотнение рассыпанного песка может быть предоставлено проезду.

Поверхностную обработку грунтовых и гравийных дорог нельзя рекомендовать, когда преобладающим движением на дороге является гужевой транспорт. Наличие даваемой 2—3 *см* гравийной присыпки после поливки битумным материалам не гарантирует устойчивости корки от воздействия ударов копыт лошадей и идущих по одному следу металлических шин. В этом случае тонкая корка легко пробивается, дорога сначала становится неровной, а в скором времени и следы обработки исчезнут.

При сплошном и в крайнем случае подавляющем автомобильном движении, не превосходящем для грунтовых 500 *т* брутто в сутки, а для гравийных до 1000, поверхностная обработка вполне может иметь место.

§ 125. Способ смешения на месте. При обработке в СССР грунтовых дорог способом смешения на опытных участках благоприятные результаты дало применение дорожных масел средней вязкости (средние масла), дегтей с вязкостью по Хетчинсону 6—20 сек. и разжиженных битумов. При любом из указанных вяжущих материалов, во всех климатических районах, лучшие результаты получаются, когда обрабатывается грунтовая оптимальная смесь. Соответственно для гравийных оптимальных смесей годны к употреблению тяжелые дорожные масла и дегти. Качество обработанной гравийной дороги в значитель-

НТБ УДУНТ (ДИТ)

ной мере зависит от качества гравийного материала (крупность фракций, гранулометрический состав и поглощательная способность) и от примененного вяжущего вещества. Лучшие результаты получаются при обработке гравийного покрытия состава В технических условий, т. е. с наибольшей величиной частиц 20 *мм*, так как частицы крупнее 20 *мм* в смеси не обволакиваются полностью вяжущим материалом и легко выбиваются из покрытия. Хорош также прием, при котором вяжущее вещество предварительно смешивается с фракциями крупнее 2 *мм*, а сухая мелочь досыпается после и смешивается с уже обработанным гравием. О значении поглощаемости было сказано выше.

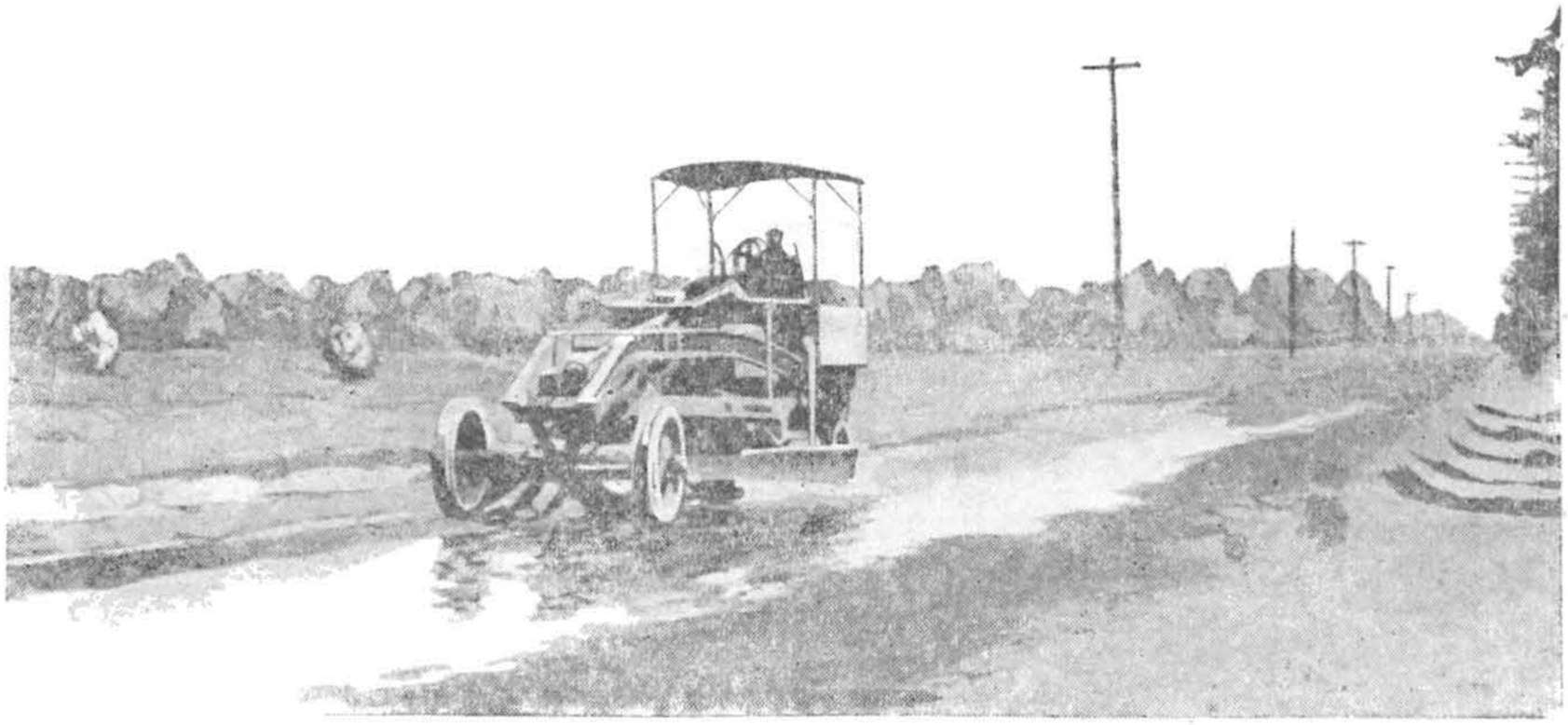


Рис. 351. Перемешивание грунта дороги после поливки его дорожным маслом.

В районах с более жарким климатом в смысле легкости работ вяжущий материал должен иметь большую вязкость, а в более холодных — меньшую. Потребное количество вяжущего вещества зависит от крупности обрабатываемого минерального материала. Чем материал мельче, тем больше требуется вяжущего вещества, и наоборот. Так, для обработки крупнозернистого песка требуется 4—5% по весу средней вязкости дорожное масло; для супеси 7—8% легкого масла; оптимальн й грунтовой смеси 8—10% легкого масла и для пылеватого суглинка 12—15% легкого масла, а для гравия 4—5%. Для ориентировочных подсчетов можно пользоваться формулой, применяемой в САСШ для обработки грунтовых дорог:

$$P = 0{,}01\,a + 0{,}03\,b + 0{,}17\,c,$$

где P — количество вяжущего вещества в процентах от веса минерального материала,

a — процент частиц крупнее 2 *мм* в обрабатываемом минеральном материале,

b — процент частиц 2—0,05 *мм* в обрабатываемом минеральном материале, (в американской формуле частицы взяты 2—0,074 *мм*. Принимая во внимание ориентировочность формулы, мы берем предел в соответствии с принятой у нас классификацией),

c — процент материала меньше 0,05 *мм*.

В холодных климатических районах количество вяжущего вещества следует брать несколько больше, чем по приведенной формуле.

Способы постройки. Обрабатывая грунтовую или гравийную дорогу вяжущими веществами способом смешения на месте, мы тем самым значительно повышаем качество дороги. Поэтому к такой дороге предъявляются более высокие требования в отношении продольного и поперечного профилей. Последний, как и при поверхностной обработке, может быть допущен в 2—3%. В продольном направлении дорога не должна иметь частых переломов, неровностей, крутых подъемов и т. п. Для выравнивания профилей производится профилирование, после чего поверхность разрыхляется на принятую глубину специаль-

УДУНТ (ДШТ)

ными снарядами или боронами до тех пор, пока не разобьются все комья минерального материала.

На разрыхленную поверхность при помощи механического гудронатора в два или три приема выливается вяжущее вещество примерно равными порциями. Перемешивание с минеральным материалом производится боронами, утюгом или грейдером. В последнее время стали отказываться от применения

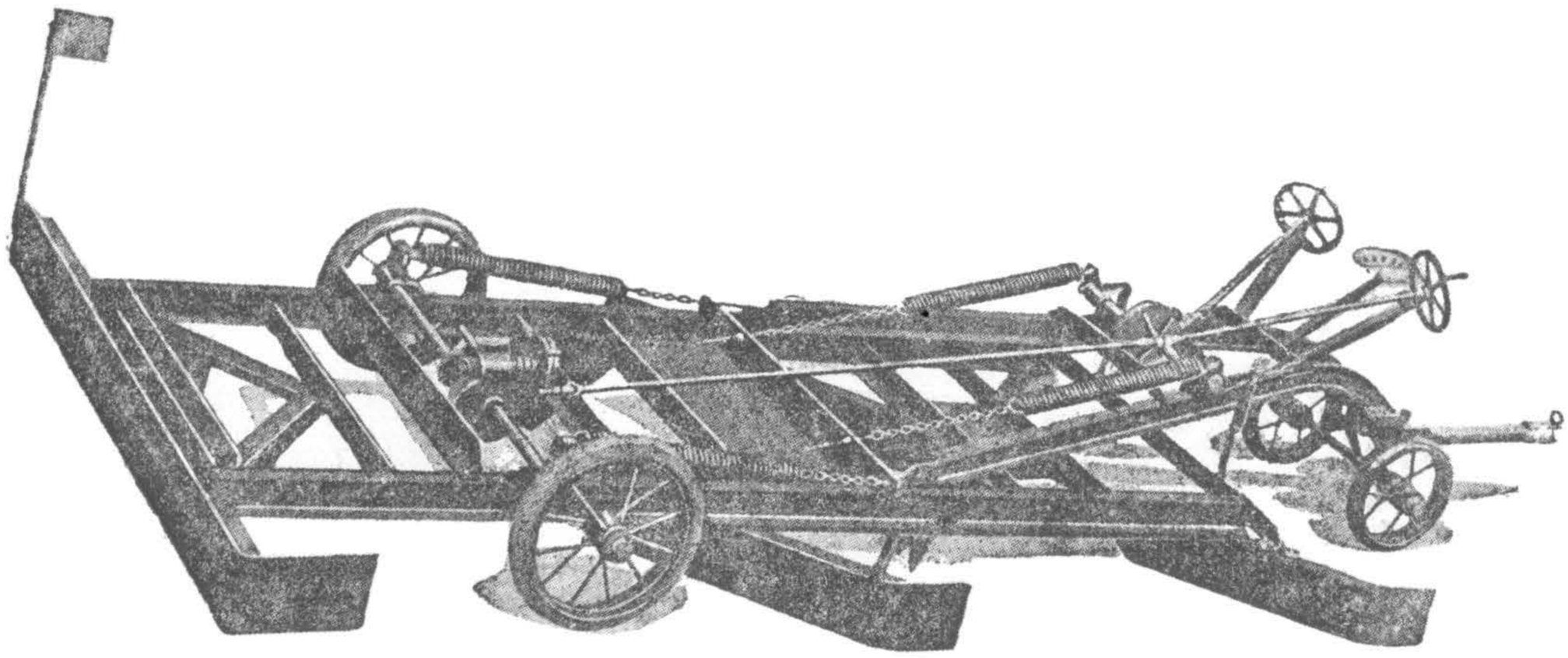


Рис. 352. Снаряд для перемешивания гравийного и битуминозного материала на самой дороге (Миксер).

одних борон, так как они не дают монолитной одежды. Лучшим снарядом для перемешивания признается грейдер (еще лучше автогрейдер). Грейдером смесь минерального материала с вяжущим веществом перемещается вперед и назад поперек дороги до тех пор, пока она не получит однообразной темнокоричневой окраски (рис. 351).

Рис. 353. Вид обработанной вяжущими веществами грунтовой дороги после перемешивания.

В последнее время в американской дорожной практике начали применять специальные снаряды для перемешивания грунта или гравия с вяжущими веществами (рис. 352).

После окончательного перемешивания поверхность профилируется этим же грейдером до получения потребного поперечного профиля, а затем прикатывают моторным катком весом 5—8 *т*. Окончательное уплотнение обработанной дороги происходит под влиянием проезда, который следует регулировать. Вид перемешанной и спрофилированной грунтовой дороги после обработки показан на рис. 353 и 354. В результате обработки грунтовой дороги дорожными маслами получается эластичная одежда. Несущая же способность увеличивается незначительно, и дорога деформируется под влиянием особенно гужевого транс-

НТБ УАДИТ (ДГТУ)

порта, оставляющего на ней колеи. Для ликвидации их необходимо такую дорогу время от времени утюжить, а размельченный в процессе проезда грунт, в виде коричневой пыли, удалять с дороги.

Как раз обратные свойства имеет дорога, обработанная разжиженным битумом. В силу того, что растворитель из смеси испаряется, покрытие становится полужестким, не поддающимся утюжению и профилированию. Считается, что сольвент в первые 3 дня испаряется в количестве 30%, в первые 10 дней—50%. Остальное количество его на воздухе подвергается осмолению, какового свойства, например, не имеет керосин.

Толщину обрабатываемого слоя на грунтовых дорогах не следует давать менее 10 *см* в плотном теле а на гравийных более 8 *см*.

Под влиянием проезда, особенно гужевого транспорта, со временем улучшенная грунтовая и даже гравийная дороги деформируются, образуя колеи, а местами и выбоины. Своевременный ремонт образовавшихся деформаций на такой дороге является необходимым в большей степени, чем на других видах покрытий. В САСШ такой ремонт производится следующим образом: в сухую погоду деформированные места вскирковываются, а затем поливаются достаточным количеством разжиженного битума, засыпаются мелкими гравийными высевками слоем в 2—4 *см* профилируются и укатываются. Указанный способ ремонта, видимо, придется применять и в наших условиях.

При значительном автомобильном движении деформации в виде колей будут весьма незначительны, что позволит долгое время обходиться без ремонта.

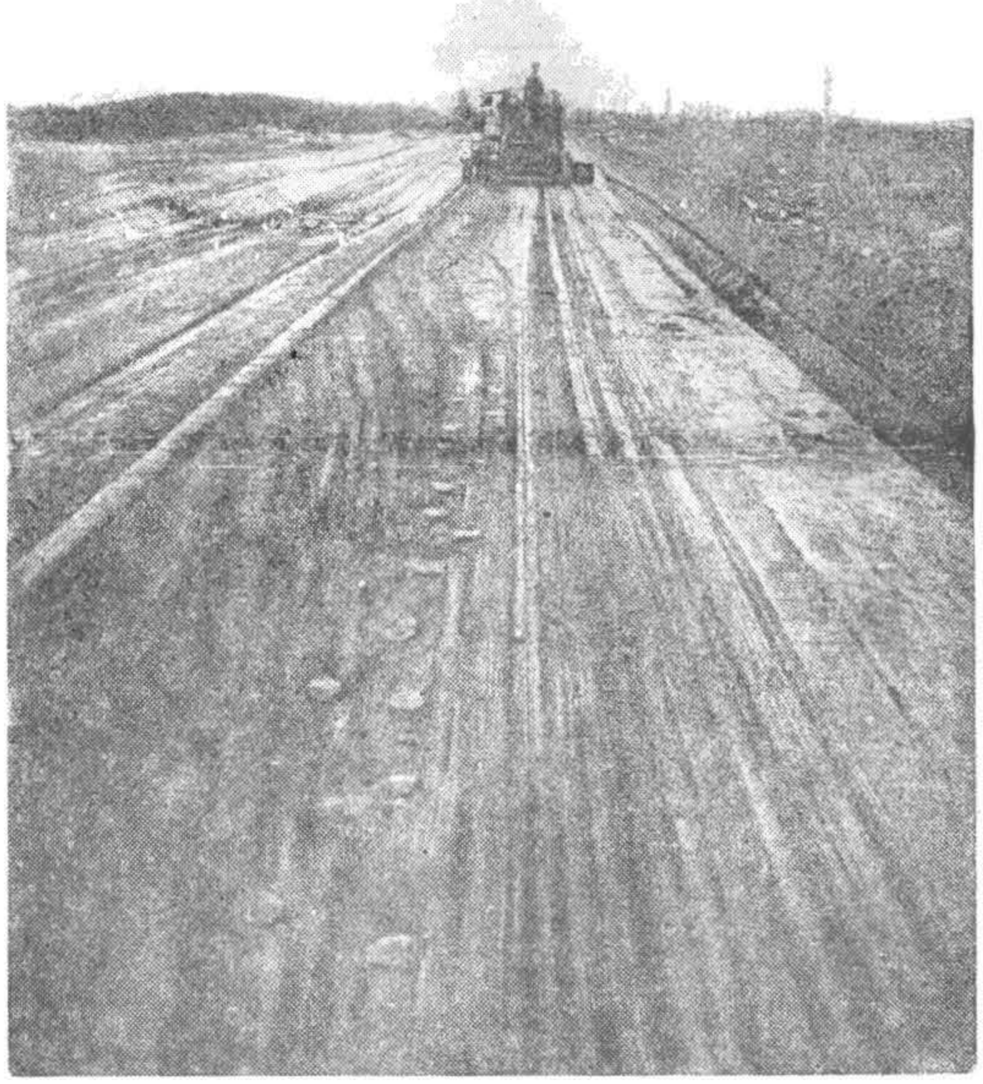


Рис. 354. Вид обработанной вяжущими веществами грунтовой дороги после профилирования.

Смесь битума с растворителем в полевых условиях составляется следующим образом. Сначала в котле до температуры 100—120° С подогревается один битум. Когда бóльшая его часть растворится совсем, в котел небольшими порциями, при постоянном перемешивании, вливается растворитель в потребной пропорции. Во избежание воспламенения растворителя добавление его к битуму должно быть обставлено особыми мерами предосторожности, а именно — нельзя разводить поблизости огонь, совершенно запрещается курение.

Следующая таблица дает понятие о физических свойствах некоторых растворителей

Таблица 127

Наименование растворителя	Крайние темпер. кипен.		Удельный вес	% смолистости (акционер)	% улетучивания с площ. 20 *см* за 3 час. $t° = 10°$ С
	начало	конец			
Сольвент	125° С	205° С	0,884	15	2,79
Лигроин	45° С	220° С	0,778	2	5,77
Полимеры (крекинг) .	110° С	230° С	0,821	10	—

Из этой таблицы видно, что наиболее опасен в смысле возгорания лигроин и что он вдвое скорее, чем сольвент, испаряется из смеси.

Приведем таблицу вязкости некоторых разжиженных битумов, нефтей и дорожных масел, по которой можно ориентироваться при составлении битумных составов для обработки гравийных и грунтовых дорог.

УДУНТ (ДИТ)

Таблица 128

Вязкость смесей по Энглеру при 50° С

Битум-бинаг. № 1 + лигроин			Битум-бинаг. № 1 + сольвент			Калужский мазут	Грозненск. мазут
битум %	лигроин %	вязкость	битум %	сольвент %	вязкость	вязкость	вязкость
70	30	9,21	70	30	14,50	23,92	4,06 — 5
75	25	18,49	75	25	34,41	—	—
80	20	65,70	80	20	78,30	—	—

Таблица 129.

Содержание битума в битумных материалах с пенетрацией 70—90 при $t° = 25°$ С

Битум %	Растворитель %	Остатки		Гудрон	Полугудрон	Мазут
		с сольвентом	с лигроином			
90	10	90	88	75	55	39
85	15	87	85			
80	20	82	81			
75	25	74	73			

Из последних двух таблиц можно заключить, что для более полного перевешивания разжиженного битума с минеральным материалом в качестве растворителя лучше применять лигроин; он же, как видно из первой таблицы, скорее и улетучивается.

§ 126. Обработка гравийного шоссе битумом по способу проникания. В районах большого распространения гравийного и особенно речного отмытого материала, как говорилось выше, приходится строить гравийное шоссе. Такое шоссе можно обработать горячим нефтебитумом по способу проникания. Хорошо обрабатывается такое покрытие, которое не содержит в себе песчаных, пылеватых и глинистых частиц. Поэтому предназначенный для обработки гравийный материал должен быть хорошо перегрохочен, а лучше всего промыт. По крупности предпочтение нужно отдать гравию в 2—20 *мм*. Толщина обрабатываемого слоя не должна быть больше 8—10 *см*, с непременным условием укладки этого слоя на прочное основание.

Рис. 355. Гравийная дорога, обработанная (средний план — мазутом, передний и задний план битумом № 1) способом проникания.

Способы производства работ. На хорошо уплотненное гравийное или из щебеночного шоссе основание рассыпается хорошо прогрохоченный гравийный материал крупностью 60—2 *мм*, а лучше 20—2 *мм*, профилируется граблями

НБ УДУНТ (ДИТ)

или грейдером и прикатывается катком весом 6—8 *т* в 4—10 проходов по одному месту. Чем лучше прогрохочен гравий, тем больше требуется проходов. Следует избегать выступления на поверхность приставших к гравию частиц менее 2 *мм*. При появлении этих частиц на поверхности укатка тотчас же должна быть прекращена. На прикатанную поверхность в один или два приема выливается нагретый до 180° С битум марки 1 (в количестве за оба раза 5—7 *кг/м*²). Вслед за последним разливом рассыпаются чисто отгрохоченные гравийные фракции крупностью 6—15 *мм* слоем до 2 *см* и укатываются катком весом 6—10 *т*. Число проходов по одному месту может доходить до 25.

Рис. 356. Гравийная дорога, обработанная битумом № 1 способом проникания.

Автомобильное движение по такой дороге может быть открыто уже после первых 5 проходов катка по одному месту; гужевое же лучше не открывать до окончательной укатки. На рис. 355 и 356—гравийная дорога, обработанная способом проникания битумом марки № 1.

В процессе укатки места с выступившим на поверхность битумом засыпаются той же мелочью, а излишек после укатки сметается на обочину. Весьма желательно, особенно если применен крупный гравийный материал, вслед за укаткой или немного спустя произвести поверхностную обработку покрытия тем же битумом, разлив 1,0—2 *кг м*², засыпать поливку гравийными частицами 2—10 *мм* и укатать катком в 6—10 *т* до 10 проходов по одному месту.

Во всех случаях обработки небитумными и битумными материалами грунтовых и гравийных дорог работа должна прекращаться во время дождей и возобновляться вновь при обработке битумом — после полного высыхания минерального материала, при обработке дорожным маслом и разжиженным битумом — при влажности, не превышающей 7%. При применении разжиженного битума процесс перемешивания и качество покрытия получаются лучше, если материал слегка влажен, так как в этом случае разжиженный битум более равномерно распределяется между грунтовыми отдельностями.

На устойчивость обработанных покрытий большое влияние оказывают гидрологическое условия, в которых находится дорога. Все затраты по обработке будут бесполезны, если не будет осуществлен надлежащий поверхно-

НБ УДУНТ (ДИТ)

стный водоотвод и основание покрытия не будет дренировано. Наличие высоких грунтовых вод в первые же дни разрушит покрытие, поэтому в таких случаях необходимо озаботиться устройством внутреннего дренажа.

Обработка гравийных покрытий при правильной постройке в первые два года окупит себя за счет уменьшения износа гравийного материала и уменьшения на 3—4 *см* толщины самого покрытия.

§ 127. Дорожные машины и их производительность при обработке грунтовых и гравийных дорог вяжущими битумными материалами. Для способа смешения и поверхностной обработки применяются следующие машины: котлы, гудронаторы, дисковые бороны, грейдера, катки, механические щетки, распределители отсортированного гравия.

1. Котлы для разогрева битумных материалов. В зависимости от масштаба работ применяются разной емкости: от 100 до 4 000 литров. Для среднего масштаба применительно к гудронатору малого типа могут быть использованы емкостью 400 — 500 литров. Такой котел обслуживается одним истопником. За 8 час. работы котел дает 2 разогрева, или 800 — 1 000 литров битумного материала.

2. Гудронаторы предназначаются для распределения битумного материала по поверхности улучшаемой дороги. В зависимости от масштаба работ применяются разной емкости: от 360 до 3 000 литров.

Таблица 130.

Нормы расхода древесного топлива в м³

Наименование нагреваемого материала и t°	На разогрев. одного котла	На одну тонну разогретого материала
Для дегтя или разжиженного битума до темпер. 120° С .	0.06 =0,075	0,150
Для битума до темпер. 180° С	0,063—0,079	0,158

Ручной гудронатор типа „Лингоф“ емкостью 360 *л* для своего перемещения от котла и до места розлива требует двух рабочих или одной лошади. Для бесперебойной работы гудронатора необходимо иметь 3 котла емкостью на 400 *л* каждый. Гудронатор имеет два насоса: один для наполнения бака его разогретым материалом и другой для розлива этого материала. На обслуживании гудронатора неотлучно должны быть 2 ремонтных рабочих.

Чтобы битумный материал в баке гудронатора не остывал, внизу его устроена топка, рассчитанная на древесное топливо. За 8 час. работы на подогрев расходуется гудронатором 64 *кг* сухих дров.

Прицепной гудронатор типа „Этнайер“ емкостью 1 500 *л*. Для передвижения его по дороге требуется трактор в 20 л. с., а для приведения в действие насоса двигатель в 8 л. с. Гудронатор обслуживается трактористом и гудронаторщиком.

Таблица 130 а.

Норма выработки ручного гудронатора в розливах

Нормы	Расстояние возки в *м*	
	до 100	до 500
Нормы расхода в часах	1	1,33
Норма выработки в розливах за 8 час. работы	8	6

За 8 часов работы данный гудронатор в зависимости от дальности подвозки имеет следующие нормы выработки:[1]

Таблица 130-б.

Нормы	Дальность возки							
	0,2	0,3	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Норма расхода времени на 1 розлив в часах . .	0,70	0,75	0,87	1,17	1,66	2,19	2,73	3,26
Норма выработки в розливах за 8 час. работы	11	10	9	6	3	3	2	2

Данные нормы указаны без учета дневного коэффициента использования гудронатора, который:

а) для северных районов можно принять равным 0,70

б) для южных районов 0,85.

[1] Типовые комплекты машино-дорожных отрядов и нормы работы машин, 1932 г., ЦИАТ.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 130в

Нормы расхода горючего и смазки за 8 час. работы в кг

Материалы / Нормы расхода	Топливо		Смазка		
	Бензин	Керосин	Автол	Тавот	Машинное масло
Двигатель трактора	—	48,0	3,50	0,10	1,20
Двигатель при насосе	12,0	—	0,77	0,03	0,40
Форсунка для подогревания битумного материала	—	40,0	—	—	—

3. *Дисковые бороны* для разрыхления грунта перед обработкой битумным материалом и для перемешивания разлитого битумного материала с грунтом или гравием. Производительность тракторной бороны с 20 дисками см. § 107. Как разрыхление, так и смешение следует считать работой в тяжелых условиях.

4. *Грейдера* для перемешивания разлитого битумного материала с грунтом или гравием после работы дисковой бороны и для профилирования после перемешивания.

Производительность грейдера при перемешивании устанавливается опытом, так как для каждого рода грунта, примененного материала, степени предварительного разрыхления и перемешивания дисковой бороной будет особая производительность. Установив на 1-м участке среднее количество проходов, производительность подсчитывается по формуле $П_{км} = \frac{T\eta - (2nt_1 + t_2)}{2n} \cdot v_{раб.}$

В этом случае $t_2 = 0$, так как грейдер работает или без удлинителей, или с удлинителями, укрепленными на базе. t_1 — следует принять $= 0{,}06$ в виду того, что обрабатываемые за один раз участки не превышают длины 200 п. *м.* и времени на повороты потребуется вдвое больше, чем при профилировании, где участки берутся гораздо больше.

При профилировании готовой смеси число проходов можно взять $n = 6 — 10$ при $t_1 = 0{,}06$.

5. *Механические щетки* предназначаются для очистки от пыли поверхности дороги, предназначенной для ремонта или поверхностной обработки.

а) Конная механическая щетка обслуживается одной лошадью и одним погонщиком.

Производительность конной механической щетки за 1 час работы 900 $м^2$ поверхности.

б) Тракторная механическая щетка требует трактора в 20 л. с., производительность в 1 час — 1 250 $м^2$ поверхности.

6. *Катки* для укатки обработанной битумным материалом поверхности, лучше применять моторные.

Производительность катка можно рассчитать по формуле, приведенной в § 95.

§ 128. Организация работ по улучшению грунтовой дороги битумным материалом. Организацию работ по улучшению грунтовой дороги битумным материалом проследим на примере. Допустим, требуется способом смешения на месте улучшить песчаную грунтовую дорогу на протяжении $L = 10$ *км* за 50 календарных дней.

Для указанного улучшения применим средние дорожные масла, составленные из битума и сольвента (см. таблицу 129) в соотношении 75 : 25. Улучшение будем производить на ширину проезжей части $b = 5{,}50$ *м* и на толщину $h = 0{,}10$ *м*. Согласно § 125 для обработки песчаного грунта требуется дорожного масла по весу 5 — 6%. Проверим эти данные по формуле:

$$P = 0{,}01a + 0{,}03b + 0{,}17c.$$

Пусть наш песчаный грунт состоит из:

фракций > 2 *мм*	10%
$2 — 0{,}05$ *мм*	70%
$< 0{,}05$ *мм*	20%

НБ УДУНТ (ДШТ)

Подставив данные грунта в формулу, будем иметь:

$$P = 0{,}01 \times 10 + 0{,}03 \times 70 + 0{,}17 \times 20 = 5{,}6\%.$$

Предположив, что улучшение производится в районе с умеренным климатом, принимаем $P = 6\%$.

Согласно заданию подлежит обработке песчаного грунта

$$b \quad h \cdot L = 5{,}50 \times 0{,}10 \times 10 \times 1\,000 = 5\,500 \ м^3.$$

Приняв вес 1 $м^3$ песка равным 1,60 $т$, высчитаем общий вес подлежащего улучшению минерального грунта:

$$1{,}60 \times 5\,600 = 8800 \ т.$$

На полученное количество грунта потребуется битумного материала:

$$\frac{8\,800 \times 6}{100} = 5\,28 \ т,$$

из коего битума марки 1 или 2:

$$\frac{528 \times 75}{100} = 396 \ т,$$

сольвента

$$\frac{528 \times 25}{100} = 132 \ т.$$

Расчет потребных на обработку снарядов и приспособлений произведем согласно данных § 127. Разогрев битума до 120° С и смешение его с сольвентом предполагаем производить в котлах емкостью 400 $л$, что как раз будет соответствовать емкости одного гудронатора типа „Лингоф“ емкостью в 360 $л$.

Расчет гудронаторов и котлов будем производить из 2 предположений:

1) Котлы у дороги устанавливаются так, чтобы среднее расстояние от котла до места разлива было 200 $м$. При таком расстоянии за 8 час. работы гудронатор делает 6 разливов. За это же время каждый котел сделает по 2 разогрева, следовательно каждый гудронатор обслуживается 6 : 2 = 3 котлами.

На набор разжиженного битума из котла, разлив на дорогу и проход к месту разлива и обратно к котлу для гудронатора требуется времени 8 : 6 = 1 час. 20 м.

Схематически совместную работу 3 котлов и одного гудронатора за односменную работу (8 час.) можно представить следующим образом.

Таблица 131

Порядок разлива	Время подхода гудронатора для забора разжижен. битума		Котел № 1				Котел № 2				Котел № 3				Примечания
			Начало разогрева		Конец разогрева		Начало разогрева		Конец разогрева		Начало разогрева		Конец разогрева		
	ч.	м.	ч.	м.	ч.	м	ч.	м.	ч.	м.	ч.	м.	ч.	м.	
1	8	—	4	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Перерывы: для 1-го котла с 8 ч. до 9 ч., для 2-го котла с 9 ч. 20 м. до 10 ч. 20 м., для 3-го котла с 11 ч. 40 м до 15 ч. 40 м., используются для загрузки котлов.
2	9	20	—	—	—	—	5	20	9	20	—	—	—	—	
3	10	40	–	—	—	—	—	—	—	—	6	40	10	40	
	12	—	13	—	О	бе	де	нн	ый		пе	ре	ры	в	
4	13	—	9	—	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	14	20	—	—	—	—	10	20	14	20	—	—	—	—	
6	15	40	—	—	—	—	—	—	—	—	11	40	15	40	
	17	—	К	о	н	е	ц		р	а	б	о	т	ы	

2) Котлы у дороги устанавливаются так, чтобы среднее расстояние от котла до места разлива было 100 $м$. При таком расстоянии за 8 час. работы гудро-

НБ УДУНТ (ДПТ)

натор делает 8 разливов. В этом случае каждый гудронатор обслуживается $8:2=4$ котлами.

На набор, разлив и проходы для одного рейса гудронатора потребуется времени $8:8=1$ час.

Схема работ 4 котлов и одного гудронатора за односменную работу представится так:

Таблица 131-в

Порядок разлива	Время подхода гудронатора для забора разж. битума	Котел № 1		Котел № 2		Котел № 3		Котел № 4		Примечания
		Начало разогрева	Конец разогрева	Начало разогрева	Конец разогрева	Начало разогрева	Конец разогрева	Начало разогрева	Конец разогрева	
	ч.	ч.	ч.	ч.	ч.	ч.	ч	ч.	ч.	
1	8	4	8	—	—	—	—	—	—	Перерывы: для 1-го котла с 8 до 9 ч.,
2	9	—	—	5	9	—	—	—	—	для 2-го котла с 9 ч. до10 ч.,
3	10	—	—	—	—	6	10	—	—	для 3 го котла с 10 ч. до 11 ч.,
4	11	—	–	—	—	—	—	7	11	для 4-го котла с 11 ч. до 12 ч.,
	12	13	Обеденный перерыв							используются для загрузки котлов.
5	13	9	13	—	—	—	—	—	—	
6	14	—	—	10	14	—	—	—	—	
7	15	—	—	—	—	11	15	—	—	
8	16	—	—	—	—	—	—	12	16	
	17	Конец работы								

В первом случае для всей работы потребуется иметь гудронаторов

$$\frac{528}{0{,}36\times 50\times 6}=5,$$

котлов

$$4\times 3=12 \text{ штук.}$$

Для разогрева битума в котлах и поддержания температуры до 90° С в гудронаторах потребуется на всю работу сухих дров

$$0{,}15\times 396+\frac{64\times 4\times 50}{400}=92 \ м^3$$

(400 в знаменателе означает вес 1 $м^3$ сухих дров в *кг*).

При первом варианте для обслуживания котлов и гудронаторов на работе нужно иметь: лошадей 5, рабочих 20.

Для разрыхления грунта до разлива битумного материала и перемешивания грунта с битумным материалом потребуется тракторных дисковых борон/дней:

$$\frac{10\times 2}{0{,}4}=5$$

(т. е. достаточно 1 бороны).

Для перемешивания грунта с битумным материалом после работы бороны и профилирования после перемешивания потребуется прицепных грейдеров среднего типа (считая на перемешивание 12 и на профилирование 3 прохода)

$$\text{П}=\frac{8\times 0{,}8-2\times 15\times 0{,}06}{2\times 15}\times 2{,}5=0{,}4 \ км;$$

$\frac{10}{0{,}4}=25$ грейдеро/дней (или 1 грейдер на выполнение всей работы).

НБ УДУНТ (ДШТ)

Для обслуживания дисковой бороны и грейдера на работе следует иметь трактор в 30 л. с. — 1 шт.

Для укатки проезжей части после профилирования и прикатки обочин применим гладкий моторный каток весом в 6 *m*.

$$N = \frac{(Bn + 2An_1)\,La}{t(a-b)\,v} = \frac{(5{,}50 \times 15 + 2 \times 2 \times 3) \times 0{,}2 \times 1{,}10}{8\,(1{,}20 - 0{,}20)\,2{,}5} = > 1.$$

Берем 2.

ЛИТЕРАТУРА К ОТДЕЛУ VII

Анохин А. И. Курс дорожных машин. 1931.
Анохин А. И. Трактор в дорожном деле. 1931.
Иванов Н. Н. Грунтовые дороги. 1931.
Шестаков. Курс автогужевых дорог. 1932.
Анохин А. И., Данилочкин Ф. В., Кондрашков В. А. Дорожные машины и снаряды для грунтовых дорог. 1931.
Джорджадзе А. З. Дорожное дело в Соединенных Штатах Северной Америки. 1930.
Орнатский. Грунтовые дороги. 1930.
Дубелир Г. Д. Дорожное дело. I и II. 1928
Строительство дорог в Московской области, ч. I. Постройка грунтовых дорог машинами 1931.
Вильгарм. Устройство дорог на болотах. 1931.
Кузнецова Н. П. Изучение болот с точки зрения дорожного дела. 1931.
Дубах и Спарро. Осушение болот открытыми канавами. 1930.
Залесский Е. П. Горные дороги. 1925.
Новиков Л. В. Организация инженерных работ на фронте. 1929.
Конниер К. Н. Дороги низкой стоимости. 1931.
Шенк Р. Автомобильные дороги. 1930.
Инструкция по проведению производственной практики по дорогам низкой стоимости, изд. ЛАДИ. 1932.
Технические условия, правила и нормы для изыскания, проектирования, постройки, ремонта и содержания автогужевых дорог ЦУДОРТРАНСа, ч. I и III. 1931.
Орнатский Н. В. Краткий курс дорожного дела. 1931.
Пашков Л. В. Расчет составов грунтовых и гравийных оптимальных смесей, 1930.
Информационный листок № 2 ЦИАТа, 1931 г.
" № 1 "
Терцаги. Основания механики грунтов. 1926.
Дорожные исследования, вып. 19, 1928.
Резолюции I Научно-исследовательской автодорожной конференции.
Журналы: „Местный транспорт", „Дорога и автомобиль", „За рулем" и др. Врем. технические условия, 1930 г. НАДИ. Г—5.
Цудортранс. Временное руководство по изысканию, проектированию и постройке грунтовых дорог. 1929.
An investigation of oiltreated Earthroads T Reayel. Public Roads, May, 1931.
Agg A. The Construction of Roads and Pavements. 1929.
Harger W. Rural Highway Pavements, 1924.
Highway Engineer and Contractor.
Road and Roads Construcrion.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ОТДЕЛ VIII

ДОРОГИ С КАМЕННОЙ ОДЕЖДОЙ ОБЫКНОВЕННОГО И УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ТИПОВ

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ШЕСТАЯ

КЛАССИФИКАЦИЯ ДОРОГ С КАМЕННОЙ ОДЕЖДОЙ И ТРЕБОВАНИЯ, К НИМ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ

§ 129. Классификация дорог с каменной одеждой. Дороги, которые должны пропускать свыше 200 *m* брутто в день и работать без перебоев круглый год, должны покрываться одеждой из каменного материала. Назначение такой одежды: уменьшение сопротивления движению и передача, без повреждения поверхности, давления от повозок на основание и земляное полотно.

Дороги с каменной одеждой по роду покрытия разделяются на:

а) дороги обыкновенного типа — щебеночное водосвязное шоссе, булыжная мостовая;

б) дороги усовершенствованные — брусчатые, клинкерные и мозаичные мостовые, силикатированные и цементированные шоссе, цементно-бетонные покрытия.

По значению дороги с каменной одеждой делятся на: союзные, республиканские и областные (в настоящее время имеются уже и дороги районного значения с каменной одеждой .

По характеру движения на: магистральные, подъездные, специального назначения (курортные, промышленные и др.).

По назначению для различных видов транспорта на: а) предназначенные преимущественно для автодвижения — цементно-бетонные дороги; б) предназначенные для смешанного движения — брусчатые, клинкерные и мозаичные мостовые, силикатированные и цементированные шоссе; в) предназначенные преимущественно для гужевого движения — щебеночные водосвязные шоссе и булыжные мостовые.

Согласно техническим условиям Цудортранса 1931 г. для каменных дорог допускается следующая напряженность движения (тонн брутто в день):

шоссе из мягкого камня на песчаном основании	от	200 до	600,
шоссе из твердого камня на песчаном основании		200 „	1200.
булыжная мостовая на песчаном основании		200 „	1800,
шоссе из твердого камня на каменном основании		900 „	1800,
клинкерная мостовая на песчаном основании		300 „	2400.
брусчатая мостовая на песчаном основании		900 „	2400,
булыжная мостовая на каменном основании		1200 „	3000,
силикатированное шоссе на песчаном основании		400 „	1200,
клинкерная мостовая на каменном основании		1200 „	3000,
мозаичная мостовая на каменном или бетонн. осн.	свыше		1800,
брусчатая мостовая на каменном или бетонн осн.			2000,
цементно-бетонные дороги			1500.

§ 130. Требования к дорогам с каменной одеждой со стороны гужевого и автомобильного транспорта. Транспортом (гужевым и автомобильным) предъявляются к дорогам с каменной одеждой следующие требования:

а) Дорога должна пропускать без повреждения своей поверхности во всякое время года то движение, для которого она была построена. При этом предполагается, что эксплоатация дороги поставлена правильно и все полагающиеся сезонные и капитальные работы своевременно выполняются.

При расчете работы дороги нужно учитывать перспективы бурного роста советского хозяйства в области как промышленности вообще, так и сельскохозяйственной индустрии. Проблемы же, стоящие перед второй пятилеткой,

НБ УДУНТ (ДШТ)

требуют передвижения всей нашей индустрии на восток, что связывается с освоением дорожным строительством необъятных пространств Сибири.

б) Поверхность дороги должна быть гладкой и в то же время не скользкой. Неровность одежды вызывает толчки и сотрясения повозки, которые будут тем больше, чем больше скорость движения повозки, и будут поглощать некоторую часть живой силы повозки, вызывая в то же время при автомобильном движении быстрый износ шин, шасси и мотора автомобиля. Неровность дороги увеличивает сопротивление движению повозки, что в свою очередь вызывает увеличение эксплоа ационных расходов транспорта, динамическое же воздействие колес повозки при толчках, иногда в 4—5 раз превышающее статические нагрузки, весьма неблагоприятно отражается на целости дороги.

в) Продольные уклоны дороги должны быть минимальные, установленные для отдельных классов дорог. [1] Чем меньше уклон, тем меньше сопротивление движению повозки, следовательно тем дешевле стоимость перевозок.

Однако применение установленных Цудортрансом норм возможных продольных уклонов дорог может на практике встретить некоторые затруднения, особенно в отдаленных местностях, в силу огромности затрат, при колоссальном росте дорожного строительства.

г) Поперечный скат дороги должен гарантировать, с одной стороны — безопасность и удобство движения, а с другой — хороший отвод воды с проезжей части и обочин.

д) Ширина дорожной одежды должна быть достаточна для того, чтобы свободно могло разъехаться максимально размещающееся на дороге количество повозок, без значительного уменьшения скорости и без заезда на обочины.

е) Дорога должна быть обставлена знаками, указывающими: опасные места, места, где должно быть ограничено движение или снижена скорость, направление ответвлений от основной дороги и др.

§ 131. Условия, которым должны удовлетворять земляное полотно, основание, водоотвод. Земляное полотно дороги ко времени начала работ по устройству каменной одежды должно удовлетворять следующим условиям:

а) Оно должно быть возведено (сделано) по проекту. Во всяком случае лучше, если при окончательной отделке придется несколько снять земли, чем досыпать, так как свежую насыпь трудно будет уплотнить, в связи с чем возможна неравномерная осадка одежды.

б) Должна произойти полная осадка земляного полотна. Как общее правило, рекомендуется приступать к устройству одежды не ранее как на следующий год после устройства земляного полотна. Особенную осторожность следует проявлять при насыпях, устроенных на топких болотистых грунтах, на ползучих косогорах, на тяжелых глинистых грунтах. Строитель должен удостовериться, что осадка полотна прекратилась. Если же осадка продолжается, но в то же время имеется срочная необходимость в окончании постройки дороги, следует воздержаться от устройства усовершенствованных видов каменной одежды и шоссе, как требующих значительных средств на восстановление в случаях повреждений от осадки земляного полотна, и строить булыжную мостовую, которая в будущем может быть перестроена в запроектированный тип одежды.

---

[1] Техническими условиями Цудортранса 1931 г. установлены следующие продольные уклоны в процентах, в зависимости от классов дорог:

Характер местности

	Равнинн	Холмист.	Горный	
для I класса	3/4	3/4	4/5	Числитель дает наибольший нормальный уклон, знаменатель—наибольший в исключительных случаях.
II	3/4	4/5	5/6	
III ..	4/5	5/6	6/7	
IV	5/6	6/7	7/8	
V	6/7	7/8	8/9	

НБ УДУНТ (ДИТ)

В случаях особо-срочной необходимости закончить постройку дороги полностью в течение одного года следует производить устройство насыпей небольшими слоями в 20—30 *см*, с тщательной укаткой каждого слоя катками.

в) В тех случаях, когда земляное полотно в верхних частях состоит из грунтов, обладающих способностью пучиниться (пески-плывуны и пылеватые грунты с содержанием частиц от 0,25 до 0,005 *мм* в количестве 60% и более) и есть основание, вследствие изменившихся условий протекания грунтовых вод, ожидать появления пучин, — необходимо заменить пучинистый грунт другим, с наименьшей высотой капиллярного поднятия воды, лучше всего песчаным.

Ко времени окончания постройки дороги земляное полотно должно получить соответствующую отделку: обочины должны быть подсыпаны на полную высоту и уплотнены, откосы и конуса—спланированы и в нужных случаях одернованы или замощены камнем. Укреплением откосов преследуется задача предохранить их от размыва, опасность которого обусловливается как количеством и скоростью течения воды, так и степенью сопротивляемости откоса. Наибольшему размыванию подвержены мелкие пески, лишенные одежды. При небольших скоростях течения и небольших количествах воды для укрепления откосов достаточно произвести посев трав или, для ускорения, одерновать откос; при больших скоростях течения и количествах воды необходимо укрепление каменной одеждой.

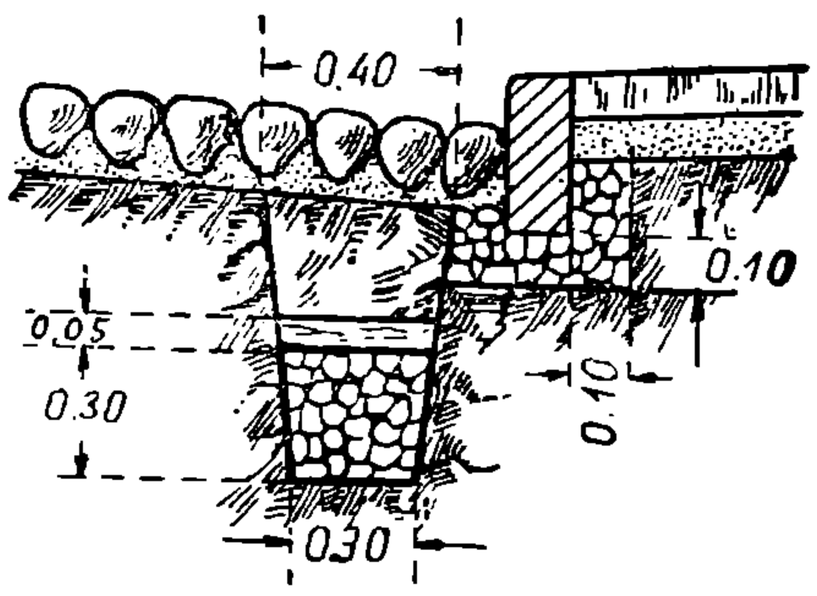


Рис. 357. Тип продольного дренажа при булыжной мостовой.

Укрепление откосов предохраняет их не только от размыва, но и от выветривания, растаптывания, а глиняные откосы — от растрескивания во время жары и засухи, в связи с чем возможно проникание в трещины воды и — как результат — размыв откоса. Небольшие выемки и насыпи (до 1,5—2,0 *м*), как пропускающие небольшие количества воды, особенно при плотном грунте, могут вовсе не укрепляться.

Основание одежды каменных дорог может быть естественное или искусственное. Искусственное основание в свою очередь делают песчаное или каменное в зависимости от того, насколько напряженное движение ожидается по дороге. Имея в виду, что часто преобладающее влияние на появление напряжений в одежде оказывает именно основание, необходимо к последнему предъявлять определенные требования:

а) Основание должно устраиваться непосредственно перед постройкой одежды во избежание загрязнения; все повреждения, происшедшие от езды по нем, перед устройством одежды должны быть исправлены.

б) Основание должно быть однородной сопротивляемости (плотности); в поперечном и продольном профилях должно соответствовать проектным отметкам.

в) Основание должно хорошо отводить воду.

г) Имея в виду, что, чем больше разрыхленность материала основания, тем меньшие напряжения могут быть допущены на нем, — основание должно быть соответствующим образом уплотнено.

Водоотвод. Необходимым условием прочности и долговечности земляного полотна, а вместе с тем и дорожной одежды является устройство хорошего водоотвода. Вода уменьшает сцепление и трение земляных масс и тем самым их устойчивость и прочность, непосредственное же действие воды ведет к размыву откосов, а иногда к образованию оползней или — в гористых местах — выносов (селевых потоков). Скопляющаяся под дорожной одеждой вода ослабляет несущую способность грунта и служит вместе с этим причиною повреждения коры; в некоторых же случаях вода служит причиной образования пучин.

К водоотводу должны предъявляться требования:

а) Должны быть устроены в нужных местах боковые и отводные канавы, способные отводить всю воду, которая будет в них поступать. Канавы, в зависимости от их продольного уклона, должны быть соответствующим образом укреплены.

УДУНТ (ДИТ)

б) Также должны быть устроены нагорные канавы, перехватывающие воды идущие к полотну дороги. Устройство этого типа канав имеет особое значение в тех случаях, когда дорога проходит в выемке.

в) Если грунт земляного полотна суглинистый или глинистый, для отвода воды, скопляющейся под дорожной одеждой, должны быть устроены дренажные воронки с выводом их в боковые канавы.

г) В местах, где невозможно устройство боковых канав (дорога проходит через населенный пункт), а также в случае необходимости понизить уровень грунтовых вод, вредно влияющих на состояние дороги, под обочинами делаются дренажные канавы с выходом или в пониженные точки местности, или в колодцы для сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 26

Инж. Некрасов. Шоссейные дороги, изд. т-ва „Агроном". 1915.

Проф. Дубелир и инж. Толстопятов. Земляные работы. Госиздат. 1927

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ СЕДЬМАЯ

КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

При царском режиме дело добычи потребного для дорстроительства камня было построено на основе самой хищнической эксплоатации как природных данных, так и человеческого труда. Темпы строительства по сравнению с настоящими были незначительны. На состояние сырьевых баз строительства особого внимания не обращалось. Метод добычи был почти всегда ручной, механизация работ почти везде отсутствовала вследствие дешевизны рабочей силы, и частный капитал, имея обеспеченную большую прибыль, совсем не интересовался достижениями техники в области добычи камня.

Советское хозяйство получило в наследие хищнически разграбленные карьеры; в результате бессистемной эксплоатации, без соблюдения элементарных требований горного законодательства, они пришли в негодное состояние. Так как близлежащие базы оказались почти полностью исчерпанными еще при царизме, то для ремонта существующих дорог каменные материалы приходится привозить издалека. При колоссальном развертывании дорожного строительства наше правительство уделяет громадное внимание делу добычи и снабжения дорог первосортным каменным материалом, причем все работы механизируются в максимальной степени, на основе последних завоеваний техники и проведения рационализации трудовых процессов при участии инициативы трудящихся масс населения, в порядке соцсоревнования и ударничества. Исключительное внимание обращается на изучение камня как дорожно-строительного материала, в связи с теми особыми запросами, которые вторая пятилетка предъявляет к нашим дорогам с точки зрения применения более дешевых и прочных материалов для новой сети дорог.

В то время, когда свертывающееся достроительство капиталистических стран и особенно САСШ переходит от механизации добычи дорожных материалов к исключительно ручному и кустарному способу использования карьеров и бойки камня, мы собственными силами развертываем производство специальных дорожных машин советской выделки, уже в настоящее время применяемых в деле.

§ 132. Породы камня и породообразующие минералы. Горные породы делятся на: изверженные, осадочные и метаморфические,

Изверженные породы представляют результат затвердения магмы, то есть жидкой массы, которая, по всей вероятности, составляет материал внутренности земного шара.

Западно европейский геолог проф. Штини разделяет изверженные породы на:

а) глубинные — застывшие на больших глубинах,

б) жильные — застывшие на пути к видимой поверхности земной оболочки,

в) излившиеся — вышедшие на видимую поверхость земной коры и здесь перешедшие из расплавленного состояния в твердое.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Наиболее важные для дорожника породы изверженных каменных материалов можно свести в следующую таблицу:

Таблица 132

Глубинчые	Жильные	Излившиеся
Гранит, сиенит, диорит, габбро	Порфир, диабаз.	Трахит, андезит, базальт.

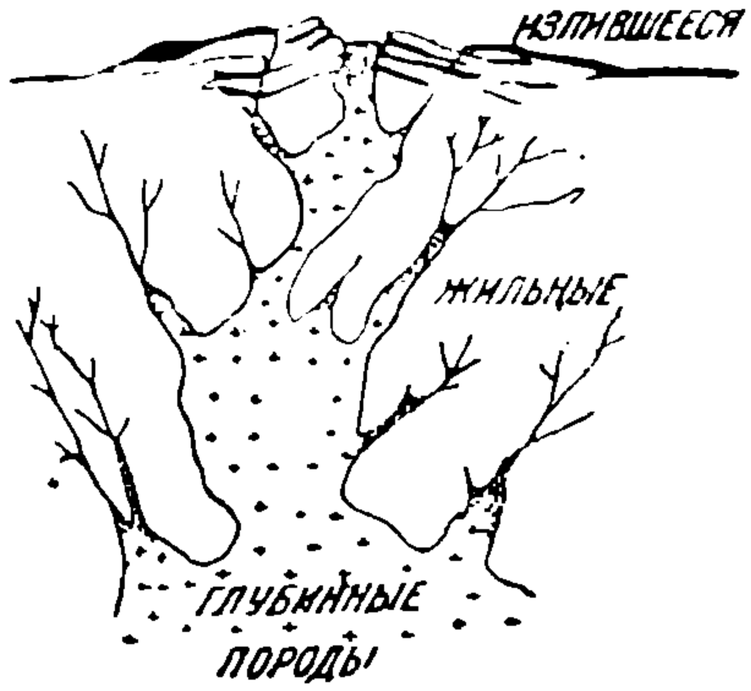


Рис. 358. Схема образования горных пород.

Ко второй большой группе относятся породы *осадочные*, получившиеся впоследствии путем выветривания из поверхностных частей земной коры. Выветривание (разрушение) этих частей происходило вследствие многих причин: перерождения составных частей, влияния перемен температуры, действия воды, атмосферных газов и пр. Вода, смывая с возвышенностей продукты разрушения, осаждала их в местах более спокойного течения в виде пластов или слоев. Изменявшиеся скорости течения воды производили сортировку переносимых частиц по величине и весу.

Отложившиеся таким путем отдельные частицы (зерна) в одних случаях остались несвязанными между собою и образовали *рыхлые обломочные породы*: галька, пески, глины; в других случаях они связывались каким-либо природным цементирующим веществом и образовали *твердые (сцементированные) обломочные породы:* конгломераты, брекчии, песчаники, кварциты, вулканические туфы, мергель.

В тех случаях, когда отдельные частицы первичных пород растворялись в воде и затем отлагались в виде осадков, они образовали *осадочные породы:* известняки, доломиты, кремнистые туфы.

К третьей группе относятся породы *метаморфические*. Из пород этой группы большое применение в дорожном строительстве имеет гнейс.

Из большого количества известных минералов (более 2000) в дорожных каменных материалах наиболее стойко повторяются следующие:

Кварц (кремнезем — SiO_2) — очень тверд (твердость по шкале Мооса — 7, не чертится стальным ножом), но хрупок, непрозрачен. Цвет различен, чаще белый, или окрашен в красно-бурый, бурый или желтые тона. Характерен жирный блеск излома. Не плавится перед паяльной трубкой, не растворяется в кислотах

Продуктом разрушения пород, содержащих кварц, является песок. Желтый цвет песка зависит от примесей к нему соединений железа.

Полевой шпат — наиболее часто встречающийся силикат (то есть кремнекислое соединение алюминия $K_2OAl_2O_36SiO_2$). Имеются разновидности:

а) Ортоклаз — калиевый полевой шпат. Перед паяльной трубкой плавится с трудом, кислотами не разлагается. Естественная плоскость спайности дает характерный перламутровый отблеск. Твердость — 6.

б) Плагиоклаз — известково-натровый полевой шпат. Различают „кислые“ и „основные“ плагиоклазы. Первые легкоплавки, кислотами не разлагаются, вторые — тугоплавки, кислотами разлагаются.

Цвет полевого шпата различный: белый, желтый, розовый, зеленоватый и др. Результатом выветривания полевого шпата под влиянием главным образом воды и углекислоты являются между прочим глина и песок.

Слюда — силикат алюминия. В состав ее входят калий (K), алюминий (Al), примеси натрия (Na), магния (Mg), железа (Fe). Сложение листообразное, благодаря чему присутствие слюды облегчает доступ воды внутрь породы. При большом содержании слюды камень легко скалывается по слюдяному прослойку. Слюда бывает белая (прозрачная), или мусковит, и темная, или биотит.

Темноокрашенные минералы, а именно роговая обманка и авгит Характеризуются высоким удельным весом (3,3—3,4), значительной вязкостью и высокой сопротивляемостью выветриванию.

НБ УДУНТ (ДИТ)

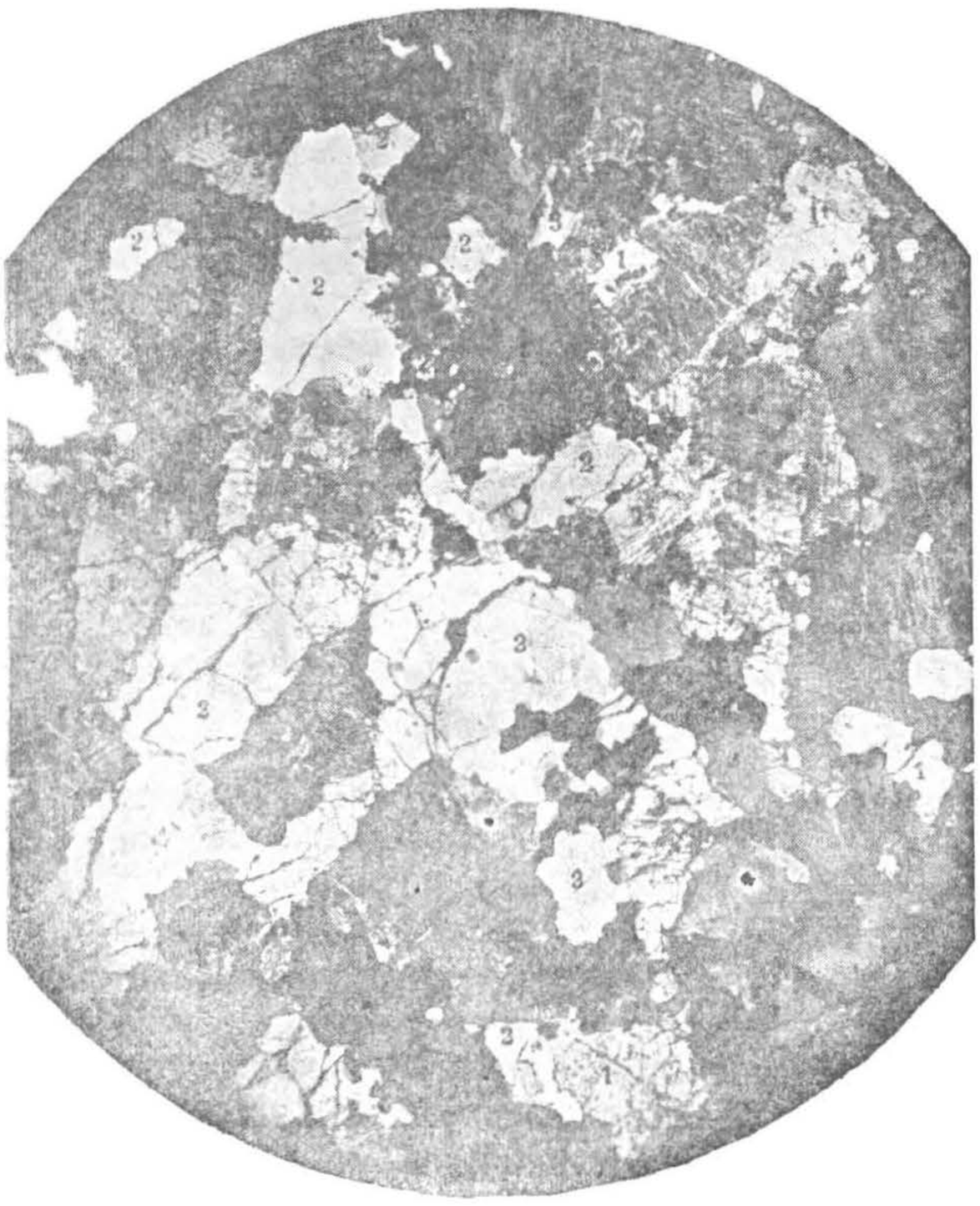


Рис. 359. Гранит.
1—ортоклаз, *2*—плагиоклаз, *3*—кварц, *4*—биотит.

§ 133. Главнейшие свойства каменных материалов. Гранит характерен явно выраженной зернистой структурой, которая может быть: мелкозернистая (размер зерна не более 3 *мм*), среднезернистая (размер зерна от 3 до 5 *мм*), крупнозернистая (размер зерен более 5 *мм*), иногда порфировидная (среди равномерно-кристаллической массы вкраплены отдельные, более крупные кристаллы). Чем мельче зерна, тем ценнее для дорожного строительства материал. Цвет гранита обычно красноватый и розовый, если среди составляющих минералов преобладает полевой шпат; темносерый или синеватый — если много роговой обманки или темной слюды (биотита). В свежем изломе ясно обнаруживается кварц в виде неправильных зерен с жирным блеском. Полевой шпат определяется по перламутровому отблеску плоскостей спайности. Если гранит содержит много кварца, то он тверд, но хрупок; при значительном содержании полевого шпата граниты сравнительно мягки, вязки, но зато легче выветриваются. Присутствие роговой обманки увеличивает прочность гранита. Гранит является наиболее часто встречающейся в дорожном строительстве породой.

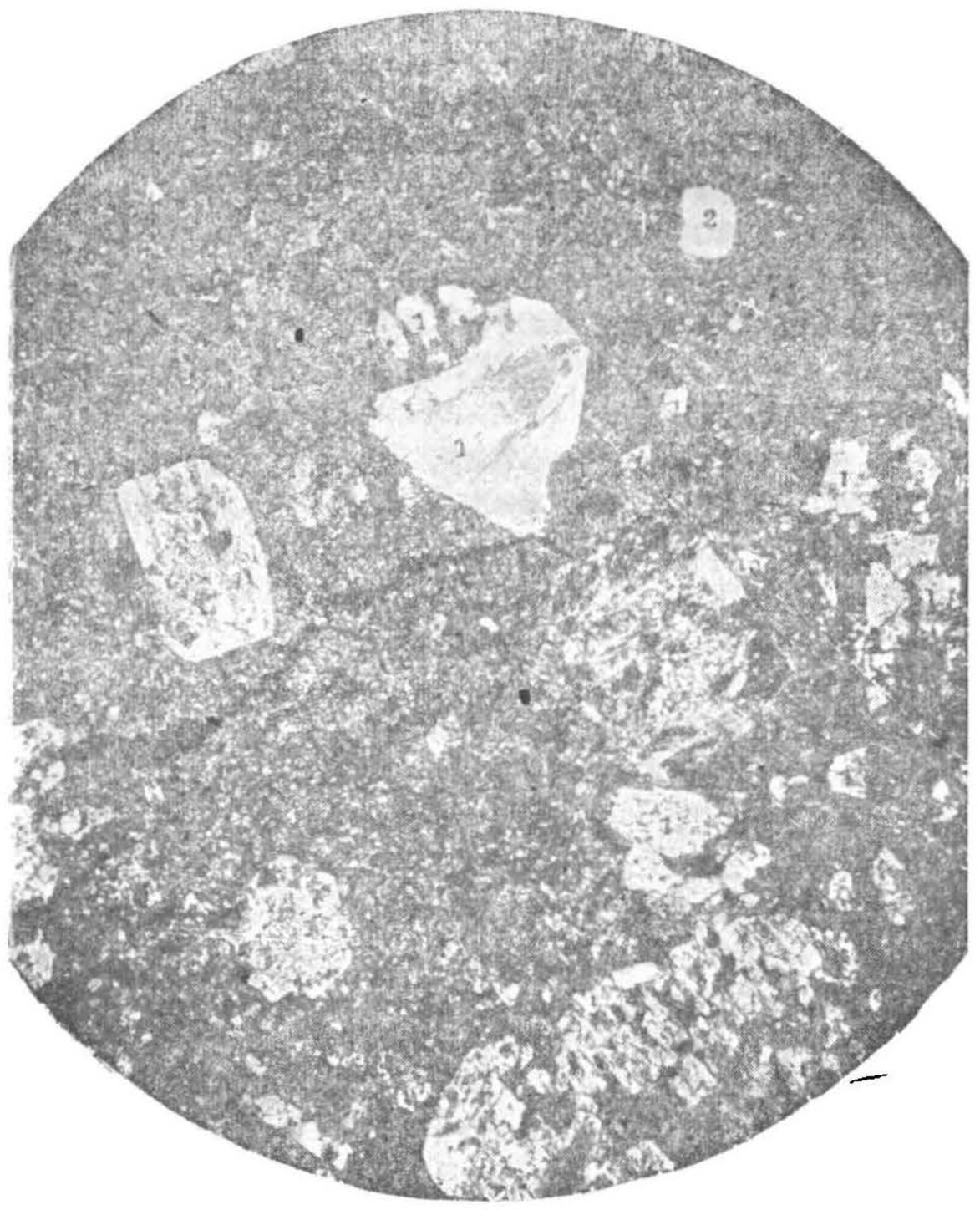


Рис. 360. Кварцевый порфир.
1—ортоклаз, *1¹*—плагиоклаз *2*—кварц, *3*—роговая обманка.

Кварцевый порфир отличается от гранита по строению, но аналогичен по составу. В основную массу некрупных кристаллов вкраплены крупные кристаллы полевого шпата. Эти включения выкристаллизовывались на глубине и были вынесены на поверхность земли в готовом виде, т. е. приняли форму кристалла значительно ранее, чем успела окристаллизоваться окружающая их среда. По твердости превосходит гранит. От гранита отличается также окраской — обычно более темной (часто бывают красного цвета), иногда принимает несвойственный граниту зеленый тон. Один из лучших каменных материалов для дорожного строительства.

Сиенит состоит из калиевого полевого шпата (ортоклаза) и роговой обманки или слюды. Очень сходен с гранитом, но обычно окрашен в более темные тона, мелкозернист. В дорожном строитель-

НВ УДУНТ (ДИТ)

стве применяется мало, как редко встречающаяся порода.

Трахит — светло-окрашенная порода серых, желтоватых, иногда красноватых тонов. В изломе имеет шероховатую поверхность. По составу сходен с сиенитом. В однотонную основную массу вкраплены отдельные светлые кристаллы полевого шпата. Отличается способностью шлифоваться при тяжелом движении, почему не следует употреблять его для изготовления брусчатки.

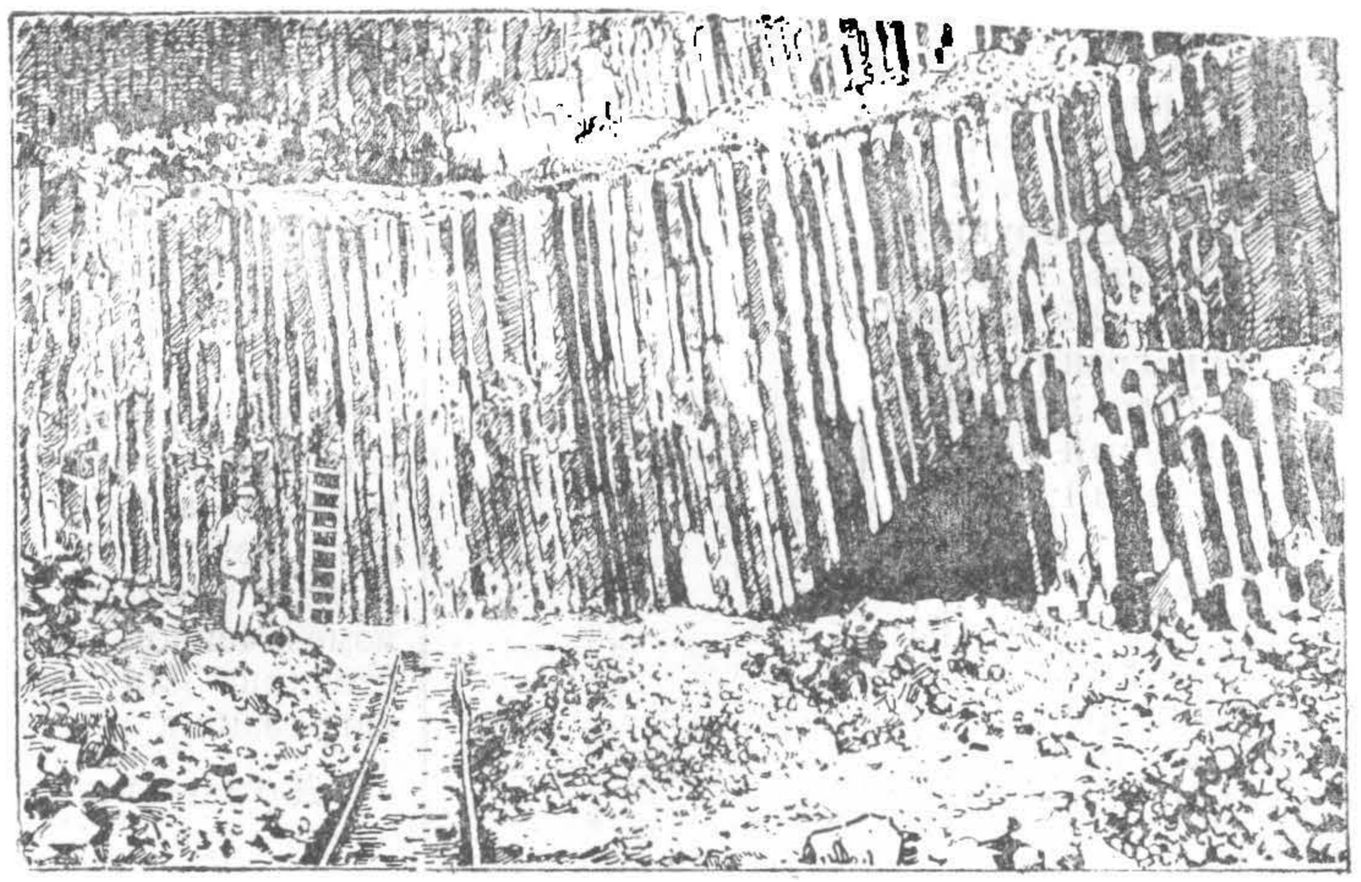
Диорит сходен по составу с сиенитом, с той лишь разницей, что ортоклаз в нем заменен плагиоклазом (белый известково-натровый полевой шпат). Строение зернистое. Окраска преимущественно темная, чаще серых и зеленоватых тонов. Иногда содержит серный колчедан, который легко подвергается выветриванию.

Рис. 361. Базальт.
1—плагиоклаз, *2*—авгит, *3*—магнитный железняк.

Габбро имеет зернистое строение. Представляет смесь полевого шпата (плагиоклаза) с пироксеном или роговой обманкой, последние придают ему черный или темно-зеленый цвет. Иногда темные и светлые части расположены отдельными полосами. Вполне пригоден для дорожного строительства.

Диабаз представляет собою плотную зернистую массу, в которой полевой шпат часто наблюдается в форме вытянутых узких пластинок. Имеет в своем составе полевой шпат (плагиоклаз), авгит и роговую обманку. Окраска в большинстве случаев зеленоватая. Представляет хороший материал для мостовых.

Базальт имеет чрезвычайно плотное строение; отдельные кристаллы неразличимы или различимы с трудом. Иногда преобладает стекловатое вещество; в таком случае порода сильно пориста и непригодна для дорожного строительства. Цвет черный Характерный признак в месторождениях: столбчатость. Благодаря этому легко производить выломку. Трудно поддается обработке.



№ 36

Рис. 362. Базальтовый карьер.

Мрамор представляет продукт перекристаллизации других видов известняков, совершившейся в недрах земли. Состоит из кристаллов кальцита (или доломита), сросшихся между собою без какого-либо цементирующего вещества и ясно заметных в изломе: чистый белый мрамор в изломе напоминает сахар. Легко чертится стальным ножом. Под действием соляной кислоты бурно вскипает. Цвета: белый, розовый, серый и др.

НБ УДУНТ (ДНТ)

Породы с кристаллами, с кристаллическими зернами, кристаллами в виде

Породы сплошь (полно) кристаллические

Кристаллы расположены беспорядочно (в расположении составных частей нет особой закономерности)			*Кристаллы распол (равномерно-зер*
Породы светлой окраски (белая, желтая, розовая, серая, зеленоватая, красная, бурая)		Породы темной окраски (черная, темно-зеленая, темнобурая)	Порода вскипает с соляной кислотой
В породе имеется полевой шпат в виде непрозрачных призмочек, табличек и зерен белого, серого, желтого, мясокрасного, зеленого цвета.	В породе полевого шпата нет	Порода зернистого строения, окраска преимущественно темная, чаще серых и зеленоватых тонов. Главная составная часть—полевой шпат (плагиоклаз), сопровождаемый роговой обманкой, слюдой или пироксеном Как сиенит, сходен с гранитом. Диорит	Кристаллов в основной массе обнаружить нельзя, но местами отмечаются поблескивающие, очень мелкие кристаллы кальцита. Иногда кальцит в виде тонких жилок. Окраска различная, как и для мрамора. Встречаются отпечатки вымерших организмов. Плотный известняк
В породе есть кварц в виде зерен жирного блеска, твердых (не царапаются ножом)	Кварца в породе нет	Порода состоит из округленных кварцевых зернышек, крепко сцементированных кварцевым цементом. Кварцит	Порода мелко, и среднезернистая, причем зернышки кварцевые, а цементирующее вещество известковое, образованное неправильными зернами кальцита, иногда более крупными чем кварцевые. Известковый песчаник
Порода состоит: из щелочного полевого шпата (ортоклаз, микроклин) с той или иной примесью известково натрового полевого шпата (плагиоклаза), кварца и цветного силиката (слюды, роговой обманки, авгита и др.). Гранит Примечание: По структуре граниты различаются равномерно-зернистые—зерна различной крупности и порфировидные — среди равномерно-зернистой массы отдельные более крупные кристаллы. При полевом обследовании к гранитам могут быть отнесены кварцевый сиенит, кварцевый диорит и другие, и в этом случае удобнее всю совокупность гранитовых пород (гранит, кварц, сиенит, кварц. диорит) называть гранитоидами.	Некрупные кристаллы или зерна полевого шпата сопровождаются черными, матовыми зернами амфибола, пироксена или чешуйками слюды. Сиенит	Порода состоит из округленных кварцевых зернышек среднего или малого размера, сцементированных каким-либо цементом, иногда слоиста. Песчаник Порода состоит из мелких зернышек кальцита, образующих сплошную однородную массу, похожа на сахар. Соляная кислота вскипает. Цвет белый, серый, голубоватый, зеленый и др. Иногда разноцветный с жилками. Кристаллический известняк Те-же признаки, что у кристаллич. известняка, но кислота действует на породу только в измельченном состоянии или при нагревании. Доломит	Пироксинит. Примечание. Сюда же могут быть отнесены амфиболиты, где цветная составная часть представлена преимущественно роговой обманкой. Строение зернистое Полевой шпат наблюдается в форме вытянутых, узких пластинок белых и светло-серых тонов, иногда с белыми кристаллами. Окраска зеленовато-черная, иногда буро-красная. Поверхность иногда представляется пузырчатой, шлаковой, типично лавовой. Диабаз

НБ УДУНТ (ДГТ)

чешуек или листочков			Породы без кристаллов—плотные, ноздреватые или зернистые		
ожены слоями нистое слож.)	***Породы с разрозненными кристаллами*** *(отдельные кристаллы вкраплены в аморфную или мелкозернистую массу)*		***Порода ноздреватая***	***Порода плотная или зернистая***	
Порода не вскипает с соляной кислотой	Порода светлая	Порода темная		Порода состоит из мелких зернышек, плотно сцементированных	Порода плотная, отдельные зернышки неразличимы или их вовсе нет
Порода состоит из кристаллов полевого шпата, кварца и слюды (иногда и роговой обманки), расположенных отчетливыми слоями, лентами, полосами. Иногда слои собраны в мелкие складки. Цвет серый, розовый, красный, пестрый. Гнейс Порода мелко- и среднезернистая, причем зернышки кварцевые, а цемент железистый или кремневый. Окраска различная. Песчаник	Порода светло-окрашенная, серых, желтоватых, иногда красноватых тонов. На ощупь шероховатая. В однотонную, основную массу вкраплены отдельные, светлые (светлосерые) кристаллы полевого шпата. Темные минералы в небольшом количестве. Трахит Те-же признаки, но в основной массе, кроме табличек полевого шпата, имеются вкрапления кварца. Иногда наблюдается полосатая структура. Липарит Порода окрашена в серые, красные и бурые тона. труктура микрогранитовая. Вкрапленники кварца нередко округлены. Кварцевый порфир Примечание. Кварцевый порфир представляет собою липарит более древнего происхождения. Порода состоит из вулканического пепла, обломков и даже вулканических бомб. Иногла из мелких шаровидных телец. Все элементы плотно сцементированы. Вулканический туф	Среди темной, плотной массы имеются выделения в виде неправильных жилок белого минерала или отдельные гнезда кристаллов. Вскипает с кислотой. Полукристаллическ. известняк Основная масса темная, иногда зеленоватая, розоватая, плотная. В ней вкраплены крупные, светлые или темные выделения минералов (полевой шпат, кварц, слюда, роговая обманка, пироксен и др.). Порфирит Те-же признаки. но основная масса пористая, пузыристая. Андезит. При наличии кварца. Дацит.	Порода образует пористую массу серого или белого цвета, иногда с пустотами. Вскипает с кислотой. Известковый туф	Порода состоит из зерен кварца, полевого шпата, глауконита и других второстепенных минералов. Цвет породы серый, коричневый, различной интенсивности. Песчаник Примечание. В зависимости от состава цемента песчаник может быть известковый, глинистый, битуминозный и др.	Порода плотная или тонкозернистая, тусклая, черная. Иногда темно-серая. Базальт

НБ УДУНТ (ДПТ)

Плотный известняк имеет строение аморфное, иногда можно заметить очень мелкие кристаллы кальцита. Под действием соляной кислоты бурно вскипает. Цвет обычно светло- или темносерый. В большинстве случаев имеет временное сопротивление на раздавливание свыше 1000—1200 *кг* и потому с успехом применяется на устройство мостовых и шоссе.

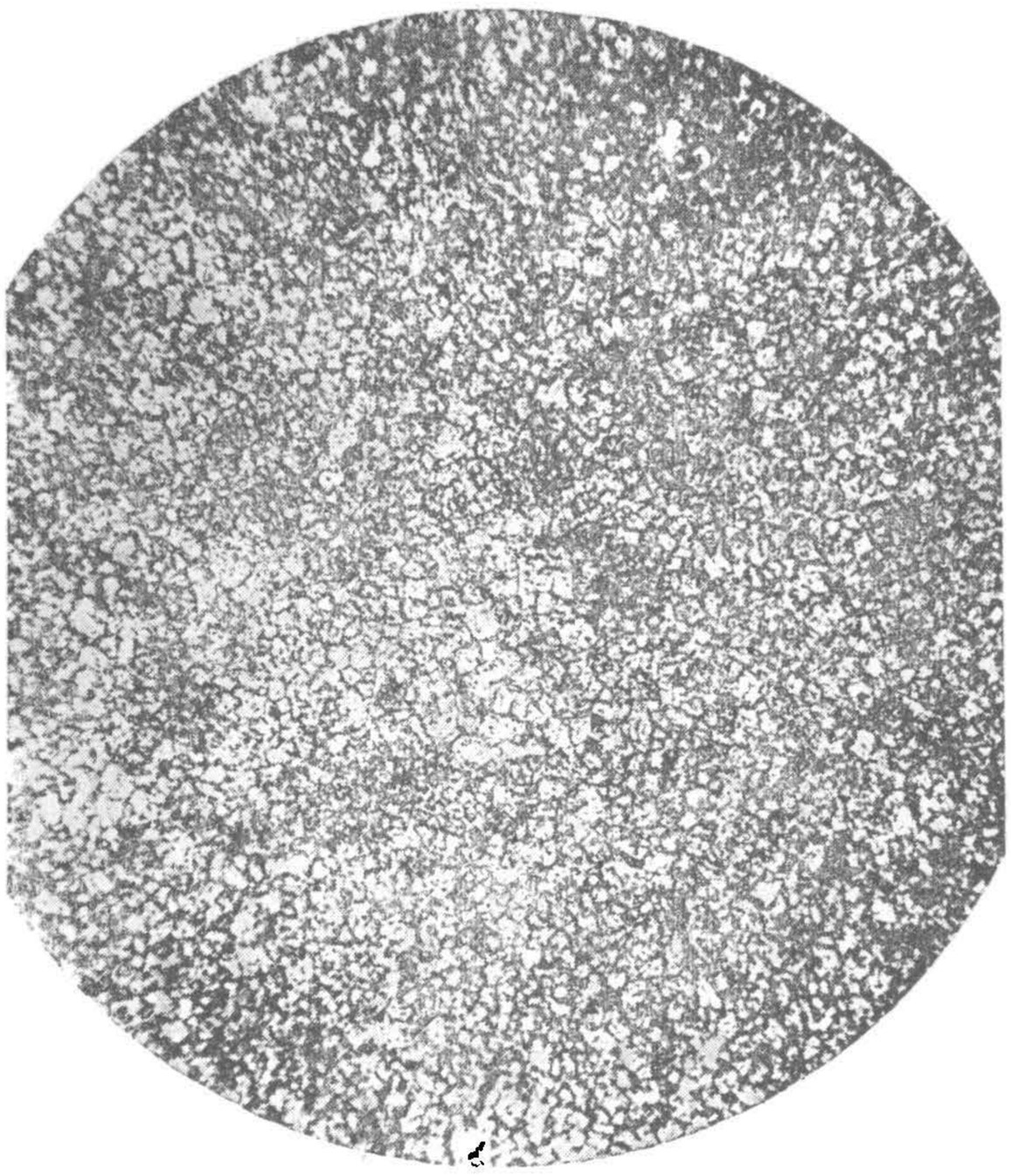


Рис. 363. Доломит.

Доломит имеет те же признаки, что и плотный известняк, но вскипание под действием соляной кислоты наблюдается только при размельченной или подогретой породе.

Кварцит состоит из мелких зерен кварца, сросшихся между собою без видимых признаков цементирующего вещества. Цвет часто красноватый. Свежий излом показывает под лупой характерный для кварца жирный блеск. Твердый и устойчивый каменный материал.

Гнейс не отличается от гранита по минеральному содержанию, но в то же время имеет сланцеватую или слоистую структуру с прослойками слюды. Употребляется главным образом на основания дорожных одежд.

Знание породы каменного материала еще не определяет возможности использования ее для нужд дорожного строительства, так как в отдельных случаях физико-механические свойства материала могут очень сильно колебаться в зависимости от выветрелости, трещиноватости и других причин.

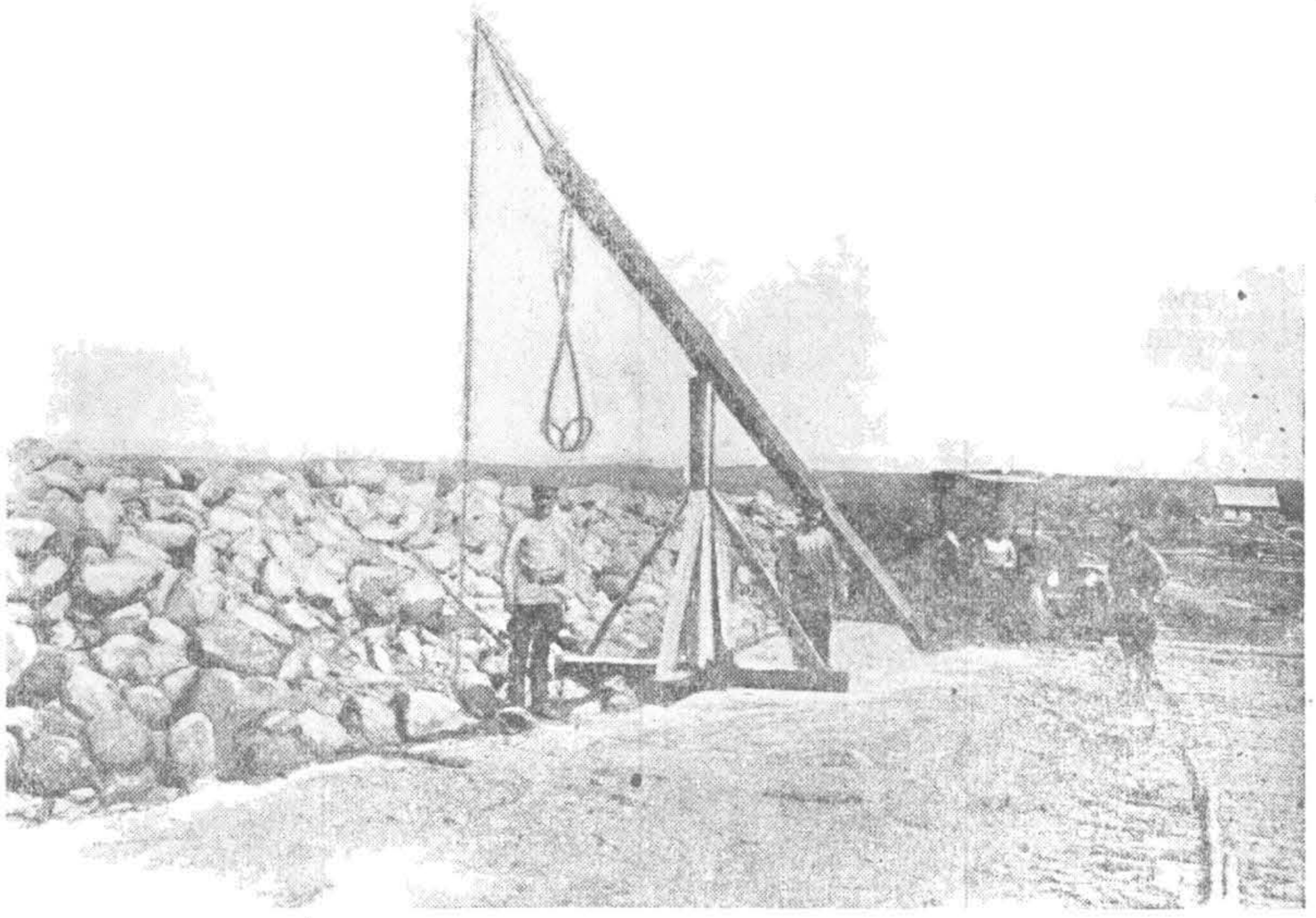


Рис 364 Журавль для погрузки камня.

В то же время знание породы позволит дорожнику правильно производить сортировку материала, о чем говорится дальше; что же касается окончательного суждения о пригодности такового, то оно должно быть вынесено в лаборатории после всех необходимых испытаний над характерными для данного месторождения образцами.

В приложении дана таблица, позволяющая определить в полевых условиях породу каменного материала (см табл. 131).

§ 134. Добыча каменного материала. Необходимый для дорожного строительства каменный материал может залегать в виде: а) валунных карьеров, б) коренных карьеров.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Валунные карьеры бывают либо в виде разбросанных валунов, находящихся на поверхности земли или втопленных в землю на большую или меньшую глубину, либо в виде залежей камня в грунте гнездами различной мощности. Ввиду того, что способ разработки валунных карьеров зависит от очень многих местных факторов, нужно подходить к этому вопросу крайне осторожно, производя экономический подсчет с учетом всех местных обстоятельств.

Рис. 365. Погрузка камня на автомобиль.

Разработка карьеров в виде скопления валунов на поверхности земли сводится к сборке валунов, допускающих возможность ручной погрузки на повозки для транспортирования к месту разделки на штучный камень или щебень, либо непосредственно к месту работ, либо для погрузки на другой вид транспорта (железнодорожный, речной, автомобильный).

Крупные валуны необходимо разделять на более мелкие части, удобные для перевозки, что производится или кувалдами (весом 12—15 *кг*), или путем взрывных работ. Как правило, взрывные работы следует производить в тех случаях, когда валуны значительных размеров (более 0,5 $м^3$) втоплены в землю или когда объем отдельных камней, находящихся на поверхности, превышает 1 $м^3$.

Применяемые для этих работ взрывчатые вещества помещают в предварительно пробуренные шпуры. Бурение шпуров может производиться или вручную, или, если объем работ велик и применение механизации рентабельно, пневматическими перфораторами с передвижными компрессорами. Количество и расположение шпуров в плане зависит от размеров камня; в большинстве случаев возможно бывает ограничиться одним шпуром на камень. Бурение шпуров вручную производят, ударяя молотком весом в 2—4 *кг* по стальному стержню с плоским концом—сверлу. Диаметр сверла—38 *мм*, длина в зависимости от глубины шпура 0,6—2,0 *м*. Иногда вместо сверла применяют буры, представляющие собою долотчатые сверла с клинообразным концом (рис. 366). Угол клина делается в 40—100° в зависимости от твердости породы: чем порода мягче, тем угол делают меньше, и наоборот. В трещиноватых грунтах, в ко-

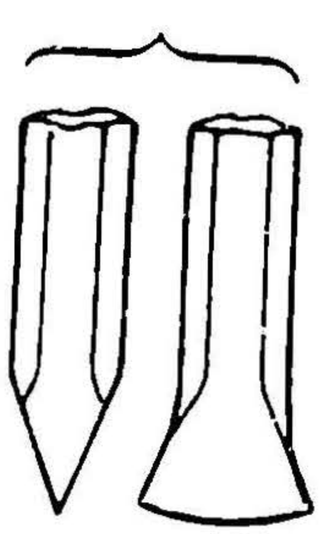


Рис. 366. Бур с клинообразной головкой.

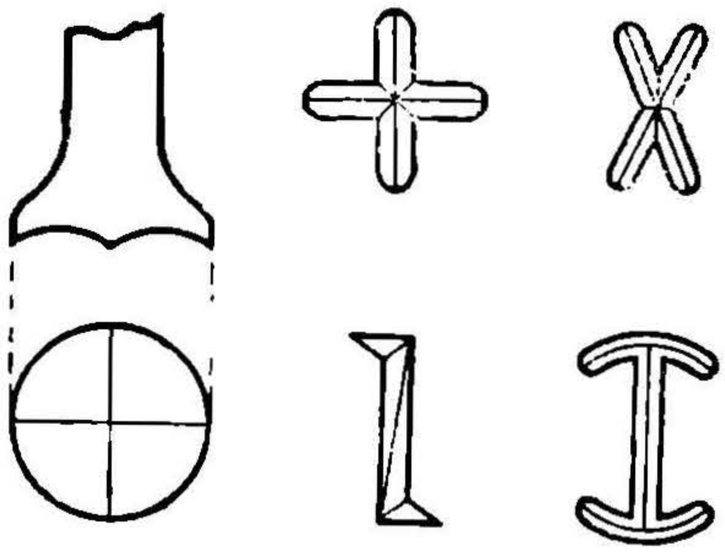


Рис. 367. Формы головок буров: венцовая, крестовая и Z-образная.

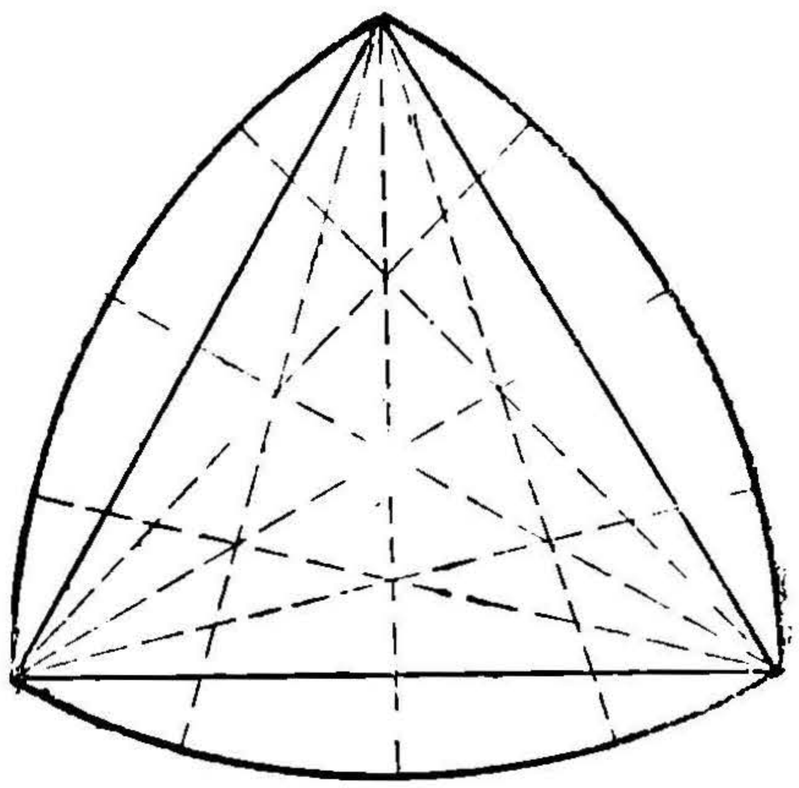


Рис. 368. Различные положения лезвея клинообразного бура.

НВ УДУНТ (ДІТ)

торых клинообразный конец может заклиниваться, предпочтительнее пользоваться более сложными формами головок (см. рис. 367), которые придают шпуру более правильную круглую форму, благодаря тому что они вращаются вокруг своей оси, в то время как клинообразные вращаются вокруг одного из концов лезвея, отчего форма шпура может получиться в виде треугольника с выпуклыми сторонами (см. рис. 368). После каждого удара молотком по сверлу последнее поворачивают в скважине вокруг вертикальной оси, обычно на 45°. Иногда при глубоких скважинах бурение шпура производят двое рабочих, из которых один держит сверло, а второй ударяет кувалдой весом в 4—8 *кг*. При бурении в скважине образуется каменная мука, которую время от времени извлекают помощью специальной „чищалки", представляющей тонкий металлический прут с концом в виде ложечки. Для уменьшения изнашивания сверла в скважину наливают воду, которую перед снаряжением скважины удаляют во избежание замочки патрона с взрывчатым веществом.

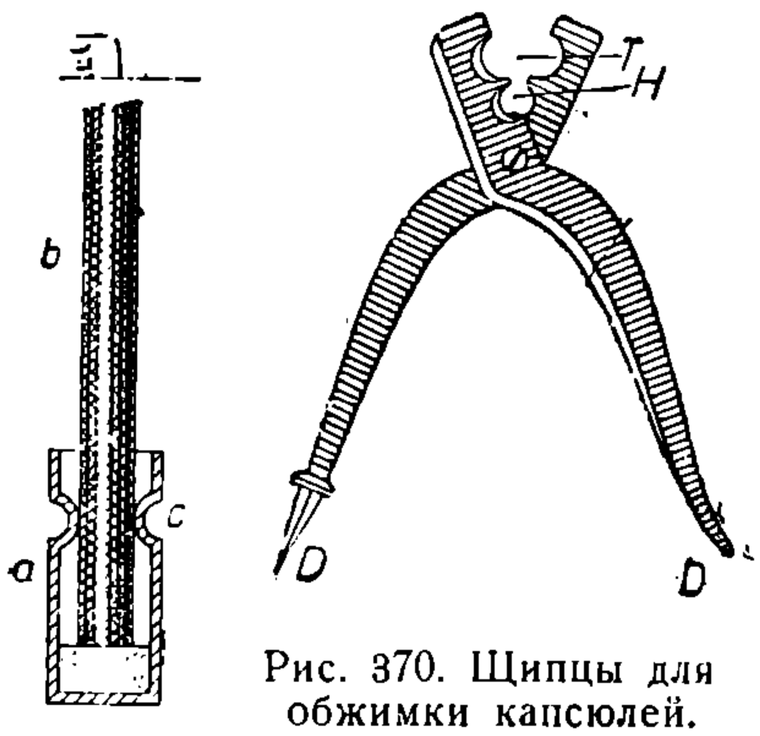


Рис. 370. Щипцы для обжимки капсюлей.

Рис. 369. Капсюль с бикфордовым шнуром.
а—капсюль, *б*—бикфордов шнур, *с*—кольцевой желобок.

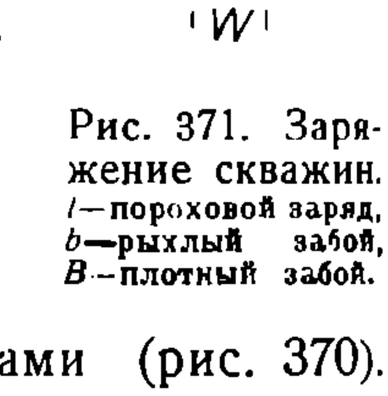


Рис. 371. Заряжение скважин.
t—пороховой заряд, *b*—рыхлый забой, *B*—плотный забой.

Для взрывных работ обычно употребляются дробящие взрывчатые вещества: аммонал или динамит. Детонатором служит гремучая ртуть, помещенная в медный капсюль, а запалом — бикфордов шнур который одним концом вводится в капсюль с детонатором (рис. 369). При этом верхний конец капсюля во избежание выпадения бикфордова шнура обжимается специальными щипцами (рис. 370).

Бикфордов шнур состоит из плотной пороховой мякоти (измельченных угля, серы и селитры), заключенной в несколько оболочек. Скорость горения шнура 1 *м* в минуту. Длина шнура рассчитывается таким образом, чтобы от момента воспламенения до момента взрыва запальщик успел зажечь необходимое количество шнуров и удалиться в безопасное место.

После того как бурение скважины (шпура) закончено, в нее помещают нужное количество взрывчатого вещества с детонатором и производят слабую забивку скважины мягким грунтом (рис. 371). Скважины заполняют аммоналом или динамитом на одну четверть их глубины, а при применении пороха — на одну треть. Примерная норма расхода аммонала или динамита для взрыва 1 $м^3$ камня—0,3—0,5 *кг*, пороха — в два раза больше.

При второй разновидности валунного карьера — залежах камня в грунте гнездами — процесс добычи камня разделяется на следующие операции:

а) вскрыша карьера, т. е. обнажение основной породы от почвенного покрова и отвозка последнего (см. ниже);

б) выборка валунов из грунта с производством в нужных случаях разделения крупных камней на более мелкие части путем взрывных работ;

в) транспортировка камня.

Отвозка камня и грунта из карьера производится на платформах и в вагонетках узкоколейки, передвигаемых механическими снарядами, конным транспортом или людьми. Можно считать, что на пути горизонтальном или с уклоном в 1% на расстояние до 200 *м* откатку выгоднее производить вручную, при расстоянии до 1000 *м*—лошадьми и свыше 1000 *м* механическими снарядами. Погрузка камня в вагонетки и на платформы производится помощью деррик-кранов или вручную.

Коренные карьеры по геологическим условиям залегания породы могут быть разделены на надземные, когда разработка их осуществляется открытым способом, со вскрышей или без таковой, и на подземные, когда разработка должна вестись в штольнях. Последний вид карьеров, в виду чрезвычайной стои-

ГБ УДМТ (ДИТ)

мости продукции, не применяется при добыче камня для дорожного строительства.

По топографическим признакам карьеры могут быть: а) расположенные на крутому берегу (рис. 373), б) на отлогом косогоре (рис. 374) и в) в ровной местности (рис. 375). До составления проекта разработки карьера необходимо произвести детальное изучение месторождения в отношении: 1) породы камня и его физико-механических свойств, 2) условий залегания, а именно: мощности и характера вскрыши, формы залегания—простирания и падения пластов или направления плоскостей отдельностей, характера трещиноватости, гидрологических условий; 3) объема месторождения.

Процесс добычи камня состоит из следующих операций:

Типы карьеров.

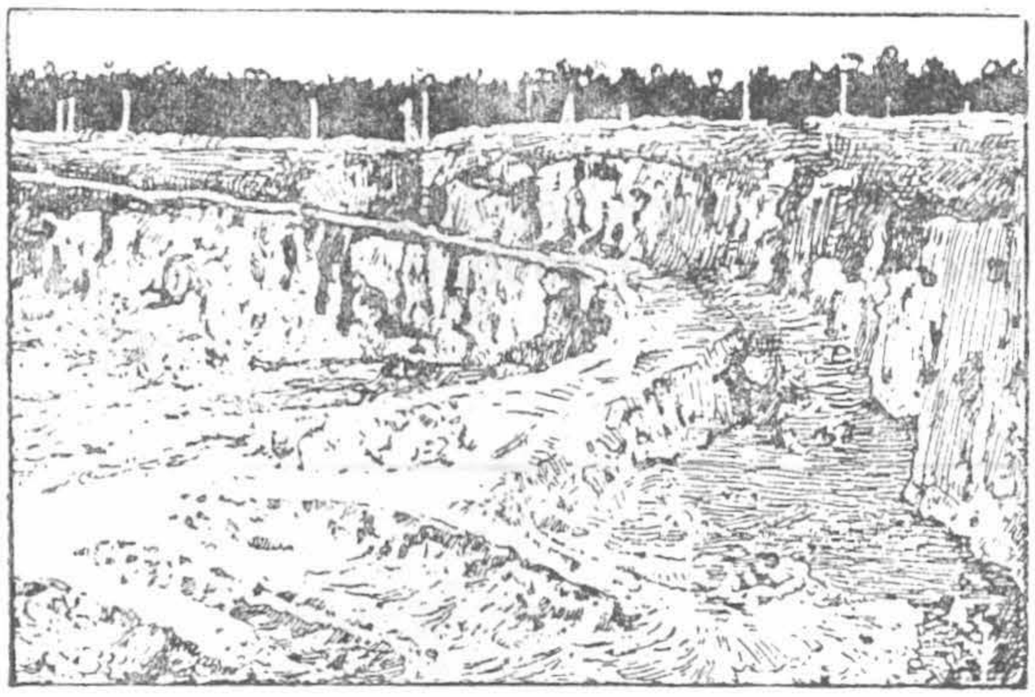


Рис. 372. Гниваньский коренной карьер.

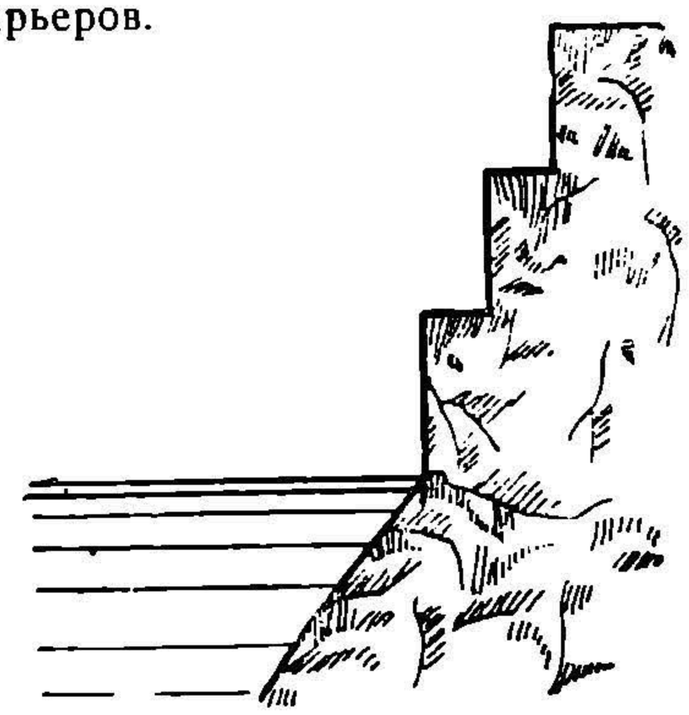


Рис. 373. На крутом берегу.

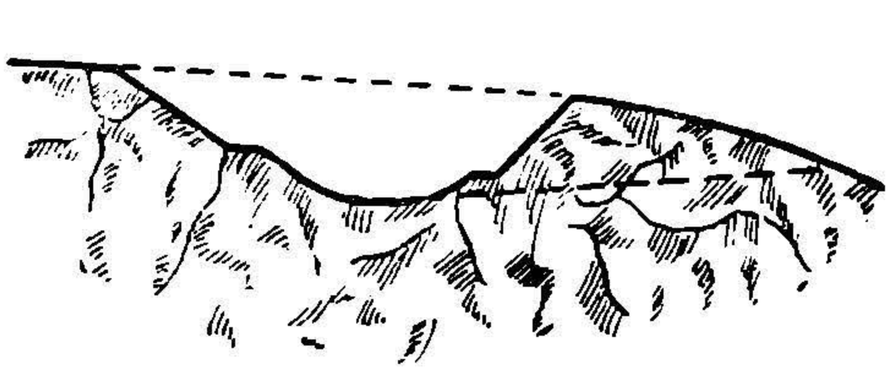


Рис. 374. На пологом косогоре.

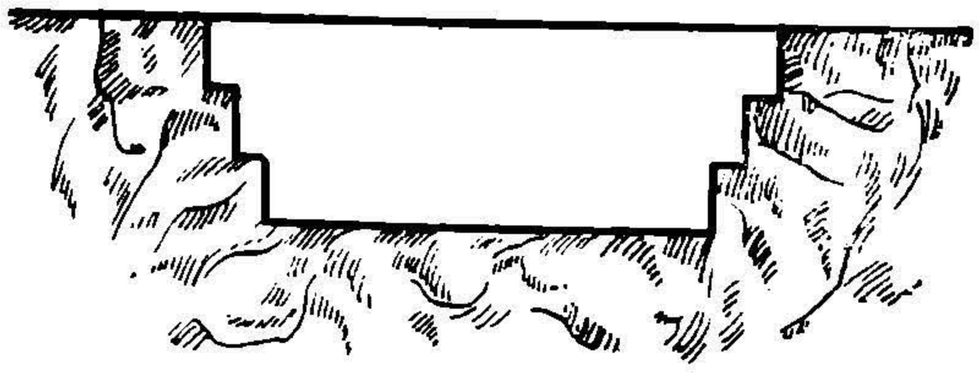


Рис. 375. В ровной местности.

а) *Вскрыша карьера*— снятие почвенного покрова и зоны выветривания. Предварительно должен быть разработан вопрос об использовании материала вскрыши. Почвенный покров можно использовать для устройства площадки под склад продукции и машинные установки, а также для засыпки или обвалования карьерных ям. Материал зоны полного выветривания может быть использован для укрепления полотна внутрикарьерных дорог.

Вскрыша карьера в настоящее время в СССР в большинстве случаев осуществляется не ручным способом, а с применением механизации (экскаваторы, конные и тракторные скреперы). Целесообразность применения того или иного способа зависит от местных обстоятельств (рельеф, мощность и характер вскрыши) и должна быть обоснована расчетом.

б) *Отделение монолитов от скалы* производится путем бурения камня и отделения его от остальной массы помощью взрывных работ. Бурение шпуров (скважин) производится перфораторами с применением постоянной компрессорной установки. Расположение шпуров в плане надо производить в зависимости от характера и форм залегания породы. Так, например, при наличии плоскостей отдельностей или слоев целесообразно использовать их как линии наименьшего сопротивления. При этом не рекомендуется делать глубину шпура более толщины слоя породы.

Расстояние между шпурами следует давать не более 1,5 W, где W— кратчайшее расстояние от центра заряда до обнаженной плоскости забоя. Глубина шпуров

НБ УДУНТ (ДИТ)

зависит от свойств породы, от требуемых размеров кусков камня, от удобств бурения (чем неудобнее положение рабочего при бурении, тем мельче должен быть шпур), от величины линии наименьшего сопротивления. В породах тонкослойных, складчатых или имеющих короткие и частые трещины, глубину шпуров следует назначать 0,25—0,5 *м*; в мощных пластах с правильной трещиноватостью—0,5—1,0 *м*; в массивных породах без прослоек до 2 и более метров. Зависимость глубины шпура от линии наименьшего сопротивления должна быть такая: при одной обнаженной плоскости забоя глубина шпура $T =$ от 1,5 до 2 W и при двух обнаженных плоскостях $T =$ от 1,5 до 2,5 W.

Примерная норма расхода взрывчатого вещества на 1 $м^3$ каменной породы указана выше. Потребность взрывчатого вещества может быть также подсчитана по формуле:

$$Q = \varepsilon R w^2,$$

где Q — вес заряда в *кг*,
w — линия наименьшего сопротивления в *м*,
ε — коэффициент, зависящий от силы взрывчатого вещества,
R — коэффициент, зависящий от свойств каменной породы.

Таблица 134

Значения коэффициентов ε и R

Название взрывчатого вещества	Значение ε	Название породы	Значение R
Динамит № 1 (75% нитроглицерина)	1	Кварцит, твердый гранит	1
„ № 2 (22%	1,30	Гранит, порфир, гнейс.....	0,80
Студенистый динамит... ...	0,70	Твердый сланец. зернистый известняк	0,50
Пироксилин	0,95	Породы средней твердости (известняк, сланец)	0,37
Зернистый порох..	2,50	Породы малой твердости (мел).	0,15
		Сыпучие породы..... .	0,05

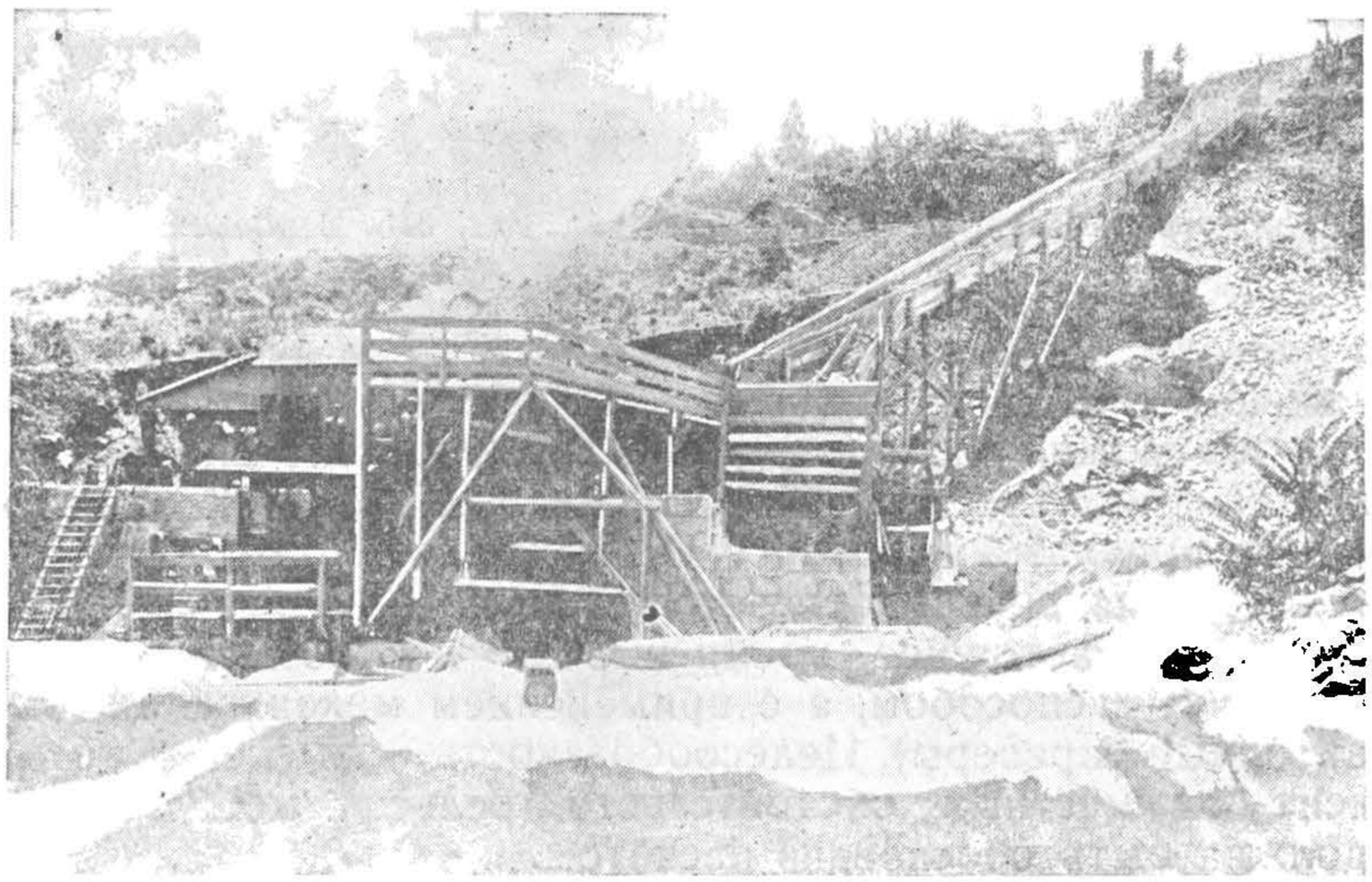


Рис. 376. Спуск камня по деревянным лоткам к камнедробильной установке.

Более точно необходимое количество взрывчатого вещества устанавливается путем опыта. Закладка заряда и детонатора производится, как было сказано ранее. Помимо бикфордова шнура могут применяться также специальные магнито-электрические машины.

в) *Спуск отдельных монолитов на территорию карьера для дальнейшей переработки* производится либо по деревянным лоткам (фиг. 376), либо путем применения бремсберга (рис. 377).

НБ УДУНТ (ДПТ)

§ 135. Оборудование каменных карьеров. При больших работах по съемке вскрыши особенно при каменистом грунте, целесообразно применять экскаваторы. Наиболее часто применяется одночерпаковый с жесткой рукояткой на гусеничном ходу с емкостью ковша 0,38—0,57—1,34 $м^3$, с производительностью 15—80 $м^3$/час, из них наибольшее распространение в американском дорожном строительстве получил экскаватор с емкостью ковша 0,57 $м^3$ (рис. 378).

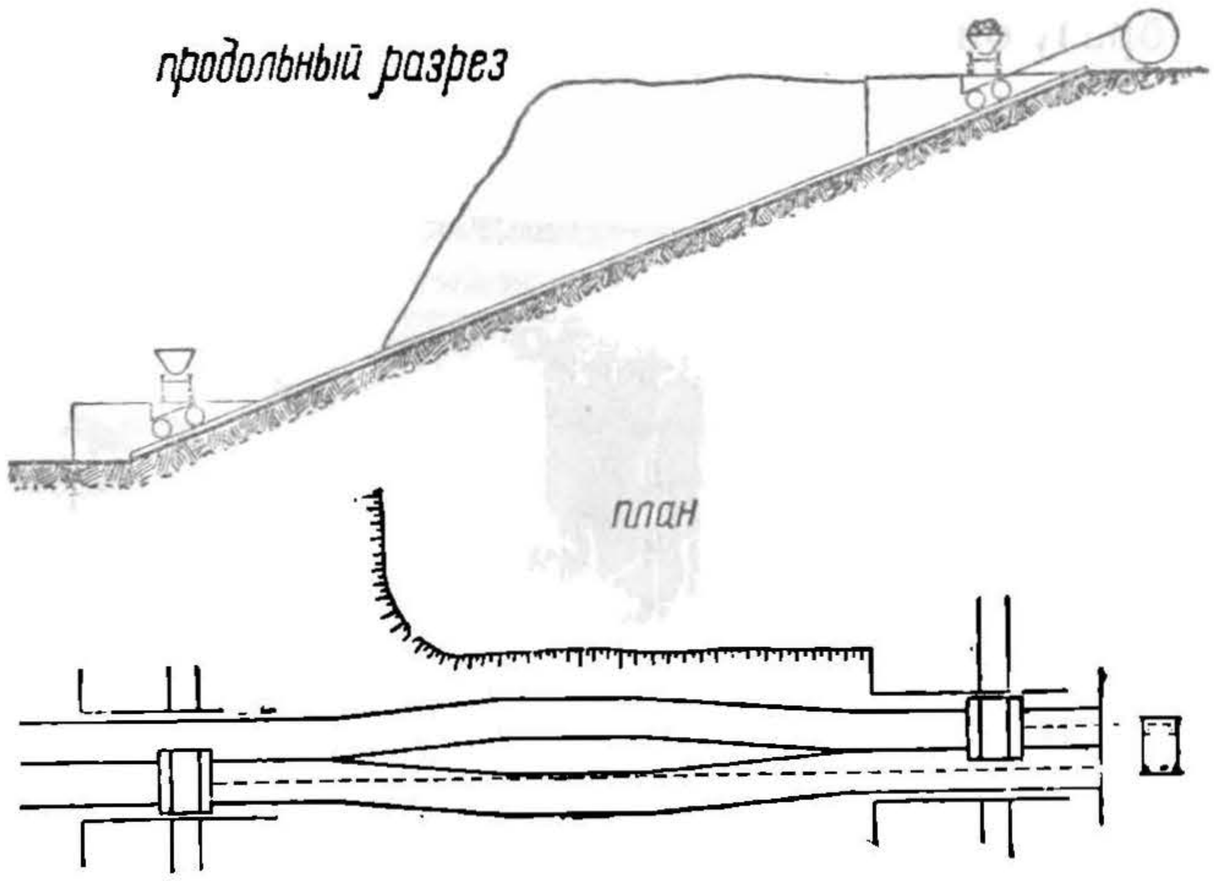


Рис. 377. Спуск камня бремсбергом.

Механизация буровых работ осуществляется, как сказано, пневматическими буровыми инструментами (перфораторами), работающими от компрессорных установок. Перфораторы бывают молотковые и

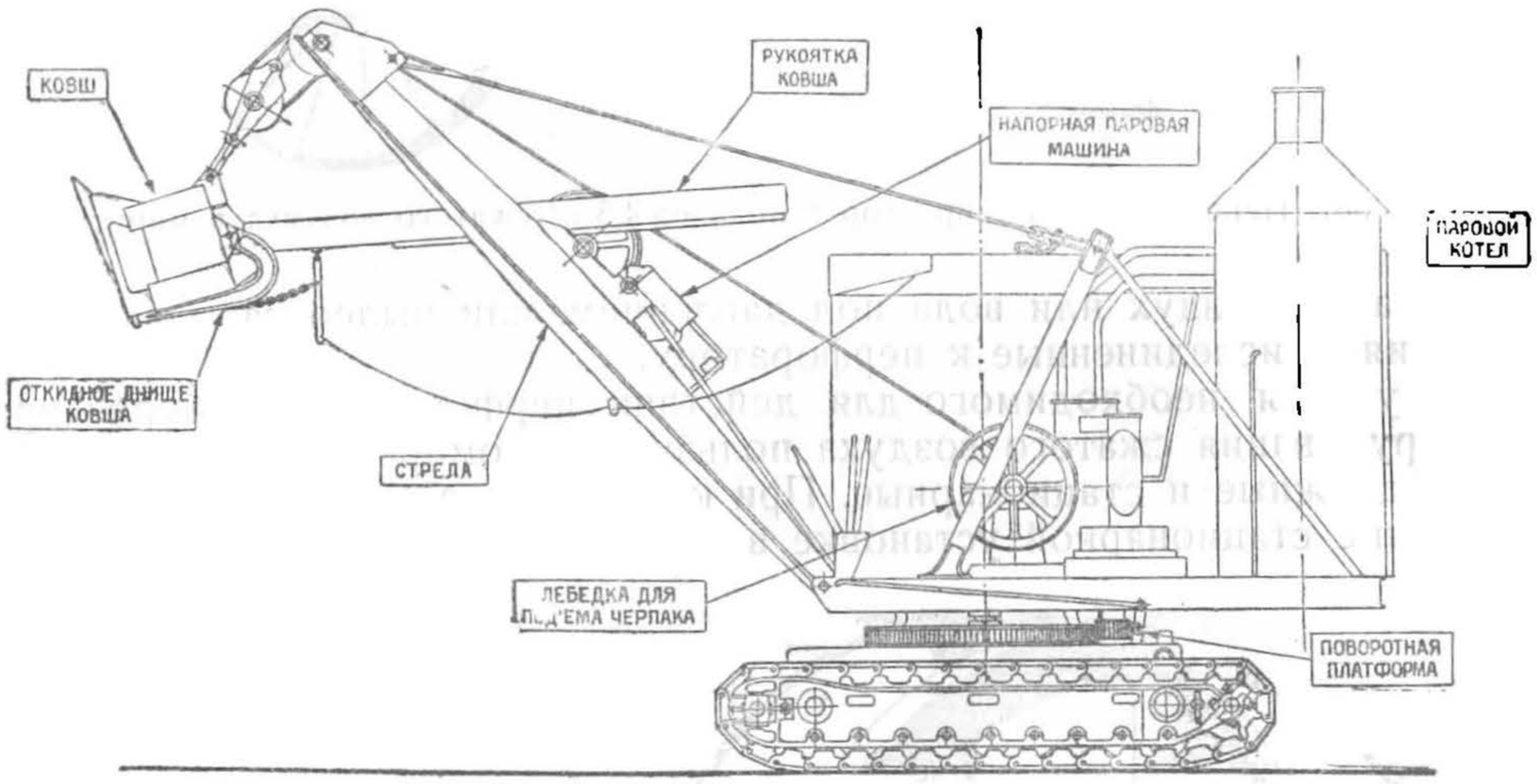


Рис. 378. Схема одночерпакового экскаватора с жесткой рукояткой на гусеничном ходу.

поршневые; предпочтение отдается молотковым перфораторам, отличающимся большей долговечностью, меньшим износом буровой стали и меньшим весом. Из русских перфораторов для бурения на глубину до 1,5 *м* может быть рекомендован перфоратор завода „Пневматик" в Ленинграде

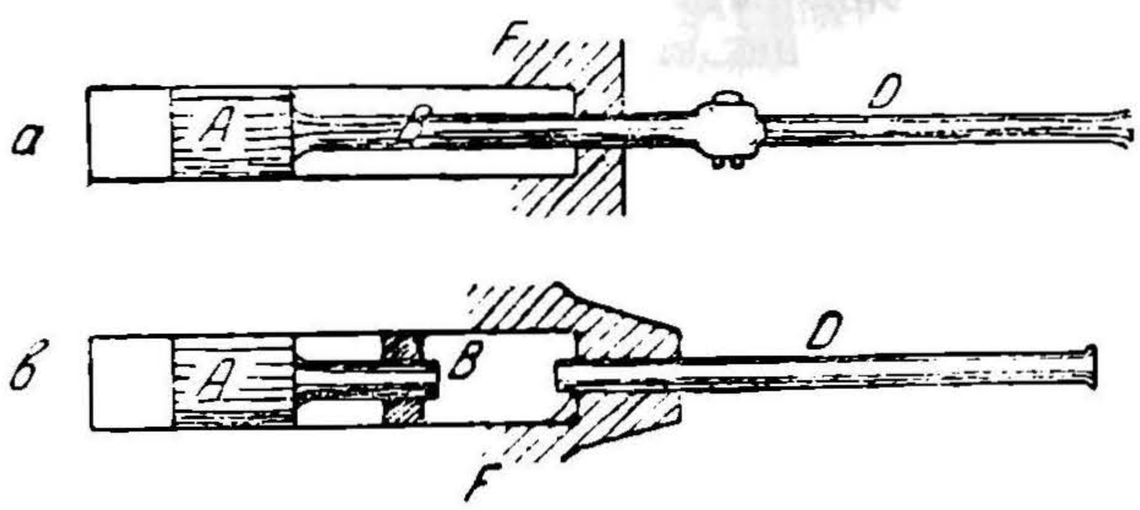


Рис. 379.
а) Схема перфоратора поршневого типа, в) Схема перфоратора молоткового типа.

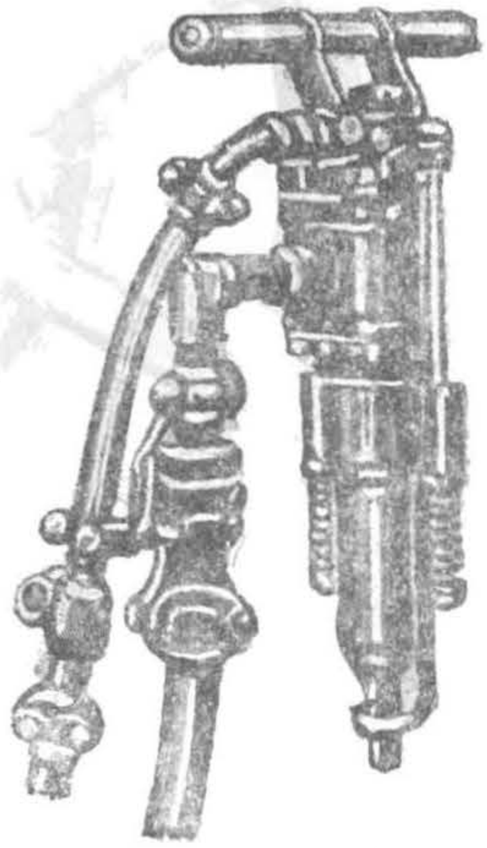


Рис. 380. Вращающийся перфоратор фирмы „Сулливан" с промывкой водой.

ПГУТ УДУНТ (ДИТ)

тип „БМ-1“, а для бурения на глубину свыше 1,5 *м*—тип „ББ-1“ и „БМ-13“. Из американских—перфораторы фирм „Сулливан“ и „Ингерсоль-Ранд“.

При работе пневматических буров в скважинах накопляется каменная пыль, образующая подушку, которая ослабляет силу удара. Для удаления этой пыли

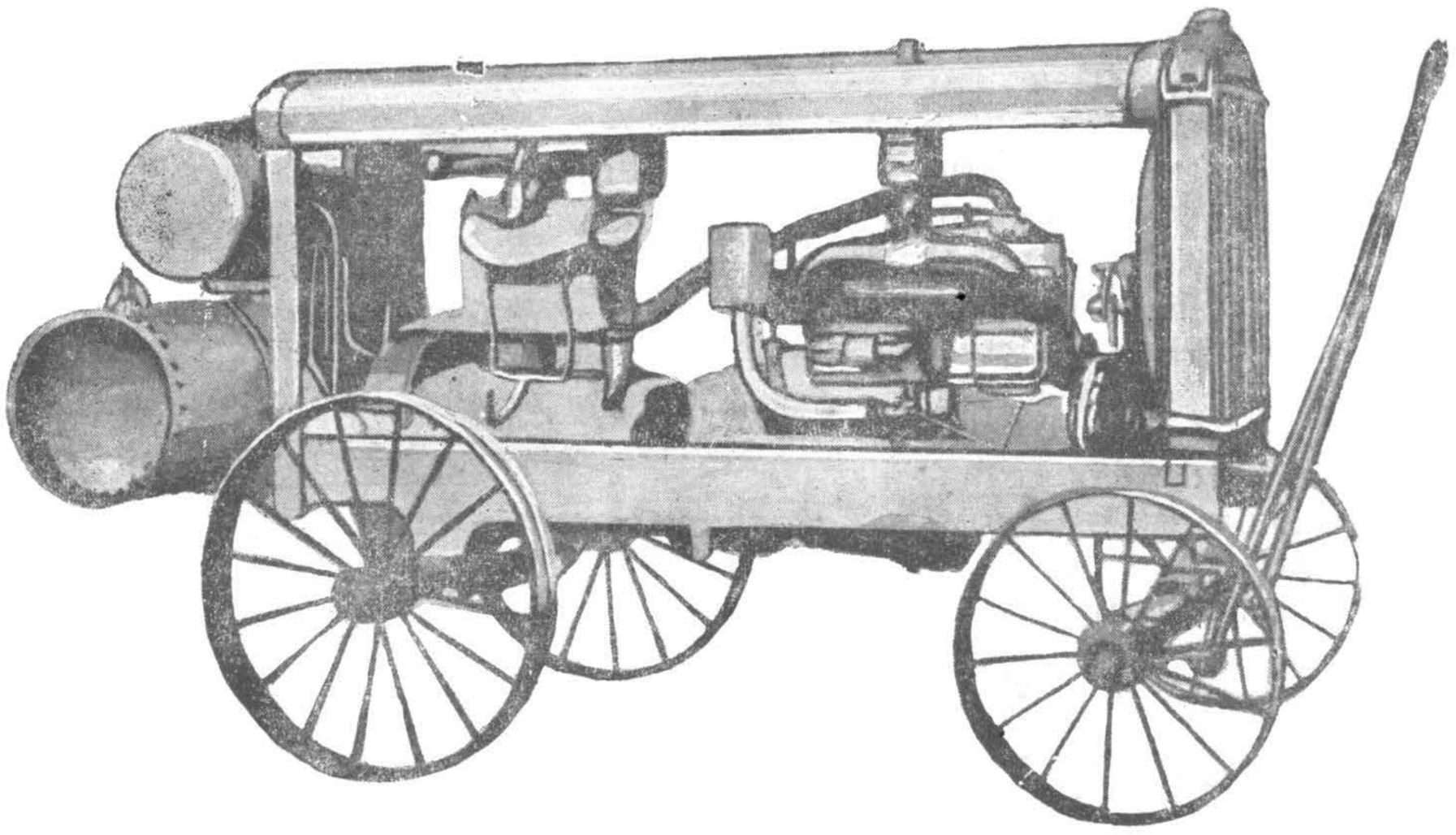


Рис. 381. Передвижной компрессор с подачей 4,5 $м^3$ сжатого воздуха в минуту.

служат сжатый воздух или вода под давлением, или пылеотсасывающие приспособления, присоединенные к перфоратору.

Для получения необходимого для действия перфораторов и бурозаправочного оборудования сжатого воздуха пользуются компрессорами, которые бывают передвижные и стационарные. При коренных карьерах следует отдавать предпочтение стационарной установке вследствие ее большей экономичности,

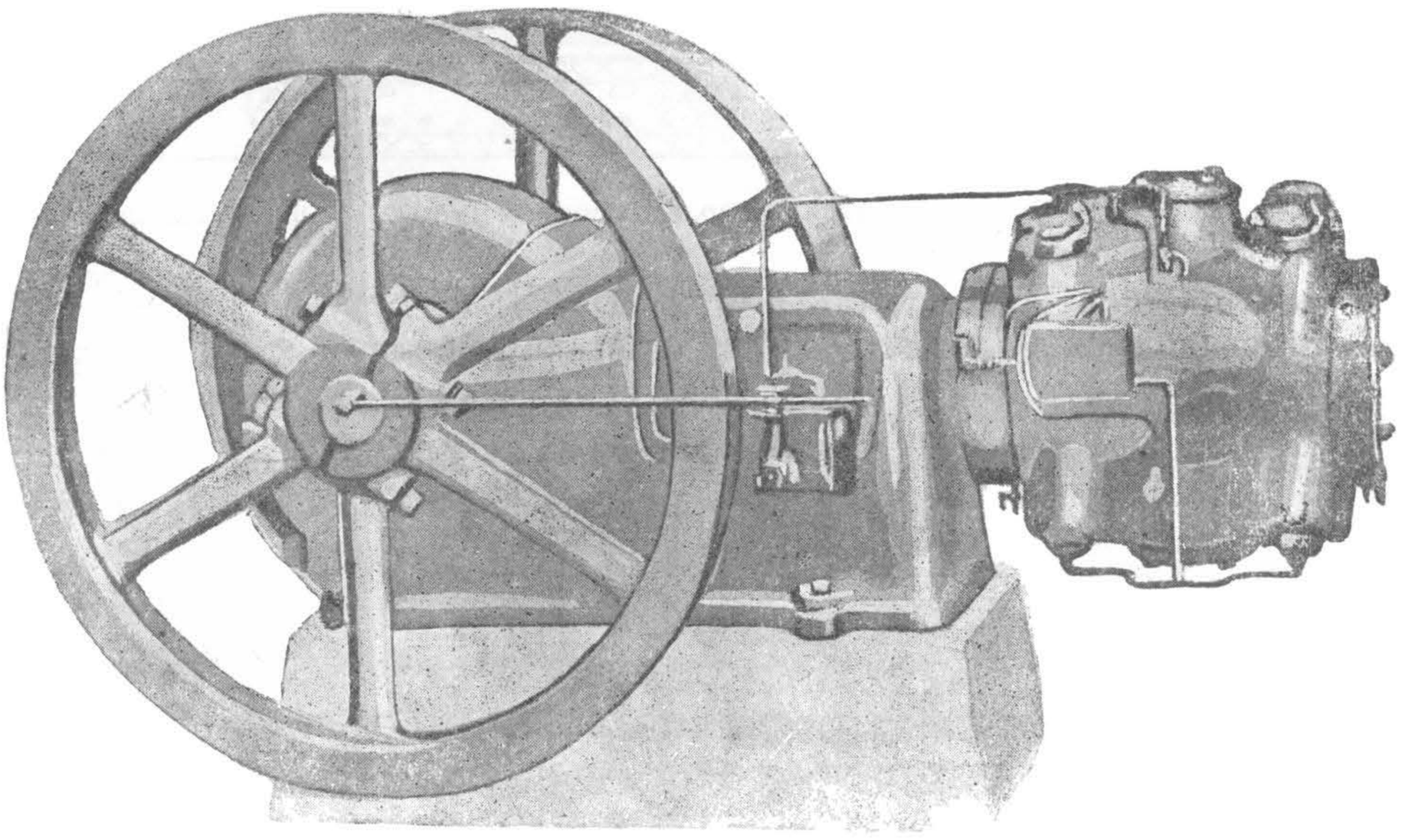


Рис. 382. Стационарный компрессор.

используя в крайнем случае передвижные компрессоры, как переходную форму бурения. При карьерах в виде скопления валунов выбор того или иного типа компрессоров следует производить в зависимости от компактности залегания камней.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Мощность компрессорной установки следует рассчитывать, исходя из наибольшего минутного расхода воздуха на максимальное количество одновременно работающих перфораторов, потребление бурозаправочными машинами, покрытие потерь в воздухопроводе, с учетом возможности расширения производства.

Пример. Требуется определить мощность компрессорной установки и потребное количество перфораторов типа БМ—4 для разработки 20 000 $м^3$ камня гранитных пород средней прочности, считая продолжительность сезона в 250 восьмичасовых смен.

Учитывая, что на 1 $м^3$ камня требуется пробурить 0,75 *м* скважины, что производительность одного перфоратора на породе указанной прочности составляет 12 *м* в смену [1] и что коэффициент использования перфораторов, зависящий от коэффициента использования компрессоров (при передвижке компрессоров перфораторы не работают), равен 0,6, получим количество потребных для одновременной работы перфораторов

$$\frac{20000 \cdot 0{,}75}{250 \cdot 12 \cdot 0{,}6} = 3 \text{ шт. (с округлением).}$$

Принимая расход воздуха на один перфоратор указанного типа в среднем 1,8 $м^3$ в минуту и коэффициент одновременной работы перфораторов 0,75, определяем потребный для работы перфораторов расход воздуха

$$1{,}8 \times 8 \times 0{,}75 = 10{,}8 \ м^3 \text{ в минуту.}$$

Считая потерю воздуха в разводящей сети, при общем протяжении трубопровода 300 *м*,—0,5 $м^3$ в минуту и расход воздуха на работу одной бурозаправочной машины 1,5 $м^3$ в минуту, получим общий расход воздуха (мощность компрессорной установки)

$10{,}8 + 0{,}5 + 1{,}5 = 13 \ м^3$ в минуту (с округлением).

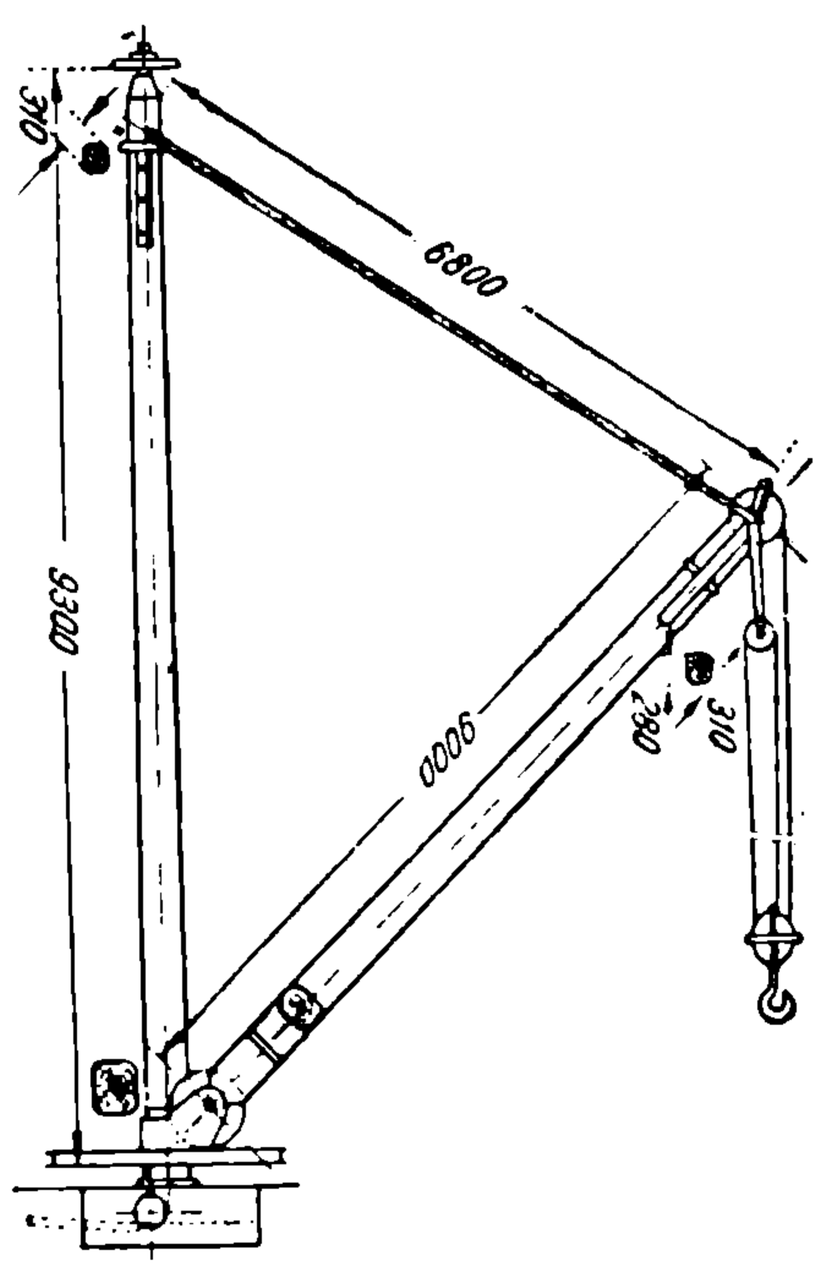


Рис. 383. Деррик-кран.

Принимая во внимание большую стоимость воздухопровода (примерно 20 000 руб. на 1000 *м* одиночной трубы) и большие потери в нем воздуха—компрессорную станцию следует располагать по возможности ближе к местам потребления воздуха. Главная воздухопроводная магистраль должна быть расположена таким образом, чтобы сеть разводящих труб была сведена до минимума, также должна быть минимальной длина резиновых шлангов в виду их высокой стоимости, быстрого износа и большой потери в них воздуха.

Подтаскивание отдельных камней после отделения их от массива и погрузка в вагонетки производится помощью деррик-кранов, которые бывают подъемной силой в 5, 10, 15 *т*. Радиус действия крана 10—12 *м*.

Общая схема механизации каменного карьера приведена на рис. 384.

§ **136. Сортировка каменных материалов**. Применение для постройки и ремонта дорог неоднородного по своим физико-механическим свойствам каменного материала влияет на качество покрытия. При этом, чем больше неоднородность применяемых материалов, тем скорее наступает разрушение покрытия: образование колей и выбоин. Затрата на сортировку камня окупит себя в дальнейшем увеличением срока службы покрытия. Кроме того покрытие будет иметь равномерный износ, что дает как гладкость поверхности, так и возможность правильного планирования производства ремонта и заготовки для него каменных материалов.

---

[1] На известняках производительность работы одного перфоратора составляет примерно 30 *м* в смену.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Имея в виду, что валунные карьеры во всех случаях представляют скопление самых разнообразных изверженных и осадочных пород каменных материалов (иногда количество пород в одном карьере достигает 60 и более),—следует всегда производить в таких случаях сортировку камня.

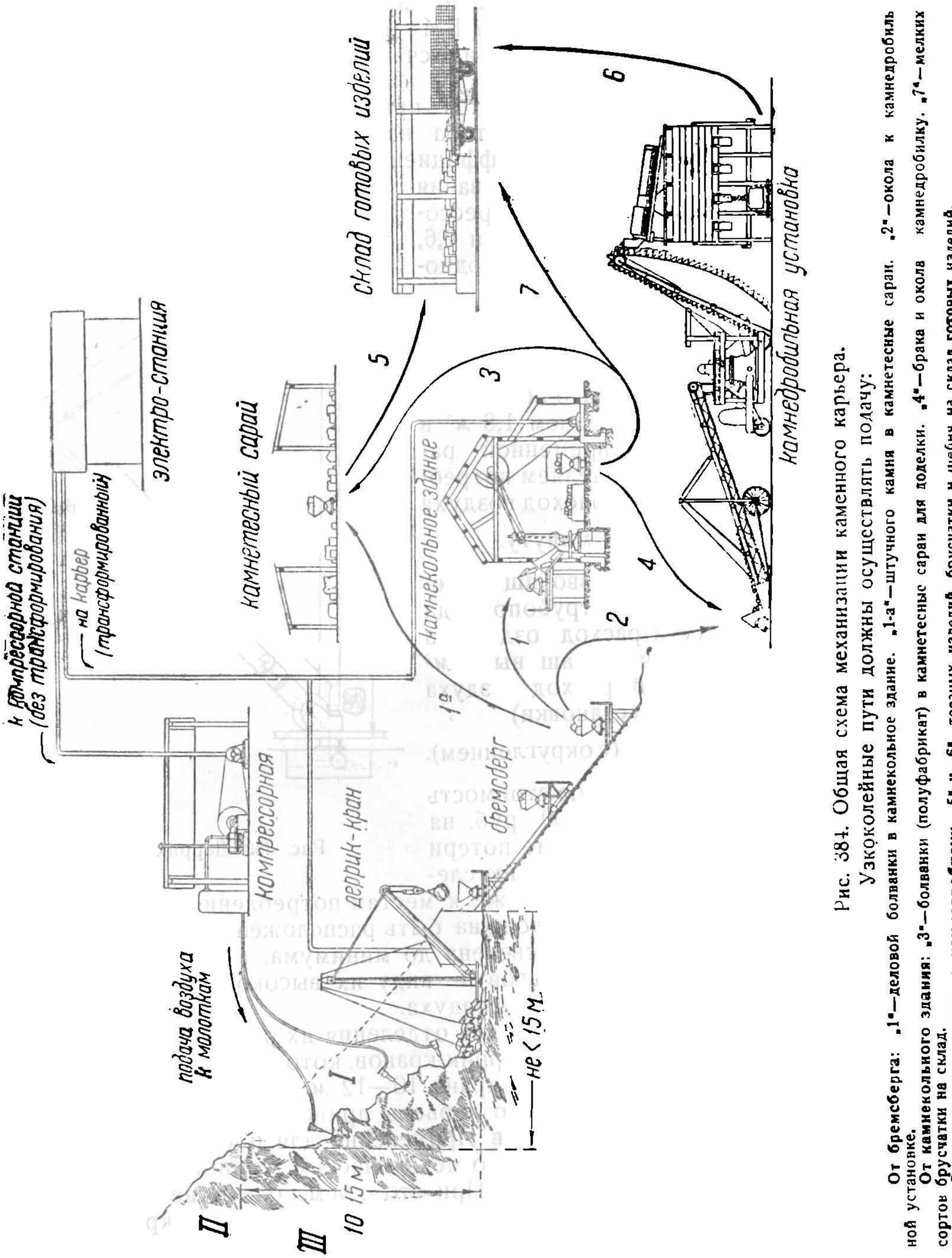


Рис. 384. Общая схема механизации каменного карьера.
Узкоколейные пути для подачу:
От бремсберга: „1"—деловой болванки в камнеколбное здание. „1-а"—штучного камня в камнетесные сараи. „2"—окола к камнедробилке. „3"—болванки (полуфабрикат) в камнеколбное здание: „4"—брака и окола к камнедробилку. „7"—мелких ной установке.
От камнеколбного здания: „5" и „6"—тесаных изделий.
От камнетесного сарая и камнедробилки: „5" и „6"—тесаных изделий, брусчатки и щебня на склад готовых изделий.

Сортировку целесообразнее всего производить в карьере и во всяком случае до переработки каменного материала (в щебень, шашку, брусчатку) по следующим признакам:

а) происхождение пород—изверженные, осадочные;

НБ УДУНТ (ДИТ)

б) крупность зерен—мелкозернистые при размере отдельных зерен менее 5 *мм* и крупнозернистые при размере зерен более 5 *мм*. Сортировка по крупности зерен производится глазомерным определением по свежему излому, в исключительном случае помощью карманной лупы.

В однослойных покрытиях, верхних слоях двухслойных покрытий и в слоях износа других типов дорожных одежд нельзя допускать смешения на одном участке изверженных и осадочных, крупно- и мелкозернистых каменных материалов, даже в том случае, если механические показатели их прочности близки друг к другу. Каждый материал в отдельности может быть употреблен в дело при условии, что он удовлетворяет техническим условиям;

в) степень выветрелости—незатронутые или незначительно затронутые выветриванием (легкое побурение поверхности) и с резкими следами выветривания (нарушение спайности между отдельными кристаллами, заметное изменение окраски).

Сортировка по степени выветрелости производится путем наружного осмотра, а в сомнительных случаях—отбивания молотком отдельных кусков. Употре-

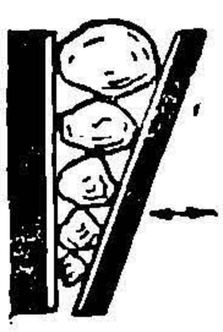


Рис. 385. Схема щековой камнедробилки.

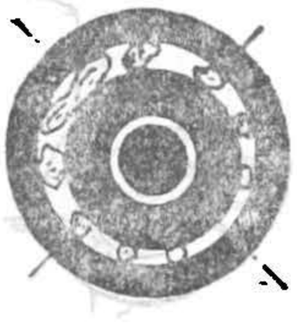


Рис. 386. Схема конусной камнедробилки.

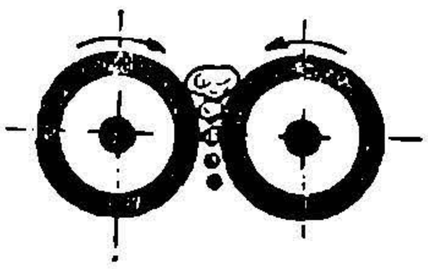


Рис. 387. Схема вальцовой камнедробилки.

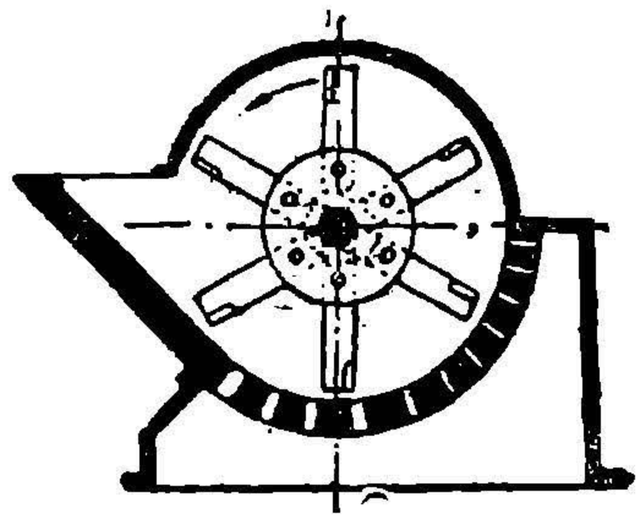


Рис. 388. Схема молотковой камнедробилки.

бление в дело камней с поверхностью, поврежденной выветриванием на глубину до 5 *см*, допускается в менее ответственных местах, при глубине повреждения 5 *см* употребление камня не разрешается.

§ 137. **Обработка каменных материалов.** Каменный материал подлежит обработке для изготовления щебня, брусчатки, клейнпфлястера, шашки или колотого камня (для мощения). Из перечисленных фабрикатов первые три изготовляются машинным способом; что касается последних двух, то они раньше изготовлялись только вручную, а в настоящее время их добыча все больше механизируется.

Машинную бойку щебня целесообразнее всего производить в карьерах. Это помимо удешевления продукции, благодаря массовому производству, стационарному оборудованию и возможности лучшего обслуживания, дает также возможность сократить количество потребного механического оборудования и улучшить качество щебня как в смысле однообразия по форме, так и большей однородности по составу.

Машины для разбивки камня в щебень—камнедробилки—бывают следующих видов: щековые, конусные, вальцовые и молотковые. Первые два типа камнедробилок служат для приготовления более крупных аггрегатов (щебень, для шоссейных дорог), последние—для более мелких (splitt, grus). Установка для дробления камня в щебень состоит из одной или нескольких камнедробилок, грохотов, элеваторов и силосов (закромов).

Подача камня к камнедробилке может быть осуществлена или путем конвейера, или, что встречается чаще, вагонетками. Выходящий из камнедробилки щебень поступает на грохот или непосредственно, или помощью элеватора. Рис. 389 изображает камнедробильную установку с одним грохотом и элеватором, поднимающим к дробилке для вторичного дробления прошедшие через грохот крупные куски камня. Подъем камня из карьера производится по наклонной плоскости. На рис. 390 представлена схема камнедробильной установки с двумя камнедробилками и двумя грохотами. Во вторую дробилку попадают крупные куски, прошедшие через первый грохот. На рис. 391 показана схема камнедробильной установки, при которой камнедро-

НТБ УДУНТ (ДИТ)

билка помещена внизу, выходящий же из нее щебень подымается элеватором к грохоту, помещенному вверху установки. Выбор той или иной схемы камнедробильной установки зависит как от топографии местности, так и от имеющегося оборудования. В тех случаях, когда по условиям заготовки каменного

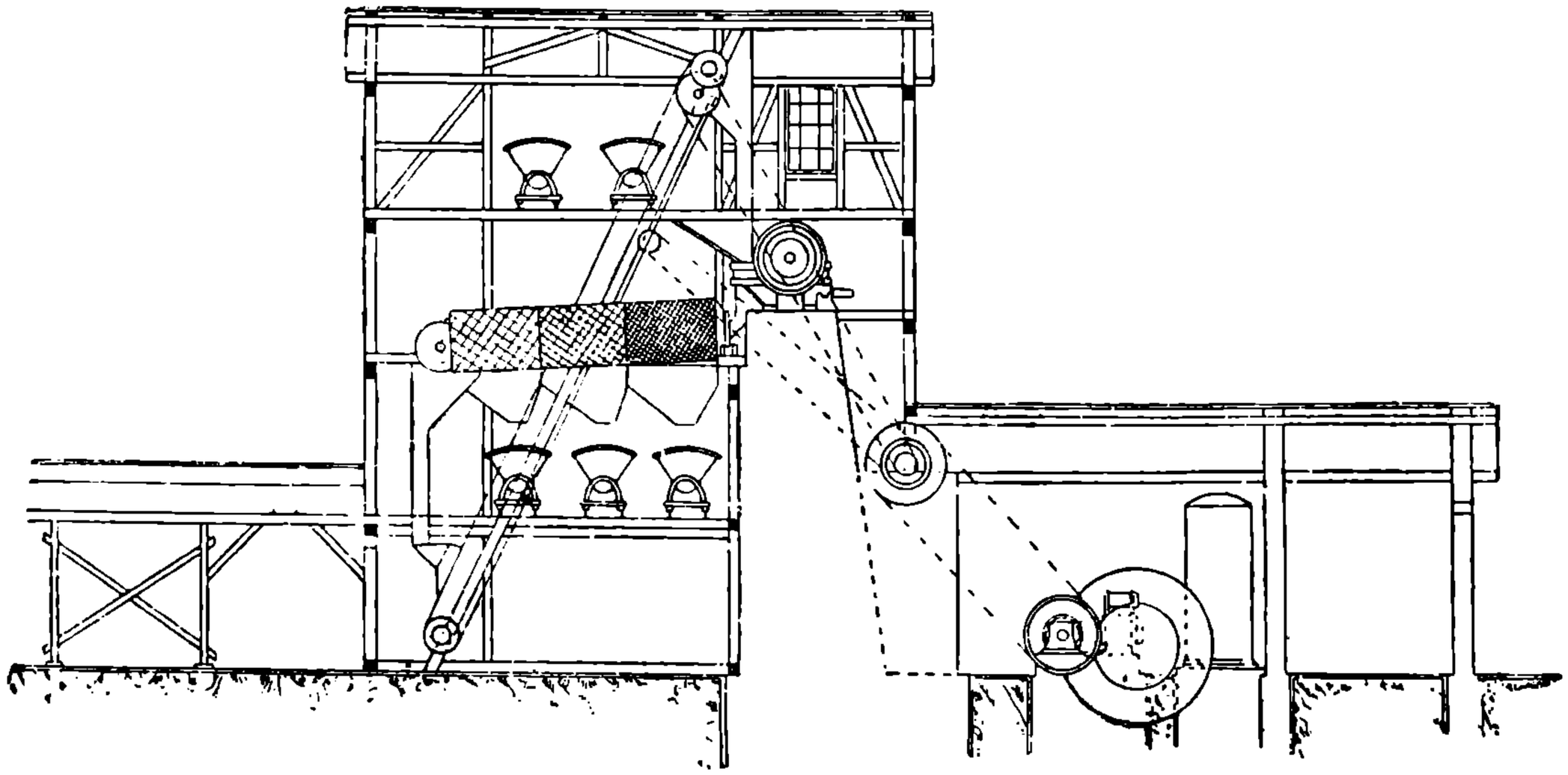


Рис. 389. Схема одиночной камнедробильной установки с элеватором.

материала приходится производить бойку его во многих местах вдоль дороги,— применяют передвижные камнедробилки (см. рис. 392).

В прилагаемой таблице (см. табл. 133) даны краткие эксплоатационно-технические характеристики камнедробилок Акмэ № $8^1/_2$-А и $30^1/_2$-А, Клим к № 25 и Чемпион № 1030. [1]

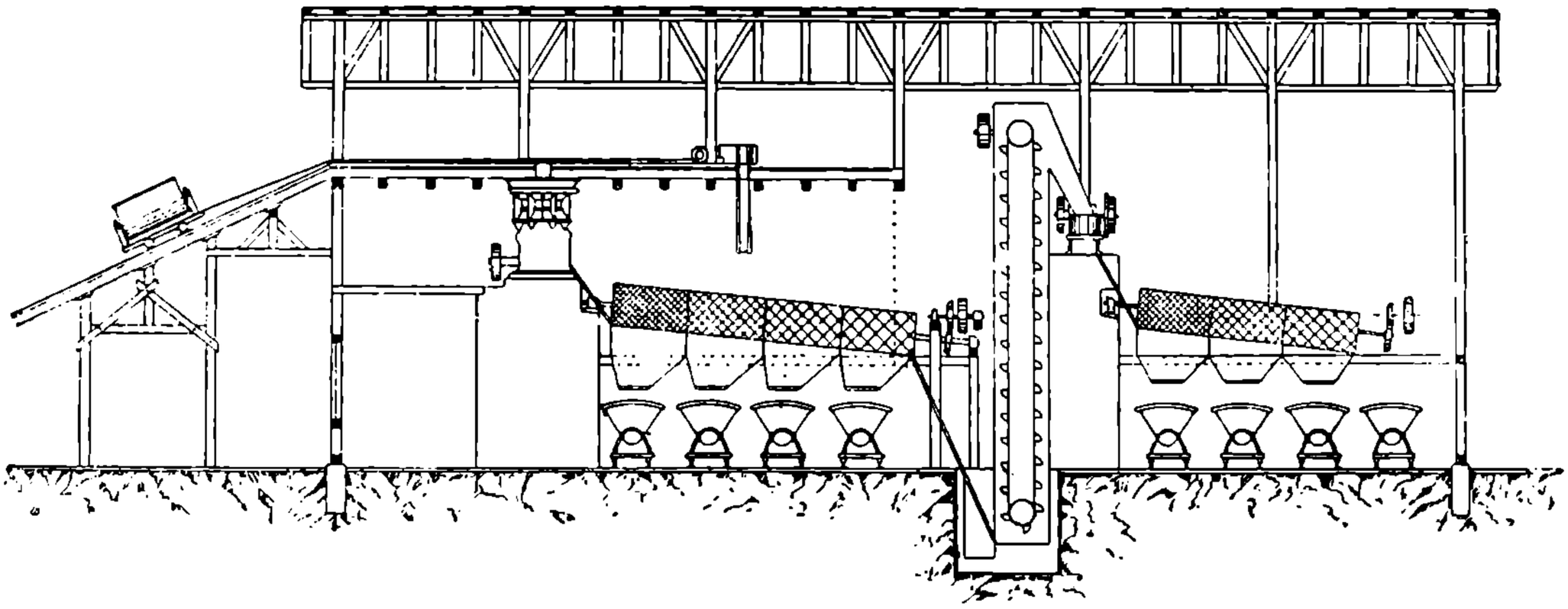


Рис. 390. Схема двойной камнедробильной установки с элеватором.

Ручная бойка щебня применялась раньше при небольших количествах подлежащего разбивке камня. В настоящее время ручная бойка все более заменяется механизированными способами производства. Раньше камень предварительно разбивался на куски 15—20 *см* (плитки), которые затем бились в щебень. Плитовка производилась кувалдами весом 5—10 *кг*, разбивка в щебень— молотками весом 1,5—2,5 *кг*.

[1] Позаимствовано из книги: „Строительство дорог в Московской области, Москве и Харькове в 1930 г. по материалам специальной комиссии ЦИАТа. Книга II".

НБ УДУНТ (ДНТ)

Таблица 135

№№ п/п	Основные данные	Камнедробилки			
		Климакс № 25 роликовые с простым качанием	Чемпион № 130 роликовые со сложным качанием	Акмэ № $8^1/_2$ А роликовые	Акмэ № $10^1/_2$ А с простым качанием
1	2	3	4	5	6
1	Размер приемного отверстия *мм*	508 × 254	740 × 254	406 × 228	559×305
2	Общие размеры камнедробилки (высота, ширина, длина) *мм*	1587×1512×2248	1594 × 1753 × 1390	910×1400×1900	1400×2000×2850
3	Вес в тоннах	4,9	4,5	3,1	7,2
4	Скорость вращения рабочего вала, об. в мин.	275	250—300	300	300
5	а) Теоретическая производительность $м^3$/час	до 10	до 15	6	до 15
	б) Практическая производительность $м^3$/час	до 10	—	4–6	10
6	Тип щек	прямые	выпуклые	прямые	прямые
7	Материал щек	марганцевистая американская сталь		Сталь завода „Серп и молот"	то же
8	Нормальное время смены щек....час	4	3	3	6—8
9	Форма вкладыша и степень смены его	прямоугольный чугун., смена в теч 20–30 мин.	то же	прямоугольный, чугун., смена в теч. 20-30 мин.	то же
10	Конструкция для изменения выходного отверстия	смена вклад.	то же	клин	смена вклад.
11	Длина главного рабочего вала *мм*	1510	1752	1400	200
12	Размер ведущего шкива *мм*	915 × 280	1067 × 267	цепное колесо 620 *мм* при 60 зубьях	620×360
13	Размер маховых колес *мм*	1168 × 168	1067 × 267	1080×150	1980×180
14	Размер качания подвижной щеки *мм*	15	10	12	—
15	Материал смазки	тавот или автол	тавот	тавот или автол	тавот или автол
16	Тип ленты элеватора	ковшевая цепь Галля, перекинутая через 2 шкива, из которых один ведущий.			
17	Способ укрепления ковшей элеватора	б олтами	то же	то же	то же
18	Скорость движения элеватора *м*/сек	0,3	0,3	0,3	0,27
19	а) Емкость ковшей элеватора $м^3$	0,008	0.008	0,006	0,008
	б) Степень заполнения %	30	30	30	30
20	Тип грохота	цилиндрич. =4250 *мм*	*d*=900 *мм*, 1	цилиндрич. *d*=780 *мм* 1=2780 *мм*	цилиндрич. *d*=750 *мм* 1=4600 *мм*
21	Скорость вращения грохота об. в/мин.	12	12	16,5	12
22	Наклон грохота град	6	6	4,5	6
23	Емкость бункеров $м^3$	5	5	0,65$м^3$ на кажд. отделен.	
24	Размер и способ открытия выпускных отверстий бункера	500×200 *мм* отверстие открывается путем опускания лотка	то же	500×200 мм; отверстие открывается путем опускания лотка	
25	Марка и мощность двигателя:	Буда	Буда	Интернац.	Геркулес
	а) полная HP	50	50	20	65
	б) расходуемая на камнедробилку HP	25	30	18—20	30
26	Наблюденная средняя производительность камнедробилки с характеристикой переработанного камня	10м /час на валунном камне, состоящем преимущественно из средне- и крупнозернист. гранитов при значит. содержании выветрившихся камней		6 $м^3$/час при камне с той же характеристикой 250 и крупнее	10 $м^3$/час при камне с той же характеристикой
27	Наивыгоднейший размер камня *мм*	200	крупный щебень	250 и крупнее	250

НБ УДУНТ (ДПТ)

№№ п/п	Основные данные	Камнедробилки			
		Климакс № 25 роликовые с простым качанием	Чемпион № 130 роликовые со сложным качанием	Акмэ № 8½ А роликовые	Акмэ № 10½ А с простым качанием
1	2	3	4	5	6
28	Процентное содержание фракций в набитом дробилкой щебне.....	20—35 *мм*—50% 6—20 *мм*—35% 0—6 *мм*—15%		36—75 *мм*—43,2% 20—35 *мм*—27,6% 6—20 *мм*—18% 0—6 *мм*—11,2%	7: *мм*—19% 36—75 *мм*—50% 20—30 *мм*—8% 6—20 *мм*—19% 0—6 *мм* 4%
29	Количество щебня, разбиваемого огненной парой щек (производительн. щек)	американские щеки дали производительность в пределах 1200—1800 $м^3$		щеками завода „Серп и молот" разбивалось от 350—700 $м^3$	американские щеки свыш. 2000 $м^3$ совет. заводы —800 1000 $м^3$
30	Наиболее характерные поломки деталей дробилки	машины новые, характерных поломок не выявилось		обрыв цепей, поломка шестеренок. износ подшип. и полом. тяг	то же
31	Расход горючего *кг*/ч.	бензин 10—12	бензин 15	бензин 6	керосин и бензин 22
32	Смазка *кг*/ч.....	3	3	2	4
33	Количество и расстановка обслуживающего персонала	подвозка камня—7 чел. загрузка .....—2 „ отвозка щебня —6 „ механики ..—2 „ смазчик.....—1 „ техник[1] .....—1 „ сторож.ь .....—1 „ всего....—20 чел.		подв. кам. 4 ч. отвоз щеб. 4 ч. забр. кам. 2 ч. механик 1 ч. пом. мех. 1 ч. сторож 1 ч. десятник 1 ч. вс го 14 ч.	аналогично с установк. Климак. с Чемпион Механ. 1
34	Экономические показатели: а) выход продукции на единицу силы двиг. $м^3$..... б) выход продукции на 1 *т* вес· $м^3$. в) расход горючего и смазки на единицу продукции *кг*.....	1 : 50=0,2 10 : 4,9=2,1 а) $\frac{12}{10}$=1,2 б) 3:10=0.3	15 : 50= 0,2 10 : 4,5=2,2 15 : 10=1,5 3 : 10=0,3	6 : 20=0,3 6 : 3,1=1,9 6 6=1 2 : 6=0,33	10 : 65=0,15 10 : 7.2=1,4 22 : 10=2,2 4 . 10=0,4

Полученный щебень грохотится или сразу после бойки, или перед употреблением в дело. Щебень, хотя и прогрохоченный при бойке, но пролежавший до употребления в дело два-три года, подлежит перегрохотке для очистки от частиц грунта. Прогрохотка производится через два грохота с размерами клеток 60 и 25 *мм*. При этом получаются три сорта материала: щебень, крупные высевки (расклинцовка) и мелочь. Грохот обычно ставят в наклонном положении (примерно под углом в 45°) и набрасывают на него лопатой щебень, давая набрасываемой порции направление вдоль грохота снизу вверх.

Механическая бойка, дающая возможность быстрого изготовления щебня в значительных количествах и заменяющая труд многих рабочих, очень тяжелый и требующий особых навыков, имеет в то же время и недостатки, которые заключаются в следующем: а) значительное количество щебенок имеет форму плиток, б) количество крупных и мелких высевок получается больше, чем это нужно при устройстве шоссе. Опыты инж. M. Aillot (во Франции) с известняками показали, что при одних и тех же породах камня и при ме-

[1] Техник загружен работой на камнедробильной установке не полностью.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ханической бойке получалось 78% щебня и 26% высевок, в то время как при ручной—100% щебня и 13% высевок.

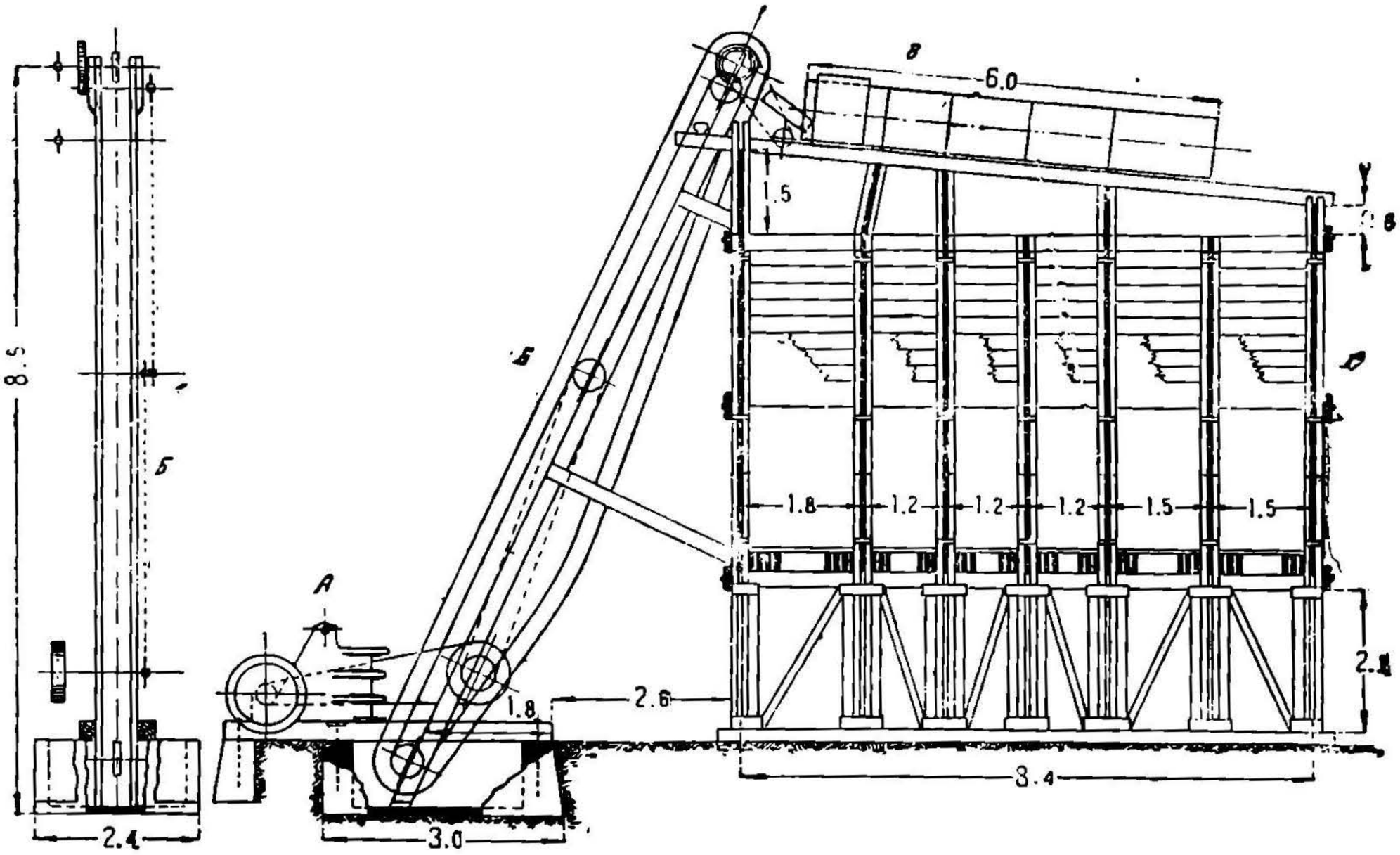


Рис. 391. Схема камнедробильной установки с расположенной внизу дробилкой.

Современные машины советской конструкции в значительной степени помогают нам уже и теперь изжить эти недостатки и постепенно переходить к полной замене ручных способов бойки щебня механическими. Современные дорожники при постройке новых шоссе уже перешли к заготовке щебня механическими способами, что позволяет развертывать дальнейшие работы в большем масштабе.

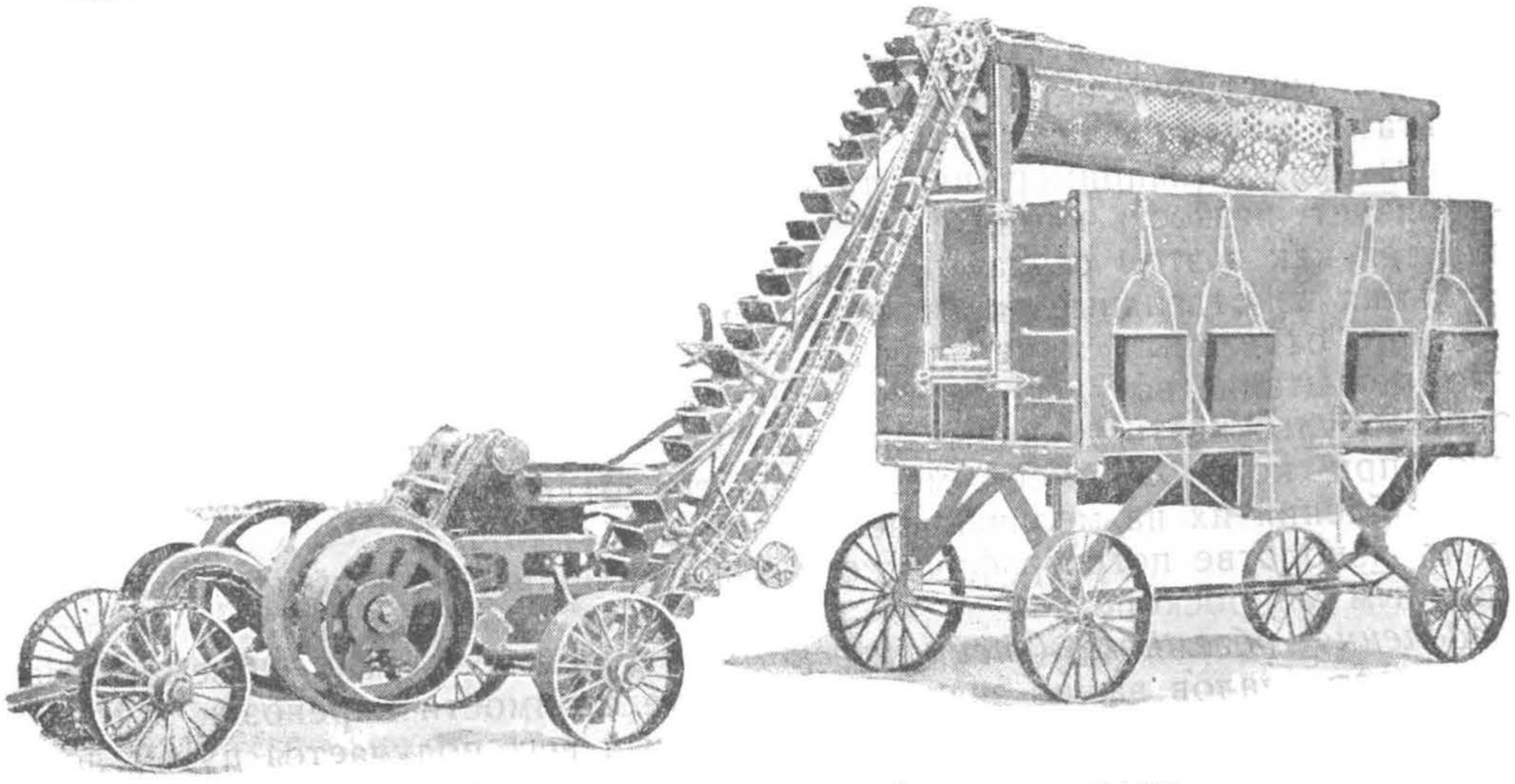


Рис. 392. Передвижная камнедробильная установка.

§ 138. Испытания каменных материалов. Пригодность каменного материала для данного вида дорожного строительства определяют, подвергая его испытанию. Испытания могут быть полевые и лабораторные.

НБ УДУНТ (ДИТ)

При полевом способе большое значение имеет предварительное определение петрографического состава камня, дающее представление о его пригодности.[1] Добавляя к этому пробу молотком и кувалдой и сравнивая с известной по работе в дорожном покрытии породой, можно примерно установить степень вязкости и сопротивляемости раздроблению. Практически к этому способу прибегают всегда при валунных карьерах, дающих камни самых разнообразных пород, разнящихся как по петрографическому составу, так и по своим дорожным качествам.

Инструменты для бойки щебня вручную

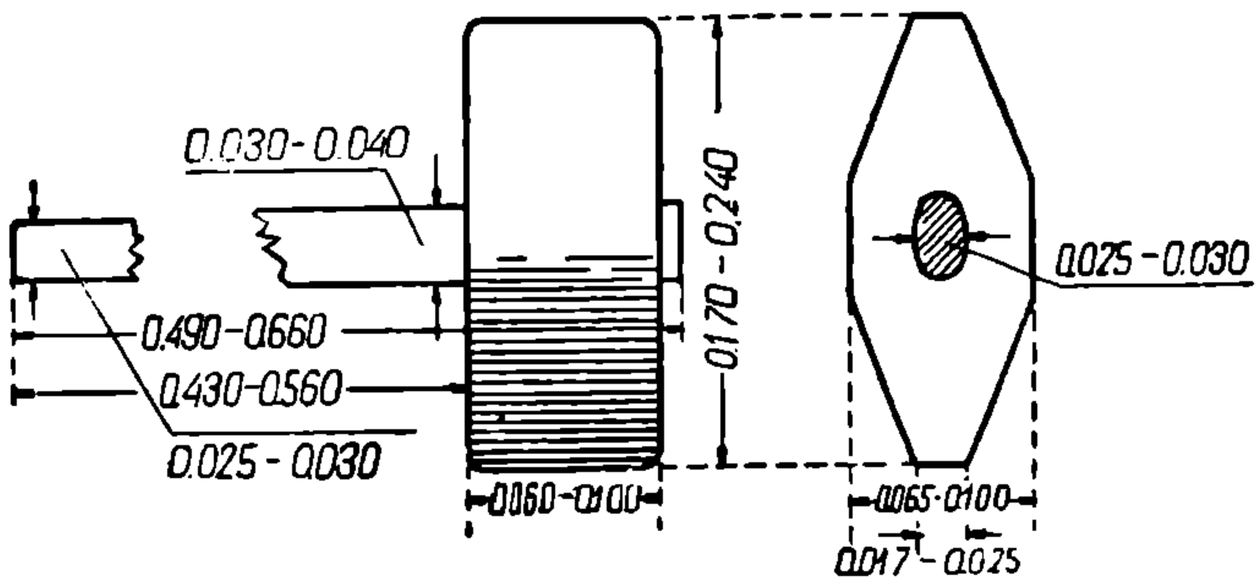


Рис. 393. Кувалда для плитовки камня.

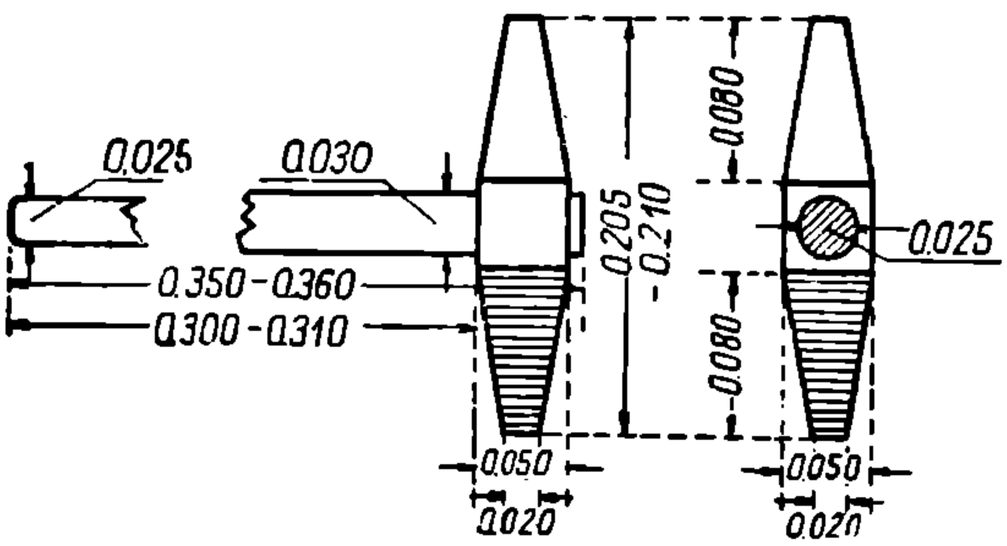


Рис. 394. Молоток для бойки щебня.

Лабораторные испытания каменных материалов, к которым прибегают при карьерных залежах с ограниченным количеством разновидностей каменных пород, состоят в определении петрографического состава, механических и физических свойств, а в некоторых случаях и в производстве химического анализа. Применимость лабораторных выводов для данного месторождения зависит от того, насколько правильно была взята проба материала для испытания. В отношении взятия проб необходимо руководствоваться инструкцией ЦИАТа[2] к-9 (изд. 1931 г.) по полевому обследованию месторождений каменных материалов.

Из полученной пробы в лаборатории изготовляют образцы кубической или цилиндрической формы, либо набивают щебень.

Петрографический анализ. Исчерпывающего освещения пригодности каменного материала для дорожного строительства при помощи только механических испытаний без связи с петрографической характеристикой, освещающей структуру,[3] текстуру[4] и минеральное содержание камня, получить нельзя.

Результаты механических испытаний, которые в одном случае могут быть применены прямо (например, испытание на удар вполне удовлетворительно характеризует вязкость камня с точки зрения его службы в щебеночном покрытии, так как в этом случае опасным показателем является момент разрушения камня на отдельные части, по своему размеру значительно превышающие размер отдельных минералов), в других случаях они не показательны (обычное испытание на удар для суждения о способности каменной брусчатой мостовой обулыживаться; испытание на удар также мало показательно для бурения, при котором имеет место процесс отделения минералов друг от друга, дробления их на мельчайшие частицы).

При производстве петрографического анализа пользуются шлифами и поляризационным микроскопом.

Определение объемного (специфического) и удельного веса. Объемный вес каменных материалов важно знать при расчете стоимости перевозки таковых, а также для определения пористости. Объемный вес получается путем деления веса взятого образца на его объем. При геометрически-правильной форме

---

[1] См. таблицу на стр. 460—461, позволяющую в полевой обстановке определить петрографический состав каменных материалов.

[2] Центральн. научно-исследоват. автодорожный институт Цудортранса.

[3] Под структурой камня подразумевают характеристику сцепления отдельных частиц камня между собою.

[4] Под текстурой—характеристику взаимного расположения частиц.

НБ УДУНТ (ДИТ)

образца (куб, цилиндр) объем его легко вычислить, зная линейные размеры. Если же форма образца неправильная, то объем его определяют по объему вытесненной им воды. При этом, во избежание проникания воды в поры образца, таковой высушивается до постоянного веса и опускается в ванну с расплавленным парафином.

Зная первоначальный вес образца (P_1), вес образца с парафином (P_2) и удельный вес парафина (0,93), определим объем приставшего к образцу парафина

$$V = \frac{P_2 - P_1}{0{,}93}$$

Покрытый парафином образец погружают в градуированный сосуд с водою и тщательно определяют разницу уровней до и после опускания в сосуд образца, которая и даст объем образца вместе с парафином. Вычитая из полученной величины объем парафина V, получим искомый объем образца.

Удельный вес каменного материала, то-есть вес единицы объема за исключением пустот, определяют, измельчив в порошок небольшое количество материала (100—150 *г*) и измеряя объем вытесненной им (порошком) воды или другой жидкости. Разделив вес пробы на найденный объем, получим удельный вес. Определение удельного веса можно производить либо помощью обыкновенной мензурки (в полевой обстановке), либо помощью прибора Лешателье-Кандло.

Определение пористости и водопоглощения. Чем больше пористость камня, тем больше он поглощает влаги, вместе с чем повышается вероятность образования трещин при морозе.

Пористость камня можно определить теоретически, зная удельный и объемный вес его по следующей формуле:

$$\frac{g_1 - g_2}{g_1}\ 100 = P_1\%,$$

где g_1—удельный вес в *г*,
g_2—объемный вес в *г*,
P_1—пористость в процентах.

Практически пористость определяют путем насыщения камня водою. Образцы предварительно высушенные в сушильном шкапу при $t = 50°C$ до постоянного веса, помещают в ванну (ставя их на специальные выступы или сетку), в которую наливают воду до $^1/_4$ высоты образца. По прошествии суток в ванну доливают воду до $^1/_2$ высоты образца, еще через сутки—до $^3/_4$ высоты и наконец еще через сутки—до верху, следя однако за тем, чтобы верхняя поверхность образца не была покрыта водой во избежание закупорки пор для выхода имеющегося в образце воздуха. По прошествии четырех дней образец вынимают из ванны, обтирают насухо полотенцем и взвешивают.

Имея вес образца до и после насыщения его водою, величину водопоглощения определяют по формуле:

$$\frac{g_1 - g_2}{g_2}\ 100 = P_2\%,$$

где g_1—вес насыщенного образца в *г*,
g_2—вес сухого образца в *г*,
P_2—водопоглощение в процентах.

Определение морозоупорности производится путем 15-кратного замораживания образцов камня правильной формы (кубики или цилиндры) при температуре от—15° до—22° С в течение четырех часов, с последующим каждый раз оттаиванием, также в течение четырех часов, в ванне с водой, имеющей комнатную температуру. Перед началом опыта, а также после каждого замораживания образцы тщательно осматривают с целью убедиться в отсутствии волосных трещин и повреждений образца. Повреждения камня при замораживании не всегда бывают заметны снаружи, почему подвергшиеся замораживанию образцы испытывают на сжатие. Получающееся при этом временное сопротивление на сжатие должно быть не менее допускаемого техническими условиями. Замораживание образцов производят либо в ящике мороза системы проф. Белелюбского, охлаждающемся льдом, либо в специальных установках с охлаждением аммиаком.

НЕ УДУНТ (ДИТ)

Для ускорения сроков испытания образцов на морозоупорность в САСШ введено вместо замораживания испытание „на сохранность", которое заключается в следующем: сухой образец (несколько кусочков) погружают на 20 часов в насыщенный раствор глауберовой соли ($Na_2 SO_4$), после чего его вынимают из раствора и высушивают в сушильном шкафу при температуре 100° С.

Указанные операции повторяют пять раз. Раствор кристаллизуется в порах камня, и кристаллы глауберовой соли производят на стенки породы давление, подобное давлению ледяных кристаллов. Порода считается удовлетворительной в том случае, если на образцах отсутствуют видимые повреждения.

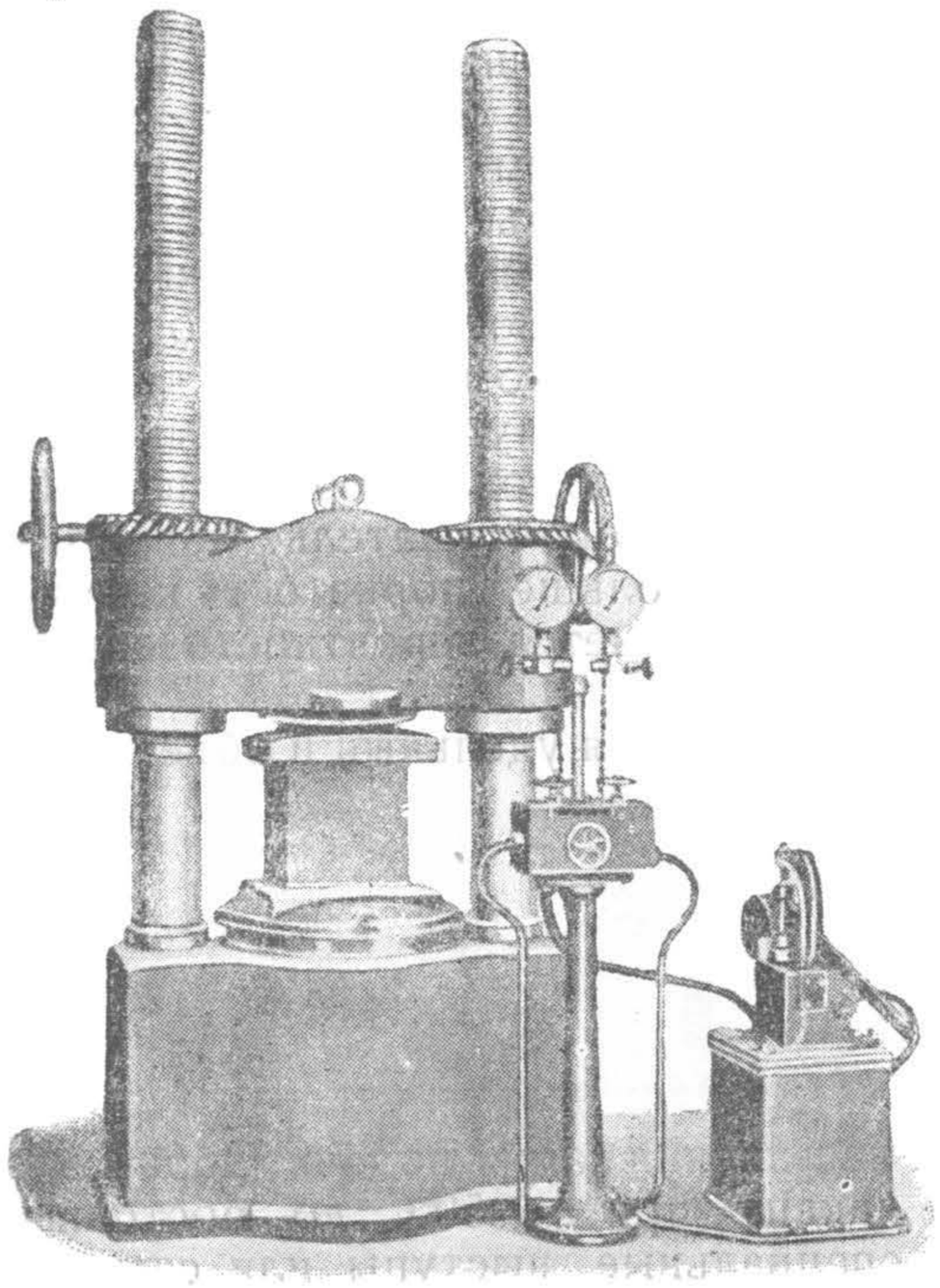


Рис. 395. Гидравлический пресс.

Испытание на сжатие. Прочность материала под действием сжатия характеризуется временным сопротивлением сжатию выраженным в килограммах на $см^2$, и определяется делением величины разрушающего груза на площадь поперечного сечения образца. Наблюдающееся при испытании на сжатие колебание величины временного сопротивления зависит как от тщательности изготовления образца, так и от наличия трещин и других механических повреждений. Испытание на сжатие производится на гидравлических или механических прессах.

Техническими условиями Цудортранса (изд. 1931 г.) установлены следующие нормы временного сопротивления при сжатии:

Твердость камня	Временное сопротивление
Твердый	не менее 900 *кг/см²*
Средний	600
Мягкий	300

Испытание на сжатие не характерно для работы каменного материала в дорожной одежде в виде мостовых и совершенно не характерно для шоссе. Помимо того, что на дороге будет нагрузка не статическая, но динамическая, таковая будет приложена неравномерно по поверхности. Опыты Г. Гефгена [1] показали, что, производя давление на кубик $7 \times 7 \times 7$ *см*³ штампом 1×1 *см*² и помещая штамп ближе к центру площадки кубика, можно повышать предельную нагрузку в 4 и даже в 5 раз по сравнению с временным сопротивлением на сжатие. В углах же разрушение может наступить при напряжении меньшем, чем сопротивление на сжатие,

Испытание на износ в барабане Деваля производится со щебнем. Это испытание считается наиболее отвечающим действительным условиям работы щебня в дорожной одежде, так как при нем имеет место как истирание камня и действие на него ударов, так и износ кромок.

Прибор Деваля состоит из нескольких полых цилиндров (чаще 2 или 4), насаженных эксцентрически и косо (под углом в 30°) на оси вращения. Внутренний диаметр цилиндров 20 *см*, длина 34 *см*. Скорость вращения—30 оборотов в минуту. Щебенки, перемещаясь внутри барабанов, при их вращении ударяются друг о друга и о стенки: при этом острые кромки их обламываются, поверхности истираются, отдельные щебенки раздробляются. Для испытания берут порцию щебня весом 5 *кг*. Барабанам дают 10 000 оборотов (около 5 часов), после чего щебень вынимают и просеивают через сито с отверстиями 1,6—2,0 *мм* в стороне. Щебенки тщательно вымываются со щеткой и затем

[1] H. Hoeffgen, Abgekürzte Verfahren zur mechanischen Prüfung von Strassenbaugesteinen. 1929 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

высушиваются в сушильном шкапу при температуре 100—110°С до постоянного (наименьшего) веса. Разность между первоначальным весом пробы и весом ее после испытания, отнесенная к весу пробы, даст процент износа.

Согласно техническим условиям Цудортранса (изд. 1931 г.) установлены следующие предельные величины износа щебня в барабане Деваля:

Твердость камня	износ
Твердый	не более 5%
Средний.....	„ „ 7%
Мягкий	„ „ 9%

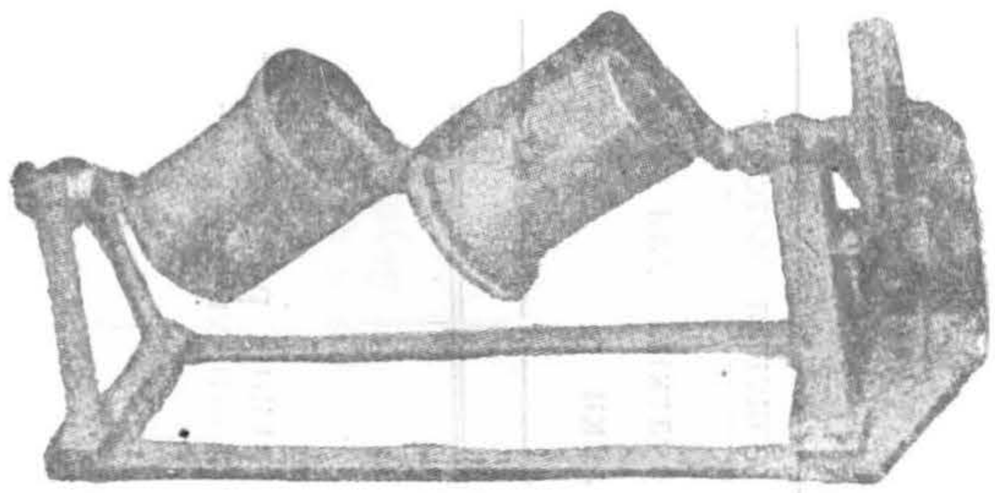


Рис. 396. Двухцилиндровый барабан Деваля.

Испытание на истирание на круге производится в том случае, если каменный материал предназначается для мощения или тротуарных плит. Образцы в виде цилиндриков $d = 25$ *мм* обычно испытываются на круге Дорри. В качестве истирающего материала употребляют корунд (кристаллический глинозем), наждак (загрязненный примесями корунд) или отсеянный кварцевый песок.

Рис. 397. Круг Дорри.

Степень изнашиваемости на кругах истирания характеризуется потерей при испытании веса образца в граммах, отнесенной к объемному весу образца, что в результате дает потерянный при испытании объем в $см^3$.

$$\frac{g - g_1}{d_1} = V \; см^3,$$

где g — вес образца в $г$ до испытания,

g_1 — то же, после испытания,

d_1 — удельный вес образца в $г/см^3$,

V — потерянный при испытании объем в $см^3$.

Показателем истираемости может служить и потеря в весе образца. Можно сравнивать образцы одинакового размера по потере веса при испытании. При этом влиянием удельного веса камня обычно пренебрегают в виду незначительных колебаний его

$$g_2 = g - g_1.$$

Обычно износ, определенный по этой формуле, относят к единице поверхности образца и выражают формулой: потеря от износа $= \frac{g - g_1}{10}$ $г/см^2$.

В механической лаборатории ЦИАТа [1] при определении величины износа при истирании получились следующие данные:

Таблица 136

Название породы	Потеря веса в $г$.	Средний износ в $г.см^2$
Серый среднезернистый гранито-сиенит со следами выветривания	6,14	0,15
Плотный розовый мраморовидный известняк	21,60	0,44
Плотный известково-глинистый песчаник.....	24,25	0,49
Среднезернистый известково-глинистый песчаник	59,25	1,21

Износ каменного материала, предназначенного для брусчатой мостовой, не должен превосходить 0,1 $г/см^2$, то же дорожного клинкера 1 сорта—0,4 $г/см^2$.

На стр. 480—481 помещены нормы испытаний и определений свойств каменных строительных материалов, принятые I Всесоюзной конференцией по научно-исследовательским вопросам дорожного строительства. [2]

[1] Центральный научно-исследовательский автодорожный институт Цудортранса.

