проф. Н. Т. МИТЮШИН

КРАТКИЙ КУРС ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

ОГИЗ—ГОСТРАНСИЗДАТ

НТБ ДНУЖТ

СССР

Пролетарии всех стран, соединяйтесь

ПРОФ. Н. Т. МИТЮШИН

24870

КРАТКИЙ КУРС ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ
ИСПРАВЛЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СЕКЦИЕЙ
ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧЕНОГО СОВЕТА ДОПУЩЕНО
В КАЧЕСТВЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ТЕХНИКУМОВ

ДИИТ
БИБЛИОТЕК
ИНВ. №24870

ОГИЗ — ГОСТРАНСИЗДАТ
МОСКВА 1932 ЛЕНИНГРАД

НТБ
ДНУЖТ

5-я ТИПОГРАФИЯ
„Пролетарское слово"
треста
„ПОЛИГРАФКНИГА"
Москва, Каланчевский туп., 3/5.

НТБ
ДНУЖКТ

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЗАДАНИЕ I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

		Стр.
§ 1.	Значение железных дорог	9
§ 2.	Исторический очерк развития железных дорог	10
§ 3.	Классификация железных дорог	17
§ 4.	Общие сведения о подвижном составе. Конструктивные особенности ходовых частей подвижного состава.	20
§ 5.	Условия движения подвижного состава в прямых и кривых частях пути	40
	Уширение колеи в кривой . . .	43
	Подъем наружного рельса в кривой	48
§ 6.	Переход железнодорожного пути из прямого участка в кривую.	51
§ 7.	Сопротивления движению поездов .	61
§ 8.	Сила тяги паровоза	66
	1. Расчет предельного состава поезда	73
	2. Определение скорости движения поезда определенного состава на различных участках.	78

ЗАДАНИЕ II

НИЖНЕЕ СТРОЕНИЕ

§ 9.	Общие сведения об устройстве земляного полотна	82
§ 10.	Понятия о грунтах	83
§ 11.	Нормальные поперечные профили и выдержки из технических условий .	86
§ 12.	Укрепление откосов .	90
§ 13.	Устройство насыпей	93
§ 14.	Устройство выемок	99

ЗАДАНИЕ III

ВЕРХНЕЕ СТРОЕНИЕ

15.	Рельсы	105
	1. Материал рельсов:	
	а) химический состав .	105
	б) браковочные признаки	106
	2. Форма рельсов	111
	3. Размеры и вес рельсов	126
	4. Прекрепление рельсов к опорам	. 129
	5. Стыки рельсов:	
	а) общие сведения о стыках.	. 143
	б) перекрытие стыков	146
	в) типы рельсовых стыков (стык на весу, стык на шпале и др.).	164
§ 16.	Рельсовые опоры. . . .	171
	1. Отдельные опоры . .	. 172
	2. Продольные лежни .	173
	3. Поперечины:	
	а) деревянные поперечины . . .	174
	б) пропитка шпал антисептиками	176
§ 17.	Балластный слой . . .	193
	1. Назначение балласта. . . .	193
	2. Материал балластного слоя	199
	3. Форма и размеры балластного слоя	. 202
	4. Выдержки из технических условий	. 203

НТБ ДРУЖТ

ЗАДАНИЕ IV

СОЕДИНЕНИЕ ПУТЕЙ

§ 18. Стрелочные переводы 206
1. Конструкция 206
2. Расчет стрелочных переводов . . 214
§ 19. Переход между двумя параллельными путями. 222
§ 20. Соединение двух пересекающихся путей. 223
§ 21. Стрелочные улицы 225
§ 22. Поворотные круги . . 227

ЗАДАНИЕ V

СТАНЦИИ

§ 23. Назначение и классификация станций 231
§ 24. Малые станции однопутных линий 233
§ 25. Малые станции двухпутных линий. 238
§ 26. Средние станции 241
§ 27. Большие пассажирские станции 243
§ 28. Большие товарные станции . . . 244
§ 29. Большие сортировочные станции 248
§ 30. Выдержки из технических условий проектирования станций . . 255
§ 31. Некоторые данные для определения количества и размеров станционных обустройств. 281

ЗАДАНИЕ VI

СИГНАЛИЗАЦИЯ, ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ, БЛОКИРОВКА (СЦБ)

§ 32. Общие сведения о главнейших сигналах; способы ограждения путевых работ и разветвлений; управление сигналами. 297
§ 33. Централизация управления стрелками и сигналами. . 306
§ 34. Системы путевой блокировки. . 308

ЗАДАНИЕ VII

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ

§ 35 Экономические изыскания. . . 315
§ 36. Технические изыскания 317
§ 37. Укладка пути. 323

ЗАДАНИЕ VIII

РЕМОНТ И СОДЕРЖАНИЕ ПУТИ

А. Общие сведения

§ 38. Силы, действующие на путь. . 331
1. Стихийные силы природы. 331
2. Силы, появляющиеся при движении поездов . 331
§ 39. Деформации пути. 332
1. Характер и классификация деформаций. . 332
2. Способы обследования деформаций. . 335

Б. Ремонт верхнего строения пути

§ 40. Летний ремонт верхнего строения . . . 338
1. Перешивка пути. 339
2. Исправление переуклонки или разуклонки рельса 342
3. Рехтовка пути. . . 343
4. Разгонка прозоров 344
5. Исправление ненадлежащего уровня рельсов. . 353

НТБ ДНУЖТ

6. Исправление пути в кривых 356
7. Смена скреплений . 357
8. Смена рельсов . 357
9. Смена шпал. 361
§ 41. Зимний ремонт верхнего строения . 362
1. Ремонт пучин. . 362
2. Борьба со снегом: 369
а) условия попадания снега на путь. 369
б) защита пути от снега. 373
в) очистка пути от снега и расчистка заносов 379

В. Ремонт нижнего строения пути

§ 42. Ремонт полотна на косогоре. 388
§ 43. Исправление полотна, разрушенного ливневыми и весенними водами. 396
§ 44. Ремонт искусственных сооружений 397
§ 45. Меры для пропуска весенних вод. 399
§ 46. Ремонт искусственных сооружений без перерыва движения. 401

ЗАДАНИЕ IX

ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О РАСЧЕТЕ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ

§ 47. Общие сведения о расчете рельса. 403
§ 48. Расчет по способу сплошного упругого основания 412
§ 49. Примеры расчета согласно приказу 1925 г. . 417

ЗАДАНИЕ X

§ 50. Краткие сведения из эксплоатации железных дорог. 421

ЗАДАНИЕ XI

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕКОНСТРУКЦИИ ПУТИ

§ 51. Общие сведения о реконструкции пути. 449
§ 52. Реконструкция верхнего строения пути 450
§ 53. Оздоровление земляного полотна. . . . 452
§ 54. Сведения о способах ликвидации пучин. 452

ЗАДАНИЕ XII

ПЕРЕЕЗДЫ И ПУТЕВЫЕ ЗНАКИ

§ 55. Переезды. 462
Приложение 467

НТБ
ДНУЖТ

ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ

Настоящий труд имеет назначением служить руководством для слушателей техникумов при изучении ими „Курса железных дорог".

Развитие производительных сил нашего народного хозяйства вызвало исключительное увеличение грузооборота всех видов транспорта. К концу пятилетки грузооборот нашей железнодорожной сети запроектирован, примерно, в 600 миллионов тонн; пассажирская работа — около 100 миллиардов пассажиро-километров; средняя грузонапряженность — около 3,5 миллионов тонно-километров на километр.

Овладеть указанными грандиозными потоками наш транспорт, при его настоящей технической вооруженности, не в состоянии и потому, естественно, должен быть реконструирован.

Особенно отсталым является наш путь, который не в состоянии пропустить намечающихся мощных паровозов и допустить предполагаемых скоростей движения, необходимых для овладения как грузовыми, так и людскими потоками. Необходима коренная реконструкция пути.

Проект такой реконструкции в настоящее время разрабатывается.

Одной из интереснейших и ответственнейших задач, стоящих перед молодыми техниками — принять энергичное и деятельное участие в указанной реконструкции.

Для того, чтобы реконструировать транспорт, нужно прежде всего изучить его существующую конструкцию.

В настоящем кратком курсе и даются основы существующей конструкции железных дорог и указываются перспективы намечающейся у нас реконструкции.

Главное внимание обращается на основные сведения о железнодорожном рельсовом пути; затем, сообщаются краткие сведения об обращающемся по этому пути подвижном составе постольку, поскольку это необходимо для уяснения вопроса о воздействии этого состава на путь; даются краткие сведения о проектировании железнодорожной линии, о станциях, соединениях путей, централизации и блокировке, о ремонте и содержании пути и, наконец, сообщаются самые краткие сведения из эксплоатации железных дорог.

В настоящем издании по сравнению с предыдущим получил развитие и дополнен, главным образом, отдел верхнего строения пути; обращено серьезное внимание на недостатки существующих стыковых накладок и приведены сведения о новейших американских, французских и немецких накладках; развит отдел пропитки шпал, добавлены сведения о железобетонных шпалах, несколько развит отдел расчета элементов верхнего строения пути. В отделе станций приведены некоторые данные для расчета станционных обустройств.

НТБ ДНУЖТ

Изложение проведено в самой сжатой форме, причем особенное внимание обращено на более рельефное выявление основных положений изучаемых вопросов.

Расчетная часть курса иллюстрируется многими примерными подсчетами, а описательная часть — примерными масштабными чертежами; так, в курсе приведены примеры определения силы тяги паровозов, величины состава поезда, скоростей движения поездов на различным участках пути и т. п.

В соответственных отделах в качестве примеров приведены: эпюра стрелочного перевода, масштабный чертеж малой станции, чертеж железнодорожной линии, протрассированный на плане в горизонталях и продольный профиль этой линии.

Затем в курсе приведены многие выдержки как из новейших, утвержденных в 1931 г., технических условий проектирования железнодорожных линий и станций, так и выдержки из положения по составлению проектов тяговых устройств и, наконец, помещены основные положения приказа НКПС от 1925 г. и 1931 г. — о способах расчета элементов верхнего строения пути, с примерами таких расчетов.

Таким образом, издаваемый труд может не только служить в качестве руководства при изучении курса железных дорог, но и быть полезным для окончивших техникумы на первых порах их практической деятельности.

При переиздании настоящего курса я пользовался многими ценными указаниями и помощью по получению материалов (стандартных чертежей и др.) П. В. Майшева и Б. Н. Сергеева, которым приношу глубокую благодарность.

Н. Митюшин.

НТБ
ДНУЖТ

ЗАДАНИЕ I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

§ 1. Значение железных дорог

Транспорт представляет собою неотъемлемую часть производственного процесса. С изменением способов производства изменяются и способы перемещения товаров. Железные дороги появились на заре капитализма, когда прежние примитивные виды транспорта — перевозки по воде и гужем — оказались не в силах обслуживать новые формы промышленности.

История показывает, что развитие крупной промышленности во всех странах сопровождалось одновременным развитием железных дорог, которые—с одной стороны обеспечивали необходимые для промышленности быстроту и регулярность перевозок, а с другой стороны — сами становились крупным потребителем металла и топлива и потому содействовали скорейшему развертыванию этих производств.

В эпоху перехода от капитализма к социалистическому строю одной из важнейших командных высот, находящихся в руках пролетарского государства, является крупная промышленность. Железнодорожный и водный транспорт, обслуживающий эту промышленность, также необходим для ее нормального развития, как необходима для человеческого организма кровеносная система. Помимо экономического значения железных дорог велико и стратегическое значение их в обороне страны.

Значение железных дорог в стратегическом отношении заключается в возможности быстро собирать многочисленные армии в надлежащих пунктах и снабжать их продовольствием и снарядами.

Как по объему перевозок (77% от общего количества), так и по размерам основного капитала (87%) железные дороги в СССР занимают первое место среди различных видов транспорта.

При этом главнейшая часть основного капитала, вложенного в железнодорожное хозяйство (82%), сосредоточена в так называемых постоянных устройствах: стоимость земляного полотна составляет 22%, верхнего строения пути — 20%, станционных построек — 21%, искусственных сооружений — 10%, водоснабжения — 2%, устройств Отдела связи — 2% и т. д.

Постоянные устройства железных дорог представляют собою капитал, примерно, в 8 миллиардов рублей. Для правильного и сознательного обслуживания этих устройств необходимо хорошее знакомство с существующими конструкциями, их содержанием и ремонтом.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Каково значение железных дорог в экономическом, стратегическом и других отношениях?

2. На чем главным образом основано значение железных дорог?

НТБ ДНУЖТ

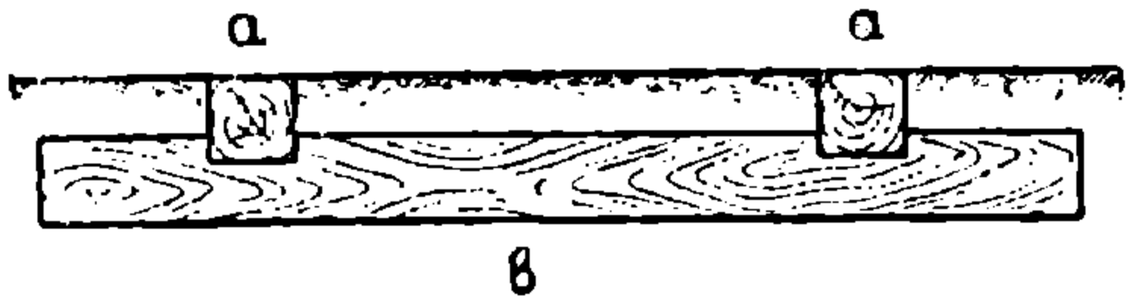
§ 2. Исторический очерк развития железных дорог

Прежде чем приступить к изложению основ и различных деталей железных дорог, нужно выяснить и точно определить, что мы, собственно, разумеем под наименованием „железная дорога“. Что такое железная дорога? Что такое железнодорожный путь? Под наименованием железнодорожного пути в самом широком смысле этого слова мы понимаем такой путь, который уложен рельсами, служащими для поддержания и для направления колес тех экипажей — вагонов, паравозов, которые по ним двигаются и такой путь, по которому передвижения экипажей совершаются помощью силы механической — пара, электричества, газа, именно: помощью паровозов, электровозов, тепловозов. Такие железные дороги появились весьма недавно, и недалеко то время, когда земной шар совершенно не имел указанных железных дорог.

Прототипом железнодорожных путей с рельсовой колеей можно считать гужевые дороги, к которым была применяема колея как средство, облегчающее перевозку грузов.

Древняя история уже знакома с такими путями: египтяне, римляне и древние греки устраивали колею в виде углублений в каменном основании, или в виде каменных плит с жолобами, глубиной около 5 *см* и с шириной колеи около 1,5 *м*. То были, конечно, не железные дороги, но во всяком случае более совершенные пути сообщения, чем обыкновенные грунтовые дороги.

Стимулом, главным толчком для усовершенствования путей сообщения, служили причины экономического характера, именно желание удешевить подвоз грузов. Так, желание удешевить доставку угля из угольных копей (близ Нью-Кестля, в Англии) к месту погрузки такового на баржи заставило владельцев этих копей усовершенствовать дорогу, по которой подвозили уголь, помощью укладки особых брусьев, по которым катились колеса повозок. Путь этот, устроенный в 1630 г. неким Бомоном (Beaumont), изображен на черт. 1.



Черт. 1.

Продольные брусья *a* укладывались поверх деревянных *b* и служили для поддержания колес повозок, передвигаемых помощью лошадей. Поперечины покрывались землей, насыпавшейся по обеим сторонам продольных брусьев, вровень с их верхней гранью. По такому пути лошадь могла везти в четыре раза больше угля, чем по обыкновенной дороге. Объясняется это тем, что сопротивление движению экипажа по такому пути было в четыре раза меньше, чем по обыкновенной дороге. Сопротивление движению на единицу веса груженого экипажа называется удельным сопротивлением и обычно выражается в килограммах на тонну веса. Величины удельных сопротивлений для различных дорог приведены в нижеследующей таблице.

Что касается процесса движения экипажа, то его можно рассматривать, как постоянную борьбу между двумя силами: силой тяги животного и силой сопротивления, оказываемого движению экипажа. Чем больше животное напрягает свои силы, тем скорее

НТБ ДИИЖТ

передвигается экипаж. Чем хуже дорога и чем большее сопротивление она оказывает передвижению экипажа, тем движение медленнее. Величина скорости v является, таким образом, функцией усилия S, приложенного животным и сопротивлений w, оказываемых дорогой, является результатом борьбы двух сил—мускульной силы животного и силы сопротивления пути

$$v = f(S, w).$$

Наименование дороги	Удельное сопротивление в *кг* на тонну веса
Дорога песчаная	150
Дорога земляная не наезженная	100
Дорога земляная наезженная	50
Мостовая булыжная.	40
Мостовая деревянная	15
Мостовая асфальтовая.	8
Дорога санная из снега .	30
Дорога ледяная .	10
Железная.	2

Результатом указанной борьбы определяется характер движения: равномерное, ускоренное или замедленное движение; улучшая качество дороги и этим самым снимая часть сопротивлений; мы увеличиваем скорость движения. Таким образом, желание удешевить передвижение груза с одной стороны и увеличить скорость движения с другой вызвало к жизни постройку пути Бомона.

Недостатком пути Бомона была дороговизна его ремонта: по мере износа верхней поверхности брусьев приходилось выкидывать брусья и заменять их новыми. Для удешевления и упрощения ремонта поверх брусьев стали прибивать доску, которую приходилось сменять при износе, не сменяя самого бруса.

Доски тоже весьма быстро изнашивались, и поэтому вместо них стали прибивать поверх брусьев железные полосы *с* (черт. 2).



Черт. 2.

Недостатком такого устройства было то, что полосы на концах своих там, где одна полоса кончалась, а другая начиналась, т. е. в стыках, отрывались, и концы их поднимались кверху, напоминая своим видом змеиные головы, почему и пути эти получили название змеиных голов. Дальнейшим усовершенствованием указанного пути была замена деревянных брусьев металлическими угольниками (черт. 3), между которыми насыпали гравий. Угольники служили не только для поддержания колес, но и для направления их (черт. 3). Это — впервые осуществленная на практике идея направляющих для колес повозок.



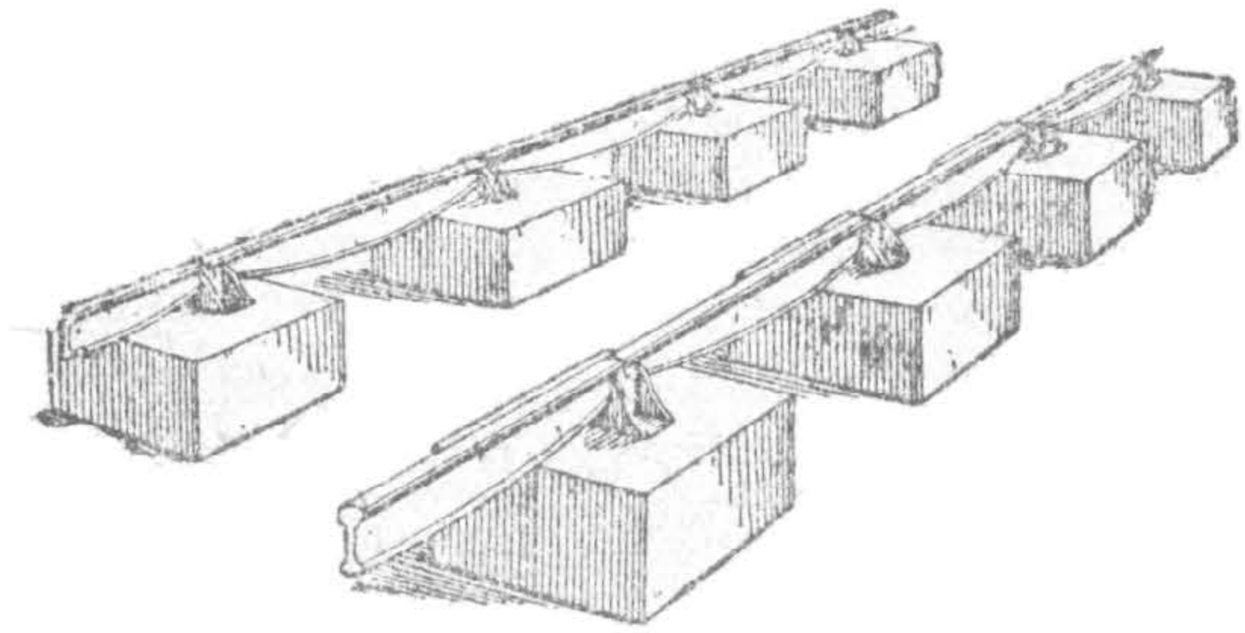
Черт. 3.

НТБ ДНУЖТ

Ширина колеи, равная расстоянию между ободьями колес повозок того времени, равнялась пяти футам (около 1,5 *м*).

Недостаток этого пути заключался в том, что на угольниках часто попадались камни, которые давали толчки и нарушали плавный ход повозок.

Этого недостатка был лишен путь, представляющий следующую стадию в деле развития и усовершенствования верхнего строения (черт. 4), именно — путь Эзопа (Iesopp), уложенный изображенными на чертеже 4 чугунными рельсами.



Черт. 4.

Рельсы были длиной три фута, и укреплялись они по концам в чугунных подушках, уложенных на штучных камнях.

Здесь реборда, направляющая движение экипажа, была перенесена от рельса к колесу. Ширина колеи сохранилась прежняя, т. е. равная пяти футам, причем величина эта измерялась между наружными гранями рельсов.

Такой путь был уложен в Англии в 1789 г. По этому типу много дорог построено в XIX столетии неким Утрамом (Outram). Эти дороги были известны под названием Outramway (слово way по-английски значит дорога) или сокращенно tramway, откуда, как полагают некоторые исследователи, произошло слово „трамвай".

Наконец, в 1820 г. чугунные рельсы были заменены железными рельсами.

Путь достиг такого совершенства, что по своим достоинствам сильно опередил лошадиную тягу и все старания были направлены на изобретение способов передвижения помощью механической силы, именно — паровой силы тяги.

Для еще большего улучшения движения грузовых масс стало необходимым помимо воздействия на один из факторов, именно на величину сопротивлений пути *w* помимо снятия известного количества недостатков этого фактора, помочь другому фактору—тяговой силе *S* в его постоянной борьбе с первым фактором и заменить силу тяги животную силой механической.

К этому времени Уаттом была изобретена паровая машина. Нужно было изобрести самодвижущуюся паровую машину — паровоз, и таковой был изобретен в 1825 г. Стефенсоном (Stephenson).

Собственно говоря, первый паровоз был построен в 1803 г. англичанином Тревитчиком (Trevithick; черт. 5). Но этот паровоз и изобретенные вслед за ним отличались столь крупными недостатками, что распространения не получили.

Необходимо указать, что некоторые изобретатели недостаточно оценивали силу сцепления между колесами и рельсами и полагали, что для передвижения паровоза необходимо применение каких-то

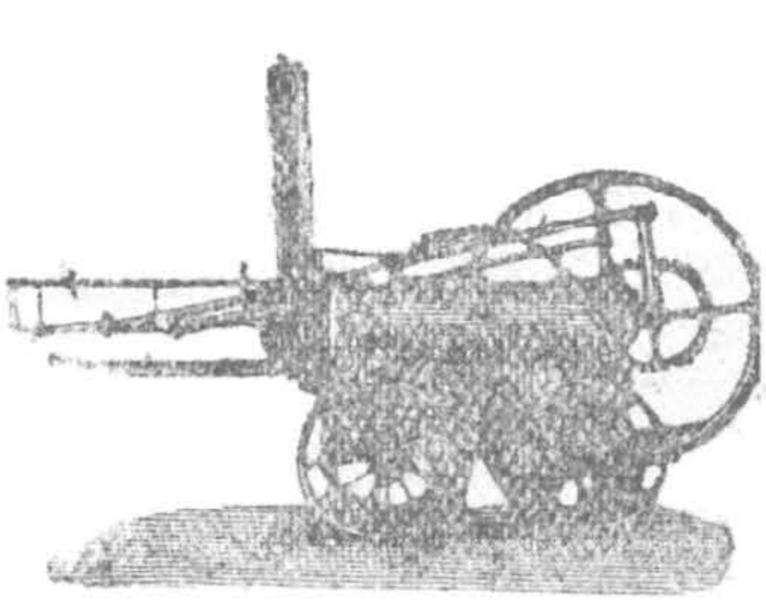
РТБ ДНУЖТ

особых обустроиств, в роде ног-штанг, примененных Брентоном (Brunton) в его паровозе, сконструированном в 1813 г. (черт. 6), или зубчатых колес.

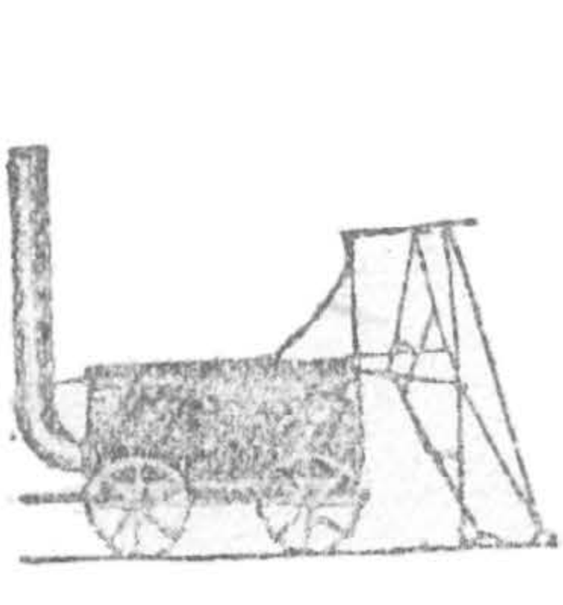
Первым, установившим, что сила сцепления между колесами и рельсами достаточна для передвижения паровоза, был Блэкет (Blackett). Это было в 1813 г.

Лишь в 1825 г. появился более усовершенствованный паровоз „Локомошен" (Locomotion) Георга Стефенсона.

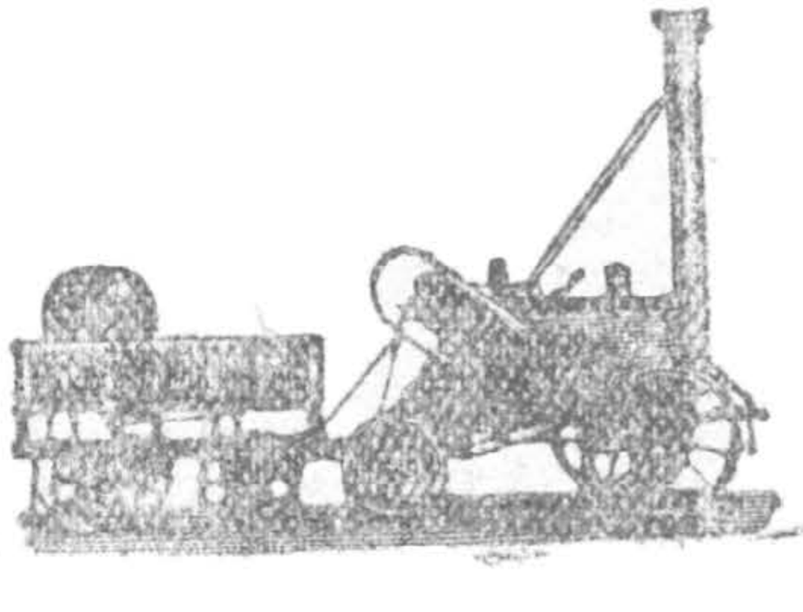
27 сентября 1825 г. состоялось открытие железной дороги Стоктон—Дарлингтон, и в день открытия движения по этой дороге



Черт. 5.



Черт. 6.



Черт. 7.

паровоз Стефенсона „Локомошен" провез со скоростью 19 *км/час* поезд, состоящий из 34 вагонов с 450 пассажирами и 90 тоннами груза.

Для Ливерпуль-Манчестерской дороги Стефенсоном был сконструирован еще более усовершенствованный паровоз „Ракета" (Rocket), оказавшийся лучшим на объявленном конкурсе в 1829 г. Паровоз этот развивал скорость 56 *км/час* с грузом в 12 тонн (черт. 7).

В паровозах Стефенсона применен трубчатый котел; достигнуто упрощение передачи силы пара помощью шатуна и кривошипа и другие усовершенствования.

В виду блестящих результатов, достигнутых Стефенсоном, изобретение паровоза обычно соединяется с его именем, хотя, как мы видели выше, и до построенных им паровозов были уже изобретены и другие.

Стефенсоновский паровоз весил $4^1/_2$ тонны. Вес современных паровозов доходит до 400 тонн.

Наиболее мощные американские паровозы на железной дороге Эри весят в рабочем состоянии 387 тонн. Давление на ось этих паровозов 30,5 *т*. Давление на ось паровоза Rocket равнялось 2,25 *т*.

Изобретение паровоза совершило колоссальный переворот в железнодорожном деле. Стефенсон получил концессию на постройку железной дороги. Дорога была построена и успех предприятия превзошел самые смелые ожидания, между тем как перед постройкой против Стефенсона была открыта жестокая кампания лордами, владельцами каналов, по которым провозился уголь. Противники проведения железных дорог говорили, что от искр паровоза загорятся ближайшие селенья, от дыма и шума погибнут птицы, коровы перестанут давать молоко и пр.

Блестящий успех первого паровоза дал могучий толчок развитию железнодорожного дела.

НТБ ДНУЖТ

Первыми железными дорогами в мире, открытыми для общего пользования, были дороги Стоктон — Дарлингтон, открытая в 1825 г., и Ливерпуль-Манчестерская, открытая в 1830 г.

Вслед за первой, одна за другой, стали строиться железные дороги по всему земному шару.

В нижеследующей таблице приведены данные о времени постройки первых паровозных железных дорог в различных странах и протяжения их.

Из приведенной таблицы усматривается, что в России постройка железных дорог началась сравнительно очень рано, почти одновременно с Германией, и раньше, чем в Австрии.

Первой дорогой, построенной в России, была Царскосельская,

Год открытия дороги	Страна	Наименование железной дороги	Протяжение дороги в *км*
1825	Англия . .	Стоктон — Дарлингтон	21
1830	Америка. .	Чарльстоун — Аугуста	64
1833	Франция	С. Этьен — Лион .	58
1835	Германия .	Нюрнберг — Фюрт .	7
1835	Бельгия . .	Брюссель — Мехельн . .	20
1837	Россия .	С.-Петербург — Павловск .	23
1838	Австрия .	Флоридсдорф — Ваграм.	19
1839	Голландия . .	Амстердам — Гаарлем.	17
1839	Италия . .	Неаполь — Портици	8
1844	Швейцария	Базель — С.-Луи .	4
1846	Венгрия . .	Пешт — Вайтуен	62
1848	Испания. .	Барселона — Матаро	28

построенная профессором венского политехнического института Герстнером (Gerstner).

В 1835 г. Герстнер предложил Николаю I построить на концессионных началах железнодорожную линию Петербург — Москва-Нижний-Новгород — Казань. Проект Герстнера осуществления не получил вследствие резких возражений со стороны ярых противников железнодорожного строительства — главноуправляющего путями сообщения Толя, министра финансов Канкрина и со стороны особого комитета, рассматривавшего проект.

Тогда Герстнер предложил построить в виде опыта линию протяжением всего в 23 *км* — от Петербурга до Павловска.

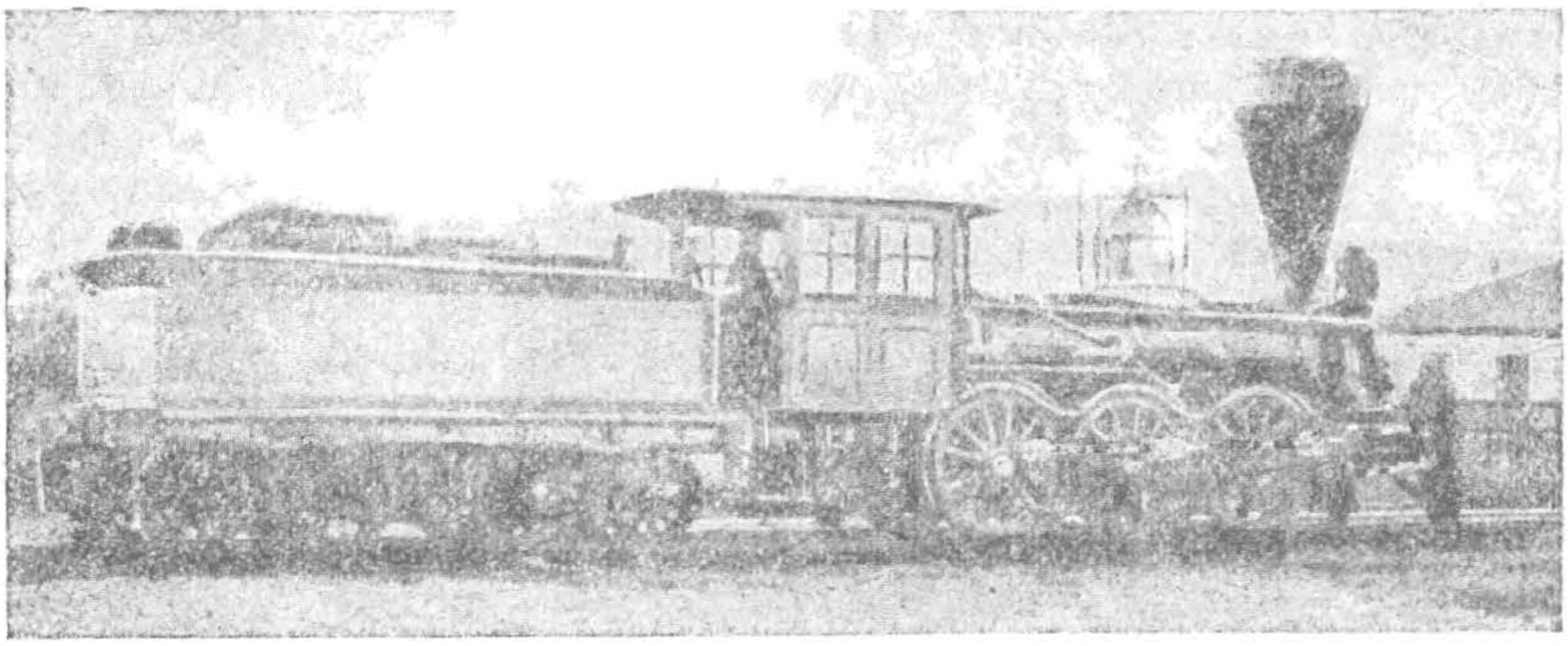
Эта линия была построена в 1837 г., и 30 октября по ней прошел первый поезд в составе 8 вагонов. Весь путь в 23 *км* был пройден в 35 минут. Ширина колеи была 6 футов (1 830 *мм*). Вслед за этим у нас была построена в 1848 г. Варшаво-Венская железная дорога протяжением 288 верст. Ширина колеи была 1435 *мм*.

В третью очередь у нас была построена Николаевская, теперь Октябрьская, железная дорога. Дорога эта, соединяющая две столицы, была построена в два пути, ширина колеи была принята в 5 фут. — 1524 *мм*.

Шириной колеи называется расстояние между внутренними гранями головок рельсов. В связи с конструкцией экипажей рельсы первых английских железных дорог были уложены так, что расстояние, измеренное между наружными гранями головок, равнялось

РГБ ДНУЖТ

5 футам или 1524 *мм*, расстояние же между внутренними гранями равнялось около 1435 *мм* (1524 за вычетом двух головок). Таким образом получилась ширина колеи заграничных дорог. У нас же



Черт. 8. Один из первых паровозов Петербургско-Московской жел. дор

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА

величин обслуженности железными дорогами территории и населения различных стран света и некоторых государств Европы Америки и Азии

Наименование стран света и государств	Протяжение жел. дорог, выраженное в *км* и приходящееся:		Величины обслуженности одним километром железных дорог:	
	на 100 $км^2$ территор. $\frac{l}{\omega}$ 100 *км*	на каждых 10 000 жит. из числа n всего населения $\frac{l}{n}$ 10 000 *км*	территории $\frac{\omega}{l}$ $км^2$	населения $\frac{n}{l}$ человек
Европа . . .	4,3	9,2	23,5	1 086
Азия .	0,3	1,2	324	8 333
Африка. .	0,3	5,8	348	1 724
Америка . .	1,5	28,5	69	351
Австралия .	0,6	35,7	168	280
Всего. .	1,0	6,7	99	1493
Англия .	16,0	18,8	6,2	1 136
Франция .	9,7	13,2	10,3	750
СССР.	1,5	8,4	66,3	1 190
Италия .	6,7	5,3	15	1 886
Бельгия	36,5	14,5	2,8	690
Испания .	3,1	7,2	32,4	1 390
Норвегия.	1,1	13,0	93,5	770
Швеция	3,4	25,6	29,1	391
САСШ . . .	4,3	38,1	23,2	262
Сибирь и Средн. Азия	0,10	0,2	1 037	5 000

НТБ ДНУЖТ

Пример:

$$h = 6\ м;\ L = 2\,000\ м;\ i = \frac{6}{2000} = 0{,}003.$$

Выражается уклон обычно десятичной дробью, как указано выше, или просто числом тысячных (в предыдущем примере 3 или $3^0/_{00}$).

Иногда под указанной цифрой пишется протяжение, на котором идет уклон, или подъем, именно — величина горизонтальной проекции участка с уклоном или подъемом, причем черта, разделяющая число тысячных уклона от протяжения этого уклона, направляется с наклоном вниз, если идет уклон, а именно — для данного примера мы имеем 3/2 000 или при подъеме: 3/2 000.

В плане железнодорожная линия представляет собой чередование прямых линий с закруглениями, сопрягающими углы поворота линии. Эти закругления, называемые кривыми, могут быть описаны радиусами различной величины, которая, однако, не может быть меньше определенной величины, так как при очень малом радиусе или, другими словами, при очень крутой кривой, железнодорожные экипажи — паровозы, вагоны, обладающие некоторыми конструктивными особенностями, как-то: параллелизм осей, о чем речь будет ниже, не могут беспрепятственно проходить по таким кривым. При вписывании длинного вагона с большим расстоянием между осями такие вагоны могут произвести выпирание рельсов чрезмерно крутой кривой или сойти с рельсов.

Предел крутизны кривых, т. е. минимум величины радиуса, зависит от типа подвижного состава, от ширины рельсовой колеи и от некоторых специальных приспособлений, облегчающих проход подвижного состава.

При этих последних (приспособление инж. Богоявленского) минимум R можно считать равным 60 *м*. Без указанных приспособлений крайним пределом для наших дорог можно считать $R = 120$ *м*.

Итак, в плане железнодорожная линия представляет чередование прямых и кривых, а в вертикальной плоскости — чередование горизонтальных площадок с уклонами и подъемами.

Указанное чередование как площадок и уклонов (продольный, вертикальный разрез железнодорожной линии), так и прямых и кривых, изображается на чертеже, который называется **продольным профилем**. Такой чертеж делается в масштабе $\frac{1}{10\,000}$ для горизонтальных расстояний и $-\frac{1}{1\,000}$ для вертикальных.

Из прилагаемого ниже (см. задание VII) примера продольного профиля ясно усматриваются порядок расположения и принятый способ составления таких профилей.

После изложения приведенных выше общих понятий об уклонах и кривых железной дороги перейдем к классификации железных дорог с технической точки зрения.

С **технической** точки зрения железные дороги могут быть классифицированы: 1) на **однопутные**, **двухпутные**, **трехпутные** и т. д. и на **многопутные**, 2) на **левопутные** и на **правопутные**. На двухпутных дорогах один из путей пред-

РГБ ДНУЖТ

Таково было начало нашего железнодорожного строительства. Вслед за первыми дорогами одна за другой стали у нас строиться другие, и к настоящему времени протяжение наших дорог равняется приблизительно около 80 000 *км*.

В настоящее время протяжение рельсовой колеи на земном шаре более одного миллиона километров, т. е. более, чем в три раза превосходит расстояние между землей и луной.

Протяжения ширококолейных и узкоколейных дорог, а также величины обслуженности железными дорогами территории и населения в различных странах света и в различных государствах усматриваются из приведенных выше таблиц.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какими причинами были вызваны постепенные усовершенствования в конструкции путей сообщения?
2. Каким образом установилась ширина колеи в 1 524 *мм* (5′)?
3. Какие железные дороги можно считать первыми в мире и когда они были открыты для общего пользования?
4. Почему имя Стефенсона связывается с изобретением паровоза?
5. Когда была открыта первая железная дорога у нас и какая это дорога?

§ 3. Классификация железных дорог

Классифицировать железные дороги можно с различных точек зрения.

С точки зрения юридической железные дороги можно разделить: 1) на железные дороги общего пользования (дороги, служащие средством сообщения для всех желающих) и на железные дороги не общего пользования (например, железнодорожная ветка к заводу, который не обязан выполнять требования по перевозкам всех частных лиц); 2) на дороги общего значения (например, магистральная линия, соединяющая два крупных центра) и на дороги местного значения (например, подъездные пути).

Классификация железных дорог с технической точки зрения.

Переходя к классификации с технической точки зрения, нужно напомнить, что железными дорогами мы называем такие дороги, которые уложены рельсами, служащими для направления колес железнодорожных экипажей, и такие дороги, по которым передвижение экипажей совершается помощью силы механической (например, пара), причем поступательное движение колеса паровоза по рельсу обычно происходит в силу наличия сил трения между этим колесом и рельсом. Вследствие того, что указанные силы трения по величине своей ограничены, паровоз может тащить поезд лишь определенного состава, определенного предельного веса; естественно, что когда путь идет в гору, или, как говорят, на подъем, паровоз может тащить меньшее количество вагонов, чем по горизонтальному пути, и подъем этот не может быть чрезмерно большим; величина этого подъема или так называемый уклон пути i измеряется отношением высоты, на которую поднимается путь, к длине пути, отношением вертикальной проекции данного участка пути h к горизонтальной проекции L того же участка, т. е. тангенсом угла наклона пути к горизонту.

БИБЛИОТЕКА
НТБ ДНУЖТ

Пример:

$$h = 6\ м;\ L = 2\,000\ м;\ i = \frac{6}{2000} = 0{,}003.$$

Выражается уклон обычно десятичной дробью, как указано выше, или просто числом тысячных (в предыдущем примере 3 или $3^0/_{00}$).

Иногда под указанной цифрой пишется протяжение, на котором идет уклон, или подъем, именно — величина горизонтальной проекции участка с уклоном или подъемом, причем черта, разделяющая число тысячных уклона от протяжения этого уклона, направляется с наклоном вниз, если идет уклон, а именно — для данного примера мы имеем 3/2 000 или при подъеме: 3/2 000.

В плане железнодорожная линия представляет собой чередование прямых линий с закруглениями, сопрягающими углы поворота линии. Эти закругления, называемые кривыми, могут быть описаны радиусами различной величины, которая, однако, не может быть меньше определенной величины, так как при очень малом радиусе или, другими словами, при очень крутой кривой, железнодорожные экипажи — паровозы, вагоны, обладающие некоторыми конструктивными особенностями, как-то: параллелизм осей, о чем речь будет ниже, не могут беспрепятственно проходить по таким кривым. При вписывании длинного вагона с большим расстоянием между осями такие вагоны могут произвести выпирание рельсов чрезмерно крутой кривой или сойти с рельсов.

Предел крутизны кривых, т. е. минимум величины радиуса, зависит от типа подвижного состава, от ширины рельсовой колеи и от некоторых специальных приспособлений, облегчающих проход подвижного состава.

При этих последних (приспособление инж. Богоявленского) минимум R можно считать равным 60 *м*. Без указанных приспособлений крайним пределом для наших дорог можно считать $R = 120$ *м*.

Итак, в плане железнодорожная линия представляет чередование прямых и кривых, а в вертикальной плоскости — чередование горизонтальных площадок с уклонами и подъемами.

Указанное чередование как площадок и уклонов (продольный, вертикальный разрез железнодорожной линии), так и прямых и кривых, изображается на чертеже, который называется **продольным профилем**. Такой чертеж делается в масштабе $\frac{1}{10\,000}$ для горизонтальных расстояний и $-\frac{1}{1\,000}$ для вертикальных.

Из прилагаемого ниже (см. задание VII) примера продольного профиля ясно усматриваются порядок расположения и принятый способ составления таких профилей.