[2] Состоялась в Ленинграде с 26 февраля по 3 марта 1931 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 137

Нормы испытаний и определений свойств кам нных строительных материалов (принятые I Всесоюзной конференцией по научно-исследовательским вопросам дорожного строительства в 1931 году)

Названия испытаний и определ. свойств каменных материалов	Методы производства испытаний	Обязательность производства испытаний и нормы для допущения материала в работу						
		для щебня и камня в основании дорог	для белого шоссе	для силикатированных шоссе	для булыжн. мостовой	для брусчатки и мозаики	для черных дорог	для клинкера
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Составление петрографической характеристики	В характеристике отмечается: а) название породы; б) однородность, цвет; в) крупность зерен, характер строения; главные породообразующие минералы; характер цементирующего материала; г) степень выветрелости.	Обязательно для камня всех назначений (в сжатой форме); для больших разработок требуется кроме того производство петрографического, а в нужных случаях — и химического анализов						
Определение объемного веса	1. Для образцов правильной формы объемн. вес определяется делением веса образца на его объем (замеренный). 2. Для образцов неправильной формы объемный вес определяется делением веса образца на объем воды, вытесненный образцом из мерного сосуда (с принятием мер к непопаданию воды в поры образца).	Не обязательно	Обязательно Не мен. 2,2 *г/см*³	Обязательно От 2,0 до 2,7 *г/см*³	Обязательно Не менее 2,4 *г/см*³	Обязательно Не мен. 2,6 *г/см*	Обязательно Не мен 2,2 *г/см*³	Обязательно Не менее 1,9 *г/см*³
Определен. удельного веса	Определяется помощью мензурки, пикнометра или прибора Лешателье-Кандло.	Не обязательно		Служит контролем определения водопоглощения				
Определение водопоглощения	Образец насыщается водой при атмосферном давлении с постепенным в течение четырех суток погружением его в воду, выдерживается в воде до приобретении постоянного веса; водопоглощение измеряется весом поглощенной камнем воды, отнесенным к единице объема и выраженным в процентах.	Не обязательно	Обязательно Не более 4%	Обязательно От 0,7 до 4,5%	Обязательно Не более 4%	Обязательно Не более 0,5%	Обязательно Не более 4%	Обязательно Не более 4%
Опред. твердости	Производится по шкале Мооса	Не обязательно		От 2,5 до 3,5	Не обязательно			
Определение морозоупорности	Пятнадцатикратное замораживание и оттаивание от —17° до +15° С с выдерживанием при крайних температурах в тече-	Обязательно. Годен, если не произошло разрушен образца	Обязательно Годен, если повреждения незначительны	Обязательно Годен, если повреждения незначительны		Обязательно Годен, если нет никаких повр.	Обязательно Годен, если поврежден. незнач.	Обязательно Годен, если нетник. повр.

НБ УДИНТ (ДПТ)

Определен. цементирующей способности	ние трех часов образцов правильной или неправильной формы в насыщенном водой состоянии (образцы правильной формы испытыв. затем на сжатие); Каменная пыль, пропущенная через сито с 900 отверстиями, увлажнен. 18% воды (по весу), сдавливается в цилиндрах диаметром 2,5 *см* силою в 0,65 *т* и испытывается затем на удар.	Не обязательно	Обязательно Должно быть введено после проработки методологии и надлежащего оборудования лабораторий		Не нужно				
Испытание на сжатие	Испытываются образцы в виде кубиков или цилиндров площадью, 25 *кв. см.* Поверхности образцов принимающие давление пресса, пришлифовываются корундом с крупностью зерен от 0,15 до 0,25 *мм*; испытание образцов производится в сухом и влажном состоянии и после определения морозоупорности.	бязат. лишь при больш. заготовках камня Не менее 200 *кг/см²*	Обязательно Не мен. 900, 600 и 300 *кг/см²* в завис. от обеспечен камен. матер. и значения тракта	Обязательно Не менее 400 *кг/см²*	Обязательно Не менее 900, 600 и 300 *кг/см²* в зависим. от обеспеч., камен. матер. и значения тракта	Обязательно Не менее 1000 *кг/см²*	Обязательно не менее 900, 600 и 300 *кг/см²* в зависимости от обеспеч. камен. матер. и знач. тракта	Обязательно Не менее 700 *кг/см²*	
Испытание на износ в барабане Даваля	Порция щебня 5000 *г*; размер щебня 50—65 *мм*; число щебенок около 40. Продолжительн. опыта 10 000 оборотов; скор вращен. 28—32 обор. в минуту; конструкц. барабана диам. 20 *см* дл. 34 *см*, наклон оси бар. 30°	Обязательно Не более 12%	Обязательно Не бол. 5%, 7% и 9% в зависим. от обеспечен. кам. матер и значен. тракта	Обязательно Не более 9%	Не обязател.	Не обязательно	Обязательно Не более 5%, 7% и 9% в зависим. от обеспеч. камен матер. и знач тракта	Для клинкера не нужны, для щебня из клинкера не более 9%	
Испытание на истирание на круге Баушингера	Размер кубика 7×7=49 *см²*; удельное давление 0,6 *кг/см²*; скорость вращения круга под образц. 70 *см*/сек; продолжит. опыта 440 обор. (608 *м*); истирающий матер. корунд, крупностью зерен ок. 0,6 *мм*; расход матер. 20 *г* на каждые 22 обор.	Не обязательно		Не обязательно		Обязательно Износ не более 0,1 *г/см²*	Не обязательно	Обязательно Износ не более 0,5 *г/см²*	
Испытание на истирание на круге Дорри	Американские нормы: испытываются цилиндры диам. 2,5 *см*. такой же высоты; нагр. на образец 1,25 *кг*; истирающ матер. кварц. песок № 30—40 в колич. 7,4 *кг*; скор. вращения диска 20 обор. в мин.; продолж. опыта 1 000 оборотов.	По американским нормам не обязательно	В СССР испытания производятся в одной-двух лабораториях. Заменяет испытание на круге Баушингера;						
Испытание на удар на копре Педжа	Американские нормы; испыт цилинд. диам. 2,5 *см*, такой же выс.; вес бабы 2 *кг*; выс. падения — 1, 2, 3 и т. д. *см*; показатель число ударов.	Показатели	По американским нормам обязательно. В СССР не производится. Удовлетворительный камень – 16 и выше Плохой камень . — 8 и ниже						
Испыт. на удар на фаль-ап, Мартенса	Падение гири весом 5 *кг* с высоты 20 *см*, 25 *см*, 30 *см* и т. д.		Показателей не установлено						

НБ УДУНТ (ДИТ)

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 27

Проф. Анохин. Дорожные машины. Трансизд. 1931.

Проф. Арнольд. Машина в строительном деле, ч. I—экскаваторы, изд. Транспечати НКПС. 1927.

Белявский, Коковин, Покровский. Методы испытания каменных материалов. Изд. ЦИАТа 1932.

Проф. Дубелир и Толстопятов. Земляные работы Госиздат. 1927.

Журнал „Автомобиль и дорога", № 5—6 за 1931.

Инж. Зотов. Горные выработки и горные работы. Научно-Техн. изд. 1931.

Наставление инженерным войскам по подрывным работам.

Центральный научно-исследовательский институт автодорожного транспорта. Строительство дорог в Московской области, Москве и Харькове в 1930 г., кн. II. Трансизд. 1931.

Шестаков. Курс автогужевых дорог. Трансизд 1932.

Stini Iosef. Technische Gesteinkunde. Wien 1929.

Hermann Hoeffgen. Abgekürzte Verfahren zur mechanischen Prüfung von Strassenbausteinen. 1929.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ВОСЬМАЯ

ВОДОСВЯЗНЫЕ ШОССЕ

§ 139. Общие понятия о шоссейных дорогах. Шоссейными дорогами называются такие, у которых проезжая часть состоит из уплотненного щебня, положенного на естественном или искусственном основании. Водосвязными называются такие шоссейные дороги, щебеночная кора которых устроена без применения вяжущих веществ.

Впервые строительство шоссейных дорог получило развитие в широком размере во Франции, где этот тип дорог начали строить с XVI столетия. Войны, которые велись французским капитализмом с соседними странами (в основу их ложилась борьба с английским капитализмом из-за колоний), вызвали усиленную потребность в дорстроительстве еще в эпоху Людовика XIV. Нарастающая потребность в исправном содержании дорожной сети вызвала в XVIII веке учреждение должностей особых техников для заведывания дорогами; из которых был впоследствии образован знаменитый Corps des ponts et chaussées. В это же время, в XVIII веке, выдвинулся ряд крупных специалистов в области усовершенствования дорстроительства. Один из них, главный инженер Лиможского округа Трезаге, предложил, как сказано в отд. I, новый тип шоссейной одежды.

Рис. 398. Тип шоссейной дороги, предложенный Трезаге.

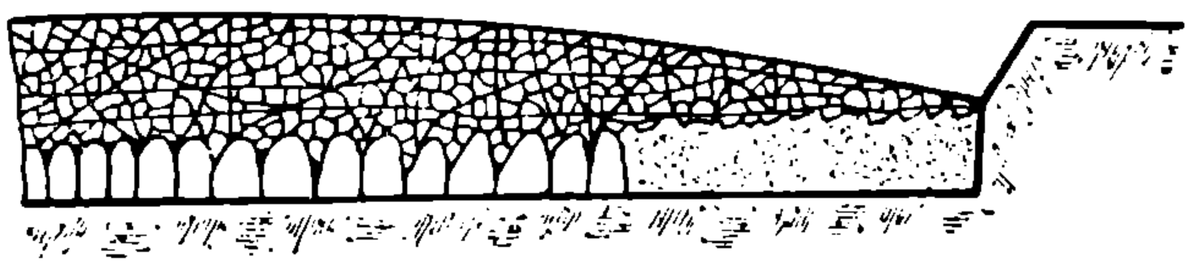


Рис. 399. Тип шоссейной дороги, предложенный Тельфордом.

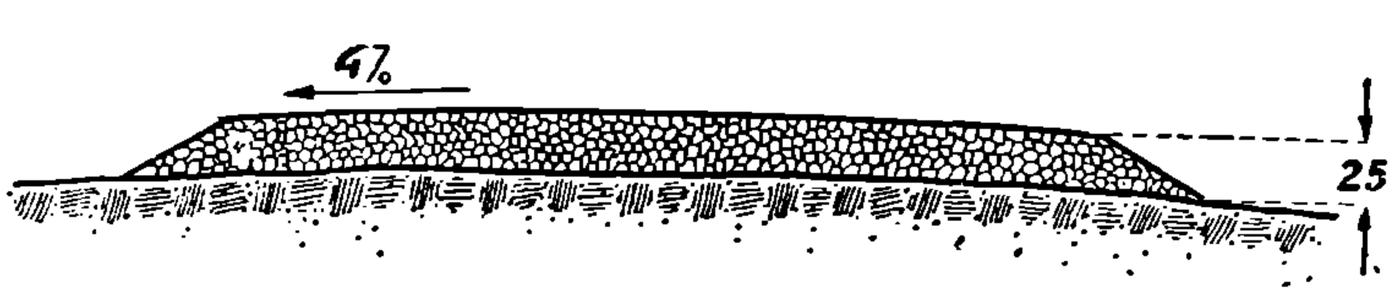


Рис. 400. Тип шоссейной дороги, предложенный Мак-Адамом.

Главным условием исправного состояния дорог Трезаге поставил постоянный ремонт щебеночной одежды. В результате, установленные тип одежды и система содержания дали очень хорошие показатели, а именно — шоссе в течение 10 лет выдержало сильный проезд. Столь хорошие результаты вызвали массовое подражание в других странах Европы. Однако с течением времени непременное условие, поставленное Трезаге, о постоянном ремонте одежды было забыто, вследствие чего к 1820 г. шоссе во Франции пришли в полное расстройство и этот тип одежды был признан неудовлетворительным.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

В 1824 г. англичанин Тельфорд предложил свою конструкцию дорожной одежды, очень близкую к типу Трезаге. Он выбросил бордюрные камни, и основание делал не цилиндрическим, а плоским.

Тип шоссейной одежды без каменного основания был предложен несколько позже шотландским инженером Мак-Адамом Перестраивая дороги по своему типу, он держался следующих правил: а) строить одежду не в корыте, что гарантирует полное осушение основания, б) употреблять щебень одинаковой крупности (вес каждой щебенки не более 0,15 *кг*), тщательно отсортированный и очищенный от землистых и глинистых частиц, в) производить россыпь щебня слоями, не добавляя сцепляющего материала. На построенных дорогах он ставил тщательный ремонт. В результате получились хорошие дороги, вызвавшие подражание в Европе.

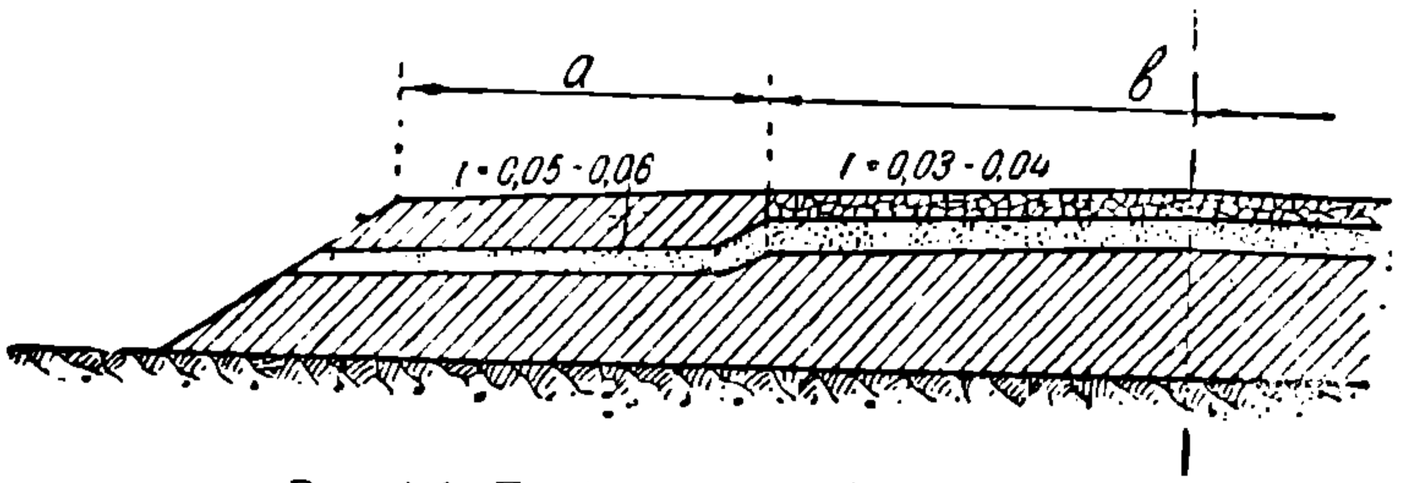


Рис. 401. Профель шоссе без бордюра.

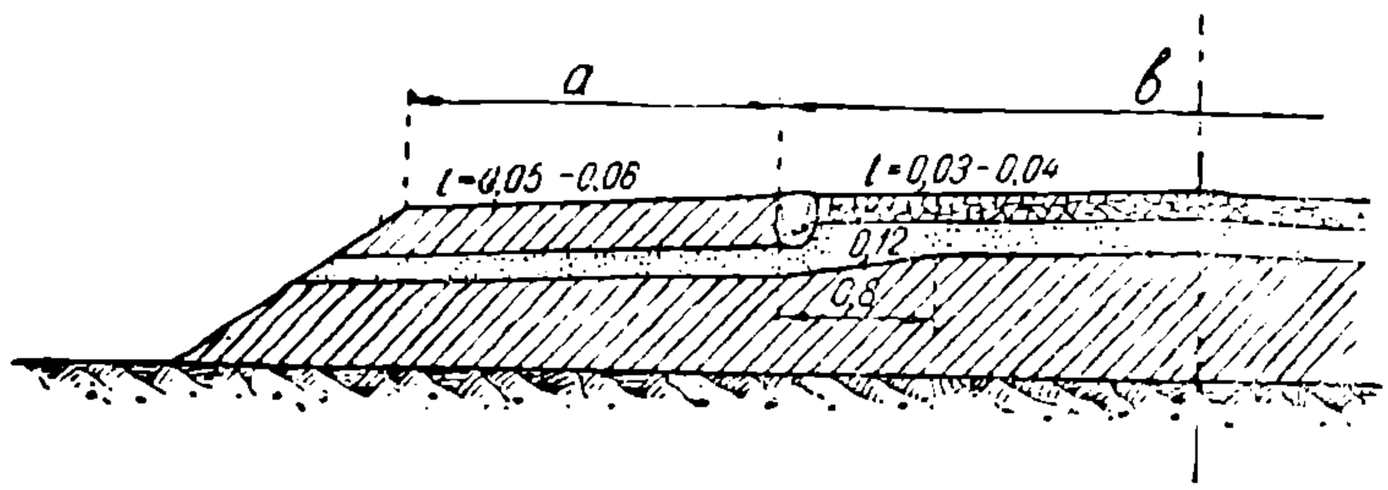


Рис. 402. Профель шоссе с бордюром.

Рис. 403. Профиль шоссе в горной местности (в выемках).

Первые шоссе в России (Петербург—Москва) были построены по типу Трезаге. В дальнейшем перешли на тип, предложенный Мак-Адамом, делая шоссейную кору в корыте и заменив часть щебеночного слоя для удешевления стоимости песком. В результате выработался новый тип шоссейной одежды—русский макадам.

§ 140. Типы устройства шоссейной одежды. В 1931 г. Цудортрансом установлены следующие нормальные поперечные профили шоссейных дорог (см. рис. 401, 402, 403). Толщина проезжей части и основания приведена в таблице (стр. 317).

Приведенные профили даны для прямых участков дорог, или кривых, описанных радиусом более 125 *м*. При радиусе закругления меньше 125 *м* обязательно устройство виража и уширение проезжей части, как указано выше.

Нормальная ширина обочин в равнинной и холмистой местностях установлена в 2 *м*, в гористой — 1 *м*. В случае же перестройки дороги с уширением проезжей части, обочины могут быть уменьшены в равнинной и холмистой местностях до 1 *м*, в горной местности, в скалистом грунте до 0,5 *м*. Приведенный тип шоссе с бордюрами из камней обязателен для дорог с тяжелым движением.

§ 141. Требования, которым должен удовлетворять щебеночный материал. Щебень, идущий для дорожного строительства, должен иметь следующие физико-механические свойства: достаточное сопротивление на сжатие; достаточную твердость, чтобы износ его при движении повозок был бы наименьшим; наименьшую водопоглощательную способность, чтобы не разрушаться под влиянием морозов; способность цементироваться.

Технические условия Цудортранса 1931 г. разделяют щебень по твердости на три группы:

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 138

Твердость камня	Вр. сопр. на сжатие *кг/см²*	Износ на барабане Деваля %	Поглощ. воды по весу %
Твердый .	900	5	2
Средний .	600	7	4
Мягкий .	300	9	6

Для верхнего слоя одежды шоссейных дорог следует брать щебень из твердых каменных пород, для нижнего — из пород с временным сопротивлением на сжатие не менее 300 *кг/см²*, износом на барабане Деваля не более 9% и водопоглощением не более 6%.

Обязательное условие, предъявляемое к щебню, — однородность пород каменных материалов, из которых бьется щебень, что в результате дает равномерный износ одежды и гладкость поверхности. И наоборот: чем более неоднородны каменные материалы, тем более зубчатую поверхность будет иметь шоссейная одежда и тем скорее начнется образование колей и выбоин.

Помимо перечисленного, важное значение имеют также форма и размеры щебенок. Щебенки, приближающиеся по форме к гравию (например, старый окатанный щебень), при укатке будут перемещаться одна относительно другой, и получить из такого щебня связную кору невозможно. В то же время щебенки, имеющие угловатую и шероховатую форму, заклиниваясь при укатке, будут давать меньше промежутков и более прочную одежду.

В интересах сопротивления одежды раздроблению колесами повозок и копыт лошадей нужно, чтобы последние опирались на большую площадь шебенок, а вместе с тем — и на бóльшее число твердых точек (опор). Достигнуть такого положения на шоссейной одежде можно путем сильной укатки, сближающей щебенки, а также применением щебенок меньших размеров. Однако уменьшение размеров щебенок не должно быть чрезмерным (например, до размеров расклинцовки), так как при малых размерах щебенок уменьшается связь между ними.

Технические условия Цудортранса 1931 г. дают следующие нормальные размеры в *мм* щебня в зависимости от назначения такового и твердости каменной породы:

Таблица 139

Назначение щебня \ Породы щебня	Щебень твердых пород	Щебень средний по твердости пород	Щебень мягких пород
А. Для постройки и перестройки. .	60	75	80
Б. Для капитального ремонта .	50	60	75
В. Для текущего ремонта	30	40	50

Размеры щебня проверяются мерными кольцами и грохотами, в последнем случае щебень пропускается через 2 грохота с отверстиями согласно следующей таблице:

Таблица 140

Назначение щебня согл. предыдущей таблице	Твердость щебня					
	Твердый		Средний		Мягкий	
	Проходит через грохот с отверст. *мм*	Задерживается на грохоте с отверст. *мм*	Проходит через грохот с отверст. *мм*	Задерж. на грох. с отверст. *мм*	Прох. через грох. с отверст. *мм*	Задерж. на грох. с отверст. *мм*
А	60	30	75	30	80	30
Б	50	30	60	30	75	30
В	30	20	40	20	50	20

Размер отверстий грохота соответствует при круглой форме щебенок их диаметру, при ромбической (плетеные сетки) — малой диагонали.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Вовсе не допускается для дорожного строительства щебень из мергелистых известняков, выветрившихся камней, также из камней, подвергшихся нагреву и трещиноватых. В отношении чистоты щебень не должен содержать землистых частиц и сора.

§ 142. Организация работ. Обязательной предпосылкой рациональной организации работ является составление календарного плана работ.

Означенным планом должно быть предусмотрено:

1) Сроки начала и окончания отдельных этапов работ (заготовка материалов, устройство земляного полотна, укладка материалов в дело, укатка и пр.).

2) План заготовки, транспорта и использования дорожно-строительных материалов.

3) План использования рабочей силы.

4) План использования механизмов.

Особое значение приобретает правильное использование рабочей силы. В основу такового должны быть положены шесть условий т. Сталина, ликвидация уравниловки и обезлички, внедрение в жизнь социалистических методов труда, ударничества и социалистического соревнования. Одновременно должны быть приняты меры к улучшению материальных и культурно-бытовых условий жизни дорожников.

Во всех возможных случаях должно быть использовано в дорожном строительстве трудовое участие населения, передовая часть населения, особенно колхозники, должны привлекаться для выполнения ряда трудоемких работ (постройка грунтового дорожного полотна, подвозка дорстроительных материалов и пр.).

В предшествующий постройке год должно быть произведено подробное обследование каменных и песчаных карьеров в районе дороги, выяснено, насколько соответствуют материалы требованиям, предъявляемым техническими условиями, и какова мощность карьеров.

При наличии валунных карьеров камня, сборку такового необходимо производить с осени до наступления морозов, когда камень, частично сидящий в земле, трудно будет извлечь. Камень собирают в штабели, по возможности возле дорог. Крупные булыги предварительно рвут на более мелкие, удобные для перевозки куски. Перевозку камня к месту работ лучше всего производить по санному пути. В тех случаях, когда имеются карьеры коренных месторождений каменных материалов, необходимо с осени произвести вскрышу верхнего покрова и оборудовать карьерные разработки средствами добычи (перфораторы, компрессоры) и вывозки камня (узкоколейные пути) с тем, чтобы разработку карьеров можно было производить зимою.

Если вблизи места работ не имеется карьеров камня, то следует озаботиться получением камня от снабжающих организаций на ближайшую железнодорожную станцию в течение зимнего сезона.

Что касается заготовки песка, то при незначительном расстоянии от карьеров до места работ (до 1 *км*) и при возможности обеспечить работы транспортом, поставку песка лучше всего производить непосредственно в корыто; в противном случае необходимо организовать зимнюю вывозку песка к месту работ. Доставка камня и песка к месту работ должна быть механизирована применением тракторной или автомобильной возки.

В течение зимнего сезона следует озаботиться получением необходимого механического оборудования: камнедробилок, катков, транспортных средств и др., а также постройкой временных жилищ для рабочих или приобретением палаток. При подборе механического оборудования можно воспользоваться помещаемым ниже типовым комплектом,[1] рассчитанным на постройку 10 *км* белого шоссе и составленным с учетом следующих условий:

1) подвозка камня к камнедробилке производится на расстояние 8 *км*,

2) подвозка песка к месту работ — на расстояние 3 *км*,

3) развозка щебня по линии при средней дальности 2,5 *км*,

4) перемещение материалов с обреза на полотно производится транспортером.

---

[1] Взят из „Комплектов дорожных машин", изд. ЦИАТа, 1931 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 141

№ п/п	Наименование машино-дорожного оборудования	Количество	Примерная единичная стоимость	Общая стоимость	Примечания
1	Катки.				
	а) тяжелый 10—12 *т*	2	12 000—	24 000—	При данном отряде должна быть походная слесарная мастерская
	б) легкий 6—8 *т*	1	6 000—	6 000—	
2	Камнедробилка производит 80 $м^3$ в смену ж	1	10 000—	10 000—	
3	Вагончики для илья .	3	1 500—	4 500—	
4	Поливальные бочки 40 вед.	6	200—	1 200—	
5	Передвижной ленточный транспортер	1	6 000—	6 000—	
6	Грузовики 3,5 *т*	8[1]	14 000—	112 000—	
7	Перегружатель щебня типа „Нельсон".	2	5 000—	10 000—	
8	Трактора в 60 л. с.	7	20 000—	140 000—	При перевозке материалов тракторной тягой в приведенной таблице необходимо внести взамен грузовиков следующие изменения:
9	Тракторные сани.	33	500—	16 500—	
10	Тракторные прицепы.	33	1 000—	33 000—	

Применение передвижного перегружателя (элеватора) успешно разрешает задачу погрузки готового щебня в повозки на камнедробильной базе и благодаря значительному ускорению производства погрузки дает несомненный экономический эффект в использовании автомобильного или тракторного парка.

К началу сезона должны быть завербованы необходимые кадры рабочих и получена спецодежда. Технический персонал должен быть в основном привлечен осенью, предшествующей году постройки, с тем, чтобы он мог хорошо ознакомиться с местными условиями и принять участие в составлении плана работ.

К началу сезона развернутый план работ должен быть доведен до десятника, а затем при появлении рабочих — и до рабочих бригад.

§ 143. Подготовка основания. Для того чтобы дать возможность грунту получить надлежащую осадку и вместе с тем избежать повреждения коры при продолжающейся осадке, земляное полотно под шоссейную дорогу должно быть построено в год, предшествующий устройству одежды. В крайнем случае можно допустить устройство одежды в один год с земляным полотном при невысоких насыпях до 1 *м*, тщательно утрамбованных или укатанных слоями в 20 — 30 *см*.

Щебеночная одежда делается в корыте. Устройство корыта в земляном полотне производится по одному из следующих способов: а) в насыпях — с выемкой корыта на часть глубины с полуприсыпными обочинами; земляное полотно при этом способе устраивается горизонтальным, ниже проектной отметки и шире проектной ширины; б) при расположении дна корыта на ранее существовавшем плотном земляном полотне, а также когда грунт основания негоден для обочин, —без выемки корыта, с присыпными обочинами; необходимый для присыпки обочин грунт подвозится со стороны; земляное полотно при этом способе должно быть устроено с выпуклостью, возможно близкой к проектной, ниже проектных отметок и шире проектной ширины; в) в выемках — с выкопкой корыта на полную глубину.

РЕПОЗИТОРИЙ УДУНТ (ДИТ)

Ниже даны таблицы снижения отметок и уширения земляного полотна для случаев, указанных в пунктах а) и б) (см. стр. 500 и 501).

В тех случаях, когда требуется выемка корыта, порядок производства работ следующий: восстанавливают ось дороги и забивают осевые колья (*а*, *а*) через 100 *м* и в углах поворота, связывая их нивелировкой с реперами (черт. 404). В промежутках между указанными кольями, через 10 *м*, с помощью визирок забивают дополнительные колья, затем — боковые колья (*б*, *б*) по краям корыта против кольев на оси, обычно пользуясь рейкой и ватерпасом. По забитым по краям корыта кольям натягивают бечевку и по ней железной лопатой прочерчивают направляющую линию. После этого, пользуясь деревянными шаблонами, вырезанными из досок толщиною 12—25 *мм* и устанавливаемыми на боковые колья, начинают через 10 *м* рыть поперечные канавки на проектную глубину дна корыта. Эта работа, требующая особой тщательности, поручается опытным землекопам при обязательном наблюдении со стороны технадзора. После выкопки канавок производят срезку земли между ними. Помимо описанного выше способа выемки корыта вручную, таковое может быть получено несколькими проходами грейдера.

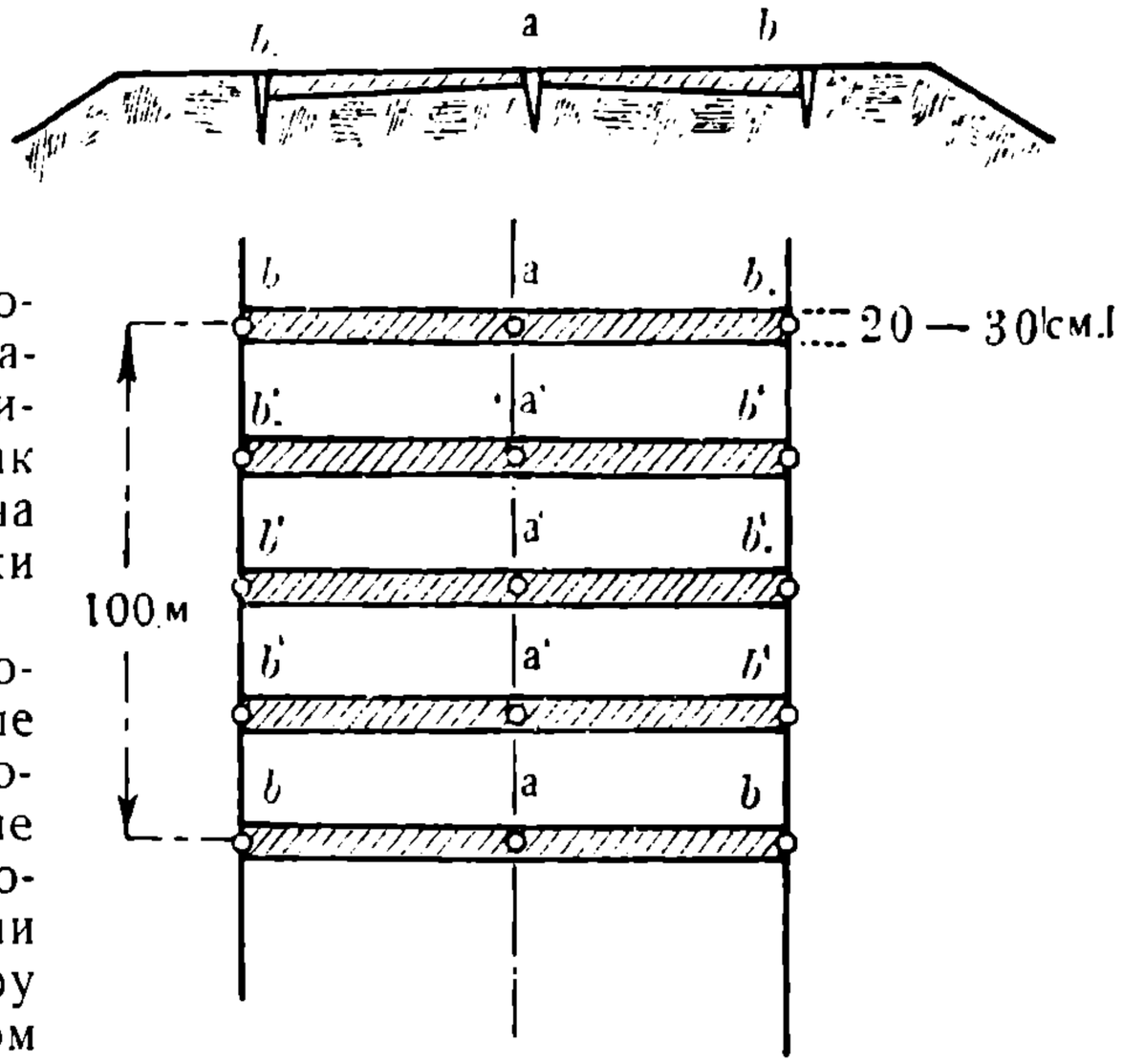


Рис. 404. Производство работ по выемке корыта.

В тех случаях, когда рытья корыта не требуется, для образования такового по краям предварительно спрофилированного, как сказано выше, земляного полотна устанавливают деревянные доски и подсыпают обочины.

Одновременно с устройством корыта делают открытые поперечные ровики для отвода могущей попасть в корыто воды. Указанные ровики следует делать в местах постоянных дренажных воронок (если таковые требуются по характеру грунта земляного полотна). В том случае, когда корыто делают постановкой досок, поперечные ровики перед насыпкой обочин также ограничивают досками.

Имея в виду, что чем плотнее грунт, тем бóльшая нагрузка на него может быть допущена, — дно корыта должно быть обязательно уплотнено укаткой катком с удельным давлением 20—40 *кг* на 1 пог. *см* ширины барабана, или, при отсутствии катка, тщательной утрамбовкой. При песчаных и супесчаных грунтах для ускорения уплотнения производят поливку. На обнаруженные при уплотнении слабые места производится досыпка земли и новое уплотнение. В тех случаях, когда качество грунта и гидрологические условия местности дают основание предполагать возможность образования в дальнейшем пучин,— производят замену грунта. По окончании уплотнения дно корыта проверяется нивелировкой и шаблоном и производится окончательная его планировка.

Обочины шоссейной дороги следует устраивать из грунта, способного оказывать достаточное сопротивление давлению со стороны одежды и тем самым препятствовать разрушению краев одежды при массовом движении тяжелых повозок. Сыпучий песок для устройства обочин не допускается. До производства россыпи щебня обочины должны быть подсыпаны в уровень с укатываемым слоем на ширину не менее 1 *м* и уплотнены укаткой или трамбованием.

В тех случаях, когда по условиям грунта земляного полотна устраивается искусственное песчаное или каменное основание (пакеляж), должны быть сделаны песчаные воронки под обочинами для отвода воды из основания. Расстояние между воронками в плане от 4 *м*, если грунт земляного полотна — тяжелая глина, до 8 *м* при супесчаном грунте. На участках дороги горизонтальных и с продольным уклоном до 0,01 воронки делаются нормально к оси

ГБПУ УДУНТ (ДШТ)

дороги, при большем продольном уклоне — наклонными к оси дороги, под углом 50 — 60° в сторону уклона земляного полотна. Уклон дна воронок 3%; толщина песчаного слоя — $^2/_3$ от толщины такового под одеждой, но не менее 10 *см*; ширина воронки должна быть не менее двойной высоты песчаного слоя в ней; трамбования песчаного слоя не производят. Для лучшего обеспечения выхода воды в канавы из воронок последние у выходных отверстий на длину 50 — 60 *см* заполняются гравием, щебнем или в крайнем случае пучками хвороста. Имея в виду важность хорошего дренажа для прочности шоссейной одежды, следует отнестись с особой тщательностью к устройству воронок.

При продольном уклоне дороги до 2% для лучшего отвода воды к воронкам вдоль края корыта рекомендуется делать продольные ровики с водоразделом между воронками (см. рис. 406). Глубина ровиков от нуля на водоразделе увеличивается до 15 *см* у воронки, ширина ровиков — 20 *см*. Со стороны корыта ровик имеет одиночные откосы. Копание продольных ровиков производят после уплотнения дна корыта, перед окончательной его планировкой.

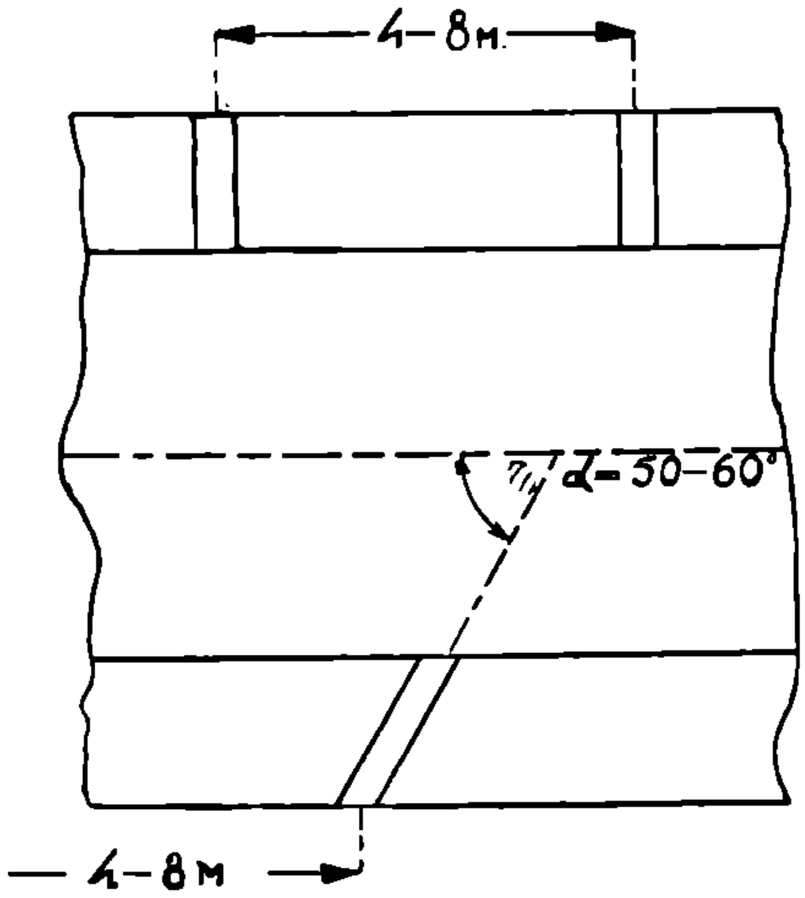


Рис. 405. Расположение дренажных воронок в плане.

При глинистом, суглинистом и супесчаном грунтах земляного полотна под щебеночной одеждой следует устраивать искусственное основание: песчаное, гравийное или каменное. Толщина слоя песчаного основания зависит как от характера движения по дороге и рода повозок, так и от качества грунта земляного полотна. Назначение песчаного слоя — передача давления от одежды недостаточно прочному грунту и осушение коры и земляного полотна, несущая способность которого значительно понижается с увеличением влажности грунта. Песок для этой цели должен быть чистый (содержать не более 5% землистых и глинистых примесей) и крупный. Насыпать его следует слоями не толще 10 *см*, уплотняя каждый слой трамбовками или легкими катками, с предварительным увлажнением песка. Поверку толщины насыпанного слоя песка производят шаблонами по специально забиваемым кольям. Толщину слоя песка в рыхлом теле необходимо увеличивать на коэффициент уплотнения, равный примерно 1,15.

В тех случаях, когда ожидаемая на дороге напряженность движения велика, отдельный вес повозок значителен (тяжелое грузовое движение — тракторы, танки) и грунт земляного полотна глинистый, также при изобилии каменного материала и недостатке песка, — необходимо устраивать каменное основание из отдельных плоских камней, поставленных на ребро длинной стороной перпендикулярно к продольной оси дороги, с перевязкой между отдельными рядами камней, либо делать каменное основание в форме обратной мостовой (пакеляж), причем булыжник или колотые камни кладутся на спланированное основание плоской стороной вниз, не опираясь друг на друга, и производится перевязка швов. Выступающие верхушки камней сбиваются молотком под один уровень; промежутки между ними расклиниваются осколками камней. Тот и другой вид каменного основания до россыпи щебня укатывается или тщательно трамбуется. Толщина каменного основания обычно делается 12 — 15 *см*.

§ 144. Россыпь щебня. В зависимости от толщины щебеночная одежда устраивается в один или два слоя. При толщине одежды до 17 — 20 *см* в рыхлом теле можно ограничиться одним слоем. При большей толщине устройство однослойной одежды нецелесообразно, так как уплотнения нижних слоев почти никакого не будет, несмотря ни на вес катка, ни на продолжительность укатки. Двухслойная одежда устраивается также в тех случаях, когда не имеется достаточного количества прочного щебня на всю толщину одежды, тогда на нижний слой употребляют щебень мягких пород с временным сопротивлением

НТБ УДУНТ (ДИТ)

на сжатие не ниже 300 *кг/см*² и износом в барабане Деваля не более 8 — 9%. На основании из пакеляжа щебеночная одежда устраивается в один слой.

Края корыта при россыпи в него щебня ограничиваются бордюрными камнями (при тяжелом движении), или же россыпь примыкает непосредственно к обочине. В тех случаях, когда обочины состоят из слабых, недостаточно уплотнившихся грунтов, перед рассыпкой щебня в корыто по бокам последнего ставятся бордюрные доски толщиною 5—6,5 *см*, укрепляемые с внутренней стороны кольями. Верх досок располагают на отметке одежды, взятой с запасом на уплотнение щебня. По окончании укатки доски вынимают, заполняют получившиеся щели грунтом и тщательно утрамбовывают.

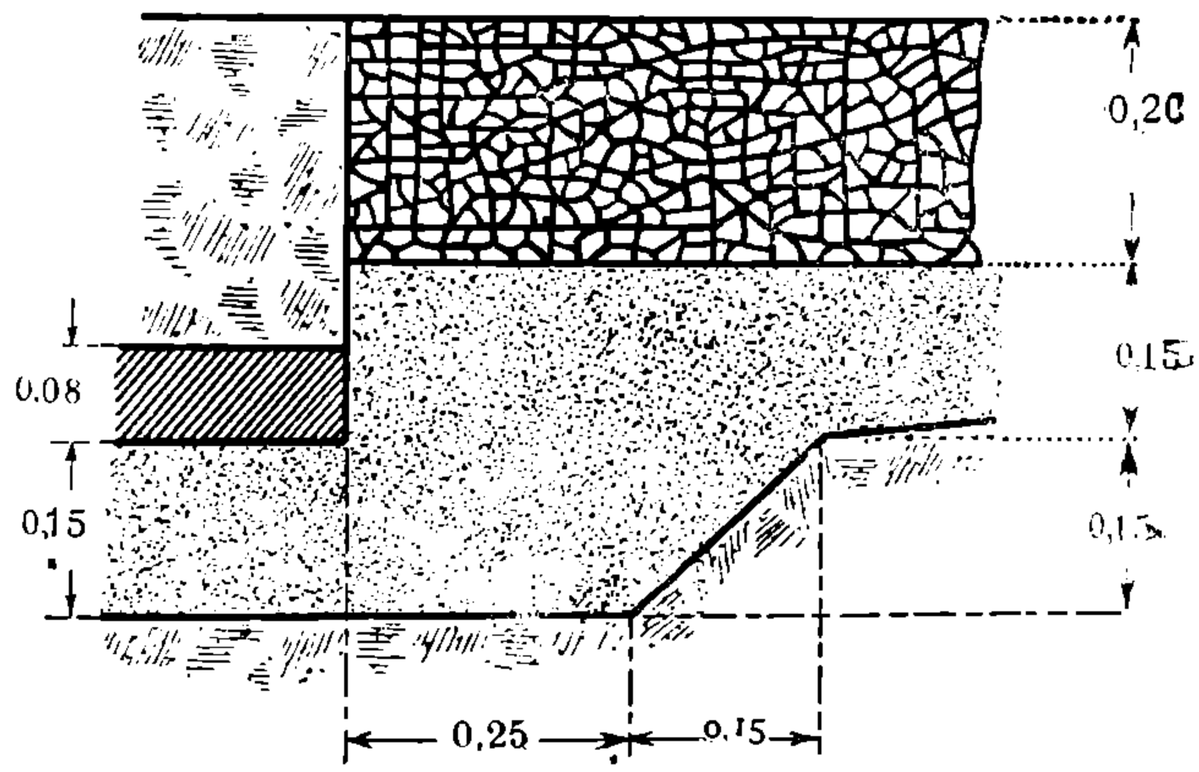


Рис. 406 Продольный ровик для отвода воды из корыта:
а) Деталь сопряжения воронки с корытом. б) Продольный разрез по ровику.
в) План корыта с показанием ровиков и дренажных воронок.

В тех случаях, когда на месте работ имеется для устройства основания только мелкий песок и когда по экономическим или другим соображениям доставка другого, более крупного, нецелесообразна, необходимо после уплотнения покрыть песок слоем листьев, травы, сена или соломы толщиною не более 2—3 *см*. Иначе при укатке щебеночного слоя песок легко проникает в пустоты между щебнем и тем самым расстраивает кору. Иногда он выступает даже на поверхность россыпи.

После подготовки основания, приступают к засыпке в корыто щебня, которую производят либо помощью механических снарядов (автомобилей, подвижных транспортеров), либо вручную (тачками и вилами). Автомобили можно применять для россыпи только второго слоя, когда для движения таковых имеется достаточно прочное основание в виде укатанного первого слоя. В тех случаях, когда щебень был предварительно выставлен на обочинах или обрезах, подачу его в корыто производят ленточными транспортерами или вручную. Если щебень поступает на работы в непрогрохоченном виде, или если он после бойки пролежал более года, он должен быть прогрохочен перед россыпкой его в корыто. В первом случае прогрохоткой преследуется цель отделения расклинцовки, средних и мелких высевок, а во втором — отделения частиц

НТБ УДУНТ (ДИТ)

грунта. Рассыпку щебня, подвозимого автомобилями с опрокидывающимися кузовами, лучше производить не непосредственно в корыто, но пользуясь специальными щебнеразравнивателями, прицепляемыми сзади к кузову автомо-

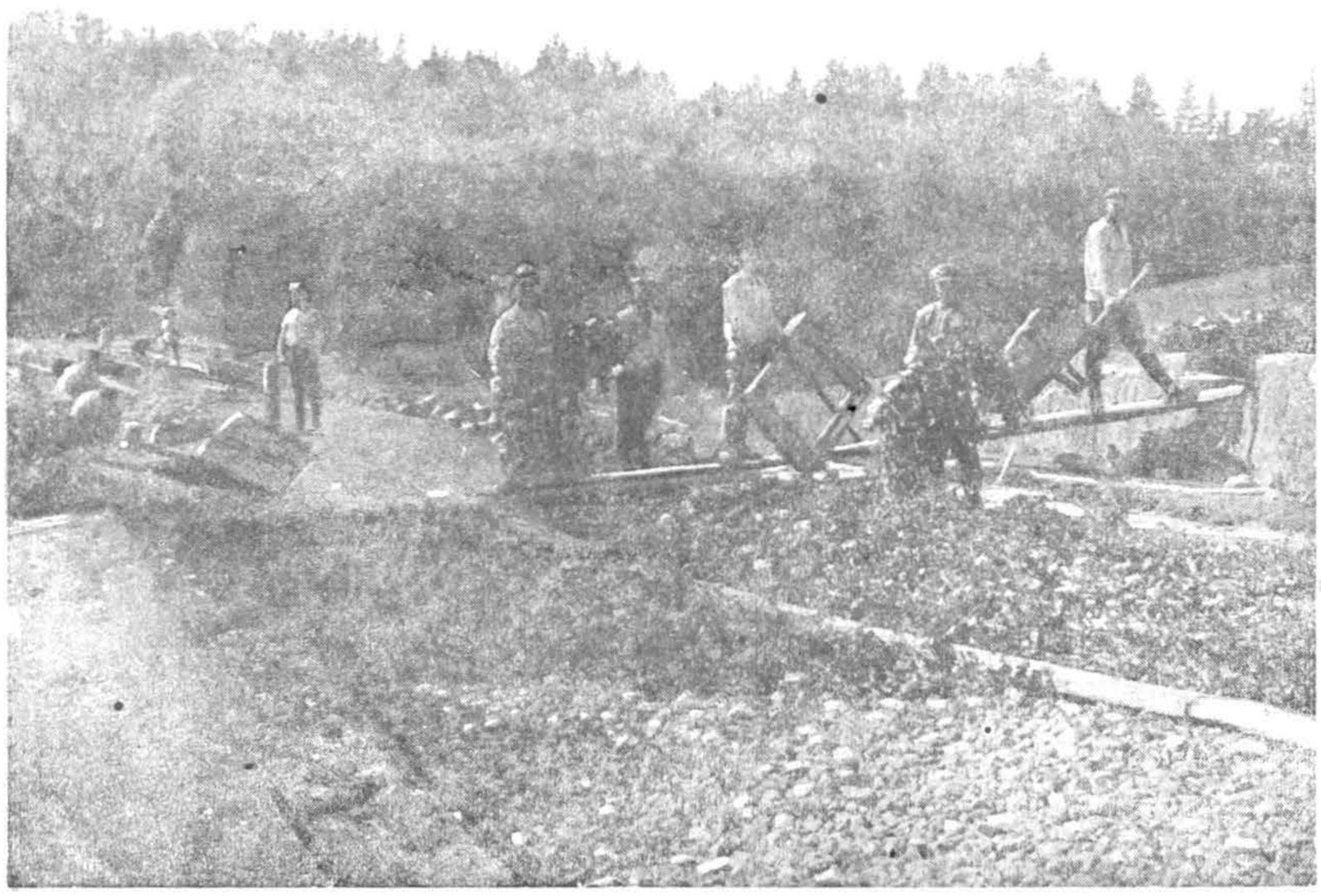


Рис. 407. Покрытие мелкого песка перед россыпью щебня слоем листьев.

биля. Иногда разравнивание щебня производят грейдерами, а при ручном способе работ — металлическими лопатами

Разравнивание (планировка) щебня является весьма важной стадией работ при постройке шоссейной одежды, и от производства этой работы зависит

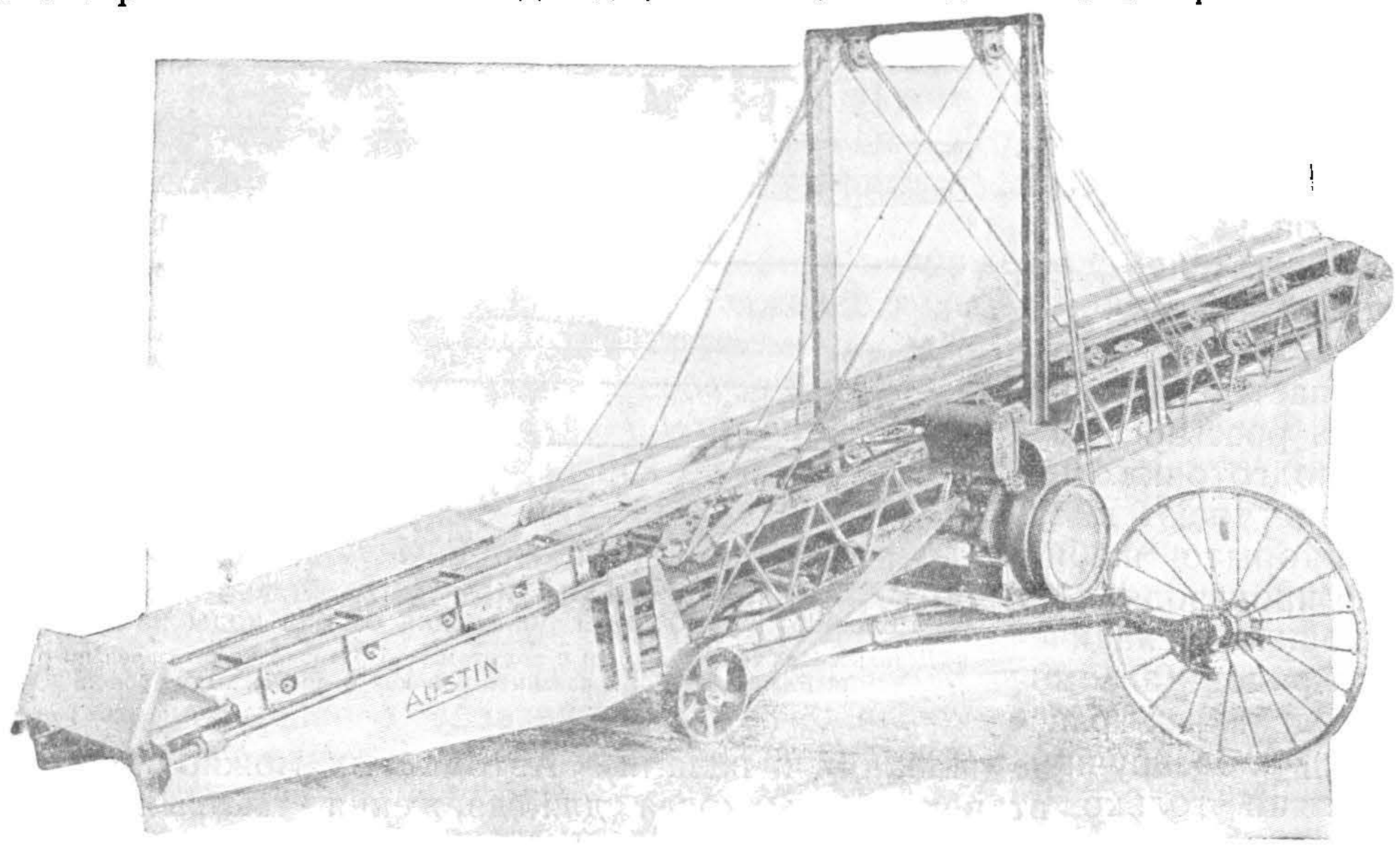


Рис. 408. Общий вид ленточного транспортера.

волнистость одежды в продольном направлении и правильность поперечного профиля. Обычно окончательная (чистая) планировка щебня поручается опытному ремонтному рабочему Для предупреждения ошибок необходимо при рассыпке и разравнивании шебня пользоваться деревянными шаблонами из досок

НБ УДУНТ (ДИТ)

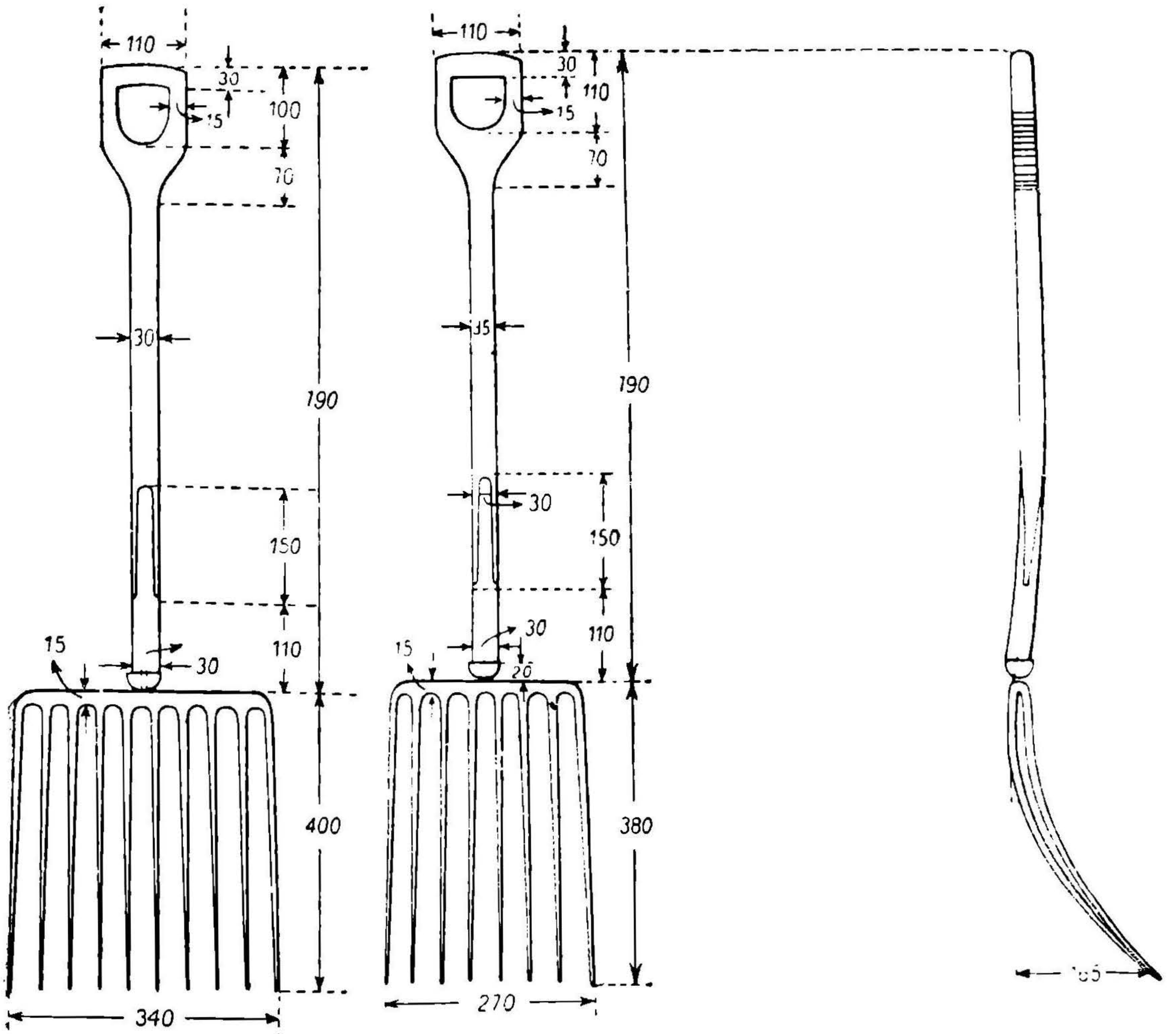


Рис. 409—410. Вилы для щебня.

толщиною 25 *мм*. При этом должен быть предусмотрен запас на уплотнение при укатке, обычно в размере 40% от проектной толщины. Россыпь щебня не должна опережать укатку более, чем на два дня, во избежание загрязнения свежей россыпи.

§ 145. Укатка россыпи. Для получения плотной, монолитной шоссейной коры рассыпанный щебень необходимо уплотнить, что производится специальными катками, которые могут быть: прицепные (для конной либо механической тяги) или самодвижущиеся (паровые и моторные). При сравнении катков между собою в расчет следует принимать не общий их вес, но давление на 1 пог. *см* длины барабана — *линейное, удельное давление*. Различают 3 группы

Рис. 411. Разравнивание щебня вручную. (Из фот. А. К. Блинова).

НБ УДУНТ (ДНТ)

катков: а) легкие с удельным давлением 20—50 *кг* при общем весе 5,0—6,0 *т*; б) среднего веса с удельным давлением 50—80 *кг* при общем весе 6,0—8,0 *т* и в) тяжелые с удельным давлением 80—120 *кг* при общем весе 12,0—15,0 *т*. При трехвальцовых катках (два задних барабана и один передний) определение удельного давления производится по ширине задних барабанов, на которые обычно передается $^2/_3$ общего веса катка.

Существенное влияние на быстроту и качество укатки, а вместе с тем и на выбор типа катка оказывают следующие факторы:

а) крепость применяемого щебня. Ориентировочно можно принять следующую зависимость между породой каменного материала и удельным давлением катка в *кг* (превышение может повести к раздроблению материала):

Таблица 142

	Мягкие камни	Средней твердости	Твердые	Очень твердые
	известняк, песчаник	гранит, песчаник	гранит, гнейс, сиенит, диабаз	диабаз, порфир. базальт
Допускаемое удельное давление *кг* .	60—70	70—80	80—90	90—100

б) ожидаемая на дороге нагрузка. Удельное давление катка должно быть в 1,25—1,5 раза больше, чем максимальное давление от колес преимущественно движущихся повозок. Например, при ожидаемом усиленном грузовом движении

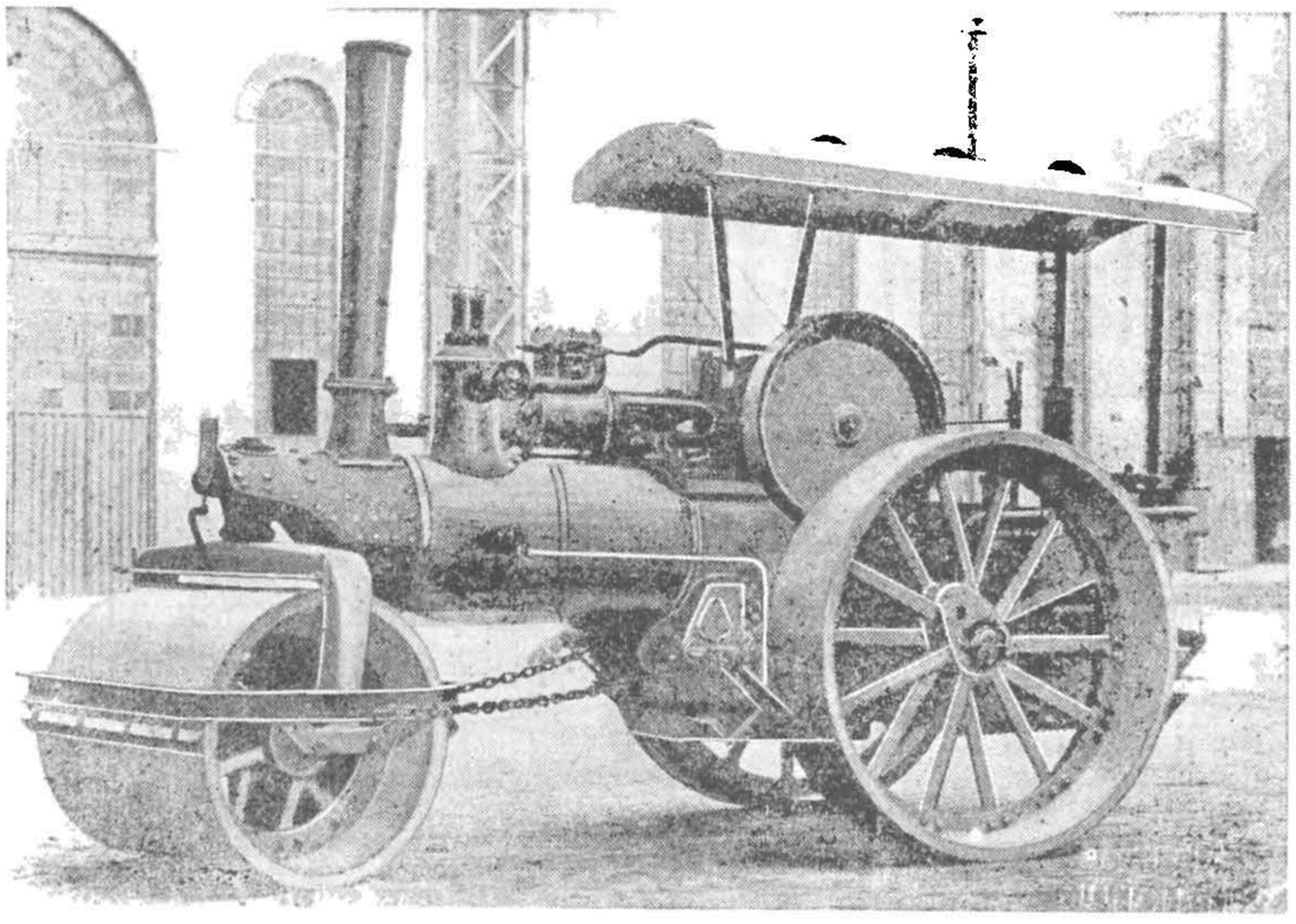


Рис. 412. Паровой каток.

преимущественно автогрузовиками Я—3, весом брутто 6,5 *т*, с давлением на 1 колесо — 1 085 *кг*, при ширине следа колеса 15 *см*, получим удельное давление $\frac{1\,085}{15} = 72$ *кг*. Потребное удельное давление барабанов катка $72 \times 1{,}5\ (1{,}25) = 108\ (90)$ *кг*. Если каток трехвальцовый и ширина каждого заднего барабана равна 40 *см*, то общее давление от задней оси катка должно быть $108\ (90) \times 40 \times 2 = 8\,640\ (7\,200)$ *кг*. Принимая во внимание, что на заднюю ось трехвальцового катка обычно передается $^2/_3$ веса всего катка, получим общий вес катка $\frac{8\,640\ (7\,200) \times 3}{2} = 13\ (11)$ *т* (с округлением);

в) допускаемая нагрузка на основание и земляное полотно. Одежды, устраиваемые на каменном основании (пакеляж), допускают при соответствующей

НБ УАДНТ (ДПТ)

мое удельное давление для катка по следующей формуле

$$p_к = p\,(10 + h),$$

где p — допускаемое давление на основание,

h — толщина слоя щебня в рыхлом теле.

Например, при песчаном слое основания, допускающем давление 2,4 *кг/см²*, и толщине слоя щебня в рыхлом теле — 25 *см*, получим $p_к = 2{,}4\,(10 + 25) = 84$ *кг*;

г) продольный уклон дороги. Применение паровых катков в горных условиях при уклонах свыше 6 — 7% ведет к неравномерному

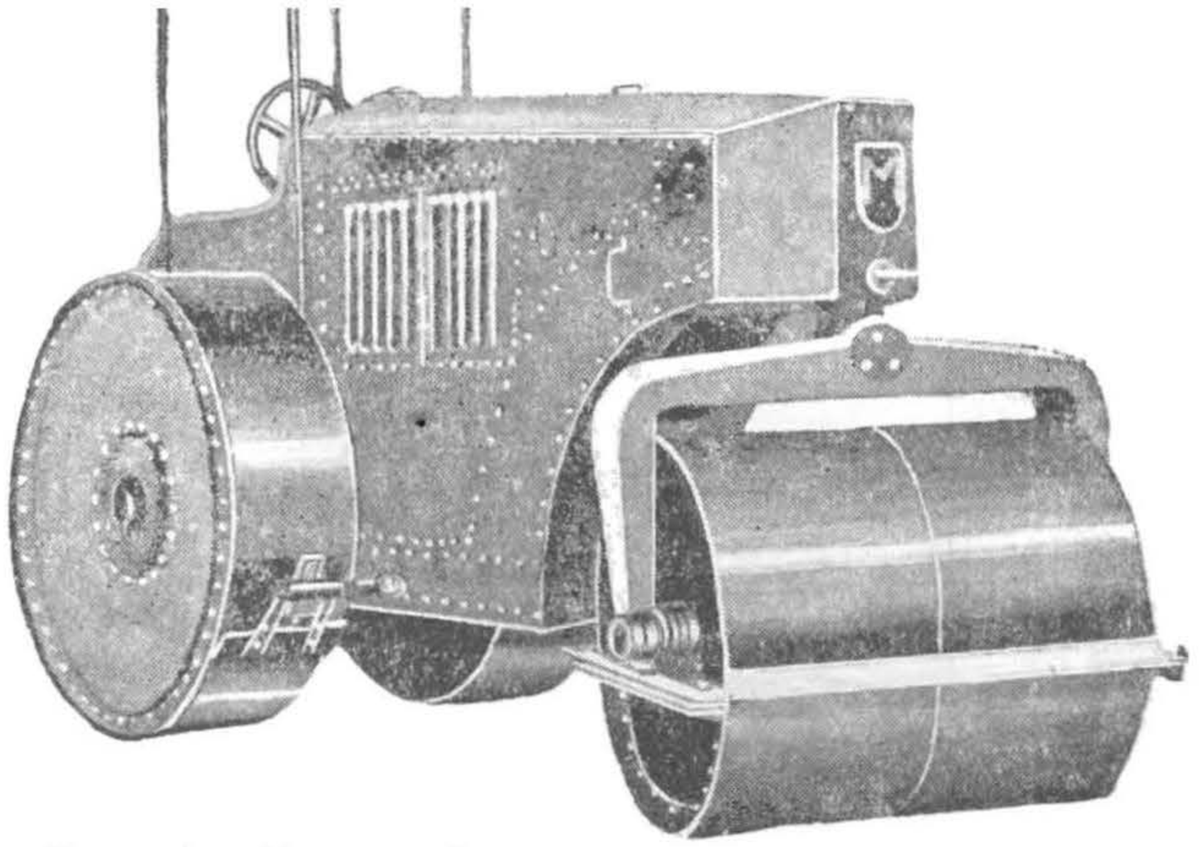


Рис. 413. Моторный каток с барабанами для загрузки водяного балласта.

расходу пара, а при горизонтальных котлах может привести к обнажению топки от воды. Нерационально также применять в подобных условиях конные катки. Лучшим типом для горных дорог необходимо считать моторные катки.

Укатку россыпи следует начинать более легкими катками (обычно прицепными), так как пущенные сразу тяжелые катки могут вызвать волнообразное выпирание и перемещение перед барабанами щебня, а следовательно—искажение профиля дороги, а также раздавливание щебня, что в первый период укатки нежелательно. Рекомендуется производить укатку двумя или даже тремя катками разного веса, начиная с легкого. Ско-

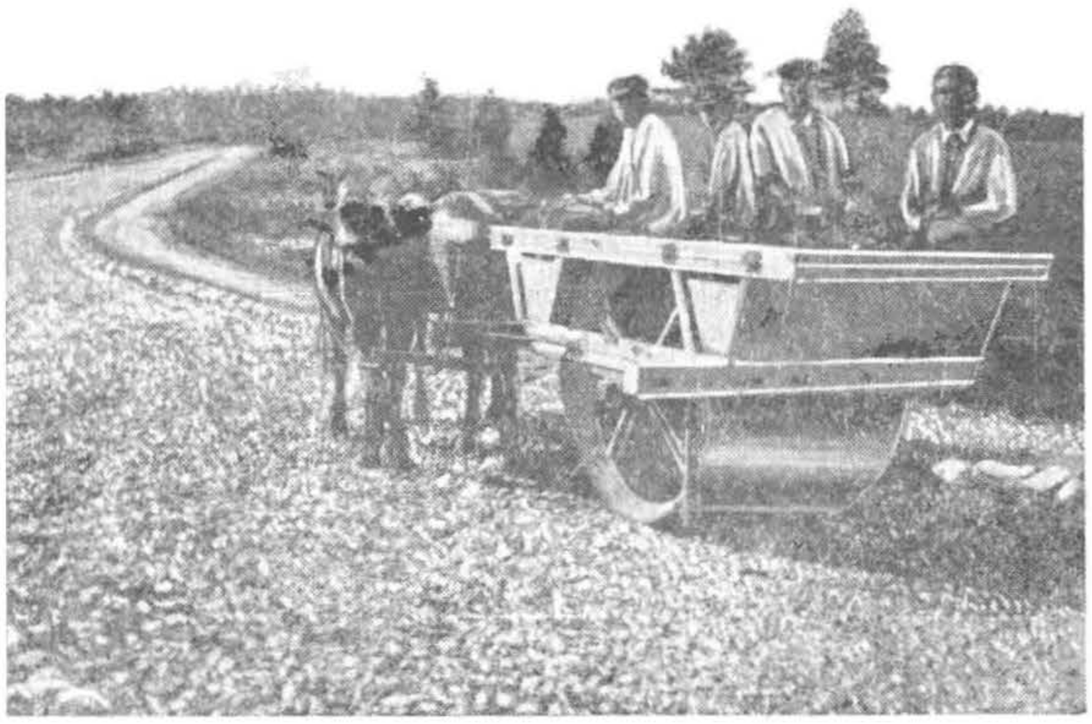


Рис. 414. Предварительное уплотнение россыпи конным катком.
(Из фот. А. К. Блинова)

рость движения катка в начале укатки не должна превышать 2 *км* в час для того, чтобы щебенки под динамическим воздействием барабанов катка могли сближаться, принимая наивыгоднейшее положение (явление, аналогичное уплотнению песка встряхиванием) и подвергаясь при этом незначительной деформации, заключающейся в обламывании острых ребер и углов, с заполнением получающейся при этом мелочью пустот в щебеночном слое. По мере продолжения укатки сопротивление движению катка уменьшается (рис.

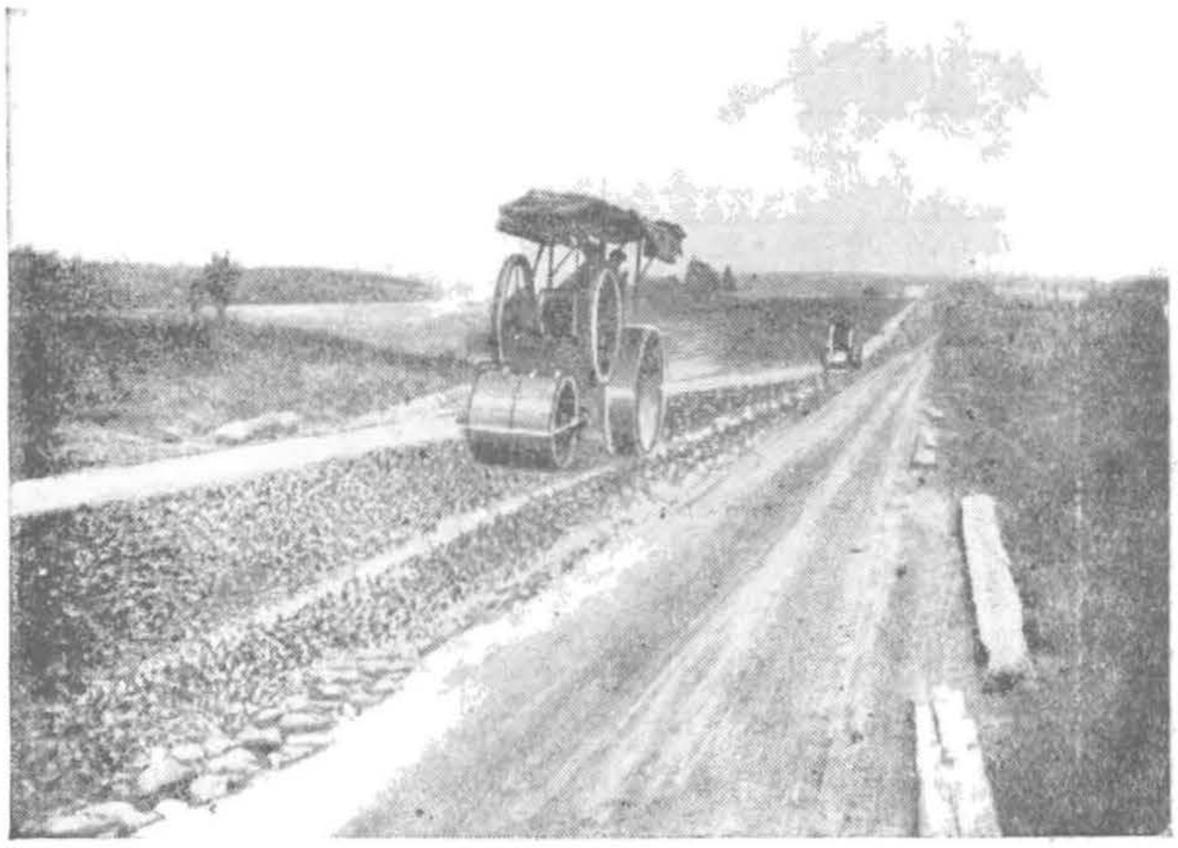


Рис. 415. Производство укатки россыпи двумя катками разного удельного давления.
(Из фотографий А. К. Блинова).

НБ УДУНТ (ДГТ)

416), кора делается более прочной, и потому скорость движения катка может быть увеличена до 3 — 4 *км* в час; так же может быть увеличен и вес катка.

При укатке щебеночной одежды различают 3 периода. В первом — происходит уплотнение щебеночного слоя путем сближения отдельных щебенок за счет уменьшения пустот между ними, во втором периоде — укатка расклинивающего слоя (крупных высевок) и наконец в третьем — укатка мелких высевок

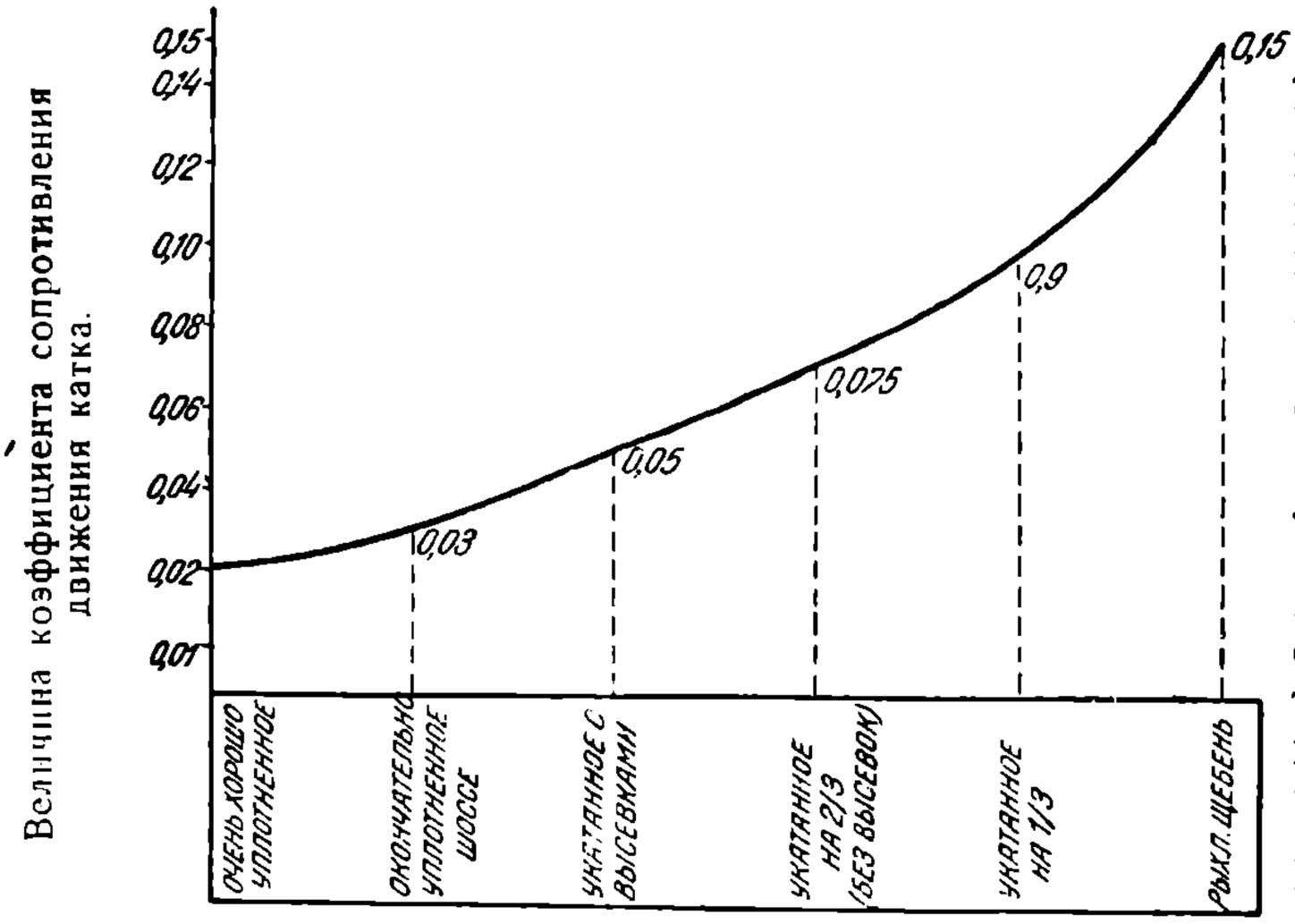


Рис. 416. Изменение коэффициента сопротивления движения катка в различные периоды укатки.

Изменение величины осадки россыпи (примерное) в зависимости от количества проходов катка в процентах к полному количеству проходов, необходимому для окончательного уплотнения, показано на рис. 417, из которого видно, что первую треть полной осадки можно получить после 17% проходов катка, вторую треть после 33% (50 — 17) и последнюю треть — после 50% проходов (100 — 50).

Укатка ведется от краев к середине. Несколько первых проходов каток должен сделать по краю россыпи, захватывая обочину половиной ширины наружного заднего барабана. Только после надлежащего уплотнения обочины, что даст вместе с тем упор для одежды, переходят к укатке собственно россыпи, причем каток пускают попеременно передним и задним ходом то по одной, то по другой стороне россыпи. После окончательного уплотнения одной полосы, укатка следующей ведется с перекрытием предыдущей на $^1/_4$ ширины заднего барабана (примерно на 10 — 15 *см*). Момент окончания первого периода укатки коры характеризуется тем, что волна перед барабанами катка делается незаметной на-глаз и щебенки при ходьбе по россыпи утрачивают свою подвижность. Если поспешить с рассыпкой высевок, кора получается слабой, если же задержать рассыпку таковых, делая излишние проходы катком (перекатать россыпь), щебень лишается острых ребер и углов и настолько

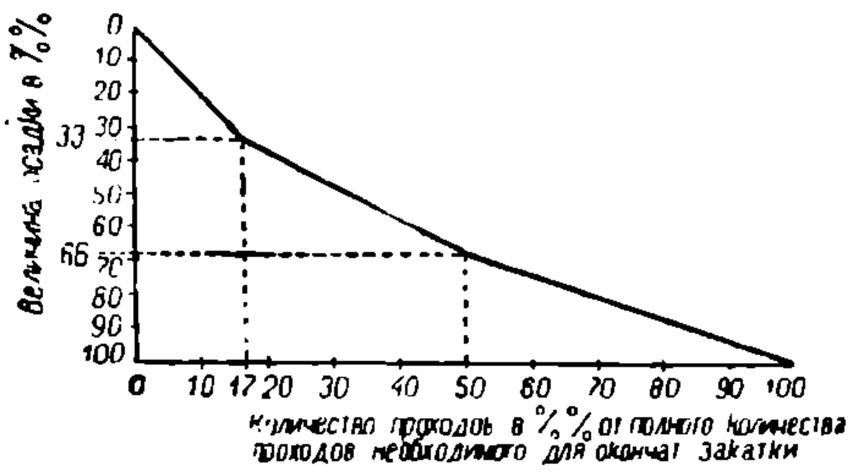


Рис. 417. Изменение величины осадки россыпи в зависимости от количества проходов катка.

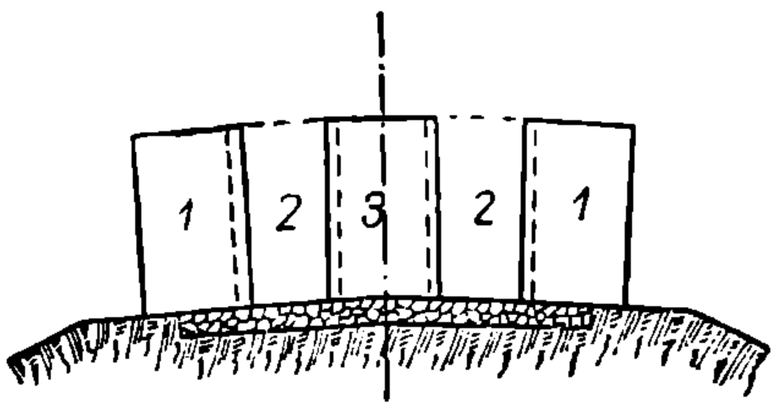


Рис. 418. Различные положения катка при укатке щебеночного шоссе.

округляется, что при продолжении укатки начинает выходить из своих гнезд — кататься. В случае перекатки необходимо вскирковать верхний слой россыпи, добавить свежего щебня и вновь укатать.

После окончания первого периода укатки приступают к рассыпке по поверхности одежды крупных высевок (расклинцовки), с последующей укаткой их катком. Россыпь высевок производят в несколько приемов равномерными слоями, толщиною не более 1 — 1,5 *см*, следя за тем, чтобы при укатке

ЦБ УДУНТ (ДИТ)

заполнялись все пустоты и чтобы к концу укатки вся поверхность шоссе была покрыта высевками. После этого рассыпают мелкие высевки и продолжают укатку по ним.

Количество проходов катка по каждому месту до полного уплотнения щебеночного слоя зависит главным образом от твердости, размеров и однородности щебенок, толщины укатываемого слоя, удельного давления катка, опытности машиниста и других факторов.

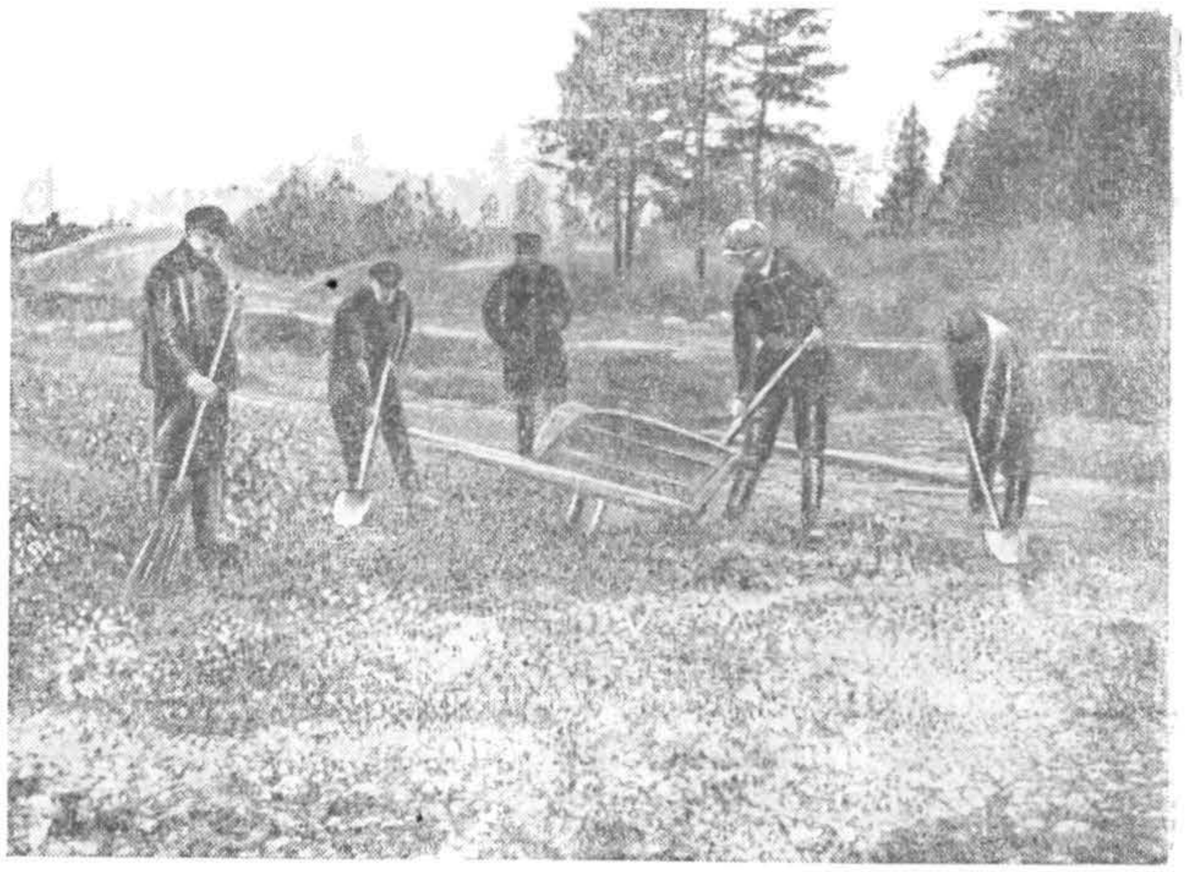


Рис. 419. Россыпка крупных высевок. (Из фот. А. К. Блинова).

Если принять за единицу число проходов, требуемых для укатки гранита средней крепости (временное сопротивление сжатию $\geqslant 900$ *кг/см²*), то для среднего известняка (временное сопротивление около 600 *кг/см²*) необходимо взять коэффициент 0,6 а для камней высокой прочности (временное сопротивление выше 1 500 *кг/см²*) — 1,5.

При укатке *одним катком* число проходов, необходимое для полного уплотнения свежей россыпи, при не деформирующемся основании (постройка верхнего слоя), в зависимости от веса катка, сорта щебня и толщины россыпи, приведено в следующей таблице. [1]

Таблица 142а

Удельное давление катка	100 *кг*			90 *кг*			80 *кг*			70 *кг*			60 *кг*			50 *кг*			40 *кг*		
Сорт щебня / Толщина россыпи	Известковый	Средний гранит	Крепкий гранит	Известковый	Средний гранит	Крепкий гранит	Известковый	Средний гранит	Крепкий гранит	Известковый	Средний гранит	Крепкий гранит	Известковый	Средний гранит	Крепкий гранит	Известковый	Средний гранит	Крепкий гранит	Известковый	Средний гранит	Крепкий гранит
1-й период: 6 *см*	6	10	15	7	11	17	8	13	20	9	14	21	10	16	24	12	20	30	15	25	38
1-й период: 9 *см*	9	15	23	10	17	25	11	19	28	13	22	33	15	25	38	18	30	45	23	38	57
1-й период: 12 *см*	12	20	30	13	22	33	15	25	38	17	29	44	19	33	50	24	40	60	30	50	75
1-й период: 15 *см*	15	25	37	17	28	42	19	31	47	21	36	54	24	41	61	30	50	75	38	63	95
2-й период	7	12	18	8	13	20	9	15	23	10	17	26	12	19	28	14	24	36	18	30	45
3-й период	5	8	12	5	9	14	6	10	15	7	11	17	8	13	20	10	16	24	12	20	30

При пользовании *несколькими катками* укатку нижнего слоя россыпи производят вначале прицепным катком с удельным давлением 30 — 40 *кг*, а затем — механическим с удельным давлением 40 — 60 *кг*. Укатку верхнего слоя в первом периоде производят катком с удельным давлением 40 — 60 *кг*, а во втором и третьем — тяжелым катком с удельным давлением 80 — 100 *кг*.

Ориентировочно можно считать, что катки с различным удельным давлением могут работать на россыпи с различной степенью уплотнения согласно ледующей таблице:

каток с удельным давлением	40 *кг*	— при уплотнении	1,0
	50 „	— „	1,0
„	60 „	— „	1,12
„	70 „	— „	1,15
„	80 „	— „	1,19
„	90 „	— „	1,23
„	100 „	— „	1,26

[1] Взята из инструкции ЦИАТа по эксплоатации катков М-3, изд. 1930 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Пользуясь графиком зависимости между числом проходов катков с различным удельным давлением и коэффициентом уплотнения россыпи (рис. 420) (построенным для гранитного щебня средней твердости при толщине рассыпанного слоя—12 *см*), а также вышеприведенной таблицей допустимой работы катков при различной степени уплотнения россыпи, можно определить число проходов, которое нужно сделать различным типам катков до полного уплотнения россыпи.

Пример. Требуется определить число проходов катков с удельным давлением в 40 и 80 *кг* по нижнему слою свежей россыпи, толщиною 12 *см* (в плотном теле), до полного его уплотнения.

Из вышеприведенной таблицы видим, что каток с удельным давлением 80 *кг* может вступить в работу, когда уплотнение россыпи будет 1,19. Из графика (фиг. 420) видим, что это уплотнение достигается катком с удельным давлением 40 *кг* через 15 проходов по одному месту. Из того же графика определяем, что катку с удельным давлением 80 *кг* для достижения окончательного уплотнения необходимо сделать 26 — 8 = 18 проходов, где 26 — число проходов катка до окончательного уплотнения, а 8 — число проходов, которое нужно было бы сделать этому катку, чтобы уплотнить россыпь от 1 до 1,19.

В следующих таблицах, исчисленных по данным „единых норм выработки по дорожному производству на 1932 г.“, даны величины производительности различных типов катков по укатке щебня при постройке шоссе в *кв. м* укатанной поверхности за 8-часовой рабочий день:

Таблица 143

Укатка в один слой

Год катка	Вес катка в тоннах	При толщине слоя щебня в см. до укатки								
		15			18			20		
		Прищебне								
		мягком	средней тверд.	твердом	мягком	средней тверд.	твердом	мягком	средней тверд	твердом
Моторный	8.0	265	210	170	240	190	155	205	165	130
	10.0	335	260	215	300	235	195	260	210	165
	12.0	435	340	280	390	305	250	340	275	215
	15.0	485	375	310	435	335	280	375	305	240
Паровой	8.0	240	190	150	215	170	135	165	135	118
	10.0	300	240	190	270	215	170	210	170	135
	12.0	390	310	245	350	280	220	275	220	170
	15.0	450	350	260	405	315	245	305	250	200

Укатка в два слоя

Род катка	Вес катка в тоннах	При толщине слоя щебня в *см* до укатки																				
		9			7			10			8			11			9			14			10		
		нижний слой			верхний слой			нижний слой			верхний слой			нижний слой			верхний слой			нижний слой			верхний слой		
		мягкий	средний	твердый	мягкий	средний	твердый	мягкий	средний	твердый	мягкий	средний	твердый	мягкий	средний	твердый	мягкий	средний	твердый	мягкий	средний	твердый	мягкий	средний	твердый
Моторный	8.0	390	315	250	455	365	290	360	285	225	420	330	260	325	255	205	375	295	240	290	230	190	370	300	235
	10.0	495	400	315	570	465	370	445	360	285	510	420	330	400	325	255	465	375	295	370	285	235	470	380	300
	12.0	645	520	410	715	605	475	580	470	370	675	545	430	520	420	330	600	490	380	480	375	310	615	495	390
	15.0	715	580	455	830	670	530	645	520	410	750	605	475	580	470	370	670	545	490	535	410	340	680	550	435
Паровой	8.0	355	385	225	410	330	260	325	230	205	380	295	235	290	230	135	340	265	215	265	210	165	335	270	215
	10.0	450	360	285	515	420	340	400	325	250	460	380	295	360	295	230	420	340	265	330	265	210	430	340	255
	12.0	585	470	370	645	550	430	520	425	340	610	490	385	470	380	295	540	440	340	430	340	270	555	445	350
	15.0	640	525	410	745	610	475	580	470	370	675	545	430	520	425	335	605	490	385	495	385	285	610	500	390

УДУНТ (ДИТ)

Окончание укатки практически определяется подкладыванием под барабаны катка щебенок средней крупности. Если они раздавливаются в порошок, то дальнейшую укатку следует прекратить. Окончательного уплотнения коры укаткой получить нельзя (из законченной укаткой шоссейной одежды всегда можно ударами, например, каблука выбить щебенки), оно достигается в течение ближайших 1 — 2 месяцев под влиянием проезда повозок, которых в первое время должно быть регулируемо (например, укладкой поперек одежды в шахматном порядке ветвей хвойных деревьев), а также под влиянием дождей.

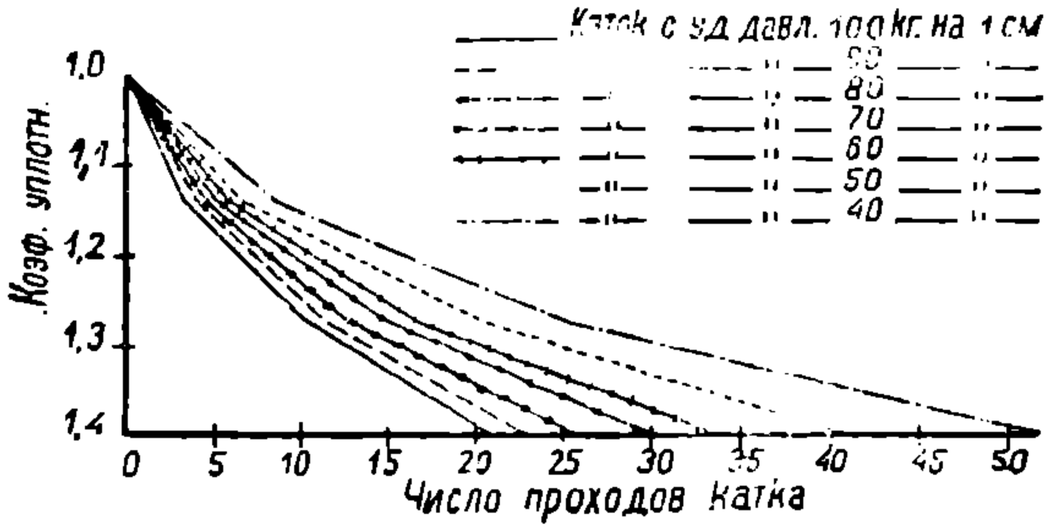


Рис. 420. Зависимость между числом проходов катка и коэффициентом уплотнения россыпи.

При укатке ведется журнал по приведенной ниже форме.

До начала укатки обочины должны быть подсыпаны с утрамбовкой вровень с верхней поверхностью слоя щебня не менее как на половину их проектной ширины. По окончании укатки обочины досыпаются на проектную ширину и высоту, планируются и уплотняются укаткой или утрамбовкой. Так же производится прочистка боковых канав, уборка мусора, сборка и складывание в штабели остатков камня и щебня, постановка гектометровых знаков и пр.

ЖУРНАЛ УКАТКИ

Каток типа ____ Весом ____ Удельное давление .....

Дор. участок ..... Тракт ____ Перегон .....

1	Месяц и число	10	Число полос
2	Описание работ	11	Среднее число проходов по слоям (нижний и верхний) и отдельно по высевкам верхнего слоя
3	№ километров и гектометров	12	Среднее число проходов по одной полосе
4	Начало и конец	13	Кв. метров
5	Переход	14	Куб. метров щебня
6	Укатка	15	Число километров, пройденных катком
7	Отдых	16	Погода (жарко, сухо, пасмурно, дождь, холодно
8	Разные работы (кирковк. стац.)	17	При укатке работало поливательн. приборов
9	Ремонт и простои	18	Расход воды в литрах
	Время		Укатано
			На работу израсходовано материала
		19	Дров
		20	Угля
		21	Бензина
		22	Керосина
		23	Нефти
		24	Цилиндрового масла
		25	Автола (марки)
		26	Тавота
		27	Тряпок.
		28	Концов
29	Примечание		

Приемка исполненных работ должна производиться до открытия движения. При приемке необходимо проверить: ширину щебеночной одежды, толщину щебеночного слоя и основания, правильность продольного и поперечного профиля и плотность коры. Толщина щебеночного слоя и основания определяется путем пробивки лунок; коэффициент уплотнения — делением объема израсходованного щебня (без высевок) на объем коры в уплотненном виде. Правильность продольного профиля проверяется нивелировкой, поперечного — шаблоном. Кроме того должна быть определена гладкость коры укладкой рейки, длиною 3 *м*, параллельно оси дороги, причем зазор между рейкой и поверхностью дороги должен быть не более 25 *мм*, и укладкой рейки длиною 0,5 *м* в любом направлении поперек шоссе,—причем зазор должен быть не более 10 *мм*.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

§ 146. Поливка россыпи. Для облегчения и ускорения укатки шебеночной россыпи производится поливка ее водой из передвижных снарядов (бочки, автоцистерны) или из специальных приспособлений, установленных на самом катке. Поливка производится по щебню и по высевкам. Цель *поливки по щебню* — уменьшение трения между щебенками при перемещении их во время укатки. Вода, смачивая поверхность щебенок, облегчает скольжение их друг по-

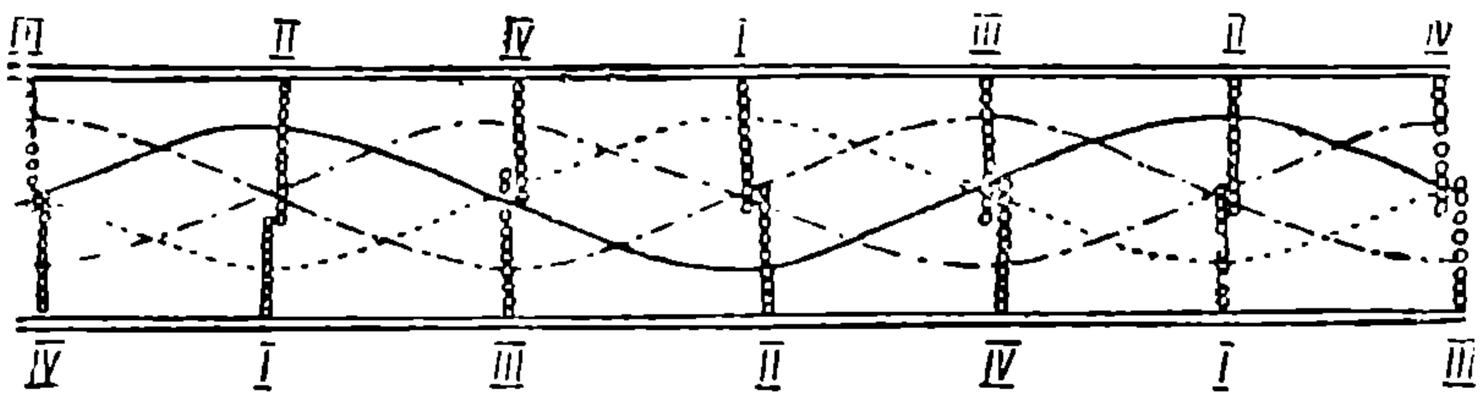


Рис. 421. Регулирование движения по свежеукатанному шоссе.

другу, благодаря чему утряска щебенок происходит быстрее и лучше, а также уменьшается искрашивание. Вследствие ускорения утряски и сжатия щебня уменьшается число проходов катка и тем самым достигается удешевление производства укатки. Количество воды, необходимое для указанной

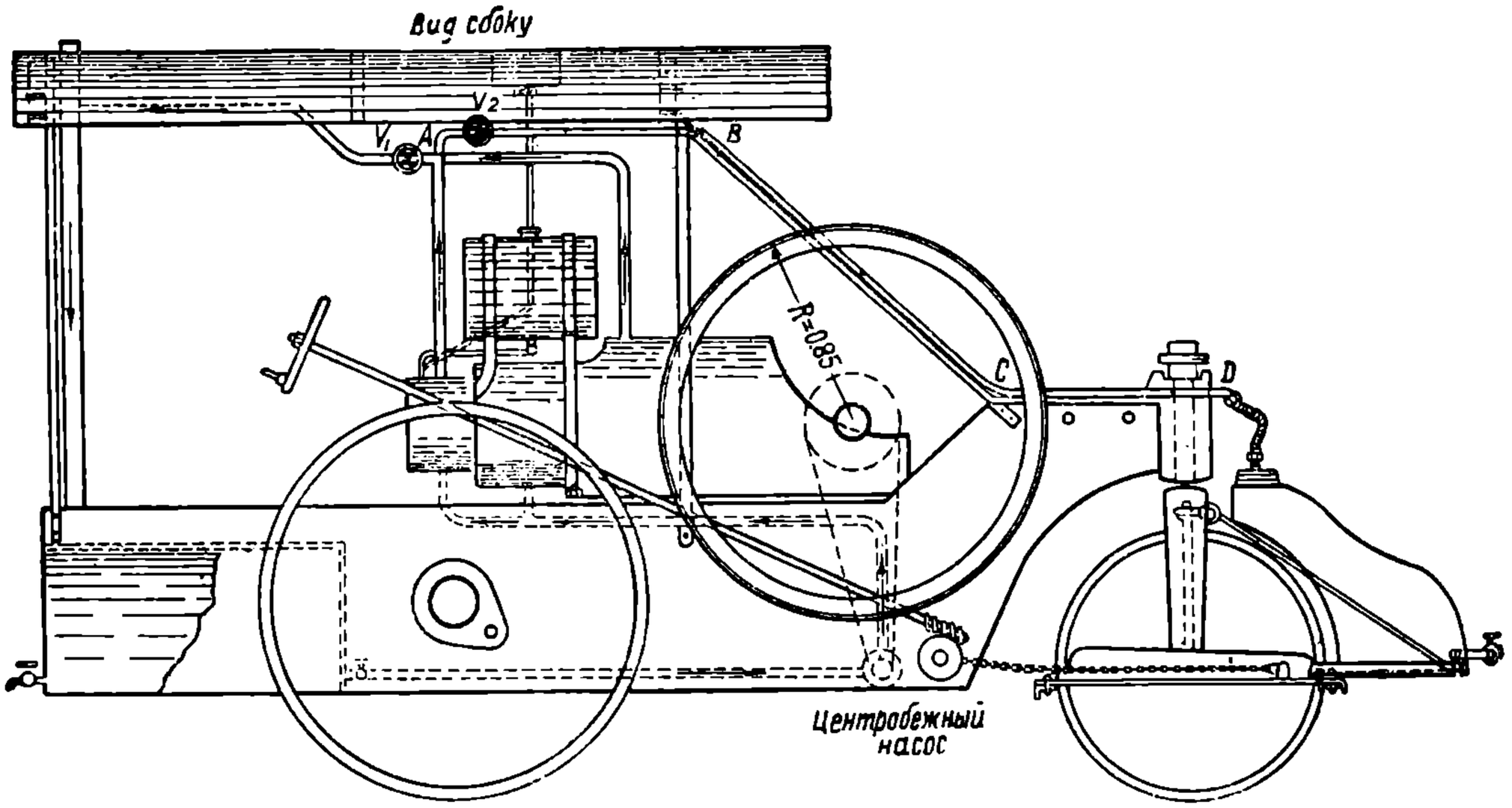


Рис. 422. Каток „Austin" с механическим разбрызгивателем (помещается впереди переднего барабана).

цели, должно быть вполне определенным, так как при слабой поливке не будет достигнута поставленная цель, а чересчур обильная поливка принесет не пользу, а вред: излишнее количество воды в начале укатки приведет к размягчению основания и земляного полотна, а так как щебень еще не уплотнен и не принимает участия в распределении давления от катка, то легко может произойти вдавливание щебня в основание. По мере уплотнения щебня указанная опасность уменьшается, полностью же она исчезает ко времени россыпи высевок. Если будут замечены признаки просадок или колебания земляного полотна, а вместе с тем и щебеночной коры, укатка должна быть немедленно приостановлена до просушки земляного полотна. Помимо воздействия на основание и земляное полотно, излишняя при поливке вода, стекая к обочинам, размягчает их, и в результате шоссейная кора лишается необходимого упора, что может повлечь расползание коры.

Поливка должна производиться непосредственно перед проходом катка, иначе вода будет стекать на обочину, проходить через толщу коры или испаряться с поверхности, в результате чего слой щебня к моменту прохода катка будет недостаточно мокрым. Способы поливки должны быть сообразованы с толщиной щебеночного слоя и с удельным давлением катка: чем толще укатываемый слой и чем легче каток, тем обильнее должна быть поливка.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Что касается второго вида поливки — по высевкам, то она имеет целью загнать заполняющий материал в пустоты россыпи, получить хорошую, плотную, водонепроницаемую кору. Вода, протекая в толщу россыпи, увлекает за собою высевки, которые постепенно заполняют пустоты. Этому процессу значительно способствует вметание высевок метлами, а также укатка, которая производит сотрясение щебеночного слоя, способствующее продвижению высевок. Расход воды на поливку по щебню и по высевкам колеблется от 12 до 20% от объема щебня в зависимости от погоды, способа поливки, породы камня, качества и количества заполняющего материала.

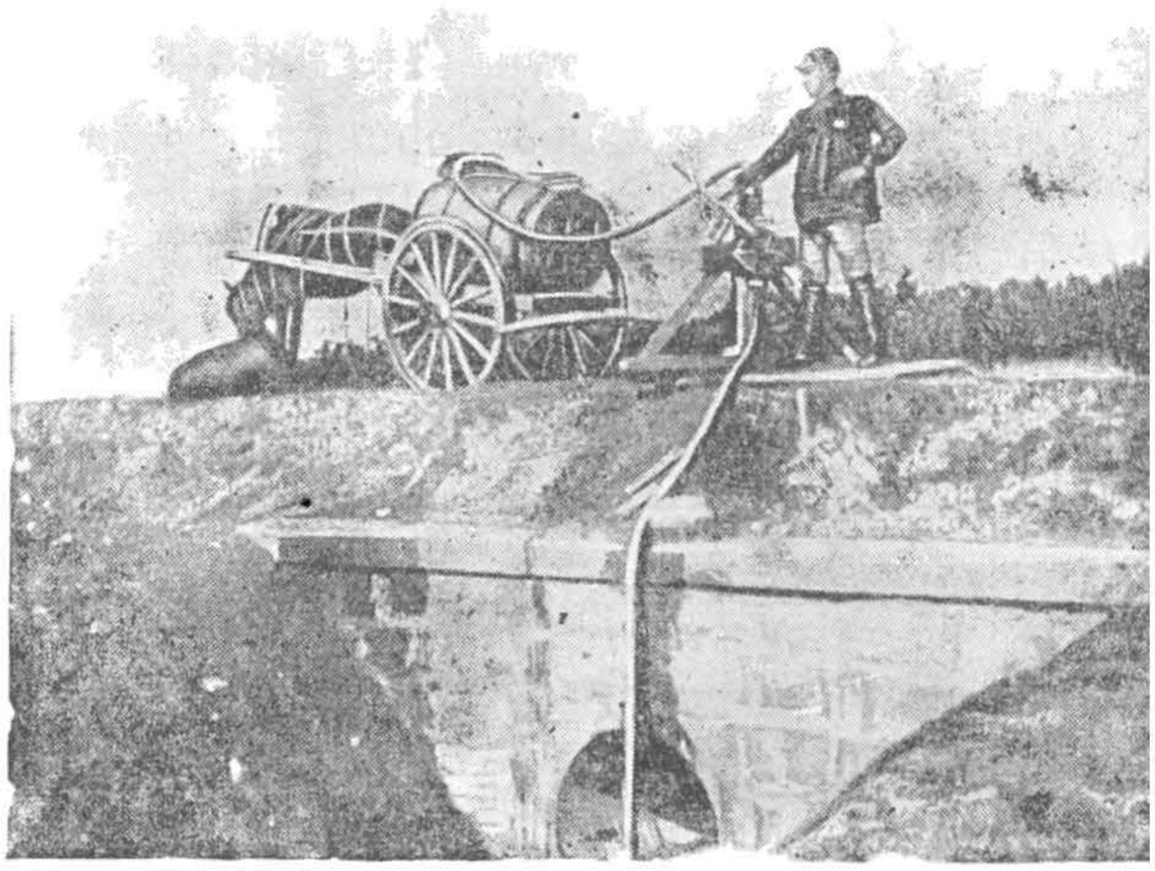


Рис. 423. Набор воды для поливки помощью ручного насоса.
(Из фот. А. К. Блинова).

§ 147. Расчет количества материалов, потребных для постройки шоссе. Имея проектный поперечный профиль, количество щебня на 1 *км* устанавливают умножением средней толщины щебеночного слоя на ширину проезжей части и коэффициент уплотнения щебня при укатке — 1,4. [1] Количество песка под щебеночной одеждой определяется таким же образом с той лишь разницей, что коэффициент уплотнения принимается равным 1,15. При определении количества песка для дренажных воронок предварительно определяется количество воронок, зависящее от грунта земляного полотна, и размеры их (см. стр. 487). Коэффициент уплотнения при подсчете количества песка для воронок не вводится. Количество расклинцовки и мелких высевок должно быть от 15 до 20% от объема щебня. Отношение объема расклинцовки к объему мелких высевок как 4:1.

Количество камня, потребное для получения нужного количества щебня, зависит от крупности камня и щебня. Для первого приближения можно принять количество камня равным количеству щебня в рыхлом теле.

Пример. Требуется подсчитать количество материалов для устройства 1 *км* шоссе на песчаном основании, при грунте земляного полотна — глине. Движение — усиленное, ширина проезжей части 5,5 *м*, земляного полотна 9,5 *м*. Верхний слой одежды из порфира, нижний — из известняка.

Согласно таблице, помещенной на стр. 317 для данных выше условий находим, что толщина верхнего щебеночного слоя должна быть 10 *см*, нижнего — 12 *см*; толщина песчаного основания — 20 *см*.

Определение потребного количества камня. Объем верхнего слоя щебня в плотном теле будет $0{,}10\times5{,}5\times1\,000=550$ *м*³, нижнего $0{,}12\times5{,}5\times1\,000=660$ *м*³. Принимая коэффициент уплотнения равным 1,4, получим в первом случае $1{,}4\times\times550=770$ *м*³ и во втором — $1{,}4\times660=924$ *м*³. Имея в виду, что нижний слой щебня укатывается без применения высевок и что получившиеся при бойке известняка высевки могут быть использованы при устройстве верхнего слоя, а также то обстоятельство, что при бойке камня в щебень получается прибой, можно принять количество подлежащего заготовке камня равным количеству потребного щебня, то есть: порфира 770 *м*³ и известняка — 924 *м*³.

Определение потребного количества песка и гравия. Объем песка под щебеночной одеждой, принимая во внимание коэффициент уплотнения 1,15, будет равен $-0{,}2\times5{,}5\times1\,000\times1{,}15=1\,265$ *м*³.

Для простоты подсчета количества песка и гравия в дренажных воронках предположим, что шоссе проходит с незначительными уклонами и воронки расположены нормально к оси дороги. Длина воронки $\frac{9{,}5-5{,}5}{2}+0{,}6$ (длина, соот-

---

[1] Коэффициент уплотнения щебня колеблется для разных пород камня в зависимости от укатки поливки и других обстоятельств в пределах от 1,20 до 1,40.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ветствующая заложению откоса канавы в месте выхода воронки) = 2,6 *м* Воронка на 2,0 *м* по длине заполнена песком и на 0,6 *м* — гравием.

Как было сказано в § 143, воронки при заданном грунте зем ляного полотна располагаются через 5 *м* одна от другой. При этом количество их на 1 *км* будет $\frac{1\,000}{5}\times 2=400$ штук. Толщина песчаного слоя в воронке $20\times\frac{2}{3}=14$ *см* (с округлением), ширина воронки $14\times 2=28$ *см*. Дренирующий материал засыпается в воронки без трамбования. Объем песка для заполнения воронок будет равен—$0{,}14\times 0{,}28\times 2\times 400=31{,}36$ *м*³; объем гравия—$0.14\times 0{,}28\times 0{,}6\times 400=9{,}41$ *м*³.

Снижение отметок и уширение земляного полотна при корытном профиле с полуприсыпными обочинами.

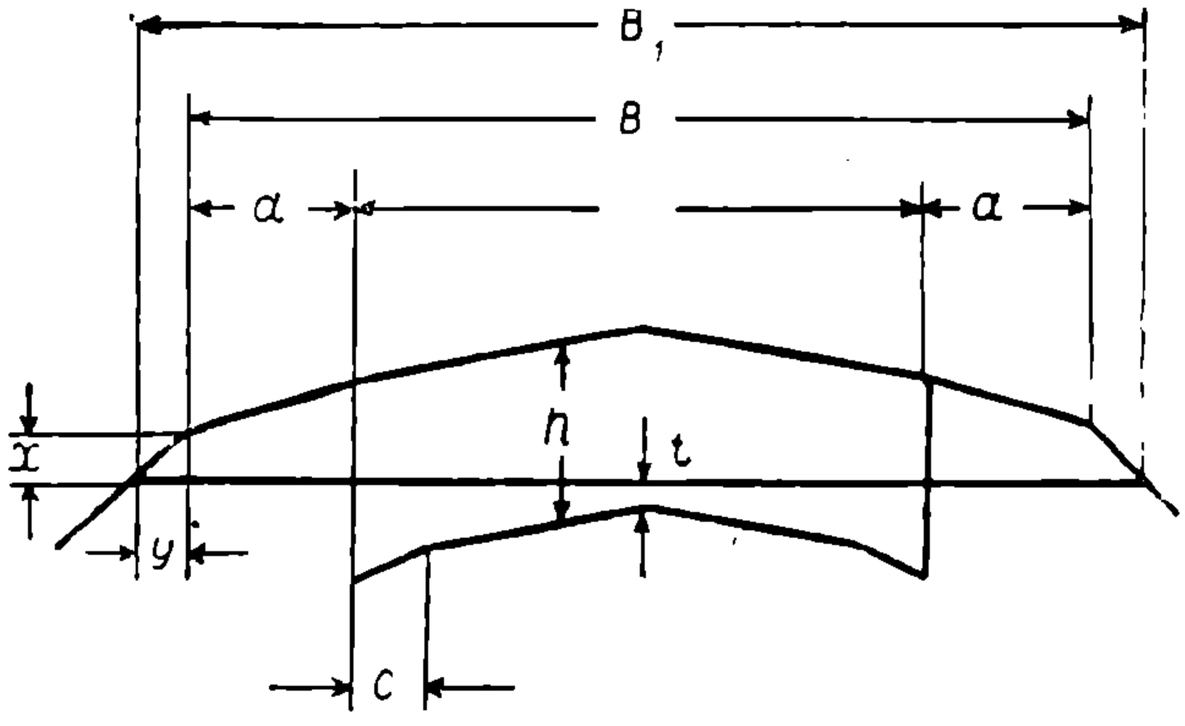


Рис. 424.

B — ширина дороги в готовом виде,

B_1 — предварительная ширина земляного полотна,

b — ширина проезжей части,

a — ширина обочины,

c — ширина полосы, на которой делается утолщение одежды и основания,

h — глубина ящика,

x — понижение земляного полотна,

y — уширение земляного полотна (с одной стороны),

m — коэффициент откоса,

n — уклон обочины,

k — уклон корыта в средней части,

p — уклон корыта на протяжении c.

$$x=\frac{-(b+2a)+\sqrt{(b+2a)^2+4m\left[bh+(p-k)c^2-na^2-nab-k\frac{b^2}{4}\right]}}{2m}$$

При

$m=1{,}5$,

$a=2$ *м*,

$n=0{,}05$,

$k=0{,}03$,

$p=0{,}12$,

$$x=\frac{-(b+4)+\sqrt{0{,}955\,b^2+6bh+7{,}40\,b+0{,}54\,c^2+14{,}80}}{3}$$

$$2y=3x$$

Таблица 144

см	$b=6{,}5$ $c=1{,}2$		$b=6{,}0$ $c=1{,}0$		$b=5{,}5$ $c=1.0$		$b=4{,}5$ $c=0{,}8$	
	Понижение (x)	Уширение ($2y$)	Понижение (x)	Уширение ($2y$)	Понижение (x)	Уширение ($2y$)	Понижение (x)	Уширение ($2y$)
	см	*см*	*см*	*см*	*см*	*см*	*см*	*см*
18	1	4	1	3	1	3	0	1
20	3	7	2	7	2	7	1	4
22	4	11	3	10	3	10	2	7
25	6	27	5	16	5	15	4	12
27	7	10	6	20	6	18	5	15
28	7	22	7	21	7	20	5	16
30	9	26	8	24	8	24	6	19
32	10	29	9	28	9	27	7	22
33	10	31	10	30	10	29	8	23
35	12	35	11	33	11	32	9	27
37	13	38	12	37	12	36	10	30

500

НБ УДУНТ (ДИТ)

см.	$b=6{,}5$ $c=1{,}2$		$b=6{,}0$ $c=1{,}0$		$b=5.5$ $c=1{,}0$		$b=4{,}5$ $c=0{,}8$	
	Понижение (x)	Уширение ($2y$)	Понижение (x)	Уширение ($2y$)	Понижение (x)	Уширение ($2y$)	Понижение (x)	Уширение ($2y$)
	см	*см*	*см*	*см*	*см*	*см*	*см*	*см*
38	13	40	13	38	12	37	10	31
40	15	44	14	42	14	41	11	34
42	16	47	15	45	15	44	12	37
45	18	53	17	51	16	49	14	42
47	19	56	18	54	18	53	15	45
48	19	58	19	56	18	54	15	46
50	21	62	10	59	19	57	16	49
52	22	66	21	62	20	60	17	52
55	23	70	22	67	22	65	19	56
57	25	74	24	71	23	68	02	59

При определении величин снижения отметок и уширения земляного полотна (x и $2y$) по указанной выше таблице необходимо предварительно определить знак у величины углубления в земляном полотне t из выражения

$$t = h - x - an - \frac{b}{2}k.$$

При отрицательном значении t величина x, определяемая из таблицы, должна быть уменьшена на величину t, так как в противном случае придется при устройстве основания присыпать в средней части корыта, что будет дорого и не прочно.

В этом случае значения x и y будут:

$$x_1 = x - t$$
$$y_1 = m(x - t)$$

Снижение отметок и уширение земляного полотна при корытном профиле с присыпными обочинами.

x — понижение бровки земляного полотна,

y — уширение полотна (с одной стороны),

h — глубина корыта (на оси),

m — коэффициент откоса,

n — уклон обочины,

k — уклон корыта (в средней части) и уклон земляного полотна.

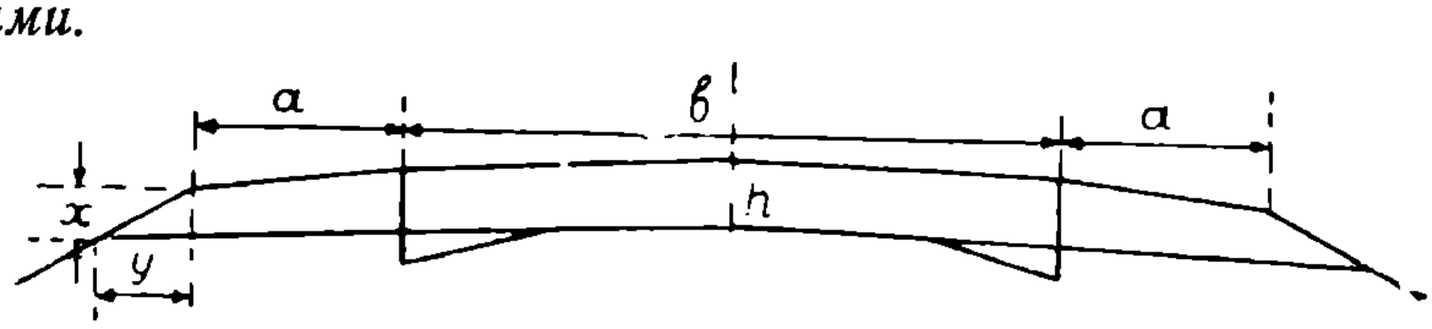


Рис. 425.

$$x = \frac{h - (n - k)a}{1 - km}$$

При

$m = 1{,}5$,

$a = 2$ *м*,

$n = 0{,}05$,

$k = 0{,}03$

$$x = \frac{n - 0{,}04}{0{,}995}$$

$$2y = 3x$$

Таблица 145

см	*x см*	*2y см*	*см*	*x см*	*2y см*	*см*	*x см*	*2y см*
18	15	44	32	29	88	45	43	129
20	17	50	33	30	91	47	45	135
22	19	56	35	32	97	48	46	138
25	22	66	37	35	104	0	48	144
27	24	72	38	36	107	52	50	151
28	25	75	40	38	113	55	53	160
30	27	82	42	40	119	57	55	166

НБ УГЛУНТ (ДИТ)

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 28

Проф. Анохин. Дорожные машины. Трансиздат. 1931 г.
Проф. Дубелир. Городские улицы и мостовые. 1912 г.
Технические условия. правила и нормы для постройки автогужевых дорог. Изд. Цудотранса. 1931.
Инж Шестаков. Курс автогужевых дорог. Трансиздат, 1932.
Центральный научно-исследовательский институт автодорожного транспорта (ЦИАТ). Комплекты дорожных машин. 1931.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ДЕВЯТАЯ

БУЛЫЖНАЯ МОСТОВАЯ

§ 148. Поперечные профили. Булыжной называется мостовая из камня кругляка (булыги), колотого и шашки. Основанием под булыжную мостовую может служить либо песчаный слой — одиночная мостовая, либо песчаный слой с прослойкой из камня, положенного плашмя, — двойная мостовая.

Рис. 426. Мостовая до засыпки песком.

Булыжная мостовая вследствие своих отрицательных качеств (неровная поверхность, быстрое расстройство, трудность очистки от пыли и грязи) является совершенно нежелательным типом одежды для автомобильного движения. Автопокрышки на булыжной мостовой изнашиваются в два раза быстрее, чем

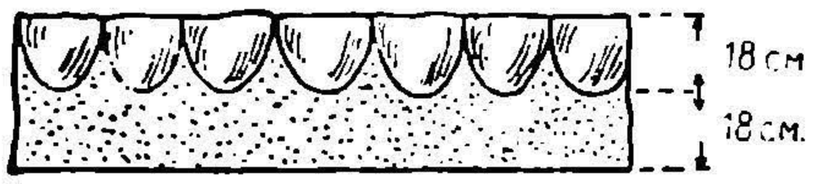


Рис. 427. Одиночная мостовая.

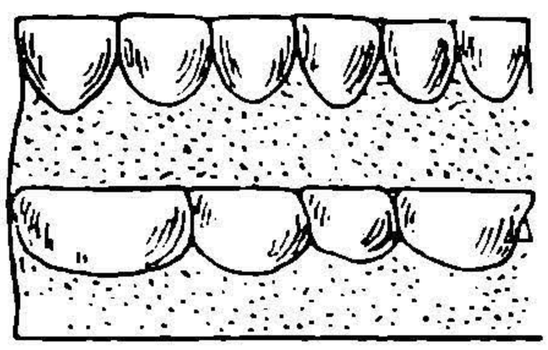


Рис. 428. Двойная мостовая.

на шоссе, шасси и мотор автомобиля также чрезвычайно быстро портятся. За границей уже отказались от устройства одежды этого типа. У нас на нее нужно смотреть как на переходный тип к другим, более совершенным видам одежд, для которых эта мостовая может служить основанием.

Цудортрансом установлены в 1931 г. следующие поперечные профили и размеры основных элементов булыжных мостовых.

НБ УДУНТ (ДИТ)

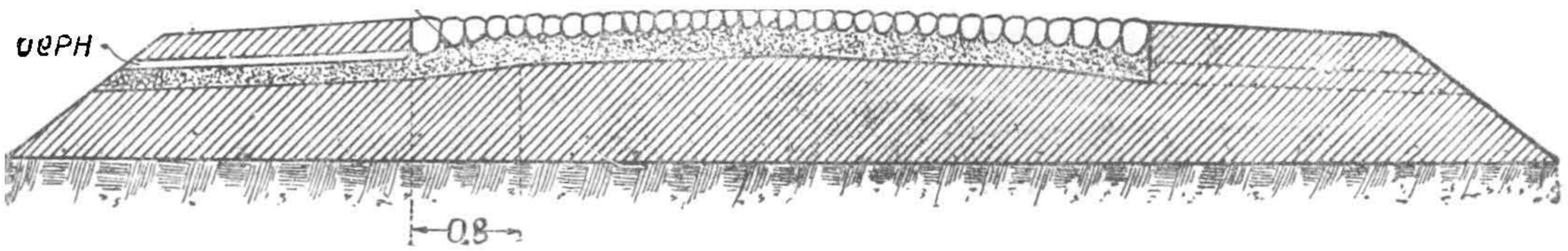


Рис. 429. Нормальный поперечный профиль булыжной мостовой

Отдельные элементы мостовой

(размеры по оси дороги)

Рис. 430.

Рис. 431.

Таблица 146

Движение	Элементы проезжей части и их характеристика	Обозначение.	Грунт: Песок (удовл. Т. У.).	Супесь	Суглинок	Суглинок в сырых местах и глина сухая	Глина в сырых местах
Нормальное	Толщина каменной одежды *см.* .	k	13	13	13	13	13
	Подстилающий слой песка *см.*	h	0	17	19	21	26
		h_1	0	13	15	17	22
	Полная толщина проезжей части *см.*	M	13	26	28	30	35
Усиленное	Толщина каменной одежды *см.* .	k	16	16	16	16	16
	Подстилающий слой песка *см.* .	h	0	18	22	25	30
		h_1	0	13	17	20	25
	Полная толщина проезжей части *см.*	M	16	29	33	36	41
Тяжелое — При песчаном основ	Толщина каменной одежды *см.* .	k	18	18	18	18	18
	Подстилающий слой песка *см.*	h	0	19	23	29	31
		h_1	0	13	17	23	30
	Полная толщина проезжей части *см.*	M	18	31	35	41	48
Тяжелое — При каменном основ	Толщина каменной одежды *см.* .	k	13	13	13	13	13
	Песчаный прослоек *см.*	h	8	8	8	8	8
		h_1	4	4	4	4	4
	Нижний каменный слой *см.* .	m	10	10	10	10	10
	Нижний песчаный слой *см.* .	h_2	0	5	10	15	20
	Полная толщина проезжей части *см.*	M	27	32	37	42	47

§ 149. Требования, предъявляемые к каменному материалу. Как было сказано в предыдущем параграфе, булыжная мостовая устраивается из кругляка, из колотого камня или из шашки.[1]

Кругляк должен иметь удлиненную форму и по высоте делится на:

мелкий — высотою	12—16 *см*,	толщиною не менее	8 *см*,
средний —	14—18 *см*,	„ „ „	9 *см*,
крупный —	18—22 *см*,	„ „ „	11 *см*,
очень крупн. „	20—25 *см*,	„ „ „	12 *см*.

[1] Колотый камень и шашка изготовляются из рваного или валунного камня путем околки.

НБ УДУНТ (ДШТ)

Колотый камень должен иметь лицо и постель и не должен быть остроконечной или остроклинообразной формы. Не допускаются камни с резкими выступами на боковых гранях, препятствующими плотному прилеганию камней.

По размеру колотый камень делится на:

Таблица 147

Размер камня	Высота *см*	Толщина не менее *см*	Площадь постели не менее *см²*
Мелкий	12—16	8	30
Средний ...	14—18	9	40
Крупный	18—22	11	50
Очень крупный..	20—25	12	80

Наименьшее измерение по лицу должно быть не менее половины высоты, наибольшее — не более полуторной высоты.

К шашке предъявляются те же требования, что и к колотому камню, но более строгие Камни должны иметь суживающуюся к постели (пирамидальную) форму, облегчающую плотное прилегание их друг к другу.

По размерам шашка делится на:

Таблица 146

Размеры шашек	Высота *см*	Толщина не менее *см*	Площадь постели не менее *см²*
Мелкая.....	10—14	8	40
Средняя	12—16	9	50
Крупная.....	16—20	11	80
Очень крупная	18—23	12	100

Наименьшее и наибольшее измерения по лицу — те же, что и для колотого камня.

Применяемый для мощения камень должен быть по возможности одинаковой крепости, плотной и однородной структуры и сложения. Для дорог 1, 2 и 3 классов временное сопротивление камня на сжатие должно быть не менее 900 *кг/см²*, и поглощение воды не должно превосходить 2% по весу, для дорог 4, 5 и 6 классов[1] допускается применение камня с временным сопротивлением на сжатие не менее 600 *кг/см²* и поглощением воды не более 6% по весу. Вовсе не допускается применение мергелистого известняка, выветрившегося (дресвяного) камня, подвергавшегося нагреву, с трещинами, с раковинами глубиною более 0,5 *см*.

На нижний слой (основание) допускается применение камня с временным сопротивлением сжатию не менее 300 *кг/см²* и поглощением воды не более 6% по весу. Ограничения, указанные выше для камней, предназначенных для мощения, распространяются и на камни для основания, с той только разницей, что допускается применение мергелистых известняков. Что касается сортировки камней для основания, то, принимая во внимание, что они не воспринимают непосредственно динамические и стирающие усилия от повозок и копыт лошадей, не требуется такой тщательной сортировки, как для камня, предназначенного для мощения. Точно так же эти условия могут быть несколько смягчены и для тех дорог, покрытых или покрываемых булыжной мостовой, которым в ближайшем будущем предстоит служить основанием для дорог более повышенного типа.

Количество камней, не удовлетворяющих перечисленным выше условиям, не должно быть больше: по качеству — 5%, по размерам и форме — 7%, а в совокупности — 10%.

§ 150. Производство работ. Булыжная мостовая устраивается в корыте на песчаном основании. Устройство корыта, дренажных воронок и песчаного слоя делаются так, как это было описано в § 143 при постройке шоссе.

Производство работ по замощению начинают с разбивки и укладки бордюрных камней (версты, маяков), имеющих высоту 18—30 *см* и остальные размеры 18—22 *см* и устанавливаемых по границе проезжей части с обочинами, с про-

[1] Характеристику классов см. в технических условиях Цудортранса на проектирование автогужевых дорог, ч. 1, изд. 1931 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

веркой правильности установки визирками. Укладка бордюрных камней, а также мощение у обочин должны опережать мощение в средней части дороги на 5—10 *м*. При продольном уклоне дороги более 1%, мощение ведут снизу вверх при односкатном профиле — от нижнего края мостовой к верхнему. Так как мостовые устраивают главным образом для двухпутного движения, то более крупные камни ставятся у бордюров с постепенным уменьшением размеров камне к середине мостовой. При этом переходы между размерами соседних камней должны быть постепенные, во избежание неравномерной просадки последних. Сортировка должна вестись как по высоте камней, так и по размерам в плане.

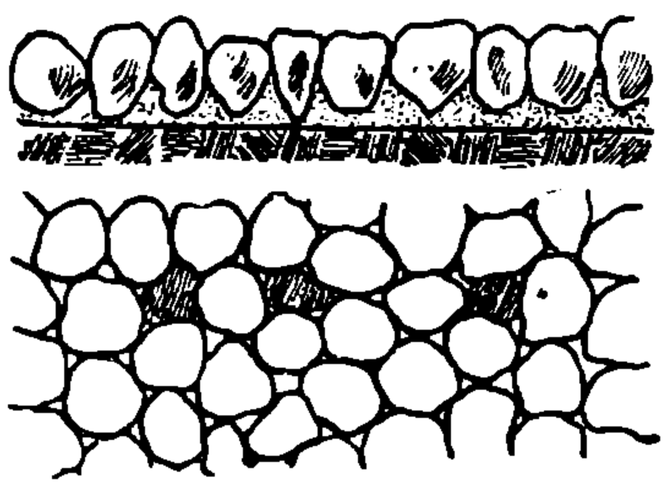


Рис. 432. Сортировка камня по высоте.

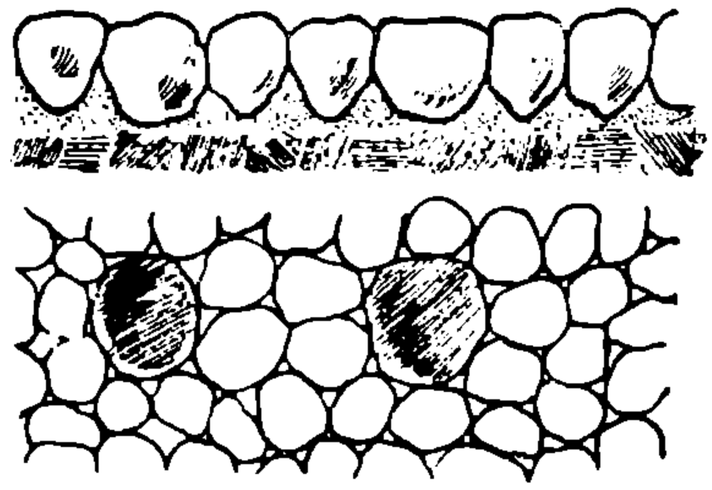


Рис. 433. Сортировка камня в плане.

Если ограничиться только сортировкой по высоте, то камни, имеющие в плане очень малую площадь, будут работать как клинья (рис. 432) и осадка их в грунт будет больше, чем у камней, имеющих большую площадь. В том случае, если камни будут иметь большие по сравнению с окружающими размеры (рис. 433), получится обратная картина: при равномерной осадке окружающих, подобранных по высоте и размерам в плане камней такой камень будет иметь меньшую осадку и с течением времени будет выступать из полотна мостовой.

Главная работа по сортировке камня падает на подносчиков, которые распределяют отсортированный камень среди мастеров. Однако это не освобождает мастера от обязанности проверить каждый камень перед постановкой его в дело. Камни сажаются в песчаное основание, в котором предварительно мастерком или кельмой делается небольшое углубление, от руки, тычком, суженным концом вниз, вертикально. Вертикальное положение камней соблюдается и при мощении на уклонах. Различают два способа посадки камней: „насухо“ и „с прижимом“. В первом случае камень погружается в песок на глубину, равную приблизительно $^1/_3$ его высоты, во втором — песок подбрасывается

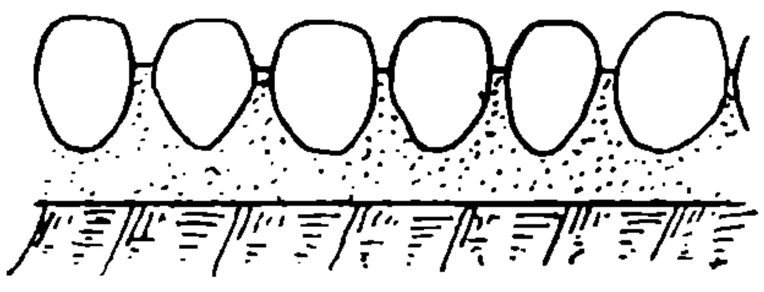


Рис. 434. Мощение с прижимом.

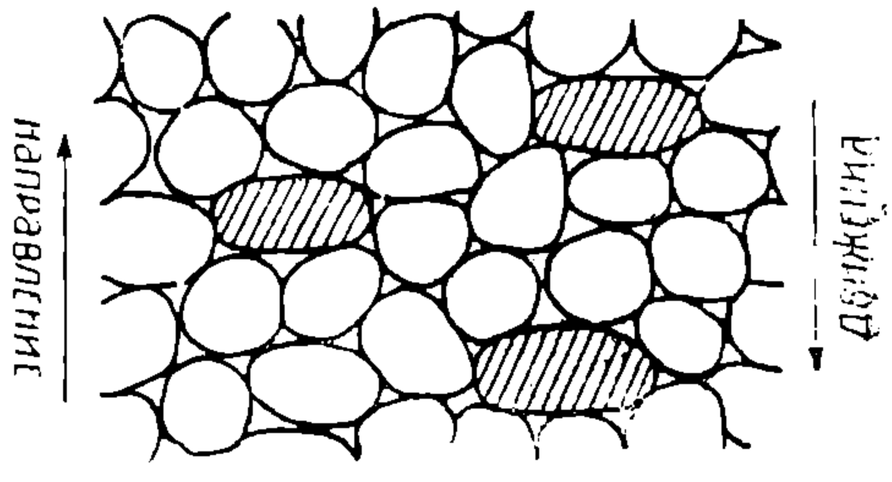


Рис 435. Укладка длинных камней.

к камням при посадке так, что камень уходит в песок более чем на половину. Второй способ, как дающий плохую связь между отдельными камнями (они разделены песком), применяться не должен. Следует иметь в виду, что мостовщики стараются вести работу по второму способу, дающему при одном и том же количестве камня большую площадь замощения и требующему меньшего количества расклинцовки, особенно в том случае, если в расценку мощения входит и набивка расклинцовки.

Посаженные камни плотно прижимают друг к другу и укрепляют в устойчивом положении ударами молотка (киянки). Подбор и плотность посадки должны быть таковы, чтобы отдельные камни до утрамбовки не могли быть вынуты рукою и не оседали под давлением ноги. При мощении должна соблюдаться перевязка швов; особенно нежелательны продольные сквозные швы, так как в этих местах раньше всего происходит образование продольных колей. Камни, имеющие

УДУНТ (ДШТ)

удлиненное лицо, укладывают длинными сторонами поперек движения, иначе камень будет иметь бóльшую площадь для восприятия нагрузки от колес, а следовательно будет давать бóльшую по сравнению с соседними просадку.

После настилки 20—25 пог. *м* мостовую трамбуют трамбовками весом 25 – 30 *кг* (трамбование бордюрных камней производят сразу же после укладки). При этом сила ударов трамбовки должна быть по возможности равномерна для всех камней. Если отдельные камни садятся больше или меньше других (что указывает на неоднородность подбора и отсутствие у камней достаточных постелей), то следует не дотрамбовывать их, но вынуть и изменить высоту песчаной подсыпки, а если нужно — увеличить постель путем околки выступающих частей с таким расчетом, чтобы камень после нормальной трамбовки сел в один уровень с другими. При мостовой из колотого камня большие щели между камнями до трамбования должны быть заполнены осколками камня, вколоченными молотком. Следует избегать производить утрамбовку в дождливую погоду, так как во влажном песке осадка камней получается не ровная, при засухе следует перед трамбованием слегка полить мостовую. Трамбование надо приостанавливать за 5—8 *м* до границы мощения, чтобы не вызвать неравномерной осадки или расползания мостовой.

Рис. 436. Производство мощения.

После утрамбовки, метлами производят расщебенку швов между камнями (величина отдельных щебенок 5—25 *мм*, бьются из камня, удовлетворяющего техническим условиям). По заполнении швов мостовую вторично трамбуют не менее двух раз по каждому камню до полного уплотнения, характеризуемого упругой отдачей трамбовки. Труд трамбовщика очень изнурителен и требует большой физической силы, а потому особого внимания заслуживают трамбовки механические и пневматические (рис. 458, 459).

После окончания утрамбовки производится осмотр и приемка мостовой, заключающиеся в обмере исполненных работ, в проверке правильности продольного и поперечного профилей и поверке качества работ по мощению. Поверку качества мощения производят поверхностным осмотром, пробной утрамбовкой и пробными взломами мостовой. В хорошо исполненной мостовой камни не должны шевелиться под ногами и должны сидеть настолько прочно, чтобы их нельзя было вынуть руками. Должны быть соблюдены: правильность подбора камней по величине, перевязка швов, правильность заполнения швов, не должно быть раздробленного трамбованием камня. При пробной утрамбовке должна получаться упругая отдача трамбовки. При пробных взломах, которые делаются на каждом километре на площади 1,5—2 $м^2$, проверяются размеры и правильность формы камней и производится тщательное перемощение площади взлома для проверки плотности укладки камней. При этом плотность укладки считается удовлетворительной, если недостача камня не превышает 3% (по площади). Количество неудовлетворяющих техническим условиям и неправильно установленных камней не должно превышать 2% общего количества взломанных камней.

После осмотра и приемки мостовую засыпают мелким гравием или, в крайнем случае, крупным чистым песком слоем в 1—1,5 *см* и разметают песок или гравий метлами, чтобы он лучше проникал в швы. Излишек песка сметается через 15—20 дней после открытия движения. Рационально перед уборкой песка укатать мостовую катками, сперва легкими, весом до 3 *т*, а затем более тяжелыми, весом 6—8 *т*. Укатка должна производиться вдоль замощенного участка от краев к середине.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Для увеличения прочности мостовой,—что требуется при большой напряженности движения и тяжелых нагрузках,—устраивают нижнюю мостовую, играющую роль основания (рис. 428). Обычно на нижний слой употребляют более крупный камень или постелистые камни большого размера, укладываемые не тычком, но плашмя, в целях сокращения количества камня. При наличии достаточно прочной плиты, толщиною не менее 10 *см*, из нее можно устраивать нижнюю мостовую.

Рис. 437. Трамбование мостовой.

Мощение дороги при готовом полотне производят артели мостовщиков. Численность артели колеблется от 9 до 12 человек в зависимости от количества мастеров, укладывающих в дорогу камень, которое в свою очередь зависит от ширины замащиваемой дороги. Обычно мостят сразу на всю ширину, причем один мастер по ширине занимает 1,25—1,50 *м*. Кроме мастеров, в артель входят подносчики в количестве, равном количеству мастеров, трамбовщики в количестве, равном половине количества мастеров, и камнебои в количестве двух человек. Такая артель ведет все работы по замощению: подготовку песчаного слоя, стилку мостовой, бойку щебня, расщебенку, трамбовку и засыпку песком.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 29

Технические условия, правила и нормы для постройки и содержания автогужевых дорог. Изд. Цудортранса. 1931.

ГЛАВА ТРИДЦАТАЯ

МОЗАИКОВАЯ МОСТОВАЯ

§ 151. Свойства мозаиковой мостовой. Мозаиковой называют мостовую, составленную из мелких шашек, грубо околотых из камня твердых пород и уложенных на прочном основании. Иногда ее называют Kleinpflaster. Впервые этот вид одежды был предложен инженером Гравенгорстом и начал применяться с 1885 г. в Ганноверском шоссейном округе в Германии Первоначально употребляли камень в виде неправильной формы призм, имеющих высоту 6 *см*. Со временем однако выяснилось важное значение формы камней для прочности мостовой, почему начали употреблять шашки по возможности кубической формы, а для удлинения срока службы мостовой стали увеличивать их высоту. Наибольшее распространение мозаиковые мостовые получили в Германии, где имеются большие залежи твердых каменных пород (базальта, диабаза, габбро и др.); в России их начали применять с 1909 г. (в Киеве).[1]

Мозаиковая мостовая по стоимости устройства дороже шоссе, но дешевле каменной брусчатой мостовой. Что же касается расходов на ее содержание и ремонт, то они весьма невелики и меньше, чем по другим видам каменных одежд, в том числе и по булыжной мостовой. В техническом отношении мозаиковая мостовая также стоит очень высоко — имеет ровную поверхность, благодаря чему относительно бесшумна, спокойна для езды, удобна для очистки. Наиболее целесообразно применять мозаиковую мостовую для дорог с интенсивным, но не тяжелым грузовым движением.

---

[1] Нами учтен данный опыт Германии, и в настоящее время советская дорожная наука далеко опередила выводы Германии, которая в тисках растущего кризиса не может применять достижений своей научной мысли и остановила ее дальнейшее развитие. *Прим. ред.*

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ 152. Порода, форма и размеры мозаиковых камней. Лучшим материалом для изготовления мозаиковой шашки являются твердые породы: базальт, габбро, диабаз, мелкозернистый гранит. Последний дает более правильную кубическую форму шашки, чем первые. Наиболее прочная мостовая будет получаться из базальтовых шашек, отличающихся высоким сопротивлением на сжатие и истираемость. Однако скользкость мостовых из базальта ограничивает их применение, а именно: их не следует класть на уклонах более 4%. При выработке мозаики из булыжных камней необходимо особое внимание обращать на правильный подбор каменных материалов, совершенно выбраковывая камни слабых пород и ни в коем случае не допуская смешивания на одном участке камней различных пород. Объемный вес применяемого для шашки камня должен быть не менее 2,55; водопоглощаемость не более 0,6% по весу; временное сопротивление на сжатие в воздушно-сухом, вымороженном и насыщенном водою состоянии не менее 1 000 *кг/см*^{2}; сопротивление на истирание на приборе Дорри не менее 18;[1] сопротивление на износ в барабане Девэля (французский коэффициэнт) не менее 14;[2] сопротивление на удар на копре Пэджа не менее 15.[3]

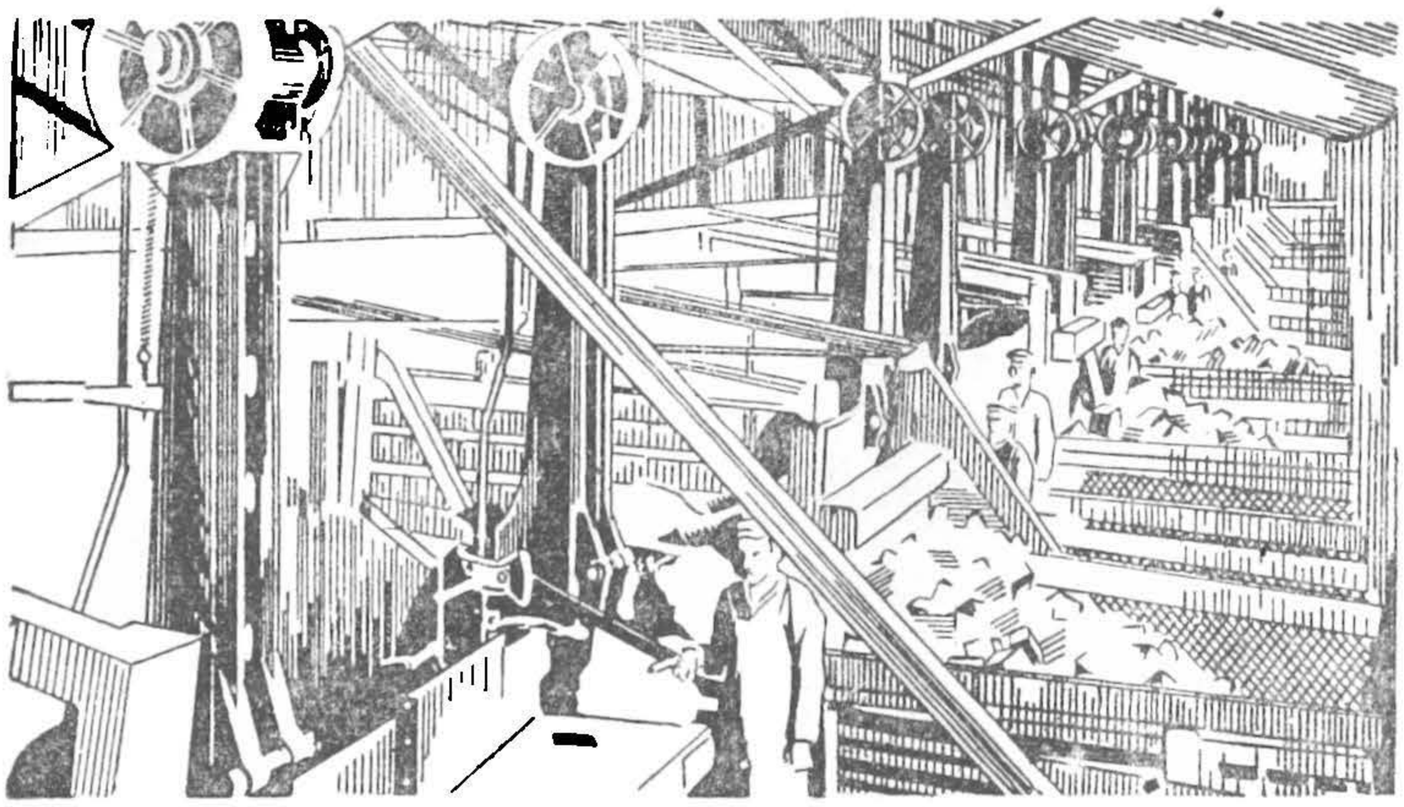


Рис. 438. Машины для колки мозаиковой шашки

Ручная бойка мозаики требует большого количества квалифицированных рабочих и дорога, поэтому в СССР применяются камнекольные машины частично собственного производства.

Шашка для мозаиковой мостовой по размерам разделяется на два сорта — низкая и высокая, а по качеству обработки — на два класса А и Б. Стандартные размеры мозаиковой шашки (в сантиметрах) показаны в следующей таблице:

Таблица 149

Сорт	Высота	Ширина	Длина
Низкая	8—9	7—10	7—10
Высокая	9—10	8—11	8—11

[1] Качественное число истираемости на приборе Дорри определяется по формуле:

$$H = 20 - \frac{1}{3}v$$

где v—средняя потеря в весе в *г* одного образца диаметром 25 *мм* после пробега 1000 *м*.

[2] Зависимость между французским коэффициентом износа и процентами износа дана в следующей таблице:

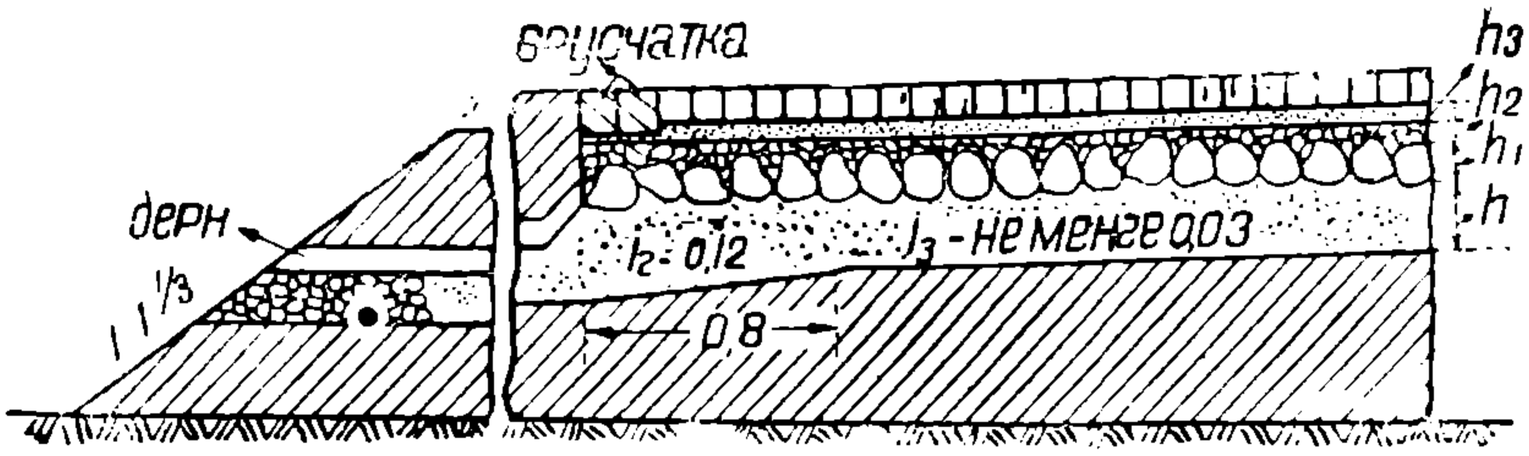
Французский коэффициент изнюса	% износа	Французский коэффициент износа	% износа	Французский коэффициент износа	% износа
1	40	6	6,5	11—12	3,5
2	20	7	5,5	13—15	3,0
3	13,5	8	5,2	16—17	3,5
4	10	9	4,5	18—20	2,0
5	8	10	4,0		

[3] Сопротивление камня ударам на копре Пэджа характеризуется высотою в *см*, при падении с которой бабы весом 2 *кг*, передающей свой удар на образец диаметром 25 *мм* через подбабок радиусом 1 *см*, происходит разрушение образца. Первый удар наносится с высоты 1 *см*, второй с высоты 2 *см*, затем—3 *см* и т. д.

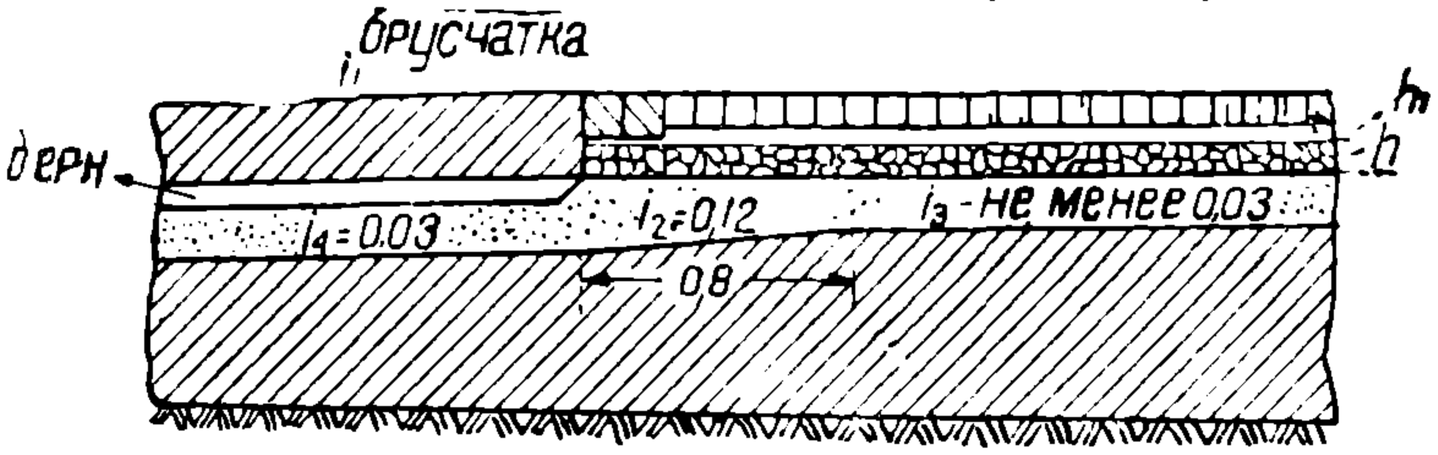
НБ УДУНТ (ДИТ)

По форме шашка должна приближаться к кубу. Шашка класса А должна иметь по лицу фигуру квадрата или прямоугольника; шашка класса Б может иметь также фигуру трапеции. Верхняя и нижняя плоскости должны быть параллельны причем нижняя плоскость (постель) должна быть не менее $^3/_4$ площади верхней (лица). Лицевая поверхность шашки не должна иметь заметных бугров и впадин: при прикладывании двух шашек лицевыми поверхностями друг к другу зазор для всех сортов должен получаться не более 5 *мм*. Кромки шашки с лицевой ее поверхности должны быть обработаны так, чтобы ширина зазора при прикладывании кромок одной шашки к кромкам другой была не более 5 *мм* для всех сортов.

1. На пакеляже или на булыжной мостовой



2. На щебеночном основании (старое шоссе)



3. На бетонном основании

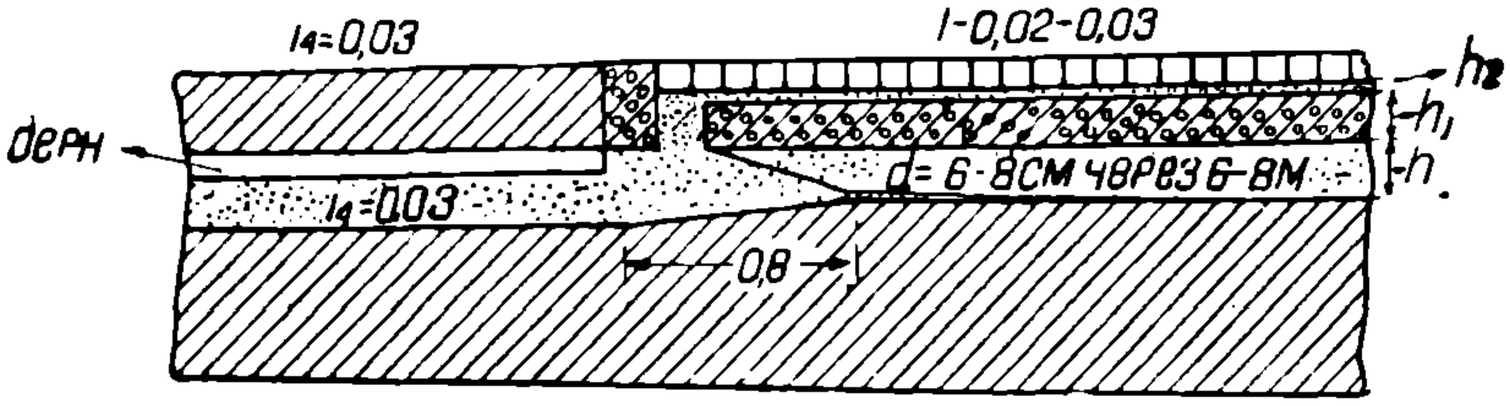


Рис. 439. Нормальные поперечные профили мозаиковых мостовых.

Применение шашек того или другого сорта зависит от прочности камня и ожидаемого на дороге движения. Чем тверже камень и чем больше движение, тем размер шашки должен быть больше. В одном и том же поперечном профиле более крупные шашки должны располагаться в местах преимущественного движения: на загородных участках у бордюрных лент.

§ 153. Поперечные профили мозаиковой мостовой. Центральным научно-исследовательским автодорожным институтом выработаны типы поперечных профилей мозаиковых мостовых для междугородных участков, показ. на рис. 439.

Размеры отдельных элементов даны в следующей таблице.

Таблица 150

№№ профилей	Наименование элементов	Обозначение	Размеры элементов при полотне, устроенном из					Примечания
			Песка	Супеска	Суглинка	Глины	Глины в сыром месте	
1	Песчаный слой	h	—	12	12	15	20	
	Пакеляж	h_1	15	15	15	15	15	
	Щебеночный слой	h_2	5	5	5	5	5	
	Прослоек песка	h_3		от 3 до 5			—	В зависимости от качества обработки кубиков мозаики
2	Щебеночный слой	h		не менее 10				
	Прослоек песка	h_1		от 3 до 5				
3	Песчаный слой	h	—	8	12	15	20	
	Бетон	h_1	15	15	15	15	15	
	Прослоек песка	h_2		от 2 до 4				

НБ УДУНТ (ДИТ)

Для участков дорог, проходящих через населенные пункты городского типа, выработаны следующие нормальные профили (см. рис. 440).

Наиболее распространено устройство мозаиковой мостовой на старом щебеночном шоссе. При этом, в виду того что на старой коре очень часто бывают бугры и выбоины и что поперечный ее уклон обычно больше уклона мозаиковой мостовой, вскирковывают сплошь старую кору в средней части, а также в местах выбоин, и вновь укатывают, придавая нужный поперечный профиль.

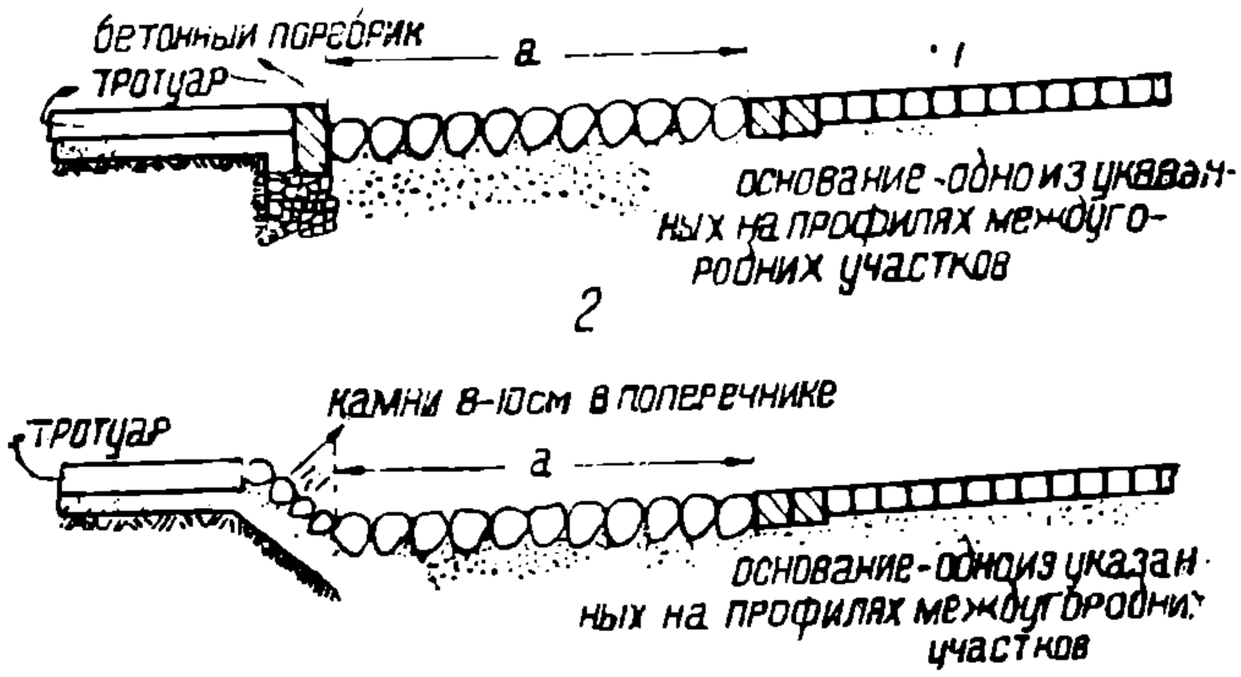


Рис. 440. Нормальные поперечные профили мозаиковых мостовых при прохождении через населенные пункты городского типа.

Устраивая мозаиковую мостовую, необходимо иметь в виду, что вследствие небольших размеров отдельных шашек, просадка таковых при недостаточно прочном и неоднородном основании всегда возможна; поэтому основание должно устраиваться особенно тщательно.

Назначение песчаного слоя между основанием и шашками — создать упругий слой между мостовой и жестким основанием, а также облегчить выравнивание высоты камней. В отличие от других видов каменных покрытий, для которых требуется чистый песок с незначительной примесью глины, для мозаиковой мостовой, в виду небольших размеров отдельных шашек, рекомендуется добавление до 30% глинистых примесей. Делается это по той причине, что чистый кварцевый песок в сухую погоду становится настолько подвижным, что может служить причиной расстройства мостовой. С этой целью можно добавлять к песку 7—10% (по объему) цемента, производя перемешивание и придавая смеси степень влажности свежей земли.

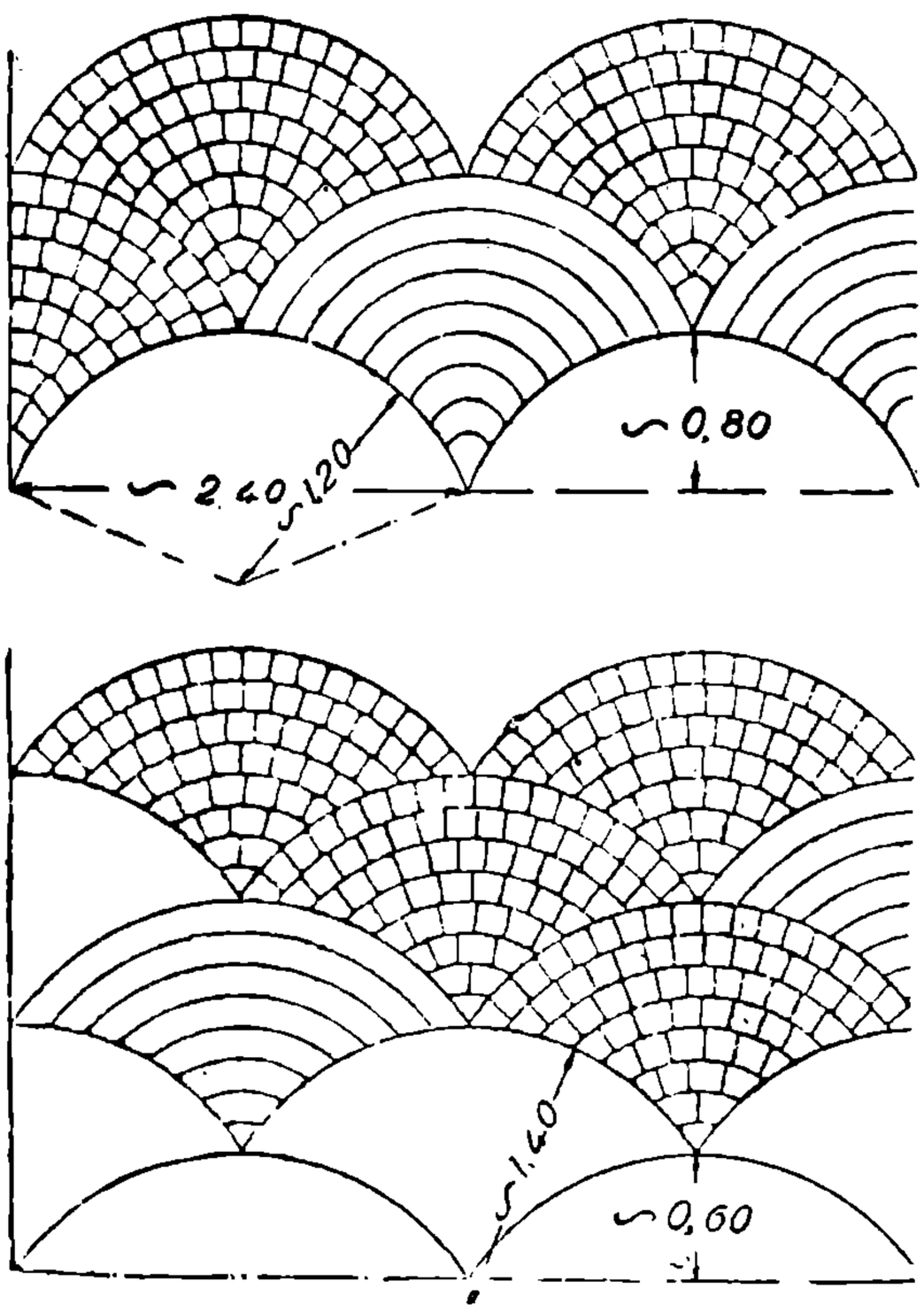


Рис. 441. Веерообразное мощение.

§ 154. Способы стилки мостовой. На прочность и долговечность мозаиковой мостовой оказывает большое влияние устройство хорошего упора по бокам мостовой. Поэтому следует обратить особое внимание на тщательность укладки бордюрных камней и устройство обочины из плотного грунта, с тщательной утрамбовкой.

Расположение камней в плане делается по одному из типов, показанных на рис. 441—445.

Из приведенных типов мощения лучшими следует считать первые три (рис. 441, 442, 443), как требующие для своего производства более тщательной сортировки камней и кроме того дающие возможность избегать прямолинейных швов, которые особенно вредно сказываются на службе мостовой, если швы совпадают с направлением движения. На участках дороги с продольным уклоном дуги кругов обращают вершинами вверх как для лучшей устойчивости образованных шашками сводов, так и для более быстрого отвода воды к лоткам.

Отдельные шашки мостовой, с помощью молотка весом в 2½—3 *кг*, укладывают плотно друг к другу так, чтобы толщина получающихся при этом швов

НТБ УДИНТ (ДИТ)

между соседними камнями была не более 3 *мм*. Укладка шашек обычно производится вручную, так как машинная укладка дает более широкие швы, что для мозаиковой мостовой совершенно неприемлемо. Производительность рабочего составляет при повременной оплате обычно 1 $м^2$ в час, при сдельной оплате — 2, даже 3 $м^2$. В последнем случае необходим хороший технический надзор.

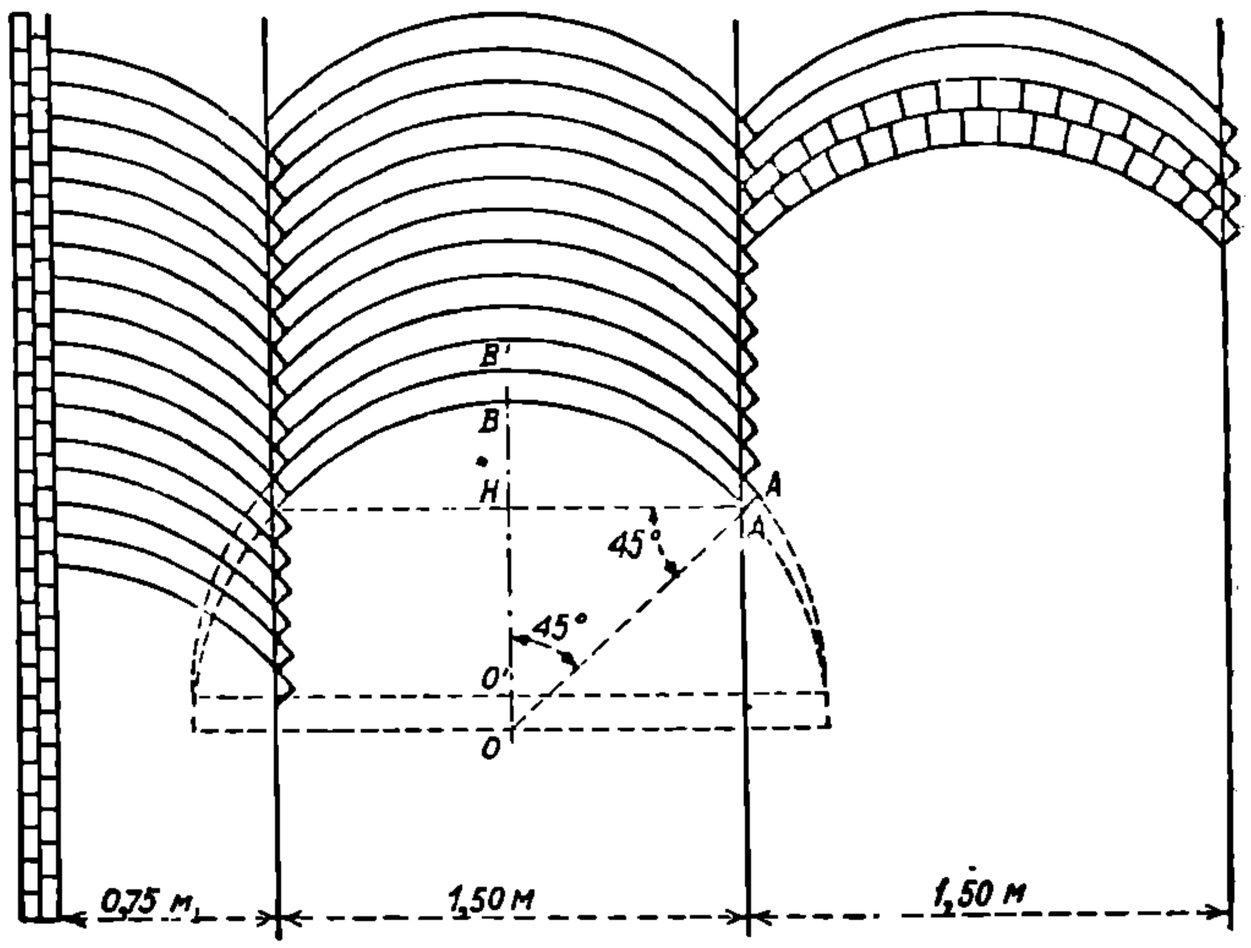


Рис. 442. Мощение по дугам круга, перевязка швов в каждом ряду.

§ 155. Заполнение швов и трамбование. Швы мозаиковой мостовой заполняются песком, цементным раствором или битуминозными материалами. При первом способе после настилки участка длиною 25—30 *м* мостовую покрывают слоем песка толщиною в 2—3 *см* и обильно поливают водою, увлекающей за собою в швы частицы песка. Для ускорения заполнения швов производят загонку песка метлами.

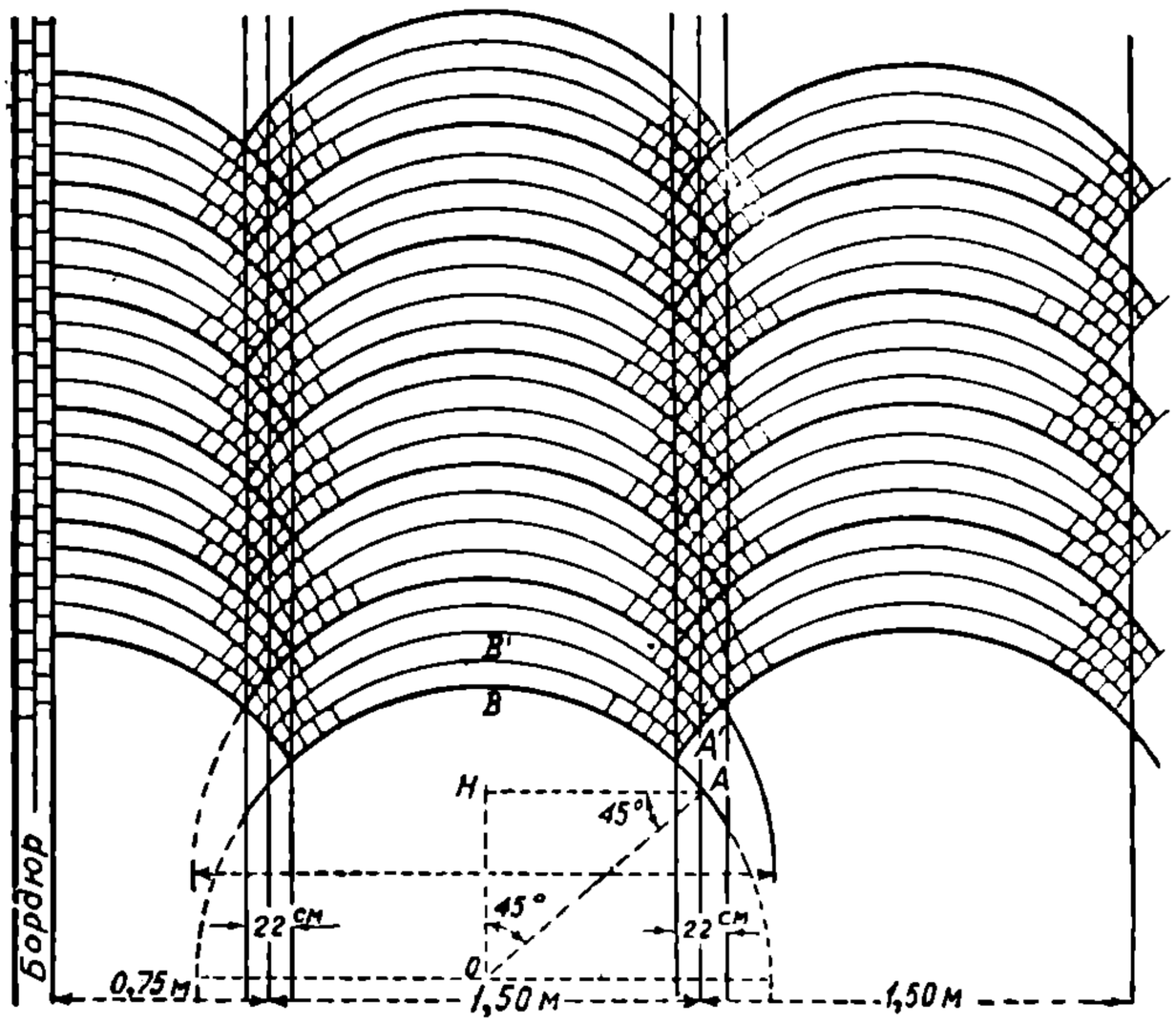


Рис. 443. Мощение по дугам круга, перевязка швов через 4 ряда.

Можно также применять песок, содержащий некоторое количество глины, он лучше будет проникать в швы. По окончании засыпки швов приступают к трамбованию мостовой, которое делают либо вручную обыкновенными трамбовками, либо специальными трамбовками, действующими сжатым воздухом (рис. 447).

Заливка швов цементным раствором производится следующим образом: по окончании стилки мостовой очищают ее от осколков камня и мусора, тщательно утрамбовывают, после чего, перед самой заливкой швов, равномерно поливают водою из леек. По еще мокрой поверхности мостовой разливают совершенно жидкий цементный рас-

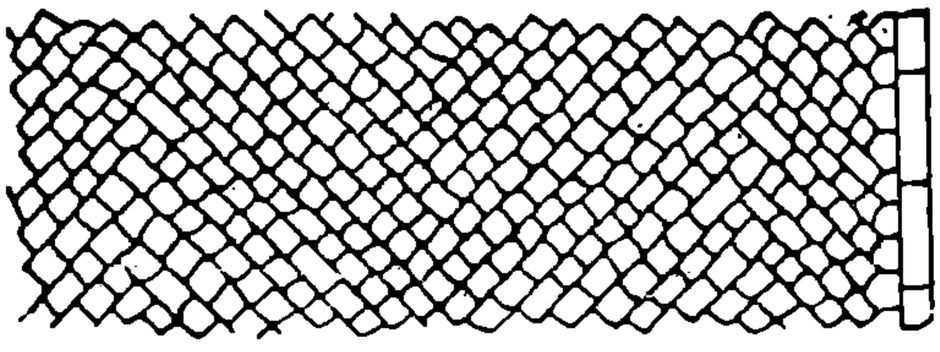


Рис. 444 Мощение диагональными рядами

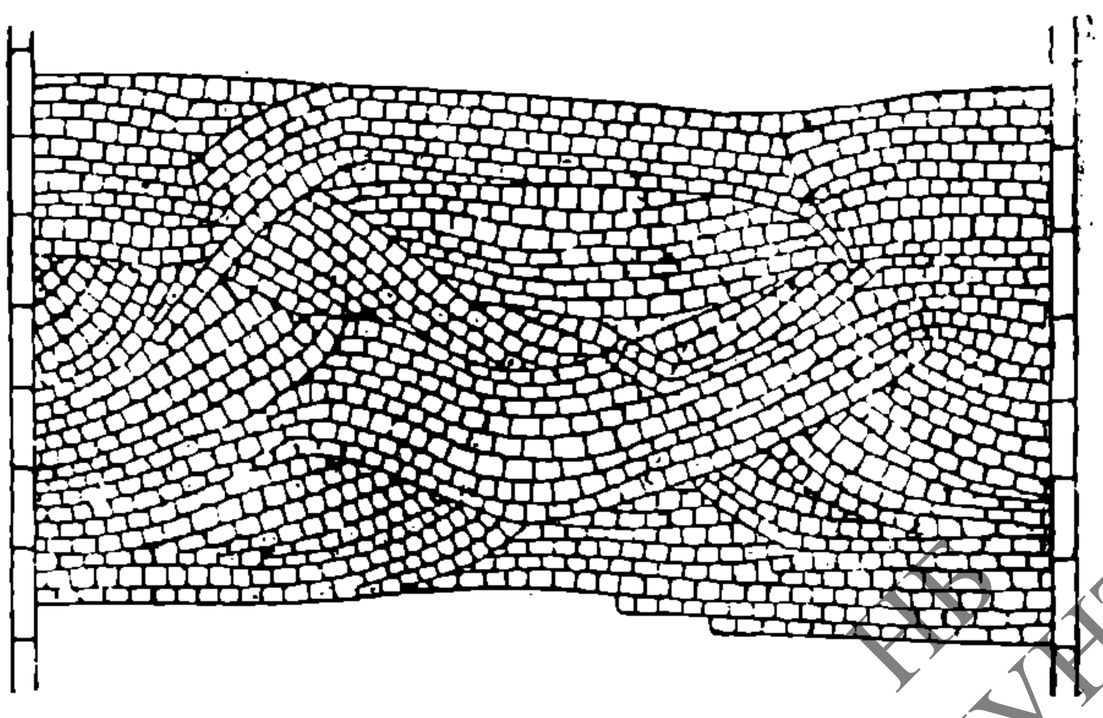


Рис 445. Мощение в виде неправильной мозаики.

КВ УДУНТ (ДІІТ)

твор 1 : 2 или 1 : 3, приготовленный на мелком просеянном песке, тщательно разметают и разгоняют по поверхности полужесткими щетками с длинным волосом. Одновременно с этим производится легкая утрамбовка мостовой, облегчающая оседание раствора в швах, причем в тех местах, где после прохождения трамбовкой швы окажутся недостаточно заполненными, или где раствор успел всосаться, — необходимо повторить заливку швов. По окончании заливки швов с поверхности мостовой удаляется оставшийся раствор, что производят скребками из резины или подошвенной кожи. В случае сухой и жаркой погоды поверхность мостовой должна быть обязательно прикрыта мокрыми мешками, рогожами или же слоем песка, которые поддерживаются во влажном состоянии в течение минимум трех дней. В тех случаях, когда после заполнения швов идет дождь, особенно в случае сильного ливня, необходимо, во избежание вымывания заполнения, прикрывать мостовую брезентами. Если это не было сделано, приходится возобновлять заполнение. Мостовая может быть открыта для движения через 5—7 дней после заполнения швов; за это время цементный раствор достаточно отвердеет.

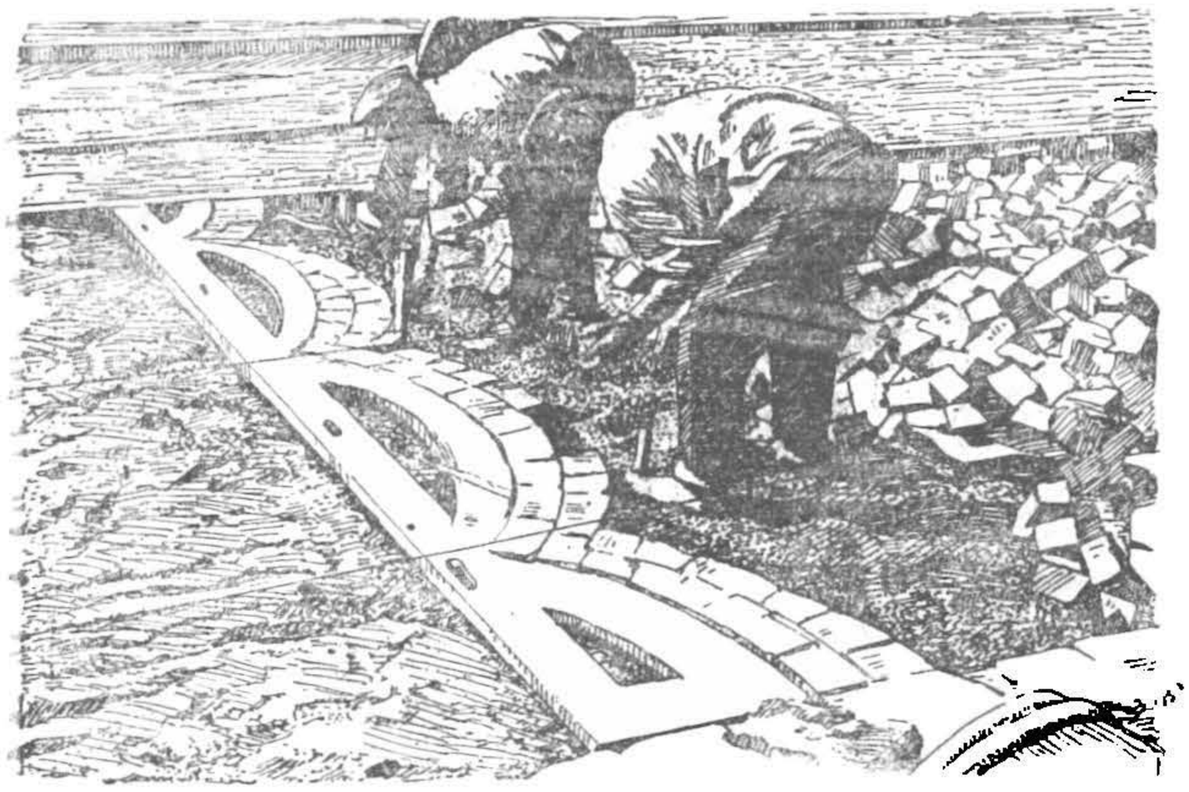


Рис. 446. Мощение мозаиковой мостовой.

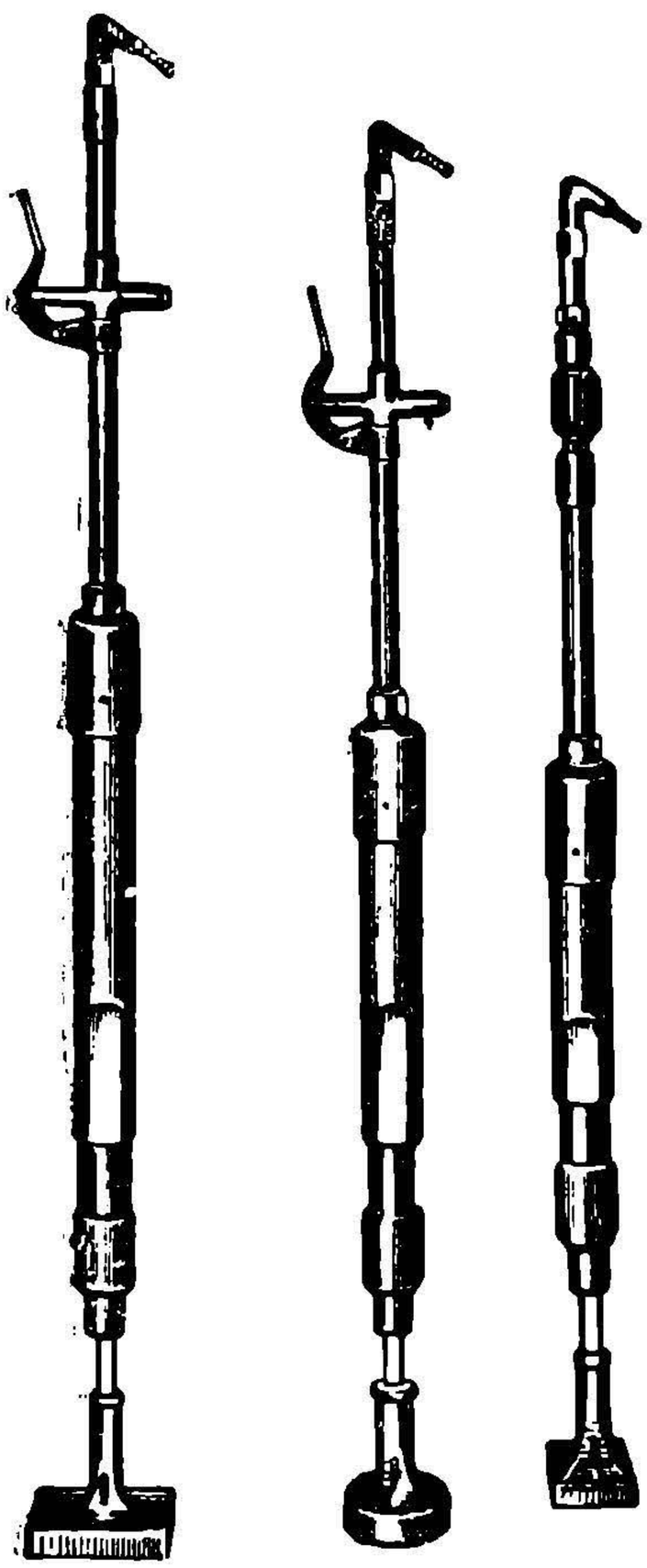


Рис. 447. Типы пневматических трамбовок.

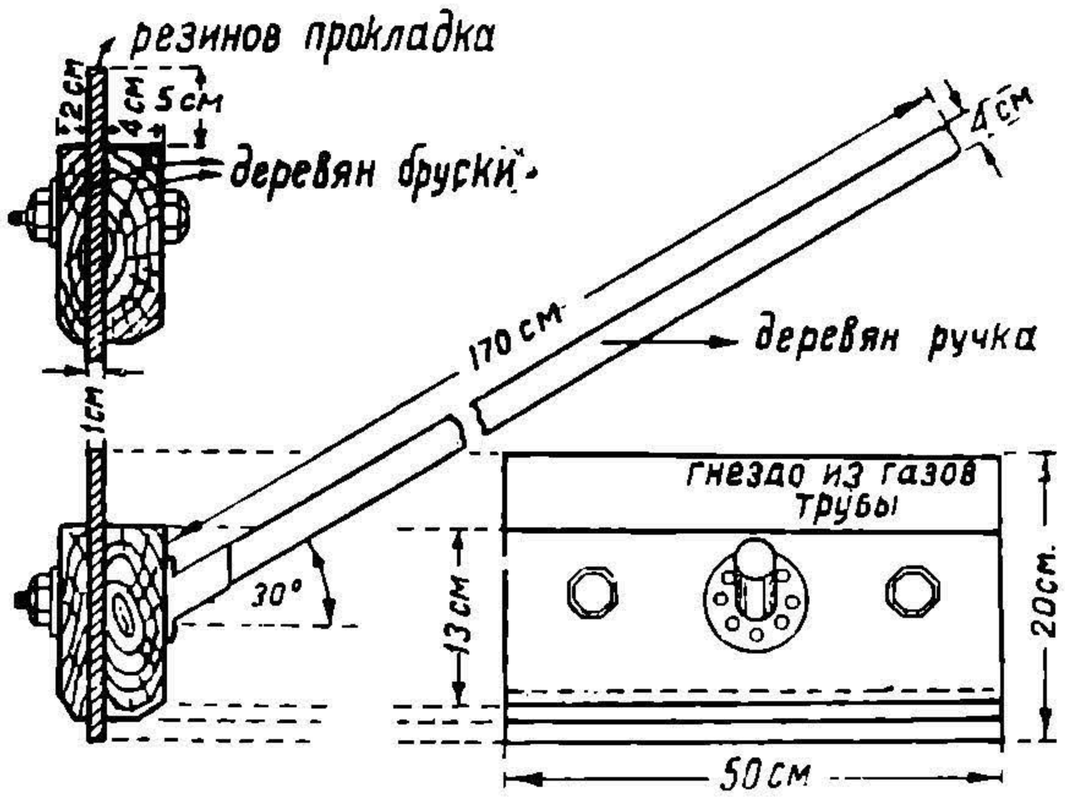


Рис. 448. Резиновый движок.

При заполнении швов битуминозными материалами они должны быть расчищены на глубину 6—8 *см*, промыты водою из бранспойта, а затем высушены. Иногда для ускорения работы производят продувание швов сжатым воздухом из передвижного компрессора. Как показал опыт, при пыльных или влажных швах битуминозный материал не пристает к камням. Для заполнения рекомендуется применять раствор в виде смеси битума с мелким песком или заполнителем, с содержанием последнего в количестве 30—40%.

Заливка швов битуминозным раствором производится в горячем состоянии или

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

путем сплошной поливки и распределения раствора гребками, или с помощью леек. Последний способ требует больше времени на выполнение работы, но в то же время экономически более выгоден. Приготовление раствора производится в передвижных котлах. После заливки швы посыпают сверху песком. Открытие движения происходит через один-два дня.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 30

Проф. Дубелир. Городские улицы и мостовые Киев 1912.
Технические условия на работы по замощению улиц. Управление канализации и мостовых Ленинградского облоткомхоза.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ПЕРВАЯ

БРУСЧАТАЯ МОСТОВАЯ

§ 156. Свойства брусчатой мостовой. Брусчатой называют мостовую из правильно отесанных в форме параллелепипеда камней, изготовленных из твердых пород.

Основные достоинства брусчатой мостовой: простота устройства, простота и дешевизна ремонта, легкость очистки, прочность, долговечность. Недостатки: дороговизна первоначального устройства, шум при движении конных повозок, невозможность механизации работ по стилке.

Изготовленная из твердых каменных пород, брусчатая мостовая на соответствующем основании может выдерживать без повреждения наибольшие нагрузки как автомобильного, так и конного движения, и потому, несмотря на значительную стоимость, устройство ее экономически оправдывается на участках с тяжелым движением.

§ 157. Порода камня, форма и размеры брусчатки. Так же, как и для мозаики, лучшими материалами для изготовления брусчатой мостовой следует считать твердые каменные породы без заметных следов химических, физических и механических повреждений. К камню предъявляются те же требования, что и для мозаики (см. § 152. Изготовление брусчатки также производится на специальных камнекольных машинах.