После изложения приведенных выше общих понятий об уклонах и кривых железной дороги перейдем к классификации железных дорог с технической точки зрения.

С **технической** точки зрения железные дороги могут быть классифицированы: 1) на **однопутные**, **двухпутные**, **трехпутные** и т. д. и на **многопутные**, 2) на **левопутные** и на **правопутные**. На двухпутных дорогах один из путей пред-

РГБ ДНУЖТ

назначается для движения поездов одного направления, а другой путь — для поездов другого направления; если движение на дороге происходит по правому, смотря по направлению движения, пути, то такая дорога называется правопутной: если по левому пути, то — левопутной. На дорогах Англии и Франции движение левопутное. В Германии — правопутное. У нас на Казанской железной дороге — левопутное, на остальных — правопутное; 3) на широколинейные, с расстояниями между внутренними гранями головок рельсов, равными на наших железных дорогах $s = 1\,524$ *мм*, а на заграничных — 1 435 *мм*, и на узкоколейные; расстояние между внутренними гранями головок рельсов бывает весьма различно в зависимости от местных условий, а именно 1 *м*, 750 *мм*, 600 *мм* и др.; 4) на железные дороги надземные, подземные (метрополитены) и подвесные (однорельсовые); 5) на железные дороги равнинные (с наибольшим уклоном $i = 0{,}005$ и наименьшим радиусом $R = 1\,000$ *м*); на железные дороги холмистой местности (с уклоном не более 0,010 и радиусами обычно не менее 500 — 600 *м*) и на горные железные дороги (величины R и i колеблются в значительных пределах); так, угол наклона пути к горизонту железной дороги на гору Pilatus (в Швейцарии) превышает 45°; 6) на железные дороги паровые, электрические и дороги с двигателями внутреннего сгорания (тепловозы); 7) на дороги с движением помощью сил трения между колесами и рельсами; зубчатые дороги (например, упомянутая выше горная дорога в Швейцарии на гору Pilatus); канатные дороги; 8) согласно постановлению июньского пленума ЦК ВКП(б) железнодорожные линии разделяются на три типа, которые усматриваются из нижеследующей выписки из постановления Коллегии НКПС № 2 от 3 февраля 31 г. о реконструкции жел.-дорожного транспорта:

„Одобрить принцип разделения пути на три типа:

а) первый тип—линии с большой работой и с перспективами прироста выше средне-сетевых с полной реконструкцией пути соответственно пропуску мощных двигателей, б) второй тип—линии с объемом работы и с перспективами прироста ровны средне-сетевым, с проводимой частично реконструкцией для пропуска паровоза Э и с нагрузкой на ось 20 тонн, в) третий тип—линии с работой и с перспективами прироста ниже средне-сетевых, при упрощенной конструкции, для пропуска паровозов слабых серий",

Новостроящиеся дороги относятся к тому или другому типу в соответствии с объемом их грузооборота.

Техническое состояние пути указанных типов должно отвечать следующей нагрузке:

а) I тип—паровоз в 23 тонны, б) II тип—паровоз $Э^У$ и частично 20 тонн, в) III тип—паровоз Щ, С и др.

Техническая характеристика элементов пути, отвечающих указанным выше нагрузкам, должна быть такова: а) на линии типа I балласт — гравий или щебень, шпалы числом 1 800 на 1 *км*, рельсы типа IIа весом 38,46 *кг* или типа $II^У$, представляющего собой улушение профиля IIа, усиленные скрепления; б) на линии типа II балласт—гравий или хороший песок, шпалы брусковые и пластинные, количестом 1 500 на *км*, рельсы типа IIIа с модернизированными скреплениями; в) на линии III технические условия и конструкции должны быть максимально облегчены и материал использован исключительно старогодний, в соответствии с чем, в качестве балласта допускается всякий материал, улучшающий работу земляного

РГБ ДНИЖТ

полотна. Шпалы облегченного типа брусковые и пластинные числом 1 400, рельсы старогодние типа IVа и легче.

9) В зависимости от цели и назначения железные дороги можно разделить на: а) пионерные, которые у нас строятся в целях включения отдаленных районов в соцстроительство, а у империалистов строятся в колониях с целью эксплоатации населения; б) стратегические, имеющие назначение обслуживать воинские перевозки в целях обороны страны; в) промышленные, имеющие назначение служить задачам промышленности.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. С каких точек зрения можно классифицировать железные дороги?
2. Как можно классифицировать железные дороги с технической точки зрения?
3. Как разделяются железные дороги в зависимости от ширины колеи и чему равна ширина нормальной колеи на дорогах СССР и за границей?
4. Какие типы путей устанавливаются у нас по плану реконструкции?

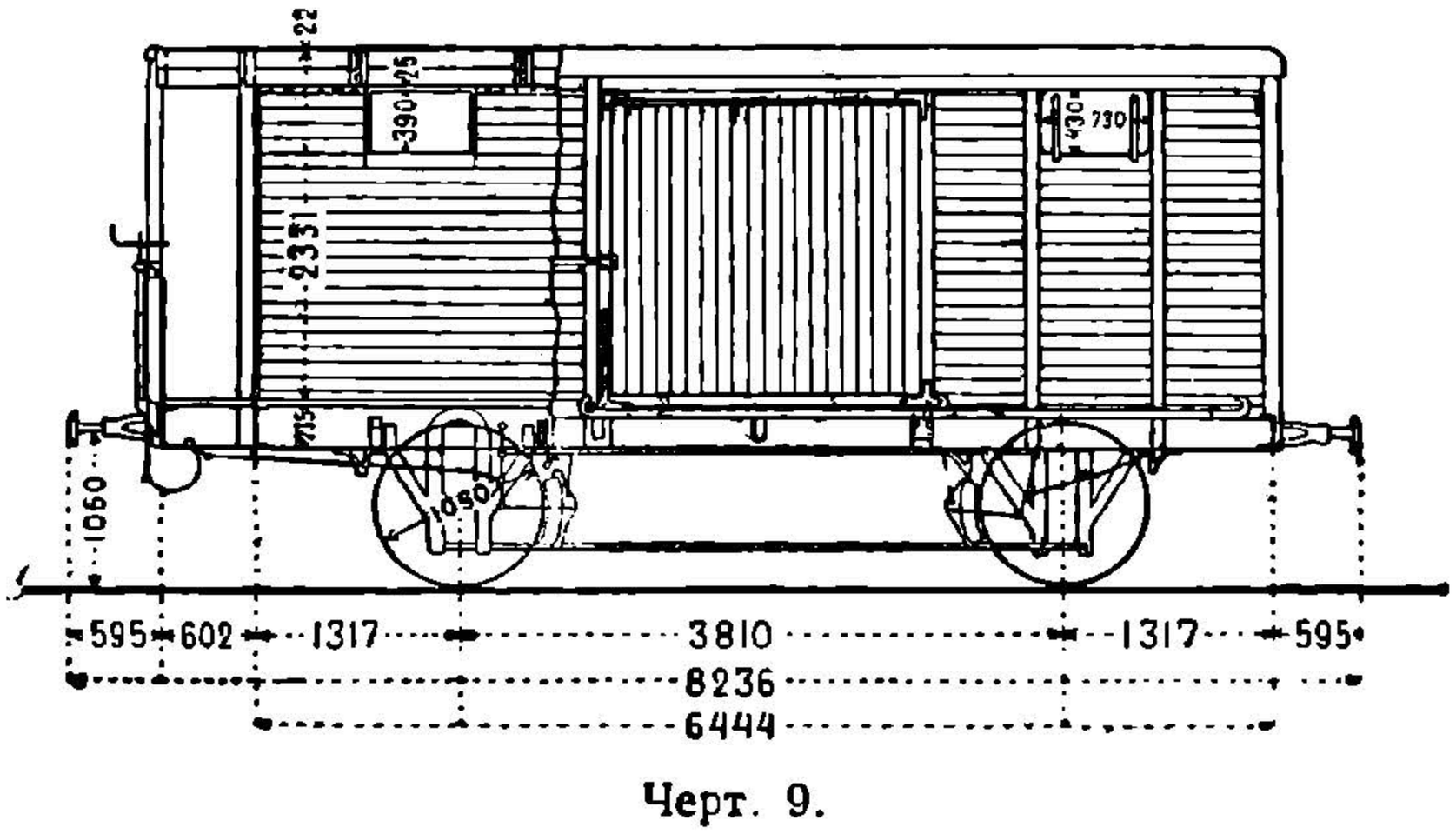
§ 4. Общие сведения о подвижном составе. Конструктивные особенности ходовых частей подвижного состава

Подвижным составом называются двигающиеся по рельсовым путям железнодорожные экипажи — вагоны — для перевозки грузов и пассажиров и локомотивы (паровозы, тепловозы), служащие для передвижения вагонов.

Вагоны

Вагоны можно классифицировать на товарные (обыкновенные и специальные), пассажирские и на вагоны специального технического назначения.

Обыкновенные товарные вагоны бывают крытые, полувагоны (без крыши и имеющие стенки высотой, примерно, в два раза меньшей, чем у обыкновенного вагона, черт. 9) и платформы,



Черт. 9.

совсем не имеющие ни крыши, ни стенок, имеющие иногда лишь откидные борты (служат для перевозки земли, камня, леса и др.).

На черт. 9 изображен крытый тормозной товарный вагон наших жел. дор.

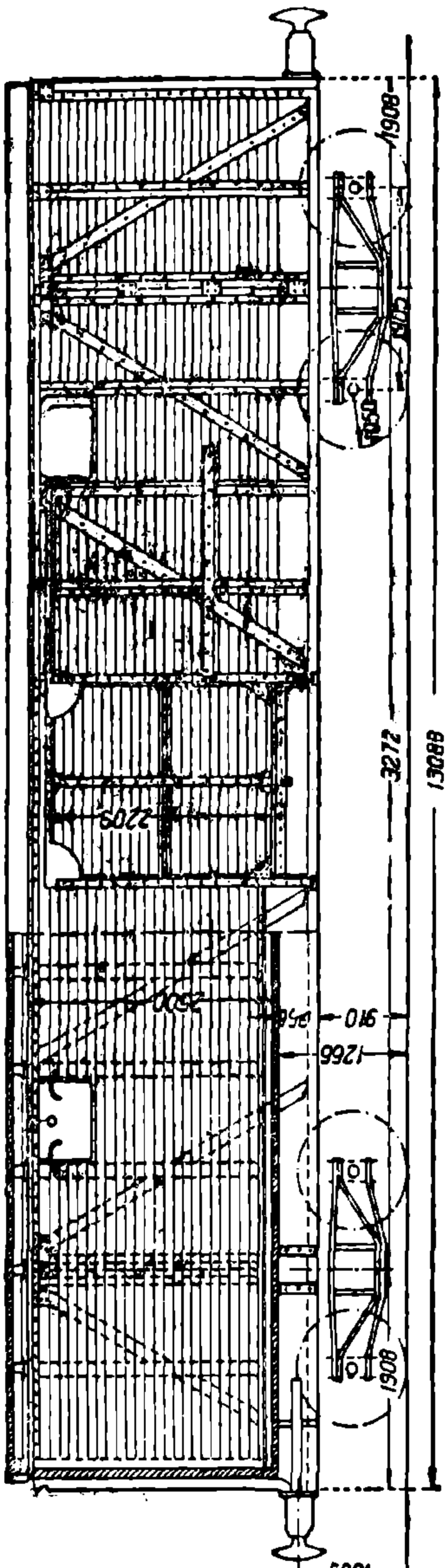
Вагон этот двухосный, с расстоянием между осями, или так называемой жесткой базой, в 3 810 *мм* и общей длиной 8,236 *м*.

Подъемная сила вагона 16,5 *т* (1 000 пудов), тара (вес порожнего вагона) 8 *т*.

НТБ ДНУЖТ

В настоящее время заводами СССР выпускаются двухосные вагоны подъемной силы 20 *т* и четырехосные—подъемной силы 50 *т* (черт. 10 и 11).

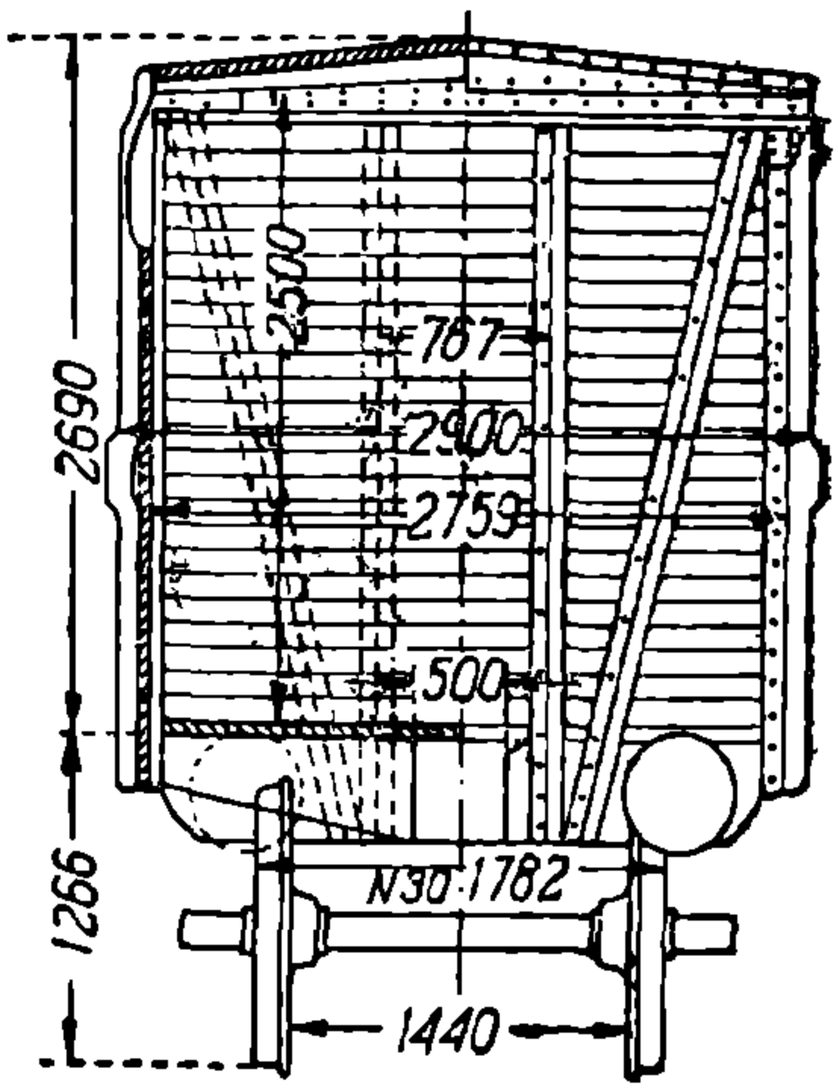
За границей, именно в Европе, обычно применяются товарные вагоны также двухосные, подъемной силой до 20 *т* (1 200 пудов) и с тарой до 10,5 *т*.



Черт. 10.

В Америке обычно применяются четырехосные вагоны на тележках, подъемной силы до 80 *т* и даже более.

В Европе четырехосные вагоны применяются с подъемной силой до 50 *т* при таре до 22,5 *т*. В последнее время в Америке обращаются шестиосные вагоны подъемной силы 109 *т* и тарой 30 *т*. Таким образом, вес такого груженого вагона доходит до 139 *т*, или до 8 000 пудов.



Черт. 11.

К специальным товарным вагонам относятся: цистерны для перевозки нефти, спирта и др.; вагоны-ледники для перевозки скоропортящихся грузов, как-то: мяса, масла и т. п.; вагоны для перевозки взрывчатых веществ, обитые внутри войлоком; вагоны для перевоэки сыпучих грузов; вагоны для скота и вагоны-теплушки.

Пассажирские вагоны бывают двухосные, трехосные, четырехосные и шестиосные. В настоящее время пассажирские вагоны обычно устраиваются на двух двухосных тележках, расположенных по концам вагона. Иногда тележки устраиваются и трехосные.

НТБ ДНУЖТ

ТАБЛИЦА

главных размеров наиболее распространенных наших вагонов

(последние типы)

Наименование вагона	Год постройки первых вагонов данного типа	Длина				Ширина кузова вагона по наружному обмеру	Высота кузова посредине вагона (по наружн. обмеру без выс. рамы.)	Тара вагона		Подъемная сила вагона	
		Базы		Вагона							
		жесткая	между центрами вращения тележек	полная (между буферами)	кузова						
		метры						тонны	пуды	тонны	пуды
I. Пассажирские											
а) Двухосн. III кл. . .	1914	8,50	—	15,19	14,00	3,14	2,95	20,2	1290	—	—
б) Двухосн. IV кл. . .	1913	7,92	—	14,83	13,64	3,20	3,10	—	—	—	—
в) Трехосные	—	8,50	—	13,84	12,65	3,20	3,10	—	—	—	—
г) Четырехосн. 18-метровые . .	1912	2,03	12,50	19,21	19,02	3,14	2,975	от 36 до 37,5	от 2200 до 2300	—	—
д) Четырехосн. 20-метровые	1913	2,40	13,77	21,19	20,00	3,14	3,16	39,4	2400	—	—
II. Грузовые											
1) Крытые, нормальные, двухосные.											
а) нетормозные	1916	3,81	—	7,634	6,444	3,09[1])	2,41	7	от 425 до 440	16,5	1000
б) тормозные	1916	3,81	—	8,236	7,046	3,09	2,41	8	от 485 до 500	16,5	1000
Выпускаемые сейчас заводами СССР двухосные	—	3900	—	—	6600	2750	2500	9	—	20	—
четырехосные	—	1,905	9,272		13,000	2,750	2,500	21,6		50	—
2) Платформы нормальн. двухосные.											
а) 30-футовая, нетор. .	—	5,50	—	10,394	9,024	2,84	—	6,5	от 390 до 415	16,3	1000
б) 30 футовая, торм. .	—	5,50	—	10,996	9,806	2,84	—	7,5	от 450 до 475	16,5	1000
в) 21-футовая, нетор. .	—	3,81	—	7,634	6,444	3,09	—	5,7	350	—	от 750
г) 21-футовая, торм. .	—	3,81	—	8,236	7,046	3,09	—	6,7	410	2—15	до 900
3) Американские четырехосные											
а) крытые	1915	1,905	9,058	13,918	12,728	3,01[1])	2,73	19,7	1200	39,5	2400
б) угольный полувагон.	1915	1,905	9,017	13,515	12,325	2,914[2])	1,32[3])	19,7	1200[4])	49	3000
в) платформа	1915	1,905	8,585	13,382	12,179	3,019	—	16,4	1000	49	3000
4) Фокс-Арбеля[5])											
а) крытый вагон . . .	1905	1,80	9,40	15,29	14,10[6])	3,10[1])	2,756	29,5	1800	37	2260
б) угольный полувагон	1905	1,80	9,40	15,29	14,10[6])	2,90[5])	1,47[3])	29,5	1800[4])	37	2260

[1]) Расстояние между наружными поверхностями вагонных дверей.
[2]) Между бортами, наибольшая же ширина понизу (между подножками) 3,121.
[3]) Высота бортов.
[4]) Железные борты.
[5]) Между бортами.
[6]) Длина кузова тормозных и нетормозных вагонов платформ Арбеля одна и та же; тормозная площадка размещается на раме тормозного вагона или платформы за счет уменьшения полезной площади вагона или платформы.

НТБ ДНУЖТ

Благодаря тележкам вагоны легко вписываются в кривые. Длинные вагоны на тележках отличаются спокойным ходом. Наш вагон подъемной силы 50 *m* устроен на тележках. Конструкция этого вагона показана на черт. 10 и 11.

Основные размеры наиболее распространенных наших вагонов приведены в таблице на стр. 22.

К вагонам специального технического назначения относятся:

вспомогательные вагоны, специально оборудованные для подачи помощи, поднятия подвижного состава и исправления пути на месте крушения поезда;

вагоны-мастерские (подвижные мастерские для производства мелкого ремонта подвижного состава и др.);

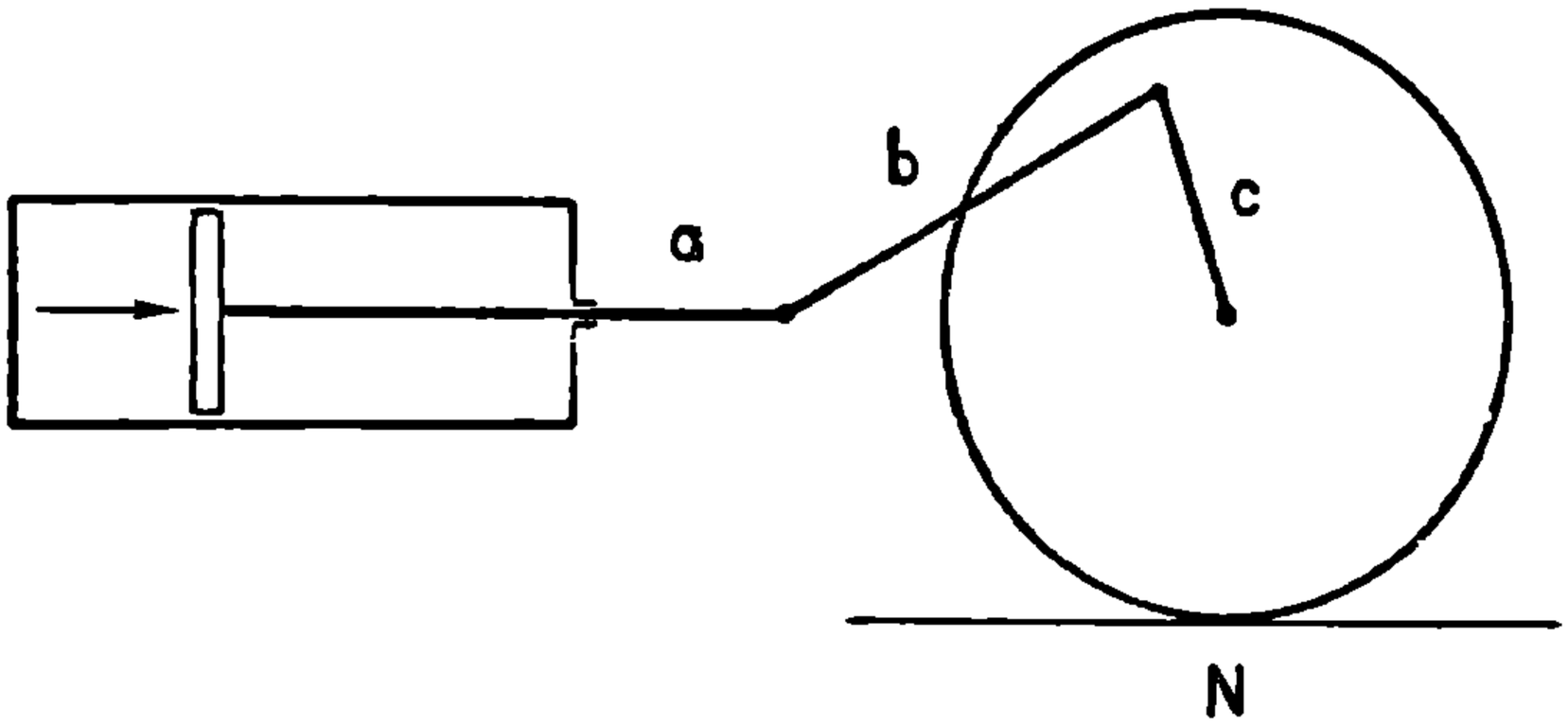
снегоочистители; балластные платформы; укладочные платфомы для подачи материалов при укладке пути.

Снегоочистители будут подробно описаны ниже в отделе ремонта пути.

Паровозы

Паровоз служит для передвижения вагонов.

Как известно, паровоз приводится в движение силою пара; эта сила рождается в паровом котле паровоза. Из котла пар поступает в паровые цилиндры. Пар давит на поршень парового цилиндра.



Черт. 12.

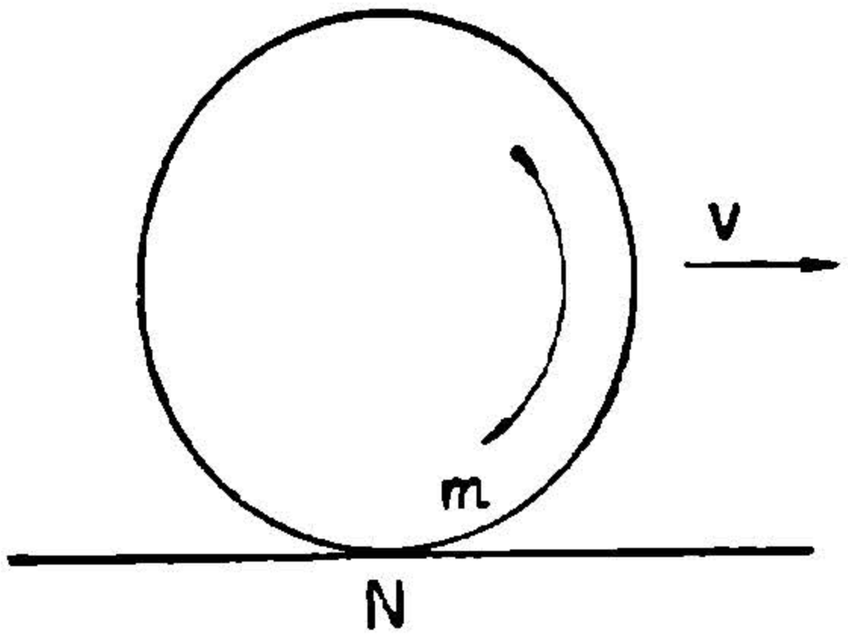
Сила давления пара на поршень передается помощью штока (черт. 12) *a*, шатуна *b* и кривошипа *c* колесу и заставляет это последнее вращаться.

Если бы поверхность головки рельса и поверхность бандажа были бы идеально гладкие, то есть между колесом и рельсом не было бы никакого трения, не было бы так называемого сцепления, то колесо вращалось бы на месте, не передвигаясь вперед. В действительности же поверхность рельса и колеса шероховатые. Между колесом и рельсом в точке соприкасания их *N* (черт. 12) существует сцепление, и сцепление это будет тем больше, чем больше нагрузка колеса и чем больше коэфициент трения между колесом и рельсом. Благодаря этому сцеплению рельс оказывает сопротивление скольжению колеса (реакция от рельса скольжению). Благодаря указанному сцеплению и реакции рельса сколь-

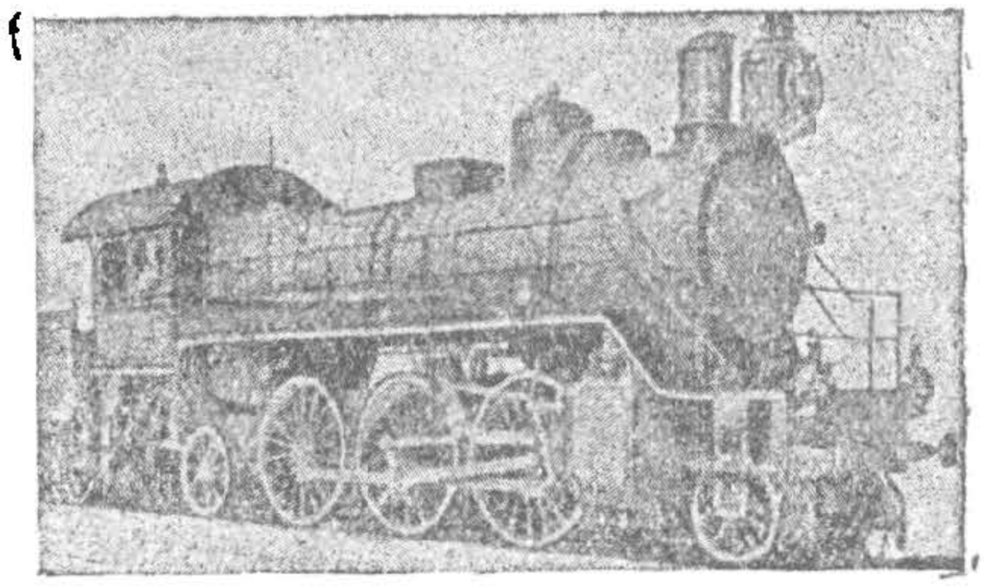
РТБ ДНУЖТ

жению (черт. 12), колесо встретит в точке N (черт. 12, 13) сопротивление скольжению по рельсу; при вращении колеса в направлении, указанном стрелкой, точка m колеса встретит в точке N силу реакции рельса скольжению, которая не позволит точке m скользить по рельсу над точкой N. Колесо, не имея возможности соскользнуть по рельсу, принуждено будет, упираясь о рельс в точке N, как бы отталкиваясь от нее, не скользить, а катиться по рельсу, передвигаясь вперед в направлении, указанном стрелкой v.

Сила, приводящая в движение паровоз, называется силой тяги.

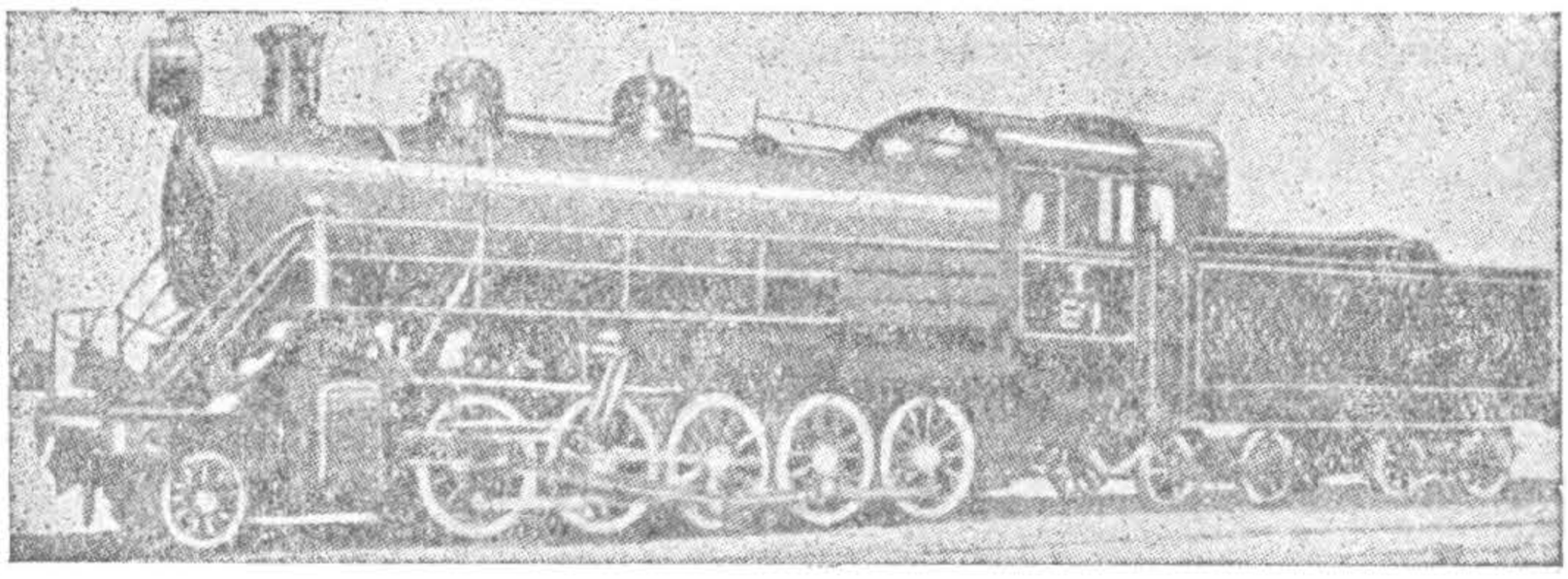


Черт. 13.



Черт. 14.

Детальное описание конструкции паровоза излагается в специальных курсах и выходит за пределы настоящего изложения. Здесь будут приведены лишь некоторые основные сведения и главнейшие размеры примененных в последнее время паровозов.



Черт. 15.

Паровозы можно классифицировать на пассажирские, товаро-пассажирские и маневровые. Обычно к паровозу прицепляется тендер, где помещаются вода и топливо.

Иногда паровозы особого тендера не имеют. Запас воды и топлива помещается в особых ящиках (танках), прикрепленных к самому паровозу, откуда такие паровозы получили название танк-паровозов. Такие паровозы нашли применение, например, в пригородном движении.

Примером нашего пассажирского паровоза может служить изображенный на черт. 14.

Паровоз 1-3-1 серии С „Прери" (черт. 14).

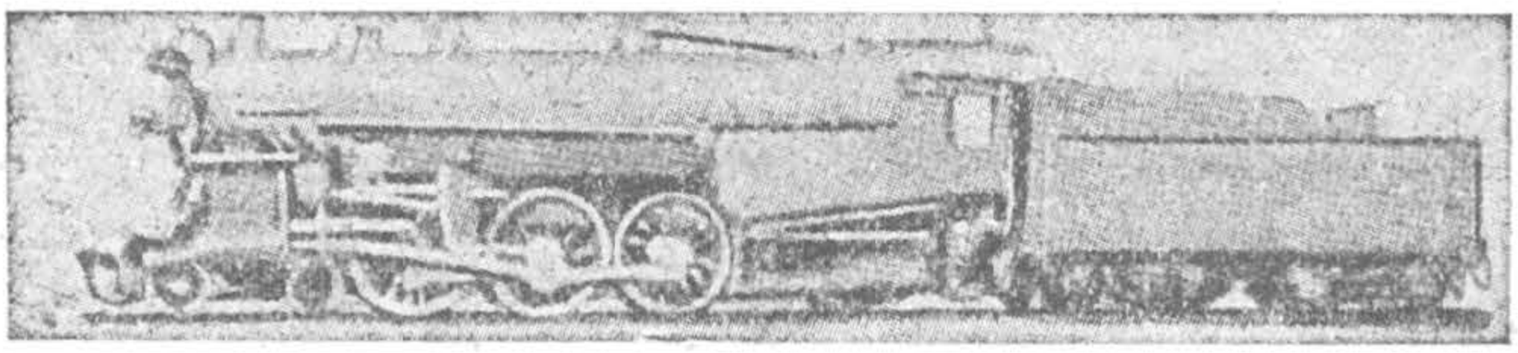
НТБ ДНУЖТ

Такой паровоз развивает скорость до 117 *км/час* и при профиле с расчетным подъемом в 0,009 может везти состав до 15 четырехосных пассажирских вагонов.

За границей скорость, развиваемая пассажирскими паровозами, доходит до 130 *км/час*. Приведенные выше цифры 1-3-1 являются условным обозначением типа паровоза: первая цифра указывает число передних поддерживающих осей, вторая — число движущих (спаренных) осей, третья — число задних поддерживающих осей.

На чертеже 15 показан наш товарный паровоз 1-5-0 серии Е „Декапод".

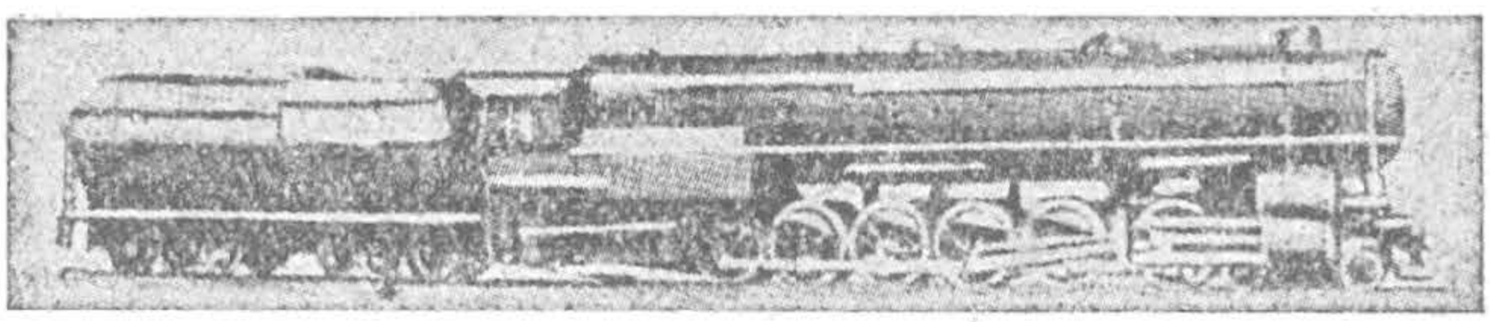
Основные данные некоторых наших и американских современных паровозов приведены в нижеследующей таблице.



Черт. 16.

Сравнивая наши паровозы с американскими, следует отметить, что там строятся паровозы с большим сцепным весом и исключительно большой силы тяги.

Увеличение силы тяги вызвало увеличение числа сцепных осей, доходящих в САСШ до 12; при этом от паровозов жесткой базой переходят к паровозам сочлененным—к системе „Маллета". Сила тяги таких паровозов в пять раз больше таковой паровоза Э; на некоторых дорогах вес состава при этих паровозах доходит до 14 000 тонн.



Черт. 17.

В качестве примера современных американских паровозов приведем: 1) изображенный на черт. 16 и эксплоатируемый на дороге Юнион-Пасифик с шестью спаренными осями типа 2-6-1 и с тремя цилиндрами. Этот паровоз обслуживает поезда весом 4 000 *т* при 9-тысячном подъеме. Скорость движения этих паровозов с таким поездом на площадке достигает 80 *км/час*. Давление на ось 26,46 *т*; 2) изображенный на черт. 17 пассажирский паровоз типа „Пасифик" 2-3-1, развивающий скорость 120 *км/час*; 3) на черт. 18 показан один из самых мощных в мире паровозов, именно—американский гру-

РТБ ДНУЖТ

ТАБЛИЦА

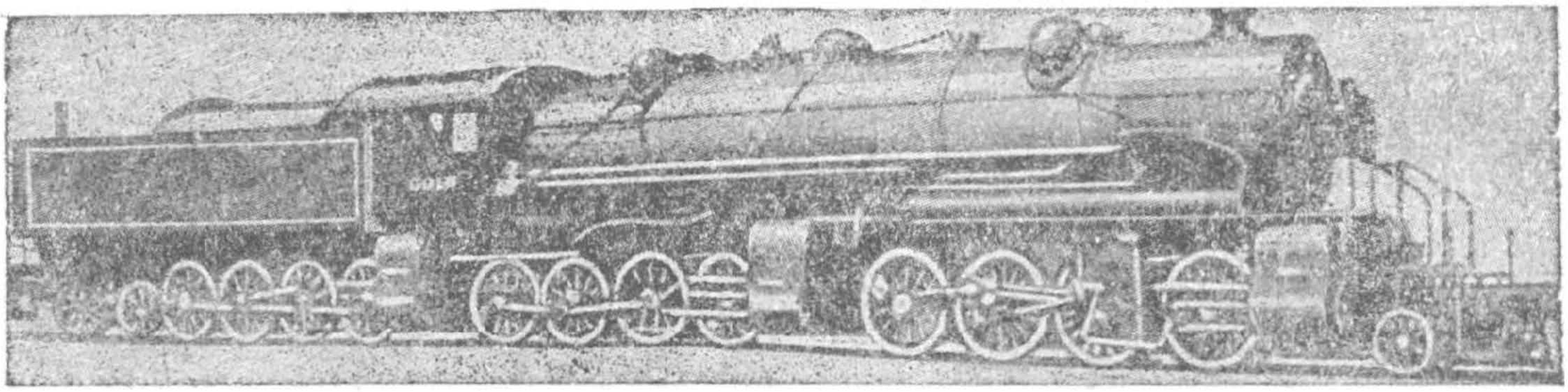
данных о современных наших паровозах

Тип паровоза	Серия	b — длина жесткой базы	D — диаметр движущих колес	Запас воды в тендере	p — давление пара в котле	Диаметр цилиндров: высокого давления	Диаметр цилиндров: низкого давления	l — ход поршня	M — модуль силы тяги	Поверхность нагрева: испаряющая	Поверхность нагрева: перегревателя	В паровоза: полный в раб. состоянии	В паровоза: сцепной	В паровоза: расчетный паровоза с тендером	$F_к$ — максимальная сила тяги по ободе (касательная)	v — предельная конструкционная скорость		Примечание
		миллиметр.		$м^3$ или $т$	атм.	миллиметров			тонн	$м^2$		т о н н		с % зап. воды и топл.	тонн	км/час	вер./час	
П а с с а ж и р с к и е п а р о в о з ы																		
2-3-1	Л	3960[1])	1830	28	12	460		650	17,90	284,9	85,5	96,7	51,9	150	9,40	123	115	[1]) Паровоз спроектирован для врохождения кривых радиусом до 160 м, в крайних случаях может проходить и по кривым радиуса 130 м.
1-3-1	С	—[2])	1830	23	13	550		700	15,04	207,2	51,5	75,8	47,2	120	8,60	112	105	[2]) Первая спаренная ось имеет поперечные перемещения, а колеса третьей спаренной оси без реборд.
2-3-0	КУ	2150[3])	1900	17,6	13	575		650	14,70	180,8	47,4	73,2	47,7	110	8,65	112	105	[3]) Колеса первой спаренной оси без реборд.
2-3-0	Б	4200[4])	1830	16	13	550		700	15,05	164,4	41,0	74,4	46,8	110	8,50	106	100	[4]) Колеса второй спаренной (ведущей) оси без реборд.
1-3-0	НУ	4440[4])	1900	23,5	13	500	750	650	12,45	156,8	—	61,6	49,7	105	8,00	106	100	[5]) Колеса третьей спаренной (ведущей) оси без реборд, а вторая и пятая оси имеют поперечные перемещения.
1-3-0	НВ	4440[5])	1900	22	12	500	730	650	10,94	152,4	—	59,2	45,2	102	7,50	106	100	[6]) Колесо второй и третьей спаренной оси без реборд.
2-4-0	М	—	1720	28	13	3 × 540	—	700	22,50	261,1	83,6	99,5	72,5	155	—	100	—	[7]) Колеса третьей спаренной (ведущей) оси без реборд.
2-3-0	У	—	1730	23	14	2 × 370	2 × 580	650	17,20	182,4	—	71,2	44,7	115	—	105	—	
Г р у з о в ы е п а р о в о з ы																		
1-5-0	Е	5668[6])	1320	27	12,7	635		711	26,80	240,2	61,3	88,0	77,6	135	15,90	53	50	
0-5-0	Э	4320[5])	1320	23	12	630		700	21,80	194,4	52,0	80,2	80,2	127	15,20	53	50	
1-4-0	Ш	4600[6])	1300	25	14	510	765	700	22,00	206	—	77,3	64,3	120	10,70	69	65	
0-4-0	ЫЧ	2560[7])	1200	16	12	550	790	650	20,30	147,3	43,0	60,8	60,8	95	10,10	59	55	
0-4-0	У	2560[8])	1300	16	12	575		650	20,0	163,4	40,3	64,4	64,4	99	10,00	53	50	
0-4-0	ОВ	3890[7])	1200	23	11,5	500	730	650	16,60	152,6	—	52,2	52,2	95	8,70	48	45	
0-3-0 + 0-3-0	ОЧ	2700	1230	23	12	510	770	650	37,60	177,9	47,4	89,1	89,1	135	15,00	48	45	
1-4-0	Р	—	1280	19	12	2 × 400	2 × 600	600	19,70	171,7	—	80,8	52,9	100	—	50	—	
С о в р е м е н н ы е п а р о в о з ы С А С Ш																		
грузовой 2-6-1	—	9350	1700	—	15,5	675		800	—	495	238	—	—	—	37,22	80	—	Давление на ось 26,5
пассажирс. 2-3-1	—	—	1830	—	14,0	660		771	—	361	77,5	—	—	—	24,8	120	—	Давление на ось 27,4
грузовой 1-5 + 5-1	—	5949	1422	—	15,9	762		1219	—	752,3	197,0	—	—	—	63,9	—	—	Давление на ось 29

НТБ ДНУЖТ

зовой паровоз 1-4-0 + 0-4-0 + 0-4-1 „Триплекс-компаунд". Вес этого паровоза около 400 *т*. Сила тяги этого паровоза 75 *т*.