Бруски по размерам разделяются на четыре сорта:

Таблица 151

Наименование сорта брусчатки	Ширина *см*	Длина *см*	Высота *см*
Низкая узкая	9 — 11	15 — 20	10
Низкая широкая	12 — 15	15 — 25	10
Средняя.....	12 — 15	15 — 25	11 — 13
Высокая	12 — 15	15 — 25	14 — 16

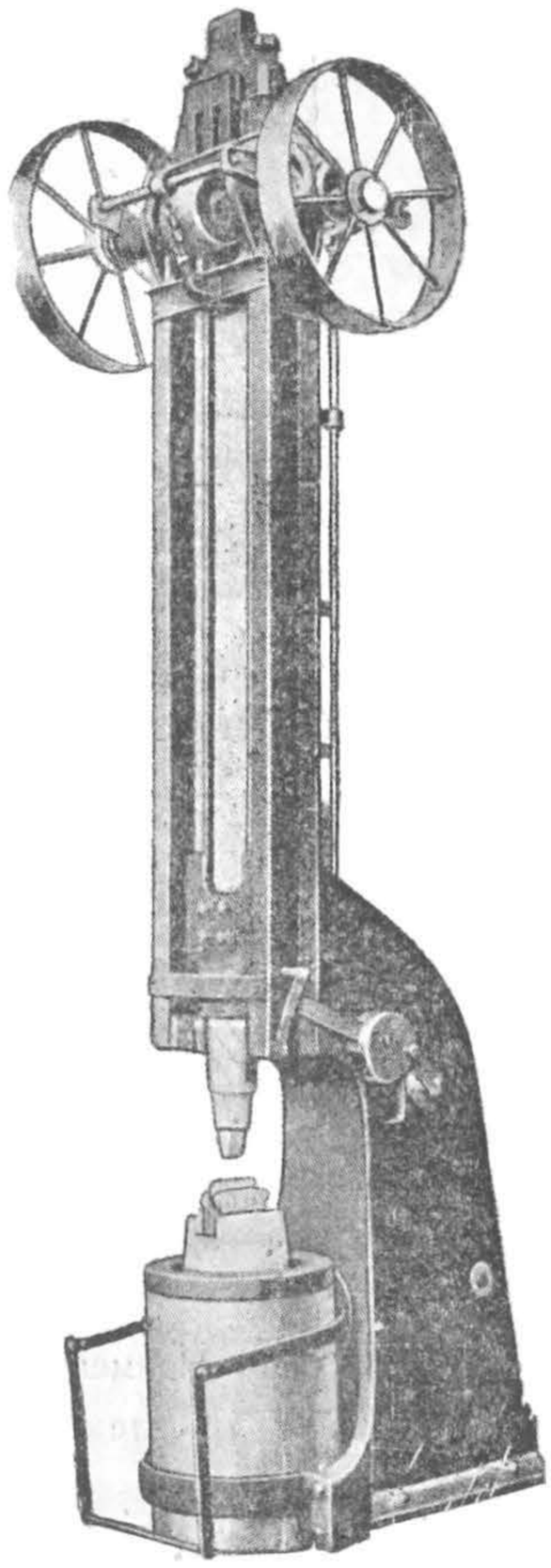


Рис. 449. Общий вид камнекольной машины.

По качеству обработки бруски делятся на 2 класса: А и Б.

По форме брусчатка должна приближаться к параллелепипеду; а по лицу иметь фигуру прямоугольника. Верхняя и нижняя плоскости (лицо и постель) должны быть параллельны Боковые грани должны суживаться книзу так, чтобы величина скоса у подошвы низкой брусчатки была с каждой стороны не более 5 *мм*, а у средней и высокой — не более 10 *мм*. Указанное сужение боковых граней должно начинаться не выше середины бруска.

Что касается качества обработки, то к брусчатке предъявляются требования тщательной обтески поверхностей, так как, чем плотнее бруски будут соприкасаться между собою при укладке, тем прочнее будет мостовая. С другой стороны, чем ровнее будут лицо и постель, тем меньше будет толчков

НТБ УЮНТ (ДИТ)

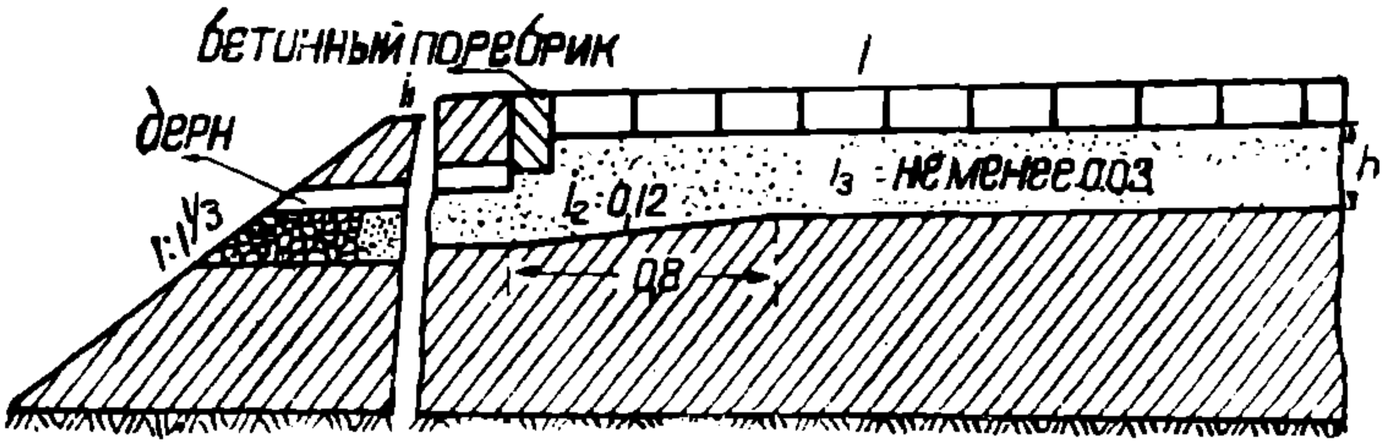


Рис. 450. Нормальные поперечные профили брусчатых мостовых.

и тем лучше условия передачи давления на основание, то-есть тем больше будет срок службы мостовой. В отношении качества брусчатки требуется, чтобы кромки брусков по лицу были обработаны так, чтобы ширина зазора при прикладывании одного бруска к другому была не более 8 *мм* для класса А и не более 15 *мм* для класса Б. При накладывании двух брусков лицом к лицу величина просвета должна быть не более 10 *мм* для обоих классов.

§ 158. Поперечные профили брусчатой мостовой. Центральным научно-исследовательским автодорожным институтом выработаны типы поперечных профилей брусчатых мостовых для междугородних участков, показанные на рис. 450

Размеры отдельных элементов даны в следующей таблице:

Таблица 152

№ профилей	Наименование элементов	Обозначение	Толщина элементов полотна, при различных грунтах основания					Примечание
			песке *см*	супеске *см*	суглинке *см*	глине *см*	глине в сыром месте *см*	
1	Песчаный слои	h	—	13	17	23	30	В зависимости от качества обработки брусчатки
2	Песчаный слой .	h	—	12	12	15	18	
	Пакеляж..... ...	h_1	15	15	15	15	15	
	Щебеночный слой	h_2	5	5	5	5	5	
	Прослоек песка.....	h_3	от 3 до 5					
3	Песчаный слой	h		8	12	15	20	
	Бетон	h_1	15	15	15	15	15	
	Прослоек песка.....	h_2	от 2 до 4					
4	Щебеночный слой	h	не менее 10					
	Прослоек песка.....	h_1	от 3 до 5					

Для участков дорог, проходящих через населенные пункты городского типа, выработаны следующие профили:

НБ УДУНТ (ДИТ)

Брусчатая мостовая является наиболее старым типом усовершенствованной мостовой. Основные достоинства этой мостовой: прочность, долговечность. Брусчатая мостовая на бетонном основании может служить без ремонта 60 лет. Устройство брусчатой мостовой обходится дорого, но зато содержание ее дешево. Применение брусчатых мостовых, как сказано, экономически целесообразно только при самом тяжелом движении.

Рис. 451. Нормальные поперечные профили брусчатых мостовых при прохождении через населенные пункты городского типа.

§ 159. Способы стилки мостовой. Укладка брусков производится двумя способами: 1) ряды брусков перпендикулярны к оси улицы, 2) ряды брусков наклонены под углом в 45° к оси улицы.

Укладка брусчатки косыми рядами обеспечивает больше опоры лошадям при скольжении. Кроме того, поскольку ширина обода колеса у экипажей обычно меньше, чем длина бруска, и колесо не производит такого удара, как на брусчатке, уложенной перпендикулярными рядами (см. рис. 454),—получается более плавный переход колеса с одного бруска на другой, поэтому обулыживание брусков уменьшается. Недостатком мощения косыми рядами является необходимость околки брусков для подгонки их к бордюрам. Предварительно производят сортировку брусчатки, так как иначе невозможно получить ровную и правильную поверхность дороги. Сортировка обычно заключается в подборе брусков по высоте и по ширине. Подобранные бруски укладываются начерно рядами.

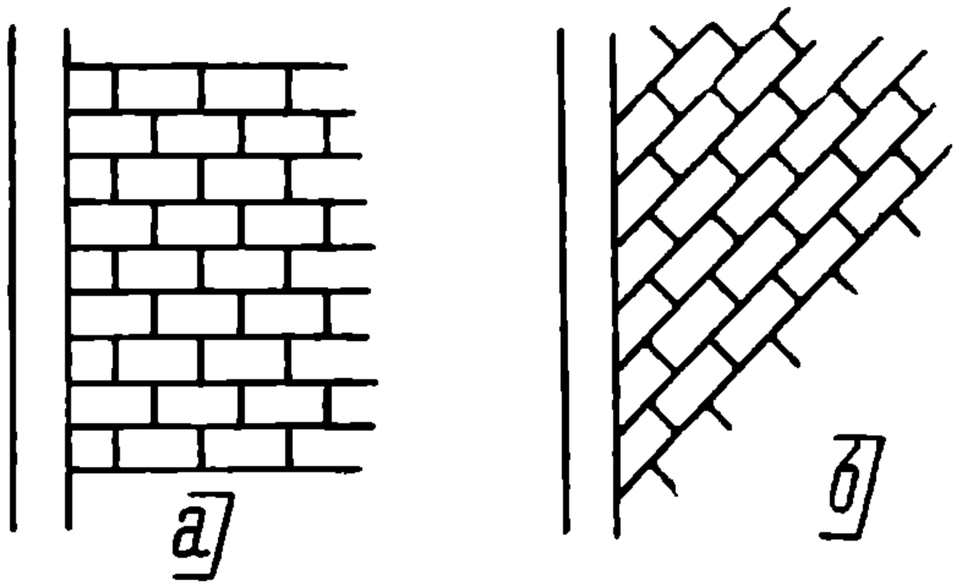


Рис. 452. Мощение брусчатых мостовых.
а) рядами перпендикулярными к оси улицы, б) косыми рядами.

Стилка ведется от бордюров к середине дороги, а в случае продольного уклона — снизу вверх. Бруски ударами молотка должны быть уложены вплотную друг к другу. Ни в коем случае не следует оставлять в полотне такой брусок, который после выстилки и до утрамбовки шатается под нажимом сапога. Некоторые неровности в обработке бруска дают, даже при стилке вплотную, швы достаточной ширины для последующего заполнения песком, цементным раствором или битуминозным веществом.

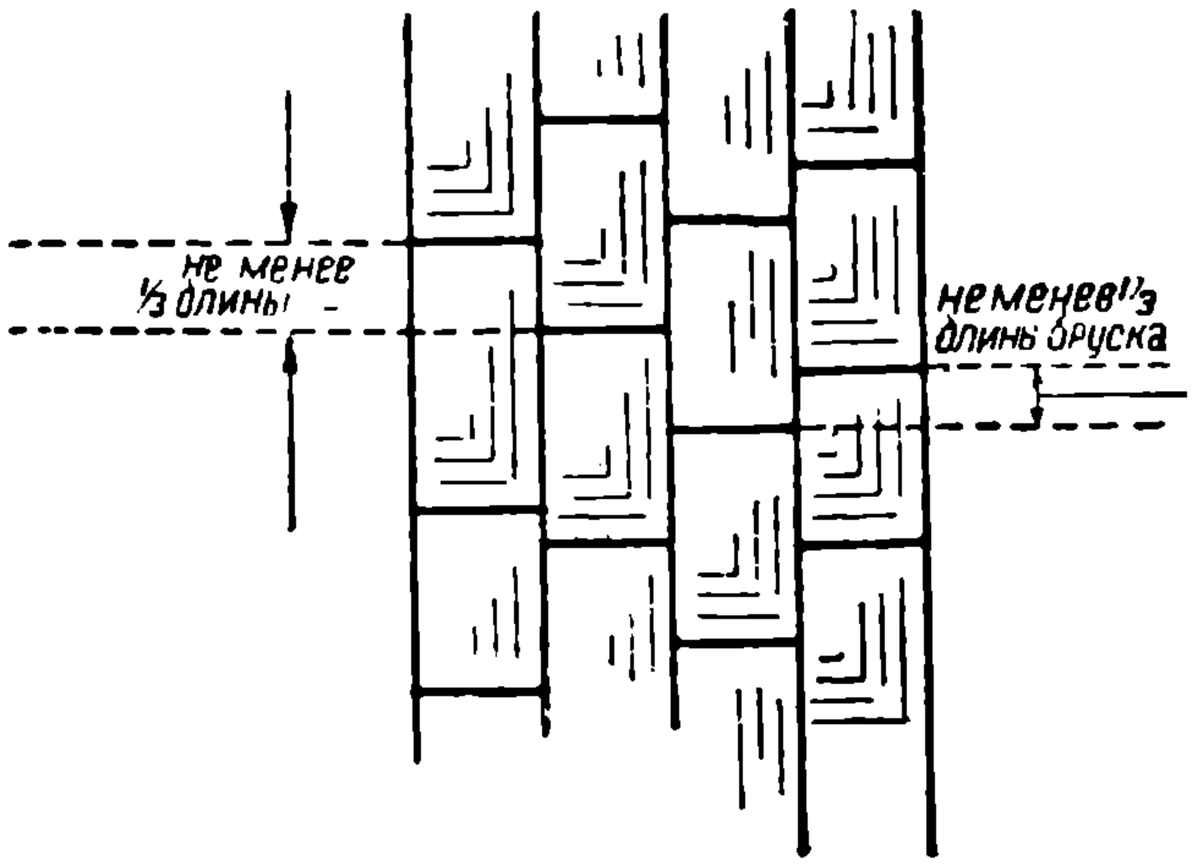


Рис 453. Правильная перевязка швов

Рис. 454. Ход колеса по брускам разной стилки.

НБ УДУНТ (ДИТ)

При стилке мостовой необходимо следить за правильной перевязкой швов и правильной посадкой бруска в песок. Каждый брусок укладываемого ряда должен быть сдвинут по отношению к бруску ранее уложенного ряда так, чтобы расстояние между поперечными швами было не менее $^1/_3$ длины бруска, так как опыт показывает (мостовые Москвы), что особенно сильное разрушение брусков происходит в тех местах, где расстояние между двумя продольными швами смежных рядов чересчур мало. Для того чтобы брусок лег правильно, требуется, чтобы количество выбираемого из-под камня песка было не больше и не меньше того, что следует выбрать. Если песка было выбрано больше, чем следует, и мостовщик, чтобы брусок не оказался ниже соседних, осадил его легкими ударами молотка, то такой брусок при трамбовании сядет ниже соседних и потребуется его перекладка.

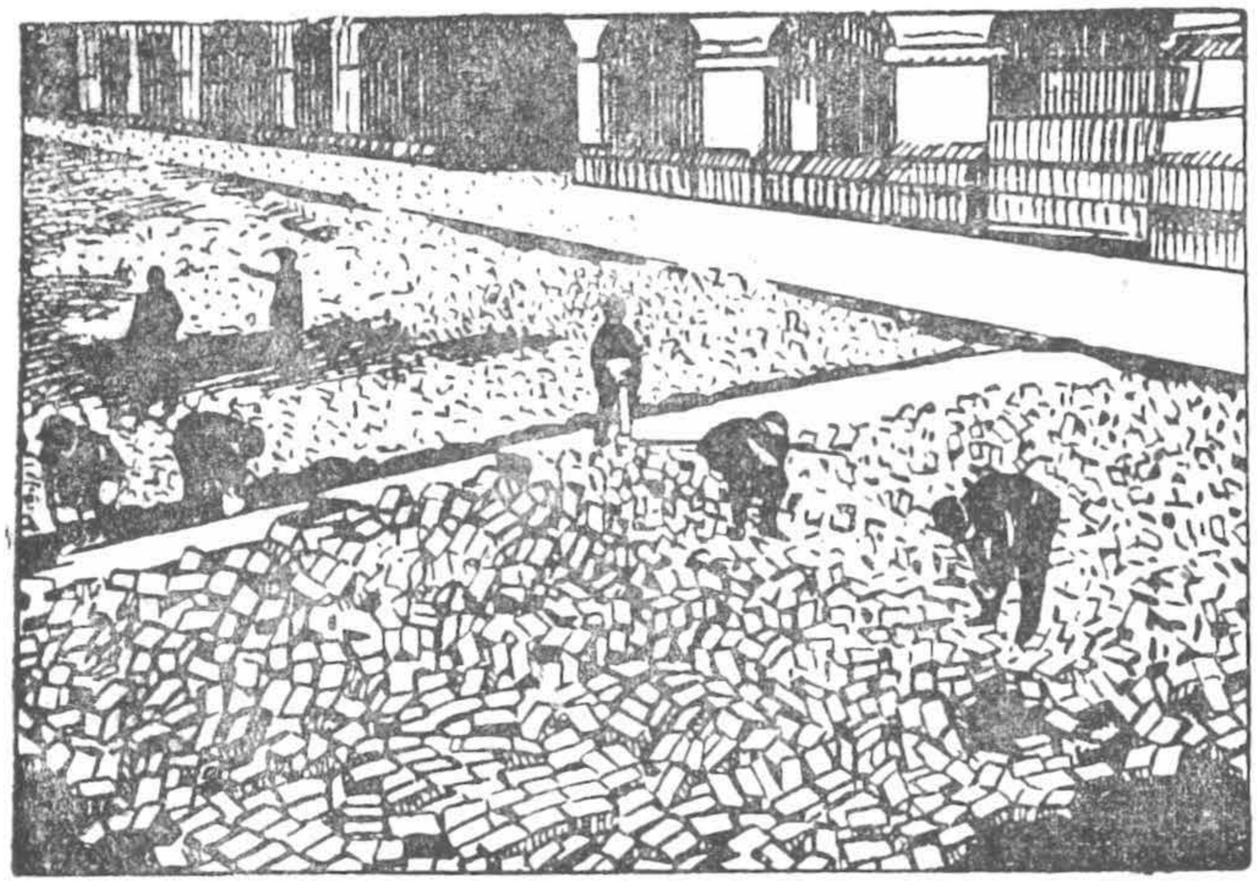


Рис. 155. Сортировка брусчатки на месте ее укладки.

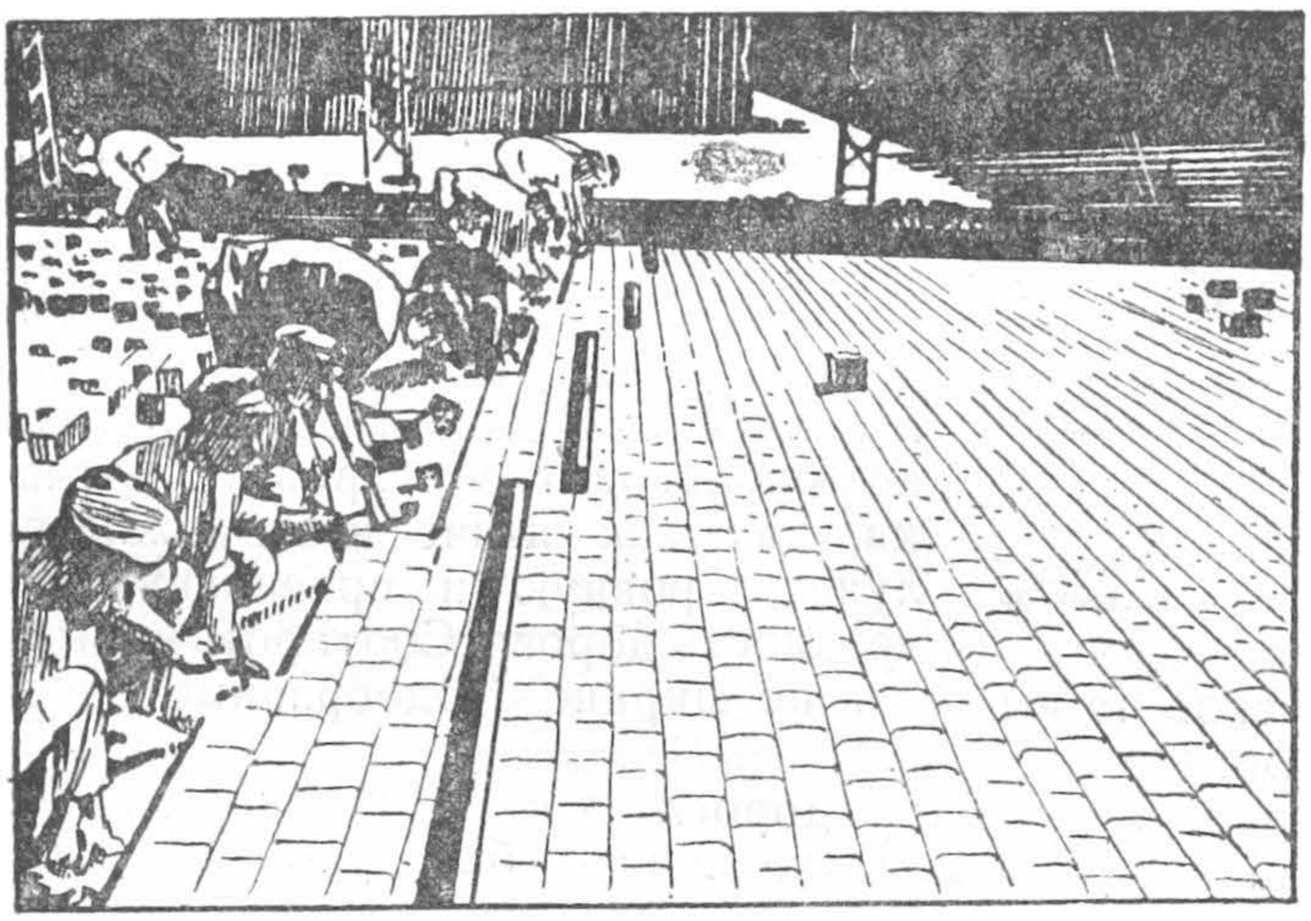


Рис. 456. Мощение брусчатой мостовой.

Рис. 457. Заливка швов брусчатой мостовой цементным раствором.

Для придания мостовой по поверхности надлежащего профиля, перед началом работ вдоль и поперек мостовой натягиваются причальные шнуры.

§ 160. Трамбование и заполнение швов. Трамбование брусчатой мостовой является своего рода контролем правильного производства работ по подсыпке песка, сортировке брусков по высоте и посадке таковых в песок. Перед тем как приступить к сплошному трамбованию осаживают до отказа отдельные, называемые маяками, бруски, которые намечаются в каждом третьем ряду через 1—1,5 *м* по длине ряда. Получается целый ряд точек, равняясь по которым производят дальнейшее трамбование мостового покрова. Такой порядок уплотнения называется утрамбовкой по маякам. Трамбование мостовой производят рядами, начиная от бордюра и подвигаясь к середине дороги. К трамбованию следующего ряда можно приступать только тогда, когда закончено трамбование предыдущего.

Трамбование мостовой обычно производят в два приема трамбовками прямоугольного сечения, покрывающими своим башмаком только один брусок. Вес трамбовок зависит от упругости основания и крупности камней: наиболее тя-

НТБ УДУНТ (ДИТ)

желые трамбовки применяются при песчаном основании (80—100 *кг*). Для мостовых на каменном или бетонном основании применяют трамбовки весом 30—40 *кг*. Обычно оседание брусков после первого трамбования, в зависимости от упругости основания, достигает 2—3 *см*, после второго — примерно 0,5 *см*.

При трамбовании необходимо стремиться производить удары трамбовкой каждый раз с одинаковой силой. Назначение трамбования — не выравнивание поверхности, но сообщение мостовой прочности, поэтому отдельные выступающие бруски не должны догоняться до общего уровня, а должны быть заменены другими, или же слой песка под ними должен быть несколько уменьшен. Расколовшиеся при трамбовании бруски также заменяются другими.

Особенно следует рекомендовать применение для трамбования брусчатых мостовых механических (рис. 459) и пневматических трамбовок (рис. 458), которые значительно ускоряют и удешевляют трамбование.

Заполнение швов брусчатой мостовой производится песком, цементным раствором и битуминозными материалами теми же приемами, что и при устройстве мозаиковой мостовой.

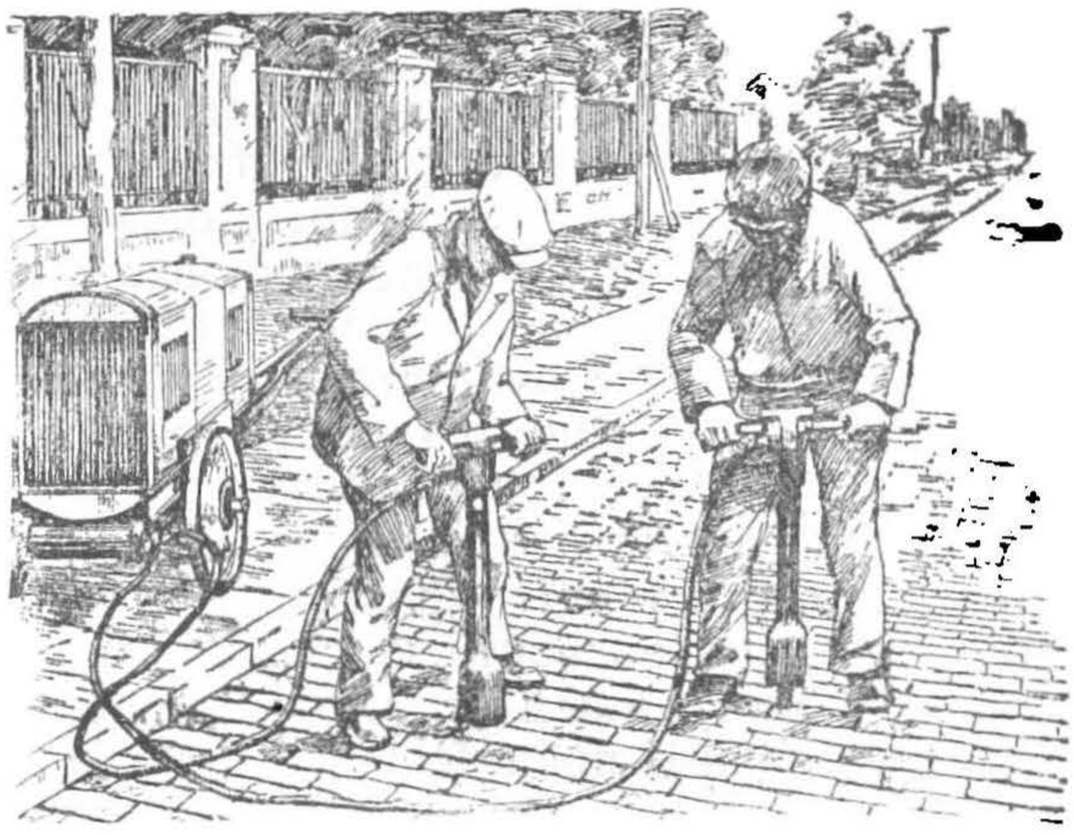


Рис 458. Трамбование мостовой пневматическими трамбовками.

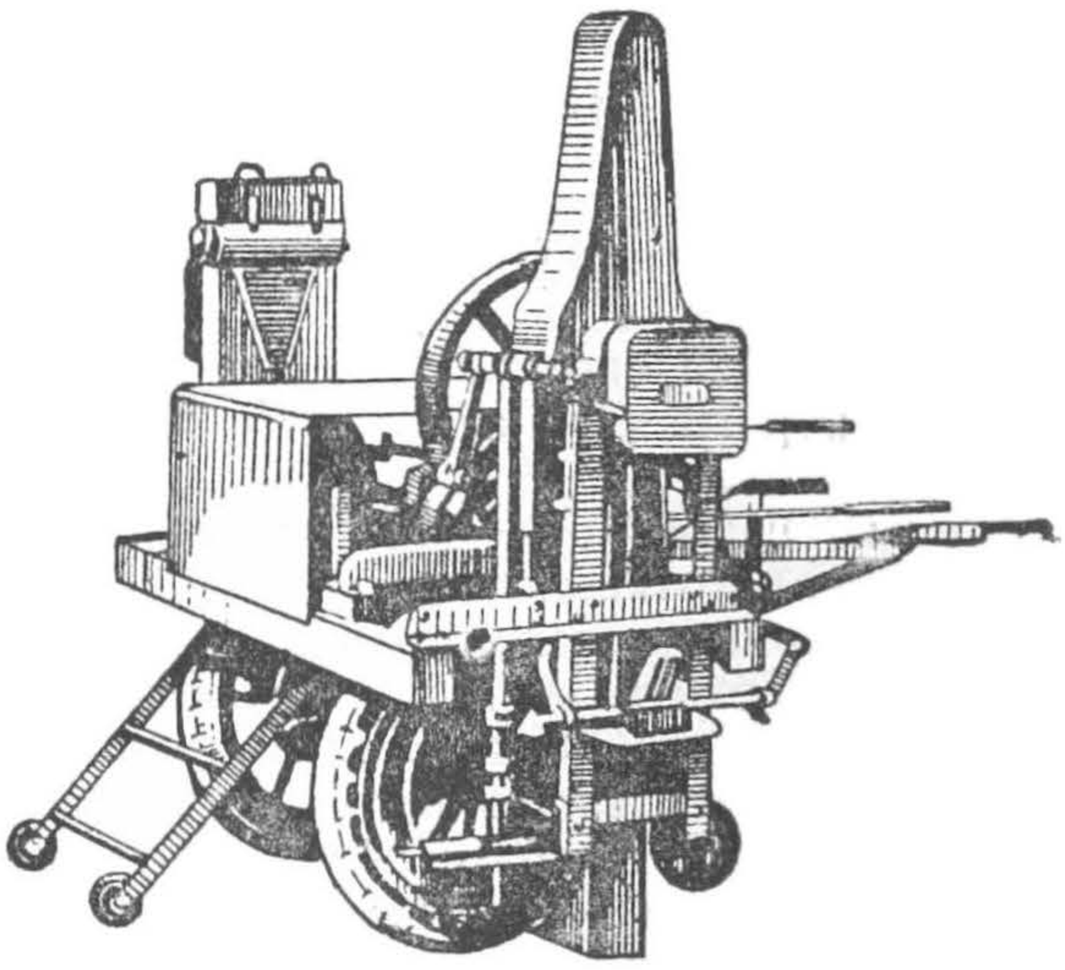


Рис. 459. Передвижная механическая трамбовка.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 31

Проф. Дубелир. Городские улицы и мостовые. Киев, 1912.

Технические условия на работы по замощению улиц. Управл. канализации и мостовых Ленинградского облоткомхоза.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ВТОРАЯ

СИЛИКАТИРОВАННАЯ ШОССЕЙНАЯ ДОРОГА

§ 162 Причины, вызывающие необходимость силикатирования. Развитие автомобильного движения вызвало коренные изменения в дорожном деле. Быстро движущийся автомобиль, снабженный резиновыми шинами, имеющий повышенную грузоподъемность, внес ряд новых силовых воздействий по отношению к полотну дороги, что особенно ярко заметно на водосвязных шоссе.

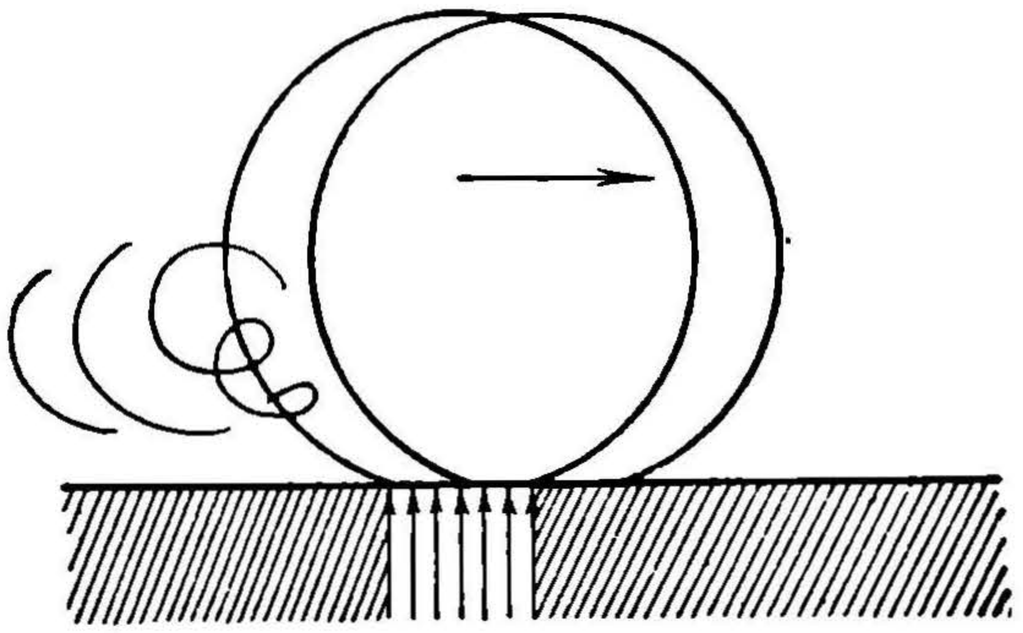


Рис. 460. Действие колеса автомобиля на шоссейную дорогу.

Пневматическая резиновая шина автомобиля в месте соприкасания с поверхностью шоссейной дороги несколько расплющивается и плотно прилегает к таковой, так что в углублениях между щебенками остается незначительное количество воздуха. При переходе из одного положения в близкое соседнее (рис. 460) резиновая шина отдирается от поверхности дороги, и при этом получается частично-разряженное пространство (вакуум), а как следствие —

НТБ УДУНТ (ДИТ)

происходит высасывание из шоссейной коры мелких частиц и вихревые движения, разбрасывающие в стороны эти частицы.

При изучении вопроса об устройстве водосвязного шоссе (глава 28) было сказано, что прочность коры достигается укаткой щебня с расклиниванием крупными высевками (расклинцовкой) и с дальнейшей цементацией мелкими высевками. Удаление мелких высевок приводит к ослаблению связи между расклинцовкой, в результате чего последняя касательными усилиями, возникающими при движении на ободе колеса, разбрасывается в стороны, оставляя щебенки без достаточной связи друг с другом. Оголенные щебенки под действием указанных выше касательных усилий, а также динамических воздействий колес и копыт лошадей, расшатываются и выбиваются из своих мест, образуя на поверхности шоссе вначале отдельные поврежденные места (плешины); в дальнейшем это может повести к полному расстройству коры. Протеканию указанных процессов особенно содействует длительная засушливая погода.

Для того чтобы избежать такого расстройства коры, необходимо заполнить пустоты щебеночного остова не просто высевками, но какой-либо плотной цементирующей массой, препятствующей сдвигу отдельных щебенок и кроме того предохраняющей кору от воды и вредного действия мороза.

В качестве цементирующих веществ применимы цемент, деготь, битум, а также щелочный силикат, т. е. кремнекислая соль натрия или калия (растворимое стекло). В последнем случае шоссе будет называться силикатированным.

§ 161. Качества силиката, условия его транспортирования и хранения. Растворимое стекло представляет собой стекловидно-застывшие сплавы щелочных силикатов, то есть стекло, в котором кремнекислота связана со щелочью, но не связана одновременно со щелочными землями или тяжелыми металлами. Оно было известно алхимикам уже в средние века в качестве Lignor silicicum, и химические свойства его были исследованы Глаубером в 1648 г. Затем о нем забыли, и только в 1818 г. химиком Функом в Мюнхене растворимое стекло было вновь открыто и исследовано, получив название Wasserglas.

Растворимое стекло бывает трех видов: твердое, жидкое и порошкообразное; в дорожном деле употребляются только первые два вида.

Изготовление растворимого стекла производится путем плавления тщательно подобранного кварцевого песка и угленатриевой или углекалиевой соли в ванных печах с регенеративной газовой топкой при 1400—1500° в течение нескольких часов — до получения однообразной массы.

Жидкий вид растворимого стекла, называемый силикат-раствором, должен удовлетворять следующим условиям:

а) представлять прозрачную либо мутновато-бесцветную, либо слегка окрашенную легкоподвижную жидкость;

б) концентрация по ареометру Боме (Bé) должна быть 33 – 35° Чем менее порист каменный материал, подлежащий силикатированию, тем выше должна быть концентрация употребляемого раствора. Растворы более высокой концентрации, чем 35° Bé, вызывают склеивание во время обработки катками и слишком быстро высыхают еще до окончания процесса работы;

в) содержание в растворе окиси натрия (Na_2O) 7,0 — 7,5%;

г) содержание в растворе кремнекислоты (SiO_2) 22,5—24,5%;

д) общее содержание в растворе силиката натрия 29,5 — 32,0%;

е) модуль силиката $\frac{SiO_2}{Na_2O}$ — 3,3—3,5. По мере повышения этого отношения кремнекислоты к щелочи сцепляющие свойства силикат-раствора также повышаются. Однако по техническим причинам предел этого соотношения не превышает 3,5; [1]

Силикат-раствор перевозится или в хорошо укупоренных деревянных бочонках, или в стеклянных бутылях и выдерживает длительное хранение при условии предохранения его от действия воздуха. При температурах от — 3° до — 7° наступает повышение вязкости силикат-раствора, он мутнеет, образует ледяные кристаллы и хлопья, но после нагревания „расплавляется" и возвращается

[1] В Германии несколько лет назад запатентован способ, доводящий это отношение до 18, но практического применения до настоящего времени он не получил.

НБ УДУНТ (ДИТ)

в прежнее состояние. Под действием солнца, а иногда и мороза, может произойти растрескивание тары, что ведет к порче силикат-раствора, так как углекислота воздуха вызывает выделение из него кремнекислоты.

ж) содержание нерастворимых примесей не должно быть более 2%. [2]

Силикат-раствор содержит 65—70% воды, и потому выписывать его следует лишь при небольшом объеме работ и при невозможности достать силикатоварную установку. Удельный вес силикат-раствора 1,32—1,35 при концентрации 25—40° Bé.

Твердый вид растворимого стекла, называемый силикат-глыбой, должен удовлетворять следующим условиям:

а) куски силикат-глыбы должны быть прозрачны, голубоватого или зеленоватого цвета и не должны содержать несплавленных комков и большого количества пузырьков;

б) общее содержание окиси натрия и кремнекислоты должно быть не менее 25%;

в) модуль силиката $\frac{SiO_2}{Na_2O}$—3,4 — 3,6. Несколько повышенные требования модуля для силикат-глыбы по сравнению с силикат-раствором объясняются тем, что при превращении первого вида во второй часть SiO_2 не переходит в раствор, но, соединяясь с нерастворимым осадком (песком). дает плотный осадок, почему модуль силикат-раствора всегда будет несколько ниже модуля силикат-глыбы;

г) нерастворимых в воде примесей должно быть не более 5%.

Силикат-глыба нерастворима ни в холодной, ни в горячей воде, не подвержена действию солнца или мороза и потому не требует особых мер предосторожности при хранении. Следует лишь принять меры против загрязнения глыбы землей, грязью или сором, для чего необходимо класть ее на деревянный настил. На заводах грузят силикат-глыбу навалом в вагоны. При получении ее следует перевозить в плотно-сколоченных ящиках во избежание раструски мелочи, которая отделяется при перевозке.

§ 163. Требования, предъявляемые к каменному материалу. Активным поддерживающим остовом силикатированного шоссе является щебень, поэтому мерилом сопротивляемости силикатированной дороги является способность щебня сопротивляться многообразным воздействиям, возникающим на дороге в результате движения, главным образом автомобильного. В виду изложенного необходимо, имея в виду ожидаемую напряженность движения, установить пригодность щебня путем исследования:

а) объемного веса и плотности,

б) сопротивления на износ,

в) сопротивления на сжатие,

г) пористости и водопоглощаемости.

Силикатированию можно подвергать щебень различных каменных пород, которые допускаются при постройке обыкновенного шоссе, если только он чистый и свободный от глины. Однако в виду того что силикатирование дает наибольший эффект при применении средних по твердости и имеющих достаточную пористость каменных материалов, наиболее пригодными для силикатирования каменными породами являются отвечающие этой характеристике известняк и доломит.

По этим же соображениям необходимо, чтобы при щебеночном остове из других каменных пород мелкие фракции (песок или высевки от грохочения) были обязательно известковые.

Небольшое содержание железистых и алюминиевых соединений, хорошо распределенное в смеси, не опасно. Камни, пронизанные мергелем (рухляки),

---

[2] Французские нормы для силикат-раствора следующие:

а) концентрация — 35° Bé с допуском на 1° меньше и до 2° больше при 15°C и ± 0,05° Be на каждый 1°C.

б) $\frac{SiO_2}{Na_2O}$ наименьшее 3,3, причем $SiO_2 + Na_2O$ должно в среднем составлять 31%.

в) Примеси как $Na_2SO_4 + NaCl$, Fe_2O_3, Al_2O_3, CaO или MgO не должны в совокупности превышать 3%.

НБ УДУНТ (ДИТ)

или в которых мергель является связующим веществом — непригодны. Загрязнение щебня или высевок глиной не дает возможности силикат-раствору проникнуть непосредственно к частицам камня, что служит препятствием для нормального хода физико-химических процессов, а следовательно и для образования необходимой внутренней связи и сцепляемости.

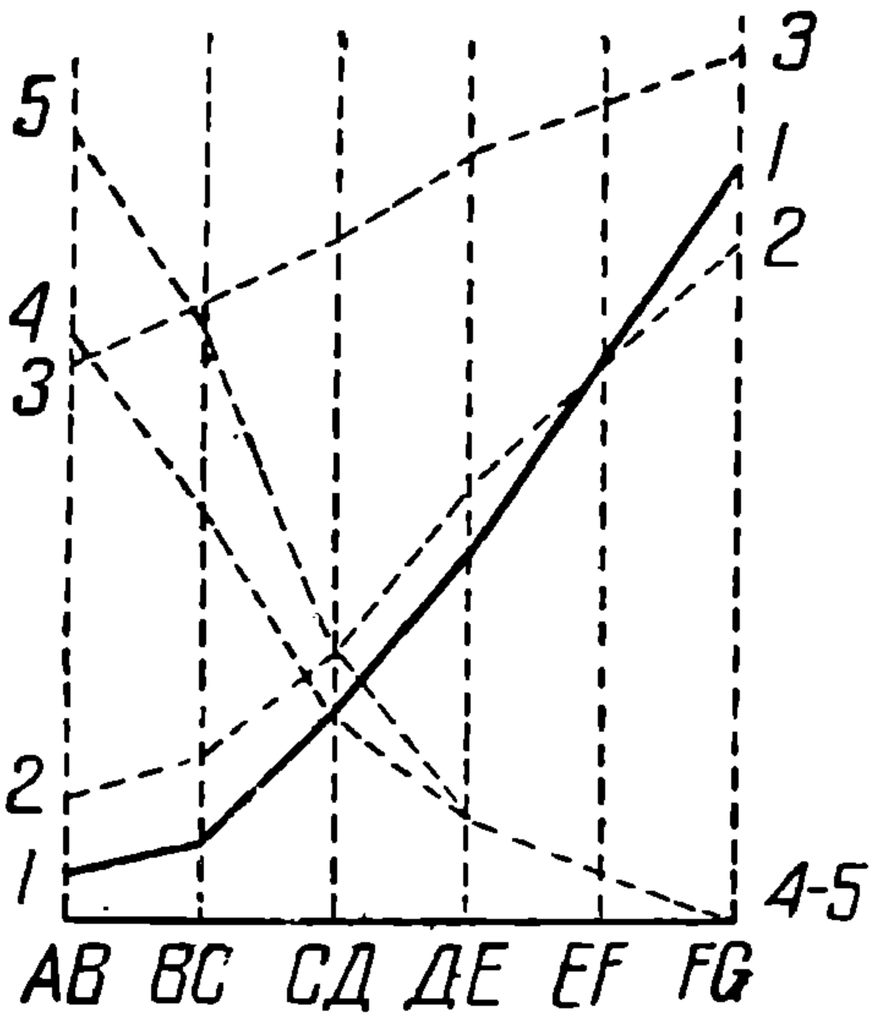


Рис. 461. График зависимости между физико-механическими свойствами известняков.
1—сопротивление на сжатие, 2—износ на барабане Деваля, 3—удельный вес, 4—истирание на круге Дорри, 5—пористость.

Камень, предназначенный для силикатирования, должен иметь:

а) твердость по шкале Мооса — от 2,5 до 3,5
б) объемный вес — „ 2,0 „ 2,7
в) пористость..... ..... — „ 1,5 „ 10%
г) износ щебня на барабане Деваля — 2,5—8%
д) сопротивление на сжатие ..... — 400—1600 *кг/см²*
е) количество землистых и глинистых частиц нерастворимого осадка после обработки 10% соляной кислотой не более 5—6% взятой пробы.

На прилагаемом графике (рис. 461)[1] представлены соотношения для известняков между удельным весом, сопротивлением на сжатие, износом на круге Дорри и в барабане Деваля и пористостью. Упомянутые свойства известняка находятся между собой в определенной зависимости. Достаточно определить одно, чтобы иметь представление об остальных. Буквами *A, B, C, D, E, F, G* на графике показана твердость известняков (см. ниже).

Легко доступным по определению свойством известняков при установлении пригодности их для целей силикатирования является их твердость. Для определения твердости известняков можно, взамен шкалы Мооса, применить французскую шкалу, которая разбита на следующие 7 ступеней твердости:

Таблица 153

Французская шкала твердости	По шкале Мооса
A — соответствует графиту карандаша..	1,0
B — „ свинцу	2,0
C — „ припою (сплаву свинца с оловом)	2,5
D — „ цинку.....	3,0
E — „ отожженной латуни	3,2
F — „ „ алюминевой бронзе	3,4
G — „ стали (клинок ножа).....	4,0

При определении твердости камня проводят на нем черту пластинкой, сделанной из материала, соответствующего той или другой степени твердости. Если одна пластинка при проведении черты оставляет след на камне, а другая, следующая за ней, не оставляет, то твердость камня находится в пределах означенных степеней твердости.

По твердости известняки можно классифицировать следующим образом:

A — B — очень мягкие,
B — C — мягкие.
C — D — полумягкие
D — E — полутвердые } наиболее пригодные для силикатирования,
E — F — твердые
F — G — очень твердые

Количество мелких фракций определяют так же, как для цементного бетона, исходя из принципа наименьшей пористости смеси. Гранулометрический состав смеси должен быть таков, чтобы количество пустот было наименьшим. Если преобладают мелкие фракции, то раствор затвердевает медленнее и дольше остается пластичным, чем при крупных фракциях Согласно кривой просеива-

[1] Взят из книги A. Preslica „Die Silicatstrasse"

НБ УДУНТ (ДИТ)

ния проф. Отто Граф, пригодно следующее отношение размеров зерен песка в весовых процентах:

от 0 до 0,24 *мм* — 25%
„ 0,24 „ 1.0 *мм* — 10%
„ 1,0 „ 3,0 *мм* — 30%
„ 3,0 „ 7,0 *мм* — 35%

Результаты просеивания употребляемой мелочи должны быть сравнены с данными приведенной выше таблицы. При значительном расхождении необходимо добавить или отсеять соответствующую фракцию.

Каменный материал в момент обработки не должен быть сильно пропитан водой, так как последнее обстоятельство мешает действию пор, а именно выделению кремнекислоты путем диализа. [1]

В отношении крупности щебень должен удовлетворять тем же условиям, которые предъявляются к щебню для устройства и ремонта водосвязного шоссе.

§ 164. Физико-химические процессы, происходящие при силикатировании. При силикатировании происходят следующие физико-химические явления: под действием углекислоты воздуха и происходящей диффузии (проникания) при соприкосновении раствора с пористой поверхностью камня, происходит разделение раствора силиката на аморфную кремнекислоту и соду (или поташ). Последняя с поверхности выщелачивается дождевой водой, внутри же коры ускоряет высыхание, а вместе с тем и отвердевание коры. Кремнекислота, перейдя в нерастворимое состояние, проникает в поры камня и обволакивает тонкой эластичной, но в то же время прочной пленкой всю поверхность камня, а также заполняет все пустоты в каменной коре. Процесс этот необратим, то-есть кремнезем не может быть обратно растворен водой.

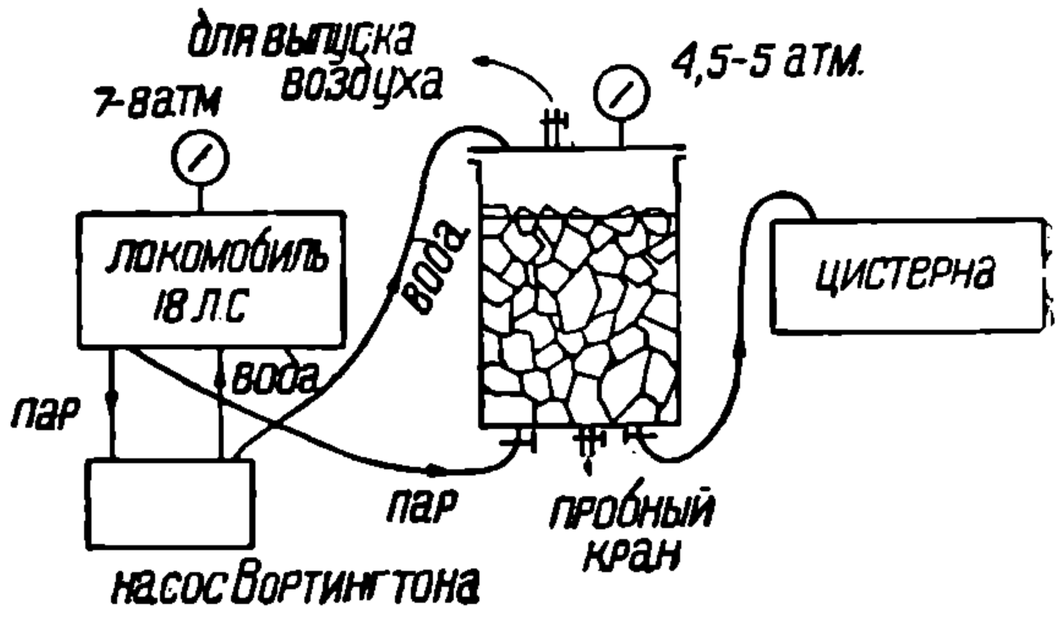


Рис. 462. Схема силикатоварной установки.

Для успеха силикатирования необходимо постепенное высушивание силикатного раствора; в постоянно влажной обстановке или при быстром высушивании силикатирование не дает нужных результатов.

В результате силикатирования получается монолитная щебеночная одежда, в которой пустоты щебеночного остова плотно заполнены нерастворимым в воде цементирующим веществом, изготовленным из известковой мелочи и растворимого стекла.

§ 165. Превращение силиката-глыбы в силикат-раствор. Как было сказано ранее (см. § 162), силикат-глыба нерастворим ни в холодной, ни в горячей воде. Превращение силикат-глыбы в силикат-раствор производят во вращающихся барабанах (автоклавах) обычно на тех же заводах, где изготовляют силикат-глыбу. В СССР с 1929 г. начали применять изобретенную Ярхо и Ножниковым передвижную установку. Установки первого вида носят стационарный характер и потому для дорожника менее интересны, чем передвижные установки второго вида.

Передвижная силикатоварная установка состоит из:

а) локомобиля мощностью 15—18 л. с.,

б) металлического автоклава, представляющего цилиндрический котел размером 180 × 100 *см* с герметической крышкой, рассчитанный на рабочее давление в 6 атм.,

в) резервуара емкостью в 3 *м*,

г) насоса Вортингтона для подачи воды в локомобиль и автоклав.

Сняв крышку, производят загрузку автоклава силикат-глыбой (не дробя кусков) на высоту, равную примерно $^3/_4$ всей высоты автоклава (вес загруженных

---

[1] Диализ — разделение. Обычно понимают отделение коллоидов от кристаллоидов, пользуясь их различной способностью проходить через органические перепонки.

НБ УДУНТ (ДИТ)

высоту, чтобы верхние куски глыбы выступали над водой, закрывают его, прижимают болтами крышку и начинают пропускать пар из локомобиля. Пар, поступая в автоклав снизу, вызывает распаривание глыбы и одновременно перемешивание раствора. Первые несколько минут после начала впуска пара верхний кран автоклава держат открытым, чтобы выпустить воздух, находящийся в автоклаве между верхней крышкой и поверхностью воды. После того как давление на манометре автоклава достигнет 5 атм. (на что затрачивается от $^3/_4$ до 1 часа), дальнейшее поступление пара из котла прекращают, наблюдая, чтобы давление пара в автоклаве не падало ниже 3,5—4,0 атмосфер и, если нужно — добавляют пара. Одновременно начинают брать пробы раствора силиката через имеющийся внизу автоклава пробный кран и проверяют концентрацию раствора ареометром Боме. Когда при пробной проверке концентрация раствора достигнет требуемых пределов, открывают кран на трубе, соединяющей автоклав с цистерной. Имеющимся в актоклаве давлением раствор перегоняется в цистерну без помощи насоса. После этого снимают крышку и начинают производить все операции сначала. Общая продолжительность каждой операции — примерно $2^1/_2$ часа.

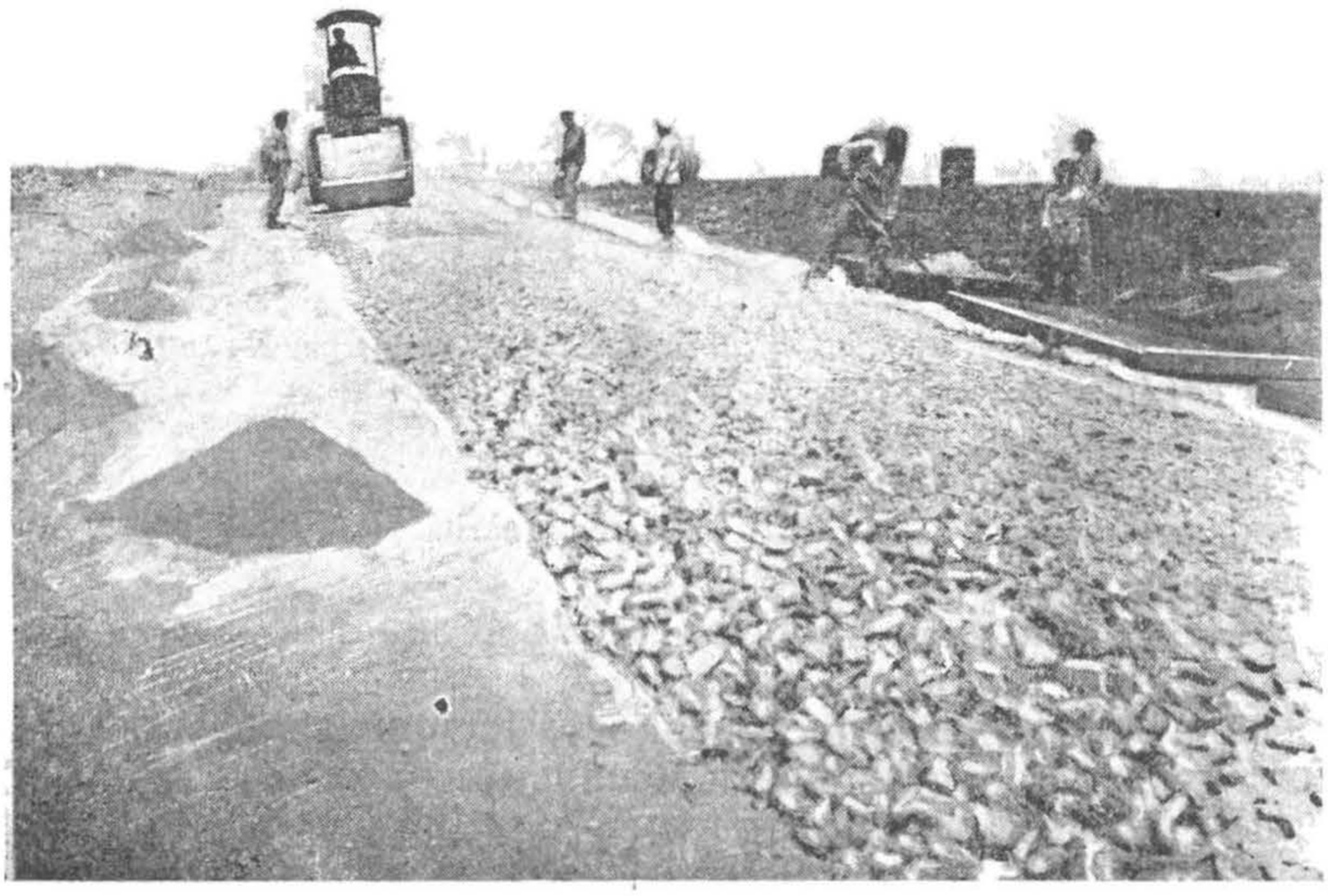


Рис 463. Укатка силикатируемого шоссе.

Постепенно на дне автоклава накопляется плотный осадок, который состоит из песка, содержавшегося в силикат-глыбе, не перешедшего в раствор при распаривании и плотно сцементированного частицей SiO_2, также не перешедшей в раствор.[1] Для растворения SiO_2 два-три раза в месяц загружают в автоклав 10 *кг* каустической соды (NaOH), наливают 20 литров воды, завинчивают крышку и пускают пар, поднимая давление до 5 атм. Закрыв доступ пара, оставляют автоклав под давлением на ночь. Утром выпускают жидкость и выгребают лопатой песок.

§ 166 Способы производства работ. Силикатированная шоссейная корка должна иметь соответствующее прочное основание, способное без просадок выдерживать усиленное движение. Обычно силикатирование шоссе связывают с работами по производству сплошных россыпей, либо по постройке или перестройке шоссейной коры. В двух последних случаях шоссейную одежду устраивают в два слоя: нижний — несиликатированный и верхний — силикатированный Толщина силикатированной корки делается 8—10 *см*.

Работы по силикатированию шоссейной одежды следует производить одним из следующих способов:

а) способом смешения или силикатного бетона,

б) способом глубокой пропитки,

в) способом поверхностной обработки.

При *способе смешения* перед укладыванием силикатного покрытия на старой щебеночной одежде, таковая должна быть тщательно очищена от пыли и грязи и отремонтирована с заделкой ям и выбоин и приданием попереч-

[1] См. стр. 519.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ному профилю уклона 2,5—3%. По бокам одежды в расстоянии от обочины на 0,2—0,3 *м* должны быть вскиркованы полосы шириной 0,5 *м* и глубиной в одну щебенку. Затем поверхность одежды основательно увлажняют, чтобы по возможности заполнить поры водою и тем самым избежать отвлечения силикат-раствора из покрытия.

Количество потребного силикат-раствора зависит от пористости известковой мелочи и от водопроницаемости основания. Меньше 12 литров силикат-раствора на 100 литров мелочи не дают схватывания. Необходимым наименьшим количеством силикат-раствора для 100 литров известкового песка следует считать 15—18 литров концентрации 35° Bé. Это соответствует примерно 50 литрам, то есть 65 *кг* силикат-раствора на 1 $м^3$ смеси щебня с песком.

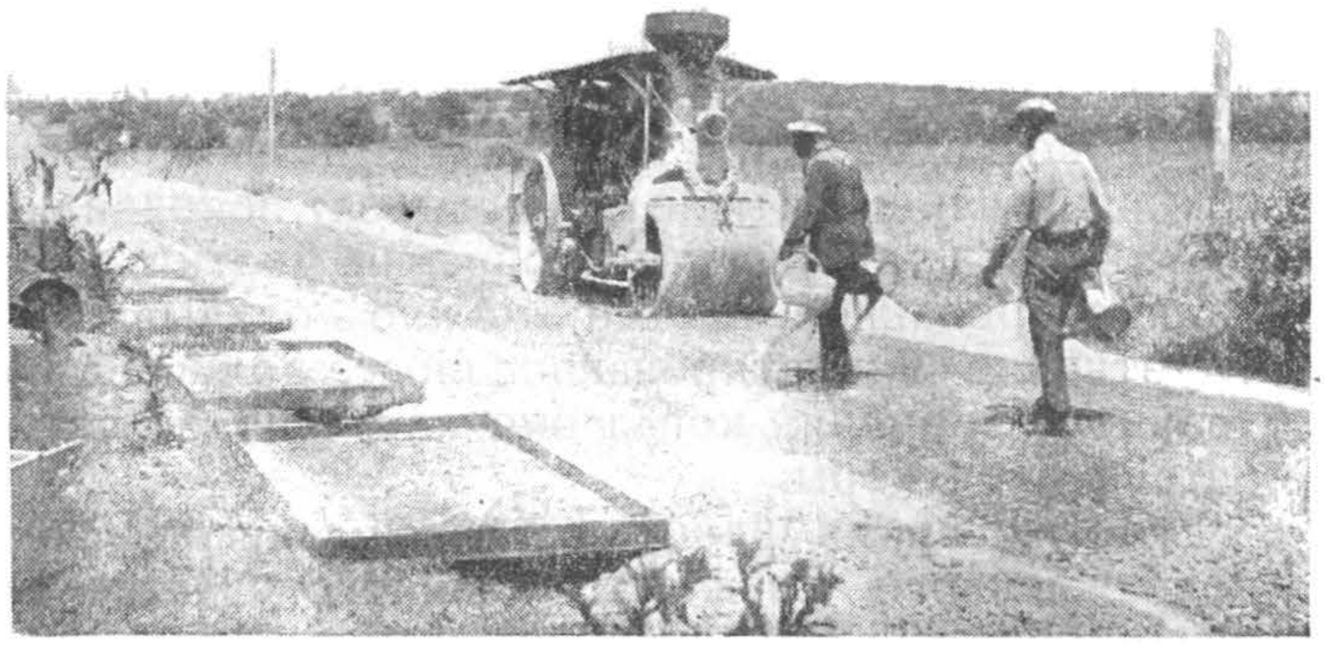


Рис. 464. Постройка силикатированного шоссе по способу смешения.

Доктором Кольбе (Dr. Ernest A. Kolbe) в Вене был проведен ряд опытов для выяснения влияния количества добавляемого силикат-раствора на сжатие кубиков. Для приготовления кубиков размерами $7 \times 7 \times 7$ *см* бралась смесь известняка со следующим гранулометрическим составом:

25	объемных	или	26,2	весовых	% просеянного чр. сито с яч	0,9 *м*
25	„		24,2	„	„	1,7 „
25	„		25,1	„	„ „	4,0 „
25	„		24,5	„	„ „	6,0 „

Результаты раздавливания кубиков через $2^1/_2$ месяца после изготовления показаны на приведенной схеме (рис. 465), из которой видно, что сопротивление на сжатие кубиков, имевших 14 литров силикат-раствора на 100 литров известковой мелочи, по сравнению с другими кубиками, имевшими 10 литров силикат-раствора на такое же количество песка, дало превышение более чем на 53%: 141 *кг/см²* и 216,5 *кг/см²*.

Однако, дающее по схеме наивысшую сопротивляемость на сжатие количество силикат-раствора (14 литров на 100 литров песка) должно быть несколько повышено в зависимости от пенетрации (проникания) в щебнь проницаемости основания и климатических условий.

Количество раствора из известковой мелочи и силиката должно быть таково, чтобы оно заполнило все поры щебеночного остова, т. е. должно составлять 0,40—0,45 количества щебня Бетон может смешиваться вручную или при помощи бетономешалок. Смесь должна быть несколько более влажной консистенции, чем полусухая; укладка высохшего (полусухого) материала обычно приводит к неудачам, что можно часто наблюдать в местах с очень жарким климатом.

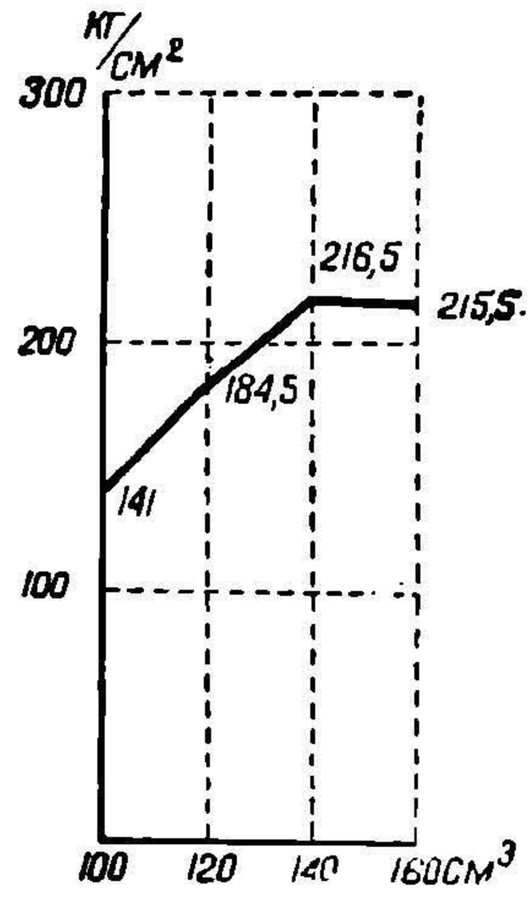


Рис 465 Зависимость между количеством силикат-раствора в бетоне и сопротивлением сжатию.

Разравнивание бетона по поверхности шоссе производится лопатами, но не граблями, во избежание дезинтегрирования смеси, вследствие которого на поверхности появляются щебневые гнезда, быстро расстраивающиеся.

Укатка силикат-бетона производится катками весом в 8—12 *т* в зависимости от крепости каменного материала. Она разбивается на два периода. В первом периоде укатка производится без поливки водою. Для уплотнения щебня в этот период требуется 20—30 проходов катка по каждому месту. Во втором периоде начи-

ГБ УДУНТ (ДИТ)

нается, по мере высыхания материала, прилипание щебенок к барабанам катка. Чтобы избежать выдергивания щебенок, необходимо слегка поливать поверхность шоссе водой, а также увлажнять барабаны катка. Количество разливаемой воды зависит от погоды, но не должно превышать 1,5—2 литра на 1 $м^2$. Число проходов катка в этот период—10—15 по каждому месту.

При правильном гранулометрическом составе мелочи и достаточном количестве добавленного силиката, во втором периоде из глубины одежды силикат поднимается на поверхность в виде грязеобразных луж, которые должны быстро разметаться при помощи метел из пиаццавы на те места, где незаметно подобное насыщение силикатом. Если упомянутые выделения не появляются на поверхности одежды, то это указывает на избыток пустот в смеси, то есть она содержит слишком мало мелочи и взят неправильный гранулометрический состав.

Через два-три дня по окончании укатки, когда кора достаточно просохнет, силикатированное шоссе можно открывать для движения. Окончательное уплотнение силикатированное шоссе получает только после довольно продолжительного времени, когда окончательно завершится процесс твердения силиката внутри коры.

Если во время работ случится ливень, следует произвести опрыскивание поврежденного свеже-уплотненного участка силикатом, разбавленным водою в пропорции 1:2. При сухой жаркой погоде следует в течение нескольких дней производить увлажнение готового участка дороги при помощи повторного опрыскивания силикатом, разбавленным в пропорции 1:5. Вместо указанных можно применять те же меры, которые рекомендованы для цементного бетона (см. § 184).

В туманные, дождливые и морозные осенние дни силикатирования производить не следует в виду того, что отвердевание дорожной одежды, вследствие избытка влаги в воздухе, задерживается; она остается мягкой и легко может быть разрушена проезжающими повозками.

В Англии свежая поверхность силикатированного участка покрывается гравием, который, с одной стороны, предотвращает нарушение целости еще влажного покрытия проезжающими повозками, с другой стороны — поглощает излишнюю влагу, имеющуюся на поверхности дороги.

Лучшим временем года для производства силикатирования, особенно при малопористом каменном материале, является весна, потому что впереди можно ожидать большого количества солнечных дней, когда возможна сушка. Если каменный материал сильно порист, силикатирование следует производить в устойчивую сухую погоду (летом), потому что этот материал, будучи пропитан водой, медленно высыхает.

В очень жарком климате силикатирование в наиболее жаркое время производить не следует, так как при чрезмерной жаре раствор быстро высыхает, недостаточно отвердевая. Этому можно несколько помочь, применяя более бедный кремнекислотой силикат-раствор и в большем количестве, так как сухой каменный материал поглощает большое количество раствора. Если же силикат-раствора взято недостаточно, то на поверхности щебеночной одежды образуется тонкая пленка, которая быстро высыхает, съеживается, делается твердой и ломкой.

При *способе глубокой пропитки* предварительно делается россыпь щебня обычным порядком (как при постройке водосвязного шоссе) с укаткой и поливкой водой. После просушки шоссе (поливка силикатом, как было сказано выше, рекомендуется по сухому щебню) приступают к россыпи крупных высевок (расклинцовки) и поливки силикатом в количестве 3 $л$ на 1 $м^2$, продолжая укатку. После достаточного уплотнения коры с расклинцовкой производят россыпь средних высевок и делают вторую поливку в количестве 1,5 $л$ на 1 $м^2$. После второй поливки укатка вновь возобновляется, и к концу ее рассыпаются самые мелкие высевки. В случае быстрого высыхания силиката поверхность россыпи слегка поливается водой; употреблять большое количество воды в этот момент вредно, так как оно замедляет образование кремнеземистой пленки, связывающей отдельные щебенки.

Меры для охраны свеже-пропитанного шоссе должны приниматься те же, какие были перечислены ранее при способе смешения.

НБ УДУНТ (ДИТ)

При *способе поверхностной обработки*, спустя некоторое время (1—1½ месяца) после окончания укатки, когда щебеночная кора достаточно уплотнится под действием проезда, поливают поверхность шоссе силикат-раствором. Однако, нужно иметь в виду, что проникание силикат-раствора в кору возможно только до известного времени, пока не произошло полного уплотнения коры. Если благоприятное для поливки время будет упущено, то никакой пользы от силикатирования не будет, так как силикат-раствор будет высыхать на поверхности шоссе в виде глянцевитой коры, которая быстро стирается при проезде повозок и служит только дополнительным источником пыли.

Поливка производится в два приема: второй розлив — *до момента засыхания* силикат-раствора первого розлива, иначе образующаяся на поверхности корка прекратит дальнейший доступ силиката внутрь шоссейной коры. Правильно выбранное время силикатирования дает возможность ввести этим способом в кору примерно 3 литра силикат-раствора на 1 $м^2$ поверхности шоссе. Глубина проникновения силикат-раствора — до 5 *см*.

§ 167. Стоимость и срок службы силикатированного шоссе. По данным В. М. Шалфеева[1] стоимость силикатирования 1 *км* шоссе, при ширине проезжей части 4,5 *м* (сверх стоимости обычного сплошного утолщения), выражается в следующих цифрах:

1) По способу силикатного бетона:

30 *т* силикат-раствора по 80 руб.	2400 руб.
Стоимость дополнительных работ в связи с силикатированием .	700 руб.
Итого	3100 руб.

2) По способу поливки по свежему утолщению (глубокая пропитка):

24 *т* силикат-раствора по 80	1920 руб.
Стоимость дополнительных работ в связи с силикатированием	200 руб.
Итого	2120 руб.

3) По способу поливки по утолщению, уплотненному проездом (поверхностная обработка):

12 *т* силиката по 80 руб	960 руб.
Стоимость дополнительных работ в связи с силикатированием	140 руб.
Итого	1100 руб.

Если принять стоимость водосвязного сплошного утолщения в среднем в 5500 руб. за километр (при известняках), то силикатирование удорожает работы в первом случае на 56%, во втором — на 38% и в третьем — на 20%.

По данным проф. Кнаппа стоимость силикатированного шоссе (силикат-бетон) превышает стоимость несиликатированного на 87,5%. Так как силикатирование повышает сопротивляемость одежды, то прочность такого шоссе, по сравнению с водосвязным, в несколько раз выше (даже по сравнению с водосвязным шоссе с твердым щебнем). По полученным во Франции и Швейцарии материалам прочность силикатированного шоссе в 3—5 раз превосходит прочность водосвязного, построенного из тех же каменных материалов.

Построенное инж. Р. Пресликом в области Пфаффштеттен в 1927 г. силикатированное шоссе из известняка, которое в 1928 г. частично поливалось силикат-раствором, через два года было еще в хорошем состоянии, имея среднюю (годовую) напряженность движения 3500 *т* в день[2] (в летние месяцы 4700 *т*). Из этого можно вывести заключение, что при уменьшении напряженности движения в четыре раза, до 900 *т* в день, для какового движения обычно и строятся силикатированные шоссе, срок службы их повысится до 8 лет.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 32

Инструкция центрального научно-исследовательского дорожно-автомобильного института по устройству, ремонту и содержанию силикатированного шоссе, изд. 1930 г.

В. М. Шалфеев. Силикатированное шоссе. 1932.

Dr. Ing. A. Preslicka Die Silikatstrasse.

[1] В. М. Шалфеев. Силикатированное шоссе. Трансиздат. 1932 г.

[2] Обыкновенное водосвязное шоссе вряд ли выдержало бы даже в течение 6 месяцев напряженность движения в 3500 *т* в день

НБ УДУНТ (ДИТ)

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ТРЕТЬЯ

КЛИНКЕРНЫЕ ДОРОГИ

§ 168. Условия применения клинкера. Недостаток естественных каменных материалов во многих районах нашего Союза и в то же время развивающееся автодвижение, требующее в некоторых случаях (при тяжелых грузовиках и автобусах) устройства дорог с каменной одеждой, выдвигают вопрос об использовании местных ресурсов, а именно — изготовлении искусственного д рожного материала, клинкерного кирпича. Мостовые, сделанные из клинкерного кирпича, называются клинкерными дорогами. Клинкерный кирпич получают из глины путем обжига ее при высокой температуре 1100—1300° до полного спекания массы без остекления поверхности.

§ 169. Качество глины. Первым условием для производства высокосортного клинкера является прежде всего наличие надлежащего сырья.

По химическому составу глины, идущие на изготовление клинкера, могут быть: кремнеземистые, железистые, известковые и др. Подвергая обжигу кирпичи, сделанные из надлежащей по качеству глины, можно заметить, что в первых стадиях нагревания выделяется вода, оставшаяся в кирпиче-сырце после высушивания на воздухе. При дальнейшем повышении температуры начинает выделяться вода, связанная химически с составными частями; при температуре 500—700° С указанная вода выделяется полностью. По мере выделения влаги в теле кирпича освобождается пространство, которое частично заполняется стягиванием частиц между собою, в результате чего происходит воздушная усадка. При дальнейшем повышении температуры до 1000° начинается частичное сплавление и заполнение пор расплавленной массой, вследствие чего тело кирпича достигает своей максимальной предельной плотности, которая может быть различна в зависимости от механического состава различных глин. При этом кирпич делается водонепроницаемым и, кроме того, получает важные для дорожных камней свойства: вязкость (свойство, противоположное хрупкости) и твердость, то есть сопротивляемость истирающим усилиям.

Дальнейшее повышение температуры может привести к *плавлению* глины, в результате чего кирпич потеряет свою форму. Температуру плавления глины важно знать для определения интервала между температурой оптимальной плотности (спекания) тела клинкера и его плавлением. В тех случаях, когда температура полного спекания близка к температуре плавления, такой материал практически непригоден для изготовления клинкера, так как по условиям ведения обжига в разных частях обжигательных камер невозможно держать температуру в определенных узких границах. В результате, в одних местах камеры сырец может оказаться недожженным, в других — пережженным и даже сплавленным, что даст большое количество брака.

Чем больше интервал между температурой полного спекания и температурой плавления (*температурный интервал, густоплавкость*), тем свободнее можно вести обжиг, так как в этом случае неодинаковая температура в разных частях обжигательной камеры, колебания ее во время ведения обжига, зависящие от колебаний сгорания горючего, не вызовут существенных изменений в обжигаемом кирпиче.

Наименьшее значение температурного интервала 50°, однако при этом интервале весьма трудно вести обжиг без риска получения большого процента брака. Что касается температуры плавления, то по экономическим соображениям, имея в виду расход горючего, предпочтительнее пользоваться глинами (или смесями) более легкоплавкими.

В различных странах, на разных заводах для изготовления клинкера используются весьма разнообразные глины, отличающиеся друг от друга как химическим составом, так и механическими свойствами. Это, однако, не дает основания предполагать, что из всякой глины технически и экономочески возможно получить клинкер требуемого качества. В природе очень редко можно встретить материал, который можно прямо пускать в переработку на клинкер. Если бы такой материал и нашелся, то трудно предположить, что свойства

НБ УДУНТ (ДИТ)

его останутся одни и те же, так как обычно, по мере выработки, пласты и залежи изменяют свой химический и механический состав. Поэтому для изготовления клинкера, обладающего постоянными определенными свойствами, необходимо прибегать к искусственному составлению смесей из глин, суглинков и песков. Общие признаки пригодности глины для изготовления клинкера следующие: тонкоземлистая текстура[1] (отсутствие значительного количества частиц более 0,5 *мм*); отсутствие грубых включений: камней, известковых дутиков, корней; отсутствие значительных количеств органического вещества и заметных на глаз листочков слюды; примеси веществ, содержащих серу, не должны превышать нескольких десятых долей процента; содержание окиси железа не более 8—10%; содержание глинозема не менее 7—8%.

Вопросу о выборе места для постройки клинкерного завода должно предшествовать обстоятельное обследование имеющихся в районе предполагаемой стройки материалов. Для этого взятые при шурфовании или бурении материалы должны быть подвергнуты лабораторному исследованию, состоящему из определения: а) валового химического состава сырого материала, б) механического состава, в) керамических свойств.

После того как проведенные в лабораториях исследования дадут положительные результаты, приступают к более точному техническому и экономическому обследованию запасов сырых материалов (глин, песков) и соответственно с этим — к выбору места для завода, а также к производству испытания глин в заводских условиях. Для последней цели образцы глины, давшие при лабораторных испытаниях удовлетворительные результаты, направляются на один из клинкерных заводов с подходящим для данных образцов температурным режимом печи. Если при этом к глинам необходима добавка местного песка, то последний также посылается на клинкерный завод. Из поступивших материалов на заводе, помощью имеющихся механических средств, изготовляются кирпичи, которые затем размещаются в одной из обжигательных камер среди основной загрузки, по 5—6 кирпичей в различных местах камеры. Около каждой группы опытной загрузки, с целью контроля температур, должна быть помещена серия конусов Зегера. По окончании обжига кирпичи должны быть подвергнуты механическим испытаниям.

§ 170. Приготовление клинкера. Приготовление клинкера складывается из следующих операций: а) заготовка сырья, б) обработка сырья и формовка сырца, в) сушка сырца, г) обжиг и охлаждение клинкера.

Заготовка сырья состоит в разработке глиняного карьера, откуда глина помощью имеющихся транспортных средств подается во двор завода. Добытую глину полезно подвергать зимованию, а также влиянию летних атмосферных условий, для чего ее раскладывают тонкими слоями. При этом пластичность глины повышается, а имеющаяся в виде включений известь (дутик) при промораживании гасится.

Приступая к выработке сырца, пролежавшую в течение года глину подвергают измельчению, которое производят посредством дезинтеграторов, дробильных барабанов, пульверизаторов, бегунов и др.[2] Формовка сырца может производиться двумя способами: мокрым (ленточным) или сухим прессованием.

Способ мокрого прессования состоит в том, что получившийся при измельчении порошок глины смешивается с определенным количеством песка или других примесей (по данным лабораторного анализа), затем получившийся материал разбавляется водой и поступает в глиномялки. Из глиномялок материал идет в машину, выдавливающую его через мундштук на столик отрезного аппарата (рис. 466), на котором производится автоматическая резка массы на правильные кирпичи. Одна такая установка может дать от 5 до 12 тысяч штук в час.

При сухом способе прессования получившийся от смешения глины с песком или другими примесями материал подвергается воздушной или искусственной сушке. Воздушная сушка производится либо путем раскладывания материала на открытых широких площадках, либо при перемещении его транспортером (при наличии такового). Зависимость воздушной сушки от погоды является ее

---

[1] Текстура — состав в отношении крупности частиц.

[2] Обычно предпочитают бегуны, если они дают тонкий помол.

НБ УДУНТ (ДИТ)

недостатком. Более рациональна искусственная сушка, которая производится при помощи сушильных барабанов или в ковшах, в струе встречного воздуха. В том и другом случае необходимо, чтобы материал имел влажность 5—6%.

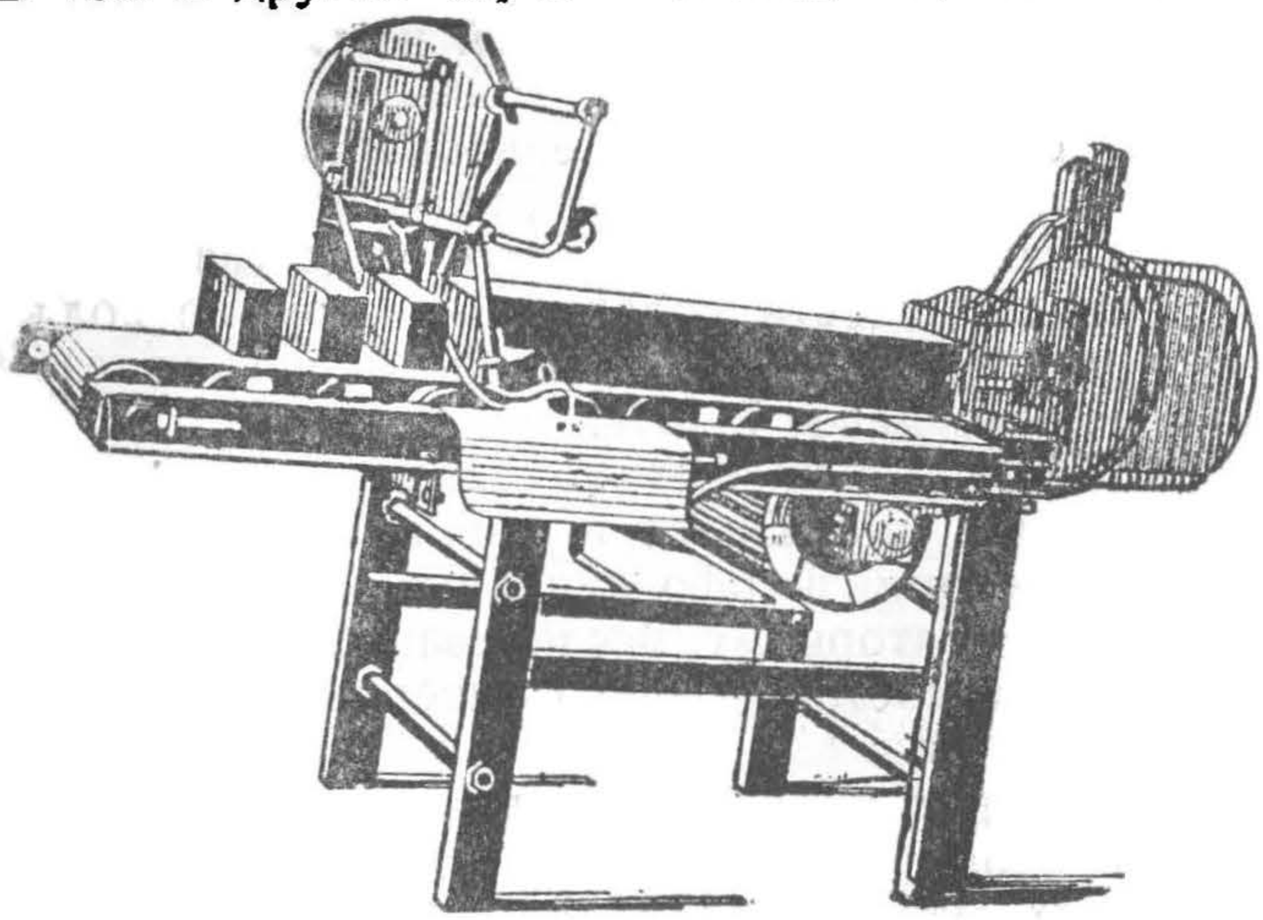


Рис. 466. Автоматический отрезной аппарат.

После сушки материал поступает в станок с бегунами, откуда в измельченном состоянии подается транспортером в силосы, где в течение 24 часов приобретает равномерную влажность. После этого материал поступает к прессу, где формуется в кирпичи, подвергаясь давлению в 400 *кг/см*^{2}.

Способ сухого прессования клинкера имеет следующие преимущества перед способом мокрого (ленточного) прессования:

а) сокращение времени сушки сырца, избежание деформирования его за время от изготовления до обжига;

б) правильность формы, четкость углов и ребер клинкера;

в) большая огнеупорность и температурный интервал клинкера;

г) меньшая усадка при обжиге, твердость и сопротивление сжатию клинкера такие, каких никогда не достигает клинкер, спрессованный во влажном состоянии;

д) значительная экономия в рабочей силе, при удобстве и чистоте работы;

е) возможность работать круглый год.

Эти значительные преимущества способа сухого прессования говорят за то, что при производстве высокосортного материала следует применять только этот способ.

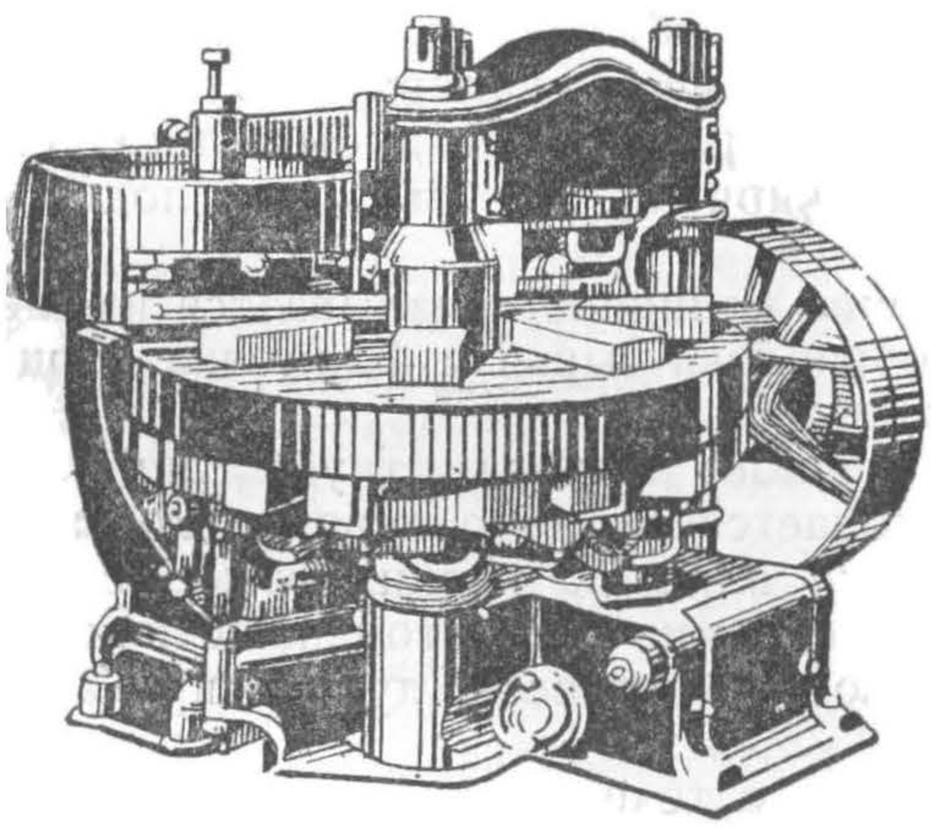


Рис 467. Вращающийся пресс.

Приготовленный мокрым или сухим способом сырец направляется в сушильные сараи, которые или помещаются над печью, где производится обжиг, или строятся отдельно. В первом случае сушка не зависит от погоды, что в осеннее время года является очень важным преимуществом. Сушка сырца, в зависимости от принятого способа, продолжается от 15—20 дней до 4—5 дней. На некоторых больших заводах сушка сырца производится искусственно помощью калориферов и вентиляции, благодаря чему процесс сушки ускоряется до 24 часов.

§ 171. Обжиг клинкера. По окончании сушки клинкер подвергают обжигу, который производят в обычных кольцевых кирпичеобжигательных печах Гофмана или же в газогенераторных печах Мендгейма. Разница между ними состоит в том, что в первых топливо загружается непосредственно в камеру, где и происходит его сгорание, а во вторых — обжиг производится горящими газами, получаемыми при неполном сгорании топлива в особых газогенераторах. В печах Гофмана трудно регулировать температуру обжига, и потому процент брака доходит до 40 и даже до 60.[1] Наоборот, печи Мендгейма дают возможность такой регулировки, в результате которой получается равномерность обжига и небольшой процент брака — 4—5%.

[1] Забракованный для дорожного строительства клинкер может быть использован в гражданском строительстве.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Печь Мендгейма (рис. 468) состоит из отдельных камер (от 10 до 22), вмещающих каждая 8—12 тыс. сырца. Необходимый для горения газ получается в газогенераторах, представляющих себою шахтные топки, размерами $6 \times 2 \times 1$ *м*, и проводится вдоль камер по каналу, откуда может быть впущен в любую камеру через особые каналы („фейербрики"). Одновременно с горючим газом в камеру, где происходит горение, впускают для поддержания такового воздух, предварительно пропущенный для подогрева через камеры, в которых происходит остывание клинкера. Горячие газы после обжига направляют в канал, расположенный посредине между двумя рядами камер, а оттуда в соседние камеры для предварительного подогрева загруженного в них сырца, что значительно ускоряет процесс обжига и дает экономию в топливе.

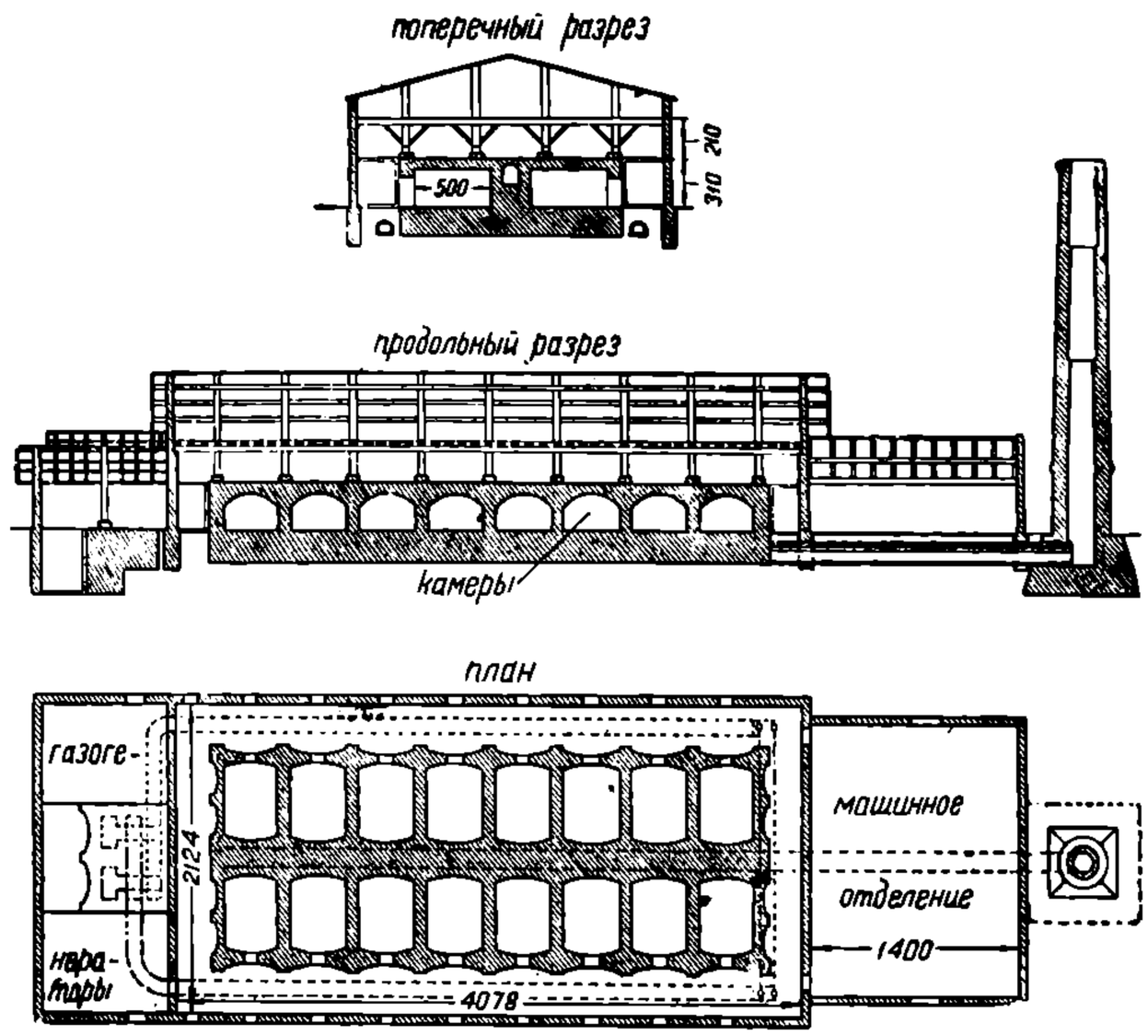


Рис. 468. Обжигательная печь системы Мендгейма.

Обжиг клинкера является наиболее ответственной и трудной операцией клинкерного производства. Для получения высококачественного материала необходимы правильно сконструированные печи и опытные обжигальщики, которые должны хорошо знать печь, свойства обжигаемого материала и уметь управлять огнем.[1] Ход обжига зависит от свойств материала из которого изготовлен клинкер, и должен устанавливаться в каждом отдельном случае опытом. Нормальная продолжительность обжига в печах Гофмана 8—10 дней и в печах Мендгейма 3—4 дня.

Особенно важное значение имеет последующее охлаждение обожженного клинкера. При медленном охлаждении клинкер получается вязким, тогда как при быстром — хрупким, возможно также образование трещин. Нормальная продолжительность охлаждения — 10—12 дней.

Обжигательная печь работает непрерывно: в то время как в одних камерах происходит обжиг, в других — предварительная сушка, в третьих — загрузка, в четвертых — выгрузка. Расход топлива на обжиг 1000 шт. сырца составляет 1,7—2,0 *куб. м* дров.

§ 172. Требования, предъявляемые к клинкеру, и его испытания. По качеству клинкер делится на три сорта: I, II и III.

Согласно ОСТ [2] № 4245 размеры клинкера установлены следующие (в *мм*):

Таблица 154

Длина		Ширина		Высота	
Размер	Допуски	Размер	Допуски	Размер	Допуски
220	± 5	110	± 3	65	± 2
220	± 5	110	± 3	75	± 2

Клинкер, имеющий высоту 75 *мм*, предназначается для укладки плашмя Клинкер должен иметь форму прямоугольного параллелепипеда с плоскими поверхностями и прямыми ребрами. При приемке допускается не более 5%

[1] Центральным научно-исследовательским автомобильно-дорожным институтом издана в 1930 г. временная инструкция по обжигу клинкера в печах Мендгейма К-17.

[2] Общесоюзный стандарт.

НБ УДУНТ (ДИТ)

кирпичей, имеющих искривление поверхности и ребер в виде впадин и выступов в отдельных местах, не превышающих 5 *мм*. Также допускается притупленность ребер и углов не свыше 3 *мм*. Трещины допускаются только на одной из сторон и не должны превышать следующих размеров:

для I сорта по длине 30 *мм*, по глубине 3 *мм*,
„ II и III „ „ 50 *мм*, 15 *мм*.

Для определения годности клинкера, удовлетворяющего указанным выше условиям, производится отбор пробы по одному кирпичу из каждой восьмой клетки (клетка имеет 250 шт.), а всего на партию в 20 000 шт. отбирается 10 шт. Кирпичи поступают в лабораторию, где должны подвергнуться следующим испытаниям: определение временного сопротивления сжатию, на водопоглощаемость, на морозоупорность, на удар.

Временное сопротивление сжатию клинкера в воздушно-сухом и насыщенном водой состоянии должно быть не менее:

для I сорта — 1000 *кг/см²*
„ II „ — 700
„ III „ — 400

Коэффициент износа на круге Дорри должен быть не менее 18—для I сорта, 16—для II сорта, 14—для III сорта.

Водопоглощаемость (по весу) должна быть не более: 2%—для I сорта, 4%—для II сорта, 6%—для III сорта.

25 кратное замораживание до—15° С с последующим оттаиванием клинкер должен выдерживать без каких бы то ни было видимых повреждений.

Испытание на удар на копре Пэджа должно быть не менее 15—для I сорта, 12—для II сорта, 8—для III сорта.

Методы испытания те же, что и для каменных материалов.

§ 173. Поперечные профили клинкерных дорог. Центральным научно-исследовательским автодорожным институтом выработаны следующие типы поперечных профилей клинкерных мостовых для междугородных участков дорог:

Размеры отдельных элементов даны в следующей таблице:

Таблица 154-а

№ профилей	Наименование элементов	Обозначение	Толщина песчаного слоя при полотне, устроенном из: песка	супеска	суглинка	глины	глины в сыром месте	Примечания
	При устройстве мостовой:							
1	На песчаном основании							
	песчаный слой	h		10	15	20	30	
2	На бетонном основании							
	слой песка под бетонным основанием	h		5	10	15	20	
	бетон	h_1	15	15	15	15	15	
	прослоек песка	h_2	от 1,5 до 2,5 *см*					
3	На основании из булыжн. камня							
	слой песка под булыжной мостовой или пакеляжем	h		5	10	15	20	
	булыжная мостовая или пакеляж	h_1	15	15	15	15	15	
	прослоек песка	h_2	от 2,0 до 2,5 *см*					
4	На щебеночном основании							
	слой песка под шоссе	h		5	10	15	20	
	щебеночный слой (не менее)	h_1	10	10	10	10	10	
	прослоек песка	h_2	от 2,0 до 2,5 *см*					
5	На клинкерном основании (клинкер уложен плашмя).							
	песчаное основание	h		5	10	15	20	
	прослоек песка.	h_1	от 2,0 до 2,5 *см*					

НБ УДУНТ (ДПТ)

В САСШ клинкерные дороги строят главным образом на бетонном основании. Необходимость устройства такого солидного основания вызывается большой напряженностью движения и большим весом автогрузовиков. Очень высокое качество клинкера (временное сопротивление на сжатие доходит до 4000 *кг/см²*, как для базальтов) дает возможность с успехом применять его при самом тяжелом движении в качестве защитного слоя для бетонной плиты. Те же качества делают возможным мощение клинкером плашмя по бетонной подушке. что в результате дает значительную экономию.

В СССР существующие клинкерные дороги построены главным образом по старой шоссейной коре, предварительно выровненной и укатанной.

§ 174. **Укладка клинкера.** Земляное полотно для клинкерных дорог приготовляется так же, как и для других дорог с каменной одеждой (см. гл. 143). Устройство различных типов искусственного основания производится согласно нормальным поперечным профилям, приведенным в предыдущем параграфе. При устройстве искусственного основания необходимо иметь в виду, что клинкерная мостовая, как состоящая из отдельных кирпичей, ничем между собой не связанных (исключение бывает при заполнении швов цементным раствором и частично битуминозными материалами), и в то же

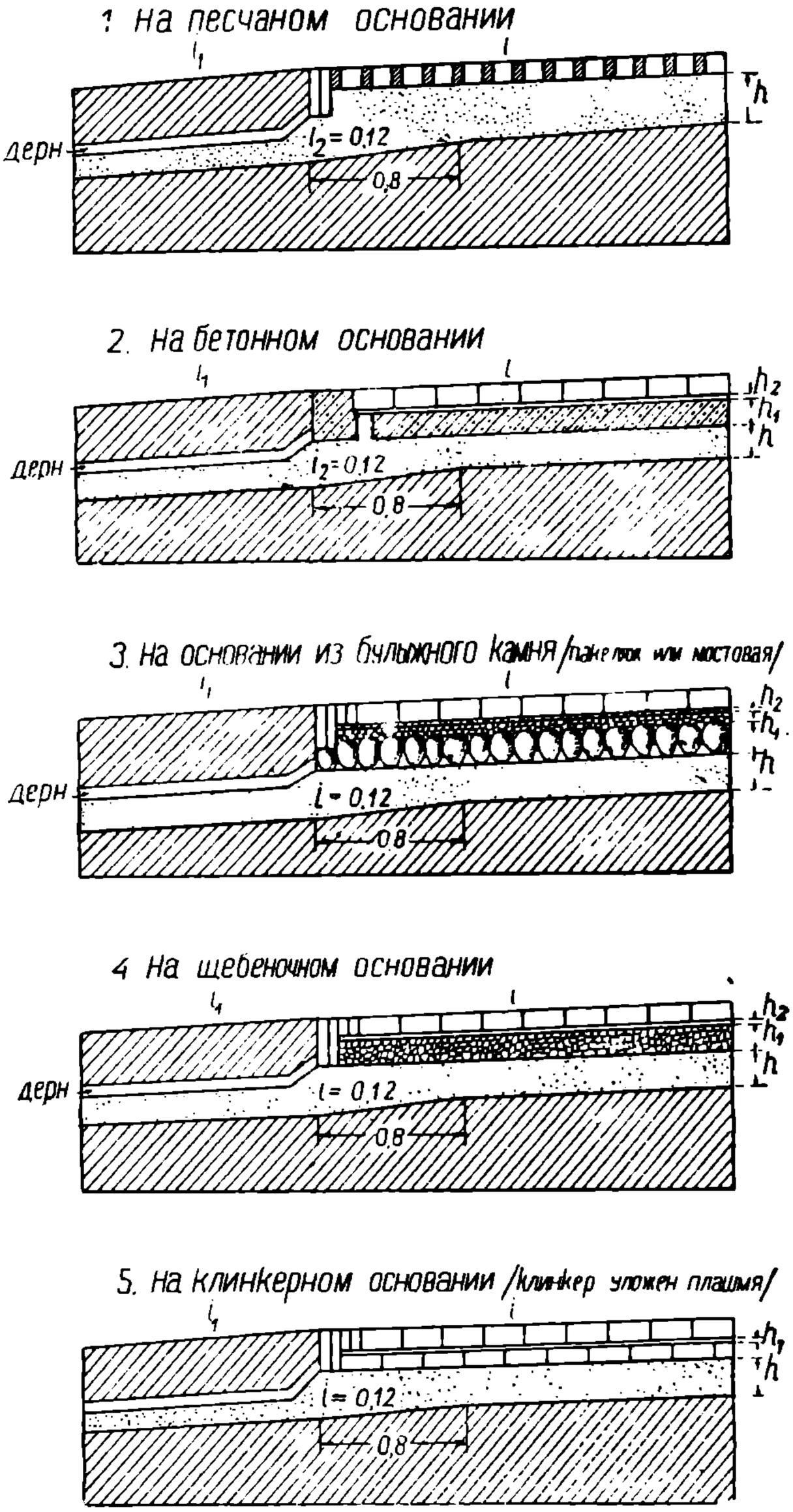


Рис. 469. Нормальные поперечные профили клинкерных мостовых.

Рис. 470. Способы укладки клинкера.

а—поперечными рядами, *б*—косыми рядами, *в*—в продольную елку, *г*—плашмя на бетонном основании.

НБ УДУНТ (ДИТ)

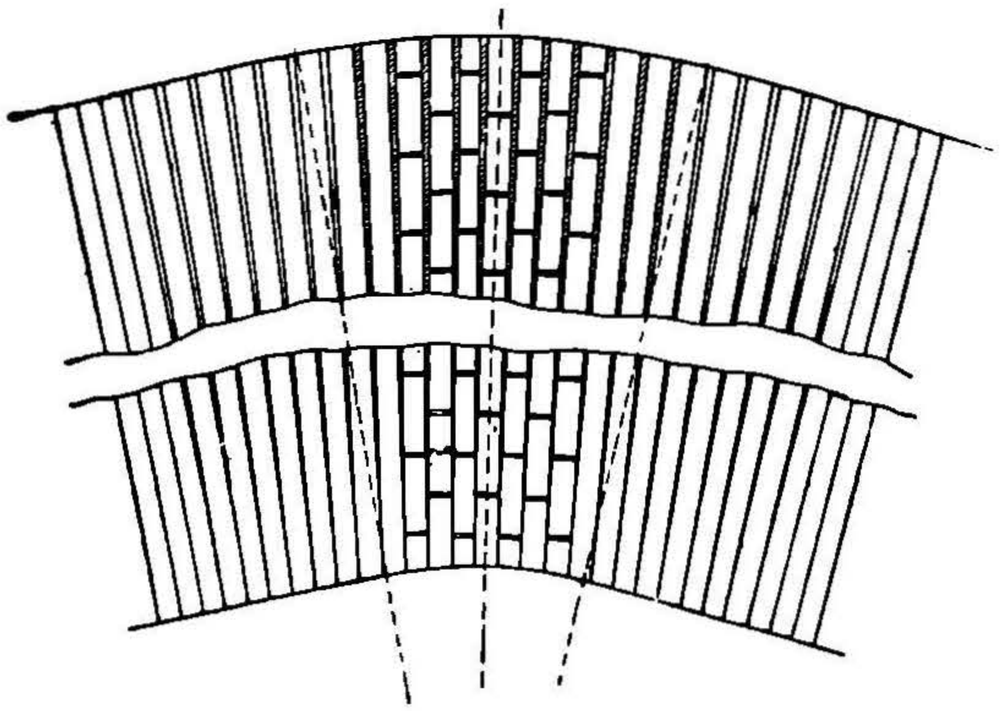


Рис. 471. Укладка клинкера на пологих закруглениях.

косыми рядами. Способ укладки поперечными рядами рекомендуется при жестком основании, в то время как укладка наклонными рядами — при упругом основании. На бетонном основании клинкер укладывается плашмя (рис. 470), в остальных случаях— на ребро.

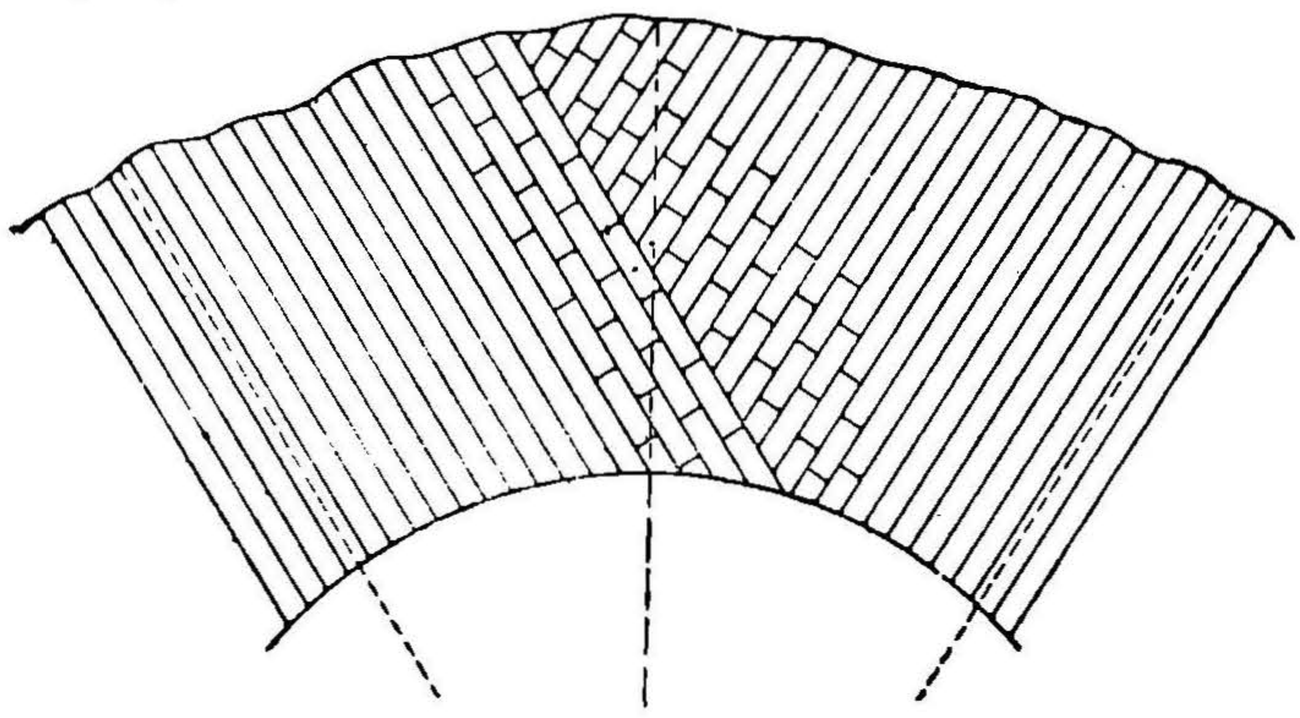


Рис. 473 Укладка клинкера на закруглении малого радиуса.

лых радиусов — с укладкой клинкера по радиусам (рис. 472, 474); применяемые при этом способе отдельные куски клинкера должны быть не менее 75 *мм*.

Доставленный к месту работ клинкер складывается в штабели на обочинах. Подача его с обочин на подготовленное основание во время мощения осуществляется наклонным конвейером с поперечными роликами по которым кирпичи двигаются силою тяжести (рис. 475) или, в крайнем случае, вручную специальными подносчиками.

Наиболее экономичным и эффективным способом мощения является

время предназначенная для среднего по тяжести и интенсивности движения, требует прочного основания, имеющего в разных точках равномерную несущую способность.

Укладка клинкера производится по подготовленному основанию вплотную друг к другу по одному из следующих способов: по направлению, перпендикулярному к оси дороги (поперечными рядами), и под углом в 45° к оси дороги. В последнем случае мостить можно в продольную или поперечную елку, либо

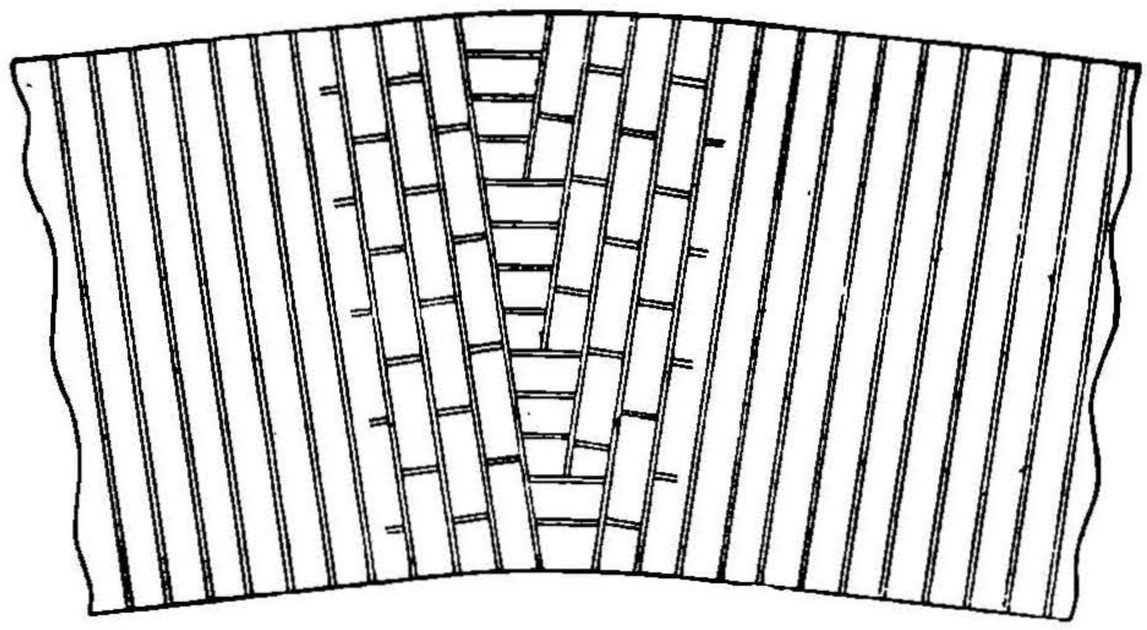


Рис. 472. Укладка клинкера на закруглениях малого радиуса.

Укладка клинкера на закруглении производится по следующим способам:

а) на кривых больших радиусов — за счет увеличения ширины швов по направлению от внутренней к наружной кривой, максимальный шов при этом должен быть не более 12 *мм* (рис. 471); б) на кривых ма-

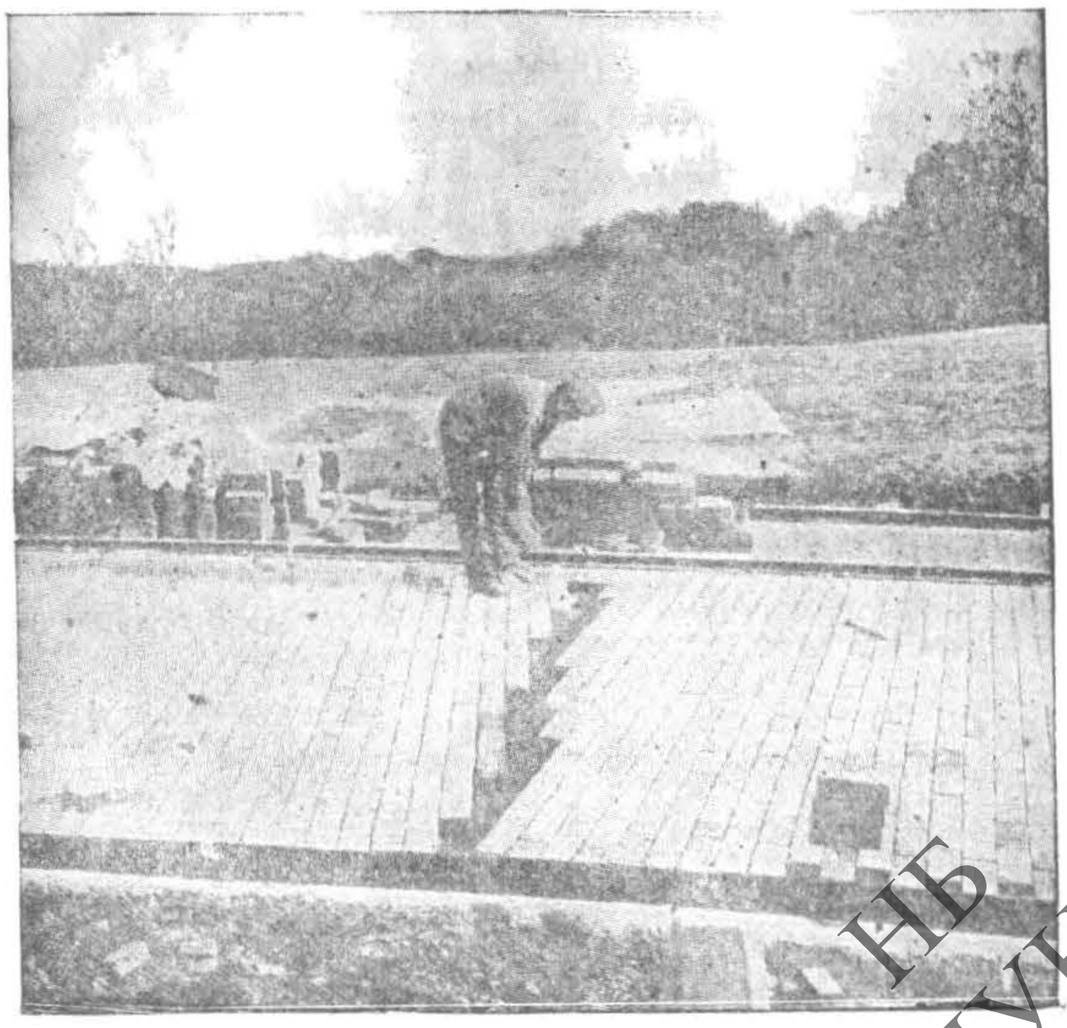


Рис. 474. Укладка клинкера на закруглениях.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

кладка поперечными рядами с перевязкою швов в полкирпича с промежутками между рядами в 3—5 *мм*.

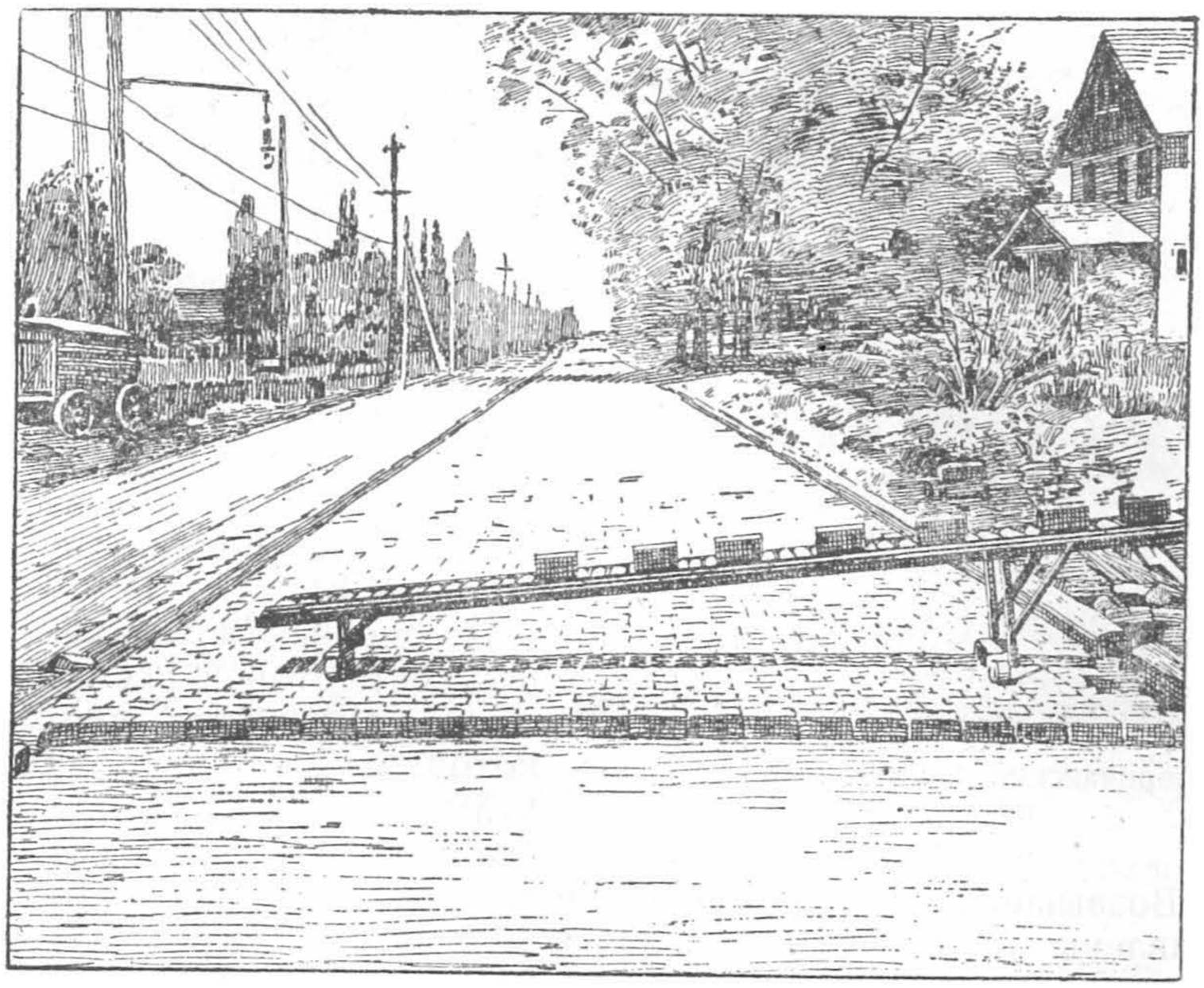


Рис. 475. Конвейер для подачи клинкера на мостовую.

Укладка клинкера при отсутствии бетонного поребрика начинается с укладки бордюра, которая производится особо тщательно с соблюдением проектной ширины проезжей части и соответствия верха крайних рядов бордюра проектной линии. При укладке клинкера поперечными рядами каждый следующий ряд начинают с отступлением на полкирпича против предыдущего, поэтому для быстроты укладки заранее укладывают через один ряд у бордюра половинки клинкера изломом в сторону середины мостовой. Укладчик, идя вдоль края готовой мостовой, укладывает, не прибегая к помощи молотка, обычно сразу 4 ряда. Подсобным рабочим также не разрешается ходить по спланированному и равномерно-уплотненному песчаному слою во избежание нарушения последнего.

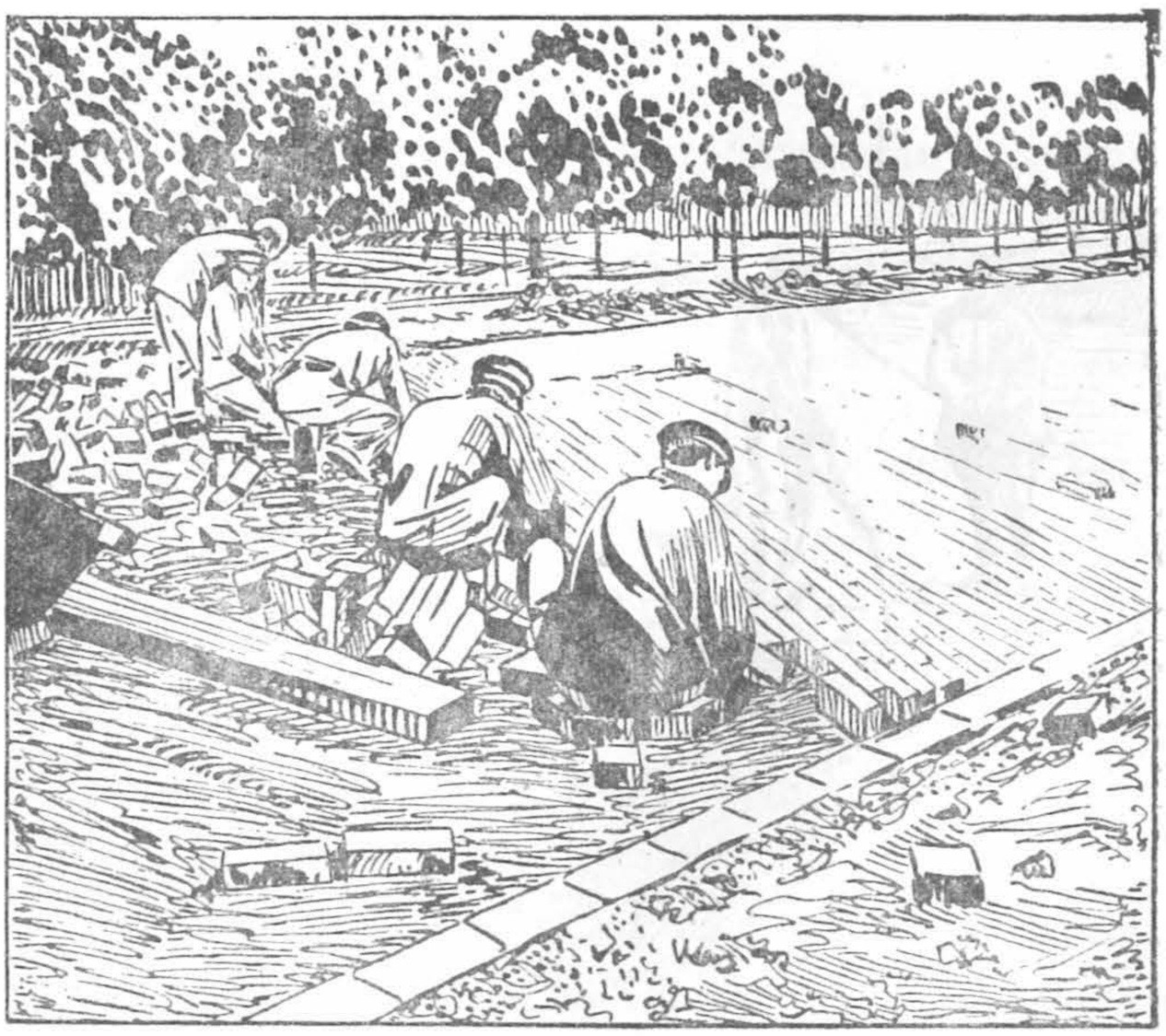


Рис. 476. Укладка клинкера в СССР.

При мощении в продольную елку (рис. 470 *в*), для увеличения фронта работ рекомендуется после укладки поребрика выложить среднюю елку, по обе стороны от которой мостовщики начинают выкладывать следующие елки, рабо-

НБ УДУНТ (ДНТ)

тая один вслед за другим. Таким образом одновременно может работать столько мостовщиков, сколько продольных елок. Мощение при этом способе производится таким же образом, как мостовых брусчатых или булыжных: для укладки каждого кирпича мостовщик разравнивает кельмой песок основания и плотно прикладывает один кирпич к другому

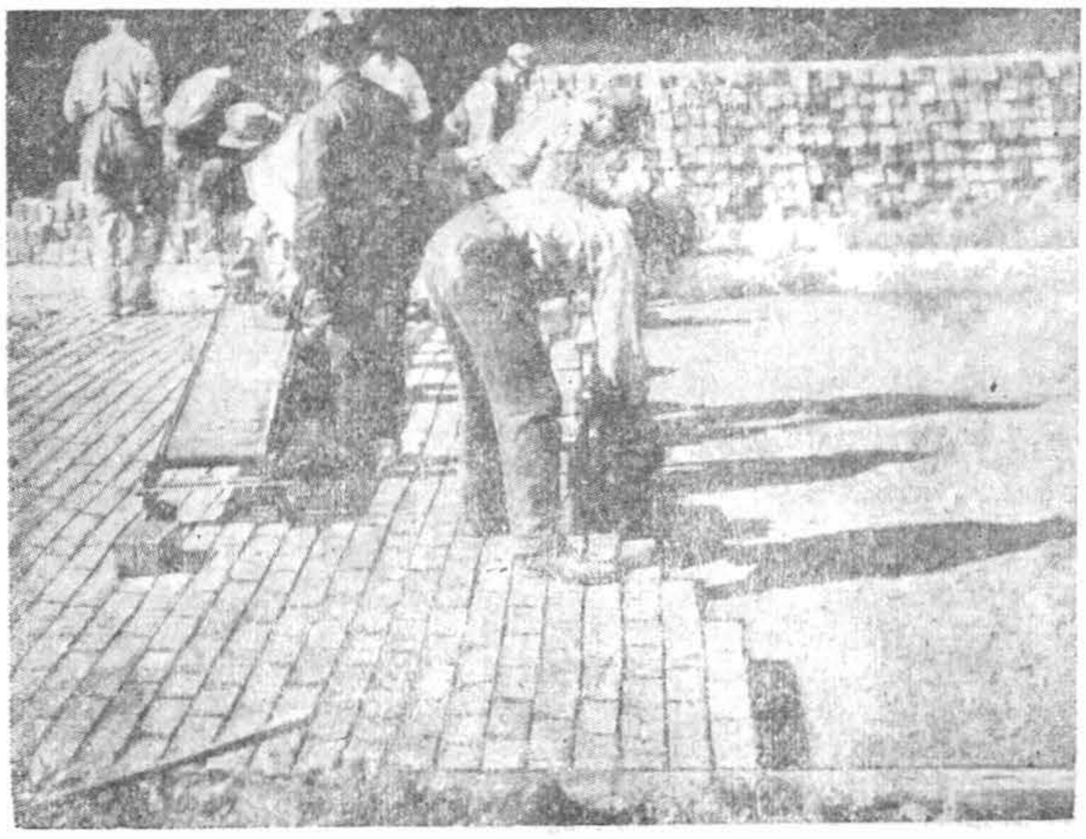


Рис. 477. Американский способ укладки клинкера.

Заполнение швов производится теми же способами, что и при мозаиковой мостовой (рис. 478).

По окончании мощения производится укатка мостовой катком типа тандэм, весом 5—6 *т*. Укатку начинают от бордюров и производят не только вдоль мостовой, но и наискось. В сильно дождливую погоду укатка не допускается. При засухе следует производить поливку мостовой перед укаткой.

По окончании укатки производится осмотр мостовой. Все треснувшие кирпичи заменяются новыми, а те, у которых оказались отколовшиеся углы и края, переворачиваются. Затем производится проверка ровности мостовой. Возвышенные и просевшие места, если таковые окажутся, должны быть исправлены путем разборки части мостовой со съемкой или досыпкой песка и тщательным замощением вновь.

В САСШ, помимо обычного типа клинкерных дорог, применяют также монолитный тип на бетонном основании; укладку кирпичей при этом производят на несхватившуюся еще бетонную подушку. Уложенные кирпичи немедленно осматриваются и мостовая прикатывается ручным катком.

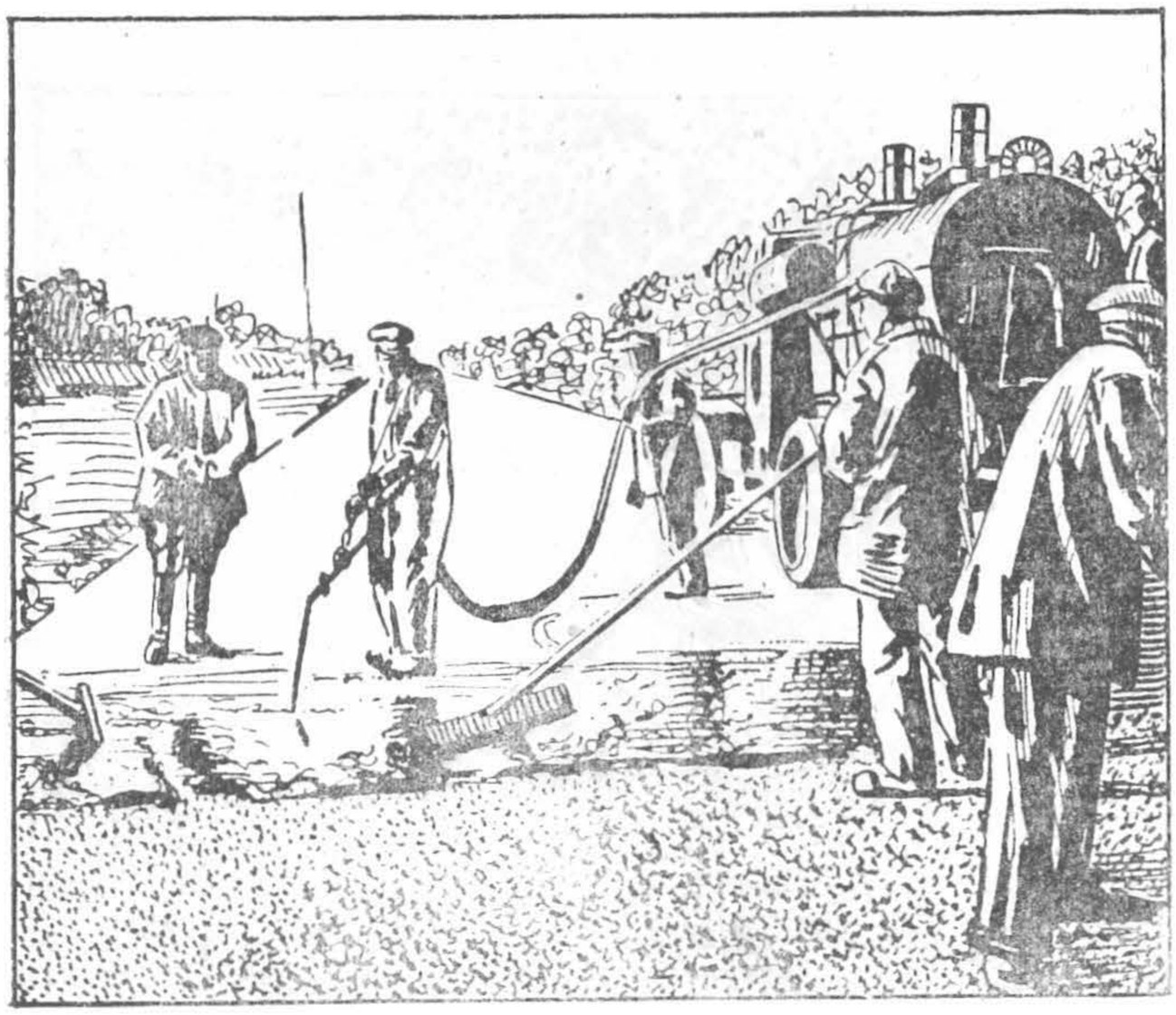


Рис. 478. Заливка швов клинкерной мостовой битумом.

§ 175. Клинкерное шоссе. При распределении получившегося после обжига клинкера по сортам всегда будет получаться некоторое количество брака, — кирпича, который по качеству не уступает клинкеру 1 сорта, но не может быть использован в виду наличия трещин или потери формы. Подобный брак получается и при перемощении существующих мостовых.

Правильное ведение дорожного хозяйства требует максимального использования брака, что при клинкерном хозяйстве легко может быть осуществлено путем перебивки в щебень получившегося брака и устройства из него шоссе. Правила производства работ те же, что и для щебеночного шоссе (см. гл. 28). Шоссированные участки следует чередовать с мощеными, так как при этом получится наиболее экономичная переброска материала, выбракованного из мостовой, на шоссе.

ИБ УДУНТ (ДИТ)

§ 176. Преимущества и недостатки клинкерных мостовых. Преимущества следующие:

а) ровная и гладкая поверхность мостовой, благодаря чему, а также эластичности клинкера, езда бывает спокойная и менее шумная, чем при брусчатке,

б) небольшое сопротивление движению повозок (0,011—0,018),

в) гигиеничность и малое количество пыли,

г) легкость очистки,

д) простота и легкость ремонта,

е) срок службы мостовых из клинкера хорошего качества при устройстве на песчаном основании 15—20 лет, на каменном 20—25 лет и на бетонном 20—30 лет.

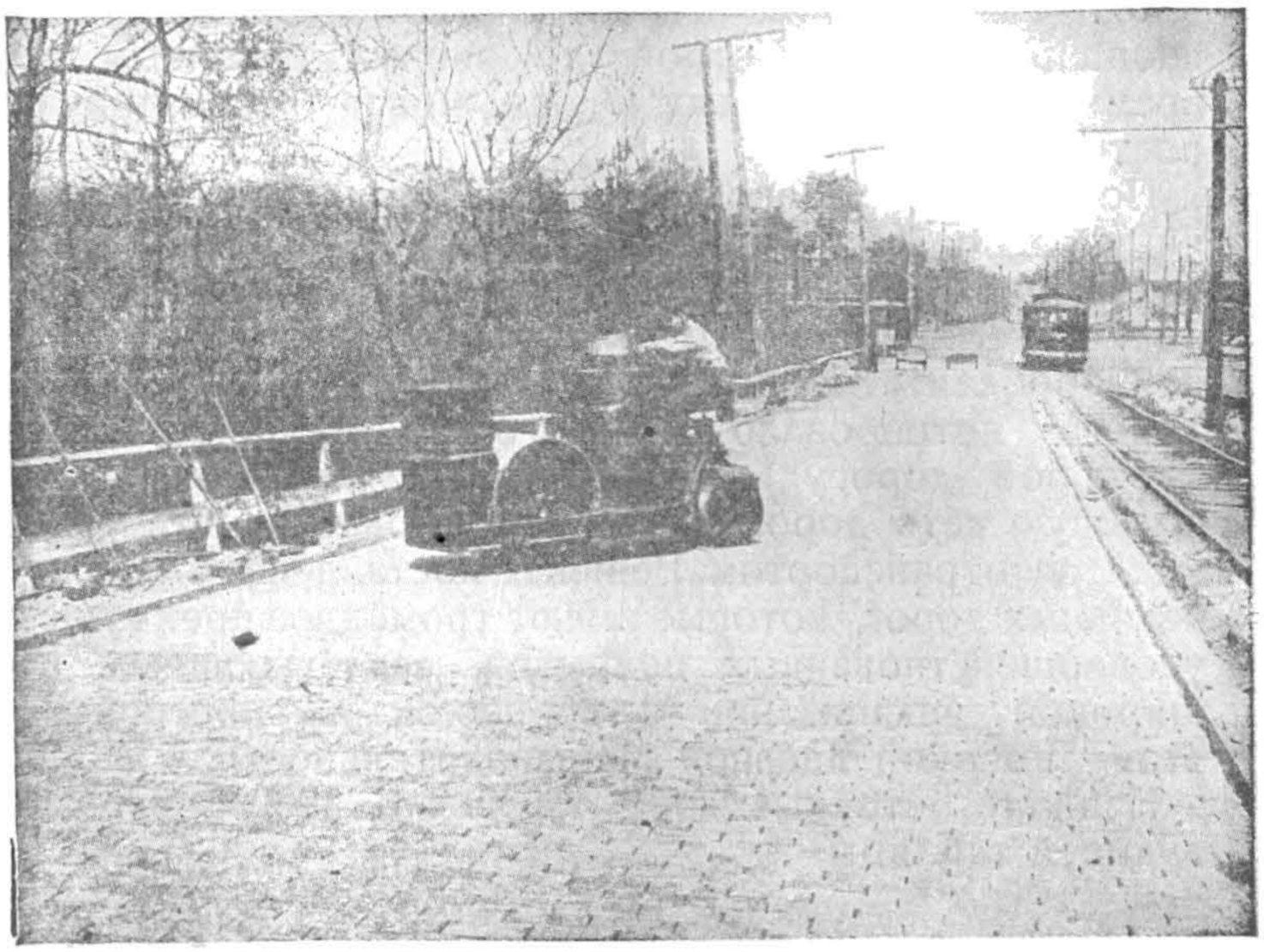


Рис. 479. Укатка клинкерной мостовой.

Недостатком клинкерных мостовых является их скользкость, не позволяющая устраивать мостовые на уклонах свыше 5%.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 33.

Проф. Дубелир. Городские улицы и мостовые. 1912.
Проф. Земятченский. Клинкер в СССР, изд. Исследовательского дорожного бюро. 1929.
Шестаков Курс автогужевых дорог. Трансиздат 1932.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

ЦЕМЕНТНО-БЕТОННЫЕ ДОРОГИ

§ 177. Общее понятие о бетонных дорогах. Цементно-бетонными дорогами называются такие, у которых проезжая часть устроена из смеси цемента, песка, щебня (или гравия) и воды, взятых в определенных пропорциях.

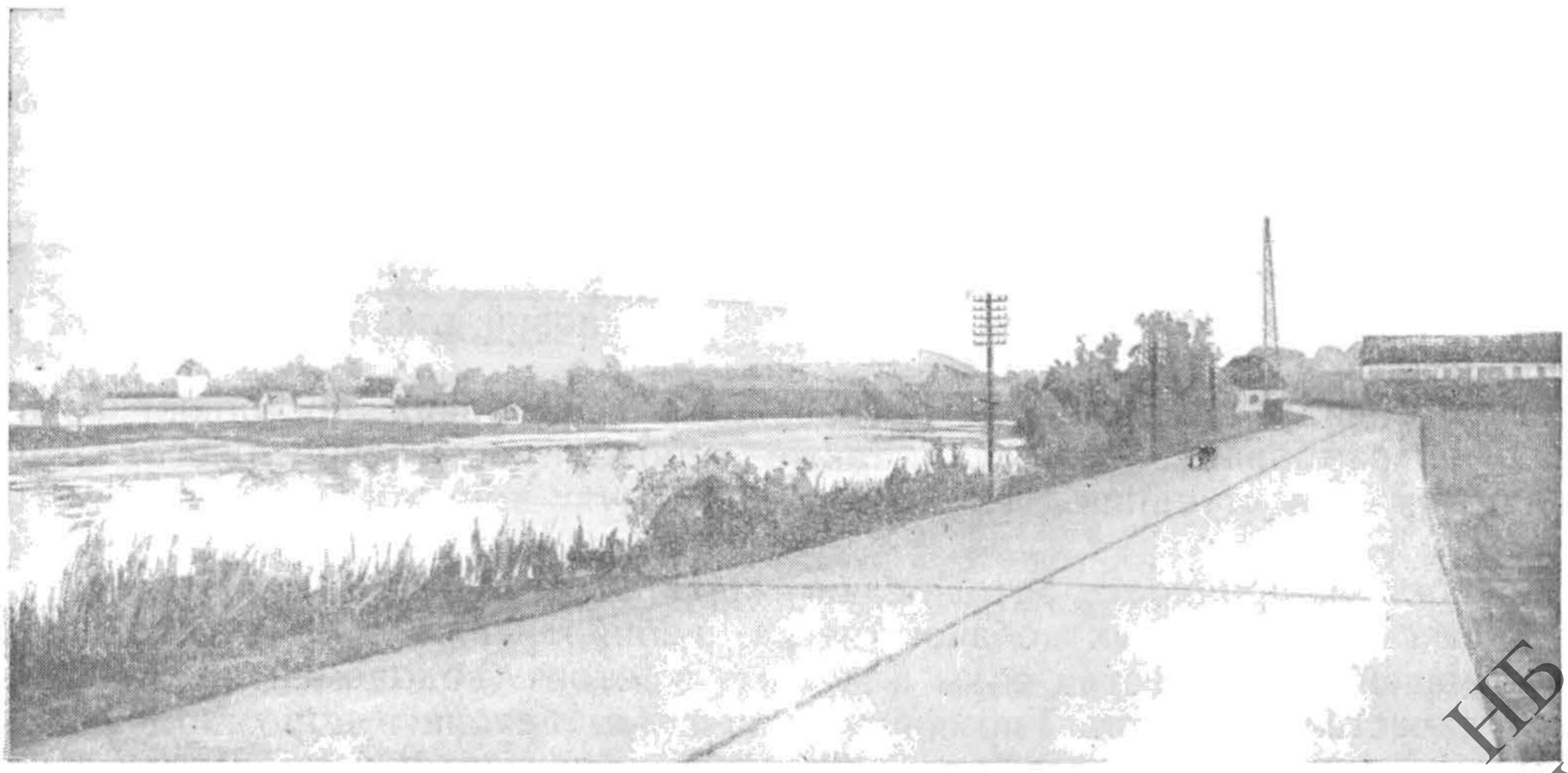


Рис. 480. Общий вид бетонной дороги.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Первая бетонная дорога была построена в Англии в 1865 г., в Германии бетонная мостовая наWeissenfelser Strasse в Лейпциг-Плагвитце была построена в 1891 г., в Америке строительство бетонных дорог началось с 1894 г. (Bellefontaine, Ohio). Устройство первых бетонных дорог не вызывалось в то время необходимостью, и они могут рассматриваться скорее как опытные постройки.

Постепенно развивающийся автотранспорт предъявил к дороге совершенно иные требования. Благодаря новым повышенным нагрузкам и скоростям движения прежние типы дорожных одежд оказались совершенно непригодными, почему техническая мысль начала усиленно работать над разрешением дорожной проблемы. Необычайно сильное увеличение автодвижения по внегородским дорогам потребовало массового строительства этих дорог („автомобиль ведет за собой дорогу"), появилась необходимость как можно быстрее создать большую сеть дорог, способных удовлетворять требованиям, какие предъявляются автотранспортом. Решение поставленной задачи было найдено в постройке бетонных дорог, которые имеют громадное преимущество перед другими видами усовершенствованных покрытий, заключающееся в возможности применения широкой механизации в процессах их постройки и достижения благодаря этому высокой дневной производительности.

Наличие бетонных дорог на январь 1930 г. в разных странах видно из следующей таблицы:

Таблица 155

Страна	Построено бетонных дорог		Средняя ширина
	м²	*км*	*м*
САСШ	800 000 000	145 000	5,5 — 6,0
Англия	7 500 000	1 120	6,70
Италия	3 250 000	280	11,50
Германия	1 832 000	330	5,60
Бельгия	890 000	165	5,40
Франция	842 000	156	5,40
Голландия	450 000	75	6,00
Австрия	313 000	31	10,00
Венгрия	240 000	40	6,00
Швеция	165 000	30	5,50
Швейцария	118 000	21	5,70

Из приведенной таблицы видно, что наибольшее развитие бетонные дороги получили в Америке, где они и до настоящего времени занимают доминирующее положение в строительстве междугородных магистральных и подъездных к крупным центрам путей. В последние годы Америка строила ежегодно, примерно, 20 000 км или 120 000 000 *м²* бетонных дорог. В СССР строительство бетонных дорог до сих пор носило только опытный характер.

§ 178. Требования, предъявляемые к бетону и материалам, его составляющим. *Бетон* для дорожной одежды должен обладать следующими основными свойствами:

1) крепостью для сопротивления силам, возникающим как при быстром движении легких автомобилей, так и при движении тяжелых грузовиков;

2) стойкостью в отношении климатических условий, главным образом морозоупорностью.

Имея в виду возможность производства в условиях постройки бетонной дороги трамбования бетона а также необходимость скорейшего открытия движения, консистенцию бетона, определяемую конусом Абрамса назначают от 1 до 3 *см*.

Крепость и прочность бетона зависят как от свойств и гранулометрического состава смеси инертных добавок (песка, щебня, гравия), так главным образом от отношения количества воды к цементу в бетоне (водоцементное отношение) и от качества цемента. Упомянутые качества бетона в дорожном покрытии зависят также от целого ряда факторов, так сказать „производственных": от степени перемешивания бетонной смеси, тщательности и полноты уплотнения

ЦБ УДУНТ (ДИТ)

или укатки, а также от правильного ухода за свежим бетоном. Все перечисленные производственные факторы настолько сильно могут влиять на качество бетона в дорожном покрытии, что даже при вполне рационально запроектированном составе бетон может получиться низкого качества. При этом изменение прочности бетона в ту или другую сторону может достигать ста и более процентов.

Цемент. Основным вяжущим веществом, применяемым для бетонных работ, является нормальный портланд-цемент, иногда высокосортный и быстро схватывающийся цемент. Химический состав цемента отражается на его свойствах как вяжущего вещества. Поэтому для различных сортов цемента предусматриваются нормами пределы содержания той или иной составной части.

По общесоюзному стандарту ОСТ 1309 для портланд-цемента требуется, чтобы отношение процентного содержания окиси кальция (CaO) к сумме содержания кремнезема, глинозема и окиси железа ($SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$), называемое основным или гидравлическим модулем, находилось в пределах 1,7—2,4. т. е.

$$\text{гидравлический модуль } \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3} = 1{,}7 - 2{,}4$$

Можно считать, что при изменении качества цемента прочность бетона меняется, примерно, пропорционально активности цемента. [1]

Согласно действующему стандарту (ОСТ 1309) портланд-цемент подразделяется, в зависимости от механической прочности, на три марки: обыкновенный (0), повышенный (00) и высокосортный (000). Стандартом требуется, чтобы портланд-цемент показывал временное сопротивление сжатию раствора с нормальным песком в пропорции 1:3, не ниже: [2]

Таблица 156

Марка цемента	Через 4 дня	Через 7 дней	Через 28 дней
	Килограммов на кв. сантиметр		
0	70	100	160
00	120	180	275

Временное сопротивление растяжению требуется не ниже:

Таблица 156а

Марки цемента	Чистый портл.-цемент 1:0			Раствор с нормальным песком 1:3		
	Через 4 дня	Через 7 дней	Через 28 дней	Через 4 дня	Через 7 дней	Через 28 дней
	Килограммов на кв. сантиметр					
0	20	25	35	10	12	16
00	25	30	45	12	16	25

На месте работ необходимо произвести следующие полевые испытания цемента: 1) определение нормальной густоты теста, 2) определение сроков схватывания, 3) определение равномерности изменения объема, 4) определение активности.

Определение нормальной густоты теста (смесь цемента и воды), а также сроков схватывания производится с помощью прибора Вика. Определение равномерности изменения объема путем приготовления и последующего кипячения лепешек. Активность определяется приближенным способом по

[1] Под активностью цемента подразумевают временное сопротивление сжатию кубиков из раствора 1:3 по весу данного цемента с нормальным (вольским) песком через 28 дней после изготовления и хранения в воде.

[2] Нормы прочности для высокосортного цемента еще не выработаны и в стандарте отсутствуют.

НБ УДУНТ (ДИТ)

временному сопротивлению перелому цементных балочек из пластичного раствора в пропорции 1:3 по весу с песком нормальной крупности. Размер балочек $250 \times 40 \times 40$ *мм*. Умножая получившееся временное сопротивление перелому на коэффициент 10 (для обыкновенного цемента), получим приближенное значение активности.

Инертные материалы. Минеральные добавки имеют большое влияние на качество бетона. Прочность добавок должна быть выше той прочности, которая требуется от бетона, они должны обладать достаточной твердостью, вязкостью, сопротивлением скалыванию. Кроме того, минеральные добавки должны быть стойкими против влияний погоды, не должны содержать посторонних примесей в виде угля, деревянных частиц и органических веществ, также значительного количества глинистых, илистых и землистых примесей, должны иметь шероховатую поверхность излома. Содержание глины в песке допускается в количестве не свыше 2% по весу, общее же содержание пылевидных частиц не свыше 5% по весу для песка и не свыше 1% по весу для камневидных добавок (гравия).

Общее содержание глинистых, пылевидных и землистых частиц может быть определено при помощи отмучивания средней пробы, содержание же глины в песке может быть установлено методом „разбухания" песка. При первом определении средняя проба песка в количестве 1000 *г* насыпается в стеклянный сосуд, куда затем наливается вода, и песок тщательно перемешивается. Дав осесть крупным тяжелым частицам песка, воду со взвешенной в ней мутью осторожно сливают через край. После этого в сосуд вновь наливается чистая вода, песок перемешивается, и после осадки крупных частиц воду вновь сливают. Эту операцию повторяют до тех пор, пока вода в сосуде после перемешивания песка не будет совершенно чистой и прозрачной. Слив воду, песок просушивают при температуре 100—120° С и вновь взвешивают. Если при этом вес пробы получится p *г*, то потеря в весе при отмучивании, выраженная в процентах, будет:

$$n = \frac{1\,000 - p}{1\,000}\ 100 = 100 - \frac{p}{10}\ \%.$$

Таким же способом испытывают и крупные инертные добавки (гравий, щебень),—необходимо лишь увеличить количество пробы до 5 *кг*.

При определении содержания глины в песке методом „разбухания" высушенный и растертый песок всыпается в мензурку, емкостью 25 $см^3$ с делениями через 0,5 *см*, до уровня 10 $см^3$. При всыпании производится уплотнение легким постукиванием. Затем до уровня в 23 $см^3$ песок заливается водой и до уровня 25 $см^3$ доливается для осаждения мути 5% раствор хлористого кальция. Смесь взбалтывается и оставляется в покое на 3 часа, после чего определяется в проц. приращение объема (по отношению к первоначальному).

Процентное содержание глины по весу может быть подсчитано по формуле

$$x = 0{,}5\ v,$$

где v — приращение объема в процентах.

Присутствие в песке органических примесей в количестве даже 0,001 по весу, по американским данным, может вызвать снижение прочности бетона на 25%. Из органических примесей в естественных песках и гравии чаще всего встречаются гумусовые вещества, представляющие продукт разложения растительных и животных организмов.

Простейший метод для определения присутствия гумуса в камневидной составляющей состоит в следующем: мензурку емкостью 250 $см^3$ наполняют до уровня в 130 $см^3$ испытуемым песком или гравием и доливают затем до уровня 200 $см^3$ 3% раствором едкого натра (NaOH). После энергичного встряхивания пробу оставляют в покое на 24 часа. По степени окраски раствора делается заключение о годности материала согласно следующей таблице:

Окраска	Качество
От прозрачной до светложелтой	Пригоден для бетона в ответственных сооружениях
Яркожелтая	Пригоден
Желто-красная	Пригоден при малом допускаемом напряжении
Коричнево-красная светлая Коричнево-красная темная	Не пригоден

НБ УДУНТ (ДИТ)

Большое значение при наборе инертных материалов имеет их состав по крупности зерен, то есть гранулометрический состав. Правильный гранулометрический состав добавок обеспечивает удобную для работ консистенцию бетона при минимальном количестве воды и увеличивает его плотность.

Границы удовлетворительного гранулометрического состава добавок:

Таблица 157

Песок

Отверстия сит в свету в *мм*	Должно проходить через сито, в проц. по весу	
		до
10	—	100
5	85	100
1,2	45	80
0,3	2	30
0,15	0	5

Таблица 157а

Каменная добавка

Отверстия сит в свету	Должно проходить через сито в проц. по весу	
	не менее	не более
сито, соответствующее наибольшему размеру зерен *D* max	95	—
0,5 *D* max	40	75
5 *мм*	—	10

Модуль крупности инертных материалов, определяемый путем деления сумм полных остатков на всех стандартных ситах[1] на 100, должен быть в пределах:

для песка — от 2,5 до 3,5,
для крупной добавки — от 6,5 до 8,5.

Для бетона дорожной плиты рекомендуется в качестве крупной добавки пользоваться шебнем. Крупность зерен щебня для верхнего слоя должна быть не более 20—30 *мм*, для нижнего 50—60 *мм*.

Вода. Количество воды в бетоне должно быть минимальное, однако достаточное для прохождения физико-химических процессов, обусловливающих твердение. Консистенция бетона определяется конусом Абрамса или столиком Скрамтаева.[2] Для устройства дорожной плиты машинным способом (финишеры), осадка конуса Абрамса должна быть в пределах 1—3 *см*, при ручном уплотнении 7,5—8 *см*.

Что касается качества воды, то, как общее правило, вода должна быть чистой и не содержать в себе примесей, вредно влияющих на бетон. Непригодными следует считать воды: минеральные, сернистые, загрязненные фабричные, болотные, торфяные, содержащие хлористый магний или сернокислую магнезию. В сомнительных случаях вода должна подвергаться лабораторным испытаниям. Пригодной для бетонных работ является вода водопроводная, дождевая, колодезная, озерная и речная.

§ 179. Проектирование состава бетона. Проектирование состава бетона заключается в определении таких соотношений составных элементов бетона, при которых он удовлетворил бы требованиям, предъявляемым к нему в данных условиях.

Проектирование должно включать в себя определение: а) весового соотношения количеств цемента и воды, идущих на приготовление бетона (водоцементное отношение $\frac{w}{c}$), б) количества цемента на 1 $м^3$ готового бетона и в) гранулометрического состава смеси инертных материалов. Предварительно

---

[1]

№ сит	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Размеры отверстий в свету в *мм*	0,15	0,30	0,60	1,2	2,5	5,0	10,0	20,0	40,0	80,0

Для перехода от метода Скрамтаева к методу Абрамса может служить следующая таблица

Угол наклона столика в градусах....	36	33	30	25	17	16	15
Осадка конуса Абрамса, в *см*	0,5	2,5	4,5	7,5	20	не дает показаний	

НБ УДУНТ (ДИТ)

должны быть заданы: требуемая прочность бетона, его консистенция и специальные требования (водонепроницаемость, морозостойкость и сопротивление истиранию).

Основным соотношением, определяющим прочность бетона, является водоцементное отношение. Ниже дана таблица зависимости временного сопротивления бетона $R_б$, в возрасте 7 и 28 дней, от $\frac{w}{c}$ (по весу) при различных цементах[1]

Таблица 158

$R_б$	$\frac{w}{c}$ при различных цементах					
	Цемент 0 $R_ц = 160$ *кг/см²*		Цемент 00 $R_ц = 275$ *кг/см²*		Цемент 000 $R_ц = 420$ *кг/см²*	
кг/см²	Для 7 дн.	Для 28 дн	Для 7 дн.	Для 28 дн.	Для 7 дн.	Для 28 дн.
210	—	0,41	0,43	0,65	0,57	0,92
170		0,47	0,49	0,75	0,64	—
130	0,37	0,56	0,58	0,90	0,74	—
110	0,42	0,62	0,63	1,00	0,82	—
90	0,49	0,70	0,71	—	0,93	—
65	0,63	0,90	0,90	—	—	—
45	0,78	—	—	—	—	—

Данные таблицы относятся к случаям, когда применяются: в качестве крупной инертной добавки — щебень и в качестве мелкой — морской (окатанный) песок. В случае применения гравия и подобного песка указанные в таблице значения $\frac{w}{c}$ следует уменьшить на 15%. В случае же применения в качестве инертных добавок остроугольных материалов (щебень, искусственный песок, не подвергшийся окатке водою), указанные значения $\frac{w}{c}$ следует увеличить на 10%.

Таблица построена для цементов с активностями 160, 275, 420 *кг/см²*. Если в дело употребляется цемент другой активности, то указанные в таблице значения $\frac{w}{c}$ следует изменить в отношении активности данного цемента и цемента, указанного в таблице.

Пример. Требуется определить $\frac{w}{c}$ для бетона с временным сопротивлением сжатию 170 *кг/см²*. Активность цемента 300 *кг/см²*, крупная инертная добавка — щебень, мелкая — карьерный песок остроугольной формы

По средней таблице при активности цемента $R_ц = 275$ *кг/см²* для $R_б = 170$ *кг/см²*, находим, что $\frac{w}{c} = 0{,}75$.

На остроугольный песок добавляем 10%:

$$\frac{w}{c} = 1{,}1 \times 0{,}75 = 0{,}82.$$

Поправка на активность цемента будет

$$\frac{300}{275} = 1{,}09$$

Окончательно

$$\frac{w}{c} = 0{,}82 \times 1{,}09 = 0{,}89.$$

Приведенными зависимостями следует пользоваться как ориентировочными, и при крупном производстве работ необходимо путем пробных затворений производить проверку указанной таблицы, применяя те материалы, которые в действительности будут использованы в дело.

[1] Данные таблицы получены из опытов механической лаборатории Ленинградского института инженеров путей сообщения.

НБ УДУНТ (ДИТ)

При проведении пробных затворений намечается ряд номинальных составов[1] $1:n$, например: 1:4; 1:5; 1:6. Путем просеивания через стандартные сита имеющихся инертных материалов определяют: модули крупности крупной и мелкой добавок[2] $M_к$ и $M_м$ и наибольшую крупность зерен. Имея в виду, что необходимая осадка конуса будет достигнута с тем меньшим количеством цемента по отношению к инертным, чем больше средняя крупность смеси, характеризуемая модулем крупности смеси $M_{см}$ — желательно придерживаться более крупных модулей смеси. Однако для каждого номинального состава и наибольшей крупности инертных имеется предельное наибольшее значение $M_{см}$, за которым бетон плохо идет в дело.

Ориентировочные величины предельных модулей крупности смеси в зависимости от номинальных составов и от наибольшего размера зерен агрегатов приведены в следующей таблице:

Таблица 159

Размер зерен, в миллиметрах								Номинальный состав
Гравий				Щебень				
0 - 20	0—30	0—40	0—50	0—20	0—30	0—40	0—50	
4,8	5,2	5,6	6,0	4,5	4,9	5,3	5,7	1:7
4,9	5,3	5,7	6,1	4,6	5,0	5,4	5,8	1:6
5,0	5,4	5,8	6,2	4,7	5,1	5,5	5,9	1:5
5,1	5,5	5,9	6,3	4,8	5,2	5,6	6,0	1:4
5,3	5,7	6,1	6,5	5,0	5,4	5,8	6,2	1.3

Зная модули крупности $M_к$, $M_и$ и $M_{см}$, находим содержание мелкой добавки

$$r = \frac{M_к - M_{см}}{M - M_м}$$

Величина r обычно должна заключаться в пределах от 0,25 до 0,50. Номинальный состав бетона имеет следующий вид:

$$1 : r \cdot n : (1 - r) \cdot n$$

или $1 : n_м : n_к$

где $n_м = r\ n$ — объем мелкой добавки в стандартном состоянии, приходящийся на один рабочий объем цемента,

$n_к = (1 - r)\ n$ — то же, крупной добавки.

Рассчитав номинальные составы для ранее выбранных $1:n$, производят при определенном ранее $\frac{w}{c}$ ряд пробных затворений на сухих инертных для определения консистенции (осадки конуса). В результате получится ряд осадок конуса при одном и том же $\frac{w}{c}$, но при разных $1:n$ и $M_{см}$. Для применения должен быть принят тот номинальный состав, который дал осадку конуса, наиболее близкую к требуемой. Зная требуемую осадку конуса, по интерполяции находят необходимый номинальный состав и по приведенной выше таблице модуль крупности смеси $M_{см}$ для найденного состава. Выбранный таким образом состав еще раз проверяют на осадку конуса.

Перед началом бетонных работ, по полученному путем подбора номинальном составу $1:n_м:n_к$ и характеристикам инертных материалов должен быть рассчитан *полевой* (рабочий) *состав* бетона и количество материалов, идущих на один замес. Переход от номинального состава к полевому заключается в изменении величин $n_м$ и $n_к$ умножением на переходные коэффициенты от стандартного состояния инертных материалов к полевому.

---

[1] Номинальным составом бетона называется такой, который получается при стандартном состоянии инертных, то есть воздушно-сухом и рыхлом.

[2] Модулем крупности инертного материала называется разделенная на 100 сумма полных остатков (в процентах по весу) на всех ситах стандартного набора.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Определение переходных коэффициентов по объему производится следующим образом: мерный ящик кубической формы наполняют рыхло материалом в естественном состоянии, без уплотнения, с некоторым избытком, который срезается линейкой вровень с краями ящика. Отмеренное таким образом количество материала высушивается и рыхло укладывается в тот же мерный ящик совком с высоты 5 *см* над верхним краем мерного ящика. Переходный коэффициент от стандартного состояния к естественному будет:

$$K = \frac{H}{h},$$

где H — высота мерного ящика

h — высота (от дна) всыпанного в ящик высушенного материала.

При номинальном составе бетона

$$1 : n_м : n_к$$

полевой состав будет—

$$1 : K_м \cdot n_м : K_к \ \ n_в,$$

где $K_м$ и $K_к$ — переходные коэффициенты мелкой и крупной добавок.

При отсутствии в крупной добавке примеси песка и при средней ее влажности коэффициент $K_к$ может быть принят равным единице.

Обычно для песка:
- слабо влажного $K_м = 1{,}10$
- средней влажности $K_м = 1{,}20$
- сильно влажного $K_м = 1{,}25 — 1{,}30$.

Рассчитав полевой состав, определяют, исходя из емкости имеющейся на работах бетономешалки, *количество материалов на один замес* — цемента по весу, а инертных материалов по объему. Принимая ориентировочно величину выхода бетона $\beta = 0{,}60$, при емкости бетономешалки (выход готового бетона) v. будем иметь количество потребного цемента на один замес (по весу):

$$Ц = \frac{P_ц \ \ V}{\beta\ (1 + n_м + n_к)}\ кг,$$

где $P_ц$ — объемный вес цемента, обычно 1 300 *кг* в 1 $м^3$.

Инертных материалов потребно (по объему):

песка $A = \frac{Ц}{P_ц} \ \ n_м \cdot K_м \ м^3$

крупной добавки $Б = \frac{Ц}{P_ц} \cdot n_к \ \ K_к \ м^3$

} в естественном состоянии

Для определения количества воды на один замес необходимо знать влажность инертных материалов, которая определится как разность весов пробы до и после высушивания (при 110° С), деленная на вес сухого материала и умноженная на 100 (получим результат в процентах).

Для принятого $\frac{w}{c}$ в замесе должно содержаться воды не более

$$w_1 = Ц \frac{w}{c}\ кг \ \ (литров).$$

Из этого количества необходимо вычесть воду, заключающуюся в инертных материалах. Если влажность инертных, определенная, как выше сказано, будет $\alpha_м$ и $\alpha_к$ % (по весу), то количество влаги, содержащейся в инертных, рассчитанное на замес, будет:

$$w_м + w_к = \left(\frac{A}{K_м} \ \ P_м \ \ \frac{}{100} + \frac{Б}{K_к} P_к \ \frac{}{100}\right)\ литров$$

где $P_м$ и $P_к$ — объемные веса мелкой и крупной части инертных в стандартном состоянии.[1]

Водная добавка на 1 замес будет

$$w_2 = w_1 — (w_м + w_к)$$

---

[1] Величина объемного веса зависит от породы каменного материала. Для предварительных подсчетов можно принять $P_м = 1500\ кг/м^3$ и $P_к = 1650\ кг/м^3$.

НБ УДУНТ (ДПТ)

Проектирование состава бетона будет иметь смысл только в том случае если при производстве работ будет поставлен *полевой контроль* за строгим соблюдением намеченных отношений, временем перемешивания, правильностью транспортировки и укладки бетона, а также за последующим за ним уходом.

Обычно выделяют одного инженерно-технического работника для непосредственного и постоянного наблюдения за качеством бетона в сооружении и за расходом цемента на производство бетонных работ, а также за изготовлением пробных кубиков.

§ 180. Поперечные профили бетонных дорог. Ширина бетонных дорог колеблется в различных странах в значительных пределах, в зависимости от густоты движения. Большинство американских дорог имеет ширину 5,5—6,0 *м*, в Италии средняя ширина бетонных дорог 11,5 *м*; в других странах ширина дорог колеблется в указанных пределах. Наиболее удачные из профилей американских дорог в отношении больших моментов сопротивления при экономном расходовании цемента следующие (рис. 481).

Центральным научно-исследовательским дорожно-автомобильным институтом выработаны следующие нормальные поперечные профили бетонных дорог для междугородних участков (рис. 482).

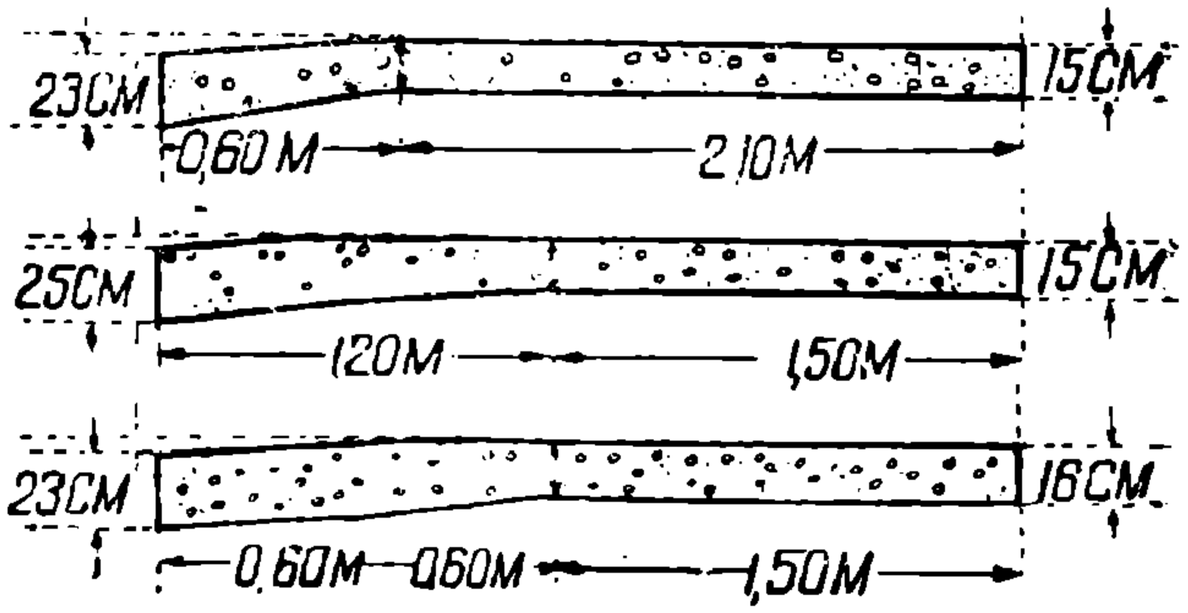


Рис. 481. Профили американских бетонных дорог.

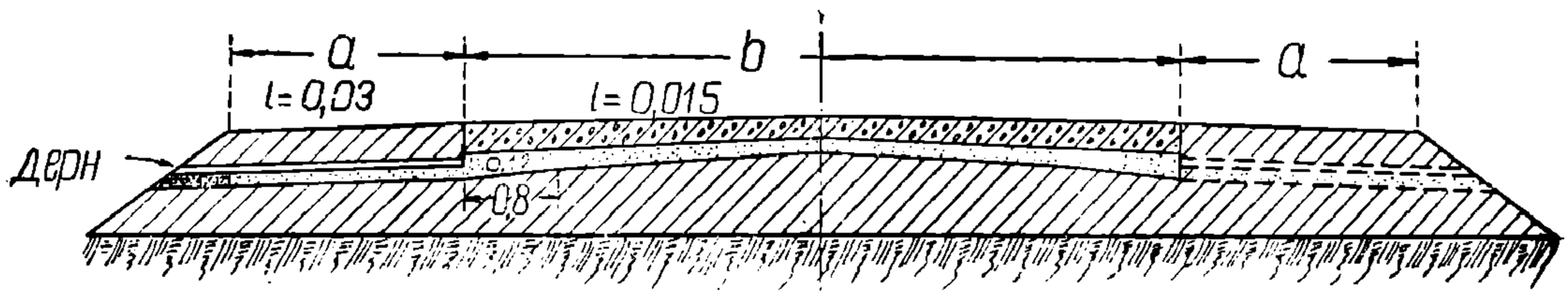


Рис. 482. Нормальный поперечный профиль бетонной дороги.

Размеры отдельных элементов даны в следующей таблице в метрах:

Таблица 160

Ширина проезжей части	Наименование элементов: Радиусы очертания[1] внешн. R	Радиусы очертания[1] внутр. R^1	Стрела подъема внешняя	Стрела подъема внутрен.	Толщина песчаного слоя при полотне, устроенном из: песка	супеска	суглинка	глины	глины в сырых местах	Примечания
$b = 9{,}00$	150	116	0,07	0,09	—	0,08	0,12	0,15	0,20	[1] В случае очерт. верхней поверхн. по дуге круга
$b = 6{,}50$	108	60	0.05	0,09						
$b = 6{,}00$	100	53	0,05	0,09						

Для участков дорог, проходящих через населенные пункты, выработаны следующие профили (рис. 483).

К поперечным профилям даны следующие пояснения:

1. Временное сопротивление бетона должно быть запроектировано 180—210 *кг/см*^{2}.
2. Поперечный уклон проезжей части $i = 0{,}015$ (1,5%).
3. Швы сжатия толщиною 1—1,5 *см* должны быть расположены не реже чем через 12,5 *м*.
4. Толщина плиты вдоль края $d_1 = 22$ *см*, посредине $d = 16$ *см*.

НБ УДУНТ (ДИТ)

5. Верхние углы плиты рекомендуется армировать продольной арматурой из одного стержня круглого железа диаметром 8—10 *мм*.

6. При ширине бетонной плиты $b = 6—6{,}5$ *м* рекомендуется устройство продольного шва, при ширине $b = 9$ *м* устройство продольного шва обязательно. Во всех случаях шов должен быть со штырями или шпунтообразной формы, обеспечивающей передачу давления на обе части плиты.

7. При пользовании финишером с доской размерами, отличающимися от 6 и 6,5 *м*, недостающая ширина проезжей части добавляется мощением из брусчатки или клинкера.

8. Очертание наружной поверхности и низа плиты рекомендуется по дугам круга (радиусы и возвышения указаны в таблице), по параболам или по наклонным прямым, соединяемым кривыми с радиусами в 10—15 *м*.

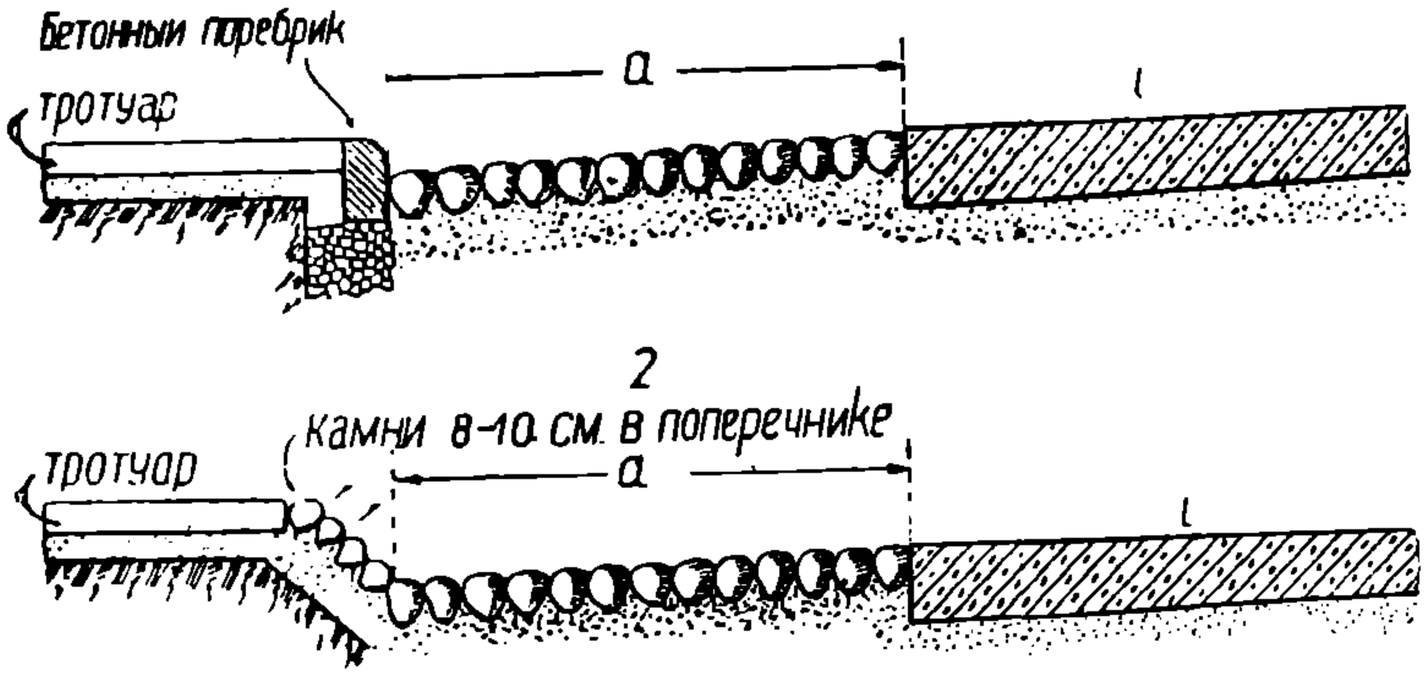


Рис. 483. Нормальные поперечные профили бетонных дорог при прохождении через населенные пункты городского типа.

9. Замощение обочин в пределах населенных местностей может быть произведено любым камнем, удовлетворяющим техническим условиям на каменный материал для мощения проездов малой напряженности.

10. Дренажные воронки на 0,5—0,6 *м* от своего выходного отверстия заполняются гравием, щебнем или в крайнем случае пучками хвороста,

§ 181. Подготовка основания Бетонная одежда жестка и не допускает перемещения составных частей относительно друг друга, вследствие чего она чувствительна к изгибающим усилиям. Поэтому должно быть обращено особое внимание на устройство основания для бетонной дороги.

Основание для бетонной дороги должно удовлетворять следующим условиям:

1) должно выдерживать без остаточных деформаций действие наибольшей нагрузки в любой точке одежды,

2) грунт основания должен обладать свойством неизменяемости под действием атмосферных влияний и хорошей дренирующей способностью,

3) должно быть ровное и гладкое для облегчения движения плиты при изменении температуры.

Всякий грунт, удовлетворяющий этим требованиям, может быть использован в качестве основания для бетонной дороги. Хорошим основанием следует считать песок смешанной зернистости, уложенный равномерно, плотно и достаточным слоем. Песчаное основание обладает равномерной выносливостью, постоянством объема и хорошей дренирующей способностью. Толщину песчаного слоя назначают, исходя из условий передачи давления на земляное полотно и из условий необходимости дренировать проезжую часть, от 8 до 20 *см* в зависимости от грунта земляного полотна (см. таблицу на стр. 543).

Не рекомендуется укладывать бетонную плиту на старую неровную каменную одежду или на пакеляж, так как в таком случае коэффициент трения бетонной плиты по основанию может достигнуть 2. При увеличении коэффициента трения тем с бо́льшим трудом происходит перемещение плиты по основанию, следовательно тем бо́льшие напряжения возникнут в плите от действия температуры и тем больше возможность образования трещин.

Свойства основания должны быть обязательно исследованы перед устройством бетонной плиты. Следует также позаботиться о должном осушении основания. Устройство хорошего дренажа является необходимым мероприятием при постройке бетонной дороги, так как присутствие воды размягчает грунт основания, что отражается на несущей способности последнего, и кроме того, при замерзании воды под плитою, могут появиться трещины в плите. Присутствие воды в основании может оказывать на бетон также и химическое влияние, особенно если вода содержит вредные примеси (разные кислоты, сернокислые

НТБ УДУНТ (ДИТ)

соли и др.), которые могут, вступая в реакцию со свободной известью, содержащейся в цементе, вызывать явления разбухания. При этом бетон теряет прочность и даже может разрушиться.

Дренаж устраивается по тому же типу, что и для других видов каменной одежды. Земляное полотно, на котором предположено устройство бетонной одежды, должно получить надлежащую осадку. В Германии обычно по свежим насыпям укладывают временную проезжую часть (мостовая, шоссе), по которой производится движение в течение лета и зимы, а при глинистых грунтах — и более долгое время (до прекращения осадки), и только после этого снимается временная одежда и производится укладка бетонной плиты.

Подготовленное заранее, как сказано выше, основание перед началом бетонных работ, после установки форм, планируется с приданием ему требуемого проектом профиля и укатывается катком весом до 6 *m* (лучше, если каток системы „тандэм"). Планировка может быть произведена вручную или помощью прибора, называемого субгрейдером (рис. 484), представляющим собою стальную или деревянную раму, к нижней стороне которой прикреплены стальные ножи, устанавливаемые согласно требующемуся поперечному профилю основания. Рама поддерживается четырьмя колесами, опирающимися на боковые формы.

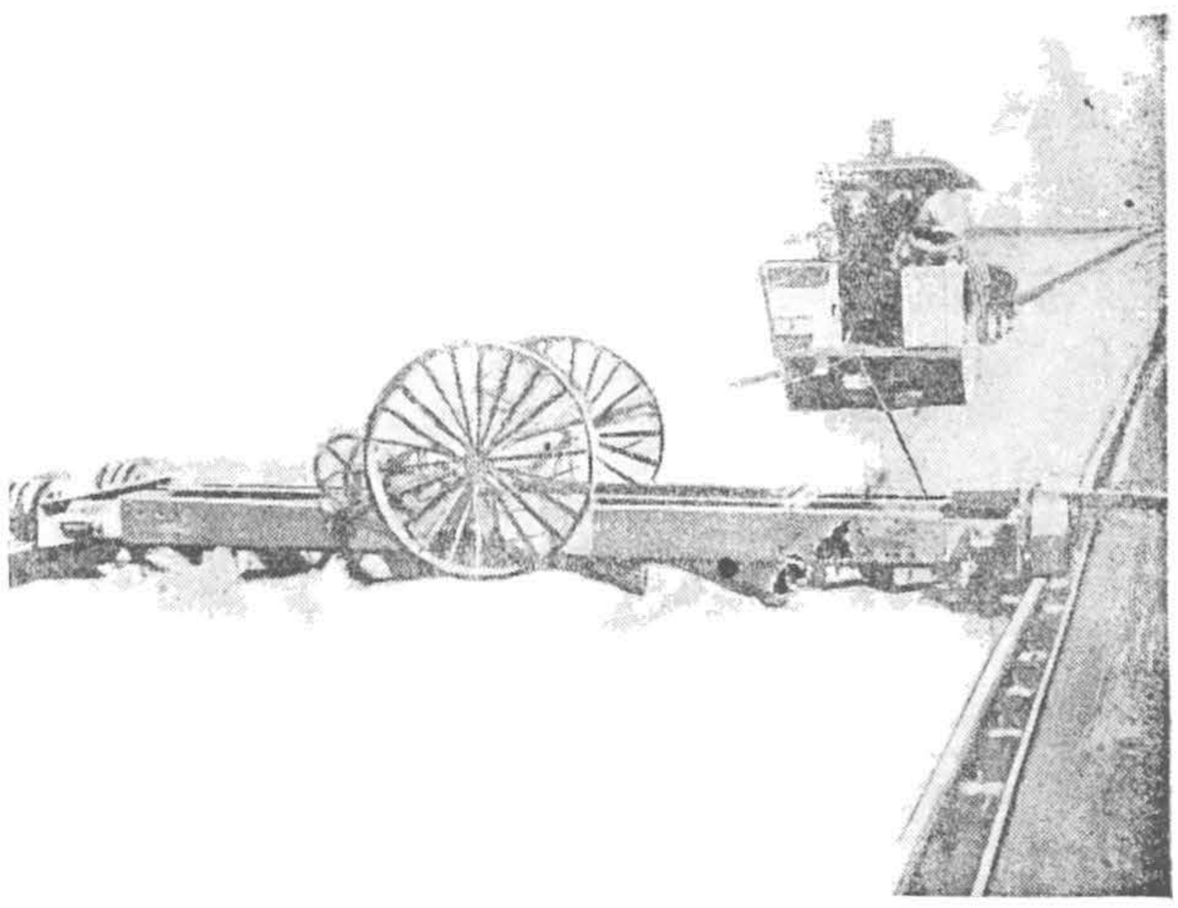


Рис. 484. Работа субгрейдером.

Срезка грунта производится субгрейдером постепенно в течение нескольких проходов, количество которых зависит от характера грунта. При этом одновременно со срезкой производится и передвижка грунта в пониженные места. Для работы субгрейдером можно воспользоваться трактором, катком или грузовым автомобилем, к которым субгрейдер прицепляется помощью стального троса.

§ 182. Поперечные и продольные швы. Бетонные плиты в дорожной одежде подвергаются следующим механическим воздействиям:

1) усадке вследствие потери (испарения) влаги при твердении,

2) изгибу от неравномерной плотности основания и от неодинаковости нагревания верхней и нижней поверхностей плиты и

3) расширению и сжатию под влиянием колебания температуры и влажности.

От этих воздействий и сопротивления основания, препятствующего плите свободно изменять свою длину, в плите возникают напряжения, ведущие к образованию трещин и выпучиванию.

Потеря влаги при твердении может происходить как через испарение с верхней поверхности плиты, так и через впитывание ее сухим основанием. При высыхании бетонная плита стремится сокращаться, чему однако препятствует сила трения, возникающая благодаря негладкости основания между ним и плитой. Эта сила, препятствуя сокращению плиты, вызывает в ней растягивающие напряжения, которые ведут к образованию трещин. Для того чтобы избежать появления трещин, необходимо принимать меры предохранения бетона от быстрой потери влаги, подробно описанные в § 184-г.

Внутренние напряжения появляются в бетонной плите также и при изменении температуры днем при нагревании лучами солнца и ночью при охлаждении. Верхняя поверхность плиты, как открытая, гораздо более реагирует на изменение температуры воздуха, чем нижняя. Поэтому днем, нагреваясь более сверху, бетонная плита изгибается, принимая выпуклое положение и приподымаясь при этом средней частью над основанием. Ночью плита, охлаждаясь сверху более, чем снизу, изгибается в другую сторону, приподнимаясь от основания своими краями.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Подобное влияние на плиту оказывает и разница во влажности между ее верхней и нижней поверхностью. Высота поднятия краев плиты над основанием под действием температуры и влажности доходит, по наблюдениям американских дорожных организаций, до 5 *мм*.

Внутренние напряжения, возникающие в бетонной плите при изменении температуры и влажности при усадке, при твердении будут встречать тем бо́льшее сопротивление, чем большую плотность будет иметь бетон и чем меньше влаги будет пропускать его поверхность. Поэтому на уменьшение всякого рода трещин и на увеличение расстояний между швами большое влияние имеет хорошее перемешивание бетона, его обработка и дальнейшее содержание.

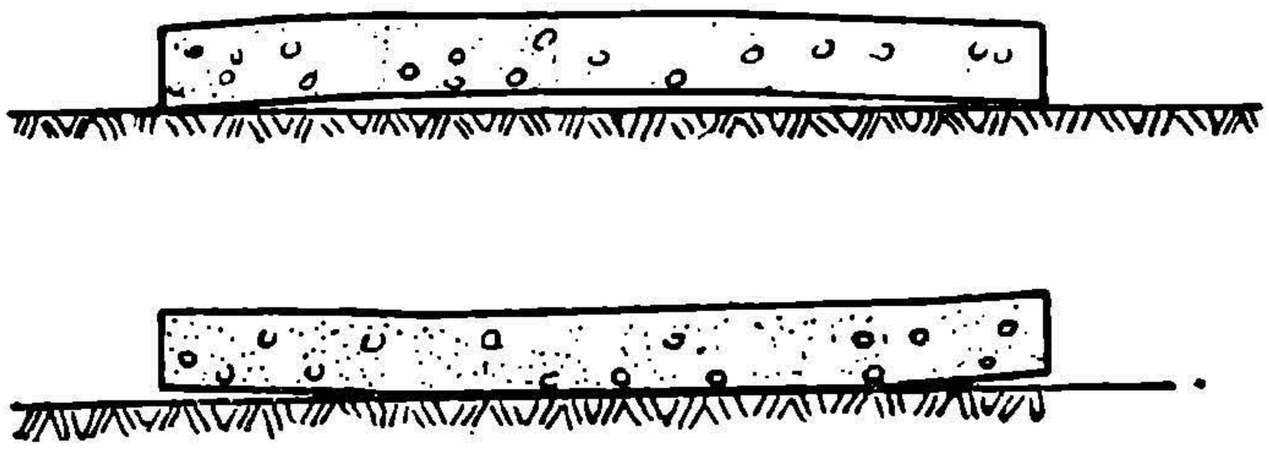


Рис. 485 и 486. Бетонная плита днем при нагревании солнечными лучами (наверху) и бетонная плита ночью при охлаждении (внизу). (Поперечный разрез).

При удлинении плиты в ней возникают сжимающие напряжения, так как вследствие трения по основанию она не может свободно удлиняться. При укорачивании плиты в ней возникают растягивающие напряжения, так как трение по основанию не дает ей возможности свободно укорачиваться. В результате при удлинении плиты могут появиться вздутия, приводящие к излому, кроме того сжимающие напряжения ведут к образованию поперечных растягивающих усилий, вызывающих появление коротких продольных трещин. При укорачивании плиты сопротивление трению между бетонной плитой и основанием преодолевает в конце концов сопротивление бетона растяжению, вследствие чего в бетоне образуются трещины.

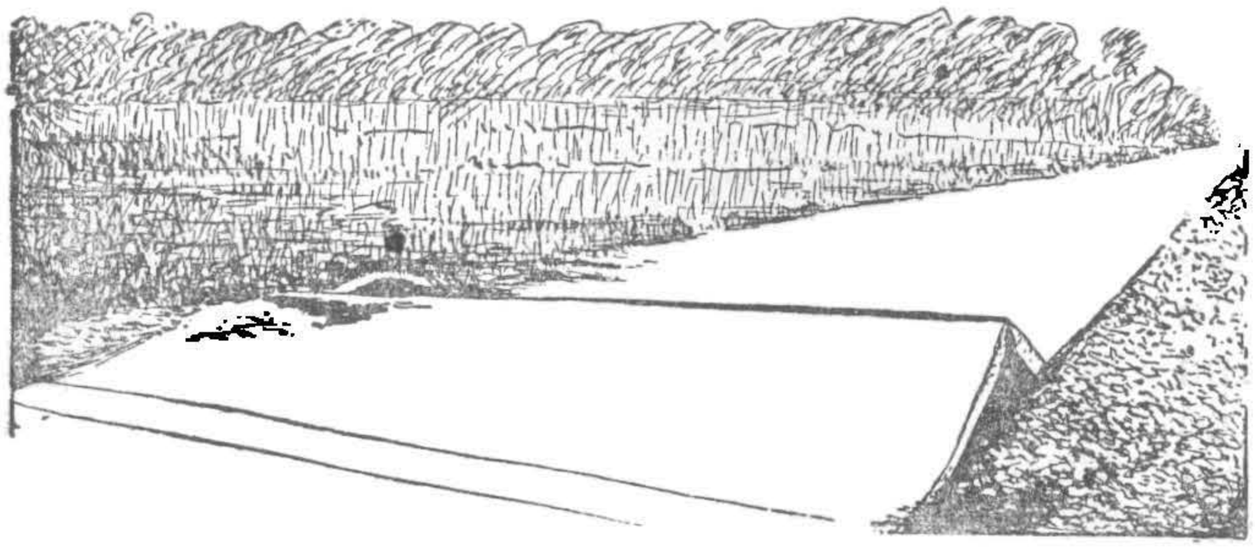


Рис. 487. Выпучивание бетонной плиты под действием температуры.

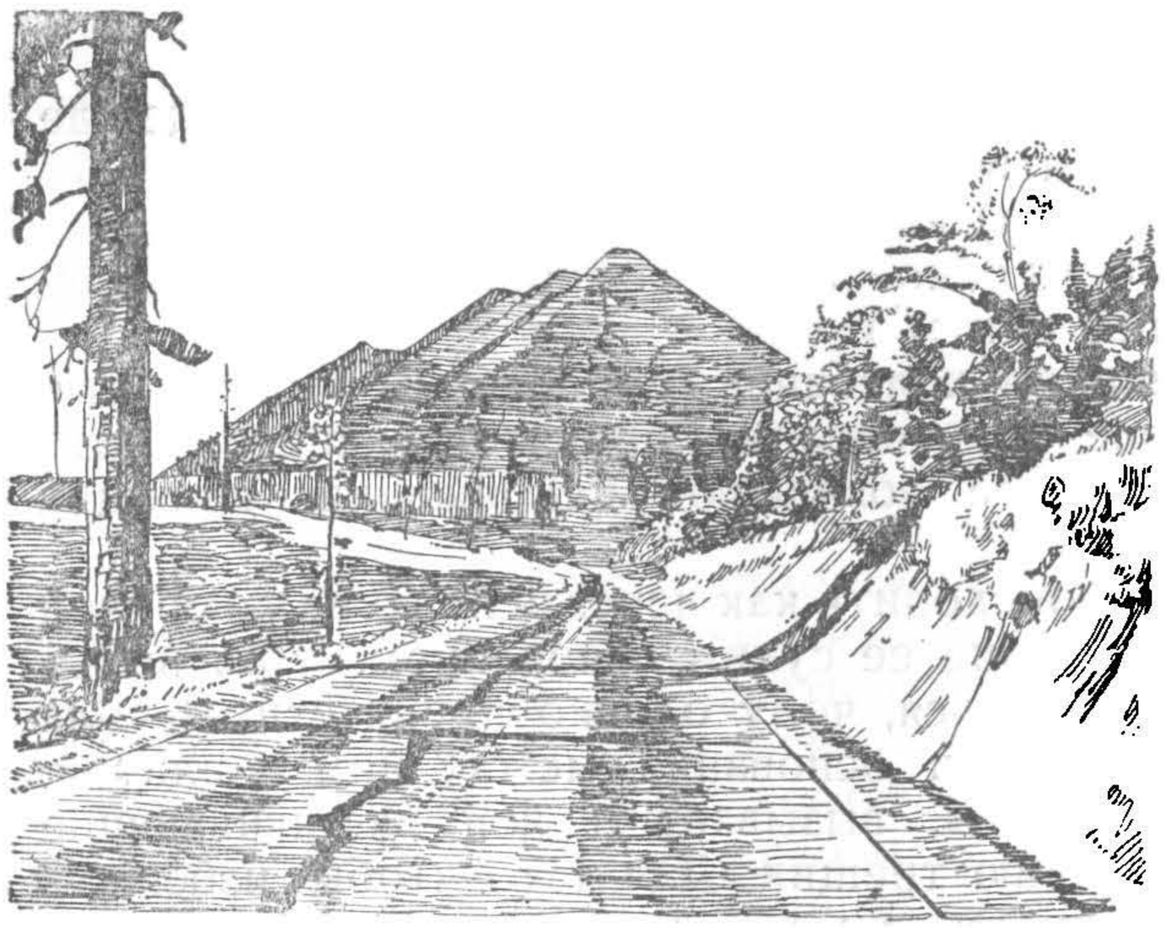


Рис 488. Трещины на бетонной дороге.

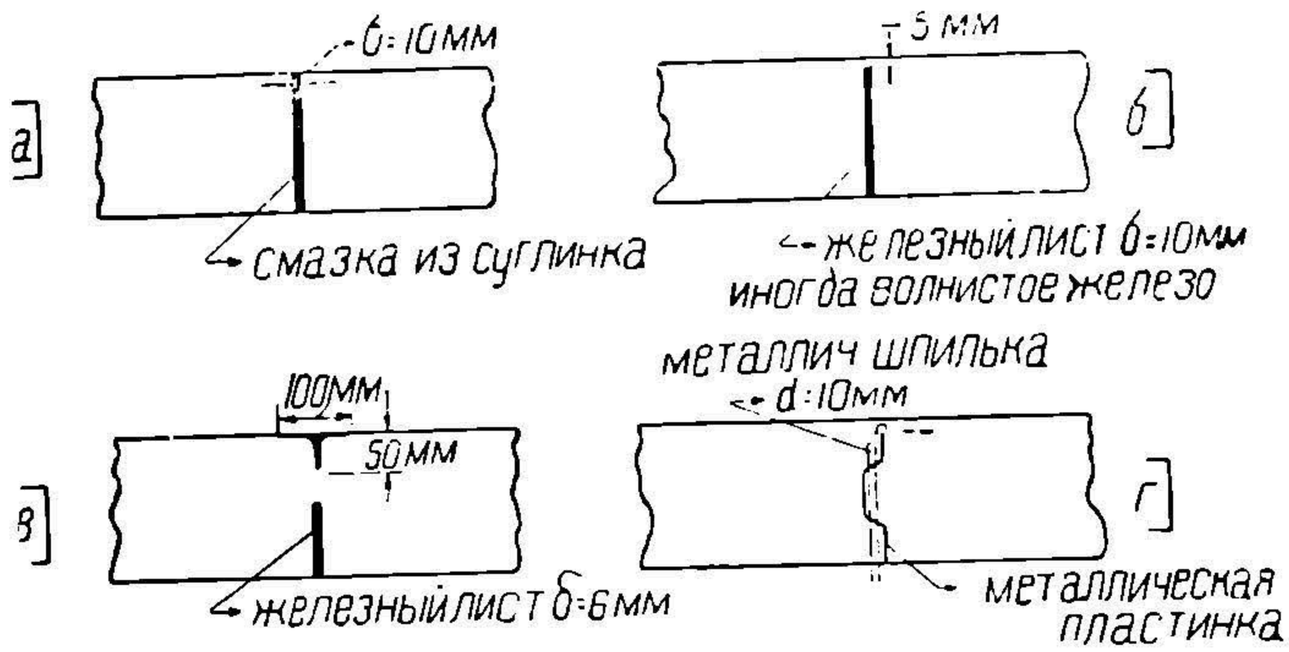
Описанный выше изгиб плиты в поперечном направлении при ширине ее свыше 5—6 *м* и при наличии нагрузки от колес повозок ведет к образованию продольных трещин.

Мерами, предупреждающими возникновение трещин, являются устройство искусственных швов, делящих бетонное покрытие на отдельные плиты, и армирование покрытия. Необходимость устройства искусственных швов является недостатком бетонных дорог. Кроме того наличие швов на безусловно ровной и не дающей толчков бетонной дороге создает слабые места дороги, особенно в тех случаях, если за состоянием бетонной плиты не имеется надлежащего надзора. У швов бетон легче повреждается от динамических воздействий колес повозок, в швы может проникать и через них попадать в основание вода, часто загрязненная, которая может привести к разрушению бетонной плиты.

ГБР УДУНТ (ДИТ)

Устраиваемые на бетонной дороге швы делятся на: а) швы сжатия, б) швы расширения и в) продольные швы.

Так как назначение швов сжатия — только делить бетонную дорогу на отдельные плиты, то их можно устраивать без просветов, плотные, — либо путем постановки заполнителей из металлических полос, имеющих плоскую или шпунтообразную форму, либо бетонируя плиту через одно поле. При втором способе укладка последующих полей между ранее уложенными производится после достаточного затвердения первых, то есть по истечении одного или двух дней. При этом во избежание схватывания бетона поверхность шва на ранее уложенных полях покрывают глиной или дегтем. Плотные швы являются наиболее пригодными при ручной укладке бетона. Преимущество их состоит в том, что гладкая бетонная плита прерывается в наименьшей возможной степени. Недостаток — в том, что они удорожают стоимость работ в виду необходимости транспортировать бетон для промежуточных полей на более далекие расстояния. Последний расход иногда сокращают, делая последующие поля более короткими, чем ранее уложенные. Длина промежуточных полей может быть сокращена до 30—60 *см*, причем получается широкий плоский паз.



После укладки бетона Т-образное железо вынимается и шов заполняется тугоплавким битумом.

После укладки бетона шапочный брус вынимается и шов заполняется битумом. Иногда устраивается слепой шов без шапочного бруса, не доходящий до верху на 10—12 мм.

Рис. 489. Типы швов сжатия

Расстояние между штырями 0,9—1,0 м.

Рис. 490. Типы швов расширения.

После затвердения бетона длинных полей и исчезновения напряжения в нем от усадки (не ранее чем через 14 дней после бетонирования) бетонируются промежуточные поля. Предварительно, как сказано выше, торцовые поверхности длинных полей покрываются глиной или дегтем. Бетон короткого поля можно удобно выровнять на такой же точно высоте, как и затвердевший бетон уложенных ранее полей, благодаря чему обе кромки короткого поля будут на одном уровне. На рис. 491 изображен такой паз. Слева рабочий производит уплотнение нижнего слоя бетона пневматической трамбовкой. Промежуточное поле длиною от 30 до 60 *см* (в направлении оси дороги) имеет форму бетонной балки и при движении повозок не может работать так хорошо, как плита. Внутренние напряжения и смятие поверхности будут здесь больше, поэтому возможно появление трещин и даже излом балки. Чтобы избежать этого, под балкой устраивают гравелистый фундамент, а самую балку делают из жирного бетона с двойной металлической арматурой, либо дают под балку особый бетонный фундамент.

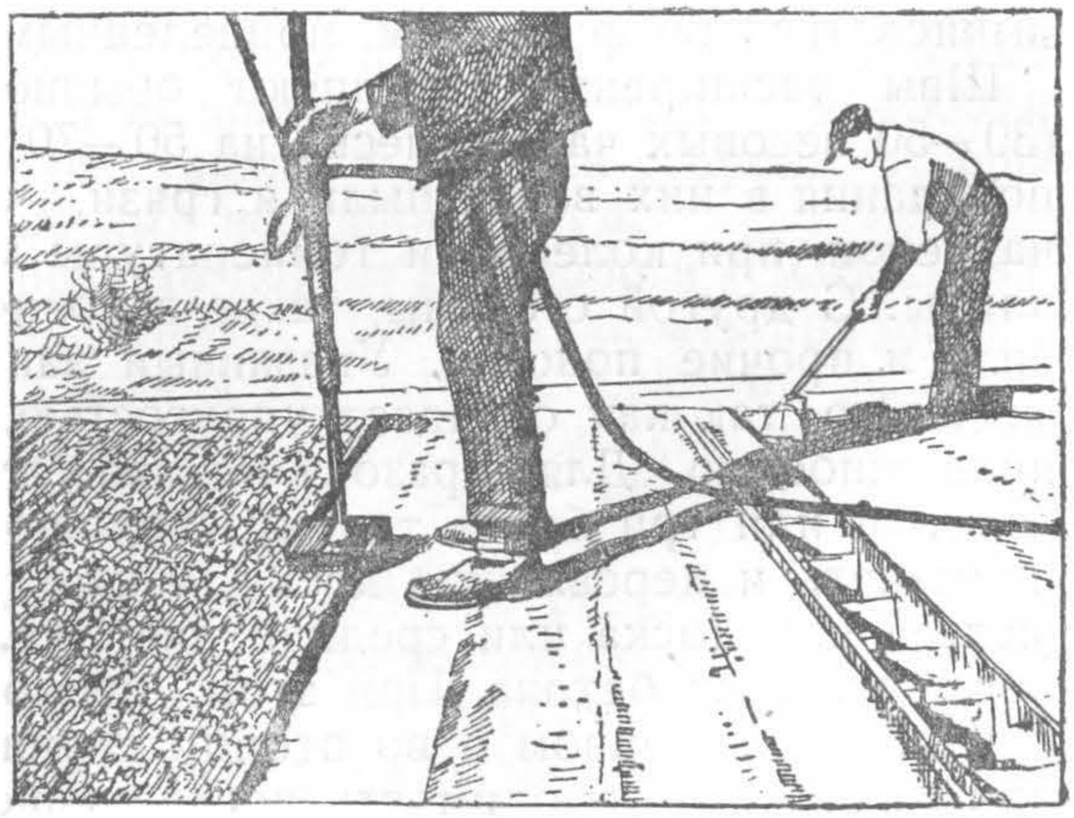


Рис. 491. Короткое промежуточное поле (широкий паз).

НТБ УДУНТ (ДИТ)

При первом способе образования швов сжатия металлическую полосу рекомендуется не доводить до поверхности плиты на несколько миллиметров, так как она может оказаться выше поверхности плиты при истирании последней под действием проезда, что в свою очередь вызовет образование выбоин по обеим сторонам полосы.

В Германии для образования плотных швов применяют специальные круглые пилы, которыми на нужную глубину прорезывается отверстие в свежем бетоне. Чтобы получить по обеим сторонам шва чистые кромки, отверстие прорезывают между уложенными на бетон металлическими листами.

В САСШ швы сжатия часто устраивают лишь на глубину 6 *см* от поверхности полотна путем вдавливания в свежий бетон тонких металлических полос специальной машиной (joint machine), передвигающейся на колесах по формам. Через 3—4 часа пластины вынимаются из бетона специальными крюками, и на следующий день щель заполняется горячим нефтяным битумом. В 1929 году в САСШ запатентован способ устройства швов с помощью прибора, передвигающегося по боковым формам. При устройстве поперечных швов (рис. 492) заполняющая таковые полоса *а* укладывается на месте шва на поверхность плиты и вибрирующим движением тонкой металлической полосы *б* вдавливается в еще мягкий бетон. Горизонтальная полка *в* уплотняет и сглаживает края шва. Этот же прибор может быть использован для устройства продольных швов и дорожных линий, разделяющих дорогу на несколько полос для движения.

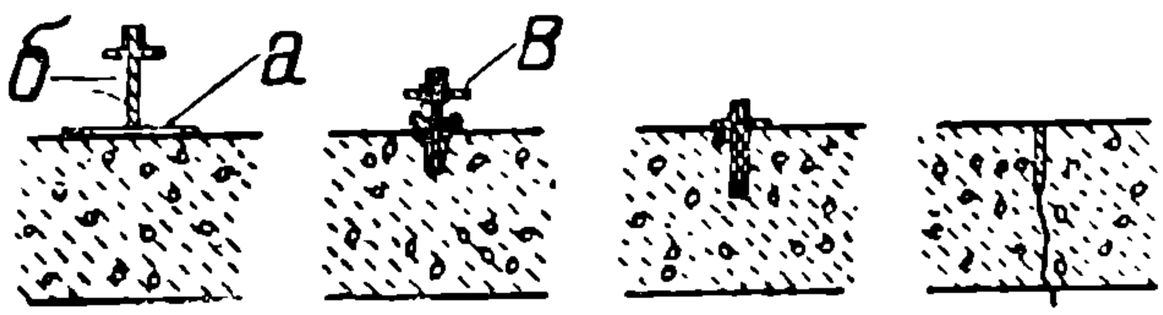


Рис. 492. Постепенное образование шва.

Швы расширения, устраиваемые для того, чтобы избежать выпучивания плиты при ее расширении, в отличие от швов сжатия должны быть некоторого определенного размера (толщины). Ольдер рекомендует назначать толщину шва равной двойной величине свободного приращения плиты от температурного расширения, учитывая также возможные влияния влажности и запас на случай неправильного принятия разности температур—максимальной и при укладке:

$$\Delta = 2 \times 0{,}00001 \times l \times t,$$

где l — расстояние между швами,

t — разность температур максимальной (+) для данной местности и той, при которой бетонная дорога строится. Расстояние между швами расширения может вычисляться по формулам, приведенным в § 74 главы 17.

Швы расширения заполняют обычно битумом в смеси с мелким песком (30—50 весовых частей песка на 50—70 весовых частей битума), во избежание попадания в них воды, пыли и грязи, что, помимо химического воздействия на бетон, при колебании температуры может привести к разрушению бетонной плиты. С другой стороны, такое заполнение предохраняет от толчков автомобили и прочие повозки. Указанный заполнитель вполне отвечает своему назначению, так как обладает упругостью, водонепроницаемостью и достаточной подвижностью. Для образования шва устанавливают металлические листы—один толстый или три более тонких, хорошо очищенные и промасленные; можно применять и деревянную доску, также хорошо промасленную. Толстый лист железа или доска или средний лист железа вынимаются на следующий день после укладки бетона. При этом, несмотря на хорошее промасливание листа или доски, в первом и во втором случае часто бывают повреждения бетона, вызывающие необходимость последующего наложения заплат.

Иногда заполнение швов производят гудронизированным войлоком верхнюю часть которого по окончании бетонирования вырезают на глубину 2,5 *см* и получившееся углубление заполняют нефтяным асфальтом в горячем состоянии с последующей присыпкой мелким песком. Установка „заполнителя" в этом случае производится следующим образом: на месте, где предположено образовать шов расширения, устанавливается строго вертикально деревянная доска толщиною в 5 *см* или металлическая полоса толщиною 3—4 *мм*, под-

НТБ УДУНТ (ДШТ)

держиваемые колышками. К доске или металлической полосе приставляется „заполнитель“ и придерживается колышками или металлическими шпильками, После этого производят укладку бетона с обеих сторон шва. До конца схватывания бетона доска или металлическая полоса удаляются вытаскиванием вверх, заполнитель же остается на месте. Образовавшаяся щель заполняется етоном и поверхность бетона вблизи шва отделывается обычным способом.

Иногда в качестве заполняющей массы применяются прокладки из асфальтового картона. При этом бетонирование производится либо до доски, применяемой в качестве опалубки, которая затем вынимается с заменой ее картонной прокладкой, либо картон закладывается одновременно с доской, причем после бетонирования доска удаляется и производится подтрамбовка бетона.

Поперечные швы следует располагать под прямым углом к оси дороги или под слабо острым. Расстояние между ними нужно приспособить к темпу работы так, чтобы постройка одного участка по возможности занимала не больше двух часов. Как показал опыт, для того чтобы избежать появления трещин, швы сжатия следует делать на расстоянии 10—15 *м*. Если сверх того устраивают швы расширения, то расстояние между ними назначают в 30—60 *м*. В большинстве случаев отдельных швов сжатия не делают и ограничиваются только швами расширения толщиною 12—14 *мм*, устраиваемыми через 10—15 *м*.

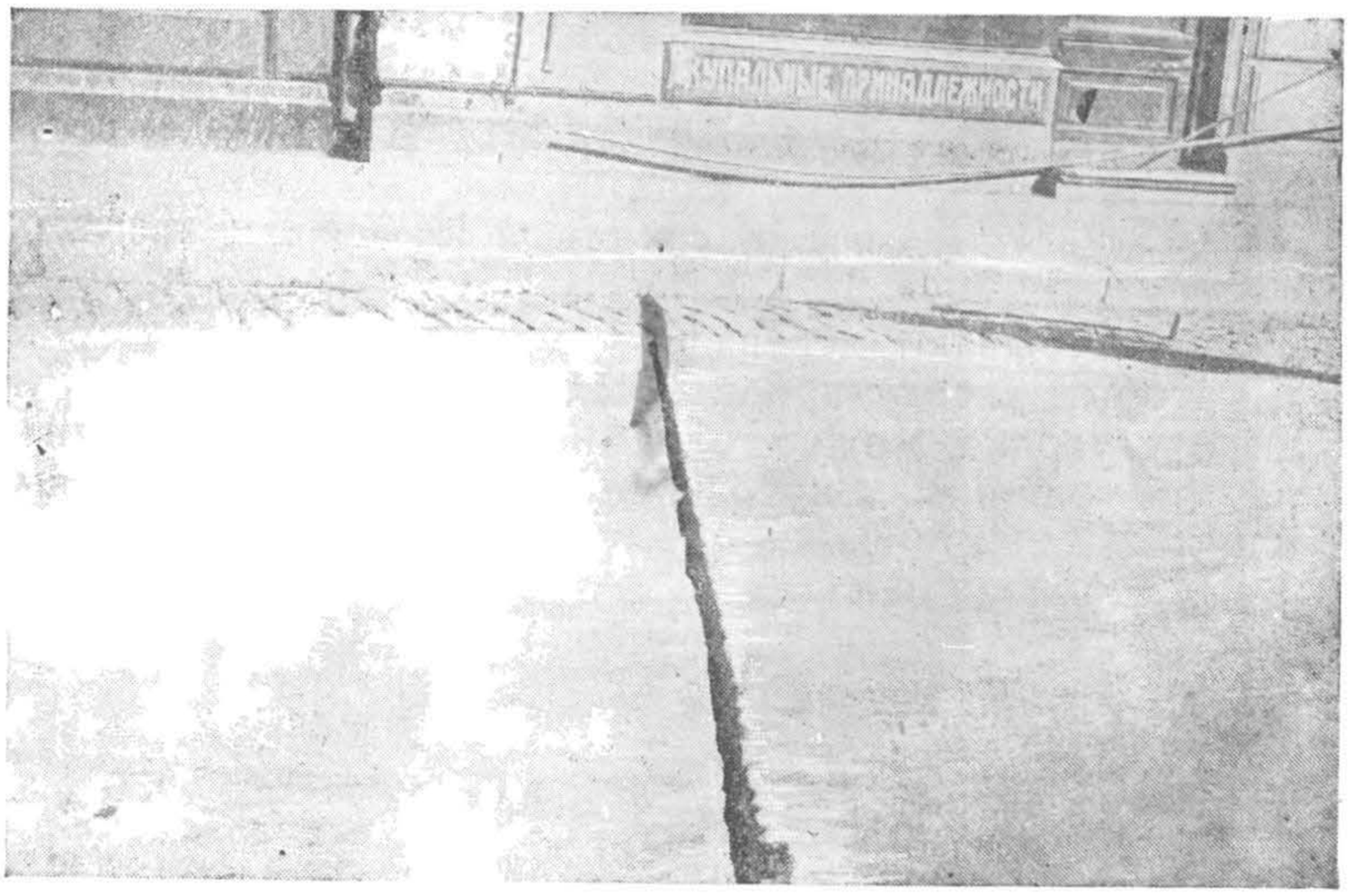


Рис. 493. Шов расширения.

При наличии продольного шва поперечные швы обеих половин дороги рекомендуется располагать не друг против друга, но сдвигая один относительно другого на 20—40 *см*.

Иногда вовсе не устраивают швов сжатия (штат Иллинойс, САСШ) для удешевления стоимости дороги, швы же расширения помещают через 240—300 *м*, утолщая бетонную плиту до 22 *см* на расстоянии 2 *м* в обе стороны от шва. Ширина шва — 10 *см*, заполнитель — тяжелый нефтяной битум.

Неизбежно появляющиеся при этом трещины портят вид дороги (см. рис. 488). Продольные швы, как было указано ранее, необходимо устраивать при ширине бетонной плиты свыше 5,5—6,0 *м*, а также в том случае, если по условиям движения бетонную плиту приходится делать по половинам. Наиболее часто устройство продольных швов производится по типам, изображенным на рис. 489-г и 490-а.

Когда укладка бетона временно приостанавливается (на обед, на ночь), приходится устраивать швы перерыва, но, как правило, рекомендуется этих швов не устраивать, а рассчитывать работу так, чтобы перерыв делать у швов сжатия или расширения. Швы перерыва делают следующим образом: перед окончанием работ устанавливают отвесно доску толщиною 5—6 *см*, закрепляют ее на месте кольями и к ней плотно притрамбовывают бетон. При возобновлении работ доску убирают, промазывают торцовую часть плиты глиной или дегтем или прокладывают толь и продолжают работу обыкновенным способом.

В тех случаях, когда грунт основания недостаточно или неравномерно уплотнен и возможна вследствие этого осадка одной плиты по отношению к другой под действием ее собственного веса и нагрузки, необходимо принять меры к обеспечению одинаковой осадки плит по обе стороны швов. Для этого либо

УГЛТУ (ДШТ)

устраивают штыри (рис. 490), либо, в более тяжелых случаях, под плиту в месте стыка подкладывают особые бетонные армированные плиты (см. рис. 494).

§ 183. Формы деревянные и металлические. Для придания бетонной плите определенной толщины и ширины, а также для предупреждения вытекания и выдавливания бетона за пределы проезжей части— устанавливают вдоль дороги по краям боковые формы, по которым также происходит движение субгрейдера, финишера и других механизмов.

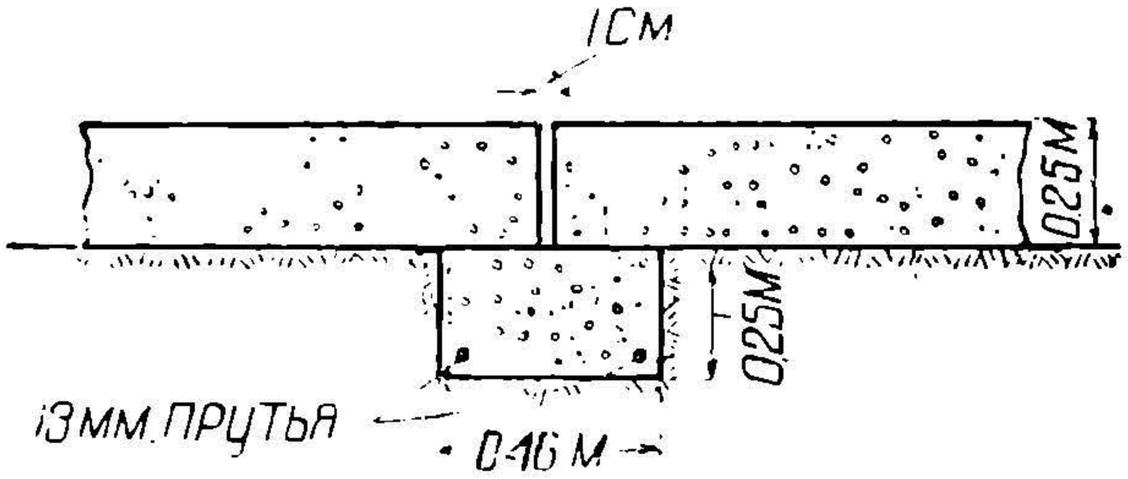


Рис. 494. Устройство шва при слабом основании.

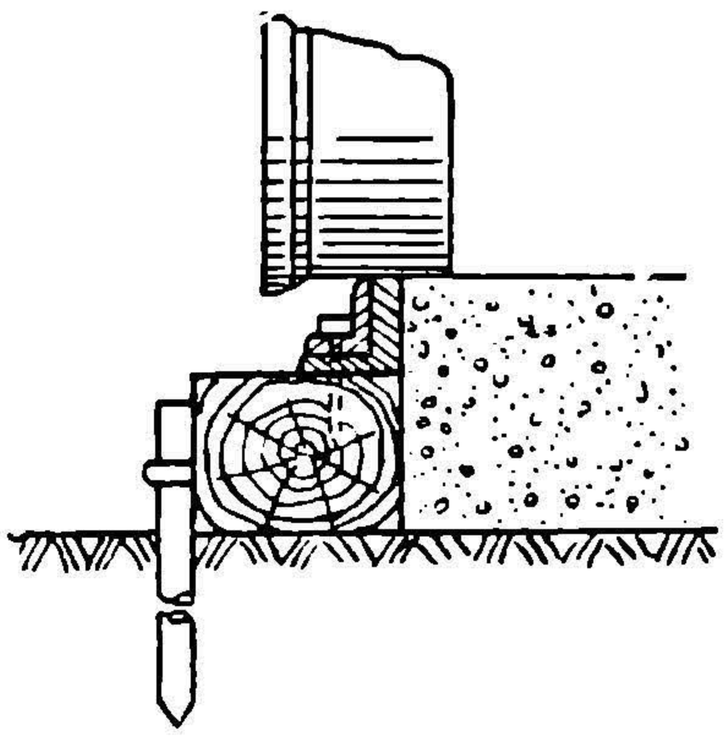


Рис. 495. Боковые деревянные формы.

Формы бывают деревянные и металлические. Первые устраивают из брусьев, к которым сверху прибивается уголковое железо. Уменьшая или увеличивая высоту уголка, можно одними и теми же брусьями обходиться при плитах разной толщины. Внутренние поверхности деревянных форм перед укладкой

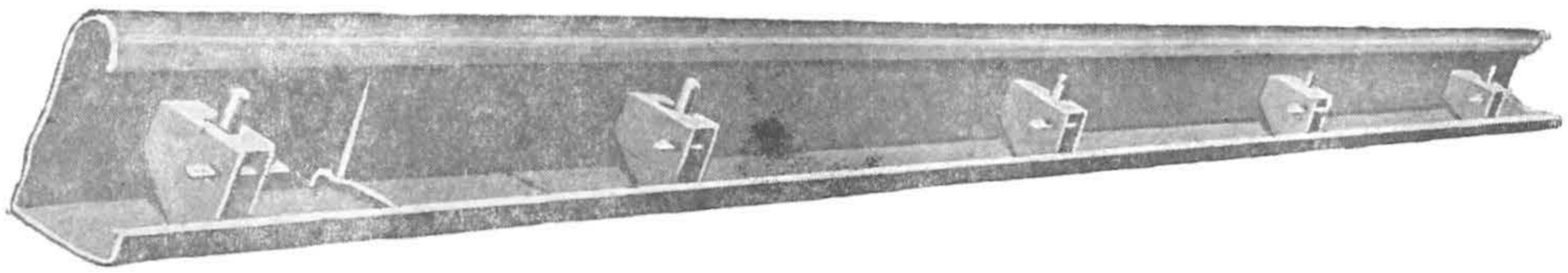


Рис. 496. Боковые металлические формы

бетона должны смачиваться или смазываться дегтем, чтобы они не поглощали влаги из бетона и чтобы вместе с тем брусья не коробились. Деревянные формы отличаются сравнительной дешевизной и возможностью использовать одни и те же брусья для изготовления одежд разной высоты, чего не допускают металлические формы. Применяются они обычно при небольшом объеме работ и при устройстве плиты на закруглениях дороги.

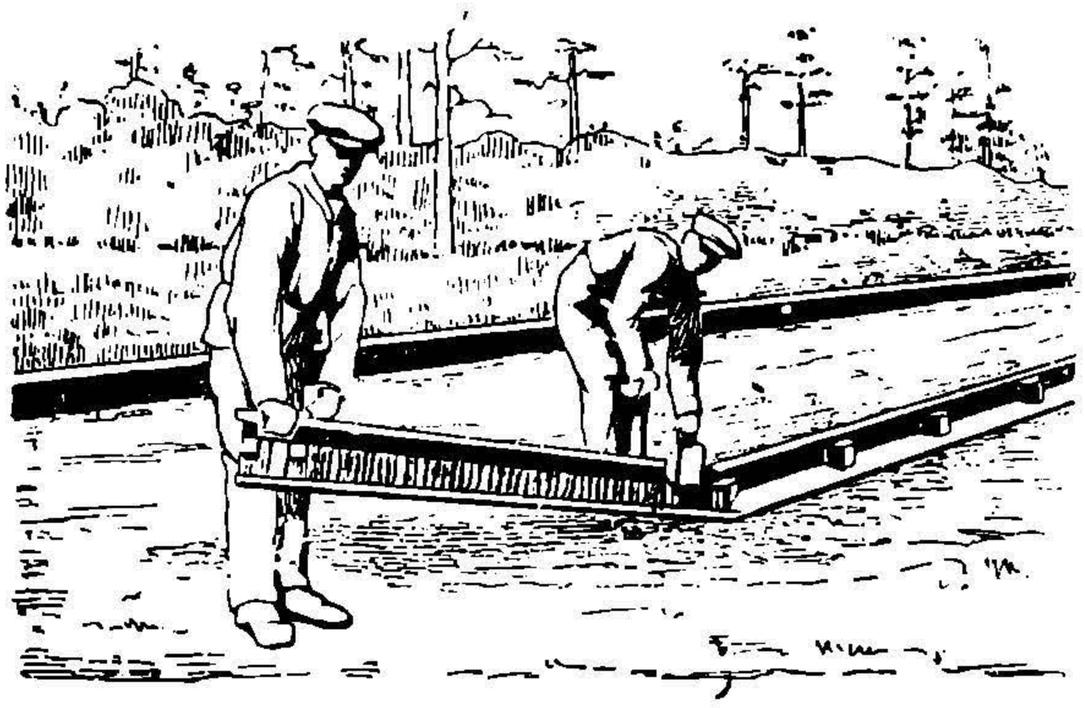


Рис. 497 Укладка боковых форм.

К металлическим формам предъявляются требования прочности в отношении как вертикального давления, так и горизонтальных сил распора уплотняемой массы бетона, легкости, достаточной ширины нижней полки для передачи на основание без просадки веса движущихся по ним механизмов, простоты и надежности стыков. Обычно ширина нижней полки делается 15 *см* и верхней—5 *см*. Внутренние поверхности металлических форм перед укладкой бетона смазывают маслом, чтобы бетон не приставал к форме.

Как деревянные, так и металлические формы должны быть надлежащим образом закреплены во избежание бокового их сдвига при трамбовании бетона. Это достигается при деревянных формах забивкой с внешней стороны кольев,

НБ УДУНТ (ДНТ)

а при металлических формах — закреплением их металлическими спицами, вбиваемыми в землю сквозь специально прикрепленные к формам полки. Поверхность земляного полотна или песчаного основания по линии постановки форм тщательно трамбуется или укатывается, и положение ее выверяется по нивелиру.

Количество форм должно обеспечивать двухдневную производительность бетонной кладки, так как формы снимаются только через 24 часа после укладки бетона.

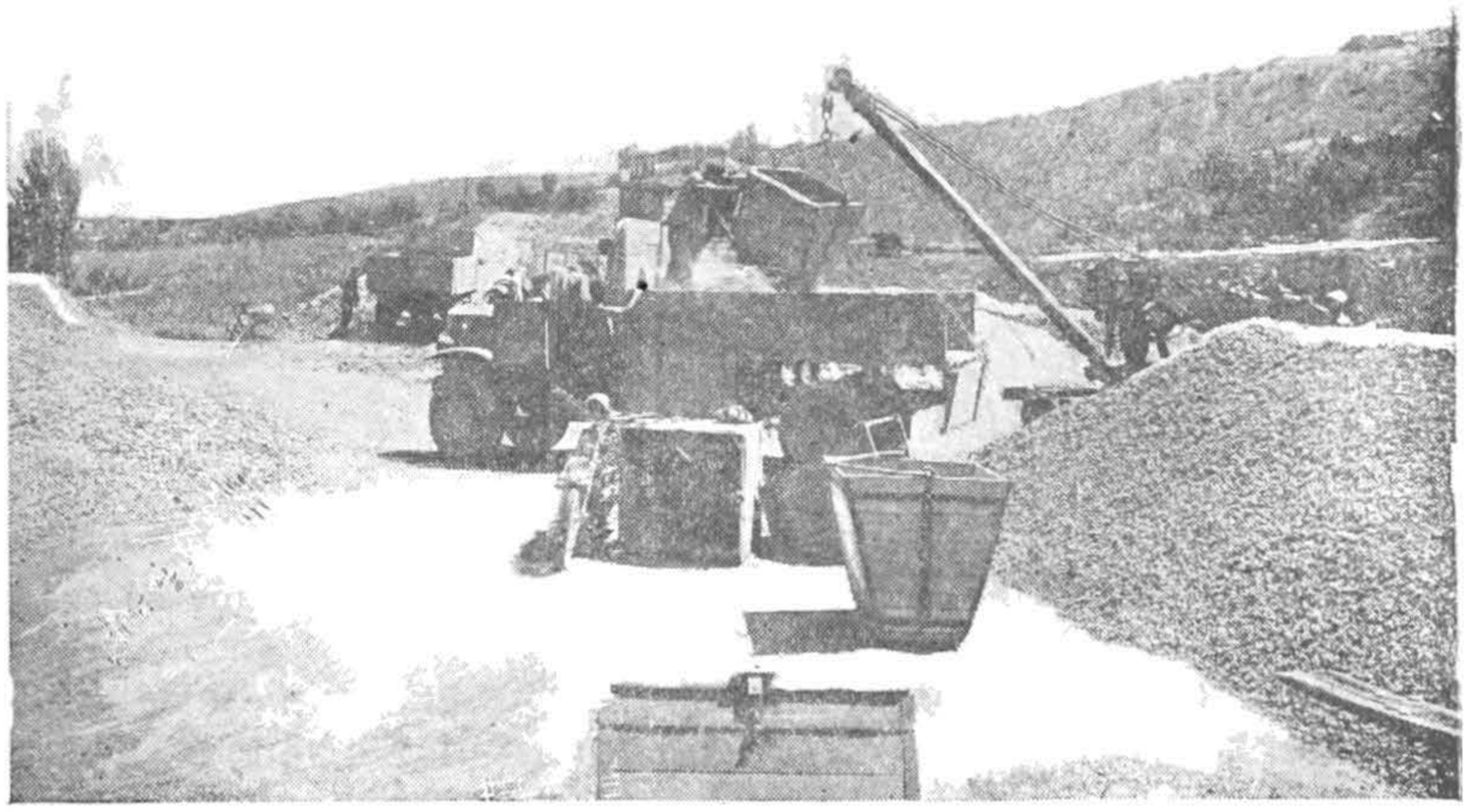


Рис. 498. Погрузка щебня в автомобили.

§ 184. Организация и производство работ по устройству бетонной плиты. Решающее значение для правильной организации работ имеет объем производимых работ и срок, данный для их выполнения.

Дать общую схему производства работ по постройке бетонной дороги невозможно, потому что в каждом отдельном случае будут свои особенности, в зависимости от многих факторов: наличия машин и их производительности, дальности возки материалов, объема работ и др. Основными условиями эффективности производства работ являются бесперебойная подача материалов к бетономешалкам и доставка готового бетона на место работ (в тех случаях, когда бетонный завод находится в некотором расстоянии от места работ), а также правильное обслуживание механизмов, исключающее случайные поломки и остановки.

Невыполнение этих условий, помимо удорожания стоимости работ, обусловливает во многих случаях и плохое качество строящейся дороги.

Постройка бетонной дороги складывается (при подготовленном уже основании) из следующих операций: 1) заготовка и доставка на место работ необходимых материалов, 2) приготовление бетона и укладка его на дорогу, 3) отделка поверхности бетонной плиты, 4) принятие мер для нормального твердения бетона

А. Заготовка и доставка на место работ необходимых материалов. Добыча каменных материалов в карьерах и разбивка их в щебень производится, как сказано выше (в главе о каменных материалах). Щебень или гравий должны поступать на работы в отсортированном виде. В тех случаях, когда требуется промывка инертных материалов, таковую лучше всего производить в местах добычи, соединяя обе операции — промывку и сортировку (прогрохотку) — вместе, в одной установке. Это мероприятие, помимо удешевления стоимости материалов, разгрузит технический надзор и даст ему возможность уделять полное внимание непосредственной и важной работе.

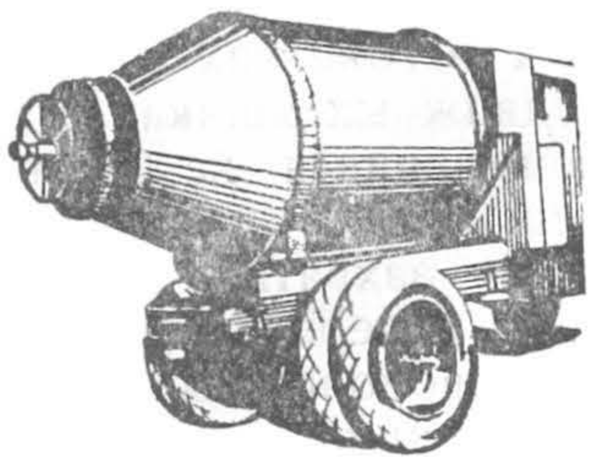


Рис. 499. Бетономешалка на автомобильном ходу.

Основным фактором, решающим вопрос о месте изготовления бетона, является наличие воды. Если вблизи строящейся бетонной дороги имеются источники, вдоль дороги прокладывается временный трубопровод, в который насосами подается вода. При отдаленности источников воды от линии работ приготовление бетона организуют при складе каменных и песчаных материалов. Готовый бетон в таком случае перевозится к месту работ в специальных бегономешалках

НТБ УДУНТ (ДИТ)

на автомобильном ходу, емкостью от 2 до 4 $м^3$. Во время перевозки, которая должна продолжаться не свыше двух часов, бетон подвергается постоянному

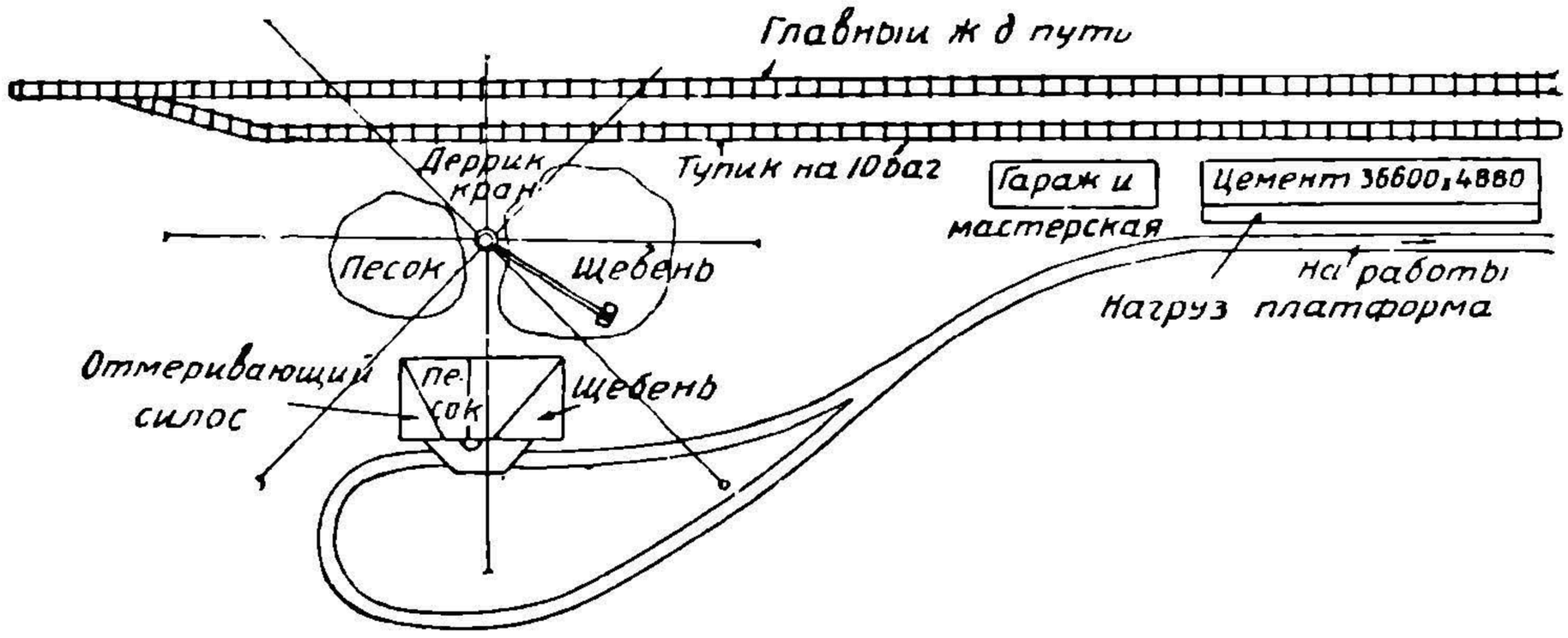


Рис. 500 Организация перевозки материалов со складов автомобилями

перемешиванию лопастями бетономешалки. Землисто-влажный бетон хорошо выдерживает перевозку. Подача бетона с завода при центральном складе имеет то преимущество, что процесс приготовления бетона становится независимым от неравномерной подвозки материалов к бетономешалке. Кроме того при этом устраняется необходимость передвижения по готовому песчаному основанию тяжелой дорожной бетономешалки, производящей нежелательные вдавливания основания.

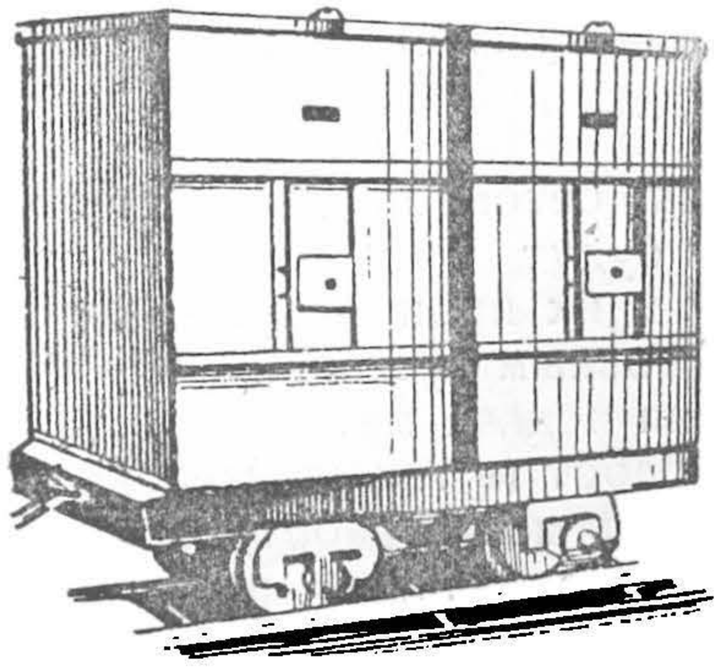


Рис. 501. Ящики для перевозки материалов по узкоколейке к бетономешалке.

В первом случае, то есть при изготовлении бетона на месте его укладки, подача материалов к линии работ производится либо путем заблаговременной выкладки песка и камневидной составляющей на подготовленном основании, а цемента — на обочине (рис. 506), либо путем подачи материалов непосредственно в ковш бетономешалки. В последнем случае доставка материалов обычно производится автомобилями с опрокидывающимися кузовами или по рельсам в опрокидных вагонетках и в передвижных ящиках. Помещающиеся на бетономешалках поворотные краны захватывают ящики за отверстия на двух противоположных сторонах ящика, поднимают их с платформы и перемещают к приемному совку бетономешалки, куда ящики и опоражниваются. Радиус действия крана — 2,45 *м*, высота подъема — 3,65 *м*, подъемная сила — 2,25 *т*.

При перевозке инертных материалов автомобилями и вагонетками с

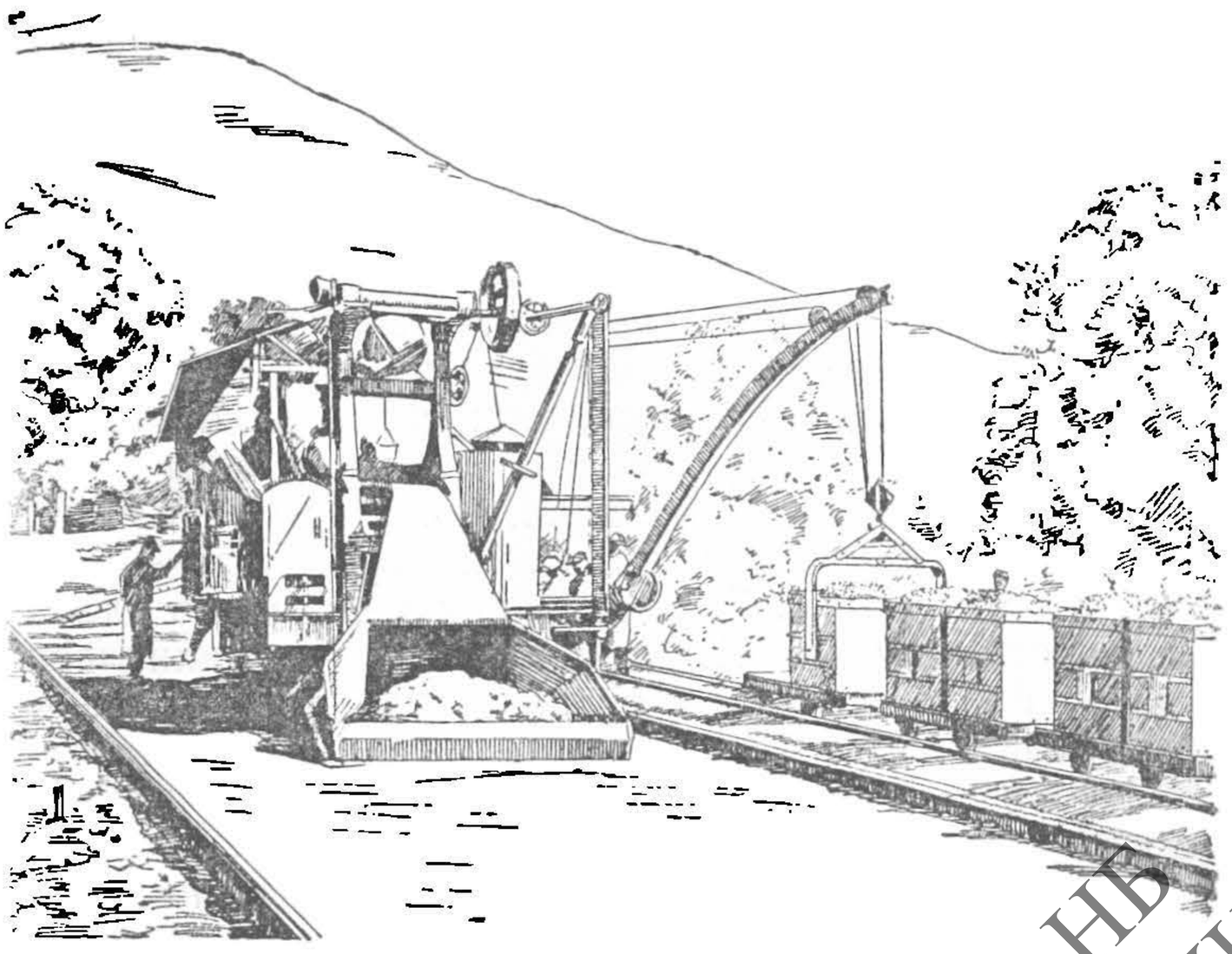


Рис. 502. Загрузка материалов в бетономешалку краном.

НБ УДУНТ (ДИТ)

высыпанием таковых непосредственно в ковш бетономешалки, наполнение тары производится на складах помощью силосов, имеющих отделения для крупной и мелкой инертных масс и снабженных мерниками для всыпания в тару нужного объема материала. В САСШ для точного учета истинного объема песка (его массы и содержащейся в нем воды) применяется особый прибор „инундатор", который подвешивают к силосу песка вместо мерного прибора. [1] В инундаторе песок подвергается обводнению до состояния насыщения, и одновременно с отмериванием песка по объему происходит отмеривание нужного по дозировке в состав бетона количества воды.

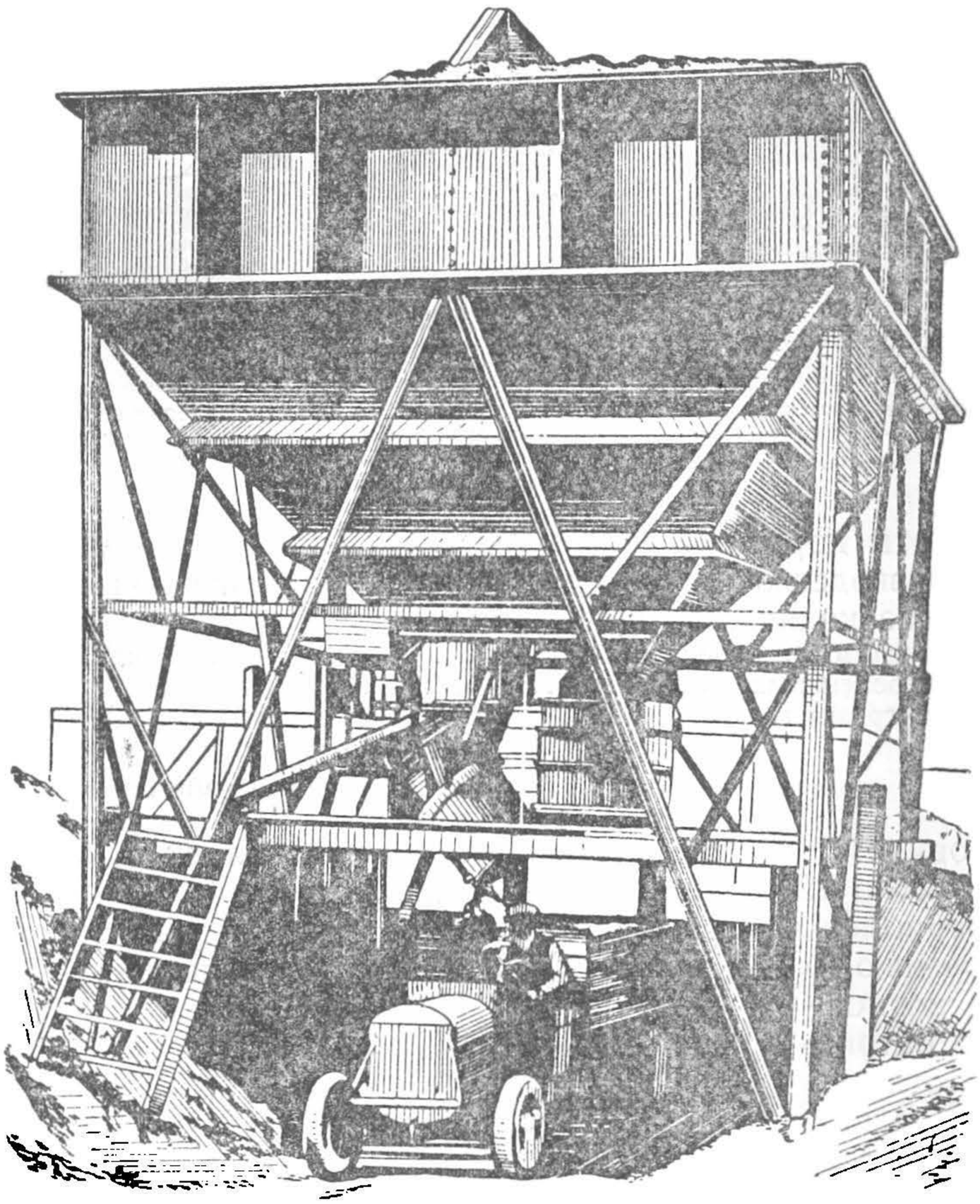


Рис. 503. Силос с объемным мерником для крупной инертной и инундатором для песка.

Б. Приготовление бетона и укладка его на дорогу. Из передвижных дорожных бетономешалок наибольшее распространение получила бетономешалка на гусеничном ходу (Rex 27 — E Paver) по типу американских заводов Чайн-Бельт, Керинг и др. Бетономешалка состоит из следующих основных частей: вращающегося барабана, в котором происходит смешивание составных частей, загрузочного ковша, подающего в барабан составные части, выгружающей бадьи и двигателя, служащего для передвижения бетономешалки и приведения в дей-

---

[1] Песок обладает свойством увеличиваться в объеме с увеличением влажности. При 5% влаги по объему увеличение в объеме песка достигает максимума в 43%; при дальнейшем повышении количества воды объем песка начинает уменьшаться и при полном насыщении водой (так называемой „инундации") объем песка практически равняется объему его в сухом состоянии.

Это свойство песка может повести к ошибке при игнорировании содержания в нем влаги: отмеривая песок по объему, имеем абсолютное количество зерен менее, чем предполагаем, и кроме того пренебрегаем содержанием в нем воды.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ствие всех ее составных частей. Перемешивание бетона должно производиться в продолжение 1,5 мин. при скорости вращения барабана 14 — 16 оборотов в минуту. Наиболее часто применяется емкость барабана в 27 *куб. фут.* (0,765 $м^3$).

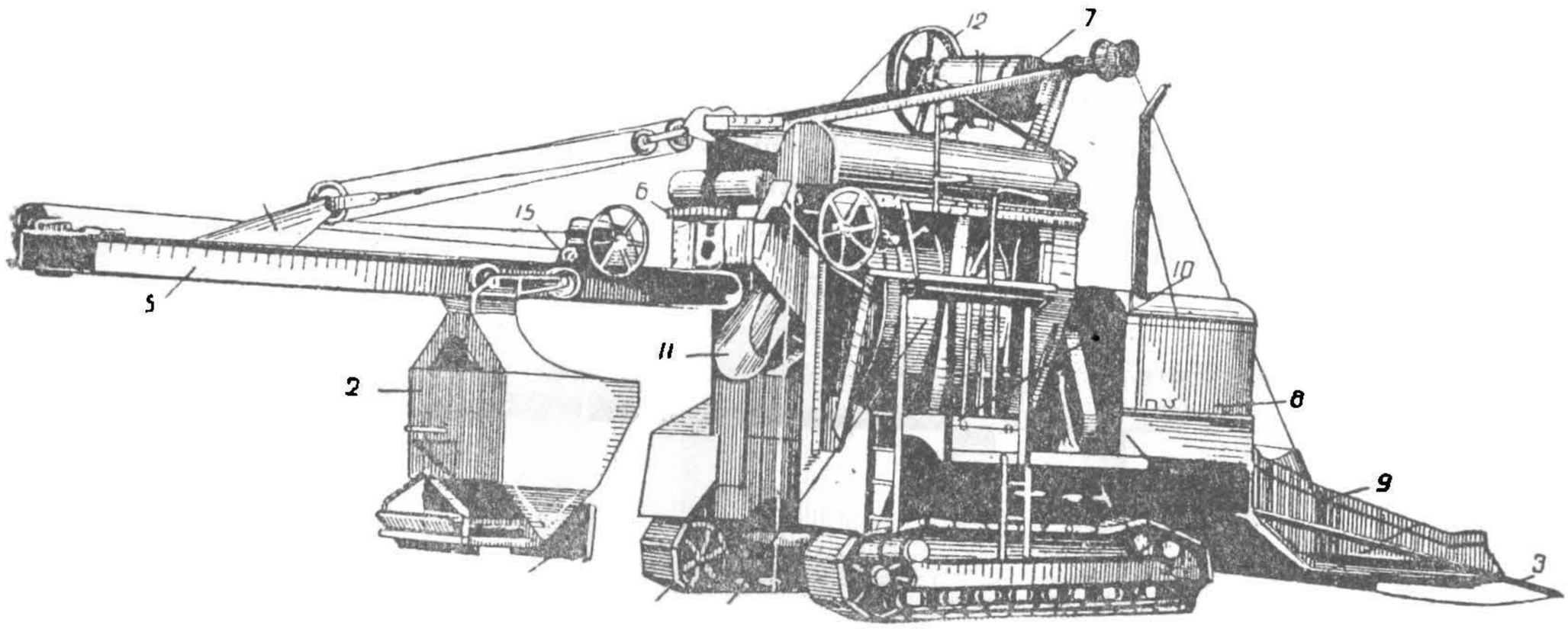


Рис. 504. Дорожная бетономешалка системы Рекс.

1—гусеничный ход, *2*—выгружающая бадья, *3*—выпускной клапан бадьи. *4*—подвижное крепление стрелы, *5*—стрела крана *6*—опора вращения стрелы, *7*—водяной бак, *8*—двигатель. *9*—загрузочный ковш, *10*—площадка и рычаги управления, *11*—выгрузочный желоб, *12*—ведущий ролик загрузочного ковша, *13*—предохранительные штанги. *14*—барабан смешения, *15*—автоматический останов бадьи.

По данным работы дорожной бетономешалки 27-Е на работах Ленинградского откомхоза на производство отдельных операций при изготовлении бетона требовалось следующее количество времени:

подъем загрузочного ковша	30—50 сек.
перемешивание	90 сек
выгрузка готовой бетонной массы ...	30 сек.

Итого около $2^1/_2$ минут.

При этих условиях за 8-часовой рабочий день удавалось сделать до 160 загрузок, то есть около 125 $м^3$ цементно-бетонной массы

Движение бетономешалки обычно производится по уже подготовленному песчаному основанию, хотя при одеждах небольшой ширины (3,5—4 *м*) не исключена и возможность движения бетономешалки вне полотна дороги. Последнее лучше, так как при этом не портится песчаное основание. Готовая масса поступает из барабана в выгружающую бадью, которая переносит ее, с помощью выносной стрелы, в нужное место полотна, где и выгружает.

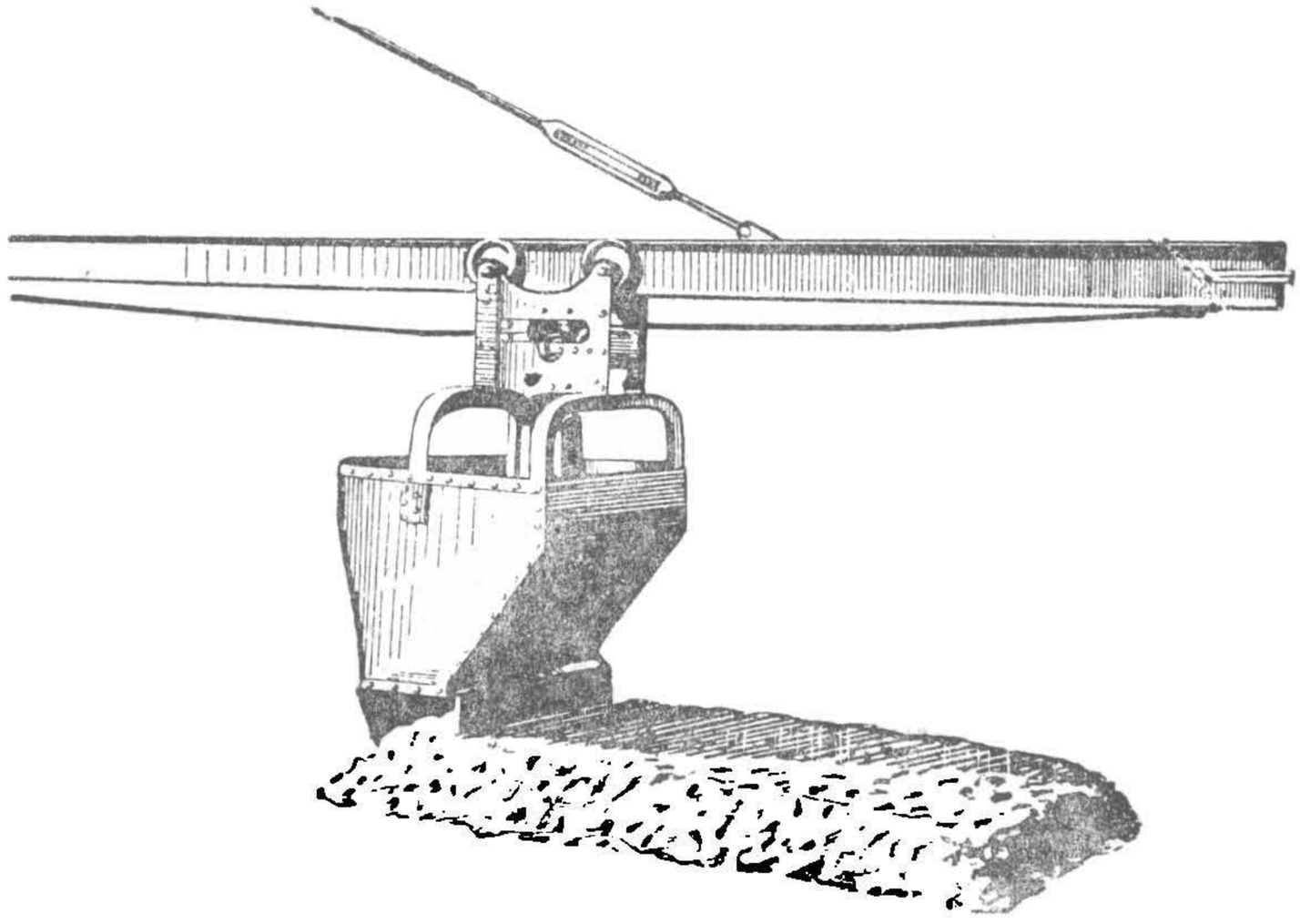


Рис. 505. Укладка бетонной массы на полотно дороги.

В. Отделка поверхности бетонной плиты. После укладки бетон подвергается обработке, состоящей в разравнивании бетонной массы, профилировке уплотнением и наконец в окончательной отделке поверхности. В зависимости от наличия механизмов и объема работ отделка поверхности дороги после укладки бетона может производиться вручную или при помощи механических приборов.

НБ УДУНТ (ДИТ)

При первом способе производства работ выброшенная из бетономешалки на полотно бетонная масса предварительно разравнивается металлическими лопатами.[1] После этого производится профилировка поверхности ровняющей доской, имеющей в нижней своей части очертание, соответствующее поперечному профилю дороги, и длину на 60 *см* (по 30 *см* с каждой стороны от середины)

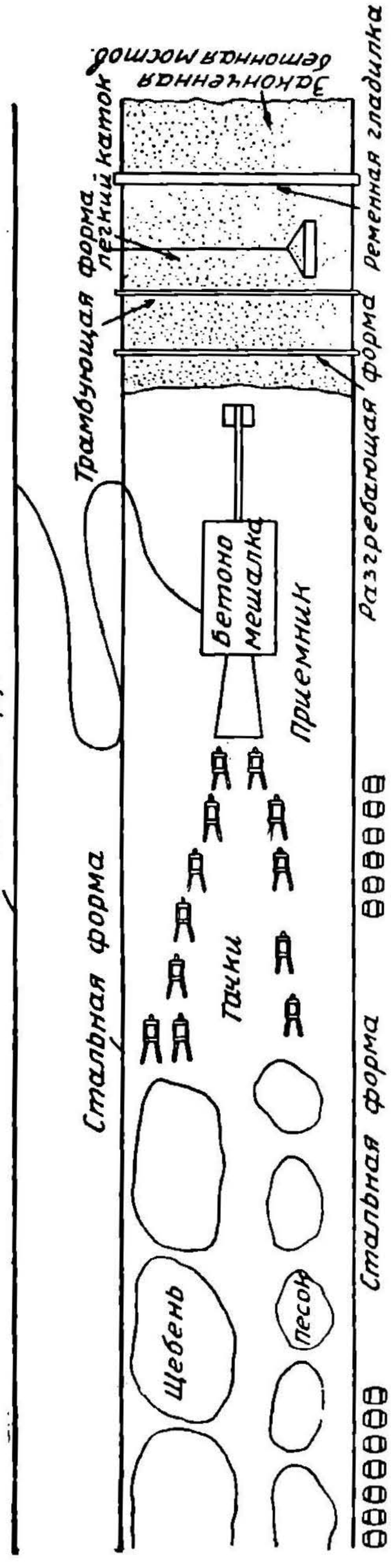


Рис. 507. Приспособления для производства работ вручную.

Рис. 508. Полировка бетонной поверхности резиновой лентой вручную.

Рис. 506. Схема производства работ вручную

больше ширины плиты. Двое рабочих протаскивают доску по уложенному слою бетона, двигая поочередно то один, то другой конец, каждый раз на расстояние 40—60 *см*. При этом излишек бетона передвигается в сторону бетономешалки.

За профилировкой следует уплотнение поверхности бетона трамбующей формой, представляющей собою соединение двух досок такой же длины и формы, как описанная выше ровняющая доска. Работа трамбующей формой

[1] Разравнивание граблями не рекомендуется во избежание дезинтегрирования бетонной массы.

НВ УДУНТ (ДИТ)

производится следующим образом: в то время как один рабочий держит конец трамбовки неподвижно на бортовой форме, другой, приподнимая второй конец, трамбует бетон, постепенно подвигаясь вперед. Закончив трамбование участка длиною примерно 60 *см*, второй рабочий задерживает неподвижно на борту свой конец трамбовки, а трамбование начинает производить первый рабочий. Таким образом, трамбуя с обеих сторон поверхность бетона и придавая ей нижней поверхностью трамбовки требуемый профиль, прибор непрерывно продвигают вперед.

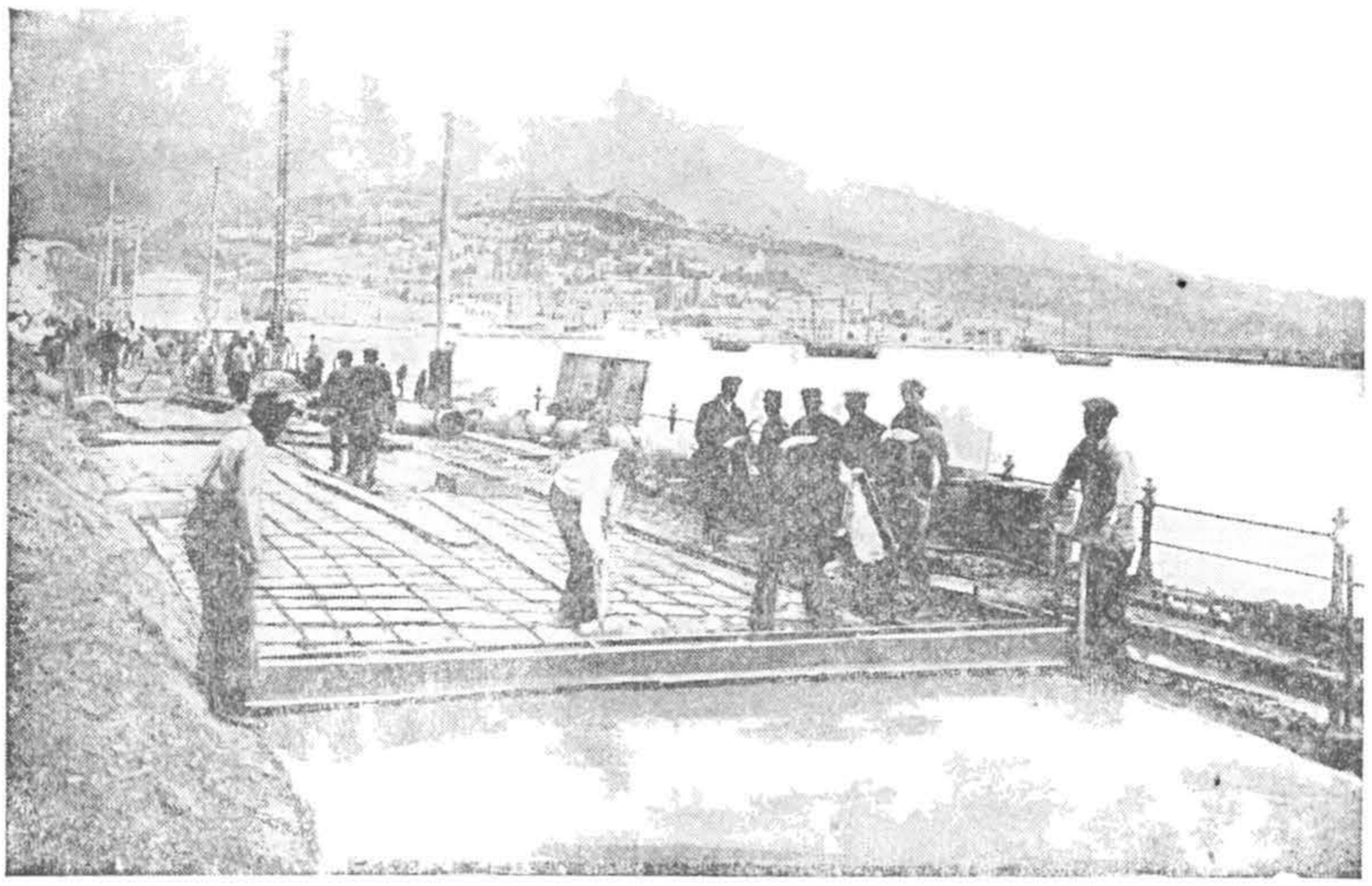


Рис. 509. Укладка и трамбование бетона. (Железо-бетонная мостовая в г. Ялте).

Так как трамбованием трудно вытеснить из бетона весь излишек влаги, то после него производят поперечную укатку ручным катком, В САСШ применяют катки небольшого диаметра (25 *см*) и небольшого веса (22—25 *кг*), так как изготовляемый там пластичный бетон может обрабатываться только такой легкой укаткой. В Германии при обычном методе изготовления землисто-влажного бетона употребляют более тяжелые катки, весом 100 – 200 *кг*.

В САСШ после укатки легкими катками выглаживают (полируют) поверхность дороги гладилкой из резинового ремня шириною 25—30 *см*, которым производят шаркающие движения поперек бетонной плиты.

При механизированном способе отделки поверхности бетонной плиты поступающий на дорогу бетон предварительно разравнивается вручную лопатами применительно к высоте верхней кромки боковых форм и затем получает отделку помощью бетоноотделочной машины (Strassenfertiger, Finichingmachine), состоящей из двух металлических решетчатых (уголки и трубки) ферм, опирающихся на ходовые части, которыми она передвигается по боковым формам.

Машина выполняет 3 функции: 1) выравнивает (планирует) бетонную массу, 2) трамбует ее, 3) выглаживает (полирует) поверхность бетонного полотна.

Указанные операции производятся при помощи находящегося впереди машины разравнивающего бруса (рис. 511), нижняя кромка которого соответствует профилю бетонной плиты, а также расположенного вслед за ним трамбующего бруса и помещающейся в конце машины ременной гладилки. Трамбующий брус при помощи находящегося на площадке бетоноотделочной машины двигателя мощностью в 8 л. с. производит быстрые вертикальные движения, до 250 в минуту. Сила удара может быть изменена по желанию, в зависимости от консистенции и состава бетона. Ременная гладилка (из прорезиненной материи), имеющая ширину в 30 *см*, производит поперечные шаркающие движения со скоростью 35 – 45 раз в минуту и с амплитудой колебания около 18 *см*.

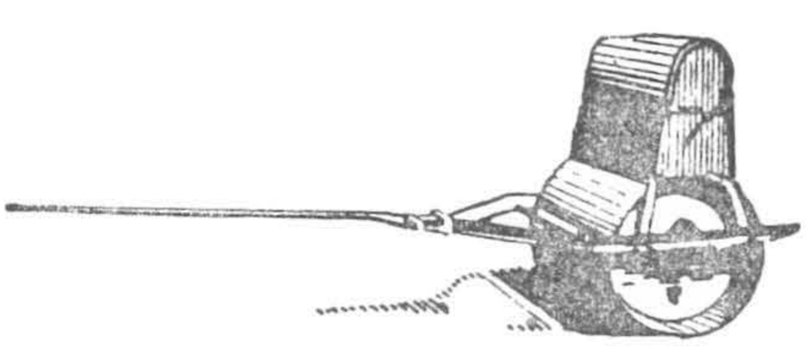


Рис. 510. Каток для ручной укатки бетонной плиты.

Для выполнения описанных выше операций машина делает три движения:

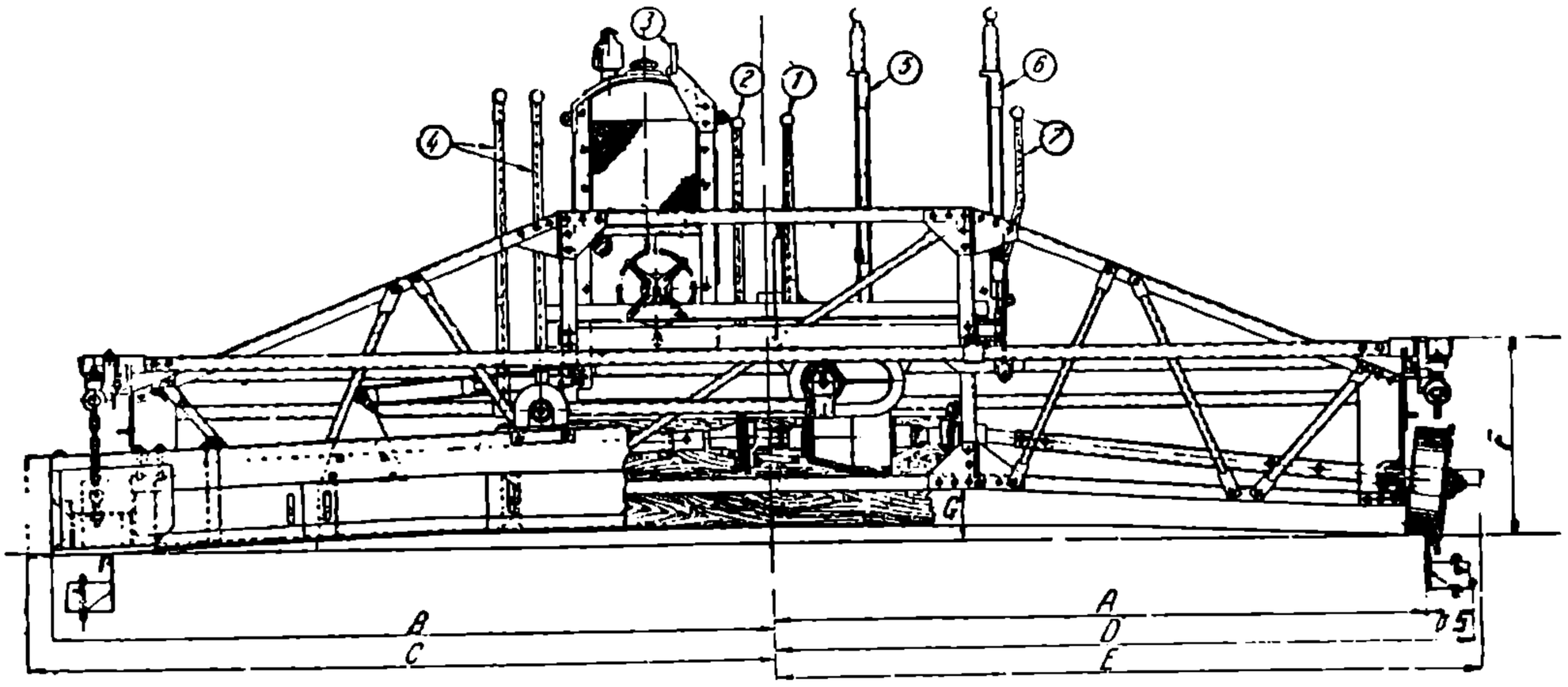
а) первое (медленное)—ход вперед к бетономешалке для выравнивания бетона и первичного трамбования;

б) второе (быстрое)—обратный ход, причем работает только трамбующая доска;

в) третье (медленное)—ход вперед, работают трамбующая доска и полирующая лента.

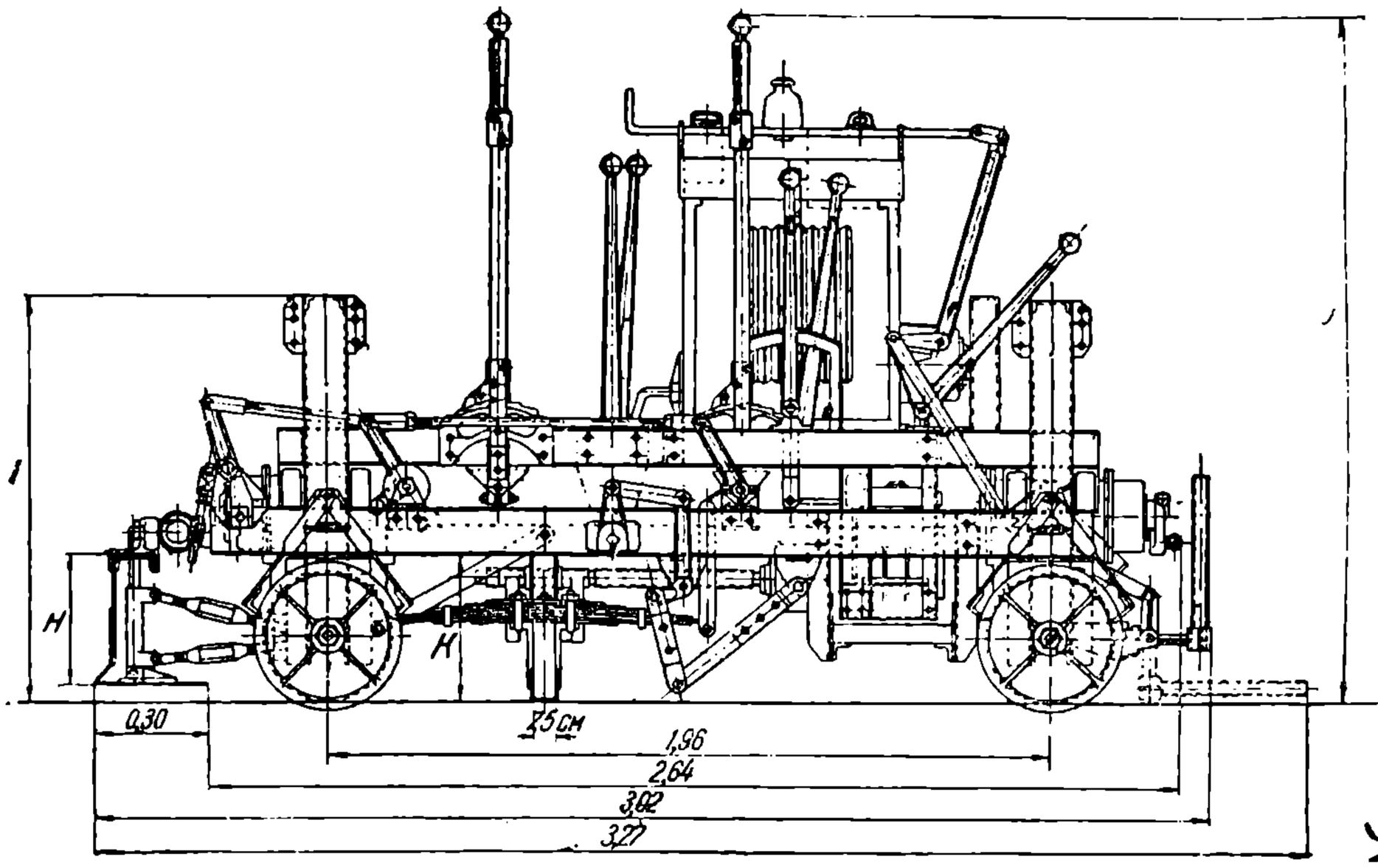
НБ УДУНТ (ДИТ)

Рис. 511. Общий вид дорожного финишера американской фирмы „Lakerwood".



а) Вид спереди.

1—рычаг перемены скоростей. *2*—управление для регулирования трамбования, *3*—рычаг управления двигателем, *4*—рычаг для подъема колес, *5*—рычаг для управления трамбующим брусом, *6*—рычаг для управления разглаживающим брусом, *7*—рычаг для управления ремнем.



б) Вид сбоку.

Размеры главнейших элементов финишера системы «Lakerwood». **Таблица 161**

Ширина машины	2,743 м	3,048 м	3,658 м	4,267 м	4,572 м	4,877 м	5,486 м	6,096 м	6,706 м	7,315 м	7,925 м	8,534 м	9,144 м
A	1,371	1,524	1,829	2,134	2,286	2,438	2,743	3,048	3,353	3,658	3,962	4,267	4,572
B	1,600	1,753	2,058	2,363	2,514	2,667	2,972	3,277	3,582	3,887	4,191	4,496	4,801
C	1,676	1,829	2,134	2,438	2,590	2,743	3,048	3,353	3,658	3,962	4,267	4,572	4,877
D	1,524	1,676	1,981	2,286	2,438	2,590	2,895	3,200	3,505	3,810	4,114	4 419	4,724
E	1,562	1,714	2,019	2,324	2,476	2,628	2,933	3,238	3,543	3,848	4,153	4,458	4,762
F	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654	0,762	0,762	0,762	0,762
G	0,102	0,102	0,102	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159	0,235	0,235	0,235	0,235
H	0,343	0,343	0,343	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,470	0,470	0,470	0,470
I	1,016	1,016	1,016	1,073	1,073	1,073	1,073	1,073	1,073	1,149	1,149	1,149	1,149
J	1,778	1,778	1,778	1,829	1,829	1,829	1,829	1,829	1,829	1,905	1,905	1,905	1,905
K	0,356	0,356	0,356	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,457	0,457	0,457	0,457

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Скорость движения машины—от 2,2 до 9 *м* в минуту.

Описанные способы отделки поверхности бетонной плиты вручную и с помощью бетоноотделочной машины могут с успехом применяться при пластичном бетоне, что и делается в САСШ. В тех же случаях, когда бетон землисто-влажный, как применяемый, например, в Германии, указанными способами получить нуж-

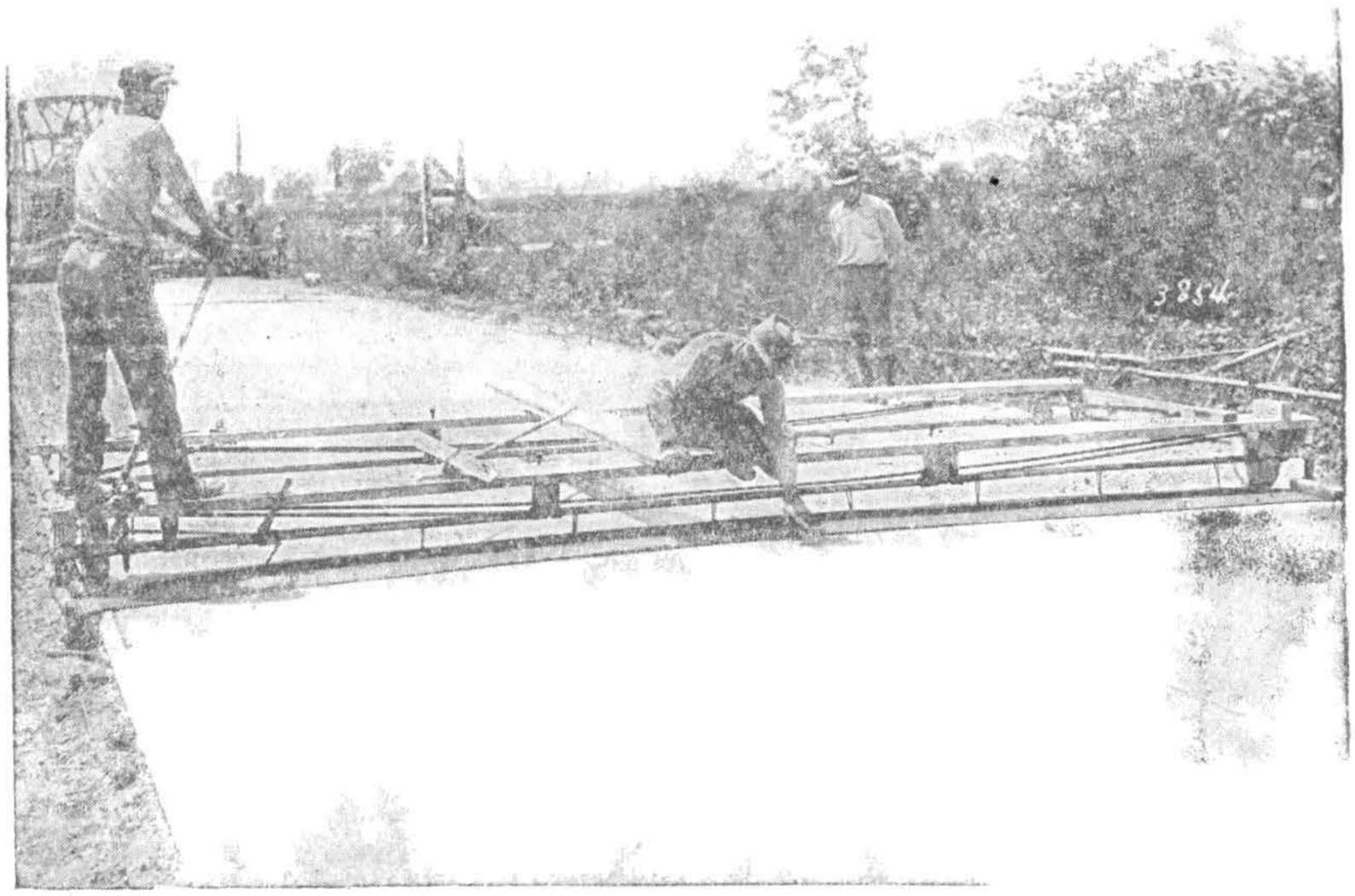


Рис. 512. Работа с передвижного мостика.

ную утрамбовку плиты невозможно. В таких случаях поступают следующим образом: бетонировку плиты производят в два слоя, причем нижнему слою дают толщину на 4—5 *см* менее полной толщины плиты, и трамбуют пневматическими трамбовками, дающими 400—700 ударов в минуту. Особенно тщательно должно производиться трамбование бетона около швов как с целью избежать повреждения соседней площади, так и в виду того, что в этом месте в бетоне возникают высокие напряжения. По последней причине необходимо тщательно трамбовать плиту и у краев. Немедленно по окончании трамбования и во всяком случае с интервалом не более получаса должен быть уложен верхний слой бетона, отделка которого производится бетоноотделочной машиной. Давая трамбующим брусом сильные удары и делая в случае надобности увеличенное число проходов машины, можно получить настолько твердую поверхность бетонной плиты, что по ней можно немедленно по окончании бетонирования свободно ходить без опасения повреждения бетона. Это позволяет очень просто и удобно выполнять работы по отделке швов, натирке отдельных мест и другие. Если же ходить по свежему бетону нельзя (при пластичном бетоне), то пользуются особым мостиком, двигающимся по боковым формам (рис. 512).

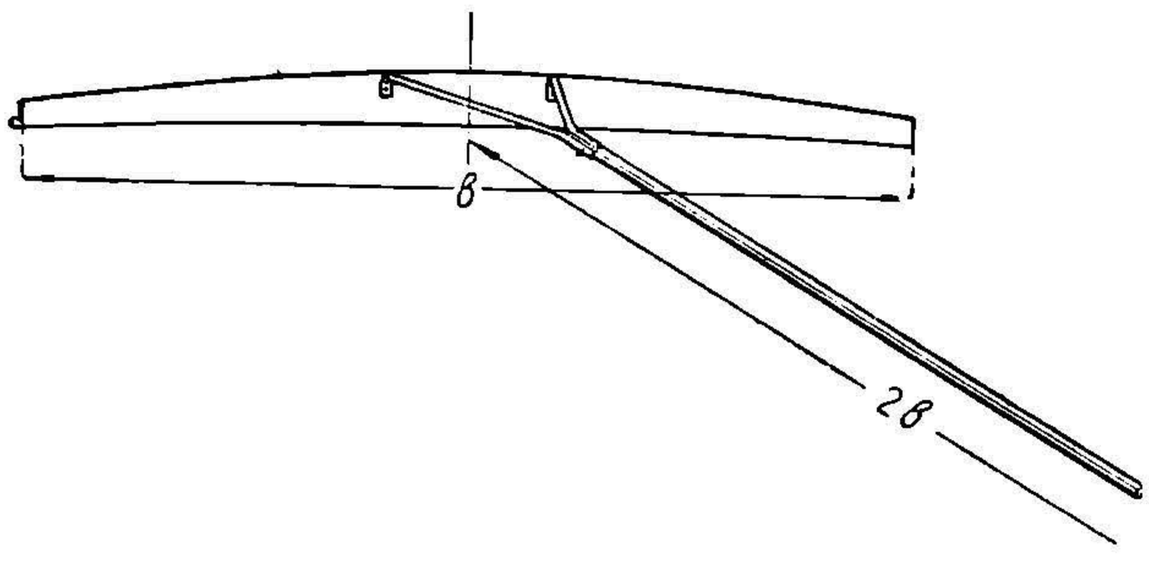


Рис. 513. Шаблон для поверки поверхности бетонной плиты.

Бетонная плита, изготовленная из пластичного бетона и получившая поверхностное уплотнение финишером, вполне пригодна для движения 5-тонных легких грузовиков на пневматических шинах; что касается плиты из землисто-влажного бетона, изготовленной, как описано выше, с применением пневматического

НБ УДУНТ (ДШТ)

трамбования, то она более прочна и может выдерживать движение 12-тонных грузовиков.

Для проверки неровностей бетонной плиты которые происходят главным образом вследствие осадки боковых форм под влиянием веса и толчков финишера, применяют легкий алюминиевый шаблон (рис. 513) с длинной ручкой, прикладываемый к поверхности плиты до окончания схватывания бетона. Исправления профиля производятся ручным катком.

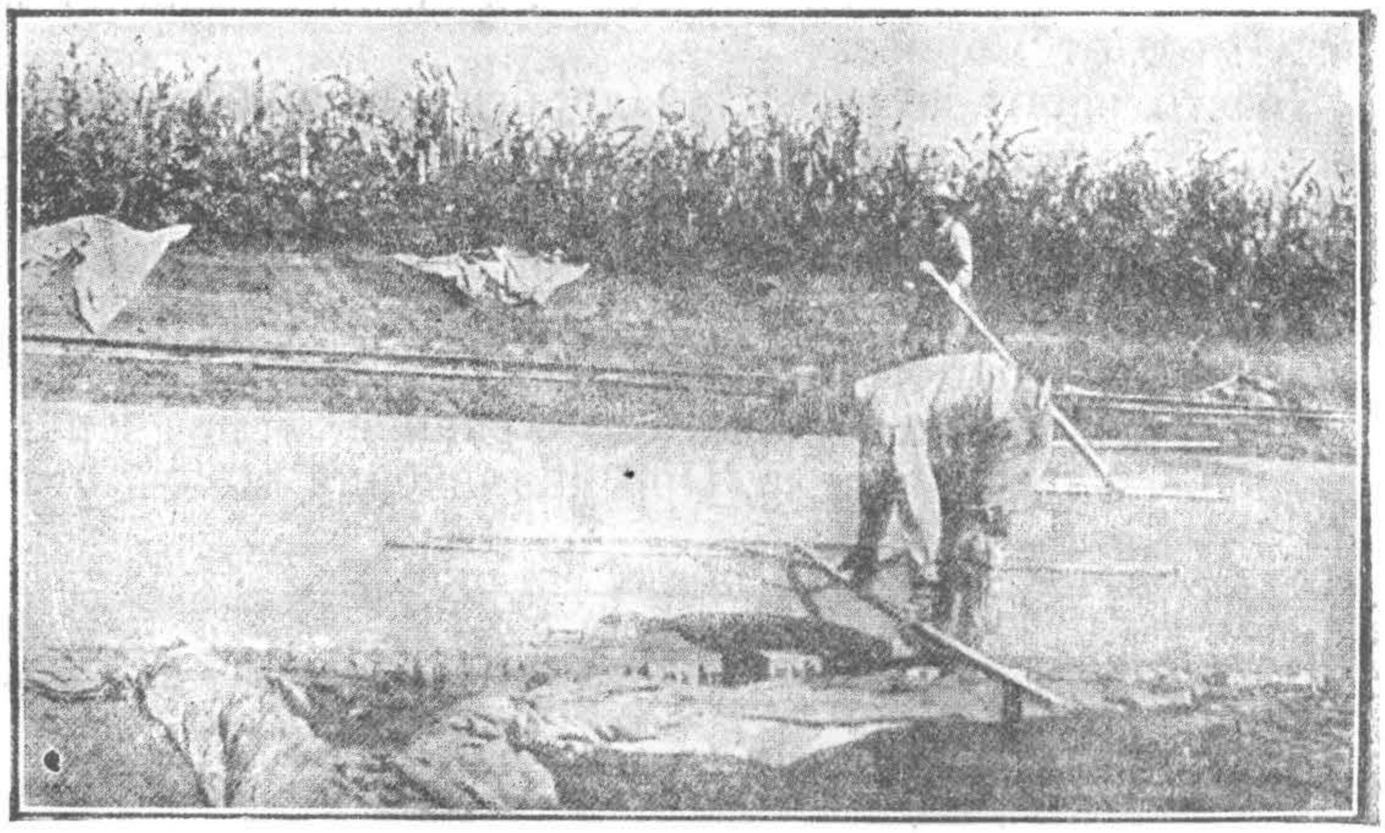


Рис. 514. Поверка поверхности бетонной плиты.

Для постройки участка бетонной дороги длиною 25 *км* в течение сезона необходимо иметь собранное в отряд следующее механическое оборудование:

субгрейдер . .	1 шт.	
бетономешалка Е-27	1 „	
финишер	1 „	
поворотный круг для автомашин	1 „	(в случае подачи инертных материалов автомобилем непосредственно в ковш бетономешалки)
рельсы-формы для финишера .	0,5 пог. *км*	
грузовые автомобили 3,5-*т*. .	15 шт.	
трактор гусеничный в 30 л. с.	1	

Г. Принятие мер для нормального твердения бетона. Для того чтобы обеспечить нормальное твердение бетона, а вместе с тем уменьшить напряжения в плите вследствие усадки (съеживания) его, ведущие обычно к образованию трещин, немедленно по окончании бетонирования участка дороги плита должна быть защищена от слишком сильного высыхания под действием ветра или солнечных лучей. Обрызгивание поверхности плиты водою из леек, при сильном действии солнечных лучей, не достигает цели, и в таких случаях рекомендуется покрывать плиту брезентом или мешками, поддерживая их во влажном состоянии. По прошествии 24 часов брезенты снимают и покрывают поверхность дороги слоем песка или грунта толщиною 5—8 *см*, который поддерживается сырым в течение 10—14 дней. При этом швы, еще не заполненные, должны быть защищены от загрязнения: перекрыты бумагой, мешками и т. п. Вместо земли можно применять опилки, солому, сено или устраивать по краям плиты и поперек земляные валики, заполняя ограждаемые ими пространства водой (рис. 515). Последний способ применим только на горизонтальных участках.

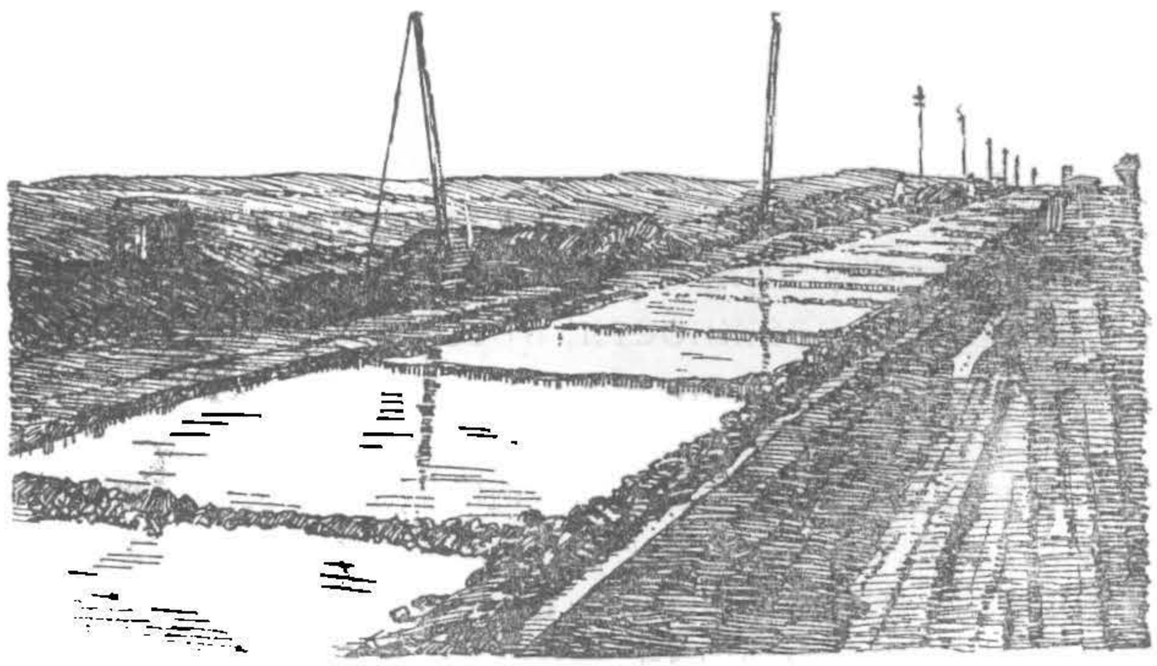


Рис. 515. Поддержание во влажном состоянии бетонной коры помощью земляных валиков.

В дождливую погоду бетонная плита в течение первых 24 часов после изготовления должна быть защищена брезентами. В случае наступления холодов поверхность дороги покрывается брезентами или картоном и поверх—слоем соломы или навоза. В последнее время в Германии начала входить в употребление пропитанная битумом специальная бумага Sisilkraft, водо- и воздухоне-

НЕ УДУНТ (ДИТ)

проницаемая. По прошествии 10 дней поверхность плиты под названной бумагой была равномерно отпотевшей. Sisalkraft защищает плиту летом от высыхания и зимою от мороза.

Место работ до передачи дороги в эксплоатацию должно охраняться и ограждаться от движения. Следы ног людей или животных должны быть вскиркованы до основания и затем тщательно заполнены. Время открытия движения по дороге в САСШ устанавливается испытанием цилиндрических образцов $d = 20$ *см*, высверливаемых из бетонной коры. Обычно в случае применения нормальных цементов передача в эксплоатацию происходит в промежуток времени с мая по сентябрь — по крайней мере через 3 недели, а с октября по апрель — через 4 недели. При применении высокосортных (быстро твердеющих)

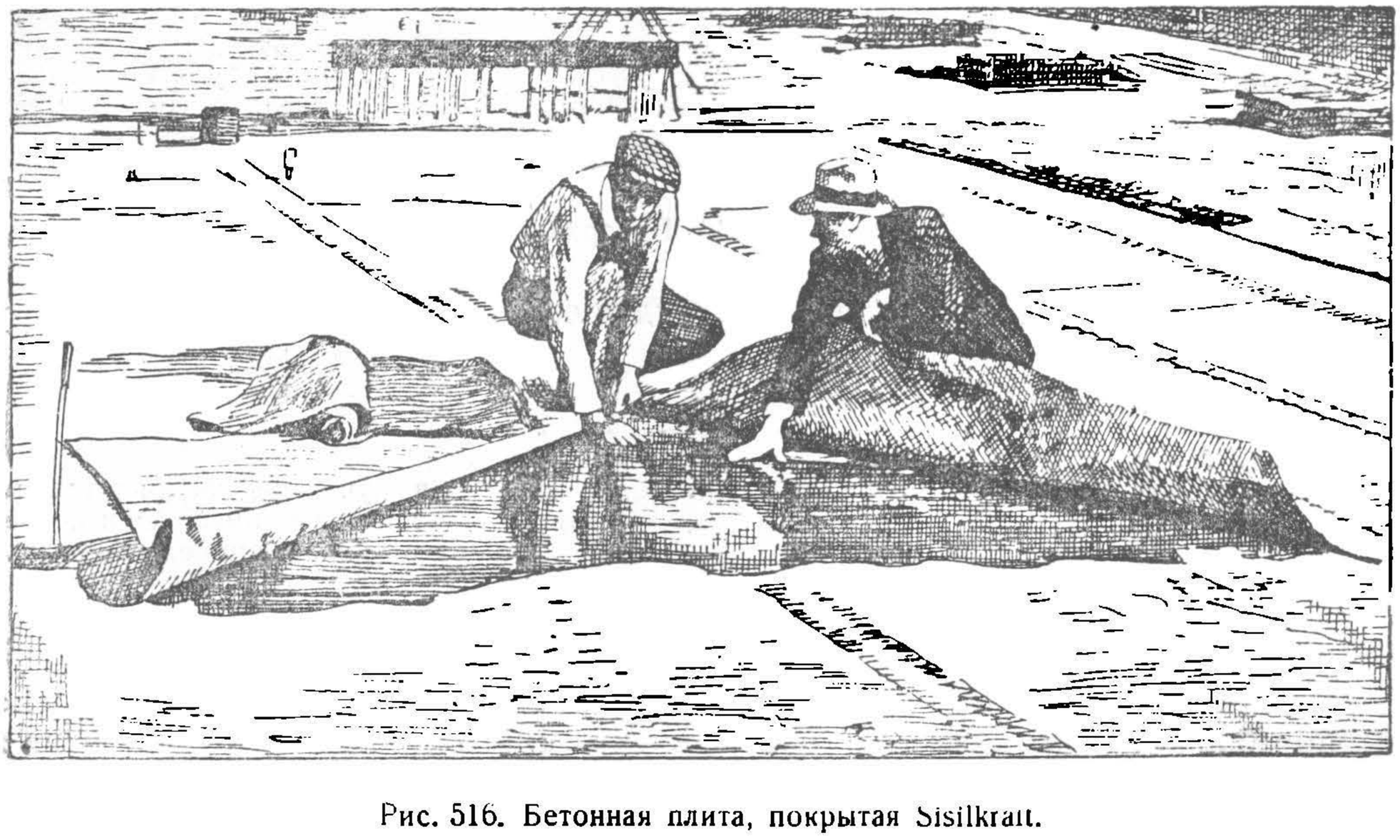


Рис. 516. Бетонная плита, покрытая Sisilkraft.

цементов движение может быть открыто через 10 дней. В целях сокращения времени закрытия дороги для движения, в последние 10 дней рекомендуется применять высокосортные цементы.

§ 185. Армирование бетонной плиты. В тех случаях, когда бетонная плита устраивается не на прочном, устоявшемся основании, а также при очень тяжелом автомобильном движении, бывает целесообразно армировать плиту для облегчения ее работы. Металлическая арматура увеличивает сопротивляемость плиты изгибу при проходе подвижной нагрузки, а также при изменениях температуры и влажности, предупреждает образование трещин и позволяет уменьшить толщину плиты.

Прогибы плиты имеют место особенно при зыбком основании. В тех случаях, когда оседание грунта происходит посредине плиты, последняя будет опираться на твердое основание по краям, в результате чего в нижних волокнах бетонной плиты возникнут растягивающие напряжения. Для предупреждения образования трещин арматуру в этих случаях укладывают в зоне растяжения, ближе к нижней поверхности плиты (2,5—5 *см*). Если же грунт даст осадку по обеим сторонам дороги, то бетонная плита подопрется посредине и будет прогибаться по краям. В таком случае напряжения на растяжения в средней части плиты возникают вблизи ее верхней поверхности; здесь должна укладываться арматура.

В тех случаях, когда заранее нельзя знать, как будет вести себя основание и где надлежит ожидать наиболее сильную нагрузку от движения, целесообразно укладывать двойную арматуру вверху и внизу бетонной плиты. При этом верхний слой бетона поверх арматуры должен иметь толщину не менее 4—5 *см*. Если бетонная плита укладывается по уже существующим дорогам,

НТБ УДУНТ (ДИТ)

имеющим твердое незыблемое основание, то в этих случаях армирования плиты не требуется.

Арматура применяется или в виде прутьев, или в виде сетки. Последние встречаются реже и употребляются главным образом при слабых основаниях. Металлические прутья употребляются круглые и ребристые, диаметром от 12 до 20 *мм*. На 1 *м* ширины дороги укладывается примерно от 6 до 10 шт. стержней небольшой толщины и в продольном направлении от 3 до 10 шт. на 1 *м*. В местах пересечений продольные и поперечные прутья соединяются друг с другом мягкой проволокой. Чтобы обеспечить правильное относительно друг друга расположение стержней арматуры, иногда пользуются особыми сборными рамами, на которых производят вязку матов. Размер матов обусловливается удобством обращения с ними. Нормальный размер — 6 × 4,25 *м*. Концы продольных прутьев укладываемых матов должны заходить один за другой примерно на 40 *см* при 13-*мм* прутьях и на 25 *см* при 10-*мм* прутьях. Вес одиночной арматуры — 1,3—2,5 *кг/м²* и двойной — до 10 *кг/м²*, вес сетки 1,3—1,8 *кг/м²*.

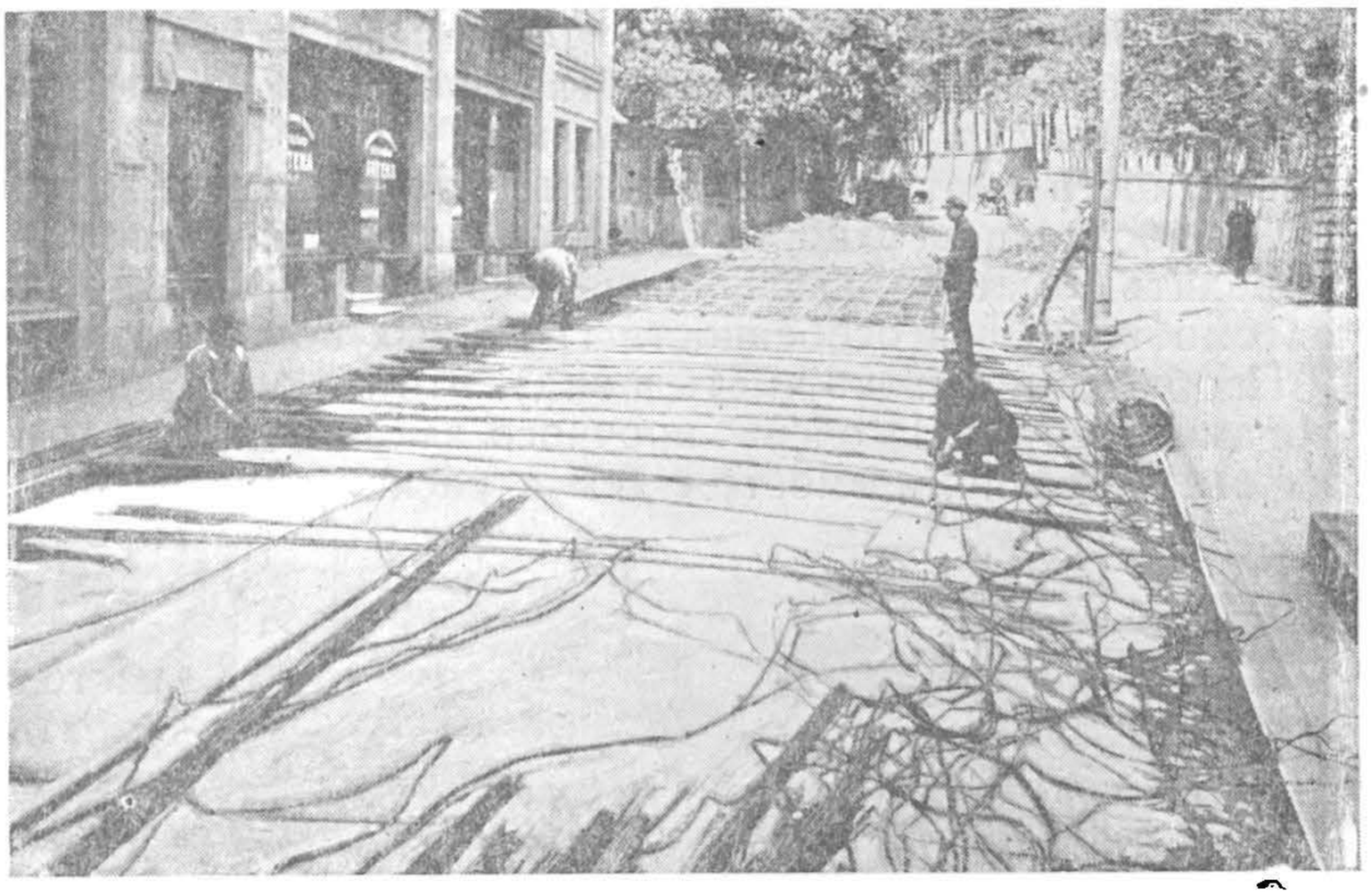


Рис. 517. Вязка арматуры.

При укладке арматуры необходимо обращать серьезное внимание на то, чтобы она заняла правильное, требуемое проектом положение. Лучше всего производить укладку арматуры на металлических подставках опирающихся на основание.

§ 186. Отделка бетонной плиты вибраторами. В САСШ в последнее время стали применять способ отделки бетонных дорог вибраторами, который заключается в следующем: после укладки бетона и уплотнения его обычным порядком, как было описано в § 184, на еще свежую поверхность плиты насыпают плотно друг к другу щебенки из твердых каменных пород крупностью 25—50 *мм*, для чего пользуются лопатами с длинными ручками или тележками, передвигающимися по боковым формам. На этот слой щебенок укладывают гибкие деревянные маты длиною 3,5 *м* и шириною 0,5 *м*, состоящие из узких продольных досок, снизу которых находятся поперечные рейки; по матам передви-

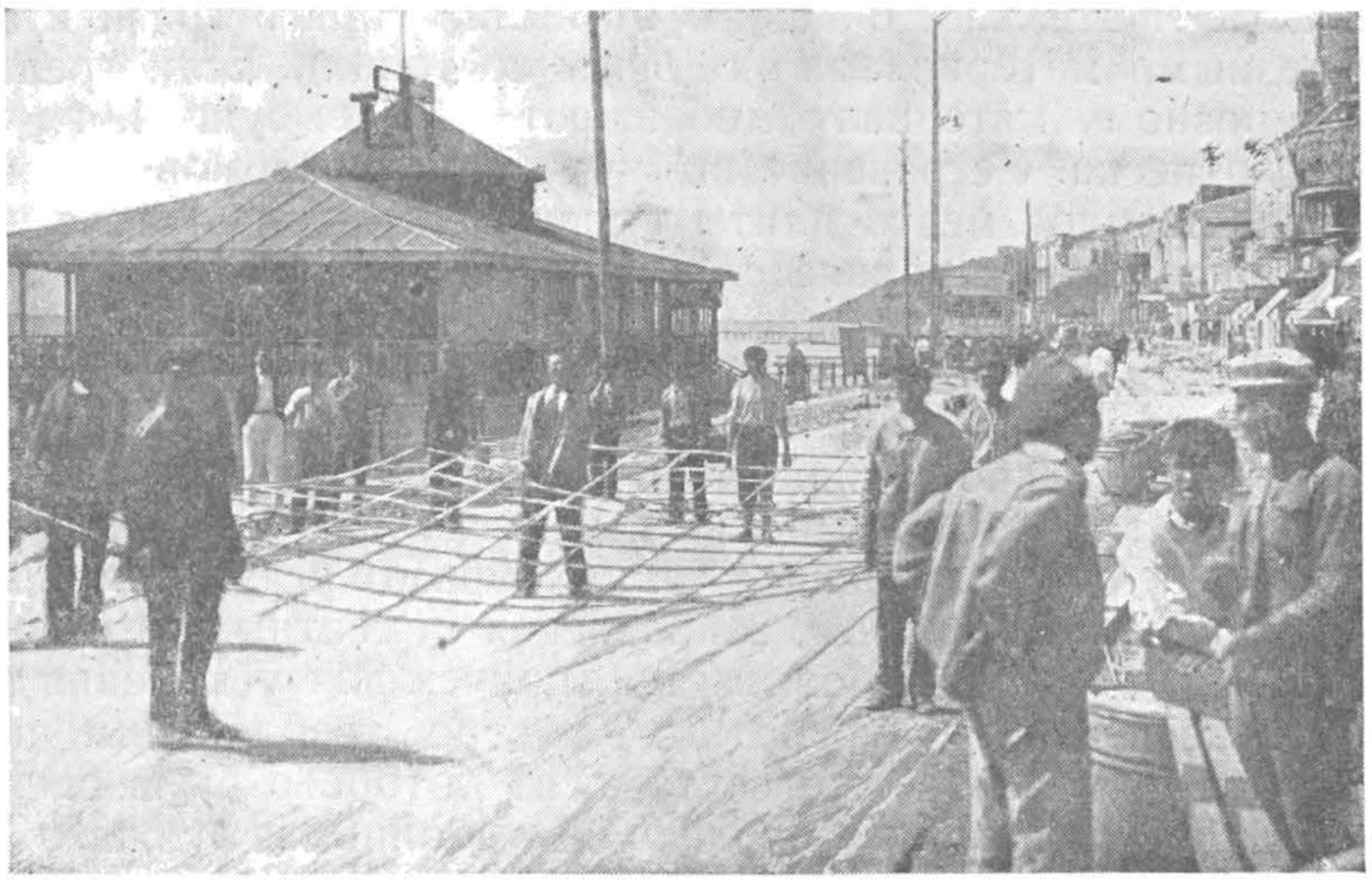


Рис. 518 Укладка мата на дорогу.

НБ УДУНТ (ДИТ)

гают вибрационную машину, состоящую из подвижного хода, на котором установлен маленький мотор, весом приблизительно 160 *кг*. Маховик мотора делается неуравновешенным, благодаря чему мотор дает вибрационные движения, передаваемые через маты на щебень. В результате слой щебня постепенно втапливается в бетон. Поверхность бетонной плиты после обработки вибратором получает вид каменной мостовой и становится настолько плотной, что по ней можно тотчас ходить; езда по такой поверхности допускается через 10 дней вместо обычных 28 дней (рис. 520). После прохода вибраторов на поверхность выступает раствор и дорога выглаживается ремнем.

Обработка поверхности бетонной плиты вибраторами преследует цель предупредить быстрое изнашивание бетона при интенсивном движении грузовых автомобилей, а в особенности груженых повозок с металлическими ободьями.

Необходимо однако иметь в виду, чго метод отделки бетонной дороги вибраторами требует: 1) очень прочного закрепления боковых форм во избежание их выпучивания, а вместе с тем и расползания бетона плиты; 2) тщательного профилирования бетонного слоя, так как после прохода вибратора бетон становится настолько плотным, что устранить неровности бывает невозможно.

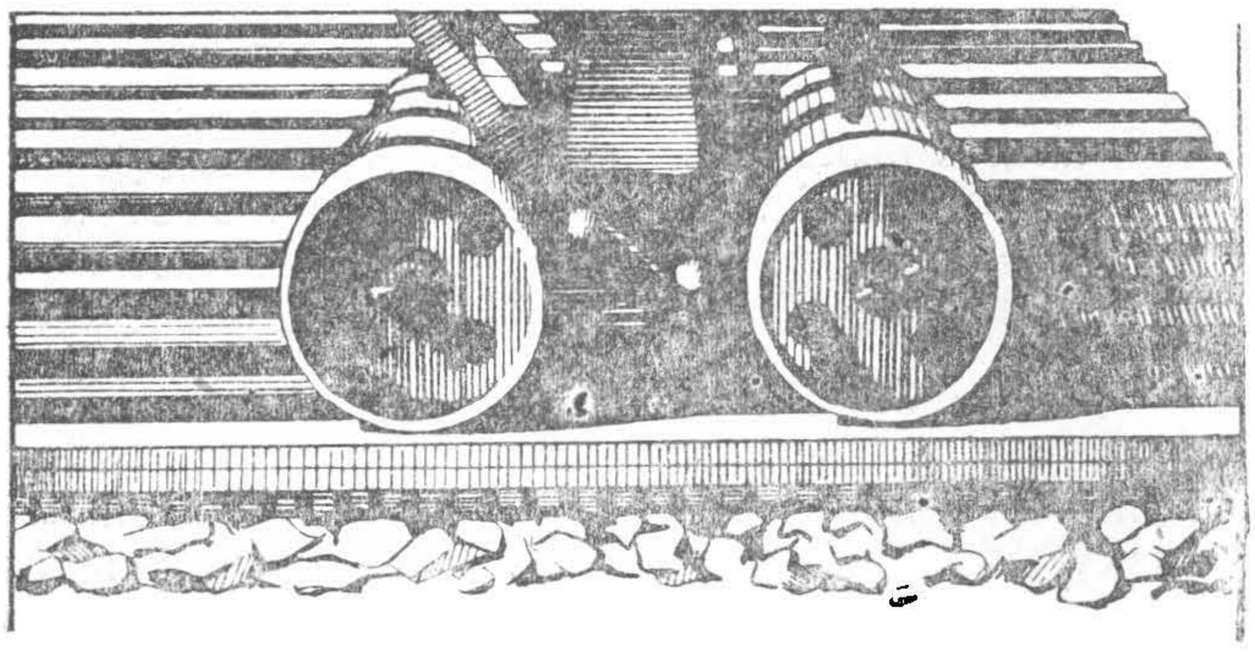


Рис. 519. Обработка поверхности бетона вибратором.

§ 187. Содержание и ремонт бетонных дорог. Содержание бетонных дорог заключается в уходе за швами и в своевременной заделке повреждений плиты. В том случае, когда повреждения бетонной плиты принимают значительные размеры и содержание при обычных затратах становится невозможным, приходится прибегать к ремонтным работам. Уход за швами состоит в пополнении заливки (заполнения) и замене изношенной от движения заполняющей части швов.

Повреждения бетонной плиты заключаются в образовании трещин, выпучиваний, изломов и выбоин. Появившиеся трещины возможно скорее должны быть тщательно очищены от пыли, сора и грязи и затем заполнены битуминозными материалами в горячем состоянии. Если трещины широкие, то к битуминозному материалу добавляют 40% высушенного перед смешиванием мелкого песка. Устранение выпучиваний и изломов плиты заключается в том, что разрушенное место плиты высекается до основания и образовавшаяся полоска очищается и заполняется смесью битума со щебнем.

Выбоины на бетонной плите будут появляться главным образом на тех участках, где в значительных размерах существует гужевое движение с повозками на металлическом ободе. При заделке выбоин последние должны быть предварительно очищены от пыли, сора и грязи и края их обрезаны вертикально так, чтобы выбоины имели глубину 8—10 *см* и резко очерченный контур. После этого разделанное таким образом углубление смачивается, обмазывается цементным раствором, заполняется цементным бетоном землисто-влажной консистенции и утрамбовывается, причем для ускорения твердения рекомендуется пользоваться высокосортным, быстро твердеющим портланд-цементом. Бетон должен быть того же состава, из которого была сделана плита. Трамбование, в целях надежного заполнения выбоины и лучшего схватывания с существующей поверхностью, должно быть повторено через четверть часа и затем полчаса.

По окончании трамбования поверхность бетона выравнивается и обрабатывается ручной теркой. Отремонтированное место покрывается слоем мокрого песка толщиною в 10 *см*, который должен постоянно поддерживаться во влажном состоянии. Через три дня по отремонтированным местам может производиться движение.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Выбоины плоские, а иногда и глубокие заполняют смесью плита или щебня с битумом, или асфальто-бетоном, приготовляемым в маленьком передвижном котле.

§ 188. Стоимость и срок службы бетонной дороги. Стоимость постройки бетонной дороги будет зависеть главным образом от степени механизации работ. По немецким данным [1] стоимость постройки одного $м^2$ в 1927/28 г. составляла 5 р. В САСШ в 1923 г. 1 $м^2$ бетонной дороги стоил 12 руб. и в 1931 г.—7 руб.

Сравнительная стоимость содержания бетонной дороги на километр в рублях по данным штата Массачузетс (САСШ) видна из следующей таблицы:

бетонные дороги	168
гудронированное шоссе	481
гравийные дороги	1 190
обыкновенное шоссе .	1 624

Сроком службы бетонных дорог на основании имеющихся опытов следует считать 20 лет.

§ 189. Преимущества и недостатки бетонных дорог. Цементно-бетонные дороги обладают следующими достоинствами:

а) большой прочностью, дающей возможность пропускать тяжелые грузы и выдерживать максимальную грузонапряженность, возможную для безрельсовых дорог;

б) большой твердостью, дающей малый износ поверхности и, как следствие этого, большой срок службы (до 20 лет) без значительных расходов на ремонт;

в) безопасностью для автомобильного движения, получающеюся в результате резкого сцепления с резиной покрышек колес автомобилей. Вследствие шероховатой поверхности бетонные дороги допускают подъемы для автодвижения до 7%, хотя встречаются случаи устройства подъемов в 11% (в Lexington), в 27% (Nürburgring) и в 29% (Los Angeles, Калифорния); шероховатая поверхность дороги сохраняется и в дождливую погоду;

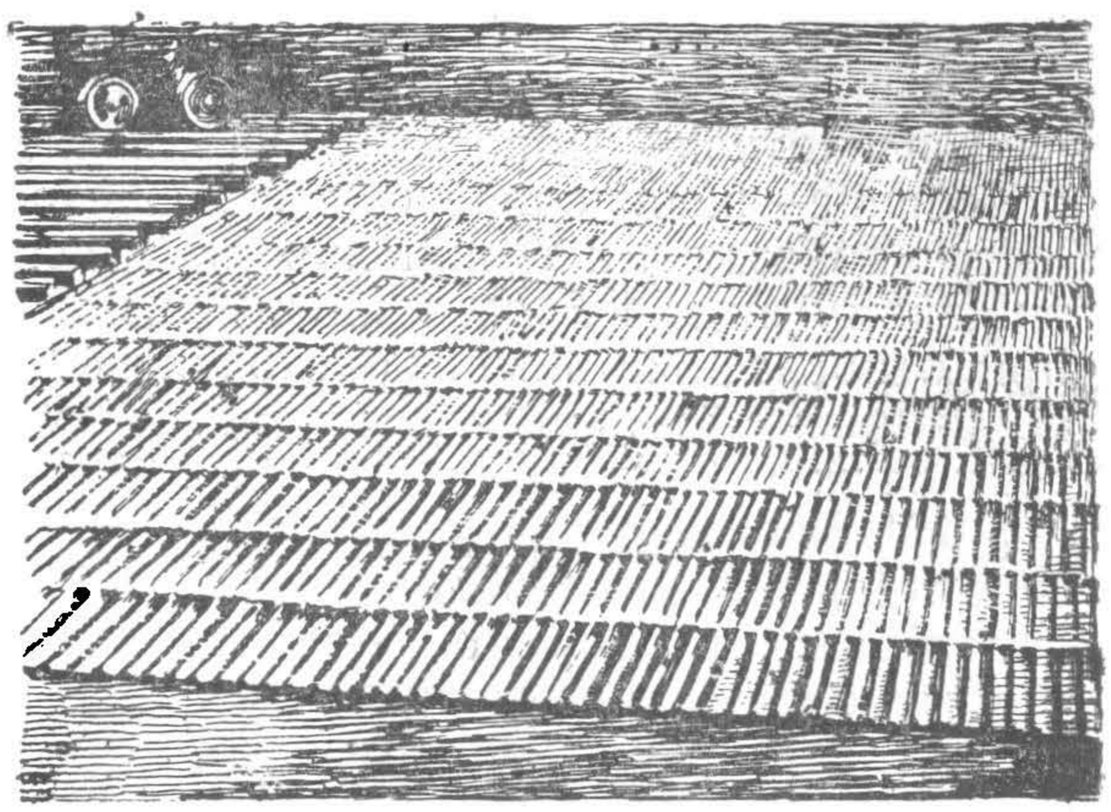


Рис. 520. Вид поверхности бетонной плиты после обработки вибратором.

г) небольшим сопротивлением движению—коэффициент сопротивления движению 0,01, в то время как для белого шоссе—0,03, для булыжной мостовой—0,05, для клинкерной мостовой—0,013;

д) полным отсутствием пыли;

е) большой водонепроницаемостью и полным стеканием воды с проезжей части;

ж) возможностью широкого применения механизации, обусловливающей быстроту постройки;

з) малым износом автомобильных шин (средний пробег шин на бетонной дороге—36 000 *км*, на шоссе—19 000 *км*, на гравийной дороге—7 000 *км*), шасси и механизма автомобиля, что дает малую стоимость перевозок.

К недостаткам бетонных дорог следует отнести:

а) трудность ломки плиты при прокладке и ремонте подземных водопроводных канализационных и других магистралей и медленное затвердевание бетона после обратной укладки, создающее длительный перерыв движения;

б) возможность разрушения плиты в случае осадки земли в канавах под плитой;

в) трудность ремонта;

г) возможность образования трещин от колебания температуры и других причин.

---

[1] Взяты из книги Рейнера „Новые методы дорожного строительства".

НБ УДУНТ (ДИТ)

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 34

Проф. Анохин. Дорожные машины. Трансиздат. 1930.
Джорджадзе. Дорожное дело в САСШ. Транспечать НКПС. 1931.
Еремин. Механизация и оборудование бетонных работ. Гостехиздат. 1930.
Клюгге. Постройка усовершенствованных дорог. Транспечать. 1929.
Макеров. Бетонные дороги. Изд. Центр. упр. местн. тр-та. 1928.
Рейнер. Новые методы дорожного строительства. Трансиздат. 1931.
Шестаков. Курс автогужевых дорог. Трансиздат. 1932.
„Die Betonstrasse" за 1931 и 1932 гг.
„Der Strassenbau" за 1931 и 1932 гг.
Merkblatt für den Bau von Betonstrassen. 1928 г.
Der Neuzeitliche Strassenbau. Teil IV. Betonstrassen. A. Kleinlogel. 1928.
U. S. Department of agriculture. Bulletin № 1077. Portland Cement Concrete Roads. 1922.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ПЯТАЯ

ЦЕМЕНТИРОВАННОЕ ШОССЕ

§ 190. Общее понятие. В последнее время за границей, особенно в Германии стали входить в употребление цементно-щебеночные дороги. Наибольшее распространение при этом получил способ „Sandwich", сущность которого состоит в том, что между двумя слоями щебня укладывается слой цементного раствора, который путем укатки вгоняется в пустоты между щебенками, отчего получается плотная бетонная корка. Толщина бетонной корки обычно 8—10 *см*, основание—щебеночное шоссе (чаще всего старое).

Как показал опыт, при хорошем исполнении получается дорога, ничем по внешнему виду не отличающаяся от цементно-бетонной, но в то же время, при относительно низких расходах на ее постройку, гарантирующая для среднего по напряженности и тяжести отдельных повозок движения достаточно долгий срок службы (грузонапряженность 3000 *m* в сутки, автогрузовики 5—8 *m* брутто).

§ 191. Производство работ и преимущества цементированного шоссе. При выборе строительных материалов для цементно-щебеночных дорог необходимо руководствоваться тем, что каток должен плотно сдавливать каменный остов, чтобы полости между щебенками получились по возможности меньше и были заполнены полностью цементным раствором, при этом щебенки не должны раздавливаться. Исходя из этих соображений щебень должен быть приготовлен из камня твердых пород (гранита, лучше базальта).

Песком можно пользоваться речным или карьерным, выбирая при этом зерна кругловатой формы. Подвижность цементного раствора в первую очередь зависит от величины и формы зерен песка. Так как более крупные пески при остальных одинаковых условиях дают более подвижной раствор, чем мелкие, то при выборе песка следует обращать внимание на то, чтобы не было слишком много мельчайших частиц (0,3 *мм*). В Германии рекомендуют, чтобы количество мелких частиц в песке (1 *мм*) было 10—30%, а количество более крупных 90—70%.

Относительно формы зерен песка следует иметь в виду, что круглозернистые пески обладают большой подвижностью и потому дают лучшую консистенцию, чем угловатые пески, применение которых для устройства цементно-щебеночных дорог не рекомендуется. Что касается формы и размеров щебня, то по наблюдениям наилучшие результаты дает щебень, приближающийся к кубической форме при величине отдельных щебенок 3—4 *см*, при которой может быть достигнута структура с сильным щебеночным скелетом и низким содержанием раствора. Уменьшение же количества раствора ведет к уменьшению в плите количества песка, что в свою очередь уменьшает истираемость таковой. Щебень указанной формы и размеров дает возможность при относительно небольшом весе катка создать хорошо закатанную поверхность, в то время как при щебне с различной величиной зерен нужно сильнее укатывать, чтобы цементный раствор мог проникнуть в слой щебня.

В тесной связи с требованиями, предъявляемыми к раствору и щебню, находится выбор катка. Во избежание раздробления щебня каток не должен быть такого тяжелого веса, как применяемый при постройке водосвязного шоссе. С другой стороны каток должен продавить вверх и вниз помещенный между

НБ УДУНТ (ДИТ)

двумя слоями щебня цементный раствор, то-есть слишком незначительный вес катка может оказаться недостаточным. Практика показала, что наиболее пригодны катки весом от 8 до 10 *т* с удельным давлением около 40 *кг*/пог. *см*. Что касается типа катка, то для достижения лучшего профиля дороги предпочтение следует отдать катку тандэм. При одинаковой ширине переднего и заднего барабанов этот каток будет давать только 2 колеи, в то время как трехбарабанный—6 колей. Глубокие колеи от барабанов при укатке получаются главным образом тогда, если слой промежуточного цементного раствора уложен неравномерно.

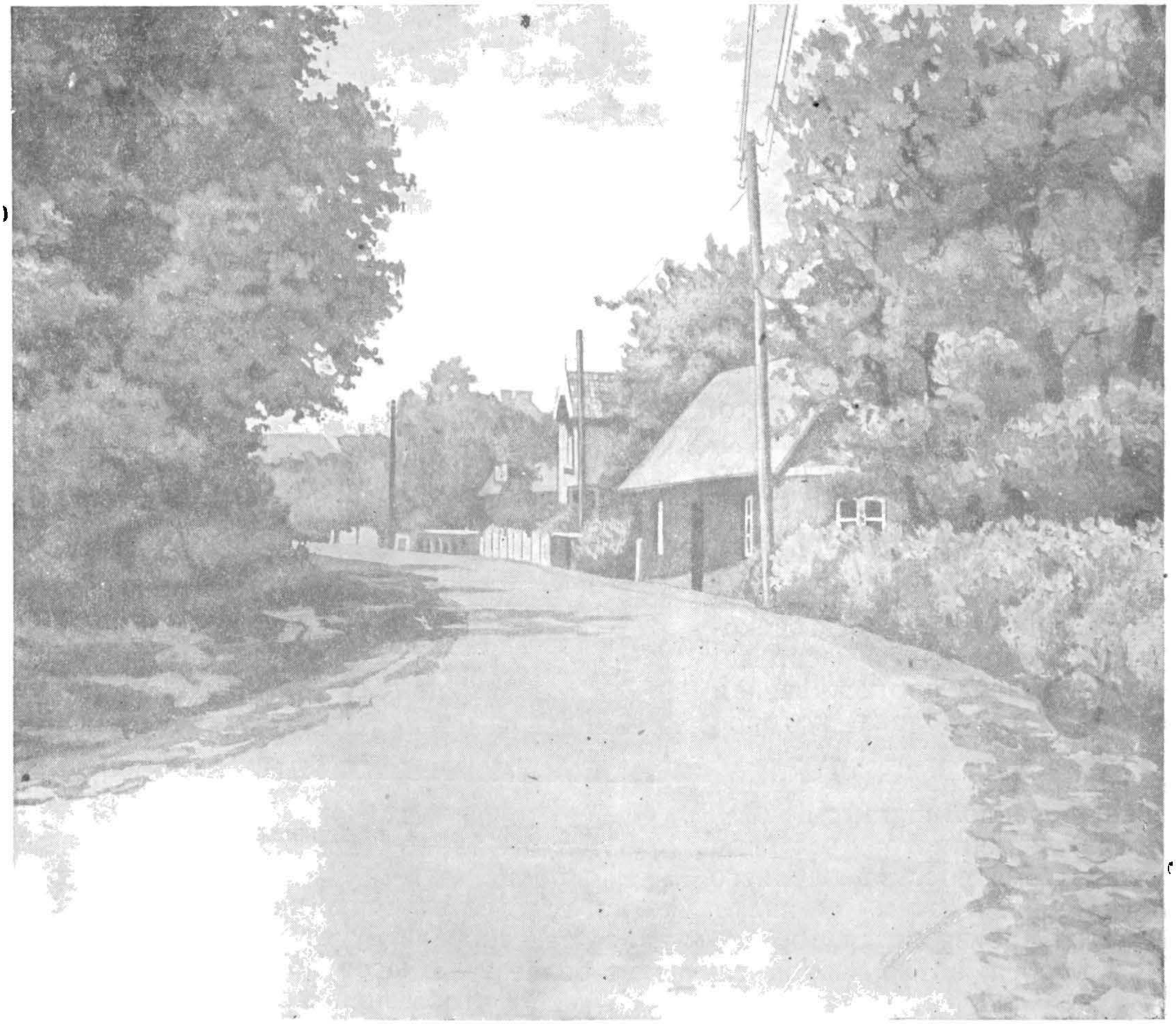


Рис. 521. Цементно-щебеночная дорога.

Цементный раствор берется в пропорции 1 2 или 1 2½. Консистенция раствора для облегчения проникания его в слои щебня должна быть пластичная.

Цементно-щебеночные дороги устраиваются толщиною в 8—10 *см*. Для того чтобы дорога при такой небольшой толщине плиты могла выдержать значительное движение, ее устраивают на щебеночном основании, обычно по старой шоссейной коре. В последнем случае дорогу очищают от пыли и производят ямочный ремонт, а в случае потери профиля или большого наличия колей и выбоин делают сплошную кирковку и затем укатку. Поперечный уклон при этом следует делать 2—3% с тем, что при поперечном уклоне верха плиты в 1,5—2% получится некоторое усиление ее к краям.

По краям проезжей части, при отсутствии поребриков, ставится боковая опалубка, делаемая обычно из брусьев, верхний конец которых кладется согласно требуемой высоте краев плиты. Назначение опалубки: способствовать приданию концам плиты определенной толщины, предохранять слой щебня от

НБ УДУНТ (ДИТ)

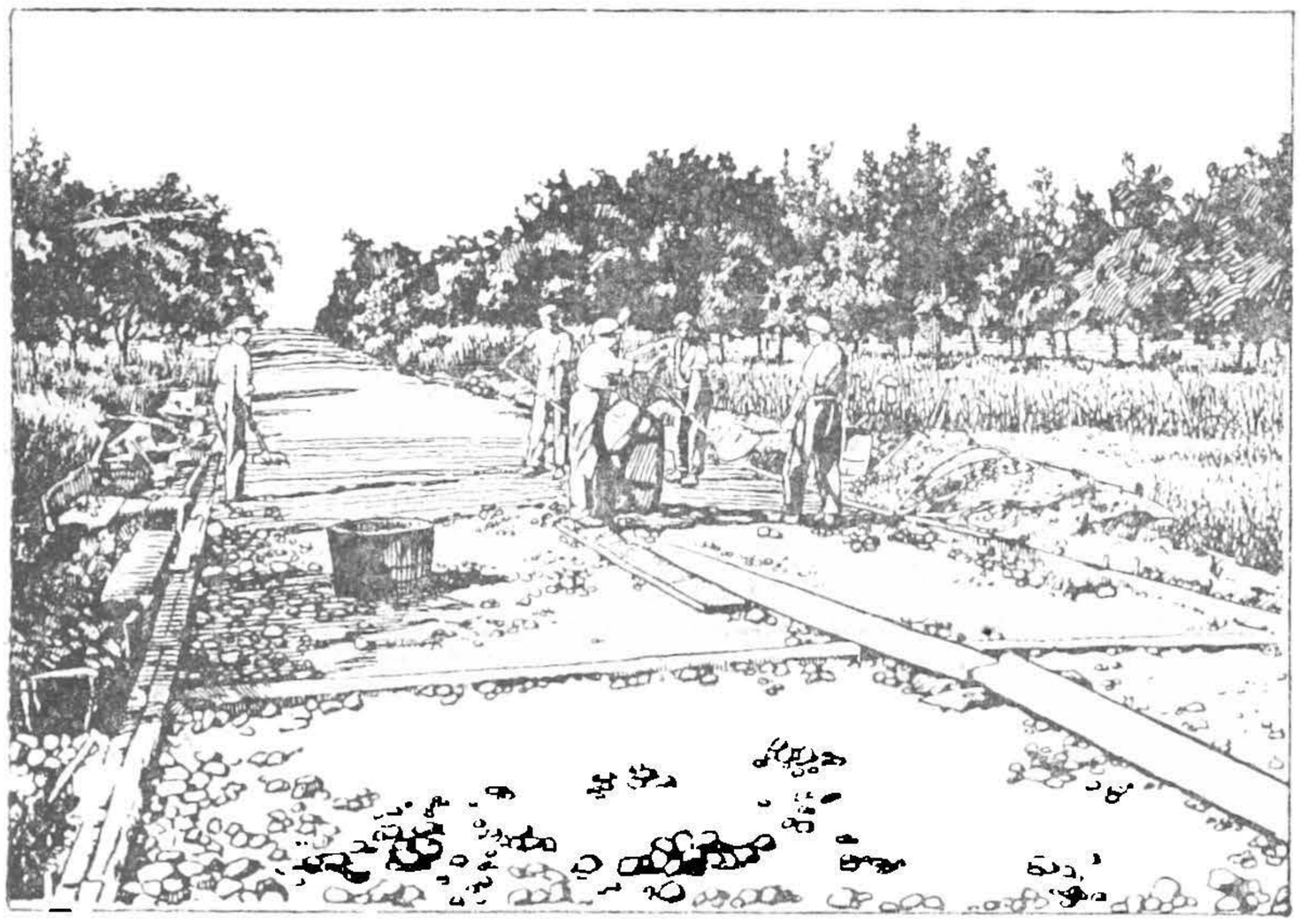


Рис. 522. Распределение цементного раствора и россыпь верхнего слоя щебня.

расползания при укатке, а также служить опорой для шаблонов, при помощи которых можно равномерно распределить раствор цемента и контролировать готовый профиль.

Как уже было упомянуто ранее, щебень рассыпается в два слоя равной толщины. После россыпи нижнего слоя щебня до нанесения раствора рекомендуется уплотнить его несколькими проходами катка.

Для приготовления раствора пользуются растворомешалками, постепенно передвигаемыми по мере производства работ. Готовый цементный раствор развозится тачками и распределяется по поверхности щебня лопатами. Для более равномерного распределения щебня, что в свою очередь гарантирует от неровностей профиля дороги, рекомендуется проверять распределение раствора прогаскиванием деревянного шаблона, которое производится так же, как при профилировке поверхности цементно-бетонной плиты (см. §184). Поверх цементного раствора производится россыпь верхнего слоя щебня, и затем начинают укатку, ведя ее от краев плиты к середине.

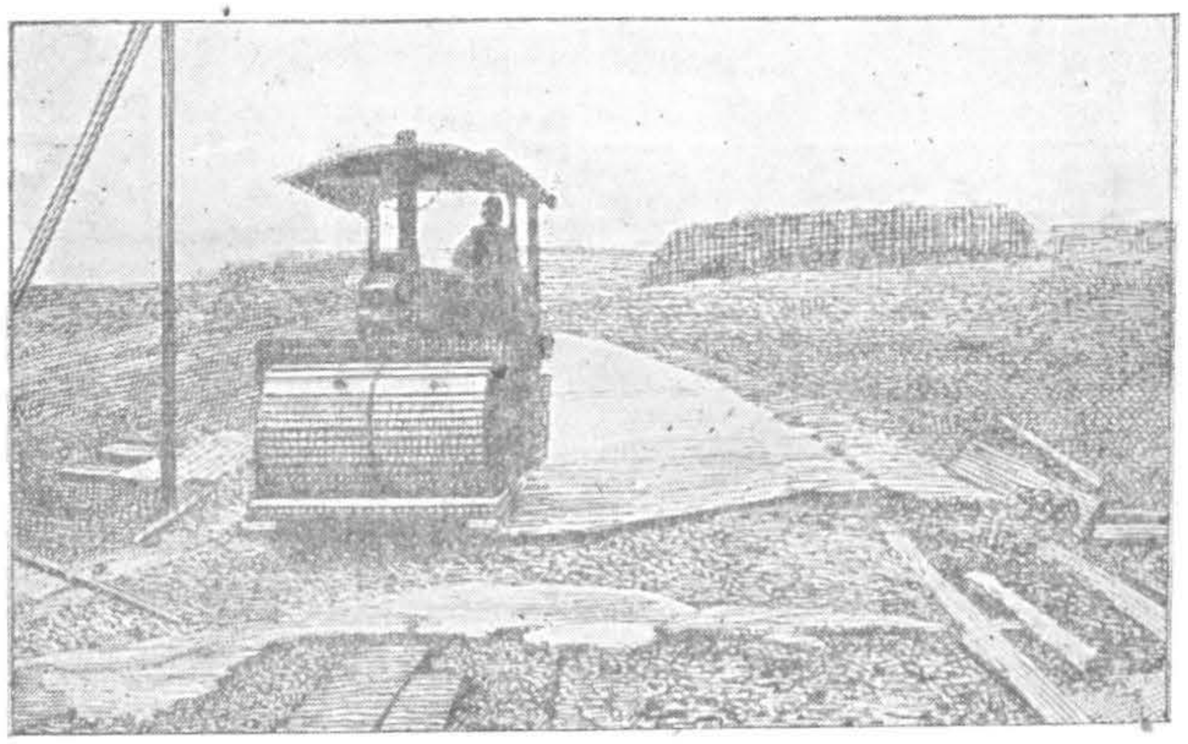


Рис. 523. Укатка по верхнему слою щебня.

Укатка производится до тех пор, пока раствор не будет выжат на поверхность дороги, но во всяком случае не более 2—3 часов по каждому участку, чтобы не помешать схватыванию цемента. Если при этом не будет происходить выжимания раствора на поверхность дороги, то необходимо увеличить его пластичность. После укатки в профиле остаются незначительные неровности, представляющие в свежем состоянии еле заметные углубления, которые можно устранить трамбованием. На выравнивание таких мест необходимо обратить особое внимание, так как неровности, как и малые волны, получающиеся при укатке, трудно распознаются на готовой дороге, после же дождя ясно выступают.

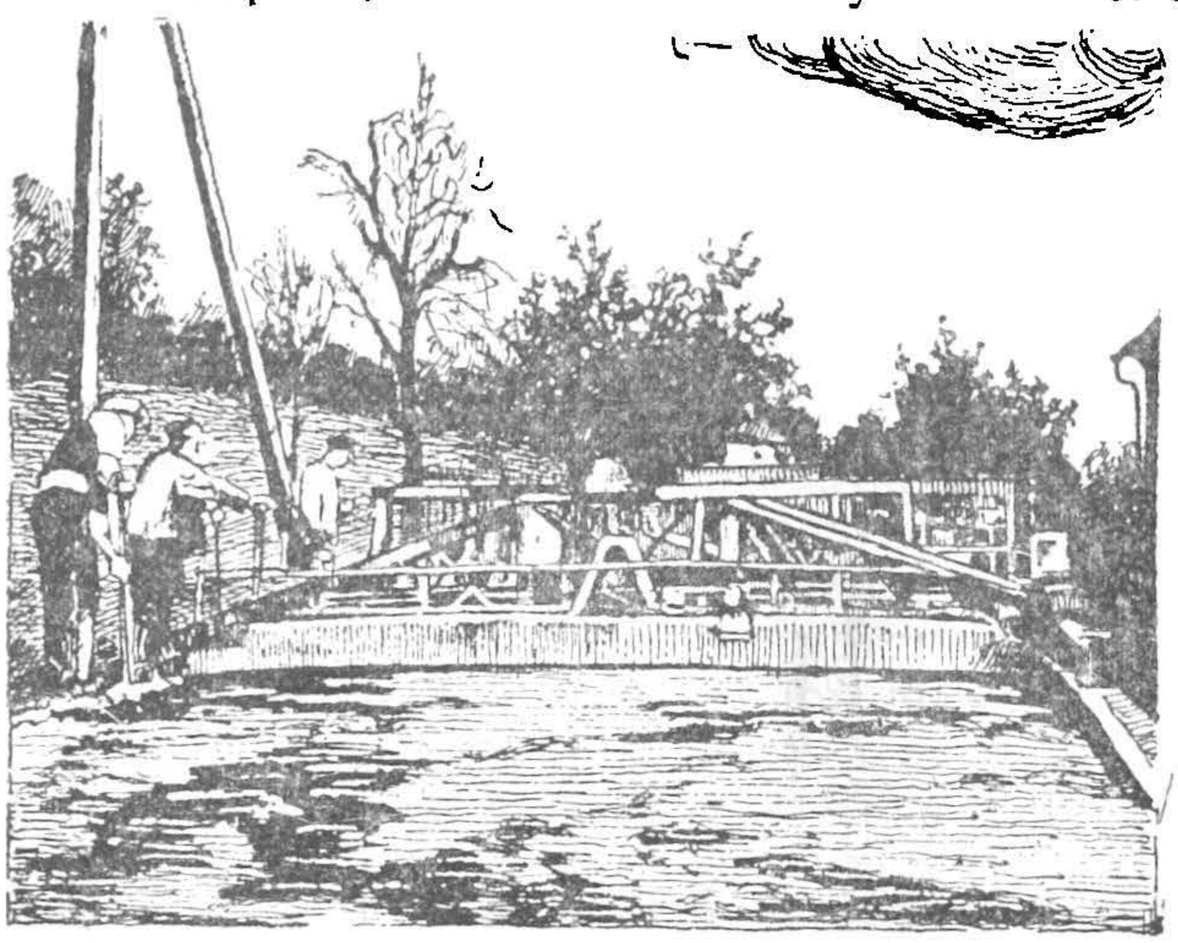


Рис. 524. Трамбовочная машина.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Избежать образования на поверхности дороги волн можно, производя вместо укатки—утрамбовку трамбовальной машиной (Hammermaschine), имеющей ряд молотков по 100 *кг*, падающих с высоты 20 *см* и ударяющих по каждому месту 16 раз. После прохода трамбовальной машины пускают отделочную машину (Strassenfertiger), которая помощью разравнивающего и ударного брусьев производит выравнивание неровностей, причиненных поверхности дороги при трамбовании.

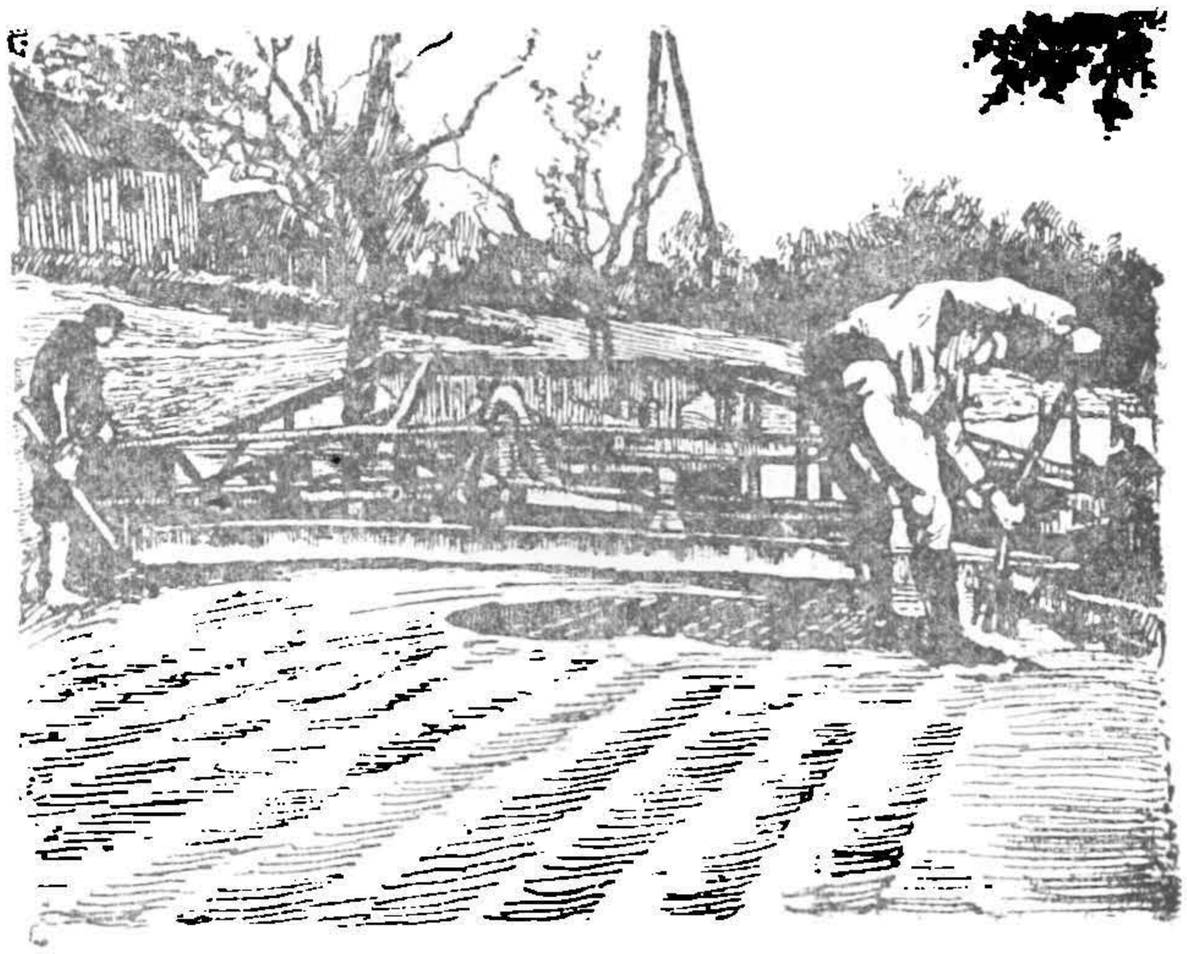


Рис. 525. Отделочная машина.

Во избежание появления в готовой цементно-щебеночной дороге температурных трещин необходимо делать швы. При ширине проезжей части до 5,5—6,0 *м* ограничиваются устройством через каждые 14—15 *м* поперечных швов путем закладки вырезанных по профилю дороги поперечных шаблонов, к которым приставляется картон. После удаления шаблонов картон остается прикрепленным к дорожной плите, а получившееся свободное пространство наполняется бетоном и вручную утрамбовывается.

Приготовленное покрытие должно, как и цементно-бетонная дорога, поддерживаться в течение 10 дней во влажном состоянии. Открывать движение при обычных цементах можно через 28 дней, а при быстро схватывающихся—через 10.

Цементно-щебеночная дорога является наиболее дешевым типом улучшенных дорог, в этом ее преимущество по сравнению с шоссе. Стоимость ее отличается только дополнительными расходами на цемент, приготовление и укладку раствора, постановку боковой опалубки и устройство швов.

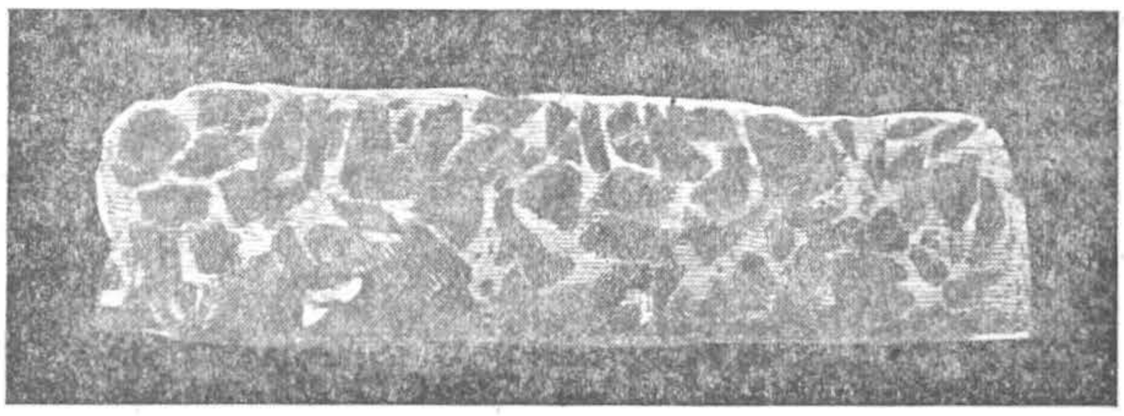


Рис. 526. Разрез цементно-щебеночной дороги.

По сравнению с другими высшими типами дорожных покрытий (цементно-бетонные, асфальто-бетонные) цементно-щебеночное покрытие выгодно отличается тем, что требует рабочей силы значительно меньшей квалификации и дает возможность производить работы без сложных механизмов.

Практика эксплоатации цементно-щебеночных дорог в Германии показала пригодность их для движения конных повозок при продольном уклоне до 10%, что значительно расширяет возможность их применения.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 35

„Die Betonstrasse“ за 1931 и 1932 гг.
„Der Strassenbau“ за 1931 и 1932 гг.
Bradley and Hancock. Modern Roadmaking. 1928.

НБ УДУНТ (ДПТ)

ОТДЕЛ XI

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ „ЧЕРНЫЕ“ ДОРОГИ

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ШЕСТАЯ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЕРНЫХ ДОРОГ

§ 192. Значение „черных“ дорог. Широкое развитие автомобильного движения предъявляет новые требования к дорожной одежде. Если наиболее распространенный тип каменных покрытый — обыкновенное (водосвязное) шоссе удовлетворяло по своей конструкции при конном движении с относительно малым давлением на колесо и незначительными скоростями движения, то с повсеместным распространением автотранспорта конструкция эта оказалась уже явно ненадежной. Автомобильное движение вызывает не только износ водосвязного шоссе, но главным образом расстройство всей коры. Вследствие значительно большего давления колес автомобиля происходит деформация шоссейного покрытия, нарушающая его связность. Вместе с тем шины колес отсасывают и выдувают высевки и расклинку шоссе. Это отсасывание и выдувание каменной мелочи влечет за собой расстройство всей шоссейной одежды. Истирающиеся щебенки мало-по-малу приобретают вместо угловатой округлую форму, в чем легко убедиться на старых шоссе, бывших долго под проездом.

Сила сцепления щебенок в обыкновенном шоссе вообще не велика и в значительной степени зависит от атмосферных влияний. Благоприятна для нее известная степень влажности покрытия; при чрезмерной же сухости, как и при сильной увлаженности, сцепление теряется, и отдельные щебенки под действием проезда начинают сдвигаться.

Применение для щебеночных покрытий связующих органических материалов — битумов и каменоугольных дегтей, вносимых различными способами, — имеет целью увеличить несущую способность всей одежды.

Присутствие связующих материалов ослабляет внутреннее трение в щебенках, усиливая сцепление между частицами каменного материала. и вместе с тем придает одежде эластичность, которая в большей степени обеспечивает возможность упругих деформаций, необходимых для поглощения живой силы движущихся повозок.

В то же время применение битумов и дегтей уменьшает износ от истирания каменного материала, обеспыливает дороги, не допускает выпавшую воду проникать в одежду и к основанию.

Создание тонкой корки износа из связующего и минерального материала на шоссейном основании дает возможность создать дешевый тип усовершенствованной дороги при небольших капитальных затратах.

Новые методы применения черных связующих материалов появились в результате опытов, которые имели целью борьбу с дорожной пылью на шоссе. Борьба эта одно время сделалась лозунгом дорожной техники на Западе, главным образом во Франции, и первые мероприятия по применению черных связующих материалов были проведены в 1901—1902 гг. после опытов, проделанных в Монако по инициативе доктора Guglienminetti.

В то время опыты преследовали лишь задачу связать образующуюся пыль. Эффект применения связующих материалов продолжался иногда всего несколько дней. В дальнейшем методы применения связующих материалов изменились: этими материалами стали заполнять швы и пустоты в каменной коре с целью уменьшения износа поверхности. В связи с выявившимися благоприятными результатами, особенно при автомобильном движении, применение связующих

РЕПОЗИТОРИЙ ДГТУ

материалов тем или иным способом получило широкое распространение для целого ряда типов дорожного покрытия.

В пределах СССР черные дороги получили распространение лишь в последние годы (с 1928 г.)

По наметке второй пятилетки предположено построить этого типа дорог следующее количество:

Таблица 162

План строительства

черных дорог в СССР во вторую пятилетку (в км)

Типы покрытия \ Год пятилетки	1933	1934	1935	1936	1937	Всего за 5 лет
Поверхн. обработка и пропитка	15	405	750	1530	3400	6100
Асфальто-бетон	—	22	30	60	113	225 [1]

§ 193. Классификация черных дорог. Все „черные дороги" по цвету применяемых связующих материалов, по способам их применения, и по конструкции покрытий можно разделить на следующие основные типы:

1) Поверхностная обработка шоссе (см. рис. 527). Щебеночное шоссе очищается от пыли и грязи, покрывается тонким слоем связующего материала, битума или дегтя, поверх которого рассыпается и укатывается мелкий дробленый

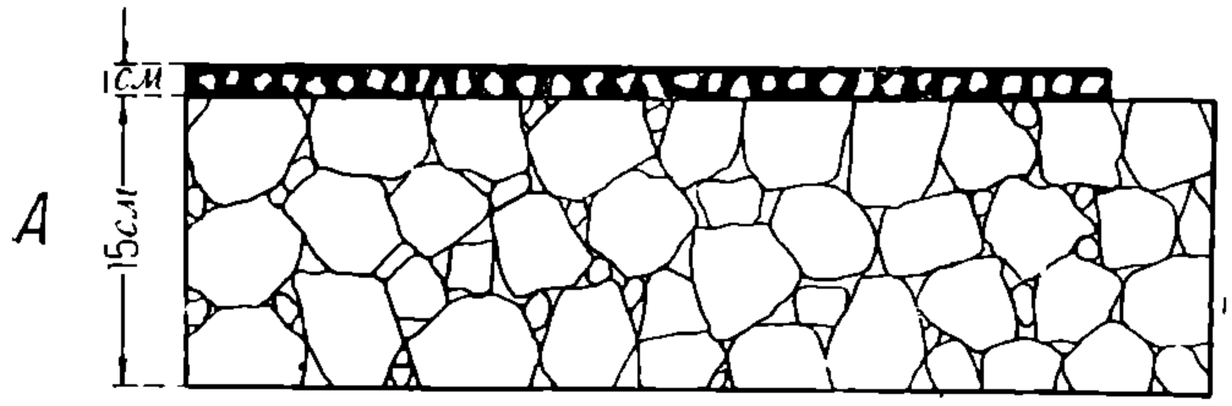


Рис. 527. Схема типа шоссейного покрытия с поверхностной обработкой.

каменный материал. Такая обработка шоссе имеет в виду уничтожить вредное влияние колес автомобиля или тяжелых повозок, расстраивающих водосвязное шоссе. Уменьшается износ камня и пылеобразование. По мере износа, поверхностная обработка систематически повторяется; иногда обработка делается двойная для увеличения срока службы покрытия.

2) Пропитка шоссе связующими материалами, или иначе обработка методом проникания (см. рис. 528). При устройстве нового шоссе или при утолщении старого свежая россыпь щебня после укатки поливается связующим материалом—битумом или дегтем. Затем рассыпается и укатывается расклинка, поверх которой вновь разливается связующий материал; далее рассыпаются и укатываются высевки. Часто вместо двух разливов связующего материала делают три, при том же суммарном количестве Этот способ имеет целью увеличить связность между щебнем в шоссейной одежде, уменьшить износ каменного материала, сделать покрытие упругим и водонепроницаемым.

3) Полупропитка (полупроникание) свежей россыпи. Первый разлив делается после укатки не только щебня, но и расклинки, поэтому в слой

---

[1] Количество асфальто-бетонных дорог взято в размере 75% от намеченного по плану количества дорог: асфальто-бетонных, цементно-бетонных и клинкерных.

НБ УДУНТ (ДИТ)

щебеночной одежды проникает меньше связующего материала и на меньшую глубину (экономия на материале). Затем рассыпаются мелкие высевки, после укатки которых делается поверхностная обработка связующим материалом. Этот тип покрытий более дешевый, но и срок службы его меньше предыдущего.

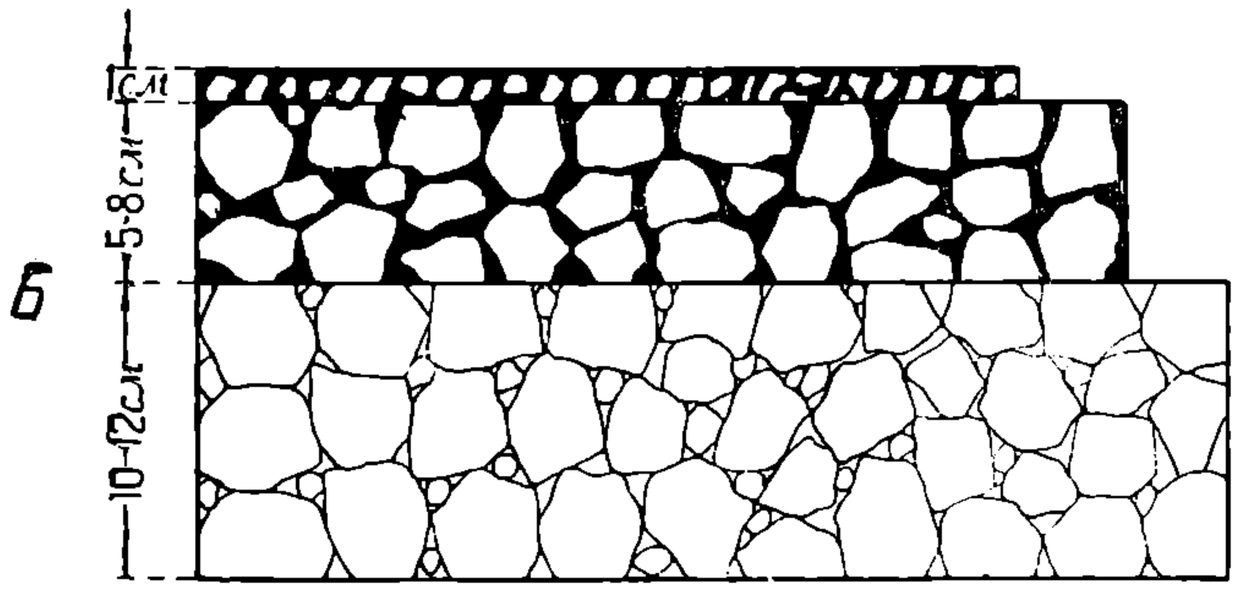


Рис. 528. Тип шоссейного покрытия с обработкой способом пропитывания.

Некоторою разновидностью метода полупропитки является способ улучшения старых (деформированных) водосвязных шоссе, имеющих однако достаточную толщину. В этом случае шоссе вскирковывается на толщину наибольших деформаций, вскиркованный щебень выравнивается, а поверх добавляется свежий щебень, слоем в 4—5 *см*. После укатки рыхлого щебня производится разлив связующего материала. Так как слой свежего щебня небольшой, а ниже него находится старый щебень с каменной мелочью и пылью, то проникание материала может происходить лишь в границах свежей россыпи, т. е. на глубину 3—4 *см*. Дальнейшей ход работ такой же, как описан выше. Этот способ, получивший название „Фанера", рационален в тех случаях, когда основная кора достаточной толщины и прочности и необходимо лишь уменьшить ее поверхностный износ.

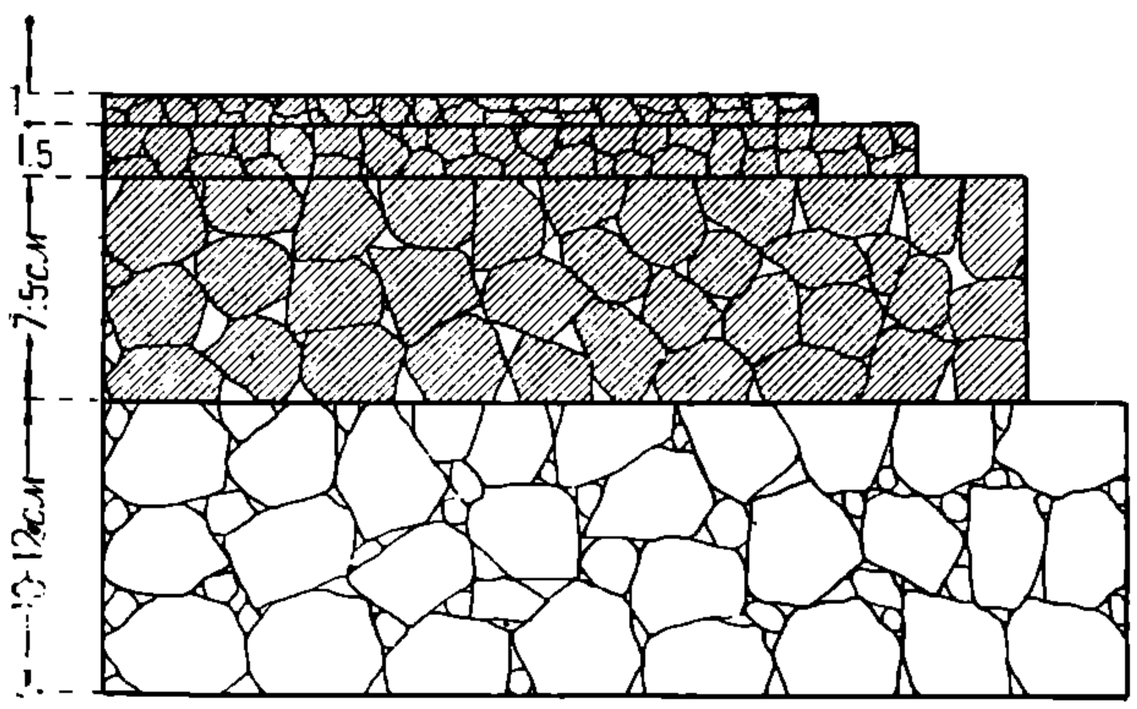


Рис. 529. Схема покрытия с укладкой черного щебня холодным способом.

4) Дегтевое или битумное шоссе (термакадам или асфальт-макадам) (рис. 529). Щебеночный материал по фракциям смешивается заранее или на месте работ с дегтем или разжиженным битумом. Приготовленный таким способом черный щебень обычно в холодном виде укладывается на шоссе и укатывается. Расклинка применяется также предварительно смешанная со связующим материалом. После укатки расклинки производится разлив связующего материала по способу поверхностной обработки и россыпь мелких высевок. Конструктивное преимущество этого типа шоссе по сравнению с обыкновенным заключается в том, что связность между отдельными щебенками значительно увеличивается и покрытие лучше противостоит расстройству при напряженном движении автомобилей. Кроме прочности, монолитности и большой упругости, покрытие приобретает свойство водонепроницаемости. Износ каменного материала уменьшается. Поверхность покрытия шероховата, не скользка и удобна для движения.

5) Дегтевое или битумное шоссе, построенное методом смешения (рис. 530). В этом случае связующий материал тоже смешивается с каменным материалом. Отличие от предыдущего способа заключается в том, что каменный материал

НБ УДУНТ (ДИТ)

смешивается со связующим и затем укладывается на дорогу не отдельными фракциями, а в виде смеси, состоящей из различных фракций в определенной дозировке. Иногда к каменной дробленой мелочи добавляется песчаный материал, что делает одежду менее пористой, приближающейся к асфальтовым покрытиям. Минеральная смесь, смешанная в специальных машинах со связующим материалом, в горячем виде укладывается на твердое основание полотна. После укатки одежда подвергается поверхностной обработке.

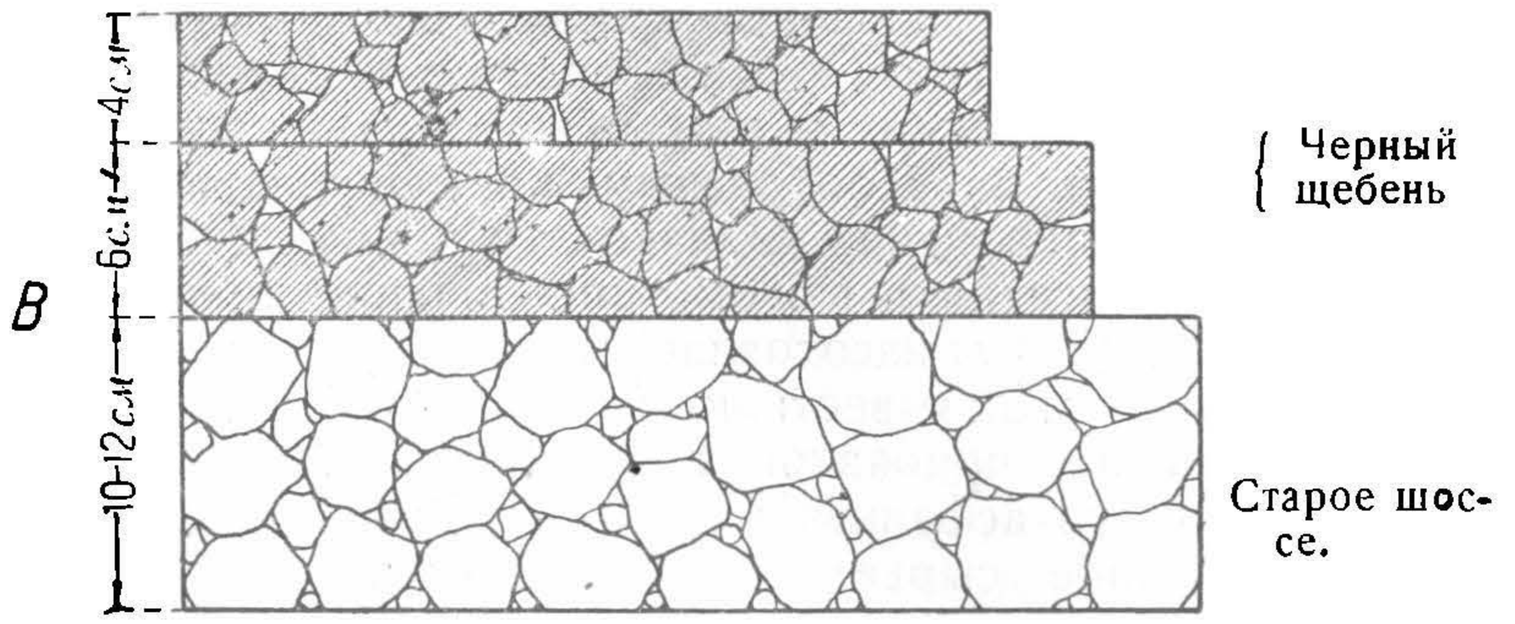


Рис. 530. Тип покрытия с применением черного щебня.

Особенности и преимущества этой конструкции — те же, что и для предыдущего типа. Однако, не надо забывать, что укладка материала возможна лишь в горячем виде, так как при остывании происходит слипание материала, которое исключает возможность его укладки и разравнивания.

6) Асфальтовый бетон (см. рис. 531) представляет собой рационально подобранную смесь дробленого каменного материала, песка, заполнителя и битума, приготовленную в специальной машине, в которой производится нагревание материалов, отвешивание в нужной пропорции и перемешивание. Горячая смесь в один или два слоя укладывается на твердое основание и укатывается. Асфальтовое покрытие прочно, долговечно, весьма плотно и практически водонепроницаемо — это один из наиболее совершенных типов, допускающих максимальное движение тяжелых повозок.

7) Песчаный асфальт (рис. 532). Песчаный асфальт — соответствующим образом подобранная смесь песка, заполнителя и битума. Иногда в эту смесь кроме того добавляется некоторое количество каменного дробленого материала,

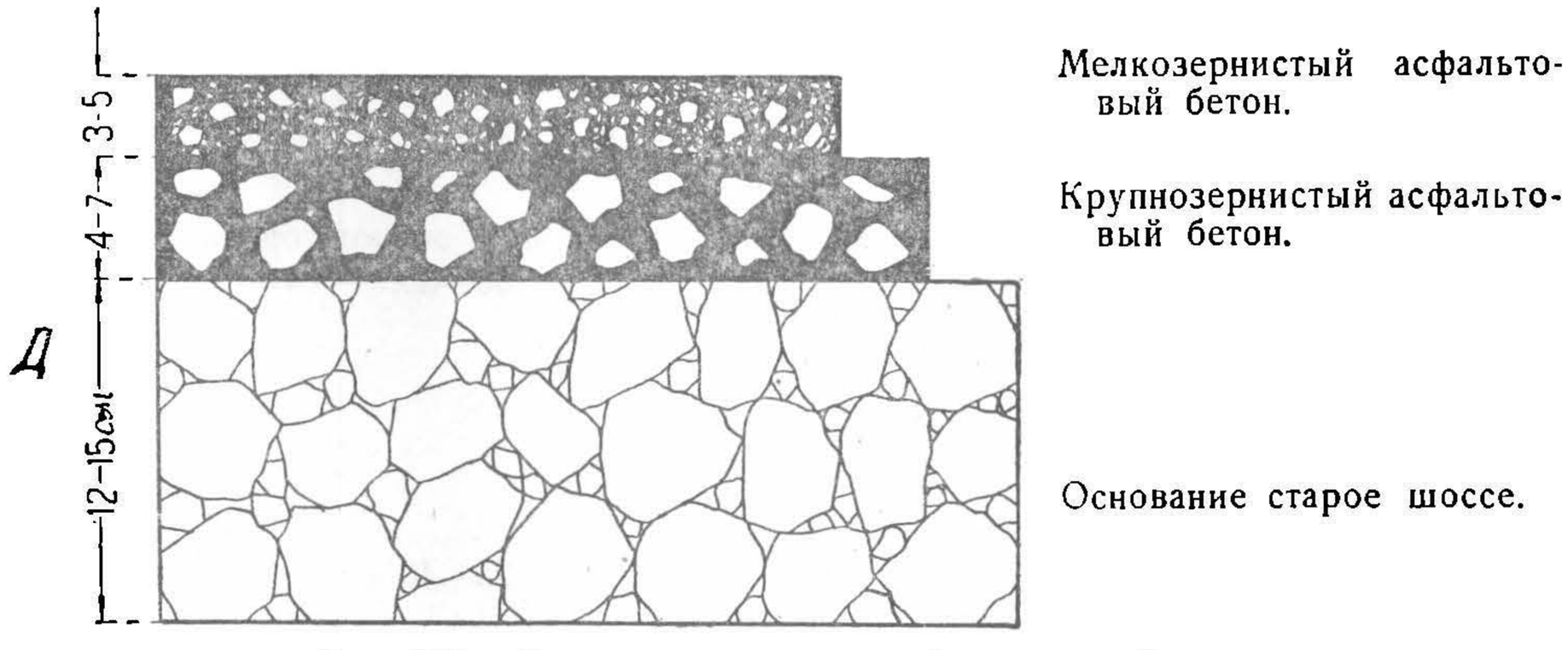


Рис. 531. Схема покрытия из асфальтового бетона.

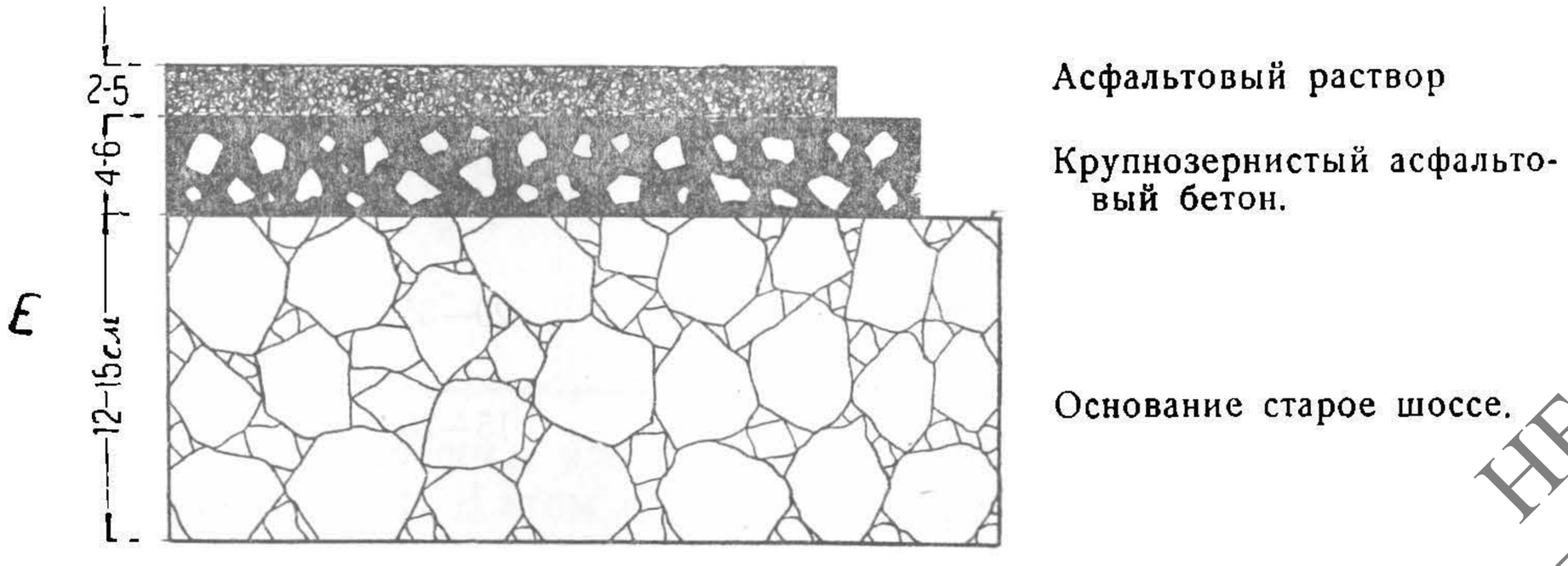


Рис. 532. Схема покрытия из асфальтового раствора (песчаного асфальта).

НБ УДУНТ (ДИТ)

назначение которого создать скелет в мелкозернистой массе и этим увеличить ее устойчивость. Горячая масса песчаного асфальта укладывается на прочное основание и укатывается катком. Песчаный асфальт обладает в основном теми же достоинствами, что и асфальтовый бетон. Отличительной особенностью его является отсутствие в нем обычно каменных дробленых материалов, что делает особенно целесообразным применение песчаного асфальта в районах с недостатком последних. Однако это преимущество часто скрадывается необходимостью применять в этом типе большие количества битума и заполнителя.

8) Литой асфальт изготовляется из смеси мастики (измельченная асфальтовая порода или простой известняк, сваренный с битумом в количестве не менее 15%), песка и гравия с прибавкой в количестве 1,5—2% чистого битума. При изготовлении литого асфальта на центральных установках вместо мастики применяется исходное сырье, т. е. измельченный асфальтовый или обыкновенный известняк и битум. Литой асфальт легко изготовляется в малом количестве, при несложном оборудовании. Особенностью его является высокое содержание в нем битума, благодаря чему получается плотная и пластичная масса, которая укладывается в покрытие без последующей укатки. Но эта же пластичность литого асфальта делает покрытие менее устойчивым в отношении температурных влияний. Кроме того, вследствие избытка битума легко происходит образование волн и раскатывание покрытий в стороны под действием проезда. Для увеличения устойчивости применяют более жесткий битум, а вместо окатанного песка и гравия — дробленый остроугольный каменный материал.

Перечисленными типами далеко не исчерпываются покрытия с применением черных связующих материалов,— о других подробно будет сказано далее.

Ориентировочная классификация, с экономическими показателями, дана в следующей таблице:

Таблица 163

Сравнительная классификация усовершенствованных дорог

Тип дороги	Напряженность движ. брутто в день	Сравнительная стоим. постройки $м^2$ в рубл.	Сравнительная стоим. содержания 1 $м^2$ в год в копейках	Приблизительный срок службы при среднем движении для данного типа дороги
1) Щебеночное шоссе с поверхностной обработкой черными материалами . .		5—8 из них обраб. около 1 рубля	30—50 к.	
а) одиночная	400—1 200	5,5—9,5 из них обраб. около 1,50	30—50	4—10
б) двойная				
2) Внутренняя обработка шоссе черными материалами при свежей россыпи щебня смеси до 10 *см*				
а) способ полупроник.	600—2 400	4—7	25—40	5—12
б) способ проникания .				
3) Внутренняя обраб. шоссе черными материалами при ремонте старого шоссе с россыпью свежего щебня на толщину до 5 *см*	500—2 400	3—4	30—50	5—10
4) Дегтевое или асфальтовое шоссе, способ смешения (россыпь до 10 *см*.)	1 200—2 400	5—8	20—35	8—12
5) Холодный асфальт типа Дамман (без основания)	1 000—2 000	6 - 8	15—25	6
6) Асфальтовый бетон (без основания) и песчаный асфальт со связующим слоем	1 500 и более	12	10—35	15—20

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ **194. Выбор типа черных дорог.** Выбор типа усовершенствованных дорог зависит от многих факторов, из них основными являются:

1) Напряженность движения. Степень напряженности движения определяет рациональный выбор покрытия. В таблице 163 приведены ориентировочные данные перспективной напряженности для разного типа дорог. При этом нижний предел грузооборота показывает на экономическую целесообразность перехода на тот или иной тип дороги; верхний предел отмечает напряженность, при которой по техническим условиям ремонтного содержание становится необходимым перейти на более сильный тип покрытия.

2) Тип повозок и вес автомобилей, проходящих по данной дороге. Вес автомобилей определяет главным образом толщину одежды. Следует предусмотреть, предполагается ли конное или преимущественно автомобильное движение на данной дороге, и в зависимости от этого выбирать тип покрытия. При конном движении происходит особенно сильный износ покрытия от подков лошадей и узких шин конных повозок, следовательно нужен тип покрытия с более прочной и вместе с тем более шероховатой поверхностью. При преимущественном автомобильном движении надо позаботиться о прочности основания вследствие большого давления колеса или усилить конструкцию покрытия.

Ниже, в табл. 164, приводим ориентировочные пределы применения различных типов черных дорог в зависимости от напряженности и характера движения.

Таблица 164

Пределы применения различных типов черных дорожных покрытий

Напряженн. движения брутто в день / Характер движения	До 1000 тонн	До 1 500 тонн	Больше 1 500 тонн
I. Легкое движение а) Преимущественно автомобильное: легковая машина, грузовики до 2,5 тонн на пневматиках. Более тяжелые грузовики, как исключение, и в сухое летнее время.	1) Одиночная поверхностная обработка 2) Двойн. поверхностная обработка	1) Двойн. поверхностная обработка 2) Облегчен. пропитка по шоссе или мостовой слоем 3—4 *см* 3) Полупропитка шоссе	1) Полупроп. шоссе. 2) Проп. сл. 6—7 *см* по шоссе или мостовой. 3) Метод смешения слоем 5—6 *см* по шос. или мостовой.
б) Преимущественно конное движение: внегородской гуж, грузовики до 2,5 тон.	1) Двойная пов. обработка 2) Полупропитка шоссе 3) Облегченная пропитка слоем 3—4 *см* по шоссе или мостовой	1) Пропит. слоем 6—7 *см* по шоссе или мостовой 2) Метод смешен. слоем 5—6 *см* по шоссе или мостов. 3) Полупроп. шос 4) Облегчен. пропитка по шоссе или мостовой	1) Пропитка слоем 7—8 *см* по шоссе или мостовой. 2) Метод смешен. по шоссе или мостовой слоем 6 8 *см* 3) Асф. бетон в один или два слоя 7 *см* по шоссе или старой мостовой, толщиной не менее 12 *см*
II. Тяжелое движение. Смешанное движение любых экипажей, за исключением тракторов.	1) Пропитка сл. 6—7 *см* по шоссе и мостовой 2) Метод смешения слоем 5—6 *см* по шоссе или мостовой	1) Пропитка слоем 7—8 *см* по шоссе или мостовой 2) Метод смешен. слоем 6—8 *см* 3) Асф. бетон в два слоя 7 *см* на щебеночном основан. не менее 15 *см* или старой мостовой	Асф. бетон в два слоя 8 *см* на щебеночном основании не менее 18 *см* или бетонном основании не менее 15 *см* или по старой мостовой в два слоя общей толщиной до 10 *см*.

3) Условия безопасности и удобства движения. Черные дороги более гладки, чем другие типы дорог. В этом одно из их преимуществ, так как при гладкой поверхности уменьшается сопротивление движению и уменьшается динамическое воздействие повозок. Однако эти дороги, в особенности некоторые из

НБ УДУНТ (ДИТ)

них, например литой, трамбованный и песчаный асфальт, становятся скользкими от дождя и в некоторых случаях небезопасны для движения. При больших попереченых уклонах может происходить боковое скольжение автомашин. Во избежание этого максимальный поперечный уклон делают меньше, чем при других типах дорог. Практикой установлены следующие нормальные поперечные уклоны: при обработке шоссейных покрытий — 2,5—3,5%, а для поверхностной обработки существующих шоссе и мостовых, дабы не изменять их поперечный профиль, максимальный уклон допускается 4%; при асфальтовом бетоне, песчаном или литом асфальте—2% и не более 2½%, при трамбованном асфальте—1½% и не более 2½%.

При гладкой поверхности дорог, для облегчения движения, особенно конного, продольный уклон проезжей части должен быть смягчен до следующих пределов в зависимости от типа покрытия:

при обработке шоссейных покрытий максимальный уклон	. 6%
при асфальто-бетоне .	. 5%
при песчаном асфальте .	4%
при литом асфальте .	. 4%
при трамбованном асфальте	. 3%

Усовершенствованные покрытия требуют высокосортных материалов. Вместе с тем применение связующих материалов уменьшает износ камня, и следовательно чем дороже каменный материал, тем скорее для сокращения его износа нужно переходить на покрытия с применением связующих материалов.

4) Стоимость материалов для дорожного строительства в значительной степени влияет на выбор основания для усовершенствованных покрытий и на тип самих покрытий. Основания для покрытий практикуются с максимальным использованием местных дешевых материалов Усовершенствованные покрытия, требующие высокосортных материалов, выбираются при наличии этих материалов. Чем дороже каменный материал, тем ранее следует прибегать к помощи связующих материалов, уменьшающих износ каменного материала. В зависимости от относительной стоимости камня, связующего материала, песка, заполнителя и пр. выбирается тип конструкции: например при отсутствии камня или его дороговизне должно быть отдано предпочтение песчаному асфальту перед асфальтом-бетоном. Наличие местных дешевых известняков, шлаков и пр. при дороговизне высокосортных каменных материалов заставляет выбирать покрытия с использованием этих местных материалов. Дальность перевозки материалов и степень их дефицитности являются основным условием для выбора сорта связующего материала и конструкции покрытия.

5) Назначение дороги также играет роль при выборе покрытия. Например для курортных дорог и дорог, проходящих по населенным пунктам, важно предусмотреть обеспыливание и, следовательно, применять связующий материал ранее, чем этого требовала бы напряженность движения и экономическая выгодность. При проектировании дорог в городах учитывается также внешнее оформление, какое получается от того или иного типа дороги. Вместе с тем в городах труднее вести дорожное хозяйство на постоянном и систематическом ремонте, а потому там надо выбирать сильный тип покрытия с длительным сроком службы.

6) Климатические условия в свою очередь влияют на выбор связующего материала и конструкции покрытия. В частности, применение связующего материала горячим способом требует теплой, ясной погоды и сухого основания; в районах с холодным климатом или имеющих избыточное увлажнение, где число сухих и теплых дней весьма ограничено, в целях удлинения строительного сезона приходится прибегать к применению связующих материалов в холодном виде (например дорожных эмульсий) или выбирать типы покрытий, не требующих непрерывно сухой погоды.

7) Наличие машинного оборудования является важным фактором при назначении типа покрытий. На небольших участках обработку связующими материалами можно производить лейками. Но при большом масштабе работ, особенно если применяется способ пропитывания, требуется специальное машинное оборудование; оно необходимо при постройке всех типов покрытий, которые состоят из смешанной массы минерального и связующего материалов.

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ 195. Устройство основания. Основание под одежду дороги устраивается в соответствии со свойствами грунта, с наличием местных материалов, с учетом величины нагрузок, интенсивности и рода движения. При постройке всех видов черных дорог прежде всего должна быть определена степень пригодности грунта под постройку, от которой зависит толщина и общая конструкция одежды. Малопригодный грунт улучшают путем уплотнения (насыпи) или добавками местных материалов — песка, гравия, шлака и т. п.

Неблагоприятные гидрологические условия, при которых сильно понижается поддерживающая способность грунта, требуют особого внимания к устройству водоотвода. Отвод поверхностных вод обеспечивается устройством поперечных и продольных уклонов дороги и соответствующих водоотводных лотков или канав. Для отвода воды, просочившейся в грунт, а также для осушения грунта при высоком стоянии грунтовых вод должно быть предусмотрено дренажное устройство в виде открытых канав или закрытых дренажей из гончарных труб, либо дренирующих материалов — песка, щебня, гравия и т. п.

Устройство дорожной одежды на свежей насыпи нежелательно, так как в этом случае от неравномерного уплотнения грунта поверхность одежды может деформироваться. Грунт в небольших насыпях. для приобретения присущей ему плотности должен в значительной мере увлажниться и затем просохнуть. Обычно такое уплотнение происходит после того, как грунт пролежал осеннюю и весеннюю распутицу. В случае необходимости постройки дорожного покрытия по свежей насыпи, грунт ее необходимо уплотнить укаткой или трамбованием.

Одежда усовершенствованных дорог не однородна по всей толщине, но состоит из отдельных слоев различной прочности и сделанных из материалов, различных по техническим качествам.

Верхний слой, непосредственно воспринимающий нагрузку (слой износа), устраивается из наиболее высокосортных материалов, чтобы он мог оказывать наибольшее сопротивление непосредственному воздействию на него нагрузки. Нижние, промежуточные слои, служащие основанием для верхней одежды, могут обладать более низкими техническими качествами, так как в этих слоях напряжение, вызываемое нагрузкой на поверхность, постепенно уменьшается по мере удаления от точки приложения нагрузки. Значение этой части покрытия состоит в распределении давления и передачи его на грунт.

Это основание может быть устроено из щебеночного материала, шлака, гравия, булыжного камня и пр. Обычно в качестве нижнего слоя используются старые дороги, улучшаемые устройством усовершенствованного покрытия.

а) Основание из гравия или естественного щебня. Гравий желательно иметь крупный и достаточно прочный. Толщина гравийной россыпи зависит от типа проектируемой конструкции и назначения дороги; обычно толщина россыпи принимается 10—15 *см*. После укатки крупного гравия, производимой от краев к середине, до прекращения передвижения гравия перед барабаном катка рассыпается и укатывается мелкий гравий или мелкий дробленый каменный материал. Прибавка дробленого материала облегчает укатку гравия и становится необходимой, если гравий сильно окатан и тверд и не поддается укатке. Количество добавленного дробленого материала может доходить в этом случае до 20%. Гравийное покрытие, даже после тщательной укатки, не сразу приобретает ту плотность какую оно будет иметь впоследствии. Поэтому, во избежание просадок, желательно предоставить гравийное основание естественному проезду в течение 1—2 месяцев, хорошо ухаживая за ним все это время, и только после этого укладывать верхний слой одежды.

б) Щебеночное основание. Старая щебеночная одежда может быть использована под основание, если толщина ее не менее 11 *см*. При этом до укладки верхних слоев одежды все выбоины, деформации или искажения профиля старой одежды должны быть исправлены путем ямочного ремонта с частичной вскирковкой и планировкой. При устройстве нового щебеночного основания способ работ тот же, что при постройке обыкновенного шоссе-макадам. Толщина щебеночного слоя и в этом случае зависит от прочности грунта, типа одежды и интенсивности движения; обычно толщина щебеночного слоя равна 15 *см*. В основание желательно применять местные материалы невысоких ка-

НБ УДУНТ (ДИТ)

честв полностью для всей толщины основания или, в случае их малой пригодности, хотя бы для нижнего слоя основания.

Надежное основание дает твердый, разбитый на куски металлургический шлак. При этом более крупный (30—70 *мм*) шлак укладывается вниз, поверх его шлак среднего размера (25—30 *мм*), а затем более мелкий. Россыпь укатывается тяжелыми катками весом 10—12 *т*. Шлак должен быть кислым, инертным в отношении воздействия на него атмосферных факторов, однородным по структуре и по строению, не стекловидным, не губчатым, в изломе фарфоровидным.

в) Основание из булыжного или колотого камня. В качестве основания для битуминозных покрытий вполне пригодны старые мостовые после частичного перемощения или ямочного ремонта. Усовершенствованное покрытие на таком основании не должно быть однако очень тонким, так как в дальнейшем на поверхности его могут выступить неровности, повторяющие неровность мостовой. Тонкие покрытия на мостовой можно устраивать лишь при небольшом движении и легких повозках.

Устраивая новое основание из булыжного или колотого камня, рационально применять этот материал в виде пакелажа. Основание такого типа — одно из лучших, допускающих движение наиболее тяжелых повозок.

г) Цементно-бетонное основание. Для дорог высокого качества с большим движением, наилучшим основанием является цементный бетон; основания такого типа отличаются большой прочностью, могут перекрывать слабые места земляного полотна и особенно ценны на слабых грунтах. Толщина бетонного основания, в зависимости от интенсивности движения, колеблется от 15 до 25 *см*.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ СЕДЬМАЯ

БИТУМНЫЕ И ДЕГТЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ЧЕРНЫХ ДОРОГ

§ 196. Номенклатура и классификация битумных и дегтевых материалов. Для строительства „черных" дорог применяются в основном следующие материалы: битумы нефтяные и природные, каменноугольные дегтевые материалы, дорожные масла, разжиженные битумы, холодные дегти, дорожные эмульсии (битумные или дегтевые).

В настоящее время не имеется еще общепринятой номенклатуры и классификации этих материалов — то и другое прорабатывается различными учреждениями Союза.

Приводим номенклатуру и классификацию битумных и дегтевых дорожно-строительных материалов, предлагаемые в последнее время Научно-исследовательском автодорожным институтом.

А. Битумные и битуминозные материалы, состоящие из битумов или содержащие их.

1. Битум — твердая, плавкая или вязко жидкая смесь углеводородов и их неметаллических производимых, полностью растворимая в сероуглероде.

2. Асфальтовыми битумами называются битумы, обладающие вяжущими свойствами и назначительным содержанием летучих веществ. Асфальтовые битумы различаются по их происхождению и по способу приготовления на:

а) Природные асфальтовые битумы — битумы, встречающиеся в чистом виде в природе (т. н. горная смола) или извлеченные из асфальтовых пород известняков, доломитов, песчаников и песка.

б) Нефтяные асфальтовые битумы — битумы, получаемые из соответствующих нефтей, после их перегонки, окисления или крекинга.

в) Разжиженный битум, — битум, к которому добавлен разжижитель для придания меньшей консистенции, допускающей применение при менее высоких температурах нагревания и при нормальной температуре.

3. Асфальтиты — природные высокоплавкие битумы (с содержанием некоторого нерастворимого в сероуглероде органического остатка).

4. Асфальтовые породы — известняки, доломиты, песчаники, пеки и т. п. горные породы, содержащие асфальтовый битум или асфальтиты.

Примечания: 1. Асфальтовый порошок — продукт, получаемый тонким измельчением асфальтовых известняков или доломитов. 2. Смесь асфальтового порошка с битумом, введенным в порошок при нагревании, называется асфальтовой мастикой (асфальтом).

5. Нефть — встречающееся в природе жидкое различной густоты вещество, состоящее главным образом из углеводорода. Различают нефти с асфальтовым, парафинистым и смешанным основанием.

НБ УДУНТ (ДИТ)

6. Остатки от перегонки нефти:

а) Мазут (нефтяные остатки) — продукт, получаемый после отгонки из нефти всех летучих фракций, вплоть до осветительных дестилляторов.

б) Нефтяной гудрон (т. наз. масляный гудрон и полугудрон нефтяной промышленности) — отход, получаемый отгонкой из мазута масляных фракций.

в) Кислотный гидрон (кислый гудрон) — отход очистки смазочных масел кислотами.

Б. Дегтевые материалы (смолы сухой перегонки), получаемые деструктивной перегонкой органических веществ или как продукты глубоких химических превращений их.

1. Деготь (смола) — вязко-жидкий продукт деструктивной перегонки (без доступа воздуха) различных видов ископаемого топлива: каменного угля, горючих сланцев, торфа и нефтяных продуктов, а также дерева разных пород.

2. Пек (вар)—остаток, полученный после отгона от дегтя масляных фракций.

3. Каменноугольное масло (тяжелое антраценовое). Маслянистые отгоны, получаемые при перегонке каменноугольного дегтя.

В. Разжижители — жидкие продукты, переработанные из нефти или дегтя и применяемые для придания битумам или дегтям более жидкой консистенции.

Г. Эмульсии и суспензии — легкоподвижные жидкости, состоящие из тонко измельченных частиц битума или дегтя, находящихся во взвешанном состоянии в воде, содержащей эмульгатор, или наоборот из воды взвешенной в массе битума или дегтя.

КЛАССИФИКАЦИЯ БИТУМНЫХ И ДЕГТЕВЫХ ДОРОЖНОСТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

I. Битумные (битуминозные) материалы.

А. Нефтяного происхождения

1. Нефти

а) с асфальтовым основанием,
б) с парафинистым,
в) смешанные.

2. Продукты обработки нефти

А. Асфальтовые битумы, полученные путем перегонки:
а) остаточные асфальтовые битумы,
б) полученные путем окисления,
в) полученные путем крекинга,
г) кислотные асфальтовые битумы (из масляных отходов).
Б. Нефтяные материалы (дорожные масла) для применения в холодном или подогретом состоянии:
а) остаточные (мазут, полугудрон),
б) разжиженные битумы.

В. Природные.