У нас по плану реконструкции грузовой паровоз намечается с жесткой базой американского типа, с одним бегунком, и с пятью спаренными осями и одной или двумя поддерживающими осями; 1-5-1 или 1-5-2 с давлением на спаренную ось в 23 тонны. Паровоз

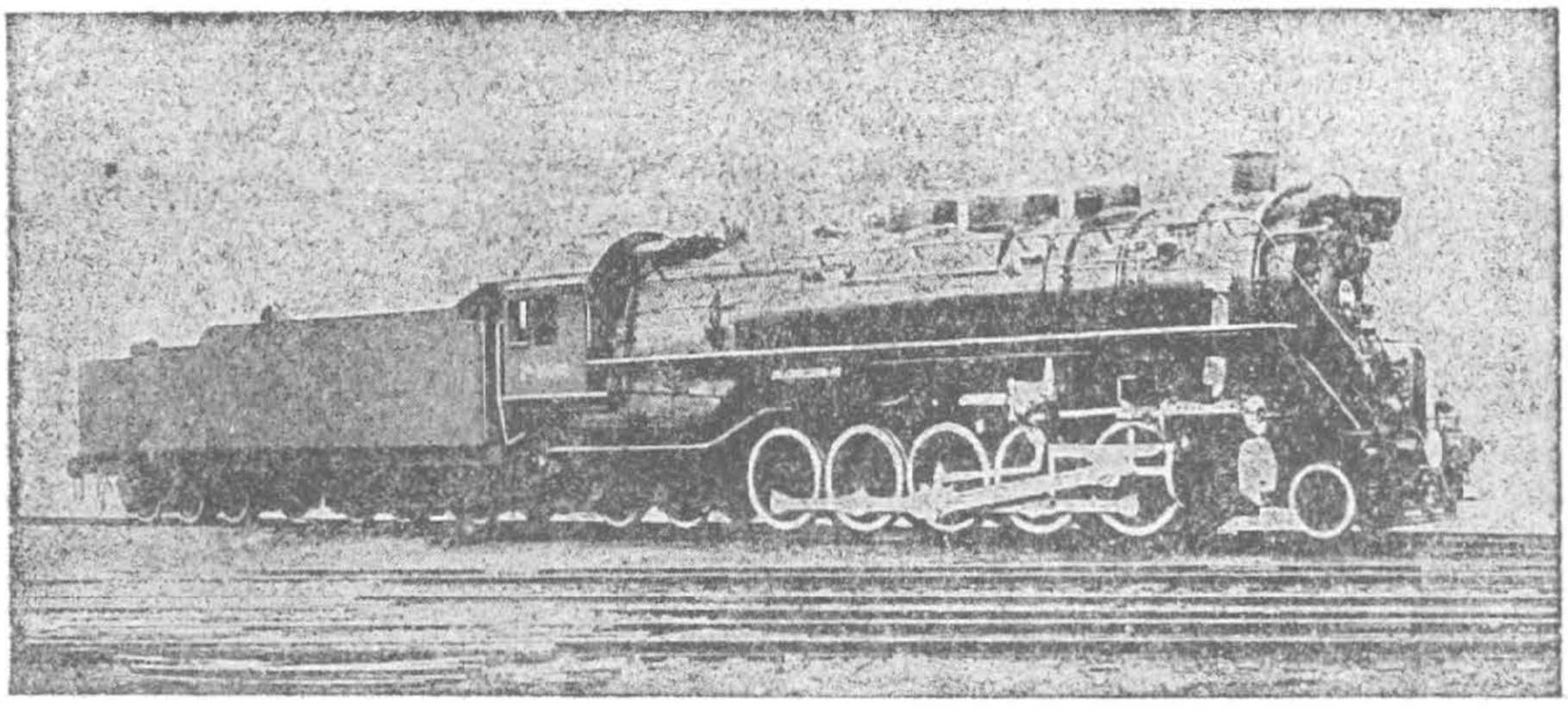


Черт. 18.

изображен на черт. 19. Серия $Т_А$ (тяжелый Алко-Американской локомотивной компании) (1-5-2) и $Т_Б$ (завода Болдвина) (1-5-1).

По силе тяги паровоз этот заменяет $1^1/_2$ паровоза серии Э.

В настоящее время испытывается выпущенный Луганским заводом паровоз ФД 1-5-1 с давлением на ось 20 тонн. Приводя указанные данные о новейших паровозах, необходимо отметить, что



Черт. 19. Серия $Т_А$ (тяжелый Алко-Американской локомотивной компании) (1-5-2).

июньский пленум ЦК ВКП(б) признал, что ведущим звеном реконструкции ж.-д. транспорта в перспективе его развития является электрификация железных дорог.

Кроме реконструкции паровозного парка имеются такие же мероприятия по модернизации, некоторые из которых перечислим, а именно нижеследующие: 1) повышение давления пара в котле с 12 до 14 атм.; 2) переделка паровозов на перегрев, 3) введение

РТБ ДНУЖТ

стоккера, т. е. механического кочегара, 4) применение бустера, т. е. дополнительной машины, которая ставится на тендере или на паровозе для работы на трудных элементах профиля и при трогании с места.

Электровозы

Электровозами называются такие двигатели, которые приводятся в движение электрическим током, обычно подаваемым помощью проводов с центральной станции.

Электровозы, приводимые в движение электрическим током аккумулятора, заряжаемого на центральной станции, применяются редко (лишь при маневрах на станциях и на ветках небольшого протяжения).

Ток, питающий электровозы, бывает постоянный, переменный трехфазный и переменный однофазный.

Постоянный ток может передаваться лишь на незначительное расстояние, так как напряжение его ограничивается примерно 3000 вольт.

Переменный ток, достигающий напряжения до 120000 вольт и более, может передаваться на очень большие расстояния. Помощью особых трансформаторов переменный ток на подстанциях обращается в постоянный и затем подается в рабочий провод.

Не останавливаясь на подробном описании электровозов, укажем лишь на главнейшие преимущества электрической тяги поездов по сравнению с паровозной.

Движущий механизм электровоза состоит из масс, вращающихся почти с равномерной скоростью, тогда как в движущем механизме паровоза имеются части, двигающиеся взад и вперед, как-то: поршни, штоки и т. п., создающие известные неправильности в движении паровоза (пертурбации), как-то: виляние, перегрузку и разгрузку рельсов и т. п., сильно расстраивающие путь.

Поэтому, скорость движения электровоза, не отличающегося указанными пертурбациям, может быть допущена бóльшая.

Для генерирования электрической энергии может быть использована водяная сила, что является особенно выгодным. Вообще, движущая сила при электрической тяге обходится дешевле, чем при паровой. При электрической тяге топлива сжигается примерно в три раза меньше, чем при паровой; при этом электроцентрали работают всегда на низкосортном топливе.

Коэфициент использования энергии при электрической тяге определяется в 0,40, а при паровой он составляет от 0,06 до 0,10.

При электрификации линия может трассироваться очень большим руководящим уклоном (до 45 тысячных, тогда как при паровой тяге не более 20 тысячных).

При электрической тяге не требуется сложного оборудования для водоснабжения. Вес электровоза меньше веса паровоза той же мощности; не имеется тендера, так как не требуется иметь запаса воды и топлива.

Коэфициент сцепления между колесами и рельсами при электрической тяге больше, чем при паровой.

НТБ ДНУЖТ

Электрическая тяга прекрасно приспособляется для движения часто следующих друг за другом поездов меняющегося состава, что имеет особую ценность для города и пригородного движения.

Необходимо отметить также и отсутствие дыма при электрической тяге.

Следует, однако, указать и на недостатки электрических дорог: при порче проводов движение при электрической тяге прекращается, стоимость электровоза почти в два раза больше, чем паровоза.

Первая электрическая дорога была проведена в 1879 г. Сименсом на выставке в Берлине.

С тех пор электрических жел. дорог построено весьма мало. Количество электрифицированных линий по сравнению с паровозными составляет в САСШ всего 1,7%, а на всем земном шаре — 1,6%.

Всего на земном шаре электрифицированных линий 20 000 *км*, при общей длине сети в 1 250 200 *км*. Количество электрифицированных линий было:

	в СССР	в САСШ
в 1913 г.—	0	2640
„ 1930 —	53	6850

Объясняется это следующими причинами.

В САСШ имеется перепроизводство подвижного состава; с введением электровозов пришлось бы бросить имеющиеся паровозы.

Электровоз требует меньше металла, чем паровоз; при „безработном металле“ в САСШ пошли по пути паровозостроения.

Указанными выше и некоторыми другими причинами и объясняется слабое развитие электрических дорог за границей.

Для грузового движения у нас для Сурамского перевала заказан электровоз типа 0-3+3-0 со сцепным весом 132 *т* с давлением на ось 22 *т*, с конструктивной скоростью 55 *км/час*, а на предельном подъеме 30 *км/час* и силою тяги на крюке 27 000 *кг*.

Для массовой постройки в будущем намечается электровоз 1-3+3-1. Имея в виду, что наиболее эффективными по оборудованию электрической тягой являются: участки с гористым профилем, где укладка вторых путей была бы сопряжена с исключительно большими расходами; участки, работающие на топливе, привозимом издалека; районы с густой жел.-дор. сетью предполагается по плану реконструкции электрифицировать:

1) все дороги Большого Урала и все вновь сооружаемые дороги с гористым профилем;

2) дороги с густо развитой сетью в промышленных районах: Донбасс, Кузбасс, Кривой рог;

3) головные участки крупных узлов в пределах пригородного движения.

Подробный перечень линий, предназначаемых к электрификации, приведен ниже в XI задании: краткие сведения о реконструкции пути.

РГБ ДНУЖТ

Воздуховозы

В последнее время в угольных копях Германии получили распространение воздуховозы, двигающей силой которых является сжатый воздух. В виду отсутствия искр такие локомотивы особенно пригодны в местах производства огнеопасных и взрывчатых веществ, например, в угольных копях, где отработавший воздух даже улучшает воздух шахт.

Давление сжатого воздуха в современных воздуховозах доходит до 200 атмосфер; рабочее давление в цилиндрах высокого давления — 30 атмосфер, а в цилиндрах низкого давления — до 5 атмосфер.

Максимальная мощность достигает 35 лошадиных сил. Полезная сила тяги на крюке — около одной тонны. Максимальная скорость — до 22 *км/час*. Полный вес достигает до 9 200 *кг*.

Воздуховозы более экономичны, чем аккумуляторные локомотивы.

Тепловозы

В последнее время как за границей, так и у нас на железных дорогах начинают применять локомотивы с двигателями внутреннего сгорания, дизелями, так называемые тепловозы.

Первый двигатель внутреннего сгорания был построен Дизелем в 1892 г.

Первый морской пароход с двигателем внутреннего сгорания был построен в Швеции в 1907 г. В настоящее время, как известно, двигатели внутреннего сгорания начинают применяться на железных дорогах.

Мощность современных дизелей доходит до нескольких тысяч лошадиных сил.

Первый локомотив с двигателем внутреннего сгорания был построен в Швейцарии в 1913 г. по проекту Клозе и Дизеля. За последнее время как за границей, так и у нас построена и испытана серия тепловозов. У нас был построен на Балтийском заводе тепловоз по проекту проф. Гаккеля; по нашему заказу в Германии были построены два тепловоза по проекту группы инженеров во главе с проф. Ломоносовым.

Испытания тепловозов дали следующие результаты:

Максимальная сила тяги на крюке	14 700 *кг*.
В общем мощность тепловоза эквивалентна паровозу серии Э	
Конструкционная скорость без тока . .	60 *км/час*.
„ „ под током . .	50 *км/час*.
Статическое давление на ось . . .	17,5 *т*.
„ „ „ бегунок	13 *т*.
Коэфициент полезного действия в среднем . .	23% — 24%
Максимальный коэфициент полезного действия	28%
Вес тепловоза без холодильников	117 *т*.
Стоимость около	270 000 руб.
Стоимость тепловоза Гаккеля около	600 000 руб.

Тепловозная тяга имеет в основном те же преимущества по сравнению с паровой, что и электрическая, но в несколько меньшем размере.

Преимуществом тепловозной тяги перед электрической является то, что не требуется оборудовать линии проводами.

НТБ ДНУЖТ

Недостатком тепловой тяги является требование дорогого топлива — нефти.

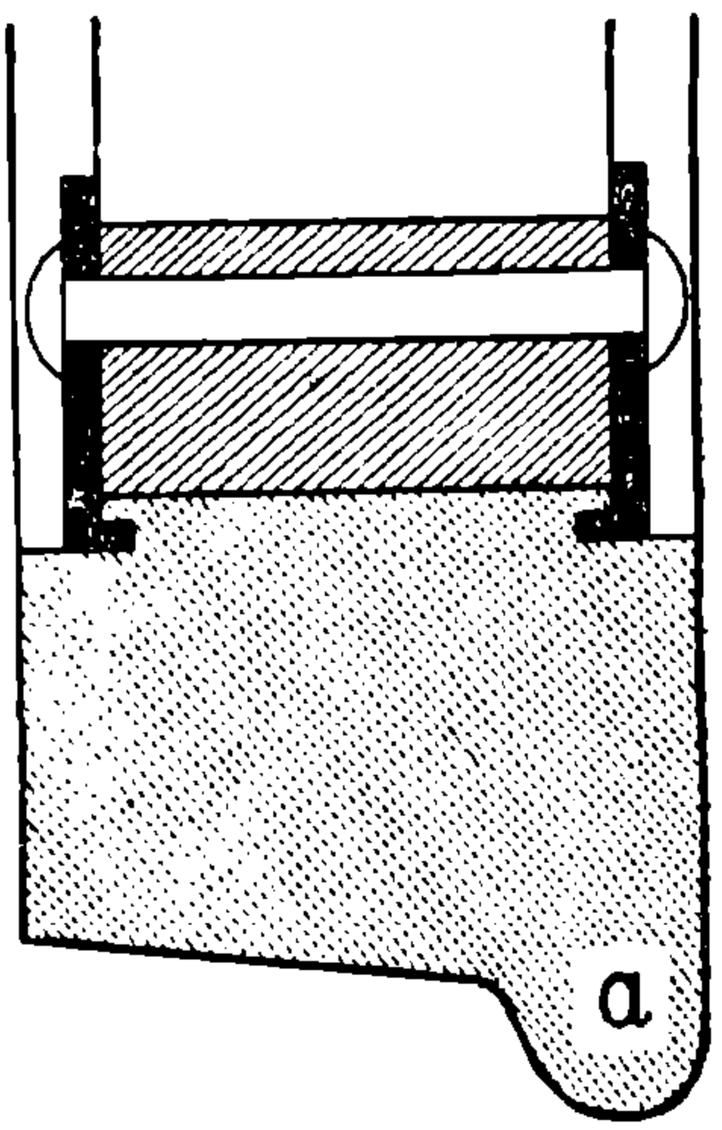
Планом реконструкции намечается для грузового движения тепловоз серии Э, типа 2-5-1 (улучшенный тип существующего); для пассажирского движения проектируется тепловоз сер. С, типа 2-5-1.

К концу пятилетия намечена тепловая тяга на линии Сталинград—Тихорецкая, Сольск—Батайск и Красноводск—Чарджуй. Тепловая тяга на линии Красноводск—Чарджуй осуществляется в 1932 г.

Конструктивные особенности ходовых частей подвижного состава.

Выше, при определении понятия „железнодорожный путь", мы установили, что одним из признаков, характеризующих этот путь, является его способность помощью рельсов направлять колеса двигающихся по пути железнодорожных экипажей. Для осуществления этой способности направлять движение поездов, помимо устройства самого пути, именно — наличия рельсов, которые собственно и направляют колеса, необходимо и особое устройство самих экипажей — особая конструкция ходовых частей паровозов и вагонов. Особенности эти следующие.

1. Реборды у бандажей колес. Для того, чтобы колесный скат не мог сойти с рельсового пути, а рельсы направляли движение колес, эти последние имеют особые реборды *a* (черт. 20).



Черт. 20.

Реборды эти, или гребни, представляют собой выступающие части шин или бандажей, надеваемых на колеса. Бандаж нагревается и в таком состоянии надевается на колесо; по остывании он плотно обжимает колесо.

Кроме этого, бандаж прикрепляется к колесу. Прикрепление это делается различными способами: по русско-германскому способу помощью стального кольца и закраины, как это показано на черт. 21, помощью колец Манзеля, как это показано на черт. 20, и другими способами.

Бандаж делается из стали, колеса — из железа и чугуна. Иногда колеса делаются цельными (колеса и бандаж составляют одно целое). Колеса новых вагонов предполагается строить без бандажей и цельнокатанные. Бандаж колеса, распространенного на нашей сети, в настоящие время, грузового вагона, показан со всеми размерами на черт. 21.

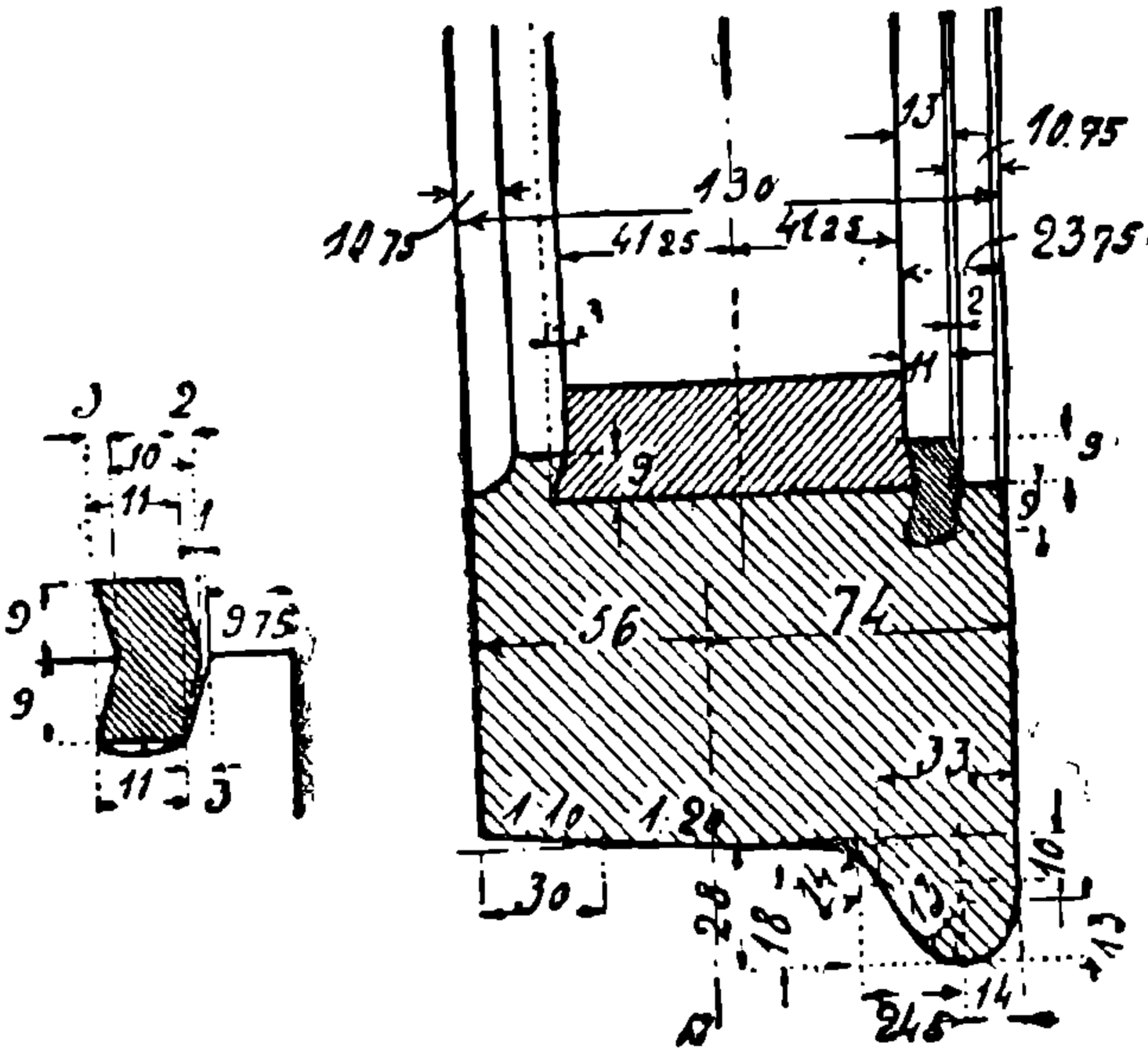
В настоящее время составляется проект нового бандажа для паровоза.

Реборды так же, как и сам бандаж, с течением времени изнашиваются, и нормальная толщина реборды 33 *мм* может дойти до 22 *мм* (так называемые острые гребни); меньшая толщина реборды не допускается.

Толщина нового бандажа в середине сечения равняется 75 *мм*.

НТБ ДНУЖТ

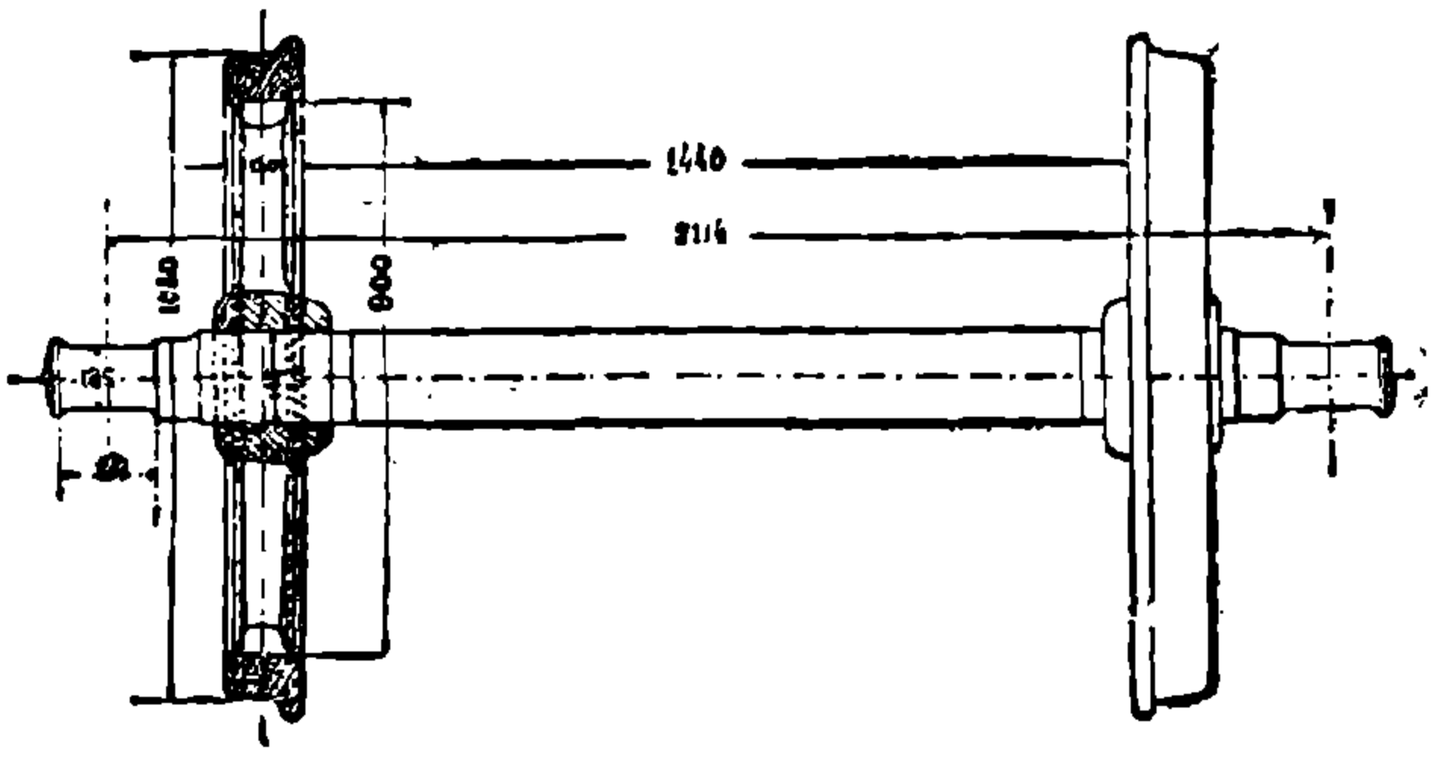
При движении по рельсам бандаж изнашивается, и износ этот обычно бывает неравномерным, вследствие чего получается неспокойный ход. Для придания правильного очертания по мере износа бандажа производится его обточка. Она производится несколько



Черт. 21.

раз за время службы бандажа. Для того, чтобы иметь достаточный запас материала для такой обточки, бандаж бывает надлежащей толщины — 75 *мм*.

Обычно обточка производится после пробега вагоном от 200 000 до 300 000 *км*, пассажирским паровозом — после 50 000 *км* и товарным паровозом — после 30 000 *км*.



Черт. 22.

Бандажи вагонных колес обычно делаются коническими, т. е. поверхность катания их делается, как это указано на чертеже, с уклоном 1/20. Этим способом предполагалось улучшить прохождение колесного ската по рельсовому пути, особенно по кривым его частям, но, как увидим ниже, благоприятного результата не достигнуто.

НТБ ДНУЖТ

Нормальное расстояние между внутренними гранями колес 1 440 *мм*. Отступление в ту и другую сторону допускают не более 3 *мм* (1 443 *мм* и 1 437 *мм*).

Общий вид колесного ската нашего нормального товарного вагона изображен на черт. 22.

Колеса иногда состоят из сплошного диска, иногда устраиваются со спицами. Пространство между ободом и ступицей (черт. 22) заполняется иногда деревом, а иногда (в Америке) даже бумажной массой.

2. Глухая насадка колес. Второй характерной особенностью конструкции ходовых частей железнодорожного подвижного состава является глухая насадка на оси колес паровозов и вагонов. Колеса не могут свободно вращаться на оси, подобно тому как это имеет место у колес обыкновенных экипажей и телег; они неподвижно прикреплены к самой оси, так что при вращении колес вместе с ними вращается и сама ось. Такая конструкция вызвана, главным образом, тем соображением, что в случае свободной насадки колес при разработке колесных втулок или осевых шеек колеса могли принять наклонное к вертикали положение и быть причиной схода с рельсов.

Колеса насаживаются на оси под сильным гидравлическим давлением до 80 *т*.

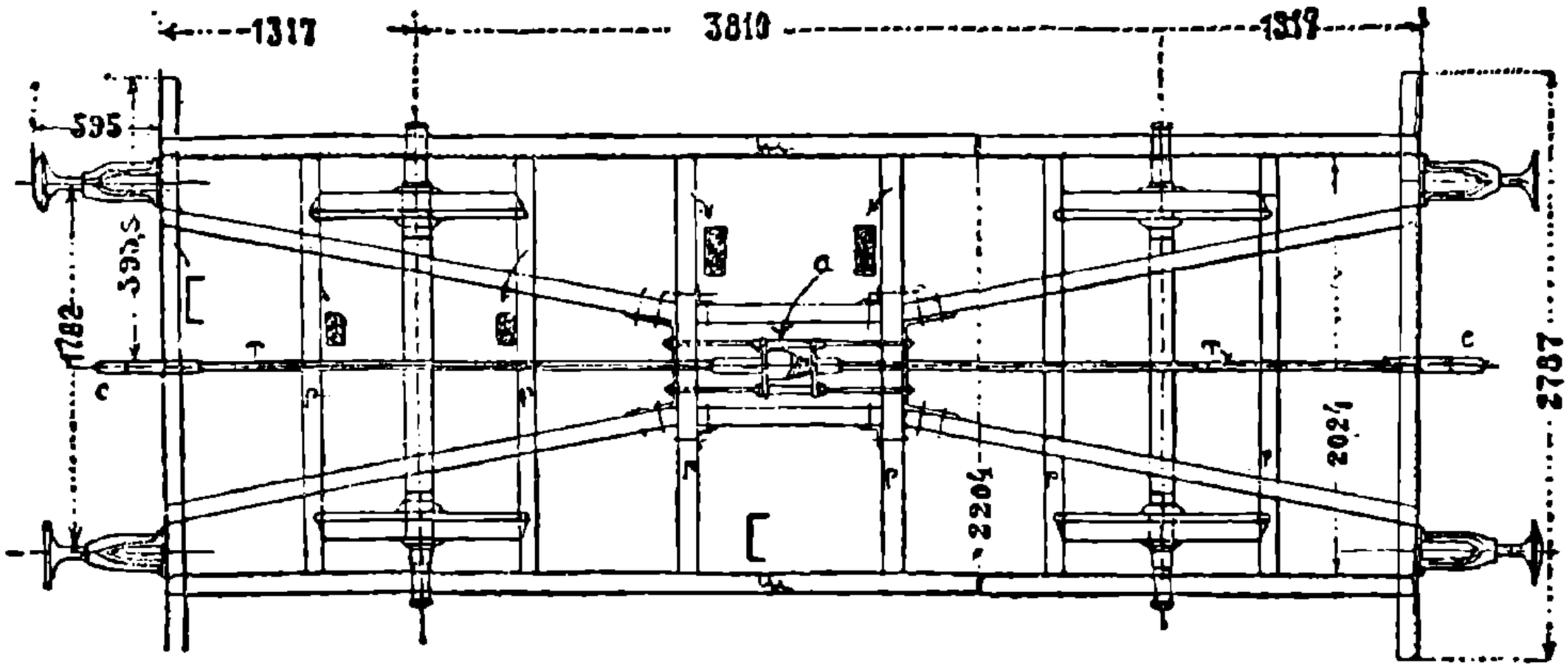
Ступицы колеса для более плотной насадки растачиваются на конус.

Нормальный зазор *e* между ребордой одного колеса и рельсом равняется, когда другое колесо прижато к рельсу

$$e = 1\,524 - 1\,440 - 2 \times 33 = 18\ мм,$$

или при узкой насадке колес 1 437 *мм* и острых гребнях в 22 *мм*:

$$\max = 1\,524 - 1\,437 - 2 \times 22 = 43\ мм.$$



Черт. 23.

При наклонном положении колес с разработанными втулками указанный зазор будет гораздо более 43 *мм*, и колесо может провалиться внутрь колеи.

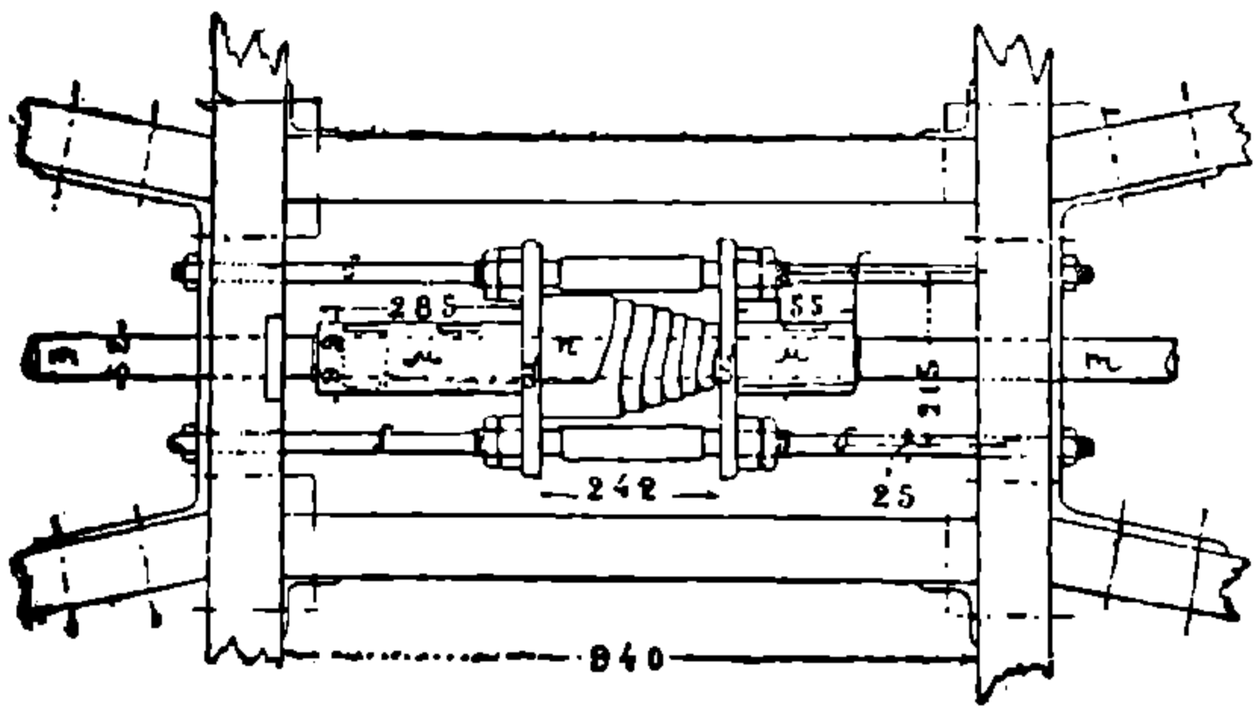
3. Параллелизм осей. Для того, чтобы рельсы действительно направляли колеса подвижного состава, необходимо, чтобы оси

НЛБ ДНУЖТ

колес всегда были перпендикулярны к рельсовым ниткам и чтобы, следовательно, оси колес вагонов или паровозов всегда были параллельны друг другу.

Указанный параллелизм осей является третьей характерной конструктивной особенностью железнодорожного экипажа.

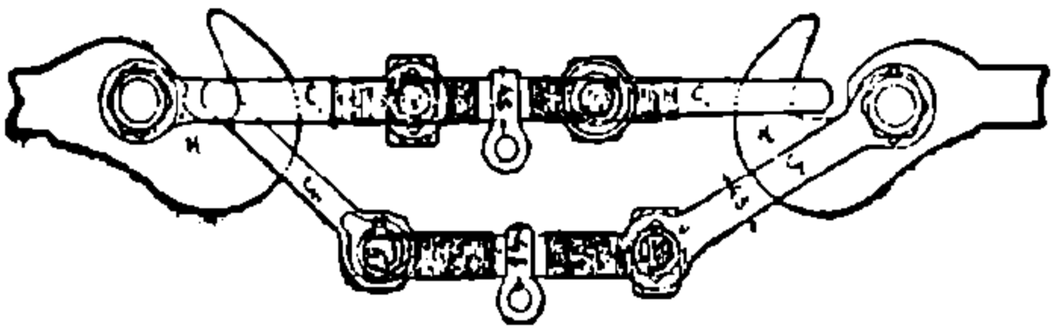
4. Буксы. Указанная выше глухая насадка колес требует особого способа установки вагонных кузовов и надрессорной части паровозов на осях колесных скатов. Кузов вагона не может быть наглухо прикреплен к осям колесных скатов, как это делается, например, в обыкновенном экипаже или телеге, и не может потому, что вместе с вращением колес вращается также и ось. Вагонная рама, поддерживающая кузов вагона, покоится на рессорах, которые прикреплены к буксам, опирающимся на осевые шейки колесных скатов. Вагонная рама состоит из двух продольных железных швеллерных брусьев *m* и двух буферных брусьев; швеллерные брусья рас-



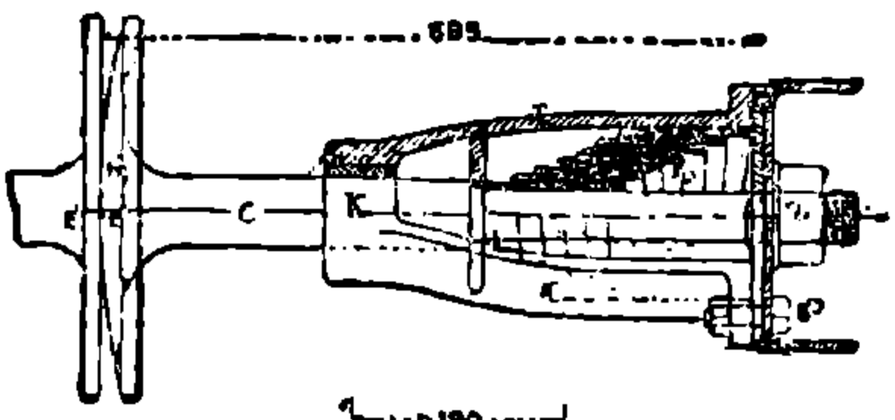
Черт. 24.

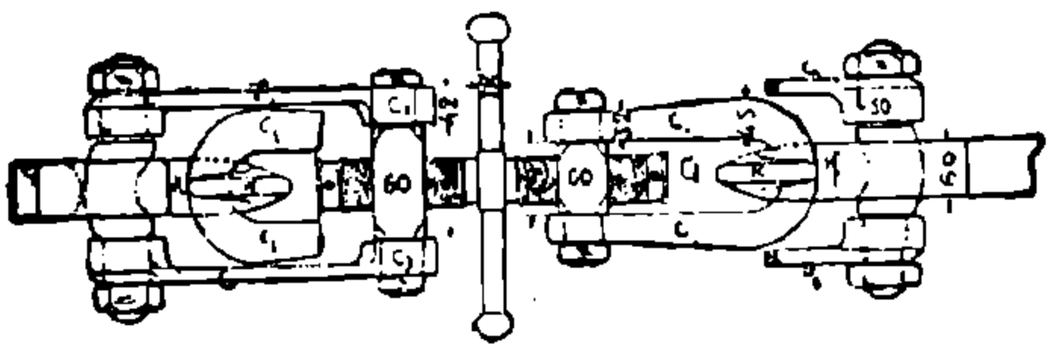
перты дубовыми поперечными брусьями и диагональными (черт. 23, черт. 24).

На черт. 23 изображена вагонная рама нашего грузового вагона подъемной силы 16,5 *m*.

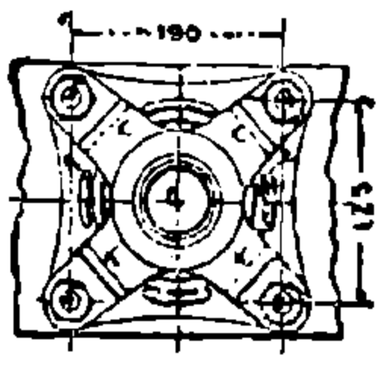


Черт. 25.





Черт. 26.



Черт. 27.

Что касается соединения вагонов и паровозов друг с другом, то оно осуществляется помощью так называемых тяговых приборов, которые бывают двух родов:

1) сквозной тяговой прибор с винтовой стяжкой и буферами и

2) автоматическая или так называемая американская сцепка.

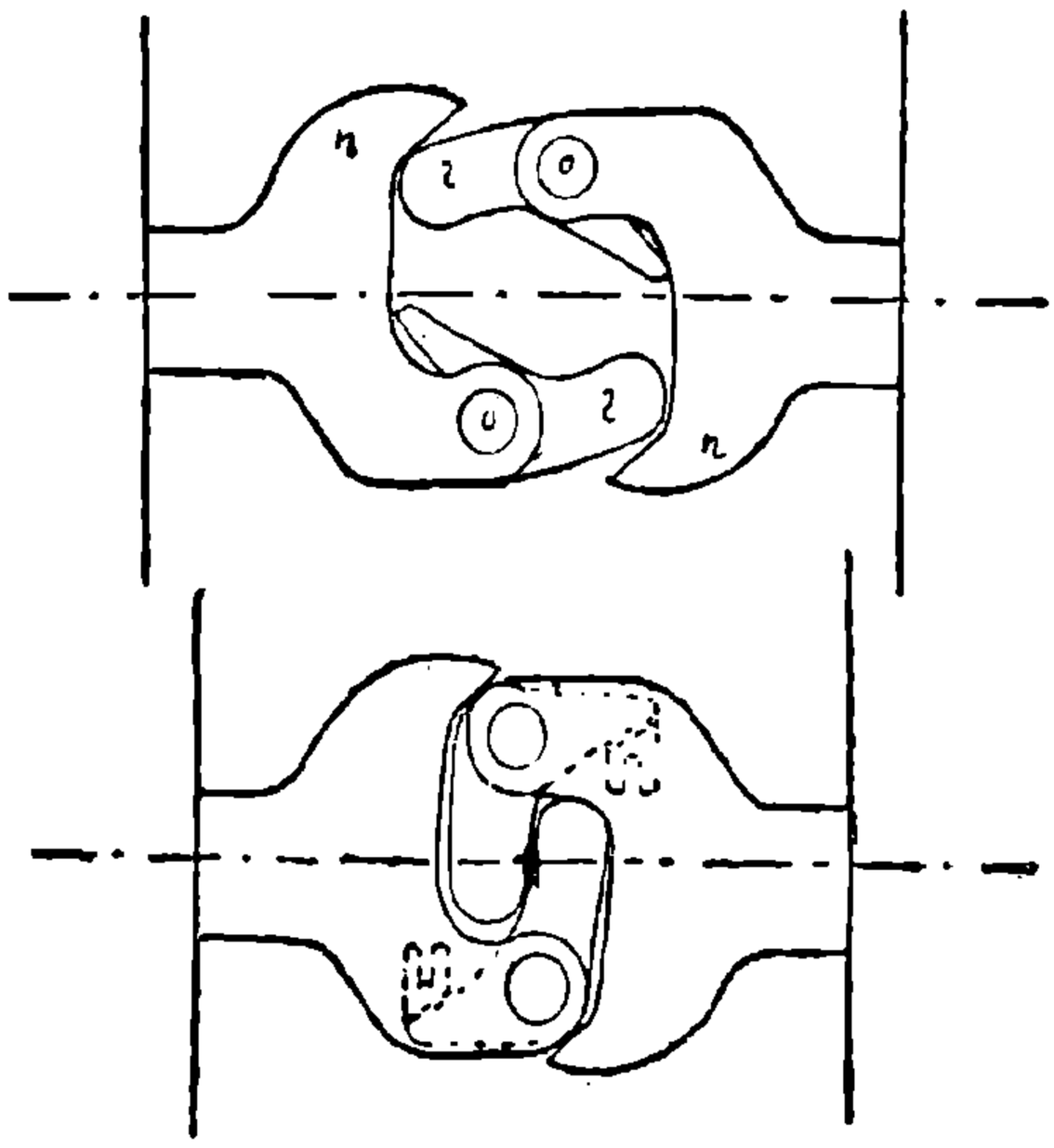
Сквозной прибор, употребляемый у нас, показан на черт. 23, 24. На черт. 23 показано общее расположение всего обустройства, которое состоит из двух стержней *T*, соединенных с тяговым аппаратом *a*, укрепленным в вагонной раме, посредине вагона под полом.

НТБ ДНУЖТ

К другим концам стержней *Т* прикреплены сцепные приборы. Тяговой аппарат изображен на черт. 24. Из этого чертежа усматривается, что между стержнями *т* помещается спиральная пружина *п*; стержни *т* помощью муфт *м* и шайб *ш* соединяются с рамой вагона.

Таким образом действующее на тяговой стержень усилие передается раме вагона и приводит последний в движение. Пружина смягчает резкость усилий и придает соединению упругость.

На другом конце стержня *Т*, как видно на черт. 23, помещается сцепной прибор. На черт. 25 и 26 показан применяемый у нас сцепной прибор (объединенная стяжка), состоящий из двух крюков и двух пар стяжных скоб, надеваемых на крюки; вторая пара скоб (нижняя) является предохранительной на случай разрыва работающей верхней. Между скобами имеются стяжные винты, при помощи которых один вагон можно плотно стянуть с другим. Кроме указанного типа у нас имеются еще три типа сцепных приборов. Кроме указанных приспособлений, служащих для воспринятия растягивающих усилий, имеются еще ударные приборы — буфера, служащие для принятия ударных, сжимающих усилий, например, при набеге одного вагона на другой.



Черт. 28 и 29.

Буфер изображен на черт. 27 и состоит из буферной тарелки *т*, стержня *с*, буферного стакана *к* и спиральной пружины *п*. Стержень соединен с тарелкой и входит внутрь стакана. Одна тарелка делается выпуклой, другая — плоской (черт. 27).