1. Асфальтовые битумы (без минеральных примесей):
а) горючая смола, мальта и пр.
б извлечение их из асфальтовых пород и асфальтов.
2. Асфальты:
Тринидадский, искусственные смеси (асфальт. мастика).
3) Асфальтиты:
Сирийский, грегенит, гильзонит и пр.
4) Асфальтовые породы:
а) встречающиеся в природе асфальтовые известняки, доломиты, песчаники и пески,
б) размельченные (асфальтовый порошок).

II. Дегтевые материалы:

Продукты пирогенетической (деструктивной) перегонки каменного угля.
а) Дегти (смолы сухой перегонки).
аа) сырые,
бб) отогнанные,
вв) составленные (из масла или дегтя и пека).
б) тяжелые масла (антраценовое),
в) пеки (вары).

III. Смешанные материалы:

а) смеси битумных и дегтевых материалов,
б) эмульсии.

§ 197. Битумы естественных месторождений.[1] Битум был известен и применялся в разнообразных случаях еще в глубокой древности, Произведенные в Египте, Месонотамии и других местах раскопки показали, что лучшие свойства битума — водонепроницаемость и пластичность — уже тогда были хорошо известны и использовались. Так например тоннель, построенный через

[1] Из работы Файнгар М. М. Нефтяные битумы, их производство и применение.

НБ УДУНТ (ДИТ)

р. Евфрат, был внутри покрыт битумным материалом для предупреждения проникания в него воды.

Современный период использования битума для строительных целей ведет начало с 1772 года, когда в Швейцарии, в кантоне Невшатель, врач Эйринике открыл залежи битума (Валь де Траверс) и организовал производство асфальтовой мастики, которая быстро нашла широкое применение в Европе. Впервые в дорожном деле битумный материал был применен в Париже в 1854 г. Построенная тогда асфальтовая мостовая из трамбованного асфальта простояла 60 лет. В 80-х гг. постройка асфальтовых дорог развивается в Англии и САСШ, тогда же начинается разработка природного асфальта исключительно высоких строительных качеств, на острове Тринидад.

Происхождение природного битума связано с химическими и физическими изменениями нефти. Под влиянием тепла, света, серы, а также благодаря испарению легких составных частей нефть густеет, постепенно осмоляясь и превращаясь в битум. Очень тонкое распределение битума в асфальтовых породах объясняется тем, что эти породы вначале были пропитаны жидкой нефтью, позже, в течение тысячелетий превратившейся в битум. Природные битумы чаще всего встречаются в песчаниках или доломитах Из песчаников, пропитанных битумом, последний извлекается путем выварки руды в воде. При этом битум в расплавленном виде всплывает на поверхность и счерпывается. Кроме этого способа применяется более совершенный метод экстрагирования из руды при помощи подходящего растворителя (бензол, трихлорэтилен и т. д.) Битум растворяется почти нацело, а затем в особых установках растворитель отгоняется и получается чистый природный битум.

Пропитанные битумом известняки и доломиты размельчаются в порошок (асфальтовый порошок), который находит себе применение в качестве заполнителя в асфальтовых покрытиях. Кроме того путем приплавления к порошку некоторого количества нефтяного битума получают из него асфальтовую мастику, применяемуюпри изготовлении литого асфальта. В песчаниковых породах содержание битума колеблется от 5% до 35%, чаще всего 8—15%; в доломитовых породах от 2% до 20% и чаще всего 5—10%.

Гораздо реже в природе встречаются так называемые „асфальтиты", т е. твердые высокоплавкие битумы, почти совершенно свободные от минеральных примесей (2—10%). Так например на поверхности Мертвого моря собирают совершенно чистый асфальтит. В САСШ, Сирии и т д. добывают аналогичные вещества: гилсонит, уинтаит, граханит, сирийский асфальт и т. д.

Месторождения природных асфальтов и битумов разбросаны во всех частях света. Наиболее известно озеро на острове Тринидаде (Южная Америка). Тринидадский асфальт имеет примерно следующий состав: битума 56%, минеральных примесей 39,5%, воды (связанной) гидратной 4,5%. Следующее крупное месторождение битума—Бермудское в Венецуэле; в Европе наиболее известны месторождения природного битума в Швейцарии, Италии, Франции и Венгрии.

В СССР разрабатываются следующие месторождения:

1) Сызранское (ст. Батраки), где разрабатываются асфальтовые известняки и организовано производство асфальтового порошка и асфальтовой мастики;

2) Шугуровское и Бахиловское в Татреспублике, где разрабатываются песчаники, содержащие до 10% битума;

3) Натанебское (в 40 *км* от Батума), недавно открытое, где организуется добыча битума из песков.

Кроме того в СССР имеется еще много других месторождений, пока не разрабатываемых. Особенно заслуживают внимания месторождения в Фергане, в Эмбинском районе, в Закавказье и др.

По своим техническим качествам, как строительный материал, природный битум значительно выше нефтяного. Однако незначительность запасов и дороговизна получения ограничивают его широкое применение. Производство и потребление природных битумов составляет около 15% от общего потребления битумов. Природный битум обычно применяется в наиболее ответственных сооружениях, чаще — в качестве добавки для улучшения качеств нефтяного битума.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

§ 198. Нефтяные асфальтовые битумы. Способ получения битумов из нефтей был открыт в 1894 г. Бейерлеем (отсюда название первого нефтяного битума — бейерлит) и с этого времени началось производство битумов из нефтяных остатков путем окисления последних воздухом при высоких температурах (300—315° С). Благодаря своей дешевизне нефтяные битумы в настоящее время получили значительно большее распространение, чем природные.

Для получения нефтяного битума высоких строительных качеств используется не всякая нефть. Лучшие битумы получаются из тяжелых смолистых нефтей, называемых асфальтовыми; эти битумы имеют большой удельный вес, отличаются большой вяжущей способностью и по своим свойствам близко подходят к природным битумам. К асфальтовым нефтям, из которых дорожный битум можно получить путем отгона легких фракций, следует отнести нефти Мексики, Калифорнии, Техаса. В СССР ярко выраженная асфальтовая нефть, из которой можно получить высокого качества битум, была найдена на Урале в 1929 г. Из этой нефти так же, как из мексиканской, битумы получаются после отгона от нефти 55—60% дестиллатов. Битумы хорошего качества могут быть получены также из нефтей нафтеновых (с преобладанием нафтеновых углеводородов) и из смешанных или полуасфальтовых, содержащих как асфальтовые вещества, так и нафтеновые и парафиновые углеводороды. Из парафиновых нефтей битумы пока в широком масштабе не изготовляются, так как обладают лишь незначительными вяжущими свойствами; вопрос о применении битумов из этих нефтей для дорожных целей требует дальнейшей и следовательской работы.

В настоящее время у нас битумы вырабатываются в следующих районах: а) в Баку — из бинагадинской асфальтовой нефти; б) в Грозном — из беспарафиновой масляной нефти, а также из беспарафиновой немасляной и смешанной нефти; в) в Краснодаре — из калужской асфальтовой нефти.

Производство битумов из отходов перегонки нефтей. В настоящее время применяются два основных способа получения битума из нефтей:

а) получение битумов остаточным путем, т. е. отгоном водяным перегретым паром из нефти всех легких фракций (бензина и керосина) и значительного количества смазочных масел, после чего в остатке получается готовый битум;

б) окислением воздухом при высоких температурах густого отхода перегонки нефти (гудрона).

Кроме этих основных способов имеется несколько других, представляющих либо сочетание обоих способов, либо некоторое изменение технологических условий (например, применение при перегонке, кроме водяного нагретого пара, также воздуха).

В начале развития производства нефтяных битумов в САСШ были попытки ускорить процесс получения битумов с одновременным приближением их по качеству к природным, путем введения в нефтяной гудрон в распыленном виде серы и продувания затем воздухом при температуре 150—250° С. Однако этот способ широкого применения не получил, и им пользуются лишь для изготовления специальных сортов битумов и производства суррогата каучука.

Получение битумов остаточным путем. Из асфальтовых нефтей, после отгона около 60—70% содержащихся в них фракций, получаются остаточные битумы. Перегонку можно вести в обыкновенной кубовой батарее или в трубчатке. Из неасфальтовых, смешанных нефтей, битум получают лишь после глубокого отбора бензина, керосина и значительной части смазочных масел. Такой отгон (около 85—90% всех фракций) возможно произвести лишь в трубчатке. Если нефть перегоняется в кубовой батарее, то, проходя ряд кубов и постепенно нагреваясь, она отдает сначала легкие составные части (бензин), затем в следующем кубе, где поддерживается более высокая температура и дается острый водяной пар,—более тяжелые фракции (керосин). Далее, в последующих кубах, нагрев нефти и впуск остро нагретого пара увеличивается, а также создается разрежение для отгона средних, масел, пока в последнем кубе от нефти не останется только густой, вязкий остаток, называемый гудроном. Если гудрон получен из асфальтовой нефти, то для получения из него битума достаточно его обработать водяным паром высокого нагрева (выше 300° С) для дополнительного отгона вязких масел. Если же гудрон получен

НБ УДУНТ (ДИТ)

из неасфальтовых нефтей и не имеется возможности переработки его в трубчатке, для получения битума его нужно окислить воздухом.

При перегонке нефти в трубчатых установках, благодаря лучшему теплообмену, парообразованию, а также разреженности воздуха, происходит более глубокая отгонка, вследствие чего, даже при неасфальтовых нефтях, после отгона 80—90% всех фракций, удается получить остаточный битум. В зависимости от степени отгона могут быть получены битумы различной вязкости.

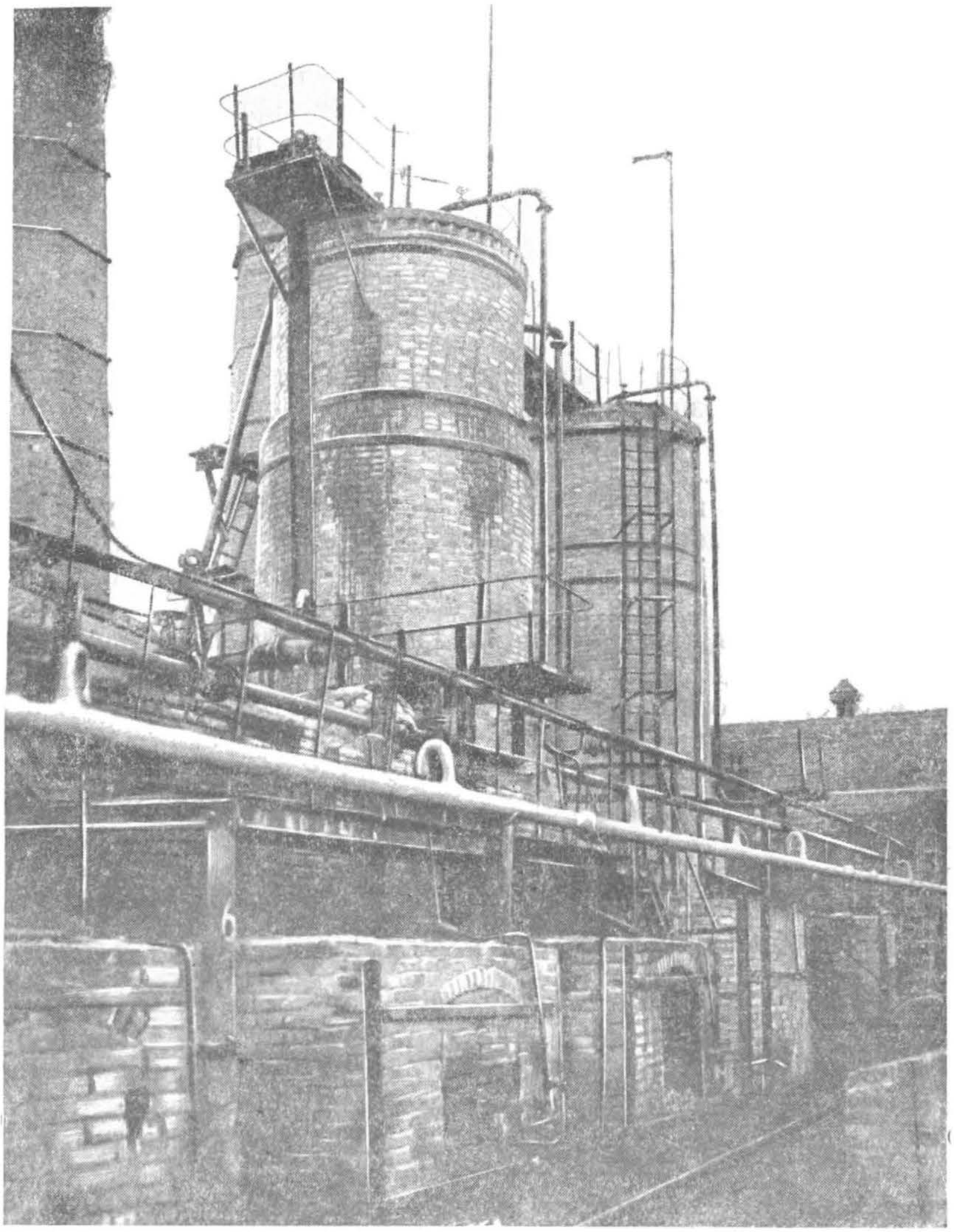


Рис. 533. Изготовление нефтяного битума. Битумная батарея.

Получение битумов окислением воздухом. Производство окисленных (или продутых) битумов значительно превышает производство остаточных битумов. Объясняется это простотой необходимого оборудования и экономической выгодностью процесса. Кроме того преимущество этого способа — возможность получить высокоплавкие битумы с температурой размягчения свыше 100° С и получить битум из неасфальтовых нефтей.

Битумы, полученные путем окисления воздухом, отличаются следующими качествами: они менее чувствительны к изменению температуры, чем остаточные, поэтому обладают эластичностью и упругостью и более устойчивы в отношении климатических условий; они более вязки и менее хрупки, чем остаточные. Это отличие в свойствах объясняется большим содержанием

НБ УДУНТ (ДИТ)

в окисленных битумах масел, а также изменением состава материала, происходящим при окислении.

Для получения окисленных битумов, гудрон из кубовых или трубчатых батарей, после охлаждения, перекачивают в специальные асфальтовые кубы и здесь продувают воздухом. С подачей воздуха температура гудрона начинает повышаться от окислительного процесса и доходит до 250—260° С. Температура регулируется пуском воздуха. В зависимости от длительности процесса окисления получаются битумы различной консистенции.

Сущность превращения гудрона в битум путем окисления заключается в том, что кислород воздуха отнимает от углеводородов гудрона водород и образует с ним воду; часть же кислорода присоединяется и входит в состав гудрона.

В настоящее время принято считать, что гудрон, как и битум, состоит из трех групп: масел, смол и асфальтов. Изменения в составе гудрона при его превращении в битум сводятся:

а) к окислению масел, которые под влиянием кислорода воздуха частью превращаются в смолы;

б) к отнятию водорода от смол и превращению этих смол в асфальтены.

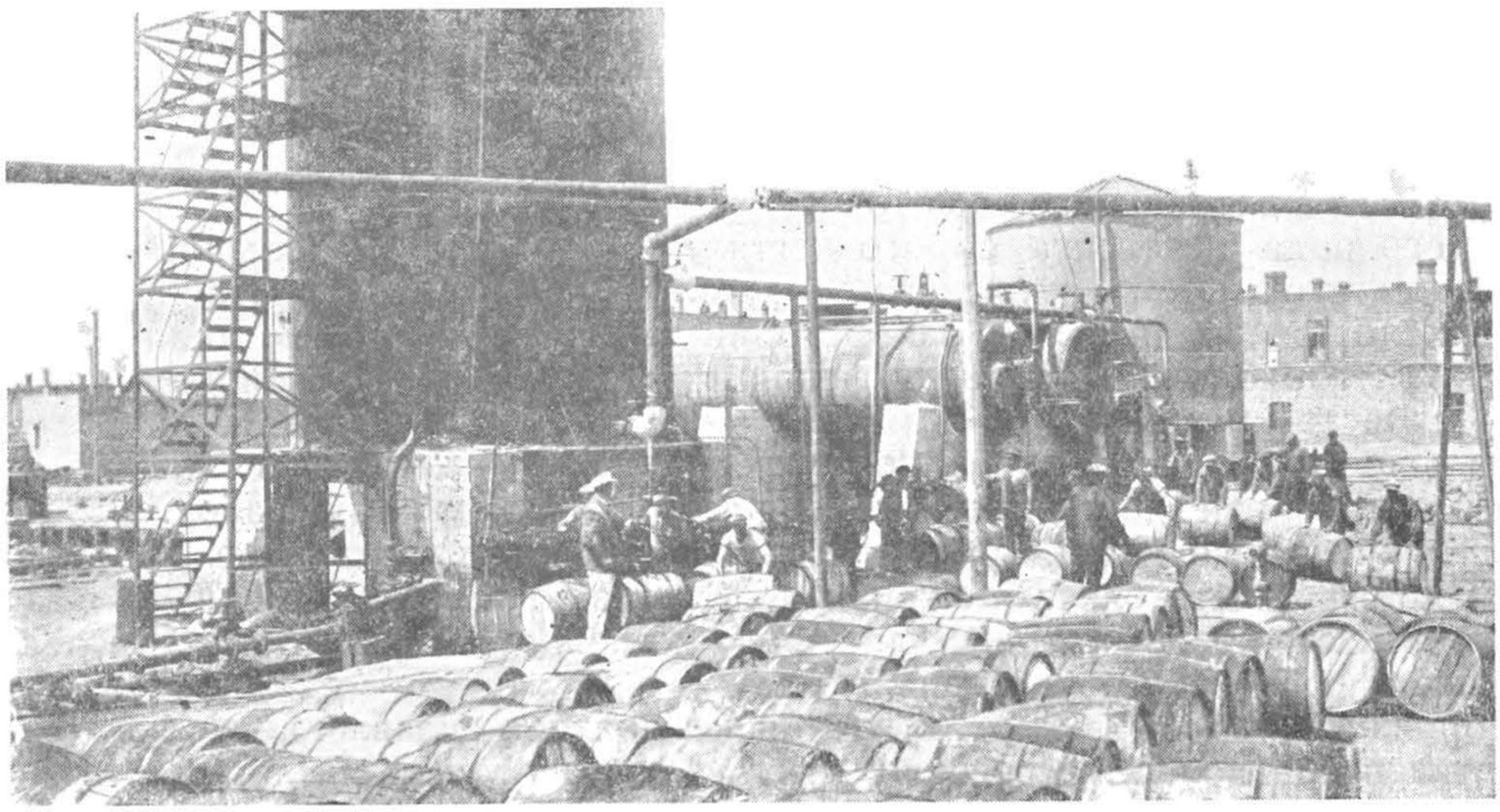


Рис. 534. Завод по изготовлению нефтяного битума. Розлив битума в деревянную тару.

По произведенным исследованиям то или иное содержание асфальтена в битуме обусловливает его твердость и высоту температуры размягчения: чем больше асфальтен, тем тверже битум. Смолы придают битуму связующую силу, а также пластичность. Масла в битуме являются как бы разжижающей средой, в которой растворяется смола и набухают асфальтены.

В настоящее время нефтяной промышленностью выпускаются четыре сорта битумов. Основной их характеристикой является пенетрация, т. е. глубина проникания в течение 5 мин. иглы определенного веса при температуре 25°. Эти сорта битума имеют следующую глубину проникания иглы: № 1 — 160 — 200, № 2 — 90 — 120, № 3 — 40 — 70, № 4 — 15 — 30.

§ 199. Дегтевые материалы. Дегти представляют собой продукт, получающийся при сухой перегонке органических веществ растительного происхождения — дерева, торфа, каменного угля. Для дорожного строительства применяются дегти, получаемые при сухой перегонке каменного угля в процессе коксования или добычи газа. В обоих случаях деготь является побочным продуктом. Полученный путем сухой перегонки каменного угля, так называемый сырой деготь еще не пригоден для дорожных работ, так как содержит воду, аммиак и другие летучие продукты, легкие масла, большое количество нафталина. Содержание воды в дегте вредно отражается при производстве работ, так как деготь сильно пенится и уходит из котлов при нагревании и с трудом

НТБ УДУНТ (ДИТ)

позволяет, после длительного выпаривания воды, нагреть материал до нужной для производства работ температуры. Летучие продукты, находящиеся в дегте, придают ему излишнюю текучесть и делают материал малостойким. Содержание большого количества нафталина также вредно отражается на строительных качествах дегтя, так как при кристаллизации нафталина происходит ослабление вяжущих свойств дегтя. Смолы, содержащиеся в большом количестве в сыром дегте, вытягиваются в дальнейшем водой, это также ослабляет вяжущие свойства дегтя. Выделение в большом количестве легких и летучих составных частей в момент нагревания и последующего разлива, делают работу с сырым дегтем неприятной и вредной для здоровья.

Улучшение строительных свойств дегтя идет попутно с его перегонкой с целью получения различных продуктов легких и средних масел (бензол, толуол, кселол, крезол, фенол, нафталин и пр). Получающийся после такой отгонки остаток называется отогнанным дегтем, который, в зависимости от консистенции, может быть применен в дорожном строительстве различным способом.

Сырой деготь состоит из пека и из масел ароматических углеводородов с различными точками кипения.

С целью получения ряда ценных продуктов, вырабатываемых из дегтя, последний перегоняют на ряд фракций (рис. 535):

до 170°С — легкие масла и вода,
до 250°С — средние масла,
до 280°С — тяжелые масла,
до 340°С — антраценовое масло.

Такого рода перегонка сырого дегтя производится в большом производственном масштабе, а также и в малых количествах при лабораторных исследованиях дорожных дегтей. В лаборатории определяется также количество свободного углерода, нафталина и фенолов, значительно влияющих на технические свойства материалов.

Большое содержание свободного углерода, встречающееся в газовых дегтях, часто делает эти дегти мало пригодными для дорожных работ. Остаток от перегонки сырого дегтя, при нормальной температуре твердое вещество пек (вар) должен быть блестяще черным и хорошо плавким. Пеки из газового дегтя имеют более матовый вид, чем каменноугольные дегти, вследствие большего содержания углерода.

Дорожный деготь может быть также получен сплавлением пека (вара) — остатка после полной перегонки дегтя, с антраценовым маслом или одним из тяжелых масел, например, креозотовым. Деготь, полученный таким образом, называется составленным (приготовленным) дегтем.

Основное отличие приготовленного (составленного) дегтя от отогнанного заключается в том, что в первом меньше летучих и легких масел, вследствие чего составленный деготь медленнее густеет и является более устойчивым и менее вредным для здоровья.

В настоящее время при дорожных работах у нас пользуются преимущественно составленным дегтем, причем на место работ доставляются отдельно пек и масло, которые здесь же на месте работ сплавляются в нужной пропорции. Такой способ приготовления дегтя на месте работ может быть оправдан лишь новизною дела и стремлением путем изменения в случае надобности пропорции пека и масла, получать деготь вязкости, соответствующей климату района работ. Но такое изготовление дегтя на месте связано с рядом неудобств, в частности — с затруднениями по транспортировке и перегрузке пека, который в летнее время сильно пылит и вреден для здоровья.

В дальнейшем надо ориентироваться на централизованное изготовление дегтей разных марок на заводе, откуда деготь будет доставляться потребителю в цистернах или бочках.

В Германии получил распространение способ улучшения свойств дорожного дегтя добавкой битума. Такая смесь целесообразно объединяет свойства обоих материалов — способность проникания дегтя и вязкость битума; к тому же получается связующее вещество, более стойкое в отношении температуры. Битум рекомендуется прибавлять в количестве от 5 до 20%; прибавка свыше 20% битума не ведет к улучшению, так как дорожный деготь не может рас-

НБ УДУНТ (ДИТ)

творить большее количество битума, и в этом случае смесь получается неоднородной Однако работами в условиях СССР улучшение свойств дегтя при прибавке битума не подтвердилось.

Строительные качества связующих материалов определяются их консистенцией и изменениями от температурных условий. Дегти по сравнению с битумами легче изменяют свою консистенцию под влиянием температуры. Благодаря этому в нагретом состоянии при рабочих температурах дегти, как более жидкие, лучше проникают в одежду и обволакивают каменный материал. Вместе с тем при низких температурах дегти становятся хрупкими и часто не выдерживают динамических воздействий проезда. В связи с этими свойствами дегтевых материалов их целесообразнее применять для нижних слоев, в первые разливы, а более стойкие в отношении температур битумные материалы — для верхних слоев одежды, подвергающихся непосредственному воздействию колес.

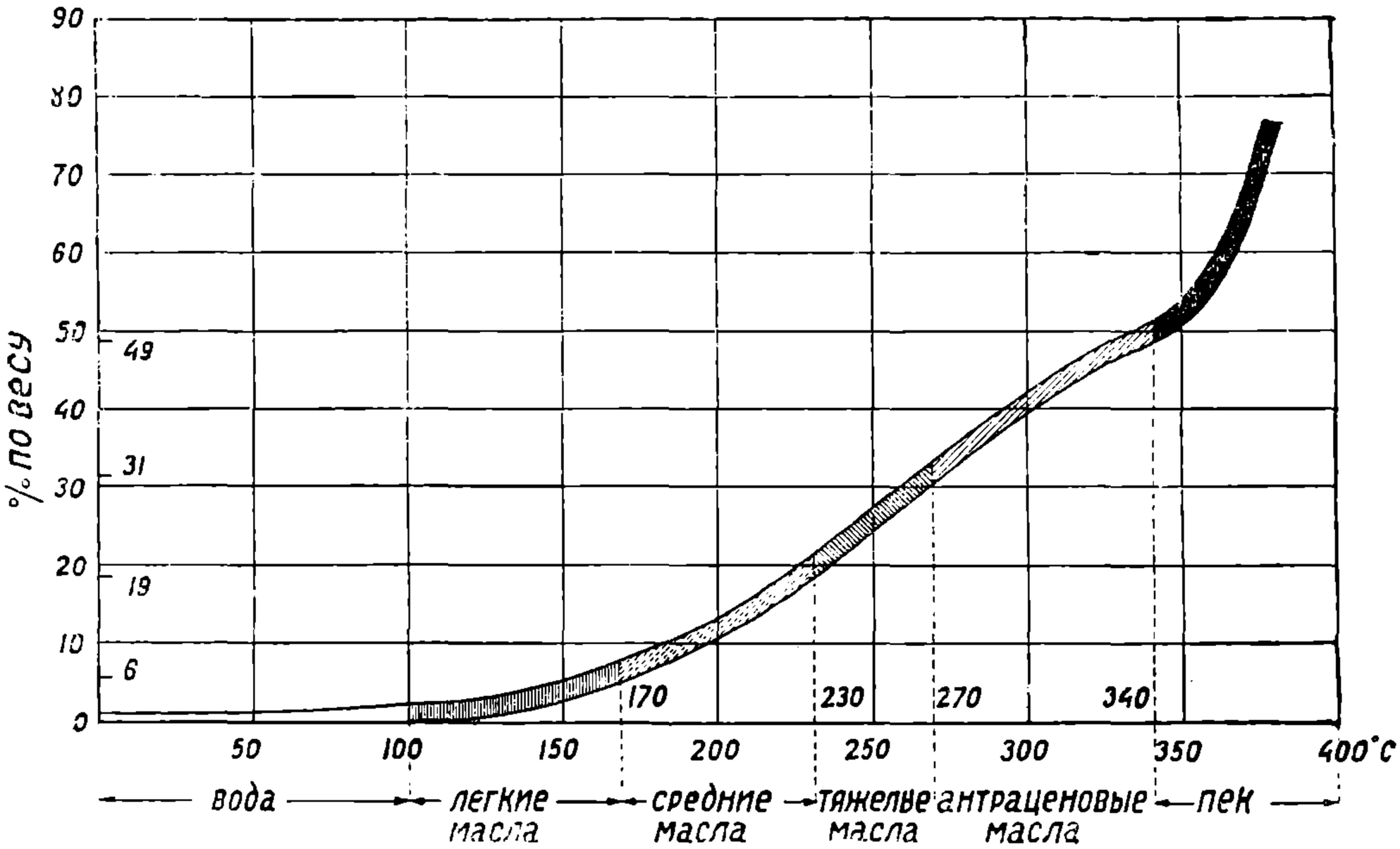


Рис. 535. Кривая разгонки сырого каменноугольного дегтя.

§ 200. Дорожные эмульсии. Эмульсии представляют собой смесь битума (или дегтя) с водой, в которой мельчайшие частицы битума находятся во взвешенном состоянии. Для смешения битума с водой и для удержания частиц битума во взвешенном состоянии необходимо прибавлять так наз. эмульгаторы или стабилизаторы. После перемешивания битума с водой и эмульгатором, мельчайшие частицы битума оказываются окруженными пленкой эмульгатора, что позволяет им находиться во взвешенном состоянии и не сливаться друг с другом. Измельчение битума и перемешивание его с водой и эмульгатором в нагретом виде (не выше 100° С) производится или механическим путем в специальных центробежных машинах с большим количеством оборотов (гомогонизатор — машина Гурреля), или химическим способом, с помощью соответствующих эмульгаторов.

В качестве эмульгаторов обычно применяются слизистые, коллоиднорастворимые в воде вещества: жирная кислота (мыло), казеин, крахмал, гумми, нефтяные кислоты и пр., частью в соединении со щелочью. Эмульгатора вносится от 0,5 до 5% Одно из обязательных условий приготовления эмульсий — получить эмульсию устойчивую (обычно на 2—3 месяца), а это зависит от мелкости раздробления битума, от вида и количества эмульгатора, от температуры хранения и т. д.

Второе необходимое качество эмульсии—быстрота распада на поверхности камня. При соприкосновении тонкой пленки эмульсии с камнем эмульсия „свер-

НБ УДУНТ (ДИТ)

тывается", т. е. распадается, и после того как вода стечет или испарится, на минеральных материалах останется пленка битума.

После распада эмульсии дальнейшее движение осевшего битума не происходит, и часть минеральных материалов, не пришедших почему-либо в соприкосновение с эмульсией, остается в дальнейшем в таком же незакрепленном виде. Поэтому лучше обрабатывать слегка влажный каменный материал, так как влажность камня способствует лучшему распределению эмульсии по поверх-

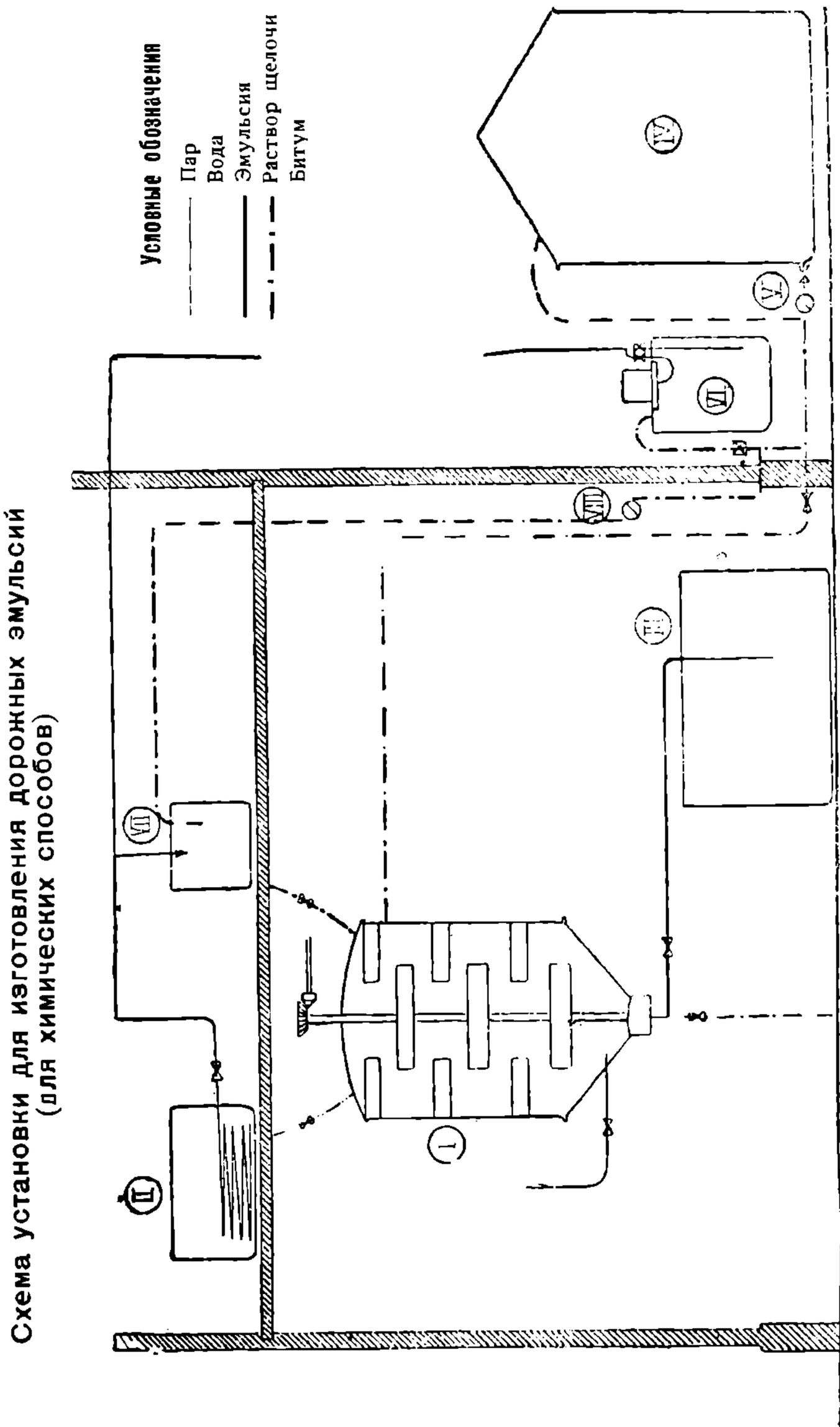


Схема установки для изготовления дорожных эмульсий (для химических способов)

Рис. 536.

I Лопастная мешалка
II Бак для битума с подогревателем
III Бак для готовой эмульсии
IV Водяной резервуар
V Насос для подачи воды
VI Бак для раствора щелочи
VII Напорный бак для щелочи
VIII Насос для подачи щелочи

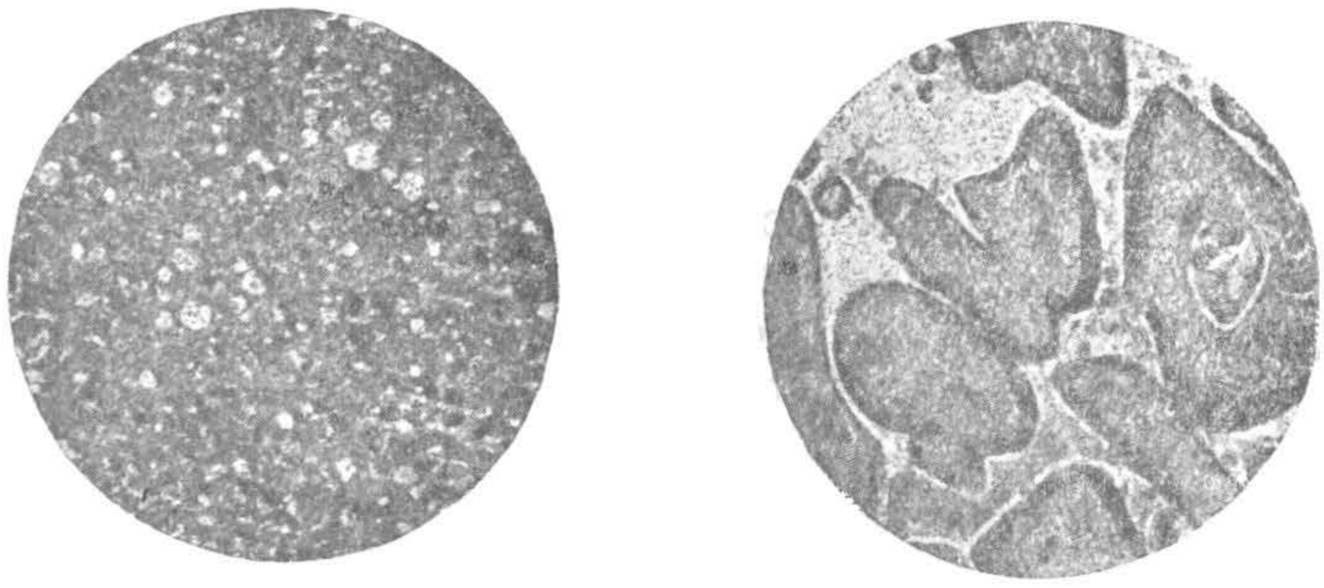
ности и проникании ее во все поры. При поливке эмульсией каменного материала, содержащего пыль или очень мелкий песок, последние, обладая большой поверхностью, оттягивают воду из эмульсии, и она распадается раньше, чем произойдет пропитывание эмульсией каменного материала и образование на нем битумной пленки. Поэтому обработка эмульсией пыльной поверхности не дает хороших результатов.

Битумная эмульсия не должна быть обратима, то есть после свертывания ее и выпадения битума нового образования эмульсии происходить не должно.

НБ УАДИТ (ДИТ)

В противном случае после окончания работ выпавший дождь может образовать с битумом новую эмульсию, способную вымываться или уменьшать прочность покрытия. Применяющиеся на дорожных работах битумные эмульсии содержат в большинстве случаев 50—60% битума.

Дорожные эмульсии, позволяющие применять связующий материал в холодном виде,—что имеет ряд технических преимуществ перед горячим способом, в особенности при ремонте и содержаний дорог,—получили за границей широкое распространение. Целый ряд фирм выпускают разнообразные сорта эмульсии, отличающиеся по своему составу и свойствам. Наиболее распространенными являются: колас, битумульс, виалит, магнон, виафальт и другие.



Хорошая эмульсия. Плохая эмульсия.

Рис. 537. Эмульсия под микроскопом при увеличении в 250 раз.

В СССР дорожные эмульсии начали изготовлять в опытном масштабе в 1929 г. В настоящее время изготовление эмульсий вышло из опытной стадии, и они применяются в производстве.

§ 201. Дорожные масла. Дорожными маслами называется связующий битумный или дегтевой материал жидкой консистенции, который может итти в работу в холодном или слегка подогретом виде (до 100° С). В качестве дорож-

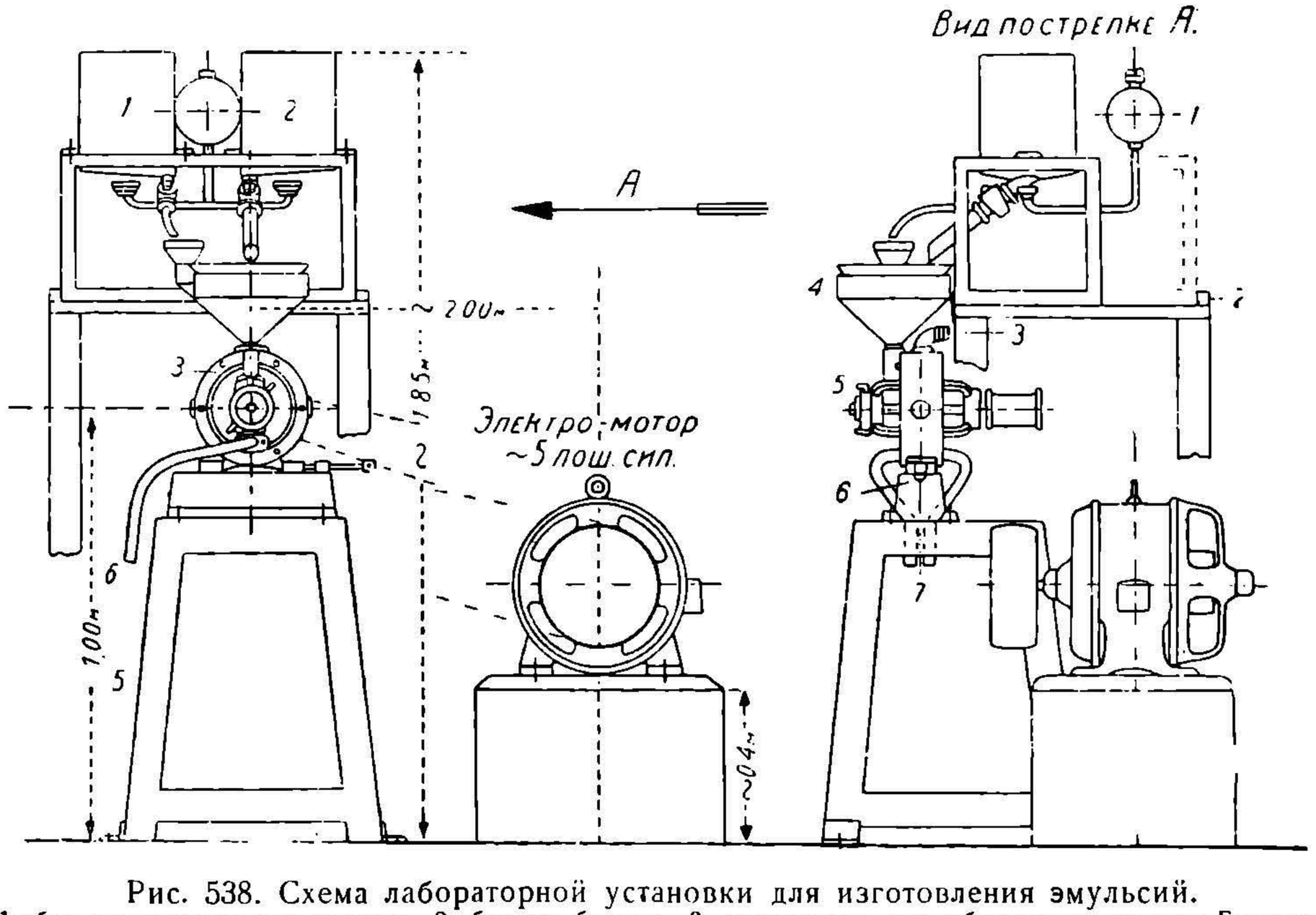


Рис. 538. Схема лабораторной установки для изготовления эмульсий.
1—бак для раствора эмульгатора, 2—бак для битума, 3—паропровод для обогревания машины Гурреля, 4—воронка для битума и раствора эмульгатора, 5—машина Гурреля, 6—труба для отвода готовой эмульсии

ных масел могут служить: а) натуральная тяжелая смолистая нефть после удаления из нее воды, б) нефтяные остатки более легких нефтей после отгона из них легких фракций, в) битумы, разжиженные прибавлением к ним легко улетучивающихся разжижителей; в качестве таковых могут применяться лигроин, сольвент, керосин, бензин III сорта и т. п.; г) каменноугольный деготь жидкой консистенции в некоторых случаях, при мало ответственных вспомогательных работах, сырой деготь).

Дорожные масла в основном применяются: а) для предварительной поливки, которая способствует лучшему прониканию разливаемого затем более вязкого

НБ УДУНТ (ДИТ)

связующего материала; б) для обеспыливания; в) для улучшения грунтовых и гравийных дорог.

Нефтяные остатки типа дорожных масел применяются также в качестве флюксов для расмягчения до желаемой консистенции жестких асфальтовых битумов.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ВОСЬМАЯ

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ БИТУМНЫХ, ДЕГТЕВЫХ И АСФАЛЬТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

С целью определения качества связующих материалов и пригодности их для дорожного строительства производят соответствующие испытания. В центральных лабораториях производится испытание всех новых материалов для определения их свойств и пригодности для работ; контрольные полевые лаборатории на месте работ испытывают материал при употреблении его в дело.

Методы испытания битумных и дегтевых материалов имеют в виду установление физических и химических свойств материала.

§ 202. Методы испытания битумных материалов. *а) Наружный вид.* По наружному виду может быть установлена однородность и чистота материала, зернистость, блеск, консистенция и запах. Наружный осмотр материала, на ряду с лабораторными испытаниями, дает возможность распознавать материал, а в некоторых случаях — определять пригодность его в дело.

б) Удельный вес. Удельный вес жидкого и вязкого битумного материала определяется пикнометром. Тщательно вымытый и высушенный пикнометр взвешивается на аналитических весах (*A*) (рис. 539). Во взвешенный пикнометр вливается до черты дестиллированная вода, нагретая до 25 С и пикнометр с водой выдерживается в течение 10—15 минут в водяной бане при температуре воды 25°С. После этого пикнометр с водой взвешивается (*B*). Вылив из пикнометра воду и высушив его, пикнометр наполняют наполовину или на две трети объема расплавленным связующим материалом, после чего пикнометр с битумом погружается в горячую воду примерно на час для удаления из него пузырьков воздуха. Охладив пикнометр вместе со связующим материалом до 25 его взвешивают в третий раз (*C*). Добавив к связующему материалу, наполняющему пикнометр до его черты, нагретую до 25 С, дестиллированную воду, выдерживают пикнометр со связующим материалом и водой в водяной бане с температурой воды в 25°С в течение 10—15 минут и после этого взвешивают его в четвертый раз (*D*).

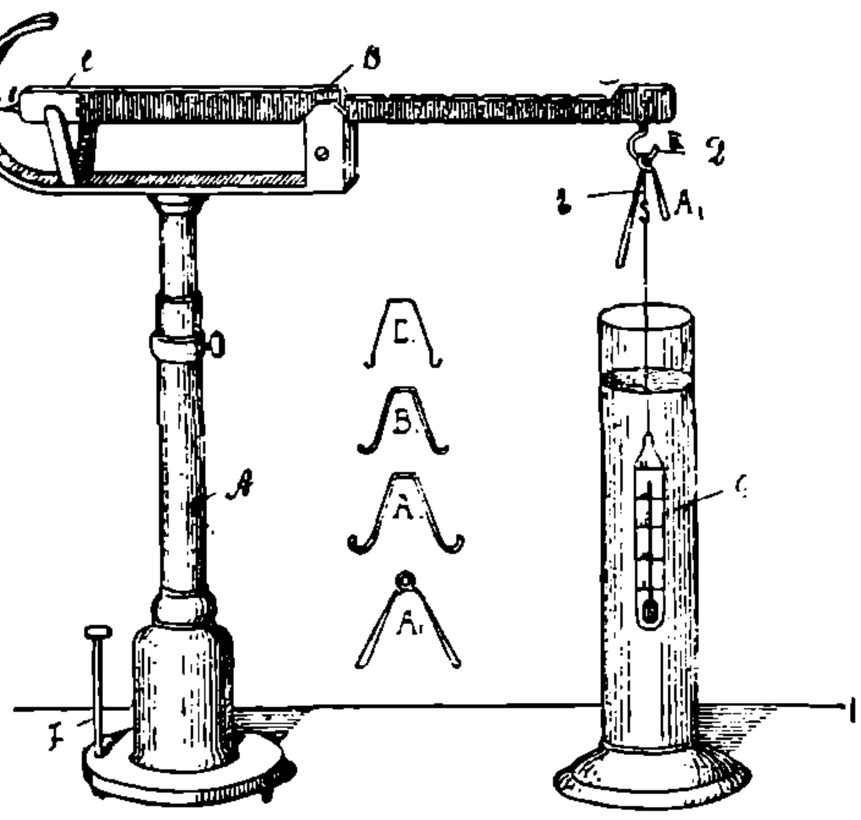


Рис. 539. Весы Вестфаля.

Удельный вес связующего материала C^1 определяется по формуле

$$X = \frac{C - A}{B + C - (A + D)} = \frac{\text{вес вещества}}{\text{вес равного объема воды}}.$$

Удельный вес твердых материалов может быть определен обычным способом погружения их в воду со спиртом, если материал легче воды, или в соляной раствор, если удельный вес больше 1. Образец материала погружается в раствор; после освобождения образца от пузырьков воздуха раствор постепенно разбавляется водой или спиртом до тех пор, пока образец не будет находиться в равновесии на любой глубине раствора. Удельный вес жидкости характеризует равный ему удельный вес испытуемого материала.

Удельный вес твердого связующего материала может быть определен обычным способом при помощи весов Вестфаля.

Удельный вес связующего материала может служить показателем принадлежности материала к той или иной категории по происхождению и по способу производства.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Наиболее употребительные черные связующие материалы имеют следующий удельный вес:

сырой асфальт — 1,04—1,42.
(тринидатский асфальт — 1,20—1,40),
природный битум — 1,00—1,10,
(шугуровский битум — 1,03—1,06),
нефтяные битумы из смолистых нефтей (уральский, мексиканский, калужский) — 1,01 — 1,08,
нефтяные битумы из несмолистых нефтей (бакинские, грозненские) — 0,96 — 0,99,
тяжелые нефтяные остатки — 0,94—0,96,
легкие нефтяные остатки — 0,92—0,94,
каменноугольный пек — 1,27 — 1,30,
каменноугольные дорожные масла — 1,03—1.10,
каменноугольные дегти — 1,10—1,28

Удельный вес связующих материалов при нагревании уменьшается. Удельный вес битума при 180° С уменьшается примерно на 12% по сравнению с удельным весом при температуре 25° С. (Коэффициент расширения битума в среднем около 0,0017)

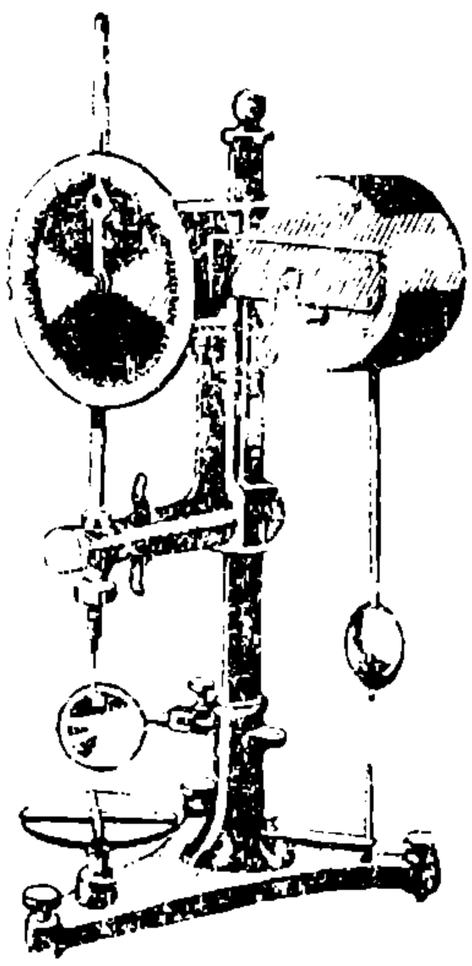


Рис. 540. Пенетрометр.

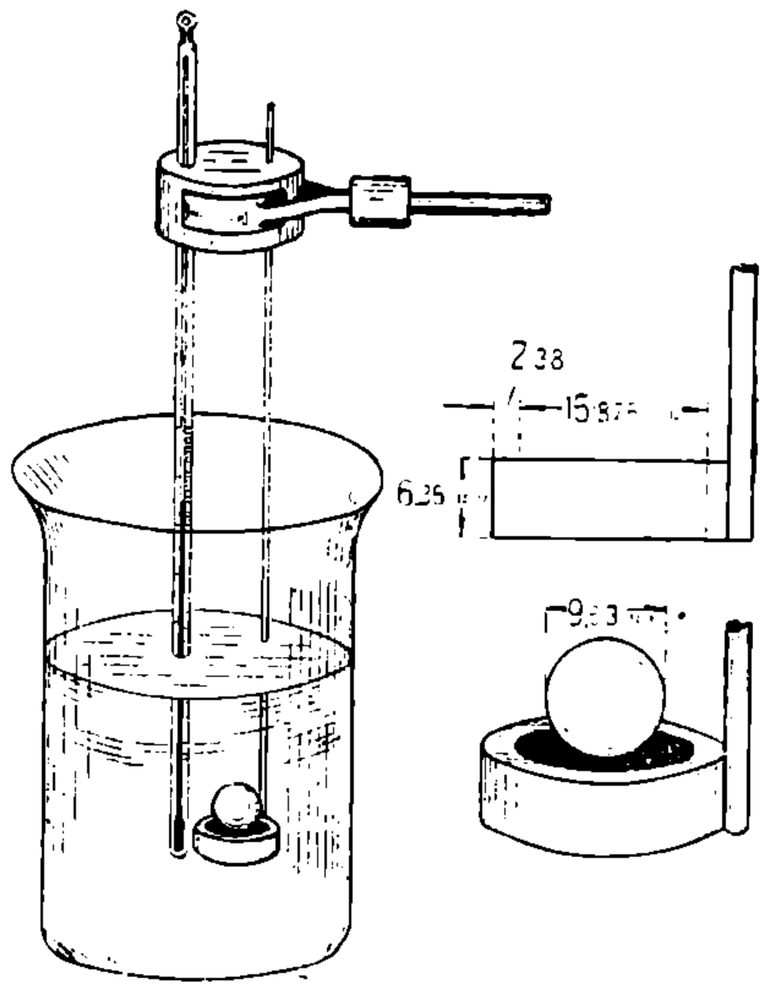


Рис. 541 Прибор для определения температуры размягчения битума помощью кольца и шара.

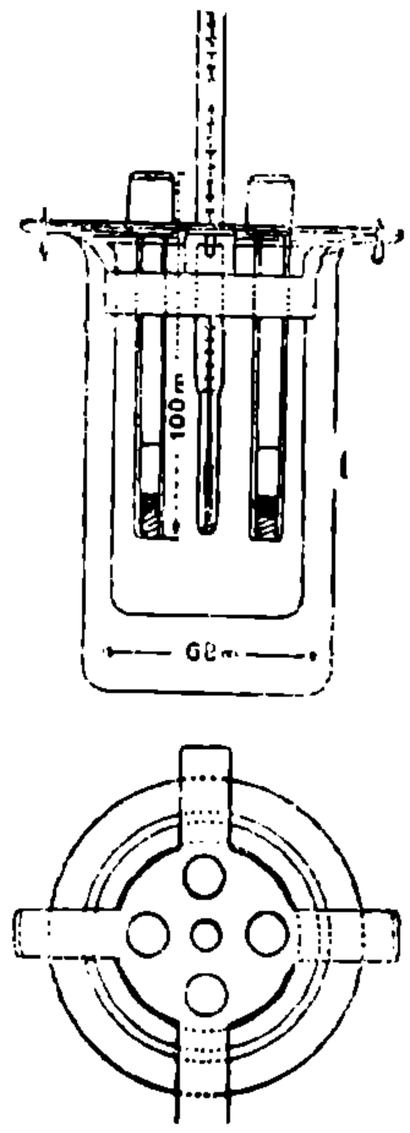


Рис. 542 Прибор Кремер Сарнова для определения температуры размягчения битума.

в) Глубиной проникания (пенетрацией) называется величина погружения в битум стандартной иглы при нагрузке в 100 *г* в течение 5 секунд при температуре 25° С. Единица глубины проникания равна 0,1 *мм*. Для проведения испытания битум плавится и вливается в две цилиндрические чашечки внутренним диаметром 50 *мм* и высотой в 30 *мм*. После охлаждения обе чашечки помещаются в водяную ванну с температурой в 25° С, где выдерживаются не менее часа для установления температуры битума в 25°. Затем чашечки вынимаются из ванны, высушиваются и устанавливаются на подставку аппарата — пенетрометра для производства испытания (рис. 540). Игла пенетрометра подводится точно к самой поверхности битума и опускается путем нажатия на соответствующий штифт прибора. По истечении пяти секунд давление пальца на нажимной штифт прекращают и этим останавливают дальнейшее погружение иглы. Погружение иглы в битум определяется градусами циферблата каждое деление которого соответствует 0,1 *мм* погружения иглы. Эти измерения повторяются для каждой чашечки с битумом 5 раз, так что по окончании опыта получается десять промеров, средние из которых дают величину проникания или степень мягкости битума. Глубина проникания характеризует консистенцию битума и пригодность битума для того или иного вида работ. Для изучаемых битумов определение глубины проникания является основным методом испытания Выпускаемые Союзнефтью битумы делятся на отдельные марки в зависимости от их консистенции, определяемой глубиной проникания. За границей, в частности в Германии, деление битумов в большинстве случаев производится по точке плавления.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Глубина проникания различна при разных температурах. Определение изменения консистенции при разных температурах полезна для установления чувствительности битума к температурным изменениям. Окисленные нефтяные битумы обычно более устойчивы, чем битумы, полученные путем простой перегонки. При одном и том же сорте битума проникание уменьшается с увеличением удельного веса материала.

г) Температура размягчения, плавления и затвердевания. Размягчение, т. е. плавление битума под действием тепла происходит не при какой-либо определенной температуре; с повышением температуры твердый битум постепенно переходит в вязко-жидкое состояние. Температура, при которой битум размягчается, называется точкой размягчения.

По существующим у нас правилам точка размягчения определяется методом кольца и шара (американский способ). Прибор для испытания состоит из следующих частей (рис 541): латунного кольца с внутренним диаметром 16 *мм*, высотой 6,3 *мм*, стальных шариков диаметром 9,5 *мм* и весом 3,5 *г*, стеклянного сосуда для нагревания и термометра. Пробный образец битума расплавляется и вливается в кольцо, установленное на амальгамированную латунную пластинку. Излишек битума после охлаждения срезается нагретым ножом. Таким образом кольцо оказывается наполненным битумом. Стеклянный сосуд наполняется водой температурой в 5° С; стальной шарик ставится на середине поверхности битума, заполняющего кольцо, которое подвешивается в воде на проволоке или штативе на расстоянии 2,5 *см* от дна стеклянного сосуда. На одном уровне с кольцом и в расстоянии от него в 6 *мм* подвешивается термометр. Для того, чтобы температура битума в кольце установилась в 5°С, испытуемый материал остается в воде не менее 15 минут, после чего начинают производить нагревание воды с таким расчетом, чтобы температура ее повышалась на 5°С в минуту. Температура, при которой образец битума под давлением шарика падает на дно сосуда, считается температурой размягчения материала.

Другим распространенным методом определения точки размягчения битума является метод Кремер-Сарнова (Германия) (рис. 542). В этом случае температурой размягчения считается та температура, при которой 5 *г* ртути проваливаются через слой битума толщиной в 5 *мм*, помещенный в трубочке диаметром 6 *мм*. Температура размягчения, определенная по методу Кремера-Сарнова, обычно меньше температуры размягчения по кольцу с шаром — до 10° С. При наличии в битуме мелких минеральных примесей температура размягчения смеси значительно выше, чем для чистого битума. Температура размягчения чистого битума является лишь сравнительной характеристикой битума и не может служить указанием, что при такой-то температуре будет происходить ра-мягчение покрытия на дороге.

д) Тягучестью (растяжимостью) битумов называется способность образца битума, приготовленного по специальной форме, в виде восьмерки, растягиваться с постоянной равномерной скоростью в 5 *см* в минуту и при температуре 25° С. Для определения тягучести употребляется специальный прибор, так называемый дуктилометр ДОУ (рис. 543) Битум расплавляют и заливают в формы-восьмерки размерами: длина 7,5 *см*, ширина в наиболее узком месте 2,0 *см*. Изготовленные образцы в количестве не менее трех помещают в водяную баню или прямо в дуктилометр с температурой воды 25° С на 1—1½ часа, дабы привести битум к этой температуре. Затем снимают с формы боковые обоймы, закрепляют в дуктилометре концы образцов и растягивают с однообразной скоростью. Расстояние в *см* между первоначальным и окончательным положением обоймы после разрыва нити образца служит численной характеристикой тягучести.

Тягучесть битума является важной для характеристики пригодности его для дорожных целей. Материал, обладающий большей тягучестью, лучше будет противостоять механическим воздействиям, износу и натяжению, чем материал мало тягучий.

е) Потеря в весе при нагревании. Это испытание указывает на наличие в битуме летучих составляющих, которые могут повлиять на постоянство консистенции битума, так как эти летучие продукты могут испариться, причем

НБ УДУНТ (ДИТ)

останется более хрупкий и жесткий остаток, лишенный эластичности. Для проведения испытания навеска в 50 *г* битумного материала помещается в плоскодонную чашку, предварительно взвешенную, и подвергается в течение 5 часов нагреванию в термостате при 165° С. Убыль в весе после нагревания, отнесенная к первоначальной навеске и выраженная в процентах, принимается за потерю при нагревании. Остаток от нагревания битума до 165° С обыкновенно подвергается испытанию на глубину проникания и тягучесть, которые должны быть не менее 50% первоначальной глубины проникания и тягучести данного материала.

ж) Химические методы испытания битумных материалов. При применении в дело новых сортов битумов, или битумов из нефтей новых месторождений их физические свойства, определяемые описанными методами, еще не дают полного представления о пригодности этих битумов для дорожных целей. В этом случае делаются углубленные исследования битумов с применением при этом методов химического анализа материала.

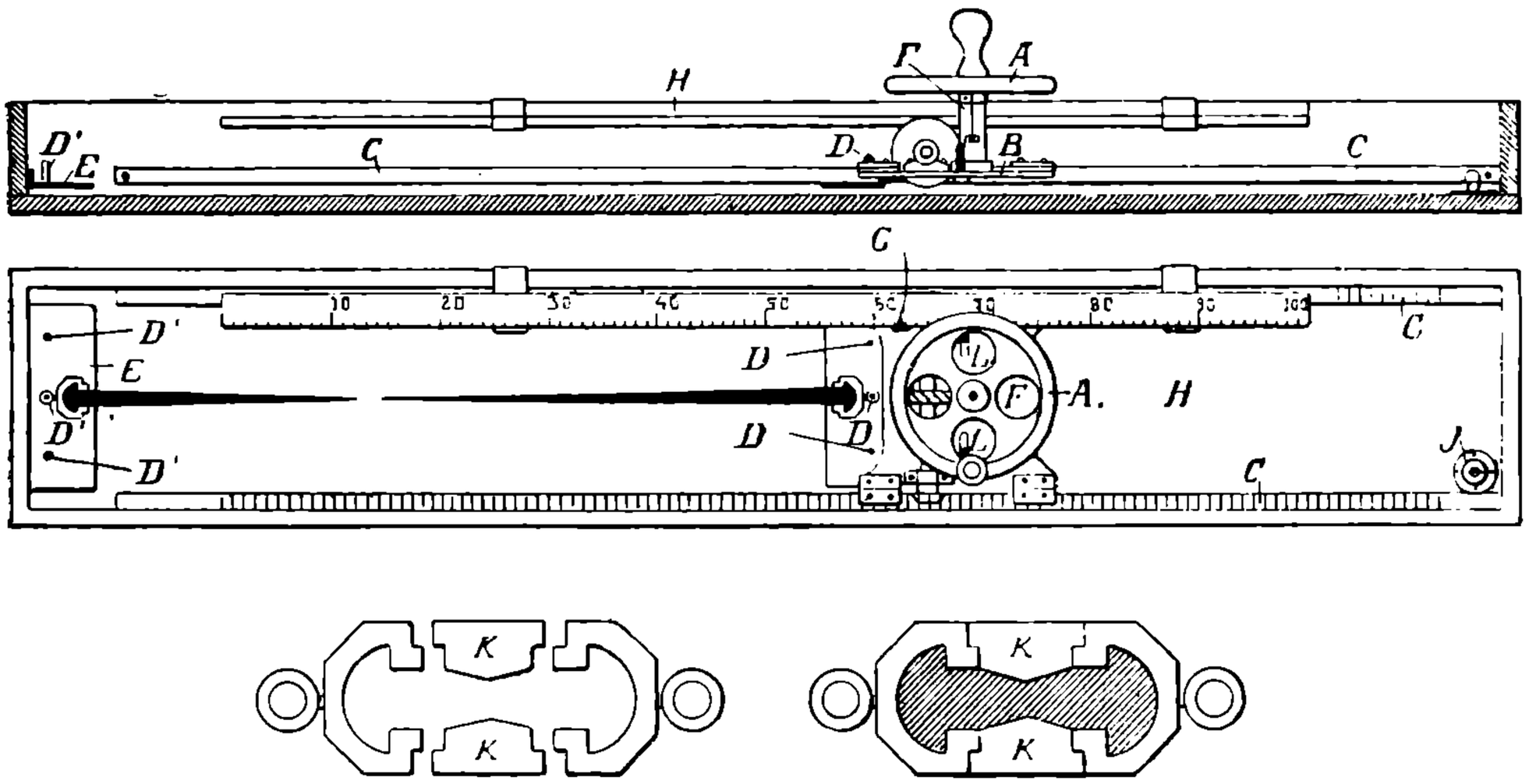


Рис. 543. Дуктилометр Доу (вид сбоку и сверху) и формочки для битума.

При этом часто исследуются:

а) содержание серы в битуме, б) содержание парафина, в) содержание отдельных компонентов битума (масел, смол, асфальтенов), г) число омыления, д) кислотное число и др.

Для этих методов испытаний в настоящее время не установлено каких-либо твердых норм, вполне определяющих свойства материала. Приходится судить о степени пригодности новых битумов на основании сравнений их химических и физических характеристик с такими же характеристиками, установленными для битумных материалов, которые хорошо себя зарекомендовали в производственной практике.

§ 203. Методы испытания дегтевых дорожных материалов. Дегтевые материалы легко отличить от нефтяных остатков по внешнему виду и запаху. Деготь имеет специфический запах креозота. Пек каменноугольного дегтя также можно легко отличить от нефтяных остатков той же консистенции по запаху паров при нагревании. Пеки с высоким содержанием углерода и потому менее ценные для дорожного дела имеют в изломе матовый вид, в то время, как пеки, бедные углеродом, отличаются черным цветом и блеском. Наиболее распространенными испытаниями дегтевых материалов, характеризующих пригодность их для дорожных целей, являются следующие:

а) Определение удельного веса. Наиболее распространен способ определения удельного веса дегтей при помощи ареометра. Так как дегти при температуре в 25° С бывают вязкими, их нагревают до температуры, при которой ареометр легко погружается. Определенный при этой температуре удельный вес пере-

УДИТ (ДШТ)

считывается путем умножения коэффициента 0,0007 на число градусов выше нормальной температуры в 25° С.

Удельный вес тяжелых каменноугольных масел, идущих на составленный деготь, колеблется от 1,065 до 1,075. Более низкий удельный вес указывает на избыточное количество низко-кипящих составляющих. Слишком высокий удельный вес говорит о том, что отгонка легких продуктов зашла слишком далеко.

Каменноугольный пек имеет удельный вес от 1,250 до 1,30. Удельный вес дорожных дегтей нормально лежит между 1,15 и 1,24.

б) Определение вязкости дорожных дегтей имеет большое значение. Вязкость устанавливается разными методами, причем часть приборов, предназначенных для этой цели, работает по принципу истечения (английский консистометр, вискозиметр Энглера, Рютгерса и др.); другие основаны на принципе погружения поплавков (вискозиметр Хетченсона, Лунге, вискозиметр Е. Р. С.) (Ecole des Ponts et Chaussèes). По первому методу вязкость определяется сравнением скорости истечения испытуемого материала и воды при одинаковых условиях температуры, количестве материала и величине отверстия для истечения. Наиболее употребительным вискозиметром для испытания масел и жидких дегтей является прибор Энглера (рис. 544), представляющий собой сосуд, в котором испытуемый материал в количестве 200 *см*³ нагревается, посредством водяной бани или масляной ванны, нормально до 50° С. Для определения вязкости материал пропускают через отверстие в приборе размером 2 *мм*. При той же температуре определяют время истечения такого же количества воды. Вязкость материала получается делением времени истечения испытуемого материала на время истечения воды.

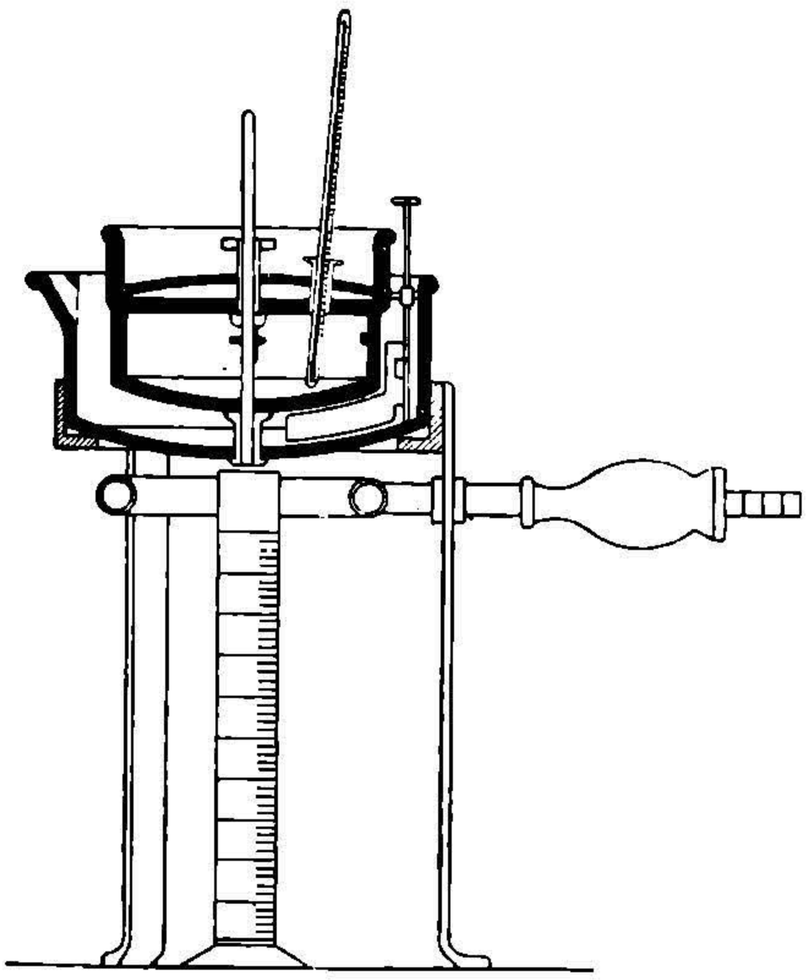


Рис. 544. Вискозиметр Энглера.

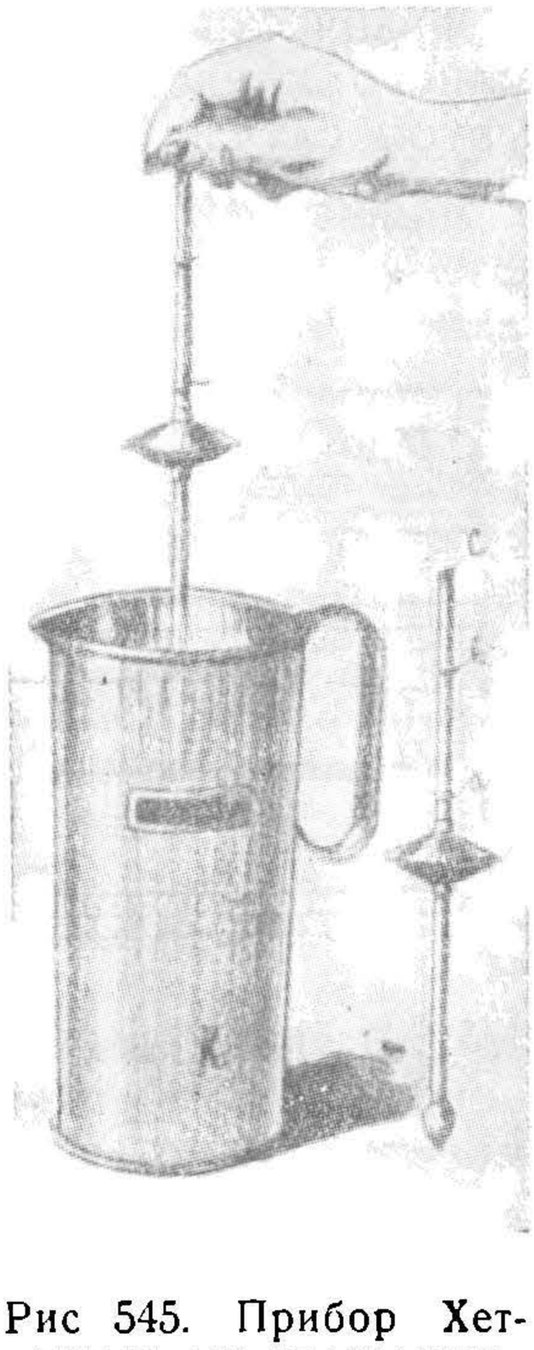


Рис 545. Прибор Хетченсона для определения вязкости.

Приборы того же типа, основанные на принципе скорости истечения — вискозиметр Рютгерса, а также английский стандартный консистометр, в основном отличаются от прибора Энглера большей величиной отверстия для истечения (5,2 *мм* и 9,8 *мм*), вследствие чего возможно испытание более вязких материалов.

Из вискозиметров, работающих по принципу погружения поплавка, наибольшее распространение получил у нас прибор Хетчинсона (рис. 545). Он состоит из металлического стержня длиною 21,5 *см* с грузом на конце и поплавком диаметром 5 *см* в средней части. В верхней части стержня расположены два кольца на расстоянии 5 *см* друг от друга. Для определения вязкости материала вискозиметр Хетчинсона погружается в деготь температуры 25° С до первого кольца. Время погружения прибора от кольца первого до кольца второго, выраженное в секундах, характеризует вязкость материала. При материалах очень вязких и полутвердых вязкость может быть характеризована американским испытанием на течение и плавление (bloat test) (рис. 546). Испытуемый материал наливается в конус навинчивающейся снизу металлической чашки, и чашка опускается в сосуд, наполненный водой определенной температуры. Время, в течение которого испытуемый материал расплавится и следовательно вода проникнет через отверстия конуса в чашку и последняя погрузится в воду, характеризует степень вязкости материала.

НБ УДУНТ (ДИТ)

в) Фракционная перегонка выясняет содержание в данном образце легких (летучих), средних и тяжелых масел, от относительного содержания которых зависят такие важные для дорожного материала свойства, как его консистенция летучесть, хрупкость и т. д. Для перегонки 100—150 *г* материала помещаются в колбу емкостью 250 *см*³. Термометр устанавливается так, чтобы ртутный шарик находился на уровне отверстия боковой отводной трубки. Холодильником может служить просто стеклянная трубка с внутренним диаметром около 15—20 *мм* и длиною 60—80 *см*. Нижний конец трубки должен быть ниже входного отверстия на 100 *мм*.

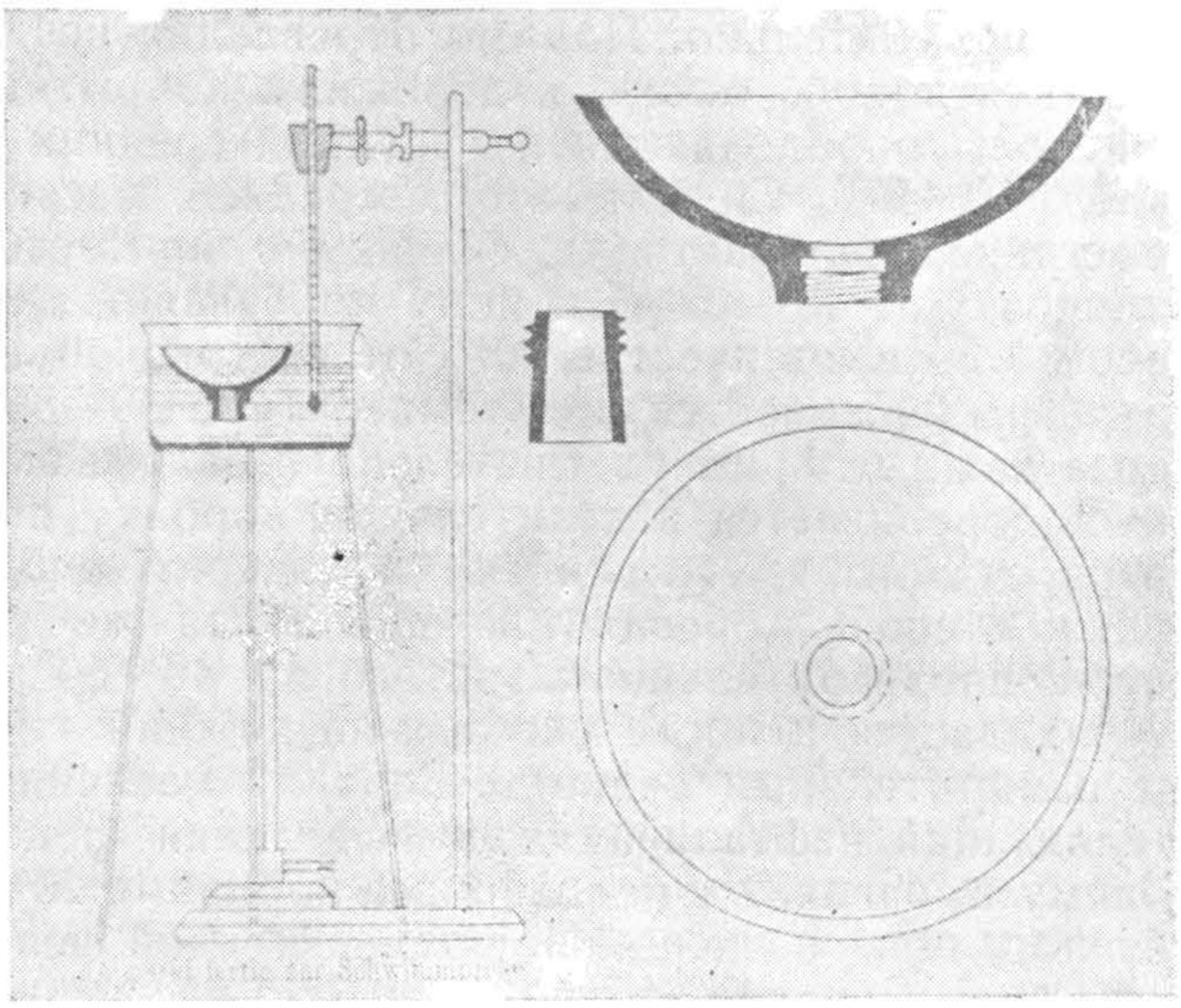


Рис 546. Американский вискозиметр.

Перегонка должна производиться со скоростью 1—2 капель в секунду, что достигается соответствующей регулировкой нагрева.

Отдельно собираются следующие фракции:

1) легких масел и воды, отгоняемых при температуре до 170°;
2) средних масел — от 170 до 270°;
3) тяжелых масел — от 270 до 300°;
4) антраценовых масел — от 300 до 360°

Остаток после перегонки является пеком.

Каждая фракция собирается в отдельном тарированном измерительном цилиндре. Перемена приемника производится при переходе ртутного столба термометра через деление, отвечающее границе фракций. Собранные фракции взвешиваются и определяется процент содержания их по отношению к взятой навеске.

Наличие воды и большое количество легких масел нежелательно и указывает на то, что деготь не отогнан. Дорожный деготь должен содержать в себе главным образом смолистые части. Большое количество легких масел приводит к очень быстрому густению материала на дороге; по мере улетучивания этих масел покрытие становится более хрупким. Наличие влаги обусловливает меньшую плотность корки и сильно затрудняет разогревание материала, так как последний при нагреве пенится и уходит из котла.

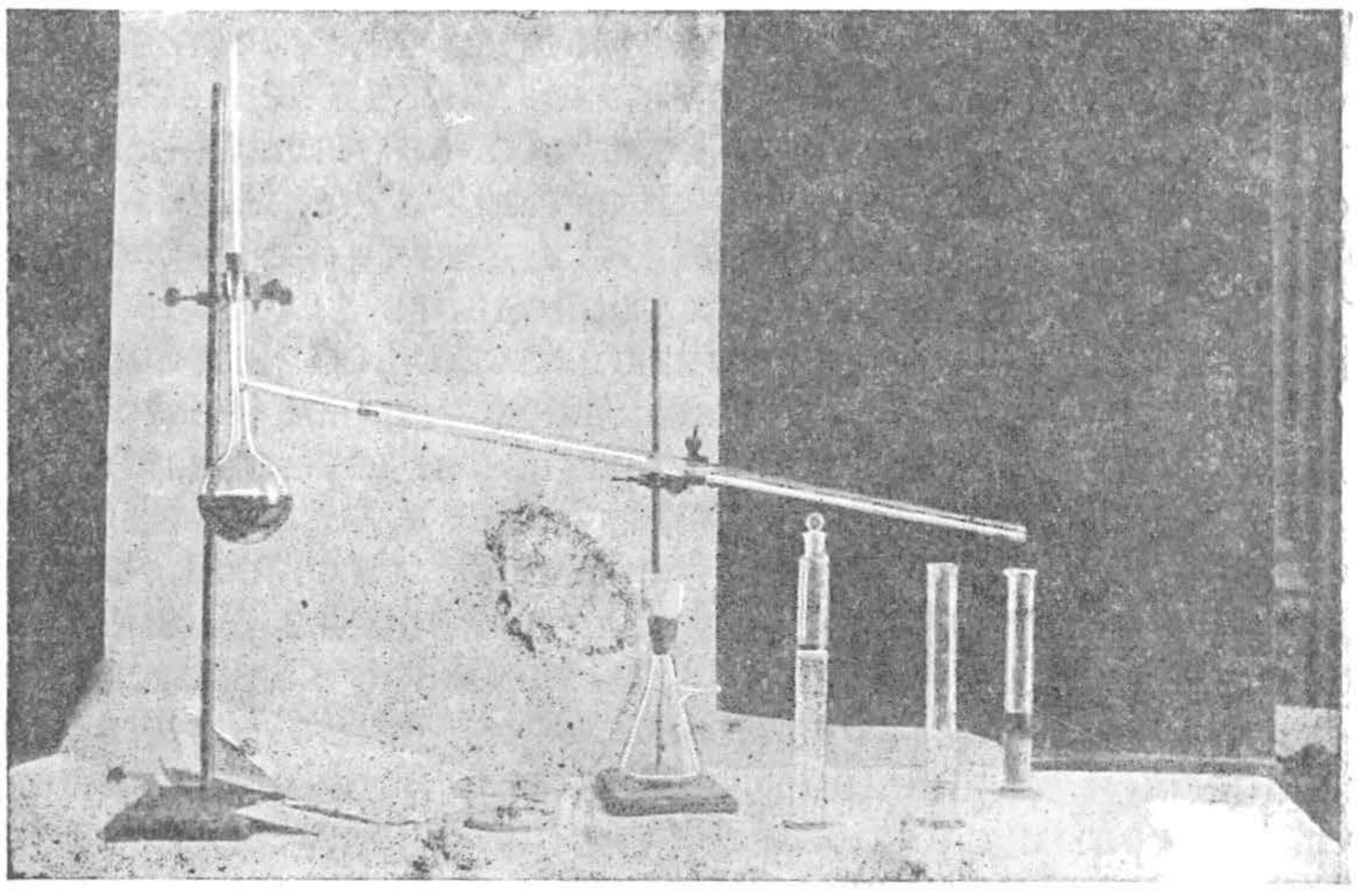


Рис. 547 Прибор для фракционной перегонки.

Количественное соотношение различных фракций и пека характеризует состав дегтевого материала. При одной и той же консистенции дегтя, но при большем содержании тяжелых масел деготь получается устойчивым в отношении твердения. При той же консистенции, но

НБ УДУНТ (ДІТ)

при большом содержании легких масел или пека деготь будет быстро твердеть и может сделаться хрупким.

г) Определение содержания фенолов. Содержание фенолов в дорожном материале нежелательно. Помимо отравления воздуха и воды, они могут выщелачиваться водой, отчего в дорожном покрытии появятся трещины.

Фенолы определяются из фракций средних масел, перегоняющихся в интервале 170—270° С. Для этого среднее масло, полученное при фракционной перегонке, наливается в склянку с притертой пробкой и по охлаждении до температуры 40—45° С к нему прибавляется раствор едкого натра с удельным весом 1.20 в количестве 20% от взятого объема масла. Смесь масла и едкого натра выдерживается при температуре 40—50° С в течение 15 минут, причем через каждые 5 минут тщательно взбалтывается. После 15-минутного прогрева смесь переливается в делительную воронку с краном, и, когда раствор едкого натра отстоится, его сливают в измерительный цилиндр. К верхнему маслянистому слою добавляется еще такая же порция свежего раствора едкого натра, предварительно нагретого до 40–50° С. Смесь в воронке тщательно встряхивается и после расслоения нижний слой едкого натра сливается в тот же измерительный цилиндр. Верхний маслянистый слой оставляется для кристаллизации нафталина Для выделения фенолов из раствора едкого натра, к нему добавляется небольшими порциями 20%-ый раствор соляной кислоты до тех пор, пока выделившийся сверху слой фенолов не перестанет увеличиваться в объеме. Измерив объем фенолов, рассчитывают содержание их к общему объему материала, взятого для перегонки.

д) Определение содержания нафталина. Присутствие нафталина в большом количестве в дорожном материале также нежелательно, так как нафталин придает дегтю хрупкость. Кроме того, кристаллы нафталина, испаряясь, образуют пустоты, что может служить причиной образования трещин. Для определения содержания нафталина продукты перегонки между 170—270° С, после отделения фенолов, охлаждают до 15° С. Выделившийся нафталин фильтруют при помощи водоструйного насоса и бюхнеровской воронки, затем прессуют между двух прокладок из фильтровальной бумаги до полного впитывания всего масла бумагой. Выделенный нафталин взвешивают и определяют процентное содержание его по отношению к весу дегтя, взятого для анализа.

е) Определение количества свободного углерода. Содержание свободного углерода в дорожных дегтях до известного предела (до 24%) считается полезным, так как вяжущие свойства дегтя от этого увеличиваются. Дегтевые продукты, в которых содержание свободного углерода превосходит эти нормы (например газовый деготь из горизонтальных реторт), признаются непригодными для дорожного строительства, как слишком хрупкие. Методы определения свободного углерода основаны на нерастворимости его в бензоле. При этом существует несколько способов испытания; наиболее простой из них состоит в следующем: смешивают 2 *г* дегтя с холодным бензолом; масляные и битуминозные составные части дегтя растворяются с выделением свободного углерода; после осаждения свободного углерода раствор дегтя декантируется; свободный углерод промывают несколько раз бензолом, декантируя его, затем выливают на фильтр и промывают теплым бензолом в количестве $^1/_2$ литра, фильтр с содержимым высушивают и взвешивают свободный углерод.

§ 204. Методы испытания битумных и дегтевых дорожных эмульсий. Вследствие новизны дела применения дорожных эмульсий, методы испытания их разработаны еще мало и не стандартизированы. Наиболее важными испытаниями эмульсий, рекомендуемыми в Германии, являются следующие:

а) Определение количества воды производится при помощи смешивания с ксилолом и дальнейшей разгонки или хлорокальциевым методом. При испытании первым способом 10 *г* эмульсий смешиваются с 50 $см^3$ ксилола и наливаются в колбу емкостью 500 *г*. На пробке присоединяется холодильник Либиха. Колба нагревается на масляной бане, и дестиллат от перегонки собирается в мерный цилиндр. Ксилол с водой отгоняется почти нацело. Для разделения воды и ксилола, полученных при перегонке, мерный цилиндр с дестиллатом ставят в теплую воду и легким поколачиванием сбивают приставшие к стенкам капельки воды вниз. Затем дестиллат ставят на некоторое время в сосуд с

НБ УДУНТ (ДИТ)

водой температуры 15° С, после чего производят отсчет кубических сантиметров воды, отделившейся от ксилола, и перечисляют этот объем на взятое для испытания количество эмульсии. Количество воды в дорожной эмульсии должно быть не более 60%.

б) Определение качеств связующих материалов, входящих в эмульсию. Для определения качества битума или дегтя, входящих в эмульсию, последняя тем или иным способом свертывается (нагреванием, подкислением), вода отделяется механическим путем выжимания, а остаток ее удаляется последующим нагреванием до 105° С. Испытание битума или дегтя производится обычными способами.

в) Определение устойчивости эмульсии производится следующими способами.

1) Эмульсию разбавляют возрастающим количеством воды; при этом наблюдают, не происходит ли коагуляция.

2) Наблюдают устойчивость эмульсии в измерительном цилиндре. Для этого 250 *см*³ эмульсии наливают в измерительный цилиндр диаметром примерно в 3—4 *см* и на 8 дней оставляют в покое. После этого срока выясняют, не произошло ли отслаивание эмульсии. В случае, если такое отслаивание происходит, эмульсию энергично взбалтывают и определяют, можно ли таким способом восстановить первоначальную однородность эмульсии.

3) Наблюдают отношение эмульсии к разбавлению кислотами. Для этого 100 *г* эмульсии разбавляют 250 *см*³ дестиллированной воды, после чего к смеси прибавляют незначительное количество нормальной соляной кислоты. По мере того, как благодаря этому происходит выделение битума, продолжают постепенно прибавлять кислоту, пока не выйдет весь битум.

г) Определение клейкости эмульсии производится путем погружения двух пальцев в эмульсию и последующего разжимания их. Кроме этого способа, по существующим немецким нормам, клейкость определяется посредством смешения каменной мелочи 3—6 *мм* с 20% эмульсии и расстилания ее слоем в 1 *см* на глиняной тарелке. После 6 часов при наклоне тарелки отдельные зерна каменной мелочи не должны отрываться от общей массы.

д) Определение распадания эмульсии производится путем погружения в эмульсию базальтового кубика и последующего его высушивания в течение часа. При обрызгивании после этого камня водой последняя должна едва окрашиваться. Через 24 часа, даже при погружении камня в воду, битумная пленка должна прочно держаться на камне, и вода не должна окрашиваться. Окрашивание воды укажет на способность эмульсии реэмульгироваться, вследствие чего эмульсия не будет в состоянии сопротивляться атмосферным явлениям.

е) Испытание на замораживание и оттаивание. Берут 20—25 *г* эмульсии в химический стаканчик, который погружают в охладительную смесь и выдерживают в ней, пока температура эмульсии не понизится до — 10° С, после чего пробу эмульсии выдерживают при комнатной температуре до полного оттаивания. В результате такого замораживания и оттаивания эмульсия не должна разложиться.

ж) Определение стойкости эмульсии. 450 *г* чистой смоченной щебеночной мелочи, размером частиц от 4 до 15 *мм*, энергично перемешиваются в течение 3 минут с 50 *г* эмульсии. После такого перемешивания эмульсия не должна давать комков, но должна покрыть равномерным слоем всю мелочь, которая после отделения воды образует с эмульсией компактную массу.

з) Определение стойкости эмульсии при встряхивании. Испытуемая эмульсия в количестве 1 литра помещается в плотно закрывающуюся банку, которая устанавливается на механическое приспособление для встряхивания. При встряхивании в течение 24 часов при температуре 20—25° С не должно произойти распадание эмульсии.

и) Кроме перечисленных методов испытания эмульсий существует еще много других; из них можно отметить следующие: свертываемость эмульсии определяется путем намазывания эмульсии узкой полоской на фильтровальную бумагу и последующего промывания струей воды, — при этом эмульсия не должна растекаться. Свертываемость эмульсии проверяется на фарфоре, на сухом и мокром камне. Отношение эмульсии к сухому и влажному песку опре-

УГВ УДУТ (ДШТ)

деляется путем проникания эмульсии в слой песка. Кроме того эмульсия испытывается на прочность прилипания битумной пленки и т. д.

Внешний вид и степень однородности также в значительной степени характеризуют качество эмульсии. Если битум отделяется от воды и невозможно сделать эмульсию однородной путем простого взбалтывания, то эмульсия должна быть признана негодной.

Эмульсия не должна иметь крупинок битума, а должна покрывать стеклянную палочку ровным однородным слоем. Наличие легко различаемых крупинок указывает на крупность частиц битума в эмульсии, вследствие чего надо ожидать быстрого свертывания эмульсии. Чем меньше частицы битума в эмульсии, тем дольше она может сохраняться. Размеры частиц могут быть определены микроскопом при 500-кратном увеличении. Для этой цели эмульсию следует разбавить слабощелочной водой.

§ 205. Методы испытания дорожных масел. Основными испытаниями для этих атериалов являются следующие:

а) Определение удельного веса (проведение испытаний см. стр. 586).

б) Дробная перегонка (проведение испытания см. стр. 591).

в) Определение вязкости (на приборе Энглера или другими методами).

г) Определение потери в весе при нагревании в продолжение 5 часов при температуре 165° С (для битумных материалов).

д) Определение содержания в дорожном масле количества битума с пенетрацией 80. Для этого определения испытуемый материал ставится в открытой чашке в термостат с температурой 250—260° С. При этой температуре легкие масла, находящиеся в испытуемом материале, улетучиваются и консистенция его увеличивается. Время от времени производят испытания материала иглой на проникание. Количество остатка, имеющего пенетрацию 80, представляет результат испытания и характеризует наличие в дорожном масле тяжелых смолистых веществ, которые останутся в дороге после испарения легких масел. Кроме того это испытание, проводимое одновременно с определением вязкости дорожного масла, характеризует количество и консистенцию легких масел, входящих в состав испытуемого материала.

§ 206. Методы испытания минеральных материалов и их смесей со связующими материалами.

а) Ситовый анализ. Важнейшей характеристикой минеральных материалов (щебень, высевки, песок, заполнитель) является характеристика по крупности зерен, т. е. механический состав. Определение механического состава производится путем разделения материала на фракции по крупности при помощи набора сит с отверстиями соответствующей величины. Проба, отобранная из штабеля и принесенная в лабораторию для анализа, перемешивается и рассыпается на брезент, слоем в 7—10 *см*, а затем рассыпанный материал делится на 4 квадрата двумя взаимноперпендикулярными бороздками; два противоположных квадрата отбрасываются, а остальные вновь перемешиваются и делятся таким же способом на четыре части, из которых две противоположные отбрасываются. Эта операция повторяется несколько раз. Размер пробы для ситового анализа зависит от крупности зерен материала. Вес пробы в килограммах должен быть не менее размера наиболее крупных зерен в сантиметрах, а для заполнителя — не менее 10 *г*. Например, для песка с размером зерен до 2 *мм* надо пробу взять не менее 200 *г*.

Песок и заполнитель перед анализом подсушивают при температуре не выше 100—110° С, часто перемешивая. Сита располагаются последовательно одно ниже другого, со все уменьшающимся размером отверстий. Самое мелкое сито соединяется с донышком. Навеска высушенного материала помещается в самое крупное сито и встряхиванием сит, механическим или ручным, производится отсев фракций. Операция считается законченной, когда каждое из сит не дает совсем или дает очень мало отсева. Остатки на ситах взвешиваются и рассчитываются в процентах к взятой навеске, что дает % состава материала по фракциям.

Для ситового анализа мелких минеральных материалов применяются следующие стандартные сита.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 165

Американские стандартные сита

№№ сит	Отверстия в *мм*	№№ сит	Отверстия в *мм*
10	2,00	50	0,295
12	1,65	60	0,246
16	1,17	70	0,208
20	0,83	80	0,175
30	0,59	100	0,137
40	0,42	200	0,074

Таблица 166

Немецкие стандартные сита

№№ сит	Отверстия в *мм*	№№ сит	Отверстия в *мм*
3	2,00	30	0,20
4	1,50	40	0,15
6	1,02	50	0,12
8	0,75	60	0,102
10	0,60	80	0,075
20	0,30	100	0,060

Сита с отверстиями мельче 2 *мм* — квадратные, крупнее 2 *мм* круглые. Круглые сита обычно обозначаются не номером сита, а размером отверстия в *мм* или дюймах. Принятые у нас размеры частиц зерен для обозначения гранулометрического состава материала соответствуют классификации рыхлых горных пород (см. Грунтовые дороги) и имеют следующие величины (в *мм*): 2—1—0,5—0,25—0,05—0,01—0,005.

б) Определение объемного веса минеральной смеси в утрясенном виде. В стеклянный толстостенный батарейный стакан (предварительно измеренный бюреткой), емкостью для мелких материалов на 0,5, а для крупных материалов на 1—1,5 литра, помещается навеска 300—500 *г*, слегка утряхивается от руки, поверхность материала выравнивается, затем сверху кладется плотно входящая в стакан деревянная или картонная пластинка; на нее помещают некоторый груз и путем встряхивания или трамбования от руки каучуковым молотком минеральный материал доводят до постоянного объема. Вес минеральной массы, разделенный на полученный объем, дает объемный вес материала в уплотненном состоянии.

в) Определение удельного веса минеральной смеси. В пикнометре или мерной колбе на 200—250 $см^3$ помещают навеску испытуемого материала, затем доливают бюреткой отмеренное количество ксилола или бензола (при отсутствии ксилола или бензола можно пользоваться бензином) до черты, часто взбалтывая содержимое колбы. Удельный вес испытуемого материала выразится формулой $\frac{A}{B-C}$, где A — навеска, B — емкость колбы, C — количество долитого ксилолн. Описанным способом определяется кажущийся удельный вес, так как имеющиеся поры в минерале не заполняются жидкостью. Для определения „истинного“ удельного веса материала его размалывают в порошок. Часть, прошедшую через сито 0,25 *мм*, высушивают и затем производят определение удельного веса изложенным способом.

Удельный вес материала определяется, как среднее трех результатов.

В случае, если минеральная смесь состоит из разных материалов, удельный вес которых известен („кажущийся“ или „истинный“), можно вычислить средний удельный вес по формуле:

$$D_0 = \frac{D_1P_1 + D_2P_2 + D_3P_3 + \dots}{100},$$

где D_1, D_2, D_3 — удельный вес входящих в смесь материалов,
P_1, P_2, P_3 — процентное содержание каждого материала.

Однако эта формула дает лишь приближенные результаты, когда удельные веса минеральных материалов не сильно отличаются друг от друга.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Для точного вычисления среднего удельного веса надо пользоваться следующей формулой:

$$D_0 = \frac{100 \cdot D_1 D_2 D_3 \cdot \quad \cdot}{P_1 D_2 D_3 + P_2 D_1 D_3 + P_3 D_1 D_2 + \ldots}$$

г) Пористость минеральной массы определяется расчетом из данных удельного и объемного веса по следующей формуле:

$$A = \left(1 - \frac{D_1}{D}\right) \cdot 100,$$

где A—пористость, D—удельный вес, D_1—объемный вес.

В качестве поверочного испытания пористость определяют также заполнением пор водой или керосином.

Для вычисления пористости смеси, состоящей из разных материалов, пористость можно определить по следующей формуле:

$$A = \frac{\left[V\left(\frac{P_1}{D_1} + \frac{P_2}{D_2} + \frac{P_3}{D_3}\right)\right]}{V} \cdot 100,$$

где P_1, P_2, P_3 — весовое количество входящих в смесь материалов,
D_1, D_2, D_3 — удельные веса входящих в смесь материалов,
V — объем всей смеси.

„Остаточную" пористость в покрытии, т. е. процент пор, оставшихся в покрытии незаполненными битумом, можно вычислить по этой же формуле, рассматривая битум как одну из составных частей смеси.

Пористость является одним из важнейших свойств применяемой минеральной смеси или образцов, вынутых с дороги, поэтому данное испытание производится как при проектировании состава, так и при полевом техническом контроле.

Рис. 548. Аппарат Сокслета для экстрагирования битума.

д) Определение количества битума в асфальтовой массе путем экстрагирования. Для определения количества битума в асфальтовой массе наиболее распространен прибор Сокслета, который состоит из трех частей: колбочки, собственно экстрактора и холодильника (см. рис. 548). В патрон, вручную изготовленный из фильтровальной бумаги, накладывается навеска испытуемого материала; затем патрон помещается в среднюю часть прибора, называемую экстрактором; в колбу до половины наливается растворитель. После этого прибор собирают, соединяя все три части — колбу, экстрактор и холодильник; последний соединяют с водопроводом таким образом, чтобы в холодильнике циркулировала все время холодная вода. Прибор ставится на водяной электрической бане. Испаряющийся при нагревании растворитель поднимается по трубке в холодильник, где конденсируется и попадает в экстрактор; растворитель постепенно заполняет экстрактор до высоты колена сифонообразной трубки, после чего происходит перетекание жидкости, с некоторым количеством извлеченных ею из анализируемого материала растворимых веществ, в приемную колбу; такая циркуляция растворителя под влиянием нагрева колбы с растворителем будет происходить все время, пока весь битум не будет извлечен и в колене сифона не пойдет чистый растворитель. Количество битума рассчитывается по разности взятой навески и полученного остатка.

е) Определение временного сопротивления сжатию. Степень временного сопротивления сжатию характеризует суммарно качества применяемой асфальтовой смеси, зависящие от гранулометрического состава смеси, количества и качества битума. По результатам этого испытания окончательно выбирают запроектированные рецепты минеральной части. Кроме того этим способом можно определить оптимальное количество в смеси битума.

Для определения сопротивления сжатию по запроектированному рецепту изготовляют пробные замесы в лабораторном вращающемся барабане. Минеральная часть и битум нагреваются до 180°С и укладываются в формы для

НБ УДУНТ (ДІТ)

изготовления образцов. Образцы готовятся цилиндрические; размер их для песчаного асфальта — основание 25 *см*², высота — 5 *см*; для мелкозернистого и среднезернистого асфальтового бетона — основание 100 *см*², высота 10 *см*. Горячая масса через толстую металлическую пластинку уплотняется ударами падающей гири; механическая работа для уплотнения исчисляется в 1 *кг/м* на каждые 10 *г* материала. Толщина слоя уплотнения — не более 5 *см*. По охлаждении образцов производится их испытание на прессе. Величина сопротивления сжатию определяется как среднее из трех опытов. Пригодные для работ этим методом асфальтовые образцы должны иметь временное сопротивление сжатию не менее 25 *кг* на *см*² при температуре испытания—20° С.

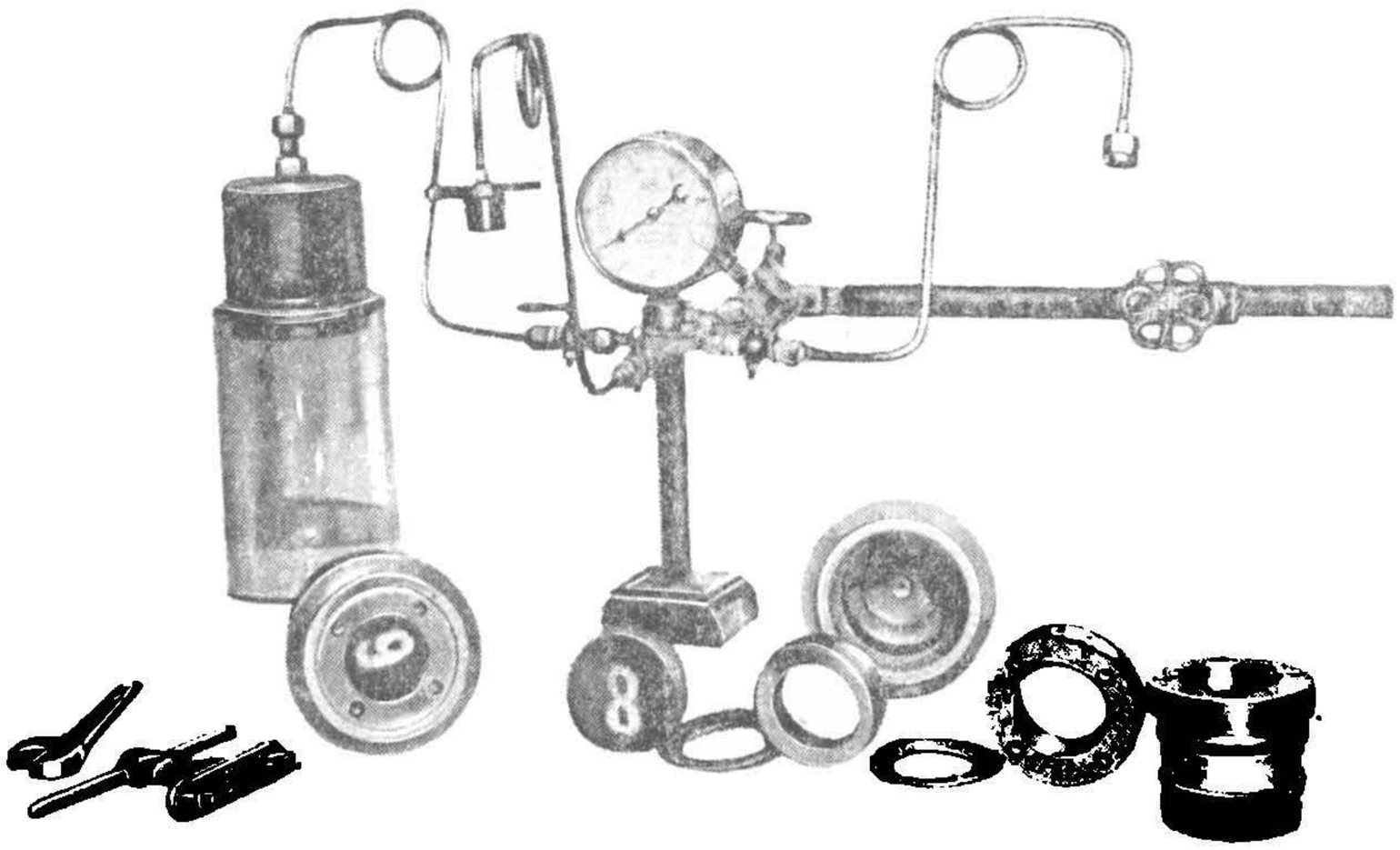


Рис. 549. Прибор для определения водопроницаемости образцов асфальтового раствора.

ж) Испытание на водопроницаемость. Образцы для этого испытания изготовляются следующих размеров: или для асфальто-бетонов — диаметром 22,6 *см*, толщиной, равной толщине предполагаемого асфальтового покрытия; для песчаного асфальта—диаметром 7,4 *см*, высотой — 2 *см*. Испытание производится на приборе Тетмайера или подобном ему (рис. 549, 550). Сначала образец в течение двух часов подвергается действию напора воды в 0,5 атмосфер. Затем через каждые два часа давление постепенно увеличивается на 0,5 атмосферу, пока не достигнет 2,0 атмосфер. В нормально изготовленном образце вода не должна просачиваться через всю массу. Это испытание также характеризует строительные качества проектируемой массы. Степень водопроницаемости зависит главным образом от количества битума, поэтому данным способом можно точно установить его дозировку.

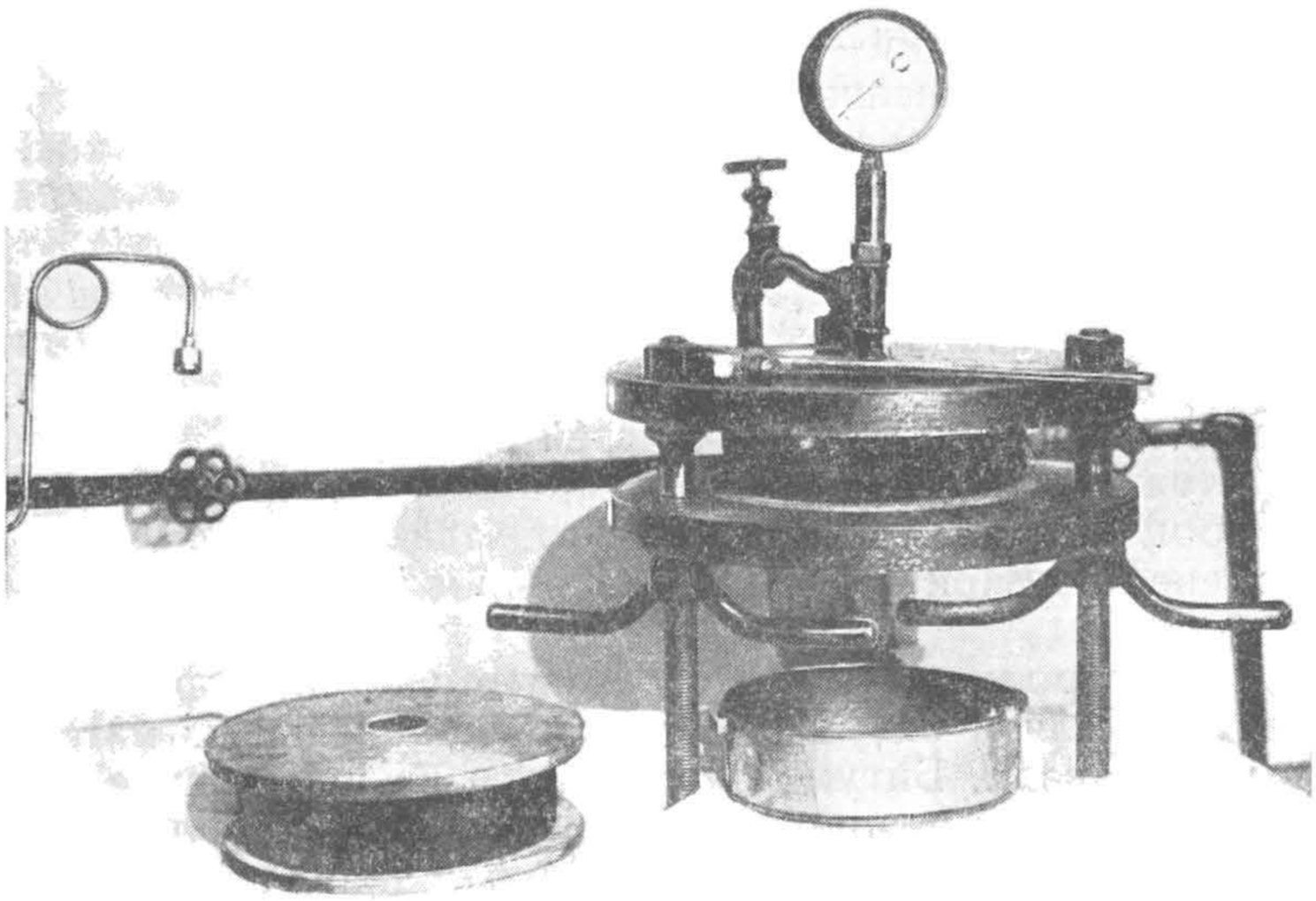


Рис. 550. Прибор для определения водопроницаемости образцов асфальтового бетона.

з) Испытание на устойчивость. Образцы изготовляются в виде цилиндров с размером основания 2 *см*² и высотой—5 *см*. Испытание производится на приборе Хэбборда, состоящем из толстостенного цилиндра с внутренним диаметром, равным диаметру образца, имеющего в нижней своей части кольцо диаметром 5,4 *см* (на 4 *мм* меньше диаметра образца) (рис. 551). Испытуемый

НБ УДХТ (ДШТ)

образец вставляется в цилиндр и вместе с ним нагревается до 60°С. Затем прибор с образцом ставится под пресс для определения силы, которую нужно приложить, чтобы вытолкнуть образец через кольцо, на 4 *мм* меньшее его диаметром.

Это испытание суммарно характеризует состав минеральной части и точность дозировки битума. При слишком пористой минеральной смеси или ненормальном количестве битума прибор с большой чувствительностью отметит это понижением силы выдавливания образца. Изменяя составляющие минеральной части и количества битума, стремятся получить максимальную силу выдавливания, причем асфальтовые смеси (песчаный асфальт) считаются пригодными для работ, если эта сила выдавливания не менее 900 *кг*.

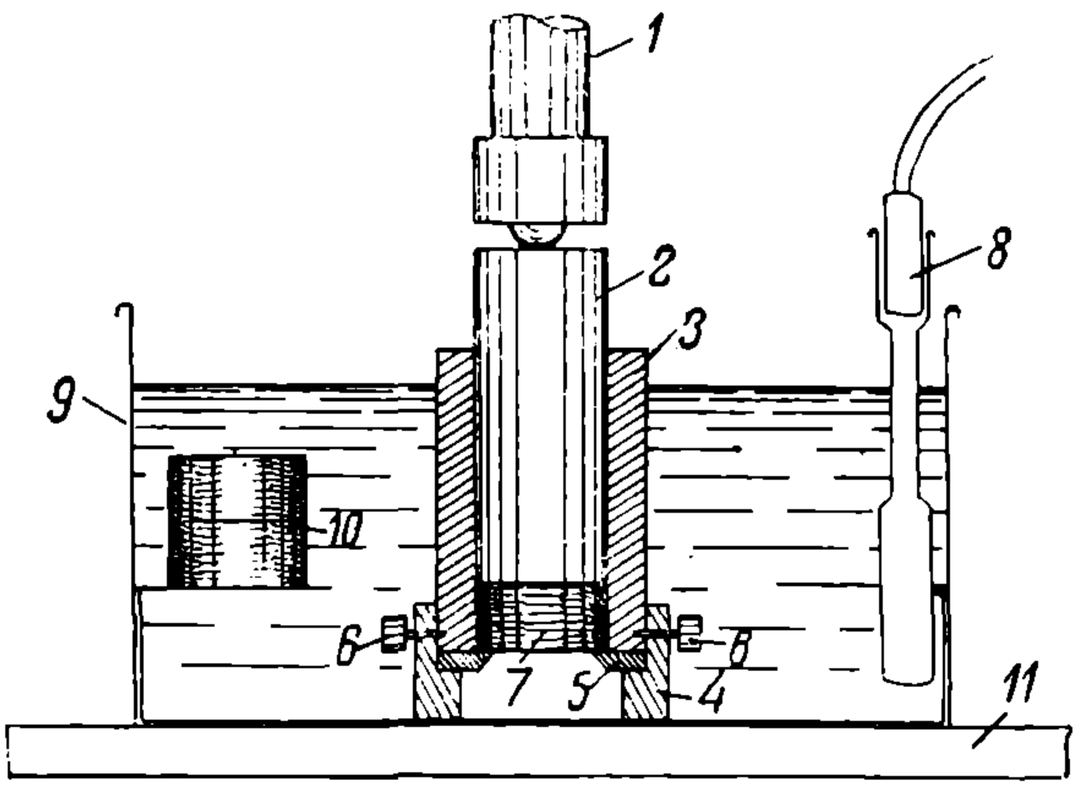


Рис. 551.

§ 207. Полевые контрольные испытания материалов на месте работ. Кроме предварительных испытаний материалов при их заготовке или приемке, в процессе производства строительных работ должен производиться систематический контроль материалов, применяемых в строительстве. Полевые лаборатории организуются при всяком крупном строительстве. При работах по обработке шоссе различными способами лабораторные испытания касаются преимущественно связующих материалов. Полевыми лабораториями систематически проводятся следующие испытания:

а) для каменноугольного масла—определение удельного веса ареометром;

б) для дегтей—определение вязкости по Хетчинсону;

в) для битума—определение глубины проникания или температуры размягчения;

г) для жидких нефтяных материалов—дорожных масел, разжиженных битумов и пр.—определение вязкости любым способом с пересчетом на вязкость по Энглеру;

д) для эмульсий—клейкость, свертываемость и устойчивость.

Полевым испытаниям подвергаются пробы связующих материалов, прибывающих на строительство, а также пробы, взятые из котлов, чем контролируется правильность дозировки (при составлении дорожного дегтя), температурный режим и изменение свойств связующих материалов от нагрева.

При строительстве асфальтовых покрытий задачи полевой лаборатории значительно расширяются. Кроме испытаний исходных материалов—щебня, песка, связующих материалов, в задачу лаборатории входит регулирование правильной дозировки составных частей асфальтовой массы, испытание готовой массы и уложенного покрытия с тем, чтобы своевременно установить возможные в процессе работ отклонения от заданного состава и внести в состав нужные изменения. При этом полевой лабораторией обычно проводятся следующие работы:

а) Контроль качества составных частей асфальтовой смеси—щебня, песка, заполнителя и битума. Качество минеральных материалов проверяется ситовым анализом. Битум испытывается на проникание иглы или температуру размягчения. Для заполнителя определяется его влажность.

б) Контроль изготовления: взятием проб из бункеров и смесителя ситовым анализом устанавливается правильность дозировки. Обычно определяется также пористость уплотненной в лаборатории минеральной смеси, которая особенно ясно укажет на качество минеральной смеси. Тщательность перемешивания и количество внесенного битума определяются путем экстрагирования готовой асфальтовой смеси. Часто контроль получающейся асфальтовой массы проводится путем испытания механических свойств полученной массы. Для этого из массы, выходящей из смесителя, изготовляются на месте работ пробы и затем испытываются на сжатие, вдавливание штампа и пр.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

в) Контроль качества готового покрытия. Для этого после окончания работ из покрытия вырубаются образцы и испытываются; при этом определяется остаточная пористость, испытывается степень водопроницаемости и вдавливание штампа. Испытанием образцов, вынутых из дороги, контролируются суммарно все процессы изготовления и укладки асфальтовой массы. При неблагоприятных показателях испытаний должны быть приняты меры к устранению причин, вызывающих получение неудовлетворительного качества смеси, или внесены изменения в процесс изготовления или в состав асфальтовой массы.

ГЛАВА ТРИДЦАТЬ ДЕВЯТАЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЧЕРНЫХ ДОРОГ

§ 208. Технические условия на битумные материалы. Основными характеристиками строительных качеств битумных материалов являются: а) глубина проникания стандартной иглы, б) температура размягчения, в) тягучесть, г) изменение свойств проникания иглы и тягучести после нагревания.

Глубина проникания иглы характеризует консистенцию битума, в зависимости от чего материал может быть применен для тех или иных способов работ. Естественно, что для поверхностных обработок требуется материал с меньшей консистенцией, чем, например, для способа пропитки, ибо при применении в первом случае битумов сильно вязких не получится хорошего сцепления с холодным каменным материалом и в дальнейшем будет наблюдаться отставание поверхностной обработки от каменного основания. Наоборот, при способе пропитки применение тех же битумов, что и для поверхностной обработки, т. е. относительно маловязких, вызывает их излишне глубокое проникание в толщу коры и недостаточное сцепление.

Как общее правило, чем больше консистенция битумного материала, тем выше его строительные качества. Однако процессы работ не допускают применения материалов с большой консистенцией, так как при этом получается, в зависимости от способов применения, либо плохое прилипание, плохое обволакивание, излишне толстая пленка битума и пр. Поэтому в зависимости от способов работ применяются битумные материалы различной консистенции. Практикой установлены для каждого вида покрытия определенные пределы консистенции, которые дают наиболее благоприятные результаты.

Температура размягчения, определяемая также стандартным способом, обычно соответствует глубине проникания, и потому часто консистенцию материала характеризуют не по глубине проникания, а по температуре размягчения.

Тягучесть является важным строительным качеством материала. Чем больше тягучесть, тем выше строительные качества этого материала при данной его консистенции. Практикой выработаны нормы минимальной тягучести, при которой материал может быть применен для строительства. Для маловязких дорожных битумов эта тягучесть должна быть не менее 100 *см*; для битумов с большой консистенцией (или температурой размягчения) тягучесть допускается меньше, доходя до 5 *см* при проникании 15—35 *см*. Получение битумов с большой тягучестью ограничивается возможностями проведения технологических процессов изготовления битума.

Изменение свойств (проникание иглы и тягучесть) после нагревания до 165°С косвенно показывает на устойчивость свойств битума. Чем меньше изменяет свои свойства битум при нагревании, тем ценнее он как строительный материал. Практикой установлено также, что при определенных способах испытания свойств битума консистенция и тягучесть после нагревания не должны изменяться более чем на 50% первоначальной величины. Удельный вес материала, потеря в весе при нагреве и растворимость являются не столь важными свойствами, однако испытание этих свойств также до известной степени характеризует качество материала, а главное—указывает на наличие минеральных примесей или излишнее количество в битуме легких масел. Ниже приводим технические условия на битумные материалы, разработанные ЦИАТом (1932 г.).

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 167

Характерные свойства	Для способов поверхностной обработки	Для внутренней обработки	Для асф.-бетона или раствора	Для литого асфальта
1. Удельный вес при 25°С.....	По возможности более 1,00			
2. Температура размягчения по методу кольца и шара	не ниже 30°С	не ниже 40°С	не ниже 45°С	не ниже 60°С
3. Глубина проникания при 25°С..	160 – 200	120—160 90—120	60—90 35 - 60	15—35
4. Тягучесть не менее	не менее 100 *см*	не менее 50 *см*	не менее 30 *см*	не менее 5 *см*
5. Потеря при 165° после 5 ч. нагрева (количество материала 50 *г*, диаметр чашки 55 *мм*) ..	не более 1%	не более 1%	не более 1%	не более 1%
6. Глубина проникания после определения потери при 165°С.. ..	не менее 50% первоначальной			
7. Тягучесть после определения потери при 165°С.....	не менее 50% первоначальной			
8. Количество битума, растворимого в сероуглероде или четыреххлористом углероде.....	не менее 99% для нефтяных не менее 90% для природных			
9. Битум не должен содержать ни каменноугольных, ни торфяных, ни древесных дегтей и пеков а также не должен содержать воды и пениться при нагревании до 175°С.				

Технические условия не распространяются на кислые (регенерированные) нефтяные битумы и на битумы из парафинистых нефтей, в виду непригодности первых и малой изученности последних. При этом следует отметить, что применение парафинистых битумов в СССР в опытном порядке (с 1931 г.) дают пока благоприятные результаты.

Таблица 168

Спесификация битумных материалов, выпускаемых Союзнефтью

Характерные особенности \ Марка битума	I „160—200“	II „90—120“	III „40—70“	IV „10—30“
1. Проникание при 25°С.....	160—200	90—120	40—70	10—30
2. Плавление по Кремер-Сарнову [1]...	не менее 20°С	28—35	35—45	90—110
3. Растяжимость при 25°С не ниже...	100	50	30	1—2,5
4. Удельный вес при 15°С около....	1,00	1,00	1,00	1,00
5. Потеря при нагреве в течение 5 ч. до 165°С не более.....	1%	1%	1%	1%
6. Вспышка по Бренкену не ниже ...	230°С	230°С	230°С	230°С

Как отмечено ранее, основной характеристикой сорта битума является его консистенция, определяемая погружением стандартной иглы при нагрузке 100 *г* и при температуре 25°С (пенетрация). Выпускаемые в настоящее время Союзнефтью четыре сорта—марки битума различаются по глубине проникания (160—200; 90—120; 40—70; 10—30). Проект технических условий на дорожные битумы (табл. 167) имеет в виду более дробное деление битумов на сорта по пенетрации, а именно: 160—200; 120—160; 90—120; 60—90; 35—60; 15—35. Такое деление будет принято Союзнефтью при изготовлении битума, что позволит более точно выбирать марку битума в соответствии с характером дорожных работ. В зависимости от глубины проникания технические условия на битум имеют в виду различные сорта битумов—для поверхностной обработки, для внутренней обработки, для асфальтового бетона и литого асфальта. Для поверхностной обработки требуется материал с пенетрацией 160—200, однако в условиях холодного и умеренного климата для лучшего проникания и связывания с основанием желательно иметь для этого вида работ битум менее вязкий—с пенетрацией 180—200. В жарком климате, во избежание размягчения коры, желателен битум более вязкий, с пенетрацией 160—180.

[1] Результаты испытания плавления по методу Кремер-Сарнова обычно ниже, чем по методу кольца и шара, на 8—10°С.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Для способа внутренней обработки (проникание и смешением) требуется битум пенетрации 90—120, в холодном и умеренном климате 120—160, в жарком—90—120.

Для асфальтового бетона разных типов и для песчаного асфальта требуется битум с пенетрацией 35—60. Однако при применении для асфальтовых работ в качестве заполнителя асфальтового порошка, содержащего жесткий битум, во избежание хрупкости в холодное время и образования трещин, следует применять более мягкий битум—с пенетрацией 60—90.

Технические условия на битум для литого асфальта с пенетрацией 15—35 имеют в виду изготовление синтетического литого асфальта, т. е. без применения асфальтовой мастики.

§ 209. Технические условия на дегтевые материалы.[1] *Каменноугольное масло* для дорожного дегтя представляет собой жидкий продукт, состоящий из тяжелых и преимущественно антраценовых фракций масел, которые получаются при разгонке сырого каменноугольного дегтя.

Каменноугольное масло для дорожных работ должно удовлетворять следующим условиям:

1) удельный вес при 25°С	1,080—1,110
2) содержание воды не более	0,5%
3) содержание легких масел, отгоняющихся до 170°, не более	1%
4) содержание средних масел, отгоняемых от 170 до 270° С . .	2 — 20%
5) содержание тяжелых масел, отгоняющихся от 270 до 300° С . .	10 — 30%
6) содержание антраценовых масел, отгоняющихся от 300 до 360° С .	50 — 80%
7) содержание фенолов не более	3%
8) содержание нафталина не более . . .	3%
9) содержание антрацена сырого не более .	6%

Каменноугольный дорожный пек представляет собой твердый остаток, получаемый в результате фракционированной перегонки сырого каменноугольного дегтя (смолы). Для дорожных работ он должен удовлетворять следующим требованиям:

1) температура размягчения по методу кольца и шара	75—85° С
2) содержание свободного углерода	14—20%
3) отгон—0—270°С—не более .	1%
отгон—270—315°С—не более	5%

Каменноугольный дорожный деготь составленный представляет собой сплав каменноугольного пека и масла. В зависимости от способа применения материала и климатических условий применяются составы: 50:50; 60:40; 65:35.

Составленный дорожный деготь должен обладать следующими свойствами:

Таблица 169

	50:50	60:40	65:35
Удельный вес	1,14—1,19	1,15—1,20	1,15—1,22
Воды.....	не более 0,5%	не более 0,5%	не более 0,5%
Содержание легких масел до 170°С	не более 1%	не более 1%	не более 1%
Содержание средних масел от 170 — 270°С.....	1—10	1—8	1—7
Содержание тяжелых масел 270 — 300°С.....	2—12	3—12	3—10
Антраценовые масла 300—360°С	24—45	17—36	17—30
Фенолов по объему.....	не более 3%	не более 3%	не более 2%
Нафталина.....	не более 3%	не более 3%	не более 3%
Антрацена	не более 3%	не более 3%	не более 3%
Свободного углерода....	5—16	5—16	5—18
Пек с т° размягчения 80° к/ш	45—55	50—60	60—70
Вязкость по Хетчинсону при 25°.....	5—20	20—40	30—80

Деготь составленный обыкновенно приготовляется на месте работ. Для его приготовления в специальный котел сначала загружается пек и нагревается

[1] Разработаны ЦИАТом в 1932 г.

НБ УДУТ (ДИТ)

до температуры 140–150°С. Когда пек полностью расплавится, в него постепенно, при постоянном перемешивании, вливают потребное количество масла. После получасового перемешивания смесь приобретает полную однородность и может быть применена в дело. Нагревание готовой смеси свыше 125°С не рекомендуется в виду улетучивания легких масел и изменения при этом вязкости материала.

Каменноугольный отогнанный деготь представляет собой продукт, получаемый из сырого дегтя путем отгонки воды, легких и более или менее значительной части средних масел.

Отогнанный деготь для дорожных работ должен удовлетворять следующим условиям:

Таблица 170

	Деготь № 1	Деготь № 2
Удельный вес при 25°С не менее	1,14	1,15
Содержание воды не более	0,5%	0,5%
легких масел до 170°	1%	1%
средних „ 170—270°	10–20%	8–16%
тяжелых „ 270—300°	4—12%	6—12%
антраценовых масел 300—360°	25–40%	20—35%
фенолов по объему не более	3%	4%
нафталина не более	5%	5%
антрацена „	3%	3%
пека с температурой размягчен. по кольцу и шару 80°С	45—55	50—60
свободного углерода не более	16	18
Вязкость по Хетчинсону	3—20	20—40

Основной характеристикой свойств дегтевых материалов является их вязкость, определяемая прибором Хетчинсона. Составленный деготь для поверхностной обработки должен иметь вязкость от 5 до 40 секунд в зависимости от пористости каменного материала и климатических условий. Для внутренней обработки и для смешения принимаются дегти более вязкие—от 20 до 100 сек. по Хетчинсону.

При применении отогнанных дегтей, содержащих относительно большее количество средних масел, вследствие чего покрытие из таких материалов быстро твердеет, следует брать дегти более жидкие, а именно: для поверхностной обработки шоссе–3—20 сек. (деготь № 1) и для внутренней обработки и смешения—20—40 сек. по Хетчинсону (деготь № 2).

Ниже приводим для сравнения технические условия на дегтевые материалы, применяемые заграницей.

Таблица 171

Технические условия на деготь Американского о-ва испытания материалов

Маркировка	Д—108—27Т	Д—108—27Т	Д—110—27Т	Д—111—27Т
	Для пов. обработки		Для тер-макадама	
Воды не более	0	0	0	0
Испытание вязкости поплавком при 32° С	60—150	60–150	—	—
Температура размягчения по способу К. Ш.	—	—	30—40	30–40
Дестиллятов по весу:				
от 0 до 170°	1	1	1	1
„ 0 „ 235°	10	4	—	2
„ 0 „ 270°	15	13	10	10
„ 0 „ 300°	25	26	20	20
Остаток с температурой размягчения 65°	75	74	80	80

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 172

Английский стандарт на дорожные дегти

	Деготь № 1	Деготь № 2	Деготь № 3
Удельный вес при 15° не менее	1,14	1,15	1,16
„ „ „ „ не более	1,225	1.24	1,26
Воды не более (по весу)	0,5	0,5	0,5
Других погонов (легких масел), кипящих до 200°, не более (по весу)	1%	1%	1%
Погонов от 200° до 270° (по весу)	9,5—21%	8—16 %	6—12
Погонов от 270° до 300° (по весу) (тяжелые масла)	3,5—1,2%	3,5—1,2%	3—8 %
Нафталина (по весу) не более	6%	5%	3%
Свободного углерода (по весу) не более	20	6—21	3
Консистенция или вязкость при 35° С	10—40	40—125	70—120

Таблица 173

Немецкие технические условия на дорожные и дегтевые материалы

Вязкость	Деготь № 1 и № 2		Составл. деготь из антраценового масла и пека			
	T I	T II	50/50—T	60/40—T	65/35—T	70/30—T
	30°	30°	30°	30°	40°	40°
Вязкость по консистометру в сек	10—17	20—100	4—17	20—70	15—40	40—80
Воды не более (по весу) %	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Легкие масла до 170° не более (по весу) %	1,0	1,0	1,0	1,0	1,8	1,0
Средние масла между 170° и 270° в пределах (по весу) %	9—17	8—16	1—15	1—10	1—8	1—6
Тяжелых масел между 170 и 300° в пределах (по весу) %	4—12	6—12	4—12	4 -12	3—10	2—8
Антраценовых масел (по весу)	14—27	42—26	25—40	17—31	17—27	15—25
Пек с темп. размягчен. по К.=С. 60—70° в пределах (по весу) %	55—65	60—70	45—55	55—65	60—70	65—75
Фенолов не более (по объему) %	3	8	3	3	2	2
Нафталина не более (по весу) %	4	4	3	3	3	2
Сырого антрацена не более (по весу) %	3	3,5	3	3	3,5	4
Свободного углерода в пределах (по весу) %	5—16	5—18	5—16	5—16	5—18	5—18
Удельный вес при 25° не выше	1,22	1,24	1.22	1,22	1,22	1,25

§ 210. Технические условия на дорожные масла. Разработанных технических условий на дорожные масла для обработки шоссе в настоящее время у нас не существует, поэтому ниже приводим американские технические условия на эти материалы:

Таблица 174

Дегтевые материалы	Для поверхн. обработки	Для ремонта
Вязкость по Энглеру при 40° С	8—35	35—80
Содержание воды не более	2%	2%
Содержание фракций:		
от 0 до 170° С	5—7	2—10
„ 0 „ 235° С	15—25	8—20
„ 0 „ 270° С	20—35	18—30
„ 0 „ 300° С	35—45	35—38
Температура размягчения по к/ш	60	65

Таблица 175

Дорожные масла из нефтяных материалов	Легкие	Средние	Тяжелые
Вязкость по Энглеру при 50° С	10—25	25—45	45—80
Количество остатка с пенетрацией 80		60—70%	
Потеря при нагревании в течение 5 час. при 163°		15—28	

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ 211. Технические условия на каменные материалы для черных дорог. При устройстве черных дорог применяются как естественно раздробленные (гравий, хрящ, песок), так и искусственно раздробленные каменные материалы (щебень, высевки, каменная мелочь, каменная мука). Камень, предназначенный к раздроблению для верхних слоев битуминозной одежды, должен быть крепким, обладающим временным сопротивлением сжатию не менее 900 *кг* на 1 *см*^{2}. Камень средней крепости с временным сопротивлением от 600 до 900 *кг* на 1 *см*^{2} может применяться только при устройстве основания и нижнего слоя при двуслойной одежде, а также при устройстве шоссе с последующей поверхностной обработкой.

Размером камень для дробления должен быть не менее чем втрое больше применяемой щебенки.

Не следует пользоваться мергелистым известняком, камнем выветрившимся и обладающим недостаточным сцеплением, а также камнем с сильно выветрившейся наружной поверхностью и раковинами глубиной более 0,5 *см*.

При испытании на износ на барабане Деваля процент износа щебня не должен превосходить следующих норм:

для поверхностной обработки	6½%
„ пропитывания и смешения . .	6½%
верхнего слоя асфальто-бетона	5 %
„ нижнего „ „ „ .	6 %
„ промежуточного слоя в песчаном асфальте	5 %
„ основания	9 %

Щебень и высевки для черных дорог должны по форме приближаться к тетраэдру или кубу с острыми кромками. Щебень плоский и продолговатый (с разницей между наибольшим и наименьшим измерением более 50% меньшего измерения), так называемую лещадку, допускать не следует.

Гравийный материал применяется различных размеров, в зависимости от типа покрытия. Однако во всех случаях он не должен содержать в заметных количествах отдельностей мягких минералов и горных пород, органических веществ, равно чешуйчатых или плитчатых отдельностей, понижающих его строительные качества.

Песок при постройке черных дорог применяется любого происхождения (речной, морской и дюнный). По минералогическому составу он должен быть кварцевый или состоять из твердых горных пород. Количество органических веществ не должно в нем превышать 1%, а глинистых—2% (<0,005 *мм*).

Заполнитель при асфальтовых работах приготовляется размалыванием крепких плотных каменных пород. Лучшие результаты дают заполнители из известковых пород, как обладающие большей шероховатостью и адсорбционной способностью по сравнению с изверженными породами. Крупность помола заполнителя должна быть главным образом в пределах 0,05—0,005 *мм*. Практически заполнителем можно считать материал, проходящий через сито № 200, т. е. мельче 0,08 *мм*. В качестве заполнителя может применяться асфальтовый порошок, измельченный мрамор, доломит, известняк. Тонкость помола заполнителя должна быть такова, чтобы через сито с отверстиями в 0,5 *мм* проходило 100%, а через сито 0,08 (американское № 200) по возможности не менее 65%. В случае, если применяется заполнитель более крупного помола, количество его вносится больше с тем, чтобы сумма частиц мельче 0,05 *мм* соответствовала нормам асфальтовых смесей. Асфальтовый порошок, применяемый в качестве заполнителя, получается путем тонкого измельчения асфальтовых известняков или доломитов. При этом количество битума в асфальтовом порошке должно быть не менее 6% по весу.

ГЛАВА СОРОКОВАЯ

УСЛОВИЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ БИТУМНЫХ И ДЕГТЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

§ 212. Хранение и перевозка битума и прочих материалов. Битум доставляется на место работ в металлической таре (весом около 100 *кг*), в деревянных бочках (весом около 200—250 *кг*) и в цистернах. При доставке битума в таре он должен быть уложен на месте потребления в штабели. При

НБ УДИТ (ДШТ)

этом, во избежание размягчения и утечки под непосредственным воздействием солнца, а также для предохранения битума от дождевой влаги должны быть приняты меры к покрытию штабелей навесом, брезентом или толем. Транспортировка битума в таре имеет ряд неудобств — значительная часть битума теряется на таре, стоимость тары удорожает битум, перевозка битума в таре на дальние расстояния нецелесообразна. В последнее время получила у нас применение перевозка битума в цистернах и хранение на месте потребления в специальных битумохранилищах. Цистерны имеют тепловую

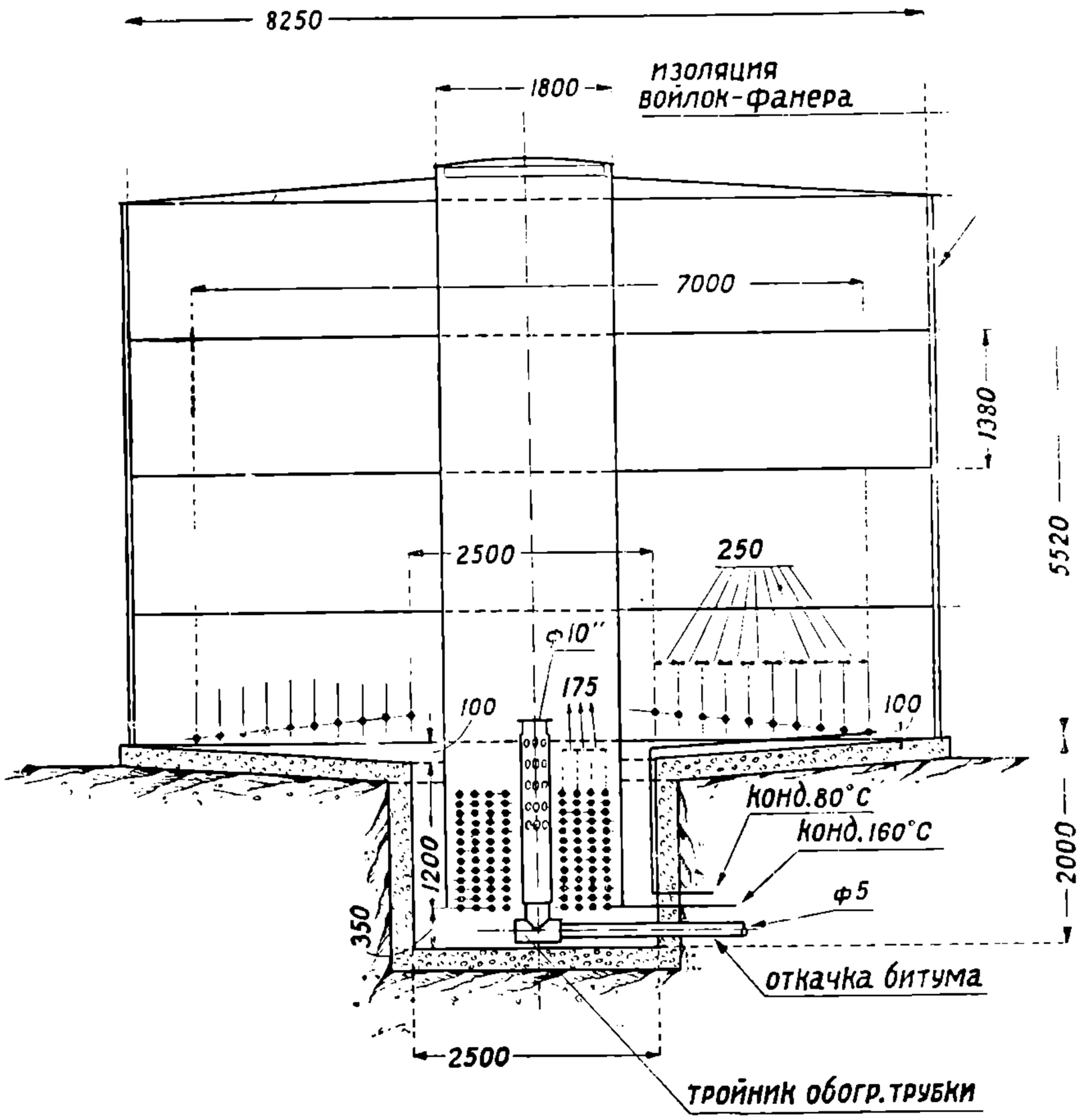


Рис. 552. Битумохранилище переносного типа емкостью 250 тонн битума.

изоляцию, и таким образом отправленный с места изготовления горячий битум может дойти до места потребления в жидком состоянии. Для дополнительного нагревания битума при разгрузке цистерна оборудована специальными трубопроводами, обогреваемыми паром.

Далее битум помещают в специальные битумохранилища. На рис. 552 и 553 представлены в схематическом виде битумохранилище переносного типа емкостью на 250 *т* и постоянного типа на 500 *т*.

Битумохранилоще на 250 тонн (рис. 552) представляет собой металлический бак диаметром около 8 *м* и высотой 5,5 *м*, состоящий из отдельных частей для удобства переноски. Наполнение битумом производится из цистерн в горячем состоянии. Перед началом дорожных работ масса битума, в случае ее застывания, предварительно обогревается до слабо текучего состояния (60—70° С) паром или соляровым маслом, пропускаемым по змеевикам битумохранилища. При выгрузке битума из хранилища температура его в точке набора увеличивается до 150° С. При этой температуре битум легко забирается насосом и может быть перекачен в гудронаторы для перевозки и розлива на дорогу. Нагрев до высокой температуры производится лишь в точке набора. При этом, чтобы не обогревалась вся масса битума, над точкой набора поставлен колпак — металлический вертикальный цилиндр, не доходящий до дна хранилища.

УДУИТ (ДИТ)

При наборе битума трубой диаметром около 15 *см*, предварительно нагретая до текучего состояния масса битума подтекает снизу под колпак с более сильным нагревом. Такое битумохранилище рассчитано давать в течение суток 27 тонн горячего битума.

Битумохранилище постоянного типа (рис. 553) устроено по той же схеме. Стены бака железобетонные, обогрев осуществляется насыщенным паром. В сутки такое хранилище может дать около 36 тонн битума, нагретого до 150° С.

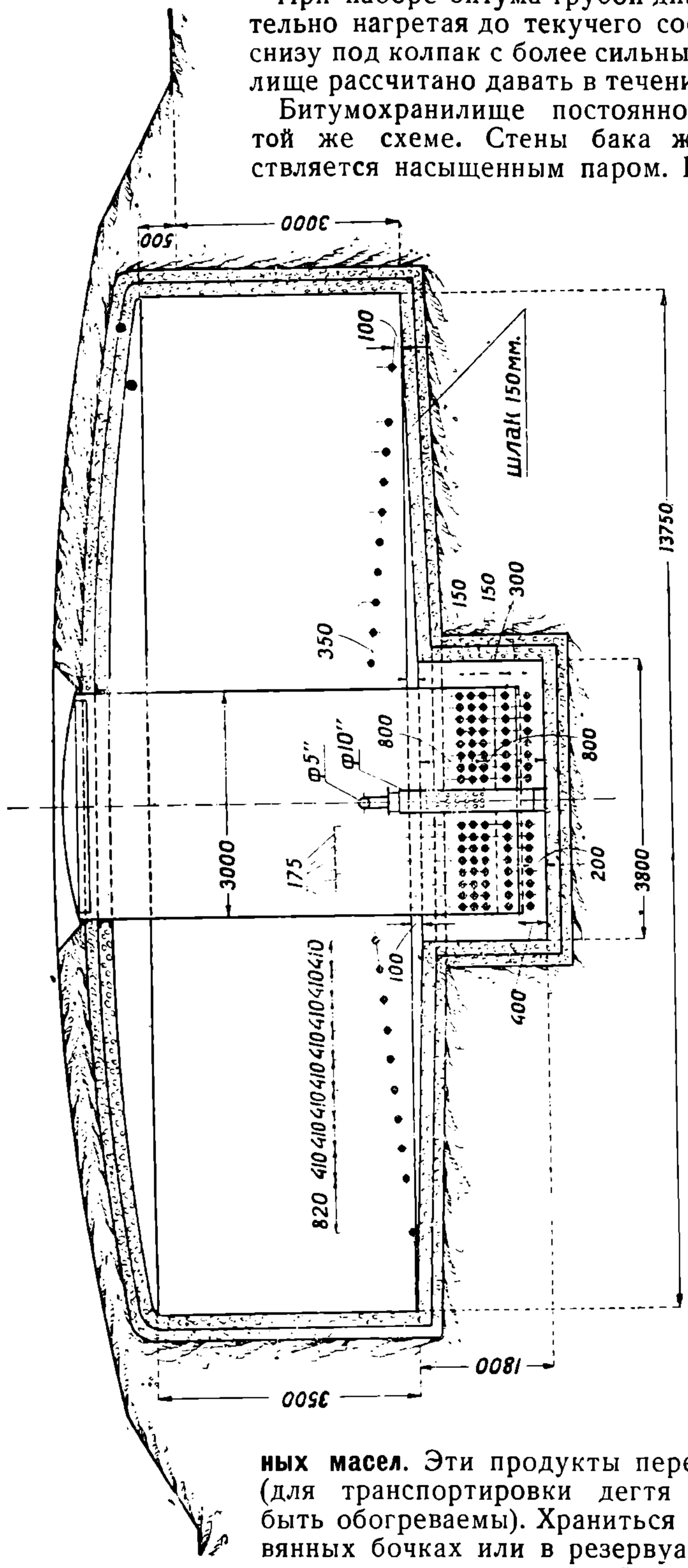


Рис. 553. Битумохранилище постоянного типа емкостью 500 тонн битума.

При застывании загруженного в битумохранилище, битума перед началом работ вся масса предварительно подогревается до слабо-тягучего состояния (50—70° С) паром или соляровым маслом, пропускаемым по змеевикам битумохранилища. При выгрузке битума из битумохранилища температура нагрева увеличивается паром в змеевиках до 150°С, при каковой температуре битум легко забирается насосом и может быть переведен в гудронаторы для перевозки и разлива на дорогу.

Эмульсии перевозятся обычно в деревянных бочках. При хранении следует избегать нагревания солнцем и замораживания. Нагревание, а в особенности замерзание влекут за собой порчу эмульсий. В зависимости от сорта эмульсий они могут храниться ограниченное время обычно не более трех-четырех месяцев. Появляющееся отслаивание воды и битума не есть признак порчи эмульсии. При легком взбалтывании или перекатывании бочки эмульсия часто вновь становится однородной и пригодной для применения.

§ 213. Хранение и транспортировка каменноугольного масла, дегтя и дорожных масел. Эти продукты перевозятся в бочках или цистернах (для транспортировки дегтя в цистернах последние должны быть обогреваемы). Храниться на месте работ они могут в деревянных бочках или в резервуарах, защищаемых от дождя и от непосредственного воздействия солнца и влаги во избежание рассыхания деревянной тары.

При низких температурах в каменноугольном масле происходит выпадение осадков, что, однако, не является причиною порчи материала. После повышения температуры дорожное масло принимает прежний вид и консистенцию.

НБ УАДИТ (ДШТ)

Каменноугольный пек перевозится в таре и навалом крупными кусками Образующаяся при перегрузке пека пыль вредна для здоровья, и потому должны быть приняты специальные меры, в частности — рабочие при перегрузке должны быть снабжены очками-респираторами и брезентовой одеждой; незащищенные одеждой лицо и шею рекомендуется смазывать вазелином; перегрузку желательно производить в прохладное время; при перевозке пека в грузовиках или гужом рекомендуется покрывать пек мокрыми рогожами или брезентом. На месте хранения пек должен быть защищен от солнца, от намокания и засорения.

ГЛАВА СОРОК ПЕРВАЯ

ПОВЕРХНОСТНАЯ ОБРАБОТКА ШОССЕ И МОСТОВЫХ БИТУМНЫМИ И ДЕГТЕВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

§ 214. Условия применения поверхностной обработки. Поверхностной обработкой шоссе и мостовых называется покрытие проезжей части дорог битумными или дегтевыми материалами с последующей россыпью мелкого каменного материала и уплотнением катком или проездом. Благодаря такой поверхностной обработке получается водонепроницаемая корка из каменного и связующего материала, предохраняющая основную шоссейную одежду от непосредственного действия повозок и атмосферных влияний, обеспыливающая проезжую часть и уменьшающая сопротивление движению повозок.

Шоссе или мостовая, предназначенные для поверхностной обработки, должны иметь поперечный уклон $2^1/_2$—$4^0/_0$; продольный — не свыше $6^0/_0$. Превышение поперечного уклона повлечет за собой занос повозок при гладкой поверхности; превышение продольного уклона сделает затруднительным подъем гужевого транспорта и сильный износ покрытия. Наименьшая допустимая толщина коры обрабатываемого шоссе — 11 *см*.

Производство работ горячим способом может иметь место лишь в сухую погоду. После дождя обрабатываемая поверхность должна просохнуть настолько, чтобы камень был хоть и влажный, но не мокрый. Температура воздуха желательна не ниже 10°С.

При мокрой поверхности и низкой температуре воздуха может произойти плохое связывание битумного материала с каменным и отслаивание в дальнейшем всей корки от обрабатываемой поверхности.

Предназначенное к поверхностной обработке шоссе не должно быть неравномерно изношено, то-есть иметь большое количество выбоин. Поверхностную обработку вновь отстроенного шоссе следует производить лишь после достаточного уплотнения проездом (в течение $1^1/_2$—2 месяцев), в противном случае связующий материал будет проходить в поры и его потребуется примерно в 2 раза больше нормального количества. После окончания работ корка поверхностной обработки формируется в течение 15—20 дней, постепенно превращаясь в плотную однородную массу. Лучшие условия для формирования — теплая, сухая погода и систематическое движение повозок.

Для разных районов СССР, в зависимости от климатических особенностей, можно ориентировочно установить следующий строительный период:

Таблица 176

Районы	Начало работ	Конец работ	Продолжительность периода применен связующих матер. горячим способом (в месяцах).
Сев.-западная область (Ленинград).	конец мая	нач. сентября	$3\frac{1}{-}$
Центральная область (Москва) ...	вторая полов. мая	первая пол. сент.	$3\frac{1}{2}-4$
Украина и степная часть Крыма..	первая полов. мая	вторая пол. сент.	
Северный Кавказ	вторая половина апреля	первая половина октября	5—6
Бакинский район	апрель	октябрь включит.	5—6
Черноморское побережье и южный берег Крыма	апрель	октябрь включит.	7
			7

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ 215. Материалы для поверхностной обработки — каменные и связующие, — должны удовлетворять изложенным ранее техническим условиям. Битум применяется марки № 1 с пенетрацией 160—200. Деготь с вязкостью по Хетчинсону 5—40 для составленного дегтя и от 3 до 25 сек. для отогнанного (деготь № 1). Консистенция материалов должна соответствовать климатическим условиям района применения. В северных районах, в целях лучшего связывания битумного или дегтевого материала с камнем, приходится начинать с более жидких материалов как лучше проникающих в одежду. Поэтому в первую поливку желательно применять деготь, а во второй разлив—битум, материал сравнительно мало изменяющий свои свойства с изменением температуры воздуха. В районах с жарким климатом опасность размягчения связующего материала заставляет применять его возможно более густым.

§ 216. Производство работ по поверхностной обработке шоссе и мостовой. Работы по одиночной поверхностной обработке шоссе заключаются в следующих операциях: 1) подготовительные работы: а) мелкий ямочный ремонт одежды, б) исправление обочин, отвод воды, в) очистка поверхности шоссе; 2) разлив связующего материала; 3) россыпь мелкого каменного материала; 4) укатка.

При двойной обработке производятся дополнительные операции; 5) вторичный разлив связующего материала; 6) вторичная россыпь каменного материала; 7) укатка.

а) Ямочный ремонт. Ремонтируемое место сперва тщательно очищается от пыли и грязи при помощи скребков, жестких метел и металлических щеток, пока не обнажатся верхушки щебенок, причем основная шоссейная кора не должна быть расстроена. Затем более мягкими травяными или волосяными щетками так же тщательно очищается от остатков пыли.

Рис. 554-а. Ямочный ремонт. Очистка металлическими щетками.

Рис. 554-б. Ямочный ремонт Разлив и обмазка выбоины связующим материалом.

При мелких выбоинах на очищенную ремонтируемую поверхность разливается из леек или шлангов вручную, а затем размазывается щетками связующий материал из расчета примерно $1^1/_2$—2 *кг* на $м^2$ поверхности. Температура нагрева битума при разливе 170—180° С, дегтя — 110—120° С. Перегрев материала выше этой температуры изменяет их свойства; применение материала с более низкими температурами может повлечь за собой плохое связывание обрабатываемой поверхности. Непосредственно за разливом горячего битума или дегтя следует россыпь каменной мелочи размером от 3 до 15 *мм*.

Рассыпанный каменный материал уплотняется трамбовками или легким катком, а затем предоставляется уплотнению проездом в течение 15—20 дней до начала сплошной поверхностной обработки (рис. 554 а, б, в, г).

При глубоких выбоинах (более 4 *см*) одновременно с очисткой от грязи и пыли ремонтируемое место вскирковывается с приданием выбоине отвесных бортов. Подготовленную к ремонту выбоину обмазывают для связи с рассы-

НБ УАДИТ (ДГТ)

паемым каменным материалом битумом или дегтем, а затем сразу же рассыпают каменный дробленый материал с размером зерен не более 0,7 глубины ремонтируемой выбоины. После уплотнения трамбовками разливают горячий связующий материал в количестве примерно 1 *кг* на $м^2$ на каждый *см* глу-

Рис. 554-в. Ямочный ремонт. Россыпь каменного материала и его разравнивание.

Рис. 554-г. Ямочный ремонт. Уплотнение заделанной выбоины.

бины выемки, но не более обычно 4 *кг* на $м^2$. Непосредственно за разливом производится россыпь более мелкого каменного материала (около 3—15 *мм*) слоем $1 — 1^1/_2$ *см* и уплотнение трамбовками от краев выбоины к середине.

Выполнение тщательного ямочного ремонта—необходимое условие для получения ровной поверхности.

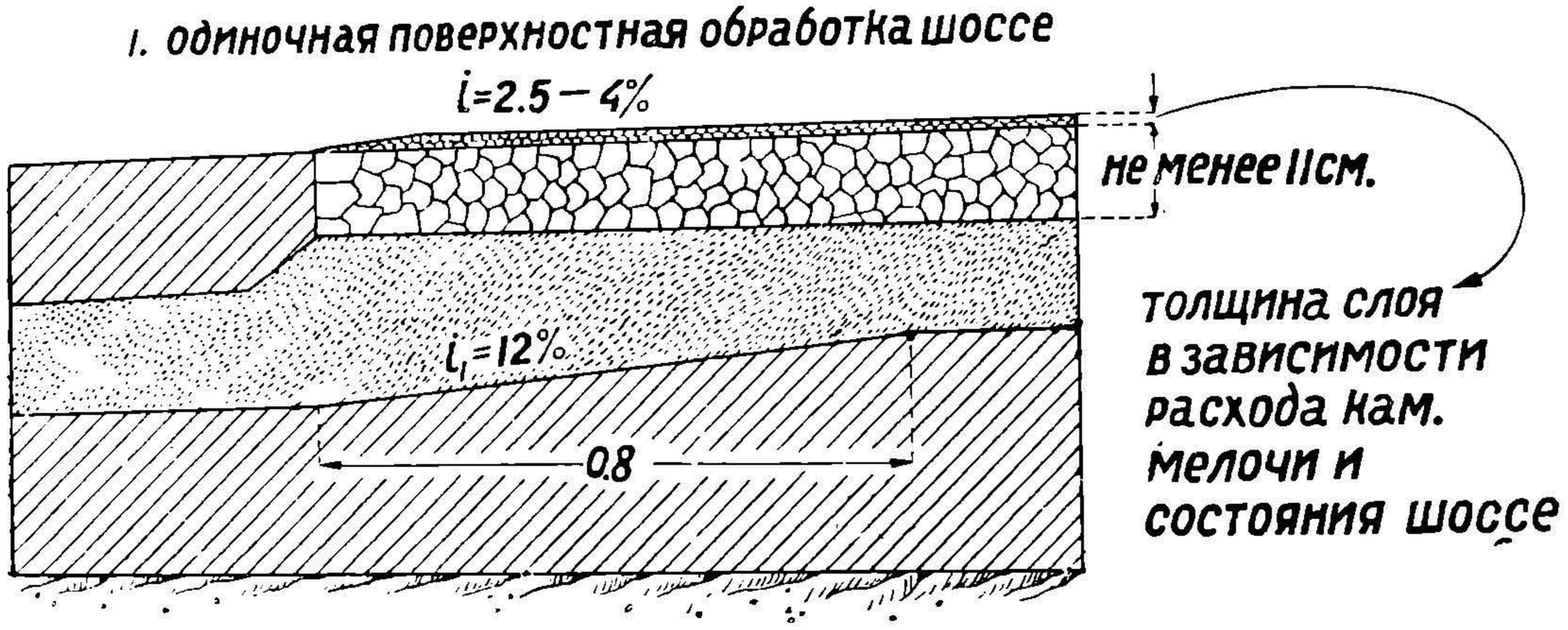


Рис. 555. Поперечный профиль шоссе с одиночной поверхностной обработкой

Россыпью каменного материала при поверхностной обработке без ямочного ремонта с трудом удается выравнять существовавшие хотя бы и небольшие выбоины. При наличии незаделанных предварительно неровностей и выбоин на поверхности шоссе, после сплошной обработки и ее уплотнения проездом существовавшие ранее неровности вновь вырисовываются.

б) Одиночная поверхностная обработка (рис. 555). По проведении ямочного ремонта, исправлении водоотвода и в некоторых случаях—исправлении поперечного профиля, в течение 15—20 дней отремонтированная поверхность предоставляется уплотнению проездом, после чего можно приступать к сплошной поверхностной обработке, которая заключается в очистке поверхности

НБ УАДИТ (ДИТ)

шоссе от пыли и грязи механическими или ручными щетками и разливе на очищенную поверхность связующего материала специальными машинами—гудронаторами, а при небольшом масштабе работ—лейками. Количество разливаемого материала от 1,5 до 2,5 *кг* на 1 $м^2$ в зависимости от степени шероховатости поверхности, от консистенции связующего материала и размеров каменного материала для подсыпки. При разливе излишне большого количества связующего материала последний стекает к обочинам и следовательно пропадает. При недостаточном количестве связующего материала в дальнейшем поверхность будет суха, непластична и будет легко изнашиваться от движения. Рабочая температура нагрева при разливе битума — 170—180° С, дегтя—110–125° С. Разлив материала должен быть произведен равномерно; иначе в отдельных местах скопления материала битум будет выступать на поверхность, потребуется дополнительная подсыпка каменного материала и образуются неровности на поверхности шоссе. Непосредственно за разливом связующего материала идет россыпь каменной мелочи, размером от 3 до 15 *м* в количестве 0,8—1,25 $м^3$ на 100 $м^2$. Норма россыпи зависит от количества разлитого связующего материала, степени проникания его в кору и состояния поверхности. Чем больше вылито связующего материала, тем больше требуется каменного материала для засыпки.

Россыпь производится специальной машиной или вручную—бросковым движением лопаты, а скопления разравниваются мягкими металами. Применение каменной мелочи размером менее 3 *мм* не допускается, так как для того, чтобы получить равномерное обволакивание столь мелкого материала, необходимо было бы его смешивать с битумом в горячем состоянии.

Замена каменного дробленого материала гравием допускается при условии его достаточной твердости и тщательной прогрохотки. Однако гравий вследствие своей округлости трудно поддается закатке, это удлиняет срок формирования корки и кроме того часть плохо закатанного гравия сносится движением повозок к обочинам, что часто сопряжено с обнажением поверхности шоссейной коры.

Вслед за россыпью каменного материала производится прикатка легким катком. Прикатка тяжелым катком не дает благоприятных результатов, так как вызывает усиленное дробление и образование мелочи, препятствующей формированию корки.

Часто при укатке даже легким катком в отдельных местах начинает происходить дробление катком каменного материала. Это происходит вследствие неравномерной россыпи каменного материала и излишка его в местах усиленного раздробления, либо вследствие неравности самого шоссе. В этих случаях места дробленого каменного материала следует разметать.

После прикатки может быть открыто движение, при котором продолжается примерно в течение 15—25 дней уплотнение и формирование корки.

В целях получения равномерно уплотненной корки желательно в первые дни регулировать движение, а отнесенный в сторону обочин еще не закрепленный каменный материал равномерно разметать.

Опыт открытия движения по поверхностной обработке без укатки ее катками показал, что получение плотной корки поверхностной обработки возможно без катков, путем уплотнения лишь движением. Однако в этом случае срок формирования корки удлиняется, и в этот период значительная часть раздробленного каменного материала отметается движением к обочинам.

Для увеличения связности обрабатываемого каменного материала с поверхностной обработкой, в особенности когда применяется битум, полезно сделать предварительную подготовку поверхности шоссе путем обработки его дорожными маслами, жидким дегтем или разжиженным битумом ($^1/_2$—$^3/_4$ $кг/м^2$).

Поверхностная обработка изнашивается в течение 1—3 лет, в зависимости от напряженности движения, и требует возобновления поверхностной обработки или частичного ямочного ремонта. Необходимость систематического содержания и возобновления корки должна заранее учитываться.

в) Двойная поверхностная обработка (рис. 566). Повторную обработку лучше производить через 1—$^1/_2$ мес. после того, как первая пойдет в эксплоатацию; благодаря этому создается более правильное формирование корки тонкими слоями.

НБ УАДИТ (ДИТ)

Кроме того, этим способом можно получить более ровную поверхность, так как обнаружившиеся в эксплоатации неровности могут быть исправлены повторной обработкой. Однако, при сильно шероховатой поверхности шоссе, при большом

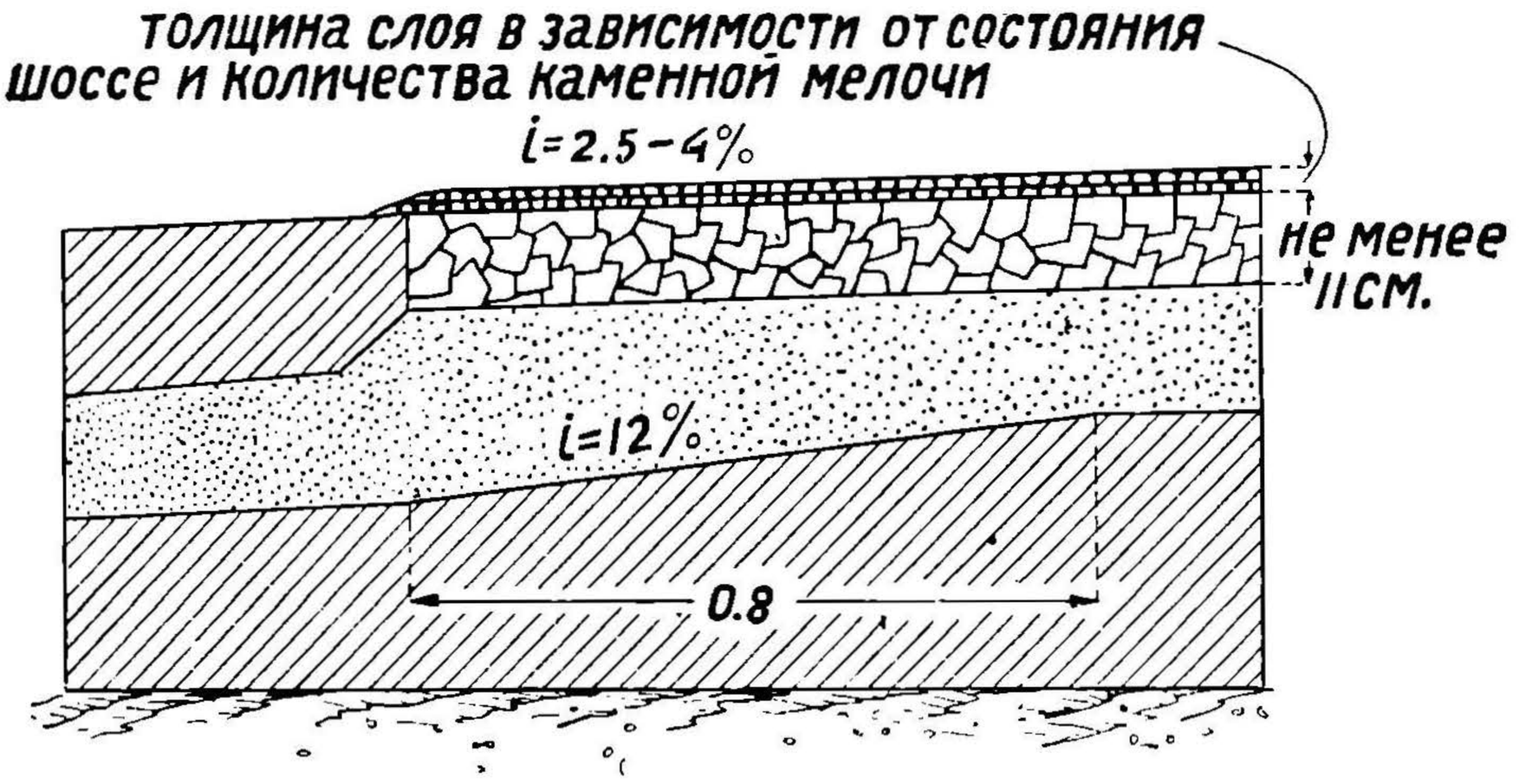


Рис. 556. Поперечный профиль шоссе с двойной поверхностной обработкой.

грузообороте и коротком строительном сезоне бывает иногда необходимо делать сразу, без повторных поливок корку достаточной толщины с возможно более длительным сроком службы. В таком случае производится одновременная двойная обработка.

Общие замечания, относящиеся к одиночной обработке, остаются справедливыми и на этот случай. В отношении норм работ можно отметить следующее:

1) Первый разлив — количество связующего материала — 2—$2^1/_2$ *кг* на $м^2$. Первая россыпь каменного материала, размером 10—20 *мм*,— в количестве 1—2 $м^3$ на 100 $м^2$. Укатка легким катком, ориентировочно 5—7 проходов по одному месту.

2) Вторая поливка — количество связующего материала 1—1,5 *кг* на $м^2$. Вторичная россыпь каменного материала, размером от 3 до 10 *мм*,—в количестве 0,8—1,25 $м^3$ на 100 $м^2$. Укатка верхнего слоя легким катком, ориентировочно 4—6 проходов катка по одному месту.

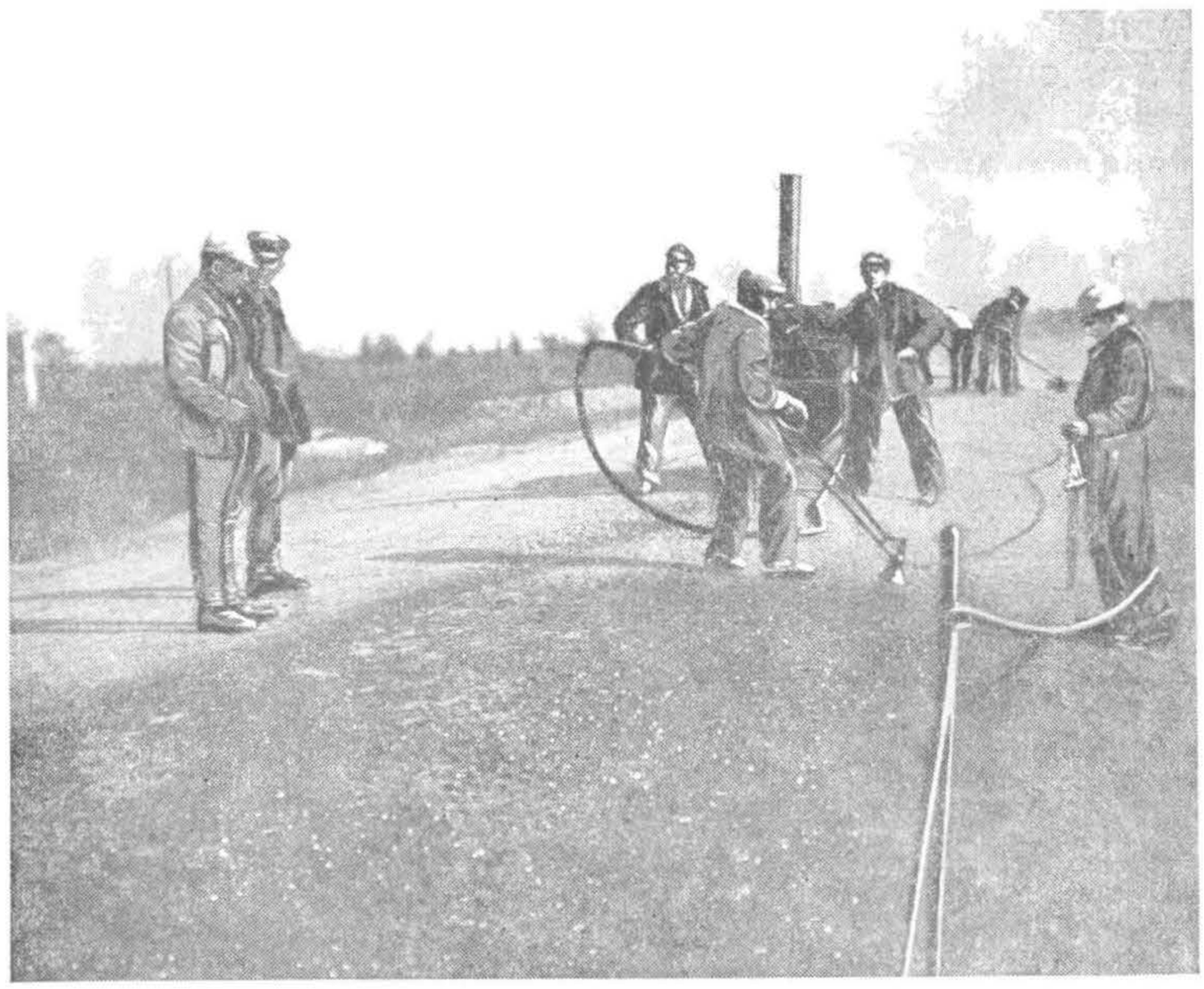


Рис. 557. Поверхностная обработка шоссе. Разлив связующим материалом из ручного гудронатора емкостью 300 *л*.

Как для одиночной, так и для двойной поверхностной обработки с одинаковым успехом применяются и битумные и дегтевые материалы. Однако, при наличии тех и других материалов для нижнего слоя, в особенности в северных районах с холодным климатом, целесообразнее применять дегтевые материалы, как более жидкие, в горячем состоянии, лучше проникающие в шос-

НБ УДУНТ (ДИТ)

сейную кору. Битумный материал, меньше изменяющий свою консистенцию от температуры, менее хрупкий, чем деготь в холодную погоду, целесообразно применять в верхнем слое. Для того, чтобы связующий материал равномернее распределялся по обрабатываемой поверхности, рекомендуется вносить его на дорогу более тонкими слоями, но с большим числом слоев. Одним из типов обработки такого рода является тройная поверхностная обработка, отличающаяся от двойной лишь расчленением процесса обработки при том же количестве применяемого материала (рис. 557, 558 и 559).

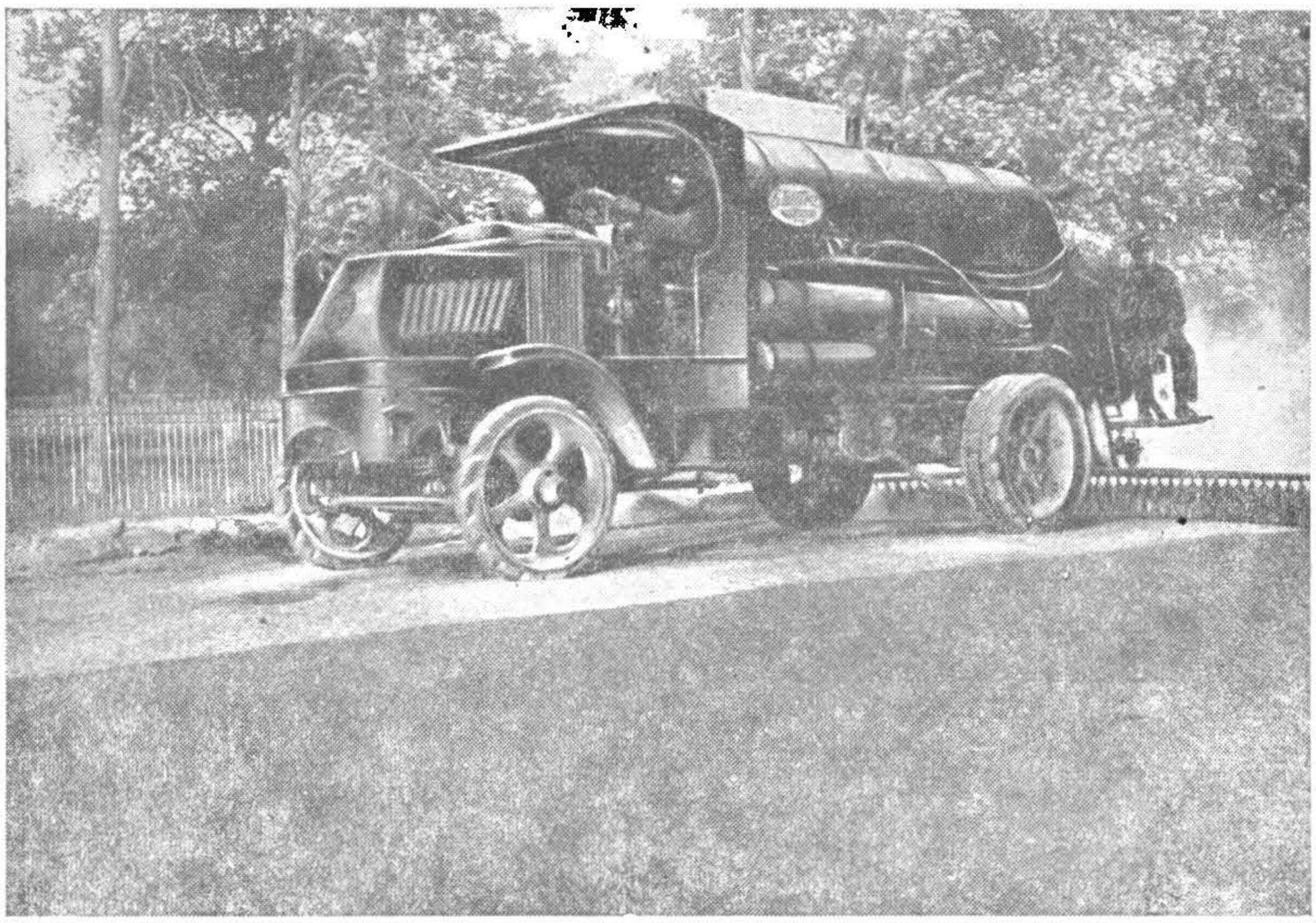


Рис. 558. Поверхностная обработка шоссе. Разлив связующего материала гудронатором „Этнайер" емкостью 3000 *л*.

г) Двойная поверхностная обработка шоссе с предварительной кирковкой щебеночной коры (рис. 560). В тех случаях, когда щебеночная кора большой толщины (более 14 — 15 *см*), но имеет большое количество выбоин, выгоднее, вместо ямочного ремонта или утолщения, сделать сплошную кирковку щебеночной коры, ее выравнивание и затем двойную поверхностную обработку. Поверхность старого шоссе тщательно очищается металлическими щетками и киркуется на глубину около 4—5 *см*. После кирковки приступают к выравниванию поверхности шоссе, при этом, в случае, если старого щебня не хватает, добавляют свежего щебня, стремясь старый разместить по краям, а свежий посредине проезжей части. При выравнивании щебня удобно пользоваться автострогом. Выравненная поверхность укатывается восьми- или десятитонным катком с поливкой водой, и, когда щебенки уплотнены и не двигаются под катком, рассыпают по поверхности сухую каменную мелочь, размером 0—6 *мм*, разметая ее во время работы катка до тех пор, пока все швы между камнями не будут заполнены и поверхность не станет устойчивой. После этой предварительной подготовки шоссе, в целях уплотнения его, рекомендуется открыть движение, сроком на 20—30 дней, с обязательным регулированием его. Перед первой поливкой необходимо очистить поверхность от избытка высевок механической щеткой или вручную так, чтобы получилась поверхность, на которой крупный щебень выступал бы на высоту от 0,5 до 1,25 *см* над уровнем заполнения высевками. Для лучшей связи корки поверхностной обработки с подготовленным таким способом шоссе, по очищенной поверхности шоссе производится предварительная поливка жидким дегтем или разжиженным битумом в количестве $^3/_4$—1 литр на 1 $м^2$, без засыпки каменным материалом. Через сутки или двое после этого производится обычная двойная поверхностная обработка.

Рис 559. Поверхностная обработка шоссе. Россыпь каменного материала.

НТБ УАДИТ (ДНТ)

д) Поверхностная обработка булыжных мостовых (рис. 561). Улучшение мостовых производится также путем двойной или тройной поверхностной обработки. Двойная поверхностная обработка мостовых из булыжного или колотого камня применяется в том случае, когда размер камней не более 18 *см*. Производственный процесс такой обработки мостовых ничем не отличается от двойной поверхностной обработки шоссе. Нормы расхода материала — те же, что при обработке шоссе с большим износом. Особенностью является лишь подготовка мостовой, расчленяющаяся на следующие стадии: а) мелкий ремонт мостовой, б) исправление отвода воды и приведение в порядок обочин, в) очистка поверхности мостовой от грязи и пыли, г) обмазка мостовой жидким дегтем, дорожным маслом или разжиженным битумом.

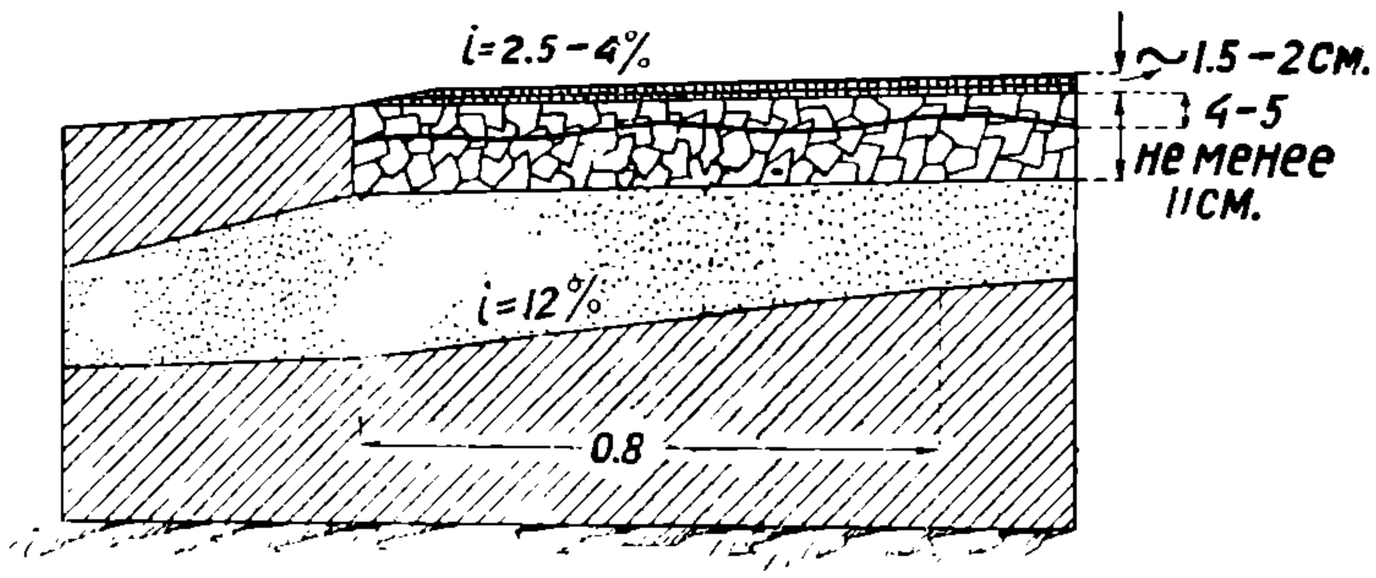


Рис. 560. Двойная поверхностная обработка шоссе с предварительной кирковкой.

Если мостовая сделана из крупных камней, для выравнивания ее вносится большое количество щебеночного материала крупного размера. Выравненный слой обрабатывается затем двойной поверхностной обработкой.

Размеры каменного материала первой россыпи при этом типе обработки зависят от величины камней мостовой и размера швов; средний размер —25—40 *мм*.

Толщина первого насыпанного слоя каменного материала должна быть такова, чтобы он покрывал выступающие головки мостовой не менее, чем на 1½—2 *см*. Если слой недостаточно выравнен, при дальнейшей эксплоатации появляются неровности, соответствующие очертанию мостовой, на выступающих частях значительно усиливается динамическое воздействие повозок, и это ведет к скорому износу обработки.

Нормы на каменный и связующий материал и укатку при поверхностной обработке мостовых даны в помещенных ниже сводках-таблицах.

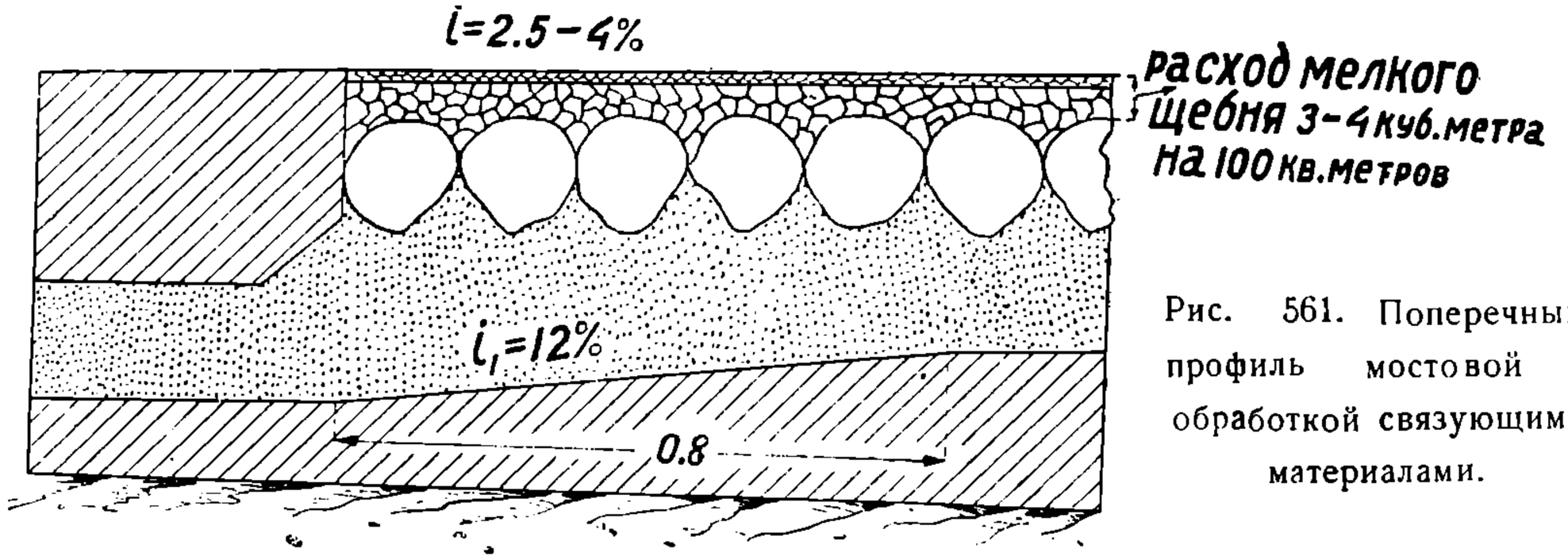


Рис. 561. Поперечный профиль мостовой с обработкой связующими материалами.

ГЛАВА СОРОК ВТОРАЯ

ОБРАБОТКА ШОССЕЙНЫХ ДОРОГ ПО МЕТОДУ ПРОПИТЫВАНИЯ (ПРОНИКАНИЯ)

§ 217. Условия применения метода пропитывания. Под обработкой шоссе по методу пропитывания (проникания) битумными или дегтевыми материалами подразумевается пропитывание шоссейной одежды связующими материалами на всю или на часть толщины. При этом различают: а) глубокое пропитывание, когда верхний слой коры пропитывается на сравнительно большую толщину

НТБ УАДИТ (ДИТ)

(6—8 *см*), и б) полупропитывание, когда пропитывается только верхняя часть коры на глубину от 3 до 5 *см*.

Шоссе с внутренней обработкой способами проникания представляет собой щебеночную кору, построенную обычными для шоссе способами, но с применением в период постройки связующего материала. Глубокое пропитывание применяется при устройстве новой россыпи; полупропитывание как в случаях свежей россыпи, так и на старых шоссе, когда производится вскирковка поверхности и лишь немного добавляется свежего щебня.

Целью пропитывания шоссе связующими материалами является образование слоя щебеночной одежды, способного противостоять истиранию, предохраняющего каменную мелочь от выкрашивания и выдувания. Связующий материал, обволакивающий щебенки, уменьшает истирание их внутри шоссейной одежды. Покрытие приобретает упругость и меньше страдает от динамического воздействия проезда.

По сравнению с водосвязным шоссе пропитанное связующими материалами обладает большей упругостью и дает меньше просадок при тяжелом движении.

Пропитывание применяется обычно на шоссе с напряженностью движения от 600 до 2400 *т* брутто в день, а также при тяжелом гужевом и автомобильном движении. Производство работ не требует перемешивания или нагревания каменного материала, не требует сложного оборудования (если не считать разлива гудронаторами), а потому этот способ проще и дешевле, по сравнению с другими способами применения связующих материалов. К недостаткам его следует отнести следующее: запыленность, а также увлажненность щебеночного материала препятствуют проникании связующего вещества, поэтому работы по поливке горячими битумами или дегтем можно производить лишь при сухом и беспыльном каменном материале. В сырых местах и при частых дождях способ этот вызывает ряд затруднений. Другим недостатком способа пропитки является неэкономное расходование связующих материалов. Охлаждаясь при соприкосновении с камнем, связующий материал, в особенности битум, дает сгустки, которые задерживаются в пустотах между щебенками. Жидкие же связующие материалы, наоборот, проникают излишне глубоко, часто — до твердого основания шоссе, где скопляются в виде луж.

Шоссе с внутренней обработкой пропитыванием должно нормально иметь поперечный уклон в пределах от 2 до 3%; наибольший уклон — не более 6%.

Подготовительными работами к постройке шоссе способом пропитывания являются: а) ямочный ремонт старой коры, без которого уплотнение россыпи в местах выбоин будет недостаточно, и в дальнейшем могут образоваться просадки; б) исправление поперечного профиля старой одежды; в) очистка старого шоссе или другого основания от пыли и грязи; г) исправление водоотвода.

Иногда при устройстве утолщения вместо ямочного ремонта целесообразно сделать сплошную кирковку с добавлением свежего щебня.

§ 218. Материалы для работ по способу пропитывания. Связующими материалами, применяемыми при пропитывании шоссе, являются битумы, каменноугольные дегти, эмульсии и разжиженные битумы. Технические условия на связующие и каменные материалы изложены в соответствующей главе. При применении для этих работ битумов основная их характеристика-пенетрация должна быть от 90 до 160 (в жарком климате 90—120, в умеренном 120—160).

Дегти должны иметь вязкость по Хетчинсону — составленные от 20 до 100 секунд, в зависимости от климатических условий и пористости каменного материала; составленные дегти от 20 до 40 секунд (деготь № 2).

Отсюда видно, что при этом способе применяются связующие материалы более вязкие, чем при поверхностной обработке. Консистенция материалов установлена практикой; применение еще более вязких материалов повело бы к слабому их проникании, к образованию на щебне толстой пленки и сгустков; а более жидкие излишне глубоко проникали бы в основание. Выбор степени вязкости должен соответствовать климатическим условиям района.

Температура связующих материалов должна быть в момент разлива для битума — 160—180; для дегтя — 110—120. О прочности и форме каменного мате-

НБ УАДИТ (ДИТ)

риала указано ранее. Размеры щебеночного материала должны быть примерно следующие:

щебень	30—70 *мм*,
крупные высевки (расклинка) .	15—30 *мм*,
мелкие вывески	5—15 *мм*.

Рекомендуется, чтобы размер щебня приближался к толщине укатываемого слоя. Наилучшие результаты получаются, когда толщина слоя лишь процентов на 25 превышает наибольший размер щебня.

Ориентировочно соотношение между щебеночным материалом может быть принято такое:

щебня	6—8 *куб. м.* на 100 *кв. м.*
крупных высевок	$2—2^1/_2$ „ „
мелких вывесок	1,2—2 „ „

§ 219. Производство работ по методу полупропитывания (полупроникания). Работы по методу полупропитывания бывают двух видов: а) с новой россыпью щебня, то есть с утолщением существующей коры, и б) с кирковкой старой коры и добавлением лишь небольшого количества свежего щебня.

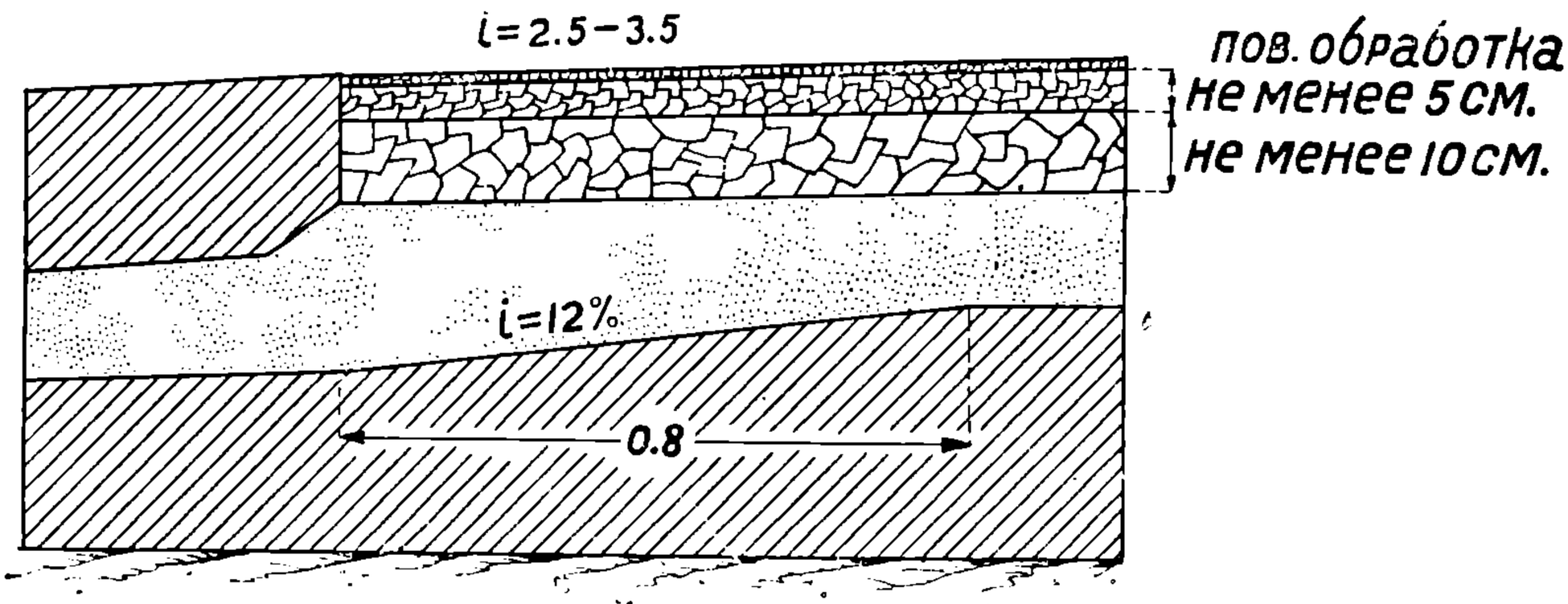


Рис. 562. Поперечный профиль шоссе с пропиткой или полупропиткой связующим материалом.

При первом виде полупропитывания (рис. 562), россыпь щебня, укатка его и россыпь крупных высевок производятся так же, как и при новой россыпи, без связующих материалов. Укатку щебня можно сопровождать поливкой, укатку же крупных высевок следует производить без воды, иначе не будет равномерного обволакивания щебня связующим материалом. В случае необходимости поливки водой при укатке крупных высевок, следует в дальнейшем, перед разливом связующего материала, обеспечить просыхание коры на глубину не менее предполагаемой глубины пропитывания. Разлив связующего материала производится по укатанным крупным высевкам в количестве $2^1/_4$—4 *кг* на $м^2$ из расчета, что битумный материал проникнет в кору на 3—4 *см*. Глубина проникания регулируется большей или меньшей предварительной укаткой россыпи. При укатке щебень и высевки в отдельных местах дробятся, и получаются плотные пятна, которые должны быть расчищены метлами.

Непосредственно за разливом связующего материала производится россыпь мелких (3—15 *мм*) высевок в количестве около 1 $м^3$ на 100 $м^2$ поверхности и их укатка средним или легким катком. Россыпь эту следует производить равномерно и в короткий срок, чтобы высевки покрылись неостывшим связующим материалом.

По окончании укатки мелких высевок, обработанный участок может быть открыт для движения, а через 15—25 дней эксплоатации, после того как кора сформируется и уплотнится должна быть сделана одиночная поверхностная обработка.

НБ УДУИТ (ДИТ)

Часто эту поверхностную обработку производят сразу же при постройке, т. е. после укатки мелких высевок. Это облегчает организацию работ, однако указанный выше порядок позволил бы своевременно исправить появившиеся отдельные просадки или дефекты.

Второй вид полупропитывания, т. е. с кирковкой старой коры и добавкой свежего щебня лишь в небольшом количестве (1 $м^3$ на 25—35 $м^2$), применяется при толщине старой щебеночной коры не менее 14 *см*. Полученный от вскиркovки на глубину 4—5 *см* щебень разравнивается, причем загрязненная каменная мелочь проваливается вниз. В случае невозможности отделить загрязненную мелочь, следует вскиркованный щебень отгрохотать и уложить в покрытие лишь крупный. Для облегчения укатки и утолщения коры на выравненный старый щебень рассыпается свежая россыпь слоем в 3—4 *см* толщиной и укатывается, как нормальное шоссе. Первый разлив связующего материала в количестве $2^1/_2$—4 *кг* на $м^2$ производится по укатанному щебню, причем, так как на глубине около 5 *см* имеется каменная мелочь старого шоссе, дальнейшее проникание здесь задерживается.

Рис. 563. Разлив битума гудронатором емкостью 3000 *л*. при пропитке шоссе.

Для того, чтобы щебеночный материал обволакивался, рекомендуется перед разливом связующего материала сделать поливку жидким дегтем или разжиженным битумом. Непосредственно после разлива горячего битума или дегтя рассыпаются и укатываются крупные высевки. Второй разлив (3—2,5 *кг*) делается по этим крупным высевкам, а затем рассыпаются и укатываются мелкие высевки. Через 15—25 дней эксплоатации и при этом типе обработки следует произвести одиночную поверхностную обработку.