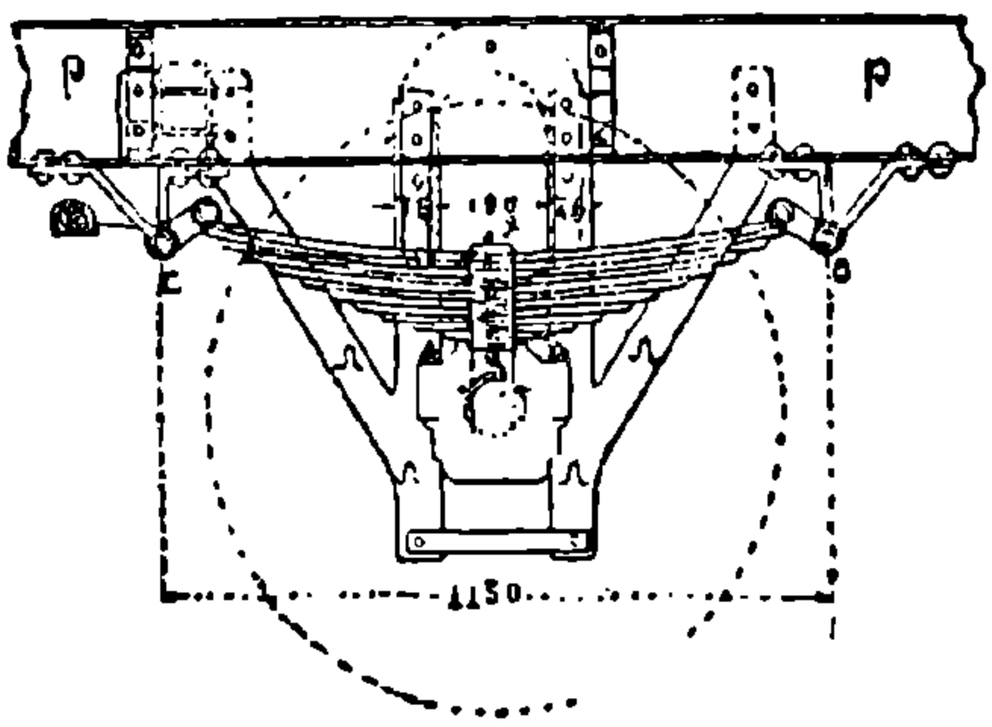
В Америке применяется автоматическая сцепка. Характерной особенностью американского сцепного прибора является особой конструкции крюки, изображенные на черт. 28 и 29.

Каждый крюк состоит из неподвижной части, скрепленной с рамой, и подвижного коленчатого рычага, называемого „когтем“, который может вращаться около вертикальной оси, укрепленной в неподвижной части крюка (черт. 28).

При сцепке один вагон приближается к другому; при этом коготь крюка одного вагона приходит в соприкосновение с неподвижной частью крюка другого вагона. При дальнейшем сближении когти вращаются около вертикальных осей и сцепляются друг с другом так, как это показано на черт. 28. В это время под действием силы тяжести падает особая щеколда, которая запирает когти таким образом, что они не могут раскрыться, чем и достигается сцепка вагонов, которая, как усматривается из вышеизложенного, совершается автоматически. Для расцепки вагонов нужно только приподнять щеколду (черт. 29).

РТБ ДНУЖТ

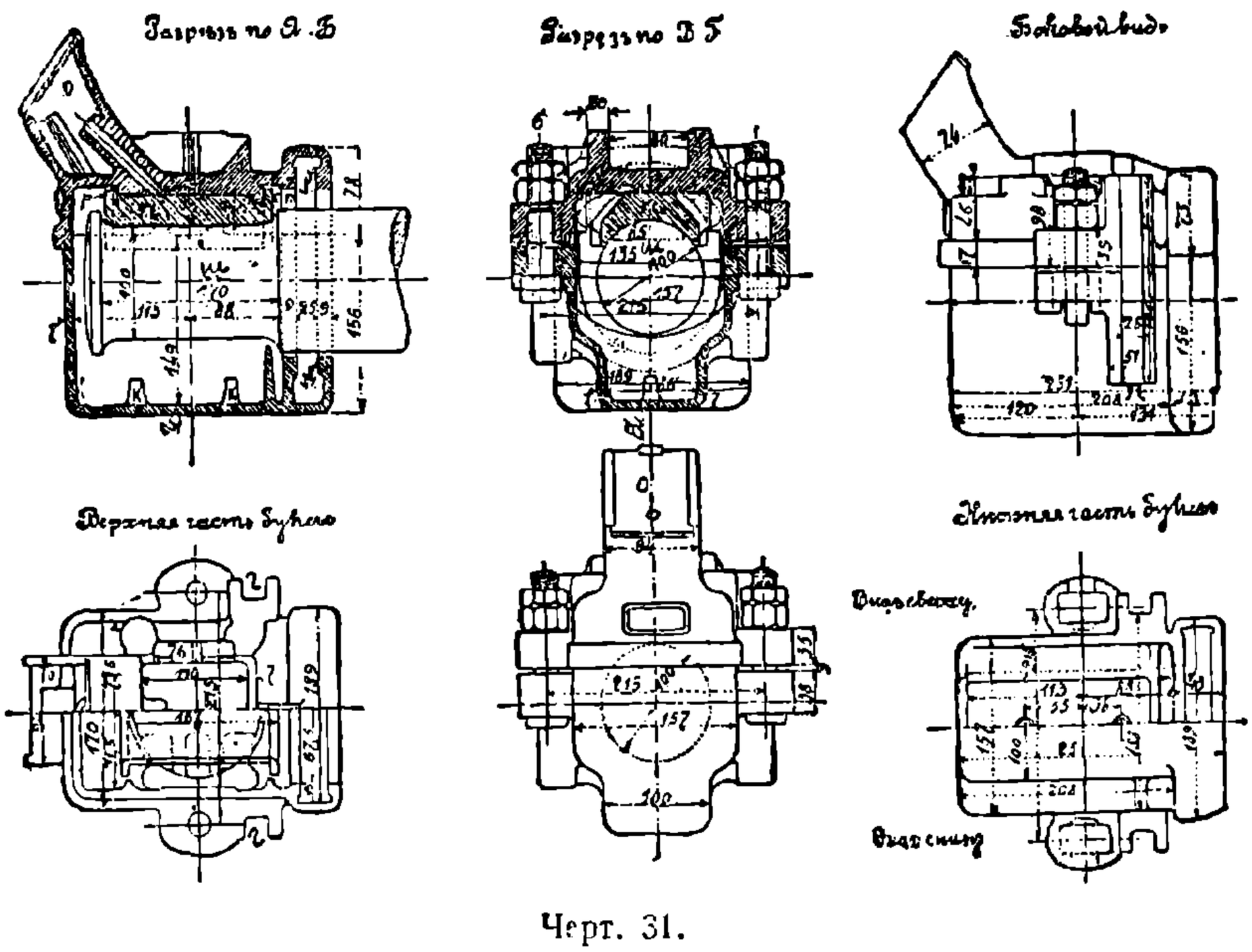
Американская автоматическая сцепка гораздо совершенней сцепки, описанной выше и применяемой в Европе и у нас. Она прежде всего не представляет для сцепщиков той опасности, которой они подвергаются при производстве сцепки, когда им приходится становиться между вагонами; сцепные приборы обыкновенной сцепки несравненно более слабы, чем автоматической; если их сделать более мощными, то они будут слишком тяжелы, чтобы ими могли оперировать сцепщики. Явные преимущества американской сцепки заставляют Европу начинать переходить на американскую сцепку, хотя для этого приходится переделывать рамы вагонов и паровозов.



Черт. 30.

Проектом реконструкции нашего транспорта предвидится переход на автоматическую сцепку.

В настоящее время у нас изобретено несколько конструкций автоматических сцепок (изобретатели: Мирошниченко, Богданов, Костлан, Шашков). Автоматическая сцепка советских изобретателей имеет несомненные преимущества перед американской и будет применена у нас согласно плану реконструкции нашего транспорта.



Черт. 31.

Продольный швеллерный брус покоится на двух рессорах (черт. 30). Прикрепляется брус к рессоре помощью двух подвесок с. Рессора упирается на буксу, представляющую собой как бы коробку, которая охватывает осевую шейку и верхняя часть которой

НТБ ДНУЖТ

лежит на бронзовом подшипнике *п.* Букса товарного вагона состоит из двух частей — верхней и нижней, соединенных между собой болтами (черт. 31).

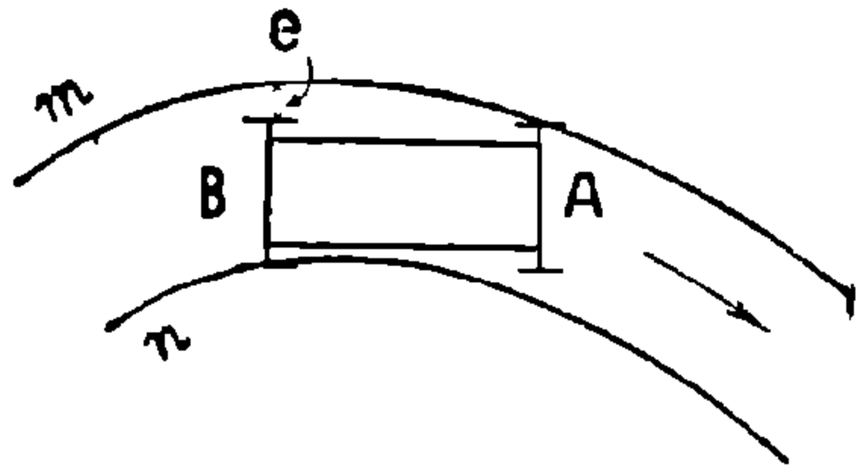
В нижней части помещаются смазочные вещества, смазывающие осевую шейку. Для воспрепятствования перемещению буксы вдоль пути она удерживается с двух сторон буксовыми лапами *л*, прикрепленными к швеллерному брусу.

Конструкция букс пассажирских вагонов и паровозов несколько отличается от буксы товарных вагонов, но, в общем, способ установки надрессорной части на осях скатов аналогичен.

5. Коничность бандажей. Коничностью бандажей предполагалось улучшить условия прохождения подвижного состава в кривых.

Рассмотрим движения вагона в кривой.

При движении вагона по кривой наружным колесам, двигающимся по наружному рельсу, приходится проходить путь более длинный, чем колесам, двигающимся по внутреннему рельсу. Если бы железнодорожный экипаж-вагон не имел глухой насадки колес на оси, если бы, другими словами, колеса свободно вращались на оси, как это имеет место в обыкновенных экипажах-телегах, пролетках и т. п., то никаких вредных последствий не было бы: колесам, которым приходится пройти более длинный путь, чтобы не отстать от колес, проходящих по более крутому пути, пришлось бы увеличить скорость своего движения по сравнению с колесами, идущим по внутреннему рельсу, т. е. пришлось бы быстрей вращаться на оси, сделать большее количество оборотов в единицу времени, чем (черт. 32) колесам внутренним. Но колеса вагонов наглухо насажены на оси, и потому наружные колеса могут делать ровно столько же оборотов, сколько и внутренние, сколько и оси, т. е. другими словами, катиться по рельсам с одинаковой скоростью, как и внутренние колеса, и потому, чтобы не отстать от них (а отстать они не могут, так как прикреплены к экипажу, двигающемуся с определенной скоростью); наружным колесам приходится не только катиться по рельсам, но, кроме того, скользить, проходить путь не только качением, но и скольжением. При скольжении, как известно, между колесом и рельсом появляются силы трения несравненно большие, чем при качении колеса по рельсу, а потому при скольжении колеса по рельсам возникают гораздо большие сопротивления движению, чем при качении. Избежать указанное выше скольжение и предполагалось помощью устройства коничности бандажей.



Черт. 32.

При движении вагона по кривой части пути наружное колесо переднего ската благодаря центробежной силе, появляющейся при движении по кривой, стремится выйти наружу кривой, но, как мы видели выше, удерживается на рельсовой нитке благодаря наличию реборды у бандажа; колесо наружное прижимается своей ребордой к наружному рельсу; между ребордой внутреннего колеса и рельсом образуется максимальный зазор (черт. 32).

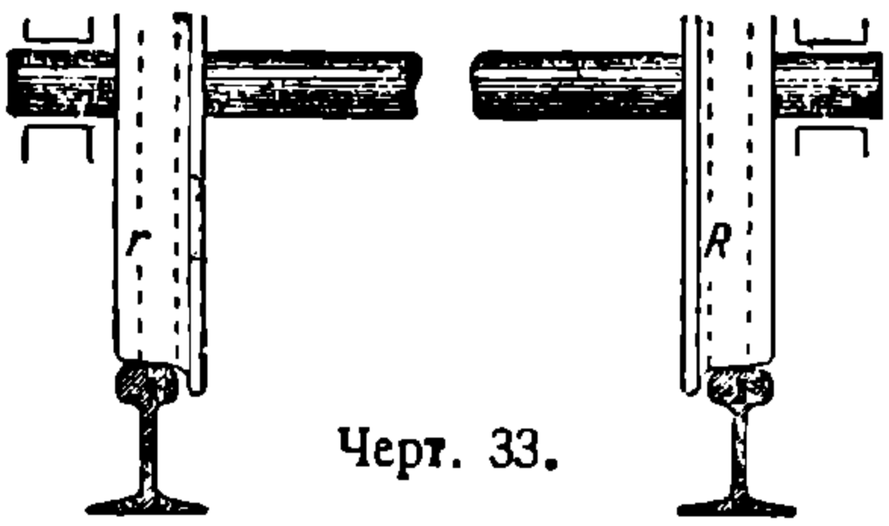
РГБ ДНУЖТ

Наружное колесо переднего ската, прижимаясь своей ребордой к наружному рельсу, катится по большому кругу катания R, а внутреннее колесо — по малому кругу катания r.

Благодаря коничности бандажей длина окружности R больше r (черт. 33).

Таково будет положение колеса переднего ската A. Направление движения указано стрелкой. Что касается заднего ската B, то там обычно наблюдается явление обратное, именно — внутреннее колесо набегает на внутренний рельс, а между ребордой наружного колеса и наружным рельсом образуется зазор e, как это показано на черт. 32.

Таким образом, наружное колесо, которому предстоит пройти больший путь, двигается по большому кругу катания, т. е. при одинаковом числе оборотов в единицу времени с внутренним колесом, проходит больший путь. Итак, при определенной коничности бандажей или, другими словами, при определенной зависимости между величинами R и r с одной стороны, и величинами длин путей по наружному и внутреннему рельсу — с другой стороны, можно было бы уничтожить скольжение колес переднего ската. Уклон образующих конической поверхности равен $^1/_{20}$. В Америке бандажи колес делаются со значительно меньшей коничностью, именно — $^1/_{38}$, а не как у нас — $^1/_{20}$. Оказывается, что подобная коничность чрезмерна и длина окружности катания R настолько больше r, что наружное колесо опережает внутреннее так, что фактически на практике скольжение колес переднего ската не уничтожено, а только направлено в обратную сторону. Но если, теоретически рассуждая, можно путем подбора определенной коничности добиться определенной пользы для движения колес переднего ската, то для движения колес заднего ската получается явный вред. В самом деле, как мы видели выше, у заднего ската прижимается к рельсу не наружное колесо, а внутреннее, и, следовательно, это внутреннее колесо, двигающееся по более короткому рельсовому пути, будет катиться по большому кругу катания, а наружное колесо, двигаясь по более длинному рельсовому пути наружной колеи, будет катиться по малому кругу катания r, и, таким образом, внутреннее колесо будет еще больше опережать наружное, чем раньше, и, следовательно, вызовет еще большее скольжение и тем явно ухудшит условия прохождения колес по кривым частям пути (черт. 33).



Черт. 33.

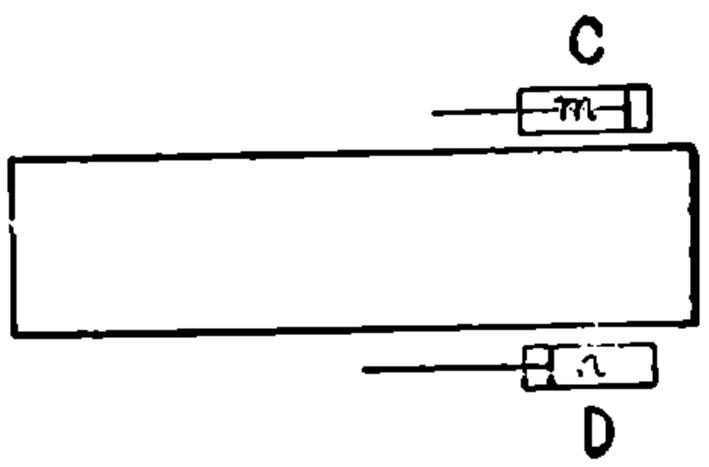
Таким образом, характерными конструктивными особенностями ходовых частей железнодорожного подвижного состава являются реборды у бандажей и коничность последних, глухая насадка колес, соединение надрессорной части с осями помощью букс и параллелизм осей.

Прежде чем перейти к рассмотрению влияния всех вышеуказанных особенностей на условия движения подвижного состава по рель-

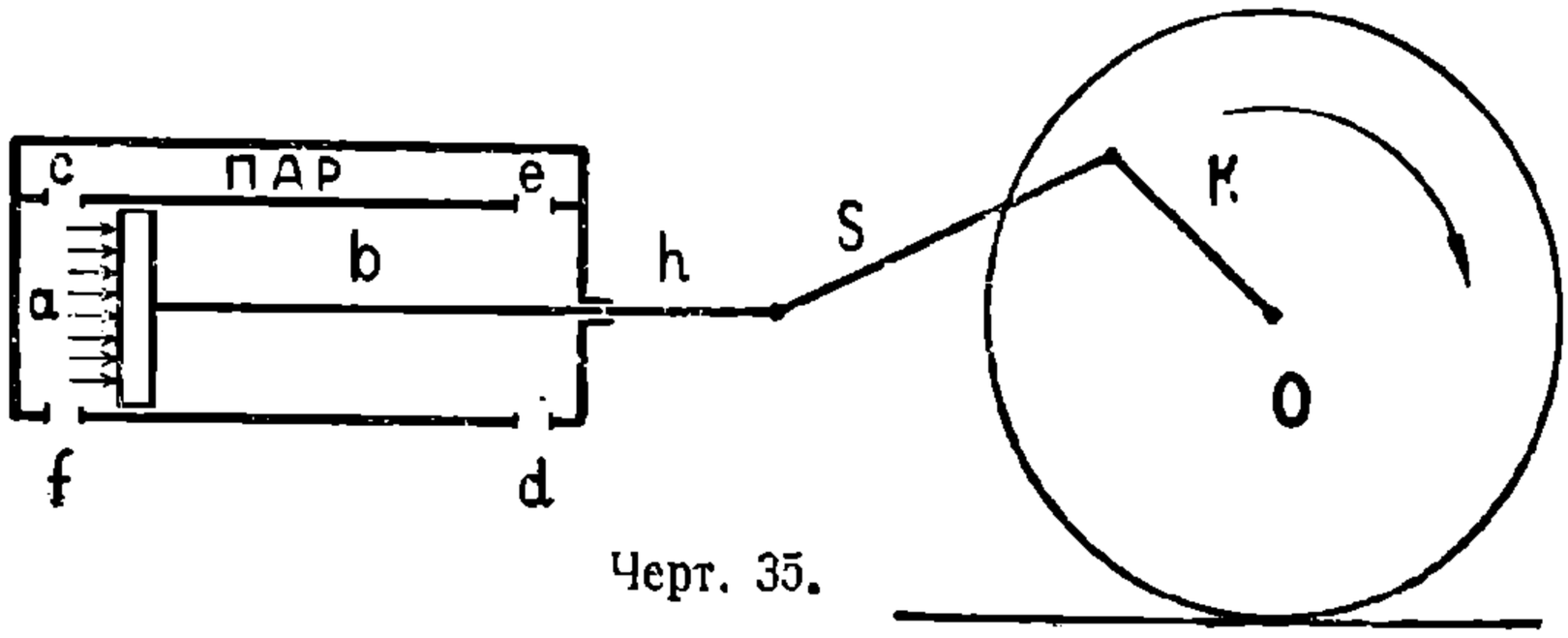
НТБ ДНУЖТ

совым путям, остановимся несколько на некоторых конструктивных особенностях движущего механизма паровоза.

Как известно, движение паровоза происходит силою пара, поступающего из парового котла в паровые цилиндры *С* и *Д*, расположенные по обе стороны от продольной оси паровоза (черт. 34). Внутри цилиндров взад и вперед двигаются поршни *m* и *n*, которые приводятся в движение паром, поступающим в цилиндры то с одной, то с другой стороны поршня. Как известно из курса паровозов, попеременное поступление пара то с одной стороны поршня в полость *a* цилиндра, то с другой — в полость *b* (черт. 35) достигается помощью особого механизма, так называемой золотниковой коробки. Когда пар поступает в полость *a* через отверстие *c* (черт. 35), пар из полости *b* выходит наружу (в атмосферу) через отверстие *d*; в это время сообщение полости *a* с атмосферой через отверстие *f* прервано (*f* закрыто). Когда поршень доходит под давлением пара до своего крайнего положения вправо, открывается отверстие *e* для поступления пара в полость *b*; закрываются отверстия *d* и *c* и открывается отверстие *f*;



Черт. 34.



Черт. 35.

поршень начинает двигаться влево. Помощью штока *h*, шатуна *S* и кривошипа *K*, соединенного с осью *O* колеса, как это усматривается из чертежа и как это известно из курса паровозов, происходит вращение колеса и, следовательно, движение паровоза. Таким образом, в двигающемся паровозе имеются части, двигающиеся то взад, то вперед, как например, поршни и шток *h* и двигающиеся то вверх, то вниз, например, части кривошипа и шатуна.

Рассмотрим теперь, каково влияние всех указанных выше конструктивных особенностей вагонов и паровозов на условия движения их по рельсовым путям.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какова подъемная сила выпускаемых в настоящее время заводами СССР двухосных и четырехосных грузовых вагонов?

2. Какова величина максимальной касательной силы тяги наших паровозов Э; современных грузовых американских и намеченных планом реконструкции паровозов?

Каково давление на ось паровоза, намечаемого планом реконструкции, и сколько у него осей?

3. Какие мероприятия по модернизации паровозов немечаются у нас планом реконструкции?

4. Сколько весил паровоз Стефенсона и каков вес наиболее мощного американского паровоза?

НТБ ДНУЖТ

5. Какими преимуществами обладают электровозы по сравнению с паровозами (каков коэфициент использования энергии, какое количество сжигаемого топлива и каковы другие преимущества)?

6. Каковы достоинства и недостатки тепловозной тяги?

7. В каких местностях рационально применять тепловозную тягу и на каких линиях таковая намечена у нас планом реконструкции?

8. Какими конструктивными особенностями отличаются ходовые части подвижного состава железных дорог от таковых обыкновенных дорог?

9. Чем вызывается необходимость применения глухой насадки колес на оси?

10. Какое преимущество автоматической сцепки по сравнению с обыкновенной?

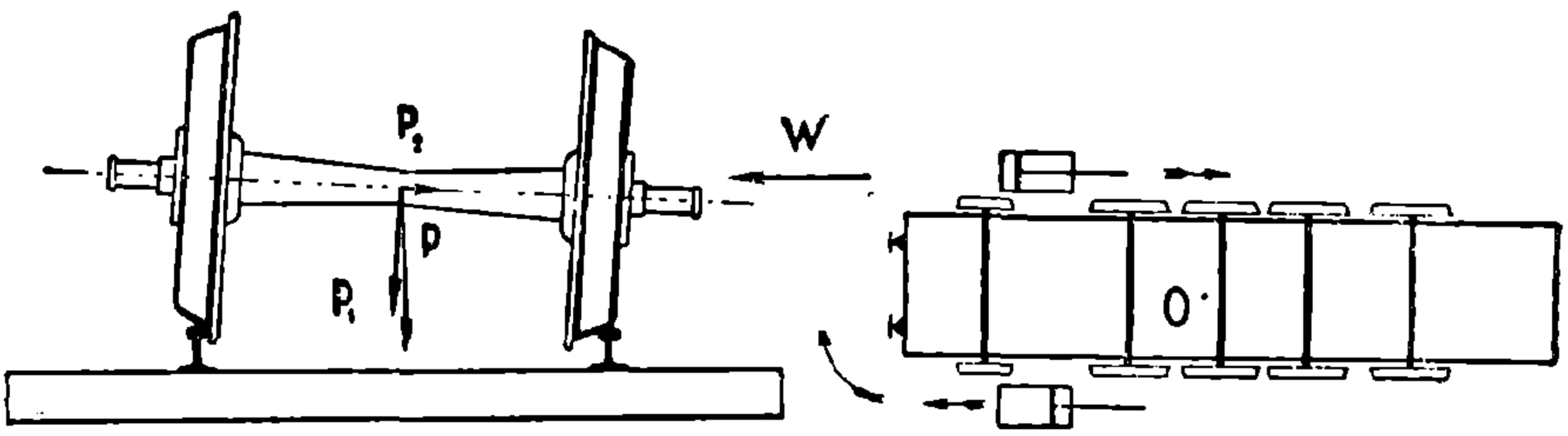
11. Чем вызвано устройство коничности бандажей и оправдала ли эта коничность возлагавшиеся на нее надежды?

12. Что такое буксы и зачем они устраиваются?

§ 5. Условия движения подвижного состава в прямых и кривых частях пути

Движение в прямых частях.

1. Движение вагона. При действии на вагон некоторых внешних сил, например, боковой силы ветра, вагон выходит из своего нормального положения, т. е. продольная ось его не совпадает с продольной осью пути, и вагон принимает положение, показанное на черт. 36, а именно: левое колесо приближается к левому рельсу и набегает на него, правое колесо удаляется от правого рельса и из-за коничности бандажей понижается, вследствие чего вагон принимает наклонное положение, так же как и ось ската. Силу тяжести вагона P, приложенную к середине оси ската, можно разложить на две силы: на силу P_1, перпендикулярную к оси ската, и на силу P_2, параллельную этой оси. Эта последняя сила P_2 будет



Черт. 36.

Черт. 37.

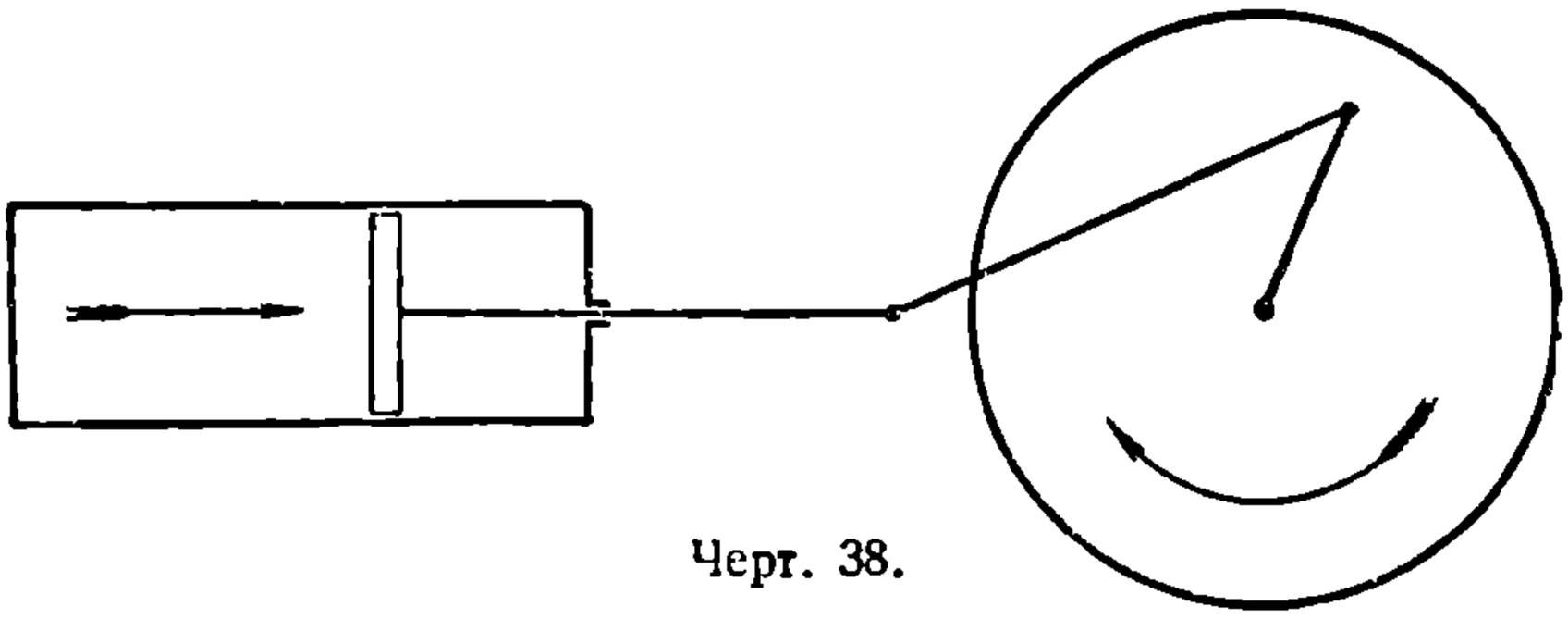
стремиться вернуть вагону его нормальное положение; под действием этой силы вагон станет понижаться, и ось его будет стремиться стать посредине пути; но по инерции, которая развивается во время опускания вагона, вагон будет продолжать свое движение направо, и правое колесо станет набегать на правый рельс, в силу чего вагон станет косо, но только теперь поднимется его правая сторона, а левая — опустится (черт. 36). Вновь появится слагающая силы тяжести, которая опять будет стремиться вернуть вагону его нормальное положение и, таким образом, из-за конических бандажей вагон будет отклоняться от своего нормального положения то в одну, то в другую сторону, т. е. произойдет так называемое виляние вагона.

2. Движение паровоза. Особенности конструкций паровоза являются причиной различных неправильностей в движении этого паровоза.

НТБ ДНУЖТ

Поршни цилиндров паровоза при движении его двигаются то вперед, то назад, причем по соображениям, известным из курса паровозов, если поршень цилиндра, расположенного с правой стороны паровоза, двигается вперед, то поршень цилиндра с левой стороны двигается назад. При движении этих поршней появляются силы инерции, которые тоже направлены в различные стороны: сила инерции одного поршня — в сторону движения паровоза, а другого — в обратную сторону. Эти силы инерции дают пару сил, стремящихся повернуть паровоз около вертикальной оси, проходящей через его центр тяжести 0 (черт. 37).

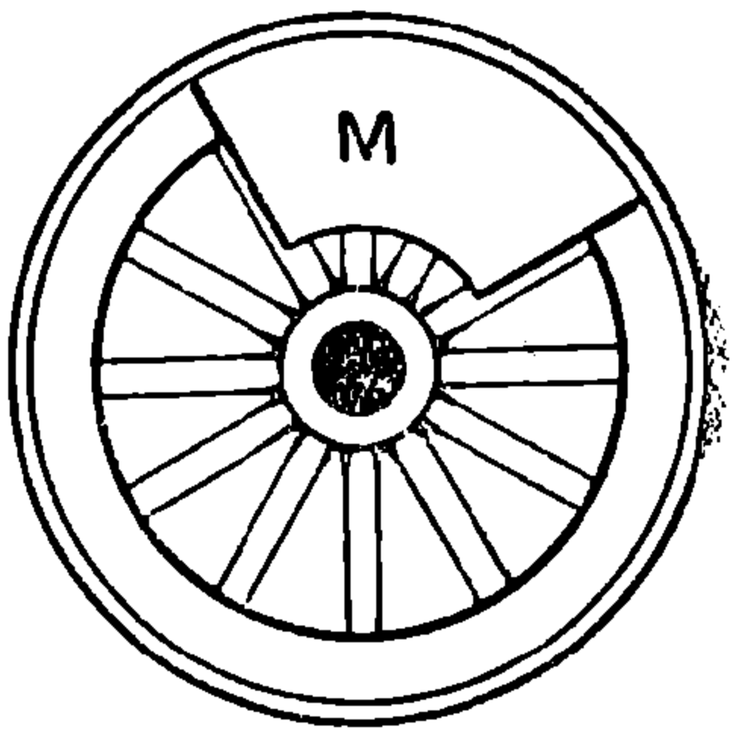
Поворачиваясь то в одну, то в другую сторону, паровоз будет двигаться не по прямой, а по некоторой извилистой линии или,



Черт. 38.

как говорится, будет вилять. Виляние будут оказывать сопротивление силы трения, появляющиеся между колесом и рельсом. С увеличением скорости движения эти силы трения будут уменьшаться, сдерживающее их действие будет ослабевать, виляние паровоза увеличиваться и, следовательно, увеличиваться горизонтальные силы и удары колес паровоза то в левый, то в правый рельс.

Помимо частей, двигающихся взад и вперед, в паровозе имеются элементы, как например, кривошипы и шатуны, которые двигаются то вверх, то вниз и вызывают появление сил инерции, которые также направлены то вверх, то вниз. Эти силы при направлении вниз стремятся прижать колесо к рельсу — перегружают его; при направлении вверх стремятся поднять колесо — разгружают рельс (черт. 38).



Черт. 39.

Происходит так называемое подпрыгивание паровоза. Как известно из курса паровозов, для уменьшения сил инерции частей, двигающихся взад и вперед, устраиваются так называемые противовесы *M*, помещающиеся на движущих колесах паровоза (черт. 39). Таким образом, виляние паровоза рождает вредные для верхнего строения пути и весьма значительные горизонтальные силы, а подпрыгивание паровоза — вредные вертикальные удары. Кроме этого, при движении паровоза появляется так называемая боковая качка, именно — качание его около его продольной оси; качание это является результатом того, что перемещения частей, движущихся

НТБ ДНУЖТ

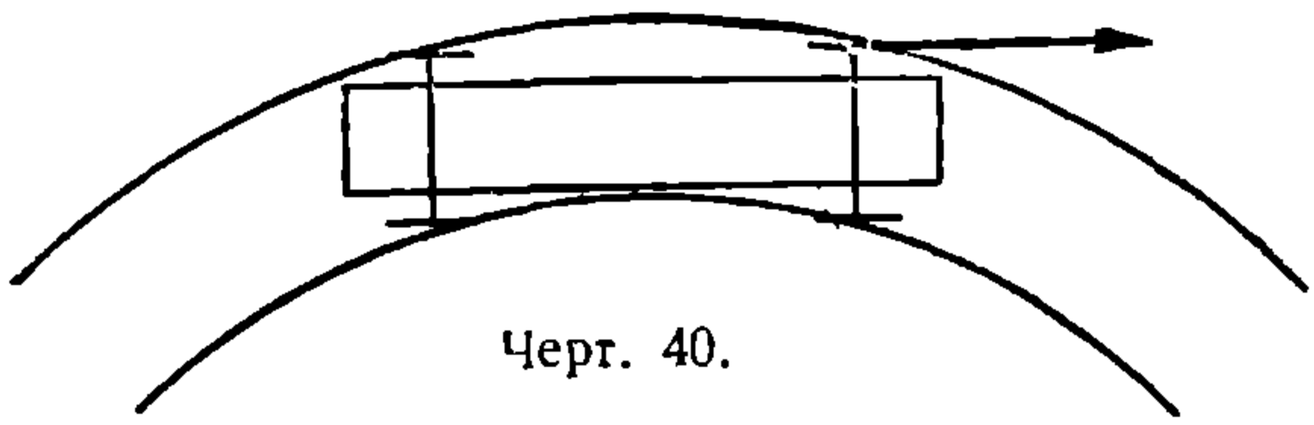
вверх и вниз с обеих сторон паровоза не совпадают: когда шатун и кривошип правого цилиндра двигаются вверх, шатун и кривошип левого—двигаются вниз. Наконец, нужно отметить еще так называемые подергивания паровозов, являющиеся результатом несовпадения скорости и направления движения частей, двигающихся взад и вперед, со скоростью и направлением движения центра тяжести паровоза.

Таковы условия движения подвижного состава в прямых частях пути.

Условия прохождения подвижного состава в кривых частях пути.

Движение подвижного состава по кривым частям пути сопровождается следующими явлениями. Прежде всего замечается общее для всякого криволинейного движения явление, именно — при движении вагонов или паровозов в кривых развивается центробежная сила $\frac{m v^2}{R}$, которая стремится вынести экипаж наружу кривой и прижимает наружное колесо к наружному рельсу.

Радиальное давление. При движении вагона или паровоза по кривой кроме центробежной силы появляется еще одна горизонтальная сила—так называемое радиальное давление. Согласно закону Ньютона, вагон, двигаясь по кривому пути, стремится двигаться по направлению касательной к кривой (черт. 40), но такому движению препятствует наружный рельс, который, нажимая на реборду наружного колеса переднего ската, направляет колесо по кривому пути, поворачивает вагон и заставляет его двигаться по кривой. При указанном поворачивании вагона колесам его приходится соскальзывать по направлению, перпендикулярному к оси рельса, т. е. поперек пути. Кроме того, как мы видели выше при рассмотрении вопроса о коничности бандажей, колеса вагона при движении по кривой скользят по направлению, параллельному оси рельса, т. е. вдоль пути. Всем указанным скольжениям сопротивляются силы трения, возникающие между колесами и рельсами. Чтобы повернуть вагон, нужно преодолеть эти силы трения. Если бы поверхности бандажа, рельса и головки были идеально гладкие, то между бандажом и рельсом не появилось бы никаких сил трения и поворачивание вагона происходило бы без всякого усилия; в виду же шероховатости указанных поверхностей рельсу, поворачивающему вагон, приходится с известной силой нажать на реборду колеса, чтобы повернуть вагон. Вследствие равенства силы действия, согласно закону Ньютона, силе противодействия колеса вагона с такой же силой давят на рельс. Эта горизонтальная сила равна около 0,8 P, где P есть нагрузка на колесо и называется радиальным давлением. Вывод формул для определения величины радиальных давлений мы находим у Boedecker'a („Die Wierkungen zwischen Rad und Schiene") и у проф. Цеглинского („Железнодорожный путь в кривых").

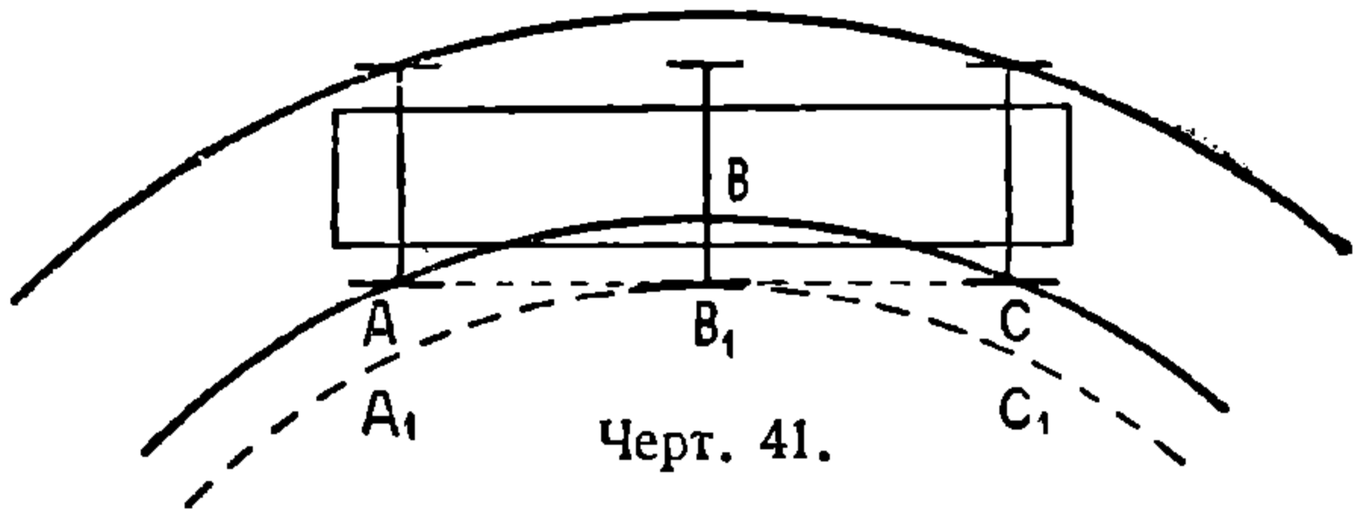


Черт. 40.

НТБ ДНУЖТ

Следующим характерным условием движения железнодорожных экипажей в кривых является условие вписывания этих экипажей в кривую. Железнодорожные экипажи, как мы видели выше, отличаются параллелизмом осей. Из-за параллелизма затрудняется вписывание экипажей в кривые (черт. 41).

Если длинный трехосный вагон проходит по крутой кривой, т. е. по кривой малого радиуса, то, как усматривается на чертеже, вагон этот при недостаточной ширине колеи может отодвинуть внутренний рельс, именно — внутреннее колесо среднего ската может отодвинуть внутренний рельс ABC, который для возможности вписывания вагона должен принять положение, показанное на чертеже пунктиром, именно — из положения ABC перейти в положение AB_1C.

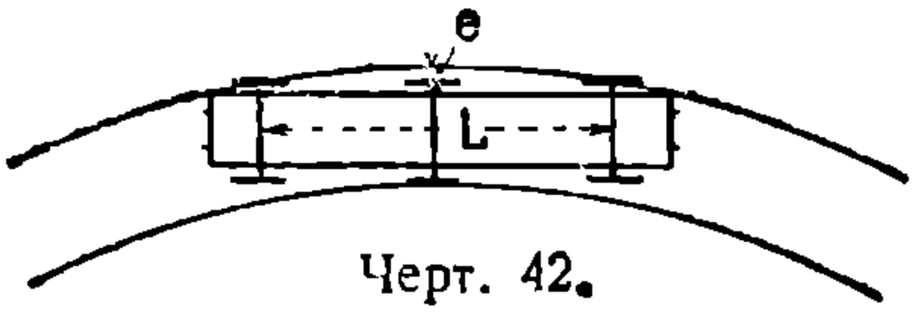


Черт. 41.

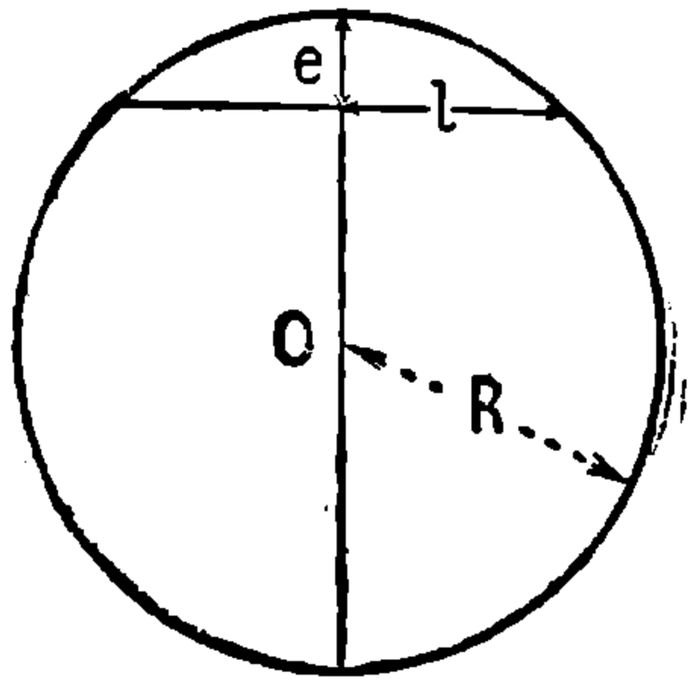
Таковы условия движения железнодорожного экипажа в кривой: появление центробежной силы, появление радиального давления, возможные затруднения при вписывании вагона в кривую.

Посмотрим, какие меры можно принять для уничтожения или ослабления указанных выше вредных последствий и затруднений.

Уширение колеи в кривой. Начнем с затруднений со вписыванием вагона в кривую.



Черт. 42.



Черт. 43.

Для того, чтобы вагон мог вписаться в кривую без выпирания рельса, ширина колеи должна быть увеличена на нижеследующую величину: зазор e (черт. 42) между наружным колесом среднего ската и наружным рельсом должен быть следующий: как известно из геометрии, между величиной e (черт. 43), отрезком хорды l и радиусом кривой R существует зависимость (черт. 42, 43):

$$\frac{e}{l} = \frac{l}{2R - e},$$

$$e(2R - e) = l^2,$$

$$e = \frac{l^2}{2R - e};$$

так как e мало сравнительно с R, то мы можем написать полученное выражение так:

$$e = \frac{l^2}{2R}.$$

НТБ ДНУЖТ

Применяя полученное выражение к нашему случаю движения вагона, получим:

$$e = \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2R} = \frac{L^2}{8R}.$$

Подставим в полученное выражение цифровые данные из практики: L равно около 8,5 *м*, R возьмем равным 640 *м*; тогда получим

$$e = \frac{(8,5)^2}{8 \cdot 640} = 14 \text{ мм}$$

Выше мы видели, что между рельсами и ребордами бандажей обычно имеется зазор около 15 *мм*. Таким образом, оказывается, что уширять колею при радиусе в 600 *м* не приходится, так как имеющийся зазор в 15 *мм* даже больше, чем требующийся для того, чтобы вагон вписался в кривую. Кроме того, в трехосных вагонах средняя ось делается подвижной, т. е. может несколько перемещаться в ту или другую сторону вдоль оси, благодаря игре в буксах перемещение это может достигать до 40 *мм*. Из-за этой подвижности оси не приходится опасаться выпирания рельса даже в более крутых кривых. Кроме продольного перемещения осям длинных вагонов дается возможность и поперечного перемещения для того, чтобы они могли принимать в кривых радиальное положение, отчего сопротивление движению, как это мы увидим ниже, значительно уменьшается. Радиально устанавливающиеся оси называются подвижными осями.