§ 220. Производство работ по способу пропитывания (проникания). На подготовленное основание рассыпается слой щебня и укатывается насухо тяжелым (10—12 *т*) или среднего веса катком, в зависимости от крепости камня. Укатка производится обычным порядком — от краев к середине шоссе, с перекрытием следов катка на половину ширины барабана и продолжается до тех пор, пока не получится ровная и твердая поверхность с соответствующим продольным и поперечным уклоном. При мягких породах камня не следует укатывать слишком долго, во избежание дробления щебня, образования излишнего количества мелочи и заполнения ею пустот, что может препятствовать проникaнию битума. При твердом камне, наоборот, слишком большие промежутки между щебенками следует заполнить до разлива небольшим количеством крупных высевок. Для облегчения укатки щебня можно одновременно внести небольшое количество связующего материала (1—$1^1/_2$ *кг* на $м^2$) за счет норм последующих разливов.

Применение воды при укатке щебня возможно лишь в случае полной гарантии, что до разлива горячего связующего материала россыпь высохнет на глубину намечаемой пропитки. Разлив связующего материала при горячем способе обработки должен производиться в сухую погоду и при сухом каменном материале (рис. 563).

НТБ УДУИТ (ДИТ)

Количество связующего материала зависит от толщины одежды и от глубины пропитывания. Расход его примерно можно установить из расчета: на каждый сантиметр глубины пропитывания 1—1,2 *кг* на $м^2$.

Немедленно после первого разлива, пока связующий материал еще не остыл, по поверхности шоссе рассыпаются крупные высевки. Для более равномерного распределения они разметываются мягкими метлами, после чего производится укатка. Если обработка производится в два разлива, поверх крупных высевок разливают снова горячий связующий материал, затем рассыпают мелкие высевки и укатывают все катком среднего веса.

Покрытие с пропитыванием в два разлива не имеет поверхностной корочки износа, а потому в ближайшее время после открытия движения щебенки шоссе обнажаются в виде мозаики и в дальнейшем от движения происходит истирание основного щебня.

Для того, чтобы создать на основной толще покрытия корочку износа, поверхностную обработку по способу пропитывания ведут в три приема. Связующий материал тогда сосредоточивается в верхних слоях покрытия. Расход мелких высевок увеличивается, и над основным слоем щебня создается корочка износа, состоящая из каменной мелочи и связующего материала. Систематическим содержанием дороги эту поверхностную корочку возобновляют и таким образом основной слой щебня предохраняется от непосредственного истирания движением колес.

Для сравнения разных видов черных дорог облегченного типа приводятся сводные таблицы расхода связующих материалов в различные периоды разлива, нормы расхода каменного материала и ориентировочные нормы по укатке покрытий (вес катка и число проходов по одному месту).

§ 221. Нормы расхода материалов при обработке шоссе. [1]

Таблица 177

а) Нормы расхода связующих материалов для поверхностных обработок и пропитывания

№№ п п	Род покрытия и обработки	Разливы связующего матер., литров на $м^2$		
		1-й	2-й	3 й
1.	Одиночная пов. обработка на черном шоссе с мелким износом .	0,7—1,0	—	—
2.	То же, с большим износом . .	1 —1,5	—	—
3.	Одиночная пов. обработка на белом шоссе с малым износом . . .	1,5—2,0	—	—
4.	То же, с большим износом	2,0—2,5	—	—
5.	Двойная пов. обработка на белом шоссе с малым износом .	1,3—2,0	1,3—1,5	—
6.	То же, с большим износом	2,0—2,5	1,3—1,5	—
7.	Тройная пов. обработка шоссе .	1 —1,5	2 —1,3	1 —1,5
8.	Полупропитыв. шоссейной коры .	2,5—4	3 —2 5	—
9.	Глубокое пропитыв. с 3 фракциями каменного материала	5 —7	3 —3,5	—
10.	То же, с 4 фракциями каменного материала . .	3 —3,5	2,5—3	2 —2,5
11.	Тройная пов. обработка на булыжной мостовой из мелкого и среднего камня	1,5—2,0	2 —2,5	1,5—2,0

Примечания: 1) Под понятием „изношенный“ подразумевается большое обнажение щебенок, увеличенные швы между щебенками и наличие углублений, не поддающихся мелкому ремонту.

2) В случае пов. обработки с предварительной сплошной кирковкой следует применять соответственно нормы № 2, № 4, № 6.

3) При глубоком пропитывании суммарная норма на 1 $м^2$ назначается из расчета расхода 1 литра связующего материала на 1 *см* толщины коры.

Составлено А. А. Калерт.

НБ УДУНТ (ДИТ)

б) Нормы каменных материалов для поверхностных обработок и пропитывания

№№ п/п	Род покрытия и обработок	Количество кам. материала в $м^3$ на 100 $м^2$				Размеры кам. материала в *мм*			
		Порядок россыпи				Порядок россыпи			
		1-я	2-я	3-я	4-я	1-я	2-я	3-я	4-я
1.	Одиночн. пов. обр. на черном шоссе с мал. износом	0,7 1,0	—	—	—	5— 10—	—	—	—
2.	То же, с большим износом .	1,0 1,5	—	—	—	5— 10—	—	—	—
3.	Одиночн. пов. обр. на белом шоссе с большим износом	2.0 2,3	—	—	—	5— 15—	—	—	—
4.	То же, с малым износом	1,5 2,0	—	—	—	5— 15—	—	—	—
5.	Двойная пов. обр. на белом шоссе с малым износом	1,5 2,0	1,3 1,5	—	—	12— 20—	5 - 12 -	—	—
6.	То же, с большим износом	2— 2,5	1,3 1,5	—	—	15— 25—	5—15	—	—
7.	Тройная пов. обр.	1,2 1,5	1,2 1,5	1,3 1,5	—	15—25	15—25	5—15	—
8.	Полупропитыв. новой шоссейной коры	—	2— 2,5	1,3 1,5	—	30— 70—	15—30	5—15	—
9.	Глубокое пропитыв. с 3 фракц. кам. материала		2— 2,5	1,3 1,5	—	30— 70—	15—30	5—15	—
10.	Глубокое пропитыв. с 3 фракц. кам. материала		3— 3,5	2— 2,3	1,3 1,5	50— 80—	30—50	5—30	5—15
11.	Тройная пов. обр. на булыжной мостовой .		2,0 2,5	1,5 2—	—	25 - 40—	15—25	5—15	—

Примечания: 1) Размеры каменного материала (пределы фракции) даны ориентировочно, так как в зависимости от местных камнедробилок могут быть некоторые колебания.

2) При первой россыпи на булыжной мостовой размеры каменного материала могут быть изменены в зависимости от размеров швов между камнями мостовой.

3) Для поверхностной обработки мостовых можно пользоваться нормами п. 6.

Вес катков и ориентировочное число проходов по одному месту при поверхностной обработке и пропитывании

№№ по порядку	Род покрытия и обработки	Вес катка в *т*				Число проходов по одному месту			
		1	2	3	4	1	2	3	4
		периоды укатки				периоды укатки			
1.	Одиночн. пов. обр. на черном шоссе с малым износом .	5—6	—	—	—	2—3	—	—	—
2.	Одиночн. пов. обр. на черном шоссе с большим износом . . .	5—6	—	—	—	3—4	—	—	—
3.	Одиночн. пов. обр. на белом шоссе с мал. износом . . .	5—6	—	—	—	4—5	—	—	—
4.	Одиночн. пов. обр. на белом шоссе с большим износом . . .	5—6	—	—	—	5—6	—	—	—
5.	Двойная пов. обр. на белом шоссе с малым износом . . .	5—6	5—6	—		4—5	4—5	—	—
6.	Двойная пов. обр. на белом шоссе с большим износом . .	5—6	5—6	—	—	5—6	4—6	—	—
7.	Полупропитыв. старой шоссейной коры	10—12	8—10	5—6	—	—	—	—	
8.	Полупропитыв. новой . . а)	10—12	8—10	5—6	—	—	—	—	
	шоссейной коры б)	10—12	8—10	5—6	—	—	—	—	—
9.	Глубокое пропитыв. с 3 фракц кам. материалом	10—12	8—10	5—6	—	—	—	—	—
10.	Глубокое пропитыв. с 4 фракц. кам. материалом	10—12	10—12	8—10	5—6	—	—	—	—
11.	Тройная пов. обр. на булыжной мостовой	6—8	5—6	5—6	8—10	8—10	5—6	4—5	—

Примечания: 1) Вес катков принят из соображений применения каменного материала, допускаемого на черных дорогах. 2) На сплошных россыпях, перестройках и постройках, при укатке по крупным высевкам (расклинка), за отсутствием катка в 8—10 *т*, допустима укатка катком в 10—12 *т* с соответствующим уменьшением числа проходов.

УДУНТ (ДИТ)

ГЛАВА СОРОК ТРЕТЬЯ

ОБРАБОТКА ШОССЕ И МОСТОВЫХ ЧЕРНЫМИ СВЯЗУЮЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ ХОЛОДНЫМ СПОСОБОМ

§ 222. Применение эмульсий. Применение дорожных эмульсий и разжиженных битумов находит себе место как для поверхностной обработки, так и для пропитывания. В первом случае до применения эмульсий поверхность покрытия должна быть очищена от грязи и пыли, как при горячем способе. При соприкасании с пылью эмульсия свертывается и содержащийся в ней битум не даст равномерного обволакивания. Если не удается тщательно очистить поверхность, то при применении эмульсий имеется большая опасность отставания корки на обработанной части поверхности, чем при горячем способе.

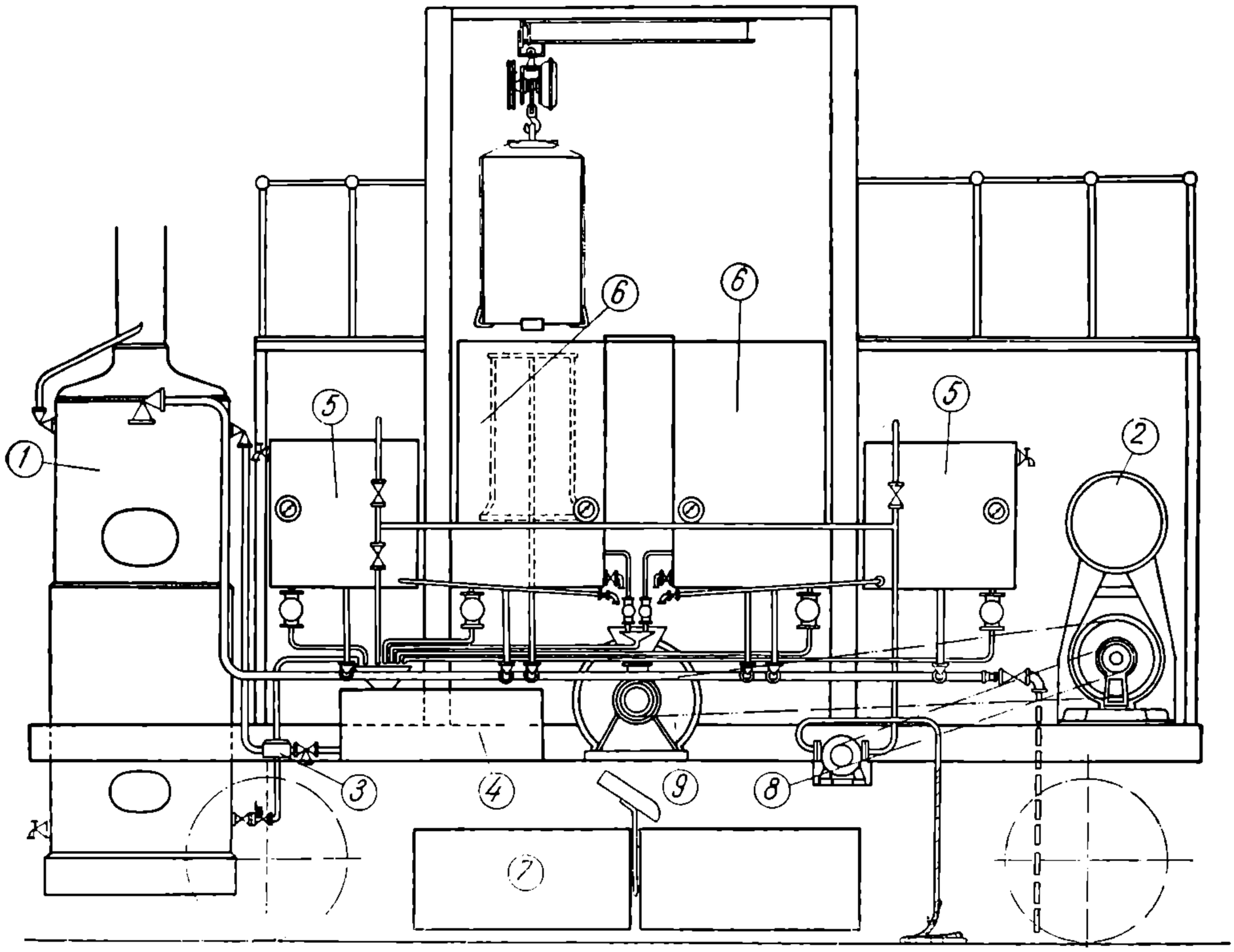


Рис. 564. Схема подвижной эмульсионной установки Леру и Гатинуа производительностью 500 литров в час.

1—паровой котел для нагревания паром битума и воды, 2—мотор 12 HP, 3—инжектор, 4—бак для конденсации, 5—баки для раствора эмульгатора со змеевиком для нагревания, 6—баки для битума со змеевиком для нагревания, 7—резервуар для сбора эмульсии, 8—насос, 8—машина Гурреля для изготовления эмульсии.

Эмульсию можно применять в дождь и при сыром каменном материале,— в этом ее преимущество. Однако важно, чтобы на обрабатываемой поверхности не стояли лужи и чтобы до момента свертывания эмульсии сильным дождем ее не смыло к обочинам. Влажность обрабатываемой поверхности даже полезна при работе с эмульсиями, так как в этом случае происходит лучшее пропитывание и более равномерное обволакивание каменного материала. Полезно поэтому даже смачивать обрабатываемую поверхность водой (рис. 564).

Последовательность работ при поверхностной обработке эмульсией остается та же, что и при горячем способе.

Консистенция обычной эмульсии, состоящей на 50% из битума и на 50% из воды,— более жидкая, чем консистенция битума или дегтя в горячем состоянии. Поэтому пленка эмульсии, обволакивающая каменный материал, тоньше и вследствие этого расход связующего материала при пересчете на битум меньше, чем при горячем способе. Практика показала, что при применении эмульсии количество битума составляет лишь 60—75% того количества, какое требуется при горячем способе.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

При этом, так как эмульсия имеет меньшую консистенцию, то при разливе по поверхности шоссе, во избежание стекания ее к обочинам, приходится уменьшать норму первого разлива, соответственно увеличив количество во втором разливе.

Эмульсия по поверхности шоссе разравнивается метлами или резиновыми гладилками. По мере отделения воды от эмульсии цвет ее меняется из коричневого в черный, что является признаком распадения эмульсии. Во избежание стекания эмульсии к обочине, а также для лучшего обволакивания каменного материала еще не распавшейся эмульсией желательно сразу же после разлива посыпать обрабатываемую поверхность каменным материалом и укатать; нормы расхода каменного материала — те же, что и при горячем способе, размер его желательно принять несколько меньший, имея в виду незначительную консистенцию эмульсии. Движение можно открыть лишь через несколько часов после поверхностной обработки, а лучше — на другой день, так как связывающие свойства эмульсии, до выпадения из нее воды, значительно слабее, чем чистого битума.

Вторую поверхностную обработку можно делать сразу же после первой, но лучше — как и при горячем способе — повторную поливку произвести через $1-1^1/_2$ месяца эксплоатации дороги.

При применении эмульсий представляется возможным избежать появления в первый период эксплоатации местных выступлений битума на поверхности, вследствие его переизбытка, так как при укатке излишек эмульсии выжимается кверху и может быть своевременно, в процессе работ устранен дополнительной присыпкой каменных материалов.

При обработке шоссе способом пропитывания, эмульсии также находят себе применение.

Характерной особенностью работы с эмульсиями является возможность производить разлив по влажному щебню. Вследствие этого допускается поливка россыпи водой при укатке, что облегчает работу катка, укатка получается более плотная.

По консистенции эмульсия жиже битума в нагретом состоянии, поэтому она легче проникает в поры россыпи, легко проходит сквозь рыхлый щебень и может скопиться на основании. В связи с этим укатку россыпи делают плотнее, а разливы рекомендуется делать не сразу, но в два-три приема. Для той же цели, перед россыпью щебня, желательно основание покрыть слоем песка толщиной в 2—3 *см*. При укатке россыпи этот песок заполнит внизу поры щебеночного слоя и впоследствии будет препятствовать протеканию эмульсии к основанию. На поливку щебня расходуется около 10 *кг/м*^{2} эмульсии при толщине одежды в 7,5 *см*. Вообще при пропитывании эмульсией битума расходуется примерно на 20% меньше, чем при горячем способе. После поливки щебня вносится расклинка, также обрабатываемая эмульсией, а затем производится поверхностная обработка. Движение желательно открывать не сразу, а на другой день после окончания работ. Через месяц эксплоатации поверхность шоссе желательно снова подвергнуть поверхностной обработке.

Наибольшие удобства применения эмульсий выявляются при ямочном ремонте и при повторных обработках шоссе в период эксплоатации. Ямочный ремонт может быть произведен обычным способом поливок; хороший результат дает способ смешения, то есть предварительное смешение каменных материалов и эмульсий возле дороги на бойках и укладка смеси в местах выбоин.

Стоимость битума при применении эмульсий дороже, чем при горячем способе. Однако, это удорожание связующего материала, компенсируется некоторыми преимуществами применения эмульсий — упрощение производства работ, отсутствие необходимости иметь специальные базы и оборудование для предварительного разогревания битуминозных материалов, удлинение строительного сезона, уменьшение простоев из-за дождей и т. п.

Применение эмульсий значительно удорожает транспорт, так как приходится перевозить большое количество воды, содержащейся в эмульсии. В целях облегчения транспортных условий, кроме централизованных установок по изготовлению эмульсий в местах массового их потребления при небольшом ра-

НБ УДУНТ (ДИТ)

диусе перевозок, получили также распространение полевые, передвижные эмульсионные установки для изготовления эмульсий недалеко от места применения.

Одна из таких установок изображена на рис. 563.

Кроме обычных эмульсий, приготовленных в пропорции 50% воды и 50% связующего вещества — битума или дегтя, за границей имеются эмульсии, которые поступают на место работ в концентрированном виде, без воды или с лишь очень небольшим количеством ее На месте работ такие эмульсии в простейших мешалках перемешиваются с водой до нужной консистенции и затем применяются на дороге. Пользование такими эмульсиями имеет большие преимущества в отношении транспортировки, так как не приходится, одновременно с вяжущим материалом, перевозить воду на дальние расстояния — от места изготовления эмульсии до места применения.

§ 223. Применение разжиженных битумов. Наряду с эмульсиями для холодной обработки покрытий применяют также разжиженные битумы. В качестве разжижителей употребляют легкие продукты переработки и перегонки нефти и сырого каменноугольного дегтя (низкосортный бензин, лигроин, сольвент, полимеры и пр.).

Разжижитель должен при небольшом его количестве легко разжижать битум. Будучи применен в дело, он должен в кратчайший срок испариться, так как после разлива и укатки разжижитель является вредным, размягчая битум и этим понижая его строительные качества. В то же время условия хранения и производство работ, наоборот, требуют, чтобы до применения в дело разжижитель по возможности меньше испарялся, сохраняя материалу постоянную консистенцию. В качестве разжижителя могут применяться чистые, легко отгоняющиеся дестиллаты. Однако, вследствие их дороговизны, могут применяться также разжижители, содержащие тяжелые фракции. Учитывая, что эти фракции не улетучатся из битума долгое время и, следовательно, изменят свойства битума, следует применять битум более жесткий с тем, чтобы в присутствии остатков разжижителя он обладал нормальными свойствами.

В качестве примера, приводим технические условия на разжиженный битум, принятые Американским обществом испытания материалов.

Разжиженный битум:

а) Удельный вес при 15°С . . .	9,98 —1,01
б) Вязкость по Энглеру при 50°С . . .	25 — 50 сек.
в) Количество битума с пенетрацией 100	85% —
г) Потеря при нагревании 20 *г* в течение 5 часов при 100°С	10% – 13%
д) Потеря при нагревании 50 *г* в течение 5 часов при 165°С	12 — 15%
е) Испытание остатка после нагревания	—135

Разжижитель:

а) Количество дестиллатов до 190°С . . .	не менее 100
Свойства остатков от перегонки 360°С.	
Пенетрация	50—100
Дуктильность	не менее 30 *см.*

При установлении количества разжижителя основным признаком является вязкость получаемого продукта которая, в холодном его состоянии примерно должна быть равна вязкости битума или дегтя, нагретых до температуры, применяемой при разливе. Практически, в зависимости от сорта, разжижитель вносится в количестве 15—20% по отношению к связующему материалу. Общий ход работ остается тот же, что и при эмульсии. Однако особенностью разжиженных битумов, которую надо учитывать при работе, является сравнительно медленное выделение разжижителя путем испарения; между тем связующие свойства битума могут полностью проявиться лишь после выделения разжижителя. Чтобы не только не препятствовать, но в наибольшей степени содействовать выделению разжижителя, не следует сразу же после разлива рассыпать каменный материал и укатывать его, а тем более сразу делать второй слой. После разлива материала и его разравнивания следует оставить покрытие в таком виде на несколько часов и только затем засыпать каменным материалом. Повторную обработку следует делать не сразу, а через 1½—2 месяца эксплоатации, так как второй слой препятствовал бы испарению разжижителя из нижележащего слоя.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Можно отметить следующие преимущества применения разжиженных битумов по сравнению с горячим способом: а) не требуется подогрева на месте работ и следовательно — сравнительно сложного оборудования; б) связующего материала идет меньше; он более равномерно распределяется при обволакивании камня; в) вследствие меньшей разницы в температурах, не происходит, как при горячем способе, затвердения битума при соприкосновении с камнем, и поэтому разжиженный битум лучше проникает и связывает поверхностный слой обработки с основной шоссейной одеждой; г) присутствие пыли оказывает малое влияние на адсорбирование каменным материалом разжиженного битума. Последние свойства ценны при применении связующих материалов для обработки известняков. По этим же причинам особенно желательно применение разжиженного битума хотя бы в виде обмазки до производства поверхностной обработки, для лучшей связи слоя обработки с основанием.

Приготовление разжиженных битумов состоит в расплавливании битумов в котлах и смешивании их с постепенно приливаемым разжижителем. Разжиженные битумы применяются не только в холодном, но и в подогретом виде. Преимущество последнего способа состоит в том, что не нужно поднимать температуру битума до 170--180°, внесение сравнительно небольшого количества разжижителя (7—10%) при температуре 90—100° С дает материал той же консистенции. Это удобно в конце строительного сезона, когда температура воздуха низкая и нагревание битума до170° С затруднительно.

ГЛАВА СОРОК ЧЕТВЕРТАЯ

РЕМОНТ ЧЕРНЫХ ДОРОГ ОБЛЕГЧЕННОГО ТИПА

§ 224. Производство работ. В процессе эксплоатации шоссе или мостовых, обработанных связующими материалами, необходим тщательный уход за проезжей частью, обочинами и канавами. В первое время после обработки шоссе особенно необходимо устранять все повреждения поверхностного слоя. Возможно появление следующих деформаций: а) частичное отставание корки, при котором отставшую корку снимают и производят вновь поверхностную обработку; б) выступание излишка на поверхность связующего материала — исправляется россыпью мелких высевок (рис. 565); в) образование выбоин вследствие неравномерного разлива вяжущего или россыпи каменного материала — исправляется мелким ямочным ремонтом. Для равномерного уплотнения проездом корки поверхностной обработки в период ее формирования, в первые 10—15 дней желательно регулировать движение.

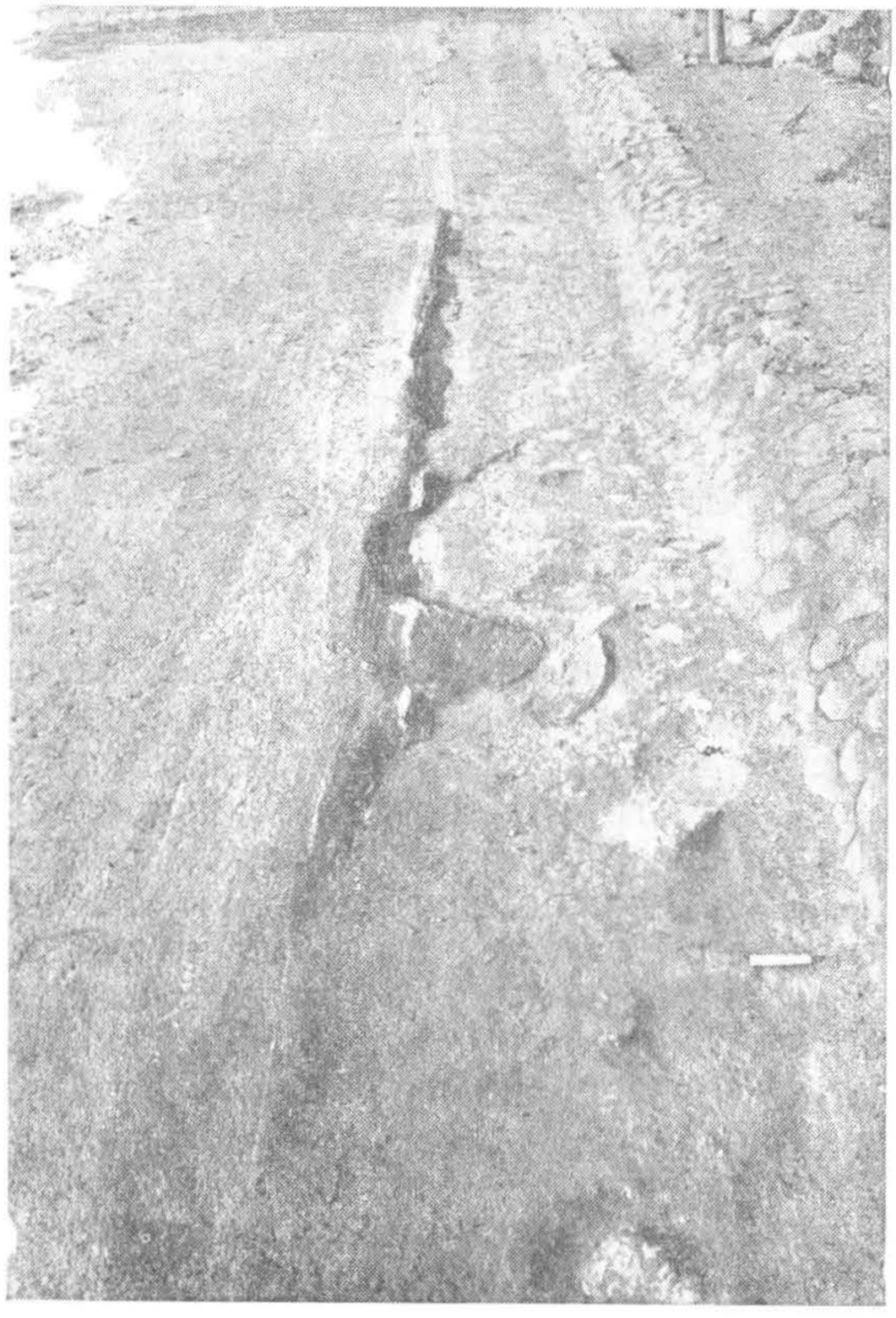


Рис. 565. Сплыв битуминозной корки вследствие избытка связующего материала и его малой консистенции.

Кроме устранения дефектов работ, в первое время эксплоатации дороги должна систематически производиться повторная поверхностная обработка и предупредительный ямочный ремонт. При сильном движении по шоссе поверхностная обработка производится ежегодно. Для всех последующих обработок связующего и каменного материала требуется примерно в два раза меньше, чем первоначально; при такой ежегодной обработке через 2—3 года получится гладкое и прочное покрытие, которое в дальнейшем уменьшает расход материала и уход за дорогой.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Содержание шоссе, обработанного пропиткой, заключается также главным образом в периодической поверхностной обработке, возобновляемой раньше, чем износится прежняя обработка.

На эксплоатируемых черных дорогах должен быть организован систематический ямочный ремонт повреждений, который предупреждает дальнейшее разрушение и увеличивает срок службы всего покрытия.

Бригада, производящая ремонт, должна быть снабжена следующим дополнительным оборудованием: а) котел для приготовления связующего материала емкостью 50—150 литров; по возможности ручной гудронатор; б) лейки для разлива связующего материала, емкостью 10—12 литров; в) щетки металлические из травы или волоса для очистки шоссе от грязи и сметания пыли; г) тележка для перевозки материалов и инструментов.

При систематическом ямочном ремонте дорог особенно проявляются преимущества работы с эмульсиями и разжиженными битумами. В этом случае работа ремонтной бригады упрощается; не нужно иметь специального оборудования для нагрева; срок работы удлиняется, так как можно производить ее с эмульсиями не только при сухом, но также и при влажном каменном материале; расход связующего материала уменьшается на 20—25%.

Рис. 566а. Ямочный ремонт с применением „черного щебня". Кирковка краев выбоины и очистка металлическими щетками.

Кроме применения эмульсий и разжиженных битумов, ремонт холодным способом может производиться щебеночным материалом, заранее смешанным со связующим материалом в специальной машине или путем перелопачивания на деревянном настиле.

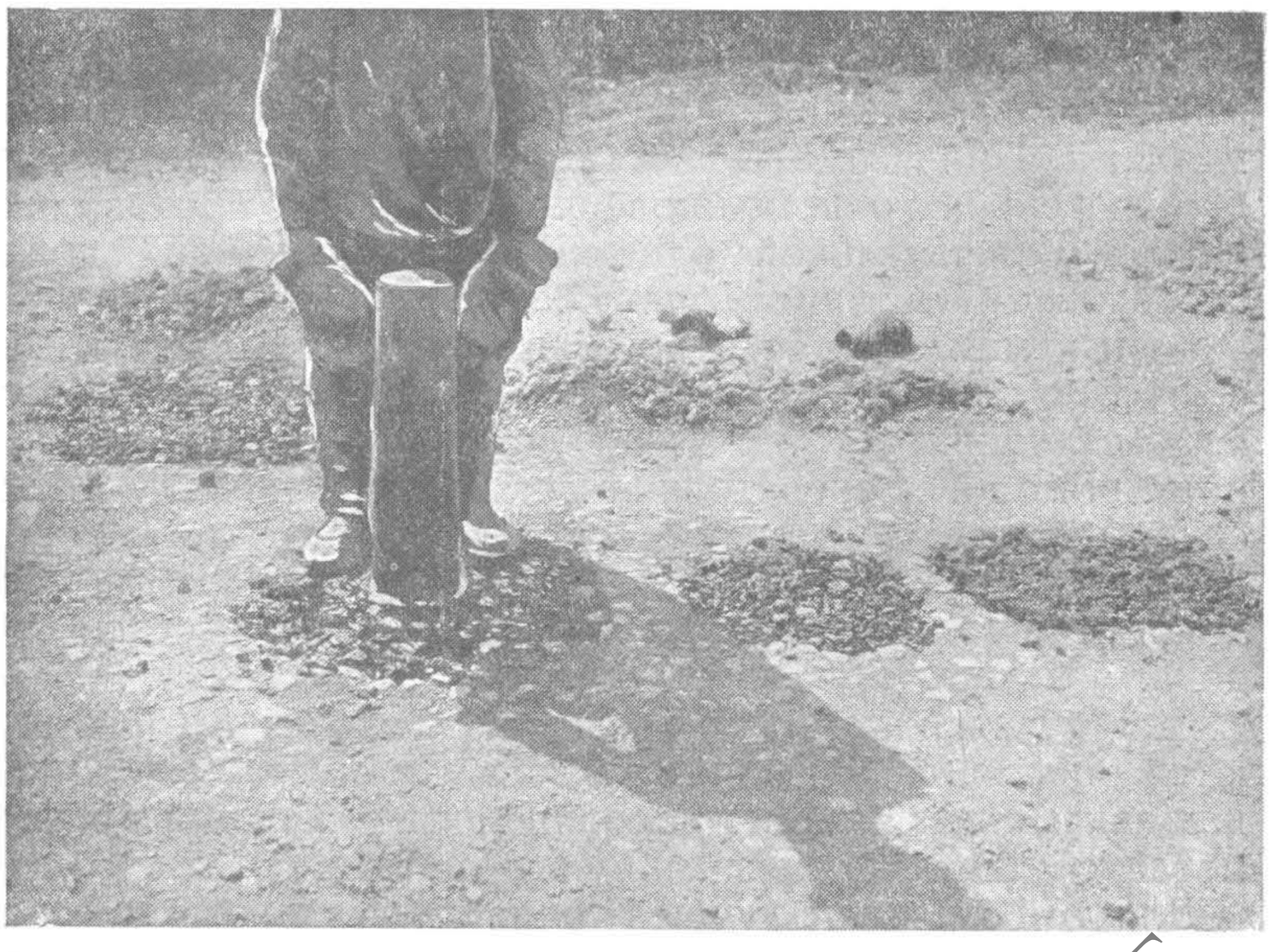


Рис. 566б. Укладка „черного щебня" и уплотнение его трамбовками.

Для приготовления черного щебня на ремонт, могут применяться горячий мягкий битум и деготь или эмульсии и разжиженные битумы. Консистенция связующего материала подбирается такая, чтобы в дальнейшем при хранении не происходило слипания. Приготовленный таким образом щебеночный материал может сохраняться несколько месяцев и, по надобности, расходоваться для ямочного ремонта.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Ямочный ремонт этим способом производится следующим образом: очищенная поверхность выбоины обмазывается связующим материалом; при глубоких выбоинах кирковкой делаются отвесные стенки выбоины, также обмазываемые связующим материалом.

Черный щебень в холодном виде укладывается и утрамбовывается; поверх него, при крупном материале, иногда производится разлив связующего материала и засыпка его сухими мелкими высевками (рис. 565а и б).

ГЛАВА СОРОК ПЯТАЯ

ОБОРУДОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ ПОСТРОЙКЕ И РЕМОНТЕ ЧЕРНЫХ ДОРОГ ОБЛЕГЧЕННОГО ТИПА

§ 225. Оборудование работ. Для постройки черных дорог применяется следующее специальное оборудование:

а) инструменты для очистки шоссе от грязи и пыли, ручные механические щетки и метлы, воздуходувки и пылесосы;

б) инструменты для разлива связующего материала при ямочном ремонте, лейки и небольшие гудронаторы; аппараты для высушивания поверхности полотна;

в) котлы для разогревания битума или дегтя;

г) гудронаторы для разлива связующего материала;

д) машины для россыпи каменной мелочи;

е) катки.

Щетки. Первоначальная расчистка сильно загрязненной шоссейной одежды производится при помощи щеток, сделанных из стальной проволоки или стальных полосок. Щетка имеет обыкновенно размеры 30×10 *см* и длину стальной щетины 7—8 *см* (рис. 566а). Стальная щетина насаживается на деревянную рукоятку длиною около 1,5 *м*. Один работник за 8 часов может такой щеткой произвести предварительную очистку 150—300 $м^2$ шоссе.

Дальнейшая очистка шоссе производится при помощи щеток из пиаццавы—особой травы, обладающей большой упругостью и жесткостью. Эти щетки имеют длину ворса 25—30 *см* и хорошо выметают весь тот материал, который был разрыхлен стальными щетками. Для регулирования жесткости щетки устраиваются поперечные планки, изменяющие длину ворса. Щетки из пиаццавы могут быть заменены у нас щетками из просяной соломы или простыми мягкими метлами. Производительность работы такими щетками 400—600 $м^2$ за 8 часов. Окончательная очистка поверхности шоссе производится волосяными щетками. После окончательной очистки шоссейная кора должна иметь вид мозаики с резко выступающими щебенками.

При крупных работах по очистке шоссе применяются механические щетки с конной или тракторной тягой. Круглая щетка этого типа из пиаццавы или из металлических прутьев длиною 1,5—2,0 *м* приводится во вращение при помощи передаточной цепи от движения колес. Для очистки шоссейной одежды бывает достаточно проехать в среднем по каждому месту от двух до четырех раз. Производительность этой щетки при одной лошади и одном рабочем составляет 5 000—8 000 $м^2$ за 8-часовой рабочий день.

Для очистки сильно загрязненных шоссе подобные снаряды иногда снабжаются впереди вращающимися звездчатыми колесиками, которые, попадая между щебенками, разрыхляют находящуюся там грязь, а расположенная сзади круглая метла сметает эту грязь прочь с дороги.

Для той же цели лучшей очистки сильно загрязненных дорог применяют механические щетки, которые снабжаются впереди рядом щеток, вращающихся около своей вертикальной оси. Передние щетки служат для разрыхления крепко приставшей к щебенкам шоссе грязи, а задняя — для удаления этой разрыхленной грязи в сторону. Тяга такой щетки — трактор в 20 л. с. или

НВ УДУНТ (ДИТ)

2—3 лошади. Производительность — до 5000 $м^2$ за 8-часовой рабочий день. Однако описанными ручными или механическими щетками трудно удалить

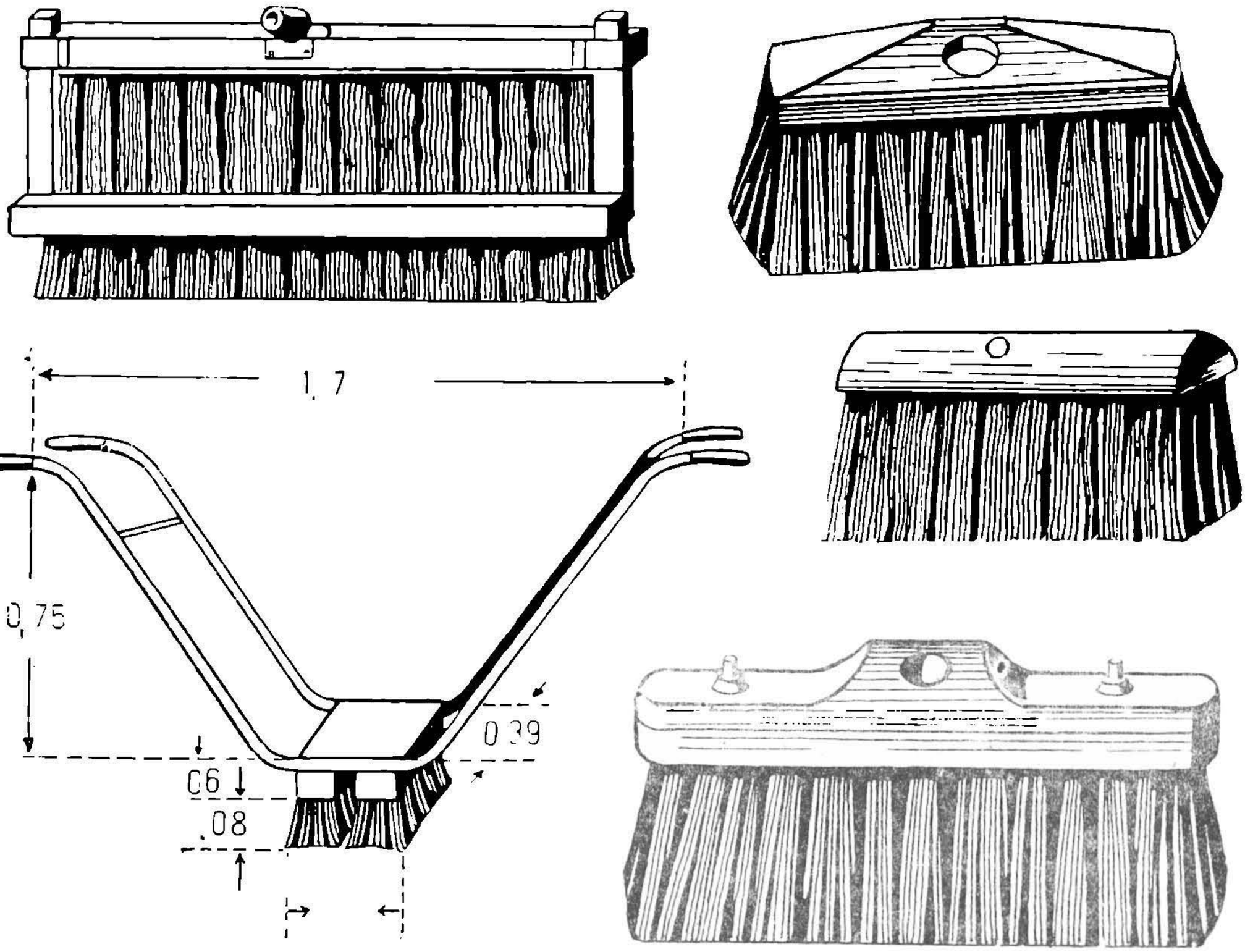


Рис. 567а. Щетки металлические из пиаццавы для очистки шоссе.

с дороги мельчайшую пыль. Эта работа удобно выполняется помощью воздуходувок и пылесосов (рис. 567б). Воздуходувка состоит из тележки, передвигаемой лошадью или двумя рабочими. На этой тележке расположен двигатель мощностью в 4 л. с., приводящий в движение вентилятор, который гонит воздух в гибкую трубу. Эту трубу держит в руках рабочий и направляет ее в место, требующее очистки. Производительность подобной воздуходувки 1500—2400 $м^2$ за 8-часовой рабочий день.

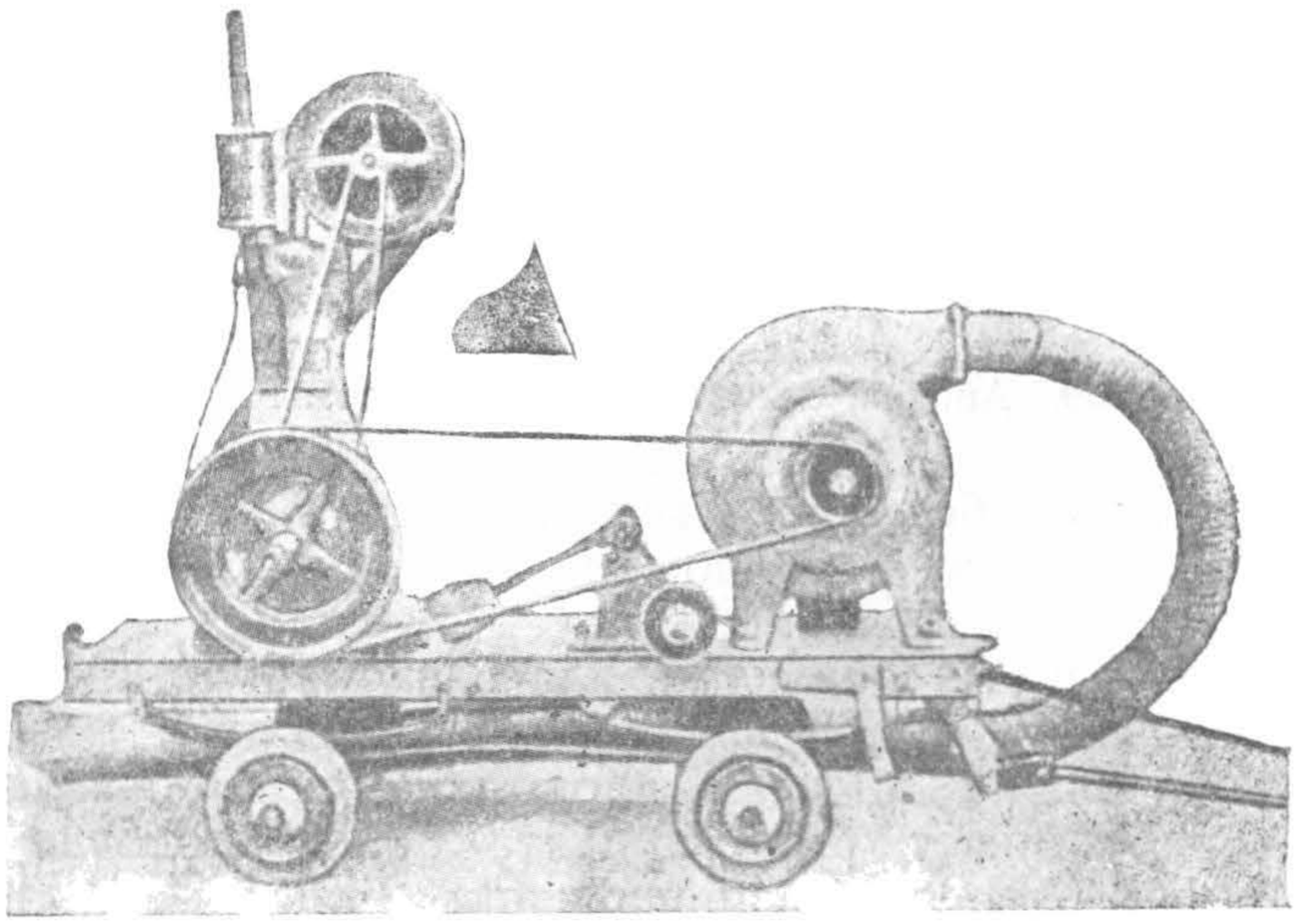


Рис. 567б. Воздуходувка для очистки пыли шоссе.

Недостатками этих снарядов является то, что при выдувании пыль поднимается и при встречном ветре может вновь осесть на полотно. Во избежание последнего, применяются пылесосы, всасывающие пыль с дороги. На тележке расположен двигатель, приводимый им в действие эксгаустер и резервуар для пыли. Эксгаустер соединен гибкими штангами сразу с несколькими пылесосами. Производительность такого пылесоса 4000—6000 $м^2$ за 8-часовой рабочий день.

НБ УДУИТ (ДИТ)

На тщательность очистки обрабатываемой поверхности должно быть обращено большое внимание. При недостаточно тщательной очистке поверхности дороги от пыли в дальнейшем не произойдет полного обволакивания камня связующим материалом и надо ожидать отставания корки поверхностной обработки от поверхности старого шоссе. Если видимого отставания корки иногда и не получается, все же, вследствие плохой связи с основанием, происходит смещение корки поверхностной обработки, что влечет за собой образование деформаций и усиленный износ.

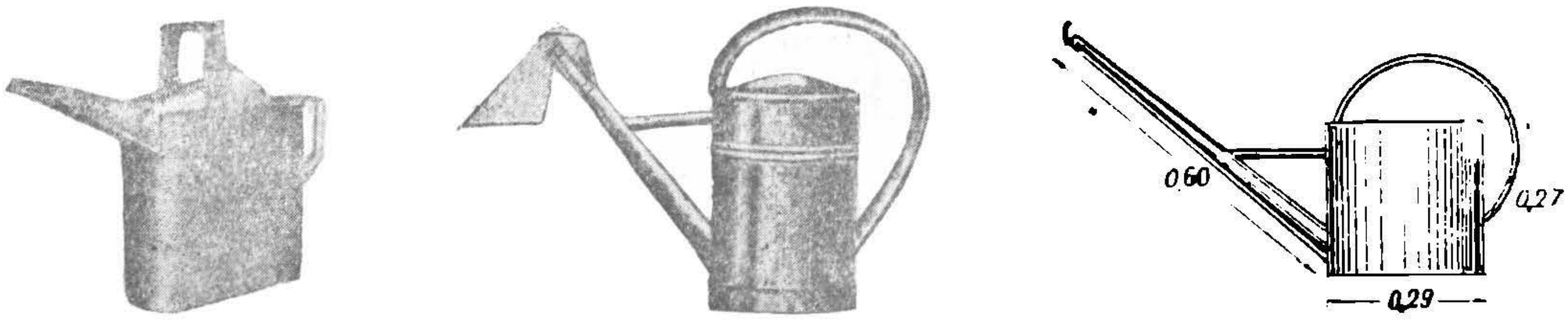


Рис. 568. Лейки для разлива связующих материалов.

Лейки для разлива связующего материала. Разлив связующего материала помощью леек практикуется обычно при ямочном ремонте и при небольших работах по сплошной обработке. Ручные лейки делаются емкостью 10—14 литров, что дает рабочему возможность легко применять их в работе (рис. 568). В зависимости от выполняемой работы, лейки имеют разного типа наконечники. Лейки с прямоугольным дырчатым наконечником размером 10 × 5 *см*, с отверстиями диаметром в 3 *мм*, равномерно разбрызгивают материал. Недостаток их тот, что мелкие отверстия часто засоряются и их приходится промывать керосином.

Для поливки толстой струей, в виде ленты, применяется наконечник, снабженный щелью шириной в 20 *см* (рис. 568); при помощи зажимов можно регулировать толщину вытекающей струи, что удобно для разлива заданных норм. Для таких же работ — поливки широкой струей — применяются лейки с наконечником в виде плоского металлического щитка. Вытекающая из лейки струя, ударяясь о металлический лист, стекает с него равномерно широкой полосой. Расход материала при поливке регулируется наклоном лейки и скоростью передвижения при разливе. Этот тип наконечника удобен тем, что дает возможность легко приспособить для работ обыкновенную садовую лейку. Для разбрызгивания связующего материала (что удобно при ямочном ремонте) применяются лейки с крючком у выходного конца.

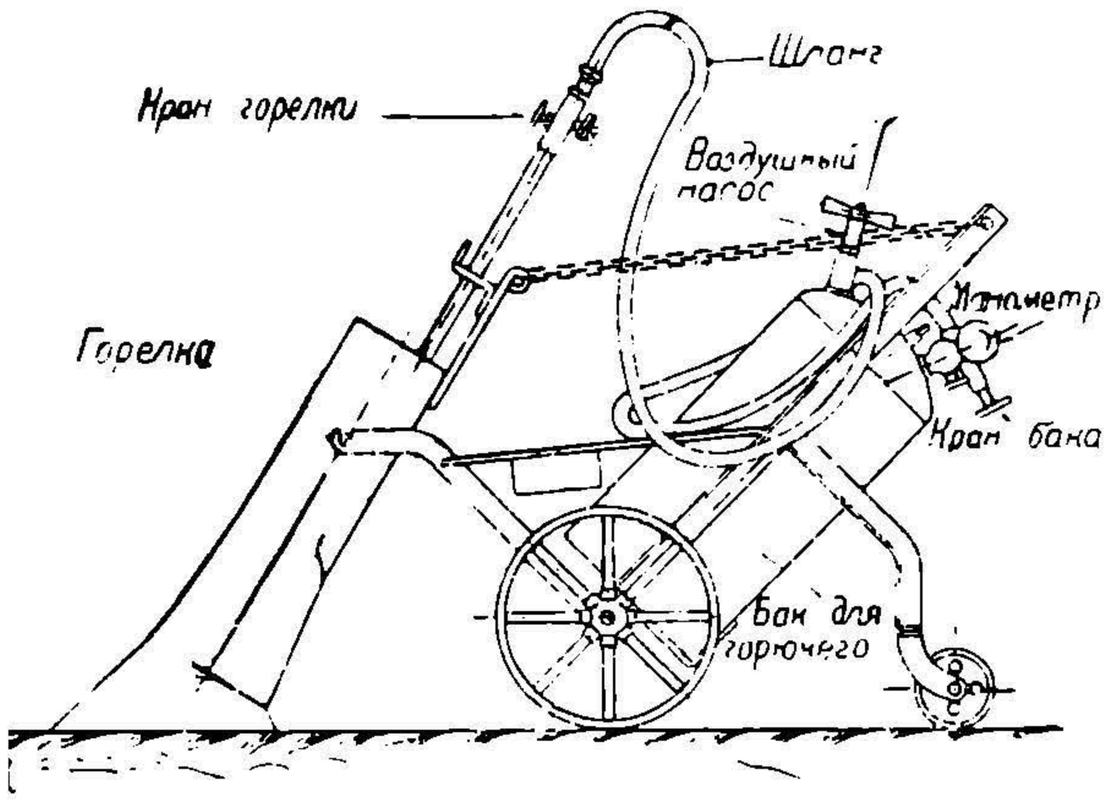


Рис. 569. Аппарат для высушивания полотна

При работе с лейками, для равномерности поливки, желательно делать ее в несколько приемов, причем последующий разлив ведется полосами, перпендикулярными полосам предыдущего. Производительность разлива ручными лейками может быть принята ориентировочно около 1 *т* связующего материала за 8 часовой рабочий день.

Аппараты для высушивания полотна применяются преимущественно при ямочном ремонте, а также при асфальтовых работах. Аппарат этот состоит из тележки, на которой смонтированы бак для горючего, ручной насос, шланг и горелка с металлическим капором (рис. 569). При помощи насоса создается резервуар сжатого воздуха и в горелку поступают керосин и сжатый воздух. Расход горючего 8—10 литров в час; вес аппарата 40—90 *кг*; обслуживается

НТБ УАДИТ (ДИТ)

одним рабочим. Для более значительных площадей может быть применен более крупный аппарат, имеющий бак для горючего до 80 литров и снабженный металлическим капором 180×75 *см*, в котором помещены две горелки.

Котлы для подогревания связующего материала. Приготовление и разогревание связующих материалов производится в особых котлах, которые располагаются вблизи места работ. В зависимости от характера и объема работ, а также от размера снаряда, распределяющего по дороге горячий связующий материал, котлы бывают самой разнообразной конструкции и размеров. Для небольших работ, связанных с ремонтным содержанием черных дорог, применяются легкие передвижные котлы емкостью 50—100 литров. Нагрев материала в этих котлах требует от 1/2 до 1 часа времени.

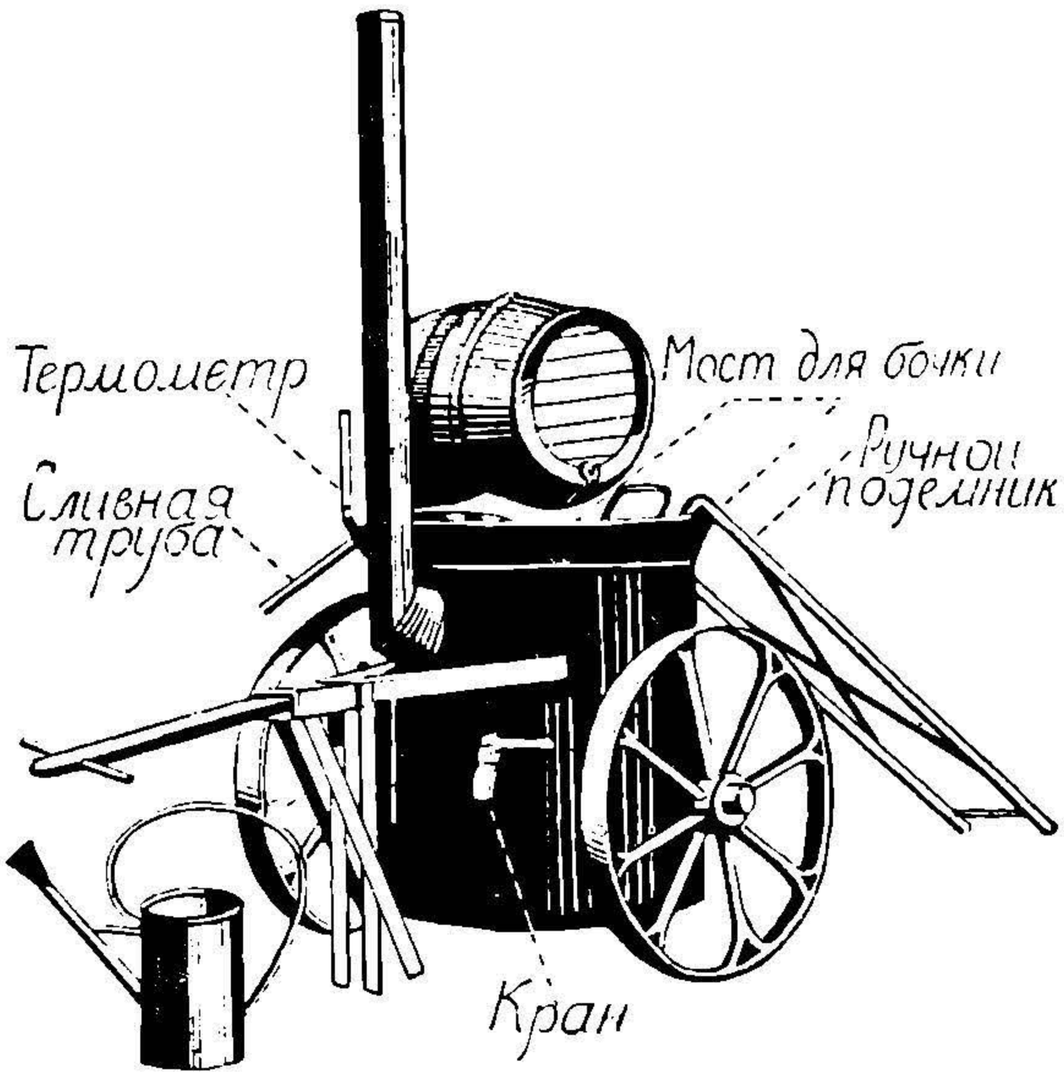


Рис. 570. Передвижной котел емкостью 500 *л*.

Котлы среднего размера — передвижные, емкостью 300—500 литров, предназначаются для работ при массовом ямочном ремонте, а также для поверхностной обработки (рис. 570). Подогретый в таких котлах материал разливается лейками или гудронатором, емкость которого обычно равна емкости котла.

Каждый котел состоит из печи с дымовой трубой и из внутреннего котла, вставляемого в топочное помещение. Эти котлы имеют приспособления для подъема и накатывания бочек. Подогревание материала в среднего размера котлах (300—500 литров) требует нормально от 1 до 2 часов времени. При работе с механическими гудронаторами, распределяющими связующий материал по дороге, применяются котлы большей емкости в 1 500, 2 000, 3 000 и 4 000 литров, соответствующей емкости используемого гудронатора. На рис. 571 изображен котел емкостью в 4 000 литров.

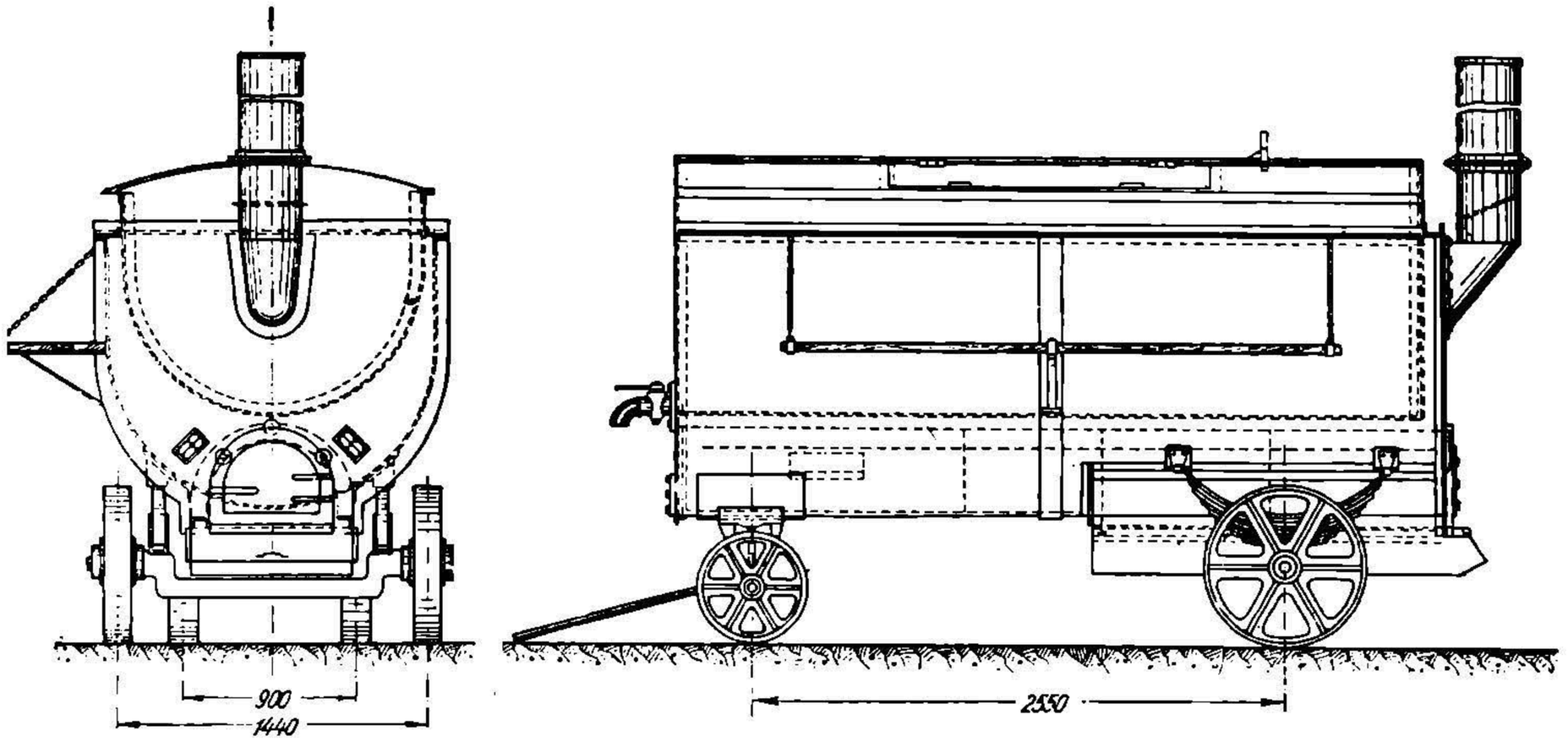


Рис. 571. Передвижной котел емкостью 4000 *л*.

Подобные котлы также состоят из двух частей — наружной, в которой помещаются топка и выходная труба, и внутренней, в которой помещается разогреваемый связующий материал. Горячие газы, выходящие из топки, обтекают внутренний котел и выходят в дымовую трубу. Для наблюдения за варкой и перемешиванием материала с трех сторон котла устроены откидные помосты.

НБ УАДИТ (ДИТ)

должается от 4 до 6 часов.

В случае, если работы группируются около одного центрального пункта, целесообразно оборудовать котлы стационарно. Для этой цели применяются котлы емкостью 1 500—4 500 литров, вделываемые в кирпичную топочную камеру. При больших котлах перемешивание вручную бывает затруднительным, а потому котлы снабжаются механическими перемешивателями, которые состоят из оси с насаженными на ней лопастями. Вращение оси производится вручную, через передачу, или механическим проводом.

Расход топлива для разогрева связующего материала колеблется в зависимости от емкости и конструкции котла; как среднюю норму для нагревания 1 *т* битума можно принять 40—50 *кг* нефти, или 70—80 *кг* угля, или 0,3 $м^3$ дров.

При изготовлении в котлах на месте работ составленного дегтя, в начале загружается с помощью подъемной бадьи каменноугольный пек, а затем, после полного расплавления его (температура до 150° С), постепенно загружается каменноугольное масло и при тщательном перемешивании общая температура смеси доводится до 125° С. Масло подается в котел самотеком из бочек или путем перекачивания насосом из баков. При загрузке в котел битума, прибывшего в деревянной таре, клепка бочки предварительно разбирается, и битум отдельными кусками или в полном объеме бочки специальными приспособлениями поднимается в котел.

При металлической таре верхнее и нижнее днища бидона отнимаются и в котел загружается весь оставшийся бидон с битумом.

Однако для облегчения расплавления битума желательно загружать в котел битум не целыми бидонами, а кусками. Для этого, если допускает консистенция битума, следует не разрубать бидон на части, а предварительно очистить от тары и затем уже разрубать на части и загружать в котел. Чтобы не загрязнять битума, освобождение его от тары и рубка на части должны производиться не на земле, а на деревянном помосте.

Листы железа от тары должны быть собраны в одно место для дальней шего использования. При загрузке связующего материала в котел следует наблюдать за экономным обращением с материалами, не допуская растекания его возле котлов.

При наличии в материале воды, при нагревании он вспенивается и вытекает поверх котла. Во избежание этого нагревание и выпаривание воды следует производить постепенно и при вспенивании уменьшить нагревание, открыв топку котла.

Обычно емкость котлов должна соответствовать емкости гудронатора, чтобы он мог за один раз забрать весь материал в котле. Такое соответствие емкости котлов и гудронаторов наиболее рационально для максимального использования гудронатора и котлов, а также для устранения длительного нагрева материала. Котлы должны систематически очищаться от грязи и посторонних примесей, которые остаются на дне котла после его опоражнивания.

Гудронаторы. Для распределения связующего материала в жидком состоянии на дорожном полотне применяются снаряды, называемые гудронаторами. Малые гудронаторы, емкостью 150—750 литров, применяются для работ небольшого объема. Гудронатор этого типа (рис. 572) состоит из следующих частей: 1) подрессорной тележки на 2 колесах, 2) котла для помещения связующего материала, снабженного: ручной мешалкой с лопастями, поплавком для указания количества материала в котле, предохранительным клапаном, крышкой фильтровальной сетки для наполнения материалом, выпускным краном, термометром и манометром; 3) топочной камеры для поддержания температуры связующего материала и дымовой огневой коробки, соединенной с топочной камерой и нагнетательным шкафом; 4) нагнетательного шкафа, в котором помещаются: ручной крыльчатый нанос для наполнения котла, компрессорный насос для получения сжатого воздуха и резервуар для сжатого воздуха.

Разогревание материала производится через сопла под давлением, доходящим в этих типах гудронаторов до 6 атмосфер. Сопло имеет внутреннюю винтовую нарезку, причем материал, проходя под давлением по винтовому

НБ УДУНТ (ДИТ)

каналу, выходит в виде разбрызгиваемой мелко распыленной струи. В других устройствах вместо выходящих сопел имеется окружающий козырек и клапан, причем при выходе под давлением связующий материал ударяется в козырек и разбрасывается в виде конуса.

При разливе материала надо иметь двух рабочих — одного для нагнетания сжатого воздуха, другой для разлива. Время наполнения гудронатора 10—15 минут, разлив материала занимает 20—30 минут; кроме того приходится по временам передвигать гудронатор с места на место.

Для бесперебойной работы такого гудронатора он должен быть снабжен тремя котлами, емкостью по 400—500 литров. Каждый день после работы все части гудронатора, соприкасающиеся со связующим материалом, должны быть промыты керосином. При случайных остановках работы гудронатора, вследствие загустевания связующего материала, приходится прибегать для разогрева к помощи переносной горелки.

Гудронаторы среднего типа применяются емкостью 1 000—1500 литров и могут передвигаться конной или тракторной тягой. Эти гудронаторы удобны тем, что двигатель не связан с гудронатором и в свободное от работы гудронатора время может быть использован на других работах. Для приведения в действие насосов эти гудронаторы имеют свой мотор.

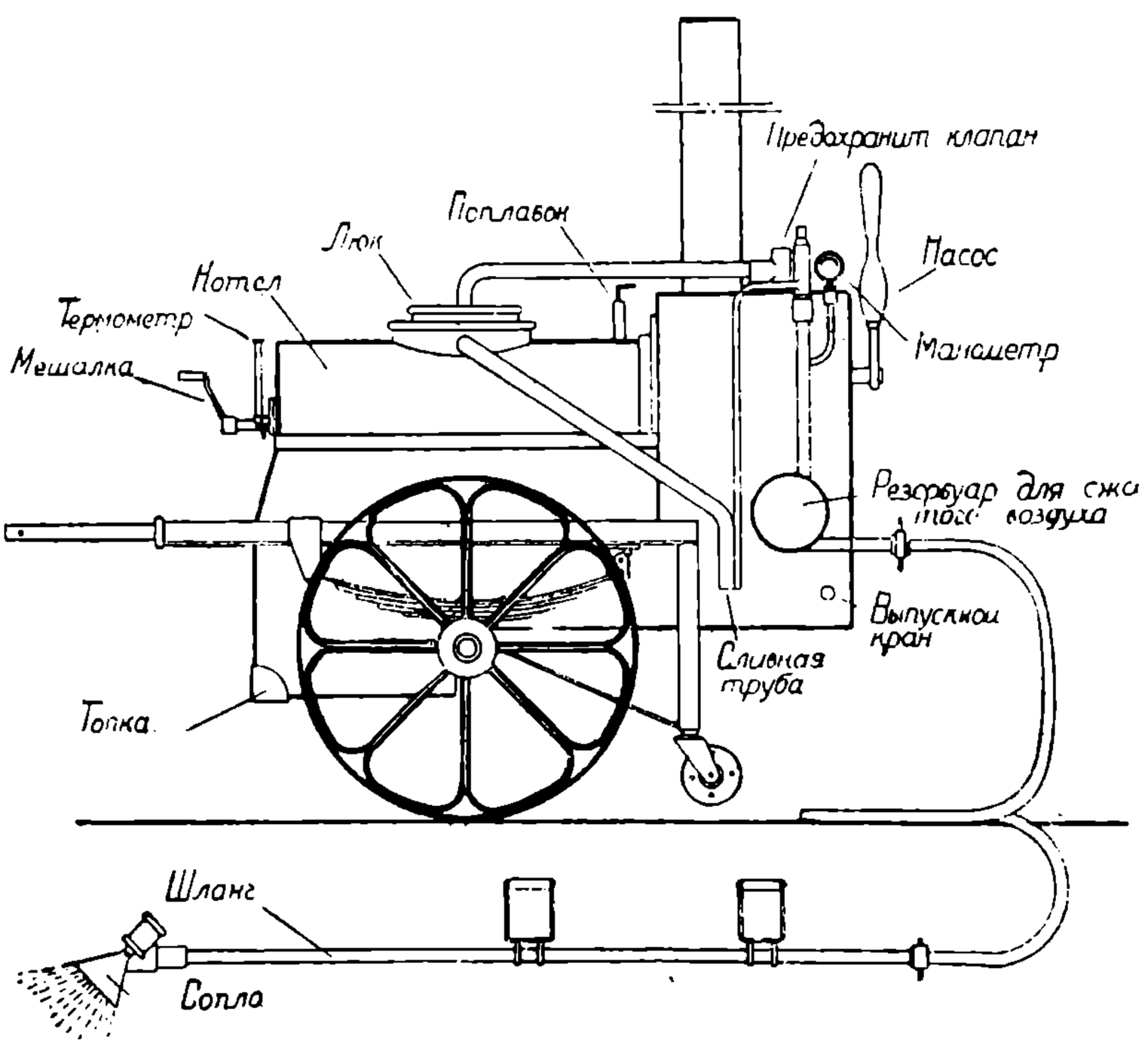


Рис. 572. Схема гудронатора емкостью 350 *л*.

Норма разлива регулируется работой мотора при гудронаторе и скоростью движения самого гудронатора. Для бесперебойной работы гудронатора он должен быть нормально снабжен двумя котлами, емкостью соответствующей емкости гудронатора. При таких условиях за 8-часовой рабочий день удается сделать четыре разлива и следовательно разлить 4—6 *т* битума.

Механические гудронаторы емкостью 2 000—4000 литров устраиваются на автомобильном шасси. Преимуществом этого типа гудронаторов является их значительная емкость и быстрота передвижения, допускающая перевозку связующего материала от стационарной базы до места разлива на 10—15 километров. Распределение связующего материала достигается благодаря давлению сжатого воздуха в баке с материалом (Лингоф) или помощью насоса, приводимого в действие особым двигателем (Этнайер).

Эти гудронаторы обычно состоят из следующих частей: котла или цилиндра для битума; подогревательной системы, состоящей из горелок и труб; насоса и системы трубопроводов для накачивания, распределения и освобождения котла от битума и особого мотора для насоса. В отдельном случае насос приводится в действие мотором автомобиля, на котором гудронатор смонтирован. Кроме того гудронаторы снабжены приспособлением для перемешивания битума и циркуляции его, чтобы придать ему однородную температуру. Для дополнительного подогревания битума служат керосиновые горелки, действующие под давлением 3--5 атмосфер, причем пламя не касается поверхности

НТБ УДУНТ (ДИТ)

котла, но горячие газы направляются в дымовую трубу и оттуда — в систему труб, трижды оборачивающихся внутри котла. Норма разлива регулируется скоростью движения гудронатора и скоростью вытекания материала. Для регулирования нормы разлива заранее составляются особые таблицы, устанавливающие зависимость расхода битума от скорости движения гудронатора и скорости вытекания битума. Пользуясь этой таблицей и заданными нормами разлива, водитель машины легко устанавливает необходимую скорость движения гудронатора.

Для примера приводим данные из таблицы гудронатора „Этнайер" (емкостью 3000 *л*), устанавливающие зависимость между скоростью движения гудронатора по тахеометру и количеством распределенного битума при разбрызгивающей трубе длиною в 2,4 *м* (одно деление тахеометра равно $^1/_{60}$ *км*).

Таблица 180.

Характеристика	1-е положен управления	2-е положен управления	3-е положен. управления
Число об/минут мотора	917	1221	1527
Число об/минут насоса	250	333	417
Литров в минуту	600	800	1000
Распределение битума в *к/г*	Чтение по тахеометру		
1,0	765	—	—
1,6	480	640	800
2,7	320	425	535
3,6	240	320	400
4,5	190	255	320
5,4	160	215	265
6,75	130	170	215
9,00	95	130	160
10,8	—	85	105

Для бесперебойной работы механического гудронатора емкостью в 3000 литров необходимо, чтобы он обслуживался двумя-тремя котлами емкостью 3500—4000 литров.

Отдельные элементы работы гудронатора нормально проходят в следующем виде:

Перекачка битума из котла в гудронатор	15 мин.
Подогревание битума в гудронаторе (обычно в пути) с 150° до 180°	40 мин.
Проход гудронатора к месту работы (в зависимости от расстояния)	15—25 мин.
Разлив связующего материала	20—30 мин.

При таких условиях удается за 8-часовой рабочий день сделать до 6 разливов или распределить до 18 *т* материала.

Снаряды для распределения мелкого каменного материала. При поверхностной обработке горячим способом важно наиболее скоро после разлива равномерно рассыпать каменный материал. Для быстрого выполнения этой работы вручную необходимо иметь большое количество рабочих рук. Поэтому россыпь каменного материала может быть механизирована при помощи специальных снарядов. Такой снаряд состоит из металлического ящика емкостью от 150 до 2500 литров, укрепленного на раме с двумя колесами. Ширина россыпи 1,5—2,0 *м*. Равномерное распределение материала достигается при помощи двух вращающихся барабанов, приводимых в движение от оси колес. Малые снаряды передвигаются ручной тягой, более крупные — конной или тракторной.

§ 226. Организация работ при обработке шоссе битуминозными материалами. Процесс работ при обработке шоссе распадается на четыре главные операции:

а) работа на базах каменных материалов,

б) работа на базах битумных материалов,

в) доставка материала на линию,

г) работа на линии.

База каменных материалов территориально часто совпадает с местоположением базы битумных материалов. Это удобно в отношении организации работ, технического надзора и обслуживания работ. Однако, часто эти базы могут находиться и в разных пунктах, в зависимости от расположения каменных материалов и транспортных условий.

Наиболее целесообразным является расположение базы при станции железной дороги, так как при этом битум из цистерн может прямо перекачиваться в котлы или рядом расположенное битумохранилище, а при доставке в таре непосредственно загружаться в котлы. Дальность перевозки битума в гудронаторе большой емкости может быть до 20 *км*, если только гудронатор снабжен подогревательным приспособлением. Устройство баз у шоссе может быть оправдано

НВ УДУНТ (ДИТ)

отдаленностью железнодорожной станции от места работ или плохим состоянием подъездных путей к станции.

База битумных материалов, кроме котлов для разогревания битума или дегтя, с приспособлениями для загрузки и удобным подъездным путем, должна иметь

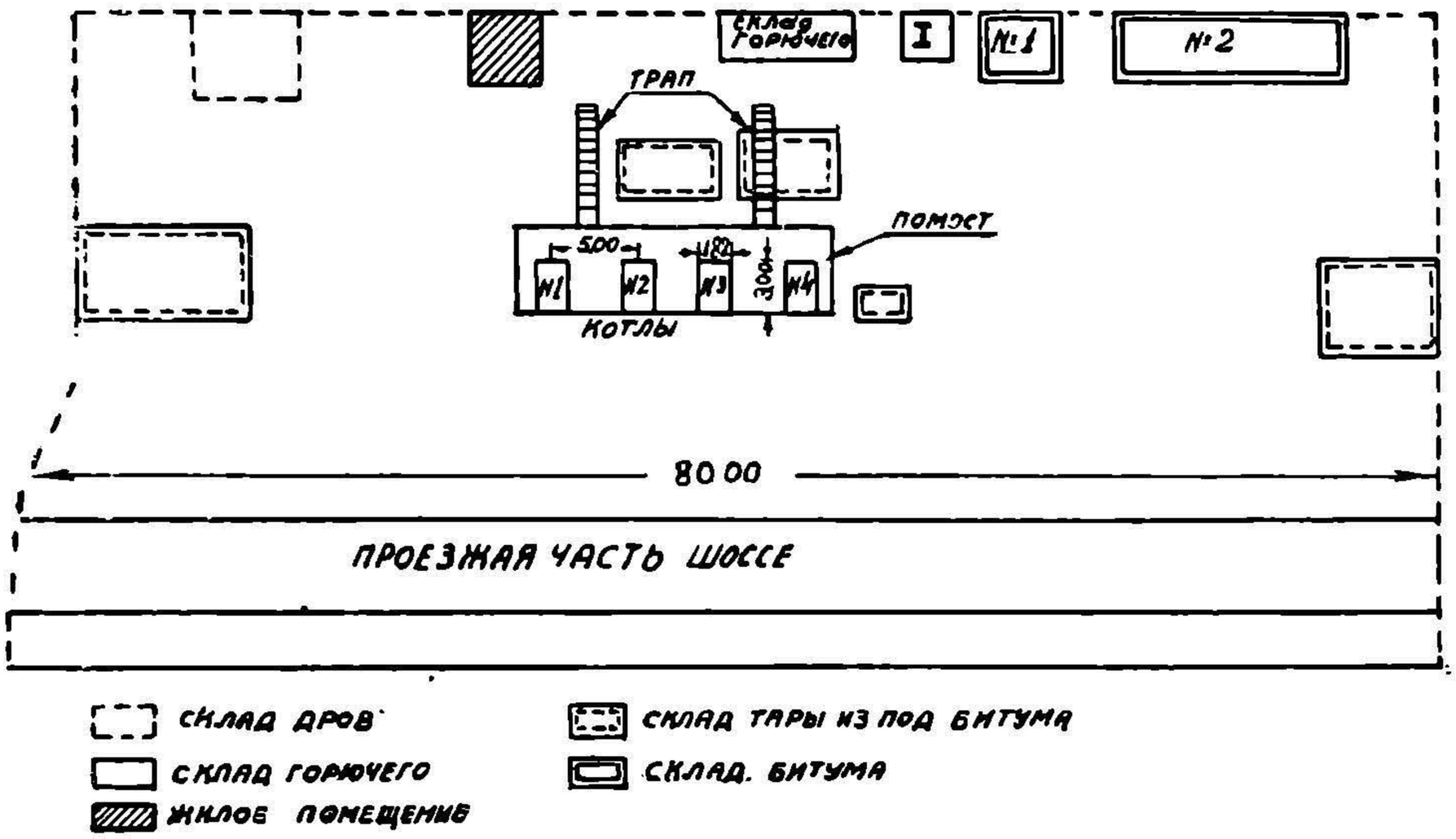


Рис. 573. План базы для хранения и нагревания битуминозных материалов. (Московская область).

территорию для склада а) битума; б) порожней тары; в) топлива, г) склада горючего для гудронаторов. При этом битум и горючее должны быть помещены в сараях или под навесом. Для удобства загрузки котлов битумом устраивается помост с трапом для перекатывания бочек, иногда эта операция выполняется при помощи подъемника (лебедки). Последний способ загрузки значительно выгоднее.

Для защиты от дождя котлы снабжаются крышками и устраивают над ними навес. Краны котлов должны быть расположены со стороны подъезда, чтобы гудронатор для набора битума мог подходить боком без поворачивания.

План базы битуминозных материалов изображен на рис. 573 и 574.

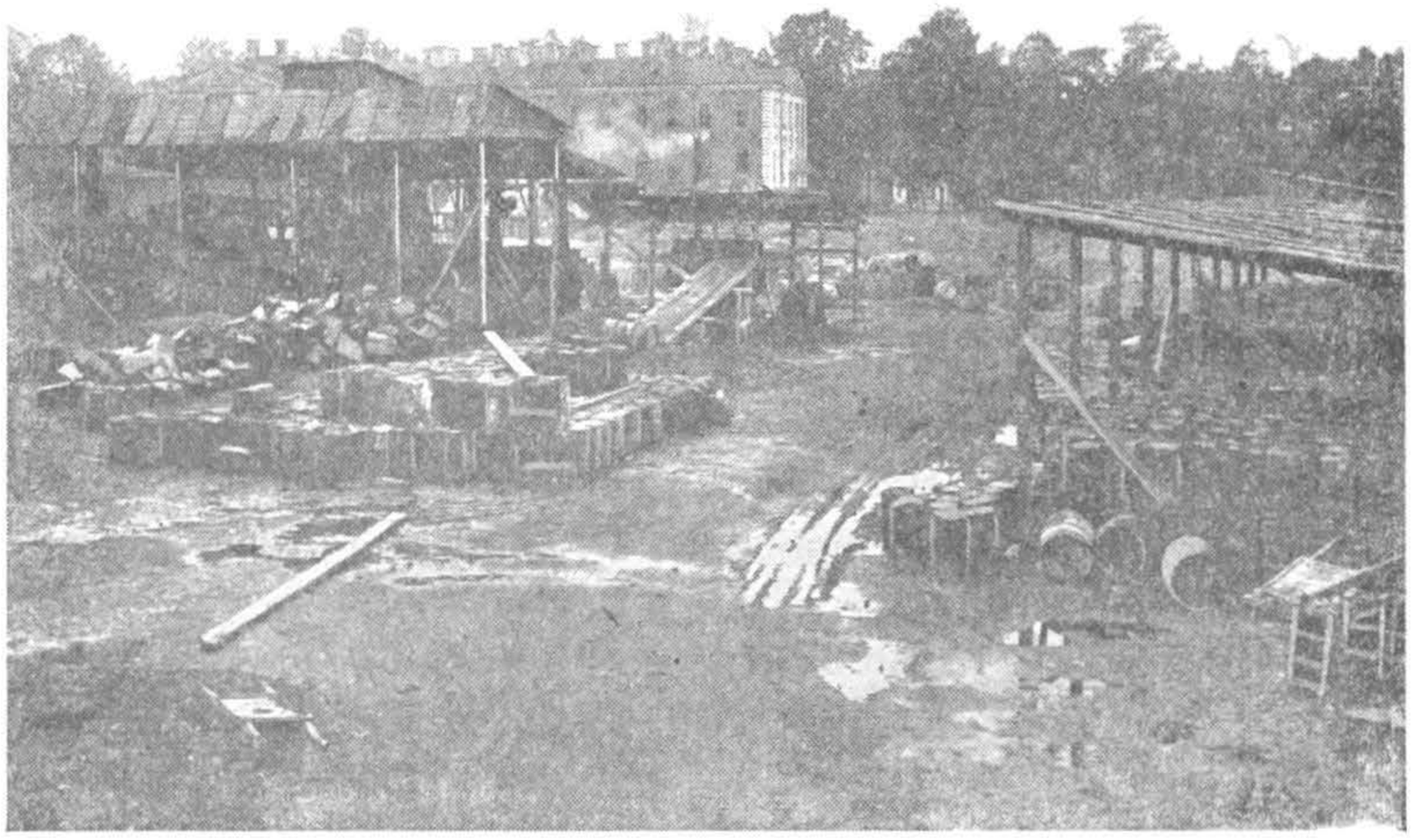


Рис. 574. Общий вид асфальтовой базы с установкой „Бомаг" (Н. Петергоф).

Нагревание битума в котлах производится нормально до 170° С, однако иногда перекачивание битума в гудронатор производится при температуре 140—150°С, с тем, чтобы дальнейшее нагревание до 170° произвести уже в гудронаторе на ходу. Такое нагревание целесообразно производить при условии, если оно успеет закончиться до подхода гудронатора к месту работ; в противном случае происходит задержка в разливе, и следовательно не полное использование гудронатора.

НБ УДУНТ (ДИТ)

При транспорте битума на большие расстояния (10—15 *км*), независимо от температуры при перекачке битум приходится подогревать в гудронаторе, чтобы не допускать охлаждение материала.

В целях постановки правильной организации, перед началом работ должен быть составлен план работ с таким расчетом, чтобы все работы по поливкам закончить за 10—15 дней до начала периода холодов и обильного выпадения осадков. При наличии всего необходимого оборудования фронт работ должен заключать в себе все стадии производственного процесса: количество механических аггрегатов и рабочей силы должны соответствовать суточной производительности бригады. Дневной план работы при обработке шоссе следует строить так, чтобы по возможности скорее закончить все стадии работ и передать в эксплоатацию законченный участок.

Подсчет необходимого оборудования производится в зависимости от потребного разлива битума в один день, вытекающей из объема работ, продолжительности строительного сезона и производительности работы. На основе этого легко подсчитать необходимое количество гудронаторов, являющихся основными машинами при строительстве черных дорог облегченного типа.

Число оборотов гудронатора зависит от скорости его хода и дальности перевозки и может быть выражено следующей формулой:

$$A = \frac{T \cdot K}{t_1 + t_2 + \frac{2l}{v}}$$

где T — рабочий день в часах; для гудронатора в среднем 12 часов;
K — коэффициент полезного использования рабочего времени, нормально 0,75,
t_1 — время наполнения,
t_2 — время разлива,
$\frac{2l}{v}$ — время пробега гудронатора к месту работ и обратно,
l — среднее расстояние пробега,
v — скорость движения гудронатора.

Средняя длина пробега гудронатора в зависимости от расстояния между базами для подогревания материалов

$$l = \frac{L}{4}.$$

Расстояние между базами L может быть выбрано из условия минимума расхода на перевозки, с учетом стоимости работ гудронатора и расхода на перевозку котлов и устройства базы на новом месте.

В зависимости от растояния между базами находится возможное число оборотов гудронатора, а от этого, в свою очередь, зависит потребное количество котлов, которое определяется следующим выражением:

$$n = \frac{t_n}{t_0}$$

где t_n — время нагрева котла;
t_0 — время на один оборот гудронатора.

Недостаточное количество котлов приводит к уменьшению производительности гудронатора.

Количеством гудронаторов определяется необходимое количество катков. Для подсчета потребного числа их следует выяснить эффективность работы гудронатора в квадратных метрах, что может быть исчислено по выражению

$$\omega = \alpha \ \beta \ A,$$

где α — емкость гудронатора в тоннах;
β — количество $м^2$, поливаемое одной тонной материала;
A — число оборотов гудронатора.

Потребное количество катков может быть определено из выражения

$$K = {}^{\omega}$$

где ω — дневная производительность укатки одним катком.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Ориентировочно можно наметить следующие нормы производительности катков ω_1 за 8-часовой рабочий день:

1) предварительная кирковка (каток 10 *т*	1 500 *м²*
2) укатка после кирковки (каток 8—10 *т*)	1 000
3) уплотнение россыпи при пропитке нормального слоя щебня 7—8 *см* (8—10 *т*)	450—500
4) уплотнение при полупропитке и пропитке слоя толщиной 4—5 *см* (6—10) *т*	700—750
5) одиночная поверхностная обработка (5—6 *т*)	2 500
6) двойная поверхностная обработка (5—6 *т*)	1 200
7) двойная поверхностная обработка с предварительной кирковкой (6—8 и 10 *т*)	450—500

Существенным вопросом при организации работ является выбор тоннажа грузовика. При механизации погрузки и распределения каменного материала на месте работ тяжелые автомашины становятся значительно выгоднее. Погрузка элеватором требует большего времени при двух малых машинах, чем при одной большой, рассыпка щебня из малых машин затруднительна вследствие недостаточной ширины и объема кузова. Практикой установлено, что наиболее выгодной и удобной для механизированной россыпи щебня является автомашина грузоподъемностью около $3^1/_2$ тонн.

Потребное количество автомашины может быть определено из выражения:

$$N = \frac{Q \cdot t \cdot K\gamma}{n \cdot p \quad T}$$

где $\frac{Q}{n}$ — количество каменных материалов для перевозки в один день;

t — время на один рейс машины;
p — грузоподъемность автомашины;
T — число часов работы в день;
K — суммарный коэффициент использования автомашины;
γ — объемный вес каменного материала.

Распределение щебня слоем по полотну может производиться непосредственно из автомобиля с опрокидывающимся кузовом или специальным распределителем щебня, который прицепляется к грузовику.

В качестве примера приводим типовые отряды для различных способов обработки шоссе.

Двойная поверхностная обработка шоссе длиною 45 *км* при работе в 2 смены в течение 50 рабоч. дней.

Подготовительная работа с очисткой шоссе от пыли и грязи тракторной механической лопатой.

При этом предполагается, что площадь выбоин для ямочного ремонта составляет $15^0{}_0$ при глубине до 5 *см*. Ямочный ремонт производится за 15—30 дней до поверхностной обработки.

1) Тракторная механическая щетка	1 шт.
2) Трактор „ФП“ 10/20 НР на резиновом ходу	1 шт.
3) Котлы для разогревания материалов емкостью 100 *л*	1 шт.
4) Лейки	4 шт.

Заготовка мелкого каменного материала производится при помощи челюстной камнекрошилки при полуторасменной ее работе в течение 100 рабочих дней.

5) При производительности 30 *м³* (тип „Ибаг“) камнекрошилок с элеватором и двигателем	2 шт.

Подвозка мелкого каменного материала к месту работ производится в автомашинах $3^1/_2$ тонн При дальности возки 8 *км* и расходе каменного материала 2,5 *м³* на 100 *м²* поверхности потребуется:

6) Автомашин	3 шт.
7) Механических перегружателей типа „Нельсон“	1 шт.

Разогревание связующего материала производится в котлах емкостью 4 000 литров; при разливе 3,5 *кг*, на 1 *м²* потребуется:

8) Котлов (из них 2 котла по 1 разогреву и 1 котел в 2 разогрева	3 шт.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Разлив связующего материала производится авто-гудронатором в 2 приема по 2 *кг* и 1,5 *кг* на 1 *м*². При 4 разливах в день:

9) Автогудронаторов — емкостью 3 000 *л* ..... 1 шт.
10) Катков моторных 3-х вальцовых весом 6 тонн 4 шт.

Для обработки шоссе длиною 25 *км* способом полупропитки при работе в 2 смены в течение 50 дней требуется следующее оборудование:

1) Механическая тракторная щетка..... 1 шт.
2) Трактор „ФП“ мощн. 10/20 HP на резиновом ходу..... 1 шт.
3) Моторный каток в 10 тонн с кирковщиком для сплошной кирковки на глубину 5—8 *см*. ..... 1 шт.
4) Камнедробилка типа Акме 8$^1/_2$ А производительностью 32 *м*² в предположении, что потребность в новом щебне составит 20% от объема вскиркованного щебня. ..... 1 шт.
5) Грузовые автомашины (3$^1/_2$ тонн) с опрокидывающимся кузовом для перевозки каменных материалов на расстоянии 8 *км* в течение 100 раб дней при двухсменной работе..... 4 шт.
6) Механический перегружатель на гусеничном ходу ..... 1 шт.
7) Автогрейдер на гусеничном ходу для разравнивания щебня..... 1 шт.
8) Котлов для разогревания связующего материала при количестве его из расчета 6 *л* на 1 *м*² поверхности ..... 3 шт.
9) Гудронаторы емкостью 3000 *л*..... ... . 1 шт.
10) Катки моторные трехвальцовые в 10 тонн для укатки щебня (при норме укатки 45 *м*³ щебня)..... ..... 3 шт.
11) Катки моторные трехвальцовые в 8 тонн для укатки расклинцовки (при норме укатки 45 *м*³) 1
12) Катки легкие для укатки высевок..... 1

Для обработки участка шоссе длиною 15 *км* способом проникания при работе в *2* смены в течение 50 дней требуется следующее оборудование:

1) Механическая щетка с трактором „ФП“ мощностью 10/20 HP..... 1 шт.
2) Каток в 10 тонн с кирковщиком.. 1
3) Камнедробилка челюстного типа с грохотом, элеватором и двигателем типа Акме № 10 1/2 производительностью 82 *м*³ при работе в течение 100 дней, принимая толщину новой россыпи 8 *см*..... 1 шт.
4) Камнекрошялка типа „Ибаг“ для проработки камня из расчета получения расклинцовки 1,5 *м*³ и высевок 1 *м*³ на 100 *м*² поверхн. 1 шт.
5) Грузовые автомашины 3,5 тонн. 6 шт.
6) Механический перегружатель.... 1
7) Котлы для разогревания связующего материала емкостью по 4 000 *л* при распаде его 10 *л* на 1 *м*² поверхности .... 3 шт.
8) Автогудронатор емкостью 3000 *м* (4 разлива в день)..... 1
9) Катки тяжелые (10 *т*) для укатки шебня. 3
10) Катки средние (8 *т*) для укатки расклинцовки 1
11) Катки легкие (6 *т*) для укатки высевок 1
12) Распределители мелкого каменного материала... 2
13) Автогрейдер 1

Для проведения ямочного ремонта шоссе на протяжении 50 *км* требуется следующее оборудование:

1) Камнекрошилка (типа „Ибаг“) производительносгью 36 *м*³, принимая количество выбоин, подлежащих ремонту — 10% всей поверхности, а глубину их в среднем — 3 *см*..... .... 1 шт.
2) Грузовые автомашины 1$^1/_2$ тонн (при дальности возки 5 *км*) 1
3) Котлы емкостью 400 *м л* (по 2 разогрева в день).. 3
4) Котлы емкостью 100 *л*..... 3
5) Гудронатор емкостью 360 *л* типа „Лингоф“ 1
6) Катки моторные весом 6 *т*..... 1
7) Щетки металические ручные..... 10
8) Лейки..... 6

ГЛАВА СОРОК ШЕСТАЯ

ПОСТРОЙКА ШОССЕ ПО СПОСОБУ СМЕШЕНИЯ

§ 227. Условия применения метода смешения. Шоссейные покрытия, устраиваемые по способу смешения, по своей конструкции, применяемым материалам и способам работ разделяются на два основные типа:

1) Щебеночный материал, разделенный по фракциям, смешивается со связующим материалом, чаще с дегтем, и затем отдельными фракциями, по их крупности, слоями укладывается на твердое основание, обычно в холодном

НБ УДУНТ (ДШТ)

виде. Наиболее характерным покрытием этого типа, имеющим широкое распространение заграницей, является термакадам (дегтевое шоссе).

2) Щебеночный материал разной крупности смешивается с битумом или дегтем и затем, в виде смеси, обычно в горячем состоянии, укладывается в покрытие. Наиболее характерным покрытием этого типа является асфальт-макадам (битумное шоссе).

К этому же типу может быть отнесено покрытие, называемое дамман-асфальт, по своей конструкции аналогичное асфальт-макадаму, но имеющее, вместе с тем, некоторое сходство с асфальтовыми покрытиями, а потому являющееся переходным типом.

Покрытия, устраиваемые по способу смешения, более рациональны, чем описанные ранее шоссейные покрытия, обработанные методом пропитывания. Здесь каменный материал, благодаря предварительному смешению, равномерно обволакивается связующим материалом; количество его затрачивается меньше и сгустки связующего материала в порах одежды, какие часто образуются в пропитываемых шоссе, здесь не наблюдаются. Вместе с тем смешение предварительно нагретого камня со связующим материалом создает благоприятные условия для лучшего приставания связующего материала к камню.

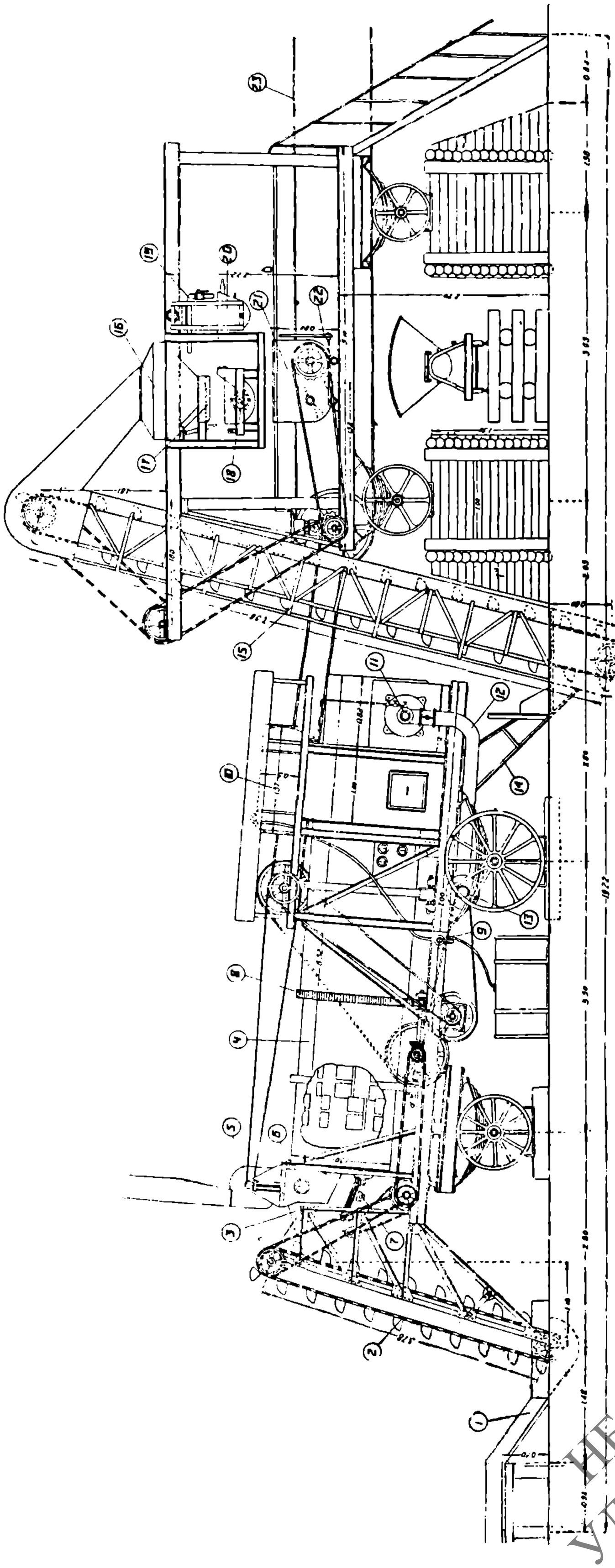


Рис. 575. Установка „Бомаг" для смешения минеральных и связующих материалов.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Этот тип покрытий имеет значительное количество вариантов, из которых многие приближаются к типу асфальтовых покрытий. Характерными особенностями, отличающими их от асфальтовых покрытий, являются малая пластичность, значительная пористость и — вследствие относительно малого количества мелочи и пылевидного заполнителя — малое содержание связующего материала.

§ 228. Способ смешения с укладкой в холодном виде. *Материал.* Применение предварительного обволакивания по фракциям и послойная их укатка дают возможность вести работы в холодном виде. Если бы каменный материл смешивался не по фракциям, то при той же вязкости связующего материала смесь давала бы комки и укладка ее в холодном виде была бы затруднительна. Каменный материал, применяемый в этом типе покрытия, должен по прочности и по форме частиц удовлетворять описанным ранее требованиям. Размер каменного материала не должен превосходить 0,7 толщины слоя. Размер отдельных фракций и их количественное соотношение бывают разные. Однако фракции должны быть подобраны таким образом, чтобы материал последующего слоя хорошо расклинивал нижележащий более крупный материал, и вместе с тем чтобы покрытие было наиболее плотным в верхней части.

В качестве примера приведем следующие типы термакадама: [1]

При толщине покрытия 7 *см*:

фракции 50—30 *мм*	4,5 *см*
„ 30—15 „	2,5
15— 5 „	1,5
мельче 5 „	1

При толщине покрытия 5 *см*:

фракции 15—10	3,5 *см*
„ 10— 5	2,0
„ мельче 5	1,0

В качестве связующего материала в этом типе покрытий применяется преимущественно деготь, но можно также применять эмульсию и разжиженный битум. Неразжиженные битумы здесь не употребляются, так как при холодной укладке каменный материал дает комки и разравнивание его бывает затруднительно. Применение же битумов с горячей укладкой массы нецелесообразно, так как изготовление горячей массы разных сортов по фракциям вызвало бы ряд производственных затруднений.

При выборе консистенции дегтя стремятся, чтобы после обволакивания каменный материал не слишком слипался, так как в этом случае получатся трудно разрыхляемые комья, и чтобы он имел блестящую поверхность с равномерным обволакиванием. Исходя из этих условий, обычно применяют деготь с вязкостью от 20″ до 40″ по Хетчинсону; для крупного каменного материала берут более густые дегти, для мелкого — более жидкие.

Количество дегтя также находится в зависимости от крупности каменного материала и колеблется от 3% для крупного до 5% для мелкого.

В машинах для смешения количество дегтя регулируется температурой камня и связующего материала и, в случае излишка дегтя, он стекает с камня и используется в следующих порциях смешения. Температуру для дегтя и для каменного материала применяют разную, регулируя ею качество смешанной массы. При указанной вязкости материала хорошее обволакивание камня и образование дегтевой пленки получается при температуре дегтя для смешения 70—90° С и каменного материала 40—60° С.

Производство работ. Для высушивания каменного материала и смешения его с дегтем применяются специальные машины (рис. 575). Каменный материал подается к элеватору, который поднимает его во вращающийся сушильный барабан, где он подвергается сушке, нагреванию и обеспыливанию. Пройдя этот барабан, каменный материал вторым элеватором поднимается в бункер, а оттуда — по мере хода работ — отмеривается и одновременно с дегтем загружается в мешалку для смешивания. Машины применяются разной производительности: 4—7 *т* в час малой и 8—12 *т* в час — большой производительности.

---

[1] Рейнер, „Новые методы дорожного строительства"

НБ УДУНТ (ДИТ)

Применение термакадама на дороге в холодном виде дает возможность заготовлять черный каменный материал в запас. Поэтому по выходе из мешалки материал отвозится на помост, складывается штабелями, слоем до 1¹ *м*, и в таком виде может храниться в течение 2—3 месяцев.

При применении в дело заготовленные фракции рассыпаются и укатываются отдельно. Дождь при укатке не ухудшает покрытия. Наиболее мелкую фракцию обыкновенно не смешивают предварительно с дегтем, а рассыпают в сухом виде, и затем делают поверхностную обработку с разливом связующего материала.

Систематическое содержание такого шоссе заключается в ремонте отдельных выбоин черным щебеночным материалом и регулярном возобновлении изнашивающейся поверхностной обработки.

Смешение каменных и связующих материалов, как указано ранее, производится на стационарных установках с последующей перевозкой их на дорогу, однако, часто это перемешивание осуществляется в передвижных мешалках, устанавливаемых на дороге возле места работ. Последний способ удобен при применении для смешения связующих материалов в холодном виде — разжиженного битума, холодного дегтя или эмульсий.

Непосредственно за перемешиванием в передвижной мешалке каменный материал перевозится на тачках на место укладки, рассыпается по полотну и укатывается.

В последнее время получает широкое применение так называемый метод смешения „на месте". По этому методу (штат Пенсильвания) старое шоссе ремонтируется и очищается от пыли и каменной муки. После подготовки шоссе производят россыпь мелкого каменного материала крупностью от 20 до 30 *мм*, слоем, толщина которого не должна превышать в рыхлом виде 5 *см*. Этот слой обрабатывают разжиженным битумом, холодным дегтем или эмульсией в количестве 2,5—3,5 литра связующего материала на 1 $м^2$.

Далее посредством грейдера производится перемешивание каменного материала со связующим до полного их объединения. Непосредственно за перемешиванием, а при применении разжиженного битума через 2—3 дня для возможности испарения разжижителя, производится укатка и устаивается замыкающий слой, путем розлива связующего материала в холодном виде с засыпкой каменной мелочью. Во время устройства покрытия этим методом движение по дороге может не прекращаться.

§ 229. Способ смешения с укладкой в горячем виде. *Материал.* Смесь, состоящая из каменного материала разной крупности и битума, не допускает укладки в дорогу в холодном виде, так как такая смесь слипается и образует комья. Поэтому характерной чертой этого типа покрытия является укладка его в горячем виде. Асфальт-макадам, с битумом в качестве связующего материала, является наиболее распространенным покрытием этого типа, однако вполне оправдывает себя применение вместо битума — дегтя. Битум должен иметь пенетрацию 60--90; деготь — вязкость 20 – 100 поХетчинсону.

Обычно температура нагрева материала при смешении битума 160 — 180° С; дегтя — 70—90°С; каменного материала при дегте — 40 - 60°С, при битуме до 150° С. Температурный режим может однако выходить из этих пределов в зависимости от типа покрытия. Часто изменением температуры регулируется количество связующего материала для обволакивания щебня.

Размер применяемого щебня не должен превосходить 0,7 толщины слоя; гранулометрический состав его берут разнообразный, стремясь при этом иметь смесь наименее пористую; в значительной степени этот состав зависит от имеющихся на работе камнедробилок.

В качестве примера может быть приведен следующий состав:

размер 50—24 *мм*	65—75%
25—10	20—15%
10— 2	15—10%

Иногда к каменному материалу прибавляют песок в количестве до 25%. В этом случае получается покрытие, сходное с асфальтовым, но без заполнителя. Содержание связующего материала, в зависимости от крупности каменного материала, составляет от 3,5 до 6%; чем мельче применяемый каменный материал, тем больший процент битума требуется на обволакивание.

НБ УДУНТ (ДИТ)

При устройстве покрытия горячим способом применяются различные составы минеральной массы, а в качестве связующего материала как битум, так и деготь.

Для примера приводим состав двухслойного покрытия городского типа с применением дегтя. [1]

На прочное основание укладывается нижний слой толщиною в 4 *см* следующего состава:

щебеночного материала размером 20—12 *мм*	50%
„ „ „ 10—15 „	15%
„ „ „ 5— 2 „	15%
песка (около 80% его между ситами № 10 и № 50, американского стандарта)	20%
	100%

дегтя с вязкостью 30--80 сек. по Хетчинсону—4—5%.

Поверх нижнего слоя, после его укатки, укладывается верхний слой толщиной 2,5—3,0 *см* следующего состава:

щебеночного материала 10--5 *мм* .	67%
песка (того же, что в нижний слой)	33%
дегтя с вязкостью 3—15 сек. по Хетчинсону около	5%

После укатки верхнего слоя для заполнения внешних видимых пор покрытия делается поверхностная обработка одним из следующих способов:

а) Высушенный песок (около 40% его между ситами № 10 и № 50 и около 40% между ситами № 50 и № 200 американского стандарта) смешивается предварительно в горячем состоянии с 5% дегтя, имеющего вязкость 3—15 сек. по Хетчинсону. Этот дегтевый песок рассыпается тонким слоем, достаточным для того, чтобы покрыть поверхность верхнего слоя, и прикатывается катком.

б) Изготовляется мелкозернистая минеральная смесь, состоящая из

высевок размером 2—5 *мм* . . .	60%
песка (того же, что и для основного слоя) .	40%
дегтя с вязкостью 3—15 сек. около	4—5%

Эта минеральная смесь рассыпается поверх верхнего слоя в количестве 1 $м^3$ на 100 $м^2$ и укатывается.

в) Через 1—1½ месяца после открытия движения по необработанному верхнему слою делается его поверхностная обработка с разливом горячего дегтя с вязкостью 3—15 сек. и россыпью каменного материала размером 10—3 *мм*.

При постройке покрытия этим способом каменный материал нагревается до 90—100° С (но не более 110°); деготь должен иметь температуру 80—90° С (но не более 100°). Доставленная на место работ смесь должна иметь температуру не ниже 70° С.

Производство работ. Сушка, нагревание и перемешивание минерального и связующего материала производятся в тех же машинах, что и тер-макадам (рис. 575) или крупнозернистые сорта асфальтового бетона (рис. 583). При этом однако важно, чтобы в применяемой машине можно было нагревать каменный материал до 70—100° С и чтобы на каменном материале не было копоти от работы форсунок. Часто поэтому для способа смешения (асфальт-макадам) применяются установки, в которых нагревание каменного материала осуществляется без непосредственного действия на него форсунок. Другой особенностью машин для приготовления массы черного щебня является то, что здесь может не производиться точной дозировки связующего материала и его расходуется столько, сколько необходимо для обволакивания минерального материала. Расход связующего материала регулируется вязкостью его и температурой, от которых зависит толщина пленки при обволакивании. При подаче в смеситель излишнего количества связующего материала, после перемешивания, он стекает в нижнюю часть смесителя и используется для смешения его со следующей порцией минерального материала.

[1] Предложено Метцгером.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Приготовленный материал в горячем состоянии доставляется на место работ и укладывается на подготовленное основание, разравнивается вилами и планируется граблями по шаблону. Толщина одежды делается от 7 до 10 *см* в плотном виде в один (до 8 *см*) или два слоя (до 10 *см*), в зависимости от типа основания и размера каменного материала. Во избежание остывания массы непосредственно после укладки производится укатка покрытия 10—12-тонным катком до полного уплотнения; однако дробления каменного материала следует избегать. После укатки делается поверхностная обработка с прикаткой легким катком.

§ 230. Применение известняков и шлаков. Применение известняковых пород и смеси со связующим материалом, в верхних слоях покрытия имеет большие перспективы развития, чем применение их в обычном шоссе. Благодаря своей шероховатости, пористости и адсорбционной способности, известняки имеют отличительное свойство тесного объединения с дегтем и битумом.

Сопротивление сжатию не есть основное свойство, характеризующее строительные качества материала для этого типа покрытия; значительно более важным свойством является вязкость материала.

Сопротивление на истирание—также важный фактор для суждения о степени пригодности материала, сильно возрастает при применении известняка вместе со связующим материалом.

На ряду с этим, известковые породы, обработанные связующим материалом, имеют ценное свойство закатываться при автомобильном движении, образуя гладкое и плотное покрытие. Обволакивание камня пленкой связующего материала в значительной степени парализует его водопроницаемость, что служило препятствием для применения известняка в покрытие без связующего материала, вследствие способности выветриваться и разрушаться под влиянием морозов. Указанные обстоятельства послужили тому, что в настоящее время хорошие известняки считаются одними из лучших минеральных материалов для покрытий методом смешения.

Употребление тяжелых катков для уплотнения имеет также большое значение при использовании известняка этим методом, так как все возможное дробление камня происходит во время постройки, а не под действием проезда. Пыль, образующаяся от дробления во время укатки, втягиваясь битумом, объединяясь со свободным связующим материалом, фактически выполняет роль заполнителя.

Опыты применения оолитового известняка (Оксфордайр, Англия) показали полную возможность получения из этого известняка покрытия, не уступающего по своим качествам дорожным одеждам из твердых кристаллических пород. При этих работах известняковый материал обволакивался битумом, в горячем виде укладывался на дорогу, укатывался тяжелым катком и затем покрывался поверхностной обработкой. Результаты работ оказались очень удачными и в последующие годы таким способом были построены покрытия на значительном протяжении.

Образцы, вынутые из дороги, прослужившей несколько лет, в разрезе оказались плотными и минеральный материал видимо не поддался атмосферным влияниям, имеющим обычно большое воздействие на оолитовые известняки при применении их без связующего материала.

Большое распространение в применении методом смешения получили заграницей доменные шлаки. Обладая большой адсорбционной способностью и сродством с дегтем и битумом, большой вязкостью, шероховатостью, этот материал, как и известняки значительно повышают свои строительные свойства при обработке связующими материалами.

Угловые щебенки шлака при укатке хорошо заклинивают друг другу, образуя плотную кору.

Применяемый шлак должен быть кислым, поверхность его не должна быть губчатая или стекловидная, но в изломе должна быть плотной, фарфоровидной; химический состав его примерно может быть—40% извести, 40% кремнезема и 20% глинозема. Наличие окиси магния увеличивает силу его сопротивления.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ГЛАВА СОРОК СЕДЬМАЯ

ПОСТРОЙКА ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ АСФАЛЬТОВОГО БЕТОНА И ПЕСЧАНОГО АСФАЛЬТА

§ 231. Общая характеристика асфальтовых покрытий. Асфальтовый бетон представляет собой смесь, составленную из щебеночного материала, песка и тонко измельченного минерального материала, с минимальным количеством пустот, которая высушивается, нагревается до 150—200 С и смешивается с горячим жидким битумом, взятым в количестве, необходимом для заполнения пустот и обволакивания минеральной массы.

Песчаный асфальт представляет собой аналогичную смесь, но состоящую из песка, тонко измельченного минерального материала и битума.

В зависимости от соотношения крупной (>2 *мм*) и мелкой (<2 *мм*) минеральной части различные виды асфальтового бетона могут быть сведены в следующие группы:

а) Асфальтовый бетон крупнозернистый с предельной крупностью зерна крупнее 25 *мм*, в котором крупных минеральных частиц обычно больше, чем мелких.

б) Асфальтовый бетон среднезернистый с предельной крупностью от 15 до 25 *мм*, в котором количество крупных минеральных частиц приблизительно одинаково с количеством мелких.

в) Асфальтовый бетон мелкозернистый с размером зерен мельче 15 *мм*, в котором количество крупных минеральных частиц значительно меньше, чем мелких.

Нормальный состав минеральной смеси состоит из зерен разной крупности, причем обычно процентное содержание различных фракций убывает по мере уменьшения их размера. В этом случае наиболее крупная часть минеральной смеси составляет скелет, поры которого заполнены зернами, постепенно уменьшающимися в размерах. Однако существуют распространенные типы асфальтобетонов, в которых крупный материал взят в малом количестве и потому не создает скелета, но крупные зерна его как бы втоплены в мелкозернистую массу. К такому типу принадлежит мелкозернистый асфальтовый бетон „Топека".

Различные типы асфальтовых бетонов в покрытии различаются степенью гладкости: чем грубее материал, взятый для изготовления бетона, тем более шероховата поверхность покрытия; и обратно, чем мельче взят материал, тем глаже поверхность и тем более склонна она шлифоваться под движением. Это обстоятельство важно для выбора типа асфальтового бетона в соответствии с характером движения по дороге.

Крупнозернистый асфальтовый бетон редко применяется в верхнем слое покрытия и обычно используется для нижних слоев. По своим техническим качествам и нормальным срокам службы асфальтовый бетон и песчаный асфальт, при надлежащих материалах и качестве работы, могут считаться одинаково высококачественными.

Выбор типа покрытия базируется на наличии того или иного входящего в асфальтовую массу материала. Песчаный асфальт не требует каменного материала, но зато содержит большое количество дорого стоящего, тонко раздробленного минерального материала (заполнителя) и битума. Асфальто-бетон, особенно грубозернистый, требует большого количества каменного материала, но меньшее количество битума и заполнителя. В качестве особенностей рассматриваемых покрытий можно отметить, что песчаный асфальт, не имеющий крупного скелета, более пластичен и при отсутствии правильной дозировки и не вполне умелой работе имеет большую склонность деформироваться и образовывать волны от движения. Мелкозернистые асфальты и „Топека" — наоборот — при тех же положительных качествах создают некоторый скелет для песчаного материала и этим уменьшают его излишнюю пластичность.

Основная минеральная часть песчаного асфальта состоит из кварцевого песка, который отличается высокой сопротивляемостью истиранию, что благоприятно отражается на сроке службы этого покрытия.

Асфальтовый бетон крупнозернистый имеет шероховатую поверхность и требует поверхностной обработки.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Асфальтовые покрытия в дождь становятся более скользкими, чем другие типы, и для безопасности движения требуют более пологих уклонов. Продольный уклон обычно назначается не свыше 5% для бетона и не свыше 4% для песчаного асфальта, а поперечный — в пределах от 1½ до $2^1/_2\%$.

Покрытие из асфальтового бетона или песчаного асфальта может устраиваться лишь на прочном основании, способном воспринимать нагрузку проходящих повозок и распределять нагрузку на нижележащий грунт без деформаций. При цементно-бетонном основании, а также при ровном шоссе, асфальтовый бетон может строиться в один слой толщиною до 6 *см*, а при других основаниях — обычно в два слоя, общей толщиной от 7 до 11 *см*. Назначение нижнего слоя заключается в выравнивании поверхности каменного основания и в улучшении условий уплотнения верхнего слоя, который при наличии нижележащего слоя из грубого асфальтового бетона (биндера) при укатке не сдвигается.

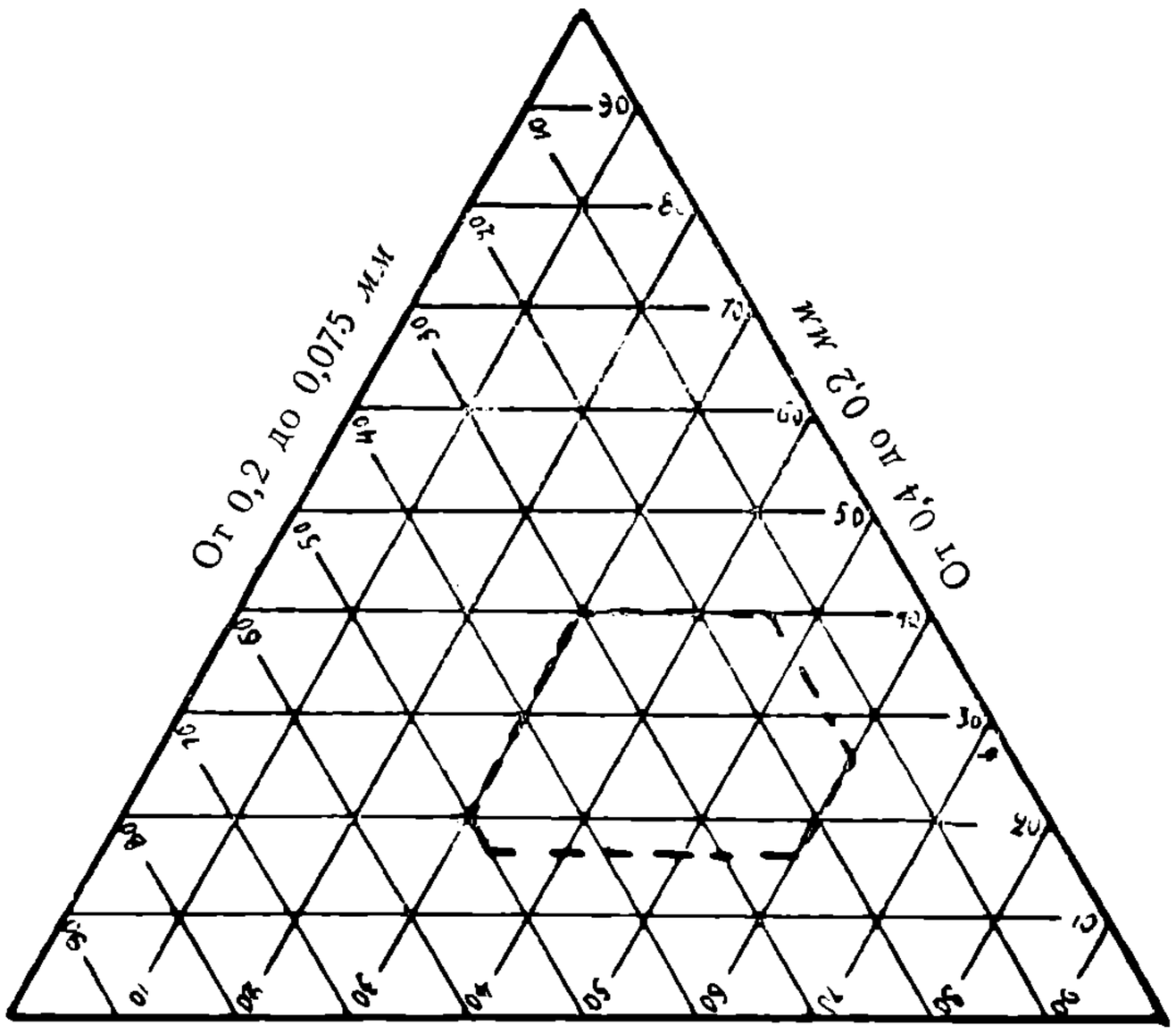


Рис. 576. Гранулометрический состав песков для асфальтовых покрытий.

Для обеспечения хорошего уплотнения, а также во избежание раздробления отдельных щебенок во время укатки, при значительной толщине слоев, необходимо, чтобы наибольший размер крупных частиц, входящих в состав асфальтового бетона, не превосходил 0,6 толщины укатываемого верхнего слоя и 0,7 толщины нижнего. В соответствии с этим толщина нижнего слоя назначается обычно от 4 до 6 *см* и верхнего — 3—5 *см*.

Материал. Составные части асфальтового бетона — щебень, песок, заполнитель и битум — по своему качеству должны удовлетворять техническим требованиям материала для черных дорог, изложенным ранее. По размеру зерен щебеночный материал и песок должны иметь гранулометрический состав, допускающий возможность составления смеси для выбранного типа покрытия.

При стандартном гранулометрическом составе заполнителей, заграницей приняты следующие нормальные пески для асфальтовых смесей (см. табл. 181).

Таблица 181.

Размер фракций	Американские и английские нормы	Пески реком. фирм. Сибрук.
от 2,0 до 0,4 *мм* .	15—30% (для тяжелого движ.) 30 — 50% (для слабого движ.)	26 — 35%
0,4—0,2 *мм*	30 — 60%	40 — 50%
мельче 0,2 *мм*	15 — 40%	25 — 35%

Нормальные составы песков нанесены на треугольник Ферре, пользуясь которым можно легко выбрать наиболее пригодный песок или составить пригодную смесь из нескольких сортов песка, не удовлетворяющих в отдельности приведенным нормам (рис. 576).

В качестве заполнителя для асфальтовых смесей может применяться асфальтовый порошок, измельченный мрамор, доломит, известняк и цемент. В последнее время сделаны удачные опыты применения в качестве заполнителя лесса. При этом лучшие результаты получаются, если лесс предварительно обработать в горячем виде маслом и битумом, а получившуюся мастику измельчить в порошкообразный материал.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Другим новым заполнителем, применяемым в смеси с другими заполнителями, является микро-асбест, который придает покрытию ценное свойство упругости.

В качестве связующего материала применяются битумы природные, нефтяные или смеси их. Глубина проникания битума, в случае применения инертного заполнителя, должна быть 30—70; нижний предел — в жарком климате, верхний предел — в холодном.

При применении в качестве заполнителя асфальтового порошка, содержащийся в нем твердый естественный битум увеличивает жесткость вносимого битумного материала. Учитывая это, на ряду с асфальтовым порошком применяют более мягкий битум, пенетрации 70—120.

§ 232. Проектирование состава асфальтовых смесей. Проектирование асфальтовых смесей имеет в виду из имеющихся материалов — каменного материала, песков, заполнителей и битума — составить смесь, удовлетворяющую выбранному типу покрытия, обладающую наилучшими строительными качествами и удобную в обработке.

Основанием для суждения о строительных качествах могут служить: малая пористость изготовленной и уплотненной массы, ее устойчивость, сопротивление сжатию и ударам и водонепроницаемость. Кроме того асфальтовая смесь должна быть удобна для обработки, для получения однородной смеси в машинах, для укладки и выравнивания и т. д.

Проектирование асфальтовых смесей может итти следующим путем.

1) Из имеющихся материалов опытным путем подбирается смесь, обладающая наименьшей пористостью, с последующим испытанием технических качеств на изготовленных образцах. При этом предварительное количество битума обычно назначают по пористости сухой уплотненной массы, исходя из предпосылки, что наиболее плотная смесь обладает вместе с тем наилучшими техническими качествами — устойчивостью, сопротивлением сжатию и т. д.

2) На основе гранулометрического анализа имеющихся материалов подбираются составы, в наибольшей степени приближающиеся по гранулометрическому составу к смесям, показавшим на практике строительства высокие строительные качества, или к смесям, установленным предварительной лабораторной и исследовательской работой. Подобранные этим способом смеси затем испытываются в лаборатории на пробных образцах.

3) Из намечаемых для работ материалов выделяются и исследуются материалы, имеющие в основном лишь мелкие фракции (< 1 *мм* или < 2 *мм*). Путем различных сочетаний мелких минеральных материалов и битума изготовленных в лаборатории образцов и их испытаний на технические свойства, устанавливается наилучший состав мелкой минеральной части совместно с битумом. Затем крупный материал добавляется к мелко-минеральной части без изменения соотношений и состава с увеличением лишь количества битума для обволакивания крупного материала. Окончательный состав затем также испытывается на лабораторных образцах.

Этот способ основан на соображении, что качество асфальтовых смесей прежде всего зависит от свойства смеси мелкой минеральной части и битума. Добавка крупного материала придает стойкость покрытию, но не может изменить основных свойств, зависящих от соотношения мелкой составляющей и битума.

Подбор наиболее плотной смеси опытным путем. Этот способ основан на постепенном добавлении к имеющемуся крупному материалу более мелкого. В цилиндрический сосуд высотою примерно 40—50 *см* и диаметром 15—20 *см* насыпается самый крупный, вводимый в смесь материал в количестве около четверти объема сосуда и путем встряхивания и трамбования от руки резиновым молотком или поршнем, свободно входящим в цилиндр, доводится до постоянного объема. Вес минеральной массы, деленный на полученный объем, даст объемный вес материала в уплотненном виде.

По определении объема и объемного веса исходного самого крупного материала к нему последовательно, в процентах от веса исходного материала, добавляются количества следующего по крупности материала. После добавления каждой отдельной порции смесь в цилиндре перемешивается и уплот-

НБ УДУНТ (ДИТ)

няется указанным ранее способом, после чего определяется ее объем и объемный вес.

При постепенном увеличении количества вносимого, второго по крупности материала объемный вес будет увеличиваться, то есть смесь будет становиться плотнее. Однако после внесения некоторого процента второго материала смесь не только не станет плотнее, но, наоборот, объемный вес ее будет становиться меньше. Наибольший объемный вес покажет наилучшее соотношение первых двух материалов.

Установив таким образом необходимый процент добавки второго материала, к наиболее плотной смеси из двух компонентов добавляют, опять же постепенно, весовые количества третьего, еще более мелкого. Объемный вес и процент добавки определяется аналогично изложенному для первых двух материалов. Таким же способом определяется и наивыгоднейший процент заполнителя.

Подбор наилучшей минеральной смеси по готовым рецептам и по теоретическим кривым. При проектировании рецептуры асфальтовых смесей можно пользоваться нормами составов, хорошо проявившими себя на службе в дорожных покрытиях; при этом стремятся получить из имеющихся материалов смесь, в наибольшей степени приближающуюся к этим нормам.

Ниже приводим в качестве примеров гранулометрические составы различных типов асфальтовых смесей и норм для их проектирования.

Таблица 182.

Составы асфальтовых смесей, рекомендуемых ЦИАТом

Размер зерна в *мм*	Асфальтовый бетон			Песчаный асфальт
	крупно-зернистый	средне-зернистый	мелко-зернистый	
35 *мм* —25 *мм*	35—55%	—	—	—
25 —15 „		35—45%	—	—
15 — 0,5 „	15—25%		12 —25%	—
5 — 2 „	5—15%	10—15%	10 —20%	—
2 — 5 „		12—18%	7 —25%	10—30%
0,5 „ — 0,25 „	20—30%	8—15%	11 —36%	22—40%
0,25 „ — 0,08 „		6— 9%	10 —25%	12—30%
мельче 0,08 „	4— 6%	8—10%	8 —11%	10—20%
Количество битума...	5— 6%	6— 7%	7,5— 9%	9—11%
Пористость уплотненной сухой смеси не более	17%	18%	20%	23%

Типовые рецепты асфальтовых бетонов (см. стр. 644).

Германские нормы (Din = 1996)

а) Крупнозернистый асфальтовый бетон:

щебень —30—25 *мм*	15—45%
высевки—25—12 *мм* . . .	8—20%
мелкие высевки 12—2 *мм*	7—20%
песок высевки 2—0,6 *мм*	7—11%
„ „ 0,6—0,2 *мм* .	12—18%
„ „ 0,2—0,09 *мм*	5— 7%
заполнитель мельче 0,09	4—10%
битум	5— 8%

б) Мелкозернистый асфальтовый бетон:

высевки—12—2 *мм*	20—40%
песок — 2—0,6 *мм*	8—20%
„ —0,6—0,2 *мм*	12—38%
„ —0,2—0,09 *мм*	8—22%
заполнитель мельче 0,09 *мм*	7—11%
битум	7— 9%

Состав английского шит-асфальта (песчаного асфальта)

между ситом № 10—№ 20	1,1%
„ № 20—№ 30	3,4%
„ № 30—№ 40	3,4%
„ № 40—№ 50	5,7%
между ситом № 50—№ 80	40,9%
„ „ № 80—№ 100	11,4%
„ „ № 100—№ 200	16,0%
проходит сито № 100	18,1%
битума	13,5%

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 183.

Типовые рецепты асфальтовых бетонов.

Размер фракции	Английский асфальто-бетон			Английский 4 кл. (лит. асфальт)			Голландск. мелко-зерн. асфальт		Пески для песч. асфальта		Американский тип асфальта				Американский „топека“				Фирмы „Сибрюк“			
	1 кл.	2 кл.	3 кл. (топек)	Легк. движ.	Тяж. движ.	Предельный состав	Идеальн.	Предельн.	(По Бланхарду)		Легк. движ.	Средн. движ.	Тяж. движ	Предельный	Легкое	Среднее	Тяжелое	Предельн.	Лит. асф. легк.	Лит. асфальт. тяжел.	Топека	Крупн. зерн. асфальт
1″ — ¾″	68	45	—																			17
¾″ — ½″	25	8	—															неболее				11
½″ — ¼″		13	8				8	6— 9							8	7	5	10			10	16
									0— 5	—					17	15	13	10—20			20-30	11
¼—№ 10		7	18				22	20—26	5-12	2— 8									5	3	5	3
№ 10—20		9	22	8	3	3-10			10—15	5—10	35	25	19	10—40	26	21	16	7—25	6	5	4	5
№ 20—30				10	5	4—12	23	13—34	10—20	10—15									9—20	7—15	6	4
30— 40				12	8	5—20			10-30	5-30									17	15	9	6
40— 50	7	14	31	15	14	10—30	23	13—14	10—40	5—40	30	34	34	22-45	22	25	28	11—36	20—37	17—32	16-40	6
50— 80				27	26	10—40																
80—100			14	9	15	6—20	14	5-24	6-15	18—	10-20	25—	15	18	21	12—30	12	14	17	10—25	10	12	5	4
100—200				10	14	10—25			10-15	25	10-25	40							10—20	15—27	8	5
<200		4	7	9	15	5—15	10	7—11	0—5		0— 5		10	10,5	15	10—20	7	9,2	11,5	7—12	13	15	9	6
Битума	5—6	6—7	7,5—9,25	11—	12,5		8—11	—					10	10,5	11	9,5—12	8,2	8,8	9,5	8—10	10—10,5	95—10	8	2—6,5

Кроме асфальтовых смесей, выработанных практикой, рядом исследований (Фюллером, Графом, Германом и др.) предлагаются теоретические составы, выведенные на основе лабораторных экспериментов и наблюдений, которые устанавливают определенную закономерность в процентном содержании различных фракций в смеси, в зависимости от их крупности. Для сравнения эти составы представлены в виде кривых на рис. 577. В последние годы в СССР также проводились работы

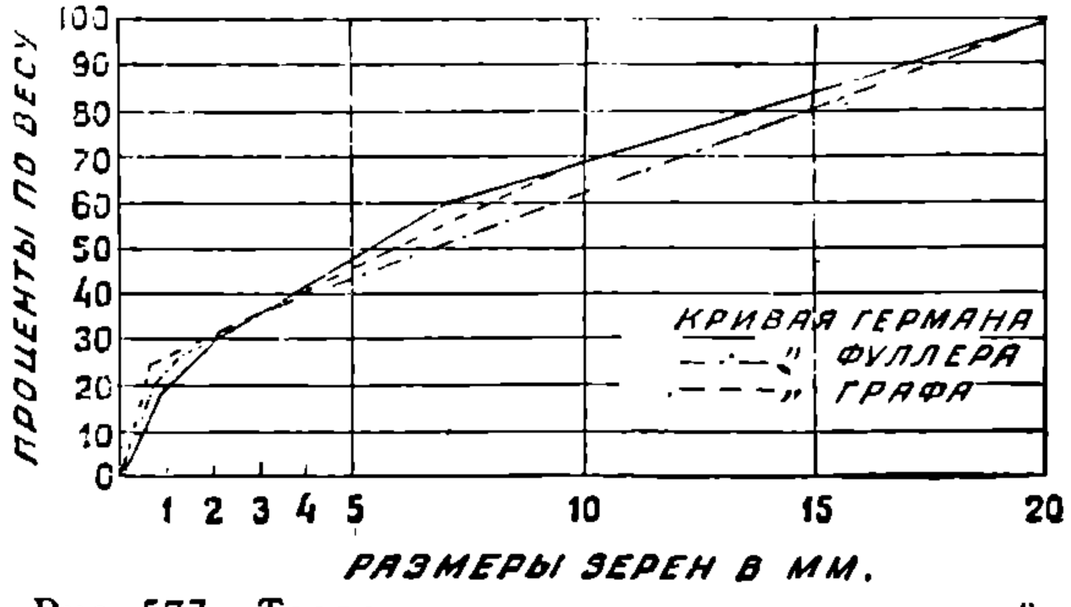


Рис. 577. Теоретические составы минеральной смеси для бетонов.

в этой области, в результате которых в настоящее время предлагаются теоретические составы для асфальтовых смесей разной крупности. Способы проектирования по этим теоретическим кривым нашли у нас широкое применение при подборе составов асфальтовых покрытий.

На основании исследовательской работы было установлено, что при правильном распределении на фракции (отношение между наиболее крупным и мелким зерном в каждой фракции должно быть постоянным) в графическом

КБГУ НТБ (ДП)

изображении, где по оси (x) откладываются на равных расстояниях фракции, а по оси y — количество этих фракций, теоретические смеси изобразятся в виде кривых, о которых можно сделать следующие замечания.

1) Наилучшие смеси для разных начальных (наиболее крупных) диаметров зерен подобны между собой, то есть если для какого-либо начального диаметра (например, для 25 *мм*) найдена наилучшая смесь, то при другом начальном диаметре (например, 20 *мм*) соотношение между отдельными фракциями останется прежнее. Это значит, что для того, чтобы найти наилучшую смесь для какого-либо начального диаметра, следует лишь передвинуть теоретическую кривую вправо или влево, чтобы первая ордината ее совпала с наиболее крупным размером фракции в смеси.

2) Теоретически наилучшая смесь имеет в составе своем зерна разной крупности, количество которых постепенно убывает, по мере уменьшения диаметра фракции, т. е. в графическом изображении эта смесь имеет постепенно снижающийся вид, ассимптотически приближаясь к оси x.

Эта теоретическая кривая удовлетворяет следующим условиям:

$$Y_x = \frac{Y_1}{K^{x-1}} \tag{1}$$

$$\text{или } Y_1\left(1+\frac{1}{K^1}+\frac{1}{K_2}+\frac{1}{K_3}+\cdot\quad\cdot+\frac{1}{K^{m-1}}\right)=100, \tag{2}$$

где Y_x — весовое количество какой-либо фракции (x),
Y_1 — весовое количество первой фракции (наиболее крупной),
K — коэффициент сбега, показывающий, во сколько раз количество последующей фракции меньше, чем предыдущей,
m — количество фракций, принятых для расчета в смеси.

По этим уравнениям можно определить процентное содержание в любой фракции, лишь зная коэффициент сбега (K). Путем сопоставления теоретической кривой с кривыми, изображающими наилучшие смеси, оправдавшие себя в практике строительства, установлено, что при соотношении между размерами зерен фракции равным $n=5$; коэффициент сбега $K=2$, (колеблясь в пределах от 1,65 до 2,5).

Прежде чем перейти к вычислению и построению кривой, необходимо установить количество фракции в смесях (m), то есть установить, до какого предела мелкости следует рассматривать смесь. Практика показывает, что применяемые заполнители имеют зерен менее 0,001 очень незначительное количество, не влияющее на сумарное количество его, проходящее через сито № 200 (0,08 *мм*). Поэтому при вычислениях кривой предел размера фракции считаем около 0,001 *мм*.

Зная количество фракций в смеси (m) и коэффициент сбега K для наилучших смесей, можно полностью решить уравнения (1) или (2), определяя этим процентное содержание в смеси каждой фракции.

Предположим, что имеем в виду отыскание наилучшей асфальто-бетонной смеси при начальном, наиболее крупном диаметре зерен в 20 *мм*. Определяем размер фракций и их количества (принимая $n=5$), устанавливаем следующие фракции: 20—4 *мм*, 4—0,8, 0,8—0,16, 0,16—0,032, 0,0064, 0,096—0,0012.

Следовательно количество фракций $m=6$.

Подставляя в уравнение (2) $K=2$, $m=6$, определяем количество первой фракции $y_1=50{,}8\%$.

Подставляя $y_1=50{,}8\%$ в уравнение (1), определяем процентное содержание в теоретическом составе каждой фракции.

20 — 4 *мм* — 50,8%	0,16 — 0,032 *мм* — 6,3%
4 — 0,8 *мм* — 25,4%	0,032 — 0,006 *мм* — 3,2%
0,8 — 0,16 *мм* — 12,7%	0,006 — 0,0012 *мм* — 1,6%
	100%

На рис. 578 представлены вычисленные таким же образом наилучшие смеси при разной крупности начального диаметра, причем по оси y отложена сумма процентов проходящих через сито, а по оси абсцисс отложено $-\lg\frac{D}{d}$, где d — диаметр разных фракций, а D — диаметр наиболее крупной фракции.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

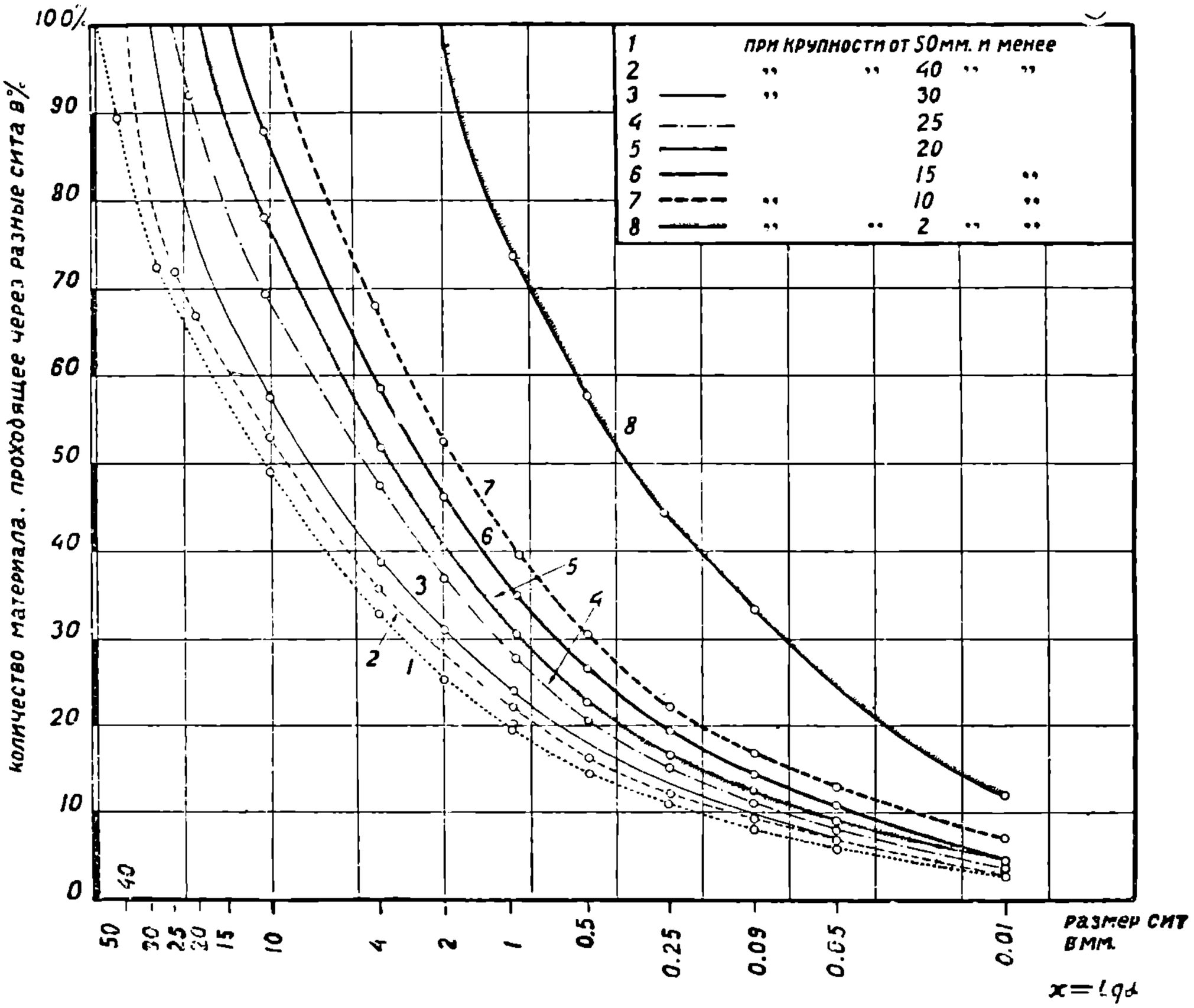


Рис. 578. Теоретические составы минеральных смесей при разной крупности наибольших зерен.

В помещенной ниже таблице 184 представлены составы этих же смесей, но перечисленные с теоретических сит ($n = 5$) на принятые у нас практические сита, в которых определяется исходный применяемый минеральный материал.

Таблица 184

Гранулометрический состав асфальтовых бетонов при разной крупности наибольших зерен $K = 2$; $n = 5$

Размер фракций в *мм*	В миллиметрах												
	50—40	40—25	25—20	20—10	10—4	4—2	2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,09	0,09—0,05	0,05—0,01	мельче 0,01
При материале крупностью от 50 *мм* и ниже	11%	16%	5,5	17,5	15,5	9	6,5	4,5	3,5	3,2	2,3	3	3,0
При материале крупностью от 40 *мм* и ниже	—	18	6,2	19,6	17,2	10	7,3	5	3,9	3,5	2,6	3,3	3,4
При материале крупностью от 30 *мм* и ниже	—	30—25 17,0	6,2	19,7	17,5	10,3	7,5	5,1	3,7	3,6	2,6	3,4	3,4
При материале крупностью от 25 *мм* и ниже	—	—	7,5	23,7	21,0	12,4	8,8	6,2	4,8	4,4	3,2	4	4
При материале крупностью от 20 *мм* и ниже	—	—	—	26	23	13,3	9,3	6,7	5,2	4,7	3,4	4,2	4,2
При материале от 15 *мм* и ниже	—	—	—	от 15 *мм* 13,1	26,7	15,5	11	7,8	6,0	5,5	4,0	5,2	5,2
При материале от 10 *мм* и ниже	—	—	—	—	30	18	13	9	7	6,4	4,6	6	6
При материале от 2 *мм* и ниже	—	—	—	—	—	—	25,1	7,1	13,3	12,3	9,0	11,6	11

НБ УАДИТ (ДГТ)

Дальнейшие лабораторные работы подтвердили общее уравнение наилучших смесей и принятый здесь коэффициент сбега $K=2$. Этими лабораторными работами было установлено, что наименьшая пористость смеси фракций получается, если размер зерен, заполняющих пустоты фракций, будет последовательно уменьшаться в 16 раз. При этом весовое количество каждой фракции должно быть 43% от предыдущей, т. е. в 2,32 раза меньше $\left(\frac{1}{0{,}43}\right)$, чем предыдущей. Те же опыты показывают, что смеси из тех же фракций, имеющие последующих зерен от 2 до 4 раза меньше, чем предыдущих, дают ту же пористость.[1]

Таким образом, если первая фракция при опыте была взята 64—32 *мм*, последующие фракции в смеси должны быть в 16 раз мельче, т. е 4—2 *мм* и далее; 0,25—0,12 *мм*; 0,016—0,008 *мм* и т. д., а по весовому количеству каждой из них должно быть в 2,32 раза меньше предыдущей. Лабораторные опыты показывают, что если к смеси, составленной по этому признаку, прибавить какую-либо промежуточную фракцию, то пористость увеличится. Но если прибавить ряд фракций, имеющих ту же последовательность в размере зерен и их количестве, что и первой смеси, то пористость полученной смеси будет одинакова с пористостью первой.

На этом основании, если мы исходную прерывчатую смесь, состоящую не из всех фракций, а лишь в 16 раз меньших, заполним промежуточными фракциями в 4 раза меньшими с той же закономерностью в количестве фракций, то получим столь же малопористую смесь.

Для вычисления количества вносимых промежуточных фракций рассмотрим первые несколько фракций:

$$16:1\ \begin{pmatrix} 64-32\ мм \\ 16-8\ мм \\ 4-2\ мм \end{pmatrix}\ \text{(вновь вносимая)}\ 16:1\ \begin{pmatrix} 1-0{,}5\ мм \\ 0{,}25-0{,}125 \end{pmatrix}\ \text{(вновь вносимая)}$$

Весовое количество каждой из этих фракций обозначим соответственно Y_1, Y_2, Y_3

Имея в виду сказанное о лабораторных работах, можно написать, что

$$\frac{Y_1}{Y_3}=2{,}32 \qquad (I)$$

Кроме того вносимые фракции должны подчиняться общей закономерности, выражающейся в том, что соотношение между количествами соседних фракций должно быть постоянным, то-есть

$$\frac{Y_1}{Y_2}=\frac{Y_2}{Y_3} \qquad (II)$$

Преобразовывая уравнения (I) и (II), получим:

$$Y_1=\frac{Y_3}{2{,}32}\ (I)\ \text{и}\ Y_1 \times Y_3 = Y_3^2 \qquad (II)$$

подставляя в уравнение (II) значение Y_3 ( ), находим $Y_1 \times \frac{Y_1}{2\,32} = Y_2^2$

$$\text{или}\ \frac{Y_1}{Y_2}=\sqrt{2{,}32}=K_4.$$

Таким образом, если мы нашу исходную смесь заполним промежуточными фракциями 16—8, 1—0,5, 0 06—0,03, то получим прерывистую оптимальную смесь. у которой размер последующих фракций в 4 раза меньше предыдущих, а соотношение между количествами их

$$K_4=\sqrt{2{,}32}$$

Заполняем эти фракции промежуточными и, руководствуясь сказанным, получим непрерывную смесь, т. е. содержащую в себе все фракции, причем размер каждой последующей фракции будет в 2 раза меньше предыдущей, а соотношение между весовыми количествами K_2 будет равно $K_2=\sqrt{K_4}=\sqrt{\sqrt{2{,}32}}=1{,}23$.

---

[1] Из работ В. В. Охотина.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Ранее было указано, что при содержании зерен всех фракций и при $n=5$ коэффициент сбега равен: $K_5=2$ (колеблясь от 1,65 до 2,5). На основании переработки лабораторных данных теперь получим, что при $n=2$ сбег равен $K_2=1{,}23$ (колеблясь от 1,19 до 1,41).

Для возможности сравнения полученных коэффициентов сбега необходимо перевести на общее (n) соотношение между произвольно выбранными фракциями.

Такой пересчет можно произвести, пользуясь легко доказуемой формулой:

$$\frac{n_2}{K_5}=\frac{n_5}{K_2}$$

или, переводя коэффициенты сбега 1,19, 1,23, 1,46 при $n=2$ на $n=5$, получим соответственно K_5 равным 1,5, 1,6, 2,4, что совпадает с отмеченными ранее коэффициентами.

Таким образом на основе практических данных и лабораторных исследований можно заключить, что наилучшей смесью является логарифмическая кривая, имеющая при соотношении между фракциями $n=5$ коэффициент сбега K_5 равным от 1,60 до 2,40, а в среднем — 2; или, что то же самое, при $n=2$; K_2 равно от 1,23 до 1,46 или в среднем 1,34.

Пример проектирования смеси по кривым. При проектировании смеси по кривым последовательность работы может быть принята следующая:

1) Определение наилучшей смеси в теоретических ситах, для чего, имея в виду наибольшую крупность зерен асфальтовой смеси и взятое соотношение между размерами фракций (n), определяют количество фракций в теоретических ситах (m). Зная n и m и задаваясь соответствующим коэффициентом сбега K по формуле (II) определяется количественное содержание каждой фракции.

2) Имея наилучший состав смеси, определенный по формуле (II) в теоретических ситах, производят пересчет этого состава на общепринятые сита, в которых выражен гранулометрический состав всех исходных материалов — щебня, песка и заполнителя.

3) На основе гранулометрического состава всех исходных материалов и состава наилучшей теоретической смеси, определяют дозировку смеси, т. е. процентное содержание каждого исходного компонента, необходимое для получения смеси, наиболее близко приближающейся к теоретическому составу.

Первая часть примера, то есть нахождение наилучшей смеси в теоретических ситах, нами выполнена ранее.

Для пересчета найденного состава с теоретических сит на общепринятые, составляют следующий график. По оси абсцисс откладываются величины пропорциональные — $\lg\frac{D}{d}$, где D--наиболее крупный диаметр зерен в смеси, d — диаметр сит (рис. 579). По оси ординат откладывается сумма зерен теоретической смеси, прошедшая через соответствующий диаметр.

При построении этого графика полезно для ясности составить следующую таблицу.

Таблица 185

d	$\frac{D}{d}$	$x=\lg\frac{D}{d}$	Количество материала в %, проходящее через соответствующее сито
20 *мм*	1	0	100
4 „	5	0,70	(100—50,7) = 49,3
0,8 „	25	1,40	(49,3 — 25,4) =23,9
0,16 „	125	2,10	11,2
0,032 „	625	2,80	4,9
0,006 „	3125	3,49	1,7

Наилучшая теоретическая смесь изобразится в виде кривой, представленной на рис. 579. Далее находим по оси абсцисс местоположение общепринятых сит 20 *мм*, 10, 4, 2, 1, 0,5 и т. д., вычисляя для каждого из них $x=\lg\frac{D}{d}$ и откладывая в том же масштабе, что и теоретические сита.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Каждая ордината, проведенная через точку, изображающую практические сита до пересечения кривой, покажет,—какое количество фракций теоретической смеси через это сито проходит, а разность ординат, проведенная через два каких-либо сита, покажет процентное содержание соответствующей фракции. Определяя по масштабу разность ординат, находим состав теоретической смеси в практических ситах:

20—10 *мм* — 24 %
10— 4 „ — 26,7%
4— 2 „ — 12,8%
2— 1 „ — 9,8%
1— 0,5 „ — 8,4%
0,5 —0,25 *мм* — 4,3%
0,25—0,09 „ — 4,9%
0,09—0,05 „ — 3,0%
< 0,05 „ — 6,1%

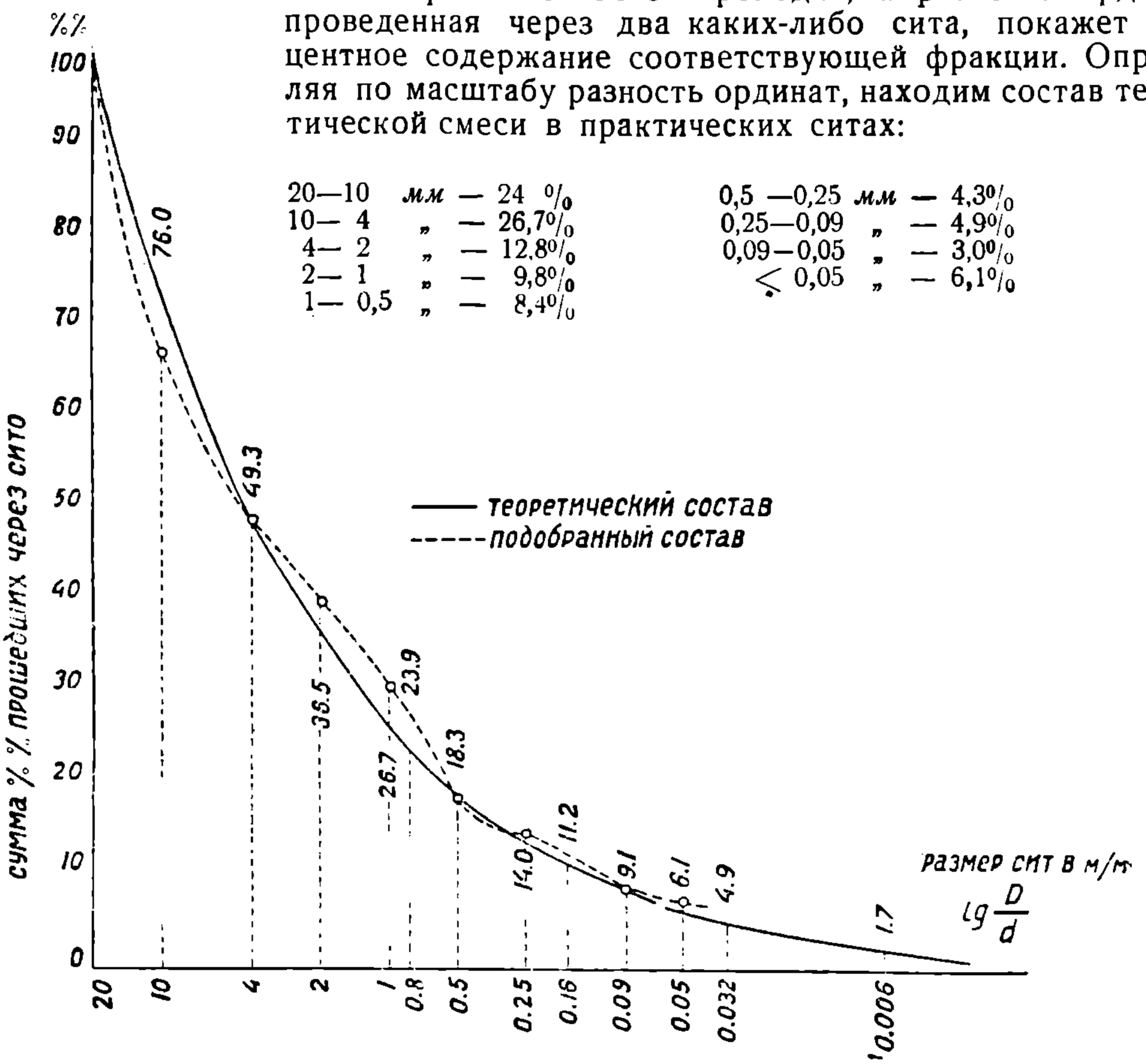


Рис. 579. Подбор состава минеральной смеси по теоретическим кривым. График для пересчета гранулометрического состава с одних сит на другие.

Для подбора состава смеси необходимо иметь гранулометрический состав исходных материалов — щебня, песка, заполнителя и пр.

Предположим, что необходимо подобрать наилучшую смесь грубого асфальтобетона из следующих материалов.

Таблица 186

Размер. фракц. в *мм* \ Наименование материала	Крупные высевки	Мелкие высевки	Песок № 1	Песок № 2	Заполнитель	Подбираемая смесь
	В процентах					
20—10 *мм*	67,3	8,9	—	—	—	24,0
10—4 „	30,7	12,8	7,2	—	—	26,7
4 - 2 „	0,7	15,8	30,0	—	2,4	12,8
2—1 „	0,5	12,8	26,5	4,6	15,5	9,8
1—0,5 „	0,8	16,5	32,3	26,7	23,0	8,4
0,5—0,25 „	—	7,5	1,2	43,3	9,6	4,3
0,25—0,09 „	—	11,9	1,8	24,4	15,2	4,9
0,09—0,5 „	—	3,1	0,4	0,8	7,1	3,0
< 0,05 „	—	11,0	0,6	1,2	27,2	6,1

НБ УДУНТ (ДИТ)

Подбор начинается с крупного щебеночного материала. Из таблицы видно, что крупные высевки имеют в основном фракции 20—4 *мм*, которых имеется до 98%; в подбираемой же смеси этих фракций — 50,7%. Чтобы заполнить эти фракции крупными высевками, их потребовалось бы $\frac{50,7}{98} = 51,8\%$.

Однако и в мелких высевках имеются те же фракции, и следовательно эти высевки увеличат процентное содержание фракции 20—4 *мм*. Чтобы учесть это, желательно знать, в каком соотношении крупные и мелкие высевки получаются в камнедробилке или имеются на базе. Предположим, что это соотношение из условия нормальной работы камнедробилки намечается — 1 : 0,6. Имея в виду это соотношение, мы можем пересчитать количество крупных высевок:

$$\frac{50.7}{93 + 0,6\ (8,9 + 12,8)} = 45\%$$

Количество мелких высевок определится:

$$45 \times 0,6 = 27\%.$$

Зная потребное количество крупных и мелких высевок, определяем состав, получаемый от крупных и мелких высевок, а также остаток теоретической смеси, который должен дать оставшиеся материалы (песок и заполнитель).

Эти вычисления вносим в таблицу подбора материалов.

Таблица 187

Последовательный подбор смеси

Размер фракций	Подбираемая смесь	45% крупные высевки	27% мелкие высевки	Остаток для подбора	15% заполнителя	Остаток для подбора	13% песка № 1	Остаток для подбора	Состав подобр. смеси
20—10 *мм*	24	30,3	2,4	— 8,7	—	—8,7	—	—8,7	32,7
10—4	26,7	13,8	3,4	+9,5	—	+9,5	0,9	+ 8,6	18,2
4—2	12,8	0,3	4,2	8,3	0,4	7,9	4,0	+3,9	8,9
2—1	9.8	0,2	3,4	6,2	2,3	3,9	3,5	+0,4	9,5
1—0,5 „	8,4	0,4	4.4	3,6	3,5	0,1	4,2	—4,1	12 5
0,5 —0,25„	4,3	—	2,1	2,3	1,4	0,9	0,2	+0,7	3,6
0,25 — 0,09„	4,9	—	3,2	1,7	2,3	— 0,5	0,2	—0,7	5,6
0,09 — 0,05„	3,0	—	0,9	2,1	1,1	1,0	—	+1.0	2,0
мельче 0,05.	6,1	—	3,1	3,0	4,0	—1,0	—	—1,0	7,0
	100	45%	37%	+28	15%	13%	13%	0%	100

После определения количества каменных материалов, тем же способом находим необходимое количество заполнителя и только после этого — количество и сорт песков. Для установления количества заполнителя следует обратить внимание, какие фракции, наиболее мелкие, могут быть заполнены исключительно заполнителем. Такие фракции в нашем случае от 0,09 и мельче (см. таблицу материалов).

Количество заполнителя определится:

$$\frac{3,0 + 2,1}{27,2 + 7,1} = \backsim 15\%.$$

Из рассмотрения остатка для подбора смеси после внесения заполнителя (см. таблицу) видно, что недостаток и избыток крупных фракций почти компенсируется (— 8,7: + 9,5). То же можно сказать про фракции менее 0,5 *мм*, в которых небольшой недостаток чередуется с таким же избытком. Недостает фракций в пределах от 4 *мм* до 0,5 *мм*. Песок № 2 имеет главным образом фракции от 1 до 0,09, которых в нашей подобранной смеси имеется в достаточном количестве, а потому это песок не пригоден для нашей смеси. Песок № 1 имеет главную массу зерен в пределах от 4 до 0,5 *мм* и следовательно пригоден для заполнения недостающих фракций. Количество песка № 1 — 13% определяется из условия недостающих процентов смеси до 100%. Далее в таблице подбора вычислены количества фракций, которые дают песок и в результате — гранулометрический состав окончательной смеси.

НБ УДУНТ (ДИТ)

В итоге получится следующий состав минеральной смеси грубого асфальтового бетона:

крупных высевок	. 45%
мелких высевок	. 27%
песка № 1	. 13%
заполнителя	. . . 15%
	100%

Изложенный способ можно применить также к подбору асфальтовых смесей по имеющимся гранулометрическим составам готовых рецептов, выработанным практикой.

Определение количества битума. Вне зависимости от того, каким способом подобрана смесь, должна быть определена ее остаточная пористость в утрясенном состоянии. Хорошо подобранные составы должны иметь пористость:

при песчаных асфальтах не более	23%
„ мелкозернистых асф.-бетонах не более .	20%
„ среднезернистых „ „ „	18%
„ крупнозернистых „ „ „	17%

Чем менее пориста смесь, тем она считается лучше. Однако некоторые исследователи находят, что это справедливо лишь до некоторого предела минимума пористости. Излишне малая пористость вызывает необходимость внесения очень малого количества битума, что отрицательно отразится на механических свойствах покрытия (рис. 580).

Количество битума обычно находят из расчета полного заполнения пор уплотненной минеральной массы; при этом может быть применена для расчета следующая формула:

$$B = \frac{\alpha\ \delta\ \gamma^i}{D},$$

где α — пористость в процентах по объему,
δ — удельный вес битума,
γ — коэффициент уменьшения количества битума за счет лучшего уплотнения смеси с битумом и коэффициент расширения битума. Коэффициент расширения битума — около 0,0017, что при нагревании до 100° С дает расширение битума на 13%; коэффициент γ рекомендуется брать 0,85.

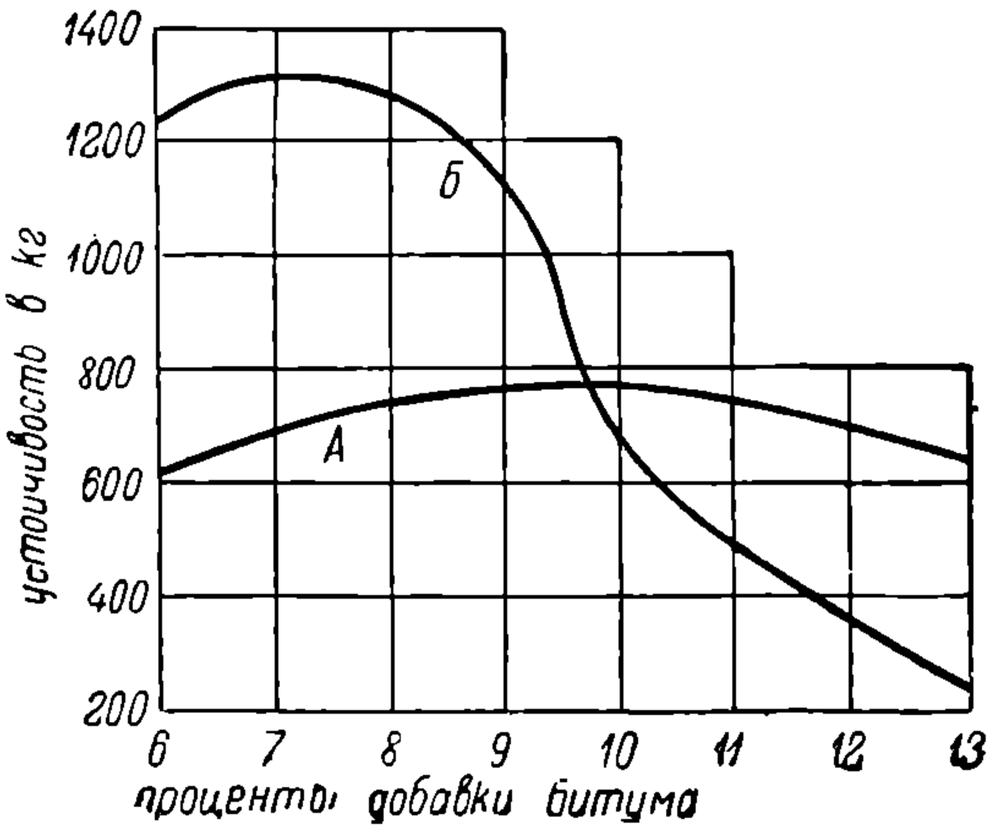


Рис. 580. Изменение устойчивости (по Хеббергу) асфальтовых смесей в зависимости от количества битума и заполнителя.
Смесь А—10% заполнителя.
Смесь В—30%

Кроме определения количества битума по пористости минеральной массы, для предварительных расчетов применяют способ исчисления количества битума по пленке, необходимой для обволакивания всех зерен массы. В этом случае по гранулометрическому составу проектируемой массы вычисляют общую удельную поверхность веса зерен минеральной части. Считая толщину пленки, необходимую для обволакивания мелких зерен, 4—6 микрона, определяют общее количество потребного битума. После определения состава минеральной массы и количества битума проводят ряд испытаний, характеризующих качества подобранной массы. Эти же испытания дают возможность окончательно установить количество необходимого битума (рис. 581 и 582).

Методами, ранее описанными, обычно проводятся испытания на сжатие вдавливание штампа, водопроницаемость и устойчивость. При этом образцы пригодной массы должны давать результаты:

а) на сжатие не менее 30 *кг/см*^{2},

б) вдавливание штампа площадью 1 *см* в течение 5 часов при нагрузке в 50 *кг* — не более 5 *мм*,

---

[1] См. Päpel, „Der moderne Asphaltstrassenbau“, 1929. Иванов, Н. Н., „Черные дороги“, 1931

НБ УДУНТ (ДИТ)

в) не должны быть водопроницаемы при напоре в 2 атм.
г) показатель устойчивости по Хэбборду должен быть не менее 400 *кг*,
д) остаточная пористость должна быть в пределах 2—5%.

Кроме этих испытаний производят определение водопоглощаемости, которая должна быть не более 5%, а также определение увеличения объема при выдерживании в воде (не более 2%).

Указанными методами испытания проводится окончательная дозировка битума. В качестве примера на рис. 582 представлен график изменения сопротивления сжатию образцов при разных количествах битума.

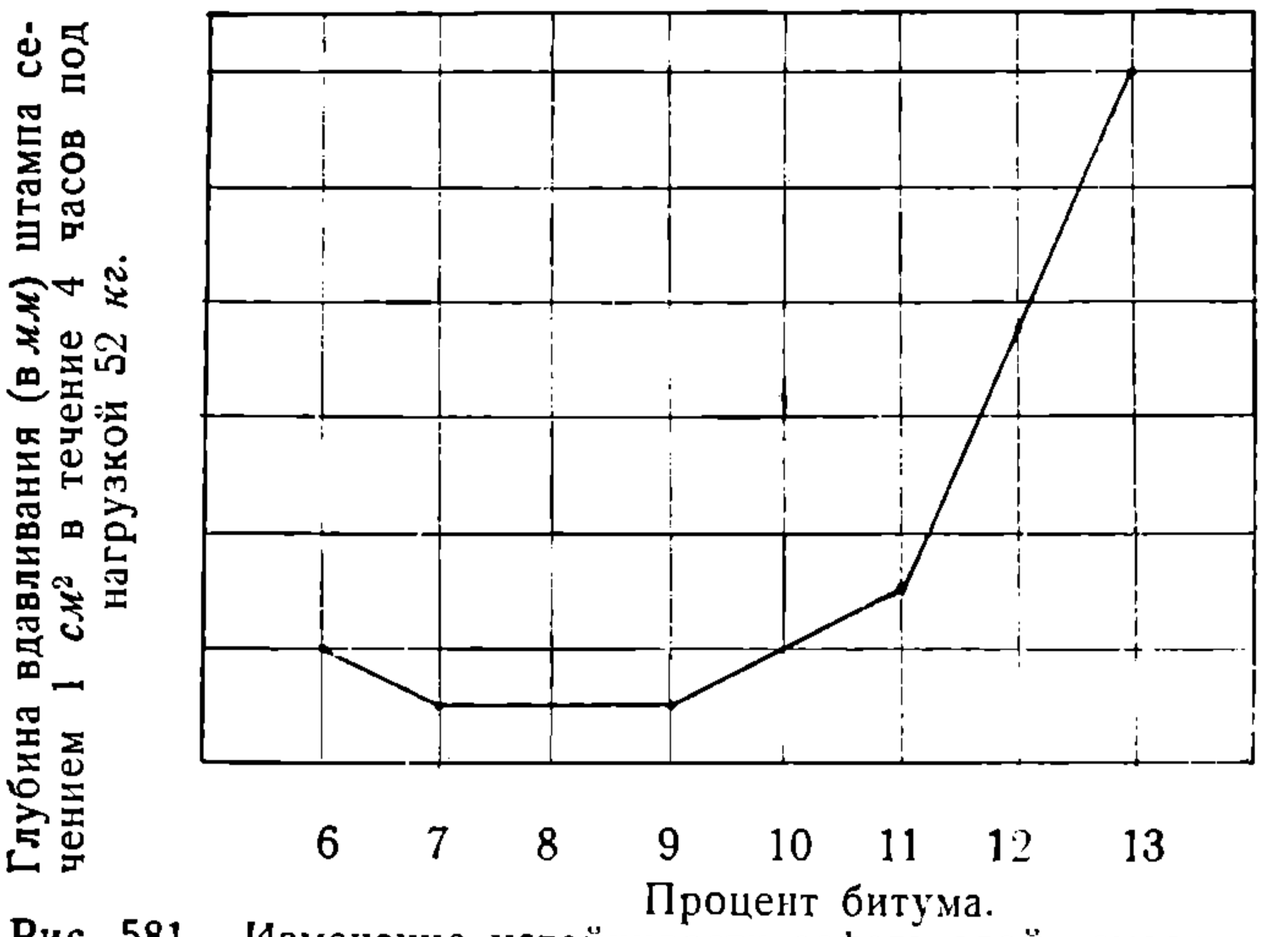


Рис. 581. Изменение устойчивости асфальтовой смеси в зависимости от количества в ней битума.

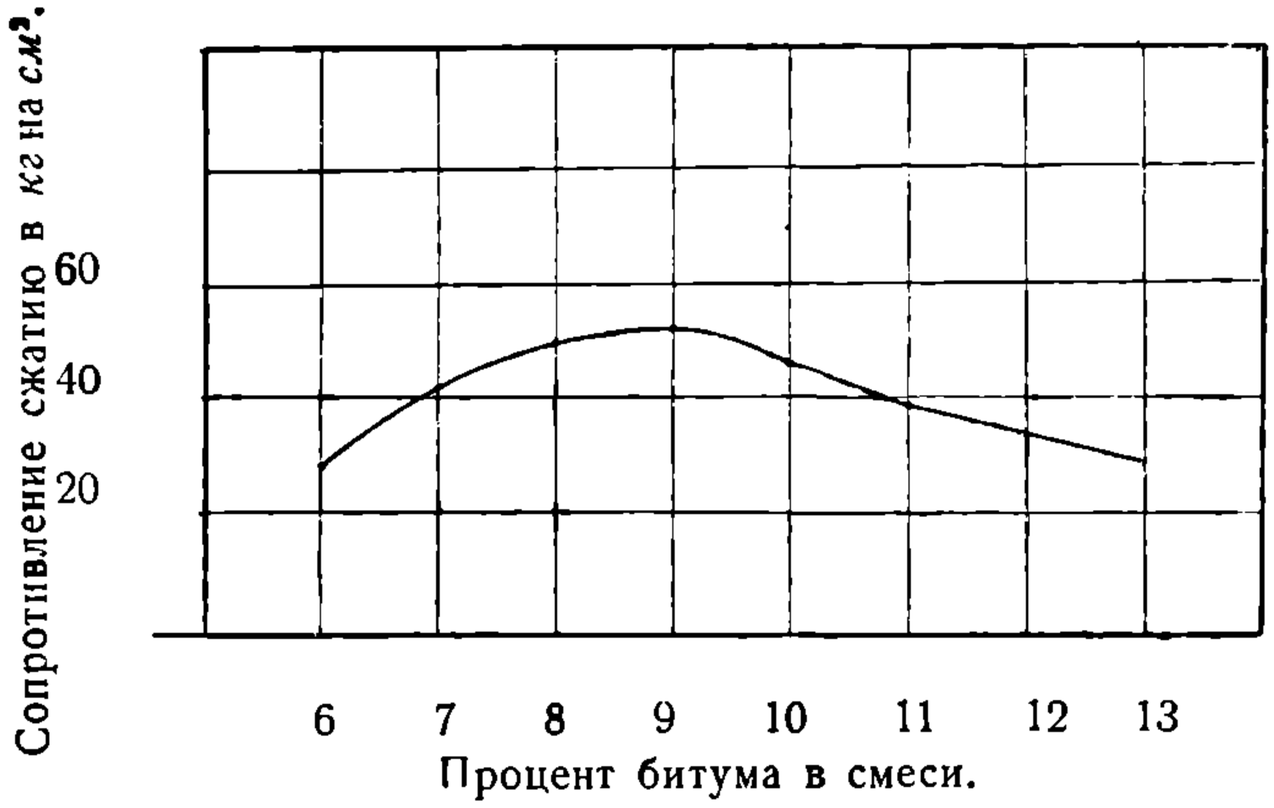


Рис. 582. Изменение сопротивления сжатию асфальтовых смесей в зависимости от количества битума.

Количество битума устанавливается на основе подобных кривых, дающих возможность выявить максимальные показатели испытания на сжатие, вдавливание и устойчивость.

Неправильность дозировки состава можно выявить также в процессе работ по внешним признакам, например по виду массы, выходящей из смесителя, по степени пластичности, которая сказывается при транспортировке битума и его укладке, а также по виду поверхности покрытия при укладке и укатке.

§ 233. Производство асфальто-бетонных работ. *Изготовление асфальтовой массы.* Асфальтовая масса изготовляется на специальных машинах или установках, откуда затем в горячем состоянии отводится на место работ и укладывается в покрытие. На асфальто-бетонных установках производятся следующие операции: сушка и сортировка каменных материалов, нагревание каменных и битумных материалов, перемешивание их и выгрузка в перевозочные средства.

В настоящее время существуют различные типы асфальто-бетонных установок. Среди существующих у нас в работе можно различить два основных типа: с перемешиванием массы под влиянием силы тяжести агрегатов и с вынужденным перемешиванием. К первому может быть отнесена машина Уоррен, ко второму—Кеммер и др. Схема первой машины представлена на рис. 583, производительность ее 10—15 тонн в час в полустационарной установке и 2—3 тонны в час в передвижной.

Порядок работы асфальто-бетонной машины этого типа сводится к следующему. Определенная порция минеральных материалов — щебня, песка и заполнителя — равная одному замесу, изготовляемому машиной в пропорциях, соответствующих заданному рецепту, подвозится к холодному элеватору. Для обеспечения точной дозировки подвозимый материал в тачках предварительно взвешивается на весах, чем регулируется его подвозка. Подвезенная порция холодным элеватором поднимается и ссыпается в бункер. Отсюда материал в том же количестве поступает в сушильный барабан, а на его место в бункер

НБ УАДИТ (ДШТ)

поступает новая порция минеральной смеси. Сушильный барабан вращается со скоростью 10—12 об/мин., каменный материал, поступив в него, передвигается вперед и в пути постепенно нагревается горячими газами. Для передвижения материала внутренняя часть барабана снабжена винтовым спиральным ходом и ребрами. Сушка и подогревание минерального материала производятся двумя форсунками. Горячие газы форсунок направляются вдоль сушильного барабана и соприкасаются с каменным материалом, находящимся в сушильном барабане.

Для высушивания и нагревания одного замеса (1365 *кг*) требуется около 15 *кг* нефти. Нагретый каменный материал переводится в мешалку, куда одновременно поступает предварительно взвешенная порция битума. Для лучшего перемешивания минерального и связующего материала вращающийся сушильный барабан снабжен спиральным конвейером, расположенным по стенкам барабана. Поверх этой спирали помещается другая, работающая в обратном направлении, и таким образом все содержимое перемешивается не только путем сбрасывания сверху вниз силой тяжести при вращении барабана. После перемешивания массы, ее в горячем состоянии сбрасывают в грузовик.

В этом типе машины одновременно находятся в работе четыре порции материала: одна в тачках на весах, вторая в бункере, третья высушивается, четвертая перемешивается в мешалке. Порция материала находится в машине от момента загрузки до выгрузки 20—30 минут. Но так как в машине производятся сразу несколько операций, каждый готовый замес выходит через 10—14 минут.

Для обслуживания установок требуется персонал: младший технический—2 чел., квалифицированных рабочих—5 чел., чернорабочих 9—10 чел., всего 15—17 чел.

Второй тип установки схематически изображен на рис. 584. Производительность — 16—18, 10—12, 4—6 *т* в час. В этих установках минеральный материал (без заполнителя) подается к элеватору в объемах, примерно, соответствующих принятому рецепту. Холодным элеватором материал поднимается в сушильный вращающийся барабан, откуда поступает во второй, теплый элеватор, которым поднимается к цилиндрическому грохоту. Здесь он сортируется на три фракции (обычные сита 20, 10 и 5 *мм*) и ссыпается в отдельные бункера.

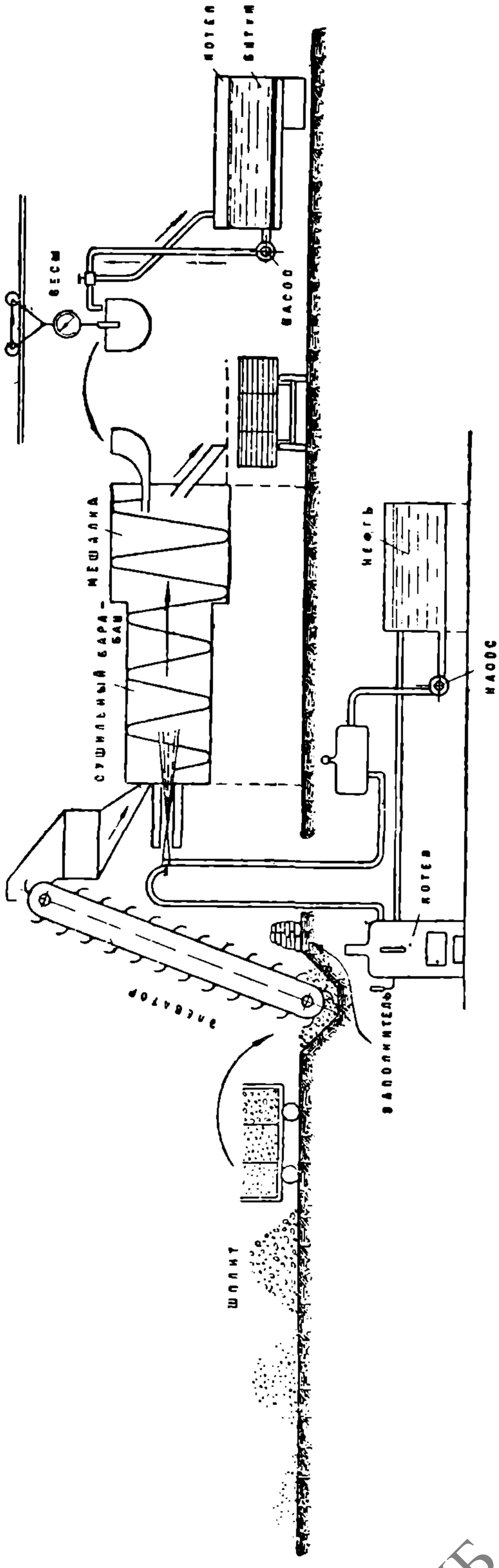


Рис. 583. Схема установки Уоррен для приготовления асфальтовой смеси.

НБ УДУНТ (ДПТ)

Каждый сорт материала отвешивается отдельно в весовой ящик, сюда же подается для взвешивания из отдельного бункера или вручную со стороны необходимая порция заполнителя. Отвешенные в нужных количествах минеральный материал и битум загружаются в мешалку емкостью 300—500 *кг*, откуда после перемешивания выгружаются на грузовик для отвозки на дорогу. В мешалках этого типа имеется специальный пылесос, который отсасывает мелкие частицы ила и глины из высушенного во вращающемся барабане минерального материала.

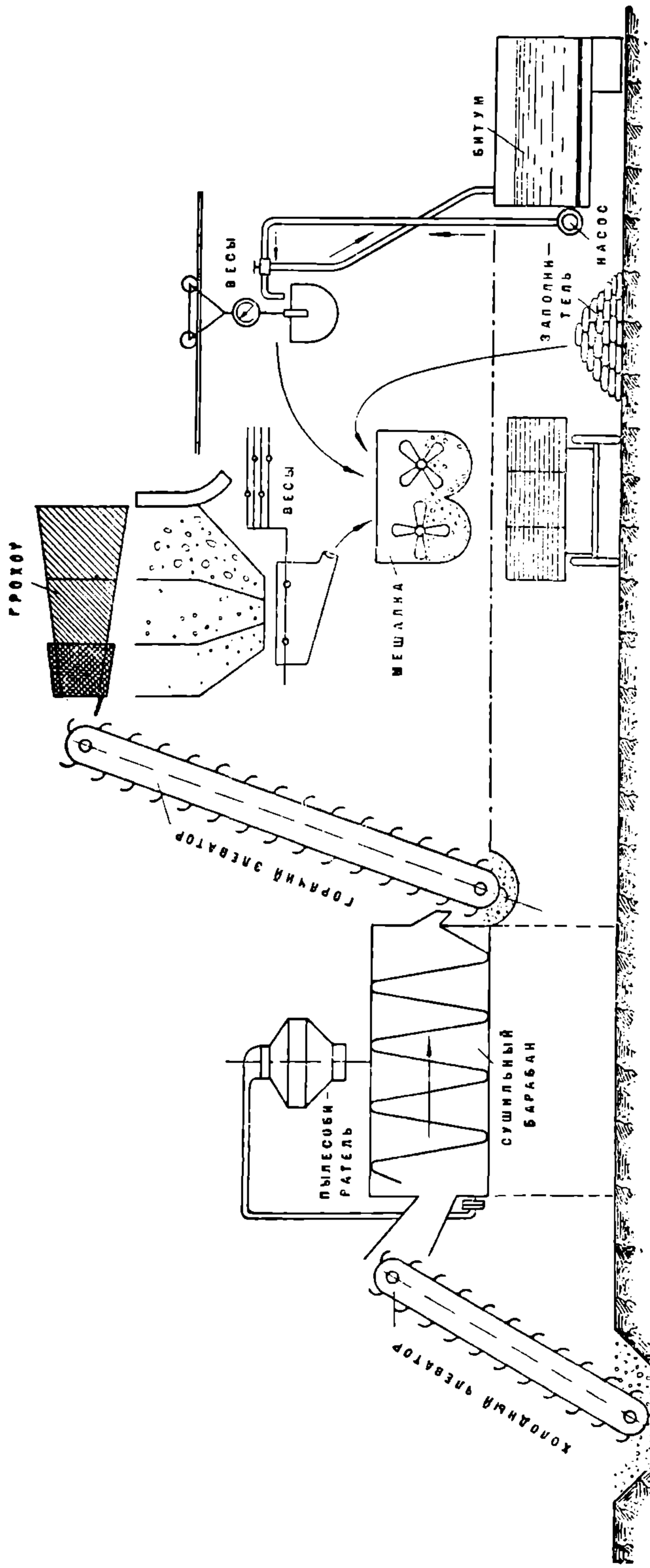


Рис. 584. Схема установки Кеммера для приготовления асфальтовой смеси.

Подогревание битума производится в стационарных котлах, емкостью от 2 до 5 *т*, в зависимости от производительности установки. Для бесперебойной работы установки снабжаются обычно двумя, тремя котлами. Разогревание битума производится на медленном огне с доведением его температуры до 175° С. Вода никоим образом не должна попадать в котел, так как присутствие в битуме воды вызывает вспенивание его при нагреве и выбрасывание из котла. Перемешивание битума производится вручную или специальной мешалкой, а также циркуляцией битума из котлов по битумопроводам и обратно в котел.

Подача горячего битума из котлов в бадью для отвешивания, емкостью около 150—180 литров, производится насосом по битумопроводам, иногда обогреваемым паром. Бадья для битума подвешивается к пружинным весам, дающим возможность точно взвешивать потребную порцию битуминозного материала для замеса. Находящийся внизу бадьи клапан позволяет опорожнить ее в воронку, передающую битумный материал в мешалку.

Сравнивая изложенные две схемы асфальто-бетонных установок, следует отметить следующие их особенности.

НБ УДУНТ (ДИТ)

В первом типе заполнитель загружается в барабан и нагревается вместе с другим каменным материалом, при этом местный перегрев до высоких температур от соприкасания с пламенем вредно отражается на известняковом материале заполнителя. При применении в качестве заполнителя асфальтового порошка эти местные перегревы особенно вредны, так как при этом битум асфальтового порошка частично выжигается. Перемешивание в этой машине не дает столь однообразной массы, как в мешалке с вынужденным перемешиванием. Однако эта машина удобна в эксплоатации, не сложна и дешева.

Первый тип машин пригоден главным образом для изготовления грубых асфальтовых бетонов, а в особенности биндера.

Второй тип машины более совершенный, как в части дозировки, так и в отношении тщательности перемешивания. Эти машины пригодны для изготовления мелкозернистых бетонов и песчаного асфальта. К недостаткам их можно отнести загрузку в смеситель холодного заполнителя. Это обстоятельство вынуждает сильнее нагревать каменный материал, чтобы в результате перемешивания иметь массу температурой 165—175° С. Для получения однородной по температуре массы заполнитель подвергают предварительной просушке и нагреванию до 120—140° С, в стороне от машины, на специальных жаровнях, и уже в нагретом состоянии загружают в смеситель (рис. 585).

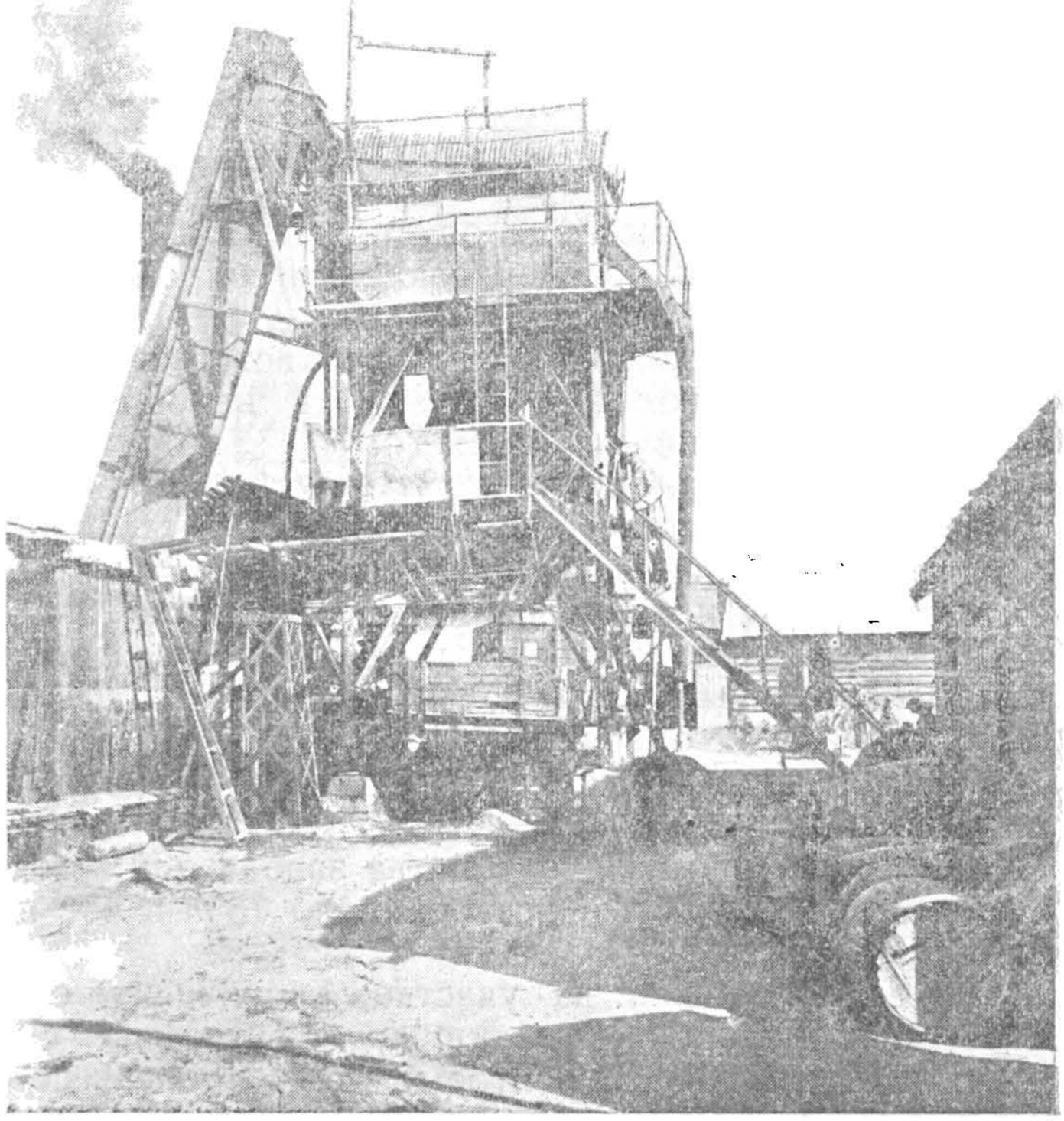


Рис. 585. Установка фирмы Мадсен для изготовления асфальтовых смесей.

Асфальтовая машина должна постоянно выпускать хорошо смешанную и удовлетворяющую заданному рецепту асфальтовую массу, нагретую до температуры 165 — 175 С. Для этого должен быть поставлен надзор за отдельными ее операциями (нагревание материалов, их дозировка, тщательность перемешивания и т. д.). Соответствие выходящей массы заданному рецепту должно особенно соблюдаться и регулироваться. За это отвечает как технический персонал, так и специальная полевая лаборатория, которая, проводя испытание исходных минеральных материалов, битума и получающейся массы, своевременно указывает на недостатки асфальтовой массы, в соответствии с чем изменяется дозировка материала или вносятся поправки в отдельные процессы работы.

Организация заводов для изготовления асфальтовых смесей. Для рациональной организации завода (асфальто-бетонной базы) по изготовлению асфальтовых смесей необходимо согласовать отдельные производственные процессы: заготовку материалов, дробление камня, транспортировку, хранение материалов и пр.

Прежде всего заводы должны располагаться на участках, снабженных удобными путями для доставки необходимых материалов и отвозки готовой асфальтовой массы. При наличии центрального камнедробильного хозяйства необходимый каменный материал доставляется на завод в готовом виде. Однако чаще при организации завода приходится предусматривать и оборудование его дополни-

НТБ УДИТ (ДИТ)

тельными машинами — камнедробилками, грохотами и пр. С завода на место укладки асфальтовая масса доставляется автомобилями. По экономическим соображениям считают, что радиус действия завода не должен превышать 15—25 *км*, так как иначе потребуется большое количество автомобилей и перевозка готовой массы сильно удорожит стоимость покрытия.

При устройстве асфальтовых покрытий на загородных дорогах асфальтовая база по мере выполнения работ перемещается вдоль дороги. С этой целью механизированные установки завода делаются съемными и снабжаются колесами для передвижения; здания на заводе в этом случае делаются временного типа, так как завод работает на одном месте всего лишь 2—3 года. При организации асфальтовых заводов в городах они обычно, в пределах обслуживаемого ими района, обеспечены непрерывной работой в течение ряда лет. Поэтому в городских условиях заводы устраивают постоянного типа, что дает возможность более рационально ставить все процессы производства.

В основу рациональной организации такого завода должны быть положены следующие правила:[1]

а) установка должна быть расположена на отведенном для завода участке так, чтобы подвоз материалов и отвоз готовой продукции были возможно облегчены;

б) для хранения материалов должна быть отведена соответствующая территория со складами, обеспечивающими сохранность материалов, на минимальном расстоянии от смесителя;

в) оборудование завода должно соответствовать производительности асфальтобетонных установок и обеспечивать непрерывность действия последних, не заключая в себе ничего лишнего;

г) должна быть обеспечена регулярная доставка материалов на завод, а также своевременный вывоз готовой смеси на место работ;

д) пути для перевозки материалов внутри заводской территории должны быть удобными и иметь наименьшую длину;

е) обслуживание установок и других машин должно быть удобно и безопасно для рабочих; штат для обслуживания базы должен быть достаточным для выполнения всех операций;

ж) на заводе должен проводиться непрерывный технический контроль производства.

В качестве примера устройства завода для изготовления асфальтовой массы с производительностью установки до 15 *т* в час приводим следующую схему (рис. 586).

Завод расположен на участке, граничащем с одной стороны — с железной дорогой нормальной колеи, а с другой стороны—с городским проездом. Размер участка 80 на 100 *м*. В центре участка под навесом располагается асфальтовая установка; склады материалов помещены так, чтобы пути для перевозки различных материалов не пересекались между собой и подвозка материалов не зависела от других работ. Склад для битума расположен со стороны котлов для его нагревания. Площадь склада рассчитана на хранение битума в количестве месячной потребности, с расчетом на постепенное пополнение склада. Битум подвозится по железной дороге в таре, выгружается на платформу и с нее отвозится на склад по узкоколейке или автомобилями.

Камень, заготовка которого ведется с начала зимнего сезона, выгружается из вагонов в непосредственной близости от камнедробилки. Щебень различной крупности располагается правильными штабелями вблизи приемного элеватора, между асфальтовой установкой и камнедробилкой с грохотом и бункерами. Забор материала начинают с дальнего конца штабелей, с тем чтобы, по мере его расхода, с того же конца докладывался новый. Перевозка щебеночного материала производится по катальным доскам в тачках и в двухколесных тележках. Рядом со щебнем правильным штабелями размещается песчаный материал различных сортов. Заполнитель должен храниться под навесом, вблизи асфальтовой установки. Иногда его приходится подсушивать на специальных

---

[1] В. К. Некрасов. „Организация заводов для приготовления асфальто-бетона". Выпуск I. ГИС. 1931 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

жаровнях, сушилках или пропуска через сушильный барабан асфальтовой установки в начале рабочего дня. Дневной запас высушенного заполнителя хранится в том же складе. Дрова размещаются против топок котлов и паровой установки.

При работе установки возможно получение некоторого количества брака, который негоден для покрытия данного типа. В некотором проценте этот брак может быть использован при новых замесах (при установке Уоррен) или для переплавления с соответствующими добавками на литой асфальт. Брак доставляется автомобилем на специально отведенное место и здесь разравнивается отдельными слоями, которые после остывания легко могут быть расколоты на куски, удобные для дальнейшего употребления.

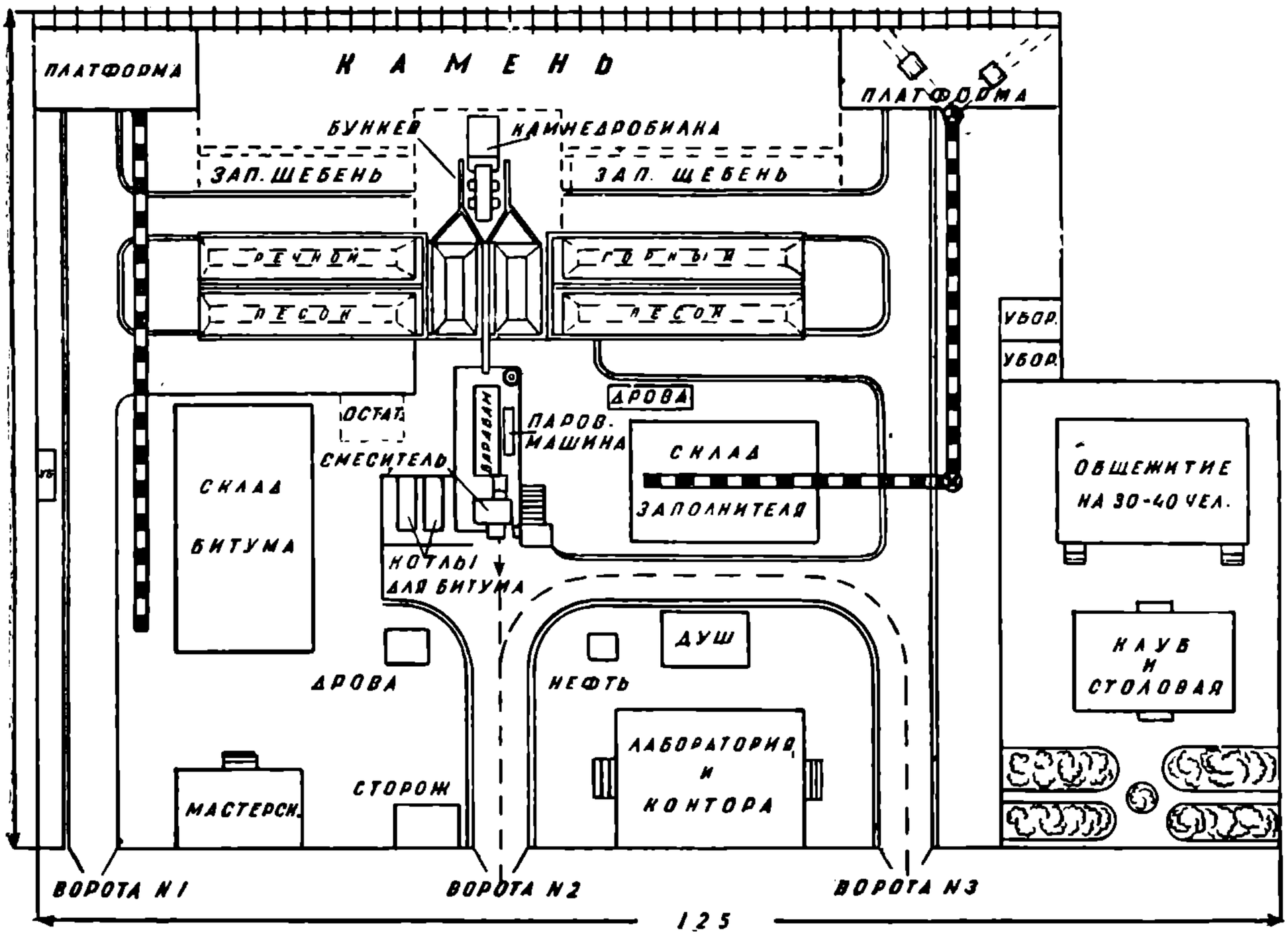


Рис. 586. Схема асф.-бетонного завода с установкой Кеммера, производительностью 15 т в час.

База должна быть, как сказано, обеспечена хорошими подъездными дорогами и путями для перевозки материалов внутри базы. По указанной схеме база имеет трое ворот: двое — для подвоза материалов и одни — для вывоза готовой асфальтной массы.

На зимнее время установки обшиваются досками или устраивается тепляк для ремонта или для использования асфальтовых машин на изготовление асфальтовых плиток либо асфальтовой массы, применяемой в холодном виде.

Для обслуживания такого завода требуется примерно следующий штат в одну смену: заведующий заводом — 1, контора — 5—6 чел.; кладовщик — 1, табельщик — 1, сторож — 1, лаборатория — 4 чел. обслуживание асфальтовой установки: младший технический персонал — 2, квалифицированные рабочие — 5, чернорабочие — 9—10 чел., а всего 15—17 чел.; обслуживание камнедробилки: механик — 1, десятник — 1, чернорабочие для перевозки материала и вспомогательных работ — 10—12 чел., мастерская — 2—4 чел., сторожей — 3. Всего для обслуживания завода требуется 45—55 человек.

В качестве примера приводим также схему асфальтового завода под Москвой (в Лефортове), рис. 587. Завод оборудован двумя асфальтовыми установками: одной типа Уоррен, изготовляющей крупнозернистый асфальтовый бетон для нижнего слоя и другой типа „Кеммер", изготовляющей мелкозернистый асфальт для верхнего слоя. Площадь завода 70×110 *м* граничит с одной стороны с железной дорогой, с другой—с городским проездом. Камень подвозится по железной дороге и сгружается под откос насыпи. Далее он доставляется

НБ УКНТ (ДШТ)

тачками к двум камнедробилкам фирмы „Акмэ", которые после дробления подают щебень в общий грохот и бункер. Вальцовая крошилка, соединенная с одним из люков бункера, измельчает крупный щебень в мелочь. Заполнитель из склада подается к ближайшей установке тачками, а к дальней („Кеммер")— автомобилями. Распояожение материалов и транспортировка внутри завода видна из схемы. Для обслуживания завода в одну смену требуется 50—60 чел.

К недостаткам этого завода надо отнести некоторую разбросанность в расположении материалов, следствием чего являются излишне дальние перевозки.

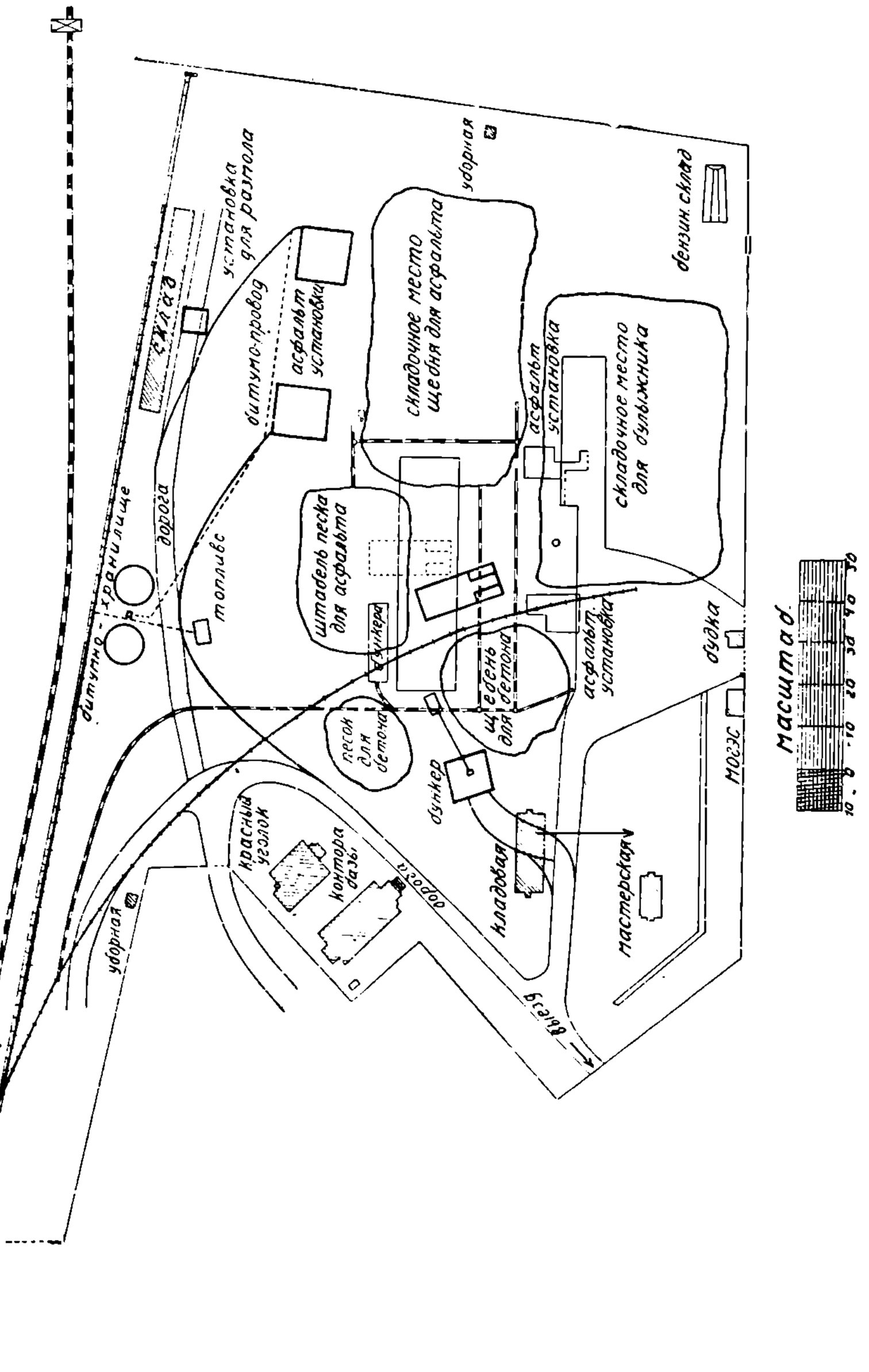


Рис. 587. План базы для изготовления асфальтовых смесей. (По проекту Моск. ком. хоз.).

При централизованиой заготовке щебня и доставке его на место работ в готовом виде, что особенно важно для временных асфальтовых установок на постройке загородных дорог, схема значительно упрощается. На рис. 588 представлен один из вариантов такого завода. Особенностью его также является. доставка битума в цистернах и дальнейшее хранение в специальных битумохранилищах. Прибывшие по железной дороге щебень и песок сгружаются кранами, ссыпающими материал в большие пирамиды. В случае дальности расстояния до асфальтовой установки этот материал предварительно подвозится автомобилями

НБ УДУНТ (ДИТ)

ближе к установке и складывается по сортам в штабели. Так как завод не имеет камнедробилок и все процессы работ механизированы, для обслуживания такого завода требуется всего 10—15 чел. рабочих. Схема завода зависит от места расположения земельного участка, от подъездных путей, типа машин

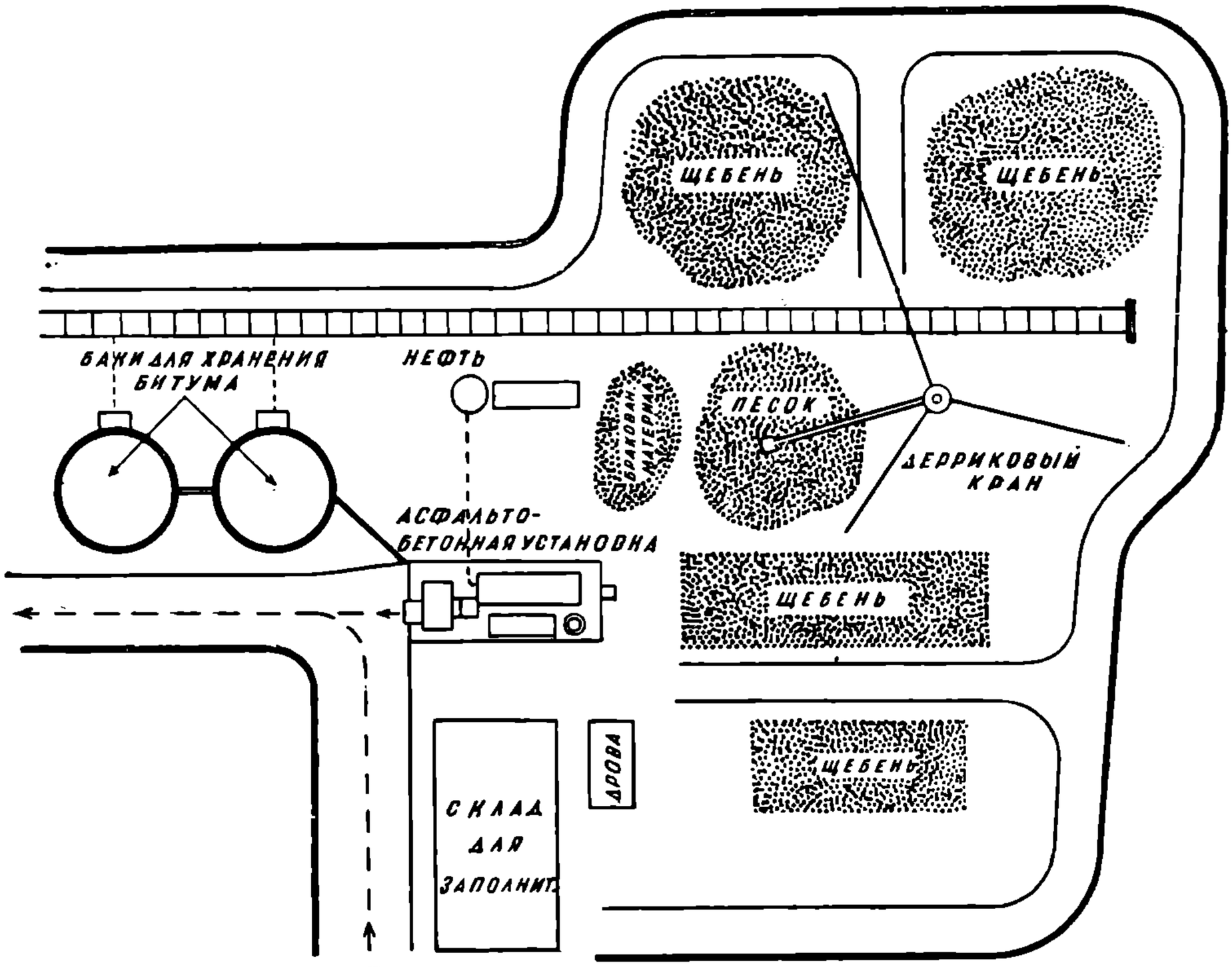
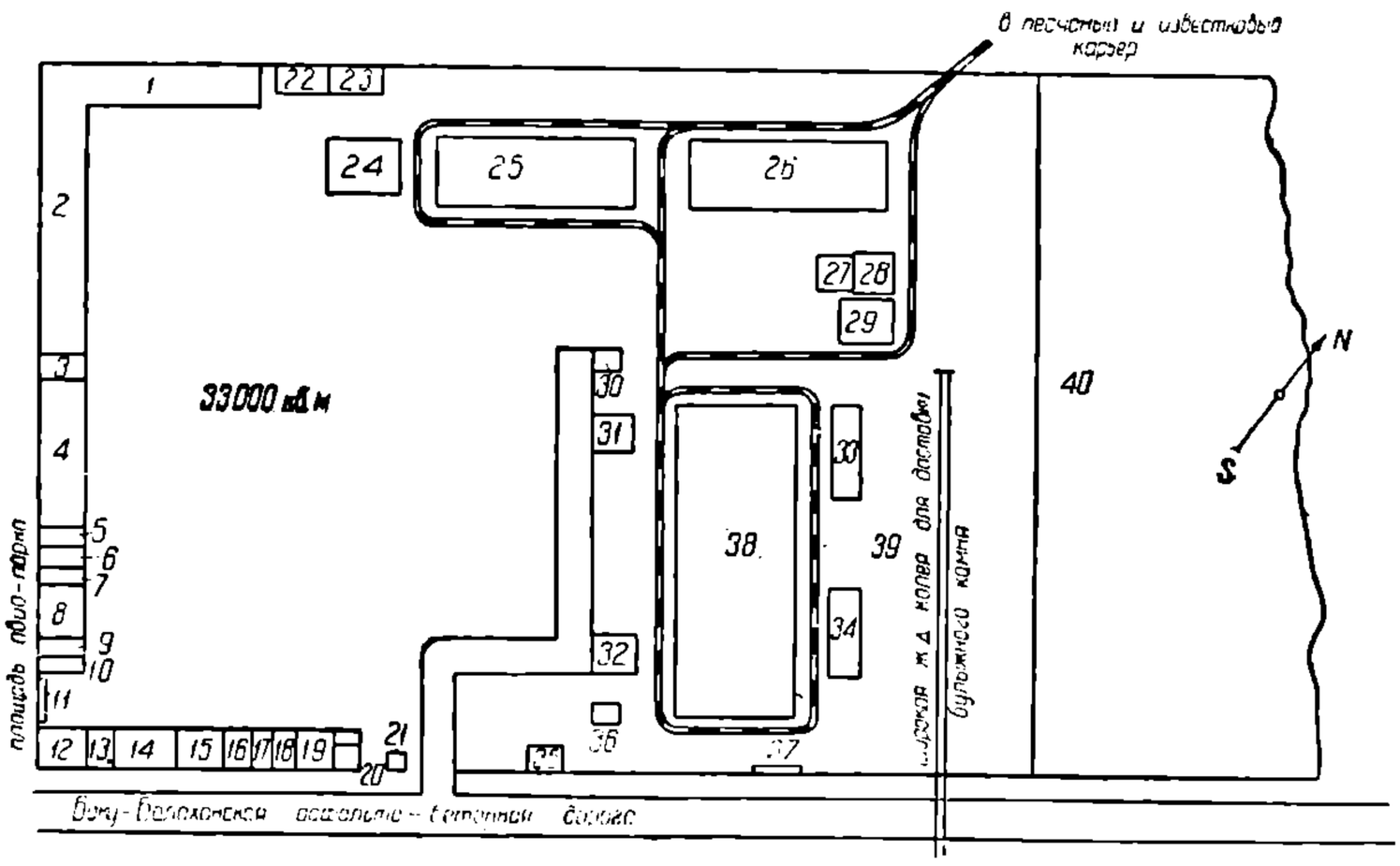


Рис. 588. Схема асфальтобетонного завода с установкой Уоррен, производительностью 15 т. в час. для загородных дорог.



25—навес для песку, 26—запас извест. камня, 27—28—мельница, 29—запас филлера, 20—запас битума, 31—32—асф. бетон. установки, 33—34—камнедробилки, 35—склад горючего, 38—запас щебня, 39—запас булыжного камня.

Рис. 589. Проект асфальтовой базы в Баку.

и состава изготовляемой массы, поэтому злесь представлены наиболее типичные схемы (рис. 586—589); в каждом отдельном случае они могут видоизменяться в зависимости от перечисленных факторов.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Транспортировка асфальтовой массы на дорогу. Готовая смесь из мешалки асфальтовой установки поступает в грузовики с опрокидывающимися кузовами. Кузовы должны быть внутри обиты железом и не загрязнены Чтобы избежать прилипания асфальтовой массы к стенкам кузова, последние могут быть слегка смочены керосином или нефтью. Однако применение этой смазки в большом количестве ведет к порче материала. Во избежание большой потери тепла, а также для предохранения от дождя при дальнейших перевозках, желательно накрыть кузовы сверху покрышками.

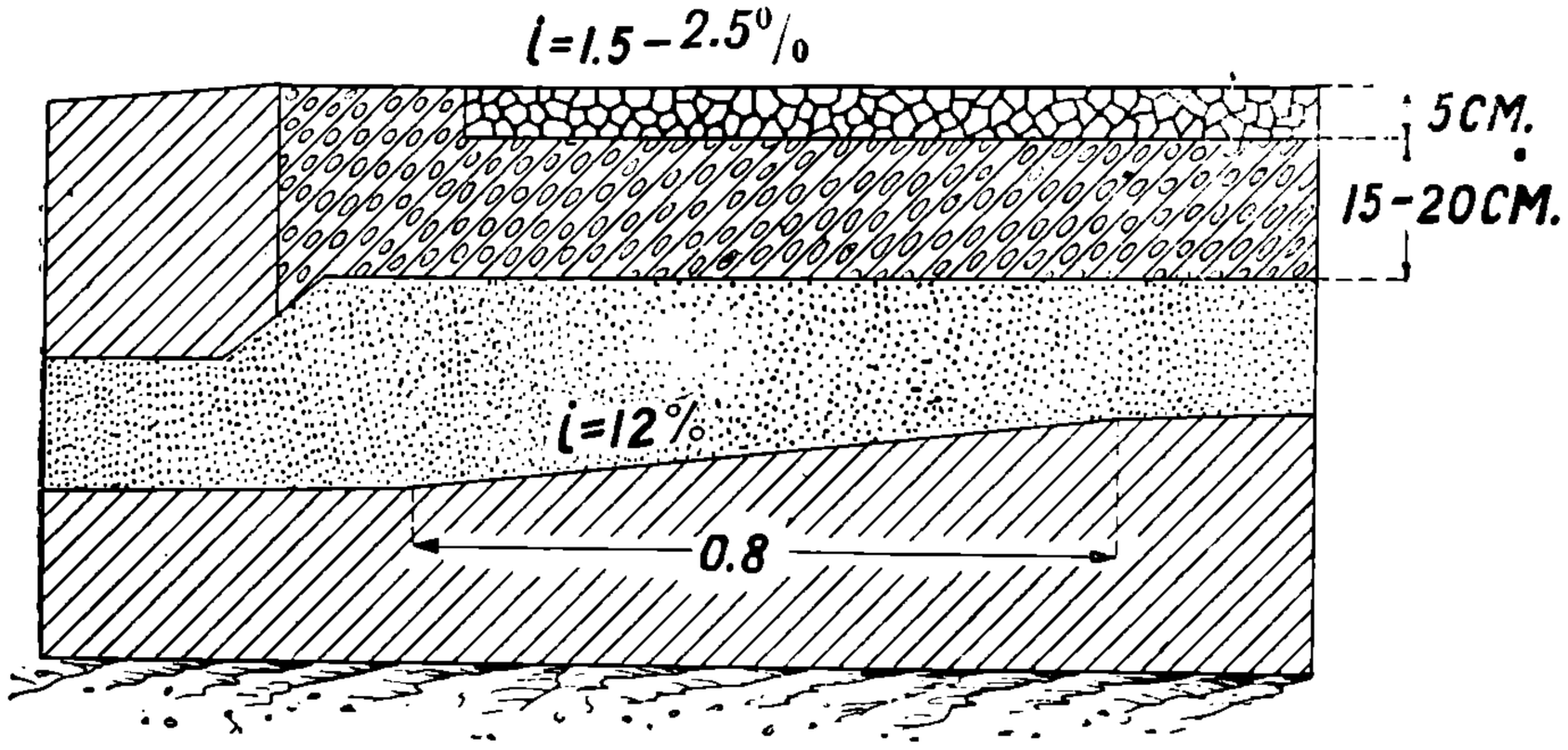


Рис. 590. Асфальто-бетон в один слой на цементно-бетонном основании.

Для перевозки асфальтовой массы количество грузовиков должно соответствовать дальности и скорости перевозки массы и интенсивности работы установки. Задержка в подаче грузовика для выгрузки массы из смесителя не только вызовет уменьшение производительности, но нарушит установившийся температурный режим асфальтовой машины. Потребное количество грузовиков может быть установлено по следующей формуле:

$$N = \beta \frac{ta + tb + \frac{2L}{v}}{ta}$$

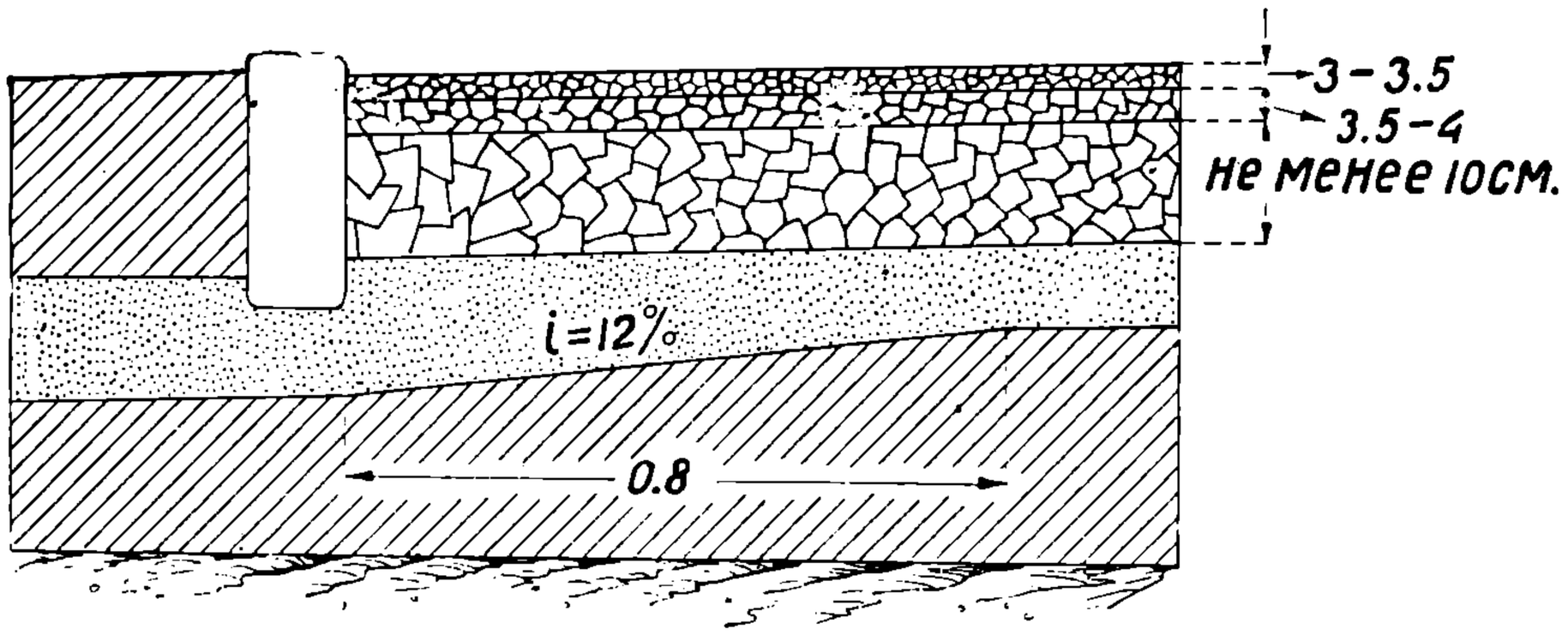


Рис. 591. Асфальтовый раствор по асфальто-бетону, уложенному на шоссе.

где N — потребное число автомобилей,
β — коэффициент запаса на случай задержки грузовиков, равный 1,20—1,25,
ta — время, потребное для загрузки одного автомобиля, зависящее от емкости грузовика и интенсивности работы смесителя,
tb — время, потребное для выгрузки автомобиля,
L — дальность подвозки,
v — средняя скорость движения грузовика.

Укладка асфальтового покрытия. До укладки массы основание тщательно очищается, — недостаточная очистка повлечет за собой плохое связывание асфальтового покрытия с основанием.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Основание не должно быть мокрым; после дождя оно должно просохнуть настолько, чтобы камень не был блестящим. Края бордюра, водопроводных колодцев и пр. в местах примыкания к борту промазываются горячим или разжиженным битумом. Доставленная на место работ масса должна иметь температуру 150—165°. При температуре ниже 135° она бракуется и в покрытие не принимается. Выгружается масса в стороне от места укладки на деревянный или железный переносный щит. Отсюда ее разбирают вилами и лопатами и укладывают равномерным слоем на основание. Разравнивание массы произво-

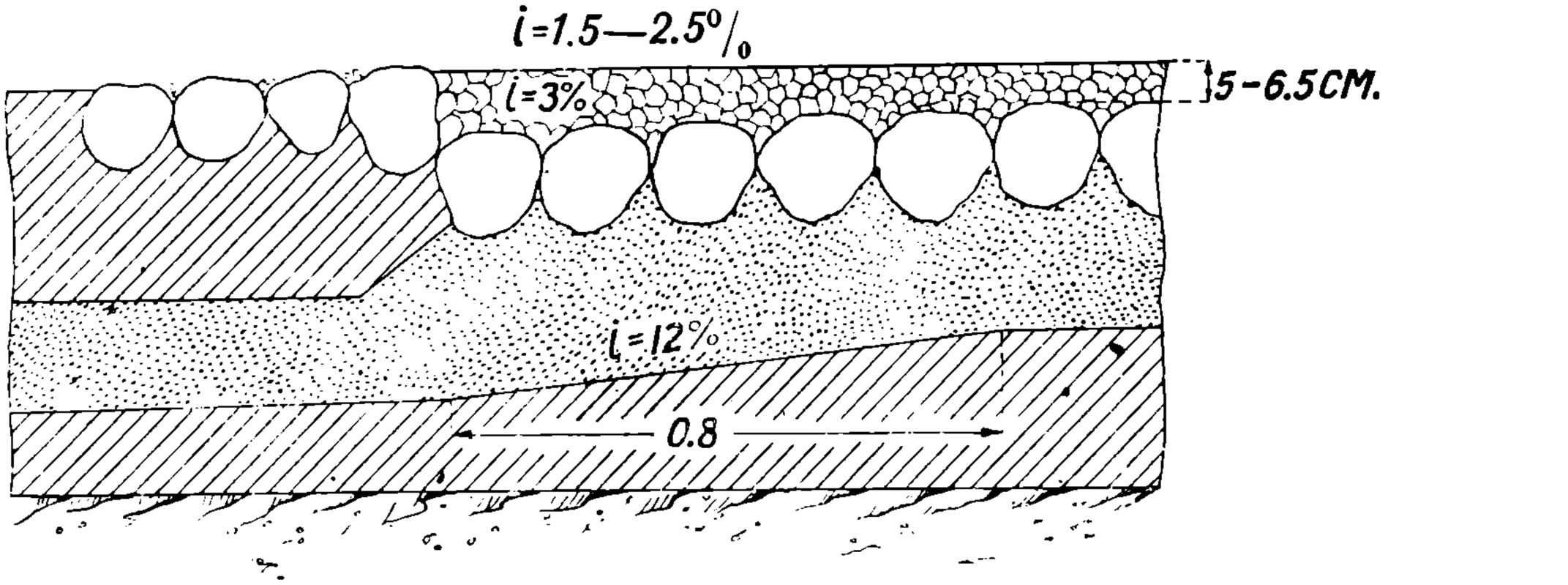


Рис. 592. Асфальтовый бетон на булыжной мостовой (тоже на шоссе).

дится граблями или специальными вилами и проверяется шаблонами. Тотчас после укладки массы производится укатка, а недоступные для укатки места, равно как места примыкания к бордюрам, уплотняются горячими трамбовками (рис. 580, 581, 582 и 583).

Для укатки распределенной и спланированной массы применяются трехколесные катки и катки тендем. Вес трехколесного катка должен быть не менее 10 *т*. Укатку слоев производят одним таким катком либо двумя катками: вначале более легким (7—8 *т*), а затем тяжелым (10—12 *т*). Применяют и другой способ: пускают сначала более тяжелый каток, а затем — легкий. Качество, покрытия в значительной степени зависит от плотности укатки, поэтому

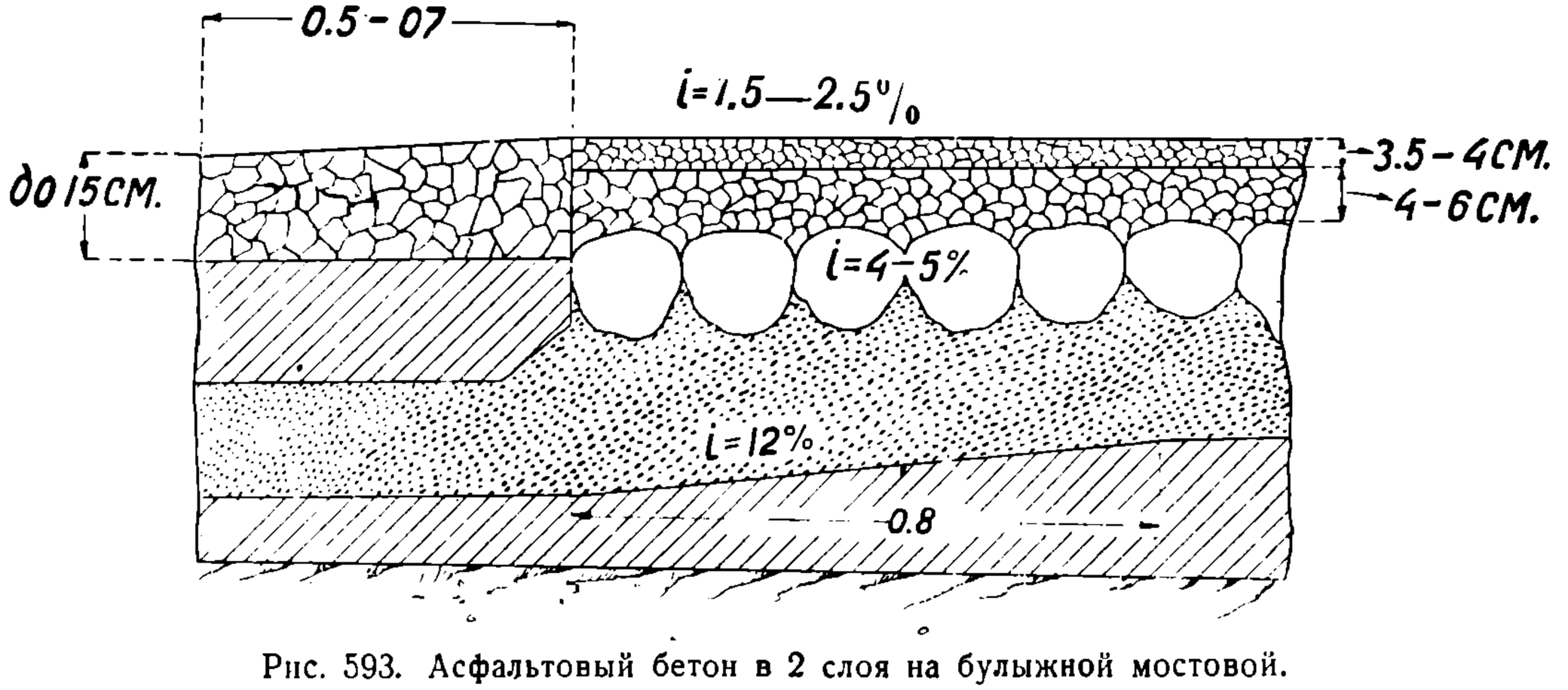


Рис. 593. Асфальтовый бетон в 2 слоя на булыжной мостовой.

желательно укатывать массу наиболее тяжелыми катками, что однако не всегда удается, так как при первых проходах по горячей массе тяжелого катка могут образоваться просадки или волны. Рекомендуется также до укатки большим катком произвести прикатку ручным катком в поперечном к оси дороги направлении. Первые проходы катков делают у краев, с постепенным приближением к середине и перекрытием укатки на $^1/_3$ ширины барабана. Длина укатываемого участка не должна быть велика, чтобы каток быстрее оборачивался и скорее укатал горячую массу.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

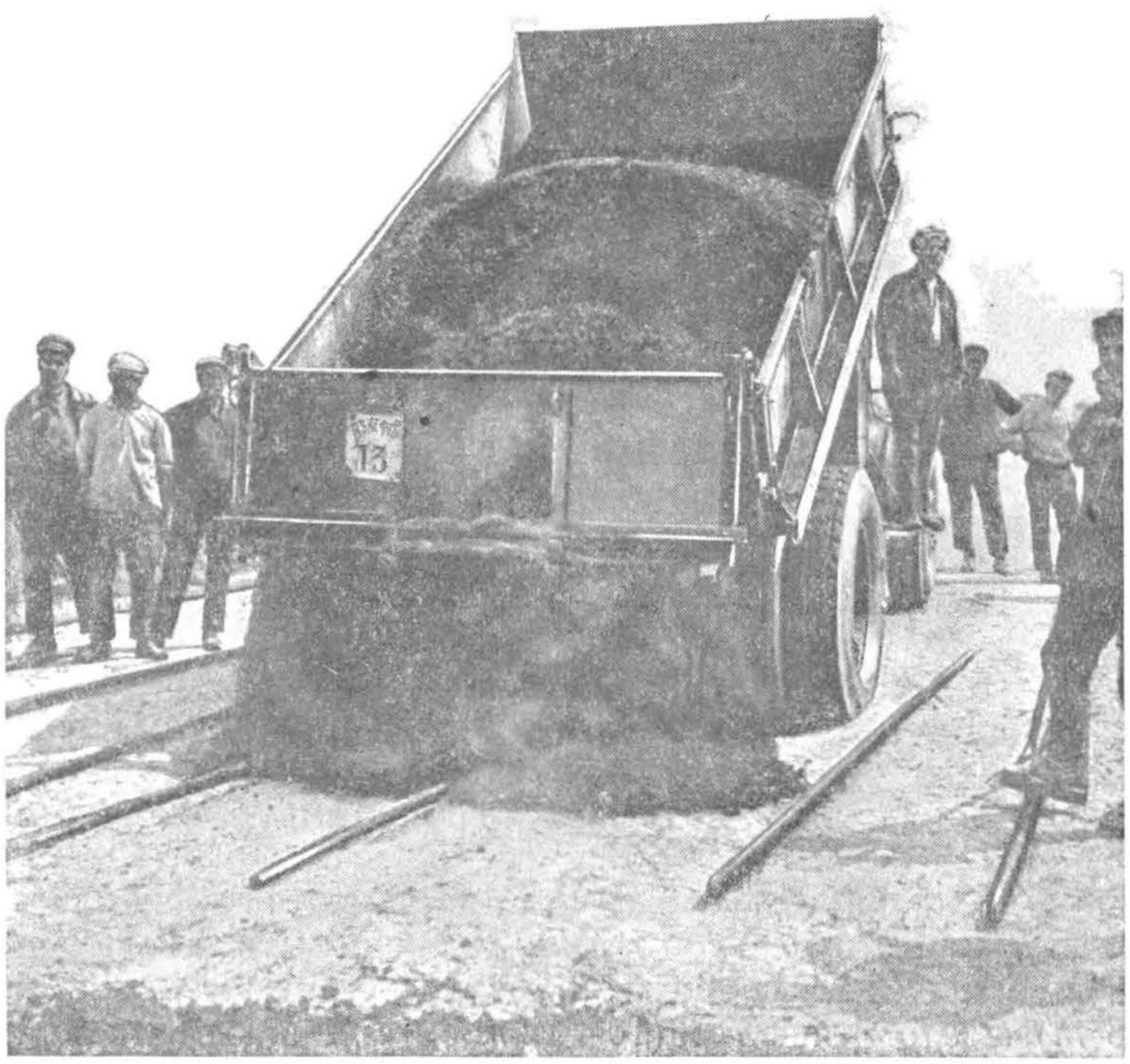


Рис. 594. Доставка асфальтовой смеси (биндера).

Особое внимание придается тому, чтобы для устранения сдвигов горячего покрытия катки передвигались очень медленно, с плавным переключением переднего хода на задний. Во избежание прилипания горячей массы к каткам они должны быть зеркально чистыми, почему при перевозке их применяются специальные тележки. Для той же цели барабаны катков смачиваются водой, керосином или парафиновым маслом. Нужно строго следить за тем, чтобы это смачивание было минимальным, так как избыток воды, а в особенности керосина или масла причиняет асфальту повреждения. После укатки в продольном направлении производится укатка катком-тендем в обоих диагональных направлениях. При широком покрытии укатка производится также и в поперечном направлении. После укатки не должно быть никаких заметных впадин.

Часовую производительность катка при непрерывном его движении со скоростью до 2 *км*/час можно принять, смотря по толщине покрытия, в 100—150 *м*².

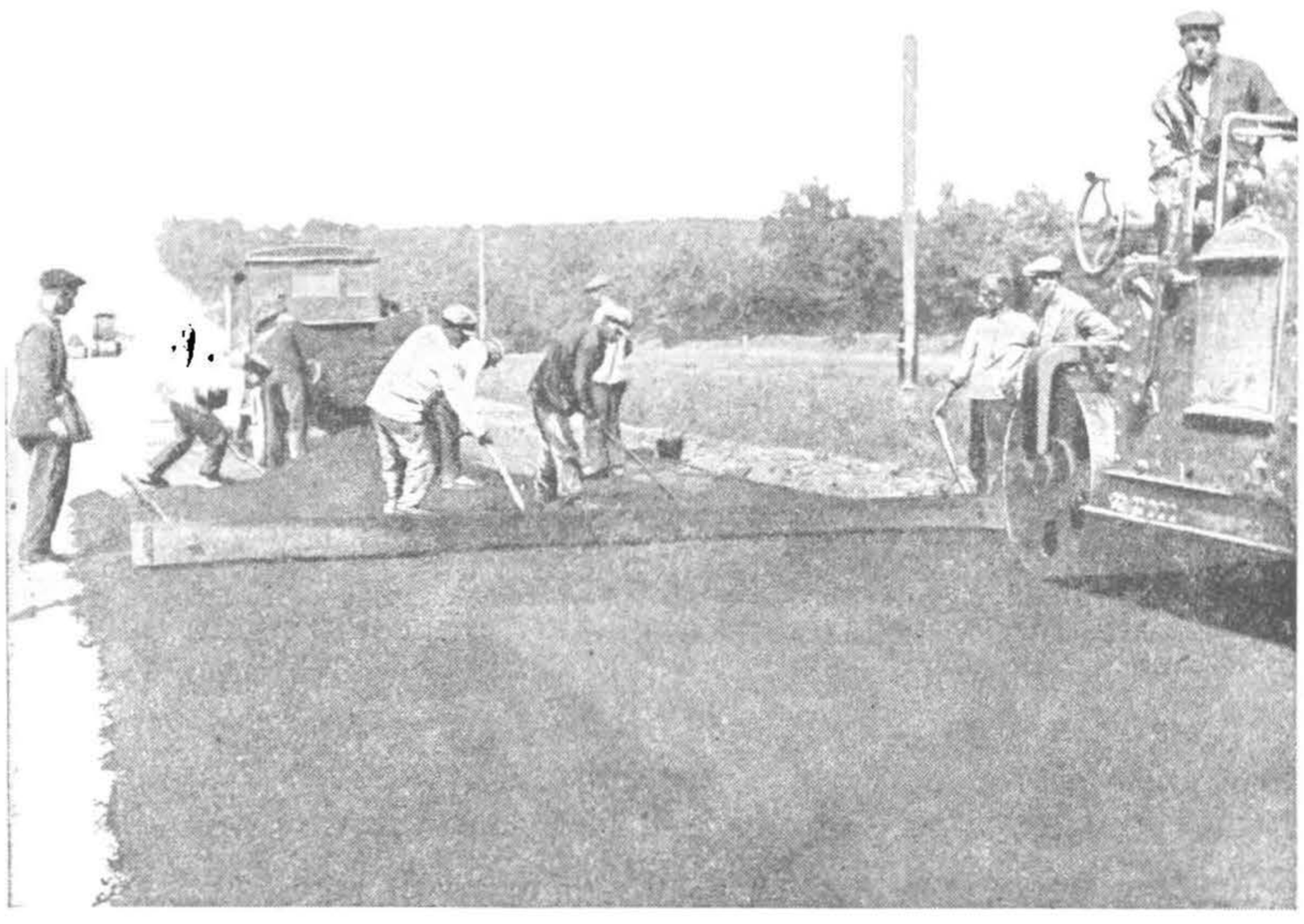


Рис. 595. Разравнивание асфальтовой смеси (биндера).

При перерыве в укладке асфальтового покрытия на обеденное время и вечером, в конце распределенного слоя укладывается поперечная рейка, одинаковой с асфальтовым слоем толщины. Эта рейка плотно прикрепляется, чтобы каток не сдвигал ее. В дальнейшем рейка снимается, борта уложенного слоя обмазываются битумом и свежая масса укладывается в притык к старому слою; до пуска катка соединительная полоска должна быть утрамбована.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Поверхность нижнего слоя (биндера) после укатки должна быть шероховата лля лучшей связи с верхним слоем. В местах, где этой шерховатости нет, желательно сделать насечки. Верхний слой укладывается на нижний без большого перерыва во времени, во всяком случае нельзя допускать загрязнения нижнего слоя. Перед окончанием укатки верхнего слоя, когда достигнуто полное уплотнение, поверхность посыпается небольшим количеством сухого минерального порошка— обычно заполнителя, после чего делается еще несколько проходов катка.

При применении в верхний слой грубого асфальтового бетона, имеющего пористую поверхность, вслед за окончанием укатки делается смазка поверхности горячим битумом в количестве 0,5—0,7 *кг* на 1 $м^2$, а непосредственно после этого рассыпается каменная мелочь размером 2—7 *мм* в количестве 0,35—0,5 $м^3$ на 100 $м^2$ и прикатывается легким катком. Движение открывается после остывания асфальтовой массы.

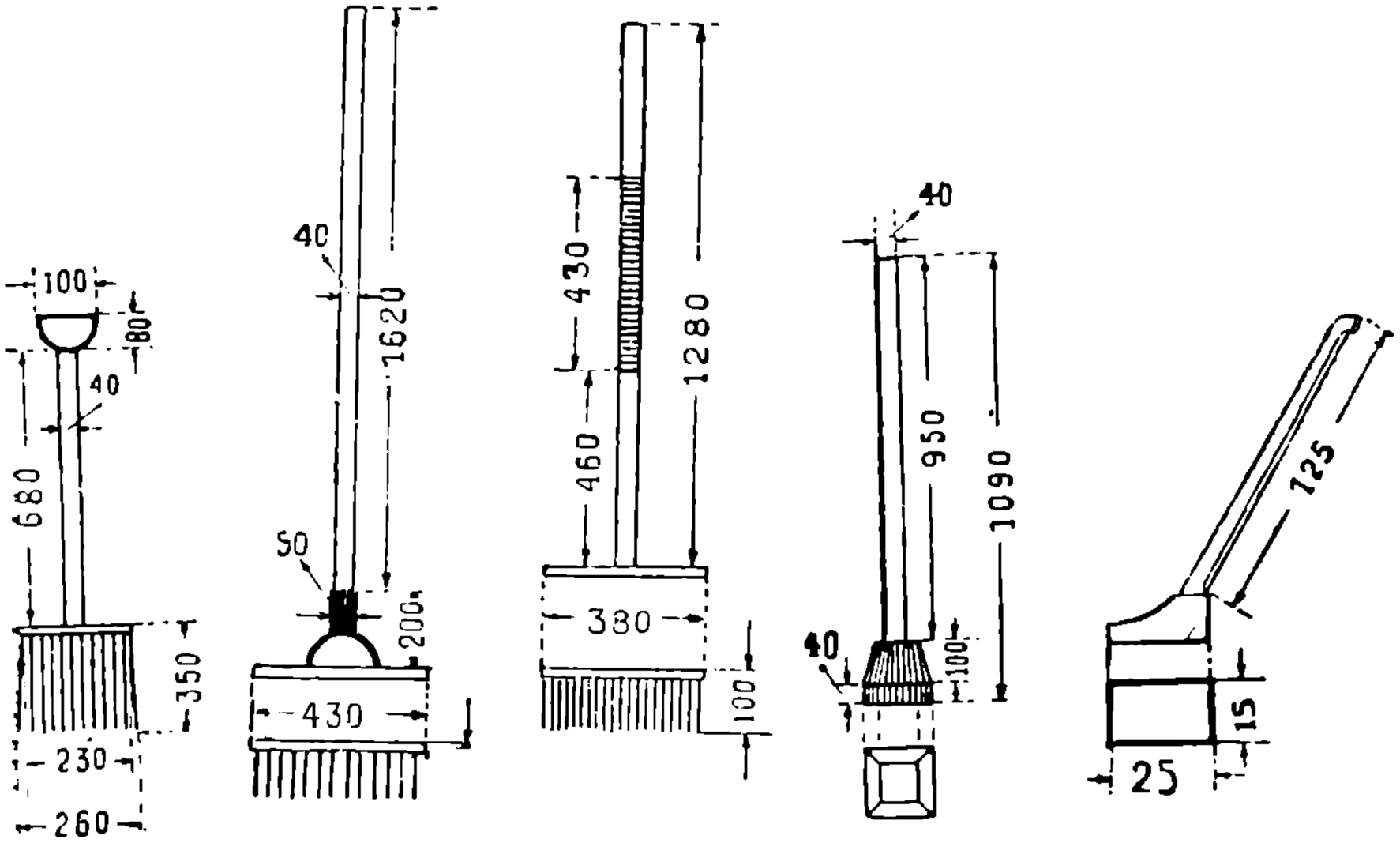


Рис. 596. Инструменты для асфальтовых работ на дороге

ГЛАВА СОРОК ВОСЬМАЯ

ЭССЕНСКИЙ ИЛИ ДАММАН-АСФАЛЬТ

§ 234. Общая характеристика эссенского асфальта. Эссенский мелкозернистый асфальт представляет собою искусственную смесь из дробленого каменного известкового материала или доменного шлака размером менее 4 *мм* с незначительной добавкой мягкого битума или дегтя. Изготовляется эссенский асфальт горячим способом, укладывается на дорогу в холодном виде, почему этот материал иногда называют холодным мелкозернистым асфальтом.

Первое применение эссенского асфальта, изобретенного доктором Даммаком, относится к 1921 г. По своей конструкции эссенский асфальт приближается к типам дегтевых и битумных покрытий, устраиваемых по способу смешения. Общность их заключается в том, что монолитность покрытия достигается здесь не столько вследствие силы сцепления каменных аггрегатов со связующим материалом, сколько расклинкой и трением зерен, составляющих асфальтовую массу Как следствие этого, покрытия подобных типов имеют малую пластичность

Из конструктивного принципа составления покрытия вытекает разница между асфальтовыми бетонами и эссенским асфальтом в отношении минеральной массы, битума, изготовления и применения.

Техническими особенностями покрытия эссенского асфальта являются:

а) применение в качестве минеральной части хорошо адсорбирующих связующий материал известняков и доменных шлаков,

б) изготовление асфальтовой массы не в период укладки на дорогу, а заранее, с возможностью хранения до трех месяцев,

в) производство укладки в холодном виде при минимальном оборудовании.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Применение в качестве минеральной составляющей распространенных у нас известняков и шлаков, заготовка массы заранее, а не в момент строительства, простота производства работ по укладке, не требующих сложного оборудования, возможность значительно увеличить строительный сезон и получающаяся при этом гладкая и прочная кора — все это является положительной особенностью данного типа. Однако срок службы этого покрытия значительно меньше, чем других асфальтовых покрытий. Применяемый минеральный скелет из известняка или шлака менее прочен на износ, чем скелет каменного материала из изверженных пород, применяемый в других асфальтовых покрытиях. И хотя раздробление известняков в мелочь и сбволакивание их с частичным впитыванием связующего материала увеличивает способность покрытия противостоять истиранию, однако все же это истирание происходит более интенсивно, чем на других асфальтовых покрытиях с прочной минеральной частью.

§ 235. Материалы для изготовления эссенского асфальта. Так как минеральная масса, работающая главным образом вследствие силы трения между зернами, должна быть устойчивой, то все естественные пески неприемлемы. Но и дробленый каменный материал годен не всякой породы. Поверхность зерен должна быть шероховатой и хорошо впитывать связующий материал. При многочисленных опытах наиболее подходящими материалами оказались кристаллический известняк, твердый ракушечный известняк, доломит, молотый доменный шлак, а также базальт. Попытки применения плотных гранитных и диабазовых пород, а также окатанного песка, привели к совершенно отрицательным результатам, — не было требуемой цементации и расклинки частиц. Как в первом, так и во втором случае масса не поддавалась уплотнению катком и трамбовкой, оставаясь рыхлой и размягченной.

Применяемый известняковый материал должен быть твердым, с сопротивлением сжатию не меньше 900 *кг* на $см^2$ и с износом в барабане Деваля не более 6%. При этом пористость материала, определяемая поглощением масла, должна быть в пределах 2—5%.

Доменные шлаки применяются кислые с большим содержанием кремневой кислоты и малым содержанием извести. Такие шлаки лучше сопротивляются атмосферным влияниям Склонность шлаков к распаду может быть определена многочасовым погружением в воду. Шлак должен обладать возможно более равномерной и мелкой кристаллической структурой, плотной по виду. Шлак, имеющий поверхность стекловидную, пенкообразную или губчатую, для работы не годится. Водопоглощаемость шлака не должна превышать 3% по весу.

Зернистость дробленого каменного материала является примерно равной зернистости трамбованного асфальта, с размером зерен 2 *мм* или несколько больше. Гранулометрический состав выработан практикой, однако можно отметить, что содержание отдельных фракций смеси, с большим или меньшим приближением, следует требованию подбора смеси по изложенному ранее способу логарифмических кривых. В качестве примера можно привести следующие примененные составы:

Таблица 188

Гранулометрические составы минеральных смесей „Дамман-асфальта"

Число отвер. на $см^2$	Диам. зерен в *мм*	Данные инженера К. Бернера			Данные инженера Рота			Данные ЦОДа (Центральн. Объед. Дамман-асф.)			Средний анализ Дамман-асфальта в ЦИАТе
		норм. состав	недостаток мелоч.	избыток мелоч.	из шлака	из базальта	из базальта + известн. 1 : 1	Доломит (норм. состав)	Тульск. известн.	Известн из покр. испыт.	
		остатки на ситах в процентах по весу									
—	2,0	00,00	00,00	00,00	—	—	—	—	—	13,30	28.50
16	1,5	—	—	—	15,20	4,00	17,00	36,00	28,70	—	35,50
64	0,75	—	—	—	—	—	—	52,00	43,00	—	53,70
100	0,60	50,00	64,6	42,70	47,00	68,60	58,60	—	—	46.30	60,00
144	0,49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	65,20
255	0,385	—	—	—	54,80	79,60	64,40	64,00	54,60	—	70,20
900	0,200	75,00	82,60	62,70	71,00	91,40	78,40	71,00	66,90	67,80	83,00
4 900	0,088	90,00	95,00	82,60	88,20	96,00	90.00	80,00	79,00	76,80	90,00
10 000	0,060	—	—	—	—	—	—	—	—	79,90	—

НБУ УДУНТ (ДШТ)

Деготь для эссенского асфальта берется жидкий, с вязкостью по Хетчинсону 5—20 сек. Битум также должен быть с температурой размягчения 25—30° С, разжиженный до вязкости 5—20 сек. в холодном состоянии Для получения полужилких при нормальной температуре битумов можно применять нормальные дорожные битумы, смешанные с более легкими маслами или разжижителями.

Консистенцию связующего материала выбирают с таким расчетом, чтобы после уплотнения получить наибольшей связности покрытие и вместе с тем иметь неслипающийся материал, удобный для укладки при нормальных температурах. Количество связующего материала зависит от адсорбционной способности минерального материала и количества в нем мелких зерен Обычно дегтя или мягкого битума беруг 5—6%.

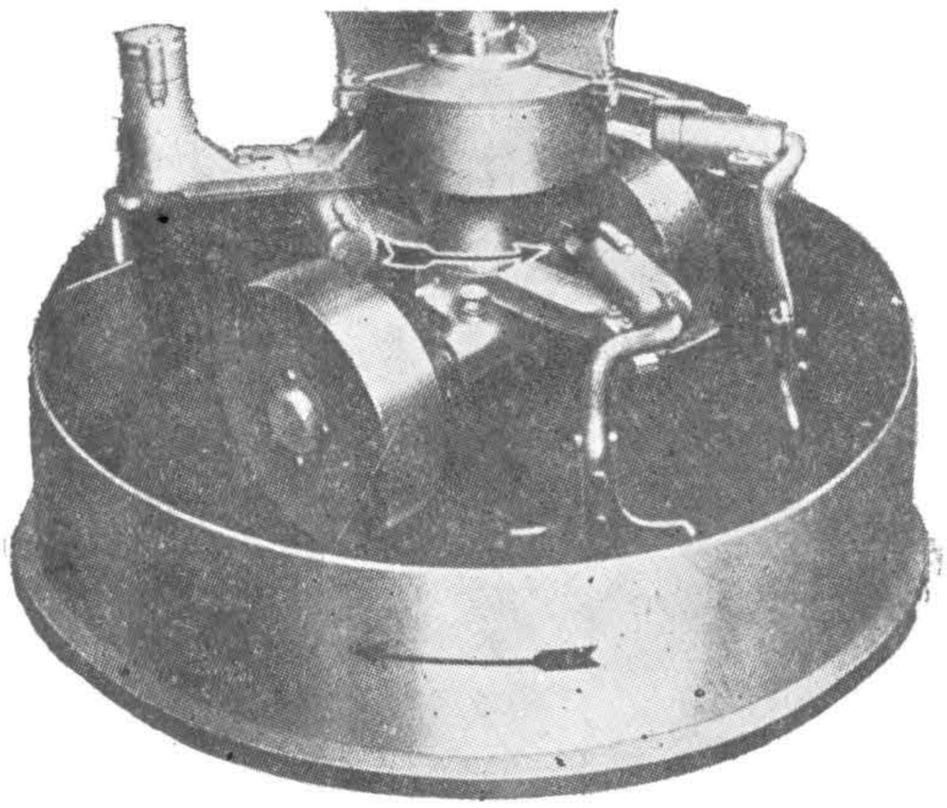


Рис. 597. Мешалка Эйриха для изготовления холодного асфальта.

Стандартных методов испытания готовой массы до сего времени не существует. Применяемые способы испытания имеют субъективный характер или дают лишь сравнительную характеристику материала. Готовая масса, в виде порошка, не должна быть сыпучей, но в то же время не должна быть жирной или слипаться во время хранения. При сжимании в руке должен образоваться комок, легко разравниваемый. Правильно приготовленный порошок имеет ровную черную поверхность с чуть заметным блеском; матовая поверхность зерен или коричневый цвет являются признаками недостатка дегтя или чрезмерной мягкости скелета. Порошок должен быть сух и почти не пачкать рук.

Для проверки качеств материала применяют испытания на вдавливание площадки в уплотненную массу, на водонасыщаемость, на сопротивление разрушению уплотненной массы резиновой шины, колеса и пр.

§ 236. Изготовление и применение эссенского асфальта. Одним из основных вопросов при изготовлении массы является дробление каменного материала. Грохочением можно регулировать гранулометрический состав лишь крупных фракций, поэтому для подбора правильного состава приходится приспособлять дробильные устройства. Дробление производится в камнедробилках и крошилках, а затем на шаровой мельнице. В случае получения большого количества заполнителя ставится пылесос.

Приготовление массы сводится к просушке минеральной части, просеиванию ее через сита, дозировке и перемешиванию с нагретым битумом (до 120° С) или дегтем (80—100° С). В виду незначительной температуры смеси (70—100 С) и незначительного содержания связующего материала в эссенском асфальте, приходится прибегать к длительному перемешиванию и растиранию массы в продолжение 8—10 минут. Для этой операции обычно применяются специальные мешалки (рис. 597). Изготовленная масса отвозится под навес, где может храниться в ожидании применения в течение трех-четырех месяцев.

Изготовление массы производится обычно на заводе, расположенном в месте добычи сырья. В наших условиях возникает вопрос об использовании для приготовления холодного асфальта и обыкновенных асфальто-бетонных машин в нерабочее для них время (например, ранней весной).

Такой опыт был произведен ЦИАТом в 1931 г. и дал благоприятные технические и экономические результаты. На рис. 598 изображена схема завода для изготовления холодного асфальта.

Эссенский асфальт укладывается как самостоятельное покрытие, кроме того он может применяться в качестве связующего материала при укатке обыкновенных щебеночных шоссе и наконец в соединении с поливкой битумом — в качестве защитного поверхностного слоя. Ямочный ремонт всяких покрытий особенно удобно производить с помощью холодного асфальта, не требующего

НТБ УАДИТ (ДГТУ)

при укладке сложного оборудования и допускающего возможность применения в сырую погоду.

Если из холодного асфальта устраивается сплошное покрытие, требуется прочное основание, которым может служить булыжная мостовая или щебеночное шоссе. Ремонт основания и выравнивание его поверхности по соответствующему профилю производят смесью из двух частей холодного асфальта и трех частей обыкновенных высевок размером 5—15 *мм*, которую перемешивают на месте работ лопатами и затем разравнивают по поверхности. После планировки этот слой в разных направлениях плотно укатывается ручным катком, весом около 700 *кг*.

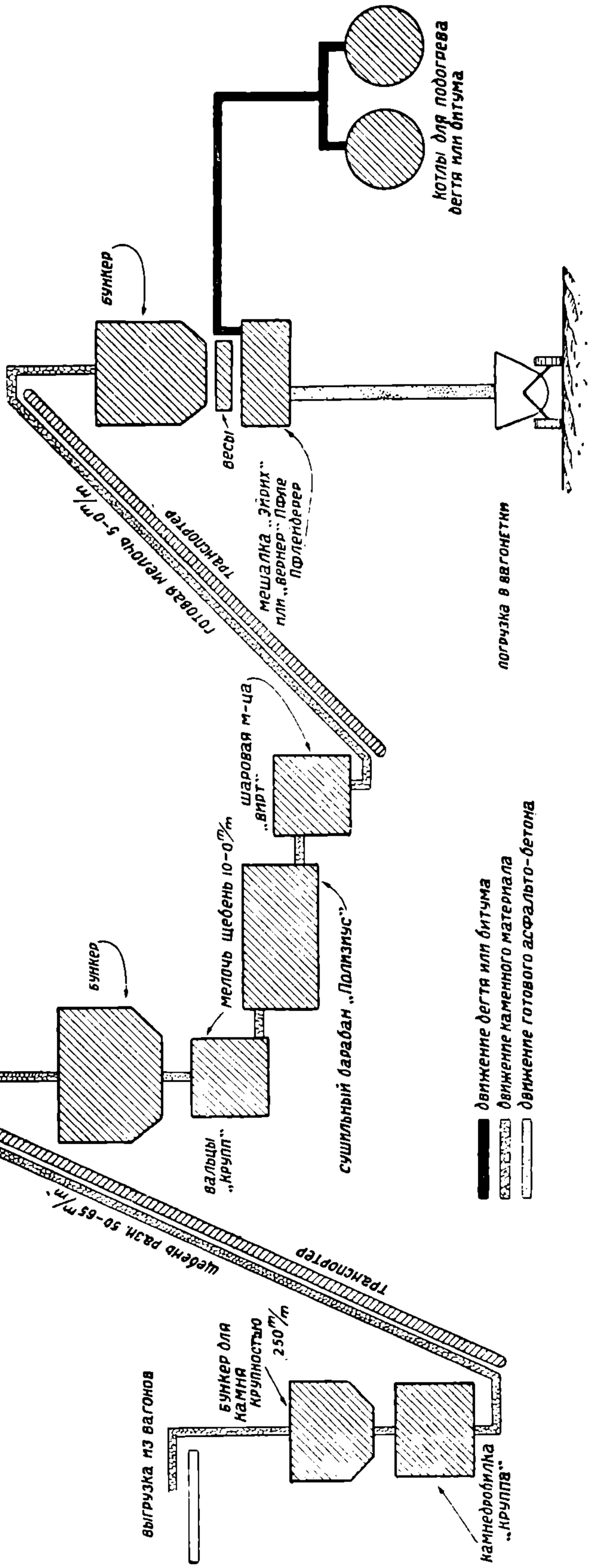


Рис. 598. Схема завода для изготовления холодного асфальта.

При укладке холодного асфальта надо обращать особое внимание на устройство прочных упоров по краям. Без устойчивого упора покрытие нормально работать не может. Для связи укладываемого слоя с бортами производится обмазка последних связующим материалом—битумом, дегтем или эмульсиями. Укладывают эссенский асфальт в холодном состоянии; распределенная по поверхности рыхлая масса граблями и рейками равномерно разравнивается по соответствующему профилю. Учитывая уплотнение, рыхлой массе придают толщину, на 25% превышающую проектную толщину покрытия, которая назначается обыкновенно в пределах 5—7 *см*. Выравненная рыхлая масса укатывается в разных направлениях ручным катком в 200 *кг* с увеличением в дальнейшем его веса до 700 *кг*. Укатка является сравнительно простой; дальнейшее уплотнение достигается проездом. Для предохранения еще не полностью уплотненного покрытия от попадания в него большого количества воды, что особенно вероятно вследствие большой пористости покрытия, полезно после укатки

НТБ УДУНТ (ДИТ)

ручным катком сделать разлив эмульсии (0,3 *кг* на $м^2$) с посыпкой ее тем же порошком. Этот тонкий слой эмульсии предохранит покрытие от проникания в него воды в период уплотнения. В первые дни эксплоатации на поверхности покрытия остаются следы колес и подков лошадей, но затем эти следы закатываются, и через 10—20 дней покрытие представляет ровную шероховатую поверхность, подобную песчаному асфальту (рис. 599).

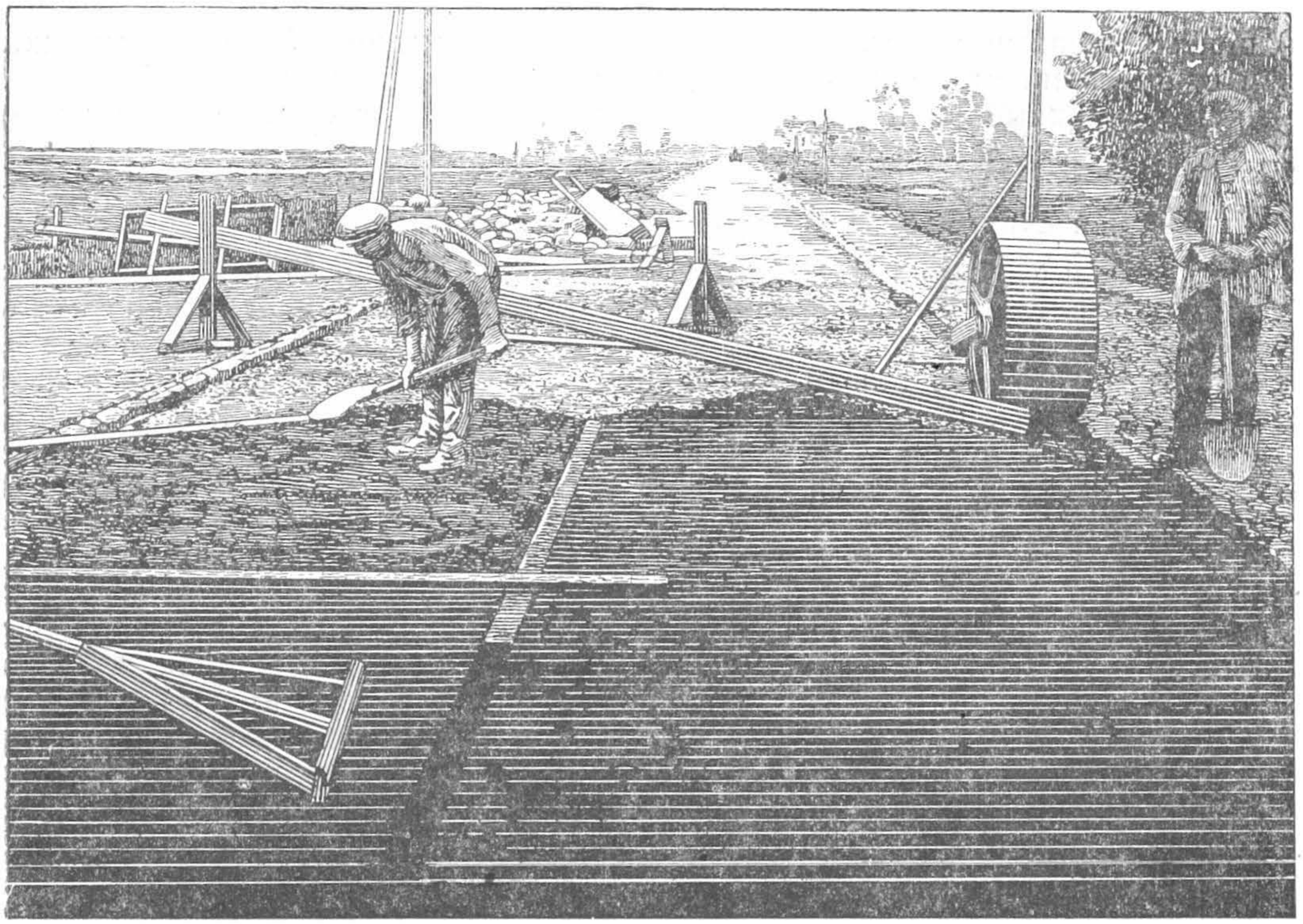


Рис. 599. Укладка холодного асфальта.

ГЛАВА СОРОК ДЕВЯТАЯ

ЛИТОЙ АСФАЛЬТ

§ 237. Общая характеристика литого асфальта. Литым асфальтом называется смесь песка, гравия и молотого известняка с таким количеством природного и нефтяного битума, которое обеспечивало бы достаточную для разглаживания ее вручную подвижность массы в горячем состоянии. Эта пластичность и подвижность массы в рабочем состоянии допускает применять ее без уплотнения укаткой, что дает возможность устраивать асфальтовые покрытия в местах, мало доступных для укатки (например, тротуарные работы).

Литой асфальт представляет собою в холодном виде твердую массу; пустоты минеральной массы без остатка заполняются битумом, который по отношению к объему пустот применяется в избытке, в количестве около 5%. Вполне свободный от пустот литой асфальт имеет высокий объемный вес — 2,2 до 2,5.

Следует отметить, что избыток битума по отношению к общему объему пустот в литом асфальте не должен быть слишком большим, так как в противном случае стойкость покрытия при жаркой погоде будет незначительной и от тяжелых нагрузок будут оставаться следы Большое преимущество литого асфальта состоит в том, что он может применяться при любой погоде и даже зимой, при небольших морозах. Литой асфальт практически водонепроницаем, а потому годен для употребления на затененных, медленно просыхающих местах. Так как дальнейшего уплотнения от проезда литой асфальт не получает, то он может также применяться и на дорогах с малой интенсивностью движения.

НБ УДУНТ (ДИТ)

В последнее время получает распространение более совершенный, так называемый твердо-литой асфальт, отличающийся от обыкновенного литого асфальта применением в качестве составляющей, вместо окатанного гравия, высевок твердых пород. Этот тип литого асфальта требует более тщательного подбора минеральных частей; применяемый в нем битум обычно более жесткий.

По роду применяемого вяжущего вещества литой и твердо-литой асфальты могут быть следующих трех типов:

а) приготовленные с асфальтовой мастикой, содержащей частично природный битум с добавлением в смесь некоторого количества битума;

б) приготовленные с природным битумом, содержащимся в асфальтовом порошке, с добавкой нефтяного битума;

в) синтетические, приготовляемые исключительно с нефтяным или природным битумом и с применением дробленого известняка.

Литой асфальт всех типов преимущественно применяется для укладки на тротуарах, площадях, дворах и во внутренних помещениях; твердо-литой асфальт, кроме того, с успехом может применяться для дорожных покрытий с интенсивным автомобильным движением, а также на заводских, складских и других площадках с большим движением.

Наиболее широкое применение получил литой асфальт с применением асфальтовой мастики. Этот способ дает возможность вести работы в небольших размерах в открытых котлах с минимумом оборудования; при этом подбор состава массы упрощается, так как мастика имеет стандартный состав и идет в дело в количестве почти 50%.

Синтетический литой асфальт, отличающийся от обычного литого асфальта тем, что вместо мастики применяется тонко дробленый известняк и битум, выгодно применять при больших масштабах работ, но надо иметь в виду, что при этом требуется специальное оборудование, а подбор состава массы усложняется. Однако этим способом достигается возможность использования местных известняковых материалов, оставляя для дальних перевозок лишь битум. При изготовлении литого асфальта мастику или молотую асфальтовую породу сплавляют с битумом и добавляют от 40 до 60% гравийного материала или каменной мелочи не крупнее 7—10 *мм*. При изготовлении синтетического литого асфальта дозируется и нагревается известковая мука, гравийный материал или дробленый каменный материал и все это смешивается затем с битумом.

К недостаткам литого асфальта следует отнести его скользкость, образование трещин в зимнее время и размягчение в жаркую погоду. Однако образования трещин и размягчения можно избежать правильной дозировкой материалов и выбором соответствующего качества связующего материала. Увеличение шероховатости и уменьшение размягчения в жаркое время достигается применением твердо литого асфальта, имеющего в своем составе каменный дробленый материал, вместо гравия. Твердо литой асфальт различается по крупности минеральных составляющих на среднезернистый или германский с максимальным размером щебеночного материала до 7 *мм* и крупнозернистый или английский с максимальным размером фракции до 12 *мм* (см. табл. 187).

Литой асфальт укладывается на твердое основание, в качестве чего для тротуаров может служить слой цементного бетона 1:7—1:8 с каменным или кирпичным щебнем или гравием, толщиною 5—10 *см*, а также слой укатанного или хорошо утрамбованного кирпичного или иного щебня, толщиною 8—15 *см*. В качестве основания для твердо-литого асфальта, укладываемого на проезжей части дороги, применяются те же покрытия, что и для асфальто-бетонов.

Литой асфальт на тротуарах укладывается в один слой, толщиной 1,5—2,5 *см* или в два слоя по 1,0—2,0 *см*; твердо-литой — на проезжей части, при слабом движении — в один слой, толщиною 2,5—3 *см*, и в два слоя, толщиною 4—5 *см*, при среднем движении (слои толще 3½ *см* трудно укладываются, и крупная минеральная часть втапливается вниз).

Минеральная масса для нижнего слоя может иметь более крупную зернистость и более мягкий битум. Для верхнего слоя лучше брать мелкие высевки и более твердый битум.

НБ УДУНТ (ДИТ)

§ 238. Материалы для литого асфальта. Песок для литого асфальта должен иметь все фракции от 0,07 до 2—5 *мм*. В отношении петрографического состава и чистоты он должен удовлетворять общим требованиям на песок для асфальтовых работ. Гравий, применяемый лишь для обыкновенного литого асфальта, обычно имеет зерна до 10 *мм*.

Для твердо-литого асфальта применяются дробленые высевки, причем максимальный размер их не должен превышать $^2/_3$ толщины покрытия. Известняковая мука для синтетического литого или твердо-литого асфальта, получаемая от дробления известняковых пород, должна иметь зерен мельче 0,07 *мм* не менее 50%. Применяемая асфальтовая мастика приготовляется на месте сырья путем сплавления при 160—200° дробленой асфальтовой породы с природным или с нефтяным битумом. При этом количество битума в массу вносится максимальное, при котором однако можно получать твердые плиты мастики, удобные для транспортировки.

В качестве примера приводим следующий гранулометрический состав мастики в процентах по весу.

Таблица 187

Размер фракции в *мм* / Наименование материала	2,0 0,6	0,6 0,2	0,2 0,09	0,09 0,06	мельче 0,06	Количество битума
Асф. мастика немецкая (по Klose)	24	23	23	5	25	15%
Размер сит в *мм*	2.0 0,6	0,60 0,18	0,120 0,074	Мельче 0,074	—	—
Асф. мастика английская (по Heintrich)	7,1	21,6	11,2	43,2	—	16,4

Проект стандарта на мастику для СССР предусматривает изготовление ее из смеси дробленого асфальтового известняка с битумом или из смеси простого известняка с битумом.

Крупность помола намечается:

зерен крупнее	9 *мм*	0%
„ „	0,2 *мм*	не более 15%
„ мельче	0 09 *мм*	не менее 50%

В настоящее время у нас мастика готовится из содержащих 6—8% твердого битума сызранских доломитовых известняков с добавлением нефтяного битума. При этом общее количество битума в мастике должно быть не менее 15%.

Асфальтовая мастика изготовляется в виде плит весом 25—32 *кг*. При применении вместо мастики дробленого битуминозного известняка гранулометрический состав его тот же, что и мастики. Битум для литого и твердо-литого асфальта применяется природный и нефтяной; он должен удовлетворять следующим основным условиям (табл. 188, см. стр. 670).

При проектировании литого и твердо-литого асфальта минеральная часть подбирается таким образом, чтобы получилась максимальная пластичность смеси. Подобная смесь не должна иметь пористость в утрясенном состоянии более 22%.

НБ УГЛТУ (ДГТ)

Таблица 188

Нормы на битум, применяющийся для приготовления литого асфальта [1]

Способ испытания / Типы литого асфальта	Температура размягчения по кольцу и шару	Пенетрация при 25° С	Температура затвердевания	Дуктильность *см*
1. Мягкий литой асф. для внутренних холодных помещений, изоляции и т. п.	25 — 45	> 95	ниже 25°	> 100
2. Нормальный литой асф. для тротуаров и других внешних покрытий с малым движением	40 — 60	25 — 140	ниже 10° С	> 10
3. Нормальный для дорожных покрытий с тяжелыми движениями	45 — 60	25 — 95	ниже 10° С	> 10
4. Жесткий литой асф. для горячих внутрен. помещений	60 — 90	0 — 25	ниже + 20°С	около 5
5. Асфальтовая мастика	50 — 80	10 — 50	—	не менее 8

В качестве примеров приводим составы литых асфальтов, применяемых за границей (табл. 189, см. стр. 671).

В зависимости от качества имеющихся материалов, отдельные составные части литого асфальта подбираются в таких пропорциях, чтобы в результате получился гранулометрический состав смеси, соответствующий приведенным данным в таблице 189. В качестве примеров приводим некоторые рецепты литых асфальтов по применяемым материалам.

Среднезернистый литой асфальт с мастикой

Гравия 2—10 *мм*	30%
Песку	11%
Мастики	50%
Битума около	4%

Синтетический среднезернистый литой асфальт

Гравия 2—10 *мм*	36%
Песку	27%
Известковой муки (с 70% заполнителя)	27%
Битума около	10%

Среднезернистый (германский) твердо-литой асфальт с мастикой для верхнего слоя:

высевок 0—5 *мм* и песку	50%
Мастики	45%
Битума	5%
Песку и высевок	

Крупнозернистый твердолитой асфальт (английский)

Высевок 12—20 *мм*	40%
Мастики	60%
Битума	0— 2%

Подбор состава литого асфальта из имеющихся материалов ведется так, чтобы в результате получить смесь, приближающуюся по своему гранулометрическому составу к составам, оправдавшим себя на практике.

При этом пористость смеси в утрясенном виде не должна быть более 25%. Количество битума для литого асфальта определяется из условия получения избытка битума в 3,0—5% над пористостью минеральной массы в утрясенном виде. При этом средняя толщина пленки битума должна быть не более 5 микрона и масса в нагретом состоянии должна легко разглаживаться.

Окончательный подбор состава и процент битума делается на основании физико-механических испытаний, при этом асфальтовая масса должна иметь следующие лабораторные показатели:

[1] М. Г. Старицкий, Литой асфальт.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Составы литого асфальта, применяемые за границей (фракции в %%[1])

Наименов. рецептов \ Размер фракции	от 7 *мм*	7—2 *мм*	2—0,6	0,6—0,2	0,2—0,09	0,09—0,06	< 0,06	битума
А. Среднезернистые литые асфальты.								
1. Литой асфальт (Klose)	—	30	20	15	10	25		
2. Твердо-литой асфальт (Klose)	3	39,8	21	8,7	8,3	2,7	16,5	9,5
3. Klose u Harmann	—	32,6	9,4	10,6	9,5	8,8	29,1	9,2
4. Neumann . . .	—	30	14.0	20.0	10 0	4.0	22,0	
5. Hermann (1928)	4 9	26,5	12,9	19,6	8,1	5 2	22,8	
6.	0,7	26,6	15,3	23,9	10,1	3,2	20,2	
7. Jlse .	8,0 (5—12 *мм*)	18,3 (до 5 *мм*)	18,0	7,7	(0,075—0,2) 19,5	(0—0 075) 28,5		

Размер фракции	1″ – 1/2″	1/2″ – 3/8″	3/8″ – 1/4″	1/3″ – 1/4″	1/4″ – 1/8″	1 5″ – 0,83″	0,83″ – 0,59	0,59 – 0,417	0,417 – 0,295	0,295 – 0,175	0,175 – 0,15	0,15 – 0,074	мельче 0,074	
8. Atwool					31,8	5,5	3,8	2,5	5,2	10,1	3,1	7,4	30,0	
9. Metzger			3,0		37,0	13,0	6,5	5,5	4,0	5,0	2,0	4,0	20,0	
Б. Крупнозернистые литые асфальты.														
10. Atwool			22,4		14,4	11,2	3,1	4,3	3,7	5,0	6,9	3,7	7,6	17,7	
11. Metzger .		9,5	29,5		11,5		2,5	2,0	2,5	3,0	8,5	5,5	1,5	24,0	11,0
12. Heintrich		42,2			—	—	6,2	2,6	4,1	2,9	6,3	3,1	7,9	24,7	10,8
13. Английский стандарт без мастики			28 – 49,5												

[1] М. Г. Старицкий. Литой асфальт.

НБ УДУНТ (ДИТ)

объемный вес	2,2—2,5
временное сопротивление сжатию при температуре 25° С	не менее 30 *кг/см²*
уменьшение временного сопротивления сжатию после 28-дневного намокания	менее 10%
вдавливание штампа = 1 *см²* под давлением 52 *кг* в течение 5 час.	не более 10 *мм*
набухание в воде и водопоглощение	0%
водопроницаемость под давлением до 4 атмосфер	0%
понижение сопротивления сжатию после замораживания	не более 10%.

В дорожном строительстве применяется также ряд пластичных масс, подобных литому асфальту, например, для заливки швов брусчатых мостовых, промежутков между трамвайными рельсами и проезжей части и т. п. По существующим германским промышленным нормам, масса для заливки швов должна удовлетворять следующим нормам

В качестве минеральной составляющей применяются измельченный известняк, мергель, угольная зола просеянная и т. п.; при этом не допускается применение материалов, растворимых в воде.

Тонкость помола минеральной части—зерен крупнее 0,2 *мм* должно быть не более 1%, зерен мельче 0,09 *мм*—не менее 80%.

В качестве связующего материала применяется битум, составляющий 50—70% по весу от всей массы.

Изготовленная масса имеет температуру размягчения по Кремер Сарнову выше 39° С; температуру затвердевания массы ниже +5°С. Масса должна быть однородной и не распадаться в течение 30 минут при температуре 100—120° С. Должна хорошо заполнять щели в 5 *мм* при температуре 100--120°С. Пластичность ее должна быть такова, чтобы при температуре 45° С и угле наклона 15° стекание массы было не более 50 *мм*. В холодном состоянии (0° С) кубик массы при разбивании молотком должен распадаться на несколько крупных кусков. а не в мелкие кусочки или порошок.

§ 239. Изготовление и применение литого асфальта. Литой асфальт с применением мастики может приготовляться в открытых котлах с ручным перемешиванием. Все остальные типы литого асфальта должны приготовляться в специальных закрытых котлах, снабженных вращающимся валом с лопастями для перемешивания. Котлы эти могут быть как стационарные, так и передвижные. Материалы отвешиваются для загрузки на десятичных или пружинных весах; мастика может загружаться по счету брикетов, вес которых должен быть предварительно проверен в каждой партии.

При приготовлении литого асфальта в открытых котлах емкостью 0,6—0,8 *м³*, сначала асфальтовая мастика и добавочный битум загружаются и расплавляются при постоянном перемешивании железным веслом. В расплавленную массу засыпают высушенные и, желательно, подогретые материалы — песок, гравий или высевки. Перемешивание с постоянным подогреванием продолжается до полной однородности смеси.

Рабочая температура при заполнении котла минеральным материалом должна быть не выше 160° С и во время дальнейшего приготовления должна находиться в пределах 165—180° С, ни в коем случае не превышая 200° С.

Готовая масса черпается из котлов ведрами и относится к месту укладки. Хорошо приготовленная масса должна быть однородной, иметь способность намазываться; при многократном погружении в массу чистой деревянной палки получается характерное шуршание песка; налипание массы к палке происходить не должно. Изготовление массы в открытых котлах вручную затрудняет дозировку, ведет к местным перегревам и подгоранию битума и весьма неудовлетворительно в санитарном отношении.

Для более рационального изготовления массы применяются закрытые стационарные котлы, приспособленные для перемешивания, заделанные в кладку над топочными устройствами. Емкость таких котлов обычно 5—10 *т* массы, время изготовления 5—6 часов. Для сушки песка имеются особые приспособления на котле. Готовая смесь сливается в особые цистерны, в которых она и доставляется к месту работ. Емкость цистерн 1—1½ *м³*. Котел цистерны снабжен внутренним валом с перемешивающими лопастями, которые посредством цепи приводятся в движение червячной передачей от задней оси колеса.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Для изготовления литого асфальта на месте постройки применяется подвижное устройство, в котором он варится и перемешивается. Перемешивающее приспособление через червячную ременную передачу приводится в движение тягачом или иным двигателем. Приготовленная тем или иным способом и доставленная на место работ масса распределяется при температуре 165—180° на чисто выметенное и сухое основание и разглаживается вручную деревянными вальцами. При снеге, а также мокром или обледенелом основании укладку массы производить нельзя. Если укладка делается в два слоя, нижний слой затирается деревянными терками, а после остывания по нему укладывается верхний слой. Поверхность верхнего слоя также затирается терками и присыпается сухим песком.

Для того чтобы масса лучше примыкала к выступающим бордюрам, колодцам, рельсам и пр., последние предварительно смазываются горячим битумом. В местах примыкания новой укладки к раньше уложенной, по краю последней для ее разогревания кладется горячая масса. После размягчения края, излишек массы разравнивается и укладка идет дальше. Чтобы придать покрытию из литого асфальта больше шероховатости, можно по поверхности уложенной, но еще не остывшей массы распределить черные высевки в количестве 8—10 *кг* на 1 $м^2$ и укатать ручным катком.

Движение открывается после полного остывания массы.

Поверку связи покрытия с основанием можно делать, ударяя палкой по покрытию. Места, издающие глухой звук, должны быть взломаны и уложены заново. При дальнейшем содержании, в случае образования на покрытии пузырей, они должны затрамбовываться. В случае образования на покрытии мелких выбоин или трещин слабые места вырубаются и перекладываются с добавкой новой массы. При укладке заплат необходимо предварительно вычистить основание и согреть края соседних участков горячей массой. При переустройстве покрытия старый литой асфальт взламывается и переплавляется с добавкой обычно 1:1 свежего материала. В последнее время используются и старые изношенные покрытия из асфальтового бетона или песчаного асфальта. При разломе этих покрытий масса идет в переплав, как добавка к свежему материалу для литого асфальта.

ГЛАВА ПЯТИДЕСЯТАЯ

ДРУГИЕ ТИПЫ АСФАЛЬТОВЫХ ПОКРЫТИЙ

§ 240. Трамбованный или прессованный асфальт. Этот вид асфальта представляет собой измельченную в мелкий порошок (до 2 *мм*) асфальтовую породу; порошок нагревается до 150°, рассыпается и выравнивается по твердому основанию ровным слоем от 5 до 7 *см*, укатывается легким катком или утрамбовывается ручными или механическими трамбовками, а затем приглаживается тяжелым нагретым утюгом. Окончательное уплотнение покрытие получает от движения повозок.

Количество битума в трамбованном асфальте 6—13%. Так как асфальтовая порода не всегда содержит в себе равномерно такое количество битума или содержит битум не того качества, какое нужно, то недостаточное количество выполняется нефтяным битумом.

По германским нормам (Штуфа) трамбованный асфальт имеет следующий состав:

крупнее 2 *мм*	0%
от 2 до 0,6 „	10—25%
„ 0,6 „ 0,2 „	10—25%
„ 0,2 „ 0,09 „	10—12%
„ 0,09 . .	30—50%
Процент битума .	7,5—12%
Пористость .	менее 25%

Трамбованный асфальт является старейшим типом асфальтовых покрытий. С 60-х годов прошлого века он получил широкое распространение в Западной Европе. При твердом основании это покрытие служит очень долго (известны случаи работы покрытия в течение 60 лет). Основными недостатками его

НБ УДУНТ (ДШТ)

являются—большая скользкость, особенно при автомобильном движении, и неэкономичность, в виду применения исключительно привозных материалов асфальтовых месторождений.

§ 241. Роккасфальт. Американский роккасфальт („естественный скалистый асфальт") представляет собой разновидность трамбованного асфальта. Этот тип покрытия имеет большое сходство с эссенским искусственным асфальтом. Изготовляется он из песчаника, пропитанного битумом, преимущественно из месторождений в Кентукки (С. Америка), почему этот тип иногда называется кентуккским. Асфальтовый песчаник дробится в порошок крупностью 2—3 *мм*. Зерен мельче 0,08 *мм* содержится 5—12%; битума 6—7%. В случае, если породы не содержат этого количества, добавляют нефтяной битум. Битум асфальтового песчаника при обыкновенной температуре обладает вязко-жидкими свойствами. В соответствии с консистенцией битума дробленая масса допускает укладку в холодном виде. После измельчения, масса пересылается на место потребления. Укладывается она на твердое основание. После распределения и выравнивания под шаблон на толщину 5—7 *см* производится укатка легким катком. Уплотнение покрытия продолжается и в первый период после открытия движения.

По образцу „естественного роккасфальта" в САСШ изготовляется искусственный асфальт — Artificial Rockasphalt, еще более приближающийся по способу изготовления и применения к искусственному эссенскому асфальту.

§ 242. „Caprovia". Этот тип асфальтового порошка применяется в Англии и САСШ. Укладка массы производится в холодном виде. В этом типе применяется твердый битум, размалываемый в мелкий порошок. Изготовляется сухая смесь, состоящая из каменного дробленого материала размером 6—12 *мм* и разной крупности песка, и обрабатывается легкими отгонками смолистых нефтей. Затем к этой смеси добавляется заполнитель (4—7%) и порошкообразный битум (8—10%). Полученная в результате смешения асфальтовая масса имеет примерно следующий состав:

каменный материал от 6 до 12 *мм*	50%
песок	10%
каменная мелочь	26%
заполнитель (портландцемент или известковая мука)	5%
битум твердый . . .	9%
	100%

Уложенная ровным слоем на твердое основание в холодном состоянии, эта смесь укатывается затем тяжелым катком. Под действием катка жесткий битум растворяется в разжижителе и равномерно обволакивает минеральные зерна. Этот способ, не требующий при изготовлении и укладке нагревания и сложного оборудования, особенно удобен для ямочного ремонта всяких типов дорог.

§ 243. Асфальтовые плиты. Асфальтовые плиты готовятся заводским способом.

Асфальтовая смесь в горячем виде поступает в специальный пресс и выходит в форме плит стандартных размеров, которые укладываются в холодном виде на основание. Наиболее употребительный размер плит—прямоугольные $30 \times 12{,}5 \times 5$ *см* или квадратные $25 \times 25 \times 5$ *см*.

Технические особенности асфальтовых плит следующие:

1) возможность изготовления материала, круглый год используя при этом асфальтовые смесители, применяемые для других типов покрытий.

2) Простота и легкость устройства одежды этого типа, которая может производиться круглые сутки и при этом в сырую погоду.

3) Возможность разборки асфальтовой одежды при разрытиях без порчи плит.

4) Большая однородность и лучшее уплотнение плит, изготовляемых заводским способом в сравнении с асфальтовым покрытием, укладываемым на месте.

На ряду с указанными преимуществами следует отметить, что основание для плит должно быть прочным и гладким (цементнобетонное).

Кроме того, плиты с течением времени могут обулыживаться.

Плиты применяются двух типов: 1) из асфальтового порошка, 2) мелкозернистого асфальтового бетона.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Асфальтовые плиты должны обладать большей твердостью, чем одежды, устраиваемые в горячем состоянии, с тем, чтобы они не меняли своей формы, при транспортировке и в укладке в штабеля. Эта твердость достигается путем сильного прессования при изготовлении плит, а также применением более жесткого битума; в частности при изготовлении плит из мелкозернистой асфальтовой массы применяются битум с пенетрацией 10—45 вместо обычного для асфальтового бетона 40—70. Изготавливаются плиты из горячей асфальтовой массы, которая укладывается в формы и прессуется в специальном прессе давлением от 200 до 750 *кл* на $см^2$

Состав асфальтовой массы, применяемой для изготовления плит. [1]

Таблица 192

Состав смеси	Бельгийский тип	Американский тип	По опытам Глата в Москве
Каменная мелочь крупн. 10 *мм*	—	70—75	—
„ „ 6 „	—	—	90 %
„ „ 5 „	70—72	—	—
Порошкообразный заполнитель.	20	15—20	10 (асфальт. порошок)
Битум.	8—10	8—8,5	6,5

Плиты укладываются на гладкое и твердое основание проезжей части; для предупреждения сдвига плит по основанию, они укладываются в цементный раствор или поверхность основания для плит промазывается горячим битумом.

ЛИТЕРАТУРА К ОТДЕЛУ IX

1. Проф. Н. Н. Иванов. Черные дороги. Гострансиздат 1931 г
2. В. Рейнер. Новые методы дорожного строительства. Перевод с немецкого. Гострансиздат 1931 г.
3. Инж. А. И. Анохин. Постройка и содержание черных дорог. Транспечать 1930 г.
4. А. И. Мезерина. Битумные и дегтевые дорожно-строительные материалы. Гострансиздат 1932 г.
5. А. И. Мезерина. Методы лабораторных испытаний дорожных битумных и битумоподобных материалов. Гострансиздат 1931 г.
6. Дегти и их применение в дорожном строительстве. Перевод с немецкого Гострансиздат 1931 г.
7. Труды Научноисслед. автодорожн. Института при Главдортрансе РСФСР. „Исследования по строительству черных дорог". Гострансиздат 1932 г.
8. Госуд. Научно-Экспер. Инстнтут граждан. промыш. и инженерн. сооружений. Городские улицы и их благоустройство. Гострансиздат 1931 г.
9. Бредлей и Хенкук. Усовершенствованные дороги и улицы. Перевод с английского Гострансиздат 1932 г.
10. Инж. А. М Иевлева. Битуминозные дороги. 1933 г.
11. Циат. Опыт учета дорожного строительства 1930 г. Книга II и III Гострансиздат 1931 г.

[1] К. Н. Куприянов. Новейшие течения в дорожной технике.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ОТДЕЛ X

РЕМОНТ, СОДЕРЖАНИЕ И ЭКСПЛОАТАЦИЯ ДОРОГ

ГЛАВА ПЯТЬДЕСЯТ ПЕРВАЯ

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛОАТАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ НА ДОРОГАХ

§ 244. Общие задачи. Все построенные и восстановленные дороги, независимо от типа их покрытия, не могут быть оставлены после постройки без надзора. Время, явления, происходящие в природе, движение по дороге, — все эти факторы постепенно разрушают дорогу, приводя ее в непроезжее состояние, и чем больше запущена дорога, тем больше средств потребуется на ее восстановление.

Эпоха империалистической войны и первых лет послевоенного периода вследствие полного отсутствия забот о дорогах привела к значительному уменьшению дорожного капитала, к сильному разрушению и без того малой дорожной сети. В настоящее время, в связи с общей реконструкцией народного хозяйства, дорожная сеть с каждым годом возрастает, а потому старыми способами поддерживать в исправном состоянии дороги не представляется возможным, и в силу этого сами методы содержания дорог должны быть реконструированы.

Основными вехами реконструкции содержания дорог являются:

1) Реконструкция эксплоатационной службы на дорогах с широким привлечением к содержанию дорог совхозов, колхозов, машино-тракторных станций, промышленности и общественности.

2) Внедрение простейшей и более сложной механизации.

3) Максимальное использование местных материалов.

4) Внедрение усовершенствованных методов содержания с применением связующих материалов.

5) Применение такого метода содержания дорог, который давал бы возможность перевода дороги из одного технического класса в повышенный без особых капитальных вложений.

Излагаемый ниже материал дает представление о методах производства работ по ремонту дорог и их содержанию и об организации как этих работ, так и эксплоатационной службы.

По окончании постройки дороги заботы о ней переходят от строительной организации к организации, эксплоатирующей дорожную сеть. Основные задачи такой организации заключаются в следующем:

1) Уход за дорогой в первый период после ее постройки, отличающийся от обычного ухода тщательностью и некоторыми особенностями работ.

2) Содержание дороги в состоянии, при котором движение по дороге возможно во все времена года и вполне безопасно.

3) Производство текущего ремонта.

4) Производство среднего и капитального ремонта.

5) Реновация или восстановление дорог.

По характеру ремонта работы по эксплоатации можно разделить на: 1) ремонт проезжей части. 2) ремонт полотна, 3) ремонт водоотводной системы, 4) ремонт искусственных сооружений, 5) ремонт гражданских сооружений и пр.

„Содержание дороги“, „текущий ремонт“, „капитальный ремонт“, „реновация или восстановление“ и „реконструкция“ являются видами работ, производящихся на дорогах в целях поддержания их в проезжем состоянии Характер этих работ отличается друг от друга в отношении как стоимости, так и применяемых инструментов, оборудования и материалов.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Работы, производящиеся в порядке „содержания", не требуют больших капиталовложений, выполняются несложными инструментами и почти не требуют добавления материала. Исключение составляет „зимнее содержание", требующее значительных затрат и применения сложного оборудования. Под термином „содержание" понимается комплекс работ, направленных к поддержанию безопасности движения, регулирование этого движения, приведение дороги к красивому внешнему виду и борьбе за санитарное состояние дороги. Инструментами являются: лопата, топор, метла, кирка и пр. инструменты.

„Текущим ремонтом" называется комплекс работ, направленных к исправлению мелких повреждений, которые, не будучи исправлены, могли бы в дальнейшем повести к серьезным повреждениям. Текущий ремонт требует более сложных инструментов, добавления материалов и бо́льших затрат.

Когда же срок службы покрытия истекает и дорога, несмотря на производство „текущего ремонта", приходит в негодность, производят капитальный ремонт, приводя ее в первоначальный вид. В данном случае капитальные вложения велики и оборудование мало отличается от оборудования, употребляемого при постройке.

„Реновацией" или „восстановлением" называется капитальный ремонт сильно запущенной дороги с восстановлением ее точно в первоначальном виде, то есть с соблюдением тех же технических условий, основных размеров и применением того же материала. Если восстановление дороги делается по другим техническим условиям, вызванным новыми требованиями (увеличение грузонапряженности, изменение характера движения), то работа по восстановлению носит название „реконструкции".

§ 245. Организации, ведающие эксплоатацией дорог. Дороги общего пользования строятся и содержатся управлением шоссейных и грунтовых дорог и автомобильного транспорта.

Центральное управление (при СНК СССР) имеет в своем подчинении аналогичное управление при каждой республике, входящей в состав Союза (главдортрансы); последние разделяются на областные или краевые дортрансы.

В виду того что строительство дорог требует совершенно другого оборудования и совершенно других навыков, указанные функции, как сказано в отделе I нового строительства, выделены и переданы специальным организациям, входящим в состав дортрансов (дорстроям). Эксплоатация же дорог передана специальным дорожно-эксплоатационным участкам, подчиненным дортрансам.

В последнее время стал вопрос о том, что РИКи, ведающие прочими отраслями хозяйства (школы, больницы и т. п.), должны также взять на себя и заботу по содержанию дорог, находящихся на их территории, для чего при РИКах организуются райдортрансы. Пока этот вопрос еще окончательно не разрешен и вся сеть дорог государственного, республиканского и областного значения содержится эксплоатационными участками, подчиненными областным или краевым дортрансам.

Для работ, производящихся в порядке содержания дорог, необходимо создать такой способ, который с наименьшими затратами обеспечивал бы полный объем и наилучшее качество выполнения работ.

В практике встречаются следующие способы организации работ по содержанию дорог:

1. Разделение участка на мелкие околодки с передачей их определенным лицам (ремонтерам).
2. Передача всех работ группе (артели) рабочих, передвигающейся по мере выполнения работ от одного конца участка к другому и возвращающейся в обратном направлении для выполнения следующих по очереди работ.
3. Передача определенных участков дороги для содержания населению.

Величина самого эксплоатационного участка и системы его административного деления зависят от многих местных причин. Длина эксплоатируемых дорог, род одежды, географическое расположение сети, грузонапряженность дорог и наличие того или иного административного центра—все это влияет на размеры эксплоатационного участка.

Задача определения размеров участка решается следующим образом:

НБ УДУНТ (ДИТ)

1) Наибольшее расстояние до наиболее отдаленных точек участка должно быть таким, чтобы в случае острой необходимости администрация участка могла попасть туда в тот же день, а в крайнем случае — на следующий день. При этом, конечно, необходимо считаться с наличием существующих способов связи (близость железнодорожной линии, водного пути, наличие собственного механического транспорта и т. п.). Отсюда ясно, что если дорожная сеть, находящаяся в ведении участка, вытянута в одном направлении (например, одна магистраль с незначительным разветвлением), то участок должен быть наименьшей длины. При звездчатом расположении сети общая сумма всех дорог, входящих в один участок, будет наибольшей.

2) Наилучшим решением при передаче сети дорог в эксплоатацию определенному участку будет такое, при котором участок получит в свое ведение дороги с одинаковым покрытием, так как наличие разнообразных покрытий потребует совершенно различного оборудования, различных систем эксплоатации и кадров, хорошо осведомленных в содержании различных типов дорог; оборудование же вследствие разбросанности участков с одинаковым типом покрытия не сможет быть использовано рационально, что вызовет бесцельное удорожание.

3) Род одежды и размер грузонапряженности являются также весьма важным факторами при определении размеров участка. Одежда, требующая постоянного тщательного содержания и ежегодных трудоемких ремонтов, вызывает необходимость уменьшать длину участка, так как обилие точек работ не даст возможности техническому персоналу участка охватить эти работы постоянным надзором.

4) Желательно, чтобы эксплоатационные участки были расположены таким образом, чтобы на территории одного административного района не было нескольких участков, так как это вызывает нечеткость взаимоотношений с местными административными органами. Кроме того управление эксплоатационных участков должно учитывать перспективы развития дорожной сети, должно быть хорошо осведомленным о перспективах экономики территории, на которой расположена его сеть дорог; а потому наилучшим решением с данной точки зрения было бы такое, при котором один эксплоатационнный участок охватывал бы один или несколько районов, обслуживая их полностью.

Цудортранс предложил следующие измерители для определения длины сети дорог, входящих в ведение одного эксплоатационного дорожного участка:

дороги с преимущественно-каменными одеждами	200—300 *км*
дороги с преимущественно-грунтовыми одеждами	300—400 *км*

В целях правильной разбивки разрабатывается система эксплоатационных участков с единой номерацией для всей РСФСР.

Выбор способов организации эксплоатации дорог зависит также от многих причин, а именно: от рельефа, гидрологических, климатических и грунтовых условий местности, от типа покрытий и грузонапряженности дорог, от густоты населенности прилегающей к дорогам территории, от преобладания того или иного транспорта и т. п.

§ 246. Способы организации эксплоатационной службы. *I способ* — прикрепление особых работников к определенной территории (прикрепленные ремонтеры). Этот способ может быть с успехом применен лишь в следующих случаях:

а) по местным условиям — когда рельеф местности, гидрологические и другие условия таковы, что не вызывают на участке дороги постоянных серьезных разрушений, а потому дорога может содержаться в порядке силами одного человека (с добавлением небольшого числа рабочих в особо трудное время года);

б) по условиям покрытия — когда покрытие таково, что его мелкий ремонт не требует особого оборудования и объем работ также не велик;

в) по густоте населения — при сравнительно слабой густоте населения, когда нельзя использовать трудучастие населения или когда уход за дорогой требует некоторых навыков и не может выполняться неквалифицированным населением;

г) по виду транспорта — при преобладании автомобильного движения с большими скоростями значение путевых сторожей (ремонтеров) особенно воз-

НБ УДУНТ (ДИТ)

растает, так как необходимо усиленно заботиться о безопасности движения и поддерживать дорогу в надлежащем виде.

II способ — бригадное содержание. Этот способ является единственно правильным в том случае, когда количество работ на дороге и их характер не под силу одному человеку, когда требуется быстрое выполнение трудоемких работ и применение рабочих различных квалификаций, с использованием специального оборудования.

Наличие бригадного метода все же не может отменить института путевых сторожей при сильном автодвижении, так как бригада, находясь в данной момент в одной точке дороги, не может отвечать за безопасность движения по всей дороге. В этом случае применяется комбинированный метод, то есть „бригадный" с сохранением путевой охраны.

III способ — передача содержания дороги местному населению с успехом может быть применена на дорогах такого рода, где ремонт не требует особых навыков и особого оборудования Передача эта может производиться в организованном порядке через райлортранс, при поддержке общественности в лице Автодора, в задачи которого входит организация этих работ и руководство ими.

Определение длины участков, переданных для содержания по одному из указанных способов, а также детальное описание методов работы будет изложено более подробно в соответствующих главах, относящихся к содержанию различных типов дорог: грунтовых, гравийных, шоссейных и др.

Способы производства капитального ремонта полотна и водоотводной системы и организация этих работ мало отличаются от соответствующих работ при постройке дорог, а потому в дальнейших главах данные вопросы не излагаются.

Также не рассматриваются вопросы капитального ремонта искусственных и гражданских сооружений, так как предмет их изложения принадлежит специальным курсам.

Дальнейшие главы посвящены изложению материалов по следующей программе:

а) методы производства и организации „содержания" и „текущего" ремонта полотна и водоотвода;

б) „содержание", „текущий" и „капитальный" ремонты проезжей части дорог;

в) зимнее содержание;

г) сторожевая служба на дорогах.

ГЛАВА ПЯТЬДЕСЯТ ВТОРАЯ

СОДЕРЖАНИЕ ДОРОГ НИЗКОЙ СТОИМОСТИ

§ 247. Характер работы. Методы содержания дорожного полотна, водоотвода и искусственных сооружений общий для всех видов дорог, независимо от типа покрытий. Главнейшие работы, связанные с эксплоатацией дорог, как указано выше, могут быть разбиты на следующие основные группы: 1) собственно содержание, 2) текущий ремонт, 3) капитальный ремонт.

Каждая из этих групп обнимает различные виды работ, главнейшие из которых для дорог низкой стоимости следующие:

А) Содержание а) Непосредственно по окончании постройки

1) Доведение насыпей до проектных отметок в связи с естественной их осадкой в первый период эксплоатации. 2) Регулирование езды с целью достижения равномерного уплотнения. 3) Выглаживание полотна утюгами для исправления поперечного профиля и заглаживание колей и неровностей.

б) В период эксплоатации 1) Работы, вызываемые весенним таянием снега и необходимостью отвода с полотна избытка воды. 2) Выглаживание полотна утюгами. 3) Наблюдение за водоотводом. 4) Вырубка кустарника. 5) Оправка откосов и окашивание травы. 6) Наблюдение за исправным состоянием указательных и оградительных знаков, исправление их. 7) Работы по подготовке полотна к зимовке. 8) Борьба со снегом.

Б) Текущий ремонт 1) Частичная одерновка и отсыпка откосов. 2) Заделка и исправление выбоин. 3) Прочистка водоотвода. 4) Планировка обочин. 5) Исправление пучинистых мест. 6) Мелкие исправления искусственных сооружений.

НБ УДУНТ (ДИТ)

В) Капитальный ремонт 1) Восстановление дорожного полотна до проектного профиля в местах просадок и размывов. 2) Восстановление водоотвода. 3) Ремонт и утолщение улучшенной корки путем добавления материала.

§ 248. Уход по окончании постройки. Уход за дорогой в первое время после постройки имеет особое значение, так как дорожное полотно в этот период вследствие недостаточного уплотнения легко деформируется под действием проходящего транспорта. В этом периоде возможны просадки и деформации в связи с неравномерным уплотнением насыпей, понижение отметок по сравнению с проектными, осадки около искусственных сооружений и пр. Поэтому все работы в первое время после постройки преследуют цель окончательно отделать полотно в соответствии с проектом, произвести исправление всех недочетов, учитывая необходимость предохранения полотна от новых повреждений проходящим транспортом, и создать нормальные условия для дальнейшей эксплоатации.

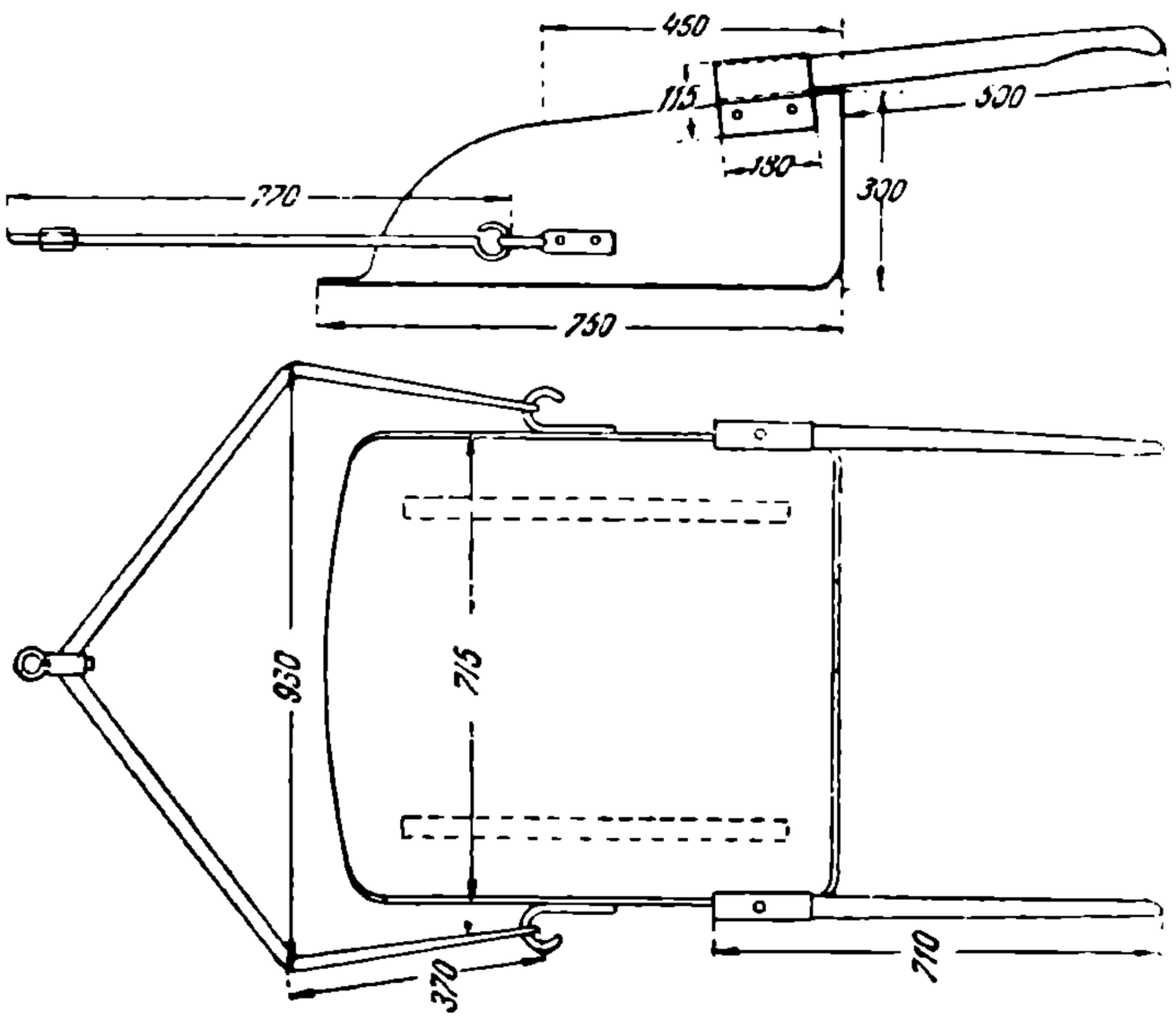


Рис. 600. Конная лопата.

Работы по доведению насыпей до проектной отметки заключаются в подсыпке в нужном количестве грунта из резервов, причем предварительно должна быть сделана тщательная нивелировка для установления необходимого количества земляных работ. Для указанных целей могут быть применены конные, а в отдельных случаях—и тракторные лопаты (рис. 600 и 601).

Особое внимание при производстве земляных работ по подсыпке полотна должно быть обращено на то, чтобы добавляемый грунт был однороден с грунтом дороги, так как, при небольшой толщине подсыпки, разнородные грунты, в дальнейшем различно реагируя на внешние воздействия и климатические влияния, вызовут значительные деформации полотна. Кроме производства подсыпок должны быть произведены работы по планировке и исправлению оползших откосов и, для обеспечения условий наилучшей проездности,—подсыпки у искусственных сооружений во избежание толчков при проезде. Подсыпки к искусственным сооружениям должны делаться с тщательным уплотнением грунта, иначе проходяший транспорт прорежет их, что может повлечь за собой поломки проходящих экипажей и необходимость повторения работ. Все работы, связанные с доведением полотна до проектных отметок, должны предусматривать исправления поперечного профиля, обеспечивающего водоотвод. В дальнейшем необходимо следить за тем, чтобы поперечный профиль неизменно сохранялся и уплотнение полотна происходило равномерно по всей ширине его. Эти цели могут быть достигнуты регулированием движения и своевременным выглаживанием полотна дорожными утюгами. Регулирование езды, при наличии главным образом конного движения по дороге, имеет особо важное значение, так как незначительная ширина обода конных повозок способствует быстрому образованию колей, причем дальнейшее движение продолжается „в след“ по образовавшимся колеям, разрушая все более и более полотно и приводя к настолько серьезным деформациям, что исправление их может представить значительные трудности. До настоящего времени регулирование движения достигалось главным образом тем, что по дороге расставлялись в незначительном расстоянии друг от друга ряды камней, загоражи-

НБ УДУНТ (ДИТ)

вающие езду по огражденной части. В условиях развивающегося автомобильного движения этот способ является недопустимым, так как угрожает безопасности движения. Целесообразно в этом случае прибегать к рогаткам, причем движение должно быть закрыто в первую очередь по средней части дороги, с тем, чтобы уплотнение краев гарантировало сохранение поперечного уклона дорожного полотна.

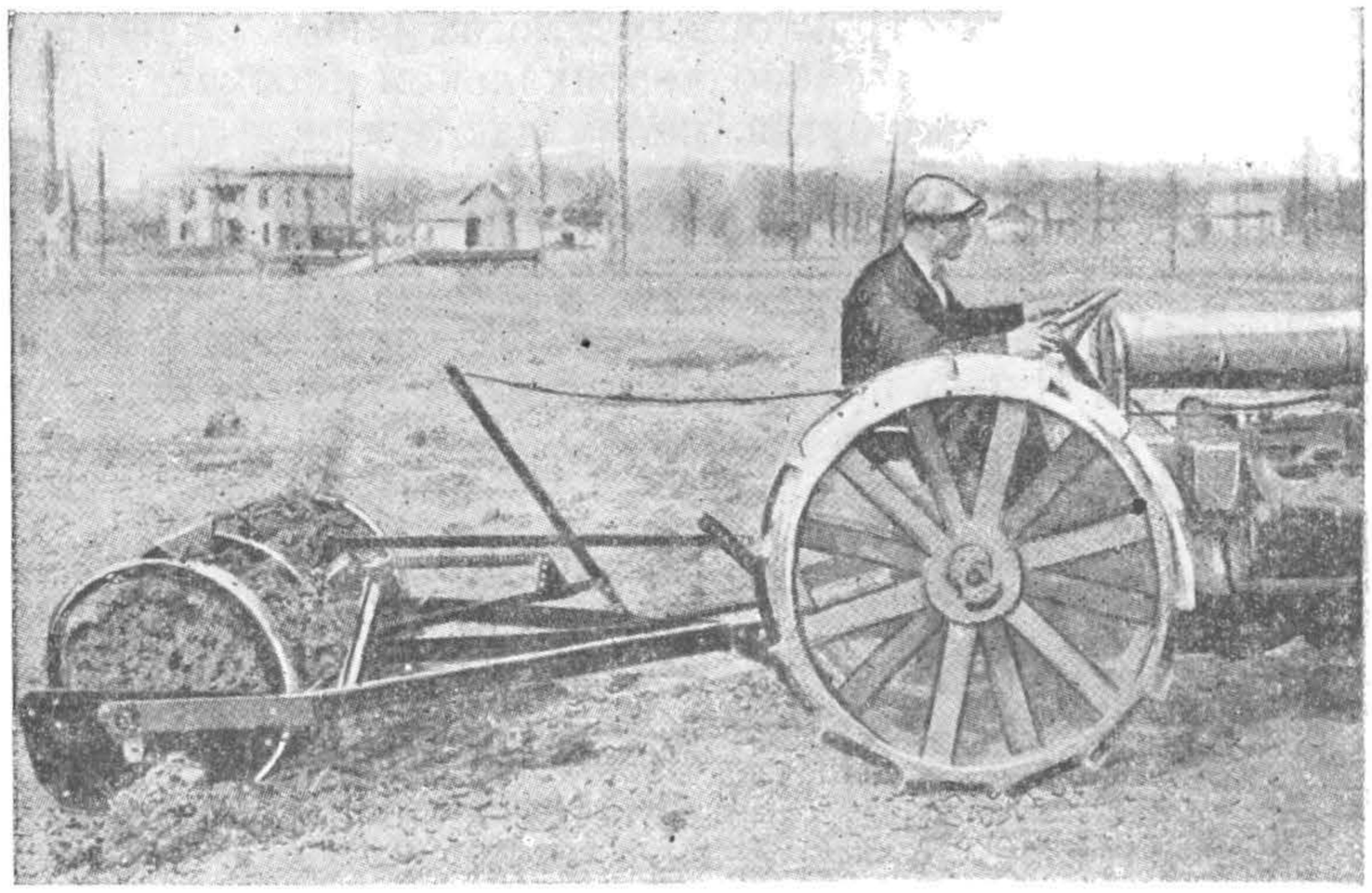


Рис. 601. Тракторная лопата типа „Килифер". На рис. изображен момент перемещения грунта.

Кроме регулирования движения в интересах равномерного уплотнения необходимо систематически заглаживать все неровности, так как при недостаточно уплотненном грунте образование колей все же будет иметь место и движение, сосредоточиваясь на этих колеях, оставит остальную часть дороги не уплотненной. Работа по выглаживанию полотна, продолжаясь и в дальнейшем, во все время эксплоатации дороги, в первый период после постройки является также средством, ускоряющим просыхание грунта при избытке влаги. Производится эта работа деревянными или металлическими дорожными утюгами (рис. 602).

Работа утюгом производится следующим образом: утюг устанавливается на полотне дороги в непосредственной близости к канаве. Цепь, прикрепленная к переднему ребру утюга, связывается с постромками лошадей или прикрепляется к трактору таким образом, чтобы обеспечить, при движении лошадей или трактора параллельно оси дороги, режущему переднему ребру утюга перемещение под острым углом к оси дороги.

Если дорога имеет перед утюжкой корытообразный профиль, то утюг устанавливается таким образом, чтобы конец ребра, близкий к канаве был бы выдвинут вперед по отношению к концу ребра, близкому к оси дороги. Благодаря этому, при движении лошадей параллельно оси дороги, ребро утюга будет срезать перед собой грунт и грунт этот будет скользить по ребру по направлению к оси дороги, образуя после прохода утюга валик. При следующем проходе утюга, его устанавливают ближе к оси. Образовавшийся валик и вновь соскабливаемый грунт перемещается еще ближе к оси, повышая уровень полотна и заполняя выбоины. Кроме перемещения грунта от бровки дороги к оси,— утюг одновременно перемешивает грунт и разрыхляет отдельные комки. Для того, чтобы не было холостых ходов, запряжке дают круговое движение, а именно: в одну сторону на протяжении 200—300 метров утюг идет по одной стороне дороги, обратно он возвращается по другой. С каждым новым проходом утюг смещается ближе к оси дороги; заключительный проход утюга делается по самой оси с целью разглаживания остающегося валика.

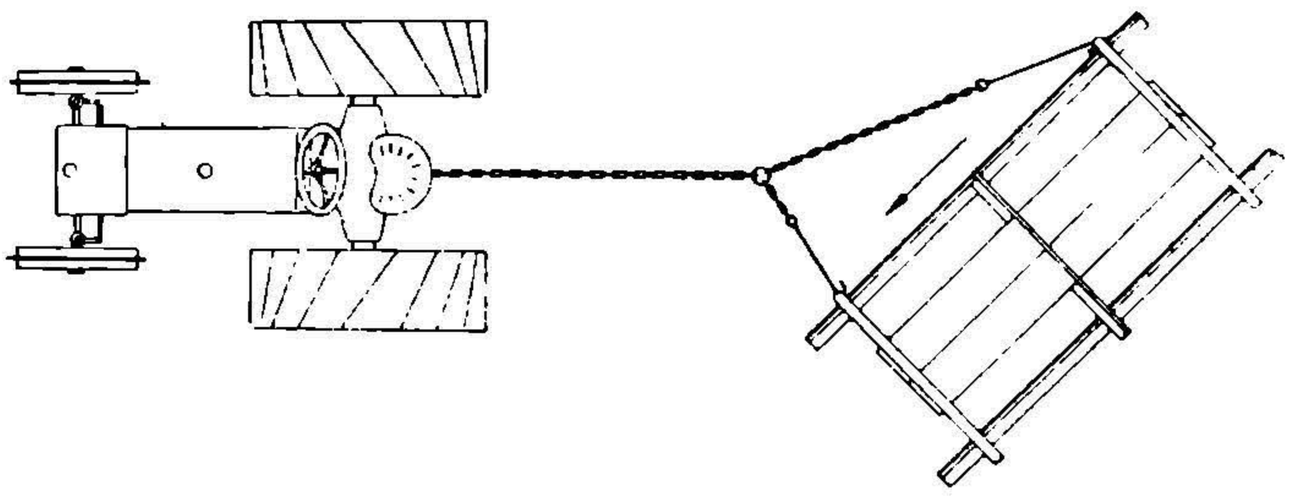


Рис. 602. Способ прицепки утюга к трактору.

НБ УДУТ (ДИТ)

Так как вес утюга сравнительно не велик, то в местах, где требуется большая срезка бугров для увеличения веса утюга, рабочий, сопровождающий утюг, встает на него, загружая ту или иную сторону по желанию. В обычных деревянных утюгах — ребра расположены в вертикальном положении (рис. 603) в металлических тракторных утюгах ребра имеют возможность изменять свое положение относительно вертикальной плоскости (рис. 604). При необходимости произвести срезку бугра, ребру дают первое положение, указанное на рис. 615, когда требуется только переместить грунт — положение второе, при заглаживании выбоин—положение третье.

Деревянные и легкие металлические утюги (до 80 *кг*) перемещаются парой лошадей. Тяжелые металлические утюги перемещаются трактором, мощностью до 20 HP. Число проходов утюга по одному месту зависит от состояния профиля и поверхности дороги и колеблется от 2 до 5 проходов.

Скорость перемещения 2—3 *км* в час

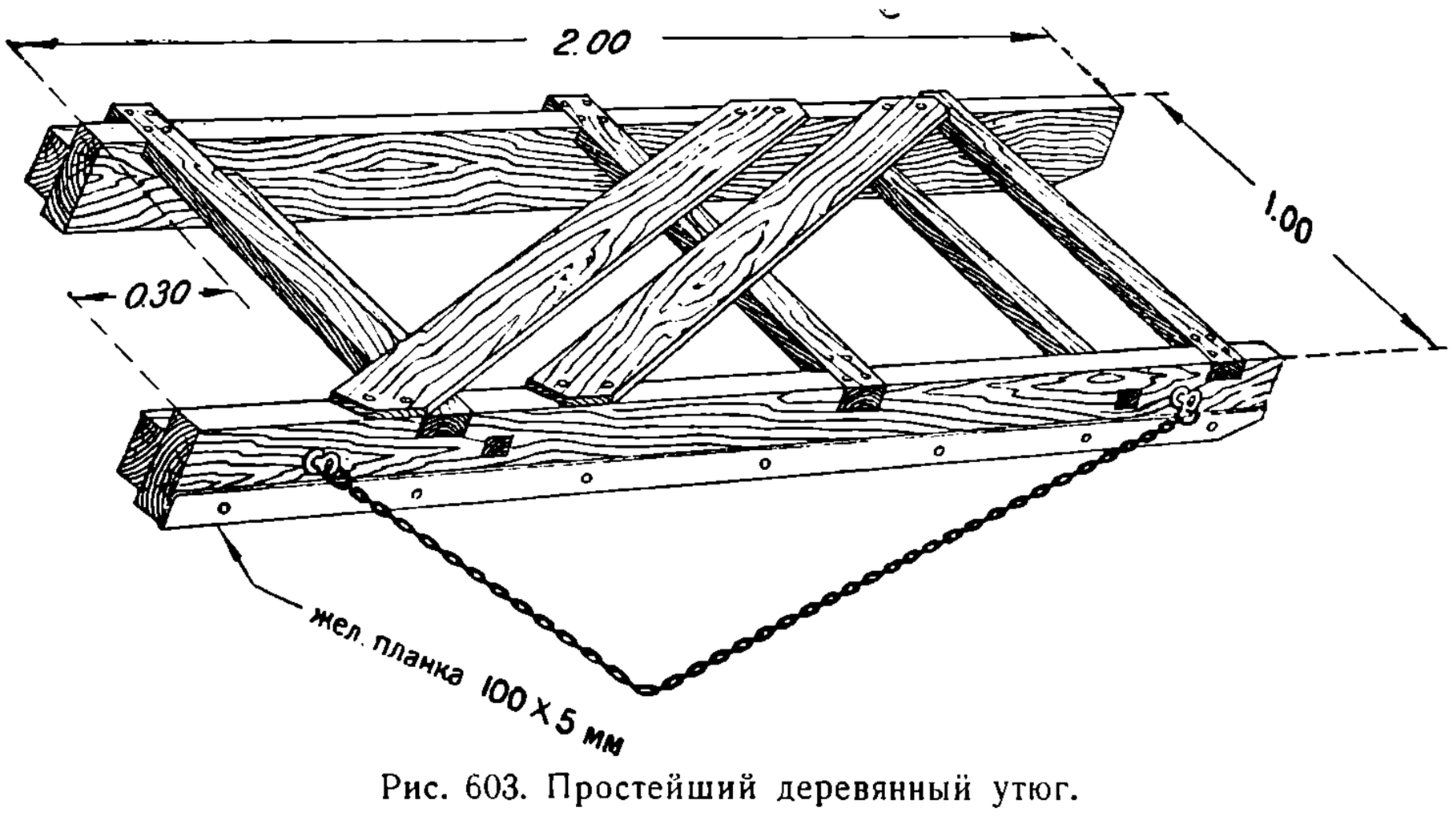


Рис. 603. Простейший деревянный утюг.

При работе по выглаживанию полотна в первый период после постройки, в виду недостаточной уплотненности грунта и отсутствия необходимости перемещать грунт от краев к середине дороги с целью восстановления поперечного профиля, удобнее применять деревянные утюги, так как они не зарезают грунта.

§ 249. Работы в период эксплоатации. В период эксплоатации работы по содержанию сводятся к обеспечению правильной работы водоотвода, сохранению профиля дороги и наблюдению за безопасностью движения. Так как дорожное полотно требует различного ухода, в зависимости от времени года, работы по содержанию носят сезонный характер. В течение года могут быть выделены следующие характерные периоды.

а) Весенний период, в течение которого производится работа, связанная с необходимостью пропустить весенние воды, предохранить полотно от повреждений в связи с избытком влаги и оградить безопасность движения по дороге. К числу таких работ могут быть отнесены: 1) околка льда у опор мостов и ледорезов, 2) открытие отверстий мостов и труб, 3) рытье временных водоотводных канав, 4) прочистка канав от снега, 5) уборка снеговых защит, 6) выглаживание дорожного полотна утюгами, 7) уход за пучинистыми местами.

Первой весенней работой является околка льда у опор искусственных сооружений. Эта работа служит мерой против выпячивания льдом свай и искажения вследствие этого опор при подъеме воды. Околку льда достаточно произвести бороздами шириною 0,3—0,4 *м* вокруг каждого ряда свай или ледорезов. Сколотый лед должен быть выброшен из проруби. До начала ледохода необходимо следить за тем, чтобы сделанные проруби не замерзали вновь, периодически прочищая их при помощи пешней.

НБ УДУНТ (ДИТ)

В начале весны отверстия искусственных сооружений (закрытых на зимний период специальными щитами или хворостом и т. п.) открываются и прочищаются, причем русла водостоков расчищаются не только под искусственным сооружением, но и перед ним и за ним за несколько десятков метров. Кроме

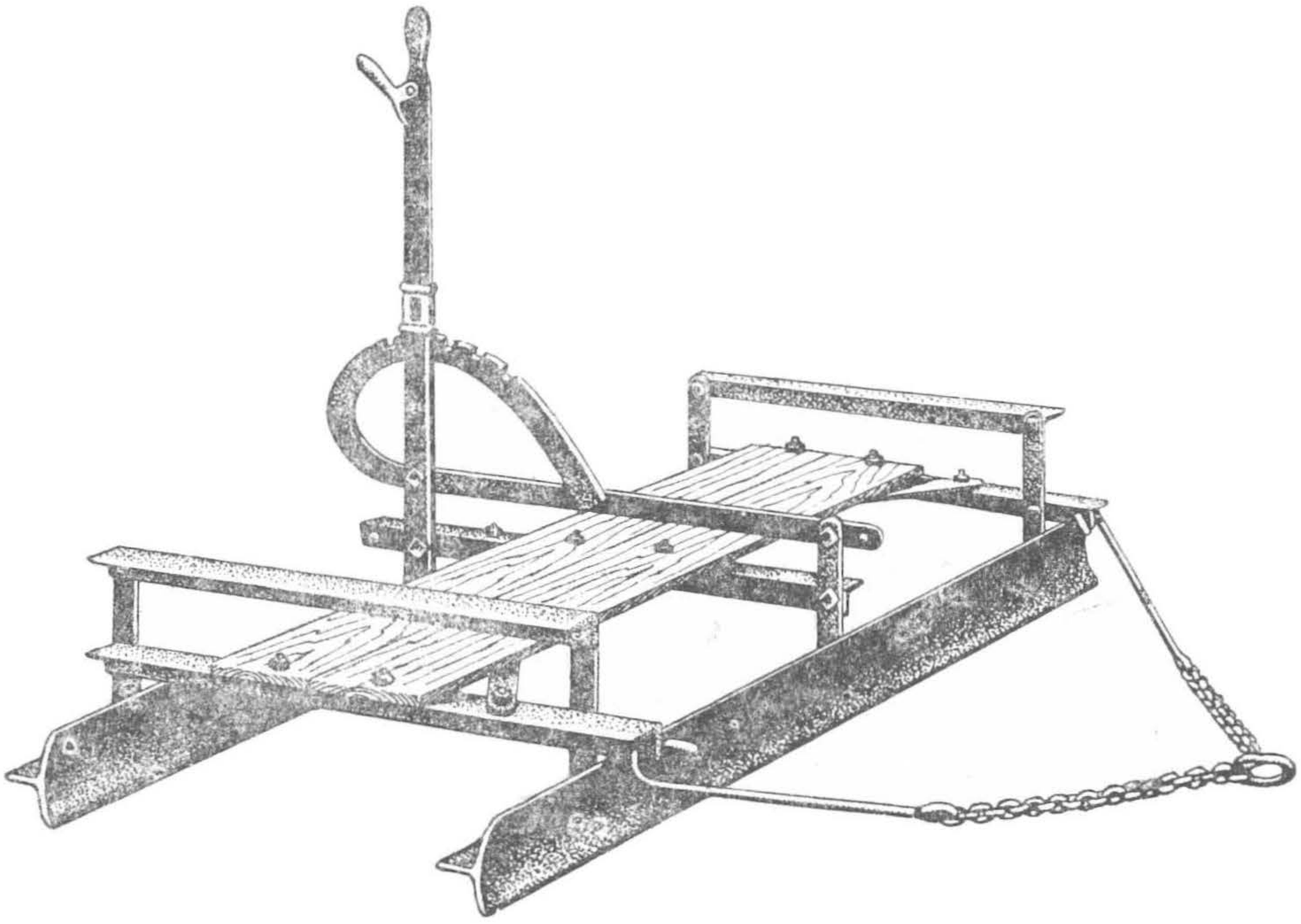


Рис. 604. Металлический утюг. Положение ребер в вертикальной плоскости может быть изменено перестановкою рычага.

того выходные концы боковых канав должны быть одновременно тщательно прочищены.

Обычно таяние снега на дороге происходит скорее, чем в боковых и водоотводных канавах, где снег и лед задерживаются значительное время и, уменьшая сечение канав, препятствуют свободному стоку воды. Скопление воды на полотне приводит к размывам и размягчению грунта, исключая иногда возможность движения по дороге. Для предотвращения этого в весенний период одной из главных задач является пропуск вод в возможно более короткий срок путем своевременной очистки канав от снега и льда. Прочистку производят, начиная с пониженных мест к водоразделам, причем в снегу и льду пробивается ровик до дна канавы шириною 0,40—0,50 *м*.

Во время интенсивного таяния снега необходимо произвести прокопку временных водоотводных канав с целью скорейшего отвода воды от дорожного полотна. Так как канавы этого типа — временные, и кроме того прокопка их должна быть закончена в возможно более короткий срок, обычный поперечный профиль необязателен, важно лишь сохранить необходимый продольный уклон и выбрать наиболее рациональные места для их прокопки. Работу, как правило, производят, начиная с пониженных мест и приближаясь к дорожному полотну. После схода снега грунт на дорожном полотне содержит значительное количество влаги. Для скорейшего просыхания его необходимо начать

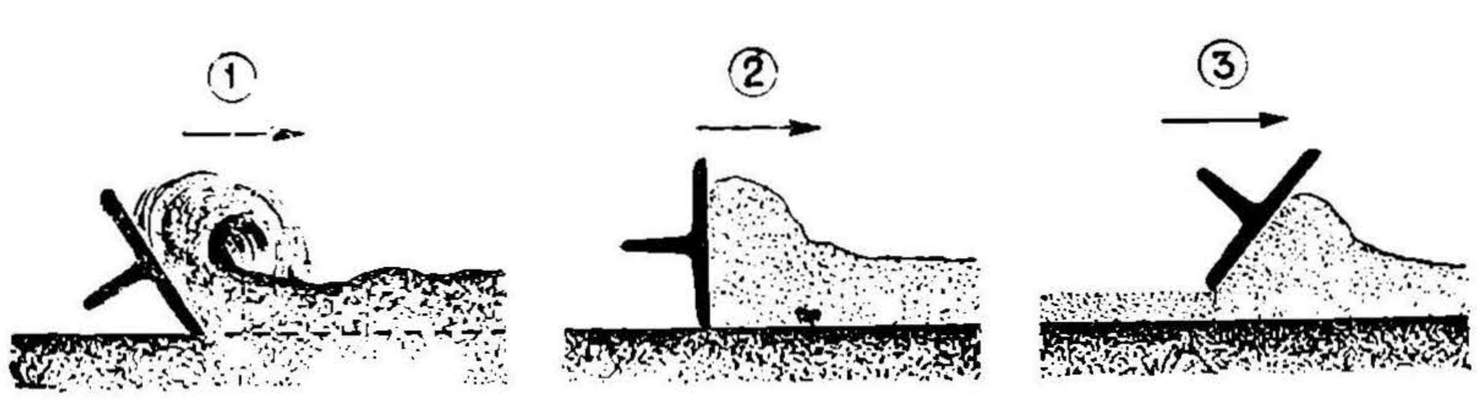


Рис. 605. Различные положения ребер утюга: 1) срезка грунта, 2) перемещение, 3) разглаживание.

НБ УДИТ (ДИТ)

утюжку, как только грунт утратит липкость. В первое время после таяния снега утюжка должна производиться не реже, чем через 2—3 дня, до тех пор, пока грунт не начнет заметно просыхать. В дальнейшем промежутки между отдельными утюжками можно увеличивать, доводя частоту их до обычной при содержании дороги в летний период, как указано ниже.

В местах, где на дороге замечено образование пучин, снег должен быть убран в первую очередь, канавы прочищены и приняты все меры к обеспечению проезда до полного оттаивания и просыхания полотна, после чего возможно будет произвести необходимые исправления. В качестве мер, применяемых для обеспечения проезда на пучинистых местах, могут быть применены: укладка хвороста или лапника, с засыпкой сверху грунтом, или устройство жердевого настила в том случае, если пучина занимает значительную площадь и представляет серьезное препятствие проезду по дороге.

б) Летний период. Главнейшие работы, выполняемые в течение лета, заключаются в поддерживании полотна и искусственных сооружений в проезжем состоянии и общем благоустройстве дороги. К числу таких работ относятся: 1) выглаживание дорожного полотна утюгами, 2) оправка и окашивание откосов, 3) вырубка кустарника, 4) оправка и исправление дорожных знаков, 5) удаление грязи с проезжей части—в том случае, если имеется улучшенная или гравийная корка,—и с настила искусственных сооружений.

Выглаживание полотна в летний период является основной работой, от которой зависит состояние дороги. Выглаживание может достигнуть своей цели только при условии своевременного производства. Высохший грунт выглаживать бесполезно. Рациональнее всего производить утюжку после дождя, но только тогда, когда грунт несколько подсох, утратил липкость и хорошо скользит по ребру утюга. В первую очередь должны быть выглажены участки, просыхающие по грунтовым условиям ранее других. Научиться выбирать очередность утюжки отдельных участков—основная задача дорожника при эксплоатации дороги, так как только в этом случае можно успеть во-время произвести нужную работу и использовать особенности различных грунтов. Длина участка выбирается с таким расчетом, чтобы во время работы грунт не успел высохнуть, обычно утюжка производится на протяжении не более 200—300 *м*. В том случае, если поперечный профиль дорожного полотна излишне крут и требуется смягчить его, следует начинать утюжку с середины, постепенно приближаясь к краям, причем утюг должен быть установлен таким образом, чтобы срезаемый грунт перемещался от оси к краю дороги. Число утюжек в течение сезона зависит от грунтовых условий, интенсивности движения и времени, прошедшего с момента постройки дороги.

В первый год после постройки потребуется значительное число утюжек, чтобы сохранить полотно в проезжем состоянии и предотвратить образование колей и выбоин, во второй год—для достижения тех же результатов—число необходимых утюжек будет уже меньше, и в дальнейшем из года в год, по мере уплотнения грунта и образования твердой корки, потребуется все меньше и меньше работы. Можно считать, что в течение весеннего, летнего и осеннего периода в среднем необходимо произвести 20—25 утюжек. При наличии улучшенной корки выглаживание должно производить только на ширину проезжей части, чтобы не занести с обочин грунта, который, изменяя состав корки, может тем самым ухудшить ее качество и привести к деформации.

Вырубка кустарника в канавах необходима, так как он задерживает течение воды, отчего легко образуются наносы. Эта работа производится периодически через 2—3 года, преимущественно в осенний период. В последнее время появились специальные машины для срезки кустарника, обладающие значительной производительностью и облегчающие эту работу.

Окашивание травы в канавах, на откосах и обрезе производится ежегодно в середине лета. Меры по обеспечению безопасности движения заключаются в своевременном ограждении требующих ремонта и опасных для движения мест, уходе за указательными и оградительными знаками и в установке специальных временных знаков, как, например, знаки указания скорости движения при ремонте дороги. Если на дороге установлены знаки, светящиеся в ночное время, необходимо следить за исправностью их во избежание аварий.

НБ УДУТ (ДИТ)

в) *Осенний период.* Работы осеннего периода заключаются главным образом в подготовке дорожного полотна к выпадению снега. Так же, как в весенний и летний периоды, основной работой в течение осени является утюжка. По мере увеличения количества осадков и влажности грунта число утюжек должно увеличиваться для ускорения просыхания дороги.

Перед заморозками дорогу выгладить необходимо; уходя на зиму в лучшем состоянии, она окажется более проездной и во время весенней распутицы. Перед выпадением снега, кроме того, необходимо закрыть отверстия мостов и труб, во избежание заноса их снегом, подготовить защиту от снега, исправив имеющиеся щиты и нарубив нужное количество лапника Щиты, лапник и пр. должны быть заранее развезены по местам, чтобы можно было своевременно и быстро их установить. Имея в виду, что в осенний период выпадает значительное количество осадков, работы по пропуску избытка воды в сторону от дорожного полотна должны производиться с возможно большей тщательностью. Только ведя постоянное наблюдение за водоотводом и тщательно выглаживая полотно дороги, можно добиться того, что осенняя распутица не принесет ущерба движению по дороге.

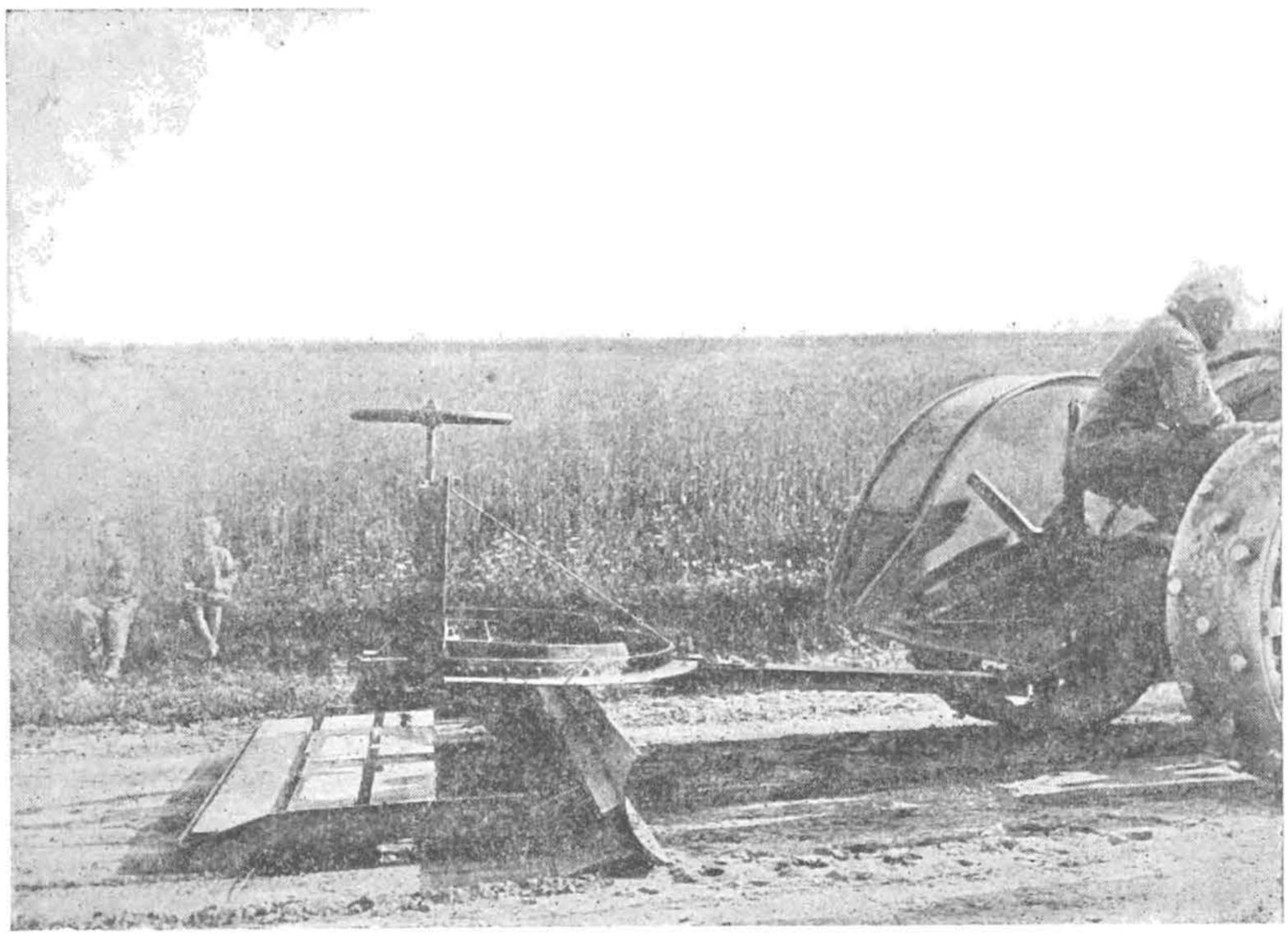


Рис. 606. Дорожный пленер.

В зимний период производится ряд работ по поддержанию дороги в проезжем состоянии. Порядок производства этих работ и описание их изложено ниже.

§ 250. Текущий ремонт. Работы по содержанию дорожного полотна не могут вполне предохранить его от деформаций и износа. Поэтому в течение того срока, пока дорога не требует капитального ремонта, необходимо производить мелкие исправления и работы, вызываемые деформациями под действием проходящего транспорта и объединяемые общим понятием текущего ремонта. К числу таких работ, как указывалось выше, в основном относятся следующие:

Частичная одерновка и исправление откосов — работа, вызываемая размыванием и обвалами во время весенней и осенней распутицы. Исправляемые откосы должны быть в местах оползания и размывов вновь подсыпаны по шаблону до требуемого уклона и одернованы обычным способом дерном, срезанным на обрезе.

Мелкие выбоины заравниваются во время утюжки полотна, причем для этой работы рекомендуется применять металлический утюг с ребрами, установленными в положении срезки грунта. В тяжелых грунтах более целесообразно применять дорожный пленер (рис. 606).

НБ УДУНТ (ДШТ)

Пленер является разновидностью утюга, он более тяжел (до 320 *кг*) и, благодаря штурвалу, расположенному в передней или задней части, положение его ножа может изменяться во время хода пленера. Штурвал передней части расположен таким образом, что управлять им может тракторист, ведущий трактор, не останавливая трактора.

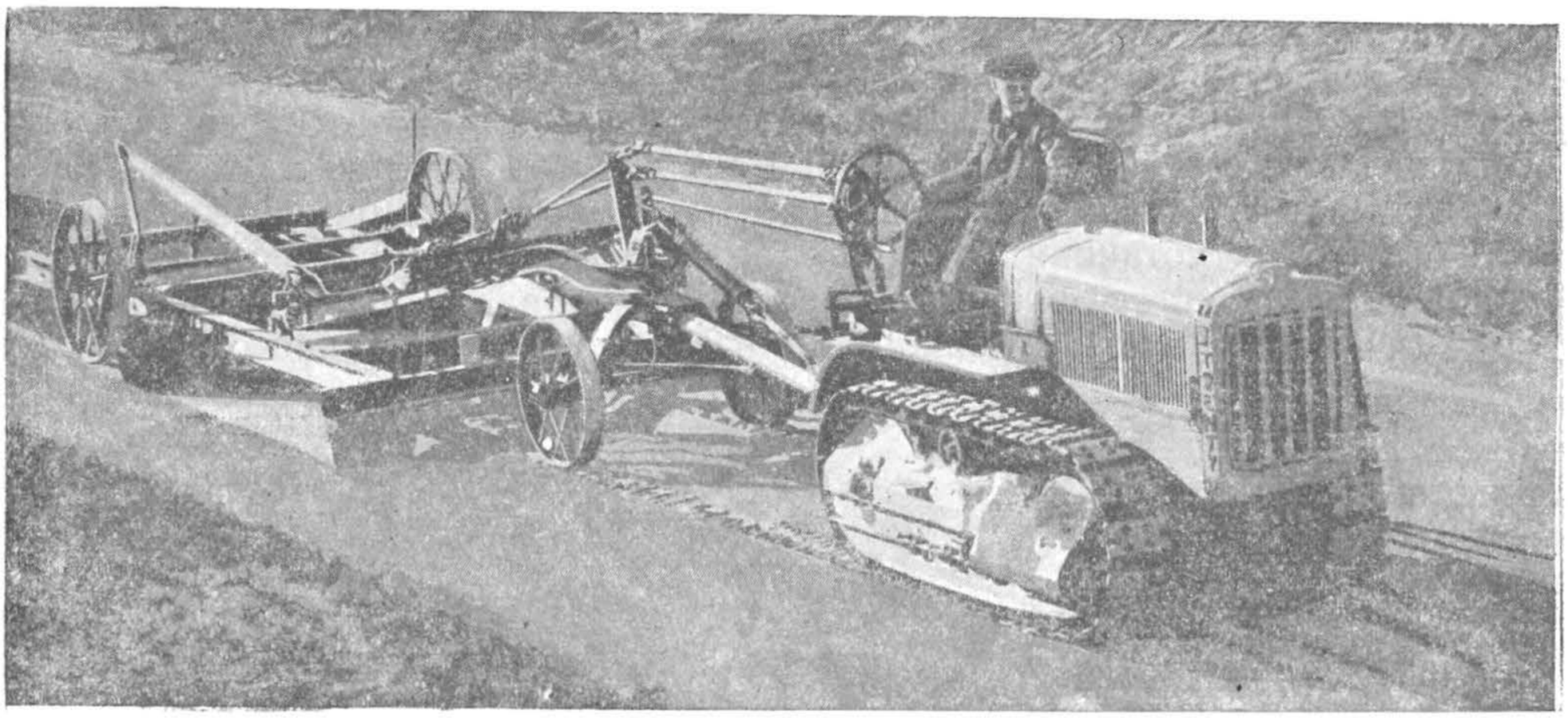


Рис. 607. Ментенер.

Нож может опускаться и подниматься, врезаясь в грунт или лишь скользя по нему.

Угол между режущим ребром и осью дороги изменяется вращением сцепного дышла вокруг вертикальной оси и закреплением в нужном положении вставкой штыря через отверстие в дышле и в особом секторе, имеющем для этой цели ряд отверстий.

В заграничной, американской, практике принят особый тип усовершенствованного утюга, так назыв. „ментенер" (рис. 607). Утюг этот имеет различные конструктивные схемы, например: передние ребра, поставленные под углом друг к другу, заставляют перемещаться срезаемый грунт по направлению к продольной оси ментенера. Проходя через оставленный между ножами просвет, грунт при движении ментенера образует валик. Валик этот распределяется на две стороны, соединенными между собой под острым углом вторыми ножами. Прикрепленный к задней части последний нож, поставленный под углом к дви-

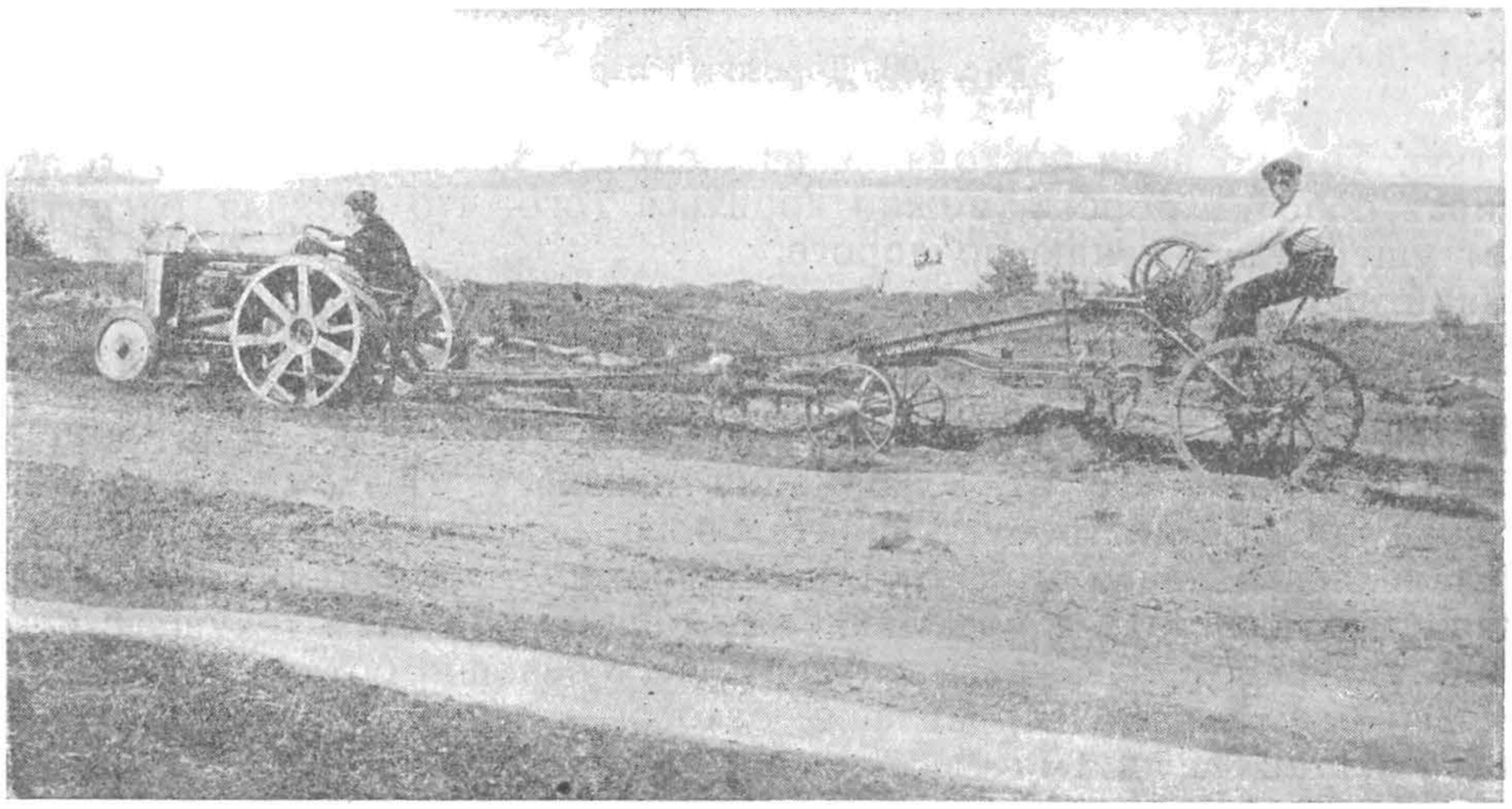


Рис. 608. Простейший грейдер с трактором Фордзон.

НБ УДУНТ (ДИТ)

жению ментенера, заглаживает дорогу и вместе с тем весь избыток грунта, снятого предыдущими ножами, отводит в одну из сторон.

Данная машина гарантирует хорошее разрыхление, перемешивание срезаемого грунта и заравнивание всех мелких неровностей. Для удобства перемещения во время холостых ходов, в некоторых случаях, ментенеры устанавливают на колеса. Такой ментенер изображен на рис. 607.

При значительных деформациях дорожного полотна может явиться необходимость в применении легкого грейдера (рис. 608) с соответствующим по мощности трактором или, при более значительном объеме работ — автогрейдера (рис. 609), снабженного, кроме ножа, кирковщиком, для разрыхления необходимых мест. Автогрейдер представляет собою снаряд, состоящий из рамы, укрепленной на тракторе с гусеничным или колесным ходом, на которой монтируются нож и кирковщик, управляемые таким же образом, как и на прицепном грейдере. Управление автогрейдером сосредоточено в руках одного человека, выполняющего все необходимые операции. Мощность трактора автогрейдера, в зависимости от размеров последнего, колеблется в пределах от 20

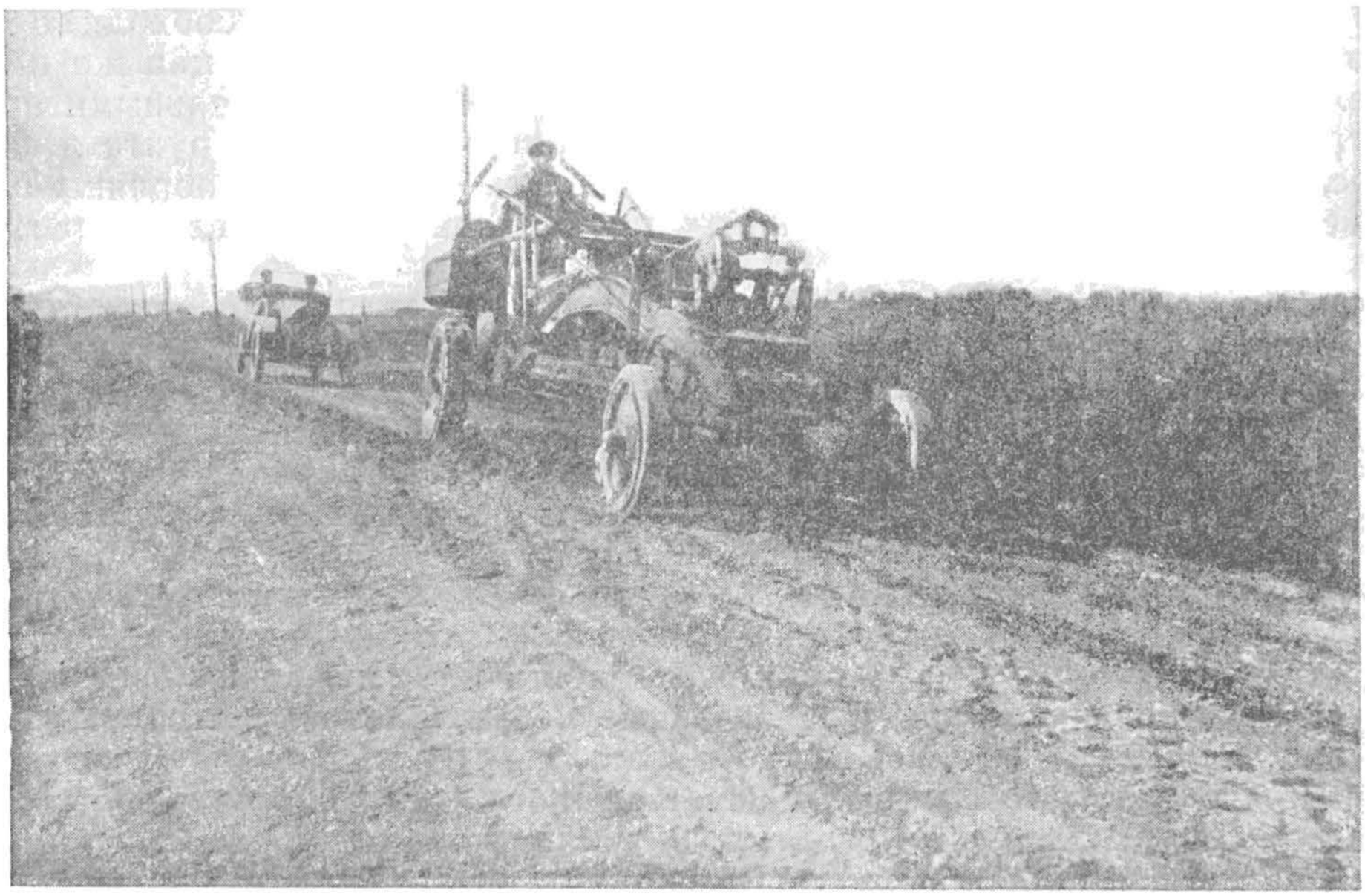


Рис. 609. Колесный автогрейдер.

до 40 л. с. Нож—в зависимости от мощности автогрейдера — делается от 2,4 до 4,8 *м* длиной. В последнее время появились автогрейдеры, снабженные двумя или тремя ножами.

Автогрейдер является комбинированной машиной, выполняющей две функции, а именно: „разрыхление“ и „профилирование“.

Основная идея автогрейдера, кроме возможности одновременного производства двух операций, заключается в стремлении сократить обслуживающий персонал. Вместо тракториста на тракторе с разрыхляющим снарядом, тракториста на тракторе, ведущем грейдер, и грейдериста,—требуется при автогрейдере лишь один человек.

Недостатками автогрейдера являются с одной стороны его большая длина, затрудняющая повороты, особенно при узких дорогах, а с другой стороны автогрейдер является слишком специальной машиной, благодаря чему использование отдельно трактора на других работах невозможно, таким образом, автогрейдер в течение года будет использован мало. На рис. 609 изображен колесный автогрейдер.

Этими снарядами работы производят таким образом, чтобы одновременно исправлять и поперечный профиль дороги, т. е. идут от края к оси. Если

НБ УДУНТ (ДИТ)

исправление выбоин потребует добавок грунта, следует обратить внимание на то, чтобы добавляемый грунт был по механическому составу близок к грунту дороги, так как иначе в короткий промежуток времени отремонтированные участки придут в прежнее состояние. При добавках грунта в выбоины следует производить тщательное уплотнение его, предварительно делается перемешивание добавок при помощи дисковой или другой бороны.

В том случае, если заравнивание колей и выбоин производится машинами на дороге с улучшенной коркой, работа, как сказано выше, должна производиться только на ширине проезжей части, во избежание перемешивания грунта корки с грунтом обочин. Одновременно с заравниванием выбоин необходимо, в случае ухудшения качества песчано-глинистой или другой улучшенной корки в виду изменения механического состава ее, производить добавку соответствующих материалов, устанавливая необходимое количество их на основании данных анализов. Разравнивание и перемешивание добавленного грунта выполняется теми же снарядами, которые производят заделку выбоин.

Если подобный ямочный ремонт производится грейдером или автогрейдером на дороге, проезжая часть которой сооружена из улучшенного добавками грунта, то во избежание переноса с обочин неулучшенного грунта, необходимо ограничиться в профилировании только проезжей части. Деформации же обочин исправляются, в случае их выпучивания (нарастания), дополнительными проходами грейдера или автогрейдера с выбрасыванием излишнего грунта в канаву и с последующей переброской его из канавы на обрез. Если обочины осели, то доведение их до первоначального уровня делается добавлением грунта с обреза.

Профилирование по окончании досыпки может быть сделано утюгом.

Добавление улучшающих добавок на проезжей части делается не только в том случае, когда изменился поперечный профиль дороги, но и в том случае, когда в связи с ездой изменился механический состав грунта, т. е. произошло загрязнение.

Количество добавок определяется по анализу грунта таким же образом, как и при постройке дороги.

Ямочный ремонт гравийного покрытия делается следующим образом: если выбоины не глубоки и не требуется добавления нового материала (т. е. гравия), то уплотненный гравий вокруг ямки раскирковывается и разравнивается. Дальнейшим регулированием езды разрыхленные места уплотняются сами.

Текущий ремонт так называемой „промасленной гравийной дороги" заключается в следующем: ямка очищается, дно и стенки выравниваются. Ямка поливается соответствующим составом битуминозного материала, сверху засыпается гравий и, наконец, ямка закатывается катком.

В случае обнаружения правильного естественного износа гравийного промасленного покрытия, на нем устраивают т. н. поверхностную обработку, заключающуюся в разливе битума и россыпи сверх него нового тонкого слоя гравия. Свежая россыпь закатывается. Норма разлива битумных связующих материалов такая же, как и при постройке.

Исправление всякого рода деформации полотна может в некоторых случаях улучшить положение дела только на короткий срок, если не принять мер к поддержанию в исправном состоянии водоотводной системы.

Образующиеся с течением времени наносы должны своевременно удаляться и канавы доводиться до необходимой глубины. Производство работ по прочистке канав вручную заключается в углублении их до требуемой отметки, планировке дна и откосов, с откидкой грунта на обрез на расстояние не менее 1 *м* от наружной бровки во избежание обвала. При треугольных канавах эта работа может быть выполнена треугольным канавокопателем, но лишь в том случае, если есть возможность пустить трактор по обрезу. Одно из неудобств этой работы — неизбежное отваливание грунта на обочину, но все же очистка канавокопателем удешевляет работу, так как снять с обочины и перекинуть разрыхленный грунт дешевле прорывки канав вручную.

Планировка обочин, при наличии улучшенной или гравийной части, производится тогда, когда наросшая обочина начинает препятствовать стоку воды с проезжей части. Нарастание обочин вызывается тем, что проезжая часть

НБ УДУНТ (ДИТ)

и грунт дорожного полотна под ней постепенно под действием проходящего транспорта продолжают уплотняться. В связи с этим проезжая часть с течением времени постепенно оседает, тогда как обочины остаются на прежнем уровне. Для того чтобы избежать значительного нарастания обочин при постройке или перестройке дороги, необходимо произвести тщательное уплотнение грунта основания укаткой его легким катком. Работа же по планировке обочин ведется обычно вручную, под шаблон, с отвозкой или перекидкой грунта на обрез. При достаточной ширине обочин можно выполнять указанную работу грейдером легкого типа или даже автострогом, причем грунт отваливается в канаву. Вслед за планировкой обочин необходимо назначить прочистку канав.

В течение лета должно быть произведено исправление пучинистых мест, которые в весенний период были лишь временно заделаны с целью не задерживать движения по дороге. Способы производства этих работ приводились в отделе IV.

Кроме указанных основных работ по текущему ремонту, к нему относятся также мелкие исправления искусственных сооружений, как-то: частичная смена мостового настила, смена колесоотбойных брусьев и др.

§ 251. Капитальный ремонт грунтовой, улучшенной грунтовой или гравийной дороги назначается тогда, когда невозможно поддержать ее в исправном состоянии мерами текущего ремонта или содержания. Сроки производства капитального ремонта зависят от типа дороги, от климатических условий интенсивности движения и других факторов.

Грунтовая дорога под влиянием этих условий через некоторый промежуток времени приобретает плоский или даже вогнутый поперечный профиль, водоотводная система засоряется и оплывает, перестает удалять избыток скопляющейся влаги, что еще ускоряет дальнейшие деформации полотна. Основным средством исправления этих деформаций грунтовой дороги служит полная профилировка ее и восстановление водоотвода помощью дорожных машин построечного типа и машин для производства земляных работ в тех местах, где отметка полотна отошла от проекта.

Работа производится в обычном для постройки грунтовой дороги машинами порядке с соблюдением лишь следующих условий: 1) наносный грунт из канав не должен быть перемещен на полотно, 2) в случае производства подсыпок необходимо стремиться к однородности грунтов, 3) перетрасировка дороги может быть допущена только в отдельных случаях, если существующая траса не обеспечивает нормальных условий эксплоатации. По окончании работ машинами необходимо произвести все работы отделочного характера, как-то: укрепление откосов, замену и восстановление указательных знаков и ограждений. Одновременно должен быть произведен необходимый капитальный ремонт искусственных сооружений. Дальнейшая эксплоатация грунтовой дороги после капитального ремонта ее протекает так же, как и при передаче в эксплоатацию вновь построенных участков.

На дорогах с улучшенной проезжей частью величина износа зависит как от материала одежды, так и от интенсивности движения. Ориентировочными сроками службы грунтовых, улучшенных грунтовых и гравийных дорог до назначения капитального ремонта можно считать:

для грунтовой дороги—3—4 года,
для улучшенной грунтовой дороги—4—5 лет,
для гравийной дороги—5—6 лет.

По американским данным ежегодный износ гравийной или песчано-глинистой корки колеблется от 12 до 50 *мм* при среднем движении в 300—400 повозок в день.

Срок назначения капитального ремонта для дорог с улучшенной коркой может быть установлен путем наблюдений за состоянием улучшенного слоя, для чего делаются промеры толщины и анализы, дающие представление о его составе. Капитальный ремонт назначается в двух случаях: а) когда улучшенная корка износилась настолько, что возможно прорезание ее колесами проходя-

НБ УАДИТ (ДИТ)

щих экипажей и перемешивание с грунтом основания; б) когда механический состав улучшенной корки значительно отклонился от требуемого или содержание в ней улучшающего материала изменилось. В первом случае капитальный ремонт заключается в устройстве нового улучшенного слоя на требуемую толщину, причем при подборе смеси или количества потребного улучшающего материала необходимо основываться на анализе грунта старой улучшенной корки, во втором—в введении соответствующего установленным нормам количества улучшающего материала. Способы производства работ в обоих случаях ничем не отличаются от способов, применяемых при постройке.

Капитальный ремонт гравийной дороги назначается в зависимости от данных промеров толщины гравийной корки. Ориентировочно можно считать, что износ коры более чем на половину является основанием для назначения ремонта. Гравий, применяемый для капитального ремонта, по петрографическому составу назначается в зависимости от гравия, имеющегося на полотне. Механический состав нового гравия должен отвечать тем же техническим условиям, что и состав гравия верхнего слоя гравийной одежды (содержание фракции >20 *мм* не допускается). Производство работ заключается в разрыхлении старой гравийной корки, с целью достижения лучшей связи с основанием нового слоя, в россыпи добавочного гравия и уплотнении. Добавочный гравий в течение зимнего периода выставляется на обочине в нужном количестве. Так как вся работа обычно производится при помощи машин, наиболее целесообразно выставлять гравий в виде гряды с таким расчетом, чтобы объем ее соответствовал необходимому количеству материала на единицу длины проезжей части. Сама работа производится при помощи автоструга, снабженного кирковщиком. В американской практике, при работе на больших протяжениях, для той же цели применяются грейдеры построечного типа. После кирковки старой одежды автоструг производит россыпь гравия, захватывая ножом часть гравийной гряды и несколькими проходами перемещая ее к противоположной обочине. Работа по рассыпке может быть произведена постепенно слоями незначительной толщины (5—8 *см*), причем последующий слой рассыпается после уплотнения движением ранее рассыпанного. Этот способ наиболее удобен благодаря тому, что движение во все время производства работ не прекращается и не представляет никаких затруднений, рассыпанный же слой, при условии правильного регулирования движения, уплотняется в короткий срок. Рассыпка всего выставленного для ремонта гравия за один прием не может быть рекомендована, так как в этом случае движение по рыхлому слою значительной толщины будет затруднено, а образование равномерно уплотненной корки требует больших усилий, времени и внимания. Неизбежно при таком способе работ тщательное выглаживание россыпей при помощи утюгов или ментенеров до полного уплотнения, которое, при незначительном движении, может затянуться на долгое время; кроме того вследствие неравномерного уплотнения трудно будет сохранить требуемый поперечный профиль.

При капитальном ремонте гравийной дороги может быть применено битумирование утолщенного слоя по способу поверхностной обработки или смешения. При поверхностной обработке гравийная корка разрыхляется, и далее производится добавка необходимого количества гравия, который рассыпается машинами, как указывалось выше. После уплотнения гравийной корки в два-три приема производится разлив битуминозных материалов с засыпкой гравием размером до 20 *мм* и уплотнением укаткой. Гравия дается около 1 $м^3$ на 50 $м^2$. Необходимо, чтобы перед разливом поверхность дороги была суха и тщательно очищена от пыли и катающегося гравия.

При способе смешения верхний слой гравия толщиною в 3—8 *см* в рыхлом состоянии поливается битуминозным материалом. После каждого разлива производится перемешивание машинами, причем гравий собирается в валики и разравнивается вновь, пока смесь не получит однородной окраски. После перемешивания слой гравия профилируется и уплотняется. Количество битуминозных материалов зависит от гравийного материала и толщины слоя.

Во всех случаях капитального ремонта улучшенных или гравийных дорог ремонту самой одежды должно сопутствовать исправление обочин и приведение в порядок водоотводов

НБ УДУНТ (ДИТ)

ГЛАВА ПЯТЬДЕСЯТ ТРЕТЬЯ

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНОЙ СЛУЖБЫ НА ДОРОГАХ НИЗКОЙ СТОИМОСТИ

§ 252. Виды организации ремонтной службы. В зависимости от интенсивности движения по дороге, наличия средств, экономических и других условий, организация ремонтной службы может быть построена различными способами.

Наиболее распространенным видом организации ремонтной службы является разбивка околотка, находящегося в ведении дорожного мастера, на отдельные участки, называемые обходами, к которым прикрепляются штатные дорожные рабочие — ремонтеры. Ремонтеры обязаны выполнять все работы по содержанию и текущему ремонту дороги на своем обходе. Длину обхода рассчитывают, исходя из объема работ с учетом времени, необходимого ремонтерам на ежедневные переходы. Основанием для этого расчета могут служить следующие соображения: для установления среднего ежегодного объема работ по содержанию и текущему ремонту дороги определяются сроки повторяемости того или иного вида работы. Так, например, окашивание травы должно производиться ежегодно, вырубка кустарника — один раз в течение двух-трех лет, выглаживание дороги — несколько раз в течение года. Учитывая необходимое по местным условиям количество работ, падающее в среднем на один километр дороги, для которой производится подсчет, и сроки повторяемости работ, вычисляют средний ежегодный объем работы. Например: искусственных сооружений на один километр дороги приходится 2,1 единицы, подсыпка должна быть произведена два раза в течение года при среднем объеме на одно искусственное сооружение 0,5 $м^3$, следовательно ежегодный объем работы по производству подсыпок к искусственным сооружениям, приходящийся на один километр дороги, будет $0{,}5 \times 2 \times 2{,}1 = 2{,}1$ $м^3$.

Все работы, предназначенные к выполнению в течение года, могут быть разбиты по отдельным группам в соответствии с наиболее рациональным временем их выполнения. Эта разбивка дает возможность определить количество работ, приходящееся на отдельные месяцы. Производя далее подсчет по нормам выработки, можно определить количество человеко-дней или человеко-часов ежемесячной работы ремонтера на одном километре дороги. Дальнейшие подсчеты должно вести, исходя из числа возможных рабочих дней или рабочих часов ремонтера в течение месяца, принимая во внимание время, падающее ежедневно на переходы до места работ и обратно.

Обычно произведенные подсчеты дают повышенное количество работ в течение весеннего периода, июня и июля и в последние осенние месяцы В эти периоды на практике в помощь ремонтерам назначаются временные рабочие, или, как их называют, летчики, переводимые затем по окончании срочных работ на выполнение других заданий. Учитывая все вышеизложенное, окончательный расчет должен быть произведен по наиболее загруженному месяцу по формуле:

$$l = \frac{ktn - \frac{ln}{2v}}{t_0} \quad \text{или} \quad l = \frac{ktn}{t_0 + \frac{n}{2v}}$$

где l — искомая длина обхода в $км$,

n — число рабочих дней в месяце,

t — число часов работы в день,

v — скорость передвижения ремонта к месту работ и обратно,

t_0 — число часов работы, которое необходимо ремонтеру затратить в течение одного месяца (месяца, принятого за нормальный) для выполнения всех работ на 1 $км$ дороги

k — коэффициент использования времени ремонтера (0,8—0,9).

Если принять, что время с 1/X по 1 IV ремонтер на дороге работает один, то t_0, согласно приведенному на рис. 620 графику, можно принять—75 час. Тогда, принимая $t = 8$, $n = 25$, $v = 4$ $км$/час, $k = 0{,}9$

$$l = \frac{0{,}9 \times 8 \times 25}{75 + \frac{25}{2 \times 4}} = 2{,}3 \text{ } км$$

НБ УДУНТ (ДИТ)

Кроме перечисленных выше работ, на ремонтера возлагается ряд хозяйственных обязанностей, а в зимнее время—участие в заготовке материалов для своего обхода, как представителя дорожного мастера. Хозяйственные работы, выполняемые ремонтером, заключаются в ремонте всего инвентаря его обхода, хранении инвентаря и оборудования, приведении в порядок штабелей имеющегося

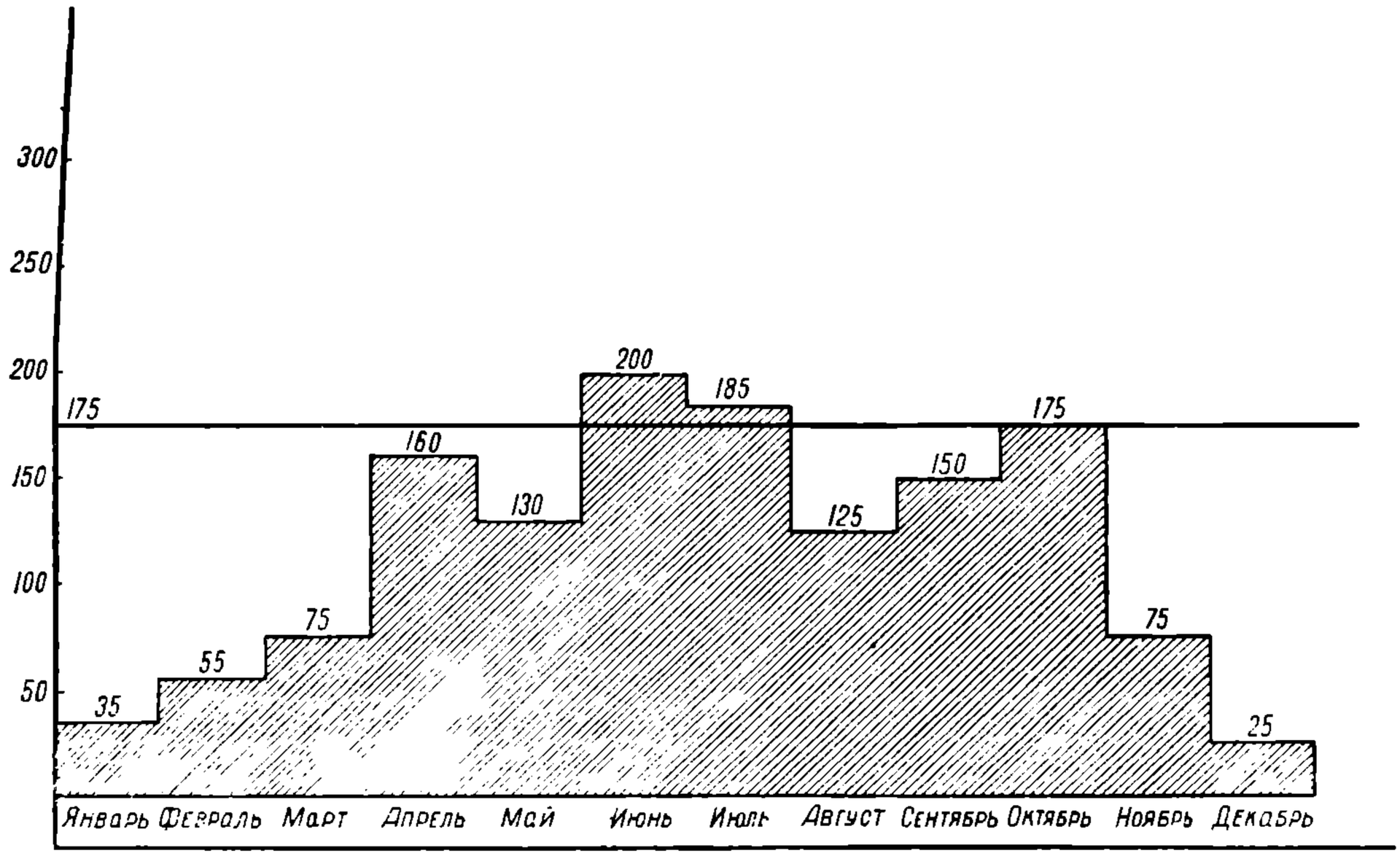


Рис. 610. Примерный график затраты времени (в час) ремонтеров на производство всех необходимых работ для поддержания 1 *км* грунтовой дороги в течение каждого месяца.

на обходе материала и связи, т. е. передачи распоряжений дорожного мастера или другого должностного лица и служебной переписки по околотку. При заготовке материала ремонтер, по распоряжению дорожного мастера, следит за выполнением их и отвечает за правильную расстановку материалов на своем обходе.

Разобранный пример определения длины обхода ремонтера указывает на то, что выполнение всех возложенных на ремонтера работ, даже при условии добавления в летнее время ему помощника, если все работы выполняются в ручную, — почти невозможно. Действительно, поставить по ремонтеру на каждые 2,5 *км* нельзя, так как это было бы слишком дорого.

Внедрение простейшей механизации в работы по „содержанию" дорог (конная утюжка, механизация очистки канав, и т. п.), дает возможность удлинить длину обхода.

За нормальную длину обхода можно принять: для грунтовой дороги 10—15 *км*, для улучшенной грунтовой или гравийной дороги 8—10 *км*; длина околотка обычно принимается равной 8—10 обходам, т. е. около 80—150 *км*, в зависимости от типа и грузонапряженности дороги. Обоснование расчета длины околотка приводится ниже, в главе об организации ремонтной службы на дорогах с каменной одеждой.

Однако при описываемой организации ремонтной службы получить равномерную загруженность ремонтеров в течение всего года представляет значительные затруднения. Таким образом одним из существенных недостатков этой организации является неравномерное и неполное использование труда ремонтера. Кроме того фактически рабочий день ремонтера, в виду необходимости ежедневно совершать переходы до места работы и обратно, сокращается иногда на 30—40%; качество работ зачастую неудовлетворительно, так как ремонтер, за неимением транспортных средств, не может доставить с собою всего необходимого инструмента; отдельные работы совершенно не выполня-

НТБ УДУТ (ДИИТ)

ются или в виду сложности их, или за недостатком времени, как, например, выглаживание дорожного полотна, для которого приходится нанимать лошадей и рабочих; производство работ по капитальному ремонту совершенно не входит в обязанности ремонтера, они выполняются отдельно нанимаемыми рабочими. Положительной стороной этой организации можно считать то обстоятельство, что дорога находится под постоянным наблюдением ответственного лица, которое следит за безопасностью движения, своевременно сообщает высшей инстанции о необходимых срочных работах и держит постоянную связь на всем протяжении околотка.

§ 253. Другие методы организации ремонтной службы. Одной из разновидностей указанной организации является прикрепление к отдельным обходам конных ремонтеров, имеющих в своем распоряжении двух или несколько лошадей, главным образом для работ по выглаживанию дорожного полотна; при этом расчет длины обхода делают, исходя из необходимости произвести утюжку в кратчайший срок после дождя, пока дорога находится во влажном состоянии. Имея в виду отсутствие других видов работ значительного объема, для которых может быть применена конная тяга или использованы лошади как транспортное средство, этот способ не может быть признан экономичным, так как содержание лошадей в необходимом для выглаживания дороги количестве и неизбежный простой их вызовут значительные накладные расходы, удорожая стоимость содержания одного километра. Поэтому данный способ может быть применен в исключительных случаях, как, например, при производстве работ по содержанию вновь построенной грунтовой дороги значительного протяжения.

В американской практике содержание отдельных участков грунтовой дороги часто передается по договорам местному населению, выполняющему как работы по выглаживанию полотна, так и все остальные работы, не требующие особых технических навыков. Этот способ, применявшийся сначала в виде опыта, получил затем значительное распространение, причем договоры заключались на несколько лет, что давало возможность местному населению, затратившему большие усилия на приведение в порядок участков дороги в первый год после заключения договора, в последующие годы компенсировать понесенные затраты благодаря уменьшению количества необходимых работ, вызванному постоянным уходом за дорожным полотном. Работы, производимые местным населением, постоянно контролируются дорожными органами, которые периодически получают сведения, заверенные представителями местных административных органов.

В условиях нашего Союза, при широко развившейся в настоящее время коллективизации сельского хозяйства, дающей возможность применять на земледельческих работах механическое оборудование и рационально использовать имеющуюся в распоряжении колхозов конную и механическую тягу, вполне возможно применить систему содержания сети дорог силами местного населения, тем более, что хорошо содержимая, соответствующая новым условиям сеть дорог, – одна из насущных потребностей деревни сегодняшнего дня. Особую роль в развитии этого дела должна сыграть имеющаяся сеть машино-тракторных станций, которая может обеспечить производство всех необходимых работ тяговыми средствами. Парк машино-тракторных станций загружается главным образом в период весеннего сева и уборки урожая, дорожные же работы позволяют наиболее полно использовать наличие тракторов в те периоды, когда сельское хозяйство не может достаточно загрузить машино-тракторные станции.

Организация работ по содержанию дорог силами местного населения может быть с успехом проведена только при участии местных общественных организаций. Роль общества Автодор. в лице местных его ячеек, в этом деле является решающей. Мобилизация внимания масс, популяризация дорожного дела, проведение всей организации — боевая задача этих ячеек на данный момент. В дальнейшем, при выполнении работ, ячейки Автодора не только должны взять на себя наблюдение и инструктаж, помогая этим дорожным органам, но кроме того должны широко развить работу по подготовке опытных кадров дорожных работников из местного населения, принимавшего уча-

НБ УДУНТ (ДИТ)

стие в этом деле, и развернуть массовую работу по внедрению технических навыков и знакомству с основами дорожного дела, без чего осуществление указанных мероприятий будет невозможно.

Работы могут быть переданы на договорных началах сельским организациям, пользующимся дорогами. Для выполнения работ сельским организациям должно быть передано специальное дорожное оборудование, как-то: утюги, пленеры и легкие грейдеры. Одновременно должен быть налажен соответствующий инструктаж со стороны дорожных органов, обеспечивающий технически грамотное и своевременное производство работ. При правильной организации эта система не только даст возможность экономично содержать дорогу, но и повлечет за собой бережное и внимательное отношение к ней, тем самым еще снижая ежегодные расходы на текущий и капитальный ремонт. Организация низовых дорожных эксплоатационных органов должна предусматривать при этой системе штат дорожных сторожей-ремонтеров, необходимых для наблюдения за дорогой. Квалификация этих дорожных сторожей может быть значительно ниже, чем ремонтеров назначаемых на отдельные обходы. Эти дорожные сторожа назначаются на участки значительного протяжения и выполнют специфические работы, которые местные организации взять на себя не могут.

§ 254. Механизация работ по содержанию. Одним из преимуществ работ по дорожному строительству и ремонту является то, что почти все эти работы могут быть механизированы; это позволяет значительно повысить качество выполнения и в то же время заменить трудные в физическом отношении работы—работой машин. К числу работ, которые могут быть механизированы, надо отнести, например, подсыпку полотна в местах просадок и размывов путем применения конных, а при значительном объеме работ — и тракторных лопат, выглаживание дорожного полотна при помощи утюгов с конной или тракторной тягой, рассыпку и разравнивание добавок при помощи легкого грейдера, рассыпку гравия при помощи автоструга или грейдера, разравнивание гравия при помощи ментенера и т. п. Для производства этих работ при околотке дорожного мастера должен находиться парк дорожных машин различных типов, в зависимости от протяженности отдельных видов покрытий. Это оборудование в целях лучшей организации работ удобнее всего выделить в отдельную механизированную бригаду, в состав которой, кроме дорожных машин, войдет и группа рабочих для выполнения доделок в том случае, если работа не может быть полностью механизирована, и выполнения работ, не поддающихся механизации в виду несовершенства применяемых на дорожном строительстве снарядов.

Однако, эта бригада, выполняя наиболее крупные по объему и серьезные работы, главным образом по текущему и капитальному ремонту полотна, не может обеспечить постоянного наблюдения за дорогой и гарантировать безопасность движения на всем протяжении околотка. Таким образом, кроме механизированной бригады, в ведении дорожного мастера должен находиться штат дорожных сторожей ремонтеров, о которых говорилось выше. Расчет оборудования для механизированной бригады ведется в зависимости от местных условий, от производительности отдельных снарядов и от количества и видов ежегодных работ по отдельным сезонам и месяцам. Эти данные могут быть получены на основании соображений, приведенных выше, причем возможность и способы механизации отдельных видов работ должны быть предварительно точно обоснованы. Расчет ведется следующим образом: определяется объем и сроки повторяемости отдельных видов работ по околотку. На основе этих материалов устанавливается ежегодный объем работ и разбивается по отдельным сезонам и месяцам. Из работ, предположенных к производству ежегодно, выделяются те, которые могут быть механизированы, и устанавливаются способы их механизации. По данным о производительности отдельных снарядов определяется потребное количество машино-дней или машино-часов по месяцам. Расчет длины околотка ведется в зависимости от назначенного объема ежегодных работ по выглаживанию дорожного полотна, т. е. в зависимости от числа утюжек в месяц и от продолжительности выутюжки всего околотка за один раз, в которой бывает необходимость, когда надо закончить работу в кратчайший срок (после выпадения дождя до просыхания грунта). По определенному таким образом протяжению околотка рассчитывается число необходимых

НБ УДУНТ (ДИТ)

тракторов и снарядов для производства всех остальных работ. Расчет ведется по наиболее загруженному месяцу, причем учитывается свободное время машин, назначенных для выглаживания дорожного полотна. В результате всех произведенных расчетов, для проверки их, необходимо составить календарный график работ.

Механизированная бригада должна иметь возможность производить работы в течение всего года, применяя в зависимости от сезона те или иные снаряды; поэтому при выборе типа трактора должны быть учтены местные условия. Так, например, необходимость вести значительные работы по снегоборьбе в течение длительного периода может заставить остановиться на гусеничном типе трактора значительной мощности для работы с роторными или плужными снегоочистителями, причем оборудование для производства летних работ должно быть приспособлено к работе с выбранным типом трактора. При наличии только гравийных покрытий можно в основном составить механизированную бригаду из автоструговъ, добавляя к ним некоторое количество тракторов для работы с ментенерами и вспомогательными снарядами.

Сектором механизации ЦИАТа на основании опытных данных, полученных в последнее время в различных районах Ссюза, составлены комплекты дорожных машин для содержания грунтовых дорэг (ЦИАТ „Комплекты дорожных машин", 1931), приводимые ниже. Эти комплекты разработаны двух типов: 1) значительной производительности, предназначенные для обслуживания дорог общесоюзного, республиканского и местного значения, и 2) для обслуживания районных и сельских дорог.

Таблица 193

Комплект машинно-дорожного оборудования для содержания грунтовых дорог на участке длиной 20 км (для обслуживания дорог районного и сельского значения)

I. Перечень машинно-дорожного оборудования с указанием его стоимости

№№ по пор.	Наименование дорожных машин	Количество	Примерная единичная стоимость	Общая сумма	Примечания
1	Утюгов конных металлических .	2	120	240	
2	Лопат конных емкостью 0,1 $м^3$	2	75	150	
3	Канавокопатель . . .	1	350	350	
4	Трактор „Фордзон", мощн. 20—30 л. с.	1	4 000	4 000	Тракт. „Фордзон" может предоставляться местн. колхоз. и совхозами
	Итого	6	—	4 740	

II. Перечень обслуживающего квалифицированного персонала

№№ по пор.	Наименование должности	Количество	Примечание
1	Постоянный старший ремонтн. рабоч. .	1	
2	Тракторист . . .	1	
3	Рабочий по утюжке .	1	
	Итого	3	

Примечание. Означенные комплекты дорожных машин по содержанию придаются к околоткам по эксплоатации дорог.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Таблица 194

Комплект машинно-дорожного оборудования для содержания грунтовых дорог на участке длиной 125 км

(Для обслуживания дорог общесоюзного, республиканского и окружного значения)

I. Перечень машинно-дорожного оборудования с указанием стоимости

№№ по пор.	Наименование	Количество	Примерная единичная стоимость	Общая стоимость	Примечания
1	Гусеничных тракторов мощн. 30 л. с. (типа „Интернационал“)	4	6 000	24 000	работают с пленером, ментенером и механич. лопатами
2	Автоструг на гусеничном или колесном ходу, с ножом для 3,0 *м* (10) двигат. мощн. 30 л. с.	1	6 000	6 000	
3	Пленер	1	600	600	
4	Ментенер	1	1 200	1 200	
5	Утюги металлич. тракторные	4	150	600	
6	Механические лопаты на полозьях емкостью 0,35 $м^3$	3	650	1 950	
7	Треугольные канавокопатели	2	350	700	
8	Треугольные плужные снегоочистители для тракторной тяги	2	2 000	4 000	
9	Роторный снегоочиститель для тракторной тяги	1	5 000	5 000	
	Итого	19	—	44 050	

II. Перечень обслуживающего квалифицированного рабочего и технического персонала

№№ по пор.	Наименование должностей	Количество	Примечания
1	Техник, заведыв. эксплоатац.	1	
2	Десятники по эксплоатации	2	
3	Трактористы	5	
4	Постоянные рабочие по утюжке	2	
	Итого	10	

Примечание. Означенный отряд по содержанию дорог придается к эксплоатационным дорожным участкам.

Московским облдортрансом на основании опыта работ 1930 г., проведенных при консультации корпорации американских инженеров Сибрук, предложены следующие списки оборудования для содержания грунтовых дорог.

I. На участках для ухода при помощи конной тяги — 2 лошади (длина участка до 10 *км*).

1. Утюги конные (деревянные или металлические)	2	5. Топоры	2
2 Канавокопатель треуг. (деревянный)	1	6. Колымажка	1
3. Лопаты ручные железные	4	7. Тачка-тележка	1
4. Лом	1	8. Трамбовка деревянная 20—30 *кг*	1
		9. Шаблоны для канав и для полотна	2

II. На участках для ухода при помощи тракторной тяги (длина участка до 20 *км*)

1. Трактор в 20 л. с.	1	3 Канавокопатель металлический	1
2. Утюги тракторные (с тяжелой цепью 4 *м* для утюжки 2 утюгами)	2	4. Тракторная прицепка с саморазгр.	1
		5. Инстр. (лопаты, ломы, топоры и пр.)	—

III. На каждые 100 *км* дорог нужно иметь у дорожного мастера:

Грейдеров легкого типа (нож 1,8 *м*) для конной или тракторной тяги 1

НБ УДУНТ (ДИТ)

Отделом рационализации Ленинградского облдортранса предложена схема организации механизированного содержания дороги при длине околотка в 60 *км*, приведенная ниже. Механизированная бригада по этой схеме,—тяговые средства которой состоят из трактора „Фордзон" в 20 л с. с уширенными ободами, позволяющими применить их и для укатки гравийных россыпей или улучшенной корки,—имеет следующее оборудование:

Тракторов „Фордзон" с уширенн. обод. .	4	Снегоочистителей тракторных	4
Грейдер с ножом 1,8 *м*	1	Конных лопат	8
Утюгов тракторных	8	Разрыхлитель .	1
Прицепок тракторных .	8	Подвод .	8

Состав бригады		Инвентарь бригады	
Бригадир .	1	Лопат	23
Трактористов .	4	Кирок	14
Грейдерист	1	Тачек	8
Рабочих	20	Топоров	10
Лошадей	8	Пил	2

ГЛАВА ПЯТЬДЕСЯТ ЧЕТВЕРТАЯ

СОДЕРЖАНИЕ ДОРОГ С КАМЕННОЙ ОДЕЖДОЙ

Как уже говорилось выше, эксплоатация шоссе, начинаясь с заключительных после постройки работ, состоит из приемов по регулированию и поддержанию безопасности движения—с одной стороны, и из работ по текущему и капитальному ремонту—с другой.

§ 255. Работы по содержанию шоссе в первый период после постройки. Для определения способов содержания дорог с каменной одеждой необходимо уяснить состав работ и их объем, падающий на единицу длины дороги.