Длинные грузовые вагоны преимущественно устраиваются на отдельных тележках, таким образом соединенных с вагонным кузовом, что каждая тележка может самостоятельно вращаться около вертикальной оси. Жесткая база таких вагонов получается очень короткой (равняется жесткой базе тележки), а поэтому такие вагоны очень хорошо вписываются даже в очень крутые кривые.

У паровозов колеса средних движущих осей делаются или совсем без реборд, или с более тонкими ребордами, отчего вписывание в кривые малых радиусов происходит без расширения пути.

Кроме того, для облегчения прохождения по кривым частям пути поддерживающим осям паровоза дается возможность перемещений относительно рамы паровоза.

Поддерживающие оси устраиваются в виде тележек; эти тележки бывают или одноосные (так называемые бегунки) или двухосные и служат для восприятия того излишнего веса паровоза, который не может быть помещен на сцепные оси, а также для облегчения прохождения по кривым.

Буксы бегунков помещаются в главной раме паровоза; двухосные тележки имеют свои собственные рамы.

Буксы бегунка устраиваются таким образом, чтобы он мог иметь продольное и поперечное перемещение относительно рамы паровоза, и устанавливаться радиально. После выхода на прямую бегунок должен вернуться в свое среднее положение.

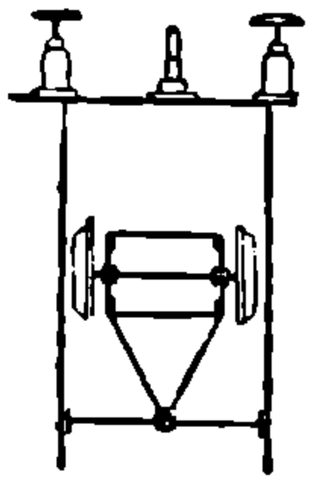
Возвращение это обычно происходит под влиянием особой спиральной пружины.

НТБ ДНУЖТ

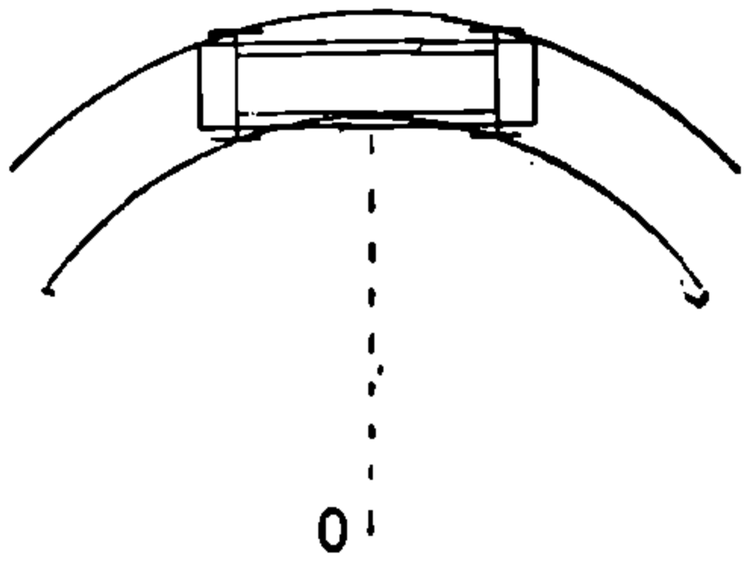
В одноосных тележках ось вращения обычно укрепляется позади тележки в главной раме паровоза и соединяется вожжею с рамой бегунка (система Бисселя), как это показано на схематическом черт. 44.

Двухосные тележки устанавливаются в кривой как обычный двухосный экипаж, но, имея в виду, что жесткая база тележки незначительна и что, кроме того, они имеют боковое перемещение до 70 *мм*, вписывание в кривую весьма облегчается.

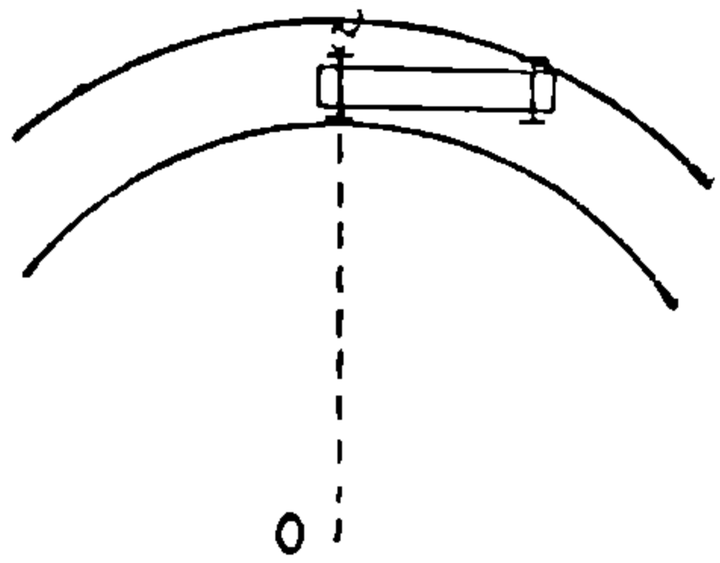
Второе соображение, которое заставляет поднять вопрос об уширении колеи, это соображение характера экономического. Если ширина колеи недостаточна, то двухосный товарный вагон рас-



Черт. 44.



Черт. 45.



Черт. 46.

положится так, что его задняя ось не займет радиального положения, а займет положение, показанное на черт. 45, при котором внутреннее колесо заднего ската будет набегать на внутренний рельс. При таком набегании будет происходить более интенсивное изнашивание и бандажа и рельса, чего не будет, если задняя ось станет радиально, как показано на черт. 46 (черт. 45 и 46).

Для того, чтобы такое положение было возможно, необходимо, чтобы зазор e равнялся

$$e = \frac{l^2}{2R - e},$$

или за малостью e по сравнению с $2R$: $\frac{l^2}{2R}$.

Если подставим в полученное выражение цифровые данные из практики, то получим $l = 3{,}81$ *м*, или около 4 *м*

$$e = \frac{16}{2R} = \frac{8}{R},$$

или в миллиметрах:

$$e = \frac{8\,000}{R},$$

при $R = 300$ саж. $= 640$ *м*

$$e = \frac{8\,000}{640} = 13 \text{ мм}.$$

Мы видим, что при радиусе в 600 *м* уширения делать не требуется, так как имеющийся зазор в 15 *мм* больше 13 *мм*. Возьмем теперь $R = 200$ саж. или около 400 *м*; тогда

$$e = \frac{8\,000}{400} = 20 \text{ мм}.$$

НТБ ДНУЖТ

В данном случае необходим зазор *e* больше 15 *мм*, т. е. имеющийся зазор недостаточен для того, чтобы вагон принял радиальное положение.

В товарных двухосных вагонах подвижных осей не делается, и поэтому имеющийся зазор в 15 *мм* есть наибольший возможный зазор. Следовательно, экономические соображения заставляют при $R = 400$ *м* уширить колею.

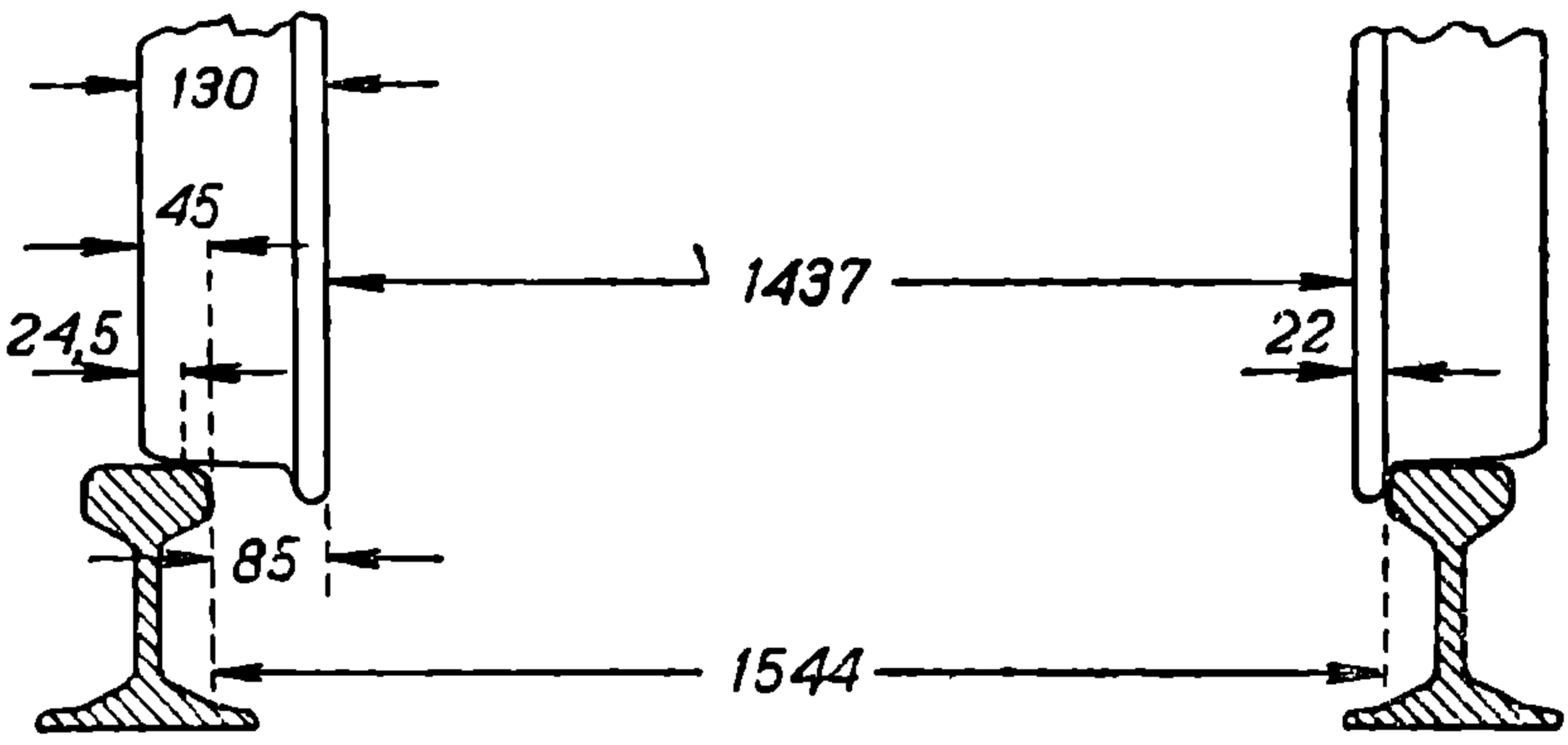
Для наших железных дорог нормальной колеи утверждены нижеследующие нормы уширения колеи в кривых, являющиеся средними из приведенной выше теоретической формулы, базирующейся на вписывании двухосного вагона, из существующих эмпирических формул и из данных практики, а именно:

радиус кривой в *м*	1100 и более	1000—800	700—600	500—400	350 и менее
уширение в *мм*	0	5	10	15	20

Большего уширения, чем 20 *мм*, делать не допускается и вот по каким соображениям.

При уширении в 20 *мм* ширина колеи получается равной $1\,524 + 20 = 1\,544$.

При такой ширине колеи, при узкой насадке колес в 1 437 *мм*, при изношенном бандаже в 22 *мм* и при сдвижке ската в одну сторону, например в правую, как это показано на черт. 47, бандаж



Черт. 47.

левого колеса будет катиться по левому рельсу по полоске шириной в 7,5 *мм*; в самом деле, как видно из чертежа 47, расстояние от внутреннего края левого бандажа до внутренней грани левого рельса будет равно $1\,544 - 22 - 1\,437 = 85$ *мм*.

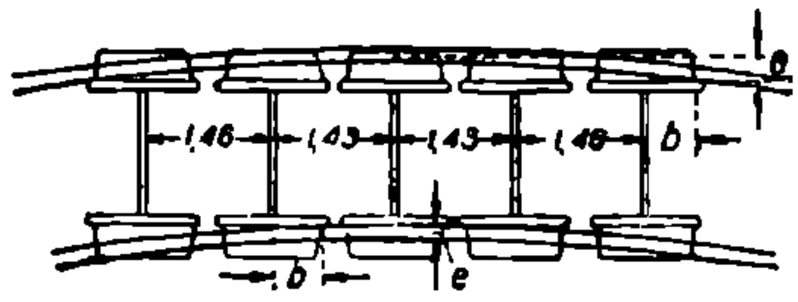
При ширине бандажа 130 *мм* получаем, что левый бандаж проходит над рельсом по полоске шириной $130 - 85 = 45$ *мм*, но если принять во внимание наружный скос бандажа на протяжении 24,5 *мм* (край бандажа имеет уклон 1/7) и принять во внимание закругление головки рельса по радиусу 13 *мм*, то из величины 45 *мм* останется всего-на-всего $45 - 24{,}5 - 13 = 7{,}5$ *мм*.

Вот тот минимальный запас, та минимальная ширина полоски, по которой происходит качение бандажа по рельсу, дальше которых итти уже невозможно.

НТБ ДНУЖТ

Пример. Рассчитаем для примера условия вписывания в кривую паровоза 0-5-0, сер. Э. Положим, что средняя ось паровоза стоит радиально, как это показано на черт. 48. При указанном на чертеже расстоянии между осями необходимое уширение согласно приведенным выше формулам равняется

$$e = \frac{(2{,}890 + b)^2}{2R}$$

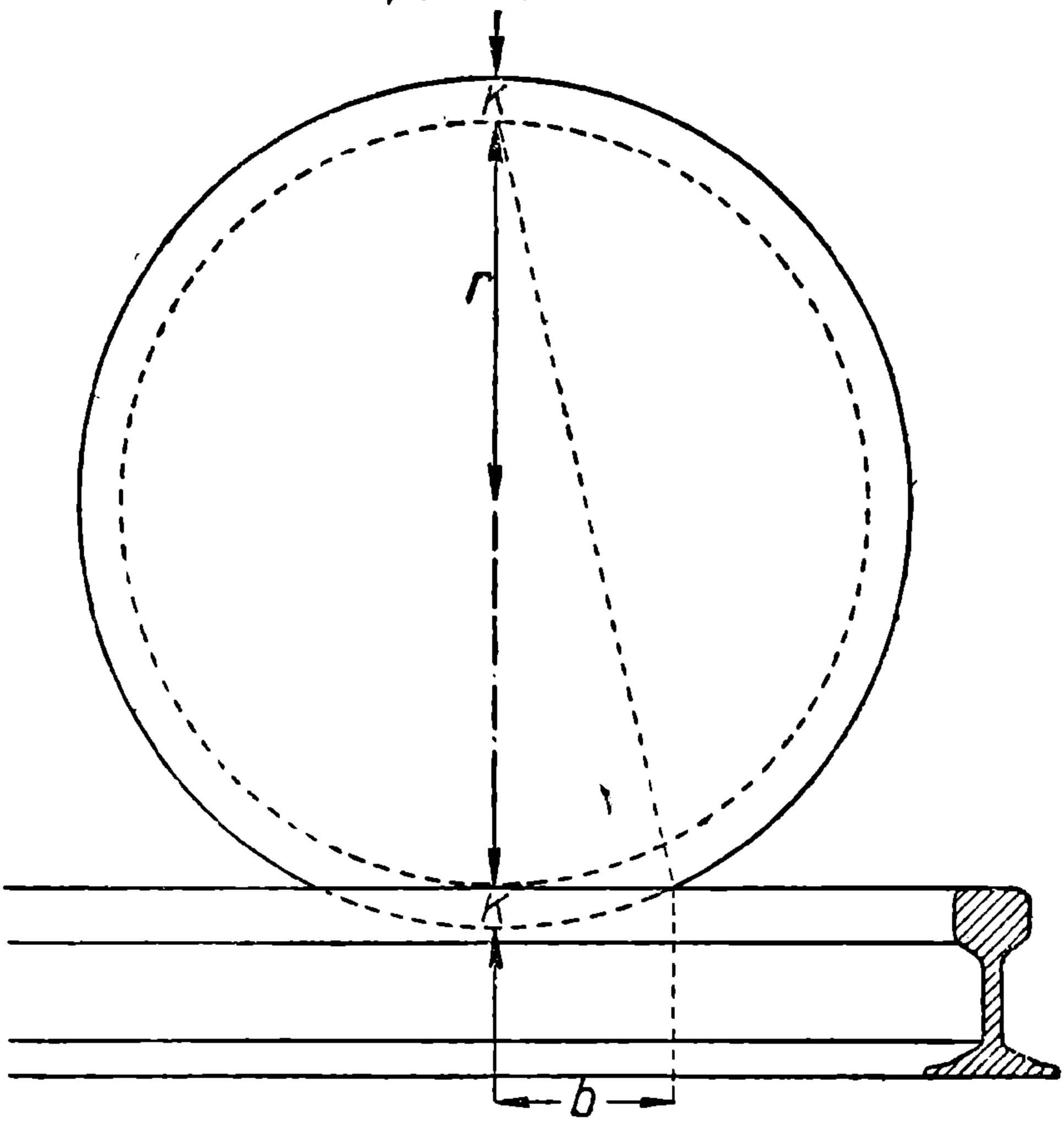


Черт. 48.

Здесь буквой b мы называем расстояние точки касания гребня бандажа переднего колеса с рельсом от оси колеса. Эта величина b может быть определена из черт. 49 следующим выражением:

$$\frac{k}{b} = \frac{b}{2r + k};$$

$$b = \sqrt{(2r + k)k}.$$



Черт. 49.

Для паровоза 0-5-0 $2r = 1\,320$ *мм*.
Если принять $k = 25$ *мм*, то получим $b = 185$ *мм*.

НТБ ДНУЖТ

Таким образом:

$$e = \frac{(2{,}89 + 0{,}185)^2}{2R} = \frac{4\,730}{R} \text{ мм.}$$

Отсюда можем определить величины наименьших допускаемых радиусов R.

Положим $e = 20$ мм; тогда $20 = \frac{4\,730}{R}$; $R = \frac{4\,730}{20} = 236$.

Если принять во внимание имеющийся запас (зазор) в 15 мм, т. е. принять во внимание полное заклинивание паровоза, то получим $. = 20 + 15 = 35$ мм,

$$R = \frac{4\,730}{35} = 135 \text{ м.}$$

Для возможности уменьшения радиуса кривой реборды у среднего колеса паровоза иногда совсем не делают. Тогда величина уширения может быть уменьшена на величину e_1 именно:

$$e = \frac{4\,730}{R} - \frac{(1{,}43 - 0{,}185)^2}{2R} = \frac{4\,730}{R} - \frac{0{,}775}{R} = \frac{4}{R} \text{ м или } \frac{4\,000}{R} \text{ мм,}$$

если примем уширение 20 мм, то $R = 200$ м.

Что касается допусков ширины колеи, то согласно циркуляру Центр. управления пути и капитального строительства НКПС СССР 25 янв. 1931 г. № ЭУ-9/2 установлены нижеследующие нормы: на прямом участке пути ширина колеи должна быть стандартной 1524 мм. Уширение может быть допущено в 10 мм, а сужение в 3 мм, после чего колея должна быть перешита немедленно. Для магистральных линий, имеющих обращение поездов со скоростью свыше 60 км/час, разница в ширине колеи на двух соседних шпалах не должна быть более 3 мм. Для линий, имеющих обращение поездов со скоростью не свыше 60 км/час, разница в ширине колеи на двух соседних шпалах должна быть не более 5 мм. Для второстепенных линий и ветвей разница в ширине колеи на двух соседних шпалах не устанавливается.

Подъем наружного рельса и кривой. Посмотрим теперь, как бороться с вредными последствиями центробежной силы.

Для уничтожения указанного вредного действия центробежной силы поднимают наружный рельс. Благодаря указанному подъему наружного рельса появляется слагающая силы тяжести, направленная в обратную центробежной силе сторону. Высота подъема должна быть так рассчитана, чтобы направленная параллельно плоскости пути слагающая сила тяжести P_2 равнялась направленной против нее слагающей центробежной силы, именно:

$$\frac{mv^2}{R} \cos \alpha,$$

т. е.

$$P_2 = \frac{vm^2}{R} \cos \alpha,$$

НТБ ДНУЖТ

но $P_2 = P \sin \alpha$, где α есть угол подъема плоскости пути к горизонту (черт. 50).

$$\frac{mv^2}{R} \cos \alpha = P \sin \alpha,$$

но

$$m = \frac{P}{g},$$

где g есть ускорение силы тяжести.

$$\frac{P}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos \alpha = P \sin \alpha,$$

откуда:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v^2}{Rg};$$

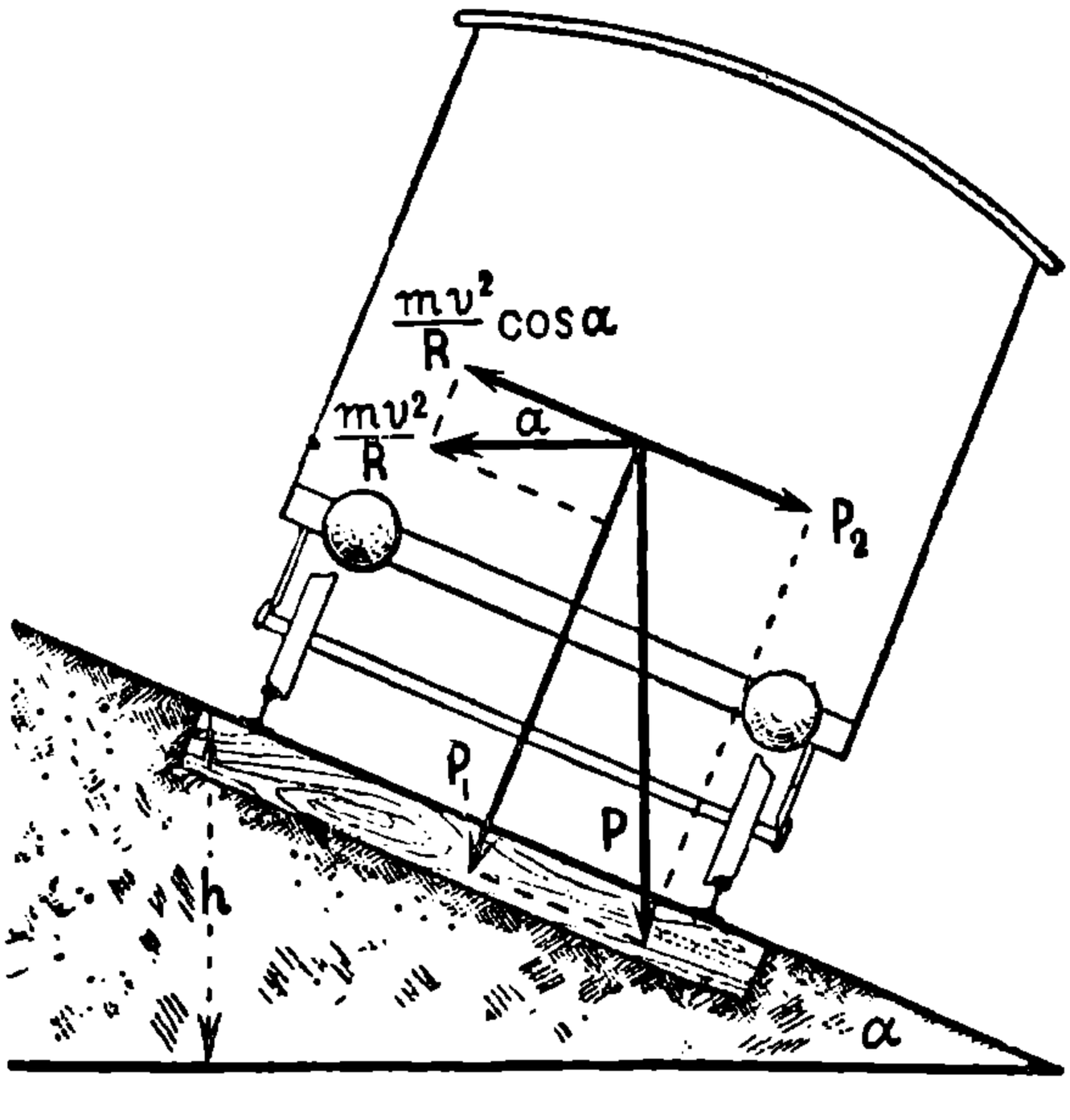
если обозначить через S ширину колеи, а через h высоту подъема наружного рельса, то

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{S};$$

подставляя в полученное выше выражение вместо

$$\operatorname{tg} \alpha - \frac{h}{S},$$

получим:



Черт. 50.

$$h = \frac{Sv^2}{Rg}.$$

Подставим в эту формулу вместо букв цифровые данные, взятые из практики:

S — ширина колеи = 1,524 *м*;
v — скорость движения в *м/сек*;
g — ускорение силы тяжести = 9,81 *м/сек²*,
R — радиус кривой в метрах;

$$h = \frac{1{,}524v^2}{9{,}81R},$$

причем h будет выражена в метрах.

Чтобы иметь право в формулу подставлять вместо скорости v, выраженной в *м/сек*, скорость v_0, выраженную в *км/час*, мы должны будем преобразовать формулу таким образом:

$$h = \frac{1{,}524}{9{,}81} \left(\frac{1000}{60 \cdot 60} \right)^2 \frac{v^2}{R} = 0{,}0125 \frac{v^2}{R}.$$

Желая, чтобы h выражалась не в метрах, а в миллиметрах, мы должны эту формулу помножить на 1 000 и тогда окончательно получаем:

$$h = 12{,}5 \frac{v^2}{R} \text{ мм},$$

где: v — скорость в *км/час*, R — радиус в метрах.

НТБ ДНУЖТ

У нас до последнего времени R выражали в саженях, v — в верстах в час и h в тысячных сажени; тогда при $S = 0{,}714$ саж. и $g = 4{,}6$ саж/сек, формула получала вид:

$$h = \frac{3v^2}{R}.$$

Теория и практика показали, что центробежная сила неопасна для движения поездов и поэтому рассчитывать подъем наружного рельса следует, исходя из соображения не безопасности, а соображений экономических, именно — следует так рассчитать подъем рельса, чтобы получился наименьший износ рельса. Если бы мы рассчитали высоту h по приведенной выше формуле применительно к скорости v курьерских поездов, то при движении товарных поездов это возвышение оказалось бы настолько большим, что вагоны товарного поезда прижимались бы к внутреннему рельсу и получился бы износ этого последнего.

Если бы мы считали по скорости товарных поездов, т. е. вместо v ставили величину скорости движения товарных поездов, то получили бы по этой формуле столь малое возвышение наружного рельса, что при движении курьерских поездов центробежная сила не была бы уничтожена и колеса курьерских поездов прижималась бы к наружному рельсу и истирали бы его.

Спрашивается, по какой же скорости надлежит считать? Самое правильное было бы считать по средней скорости всего проходящего по данному участку дороги тоннажа, т. е. общего веса поездов, именно по скорости:

$$v = \frac{v_1 Q_1 + v_2 Q_2 + v_3 Q_3 + \ldots + v_n Q_n}{Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots + Q_n},$$

где:

Q_1, Q_2, Q_3 и т. д. — полный вес проходящих по данному участку поездов разных категорий, именно--курьерских, пассажирских, товарных и др.

v_1, v_2, v_3 и т. д. — средние скорости движения этих поездов.

В виду того, что скорости различных поездов весьма разнообразны и что скорости эти меняются еще в связи с различными условиями профиля пути, пользование этой формулой весьма усложнило бы дело: для различных участков пути (для площадок, различных подъемов, различных скатов) пришлось бы делать различные повышения. Потому в Западной Европе обычно пользуются эмпирической формулой вида:

$$h = m \frac{v}{R},$$

где:

v — наибольшая допускаемая скорость для кривой данного радиуса в *км/час*;

R — радиус кривой в *м*;

m — некоторый коэфициент, устанавливаемый различными дорогами в зависимости от местных условий; m колеблется в пределах от 1 000 до 500;

h — величина повышения в *мм*.

НТБ ДНУЖТ

Наши условия наиболее подходят к условиям германских дорог, где m принято 500, тогда $h = 500\frac{v}{R}$.

Для наших дорог приказом НКПС № 89/ПВ от 9/XII—27 г. брошюра н/225 утверждены нижеследующие нормы: при наибольшей допускаемой скорости на кривой до 40 *км/час* указанная выше теоретическая формула:

$$h = 12{,}5\frac{v^2}{R};$$

при наибольшей скорости на кривой свыше 40 *км/час* эмпирическая формула:

$$h = 500\frac{v}{R}.$$

В настоящее время нормы пересматриваются.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое виляние вагона и чем оно вызывается?
2. Что такое виляние, подпрыгивание и боковая качка паровоза и какими причинами они вызываются?
3. Что такое центробежная сила и радиальное давление, чем объясняется появление последнего?
4. Для чего делается уширение колеи в кривой и какие у нас приняты нормы этого уширения?
5. Для чего делается подъем наружного рельса в кривой и какие у нас приняты нормы для этого подъема?
6. Какие у нас установлены последние нормы допусков ширины колеи?
7. Какие усовершенствования в конструкции подвижного состава применяются для облегчения прохождения по кривым частям пути?

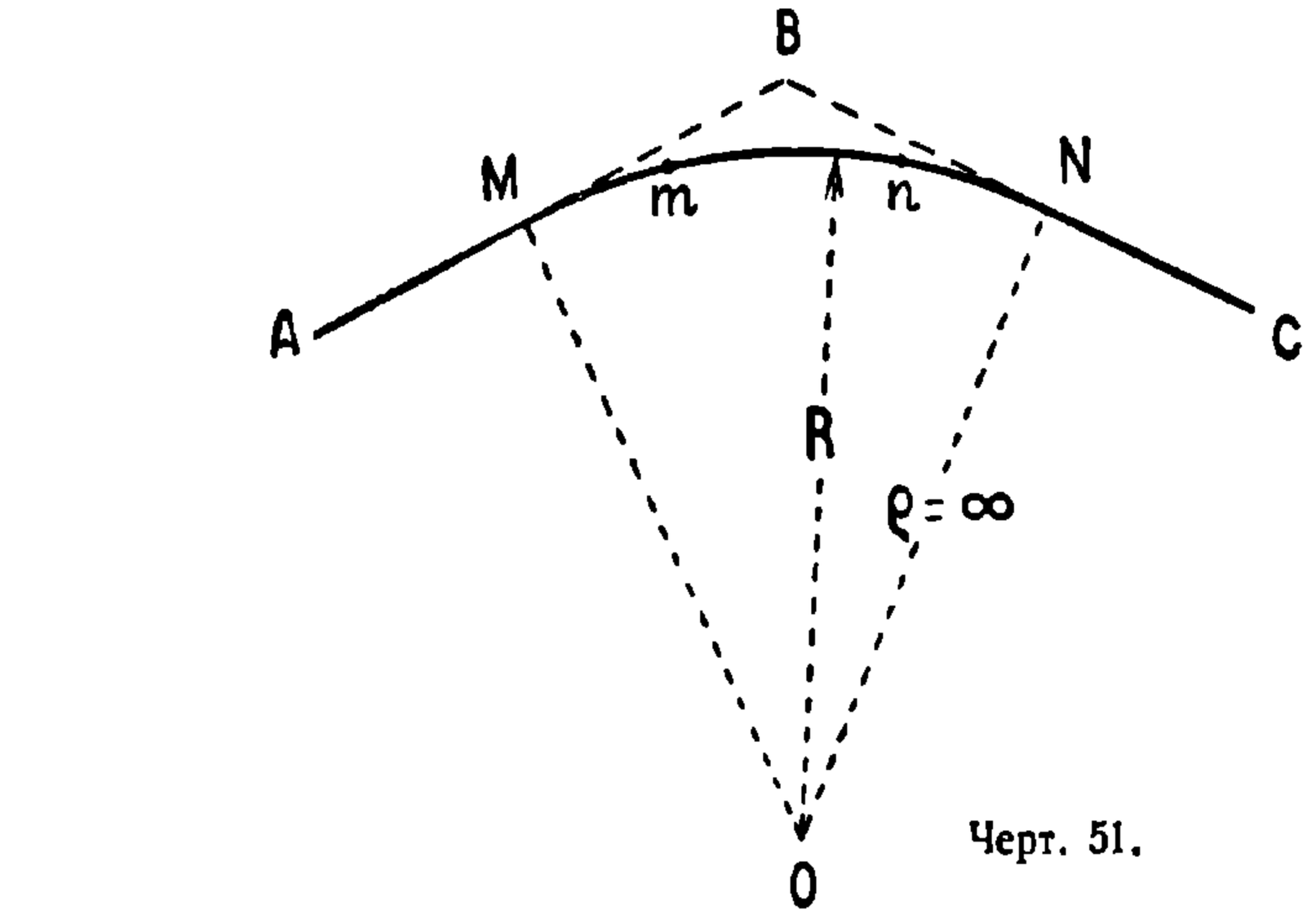
§ 6. Переход железнодорожного пути из прямого участка в кривую

При переходе железнодорожного пути от одного прямолинейного направления *AB* в другое *BC*, между двумя указанными прямыми, пересекающимися под некоторым углом (черт. 51), путь укладывается по некоторой кривой *MN*, причем в средней своей части *mn* путь обычно укладывается по круговой кривой определенного радиуса *R*; в крайних же своих частях *Mm* и *nN*, именно между указанной круговой кривой и прямыми укладываются особые переходные кривые переменного радиуса кривизны, и укладываются они, исходя из нижеследующих соображений: железнодорожный путь в кривых частях должен иметь такое очертание, чтобы при входе поезда с прямой на кривую и при проходе по самой кривой движение поезда было плавное. Для достижения плавности движения необходимо, чтобы радиус кривизны кривой, начиная от точки касания с прямой и далее, изменялся п о с т е п е н н о; в точке касания с прямой радиус кривизны должен равняться бесконечности и затем постепенно уменьшаться до требуемой конечной величины *R*. Наиболее подходящими для железнодорожного пути будут такие кривые, у которых радиус кривизны будет постепенно изменяться в зависимости от расстояния точек кривой до какой-нибудь постоянной точки, причем расстояние это может быть измерено или по дуге кривой, или по хорде, или по одной из координатных осей; в таком

РГБ ДНУЖТ

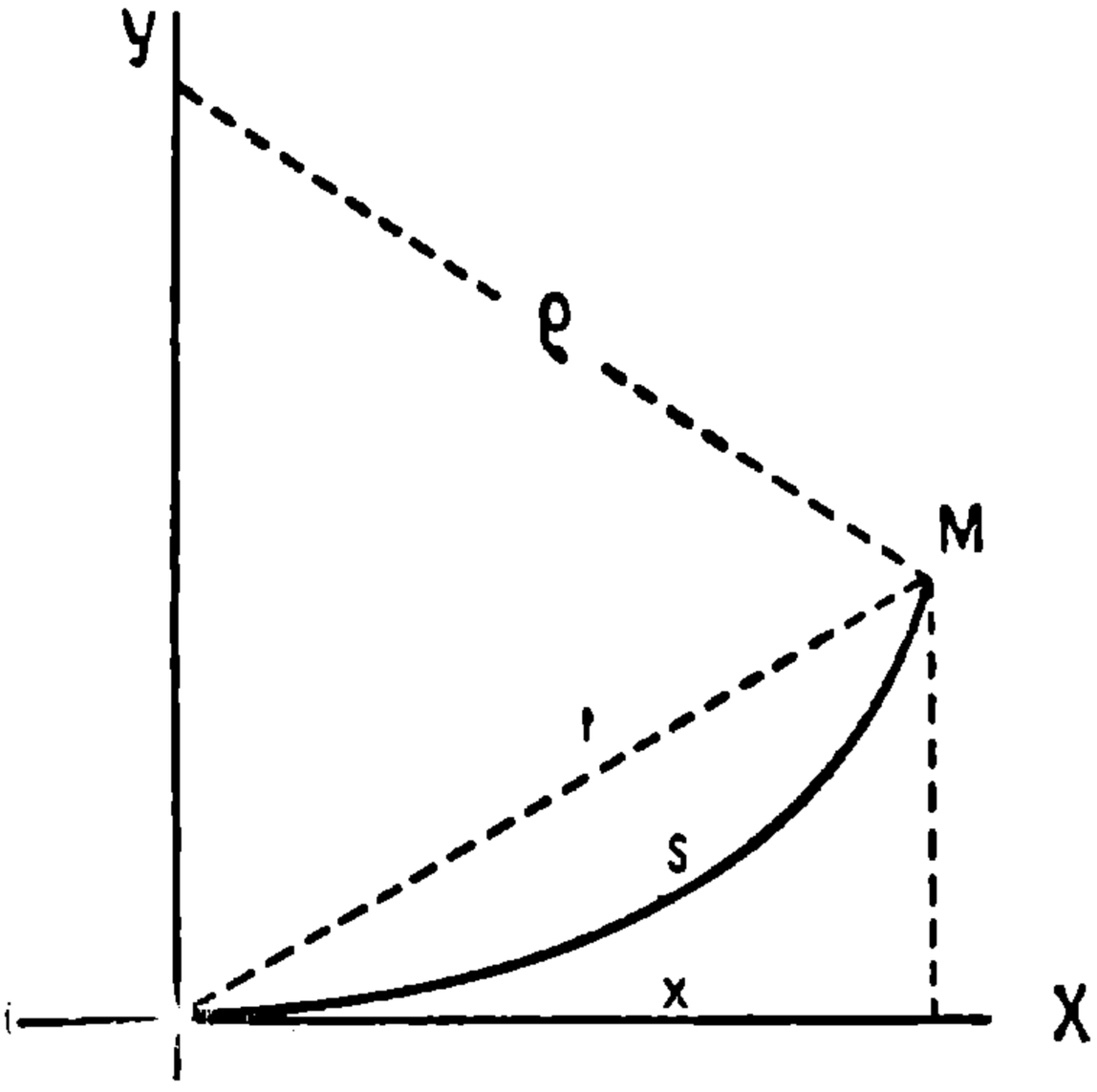
случае очень просто будет произвести расчет повышения наружного рельса и уширения колеи. Указанным выше условиям постепенного изменения радиуса кривой могут удовлетворять лишь кривые трансцендентные или алгебраические, порядка выше 2-го.

Простейшей зависимостью между радиусом кривизны данной точки кривой и расстоянием этой точки от какой-либо постоянной



Черт. 51.

точки будет обратная пропорциональность радиуса кривизны (черт. 51) к расстоянию данной точки касания кривой с прямой. Возьмем прямоугольные оси координат с началом координат в точке касания кривой с прямой, причем ось x совпадает с прямой. Тогда указанная выше зависимость между радиусом кривизны данной точки M и расстоянием ее до точки $\underline{O}$ касания прямой и кривой выразится (черт. 52):



Черт. 52.

$$1)\quad \rho = \frac{c}{x},$$

если отсчитывать расстояния по оси координат x,

$$2)\quad \rho = \frac{c}{r},$$

если отсчитывать расстояния по хорде,

$$3)\quad \rho = \frac{c}{s},$$

если рассчитывать расстояние по дуге кривой.

НТБ ДНУЖТ

В написанных выше выражениях ϱ — радиус кривизны, C — некоторая постоянная, r — длина хорды, S — длина дуги, x — абсцисса точки M. Все три вышеуказанные выражения удовлетворяют условию, что радиус кривизны в точке касания прямой и кривой равен ∞, в самом деле при $x=0$, $\varrho=\frac{C}{0}=\infty$, при $r=0$, $\varrho=\infty$, при $S=0$, $\varrho=\frac{C}{0}=\infty$ (черт. 52).

Рассмотрим каждую из кривых.

1) Кривая $\varrho=\frac{C}{x}$ — кубическая парабола.

Радиус кривизны, как известно, выражается так:

$$\frac{1}{\varrho}=\frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}.$$

За незначительностью стоящей в знаменателе величины

$$\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}$$

можно принять, что

$$\frac{1}{\varrho}=\frac{d^2y}{dx^2},$$

$$\varrho=\frac{C}{x};$$

следовательно

$$\frac{d^2y}{dx^2}=\frac{x}{C}.$$

Интегрируя и замечая, что при $x=0$ также $\frac{dy}{dx}=0$, получим:

$$\frac{dy}{dx}=\frac{x^2}{2C}.$$

Интегрируя вторично и замечая, что при $x=0$ также $y=0$, получим:

$$y=\frac{x^3}{6C}.$$

Таким образом, кубическая парабола удовлетворяет поставленному условию, чтобы радиус кривизны был обратно пропорционален абсциссам x при незначительных величинах x. В самом деле, при $x=0$ радиус кривизны, как мы видели, равен ∞, затем с увеличением x радиус кривизны уменьшается, но до известного предела, после которого опять возрастает до бесконечности. Поэтому, применять кубическую параболу для кривых частей железнодорожного пути можно лишь в случае, когда эти кривые не особенно длинны и при радиусах более 200 *м*.

2) Кривая $\varrho=\frac{C}{r}$ есть лемниската Бернулли. Она не применяется на железной дороге и потому исследовать ее не будем.

НТБ ДНУЖТ

3) $\varrho = \frac{C}{s}$ радиондальная кривая.

Радиоидальную кривую можно применять при любой длине кривой и при любых радиусах; поэтому радиоидальная кривая более совершенна, чем кубическая парабола, но определение координат ее отличается большей сложностью, чем определение координат кубической параболы, которые определяются очень просто из уравнения:

$$y = \frac{x^3}{6C}.$$

На большинстве железных дорог всех стран, так же как и у нас, применяется обычно кубическая парабола; исключение составляют американские железные дороги, где применяется радиоидальная кривая.

Длина переходной кривой рассчитывается, исходя из того соображения, чтобы на протяжении этой длины l повышение наружного рельса h равномерным уклоном i сошло „на нет", т. е. длина переходной кривой определяется из формулы:

$$h = li,$$

причем уклон на магистральных линиях принимается равным $i = 0{,}001$ (при стесненной трассе $i = 0{,}002$ и в особо трудных случаях $i = 0{,}003$).

На подъездных путях $i = 0{,}002$ и при трудных условиях трассировки $i = 0{,}003$.

Величина параметра C очень просто определяется из приведенного выше уравнения $x = \frac{C}{\varrho}$, подставляя вместо x длину переходной кривой l и вместо ϱ — радиус круговой R, именно:

$$C = Rl.$$

Имея в виду, что у нас применяется исключительно кубическая парабола и что в условиях практики (при применяемых обычно на железных дорогах радиусах и при встречающихся длинах переходных кривых) применение кубической параболы дает вполне удовлетворительные результаты, мы в нижеследующем изложении будем говорить лишь об этой кривой.