Только что построенное и закатанное шоссе, сданное в эксплоатацию, не является окончательно уплотнившимся монолитным покрытием. Монолитность и уплотнение создаются не сразу, а создаются движением с одновременным действием атмосферных осадков.

Обычно во время постройки рассыпают не все высевки, часть их оставляют на обочине. Как только, под влиянием ветра или благодаря быстрому движению автомобилей, кора обнажится, немедленно рассыпают оставшиеся высевки, разметая их ровным слоем по всей поверхности. Невыполнение данной работы влечет за собой засорение грязью и навозом еще не закрывшихся скважин между щебенками и быстрое разрушение корки. Для того чтобы высевки вдавились в россыпь на всей поверхности и для окончательного уплотнения всей коры, необходимо регулировать движение повозок, отнюдь не допуская езды „в след" все время по одному и тому же месту. Практика показала, что даже при хорошо закатанном шоссе в этом случае возможно образование колеи, трудно исправимой впоследствии.

До сих пор во многих дортрансах укоренился обычай регулировать движение, давая направление этому движению „восьмеркой" или „зигзагами" т. е. ограничивая езду рогатками или просто срезанными вершинами хвойных деревьев таким образом, чтобы повозки двигались то вдоль одной обочины, то приближались ко второй, проходя через ось дороги. Не трудно убедиться, что подобная регулировка, вызывающая, кстати, справедливое неудовольствие водителей транспорта, может вызвать неправильное уплотнение, так как перемена хода от одной обочины к другой с переходом через ось вызывает неодинаковое уплотнение вдоль оси, с чередованием участков хорошо уплотнившихся с участками уплотнившимися недостаточно. Единственно правильным методом регулирования движения является такой, при котором движение происходит так же, как происходила укатка, то есть вначале движение идет некоторое время вдоль самых обочин, а затем, с течением времени, путь следования повозок приближается к оси.

Перестановка ограждений, регулирующих движений, является весьма кропотливой работой, требующей навыка и наблюдений над процессами, происходящими в неокрепшей еще россыпи.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Наконец кора окончательно затвердела и все высевки вдавились в нее; начинается вторая стадия ухода за шоссе — регулирование его влажности, так как и избыток и недостаток ее могут разрушить шоссе Недостаток влаги пополняется поливкой из обычных поливательных бочек, избыток — сметанием воды из образовавшихся впадин.

Иногда в местностях с большим количеством осадков в обочинах делаются через известные промежутки лотки для ускорения стока воды, иногда эти лотки во избежание размыва замащивают.

§ 256. Работы по содержанию шоссе при нормальной эксплоатации. В дальнейшем, в первые годы жизни шоссе, уход заключается в следующем:

1) предохранение от проникновения в кору органических веществ (зарастание шоссе травой и накопление навоза),

2) исправление случайных ямок в коре,

3) регулирование количества влаги,

4) предохранение сильно размокшей коры от перерезания колесами.

Предохранение шоссе от зарастания травой, вызываемого сравнительно слабым движением, достигается полкой травы, а иногда выжиганием с предварительной поливкой нефтью, или поливкой специальными химикалиями (особенно практиковавшейся на белых дорогах за границей). Навоз удаляют подметанием. Наибольшую опасность представляет собой грязь с навозом, остающаяся на полотне после таяния снега. Если ее не убрать, пока она не высохла, переместив ее к обочинам при помощи деревянных лопат, окованных железом (или специальными конными или тракторными щетками) (рис. 611 и 612), то после просушки убрать ее очень трудно Эта высохшая корка создает скользкость в сырую погоду, служит рассадником пыли в сухое время и хорошей почвой для зарастания травой, разрушающей монолитность коры. Особенно необходимо обращать внимание на то, чтобы грязь немедленно после уборки с проезжей части была убрана с обочины за канаву. В противном случае на обочинах вырастает слой дерна, не дающий влаге уходить с поверхности коры в канавы.

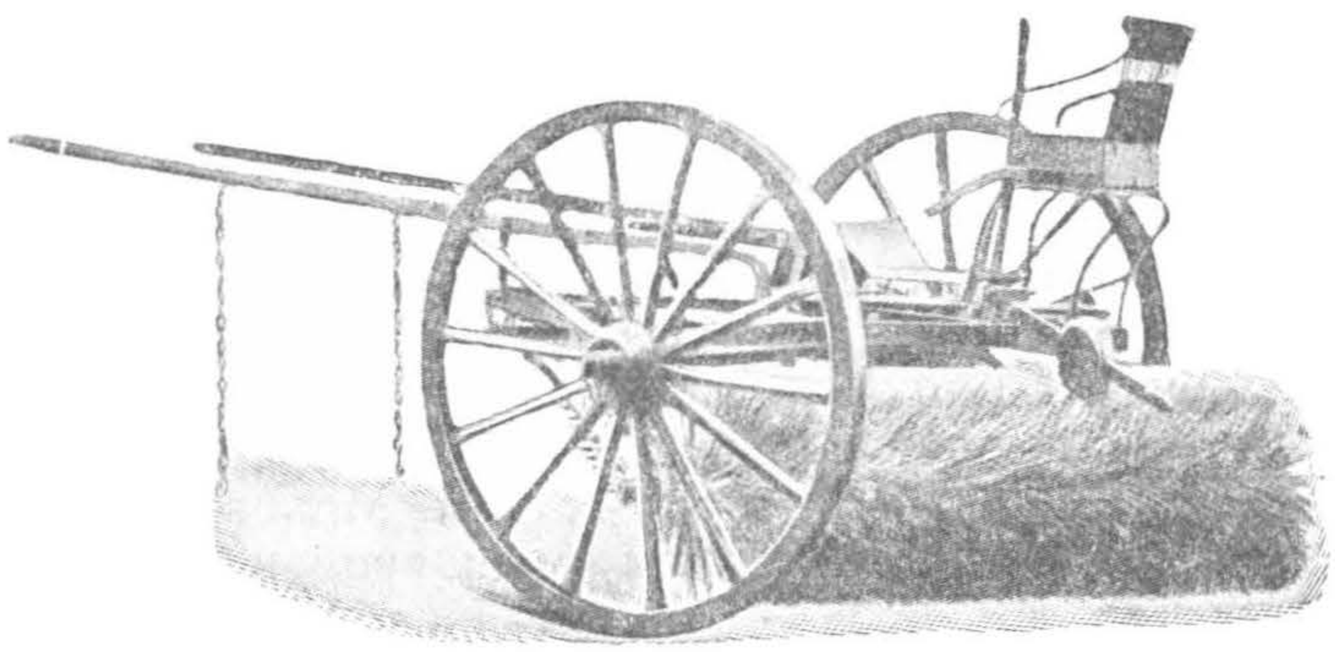


Рис. 611. Конная щетка.

В послевоенный период, когда еще не обращалось должного внимания на правильное содержание дорог, подобные наросшие обочины были общим явлением, и их уничтожение отнимает в настоящее время много средств и времени. Наилучшим способом по борьбе с этим явлением является ежегодная утюжка обочин обыкновенным утюгом. Запущенные обочины, как показал опыт Ленинградского облдортранса, легко планируются легким грейдером („патруль“ № 6) с откидкой избытка земли в канаву. Разрыхленный грунт из канавы удаляется на обрез вручную.

Ямочный ремонт на шоссе. Уничтожение мелких ям осуществляется так называемым ямочным ремонтом. Появление этих ямок вызывается следующими обстоятельствами:

1) недостаточностью связи между расположенными в верхнем слое отдельными щебенками, вызванной недостатком расклинивающего материала или отсутствием цементирующей способности каменного материала;

2) неоднородностью пород отдельных щебенок, в результате чего более прочные щебенки, окруженные быстро разрушающимися щебенками, выпадают и образуется ямка;

3) просадками основания;

4) отсутствием регулирования движения, в результате чего могли получиться колеи;

5) действием копыт лошадей и шпор тракторов.

НБ УДУИТ (ДИТ)

При однородности щебня „по породе“ и умелом регулировании движения ямки не образуется и кора изнашивается более равномерно.

Ямочный ремонт производится следующим образом. Обнаружив ямку, рабочий легкими ударами кирки вокруг нее определяет прочность окружающей корки. Если звук от ударов кирки будет дребезжащий и корка будет легкоподвижна на некотором пространстве, то площадь, подлежащая ремонту, соответственно увеличивается вскирковкой дефектной части. После этого производится тщательная очистка ямки от грязи и мелочи. Края ямки подкирковываются для создания упоров будущей россыпи, причем ямке придают более или менее правильное очертание (прямоугольника, квадрата). Эта ямка также подкирковывается для создания одинаковой глубины по всему контуру.

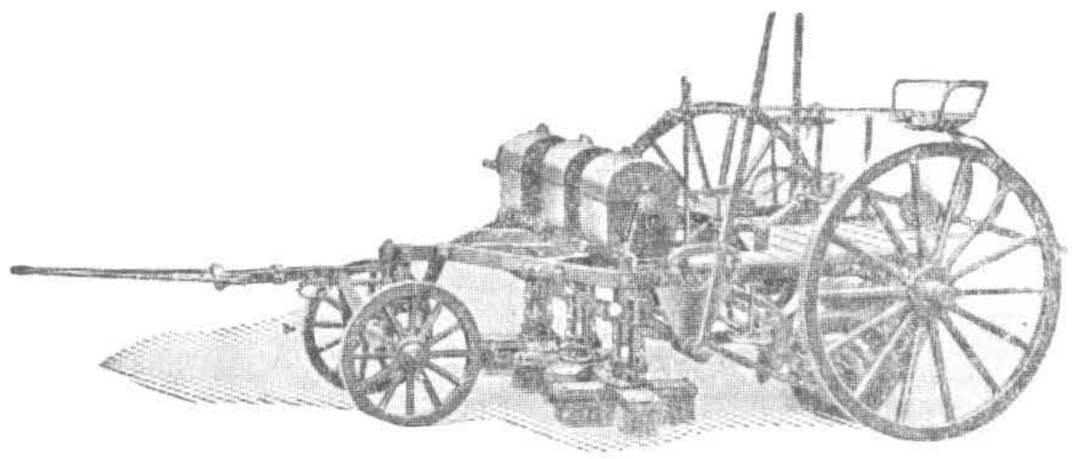


Рис. 612. Тракторная щетка. В передней части расположены крестообразные щетки, вращающиеся вокруг вертикальной оси. Их назначение разрыхлить слежавшуюся грязь. Задним барабаном грязь убирается в сторону.

Заготовленный заранее на обочине (в местах будущего ремонта) щебень тщательно отгрохочивается от мелочи (щебень размером от 25 до 40 *мм*) и рассыпается в ямку, причем толщина засыпки у краев ямки почти равна глубине ямки (выступает не больше 1 *см*), а средняя часть насыпается с запасом на осадку, в связи с дальнейшим уплотнением — трамбованием. Трамбование начинают, идя с трамбовкой по контуру ямки, и кончают посредине. При наличии поблизости воды необходимо трамбуемый щебень смочить.

Употребление при этом в качестве связующего материала глины, грязи или подобных материалов категорически запрещается.

Если по дороге не предвидится автомобильного движения, то на этом работа по ямочному ремонту и кончается. Проход же автомобиля по местам, отремонтированным подобным образом, вызывает немедленное их разрушение, так как щебенки, не связавшись в достаточной степени с корой, вылетают, и от ударов колес ямки еще больше увеличиваются. В виду этого в настоящее время принимают следующие меры: 1) закатку катком, 2) ямочный ремонт с пропиткой битумом.

Для закатки отремонтированных мест употребляются катки среднего веса (от 6 до 8 *т* в зависимости от состояния коры и сорта щебня), двухколесные (тендем) для лучшего использования каждого прохода, так как трехколесный не может всеми колесами пройти над ямкой, а одно из колес будет итти помимо ямки, моторные (в виду затруднительности заготовки дров на всем протяжении ремонтируемого участка дороги) и по возможности быстроходные (для ускорения переходов от одной ямки к другой).

§ 257. Черный ямочный ремонт. Так называемый „черный“ ямочный ремонт в общих чертах производится также как и при поверхностной обработке, описанной в § 216, и заключается в следующем: производится тщательная подчистка подкиркованного дна и боковых сторон ямы обыкновенными метлами и специальными щетками (сперва щетки со стальными щетинками, а затем из особой травы „пиаццава“) (рис. 566).

Битум подогревается в специальных котлах (рис. 613), до соответствующей температуры (180°). Подогретый битум наливается в лейки, имеющие специальное устройство носка, дающее возможность производить разлив равномерной струей. Первый разлив битума дает только обмазку дна и боков ямки. На обмазанную поверхность ямки рассыпают крупный щебень (размером от 20 до 40 *мм*) и производят трамбование, идя трамбовкой от краев ямки к середине. По затрамбованному щебню производится вторая поливка, после чего рассыпают расклинивающий материал и его также трамбуют, как и щебень. Затем делают третью поливку, после чего рассыпают высевки и опять трамбуют. Расход битума на 1 $м^2$ поверхности ямки при этом следующий:

1 разлив	0.75—1 *кг* на 1$м^2$
2	2, 0—3
3	1, 0

НБ УДУНТ (ДИТ)

Если глубина ямки незначительна, т. е. меньше 5 *см*, то россыпь делают двухслойной, ограничиваясь двумя поливками и россыпью расклинивающего материала (10—20 *мм* и 10—2 *мм*).

Обычно трамбование дает такой эффект, что даже не требуется укатка.

Если же количество ремонтируемых ямочным ремонтом мест превышает 20% площади щебеночного покрытия, то для создания более ровной поверхности желательно подкатать отремонтированные места. Каток при этом выбирается несколько облегченного типа по сравнению с обычно применяемым для ямочного ремонта (5—6 *т*), так как наличие связующего вещества ускоряет укатку, а лишний вес может раскрошить щебенки и появятся грани щебенок, не связанные между собой битумом.

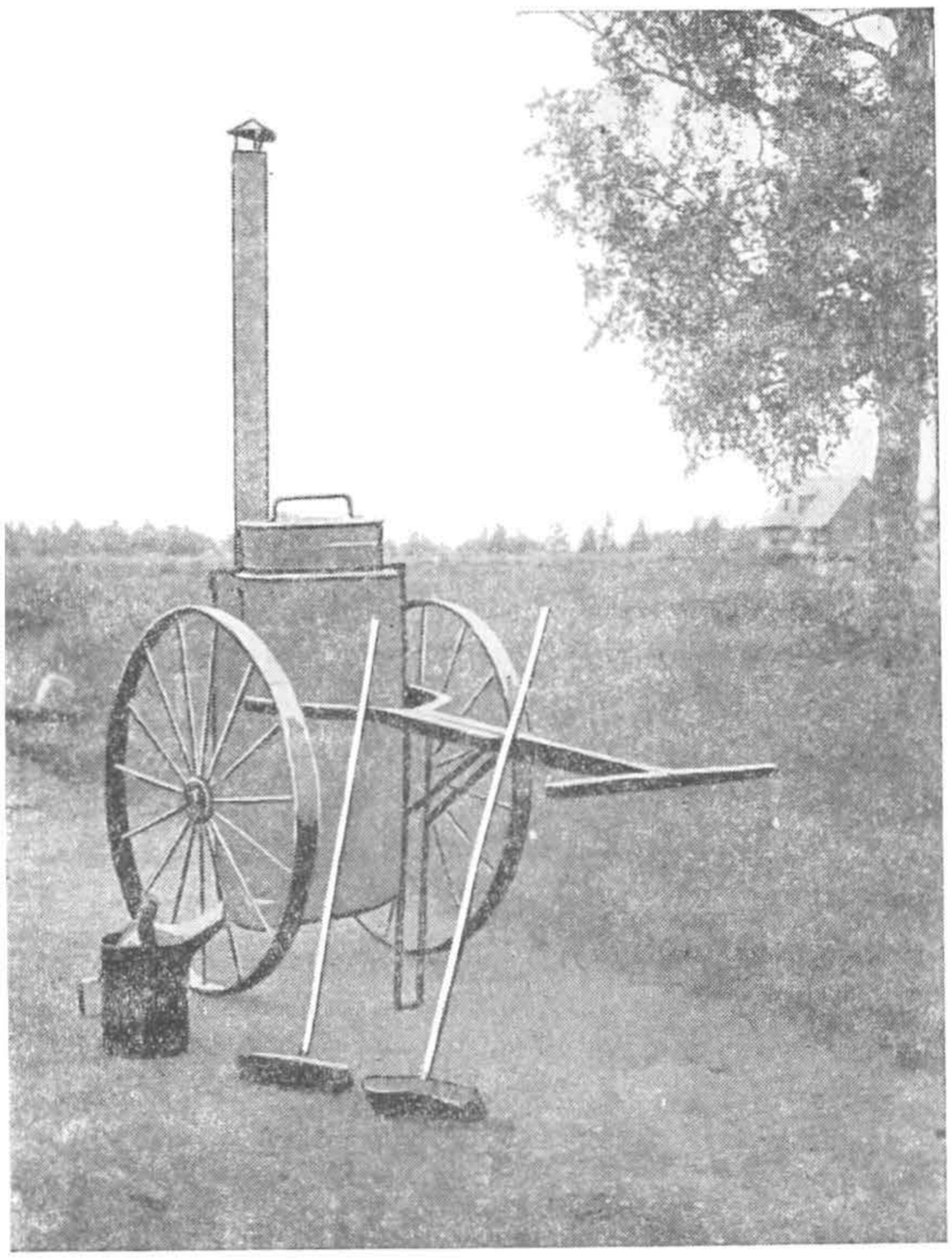


Рис. 613. Котелок для варки битума. У котла стоят щетки и лейка для разлива битума.

Отремонтированная таким образом поверхность коры является более прочной, чем окружающая неотремонтированная часть, а потому в дальнейшем надо предвидеть сплошную поверхностную обработку или „черный ямочный ремонт“ остальной части.

О способе регулирования количества влаги на коре уже говорилось.

Предохранение насыщенной влагой коры от перерезывания (в пучистых местах) при проходе тяжелых повозок заключается в том, что поверх коры устраивают выстилку из хвороста, укладывая его поперек дороги. Конечно, при этом принимаются самые срочные меры к отводу избытка воды, с исправлением водоотвода.

Таким образом поддерживают проезжую часть, обочины и водоотвод в должном порядке, предупреждая серьезные повреждения мелким ремонтом до того времени, пока износ коры не достигнет таких пределов, при которых движение тяжелых повозок может стать опасным для дороги в отношении возможных остаточных деформаций.

§ 258. „Сплошные россыпи“ и случаи их применения. При значительном износе коры назначается так называемая сплошная россыпь щебня, имеющая целью восстановление первоначальной толщины коры. Вообще „сплошная россыпь“ назначается в следующих случаях: 1) при реконструкции проезжей части, когда дорога переводится в более высокий технический класс, требующий большей толщины коры, чем имеется в натуре; 2) когда в результате износа коры ее толщина менее допустимой или поверхность коры слишком изрыта; 3) когда в результате неудачной укатки или деформации основания кора не представляет собой монолитное тело, а обнаруживается легкоподвижность щебенок, расположенных на поверхности коры, и отсутствие связности.

Срок службы шоссейной коры, то есть время до первой сплошной россыпи, зависит от многих причин. Характер и размер движения, качество основания, качество каменного материала и размеры уложенного щебня, качество работы при постройке шоссе и климатические условия — все это влияет на износ коры и на срок службы шоссе. Основными врагами шоссейной коры являются подковы лошадей (особенно с шипами) и повозки с узкими железными шинами. Для движения тракторов, гусеничных и колесных, также необходимо отводить полосу с краю дороги или на обочине и обрезе; автомобили на пневматиках, действуя не столь разрушительно, все же вызывают расстройство коры, так

НБ УДУНТ (ДИТ)

как при сильном движении под покрышками создается известный вакуум, способствующий выдиранию щебенок.

Если основание не представляет собой недеформирующегося тела, то разрушение идет весьма быстро. Слишком мелкий камень от постоянной смены напряжений округляется, и кора расстраивается. Если шоссе недокатано, то при неправильном регулировании движения кора также изнашивается скорей.

Резкие колебания температуры, продолжительность так называемой распутицы не в меньшей степени способствуют быстрому расстройству коры. Зависимость износа коры от размера движения определена эмпирической формулой, предложенной Функом:

$$Q = A + B\sqrt{i}$$

В данной формуле указывается количество щебня, необходимое для ежегодного пополнения износа на 1 *км* дороги шириною 1 *м*. Для различных пород камня приняты различные постоянные величины, входящие в формулу. Переменным является грузонапряженность i, выраженная в 1000 *т* в год.

В таблице даны количества потребного щебня в $м^3$.

Диорит	$0{,}66 + 1{,}34\sqrt{i}$
Базальт	$0{,}80 + 1{,}8\sqrt{i}$
Порфир	$0{,}94 + 2.10\sqrt{i}$
Известняк	$1{,}60 + 2{,}10\sqrt{i}$

Зная толщину рассыпанного слоя, породу камня и грузонапряженность, по данной формуле можно предсказать срок производства сплошной россыпи.

Пусть, например, имеем следующие данные:

Толщина шоссейной коры — 18 *см*.

Минимально допустимая толщина — 8 *см*.

Грузонапряженность выраженная в 1000 тонн груза в 1 год $i = 100$.

Камень — „порфир".

Тогда ежегодный износ щебня на 1 *км* дороги шириной в 1 метр $Q = 0{,}94 + 2{,}10\sqrt{100} = 0{,}94 + 21 = 21{,}94$ $м^3$.

Допустимое уменьшение толщины коры 10 *см*, что соответствует потери $0{,}10 \times 1{,}0 \times 1000 = 100$ *кб. м* щебня,

(где 0,10 — толщина слоя; 1,0 — ширина и 1000 — длина).

Так как ежегодный износ = 21,94, то сплошную россыпь, следовательно, надо делать через

$$\frac{100}{21{,}94} = 5 \text{ лет}.$$

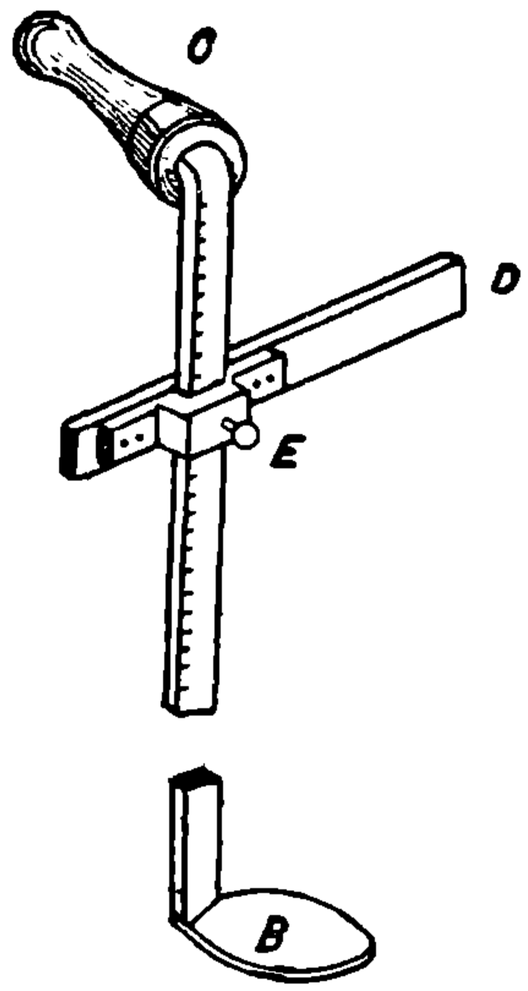


Рис. 614. Промерник для определения толщины коры.

Срок этот можно также определить на основании промеров щебеночной коры или на основании тщательного сравнения нивеллировочных отметок поверхности коры сразу после постройки и в день исследования. Первый способ имеет то преимущество, что определяется действительная толщина коры и качества основания (глубина и чистота песчаного слоя и влажности грунта), но зато работа эта отнимает много времени и портит шоссе, так как лунки, вырытые в коре, заделываются с трудом.

Определение толщины оставшегося слоя по нивеллиру быстрее и не портит коры, но менее точно, так как понижение отметки поверхности коры могло произойти не вследствие износа, а вследствие осадки самого полотна. Промер коры делается один раз в три года в тех местах, на которых по внешнему виду нельзя определить необходимость капитального ремонта. Промер этот делается следующим образом: при ширине коры до 4,5 *м* в каждом поперечнике делается три лунки: одна — на оси и две — на расстоянии около 1 *м* от обочин. Более точно расстояние первой лунки до обочины должно быть равно 0,17 B, где B — ширина проезжей части. При более широкой проезжей части делают пять лунок, из которых две последних делаются на равном

НБ УДУНТ (ДИТ)

расстоянии между осевой и боковыми лунками. Такие поперечники делаются через каждые 100 *м*. Размеры лунок определяются возможностью опустить в лунку обыкновенную лопатку, то есть 25×25 *см* (при наличии специальных промерников ширина лунок 12—15 *см*. Чертеж промерника см. на рис. 614).

Определение толщины коры промерами делается ответственным техническим лицом участка (дорожным мастером, техником). Результат промера актируется и заносится в особые ведомости, которые являются основным документом для назначения того или иного вида ремонта.

§ 259. Работы по „сплошной россыпи“ распадаются на следующие элементы:

1. Прочистка и ремонт водоотводных канав, необходимых для отвода избытка влаги из полотна дороги, во избежание затруднений при укатке.
2. Планировка обочин или прокопка в них открытых лотков, также с целью отвода влаги.
3. Очистка поверхности от грязи.
4. Ямочный ремонт коры для создания ровной поверхности старой коры.
5. Подготовка поверхности для лучшей связи старой коры с новою россыпью.
6. Укрепление обочин для создания упора против расползания новой россыпи во время укатки.
7. Грохотка, россыпь и разравнивание нового слоя щебня.
8. Укатка россыпи.
9. Отделка участка.
10. Уход по окончании работ.

Способы производства первых двух элементов не нуждаются в пояснениях. „Очистка“ весьма важна, так как наличие грязи на старой ко.е мешает сращиванию старого и нового слоя щебня и во время укатки верхний новый слой будет скользить по старому. Очистка производится металлическими ручными щетками и метлами или специальной механической (конной или тракторной щеткой). 4-й элемент „ямочный ремонт“ необходим в виду того, что при наличии ям, на новой поверхности россыпи в скором времени после укатки появятся ямки как раз над ямками старой коры. Объясняется это тем, что осадка россыпи в этих местах будет несколько больше, чем в других местах. Обычно ямочный ремонт делают за 1—1½ месяца до выполнения сплошной россыпи для того, чтобы дать возможность отремонтированным местам уплотниться под влиянием езды.

Подготовка поверхности старой коры выполняется различными способами, а именно: 1) подкирковывается сплошь вся поверхность старой коры; 2) старая кора подкирковывается только частично, например, в виде ряда продольных и поперечных полос („в клетку“); 3) совсем не подкирковывается, лишь чистится весьма тщательно и вдоль обочин делаются борозды. Каждый из указанных способов имеет свои пределы применения. Сплошная подкирковка (на одну щебенку) делается в том случае, если а) кора еще достаточна плотна, но на поверхности имеется много ям и для их выравнивания потребуется тонкий слой такой высоты, которой трудно укатать, или б) в том случае, когда щебень старой коры довольно твердых пород и нет уверенности в том, что без подкирковки осуществится связь между верхним и нижним слоем. Второй способ применяется при сравнительно толстых слоях новой россыпи (9—12 *см* в рыхлом теле) и при малой толщине старой. Третий способ применяется в том случае, когда новая россыпь делается в виду расстройства старой коры, когда щебенка набита из сравнительно нетвердых пород (средние граниты) и когда старая кора настолько тонка, что подкирковка нарушит общую связь.

Сплошная подкирковка делается главным образом механическим способом. Новейшие механические катки имеют кирковщики, действующие сжатым воздухом (пневматические). Управление ими настолько четко, что можно опустить зубья кирковщика на любую глубину. За один проход такого катка подкирковывается полоса шириною в 40—50 *см*. Выполнение этой работы вручную слишком дорого, так как старая кора весьма близка к монолитной. Подкирковка „в клетку“ делается вручную, так как применение кирковщика не будет рентабельным. Работа эта протекает следующим образом: прокирковываются сперва крайние борозды вдоль обочин и продольные борозды через 1 *м* друг от друга. Крайние борозды делаются глубже промежуточных, так как назна-

НВ УДУНТ (ДИТ)

чение их—создать упор против скольжения россыпи в стороны. Наружный откос этой борозды (к обочине) делается почти вертикальным, внутренний—с заложением примерно 1 : 3 (для создания поперечного профиля, аналогичного кружалам пологого свода). Глубина крайних борозд около диаметра 2 щебенок. Ширина 25—30 *см*. Промежуточные продольные и поперечные борозды имеют глубину, равную диаметру 1 щебенки, шириною до 10 *см*. Назначение промежуточных продольных и поперечных борозд (которые делаются также на расстоянии 1 *м* друг от друга) — уменьшить скольжение во время укатки верхнего слоя щебня по старой коре. При третьем способе делаются продольные крайние борозды и уничтожаются заметные на глаз бугры, путем частичной подкирковки.

По окончании подкирковки тем или иным способом весь вскиркованный щебень удаляется на обочины, и если он не округлился, то после грохотки может быть употреблен в дело. Вся вскиркованная поверхность тщательно очищается.

Укрепление обочин делается также несколькими способами, а именно: 1) укладкой ординарной или двойной бордюрной ленты из булыжного камня; 2) установкой бордюра из доски, поставленной на ребро, который укрепляется забитыми в землю кольями и подсыпкой обочины; 3) укладкой бордюра из дерновых лент с подсыпкой земли. Обычно каменные бордюры делаются в том случае, если они имелись в старой коре. Тогда их перемащивают с предварительной подсыпкой песка. Применять их имеет смысл в том случае, когда обочины слишком слабы и не смогут противостоять боковым усилиям.

Наличие замощенной бордюрной ленты имеет все же скверное влияние на укатку по следующим обстоятельствам: укатывая крайнюю полосу, каток вынужден будет итти и по бордюру, в результате чего слой щебня у самого бордюра не будет закатан, так как бордюры всегда будут несколько выше. Если же каток не будет проходить по бордюру (что технически трудно осуществимо), то бордюр будет выпирать и он не сможет сопротивляться боковому распору. Кроме того, бордюры на законченном постройкой шоссе, не подвергаясь износу, будут всегда выше уровня шоссе, а потому создадут неблагоприятные условия для стока воды. Частое же их перемощение удорожает эксплоатацию.

Бордюры из досок делаются следующим образом: по разбивке ширины россыпи устанавливают на ребро доски высоты равной толщине россыпи; с наружной стороны досок, примерно через 1 *м* и у стыков, забиваются колья длиною 40—50 *см*. Для лучшего сопротивления бордюра боковому распору, без прогиба досок, делается земляная отсыпка (со стороны обочин). По окончании укатки доски вытаскиваются и могут быть использованы в дальнейшем на следующем участке до тех пор, пока они не придут в негодность. Обочины же планируются с тщательным трамбованием. Этот способ имеет преимущество перед предыдущим в том, что укатка при этом идет более правильно, но зато отрицательной стороной является излишняя затрата средств на доски. В виду этого употребляются доски низкого качества.

Укрепление обочин укладкой двухслойного ряда дернин с закреплением землей является наиболее дешевым и наименее совершенным способом, так как тут сопротивление боковому распору значительно меньше, чем при других способах.

Грохотка щебня. Поскольку с каждым годом увеличивается число камнедробилок, снабженных „грохотами“, то ручная „грохотка“ щебня встречается все реже, как и ручная разбивка щебня.

Разравнивание щебня делается так же, как и для постройки.

Для закатки сплошных россыпей достаточно иметь каток одного типа, так как основание (старая кора) почти не деформируется, слой не толст, а потому сопротивление движению не велико даже и в первый момент. Обычно пользуются катком весом от 8 до 10 *т* (в зависимости от породы щебня), трехколесным, с небольшой скоростью хода. Род топлива не играет роли (выбирается по местным условиям).

§ 260. Перестройка шоссе назначается в том случае, если основание, под влиянием действия внешних факторов, изменило свои свойства (загрязнилось,

НБ УДУНТ (ДИТ)

пропиталось влагой, разрушилось) и ремонт коры методом сплошного утолщения не даст положительных результатов. Перестройка обязательна в том случае, если дорога переведена в другой технический класс и в виду этого ожидаются такие нагрузки, которые могут вызвать давление на основание более допускаемого.

Перестройка отличается от процесса постройки шоссе следующим: добавляются элементы работы — 1) кирковка" старой коры, 2) удаление старого щебня и его „грохотка", — отсутствующие в процессе постройки. Кирковка производится совершенно аналогично сплошной кирковке при сплошных россыпях. Интересным вопросом при перестройке является вопрос об использовании старого округлившегося щебня, остающегося после разломки старой коры в количестве, иногда превышающем 40 %—50% потребности для новой россыпи. Щебень этот после очистки и грохотки имеет лишь тот недостаток, что он округлен, а поэтому будет плохо закатываться и давать мало необходимой для цементации каменной муки. До сего времени считали правильным употреблять для нижнего слоя старый щебень, мотивируя это тем, что присутствие округленных щебенок в нижней части не имеет большого значения, так как, с одной стороны, пустоты между щебенками заполнятся мелочью, проникающей из верхних слоев, с другой — напряжения, возникающие в нижнем слое, значительно менее напряжений в верхних слоях, а потому связность в нижнем слое не столь необходима.

Однако, принимая во внимание, что округленные щебенки, расположенные в нижнем слое, могут способствовать проникании песка вверх во время укатки и что это вызовет расстройство коры, необходимо найти другой способ использования старого щебня. Опыты Ленинградского облдортранса показали, что употребление старого щебня не для нижнего слоя, а в промежутке между двумя слоями нового щебня имеет больший смысл. Опытные участки, заложенные в 1929 г., закатывались очень хорошо и держатся до сего времени безукоризненно.

Все прочие элементы „перестройки" совершенно одинаковы с элементами „постройки".

§ 261. Организация работ по содержанию шоссейной дороги. Для того чтобы решить вопрос о том, как правильно организовать уход и содержание дороги с шоссейной одеждой, необходимо разрешить последовательно следующий ряд вопросов:

а) состав работ, необходимых к выполнению в течение года;
б) объем работ по каждому элементу;
в) наилучшее время для выполнения каждого элемента;
г) необходимое оборудование для выполнения работ;
д) требования, предъявляемые к рабочей силе (в отношении квалификации).

Состав работ следующий (начиная с ранней весны):

1) открытие мелких мостов и труб;
2) прокопка кюветов в снегу;
3) работы по удалению воды, застоявшейся во время таяния снега;
4) разбивка щебня для ямочного ремонта;
5) прочистка канав и русел водотоков;
6) прочистка и прокопка открытых лотков в обочинах;
7) уход за пучинистыми местами;
8) очистка от грязи поверхности шоссе;
9) исправление откосов и размытых мест;
10) ремонт указательных знаков:
11) производство ямочного ремонта;
12) планировка обочин;
13) частичный ремонт настила мостов;
14) производство сплошных россыпей;
15) уход за участками, отремонтированными ямочным ремонтом и сплошными россыпями;
16) вырубка кустарника;
17) ремонт мостов;
18) подготовка снеговых защит;

НБ УДУНТ (ДИТ)

19) закрытие отверстий мостов и труб;
20) расстановка снегозащит;
21) их перестановка;
22) разгребание снега;
23) сколка ступеней и уничтожение раскатов;
24) рассыпание снега на оголенных местах;
25) ремонт инвентаря;
26) околка льда вокруг ледорезов и свай;
27) пропуск льда под мостами.

Объем работ по каждому элементу выясняется на основании изучения местных условий. Например, подсчитывается число мостов и труб, определяется длина всех канав, задается частота их заноса, площадь покосов и возможной срезки кустарника, задается частота срезки, определяется число указательных и других знаков, число пучинистых мест и т. п. Таким образом, может быть определен средний ежегодный объем работ по каждому элементу, а отсюда, на основании существующих норм выработки, определится численность рабсилы в человеко-днях.

Календарный план производства работ надо составлять, учитывая следующие соображения:

1) Необходимо установить наилучшее время выполнения каждой работы;

2) Необходимо избегать резкого колебания числа рабочих и стремиться сохранить одинаковое число рабочих на большем протяжении времени.

Перечень работ приведенный выше, дан в порядке желательных сроков выполнения—с начала весны и на круглый год. Особенно важно ямочный ремонт делать возможно раньше, вырубку кустарника — осенью, „сплошные россыпи“ не в самое сухое время.

Из приведенного выше перечня работ видно, что ни один из трех методов эксплоатации в чистом виде не может быть применен в эксплоатации шоссейной дороги, а именно:

1) Ремонтер, прикрепленный к определенному участку, не может один справиться с объемом работ, падающим на его участок в определенные сроки, и не может применять сложное оборудование.

2) Отрицательная сторона бригадного способа заключается в том, что во время работы бригады в одном месте вся остальная часть дороги остается без надзора.

3) Передать населению полностью содержание шоссе невозможно из-за того, что определенные элементы работы требуют специальных знаний и навыков.

Кроме того, требования безопасности движения вызывают необходимость иметь лицо, ответственное за эту безопасность.

Все вышепереименованные работы можно разбить на три категории, а именно:

I. *Работы путевого сторожа* (работы нетрудоемкие, не требующие сложных инструментов, только метлу, лопату и т. п.).

К ним относятся: 1) открытие мостов и труб, 2) прокопка кюветов в снегу, 3) удаление застоявшейся воды, 4) прокопка открытых лотков в обочинах, 5) уход за пучинистами местами 6) очистка поверхности шоссе от грязи, 7) ремонт указательных знаков, 8) уход за „сплошными россыпями“ и ямочным ремонтом, 9) закрытие отверстий мостов и труб, 10) перестановка снегозащит, 11) околка льда у ледорезов.

II. *Работы ремонтной бригады*—трудоемкие работы, требующие специальных навыков и специального оборудования.

Бригадам передаются следующие работы: 1) разбивка щебня (если таковая не механизирована), 2) прочистка канав, 3) исправление откосов и размывов (земляные работы), 4) ямочный ремонт, 5) планировка обочин, 6) производство „сплошных россыпей“, 7) рубка кустарника, 8) подготовка снеговых защит, 9) расстановка их, 10) разгребание снега, 11) сколка ступеней и уничтожение раскатов, 12) россыпь снега на оголенных местах, 13) пропуск льда под мостами, 14) заготовка материалов (местных).

III *Плотничные ремонтные работы* 1) частичный ремонт искусственных сооружений, 2) капитальный ремонт, 3) ремонт инвентаря, 4) ремонт гражданских зданий и 5) ремонт деревянных указательных знаков.

НБ УДУНТ (ДШТ)

Определение длины рабочих участков шоссе. Для того чтобы решить вопрос о длине участка, передаваемого одному путевому сторожу, необходимо знать нормы затраты времени на производство одной единицы работы и объем работы, падающий на одну единицу длины дороги. В виду того, что некоторые работы требуют срочности выполнения (например, околка льда у ледорезов и т. п.), то на время, когда ожидаются стихийные бедствия и т. п, можно назначить в помощь сторожу помощника.

Требования к путевому сторожу предъявляются небольшие, а именно: знание инструкции по уходу и содержанию, инструкции по правилам движения и наличие физических способностей для производства несложных работ сторожа.

Размер бригады по ремонту шоссейной дороги определяется в зависимости от необходимых сроков выполнения работ, их объема на протяжении участка, наличия специального оборудования. Длина участка, передаваемого одной ремонтной бригаде, может быть определена из следующих соображений:

Дорожно-эксплоатационный участок в административном отношении делится на околотки, возглавляемые дорожными мастерами. Длина околотка должна быть такова, чтобы дорожный мастер, пользуясь лошадью или велосипедом как средством перемещения, мог побывать на месте работ не реже одного раза в шестидневку. График его работы в течение пяти рабочих дней шестидневки может быть изображен следующим образом: последний день — на отчетную работу, остальные дни—50% времени в перемещении на места работ и 50% на руководство работами. Таким образом при 10-часовом рабочем дне в движении он должен находиться (5 дней — 1 день) $\times$ 10 часов $\times$ 0,5 = 20 часов. За 20 часов при средней скорости движения в 7 *км* в час он может покрыть расстояние, равное 140 *км*. Если дормастер живет в середине вытянутой в одном направлении дороги, то длина его участка будет равна при этих условиях $\frac{140\ км}{4} = 35\ км$ (4 конца — от дома в одну сторону и обратно, в другую сторону и обратно). Конечно, подобный расчет несколько теоретичен, и фактически длина околотков бывает значительно больше, но иногда и меньше. Чем меньше движение и чем меньше населена территория, прилегающая к дороге, тем больше может быть длина околотка. Принимая во внимание, что при бригадном способе производства работ число точек работы невелико и что работы ведутся под наблюдением помощников дормастера (руководителей бригад), можно считать, как среднее, длину околотка в 50 *км*. Длину же участка („рабочего отделения"), передаваемую одной бригаде, можно принять в 25 *км*, т. е. нужны две бригады на одного дормастера.

Бригады формируются следующим образом: так как работы по ремонту можно разбить на „земляные работы", „работы по проезжей части" и „дерновые работы", то по каждой из указанных отраслей должен быть один старший рабочий, имеющий навыки в выполнении данной работы. Вся же работа ведется бригадой сообща. Для лучшего использования бригады должны быть созданы следующие условия: в местностях малонаселенных совместно с бригадой должна перевозиться походная палатка, кухня и все необходимое для работ (инструменты, приспособления и т. п.). Снабженная таким образом бригада не затрачивает много времени на продвижение к месту работ и обратно, и кроме того, имея подводы, может их использовать при длительных стоянках, как средство перемещения земли или других стройматериалов.

Наличие подвод позволяет брать с собой на работы все необходимые и даже редко употребляемые приспособления, что никогда не делают ремонтеры, вынужденные переносить все на себе или везти на тачке.

Работа бригады происходит следующим образом: выполнив какую-либо работу на всем протяжении своего отделения, от одного конца до другого, бригада перемещается в обратном направлении, выполняя следующую намеченную по плану работу. Такие перемещения могут повторяться в течение сезона по нескольку раз.

Вообще бригадный способ производства ремонтных работ имеет следующие преимущества перед способом выполнения ремонта ремонтерами:

1) Работа все время выполняется под руководством технически грамотного лина.

НБ УДУНТ (ДИТ)

2) Не затрачивается излишнее время для передвижения от местожительства к месту работ.

3) Распределение труда рабочих более целесообразно, чем при работе одиночек, так как производят работу в одном месте сплошь, а не во многих местах в небольшом объеме (например, вырубка кустарника, прочистка канав и т. п.).

4) Наличие должного оборудования улучшает и ускоряет работу.

Выделение плотничных работ и передача их особой бригаде улучшают качество работ и ускоряют их выполнение.

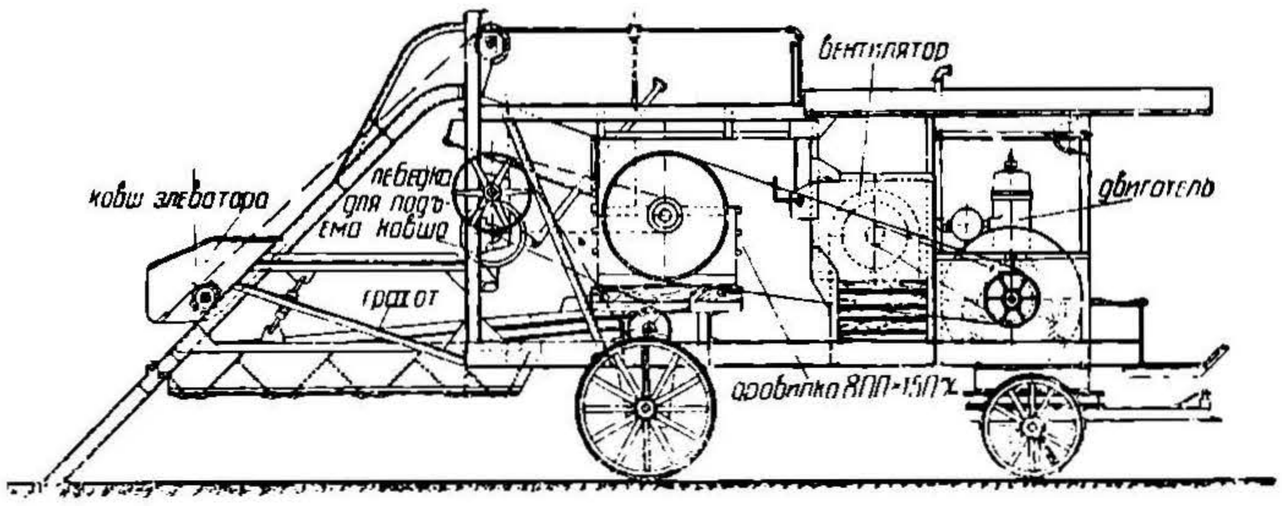


Рис. 615. Камнедробилка фирмы „ИБАГ".

Механическое оборудование (как-то: катки, камнедробилки и пр.) предоставляются бригаде по календарному плану.

Само собой понятно, что успех работы бригады обусловливается тем, насколько широко внедрены социалистические методы труда — соцсоревнование и ударничество, и насколько изжита обезличка.

§ 262. Механизация содержания шоссейной дороги. Из работ по содержанию шоссейной дороги могут быть механизированы следующие работы: 1) очистка шоссе от грязи, 2) разбивка и грохотка щебня, 3) рассыпание щебня и его разравнивание при „сплошных россыпях", 4) прочистка канав, 5) планировка обочин, 6) очистка дороги от снега.

Для очистки шоссе от грязи употребляются конные и тракторные механические щетки, о которых уже говорилось выше.

Рис. 616. Камнедробилка Акмэ с передвижным бункером.

Разбивка щебня и его грохотка для ямочного ремонта и „сплошных россыпей" делается специальными передвижными и самоходными камнедробилками. На рис. 615 изображена камнедробилка фирмы „Ибаг", имеющая следующее устройство: подвезенный к камнедробилке камень выгружается в специальный загруженный ковш, ковш поднимается по направляющим рельсам при помощи фрикционной лебедки, имеющей привод от двигателя дробилки, опрокидывается в воронку, камень из воронки поступает постепенно в жерло

НБ УДУНТ (ДИТ)

дробилки. Под выходным отверстием дробилки прикреплен трясущийся грохот, на который падает разбитый щебень; каждая фракция щебня попадает в свой лоток, откуда скатывается в подставленные тачки.

На рис. 616 изображена самоходная дробилка фирмы „Акмэ", отличающаяся от предыдущей главным образом тем, что „Акмэ" имеет двигатель, который приводит в действие и камнедробилку и может передвигать на колесах раму, на которой расположены камнедробилка, элеватор и грохот. Грохот у „Акмэ" цилиндрический. Тип самой дробилки у „Акмэ" роликовый с „простым качанием" подвижной щеки. Приспособление для россыпи и разравнивания щебня изображено на рис. 617.

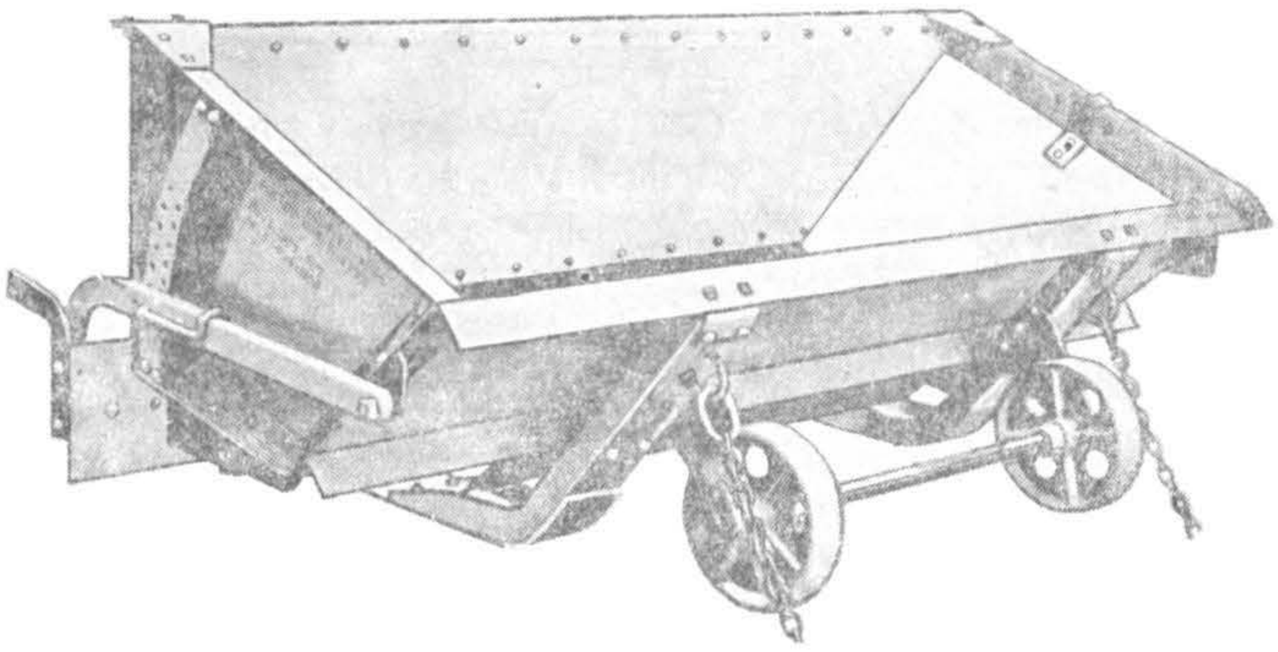


Рис. 617. Приспособление для россыпи и разравнивания щебня. Это приспособление прикрепляется сзади автомобиля с опрокидывающимся кузовом.

Прочистка канав может быть проделана грейдером с откосником и при помощи трапецоидального или треугольного канавокопателя. Планировка обочин (в случае их нарастания) может быть сделана при помощи легкого или среднего грейдера („Патруль", „Беджер") и тракторного утюга.

О механизации уборки снега будет изложено в специальной главе „Снегоборьба"

ГЛАВА ПЯТЬДЕСЯТ ПЯТАЯ

СОДЕРЖАНИЕ БУЛЫЖНЫХ МОСТОВЫХ И УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ ДОРОГ

§ 263. Работы по содержанию мостовой. Содержание и ремонт полотна дороги, водоотвода и искусственных сооружений на дорогах, покрытых мостовой, почти не отличаются от содержания их при шоссейной одежде.

Состав же работ по содержанию и ремонту самой мостовой следующий: 1) ямочный ремонт мостовой, 2) сплошное перемощение, 3) уход за новой и отремонтированной ямочным ремонтом мостовой.

Ямочный ремонт и ремонт сплошным перемощением ничем не отличаются от обычного мощения. Просевший или расстроившийся участок мостовой взламывается. Если песок, находящийся под мостовой, сильно загрязнен, его заменяют новым, насыпая его слоем соответствующей толщины для создания правильного профиля отремонтированного участка. Если песок чист, то производят только дополнение его. В виду того, что часть старого вынутого камня уйдет на щебенку, необходимо добавление некоторого количества нового камня (от 2 до 5% от потребности на такой же участок при новом замощении).

Сплошное перемощение назначается в том случае, если разрушение мостовой произошло не из-за неправильного направления движения (в результате чего образовались колеи и выбоины), а из-за неправильной осадки основания. В таких случаях перед перемащиванием вновь исправляют основание, удаляя с него пригодный к употреблению песок, укатывая его прицепными катками. В общем работа ничем не отличается от постройки новой мостовой.

В течение последних лет в некоторых дортрансах на мостовых производят следующие работы: 1) исправление избитой (но с прочным основанием) мостовой путем укатки, 2) покрытие мостовой тонким слоем гравия с ежегодным его возобновлением.

Укатку мостовой делают следующим образом: пройдя катком среднего веса (6—8 *m*) по выступающим участкам мостовой (очень медленным ходом), начинают осаживать ее с краев, постепенно передвигаясь к середине. Особо пониженные места, конечно, при этом перемащиваются.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Покрытие мостовой тонким слоем гравия имеет двоякий смысл. Гравий, во-первых, играет роль как бы подушки, распределяя давление на большее число камней, а во-вторых, улучшает условия для движения автомобилей, предохраняя их от сотрясений. Толщина слоя гравия принимается около 5 *см*. Россыпь производится вручную, преимущественно в сырую погоду. Регулирование движения и уход за мостовой в первый период после ее постройки аналогичны такой же работе на шоссе.

Открытие мостовой для езды делается только после дождя или, в случае его отсутствия, после поливки мостовой водой. Это необходимо для того, чтобы песок и мелкие высевки могли опуститься вместе с водой в глубину мостовой и заполнить пустоты между камнями. Для того чтобы не образовалось колей, на свежепостроенной мостовой движение регулируется так же, как и на шоссе. Выметаемые ветром и движением высевки и песок также разметаются метлами.

Все остальные работы по уходу и содержанию дороги, покрытой мостовой, ничем не отличаются от работ на шоссе.

В отношении организационном, как и при работах на шоссе, необходимо различать работы путевого сторожа, работы бригады по ремонту и плотничьи работы. Принцип организации тот же. Особый интерес представляет собой организация „сплошных перемощений".

Мощение вообще требует наличия специально квалифицированных рабочих, в которых в настоящее время наблюдается недостаток. В силу этого необходимо стремиться к освобождению мостовщиков от выполнения ими таких операций, которые после некоторой тренировки могли бы выполняться неквалифицированными рабочими.

Если рассмотреть состав работы по мощению, то становится ясным, что из всех элементов мощения только два элемента требуют специальной квалификации, а именно: установка камней (само мощение) и укладка версты. Все остальные элементы могут быть разделены на следующие группы: 1) группа „земляных работ" (устройство корыта, россыпь и разравнивание песка, планировка обочин), 2) группа „транспортных работ" (доставка материалов к месту работ), 3) группа вспомогательных работ (трамбование, разметание высевок и песка), 4) группа камнебойных работ (околка камня и разбивка щебня).

Отсюда получаем основные принципы образования бригады для ремонта мостовой (для сплошного перемощения): минимальное число мостовщиков (4—5 чел.), землекопов (8—10 чел.), „транспортных рабочих" (7—8 чел.), вспомогательных рабочих (5—6 чел.), камнебоев (2—3 чел.). Для разборки старой мостовой необходимо дополнительное количество рабочих (4—6 чел.).

Бригада, составленная таким образом, не будет иметь простоев.

В виду того, что как указано выше, требуется известная квалификация лишь для производства самого мощения, остальные рабочие могут быть почти неквалифицированные, но должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к ним самой работой, а именно: 1) для транспортных работ необходима физическая сила и ловкость, 2) для трамбования — физическая сила и глазомер, 3) для земляных работ — глазомер и т. п.

Особые трудности содержания мостовой возникают при проходе дороги по „боровым" местам, т. е. местам, где грунтом являются сыпучие пески. Постоянный нанос песка на мостовую и легкоподвижность песчаных обочин способствуют расстройству мостовой. Мерами борьбы с сыпучим песком является укрепление обочин торфованием (или глинованием) и обсадкой обреза кустарником (торфование изложено выше). Мерами же борьбы с песком, нанесенным ветром, являются те же меры, которые принимаются в снегоборьбе, т. е. устройство живых изгородей и т. п.

§ 264. Содержание усовершенствованных дорог. Полотно дороги и водоотвод содержатся на дорогах, покрытых усовершенствованной одеждой, так же, как и на шоссейной дороге. Содержание же проезжей части заключается в постоянной очистке поверхности коры, в предупредительном ремонте, то есть ремонте случайных нарушений (ямочный ремонт). Ремонт „черных" дорог был рассмотрен в § 224. Способ производства „ямочного ремонта" усовершенствованных „черных" покрытий совершенно не отличается от производства постройки

НБ УДИТ (ДИТ)

этих покрытий. Отлична лишь аппаратура, так как объем работ значительно меньше.

Работа протекает следующим образом: разрушенное место метлами и металлическими щетками тщательно очищается от грязи и каменной мелочи. Края и дно подкирковываются для придания правильного вида. Если поверхность ямки влажна от атмосферной влаги, то для ускорения процесса просушки употребляют специальные сушильные аппараты (рис. 579), которыми и производят просушивание ямки. Приемы же заполнения ямок аналогичны приемам постройки покрытия. Работа должна производиться весьма тщательно, с точным соблюдением дозировок и температур (при горячем способе). При ямочном ремонте с глубиной ямок до 2 *см* делается один разлив с употреблением в дело каменного материала, фракции от 3 до 10—15 *мм*. Холодный способ при этом предпочтительнее. При холодном способе в качестве связующего материала употребляются эмульсии и разжиженные битумы. Разжиженные битумы приготовляются в специальных базах, где битум разогревается до уничтожения твердых комков, и после полного уничтожения огня в топке котла в битум добавляют разжижитель в пропорции: 75—65% битума и 25—35% разжижителя. До употребления разжиженного битума в дело, он хранится в герметически закупоренных бочках, во избежание улетучивания разжижителя.

При ремонте ямок более глубоких делаются два разлива битума и приготовляются следующие фракции каменных материалов: первая — 15—30 *мм*, вторая — 3—15 *мм*. При трех разливах следующие фракции: 25—45 *мм*, 15—25 *мм* и 3—15 *мм*.

Оборудование для холодного способа несложно, оно состоит из бочки с разжиженным битумом, ливера для выкачивания битума из бочки, леек и лопат, щеток металлических и травяных и трамбовок.

При горячем способе взамен бочки с разжиженным битумом добавляются к перечисленному котелки для подогрева, термометры в металлической оправе и сушильный аппарат. Для производства указанной работы составляется специальная артель, производящая работу от одного конца участка до другого. Если закрыть движение при усиленном ямочном ремонте нельзя, то ремонт этот делается сперва на одной половине проезжей части, а потом на другой.

Ремонт ям на асфальто-бетонном покрытии делается с заполнением их тем же составом асфальто-бетона, который был уложен при постройке. Края ямок обрубаются топорами или особыми сечками. После заполнения ямок и их разглаживания происходит закатка катком такого же веса, как и при постройке покрытия, или тщательное трамбование металлическими трамбовками. Вообще укатка всякого ямочного ремонта на усовершенствованных покрытиях обязательна.

Методы содержания силикатированных дорог, клинкерных и бетонных, ничем не отличаются от методов их постройки.

ГЛАВА ПЯТЬДЕСЯТ ШЕСТАЯ

СНЕГОБОРЬБА НА ДОРОГАХ

§ 265. Предупреждение снежных заносов. Борьба со снегом на дорогах ведется в двух направлениях: принятие мер к предупреждению снежных заносов (пассивная снегоборьба) и уборка снега, выпавшего на дорогу (активная снегоборьба).

Предупредительные меры сводятся к следующему: с осени в местах, подверженных заносам, со стороны, доступной действию ветра (или с обеих сторон), устанавливаются особые щиты. Струи воздуха, несущие снег, встречая преграду, завихряются и отлагают снег в непосредственной близости к щитам (с внутренней стороны между оградой и дорогой). Если щиты расположены слишком близко к самой дороге, то эффект получается обратный, т. е. дорога заносится снегом еще в большем количестве. Это явление особенно характерно в узких деревенских улицах, где дома, играющие роль щитов, расположены близко к дороге. Подобные участки заносятся снегом до уровня крыш. Слишком отдаленные от дороги щиты не уменьшают заносов, так как после прегражденния щитами струи успевают снова сделаться горизонтальными и несут снег, поднимая его с поверхности земли, расположенной за оградой. Схема расположения защит и конструкция этих защит изображены на рис. 628 и 629.

НБ УДУНТ (ДИТ)

При наличии поблизости леса или питомников производят посадку живых изгородей из ельника, рассаживая молодые деревца на очень близком расстоянии друг от друга (35—50 *см*). Расстояние живой ограды до оси дороги такое же, как и ограды из щитов.

После первого же снежного заноса, когда за изгородью образуется снежный вал, щиты переставляют на вершину этого вала. В дальнейшем, с увеличением заносов, защиты постоянно переставляют на вершины холмов и тем создают надежную защиту полотна дороги от действия мятелей.

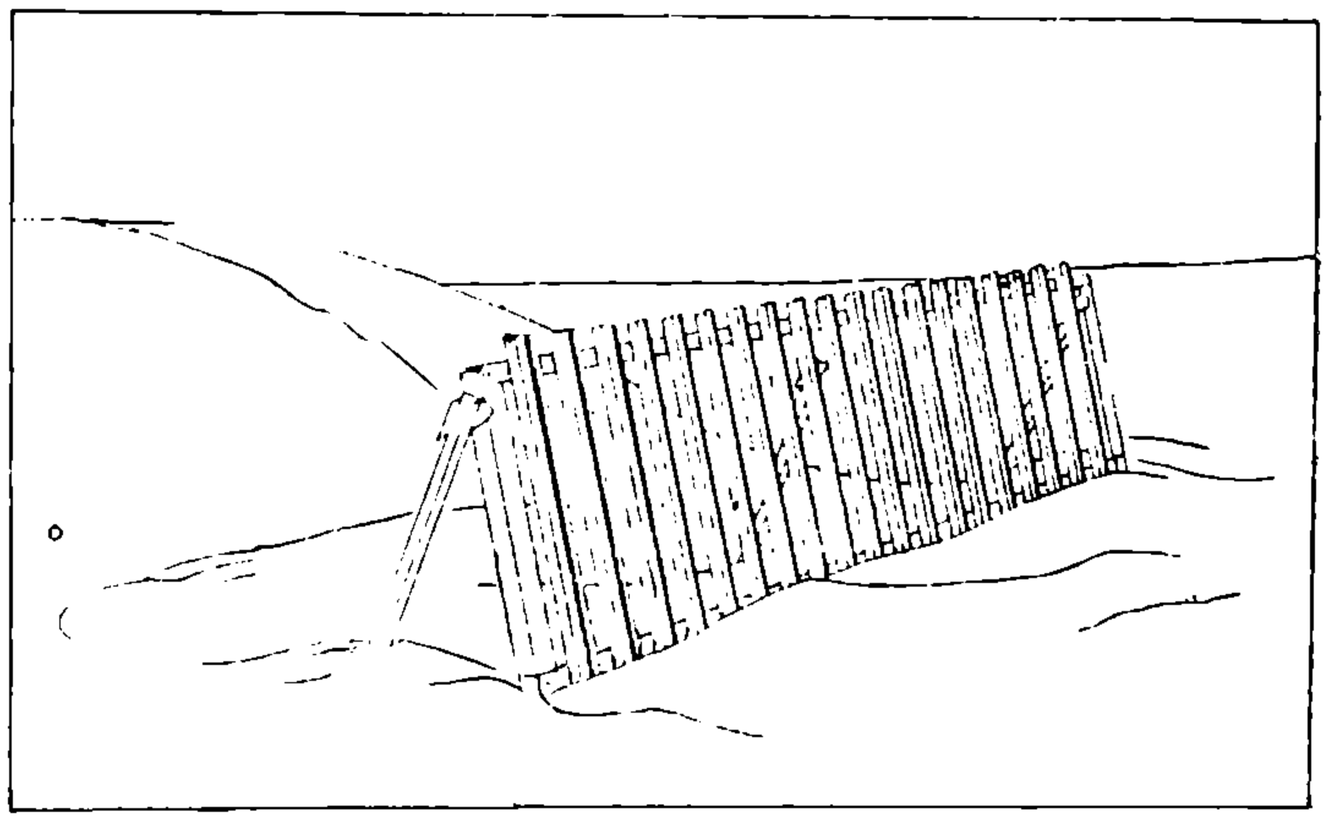


Рис. 618. Снеговой щит.

Иногда постоянные щиты заменяют ветками хвойного леса, втыкая их сперва в грунт, а затем в образовавшиеся валы. Работа по установке снегозащит и их дальнейшая перестановка отнимают много времени и потому не под силу одному ремонтеру. Обычно эти работы поручаются бригаде ремонтных рабочих или сдаются населению. Необходимо обратить особое внимание на то, что неправильная установка защит может создать обратный эффект, а потому эта работа должна делаться всегда под руководством дорожного мастера.

Какие бы ни были положительные результаты от установки снеговых защит, все же одной этой меры недостаточно, так как свободно падающий снег может покрыть дорогу толстым слоем и затруднить передвижение по ней. Слой снега, особенно после одной или нескольких оттепелей, создает такие условия, при которых сцепление ведущих колес автомобиля слишком мало и происходит буксование колес. Более же толстый слой снега создает значительное сопротивление и требует большого усилия для его преодоления.

Проезд по снежному пути конного транспорта окончательно портит дорогу для автомобилей. Это объясняется следующими обстоятельствами: 1) удары копыт лошадей (особенно при подковах с шипами) сходны с действием киркомотыг при подбивке железнодорожных шпал, образуется ряд сильно уплотненных бугров и провалов, выбитых лошадьми; ступеньки эти делают дорогу абсолютно недоступной для автомобиля 2) так как ширина крестьянских саней значительно меньше ширины хода автомобиля, то автомобиль может итти только одним колесом по наезженному следу, второе же колесо будет итти по свежему снегу,—разница в сцеплении вызывает заворачивание автомобиля в одну сторону, и продвижение его становится почти невозможным; 3) дальнейший выпад снега еще больше ухудшает путь, появляются глубокие впадины и крутые бугры, с течением времени все увеличивающиеся; каждый бугорок способствует во время мятели образованию еще бо́льших бугров, и тогда дорога становится вовсе непроезжей для любого вида транспорта; 4) на поворотах, в связи с образованием центробежной силы и небольшого сцепления санных полозьев, на снегу образуются раскаты, вызывающие скольжение, а иногда и опрокидывание всякого подвижного состава, двигающегося по дороге.

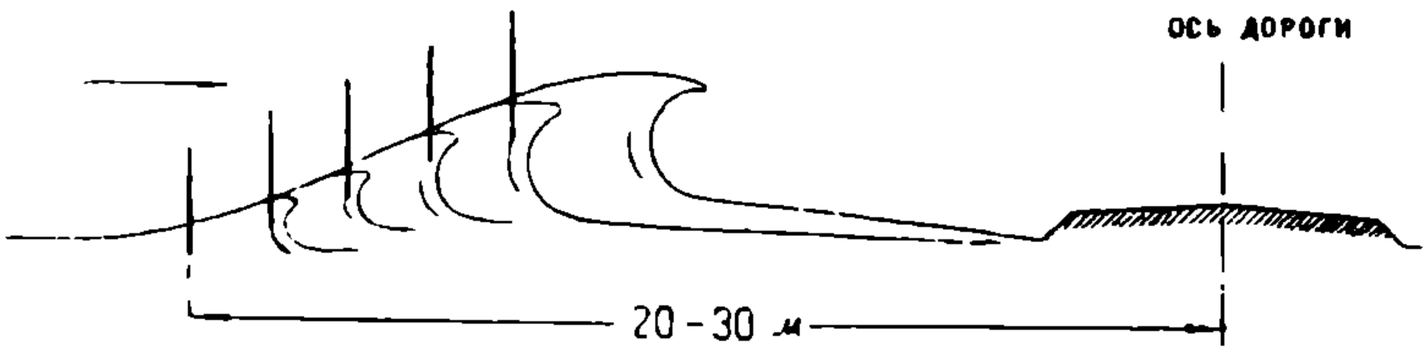


Рис. 619. Схема постепенной перестановки щитов.

НБ УДУиТ (ДИТ)

Все вышесказанное говорит за то, что уход за дорогой в зимнее время должен быть поставлен еще более тщательно, чем в летнее время, так как в противном случае даже на усовершенствованной дороге может произойти перерыв в движении.

§ 266. Уборка выпавшего снега. Способов уборки снега имеется в настоящее время несколько, а именно: 1) ручное разгребание снега, 2) использование простейшей механизации в виде пропуска так называемого снежного треугольника, 3) использование грейдеров с транспортной тягой, 4) автомобильные снегоочистители, 5) снегоочистители на тракторах, плужные, 6) роторные тракторные снегоочистители.

Конечно, ручное разгребание возможно только в густо заселенной местности, где в экстренных случаях оно может выполняться в порядке трудучастия населения, но вообще этот способ мало применим, так как работа по отгребанию

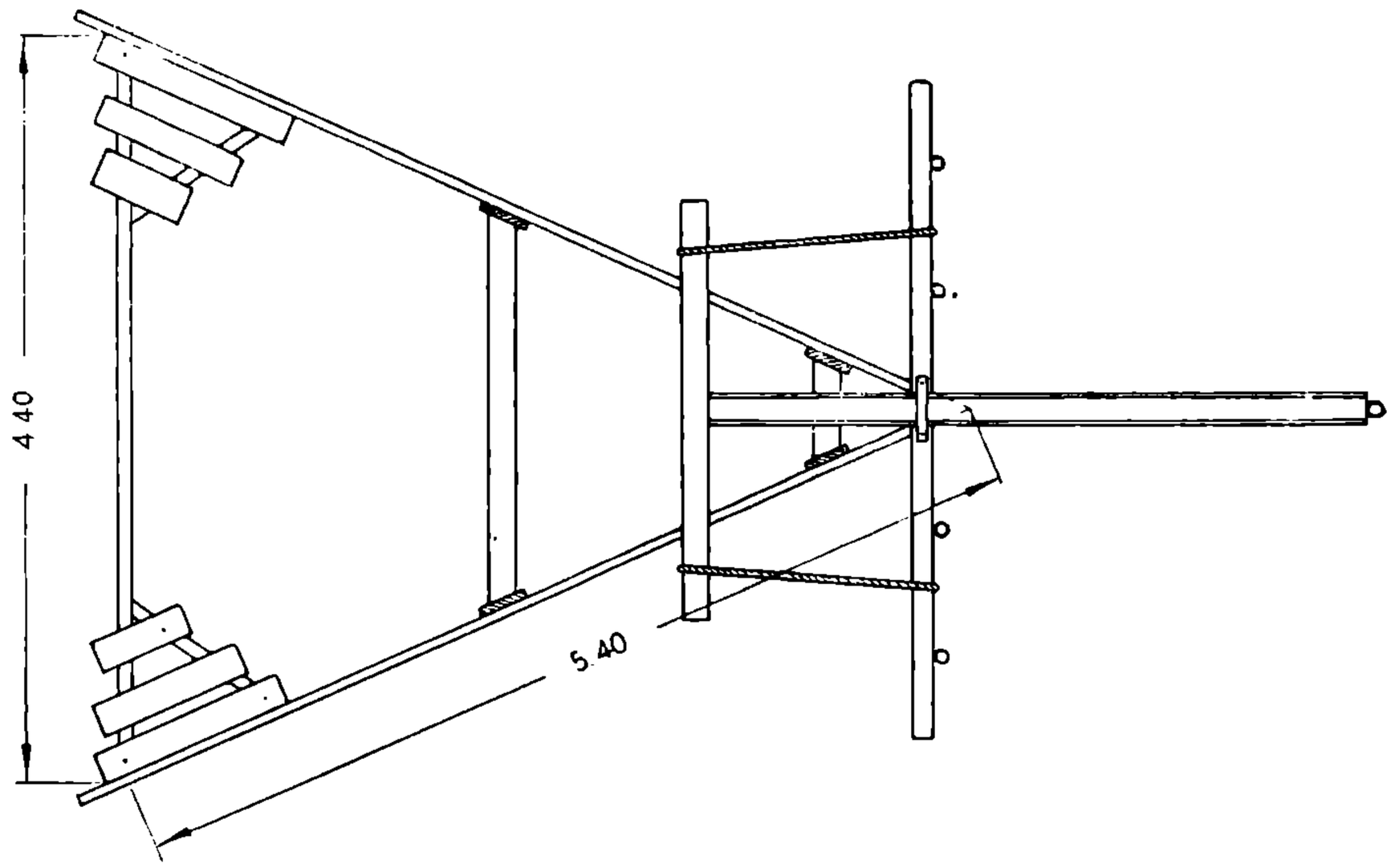


Рис. 620. Обыкновенный снежный треугольник для конной тяги

снега слишком трудоемка и в конце-концов не продуктивна. Если нет возможности механизировать снегоборьбу, то все же лучше вместо ручного отгребания использовать деревянные снежные треугольники (рис. 620). Конструкция их настолько проста, что треугольники могут быть построены в любом участке самым кустарным способом. К переднему углу треугольника припрягаются 4 лошади и тянут его за собой. Для управления и регулирования глубины зарезания имеется приспособление, нажимая и освобождая рукоятку которого можно изменять положение режущих граней. Треугольник может раздвигаться с изменением угла и ширины очищаемой полосы.

После прохода треугольника с боков остается свежий снег. Если оставить его неубранным, то образовавшаяся траншея будет еще больше заноситься снегом. Уборка снега с боков траншеи представляет затруднения. Ее приходится при этом производить вручную с отбрасыванием за канаву, так как иначе засоряется канава и в период весеннего таяния снега не будет действовать; кроме того сугробы снега, оставленные на обочинах, как уже говорилось выше, созладут заносы.

Снегоочистители механические различаются по методу работы. Снегоочиститель, прикрепленный перед автомобилем (рис. 621), имеет вид треугольного плуга высотою 0,5 *м* в вершине угла. Ширина расчищаемой полосы равна 2,5 *м*. Все приспособление состоит из плуга, рамы, при помощи которой плуг прикрепляется к автомобилю, и трех ползунков, поддерживающих ребра плуга. Для того чтобы нос плуга не поднимался кверху, встречая сопротивление снега, нос этот опущен почти до самой земли, а конец крыльев

НВ УДИТ (ДИТ)

приподнят на 5—10 *см* выше земли. Вследствие этого тяжесть снега, накопившегося на плуге, прижимает вершину угла к земле. Снегоочиститель такого типа монтируется на 5-тонном грузовом автомобиле ЯЗ-5. Во избежание буксования ведущих колес они обвертываются цепями. Скорость движения автомобиля со

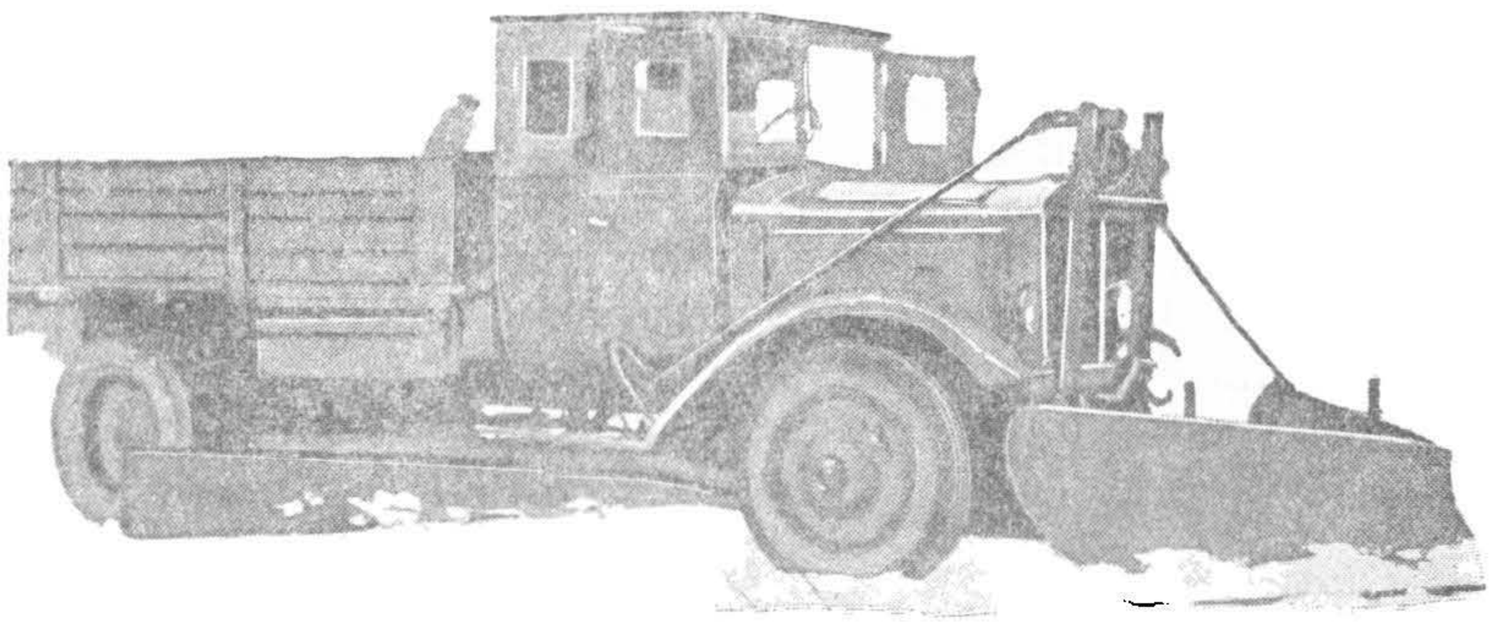


Рис. 621. Автомобильный снегоочиститель.

снегоочистителем 15—20 *км* в час. Подобное устройство позволяет быстро очистить полосу дороги, ширины достаточной для пропуска автомобилей в один ряд.

Толщина снега в 40—50 *см* или сугробы (в которых снег значительно плотнее) являются серьезным препятствием для такого снегоочистителя. Кроме того проложить траншею шире 2,5 *м* затруднительно, так как при втором проходе снегоочистителя (для расширения расчищаемой полосы) он будет загружаться лишь с одной стороны, а потому будет сдвигаться на сторону.

Более сильный и более тяжелый снегоочиститель представлен на рис. 622. Снегоочиститель этот состоит из треугольного плуга, прикрепленного к гусеничному трактору в 40—50 л. с. Плуг имеет дополнительные крылья, которые шарнирно укреплены на вертикальной стойке рамы, при этом дополнительные крылья могут изменять свое положение, поднимаясь вверх и изменяя угол к продольной оси трактора. Последнее достигается удлинением и укорачиванием телескопических тяг, прикрепляющих дополнительные крылья к раме снегоочистителя.

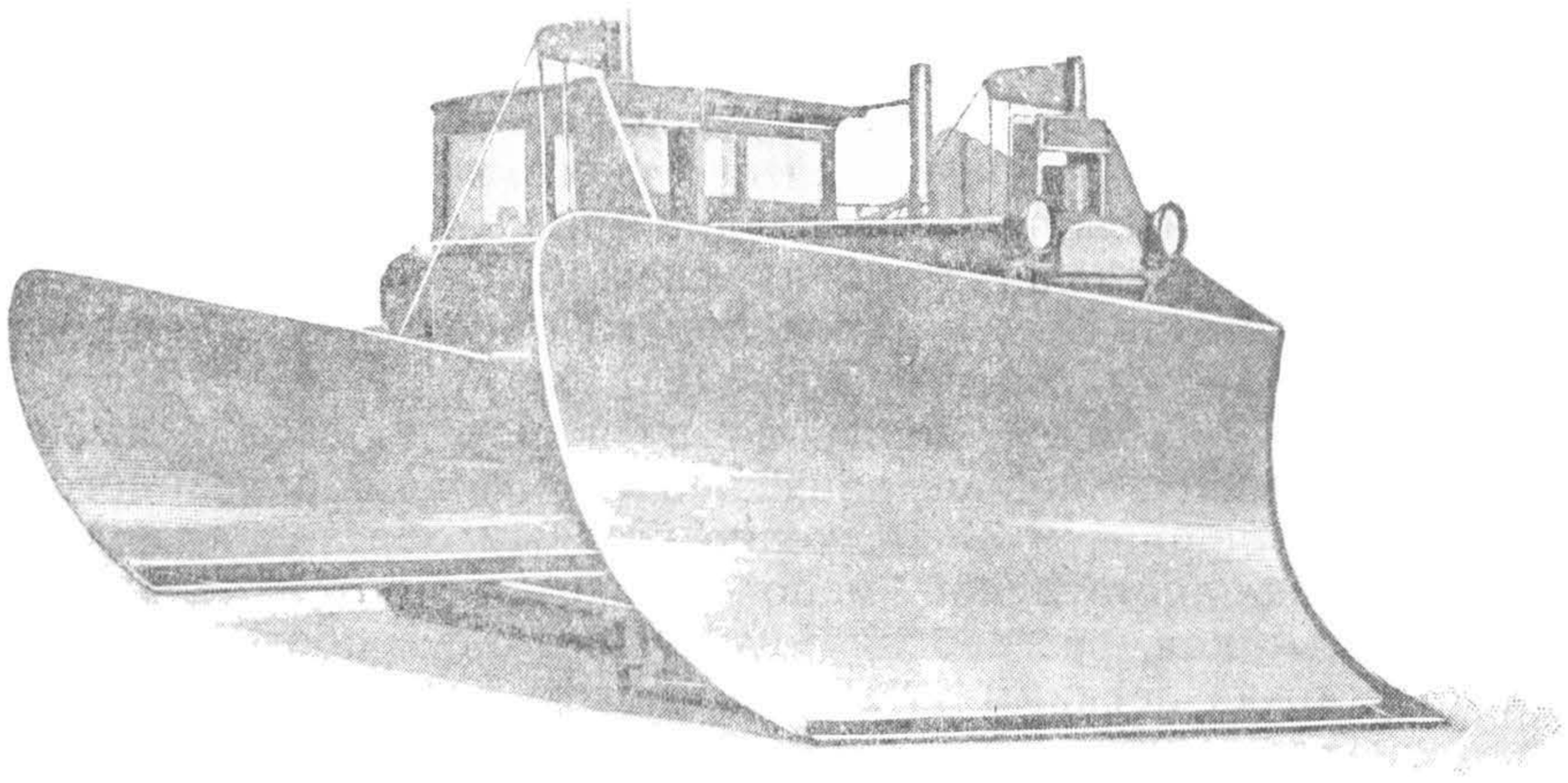


Рис. 622. Тракторный снегоочиститель.

Наибольшая ширина расчищаемой полосы равна 6,5—5,5 *м*. Высота плужных крыльев: основных—1,0 *м*, боковых—0,7—0,8 *м*. Если толщина снега такова, что силы трактора недостаточны для передвижения снегоочистителя, то работа производится следующим образом: при первом проходе основные крылья очищают среднюю полосу, а боковые крылья приподняты на такую высоту, что передвигают только ту часть снега, которая отваливается из средней части основ-

НТБ УДИТ (ДИТ)

ными крыльями. При втором проходе дополнительные крылья срезают оставшийся снег, расширяя полосу до предельных размеров.

Оба разобранных типа обладают тем недостатком, что снег только счищается с проезжей части и не переносится за канаву. Наиболее усовершенствованным снегоочистителем, учитывающим необходимость переброски снега за канаву, является роторный снегоочиститель, монтируемый на тракторе в 40—50 л. с. (рис. 623). Снегоочиститель этот имеет треугольный плуг и укрепленные на нем специальные вращающиеся винтовые лопасти, назначение которых — создать вихревое движение воздуха и тем самым отбрасывать снег через особые желоба на большое расстояние (до 20 *м*) в сторону от дороги. Высота треугольного плуга равна 1,0 *м*. Движение винтовым лопастям передается от мотора трактора, при помощи вспомогательного вала и зубчатых передач. Скорость движения зависит от толщины снежного покрова и равна от 2,5 до 4 *км* в час.

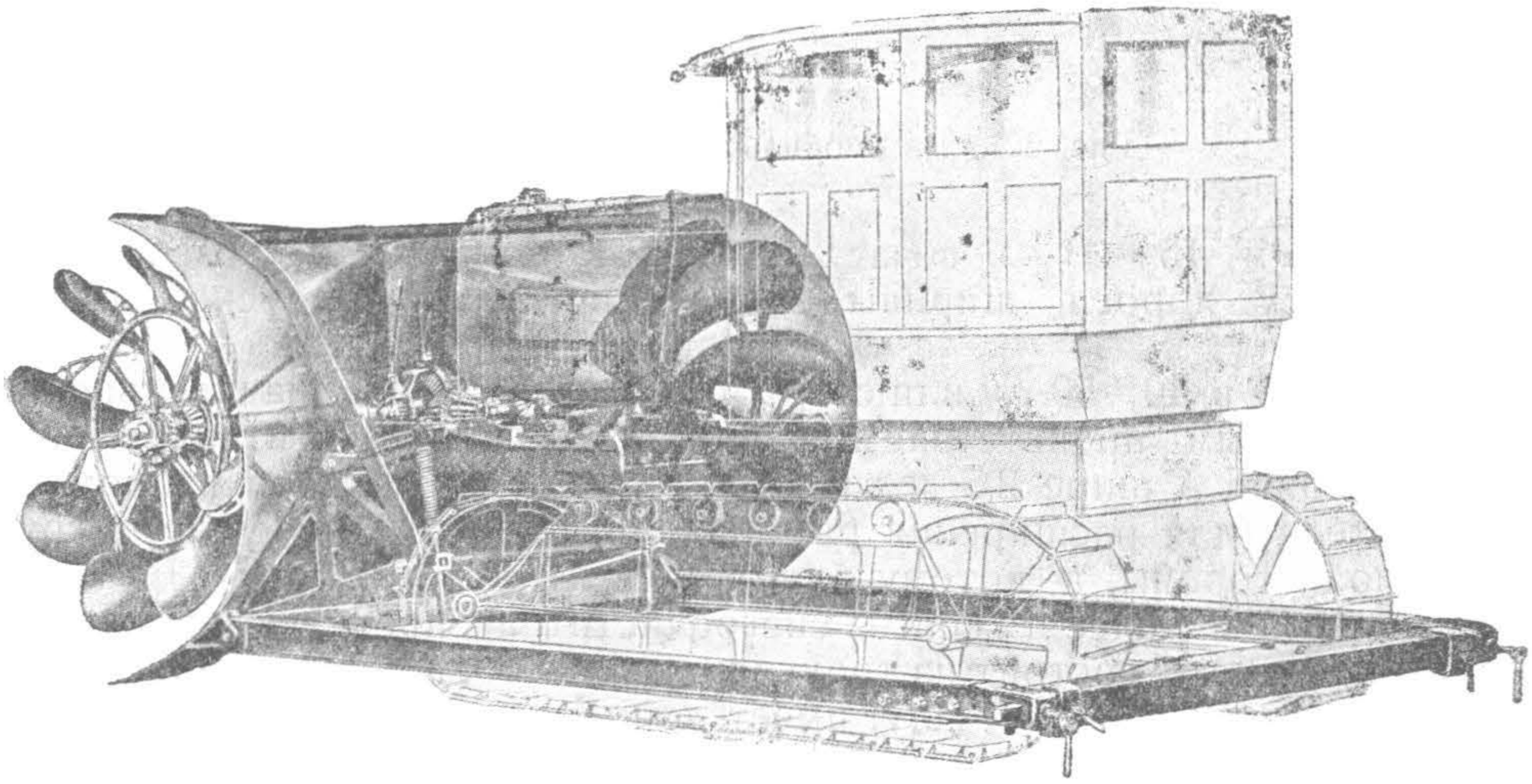


Рис. 623. Роторный снегоочиститель.

Вопрос о том, какой из видов движения имеет превалирующее значение (конное или автомобильное), влияет на характер снегоборьбы. Для движения автомобилей желательно оставлять меньшее количество снега, в то время как для конного движения излишнее удаление снега может затруднить движение лошадей, особенно при сильном движении. При конном движении и при небольшом легковом автодвижении толщина снежной корки может составлять — 15,0—20,0 *см*; при смешанном интенсивном автомобильном и конном движении толщина корки не должна превышать — 10,0 *см*.

Можно различать три вида движения на наших дорогах, а именно: 1) движение только конное, 2) конное движение с наличием случайного или недостаточного автосообщения и 3) движение главным образом автомобильное.

В первом случае достаточной мерой является пропуск после снегопадов снежных треугольников, разгребание нанесенных сугробов конными лопатами и постоянная утюжка легкими утюгами с целью предупреждения образования ступенек.

Во втором случае желательно применение тракторных снегоочистителей или, в крайнем случае, очистки тяжелыми грейдерами. Уборку же снежных валов, образующихся после прохода снарядов, рекомендуется делать либо окучиванием их на обочинах с дальнейшей вывозкой их лошадьми, либо перевозкой снега через канаву конными лопатами по временным мосткам. Периодическая утюжка в этом случае не будет иметь такого успеха, как в первом.

В третьем случае необходимо таким образом организовать снегоборьбу, чтобы движение не приостанавливать совершенно; поэтому необходимо по указаниям ЦИАТа иметь на каждые 100 *км* автомобильной дороги 4 автомобильных снегоочистителя, 2 плужных-тракторных и 1 роторный. Назначение первых—

НБ УАДТ (ДИТ)

создать в любой момент проезд, вторых — расширить движение, а третьих — убрать снег начисто за канавы.

Если очистку не начинать с первого же снегопада, то после нескольких оттепелей, снегопадов и заморозков на дороге будет неровная твердая ледяная корка, очистка которой весьма затруднительна. Смысл снегоочистки — не только в том, чтобы сделать проезжей зимнюю дорогу, но и в том, чтобы уменьшить срок весенней распутицы. Всем известно, что при неэксплоатируемых в зимнее время дорогах время, когда нельзя проехать ни в санях ни на колесах, весьма продолжительно (рис. 624).

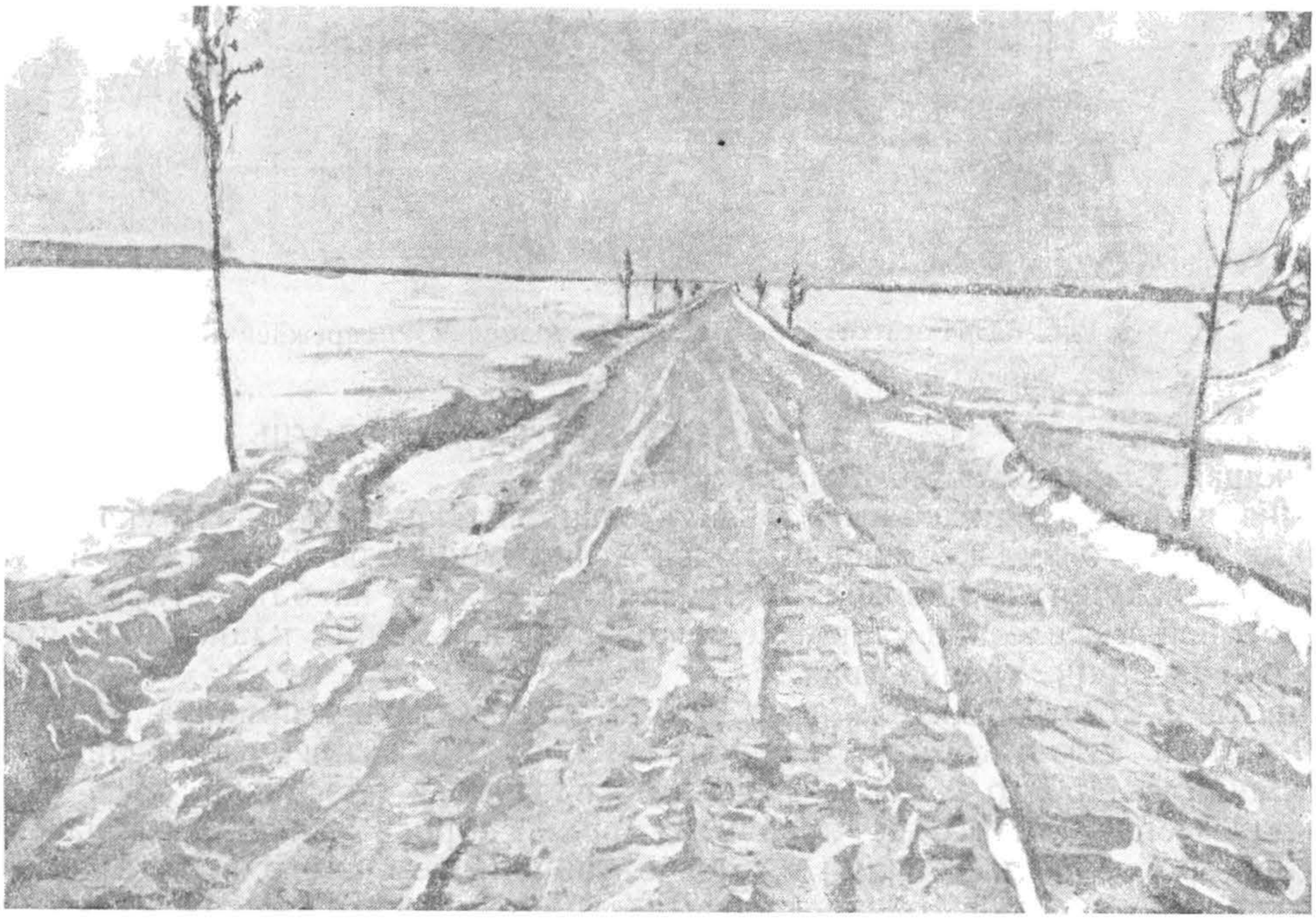


Рис. 624. Снежная дорога после прохода снегоочистителя.

Необходимо при этом, как указывалось уже выше, обращать внимание на то обстоятельство, чтобы обочины и канавы к первому таянию снега были очищены, так как в противном случае талой воде с проезжей части некуда будет деваться, она будет застаиваться и портить проезжую часть.

ГЛАВА ПЯТЬДЕСЯТ СЕДЬМАЯ

ОРГАНИЗАЦИЯ СТОРОЖЕВОЙ СЛУЖБЫ НА ДОРОГАХ

Меры для безопасности движения на дорогах заключаются в следующем:

1) в расстановке временных и постоянных знаков, предупреждающих об опасности для транспорта;

2) в устранении возможности наездов движущихся экипажей друг на друга при пересечении дорог;

3) в ограждении местного населения в населенных местах от быстроходного транспорта;

4) в наблюдении за соблюдением водителями транспорта правил движения;

5) в охране искусственных сооружений.

§ 267. Временные и постоянные знаки, указывающие на опасность для транспорта, устанавливаются перед местами с временными повреждениями пути и перед ремонтируемыми участками. Сигнал должен быть заметный и выставляться на таком расстоянии, чтобы водитель транспорта, передвигаясь с нормальной скоростью, заметив знак, успел остановиться и принять меры к обходу препятствия. Обычно временные знаки ставятся в 100 *м* перед препятствием. В качестве знака употребляются окрашенные в яркую краску рогатки

НВ УДИТ (ДИТ)

с привешенным в средней части на высоте 1,0 *м* флагом, а в ночное время — фонарем. По аналогии с железными дорогами красный сигнал означает обязательность остановки, зеленый — необходимость уменьшить до минимума скорость хода. Вид рогаток изображен на рис. 625. Когда временное препятствие слишком далеко от места, где хранятся рогатки, допускается установка рогаток из жердей, срезанных на месте (рис. 626).

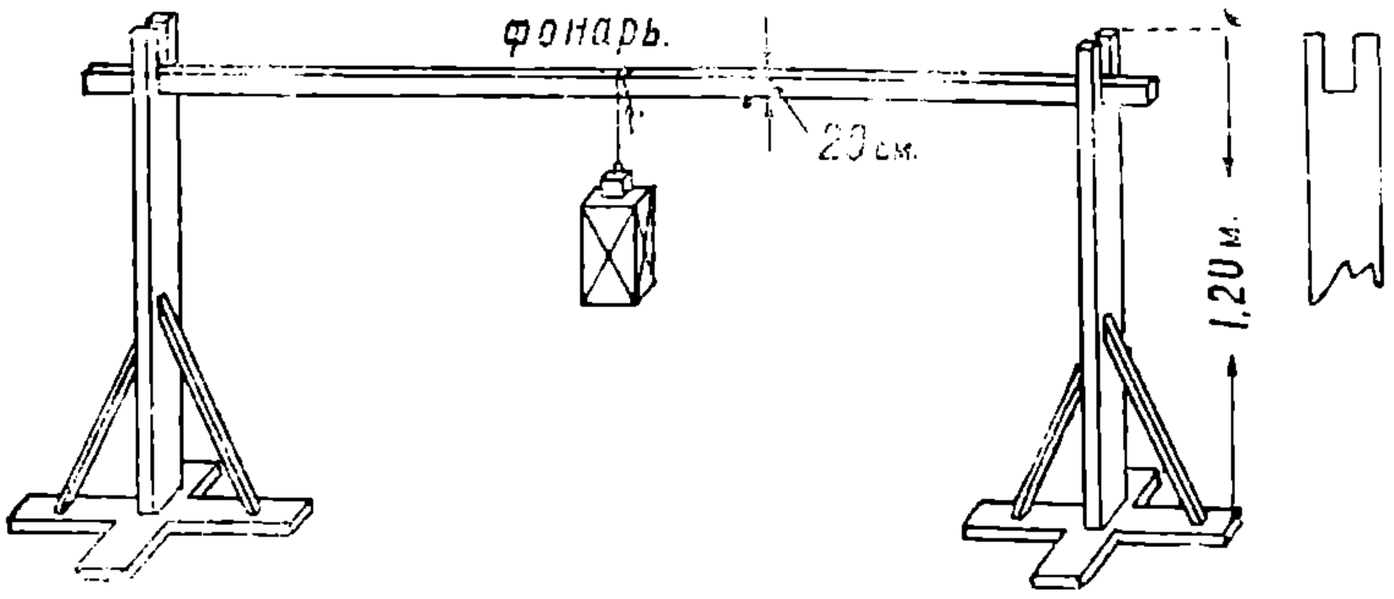


Рис. 625. Рогатка для ограждения временных повреждений.

Согласно приказу Цудортранса № 189/ДД-13 от 2/VIII-32 г. установлена следующая классификация дорожных знаков:

1) знаки предупредительные, 2) знаки воспрещающие и 3) знаки указательные.

Знаки первого вида устанавливаются на некотором расстоянии от мест опасных для движущихся повозок. Эти знаки указывают на близость пересечения с дорогой или железной дорогой, на резкое изменение плана или профиля дороги и на проч. препятствия.

Для того, чтобы водитель повозки мог своевременно принять меры предосторожности (дать тормоз, уменьшить скорость) знаки устанавливаются на расстоянии от 150 до 250 *м* в зависимости от рода опасности.

Знаки всегда ставятся с правой стороны дороги (считая от начального пункта дороги) на расстоянии 0,25 *м* от бровки земляного полотна или непосредственно у наружного края кювета Высота расположения знаков равна 2—2,5 *м* от земли. Вид этих знаков изображен на рис. 627.

Знаки второго вида „воспрещающие" (рис. 628) предупреждает о каком-либо ограничении движения, а именно:

а) запрещение проезда вообще, только легковым или только грузовым автомобилям,

б) запрещение проезда повозкам большого веса,

в) ограничение высоты и ширины проезда,

г) ограничение скорости,

д) запрещение остановок.

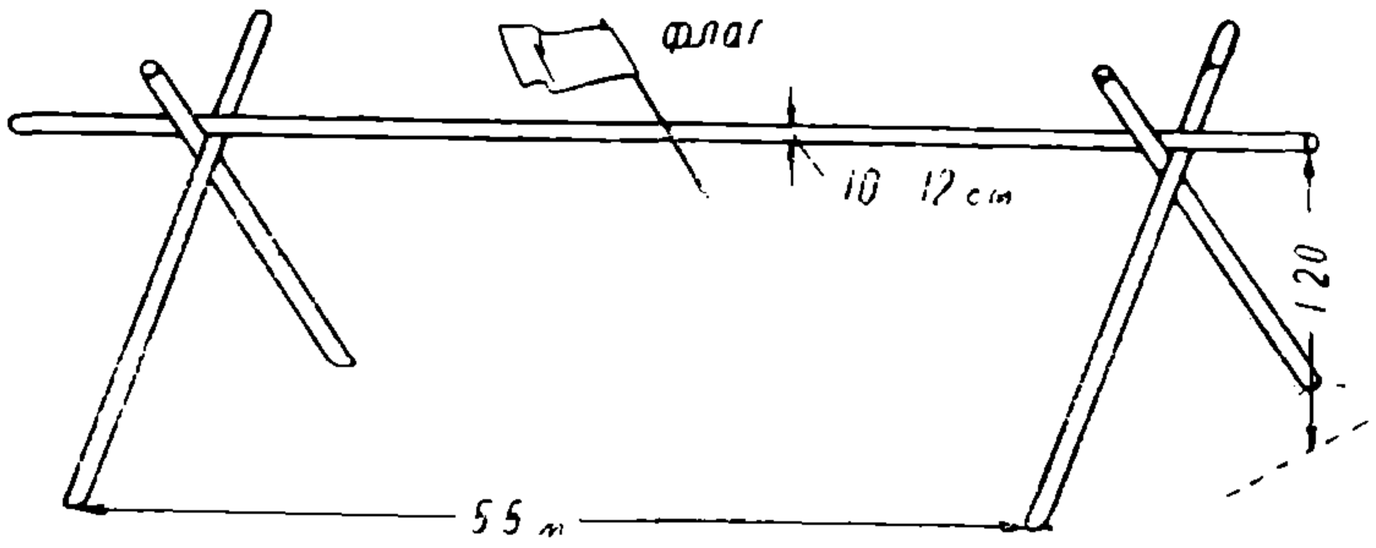


Рис. 626. Простейшая рогатка.

Диски этих знаков круглые. Высота расположения и место установки для городов приказом не устанавливаются. Они могут быть подвешены над улицей, на фонарных столбах и т. п.

На дорогах положение их такое же, как и знаков предупреждающих.

НБ УДУНТ (ДИТ)

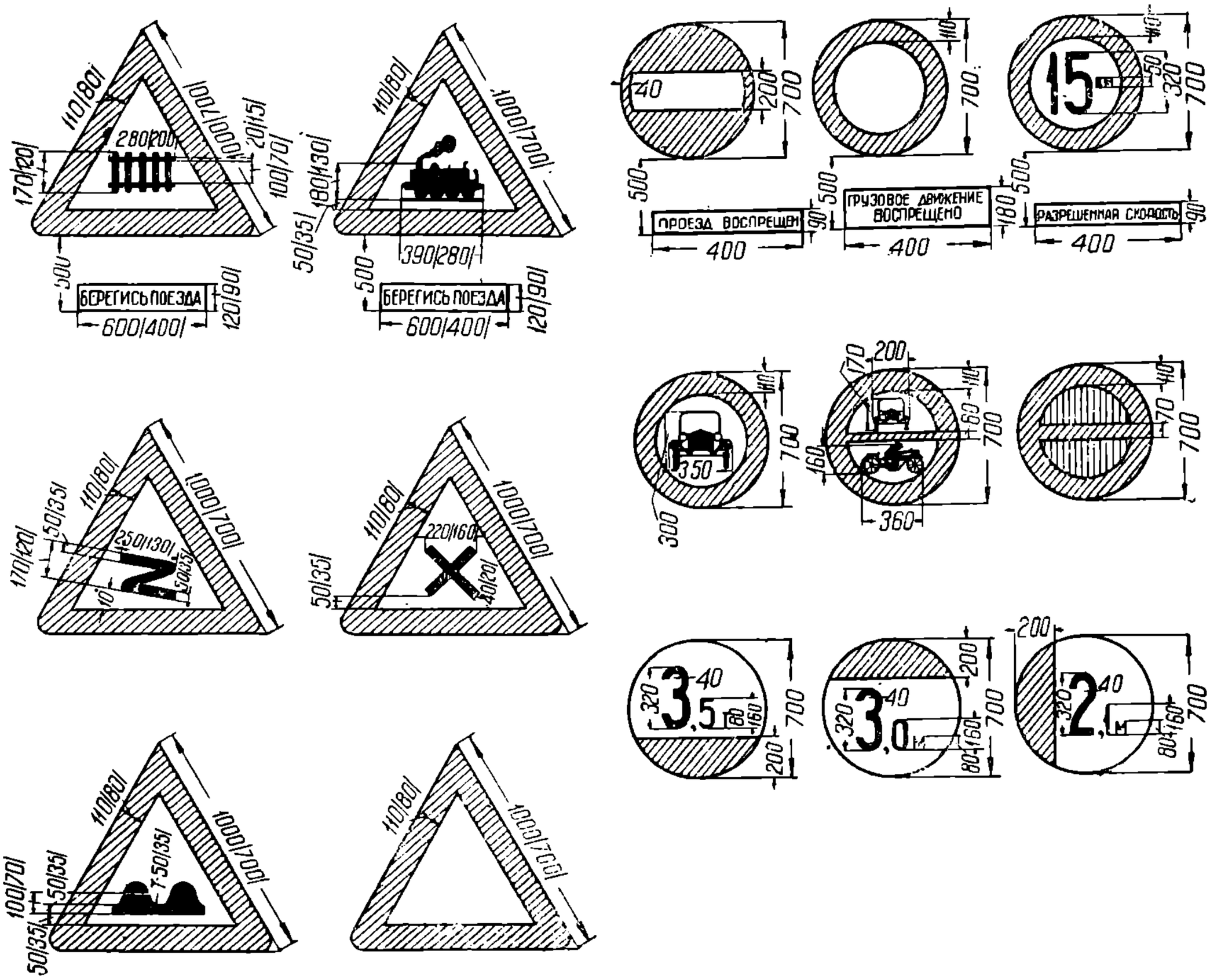


Рис. 627. Знаки предупреждающие.

Рис. 628. Знаки воспрещающие.

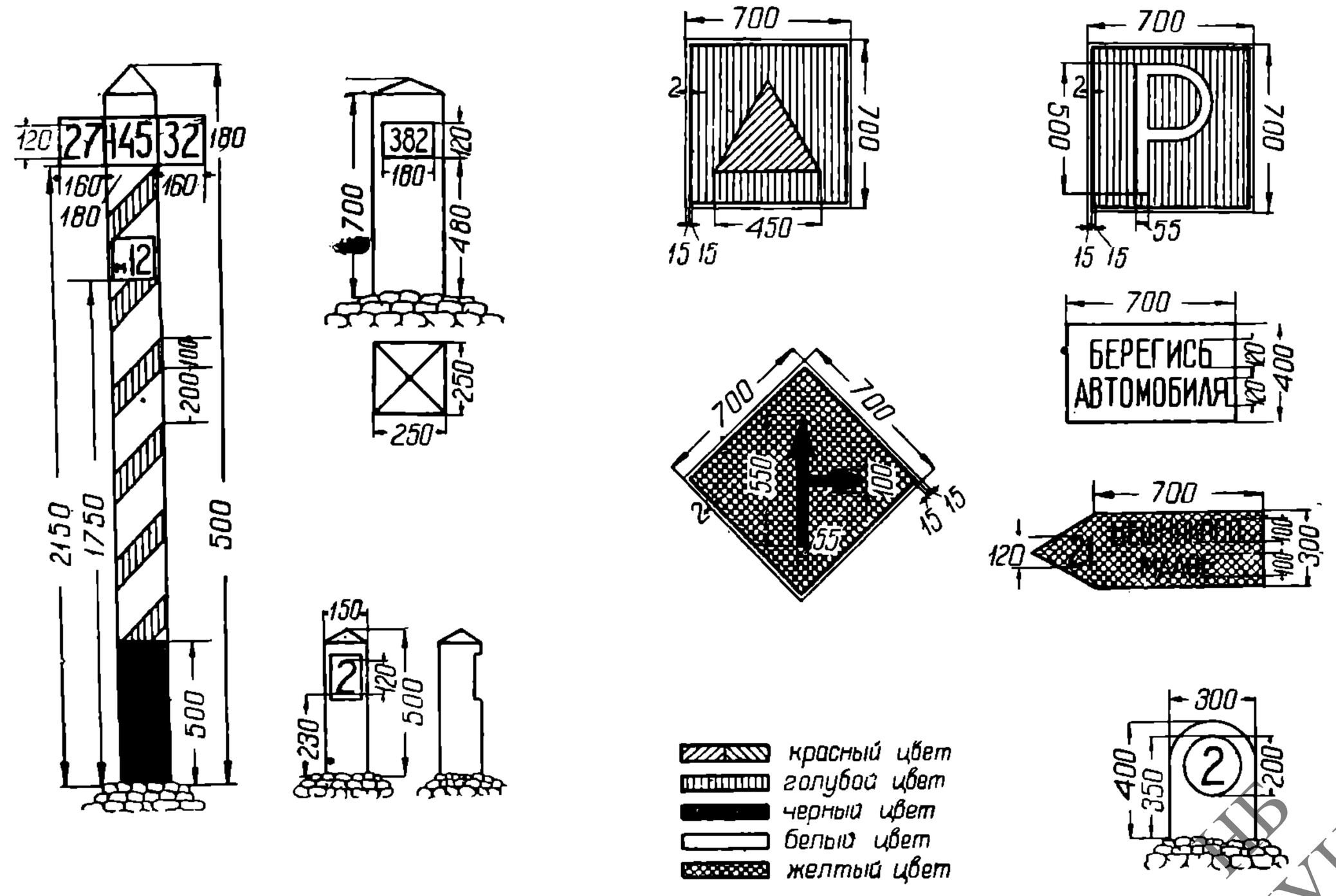


Рис. 629. Знаки указательные.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Рис. 630. Вид дороги с установленным предупреждающим самосветящимся знаком днем и ночью.

Знаки третьего вида—„указательные“ (рис. 629) служат для различного рода обозначений, а именно:

1) Изображенный на рис. 629 квадрат с треугольником внутри обозначает близость школы или клуба.

2) Квадрат с буквой „Р“ обозначает место стоянки автомобилей.

3) Желтый квадрат с черными стрелками указывает разрешенное направление движения.

4) Доски, вытянутые в виде стрелки с надписью наименования селений, указывают расположение этих селений.

5) Столбы с досками, указывающие расстояние данного столба от крупных селений и начального пункта дороги (километровые и гектометровые знаки).

В заграничной практике получили большое распространение самосветящиеся сигналы (рис. 630) снабжаемые системой отражательных поверхностей, дающих возможность осуществлять автомобильное движение в ночное время.

§ 268. Ограждение пересечения дороги. Для того чтобы предупредить наезды экипажей друг на друга, на перекрестках, кроме специальных знаков, сигнали-

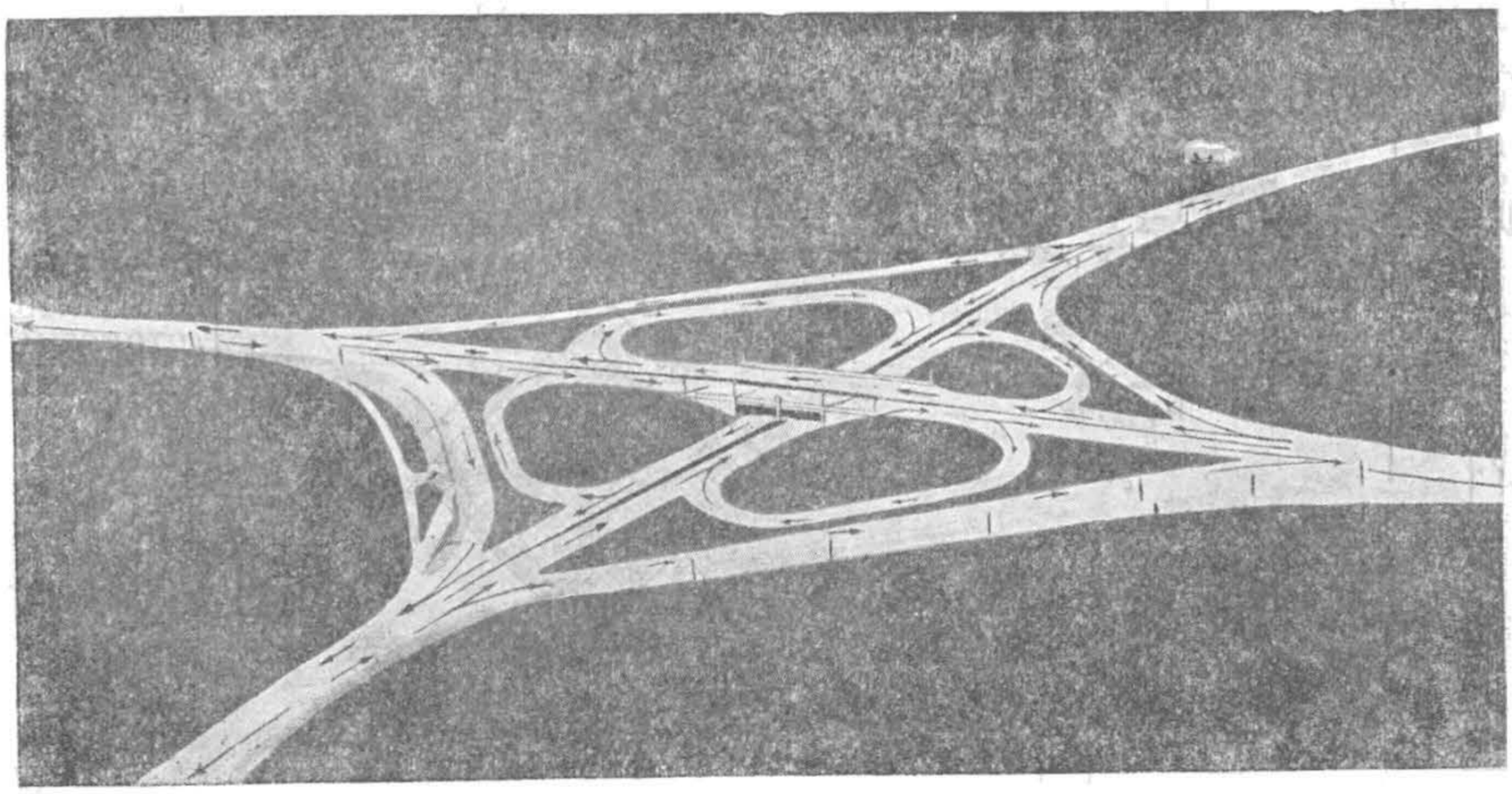


Рис. 631. Схема пересечения дорог в разных плоскостях.

зирующих об опасности, в странах с сильно развитым автодвижением, устраивают пересечение в разных плоскостях, пропуская одно из направлений движения по путепроводу. Схема пересечения подобного рода изображена на

НБ УАДИТ (ДИТ)

рис. 641. Водителю экипажа, который хочет свернуть в месте пересечения в сторону, во избежание встречи с каким-либо другим экипажем, придется проделать сложный путь, указанный на схеме стрелками. Данная схема пересечения, несмотря на сложность, имеет огромное преимущество, так как совершенно уничтожает возможность пересечения потоков автомобилей. Знаки, расставленные в соответствующих местах, позволяют легко разобраться в схеме.

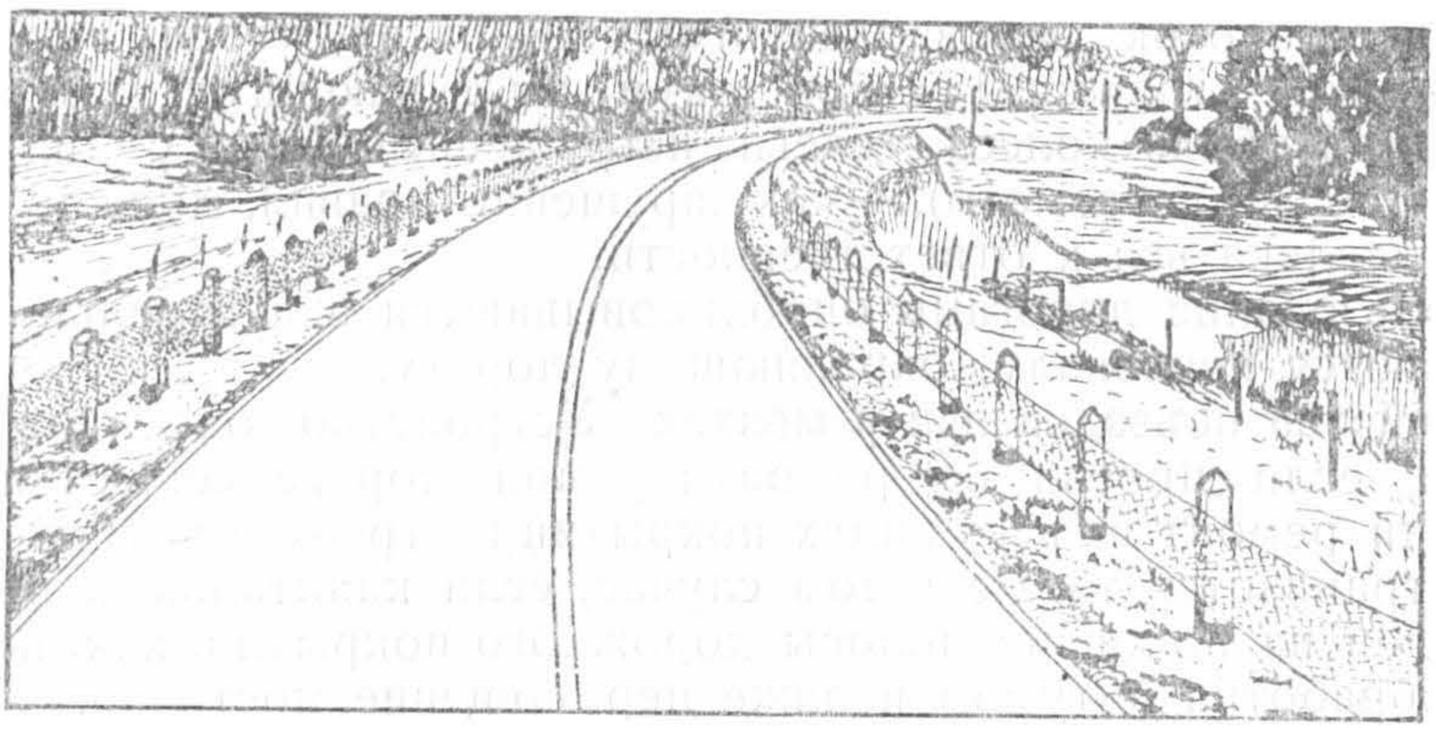


Рис. 632. Вид дороги с линией раздела движения.

Во избежание столкновений идущих друг другу навстречу с большой скоростью автомобилей, дорогу разделяют на две продольные полосы „линией безопасности", окрашивая ее в яркий белый или черный цвет. Проезд по этой полосе экипажам категорически запрещается (рис. 632).

§ 269. Боковые ограждения дорог. На крутых поворотах, особенно в горных местностях, во избежание вылета автомобиля с кривой в сторону, в виду образования значительной центробежной силы или неудачного поворота водителя,— с наружной стороны кривой устанавливают упругий барьер из растягивающейся сетки, натянутой на вбитые в землю столбы. При этом растягивании сетки значительная часть „живой силы", развитой автомобилем, поглощается и тем самым авария предупреждается (рис. 633).

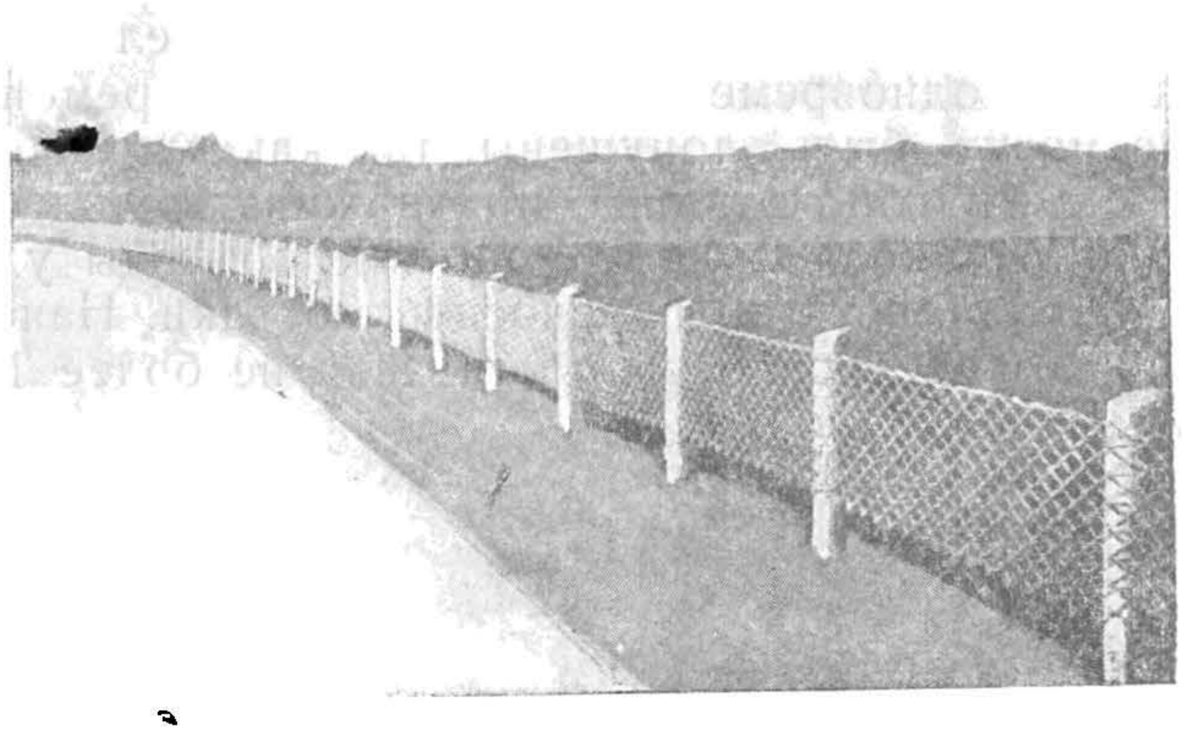


Рис. 633. Боковые упругие ограждения.

Высокие насыпи (выше 1 *м*) также огораживаются ограждениями, так называемыми надолбами, или столбами, врытыми в землю.

В целях предохранения населения (особенно детей) от быстродвижущихся автомобилей и в целях санитарных, для борьбы с облаками пыли, вредно действующей на население, сады и огороды, — дороги с сильно развитым автодвижением огораживаются живыми изгородями.

НТБ УДУНТ (ДИТ)

Путевым сторожам поручается следить за соблюдением правил движения водителями транспорта и соблюдением местным населением правил пользования дорогой. Большим злом является распространенный во многих местах обычай пасти скот на дороге и отпускать стреноженных животных без всякого надзора. Игры детей на середине дороги и устройство танцев на мостах, расположенных в пределах деревенских населенных пунктов, явление обычное, но также недопустимое.

Употребление повозок недозволенного образца на усовершенствованных и каменных дорогах (тракторы с большими выступающими шпорами, телеги с малой шириной обода колеса, телеги, нагруженные сеном с общим габаритом по ширине более допускаемого), — как нарушение правил, должно пресекаться, и виновные привлекаться к ответственности.

Правила пользования дорогами опубликовываются в центральной и местной прессе и выдаются персоналу, охраняющему дорогу.

§ 270. Устройство объездов при ремонтах. Устройство объездов необходимо в том случае, если проезд по ремонтируемой дороге мешает производству работ. Текущий ремонт на всех видах покрытий не требует устройства объезда. Объезд не устраивается также в том случае, если капитальный ремонт может быть произведен на половине полосы дорожного покрытия, как, например, поверхностная обработка битумом и даже перемощение мостовой.

Устройство объездов обязательно при производстве капитальных ремонтов черных покрытий, белых шоссе и перекрытиях мостовых

Качество объезда зависит от грузонапряженности и характера движения. Естественно, что при густом грузовом движении, особенно автомобильном, объезд должен быть повышенного качества. Обычно объезд делается по обрезу дороги в пределах полосы отчуждения. Через канаву прокладываются временные переездные мостики в местах перехода на обрез и обратно на дорогу. Мостики должны выдерживать нагрузки того класса, на который рассчитана вся дорога. Проезжая часть объезда строится как грунтовая дорога с облегченными техническими условиями. Где грунты близки к оптимальным, никаких добавок не делают; там же, где грунты ненадежны, особенно при постройке в осеннее время, производят подсыпку добавок (песок, гравий), а в особых случаях — в пониженных, сильно заболоченных местах, со слабым водоотводом — укладывается жердевой настил.

Для поддержания в порядке объезда обычно назначаются 2—4 чел. рабочих, на обязанности которых лежит постоянное исправление мелких дефектов. В отношении продольного профиля допускаются значительные облегчения технических условий, — например. подъемы до 10%.

Весьма важным вопросом является вопрос об определении длины объезда, вернее длины участка, одновременно находящегося в ремонте. Слишком затяжные объезды не могут быть допущены, так как это вредно действует на подвижной состав, а с другой, стороны, поддерживать долгое время объезд в хорошем состоянии трудно. Слишком короткие объезды удорожают работы в виду того, что необходимо часто переносить мостики. Наиболее правильная длина — такая, при которой срок службы объезда не более 10 дней, что соответствует длине от 0,5 до 1 *км*.

НБ УДУНТ (ДИТ)

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПОРЯДОК ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ С ТРУДОВЫМ УЧАСТИЕМ НАСЕЛЕНИЯ

Согласно инструкции Цудортранса, НКЗЕМ'а СССР и НКФ СССР о дорожных работах с трудовым участием населения от 15/IX—32 г., к дорожным работам помимо трудоспособного населения и колхозов, привлекаются также совхозы и машинотракторные станции путем предоставления ими в распоряжение дорожных органов имеющегося у них рабочего скота, гужевого транспорта тракторов, дорожных машин с обслуживающим персоналом, фуражем, горючим и смазочным материалом, инвентарем и инструментом на срок 6 дней в году.

Дорожное строительство с трудовым участием населения производится районными исполкомами и сельсоветами, для каковой цели в риках организуются дорожные аппараты, на которые возлагается непосредственное организационное и техническое руководство работами, под общим техническим надзором со стороны Областных и Краевых Дортрансов.

Общее руководство дорожным строительством с трудовым участием населения в районе возлагается на ответственного члена Президиума рика, а в сельсовете—на одного из членов сельсовета. Кроме того в каждом селении Сельсовет назначает дорожного уполномоченного и утверждает таких же уполномоченных в колхозах, которые выдвигаются из числа членов Правления последних.

Для составления плана дорожного строительства район должен учесть рабсилу и тягу, которая по закону должна быть привлечена к трудовому участию в дорожных работах.

В селениях и колхозах этот учет производится соответственными доруполномоченными, которые собирают сведения, необходимые сельсовету.

Сведения о рабсиле и тяге, подлежащих привлечению на дорожное строительство с трудовым участием населения от хозяйственных организаций (совхозы, МТС и др.), расположенных на территории сельсоветов, собираются непосредственно ответственным по дорожному строительству членом сельсовета.

На основании учетных данных, полученных от доруполномоченных и ответственного по дорстроительству члена сельсовета, сельсовет заполняет ведомость учета рабочей и тяговой силы по форме № 1.

Форма № 1.

Ведомость учета количества рабочих, подвод и механической тяги селений, колхозов и разных хозяйственных организаций, расположенных на территории сельсовета, обязанных принять трудовое участие в дорожном строительстве в 193 г.

Секторы	Фамилии и имена отдельных домохозяев и наименование разных хозяйственных организаций	Количество дорожно-обязанных рабочих и подвод в хозяйстве		Обязаны отработать в году дней		
		рабочих	подвод	рабочих дней	подводо-дней	тракторо-дней
Индивидуальный	с. Растеряево					
	Кулацкие хоз-ва					
	1. Степанов Илья	3	2	36	24	—
	2. Быков Иван	2	1	24	12	—
	Трудовые хоз-ва					
	1. Прохоров Петр	2	1	12	6	—
	2. Семенов Григорий	4	1	24	6	—
	Итого по индивидуальному сектору	11	5	96	48	—
Обобществленный	1. Савинская МТС	12	10	—	60	12
	2. Колхоз „Красная звезда“	101	100	606	600	6
	3- Совхоз „Нива“	54	50	—	300	24
	Итого по обобществленному сектору	167	160	606	960	42
	Всего					

Председатель сельсовета (подпись).

721

НБ УДУНТ (ДИТ)

Одновременно сель-и колхоз-доруполномоченные составляют списки самых необходимых дорожных работ, подлежащих исполнению в первую очередь, выбирая преимущественно наиболее трудоемкие работы, не требующие привозных материалов. Сельсовет выносит эти списки на обсуждение обших собраний и колхозов, а затем окончательно рассматривает и пересылает их в рик вместе с ведомостью по форме № 1.

По получении от сельсовета ведомостей по форме № 1 и списков работ, дорожный аппарат рика составляет сводную ведомость учета рабочей и тяговой силы в масштабе района по форме № 2 и предварительный список необходимых для района дорожных работ, с указанием общей ориентировочной их стоимости.

Форма №

Сводная ведомость учета количества рабочих, подвод и механической тяги селений и разных хозяйственных организаций района, обязанных принять трудовое участие в дорожном строительстве в 193 г.

Сектор	Наименование селений и разных хозяйственных организаций	Обязаны отработать в году дней			Примечание
		рабочих дней	подводо-дней	тракторо-дней	
Индивидуальный	1. Никольский с/с.	20 000	1 000	—	
	2. Бариновский с/с.	1 000	100	—	
	Итого по индивидуальному сектору	21 000	1 100	—	
Обобществленный	1. Колхоз „Ударник“	2 400	680	24	
	2. Семеновская МТС	30	20	10	
	3. Совхоз „Искра“ .	35	10	25	
	4. Зерносовхоз „Труд“	20	20	—	
	Итого по обобществленному сектору	2 485	730	59	
	Всего				

Член президиума райисполкома (подпись)

На основании этих материалов рик приступает к составлению плана финансирования дорожных работ

Трудовое участие населения в дорожном строительстве должно быть обеспечено риками и сельсоветами денежными средствами в размере 15—25% своего ценностного выражения, намеченного планом дорожных работ.

Из этих средств производятся расходы на приобретение материалов (лес, гвозди, железо, цемент и пр.) и механических снарядов, а также на оплату наемных квалифицированных рабочих, если они будут необходимы при производстве работ, и разных накладных и непредвиденных расходов.

Основные источники средств, обеспечивающие организационное, техническое и материальное освоение трудучастия населения, следующие: а) районные и сельские бюджеты, б) средства от самообложения, в) средства, получаемые от замены трудучастия денежными взносами, и г) средства, получаемые на дорожное строительство от хозорганов.

По выявлении общего размера денежных редств, которые могут быть вложены из всех источников в предстоящее дорожное строительство, рик, по представлению райдоруполномоченного и райдортехника, распределяет эти средства по отдельным объектам работ и составляет план их финансирования.

После утверждения финансового плана дорожного строительства президиумом рика райдортехник приступает к составлению производственного плана по форме № 3.

Форма № 3 предусматривает главнейшие виды дорожных работ, разбитые на основные разделы: мосты, трубы, исправление полотна или профилировка, земляные работы для постройки земляного полотна, укрепление проезжей части полотна, укрепление берегов, откосов и насыпей и изыскания.

Составленный производственный план рассматривается и утверждается райисполкомом, а затем представляется на согласование и утверждение в краевые, областные и республиканские дортрансы после чего считается обязательным к исполнению.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Утвержденный план разбивается риком по отдельным селениям и колхозам, причем для каждого села (колхоза), в соответствии с имеющимся в районе календарным планом производства сельскохозяйственных работ, составляется календарный план дорожных работ, подлежащих выполнению в течение всего года, в зависимости от местных условий и времени, свободного от сельскохозяйственных кампаний.

Календарные планы по отдельным селениям (форма № 4) группируются в календарный план по району. Составленные риком календарные планы работ по отдельным селениям и колхозам вместе с „нарядом на работу" по форме № 5 спускаются в сельсоветы для вручения их сель- и колхозуполномоченным.

Наряд на работу, представляющий собой выписку из календарного плана количества работ и потребных для них рабочих, подводо- и трактородней, подлежит выполнению без всяких изменений.

За выполнение селениями и колхозами работ в установленные календарным планом сроки следит уполномоченный сельсовета по дорожному строительству.

Получив от сельсовета наряд на работу по селению (колхозу), сель-колхоздоруполномоченный разбивает его по форме № 6 на наряды для бригад, которые он организует в основном по 10 человек (10 подвод). В каждой бригаде доруполномоченный назначает бригадира из среды наиболее грамотных и энергичных граждан — преимущественно комсомольцев, бывших красноармейцев (саперов) и автодоровцев.

Распределив бригаду по работам, бригадир следит, чтобы работа исполнялась правильно, по указанию технического надзора (техника, десятника) и своевременно.

Хорошее исполнение и окончание наряда в полной норме, предусмотренной законом, раньше срока, если он был установлен, освобождает бригаду от дальнейших работ.

По окончании работы бригадир сдает ее дорожному десятнику, который делает на наряде бригады отметку об исполнении работы с указанием ее объема, качества и срока, в который она была закончена, и подписывает наряд. После этого бригадир передает наряд сельдоруполномоченному. Подсчитав по всем исполненным нарядам бригад сделанную ими работу, доруполномоченный делает надпись на наряде, полученном им от рика, с указанием общего количества выполненных работ, после чего наряд возвращается в райисполком. Если доруполномоченный не в состоянии сам подсчитать работы, то он обращается за помощью к дорожному десятнику

Два раза в месяц (к 1 и 15 числу) сельсовет представляет в рик сведения о ходе работ почтовой карточкой. На основании этих сведений райдортехник составляет на такой же карточке общую месячную сводку по району и пересылает ее не позже 5 числа следующего месяца в обл., краевой или республиканский дортранс (образец карточки приложен к форме № 8).

На основании возвращаемых сельсоветами исполненных селениями нарядов, райдортехник составляет квартальные отчеты о ходе дорожного строительства с трудовым участием населения по форме № 7, в которую вносятся суммарные итоги по нарядам доруполномоченных.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Форма № 3

План дорожного строительства на 193..... г. района

№№ по порядку	Название района сельсовета	Подлежащие выполнению работы и потребность в рабсиле (рабочих дней и подводо-дней) по каждому виду работы																Материалы		
		Грунтовые дороги				Дороги с каменной одеждой				Мосты и трубы				Земляные работы		Проч. работы	Итого			
		Построить		Отремонтировать		Построить		Отремонтировать		Построить		Отремонтировать								
		Колич. км	Потребн. раб. дн. / под.-дней	Колич. км.	Потребн. раб. дн. / под.-дней	Колич. км	Потребн раб. дн. / под.-дней	Колич. км	Потребн. раб. дн. / под.-дней	Штук/п. м	Потребн. раб. дн. / под. дней	Штук/п. м	Потребн. раб. дн. / под.-дней	Куб. м	Потребн. раб. дн. / под.-дней	Потребн. кол. раб. дн. / под.-дней	раб. дней / под.-дней	Лесоматериал. куб. м	Камень куб. м	Песок куб. м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	Село Троицкое, дер. Кудрявцево	5	2000 / 250	8	1500 / 100	3	2000 / 250	2	500 / 100	5 / 10	500 / 100	10 / 150	500 / 100	2000	500 / 150	5000 / 500	12500 / 1550			

(*Продолжение*

Потребность в инструментах					Потребность в машинном оборудовании						Общая стоимость в руб.			Примечание
Лопат железных	Топоров	Ломов	Кирок	Кувалд. и пр	Канавокопателей	Скреперов	Утюгов	Конн. катков	Грейдеров	Тракторов	Рабочая сила	Материалы	Всего	
штук	штук	штук	штук	штук	штук	штук	штук	штук	штук	тракт. дней				
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36

НБ УДУНТ (ДПТ)

Форма № 4

Календарный план работ села

Село обязано дать р.-д.— 11400
п.-д.— 600

Наименование работ	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Всего
	6 6 6 6 6	6 6 6 6 6	6 6 6 6 6	6 6 6 6 6	6 6 6 6 6	6 6 6 6 6	6 6 6 6 6	6 6 6 6 6	6 6 6 6 6	6 6 6 6 6	6 6 6 6 6	6 6 6 6 6	р.-д. п.-д.
1. Мосты. Постройка мостов 3/100 . . . Постройка 6 труб	⊢═⊣	⊢——⊣											5400 600
2. Исправл. земляного полотна дороги или профилировка протяж. 5 *км*					⊢——⊣				⊢——⊣				6000 —
Итого													11400 600

Пояснения к календарному плану

Составляется дорогтдел. или дорожным техником

Пояснение:
Подводы ⊢═⊣
Рабочие ⊢—⊣

Каждый месяц разделен на 6-дневки, это удобно для больших селений, которые в установленные законом сроки производства работ с трудовым участием населения должны отработать десятки тысяч рабочих дней и сотни подводо-дней (р.-д. и п.-д.). В приведенном примере село дает по закону 11 400 рабочих дней и 600 подводо-дней. В этом примере предполагается подвезти лесоматериалы по санному пути, как наиболее удобному и дешевому для конной тяги, в 9 дней по 50 подвод = 450 подводо-дней и после постройки моста, весной уже, сделать подсыпку конусов и въездов в 3 дня по 50 подвод = 150, всего подводо-дней 600.

Постройка 3 мостов требует 5400 рабочих дней. Считая, что больше 30—35 рабочих на мост средней длины ставить нецелесообразно, получим, что для 3 мостов понадобится 100 человек на 9×6 =54 дня. Время для постройки мостов выбрано — конец зимы и начало весны, с расчетом съэкономить на подмостях и закончить все работы до весеннего половодья.

На исправление полотна и профилирование 5 *км* в течение 10 шестидневок по 100 чел. в день 10×6×100 = 6000 раб. дней.

НБ УДУНТ (ДГТ)

Форма № 5

Наряд на работу уполномоченному селения и колхоза (название) гражданину (имя, отчество и фамилия)

Предлагается вам произвести в течение (указать какого времени) по прилагаемому календарному плану при помощи трудового участия населения нижеследующие работы на дороге (союзн., республ., местн. значения:

№№ по пор.	Наименование работ	Количество работ	Рабсила и тяга			Подвозка материалов		
			р. д.	п.-д.	тр.-дн.	Лес $м^3$	Железо *кг*	Камень *м*
1	Исправить или спрофилировать, т. е. оканавить и дать поперечный сток воды с полотна дороги *км*	5	500	—	—	—	—	—
2	Построить мостов штук/пог. *м*	3/25	750	100	—	80	80 гв. 16	—
3	Построить труб штук. .	2	20	5	—	6	5	—
4	Произвести земляные работы по насыпке подъездов к мостам, насыпей в логах или сделать выемок и пр. $м^3$.	20 000	2 000	200	—	досок 0,5	—	—
5	Укрепить проезжую часть полотна грунт. дороги (указать чем) $м^3$	100	500	10	—	—	—	—
6	Дать рабочих на изыскания...чел.	—	2	—	—	—	—	
	Итого		3 772	315	—	86,5	$\frac{86}{16}$	—

Рабочие инструменты (указать какие)

Подводы с сельхозорудиями (плуг, борона и пр.) штук

Остальное количество..... подвод на перевозку материалов.

Всего исполнено работ (перечислить подробно)

Израсходовано рабсилы: раб. дней подводо-дней

Израсходовано материала леса..... $м^3$ на сумму руб....

железа *кг*

гвоздей *кг*

прочих материалов (количество)

Подписи: Сельдоруполномоченный (подпись)

Дор. десятник (подпись)

Форма № 6

Наряд бригаде (имя, фамилия бригадира)

Предлагается вам месяц число .....часов явиться на работы (место нахождения работы) с инструментом, (перечислить таковой) с подводами или без подвод (указать какие: телеги, роспуска, колымажки) для исполнения работы.

№№ по пор.	Наименование работ	Дневная норма выработки бригады	Норма выработки на 6 дней бригады	Всего исполнено работ бригадой	Примечание
1	Оканавить дорогу, т. е. дать профиль . .	60 п. *м*	360 п. *м*	360 п. *м*	1) Для работ без подвод бригада состоит из 10 чел. Для работ на подводах бригада состоит из 10 подвод. 2) Если указанное количество работы отрабатывается до срока, бригада освобождается от дальнейшей работы.
2	Произвести подсыпку земли у моста . .	80 $м^3$	480 $м^3$	500 $м^3$	
3	Забить сваи ручной бабой для моста	50 п. *м*	300 п. *м*	250 п. *м*	

Сельдоруполномоченный (подпись)

Работу принял дор. десятник (подпись)

НБ УДУНТ (ДИТ)

Форма № 7

Отчет за..... квартал по исполненным дорожным работам при трудовом участии населения района

Наименование работ	Рабочая сила, живая и механическая тяга													Материалов										Общая стоимость работ			
	Задано по плану							Выполнено						Задано по плану					Выполнено								
	Количество работ	Рабсила		Подводы		Механическая тяга		Количество работ	Рабсила		Подводы		Механическая тяга	Лесоматериал		Железо		Прочие материалы	Лесоматериал		Железо		Прочие материалы				
		Рабочих дней	На сумму	Подводо-дней	На сумму	Тракторо-дней	На сумму		Рабочих дней	На сумму	Подводо-дней	На сумму	Тракторо-дней	На сумму	$м^3$	На сумму	*кг*	На сумму	Количество	На сумму	$м^3$	На сумму	*кг*	На сумму	Количество	На сумму	Рабочая сила	Материалы	% выполнения	Примечание
Постройка грунтовой дороги с. Троицкое — деревня Кудрявцево, длиной 5 *км*																													
Мосты и трубы шт./п. *м*	5/200	6 000	13.920	200	900	—	—	5/200	5 900	13 688	210	9 450	—	—	600	б/платно	650	195	—	—	600	б/платно	650	195	—	—	23 138	195	—	—
Изыскания .	5	2	4,64	1	4,5	—	—	5	3	6,95	7	4,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,46	—	—	—
Итого .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23 149,46	195	—	—

Примечание: Производственный отчет подписывается членом президиума рика, заведующим дорожным отделом и дортехником

НБ УДУНТ (ДШТ)

Форма № 8

Почтовая карточка

Куда

Кому

Сообщения о том, что мешает выполнению плана дорожных работ с трудовым участием населения

Примечание: Сведения почтовой карточкой даются сельдоруполномоченным 1 раз каждые полмесяца в РИК; РИК дает сведения в область один раз каждый месяц не позднее 5 числа следующего за отчетным месяца. Область же дает не позднее 10 числа следующего за отчетным месяца в Главдортранс; Главдортранс дает не позднее 15 числа следующего за отчетным месяца в Цудортранс.

Оборотная сторона почтовой карточки (*Форма № 8*)

Сведения о ходе работ по дорожному строительству, выполняемых в порядке трудучастия населения

1. Район, край, область, АССР, ГДТ

2. Время, за которое даны сведения

Класс дороги	Количество трудодней		Количество подвододней		Количество тракторо-дней		За отчетное время поступило денег взамен работы (в рублях)	Что сделано трудовым участием населения										Примечание
								Построено		Отремонтировано		Построено		Отремонтировано		Заготовлено материалов $м^3$		
	Намечено планом	Использовано за отчетное время	Намечено планом	Использовано за отчетное время	Намечено планом	Использовано за отчетное время		Дороги грунтовые в км	Дороги с каменной одеждой в км	Дороги грунтовые в км	Дороги с каменной одеждой в км	Мостов шт/п. м	Труб шт/п. м	Мостов шт/п. м	Труб шт/п. м	Лес	Песок	Камень	
1. Союзные																		
2. Республ.																		
3. Краевые																		
4. Областные																		
5. Местные																		

Член президиума райисполкома: (подпись)

НБ УДУНТ (ДШТ)

Нормы выработки при трудовом участии населения по основным дорожным работам [1]

№№ по пор.	Наименование работ	Нормы выработки на 1 трудодень
	1. Заготовка главнейших дорожных материалов	
1	Расчистка полосы отчуждения с вырубкой кустарника с отноской его в сторону и со складыванием в штабели:	
	а) при редком кустарнике	1 670 *м*³
	б) „ среднем	490
	в) „ густом „	270
2	Корчевка сосновых пней с перерубкой корней, откаткой до 40 *м* и укладкой в кучи:	
	а) при диаметре пня около 58 *см*	1 шт.
	б) „ 36—58 *см*.	2
	в) „ 22—36 „	6
	г) „ „ „ меньше 22 *см*	20
3	Нарезка и отделение от грунта штучного дерна при размере дернин 25 × 40 *см* и толщине их — 10 *см*:	
	лопатой	555 шт.
	резаком	625
4	Нарезка и отделение от грунта дерновой ленты при ширине ленты 25 *см* и толщине ее — 10 *см*:	
	лопатой	160 п. *м*
	резаком .	172
5	Карьерная добыча песка при различных глубинах копки, с набрасыванием на приборы перемещения при ширине разработки более 1,5 *м* и:	
	а) при глубине до 0,5 *м*	16,7 *м*³
	б) „ „ „ 1,5 „ .	12,5
	в) „ „ „ 2,0 „ . .	9,1
6	Карьерная разработка глины с откидыванием при ширине разработки 1,5 - 2,0 *м*:	
	а) при глубине 1,5 *м*	5,0 *м*³
	б) „ 2,0 „	4,2
	в) „ „ 3,0 „	2,8 „
7	Карьерная добыча гравия при разработке гравийного грунта с прогрохоткой через два грохота (частый и редкий) с отгребанием отсеянного песка . .	1,5 *м*³
8	Сбор и кладка в штабели камня на поверхности земли площадью:	
	в 10 - 50 *м*²	8,3 *м*³
	в 100—200 *м*² .	6,7
	в 500—1 000 *м*²	4,5
9	Укладка камня в штабели .	8,3
	2. Транспорт материалов	
10	Переноска на носилках или в окаренках материалов с нагрузкой и выгрузкой их:	

Расстояние переноски в *м*	Нормы выработки в *м*³							
	Наименование материалов							
	Песок грунтовый	Глина или гравий	Песок сухой чистый	Камень мостовой	Щебень			
					Булыжной	Плитной		
10	7,05	6,45	7,88	6,00	4,72	5,70		
20	5,85	5,40	6,52	4,84	4.05	4,80		
30	4,95	4,65	5,40	4,05	3,45	4,12		
40	4,20	3,97	4,57	3,24	3,00	3,52		
50	3,67	3,52	4,05	2,93	2,66	3,19		
	3,00	3,11	3,50	2,55	2,36	2,87		

[1] Составлено применительно к „Временным нормам выработки по дорожным работам при трудучастии населения на 1933 г.“ (ЦНИБДОР)

НБ УДУНТ (ДИТ)

№№ по пор.	Наименование работ	Нормы выработки на 1 трудодень	
11	Перемещение грунта на тачках по катальным доскам по горизонтальному пути с местными уклонами не более 5%, разгрузкой и отвалкой слоями в насыпь, возвращением порожняком, грубой оправкой откосов и дна резерва, укладкой, оправкой и очисткой катальных досок, мелким ремонтом тачек:		

Расстояние в *м*	Нормы выработки в $м^3$		
	Категории грунтов		
	Легкие	Тяжелые	Очень тяжелые
10	60,00	40,00	34,20
20	34,20	21,84	17,76
30	21.84	14,76	11,40
40	15,96	10,68	8,70
50	12,60	8,58	6,96
60	10,92	7,08	5,76
70	9,29	6.15	4,98

12 Перевозка лошадьми дорожных материалов по грунтовым дорогам:

Количество перевезенных материалов в 1 день (в $м^3$)					
	Расстояние перевозки (в *км*)				
	3	5	7	9	10
Песок	2,15	1,29	0,92	0,71	0,65
Гравий и глина	0,71	1,03	0,72	0,57	0,52
Камень	1,60	1,00	0,68	0,52	0,48
Лесоматериал сосновый	5,72	3,43	2.45	1,91	1,73
дубовый	4,29	2,58	1,84	1,43	1,30

3. Земляные работы

13 Разработка грунта вручную в котлованах, рвах и траншеях, без распор, при ширине рвов не менее 1,5 *м* с выбрасыванием грунта на полотно обочины или на приборы перемещения:

а) при глубине до 0,5 *м*:	
легкие грунты	12,0 $м^3$
средние	7,0
тяжелые „	5,3
очень тяжелые грунты	2,4
б) при глубине 0,5—1,0 *м*:	
легкие грунты	10,7
средние	6,4
тяжелые „	4,9
очень тяжелые грунты	2,0
в) при глубине 1—1,5 *м*:	
легкие грунты	8,3
средние	5,5
тяжелые „	4,0
очень тяжелые грунты	1,6

14 Копание грунта при рытье кюветов нормального типа трапец. сечения с планировкой дна и откосов, с отбрасыванием вынутого грунта на обрез, на обочину или на приборы перемещения:

а) при легком грунте	10,0
б) „ среднем „	6,0
в) „ тяжелом „	5,0
г) „ очень тяжелом грунте	2,0

НБ УДУНТ (ДПТ)

№ № по пор.	Наименование работ	Нормы выработки на 1 трудодень	
15	Разравнивание разрыхленного грунта на месте свалки, с разбивкой комьев и, если надо, с трамбованием:		
	а) при легких грунтах без трамбовки	37,50 *м*³	
	„ „ „ с трамбовкой	13,65 „	
	б) при средних грунтах без трамбовки	31,10 „	
	„ „ „ с трамбовкой	12,75 „	
	в) при тяжелых грунтах без трамбовки	23,30 „	
	„ „ „ с трамбовкой	10,00 „	
	г) при очень тяжелых грунтах без трамбовки	16,00 „	
	„ „ „ с трамбовкой	6,20 „	
	Примечание: При работе на откосах круче 1 : 2 применять коэффициенты к нормам выработки — 0,80		
	4. Проезжая часть		
16	Устройство корыта в земляном основании с разбивкой по визиркам, рыхлением грунта, копанием его с откидыванием в сторону на расстояние до 3,0 *м*., окучиванием или нагрузкой грунта на тачку и зачисткой дна корыта на глаз:		

Нормы выработки на 1 трудодень (в *м*²)			
Глубина корыта (в *м*)	Категории грунтов		
	Легкий	Средний	Тяжелый и очень тяжелый
0,10	64,50	48,50	30,00
0,15	51,90	39,60	23,58
0,20	44,40	33,30	19,68
0,30	34,80	25,20	15,00
0,40	29,40	20,25	12,06

16	Планировка полотна или обочин с разбивкой по визиркам, срезкой бугров высотой до 0,25 *м*, засыпкой углублений и разравниванием без поливки:		

Норма выработки на 1 трудодень (в *м*²)		
Категории грунтов	Вид работы	
	С утрамбовкой	Без утрамбовки
Легкий	56,4	90,6
Средний	45,0	64,8
Тяжелый	33,6	45,6

	5. Содержание дорог		
17	Расчистка проезжей части дорог от снега угольником с конной тягой:		
	а) при глубине снега до 15 *см* и шир. угольн. в 4,5 *м* лошадей в упряжи — 5 рабочее звено — 3 чел.	11 *км*	На снаряд
	б) при глуб. снега до 25 *см* и шир. угольника в 4,5 *м* лошадей — 7 рабочее звено — 4 чел.	11	
	в) при глуб. снега до 15 *см* и шир. угольника в 6,5 *м* лошадей — 7 рабочее звено — 5 чел.	11	
	г) при глуб. снега до 25 *см* и шир. угольника в 6,5 *м* лошадей — 10 рабочее звено — 6 чел.	11	

АГ 1085

НБ УДУНТ (ДИТ)

№№ по пор.	Наименование работ	Нормы выработки на 1 трудодень	
18	Ручная уборка снежных валов после прохода угольника		
	а) при глуб. снега до 15 *см* и шир. угольника 4,5 *м* .	0,08 *км*	
	б) при глуб. снега до 25 *см* и шир. угольника 4,5 *м* .	0,05 „	
	в) „ „ „ „ 15 „ „ „ 6,5 „	0,05 „	
	г) 25 „ „ „ 6,5 „	0,03 „	
19	Ручная расчистка полотна дороги от рыхлого снега:		
	при глубине снега 0,3 *м*	104 *м²*	
	„ 0,6 „	56 „	
	„ 0,9 „	36 „	
20	Разравнивание санного пути (срезка ухабов, выбоин, ступеней и раскатов) с разбрасыванием снега до 5 *м* .	49,2 *м²*	
21	Постановка хвойной защиты высотою до 2 *м* с разгребанием снежных валов с подноской до 10 *м* .	0,15 *км*	
	Расход материалов: .		
	лапника 4000 шт. . . .		
22	Устройство снежных стенок из снега средней плотности при высоте стенки 1,0 *м*	31,2 п. *м*	
23	Очистка весной дорожного полотна от ледяного черепа, толщиной 10 *см* с откидкой на сторону (на обочину)	33,76 *м³*	
24	Очистка шоссе от вязкой грязи весной или осенью (толщиной 2 *см*) . .	324 *м²*	
25	Очистка боковых канав от наносов, грязи, травы при легкой разработке, считая канаву по одной стороне дороги при глуб. наносов 0,20 *м* и ширине канавы по дну 0,50 *м*	0,06 *км*	
26	Сметение пыли толщиной 2 *см* с шоссейной дороги	656 *м²*	
	6. Работа снарядов при постройке дорог		
27	Боронование полотна дороги за два раза конной зубчатой бороной при полосе боронования шириною в 1,0 *м* (число рабочих при бороне — один, упряжь в одну лошадь):		
	а) при легком грунте	20 *км*	На борону
	б) „ среднем	15	„
	в) тяжелом	10	„
28	Разрыхление грунта за один проход, при ширине рыхления в 1,0 *м* конной дисковой бороной при запряжке в 2—3 лошади (при легких грунтах без предварительного рыхления, при тяжелых — с предварительным рыхлением плугом); (число рабочих при бороне — один);		
	1) 8-дисковой конной бороной при длине участка 500 *м*	14,5 *км*	
	2) 10-дисковой конной бороной при длине участка 500 *м*	18,6	
	3) 12-дисковой конной бороной при длине участка 500 *м*	22,6	
29	Перемешивание дисковой конной бороной грунта с добавками за 10 проходов при ширине полосы перемешивания в 1,0 *м*, с запряжкой в 2-3 лошади при разрыхленном грунте (число рабочих при бороне — один)		
	1) 8-дисковой конной бороной при длине участка 500 *м*	1,75 *м*	
	2) 10-дисковой конной бороной при длине участка 500 *м*	2,24	
	3) 12-дисковой конной бороной при длине участка 500 *м*	2,71 „	
30	Перемешивание 12-дисковой бороной с тракторной тягой (при тракторе мощностью 20 л. с.) грунта с добавками за 10 проходов при ширине полосы в 1 *м* (число рабочих: при тракторе — 1 тракторист; при бороне — 1 рабочий) при длине участка 500 *м*	4,3 *км*	
31	Разработка грунта группой из 3 конных скреперов-волокуш, емкостью каждый 0,10—0,12 *м³* при разрыхленном грунте		
	Состав работ:		
	1. Наполнение скрепера грунтом		
	2. Перемещение грунтов в насыпь (высотою до 2 *м*)		
	3. Опрокидывание		
	4. Обратный ход		
	При числе рабочих: погонщиков — 3, заправщиков — 1		

НБ УДУНТ (ДИТ)

№№ по пор.	Наименование работ	Нормы выработки на 1 трудодень	
	Упряжь скрепера — парная 1. При расстоянии 10—20 *м* — возка спиральная 2. При расстоянии 20—30 *м* — возка круговая 3. При расстоянии 30—50 *м* — возка эллиптическая (эллипсы с осями 30 и 50 *м*) а) при расстоянии возки 10—20 *м* б) при расстоянии возки 20—30 „ в) при расстоянии возки 30—50 „ . .	135 *м*³ 112 90	На группу 3 скреперов
32	Прокопка треугольных канав конным деревянным канавокопателем с упряжкой в 2 лошади (число рабочих —1) I При ширине полотна в 7,5 *м* 1) Канава глубиной 30 *см* в супесчаных и черноземных грунтах с предварительным разрыхлением грунта плугом: при длине участка 500 *м* . .	0,4 *км*	На канавокоп.
	2) Канава глубиной 45 *см* в супесчаных и глинистых грунтах с предварительным разрыхлением грунта плугом и измельчением бороной: при длине участка 500 *м* . .	0,19 *км*	
	II. При ширине полотна в 8,5 *м* 1) Канава глубиной 40 *см* в супесчаных и черноземных грунтах с предварительным разрыхлением грунта плугом: при длине участка 500 *м* . . .	0,29	
33	Прокопка 1 *км* треугольных канав металлическим канавокопателем с тракторной тягой (при тракторе мощностью 30 л. с.) (число рабочих при тракторе –1 тракторист, при канавокопателе – 2 рабочих) 1) Канава глубиной 30 *см* в песчаном грунте по предварительно пропаханной плугом борозде: при длине участка 500 *м*	0,788 *км*	
	2) Канава глубиной 45 *см* в глинистом грунте с предварительным разрыхлением грунта плугом: при длине участка 500 *м*	0,595	
34	Утюжка за 1 раз полотна дороги при постройке конным деревянным утюгом с длиной ножа 2,15 *м* при запряжке в две лошади (число рабочих при утюге — один) 1) при ширине полотна в 7,5 *м* при длине участка 500 *м* .	1,40 *км*	На утюг
	2) при ширине полотна в 8,5 *м* при длине участка 500 *м*	1,24	
35	Утюжка полотна конным металлическим утюгом с длиной ножа 2 *м*, при запряжке в 2-3 лошади (число рабочих при утюге — один 1) при ширине полотна в 7,5 *м* при длине участка 500 *м*	1,31	
	2) при ширине полотна в 8,5 *м* при длине участка 500 *м*	1,15	
36	Утюжка за один раз полотна дороги металлическим утюгом с длиной ножа 2,5 *м*, с тракторной тягой при мощности трактора —20 л. с. (число рабочих; при тракторе —1 тракторист и при утюге –1 рабочий) 1) при ширине полотна в 7,5 *м* при длине участка 500 *м* .	4,50	
	2) при ширине полотна в 8,5 *м* при длине участка в 500 *м*	4,00	
	7. Работа снарядов при ремонте дорог		
37	Утюжка за один раз земляного полотна конным деревянным утюгом с длиной ножа 2,15 *м* при упряжке в 2-3 лошадн (число рабочих — один) 1) при длине участка 500 *м* а) при ширине полотна 7,5 *м* б) при ширине полотна 8,5 *м* 2) при длине участка 1 000 *м* а) при ширине полотна 7,5 *м* б) при ширине полотна 8,5 *м*	2,32 2,04 2,45 2,16	

НБ УДУНТ (ДИТ)

№№ по пор.	Наименование работ	Нормы выработки за 1 трудодень	
38	Утюжка за один раз земляного полотна конным металлическим утюгом с длин. ножа 2,0 *м* при упряжке в 2—3 лошади		
	1) при длине участка 500 *м*		
	а) при ширине полотна 7,5 *м*	2,14 *км*	На утюг
	б) при ширине полотна 8,5 *м*	1,89	
	2) при длине участка 1 000 *м*		
	а) при ширине полотна 7,5 *м*	2.28	
	б) при ширине полотна 8,5 *м*	2,00	
39	Утюжка за один раз земляного полотна металлическим утюгом с длиной ножа 2,5 *м* с тракторной тягой при помощи трактора 20 л. с. (число рабочих при тракторе — 1 тракторист и при утюге — 1 рабочий)		
	1) при длине участка 500 *м*		
	а) при ширине полотна 7,5 *м*	3,12	
	б) „ „ „ 8,5 *м*	2,78	
	1) при длине участка 1 000 *м*		
	а) при ширине полотна 7,5 *м*	3,33	
	б) „ „ „ 8,5 *м*	2,95	
40	Прочистка канав деревянным канавокопателем при одном проходе при упряжке в две лошади, с предварительным разрыхлением грунта плугом (число рабочих — один)	10 *км*	на канавокопат.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

НОРМЫ ВЫРАБОТКИ ПО ДОРОЖНЫМ РАБОТАМ [1]

I. Постройка грунтовых и гравийных дорог

1. Корчевка пней ручной корчевальной машиной при 2-х рабочих

Нормы выработки пней за 8 ч.

Порода деревьев	Хвойные		Лиственные	
Диаметр пня в *см*	6—15	16—25	6—15	16—25
Норма выработки	21	17	16	14

2. Корчевка пней конной корчевальной машиной

Лошадей	2
Погонщик	1
Рабочих	2

Нормы выработки пней за 8 ч.

Порода деревьев	Хвойные		Лиственные	
Диаметр пня в *см*	16—25	26—35	16—25	26—35
Норма выработки	21	19	20	17

3. Корчевка пней тракторной корчевальной машиной:

Трактор .	1
Тракторист	1
Рабочих .	6

[1] Составлено применительно к единым нормам выработки на 1932 г.

НБ УДУНТ (ДИТ)

Нормы выработки пней за 8 ч.

Порода деревьев	Хвойные	Лиственные
Диаметр пня в *см*	25—60	25—60
Норма выработки	100	80

4. Откопка камней

Нормы камней на 1 чел. за 8 час.

Характер грунта	Мягкий			Средний			Твердый		
Объем камня в $м^3$	0,4—0,5	0,7—1,0	1,1—1,5	0,4—0,5	0,7—1,0	1,1—1,5	0,4—0,5	0,7—1,0	1,1—1,5
Норма выработки	31	22	16	26	18	13	22	15	11

5. Уборка камней трактором:

Трактор 1
Тракторист 1
Рабочих 2

Нормы камней за 8 час.

Мощность трактора в л. с.	20—30	30—40	40—50
Объем камня в $м^3$	0,4—0,6	0,7—1,0	1,10—1,50
Норма выработки	32	25	20

6. Разрыхление грунта конным плугом:

Нормы выработки в *кв. м* за 8 час.

Грунты		Легкие: супесь, легк. суглинок, чернозем	Средние: средний суглин.	Тяжелые: тяжел. сугл., глинистый грунт	Примечания
Длина участка в *м*	100	3 572	2 685	1 794	1) Для разрыхл. легк. грунта 1 лошадь. 2) Для среднего и тяжелого —2 лошади 3) При наличии мелких камней и мелких корней, оставшихся от мех. корчевки, к нормам выработки вводится коэффициент 0,87 4) Глубина вспашки принята 10 *см*. При другой глубине более или менее 10 *см*, нормы изменяются пропорционально.
	200	4 124	3 089	2 062	
	500	4 519	3 390	2 259	
	1 000	4 678	3 508	2 339	

7. Разрыхление грунта однолемешным плугом с тракторной тягой:

Трактор 1
Тракторист 1
Рабочих 1

Нормы выработки в *кв. м* за 8 час.

Грунты		Легкие	Средние	Тяжелые	Примечания
Длина участка в *м*	100	8 648	5 840	4 030	1) Мощность трактора 20 л. с. 2) См. 3-й пункт примечания § 6 3) См. 4-й пункт примечания § 6
	200	10 667	7 339	4 706	
	500	12 308	8 333	5 229	
	1 000	13 008	8 743	5 423	

НБ УДУНТ (ДИТ)

8. Разрыхление грунта пятилемешным плугом с тракторной тягой:

Трактор	1
Тракторист	1
Рабочих	2

Нормы выработки в *кв. м* за 8 час.

Грунты		Легкие	Средние	Тяжелые	Примечания
Длина участка в *м*	100	32 389	23 529	16 326	1) Мощность трактора 40 л. с.
	200	44 444	31 620	20 833	2) См. 3-й пункт примечания § 6.
	500	57 143	40 000	25 000	3) См. 4-й пункт примечания § 6
	1 000	53 492	42 105	27 027	

9. Разрыхление тяжелых грунтов дорожным рутером:

Трактор . .	1
Тракторист	1
Рабочий	1

Нормы выработки в *кв. м* за 8 час.

Длина участка в *м*	100	200	500	1 000	Примечания
Норма выработки	2 253	2 346	3 817	2 909	1) Мощность трактора 30 л. с. 2) Разрыхление производится на глубину 25 *см*

10. Разрыхление тяжелых грунтов грейдер-рутером:

Трактор ·	1
Тракторист	1
Рабочий	1

Нормы выработки *кв. м* за 8 час.

Длина участка в *м*	100	200	500	1 000	Примечания
Норма выработки	10 810	11 429	13 333	14 035	1) Мощность трактора 40 л. с. 2) Разрыхление производится на глубину до 20

11. Разрыхление грунта конной дисковой бороной:

Лошадей	2—3
Рабочий .	1

Нормы в *км* при ширине полосы 1,0 *м*

Тип бороны		8 дисков	10 дисков	12 дисков	Примечания
Длина участка в *м*	100	17,35	22,22	26,93	1) Нормы исчислены за один проход по одному месту
	200	21,16	26,93	32,65	2) Нормы выведены для легких грунтов без предварительной вспашки и для тяжелых грунтов по вспашке плугом
	500	24,24	31,00	37,56	3) При снятии дерна, а также при наличии в грунтах мелких корней, камней, применять коэф. 0,87
	1 000	25,72	32,39	39,60	

НБ УАУНТ (ДИТ)

12. Прокопка треугольных канав металлическим канавокопателем с конной тягой:

лошадей	2—4
рабочих	3

Нормы в *куб. м* прокопанной канавы за 8 час.

Грунты		Песчаный		Суглинок		Глинистый		Примечания
Типы канав		Мелкие	Глубокие	Мелкие	Глубокие	Мелкие	Глубокие	
Длина участка в *м*	200	222	296	272	267	300	242	1) Тяговая сила при мелких кюветах в песчаных грунтах 2 лошади. При остальных грунтах 4 лошади 2) В нормах не учтена пропашка направляющей борозды
	500	258	348	316	308	348	281	
	1 000	272	364	333	327	367	296	

13. Прокопка треугольных канав металлическим канавокопателем с тракторной тягой:

Трактор	1
Тракторист	1
Рабочих	3

Нормы в *куб. м* прокопанной канавы за 8 час.

Грунты		Песчаный		Суглинок		Глинистый		Примечания
Типы канав		Мелкие	Глубокие	Мелкие	Глубокие	Мелкие	Глубокие	
Длина участка в *м*	200	215	286	263	258	290	235	1) Мощность трактора 30 л. с. 2) См. пункт 2 примечания § 12
	500	251	335	308	300	339	274	
	1 000	267	254	327	318	359	290	

14. Прокопка треугольных канав конным деревянным канавокопателем:

Лошадей	2
Рабочих	2

Нормы в *км* канавы за 8 час.

Грунты		Супесок, чернозем			Суглинок и тяжелые разрыхлен.			Примечания
Ширина полотна в *м*		7,5	8,5	9,5	7,5	8,5	9,5	
Длина участка в *м*	200	0,57	0,41	0,32	0,27	0,22	0,15	1) Глубина канав: для полотна 7.5 *м* в супесчаных грунтах 29 *см*, в суглинке 46 *см*, для полотна 8,5 в супесчаных грунтах 40 *см*, в суглинке 56 *см*, для полотна 9,5 *м* в супесчаных грунтах 53 *см*, в суглинке 80 *см* 2) Перед проходом деревянного канавокопателя грунты должны быть разрыхлены плугом и суглинки измельчены бороной 3) При наличие в грунте мелких камней или мелких корней применяется коэффициент 0,87 4) Нормами не учтена передвижка и разравнивание вынутого грунта
	500	0,66	0,48	0,37	0,31	0,26	0,18	
	1 000	0,70	0,51	0,39	0,33	0,27	0,19	

НБ УДУНТ (ДИТ)

15. Россыпь гравия для гравийных дорог ручным способом:

Нормы *куб. м* на 1 человека за 8 час.

Объем куч в *куб. м*	До 0,5			0,5 — 1,0			Примечания
Толщина слоя в *см*	10	15	20	10	15	20	
Норма выработки	30	40	64	16	22,8	40	1) Нормами не учтена доставка гравия на полотно дороги 2) При россыпи в 2 слоя нормы удваиваются

16. Распределение укрепляющих добавок ручным способом:

Нормы *куб. м* на 1 человека за 8 час.

Размеры куч в *куб. м*		0,1—0,25			1,0			Примечания
Материал		Глина	Гравий	Песок	Глина	Гравий	Песок	
Толщина	5	13,3	17,8	21,3	7,4	10,0	15,2	Добавки выставлены на полотне дороги
	7,5	22,9	28,6	33,3	12,1	16,0	25,0	
	10	33,3	38,1	40,0	17,8	22,2	29,6	

17. Распределение укрепляющих добавок металлическим утюгом с конной тягой:

Лошадей	2—3
Рабочий	2

Нормы *куб. м* за 8 час.

Толщина слоя в *см*	5	7,5	10	Примечания
Норма выработки	163	210	242	1) Добавки выставлены на полотне дороги 2) Длина ножа утюга 2,0 *м*

18. Распределение укрепляющих добавок металлическим утюгом с тракторной тягой:

Трактор	1
Тракторист	1
Рабочих	2

Нормы выработки *куб. м* за 8 час.

Толщина слоя в *см*	5	7,5	10	Примечания
Норма выработки	357	455	533	1) Добавки выставлены на полотне дороги 2) Длина ножа утюга 2,5 *м* 3) Мощность трактора 20 л. с.

19. Устройство мостовой из пластин.

Нормы пог. *м* дороги на 1 человека за 8 час.

Ширина проезжей части мостовой в *м*	3,5	4,5	5,5	Примечания
Норма выроботки	3,0	2,83	2,40	Работа охватывает: 1) Подноска материалов до 10 *м* без заготовки последних. 2) Обтеска на 1 кант и укладка лежней. 3) Настилка пластин с притеской. 4) Укрепление пластин прибоинами с отеской на 1 кант и забивкой нагелей.

НБ УДУНТ (ДИТ)

20. Устройство жердевого настила:

Нормы пог. *м* дороги на 1 человека за 8 час.

Ширина дороги в *м*	3,5	4,5	5,5	Примечания
Норма выработки	3,57	3,23	2,78	Работа охватывает: 1) Выкопка ровиков для лежней 2) Укладка лежней из накатника 3) Насыпка песка под жерди слоем 6—7 *см* 4) Настилка жердей с притеской их 5) Укладка прижимов из жердей 6) Укрепление прижимов нагелями 7) Насыпка сверху песчаного грунта слоем 5 *см* 8) Подвозка грунта на тачках до 20 *м* 9) Нормы исчислены без заготовки и подвозки лесных материалов

21. Устройство на болотистых грунтах хворостяной выстилки

Норма *кв. м* на 1 человека за 8 час.—22,86

Примечание: Работа охватывает:
1) Подноска хвороста до 25 *м*
2) Расстилка хвороста слоем 40—45 *см*
3) Насыпка между хворостом и сверх его растительной земли 8—10 *см* с утрамбовкой
4) Нормы исчислены без подвозки готового материала

22. Устройство дорог в глинистом грунте с обжигом глины в напольных печах

Нормы пог. *м* дороги на 1 человека за 8 час.

Ширина проезжей части в *м*	3,5	4,5	5,5	Примечания
Норма выработки	2,13	1,69	1,35	Предусматриваются работы: 1) Устройство корыта глубиной 20 *см* с выемкой больших комьев глины 2) Копание глины в резервах 3) Подноска глины из резервов к печам 4) Устройство из комьев глины печи 5) Закладывание в печь клетки дров 6) Покрытие сверху печи мелких кусков глины слоем 10 *см* 7) Обжиг в течение 10—12 часов 8) Разбрасывание обожженого материала по карьеру с разравниванием 9) Разбивка спекшейся глины в щебень крупностью 5—6 *см* 10) В нормы не включено устройство земляного полотна дороги, укатка россыпи, заготовка и подвозка дров и планировка обочин

II. Постройка дорог с каменной одеждой

(Нормы выработки на одного рабочего в день)

23. Устройство корыта в земляном полотне:

	Грунты песчанистые	Грунты глинистые
При глубине корыта 0,30 *м*; *кв.* м площ. кор.	60—56	44—31
„ „ „ 0,35 „	55—51	40—28
„ „ „ 0,40 „	61—47	36—25

24. Устройство упора из досок в корыте (постановка бортовых досок с укреплением кольями, с засыпкой и утрамбовкой земли, с постановкой и укреплением поперечных шаблонов через 20 *м*, со снятием бортовых досок и шаблонов, с переноской) пог. *м* корыта — 40

25. Устройство дренажных воронок (рытье ящика воронки, подвозка песка на расстояние до 15 *м*, засыпка его и разравнивание, засыпка земли с подвозкой на расстояние до 15 *м*) при размерах дренирующего слоя в воронках 15 × 30 *см*:

При грунтах суглинистых . 5,2 воронки
При грунтах глинистых 3,6 „

НБ УДУНТ (ДИТ)

26. Устройство песчаного основания с разбрасыванием, разравниванием и утрамбовкой подвезенного песка:

		куб. м песка
При толщине песчаного слоя	0,10 *м*	14,5
„	0,15 „	17,8
	0,20 „	23,5
	0,30 „	28,6

27. Укладка булыжного камня при устройстве каменного основания (пакеляжа) с подноской камня на расстояние до 15 *м*, с заполнением крупным щебнем промежутков между камнями, с засыпкой поверх высевками с мелким щебнем:

На группу из 2-х мостовщиков и 3 рабочих . 88 $м^2$

28. Сплошная россыпь щебня (подвозка, разбрасывание и разравнивание щебня):

Способ разравнивания	Местонахождение щебня	Наименование единицы	Толщина слоя в *см*		
			14	18	21
По разбитым кольям и шаблонам	На обочинах	*куб. м*	21,1	25,0	29,6
	На полотне дороги	„	88,9	100,0	114,0
Без предварительной разбивки, с поверкой шаблоном	На обочинах . .	*куб. м*	19,1	22,8	26,7
	На полотне дороги .	„	80,0	88,9	100,0

29. Рассыпка расклинцовки слоем в 2,5 *см* с подноскою на лопатах с обочин, разбрасыванием и разметанием (высевки расположены мелкими кучами вдоль проезжей части на обоих обочинах) — 12,9 *куб. м.*

30. Рассыпка мелких высевок слоем в 1,2 *см* с подноской на лопатах с обочин, разбрасыванием и разметанием — 17,60 *куб. м*

31. Поливка россыпи водою при укатке при подвозке воды конной тягой, на одну бочку емкостью 500 литров за 8-ми час. рабочий день:

Расстояние подвозки в метрах	Твердость щебня	Мягкий	Средний	Твердый	Очень твердый
	Количество воды на 1 $м^2$ в литрах	20	30	40	50
50— 200	*кв. м*	500	320	242	200
200— 250		400	266	195	160
250— 500	„	285	190	145	115
500—1 000	„	163		104	79
1 000—2 000	„	95	65	50	40

Примечание: Камень по твердости разбит следующим образом:

а) мягкий: известняки и песчаники с временным сопротивлением сжатию около 500 *кг* на 1 *кв. см*;

б) средней твердости красные граниты, серые крупнослойные и др. породы с временным сопротивлением около 1 200 *кг* на 1 *кв. см*;

в) твердый: серые мелко—слойные граниты и др. породы с временным сопротивлением около 1 500 *кг* на 1 *кв. см*;

г) очень твердый: темно-серый мелкослойный гранит с зеленоватым отливом, синяк, сиенит и др. породы с временным сопротивлением больше 1 500 *кг* на 1 *кв. см.*

32. То же автоцистернами, на одну цистерну при ее емкости 1 270 *л* при 1 шоффере и 1 рабочем.

Расстояние подвозки в *км*	1	2	3	4	5
Количество рейсов .	25	17	12	10	8
Воды в *куб. м* .	31,75	24,69	18,24	12,57	10,16

НБ УДУНТ (ДИТ)

33. Выстилка булыжной мостовой с подбором доставленного „под руки“ камня *кв. м* мостовой

Материал основания	Вид камня					
	Кругляк и шашка			Грубо колотый рваный		
	Крупный	Средний	Мелкий	Крупный	Средний	Мелкий
	Более 18 *см*	12—18 *см*	6—12 *см*	Более 18 *см*	12—18 *см*	6—12 *см*
Песок	45,5	38,5	26,0	39,0	33,5	23,0
Щебень (при пакеляже)	29,0	25,0	17,2	25,5	25,0	15,1

34. Расщебенка булыжной мостовой, с доставкой готовой щебенки на расстояние до 15 *м*.

	Из рваного камня	Из кругляка или шашки
Кв. м мостовой	250	339

35. Выстилка мостовой из камней правильной формы с подбором и приколом доставленного „под руки“ камня, *кв. м* мостовой.

Род камня	Род мощения				
	Прямыми рядами	По кругов. очерт. при брусчатке или полукр. рядами при клейнпфлястере	Диагональ	В продольную елку	В поперечную елку
Брусчатка	25,0	18,6	20,0	23,5	21,6
Клейнпфлястер	22,8	15,4	—	—	—
Клинкер	34,8	—	28,6	33,3	30,8

36. Трамбование каменной мостовой вручную, *кв. м* мостовой:

Уклон трамбуемой поверхности	Булыжная мостовая		Брусчатая мостовая		Мостовая из клейнпфляст.	
	За 1 раз	За 2 раза	За 1 раз	За 2 раза	За 1 раз	За 2 раза
Горизонтальная и с уклоном не более 1 : 4 . . .	200	108	131	70	103	55,0
С уклоном круче 1	145	78	94	50	73	39,5

37. Трамбование мостовых пневматической трамбовкой, *кв. м* мостовой (без учета работы механика при компрессоре):

Род мостовой	За 1 раз	За 2 раза
На брусчатке	210	111
На клейнпфлястере .	167	86

38. Заполнение швов мостовых песком с доставкой песка на расстояние до 15 *м*, *кв. м* мостовой:

Род мостовой	При заполнении шва на полную высоту			При заполнении шва на половину высоты		
	Насухо	С поливкой из брандспойта	С поливкой вручную из лейки	Насухо	С поливкой из брандспойта	С поливкой вручную из лейки
Брусчатая . .	220	143	110	370	250	163
Клейнпфлястер .	195	127	100	330	216	148

НБ УДУНТ (ДИТ)

39. Заполнение швов уплотняющими составами с очисткой мостовой от мусора, приготовлением раствора или подогреванием битума, *кв. м* мостовой:

Материал, заполняющий швы	Способ заполнения швов	Род мостовой		
		Брусчатая	Клейнпфлястер	Клинкерная
Цемент	Розлив раствора по поверхности мостовой и загонка в швы	101	58	89
Битум	Розлив битума по поверхности с загонкой в швы	64	40	—
Битум	Проливка каждого шва конусной лейкой	33,3	—	22,2

40. Засыпка песком или мелкими высевками поверхности проезжей части и уборка излишков, с доставкой материала на расстояние до 15 *м*, с отвозкой излишков на расстояние до 15 *м*, *кв. м* мостовой.

Род мостовой	Характер работы	
	Засыпка	Уборка излишков
Булыжная . .	500	1 330
Брусчатая и клинкерная	1 140	2 670

41. Сортировка камня при мощении вновь с откидкой годного камня по размерам (для всех мостовых кроме клейнпфлястера) и поверкой по скобе по трем измерениям (только для брусчатки и клейнпфлястера), *кв. м* мостовой.

Состав работы	Булыжный			Брусчатка	Клейнпфлястер
	Кругляк	Рваный	Шашка		
С укладкой в штабеля	44,5	42 1	38,1	30,80	26,70
Без укладки в штабеля .	82,0	65,0	60,0	73,00	67,00
Тоже в *куб. м* камня:					
С укладкой в штабеля	7,1	6,6	6,1	4,93	4,35
Без укладки в штабеля	12,9	10,3	9,4	9,40	8,20

42. Доставка материалов в пределах рабочего места (до 15 *м*):

Наименование материала	Крупный булыжный камень и брусчатка	Булыжный камень среднего размера	Мелкий булыжный камень	Клейнпфлястер
Для замощения *кв. м* мостовой	66,7	88,9	133,0	80,0

Песка 14,8 *куб м*
Щебня 11,2

43. Откапывание булыг и сбор их в штабеля (при глубине залегания камня до 1 *м*, размере камня в поперечнике 0,3—0,5 *м* и расст. переброски камня 3,0 *м*):

Род грунта	Мягкий				Уплотненный			
% % отношение камня к 1 *куб. м* выемок	50	25	17	12,5	50	25	17	12,5
Куб. м в штабелях	5,22	2,88	2,09	1,59	4,49	2,36	1,60	1,21

НБ УДУНТ (ДИТ)

44. Сбор булыжника на поверхности земли с укладкой в штабели (при ровной местности, без поросли, расстояние переброски 3,0 *м* и размере камня до 0,3 *м*):

Площадь в *кв. м*, с котор. собирается один *кб. м* камня	Камень свободно лежащий на поверхности							
	10	20	30	50	100	200	500	1 000
Куб. м в штабелях . . .	12,30	11,60	11,26	10,67	9,63	8,08	6,67	5,45
Тоже при камне, залегающем в грунте до $^2/_3$ своей высоты	3,42	3,19	3,11	2,98	2,79	2,53	2,16	1,84

Примечание: При размере камня до 0,4 *м* вводить поправочный коэффициент — 0,85
При размере камня до 0,7 *м* вводить поправочный коэффициент — 0,80
При местности поросшей, или при наличии корней вводить поправочный коэффициент — 0,95

45. Разбивка крупного камня на шашку размером в поперечнике 13—20 *см*

Кубических метров

Порода камня	С выборкой камня из штабеля			Без выборки камня из штабеля		
	Размер поперечника камня до расколки в *м*					
	До 0,5	0,5—1,0	Свыше 1,0	До 0,5	0,5—1,0	Свыше 1,0
Очень твердый	3,35	2,40	1,71	4,15	2,80	1,91
Твердый . . .	4,75	3,35	2,40	6,70	4,15	2,80
Средней твердости .	6,70	4,75	3,35	11,10	6,70	4,15
Мягкий	11,90	8,30	6,00	—	—	—

46. Обработка шашки (удаление острых кромок, выравнивание лица и постели, откидка и окучивание окола).

Порода камня и сорт шашки	Очень твердый		Твердый		Средней твердости	
	I с.	II с.	I с.	II с.	I с.	II с.
Куб. м шашки	3,90	5,60	6,00	9,80	—	15,7

Примечание: Шашка делится на сорта (I и II) по следующим признакам:
I с.— лицо и постель плоские, высота шашки 13—18 *см*, постель не менее 80 *кв. см*
II с.— лицо и постель закруглены, высота 13—18 *см*, постель не менее 30 *кв. см*.

47. Ручная бойка щебня из камня естественных пород:

Кубических метров набитого камня:

Разм. камн. по среднему сечению в *см*, диам. кольца в *см*	Более 15				До 15			
	До 2,5	2,6—4,0	4,1—6,5	Свыше 6,5	До 2,5	2,6—4	4,1—6,5	Свыше 6,5
Порода камня:								
Твердый . .	0,65	0,81	1,26	1,93	0,60	0,97	1,65	2,73
Средней твердости	0,90	1,45	2,30	3,79	0,83	1,21	1,77	2,73
Мягкий	1,35	2,17	3,45	5,63	1,24	1,81	2,56	4,12

48. Механическое приготовление щебня (на звено, состоящее из одного моториста, одного помощника моториста и 2 рабочих по загрузке:

Система каменедробилок	Акмэ $8^1/_2$			Акмэ $10^1/_2$			Клаймакс с крошилкой[1]			Клаймакс без крошилки			Гудвин, Берсбин		
Система двигателя	Интернационал, Клейтон, Победа, Силач, Кр. Прогресс			Геркулес, Буда			2 двигателя Буда			Буда			Клейтон, Победа, Кр. Прогресс		
Раствор щек (щели)	30	40	50	30	40	50	30	40	50	30	40	50	30	40	50
Куб м продукции	31	34	40	70	80	89	74	85	95	70	80	89	35	40	45

[1] Крошилка системы „Чемпион".

НТБ УДУНТ (ДИТ)

49. Грохочение щебня вручную:

Размер зерен в *см*	До 2,5	2,6—4,0	Свыше 4,0
Куб. *м* неотгрохоченного материала (по обмеру до прогрохотки)	9,4	8,4	7,6

III. Постройка усовершенствованных дорог (нормы выработки на одного рабочего в день)

50. Загрузка котлов связующим материалом при расстоянии возки 30 *м* (в тоннах):

а) Загрузка котлов пеком (в неслившемся состоянии) с разрыхлением, нагрузкой перемещением и загрузкой котла

б) Загрузка котлов креозотовым маслом с подкатыванием бочки, установкой над котлом опоражниванием и откаткой порожней бочки;

в) Загрузка котлов битумом с подкатыванием бочки, раскупоркой тары, загрузкой и уборкой тары.

Род приспособления	Простейшие приспособления (тачки и друг.)			Простейшие механические подъемные приспособления (лебедки и др.)
Емкость котла в литрах	350	3 000	1 200	3 000—12 000
Загрузка:				
а) пека .	5,5	4,65	3,84	6,0
б) масла .	5,9	3,52	2,80	4,8
в) битума .	4,4	3,40	2,70	5,5

51. Варка битуминозных материалов с растопкой котла, поддерживанием пламени, перемешиванием массы, удалением пены, грязи и клепки от бочек и очисткой котла.

Емкость котла	100	350	3 000	12 000
При дегте (в тоннах)	0 91	1,60	4,2	8,0
При битуме	1,27	2,24	5,0	8,9

Примечание: При расположении нескольких котлов в одном месте на одного истопника считать на 3 котла емкостью 100—350 литр. или на 2 котла емкостью 3 000—4 000; при этом норма выработки повышается соответственно в 3 и 2 раза.

52. Очистка шоссе от пыли и грязи (квадратных метров).

Род грязи	Пыль и песок			Грязь		
Способ очистки \ Толщина слоя в *см*	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0
Обыкновенной метлой	1 740	960	640	1 570	880	580
Метлой и отчасти металлической щеткой	1 180	710	500	1 070	650	455
Одиночной металлической щеткой	—	—	—	445	305	179
Двойной металлической щеткой . . .	—	—	—	470	338	262
Механической щеткой с конной тягой при участке 200 *м*	—	—	—	20 000	11 430	8 000
Механической щеткой при тракторной тяге при участке 200 *м*	—	—	—	25 800	17 000	

53. Очистка шоссе от пыли воздуходувкой или пылесосом при обслуживании двумя челов. воздуходувкой: предварительная —2 000 *кв. м*; повторная —4 800 *кв. м*.
пылесосом: 4 000 *кв. м*.

НБ УДУНТ (ДИТ)

54. Уборка пыли и грязи за кюветы вручную *кв. м* поверхности:

Толщина слоя пыли и грязи		
До 1,0 *см*	От 1 до 2 *см*	Свыше 2 *см*
3 500	1 400	870

55. Ручная кирковка на глубину 5—6 *см* с сгребением и уборкой на обочины вскиркованных масс, при средней твердости камня, *кв. м* дороги:

При сплошной кирковке . . . . . 33 *кв. м*
При кирковке в клетку со стороной в 1,0 *м* . . . . 99 „ „

56. Кирковка шоссе на глуб. 5 - 6 *см* механическим кирковщиком при среднем камне — *кв. м*

Глубина кирковки в *см* / Вес катка	5	7,5	10
Моторными 7—8 *т* .	2 300	1 500	1 200
Моторными 10—11 *т*	3 000	2 000	1 500

57. Грохочение на неподвижном грохоте полученного из шоссейной коры материала (*куб. м* подлежащего прогрохотке материала)

Отверстие в *см*	3—2	1,0
Сухой .	10,5	11,3
Влажный	5.0	5,2

58. Россыпь щебня по проезжей части (*куб. м*)

Толщина слоев *см*	4	7	10	13
При щебне на обочине	12	15	18	21
При щебне на проезжей части	53	62	73	89

59. Россыпь крупных высевок при пропитке или полупропитке с подноской материала на лопатах с обочины, разбрасыванием и разметанием метлой:

Крупных высевок *куб. м*	11,7
Мелких высевок	14,4

60. Розлив битуминозного материала лейками с наполнением леек, разноской и розливом

При среднем расстоянии	10 *м*	20 *м*	30 *м*
Норма розлива в *т* .	4	2,65	1,70

Примечание: При ямочном ремонте коэффициент к нормам выработки — 0,67

61. Розлив битуминозных материалов ручным гудронатором емкостью 300 литров при обслуживании 2-х человек — тонн — 3,55.

62. Розлив битуминозных материалов гудронаторами с наполнением, розливом и возвращением на базу (при обслуживании 2-х человек) в тоннах:

Расстояние от базы в *км* / Система гудронатора	1	3	5	10	15
Прицепной гудронатор емкостью 1 500 литров	7,6	4,1	2,8	—	—
Гудронатор „Этнайер“ емкостью 3 000 лит. при скорости розлива 800 лит./*м*	23,5	18,8	15,7	11,1	8,6
Гудронатор „Лингоф“ емкостью 3 000 литров . .	17,0	13,3	10,9	7,5	5,7

НБ УДУНТ (ДИТ)

63. Укатка россыпи, расклинцовки при пропитке и полупропитке и высевок при поверхностной обработке при средней твердости камня и длине укатки 200 *м*, в *кв. м.*

Вид материала	Расклинцовка			Высевки	
Вес катка *т*	5—6	7—8	10—12	5—6	7—8
Моторный	650	760	950	2 800	3 200
Паровой	520	610	760	2 300	2 800

64. Ямочный ремонт шоссе с очисткой места от грязи и пыли розливом связующего материала, россыпью каменной мелочи и трамбованием (а при глубоких выбоинах с россыпью крупных высевок) при количестве ямочного ремонта 2 – 3%:

Мелких выбоин (0,5—0,8 *см*)	1 900 *кв. м*
Глубоких выбоин (5—7 *см*)	890

65. Ямочный ремонт асфальтовых покрытий (литым асфальтом) с очисткой и установкой котла, подготовкой и загрузкой материала в котел, загрузкой топки, разведением и поддержанием огня, перемешиванием массы во время варки, околкой краев, очисткой основания и его разогревания, нагрузкой в ведра, подноской на 40 *м* и вывалкой массы на место работ с разравниванием.

По толщине заплат в *см*	2,0				2,5			
По величине заплат в *кв. м*	до 0,5	до 1,0	до 2,0	до 3,0	до 0,5	до 1,0	до 2,0	до 3,0
Без подготовки основания (*кв м*)	9,1	11,0	13,3	14,3	7,2	8,7	11,0	12,2
С подготовкой основания	6,3	7,7	9,2	10,6	5,1	6,1	7,3	8,5

66. Устройство покрытия из литого асфальта с установкой котлов и их очисткой, заготовкой потребных материалов для варки с их загрузкой в котлы (просеивание через грохот, размельчение асфальта, подноска в пределах до 10 *м* колкой дров, загрузкой топки, разведением и поддержанием котла; наблюдением за перемешиванием асфальтовой массы, выгрузкой и подноской до 40 *м*, устройством асфальтового покрытия при помощи валька, посыпкой песком и райбовкой

Толщина слоя в *см*	2,0	2,5	3,0
При 1 котле и 5 чел. персонала (*кв. м*)	50	40	

(Нормы действительны при условии двух варок; при добавке старого асфальта нормы остаются те же; при ширине покрытия менее 1 пог. *м* к нормам применяется коэффициент 0,80).

67. Разломка асфальтового покрытия (разломка, отделение плит, относка материала в сторону).

	Толщина до 2 *см*	Толщина более 2 *см*
Новое, малоизношенное средней крепости *кв. м*	80	64
Сильно изношенное средней крепости *кв. м*	53	40

68. Приготовление асфальто-бетонной массы смесителем системы „Уоррен“ с одним холодным элеватором (взвешивание материалов, обслуживание элеватора, выпуск сухой смеси в смесительный барабан, взвешивание битума, перемешивание массы, выпуск массы, измерение температуры, заправка и уход за смесителем).

Расчетный состав звена —7 челов.

При изготовлении биндера	50,4 *т*
При изготовлении мелкозернистого асфальто-бетона	42,2 *т*

НБ УДУНТ (ДИТ)

69. Приготовление асфальто-бетонной массы смесителем системы „Уоррен“ новый с горячим элеватором (обслуживание элеватора, взвешивание материалов, выпуск сухой смеси в мешалку, перемешивание, выпуск массы, измерение температуры, заправка смесителя).

При изготовление биндера и мелкозернистого асфальта (перемешивание 2 минуты)	82 *т*
При изготовление песчаного асфальта (перемешивание 3 минуты)	59 *т*

70. Изготовление асфальто-бетонной массы смесителем системы „Крупп“ при обслуживании 4 челов.

Изготовление биндера	76 *т*
Изготовление песчаного асфальта	58 *т*

71. Изготовление асфальто-бетонной массы смесителем системы „Гау Гоккель“ при обслуживании 8 челов.

Изготовление биндера . .	76 *т*
Изготовление песчаного асфальта	63 *т*

72. Разогревание основания или покрытий разогревателем системы „Грико“.

Бетонное или булыжное основание	1 088 *кв. м*
Асфальто-бетонное покрытие	800 *кв. м*

73. Укладка асфальто-бетонной массы (очистка основания, разогревания битума в котле, разогревание инструментов в жаровне, обмазка бортов, установка и перемещение металлических листов, подноска и разравнивание массы, проверка шаблоном, трамбование краев у бордюра и колодцев разогретой трамбовкой, перемещение жаровни и поддерживание в ней огня) (обслуживание бригадой 11 челов.).

	Толщина слоев в *см*		
	3	4	5
Укладка биндера *кв. м* на звено	—	1 047	838
Укладка мелкозернистого асфальта	1 216	1 077	857
Укладка песчаного асфальта	1 047	920	—

74. Поверхностная обработка крупнозернистого асфальто-бетона со смазкой битумом и раскидыванием высевок *кв. м* 450

75. Поверхностная обработка песчаного асфальта (засыпка известковой мукой) *кв. м* 1 100

76. Укатка асфальто-бетона (при длине прохода 5—16 *м*) *кв. м*

	Верхний слой	Нижний слой
Моторный каток 10—12 *т* . .	800	890
Моторный каток 7— 8 *т*	620	680

ТЕХ ЧА
АГ 1085
18930
ОБ УДУНТ (ДШТ)

Инд. Т—Огиз № 1648
Редактор *М. Л. Литжман*
Корректор *С. И. Шаталов*
Книга сдана в набор 2/IX 1932 г.
Бумага печ. 72 × 110 1/16

Тираж 10250 экз.
Техн. редактор *И. С. Гимельштейб*

Подписана к печати 13/VII 1933 г.
Печатных листов 46¾

Печатных знаков в листе 72 000

Заказ № 352

Ленинградский Горлит № 5044

НБ УДУНТ (ДИТ)

Цена 12 р. 50 к.

Пер. 1 р. 25 к.

Сканувала Петренко О.А.

НБ УДУНТ (ДІІТ)