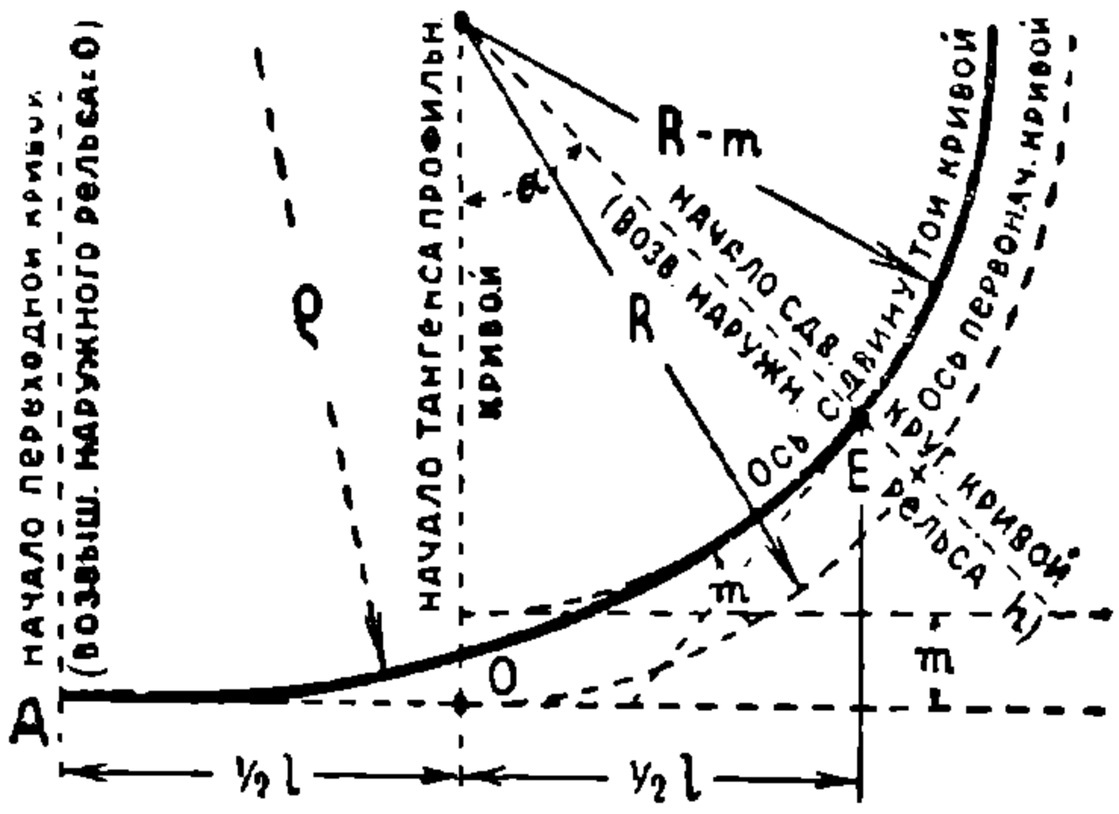
Разбивка переходной кривой по кубической параболе

Рассмотрим два способа разбивки

1) Способ наружного замыкания. На черт. 53 пунктирной линией показана круговая кривая радиуса R, первоначально разбитая при трассировке линии. Начало этой кривой находится в точке O. Требуется между круговой кривой постоянного радиуса R и между прямой уложить переходную кривую. Радиус этой кривой в месте примыкания к прямой, как мы видели выше, равняется бесконечности; затем он постепенно уменьшается, и в месте примыкания к круговой кривой этот радиус должен равняться радиусу круговой кривой. Переходная кривая изображена на чертеже сплошной линией. Начало ее находится в точке A, и конец — в точке E. Из чертежа ясно видно, что переходная кривая, прибли-

НТБ ДНУЖТ

жаясь к своей конечной точке E, все больше отодвигается во внутрь, к центру круговой кривой, все отдаляясь от этой последней, и что расстояние ее от первоначальной круговой кривой в конце, т. е. там, где она должна примкнуть к круговой кривой, равняется m; следовательно, и круговая кривая, с которой должна соединиться переходная кривая, также должна отодвинуться от своего первоначального положения, показанного пунктиром, во внутрь, или, другими словами, должна изменить свой радиус, несколько его уменьшив, именно — если радиус первоначальной кривой был R, то теперь он должен стать равным $R - m$.



Черт. 53.

Спрашивается, как найти начало переходной кривой, т. е. на каком расстоянии от точки O находится точка A; как найти конец переходной кривой, т. е. точку E, и, наконец, чему равняется величина m.

Зная эти величины и имея уравнение переходной кривой (кубической параболы), а следовательно, зная и координаты этой кривой, легко разбить и самую переходную кривую; и круговую кривую.

Оказывается, начало и конец переходной кривой находятся на расстоянии $\frac{l}{2}$ влево и вправо от точки O, если длина переходной кривой равна l, т. е., другими словами, перпендикуляр, опущенный из центра круговой кривой на ось прямого пути, делит пополам проекцию переходной кривой на эту ось.

В самом деле (черт. 54) $OH = CE = R \sin \beta$, или (за малостью угла β) равняется $R \operatorname{tg} \beta$. Но угол β есть угол, составляемый касательной к кубической параболе, следовательно

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{dy}{dx},$$

где

$$y = \frac{x^3}{6C} \text{ (уравнение кубической параболы);}$$

итак,

$$\operatorname{tg} \beta \quad \frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2C}.$$

В точке E, т. е. в конце переходной кривой, в месте ее касания с круговой кривой радиуса R, абсцисса переходной кривой $x = l$; радиус переходной кривой

$$\varrho = R = \frac{C}{x}.$$

Поэтому,

$$OH = CE = R \sin \beta = \frac{C}{x} \frac{x^2}{2C} = \frac{x}{2} = \frac{l}{2}.$$

НТБ ДНУЖТ

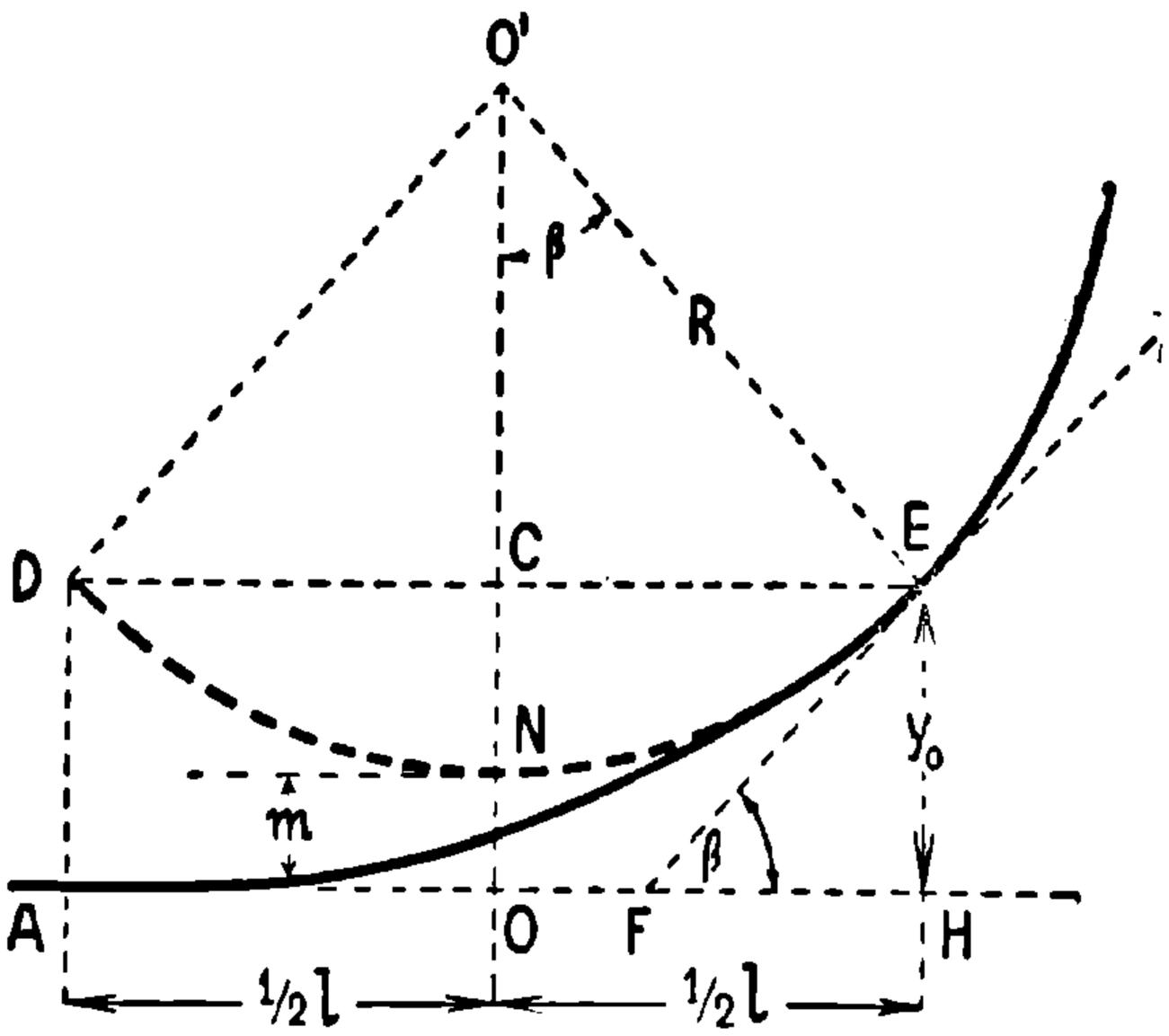
Следовательно, если длина переходной кривой равна l и точка H отстоит от O на расстоянии $\frac{l}{2}$, то, действительно, перпендикуляр, опущенный из центра круговой кривой, делит проекцию переходной кривой пополам (черт. 54).

Искомая величина m равняется $\frac{1}{4}$ ординаты y_0 в конечной точке переходной кривой, т. е. $\frac{1}{4}\,EH$, или $\frac{1}{4}\,y$.

В самом деле:

$$m = NO = CO - CN = EH - CN = y_0 - CN,$$

$$CN = R - R\cos\beta; \quad \cos\beta = 1 + \frac{\beta^2}{1\cdot 2} + \frac{\beta^3}{1\cdot 2\cdot 3} + \ldots$$



Черт. 54.

Ограничиваясь двумя членами, получаем

$$CN = R - R\left(1 + \frac{\beta^2}{2}\right) = -\frac{R\beta^2}{2}.$$

При малости угла β можно принять $\beta = \operatorname{tg}\beta$. Следовательно,

$$CN = -\frac{(R\operatorname{tg}\beta)^2}{2},$$

$\operatorname{tg}\beta$, как мы видели выше, равняется:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2C}; \quad R = \varrho = \frac{C}{x}.$$

Таким образом

$$m = y_0 - CN = y_0 - \frac{R\operatorname{tg}\beta^2}{2} = y_0 - \frac{C}{x}\,\frac{\left(\frac{x^2}{2C}\right)^2}{2} = y_0 - \frac{x^2}{8C} = y_0 - \frac{3}{4}\cdot\frac{x^2}{6C} =$$

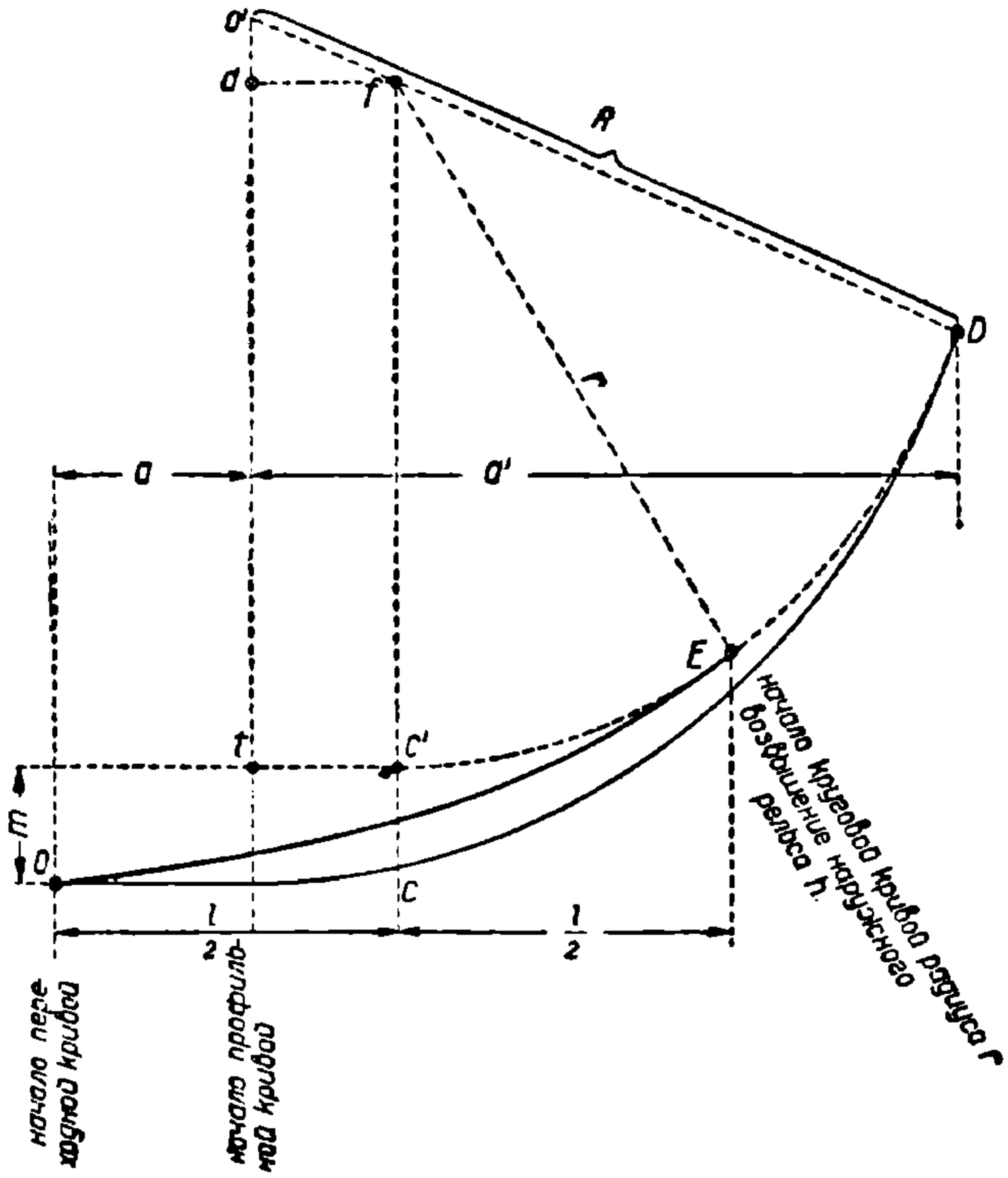
$$y_0 - \frac{3}{4}y_0 = \frac{1}{4}\,y_0 = \frac{1}{4}EH.$$

НТБ ДНУЖТ

Итак, имея уравнение кубической параболы, зная величину m и начало и конец переходной кривой, легко произвести разбивку этой кривой.

2) Второй способ разбивки переходной кривой, применяемый в том случае, когда невозможно или нежелательно значительно сдвигать внутрь ось круговой кривой.

Способ этот заключается в том, что переходная кривая примыкает в точке E к круговой кривой радиуса r, меньшего, чем ра-



Черт. 55.

диус R профильной круговой кривой. В свою очередь круговая кривая радиуса r примыкает к точке D к профильной круговой кривой радиуса R (см. черт. 55).

Начало переходной кривой O отстоит от начала T профильной кривой (от тангенса T) на величину

$$a = OC - TC = OC - tc' - OC - df = \frac{l}{2} - df.$$

Если обозначим центральный угол, соответствующий дуге TD, через γ, то из треугольника $o'df$ можем написать, что $df = o'f \sin\gamma = (R - r)\sin\gamma$.

Следовательно, $a = \frac{l}{2} - (R - r)\sin\gamma$.

НТБ ДНУЖТ

Величина угла γ определяется из треугольника $o'df$ следующим образом:

$$\cos\gamma = \frac{R-r-m}{R-r} = 1 - \frac{m}{R-r}.$$

Что касается величины m, то таковая согласно предыдущему см. первый способ) равняется:

$$m = \frac{1}{4}y_0; \quad y_0 = \frac{l^3}{6c} = \frac{l^3}{6rl} = \frac{l^2}{6r},$$

где r — радиус той круговой кривой, к которой примыкает переходная кривая.

Таким образом $m = \frac{1}{4}y_0 = \frac{1}{4}\cdot\frac{l^2}{6r} = \frac{l^2}{24r}$.

Итак,

$$\cos\gamma = 1 - \frac{l^2}{24r\,(R-r)}.$$

Расстояние точки соприкасания круговых кривых, именно — точки D от начала O переходной кривой равно (абсцисса точки D)

$$a + a' = \frac{l}{2} - (R-r)\sin\gamma + R\sin\gamma.$$

Ордината точки D будет равна $R - R\cos\gamma$.

Таким образом определяются главнейшие элементы кривой.

Разницу между радиусами R и r рекомендуется брать нижеследующей величины:

при R до 160 *м*,	$R-r=$ 10 *м*,
при R от 300 до 600 *м*,	$R-r=$ 25 *м*,
при R от 600 до 1 200 *м*,	$R-r=$ 50 *м*,
при R от 1 200 до 3 000 *м*,	$R-r=$ 100 *м*,

ПРИЛОЖЕНИЕ

(из технических условий проектирования железнодорожных линий магистрального значения с паровой тягой).

Определение позышения рельса в кривых, длины переходных кривых и длины строительных вставок между кривыми.

1. Повышение наружного рельса в кривых в *мм* определяется по формуле:

$$h = \frac{12{,}5\,v^2}{R},$$

но должно быть не более 125 *мм*, где v — предполагаемая наибольшая взвешенная скорость в *км/час* в кривых соответствующего радиуса, R — радиус кривой в *м*.

При укладке пути на строящихся дорогах возвышение наружного рельса, в целях равномерного износа наружного и внутреннего рельса, назначается в соответствии с фактической взвешанной скоростью обращающихся поездов на первое время после открытия железной дороги с учетом веса поездов.

2. Параметры переходных кривых $C = R \cdot S$ устанавливаются следующих величин: 45000, 30000, 20000, 15000 и 10000.

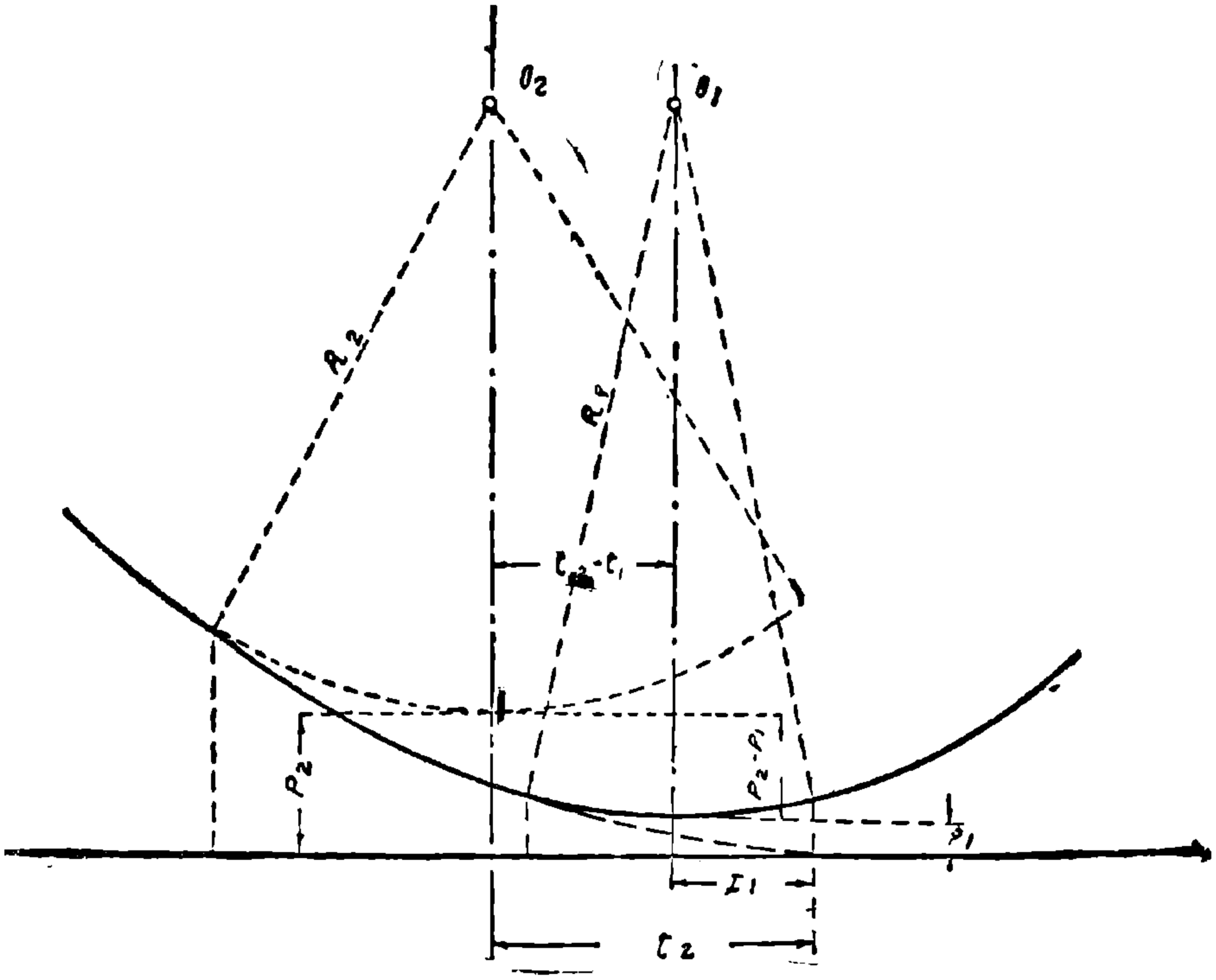
НТБ ДНУЖТ

Применение такого или иного параметра для данного радиуса определяются трудностью трассирования, причем при нестесненной трассе применяются большие параметры.

В качестве основной переходной кривой принимается кубическая парабола, но при

$$C = 45\,000 \text{ и } R\ 600\ м,$$
$$C = 30\,000 \text{ и } R\ 400\ м,$$
$$C = 20\,000 \text{ и } R\ 400\ м,$$
$$C = 15\,000 \text{ и } R\ 350\ м,$$
$$C = 10\,000 \text{ и } R\ 250\ м,$$

нужно разбивать переходную кривую по радиоидальной спирали.



Черт. 56.

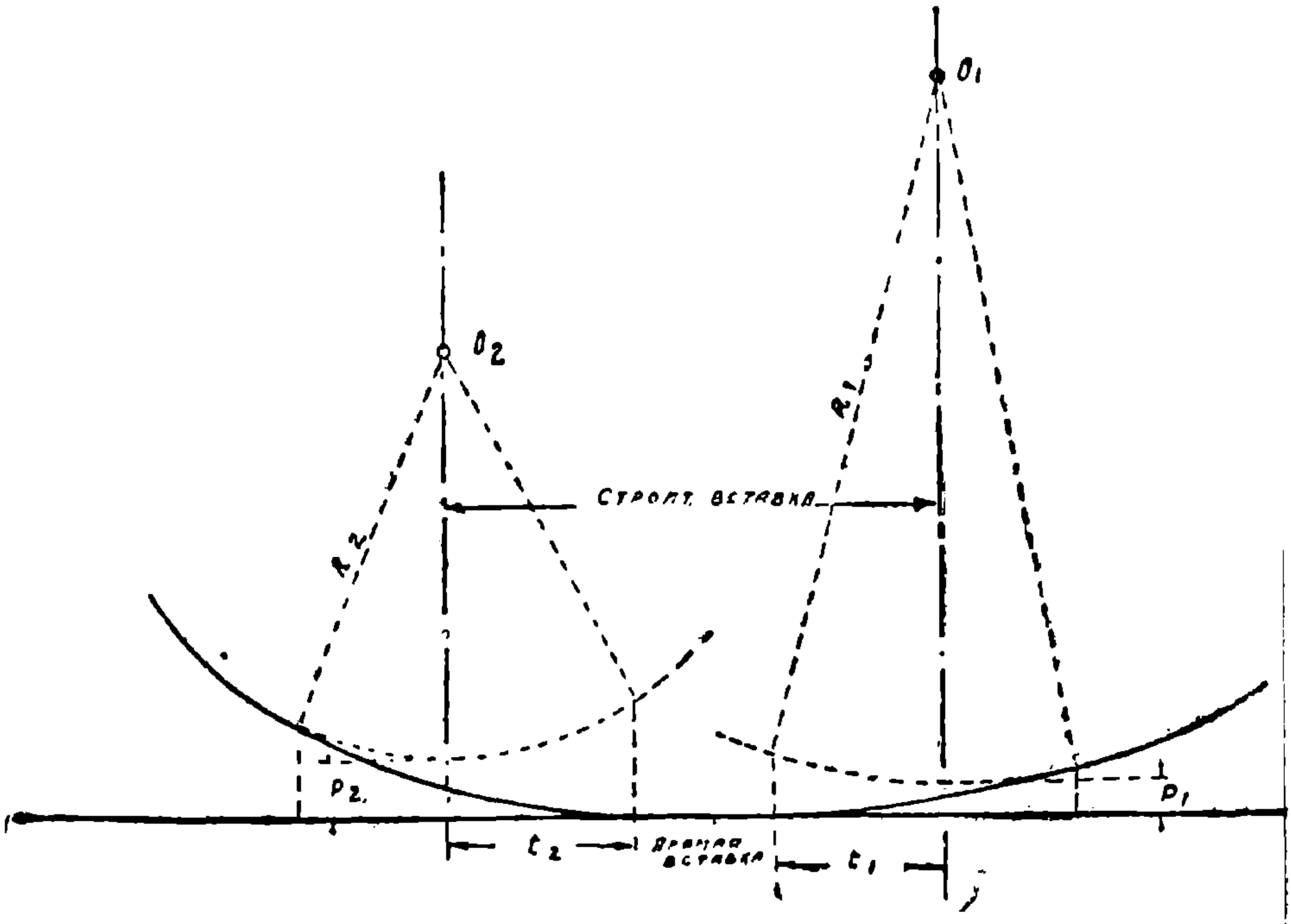
В нижеследующей таблице приведены для различных периметров и радиусов:
Максимальные расчетные возвышения наружного рельса — *h*.
Расчетные скорости — *v км/час*.
Длина кривой — *S м*.
Расстояние начала переходной кривой от тангенса круговой кривой — *t м*.
Сдвиг круговой кривой относительно тангенса — *p м* (см. черт. 56).

Для определения наименьшей длины строительной вставки между тангенсами круговых кривых в нормальных условиях необходимо к сумме расстояний от начала переходных кривых до тангенсов круговых кривых ($t_1 + t_2$) прибавить величину прямой вставки между началами переходных кривых, минимальные значения которых приведены в Т. У.

В случае сопряжения двух круговых кривых различных радиусов при помощи общей переходной кривой длина строительной прямой ставки определяется разностью расстояний $t_2 - t_1$. В этом случае сопряжения общая переходная кривая разбивается по параметру, соответствующему меньшему радиусу (см. черт. 57).

Разбивка переходных кривых должна производиться до приступа к земляным работам.

НТБ ДНУЖТ



Черт. 57.

R	2000	1 500	1 200	1 000	800	600	500	400	350	300	250	200
h....	30	40	50	60	75	100	120	125	125	125	125	125
v....	70	70	70	70	70	70	70	70	65	60	55	50
					$C =$	45,000						
s....	22,50	30,00	37,50	45,00	56,25	75,00	90,00					
t....	11,25	15,00	18,75	22,50	28,125	37,49	44,99					
p....	0,01	0,03	0,05	0,08	0,16	0,39	0,68					
								$C =$	30,000			
s....						50,000	60,00	75,00	35,71	10,000		
t....						25,00	30,00	37,48	42,83	49,95		
p....						0,17	0,30	0,59	0,87	1,39		
									$C =$	20,000		
s....								50,00	57,14	66,67	80,00	100,00
t....								25,00	23,56	33,32	39,94	49,90
p....								0,26	0,39	0,62	1,07	2,08
									$C =$	15,000		
s....									42,86,	50,00	60,00	75,00
t....									21,42	24,99	29,96	37,42
p....									0.22	0,35	0,60	1,17
											$C =$	10,000
s....											40,00	50,00
t....											19,99	24,98
p....											0,27	0,52

НТБ ДНУЖТ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Каким неудобством с точки зрения движения подвижного состава отличается место перехода из прямого пути в кривую?
2. Что такое переходная кривая и каково ее назначение?
3. По какой кривой у нас обычно разбивается переходная кривая?
4. Что такое способ наружного замыкания разбивки переходной кривой?
5. Какой применяется способ разбивки переходной кривой, когда нежелательно значительно сдвигать внутрь ось круговой кривой?

§ 7. Сопротивления движению поездов

При движении поезд встречает на своем пути серию различных сопротивлений. Движению поезда оказывают сопротивление силы трения, появляющиеся между колесами подвижного состава и рельсами; поезд встречает сопротивление от подъема, от кривой, от ветра и т. д. Чем больше указанные сопротивления, тем больше должна быть движущая поезд сила, тем больше изнашивается подвижной состав и рельсы, тем больше эксплоатационные расходы. Поэтому, одной из важных задач железнодорожной техники является уменьшение вышеуказанных сопротивлений. В нижеследующем изложении рассматриваются факторы, влияющие на величину сопротивлений, и приводятся методы для выяснения и формулы для расчета этих сопротивлений.

Сопротивления, которые поезд встречает при своем движении, могут быть разделены: 1) на основное сопротивление, именно то сопротивление, которое поезд встречает при своем движении на прямом и горизонтальном пути, и 2) на дополнительные сопротивления от кривой, от подъема, от ускорения.

1. Основное сопротивление движению поезда на прямом и горизонтальном пути зависит от нижеследующих факторов.

а) От силы трения, появляющейся между подшипниками и осевыми шейками.

б) От реакции рельса, появляющейся при катании колеса по рельсу (катящее трение).

в) От ударов в стыках рельсов.

Стык рельса является одним из больных мест железнодорожного пути. Из-за нарушения непрерывности рельса и неизбежных зазоров, рельс, несмотря на самые сильные накладки и на сближение стыковых шпал, является ослабленным; стык прогибается. Вследствие неровности пути в стыках происходят удары, сопряженные с потерей живой силы движущегося поезда. Сопротивление движению, вызванное указанным фактором, увеличивается с увеличением скорости (пропорционально квадрату ее), но при современном положении наших знаний точному теоретическому учету не поддается.

г) От давления воздуха на лобовые поверхности и от трения воздуха о боковые поверхности подвижного состава пропорционально квадрату скорости — v^2.

д) От трений в механизме паровоза.

Указанные выше сопротивления не могут быть рассчитаны с математической точностью.

Обычно, сопротивления движению поезда рассчитываются с достаточной для практики точностью по эмпирическим формулам,

НТБ ДНУЖТ

выведенным на основании опытов и наблюдений над движением поездов. Общий вид этих формул: $w = a + bv + cv^2$, где v — скорость движения; a, b, c, — коэфициенты, соответствующие данному подвижному составу (паровозу данной конструкции), данному вагону (пассажирскому, товарному данной конструкции).

Эмпирических формул для учета сопротивлений движению поезда на прямом и горизонтальном пути существует целая серия.

Большое распространение у нас имела формула, применявшаяся в Германии, именно — формула баварских железных дорог (у нас она именовалась формулой Кларка):

$$w_0 = 2{,}4 + 0{,}001\ v^2,$$

где: w_0 — основное сопротивление на прямом и горизонтальном пути, выраженное в килограммах на тонну веса поезда, v — скорость поезда в *км/час*.

Формула эта довольно простая, но не точная, для больших скоростей она дает явно преувеличенный результат. Возьмем пример. Товарный поезд состоит из 50 крытых товарных вагонов весом по 20 *т*, вес паровоза и тендера 120 *т*, вес всего поезда $50 \cdot 20 + 120 = 1\,120$ *т*, скорость движения $v = 30$ *км/час*, $w_0 = 2{,}4 + 0{,}01 \cdot 30^2 = 3{,}3$ *кг/т*.

Таково удельное сопротивление, т. е. на тонну веса поезда, w_0 — сопротивление от всего поезда — будет равно $3{,}3 \cdot 1\,120$ *т* $= 3\,696$ *кг* $= 3{,}7$ *т*.

Если скорость движения 60 *км/час*, $w_0 = 2{,}4 + 0\,001 \cdot 60^2 = 6$ *кг/т*, и сопротивление от всего поезда $w_0 = 6 \cdot 1\,120 = 6\,720$ *кг* $= 6{,}7$ *т*.

Неточные результаты дают и другие имеющие у нас распространение формулы, как-то: формулы Франка, проф. Петрова и др.

Согласно „Временным правилам о производстве тяговых расчетов", установленным НКПС в 1919 г., для точного определения сопротивления движению вагонов поезда рекомендуется пользоваться нижеприведенными формулами (дающими величину сопротивления на прямом горизонтальном пути w_0 в килограммах на тонну веса поезда):

1) Для двухосных товарных вагонов формулою Харьково-Николаевской жел. дор.:

$$w_0 = 1{,}4 + 0{,}04 + \frac{0{,}33}{Q_e} v.$$

2) Для четырехосных товарных вагонов на тележках — формулою Лебедева:

$$w_0 = 2{,}8 - \frac{Q_e - 12}{700} v + 0{,}0014\ v^2.$$

3) Для двухосных и трехосных пассажирских вагонов — формулою Надаля:

$$w_0 = 1{,}6 + {,}3y \frac{v + 90}{1\,000};$$

для пассажирских вагонов на тележках — формулою Ломоносова:

$$w_0 = 1{,}4 + 0{,}2v \frac{v + 100}{1\,000},$$

где: Q_e — вес вагонов Брутто (груз + собственный вес вагонов) в тоннах, v — скорость движения в *км/час*.

НТБ ДНУЖТ

Пример. Товарный поезд состоит из 50 крытых товарных двухосных вагонов весом по 20 *т*; вес вагонов 50 20 = 1 000 *т*; скорость движения $v = 30$ *км/час*; вес паровоза и тендера 120 *т*, вес всего поезда 1 120 *т*.

Удельное сопротивление на единицу веса поезда по формуле Харьково-Николаевской железной дороги получается:

$$w_0 = 1{,}4 + \left(0{,}04 + \frac{0{,}33}{1000}\right) 30 = 2{,}61 \text{ кг/т}.$$

Полное сопротивление от всех вагонов на прямом и горизонтальном пути: 2,61 1 120 = 2913 *кг* = 2,9 *т*.

Для предварительных расчетов, не претендующих на большую точность, например при составлении проекта новой дороги, рекомендуется удельное сопротивление движению товарных поездов на железных дорогах нормальной колеи определять по очень простой формуле Балдвина:

$$w_0 = 1{,}5 + \frac{v}{20},$$

где v — скорость движения поезда в *км/час*.

Пример: $v = 30$ *км/час*; $w_0 = 1{,}5 + \frac{30}{20} = 3$ *кг/т*.

Проф. Ю. В. Ломоносов на основании опытов своих и Г. Н. Теодоровича рекомендует подобного же вида формулу с несколько измененными для русских нормальных вагонов коэфициентами, а именно, для полногрузных вагонов он предлагает считать:

$$w_0 = 1{,}4 + \frac{v}{18},$$

а для порожних вагонов:

$$w_0 = 1{,}4 = \frac{v}{12}.$$

Для паровоза (как повозки) он добавляет поправку $\frac{a \cdot S \cdot v^2}{P}$, где: a — опытный коэфициент, равный 0,0054, S — лобовая поверхность паровоза (7 — 8 $м^2$), P — вес паровоза.

Для товарных поездов поправка эта столь незначительна, что без особой погрешности ее можно игнорировать; поэтому, формулы Балдвина и Ломоносова представляются применимыми для расчета сопротивления движению полного товарного поезда с паровозом.

2. Дополнительное сопротивление от кривой.

Появление дополнительных сопротивлений при движении поездов по кривым частям пути вызывается нижеследующими факторами: а) набеганием колес на рельсы (наружного колеса переднего ската и внутреннего колеса заднего ската) и появляющимся благодаря этому набеганию трением гребней колес о боковую поверхность головки рельса, б) продольным скольжением колес вследствие неравенства радиусов кругов катания колес и радиусов рельсовых ниток в кривой и появляющемуся благодаря этому скольжению тре-

РГБ ДНУЖТ

нием между бандажами и рельсами, в) увеличением силы трения между осевыми шейками и подшипниками в силу указанного выше продольного скольжения колес. Чтобы определить дополнительное сопротивление от кривой, на многих железных дорогах были организованы опытные исследования движения поездов в кривых. Теоретический расчет, а также и опыт показали, что сопротивление от кривой зависит от центробежной и центростремительной сил: от радиального давления, от радиуса кривой, от жесткой базы экипажа, в значительной степени от состояния атмосферы, влияющей на коэфициент трения, от ширины колеи и, наконец, от наличия подвижных осей. Расчет показал также, что сопротивление от трения между гребнем наружного колеса и головкой рельса составляет 80% от полного дополнительного сопротивления в кривых. На основании опытов на баварских железных дорогах была выведена Рёклем (Röckl) эмпирическая формула:

$$w_1 = \frac{650}{R-55},$$

а на саксонских железных дорогах Гофманом (Hoffman):

$$w_1 = 21\,\frac{4l+l}{R-45},$$

где: w_1 — дополнительное сопротивление от кривой в килограммах на тонну веса поезда; R — радиус кривой в метрах; l — длина жесткой базы экипажа.

Приведенные эмпирические формулы не учитывают всех перечисленных выше факторов; так, формула Рекля учитывает лишь радиус кривой, а формула Гофмана — радиус кривой и жесткую базу.

Тем не менее для практических целей формулы эти вполне пригодны и нашли себе широкое применение на практике.

Проф. Ломоносов на основании своих опытов рекомендует для определения дополнительного сопротивления от кривой наших товарных поездов формулу:

$$w_1 = \frac{750}{R},$$

где: w_1 — сопротивление от кривой в килограммах на тонну веса поезда, R — радиус кривой в метрах.

Что касается работы на дополнительное сопротивление от всей кривой, то таковая не зависит от радиуса, а от угла поворота α; в самом деле, если две прямые соединяются между собою кривой малого радиуса с большим сопротивлением, то зато длина кривой будет небольшая и, наоборот, при кривой большого радиуса с малым сопротивлением длина кривой будет больше.

Поэтому работа t на преодоление дополнительного сопротивления от всей кривой может быть выражена формулой:

$$t = \frac{\pi}{180} R\alpha\,\frac{750}{R} = \frac{750\pi\alpha}{180} = 13\alpha,$$

где: t — работа в $\frac{кг}{\text{на тонну веса поезда}}$, α — величина центрального угла данного закругления.

НТБ ДНУЖТ

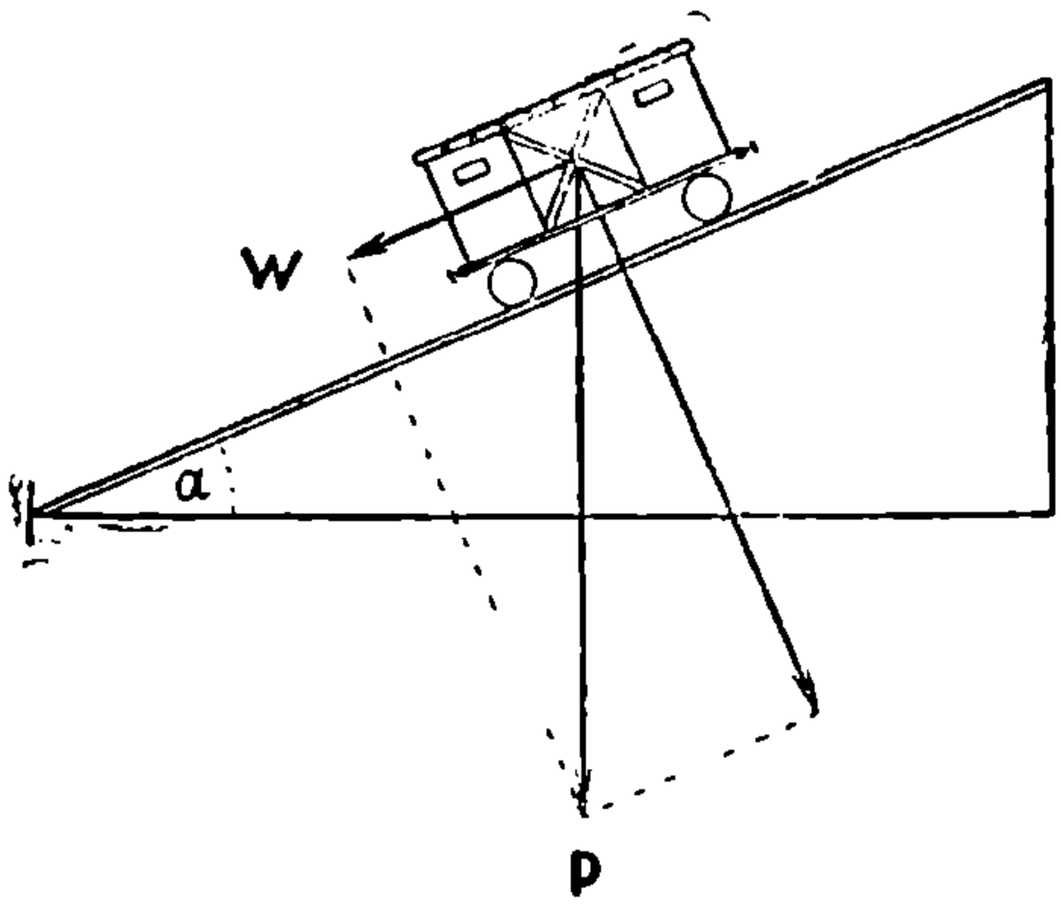
Имея в виду, что на продольном профиле пишутся величины внешних углов поворота β, $\alpha = 180° - \beta$.

Дополнительное сопротивление от подъема

При движении поезда по подъему ему приходится преодолеть сопротивление, которое равняется проекции силы тяжести на плоскость пути (черт. 58):

$$w_2 = P \sin \alpha,$$

где: P — вес поезда, α — угол наклона плоскости пути к горизонту. При движении поезда под уклон проекция силы тяжести на плоскость пути будет движущей силой; по величине она будет равна сопротивлению движения поезда по подъему $P \sin \alpha$, но только взятому со знаком минус. Так как угол α обычно бывает очень мал, можно, не делая заметных с практической точки зрения погрешностей, заменить $\sin \alpha$ через $\operatorname{tg} \alpha$; но $\operatorname{tg} \alpha$ есть уклон пути i, таким образом,



Черт. 58.

$$w_2 = \pm P \sin \alpha = \pm P \operatorname{tg} \alpha = Pi.$$

Это будет сопротивление, оказываемое всему поезду. Сопротивление же, приходящееся на единицу веса поезда, равно:

$$w_2 = \pm \frac{Pi}{P} = \pm i;$$

так, например, если $i = 0{,}005$, то $w_2 = \pm 0{,}005$ тонн на тонну веса поезда или, если выражать сопротивление в килограммах на тонну веса поезда, оно будет равно числу тысячных долей подъема, т. е. в нашем случае 5, именно $w_2 = 5$ килограммам на тонну веса поезда.

Дополнительное сопротивление от ускорения

При движении поезда с возрастающей скоростью живая сила поезда возрастает. Для увеличения этой живой силы поезда приходится затратить некоторое количество энергии. Соответствующее этой энергии сопротивление и будет дополнительное сопротивление от ускорения. Величина этого сопротивления равняется произведению из движущейся массы поезда на ускорение. Но, так как кроме всей массы поезда, движущейся поступательно, имеются еще массы с вращательным движением, как, например, колесные скаты, то указанное выше произведение из массы на ускорение следует еще помножить на некоторый коэфициент, именно — на 1,06, так как живая сила вращения колесных скатов поезда согласно подсчету составляет около 6% от живой силы масс, движущихся по-

НТБ ДНУЖТ

ступательно (см. ниже стр. 72). Таким образом, дополнительное сопротивление от ускорения

$$w_3 = \pm 1{,}06Mp = \pm 1{,}06\,\frac{P}{g}\,p,$$

где: P — вес поезда, g — ускорение силы тяжести, p — ускорение движения; знак — соответствует замедленному движению.

Удельное сопротивление, т. е. сопротивление на единицу веса поезда, и притом выраженное в килограммах на тонну веса поезда:

$$w_3 = \pm \frac{1{,}06Pp \cdot 1000}{gP} = \pm 1\,060\,\frac{p}{g}.$$

Если, например, поезд движется с ускорением 0,05 *м/сек.*, то $w_3 = \frac{1060}{9{,}81} \cdot 0{,}05 = 5{,}4$ *кг* на тонну веса поезда.

Если назовем основное сопротивление через w с индексом 0, т. е. через w_0, дополнительное сопротивление от кривой — через w_1 от подъема — через w_2 и от ускорения — через w_3, то полное сопротивление

$$w = w_0 + w_1 + w_2 + w_3.$$

Так, например, полное удельное сопротивление движению поезда идущего по подъему 0,004 по кривой $R = 600$ *м* со скоростью 20 *км/час* и ускорением 0,05 *м/сек* может быть выражено, если применить формулы Балдвина и Ломоносова, нижеследующим образом:

$$w = 1{,}5 + \frac{20}{20} + \frac{750}{600} + 4 + \frac{1060}{9{,}81} \cdot 0{,}05 = 2{,}5 + 1{,}25 + 4 + 5{,}4 = +$$

$$+ 13{,}15\,\frac{кг}{\text{на тонну веса поезда}}.$$

Полное сопротивление всего поезда $= 13{,}15\,(P + Q)$ кг, где: P — вес паровоза и тендера в *т*, Q — вес вагонов в *т*.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие сопротивления встречает поезд при своем движении и какими причинами вызываются эти сопротивления?
2. Как обычно классифицируются сопротивления движению поезда?
3. Что такое удельное сопротивление?
4. Как выражается формула Балдвина для определения основного удельного сопротивления движению товарных поездов?
5. Какая обычно применяется формула для определения сопротивления от кривой?
6. Как вычисляется сопротивление от подъема?

§ 8. Сила тяги паровоза

Паровоз приводится в движение силою пара. Эта сила рождается в паровом котле паровоза. Из котла пар поступает в паровые цилиндры. Пар давит на поршень парового цилиндра. Сила давления пара на поршень передается колесу помощью штока h, шатуна s и кривошипа k и заставляет колесо вращаться, а паровоз двигаться, Сила эта называется силой тяги. Движение паровоза является результатом борьбы между двумя силами—сопротивления и тяги.

ЕГЕ ДНЖТ

Величина силы тяги паровоза зависит от нижеследующих главнейших факторов: мощности парового котла, производительности машины и сцепления колес паровоза с рельсами. Этими факторами ограничивается величина силы тяги, ставятся пределы для этой величины.

В связи с этим различают: силу тяги котловую $Z_к$, силу тяги цилиндровую $Z_ц$, силу тяги сцепную $Z_с$.

Начнем с рассмотрения цилиндровой силы тяги, т. е. той силы тяги, которая соответствует силе давления пара на поршни паровых цилиндров, или так называемой индикаторной силы тяги. Так она называется потому, что соответствующее ей среднее давление пара в цилиндрах определяется по индикаторной диаграмме; имея это в виду, мы обозначаем индикаторную силу тяги буквой Z с индексом i, именно Z_i, а давление пара на поршни цилиндров обозначаем через P_i.

Величина индикаторной силы тяги определяется, исходя из условия равенства работы силы пара в цилиндрах и работы силы тяги за один оборот движущих колес.

Если среднее давление пара в цилиндре за весь ход поршня равно P_i, диаметр цилиндра равен d, то среднее давление на поршень равно $\frac{\pi d^2}{4} p_i$. Если ход поршня назовем через h и заметим, что за время полного оборота колеса поршень сделает два хода (вперед и назад), то работа пара в цилиндре за два хода поршня, или другими словами, за время полного оборота колеса, будет равна $\frac{\pi d^2}{4} P_i \cdot 2h$. Как мы видели выше, указанное давление пара заставит колесо катиться по рельсу и будет передвигать паровоз. Если силу тяги паровоза, отнесенную к кругу катания колеса, назовем через Z_i, то работа силы тяги за полный оборот колеса при диаметре его D будет равна πDZ. Приравнивая эту работу работе пара в цилиндре за полный оборот колеса, получим:

$$\frac{\pi d}{4} P_i \cdot 2h = \pi D Z_i .$$

откуда

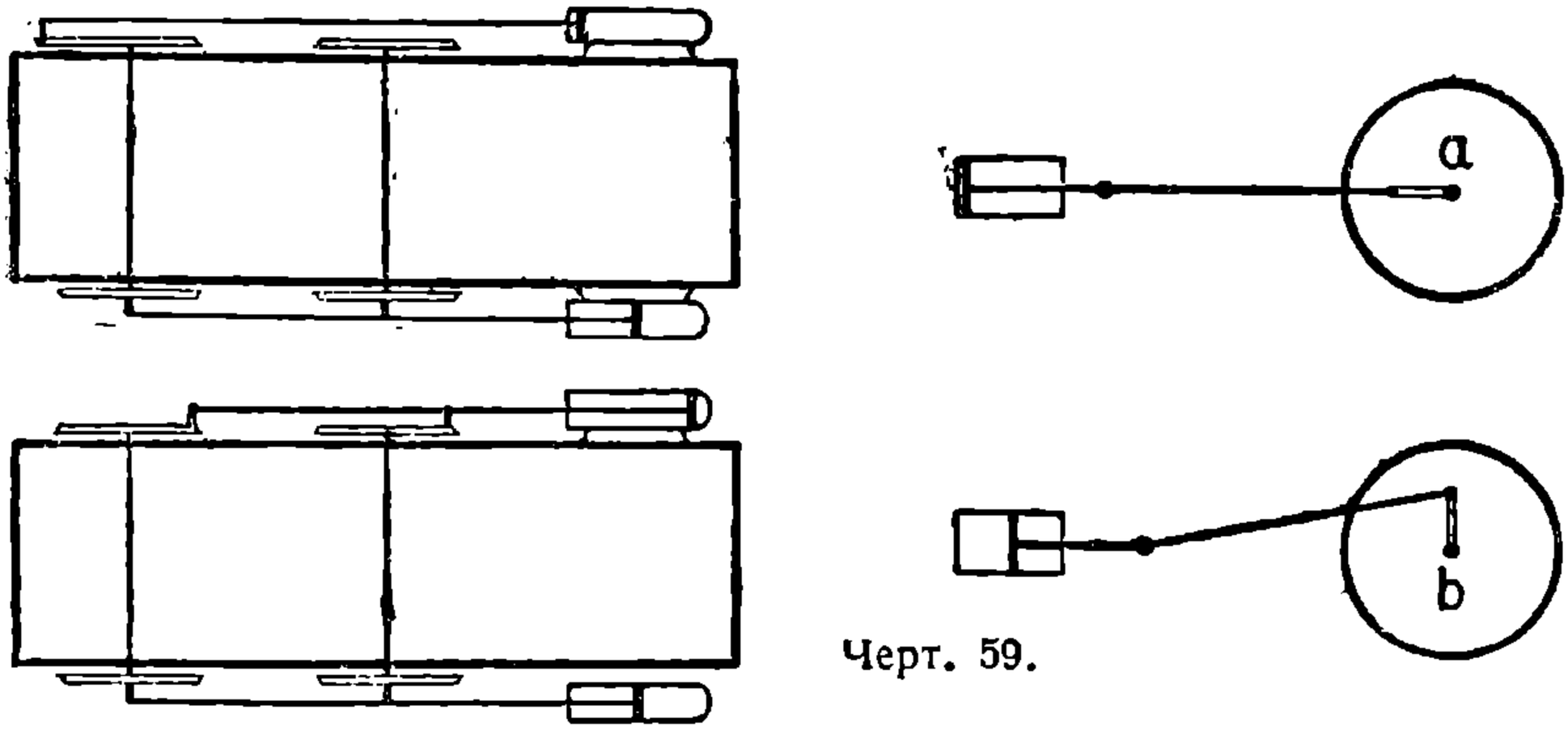
$$Z_i = \frac{d^2 h}{2D} P_i .$$

Если мы будем выражать d, h и D в сантиметрах, а P_i в килограммах на $см^2$, т. е. в атмосферах, то Z_i получится в килограммах.

Паровозы, в которых пар, поступивший из котла в цилиндры и отработавший в этих цилиндрах, выпускается в атмосферу, называются паровозами с однократным расширением пара; паровозы же, в которых пар, поступивший из котла в первый малый цилиндр высокого давления и, отработав в этом цилиндре, поступает затем во второй большой цилиндр низкого давления и только после работы в этом втором цилиндре выпускается в атмосферу, называется паровозом с двукратным расширением (compound). Паровозы с однократным расширением пара обычно бывают с двумя или четырьмя цилиндрами. При двух цилиндрах таковые могут быть расположены снаружи паровозной рамы или внутри ее.

РГБ ДНУЖТ

Кривошипы *a* и *b* расположены под взаимным углом в 90°, благодаря чему при прохождении одного из кривошипов *a* через мертвую точку другой кривошип *b* занимает наивыгоднейшее положение в отношении величины момента, вращающего ось (черт. 59). Четырехцилиндровые паровозы однократного расширения обычно имеют два наружных и два внутренних цилиндра.



Черт. 59.

Паровозы с двукратным расширением бывают двухцилиндровые, четырехцилиндровые, иногда и трехцилиндровые. Двухцилиндровые паровозы-компаунд имеют один цилиндр высокого давления (малый) и один низкого давления (большой) и с расположением цилиндров снаружи рамы. Кривошипы их расположены под взаимным углом 90°. Четырехцилиндровые паровозы-компаунд имеют два цилиндра высокого давления и два низкого. Цилиндры делятся на две группы; в каждой — один цилиндр высокого и один цилиндр низкого давления. Цилиндры одной и той же группы могут быть расположены один над другим (тип Воклена) или один впереди другого (тип tandem). Поршни обоих цилиндров одной группы одновременно находятся в мертвых точках. Кривошипы двух групп расположены под углом в 90°. При другой конструкции цилиндры низкого давления располагаются снаружи рамы, а высокого давления — внутри рамы.

Если паровоз двухцилиндровый с однократным расширением, то

$$Z_i = \frac{2d^2h}{2D} \cdot p_i = \frac{d^2h}{D} p_i.$$

В паровозах-компаунд диаметры цилиндров и средние давления пара назначаются таким образом, чтобы работа в малом и большом цилиндрах была одинакова. Ввиду этого силу тяги для паровоза-компаунд можно рассчитать, пользуясь приведенными выше формулами для паровозов однократного расширения, подставляя в них вместо p_i и d среднее давление и диаметр малого цилиндра высокого давления паровоза-компаунд. Обычно силу тяги паровозов-компаунд рассчитывают по большому цилиндру и тогда пользуются следующими формулами:

$$Z_i = \frac{a_1^2h}{2D} \cdot p_i$$

НТБ ДНУЖТ

для двухцилиндровых паровозов и

$$Z_i = \frac{d_1^2 h}{D} \cdot p_i$$

для четырехцилиндровых паровозов, где d_i — диаметр большого цилиндра.

Среднее рабочее давление пара в цилиндрах меньше манометрического давления пара в котле. Для предварительных расчетов средней индикаторной силы тяги можно принять, что для паровозов однократного расширения $P_i = 0{,}55\,p$ — для пассажирских паровозов и $P_i = 0{,}60\,p$ — для товарных паровозов; для паровозов-компаунд $P_i = 0{,}45\,p$ — для пассажирских паровозов и $P_i = 0{,}50\,p$ — для товарных паровозов, где p — манометрическое давление пара в котле. Для паровозов с перегревом пара указанные коэфициенты могут быть увеличены до $0{,}75\,p$ для паровозов с однократным расширением пара и до $0{,}55\,p$ для паровозов-компаунд.

Во всяком случае индикаторная сила тяги меньше котловой.

Отношение $\frac{P_i}{p}$ индикаторного давления P_i при полном открытии регулятора к манометрическому p называется индикаторным коэфициентом полезного действия.

Указанное падение манометрического давления объясняется потерей давления пара при движении его по узким проходам на пути от котла до цилиндров, давлением пара на нерабочую сторону поршня и пр.

Если бы этих потерь не было, то максимальная сила тяги была бы равна:

$$M = \frac{d^2 h}{2D}\, p.$$

Это т е о р е т и ч е с к о е предельное значение цилиндровой силы тяги, основанное на невозможном в действительности предположении равенства рабочего давления пара в цилиндрах манометрическому давлению пара в котле, называется м о д у л е м с и л ы т я г и.

Модуль силы тяги обычно указывается в паспортах паровозов.

Таким образом, индикаторную силу тяги можно выразить так:

$$Z_i = M \frac{P_i}{p}.$$

Рассчитаем для примера величину индикаторной силы тяги.

П р и м е р расчета силы тяги товарного паровоза-компаунд с двумя цилиндрами: диаметр цилиндра низкого давления $d_1 = 76{,}5$ *см*, ход поршня $h = 70$ *см*, диаметры движущих колес $D = 130$ *см*, манометрическое давление пара $= 14$ атм.

Рассчитываем силу тяги по большому цилиндру, т. е. по приведенной выше формуле

$$Z_i = \frac{d_i^2 h}{2D}$$

для товарных паровозов-компаунд. Согласно вышеизложенному $P_i = 0{,}5\,p$.

$$Z_i = \frac{(76{,}5)^2 \quad 70}{2 \cdot 130}\, 0{,}5 \cdot 14 = 11\,030 \text{ кг}.$$

НТБ ДНУЖТ

Интересно сравнить силу тяги паровоза с силой тяги лошади. Сила тяги лошади равняется примерно $^1/_5$ ее веса. Если принять в среднем вес лошади равным 375 *кг* (около 23 пудов), то сила тяги лошади будет равна:

$$\frac{375}{5} = 75 \text{ кг}.$$

Сила тяги паровоза будет больше силы тяги лошади в $\frac{11030}{75} = 147 \backsim 150$ раз.

Из приведенных выше формул усматривается, что сила тяги паровоза обратно пропорциональна диаметру движущих колес. Поэтому, в товарных паровозах, для которых желательно иметь большую силу тяги, делаются колеса малого диаметра (меньшего, чем в пассажирских).

Часть, именно от 0,20 до 0,15, индикаторной силы тяги тратится на преодоление внутренних сопротивлений паровоза как механизма. Если из индикаторной силы тяги вычесть часть, которая тратится на преодоление указанных сопротивлений, то получим так называемую касательную силу тяги Z_t, или силу тяги на ободе движущихся колес, которая тратится на преодоление сопротивлений движению вагонов, тендера и паровоза как экипажа, т. е. на движение паровоза и всего поезда.

$$Z_t = \text{от } 0{,}80\ Z_i \text{ до } 0{,}95.$$

Та часть индикаторной силы тяги, которая идет на преодоление сопротивлений движению вагонов, называется полезной силой тяги или силы тяги на крюке Z_u. Полезная сила тяги может быть определена помощью динамометра, помещенного между тендером и вагонами. Указанная выше касательная сила тяги Z_t представляет собой среднюю величину этой силы за полный оборот колес. В отдельные моменты движения эта сила будет изменяться; максимальная сила тяги Z_m примерно равна 1,25 Z_t.

Мы видели выше, что поступательное движение паровоза происходит благодаря силе сцепления между колесами и рельсами. Сила эта равна fQ, где f — коэфициент трения, а Q — нагрузка на движущих колесах. Если эта сила будет больше максимальной силы тяги, т. е. $fQ \geqq Z_m$, то будет иметь место поступательное движение паровоза, в противном же случае движущие колеса будут вращаться на месте: будет происходить так называемое буксование колес.

Значение коэфициента f для различных условий погоды:

Состояние рельсов	Коэфициент трения f	Состояние рельсов	Коэфициент трения f
Совершенно сухие и чистые	0,33 ($^1/_3$)	Во время мороза	0,17 ($^1/_6$)
Посыпанные песком	0,28 ($^1/_{3,5}$)	На станционных путях и в туннелях	0,13 ($^1/_8$)
Сухие пыльные	0,25 ($^1/_4$)	При гололедице	0,10 ($^1/_{10}$)
Влажные	0,20 ($^1/_5$)		

НТБ ДНУЖТ

На основании всего вышеизложенного ясно, что величина силы тяги зависит от количества пара, вырабатываемого в паровом котле, от конструкции паровоза, — вообще от мощности паровоза.

Мощностью паровоза называется максимальная работа, которую способен произвести паровоз и которая тратится им на преодоление всех сопротивлений при движении поезда.

Если мощность паровоза, выраженная в паровых лошадях, будет равна N_i, то работа паровоза в течение одной секунды равна $75\ N_i$ *кг-м*, так как известно, что работа паровой лошади равняется 75 *кг-м* в секунду.

Эта работа, произведенная паровозом, должна равняться работе, произведенной силой тяги; эта последняя может быть выражена как произведение из силы тяги Z_i на пройденный ею в течение рассматриваемого периода времени, т. е. в течение 1 секунды, путь S (известно, что работа есть произведение из силы на пройденный этой силой путь), именно: $Z_i \cdot S$.

Если скорость движения паровоза v *км/час*, то путь, пройденный паровозом в течение одной секунды и выраженный в метрах, будет равен:

$$S = \frac{v \cdot 1000}{60 \cdot 60},$$

откуда

$$Z_i \cdot S = Z_i \frac{v \cdot 1000}{60 \cdot 60}.$$

Таким образом, мы можем написать:

$$75\, N_i = \frac{Z_i v \cdot 1000}{60 \cdot 60},$$

откуда

$$N_i = \frac{Z_i v}{270}.$$

Это так называемая индикаторная мощность паровоза; мощность, соответствующая касательной силе тяги, называется мощностью на ободе движущих колес, а N_u, соответствующая полезной силе тяге, называется полезной мощностью паровоза.

Мощность паровоза зависит от размеров котла. Количество паровых лошадей, которые можно получить с 1 $м^2$ поверхности нагрева котла, зависит от рода топлива, от скорости движения и других факторов.

Можно принять, что с 1 $м^2$ поверхности нагрева получается нижеследующее количество паровых лошадей для паровозов, работающих насыщенным паром:

	При 1 обороте движущих колес в секунду	При 3 оборотах движущих колес в секунду
Пассажирских		
Однократного расширения	3,5	6
Компаунд .	4	7
Товарных		
Однократного расширения	3	4,5
Компаунд . . .	3,5	5

НТБ ДНУЖТ

Если поверхность нагрева равняется 200 $м^2$ и если принять, что с 1 $м^2$ получается 5 паровых лошадей, то мощность паровоза равна $200 \cdot 5 = 1\,000$ паровых лошадей, или лошадиных сил.

Лошадиная сила принимается равной работе в 75 *кг-м/сек.* Примерно такую работу совершает обыкновенная лошадь. В самом деле, мы видели выше, что сила тяги лошади равняется 75 *кг*. Лошадь, совершая работу, передвигается со скоростью около 1 *м* в секунду (около 4 *км/час*). Следовательно, работа, которую совершает лошадь в секунду, будет равна $75\ кг \cdot 1\ м = 75\ кг\text{-}м$.

Для паровозов, работающих с перегретым паром (при температуре перегретого пара 300°Ц), указанные цифры могут быть увеличены на 25%.

Наибольшее количество паровых лошадей с 1 $м^2$ поверхности нагрева (удельная мощность) получается при скоростях от 3,5 до 4,5 оборотов в секунду. При дальнейшем увеличении скорости удельная мощность падает.

Что касается силы тяги, то, как это усматривается из формулы:

$$N_i = \frac{Z_i v}{270},$$

или

$$Z_i = \frac{270 \cdot N_i}{v};$$

большая сила тяги может получиться лишь при небольших скоростях движения. С увеличением скорости движения, после некоторого предела, сила тяги быстро уменьшается.

Уравнение движения поезда

Если в какой-либо момент движения поезда сила тяги паровоза больше сопротивлений, преодолеваемых поездом при его движении, то избыток энергии, развиваемой в паровом котле паровоза, идет на увеличение живой силы поезда — на ускорение движения поезда.

Аналитически мы можем это выразить нижеследующим образом.

В двигающемся поезде имеются элементы, которые двигаются поступательно; имеются элементы, как например, колеса, которые, кроме того, вращаются. Живая сила такого поезда может быть выражена так:

$$\frac{v^2}{2}\left(M + \Sigma \frac{J}{R^2}\right),$$

где: v — скорость поступательного движения.

M — масса поезда,

J — полярный момент вращающихся частей (колес),

R — радиус колеса.

Приращение живой силы равняется:

$$v dv \cdot \left(M + \Sigma \frac{J}{R^2}\right).$$

НТБ ДНУЖТ

Если назовем силу тяги паровоза через Z, силы сопротивления, встречаемые поездом при его движении, через w, то элементарная работа этих сил выразится так:

$$(Z - w)\, ds,$$

где s — путь, пройденный поездом.

При движении поезда элементарная работа указанных сил Z и w равняется приращению живой силы, т. е. $(Z - w)\, ds = v dv \left(M + w \frac{J}{R^2}\right)$.

Имея в виду, что $\frac{\partial s}{\partial t} = v$ или $\partial s = v dt$, можем написать:

$$\left(M + \Sigma \frac{J}{R^2}\right) \frac{\partial v}{\partial t} = Z - w.$$

Написанное выражение есть так называемое уравнение движения поезда. Все тяговые расчеты базируются на указанном уравнении движения.

Помощью уравнения движения мы можем разрешить следующие задачи: 1) рассчитать состав поезда, 2) зная состав поезда, определить скорость движения поезда.

1. Расчет предельного состава поезда

Состав поезда, т. е. количество вагонов, которое данный паровоз может везти по данному участку дороги, определяется обыкновенно из условия, чтобы при движении поезда с равномерной скоростью по наибольшему подъему и по кривой наименьшего радиуса была использована предельная сила тяги паровозов.

Раз состав идет с равномерной скоростью, то ускорение движения, или приращение живой силы, $\frac{\partial v}{\partial t} = 0$.

Подставляя это в полученное выше уравнение движения, получаем, что

$$Z - w = 0, \quad \text{или} \quad Z = w,$$

т. е., что для равномерного движения поезда по данному предельному (расчетному) подъему, необходимо, чтобы сила тяги равнялась полному сопротивлению всего поезда или, другими словами, чтобы она равнялась произведению из веса всего поезда на удельное сопротивление движению.

Обыкновенно расчет ведется по касательной силе тяги (см. стр. 70).

Если назвать Q — вес всех вагонов (груз и тару) в тоннах, P — вес паровоза и тендера в тоннах, Z_t — касательную силу тяги паровоза в килограммах, $w = w_0 + w_1 + w_2$ — полное сопротивление в килограммах на тонну веса поезда, то можем написать:

$$Z_t = (Q + P) \cdot w,$$

откуда

$$Q = \frac{Z_t}{w} - P.$$

Входящие в это уравнение величины Z_t и w являются функцией от скорости.

В это уравнение следует подставить ту скорость, при которой сила тяги паровоза может быть использована наилучшим образом.

РТБ ДНУЖТ

Эта скорость может быть определена из выведенного нами выше выражения

$$v = \frac{270 N_i}{Z_i},$$

если в это выражение вместо Z_i поставим величину индикаторной силы тяги нашего паровоза, которую мы хотим использовать.

Входящая в выражение $v = \frac{270 \cdot N_i}{Z_i}$ величина N_i есть величина переменная и в свою очередь зависящия от скорости движения. В самом деле, мы видели выше, что при малых скоростях движения удельная мощность паровоза при увеличении скорости движения увеличивается: так, для товарного паровоза-компаунд при одном обороте колеса в секунду удельная мощность равна 3,5 HP, а при трех оборотах в секунду — 5 HP. Объясняется это тем, что при увеличении скорости движения количество мятого пара поступает в дымовую трубу в большем количестве; благодаря этому тяга в топке увеличивается и количество паровых лошадей с 1 $м^2$ поверхности нагрева (удельная мощность) увеличивается (увеличение силы тяги с увеличением скорости идет лишь до определенного предела, после которого с увеличением скорости движение силы тяги быстро падает).

Итак, величина N_i есть функция от v. Таким образом, скорость движения, при которой может быть использована предельная сила тяги паровоза, должна удовлетворить: 1) уравнению $v = \frac{270 \cdot N_i}{Z_i}$ и 2) уравнению, выражающему зависимость между N_i и скоростью движения (числом оборотов колеса).

Аналитически определить эту скорость довольно сложно; это может быть сделано, например, путем последовательных приближений.

Величину этой скорости можно определить графо-аналитически для данного паровоза, по его паспорту, именно — по имеющейся в паспорте диаграмме силы тяги. Рассмотрим, как именно это сделать.

На чертеже 60 показана такая диаграмма.

Выше мы видели, что величина силы тяги ограничивается, ей ставятся пределы, именно — имеются пределы силы тяги по сцеплению, по цилиндру и по котлу.

Сила тяги по сцеплению зависит от веса паровоза, от коэфициента сцепления.

Наибольшая сцепная сила тяги представляется на диаграмме в виде прямой линии *СС*, параллельной оси *Оу*.

Сила тяги по цилиндрам зависит от скорости и наибольшая возможная сила тяги по цилиндрам изображается на диаграмме в виде линии *ЦЦ*.

Котловая сила тяги зависит от скорости и на диаграмме представляется в виде гиперболической линии *КК*.

Кроме указанных линий на диаграмме проводится прямая линия, параллельная оси *Z*, соответствующая наибольшей допускаемой, или так называемой конструкционной скорости.

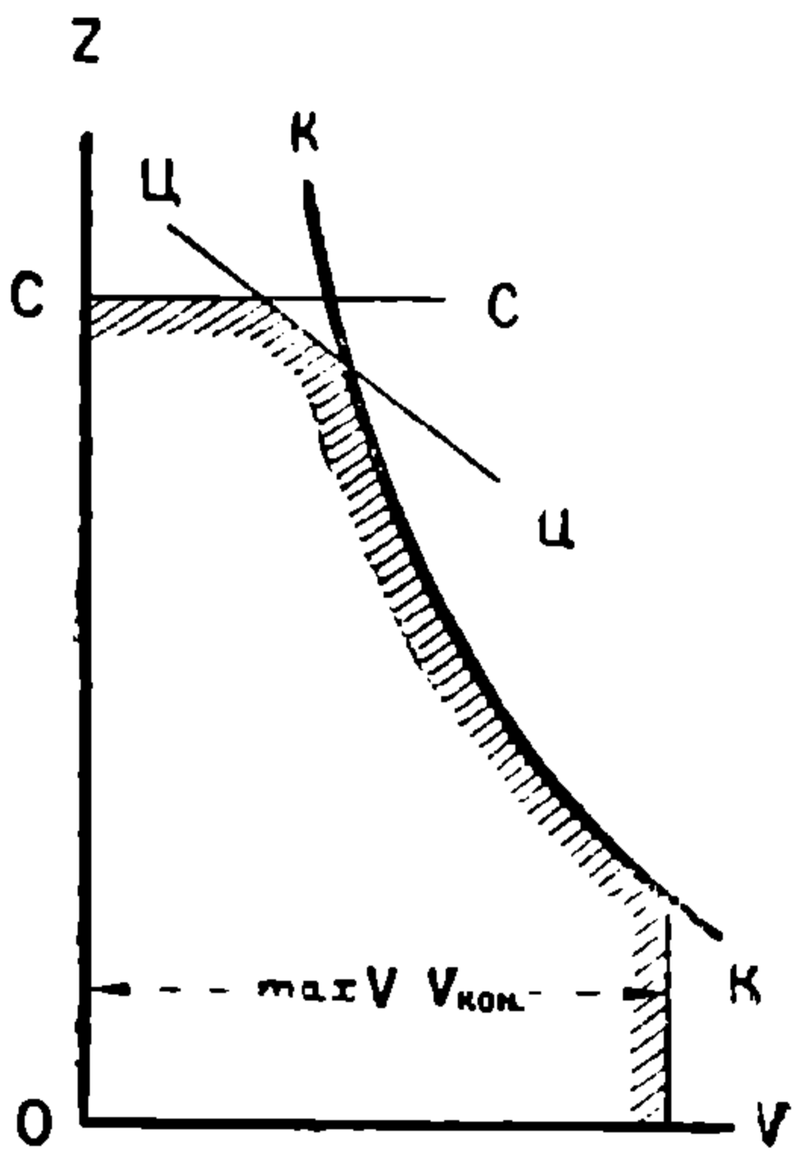
Такие диаграммы составляются на основании опытов, произведенных с паровозами, и заносятся в паспорта.

НТБ ДНУЖТ

Производство таких опытов с паровозами у нас введено, организованно и для наиболее распространенных на нашей сети паровозов выполнено проф. Ломоносовым.

При помощи указанных диаграмм мы определяем ту скорость, при которой может быть использована полная сила тяги паровоза.

Из диаграммы черт. 60 усматривается, что имеется такая скорость, которая соответствует точке пересечения линий *СС* и *ЦЦ*, или линий *СС* и *КК*, т. е. линий, представляющих собой сцепную или цилиндровую силы тяги паровоза, или сцепную и котловую силы тяги. Если поезд идет со скоростью большей, чем указанные скорости, то ее полезно уменьшить, так как тогда сила тяги будет увеличиваться и состав поезда увеличится. Если же скорость будет равняться указанным выше, то дальнейшее уменьшение ее бесполезно — сила тяги от этого больше не станет. Так определяется скорость, при которой может быть наилучшим образом использована сила тяги паровоза.



Черт. 60.

С другой стороны, согласно установленным теперь правилам при проектировании новых дорог в слабо холмистой местности, в самом трудном по профилю и плану месте пути, скорость поезда должна быть на магистралях усиленного типа не менее 20 *км/час*; на магистралях нормального типа эта скорость должна быть не менее 15 *км/час*, а на магистралях облегченного типа и на подъездных путях — не менее 10 *км/час*.

Следовательно, когда указанная скорость по диаграмме получается больше минимальных допускаемых скоростей, состав поезда должен рассчитываться по скорости, полученной по диаграмме, т. е. другими словами, по сцепной силе тяги.

Если же скорость по диаграмме будет меньше указанных минимальных скоростей, то состав поезда должен рассчитывается по котловой или цилиндровой силе тяги, соответствующей этим минимальным установленным скоростям.

Остановившись, таким образом, на определенной скорости, определяют состав поезда по приведенной выше формуле

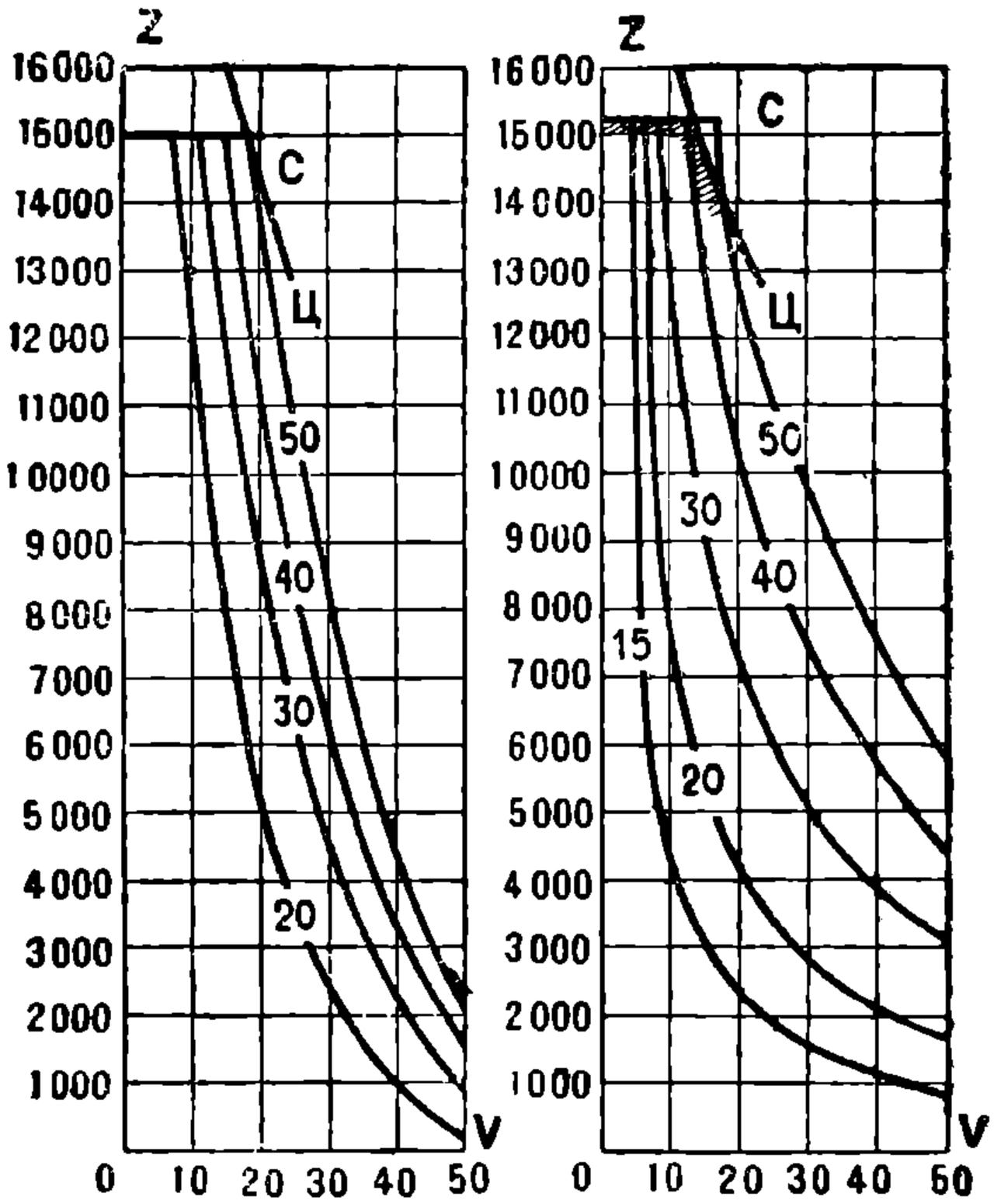
$$(Q + P)\,W = Z, \quad \text{или} \quad Q = \frac{Z}{W} - P.$$

Пример: Проектируется магистраль нормального типа. Требуется рассчитать величину состава поезда, идущего по 0,006 подъему и кривой 600 *м* при паровозе 0-5-0 серии Э.

Средний вес груженого вагона 20 *т*; вес паровоза и тендера 127 *т*, форсировка равна 50.

Согласно диаграмме черт. 61 скорость по диаграмме больше 15 *км/час*, следовательно, расчет можно вести по минимальной для магистралей нормального типа скорости — 15 *км/час* и по сцепной силе тяги, т. е. по $Z = 15\,000$ *кг*.

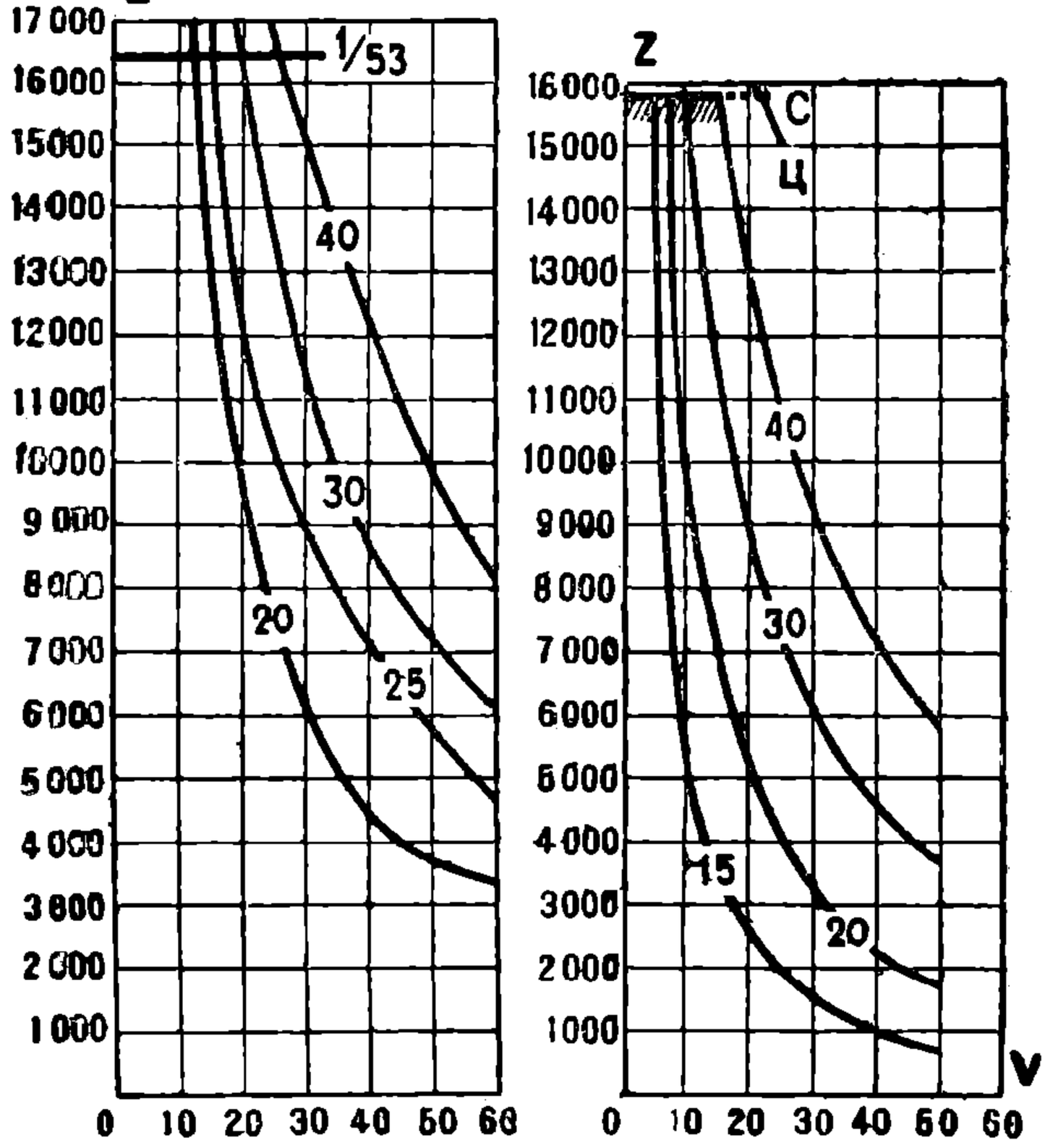
НТБ ДНУЖТ



Товарный паровоз
0—5—0 Сер. Э

Товарный паровоз
0—3+0—3—0 Сер. Фч

Черт. 61.



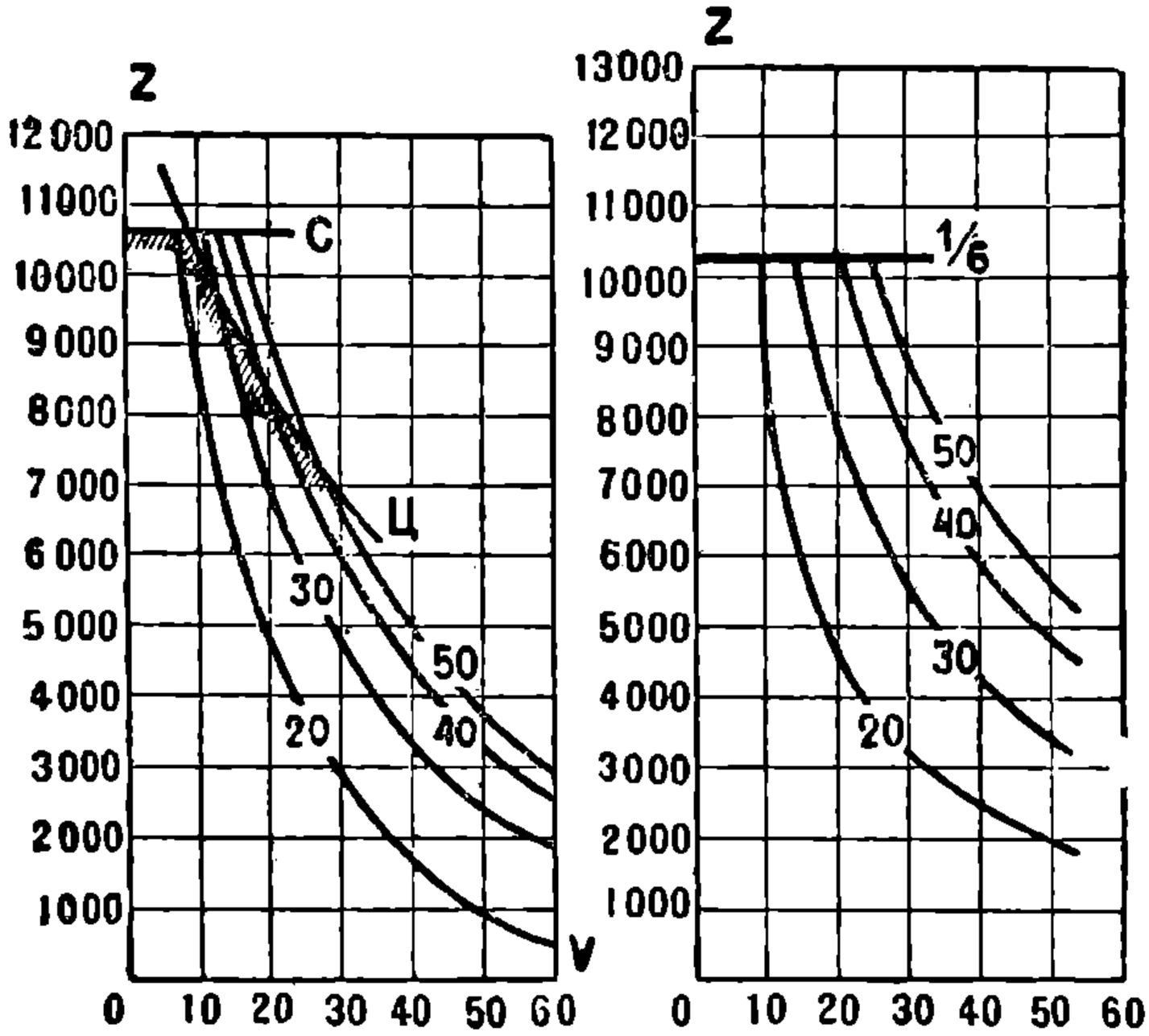
Товарный паровоз
1—5—0

Товарный паровоз
1—5—0 Сер. Е

Черт. 62.

НТБ
ДНУЖТ

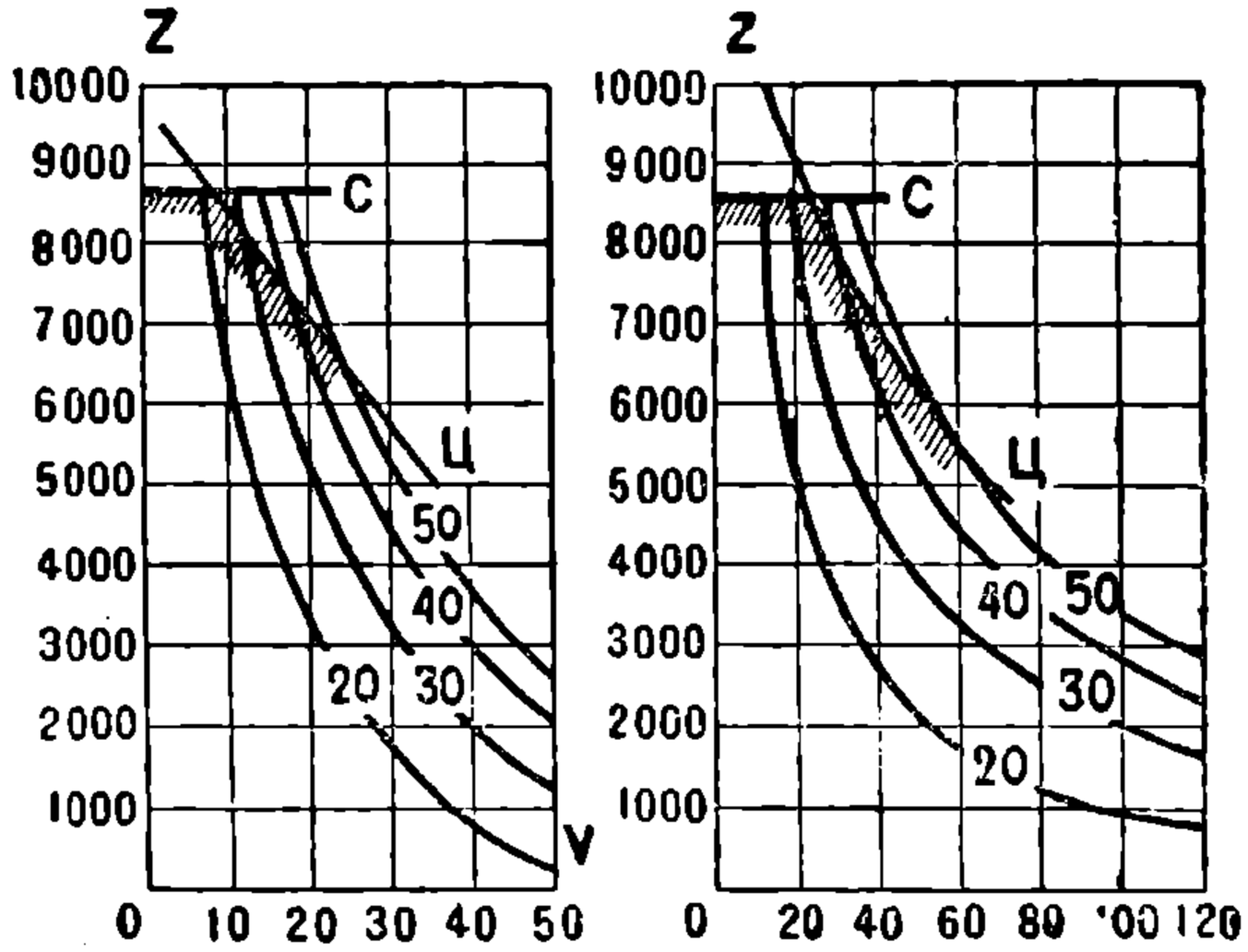
На указанной диаграмме показана зависимость касательной силы тяги Z_t от скорости v при различных форсировках котла, именно при форсировке 20, 30, 40, 50. Форсировкой называется наибольшая возможная удельная паропроизводительность котла, т. е. наибольшее



Товарный паровоз 1—4—0 Сер. Щ. Товарный паровоз 0—1—0 Сер. Ыч.

Черт. 63.

количество килограммов пара, получаемого с 1 $м^2$ поверхности нагрева котла в час, которое колеблется для дровяного отопления в пре-



Товарный паровоз 0—4—0 Сер. Ов Парижский паровоз 1—3—1 Сер. С

Черт. 64.

делах 25 — 40, каменного угля — 30 — 40, для нефти — 40 — 50. Согласно вышеизложенному

$$Q = \frac{15\,000}{W} - 217\ m \text{ (черт. 61).}$$

НТБ ДНУЖТ

Поезд идет по подъему 0,006 и кривой $R = 600\ м$ со скоростью $v = 15\ км/час$.

Следовательно, полное удельное сопротивление будет равно:

$$W = 1{,}5 + \frac{15}{20} + \frac{750}{600} + 6 = 9{,}5\ \frac{кг}{\text{на тонну веса поезда}};$$

$$Q_m = \frac{15000\ кг}{9{,}5} - 127\ m = 1\,579 - 127 = 1\,452\ m;$$

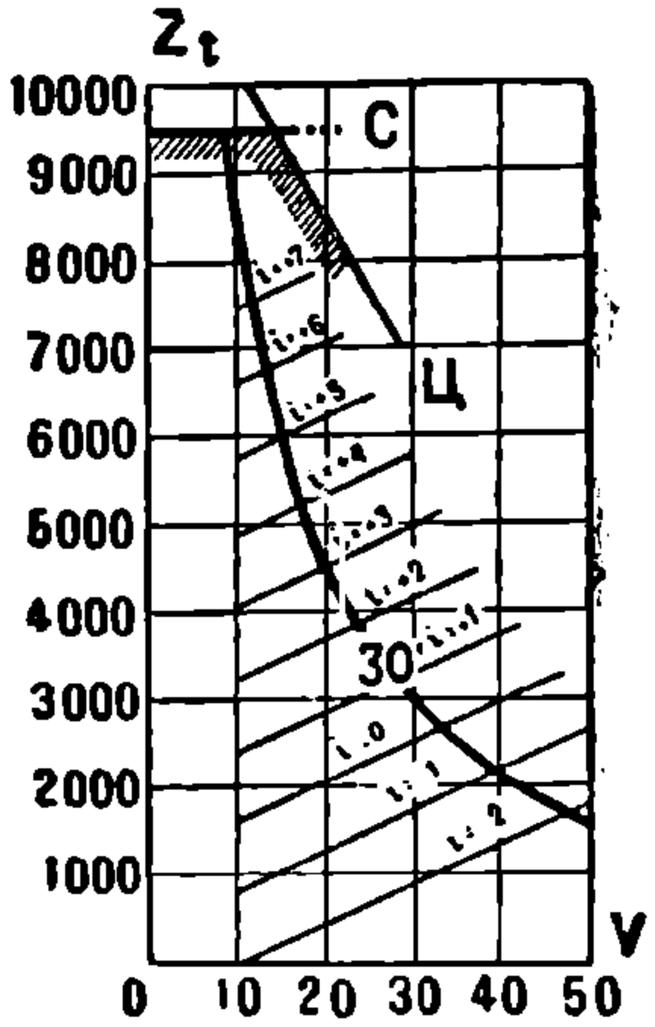
число вагонов x; средний вес груженого вагона $20\ m$;

$$Q = x \cdot 20\ m;$$

$$1\,452\ m = x \cdot 20\ m;\ \ x = \frac{1452}{20} = 73 \text{ вагона (черт. 61)}$$

2. Определение скорости движения поезда определенного состава на различных участках

Зная предельный состав поезда, можно определить величину скоростей движения поезда на различных участках пути, т. е. при различных условиях профиля (на площадке, подъеме, кривой, спуске); именно пользуясь указанными двумя уравнениями $Z_i = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$ и $Z_i = \frac{270N_i}{W}$ определить скорости движения на любом участке дороги. Можно это сделать помощью последовательных приближений, именно, задаваясь какой-нибудь скоростью, подставить ее в первое из написанных выражений и определить из него соответственную Z_i, затем, подставляя эту скорость во второе уравнение и подставляя в это уравнение N_i, соответствующее той скорости, которой мы задались, определяем Z_i из второго уравнения; если полученное из второго уравнения Z_i будет разниться от Z_i, полученного из первого уравнения, нужно задаться другой скоростью и повторять расчеты, пока не получим Z_i, одинаковые из обоих уравнений. Способ этот довольно сложен, и поэтому целесообразнее и проще разрешать эту задачу нижеследующим графо-аналитическим способом.



Черт. 65.

Способ заключается в том, что строится диаграмма касательной силы тяги, именно— в прямоугольных координатах (абсцисса v, ордината Z_t) изображается кривая касательной силы тяги для определенной форсировки котла, затем на этой же диаграмме, по тем же осям координат и в том же масштабе чертятся линии величин сопротивления движению поезда, на площадке, на подъемах и спусках, как это показано на черт. 65.

Построение линий сопротивления очень просто. Возьмем, например, линию сопротивления на площадке. Определяем по фор-

НТБ ДНУЖТ

муле Балдвина величину сопротивления для каких-либо двух скоростей, например $v = 10$ *км/час* и $v = 40$ *км/час*, удельное сопротивление

$$W_0 = 1{,}5 + \frac{v}{20} = 1{,}5 + \frac{10}{20} = 2 \frac{\text{кг}}{\text{на тонну}},$$

для $v = 40$ будет равно:

$$W_0 = 1{,}5 + \frac{40}{20} = 3{,}5 \frac{\text{кг}}{\text{на тонну}}.$$

Зная удельное сопротивление на тонну веса поезда и зная величину состава поезда, а следовательно, и вес его в тоннах, например $Q + P = 800$ *т*, определяем величину сопротивления всего поезда при скоростях 10 и 40 *км/час*, а именно — при $v = 10$ оно будет равно $(Q + P) W_0 = 800 \cdot 2 = 1\,600$ *кг*; при $v = 40$ оно будет равно $(Q + P) W_0 = 800 \cdot 3{,}5 = 2\,800$ *кг*.

Откладывая на ординатах, соответствующих абсциссам v, равным 10 и 40, величины 1 600 и 2 800, получим на диаграмме две точки, соединив которые прямой линией, получим линию сопротивления движению данного поезда на площадке, т. е. при $i = 0$.

Затем, таким же образом определяем дополнительные сопротивления от подъема, которые откладываем на соответствующих ординатах вверх от полученной линии.

Так как спуски уменьшают сопротивления, то для спусков мы аналогичным образом откладываем точки вниз. Таким образом легко наносятся на диаграмму линии сопротивлений движению при различных условиях профиля.

Имея такую диаграмму, мы сразу можем определить величины скоростей движения данного поезда на различных пунктах пути с различными условиями профиля.

Скорость, соответствующая точке пересечения кривой силы тяги с линией сопротивления, соответствующей рассматриваемому профилю, и будет искомая скорость.

В самом деле, в указанной точке пересечения величина силы тяги будет равна величине сопротивлений движению:

$$Z = W.$$

Так, например, по диаграмме, изображенной на черт. 65, величина силы тяги Z при скорости $y = 13$ *км/час*, соответствующей точке пересечения с линией сопротивления, соответствующей шеститысячному подъему $i = 6$, будет равна 6 800 *кг*, такова же будет и величина сопротивления того поезда, для которого составлена диаграмма, при скорости $v = 13$ *км/час*.

Другими словами, когда данный поезд идет по шеститысячному подъему с равномерной скоростью, т. е. с такой, при которой $Z = W$, скорость эта равняется $v = 13$ *км/час*.

Общее понятие о торможении

При движении поезда под уклон сила тяги будет больше сопротивлений, встречаемых поездом. В результате борьбы между двумя силами—тяги и сопротивления—побеждает сила тяги; в результате этой победы скорость движения будет увеличиваться.

НТБ ДНУЖТ

Так как приращение этой скорости не может превосходить известного предела, то приходится прибегать к искусственной остановке поезда, к так называемому торможению помощью особых приспособлений, состоящих из тормозных колодок, прижимаемых к колесам; под действием этих колодок скорость вращения колес уменьшается и сопротивление движению поезда резко увеличивается, и поезд останавливается.

Самое большое сопротивление получается не тогда, когда колесо совершенно прекратило вращаться, а когда оно вращается со скоростью, близкой к нулю, т. е. тогда, когда еще не прекратилось трение тормозной колодки о бандаж и осей в буксах.

Что касается тормозных приборов, то они бывают обыкновенные ручные (тормоза, применяемые у наших товарных вагонов) и более совершенные автоматические, быстро действующие, например — тормоза Вестингауза, применяемые в пассажирских поездах, и наши новейшие тормоза Матросова и Казанцева. Опыты показали, что тормоза советских изобретателей имеют преимущества перед заграничными, и планом реконструкции намечен советский тормоз.

Подробное описание этих устройств и расчетов выходит за пределы настоящего курса.

Как мы видели выше, живая сила двигающегося поезда равняется:

$$1{,}06 \cdot \frac{(P+Q)}{2g} \cdot v^3$$

Для остановки поезда эта живая сила должна быть уничтожена и она поглощается работой сил трения: между колесами и рельсами, между колодками и бандажами, между осями и подшипниками и другими сопротивлениями.

Сумма сил трения между колодками и колесами называется тормозной силой поезда.

Если обозначим тормозную силу через S, коэфициент трения между тормозной колодкой и колесами через φ и силу нажатия колодки через p, то получим:

$$S = \varphi \Sigma p.$$

Коэфициент φ зависит от скорости, от погоды и других факторов. Обычно он определяется по формуле:

$$\varphi = 0{,}2 - 0.0015v.$$

Чем больше будет сила нажатия тормозных колодок, тем больше будет сила торможения, но только для определенного предела. В самом деле, выше мы видели, что если колесо перестанет вращаться, то тормозной эффект будет хуже.

Поэтому нужно, чтобы сила сцепления между колодкой и колесом была меньше, чем сила сцепления между колесом и рельсом.

Если нагрузку на колесо назовем q, а коэфициент сцепления между колесом и рельсом f, то φp должна быть меньше, чем fq:

$$\varphi p < fq, \text{ откуда } p < \frac{fq}{\varphi}.$$

НТБ ДНУЖТ

Обычно, при расчете торможения товарных поездов принимают p равным половине нагрузки на тормозное колесо вагона (см. „Тяговые расчеты ЦИС НКПСстроя“).

Длина пути, на котором может быть остановлен предельного состава поезд, идущий с наибольшей для него скоростью, называется длиной тормозного участка.

Скорость грузовых поездов при ручном торможении обычно не превосходит 35 *км/час*, а длина тормозного участка равняется 1 200 *м*; при автоматических тормозах скорость равняется 50 *км/час* и длина тормозного участка равна 800 *м*. Неоспоримые преимущества автоматического торможения заставляют при проектировании реконструкции нашего транспорта предвидеть переход на автоматическое торможение. При ручных тормозах после сигнала о торможении до момента начала такового проходит некоторое количество времени, в течение которого поезд продолжает двигаться полным ходом и само торможение происходит менее интенсивно, чем при автоматических тормозах, чем и объясняется, что длина тормозного пути при ручном торможении больше.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое сила тяги паровоза и от каких факторов зависит ее величина?
2. Что называется модулем силы тяги?
3. Что называется мощностью паровоза и в каких единицах на выражается?
4. Какое примерно количество лошадиных сил получается с 1 квадратного метра поверхности нагрева и от чего зависит это количество?
5. Что такое уравнение движения поезда?
6. Что такое расчет предельного состава поезда и в чем состоит графо-аналитический способ этого расчета?
7. Как определить величины скоростей движения поезда определенного состава на различных участках пути?
8. Что такое торможение? Что такое длина тормозного участка?
9. Какие преимущества автоматического торможения по сравнению с ручным?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Начертите переходную кривую разбитую по кубической параболе по способу наружного замыкания, приняв: а) радиус круговой кривой, разбитой при трассировке $R = 800$ *м*; скорость движения поездов $v = 60$ *км/час*; уклон переходной кривой $i = 0{,}001$.
2. Рассчитайте величину состава поезда, идущего по 0,005 подъему и кривой $R = 640$ *м* при паровозе 1-5-0 серии *Е*, при форсировке, равной 40, среднем весе пруженого вагона, равном 38 *т*; проектируется магистраль.
3. Определите величины скоростей движения поезда, величину состава которого мы рассчитали, на участках с подъемами в 0,004 и 0,003 на прямых частях пути.

НТБ ДНУЖТ

ЗАДАНИЕ II

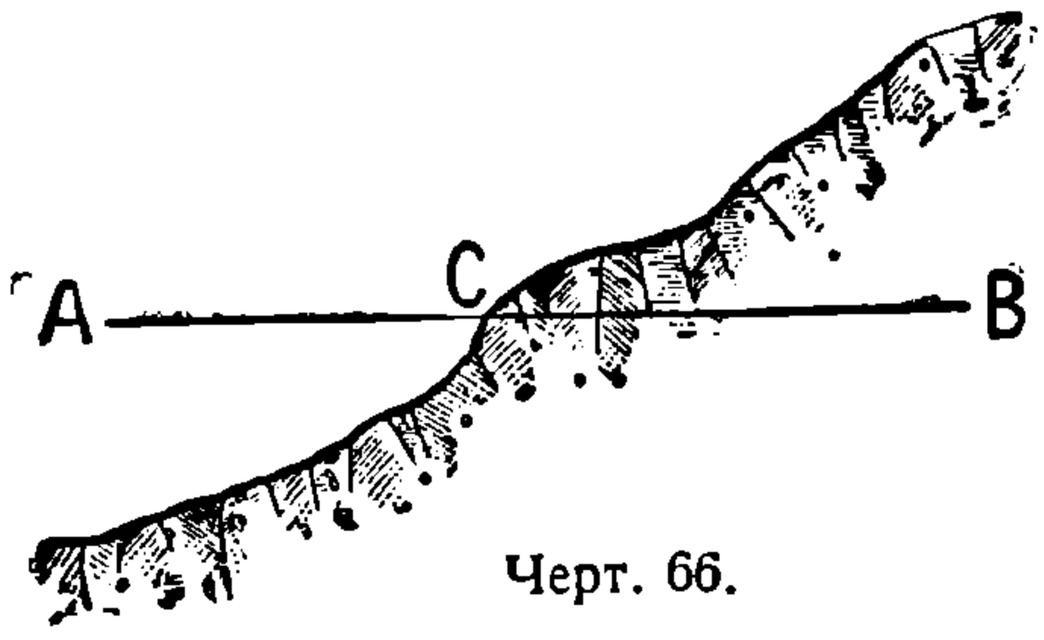
НИЖНЕЕ СТРОЕНИЕ

§ 9. Общие сведения об устройстве земляного полотна

Железнодорожный путь состоит из металлических рельсов, уложенных на шпалах (иногда на продольних лежнях или отдельных опорах).

Шпалы не укладываются непосредственно на землю, и не укладываются потому, что земная поверхность обычно не представляет условий, необходимых для укладки железнодорожных путей: земная поверхность не всегда бывает достаточно ровна; земля обычно недостаточно тверда, чтобы шпалы под давлением паровоза или вагонов не врезывались в землю; земля недостаточно водопроницаема, чтобы не задержать поверхностной воды — дождевой или от тающего снега — и, таким образом, не быть размытой; наконец, земная поверхность не всегда бывает достаточно упруга (например, скалистый грунт).

В виду вышеизложенного шпалы укладываются на слое так называемого балласта, состоящего из материала (щебня, гравия, песка, который достаточно тверд, чтобы не деформироваться под действием тяжести проходящего поезда, упруг и достаточно водопроницаем. Балласт укладывается уже непосредственно на землю, которой придается требуемая для укладки пути конфигурация — достаточно ровная, горизонтальная или определенного к горизонту наклона поверхность. Рельсы, шпалы и балласт составляют так называемое „верхнее строение". Земляное полотно, на котором укладывается верхнее строение, называется нижним строением и составляет предмет настоящего задания.



Черт. 66.

В общем случае поверхность земли, по которой прокладывается железнодорожный путь, представляет поверхность неровную и наклоненную к горизонту на величину, большую уклона пути; в самом общем случае линия сечения земной поверхности с вертикальной плоскостью, проведенной через ось пути, может быть представлена согласно черт. 66, где *ACB* есть ось железнодорожного пути.

В таком случае для укладки пути *AB* на протяжении от *A* до *C* необходимо сделать подсыпку земли или „насыпь", а на протяжении от *C* до *B* сделать в земле траншею или „выемку".

Грунты или материалы, из которых делаются насыпи или выемки, весьма разнообразны.

РТБ ДНУЖТ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Почему шпалы укладываются на слое балласта, а не непосредственно на землю?
2. Что называется насыпью и что выемкой?

§ 10. Понятия о грунтах

Грунтами обычно называют все породы, залегающие в верхних слоях земной коры. Из этих грунтов устраивается земляное полотно железной дороги. По железнодорожному полотну двигаются тяжелые поезда, оказывающие весьма значительное давление на верхнее и нижнее строение пути, а следовательно, и на тот самый грунт, из которого устроено полотно. Имея это в виду, мы при классификации грунтов положили в основу прочность грунта, способность его оказывать сопротивление производимому на него давлению.

Так как чем прочнее грунт, тем он плотнее и тем разрабатывать его трудней, то при классификации грунтов можно за характеризующий его признак принять степень трудности разработки, которая может производиться деревянными лопатами при очень малых силах внутреннего сцепления грунта, железными лопатами при значительных силах внутреннего сцепления, ломами и кирками при очень больших силах внутреннего сцепления.

Полагая в основу классификации грунтов упомянутую выше прочность, грунты можно классифицировать так:

1) грунт скалистый, сплошной, 2) грунт скалистый, слоистый, 3) грунт скалистый обломочный, 4) грунт песчаный, 5) грунт глинистый, 6) грунт растительный, 7) грунт плывучий, 8) насыпной, 9) смешанный (см. проф. Дмоховский, Курс оснований и фундаментов, изд. 1927 г., стр. 4).

К первой группе относятся сплошные залежи одной и той же каменной породы, которая может быть очень твердой (гранит), средней твердости (известняки, песчаники) и мягкой (более слабые известняки и песчаники).

Ко второй группе относятся каменные породы, залегающие слоями. Такие грунты делятся на толстослойные и тонкослойные. В железнодорожном деле большое значение играет величина угла наклона этих слоев к горизонту.

В дальнейшем изложении мы увидим, что наклонное положение этих пластов является одним из факторов, создающих оползни на косогорах.

К третьей категории относятся грунты, состоящие из отдельных кусков каменных пород — продуктов разрушения пород первых двух категорий. Отдельные куски, сцементированные вяжущим веществом, называются конгломератами, несцементированные — обломочно-сыпучими.

Песчаный грунт, отнесенный к четвертой категории, является продуктом разрушения каменных пород в конечной стадии этого разрушения, т. е. когда грунт состоит из мельчайших частиц, именуемых песчинками.

Такой грунт является прекрасным материалом для постройки железнодорожного полотна, например, для возведения насыпи, так как он достаточно прочен, чтобы не давать остающихся деформаций

РГБ ДНЭЖТ

под действием двигающихся поездов, способен равномерно распространять давление в недрах своей толщи в сторону под известным углом к вертикали, т. е. распределять давление на большую площадь и, следовательно, уменьшать давление, приходящееся на единицу площади. Кроме того, он обладает весьма ценным в железнодорожном деле свойством водопроницаемости, т. е. не задерживает попавшую в него воду, благодаря чему устроенный из песка путь сохраняется в сухом состоянии и отличается упругостью: воспринимаемые им удары не жесткие, а мягкие, упругие.

Обо всех этих качествах будет сказано подробнее при рассмотрении вопроса о балласте.

По крупности песчинок пески делятся на крупные, средние и мелкие; по породе, из которой образовался песок, — на полевошпатные, известковые, и кварцевые; по внешнему виду — на пески с шероховатыми поверхностями (овражные пески) и с округленной формой (речные пески).

Глина, отнесенная к пятой категории, являетсяпродуктом разложения горных пород, содержащих глинозем. Глина отличается водонепроницаемостью, что является с железнодорожной точки зрения признаком отрицательным. Путь из глины трудно содержать в сухом виде; на глине путь обычно отличается пучинами, о чем подробно говорится ниже, в задании „Ремонт пути".

Переходной ступенью между грунтами четвертой и пятой категорий являются суглинки (смесь песка с глиной); эти грунты и по качествам своим являются средними между глиной и песком (менее водопроницаемы, чем песок, но более, чем глина, и т. п.).

К шестой группе относится растительный грунт (чернозем, торф).

Чернозем или растительная земля является продуктом перегноя растений, отличается неравномерностью осадок, размываемостью и большой упругостью. Легкая размываемость и неравномерность осадок являются отрицательными с железнодорожной точки зрения качествами.

Торф является продуктом разложения растений под водой и отличается горючестью в сухом виде, сильной и неравномерной сжимаемостью, разжижаемостью. Все эти качества заставляют этот грунт считать крайне плохим для устройства железнодорожного полотна.

К седьмой категории относится плывун, т. е. очень мелкий песок с зернами менее 0,10 *мм*, смешанный с глиной и илом и насыщенный водой. Такой грунт, не будучи удерживаем соседними грунтами, расплывается в бесформенную массу.

Что касается грунтов категории восьмой и девятой, то само название их достаточно характеризует. Качества таких грунтов весьма различны, и определяются они качеством и пропорцией грунтов, их составляющих.

Каждый грунт характеризуется нижеследующими физическими свойствами: удельным весом, углом естественного откоса и силой сцепления.

Между отдельными частицами грунта действуют силы трения и силы сцепления: благодаря этим силам грунт не распадается на отдельные частицы, а находится в равновесии. Если грунт привести в разрыхленное состояние и таким образом существующее

НТБ ДНУЖТ

взаимное сцепление частиц нарушить, то грунт приобретает до известной степени свойства сыпучего тела. Такой разрыхленный и сложенный в кучу грунт вновь придет в равновесие, но лишь при соответственном угле откоса.

Для каждого грунта существует такой предельный угол, образуемый откосом и линией горизонта, при увеличении которого грунт выйдет из равновесия и начнет осыпаться. Такой предельный угол называется *углом естественного откоса*.

Величины этого угла колеблются для различных грунтов в нижеследующих пределах:

Для песка	. . . от 30 до 40°.	Для влажной глины	. . от 30 до 45°.
сухой глины	25 „ 37°.	„ мокрой глины	. 10 „ 30°

Как увидим ниже, в зависимости от величины угла естественного откоса, откосам насыпей и выемок придается та или иная крутизна откосов: чем больше угол естественного откоса тем круче можно делать откос.

Это правило относится не только к насыпям, но и к выемкам, хотя сцепление частиц грунта последних не нарушится при производстве работ по сооружению выемки, но нарушается впоследствии под действием атмосферных влияний (выветривание, смачивание дождевой водой и т. п.).

Между прочим сила сцепления уменьшается также и от увеличения давления на данные слои грунта, почему при большой высоте насыпей откосы следует делать более пологими. Нужно вообще отметить, что указанные три фактора (удельный вес, угол естественного откоса и сила сцепления) не являются для каждого грунта постоянными, а меняются в зависимости от наличия в нем того или иного количества воды.

Детальное рассмотрение вопроса о степени влияния воды выходит за пределы настоящего курса. Интересные данные по этому вопросу желающие могут найти в цитированном выше курсе проф. Дмоховского.

Необходимо обратить особое внимание на то, что увеличением содержания воды ценные с железнодорожной точки зрения качества грунтов уменьшаются и что вода есть *враг хорошего пути*. Из интересных опытов Кавена выясняется, например, что сила сцепления глины, выраженная в килограмах на 1 $м^2$, колеблется в зависимости от наличия воды в широких пределах от 0 до 1 200. Присутствие воды понижает силу сцепления и уменьшает угол естественного откоса (за исключением песка, который во влажном состоянии имеет больший угол естественного откоса; при дальнейшем увеличении влажности этот угол уменьшается).

Более подробно о вредном влиянии, оказываемом присутствием воды на состояние пути, будет рассмотрено в задании ремонта пути и особенно при рассмотрении вопроса о борьбе с оползнями косогоров и о борьбе с пучинами.

Вредное влияние на состояние земляного полотна оказывают и разного рода сотрясения от быстро двигающихся тяжелых поездов. Об этом факторе также будет упомянуто в задании ремонта пути.

РГБ ДНУЖТ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какой признак нужно положить в основу классификации грунтов?
2. Что такое угол естественного откоса и отчего зависит величина этого угла?
3. Почему при большой высоте насыпей откосы делаются более пологими?
4. Почему откосам выемок придается такой же уклон, как и откосам насыпей?

§ 11. Нормальные поперечные профили и выдержки из технических условий

Выдержки из технических условий проектирования железнодорожных линий магистрального значения и паровой тяги, утвержденных приказом НКПС от 10 февраля 1931 г. за № 2046

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

§ 34. Ширина земляного полотна. Земляное полотно устраивается в соответствии с числом путей строящейся дороги (см. черт. 67 в конце книги).

Ширина земляного полотна поверху должна быть следующая.

а) При одном пути на перегонах, в выемках и насыпях, при всякого рода грунтах, за исключением указанных ниже, 5,5 *м*, как при песчаном балласте, так и при балласте из щебня, укладываемом на песчаной подушке.

При грунтах полотна из скалы и песка, а равно и супеска и тощих суглинков, при условии, что примесь глины в последних не превышает 17%, ширина полотна должна быть 5 метров.

Верхней части земляного полотна должно придаваться очертание трапеции, у которой ширина поверху 2,8 *м*, а высота 0,10 *м*.

В скалистых выемках, смотря по роду скалы и конструкции кюветов, ширина выемки может быть уменьшена при соблюдении условия, чтобы расстояние от оси пути до откосов на уровне подошвы шпал, в целях возможности их беспрепятственной смены, было не менее 3,60 *м* в каждую сторону.

В скальных выемках, в местах незаносимых и в местах с малым количеством осадков расстояние от оси пути до откосов в уровне шпал может быть допущено в одну сторону 4,60, а в другую сторону — 3,0 *м*.

б) При двух и более путях ширина полотна на перегоне устанавливается в зависимости от расстояния между осями путей согласно габарита приближения строений.

При двух путях верх земляного полотна обделывается в виде выпуклого треугольника высотой 0,20 *м* и с основанием равным полной ширине полотна.

При трех и более путях верх земляного полотна обделывается также в виде треугольника с основанием во всю ширину полотна и с уклоном сторон 1 : 25.

в) При постройке второго пути к существующему первому в одинаковом с ним уровне общая ширина полотна поверху должна быть такова, чтобы расстояние между осями путей удовлетворяло требованиям п. „б“, а расстояние между подошвой откоса балластной призмы и бровкой полотна было не менее 0,25 *м*.

Допускается также — в случае сооружения второго пути уклоном, отличным от первого пути, — устройство путей в различных уровнях. При этом должны быть приняты надлежащие меры по снегоборьбе и обеспечены условия водоотвода.

Верхняя поверхность достраиваемого полотна должна иметь уклон от существующего пути в 1 : 25.

г) На остановочных пунктах ширина полотна устраивается в соответствии с проектом станционных обустройств. Верх земляного полотна на остановочных пунктах должен иметь поперечный односкатный или двускатный, в сторону от оси, уклон не менее 1 : 100.

д) За красную отметку земляного полотна в продольном профиле принимается отметка земляной бровки.

Красной отметкой станционной площадки считается отметка теоретической бровки главного пути, которая и принимается за базу при проектировании поперечных профилей станции.

§ 35. Крутизна откоса земляного полотна. а) Крутизна откосов выемок определяется индивидуально для каждого отдельного участка работ в соответствии со свойствами грунта. При отсутствии необходимых данных о свойствах грунтов могут приниматься в качестве ориентировочных нижеследующие нормы.

НТБ ДНУЖТ

В грунтах обыкновенных $1^1/_4$ основания на 1 высоты, в грунтах сплошных щебенистых—от 1 до $^1/_2$ основания на 1 высоты, в скалистых, выветривающихся грунтах от—1 до $^1/_5$ основания на 1 высоты в скалах невыветривающихся от $^1/_6$ до $^1/_{10}$ основания на 1 высоты и в лессе — $^1/_{10}$ основания на 1 высоты.

В лессовых грунтах добавляется берма между кюветом и откосом шириной 0,5—1 *м*.

В слабых грунтах откосы выемок должны быть устроены так, чтобы была обеспечена устойчивость земляных масс.

В случае надобности при устройстве выемок в слоях грунта, обладающих неодинаковым свойством, откосам придаются ломаные очертания.

б) Крутизна откосов насыпей, образованных из более или менее однородного грунта, определяется свойствами этого грунта и высотой насыпи. Нормальная крутизна откосов насыпей принимается $1^1/_2$ основания на 1 высоты. Предельная высота насыпей для такой крутизны их откосов принимается 6 метров.

При большей высоте насыпи откосы в своей верхней части делаются полуторной крутизны, причем наибольшая высота с полуторными откосами принимается: для глины 6 *м*, для суглинистых и мергелистых грунтов 7 *м*, для чистых мелких песков и супесков без примеси иловатых частиц—8 *м*, для гравелистых и крупно- и средне-песчаных грунтов —12 *м* и, наконец, для щебенистых грунтов высота насыпи неограничена. Ниже означенных пределов насыпям придается откос $1^3/_4$ от основания на 1 высоты. В насыпях, сделанных из камня, крутизна откосов при любой высоте может быть круче полуторной и принимается в зависимости как от величины отдельных камней, так и от способов производства работ. Насыпи высотой 20 *м* и выше должны устраиваться по индивидуальным проектам, с геологическим обследованием основания насыпи.

в) При смягчении профиля откосы досыпаемых насыпей устраиваются параллельно существующим.

г) В случае достройки старого пути откосам последнего придается крутизна в соответствии с пунктами „а" и „б" настоящего параграфа.

д) Все указанные в настоящем параграфе нормы крутизны откосов относятся к земляному полотну, находящемуся в нормальных условиях; в противном случае, а также в том случае, когда грунты неоднородны, крутизна откосов и их начертания определяются в зависимости от тех требований, которые к ним могут предъявляться в каждом отдельном случае.

Откосы мелких выемок как самостоятельных, так и на переходных частях при глубине последних до 2 *м* в заносимых и безлесных местностях определяются раскрытием их на ширину не менее 20 *м*, причем расстояние между кюветами раскрытых выемок сохраняется равным расстоянию, применяемому для нераскрытых выемок. Ширина поверху достигается путем уплотнения откосов.

§ 36 Отводы воды от полотна. При устройстве полотна надлежит принимать соответственные меры к отведению от него воды. Станционная территория, в случае расположения станции на болоте, должна быть осушена, если к тому не встретится непреодолимых препятствий.

Водоотводные канавы и кюветы должны иметь размеры и уклон, достаточные для свободного пропуска поступающей в них воды. Уклон для канав и кюветов должен быть не менее 0,002.

В местностях с незначительным естественным уклоном при отсутствии возможности придать канавам уклон в 0,002, уклон этот может быть соответственным образом уменьшен, но быть не менее 0,001. Если уклон канавы по свойству его грунта подвергается размыву, то дно и откосы канавы, а также выпуски из нее в лощины, должны быть надлежащим образом укреплены, в соответствии с предполагаемой скоростью протекания воды.

При общих больших уклонах канав должны быть приняты особые меры против размыва.

При выемках в обыкновенных грунтах кюветы должны иметь глубину не менее 0,60 *м* и ширину по дну не менее 0,40 *м*. Откос, обращенный к полотну, если он не вымощен или не отделан камнем, должен быть одернован при наименьшей его пологости в 1 основания на 1 высоты в обыкновенных грунтах и при наименьшей полуторной пологости в песчаных грунтах. В выемках, расположенных на малых уклонах и площадках, глубина кюветов в точках раздела стока воды может быть уменьшена до 0,40 *м*, причем сохраняется наименьшая ширина по дну кювета в 0,40 *м*. В скалистых, а также в пучинистых грунтах кюветы могут иметь очертание и размеры, соответственно потребности пропуска воды. В пучинистых грунтах, кроме того, кюветы должны обеспечить осушение полотна. В местностях с малым количеством осадков, в песчаных грунтах, где вполне обеспечено впитывание во

НТБ ДНУЖТ

всякое время года, кюветы могут не устраиваться. При этом ширина выемки в уровне бровки полотна устраивается равной 7,20 *м*.

С нагорной стороны выемок должны быть устроены нагорные канавы, дренажи или же приняты меры к отводу воды от полотна и откосов выемки. Откосы нагорных канав, обращенные к пути, должны отстоять не ближе 1 *м* от подошвы полевого откоса кавальера, и во всяком случае, при отсутствии кавальера, не ближе 5 *м* от верхнего ребра откоса выемки.

Поверхность земли между выемкой и кавальером или нагорной канавой во избежание застоя воды, должна быть спланирована соответственно местным условиям, причем с верховой стороны поперечный уклон как от кавальера, так и от нагорной канавы допускается делать в сторону выемки.

С низовой же стороны, при наличии кавальера, поверхность планируется с уклоном в сторону последнего, причем должен быть обеспечен отвод воды в продольном направлении путем устройства особого лотка (банкетного) у подошвы кавальера с продольным уклоном не менее 0,005, или путем устройства для выпуска воды поперечных разрывов в теле кавальера.

В случае невозможности выдержать означенный выше уклон, для банкета допускается вовсе не делать последнего.

Сечение нагорных канав должно соответствовать пропускаемому по ним расходу при заданном уклоне, причем минимальным размером нагорных канав считается ширина по дну и глубина в 0,60 *м*.

При прохождении полотна в предгорьях, где имеется опасность притока к полотну больших масс воды, необходимо помимо обычных нагорных канав устраивать, для перехвата воды, дополнительные канавы, располагая таковые сообразно местным условиям, под соответствующим углом к линии наибольшего ската местности, а также принимать и другие меры для охранения полотна от размыва.

Резервы, вынутые вдоль насыпей, должны иметь поперечный уклон не менее 0,02 в сторону от полотна, а при ширине резервов более 10 *м*— такой же уклон с двух сторон резервов к продольной оси его. Необходимо также придавать резервам надлежащий продольный уклон, желательно не менее чем 0,002, в сторону ближайшей ложбины или ближайшего искусственного сооружения, куда вода из резерва и должна быть выведена. В случаях, вызывающих значительное удорожание работ, разрешается придавать уклон дну резерва в 0,,001, а при невозможности придания уклона, устраивать глухие резервы без уклона.

При заложении резервов следует оставлять невыбранными против телеграфных столбов поперечные полосы, достаточные для установки столбов.

Верхняя поверхность берм, а также дамб и т. п. должна иметь поперечный уклон от полотна не менее 0,02.

Если около насыпей не имеется резервов, то с нагорной стороны полотна, а в местностях без поперечного уклона, в случае высоты насыпи 0,60 *м* и менее, с обеих сторон такового, должна быть выкопана продольная водопроводная канава, шириной не менее 0,40 *м*. Сечение водоотводных канав должно соответствовать притоку воды. При наличии поперечного уклона местности, обеспечивающего отвод воды от полотна, канавы с низовой стороны насыпи устраивать не следует.

Спуск воды из нагорных канав, а также из резервов в выемку допускается только в исключительных случаях, лишь при условии одностороннего уширения выемки для образования бермы и устройства взамен кювета водоотводной канавы. В лесо-солончаковых грунтах пропуск воды из каналов и резервов в выемки не разрешается.

В случае спуска воды в кювет, бермы в выемках устраиваются шириной: для обыкновенных грунтов не менее $1^1/_2$ *м*, для лессов не менее 2 *м*.

Сечение и способ укрепления канавы должны соответствовать наибольшему расходу и скорости пропускаемой воды, уровень которой не должен доходить до бровки бермы на 0,25 *м*.

В скалистых выемках устройства берм не требуется.

Лощины и низины, в которые спускается вода, в населенных местностях не должны подвергаться заболачиванию, в предупреждение чего на могущей подвергаться заболачиванию территории должны быть устроены соответствующие отводные русла и канавы.

Грунтовые воды, могущие оказать вредное влияние на устойчивость полотна дороги, должны быть отведены дренажами или иными соответствующими способами.

§ 37. Требования прочности земляного полотна и его основания. Насыпи должны устраиваться из грунтов, гарантирующих их устойчивость, и находиться в условиях, обеспечивающих их безопасность от разрушения грунтовыми и поверхностными водами и атмосферными влияниями.

ГГТБ ДНУЖТ

Основаниям, на которых они возводятся, не должно угрожать оползание или внезапные значительные просадки. В тех местах, где уже наблюдается или возможно опасаться значительных сдвигов и просадок полотна вследствие непрочности основания, а также во всех случаях устройства насыпей выше 20 *м*, устойчивость полотна должна быть обеспечена соответствующими техническими мерами, на основе исчерпывающего геологического обследования.

При устройстве насыпей в сырых местах высота насыпей в зависимости от местных условий и рода грунта насыпи должна быть не менее 1,00 *м*, увеличиваясь в соответствии с глубиной болота до величины, определяемой в каждом конкретном случае отдельно.

В пределах разливов полотно должно быть поднято не менее, как на 0,25 *м* выше самого высокого исторического уровня воды. Откосы полотна в пределах его затопления должны быть соответственным образом укреплены на 0,25 *м* выше высокого расчетного уровня воды как с низовой, так и с верховой стороны. Высота воды определяется с учетом как подпора, так и поперечного уклона ее поверхности.

Вдоль насыпей, подверженных подмыву речным течением или волнением, с верховой, а в случае надобности и с низовой стороны разлива должны быть отсыпаны бермы шириной не менее 1 *м*, до уровня возвышающегося на 0,25 *м* над расчетным горизонтом воды, с учетом подпора, причем указанные выше укрепления должны делаться по откосу бермы. Отсыпка бермы может быть заменена каменной наброской в случае наличия поблизости крупного бута. Устройство берм у насыпей, возведенных из камня не требуется.

Если по местным условиям, в пределах разлива или вообще водного пространства может развиваться значительное волнение, то упомянутое выше возвышение и укрепление полотна дороги должны определяться с учетом высоты волны.

В случае надобности для защиты от подмыва или волнения у насыпей должны устраиваться и иные защитные сооружения, например, траверсы, или же откосы насыпей должны быть либо значительно уположены, либо соответственно укреплены и т. д.

При возведении насыпи из грунтов, в коих возможно образование балластных корыт, рекомендуется, в целях предотвращения образования корыт, верх насыпей на высоте 2-3 метров отсыпать из песка, а также принимать и другие меры.

При устройстве выемок в плывучих и пучинистых грунтах должны быть приняты меры к предотвращению образования пучин, путем отепления полотна, осушения его, понижения грунтовых вод (углубление кюветов, дренажей и т. д.), замены пучинистого грунта дренирующим и пр.

Это не относится к районам с вечной мерзлотой, где условия сооружения земляного полотна должны осуществляться на основе изучения всех обстоятельств в данных конкретных условиях.

§ 38. З а м е н а н а с ы п и э с т а к а д а м и. При наличии слабого основания во всех случаях, когда это обстоятельство грозит устойчивости полотна, насыпи должны заменяться эстакадами, или должны быть приняты другие меры, обеспечивающие устойчивость полотна, в зависимости от экономической выгодности.

Такая же замена насыпей эстакадами производится при условии доказанной экономической выгодности, на основе сравнения вариантов, стоимости сооружения насыпи или эстакады.

§ 39. П р о е к т и р о в а н и е ж.-д. п о л о т н а на к о с о г о р е. При проведении железнодорожной линии по косогору трасса линии в предположении последующего уширения полотна дороги под два пути должна быть преимущественно выбрана так, чтобы при устройстве полотна под второй путь выемка была уширена в нагорную сторону.

Если исполнение этого требования сопряжено с значительными затратами или вызывает сложные устройства, то полотно второго пути может быть расположено полностью или частью на насыпи, применяя, где это потребуется, подпорные стенки. В целях избежания крупных затрат по сооружению полотна под первый путь разрешается устраивать полотно попеременно под правый или левый путь с переходами одного пути на другой, но с тем, чтобы при наличии места переходы располагались вне его.

§ 40. Р а с п о л о ж е н и е р е з е р в о в и к а в а л ь е р о в. Резервы при насыпи должны быть закладываемы так, чтобы между подошвой откоса насыпи соответственно профилю таковой под два пути и верхним ребром откоса резерва была берма не менее 2 *м*.

П р и м е ч а н и е. Земля для образования насыпей берется или из соседних с ними выемок, или из так называемых резервов, т. е. траншей, закладываемых по бокам насыпей.

НТБ ДНУЖТ

Земля, вынутая из выемки при ее устройстве и не употребленная на устройство соседних насыпей, складывается по бокам выемки в особые продольные валы, называемые кавальерами.

Если при этом откос резерва задается круче откоса насыпи, то ширина бермы определяется по формуле: $2 + 0{,}75h$, где h — глубина резерва в метрах.

Для насыпей, устраиваемых в пределах разлива, ширина бермы при любой высоте насыпи должна быть не менее 4 *м*.

При длинных насыпях высотой менее 2 *м* и при продольных уклонах местности в 0,002 и менее допускается уменьшение ширины бермы до 1 *м*.

Бровка резерва со стороны пути должна иметь в плане плавное очертание.

Кавальеры при выемках должны располагаться так, чтобы между верхним ребром откоса выемки и подошвы внутреннего (со стороны путей) откоса кавальеров были оставлены, в предположение устройства полотна под два пути, обрезы. Ширина обреза при выемках в твердых и сухих грунтах принимается равной не менее 5 *м*, при выемках же в слабых грунтах не менес 5 *м* плюс глубина выемки в метрах, и во всяком случае не менее 10 *м*, с проверкой, при особенно неблагоприятных обстоятельствах устойчивости откосов выемок, этого расстояния расчетом.

Примечание. В пределах станционной территории следует избегать закладки резервов, а также насыпи кавальеров. Отступления от этих указаний должны быть в каждом отдельном случае мотивированы.

§ 41. Меры предотвращения снежных и песчаных заносов.

При проектировании земляного полотна в местностях, подверженных снежным заносам, надлежит избегать выемок и мелких насыпей, однако не за счет значительного увеличения работ, ухудшения транспортировки грунтов и условий водоотвода.

Высоту насыпей в этих случаях не рекомендуется делать менее 0,60 *м* и, по возможности, не ниже среднего уровня снегового слоя для данного района.

В случае устройства вдоль выемок кавальеров следует их отсыпать, по возможности, наибольшей высоты.

Помимо того, при проектировании линии в заносимых местах надлежит учитывать направление господствующих зимних ветров.

При проектировании дороги надлежит предусматривать посадку живой изгороди во всех необходимых случаях. Ко времени передачи дороги в эксплоатацию, последняя должна быть обеспечена как переносными снеговыми щитами и кольями, так и усовершенствованными механическими снегоочистителями, тем и другим в количестве, соответствующем потребностям.

В местностях, подверженных песчаным заносам, или выдуванию полотна, должны применяться меры как во время работы, так и в период эксплоатации по укреплению близлежащих песков, укреплению откосов насыпей и выемок глиной, переносимыми постоянными щитами и другими мероприятиями, обеспечивающими независимость и устойчивость земляного полотна.

При составлении проекта необходимо в этих случаях обращать внимание на направление господствующих ветров и силу их. Подлежит также определению род растений, пригодных для закрепления песков.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

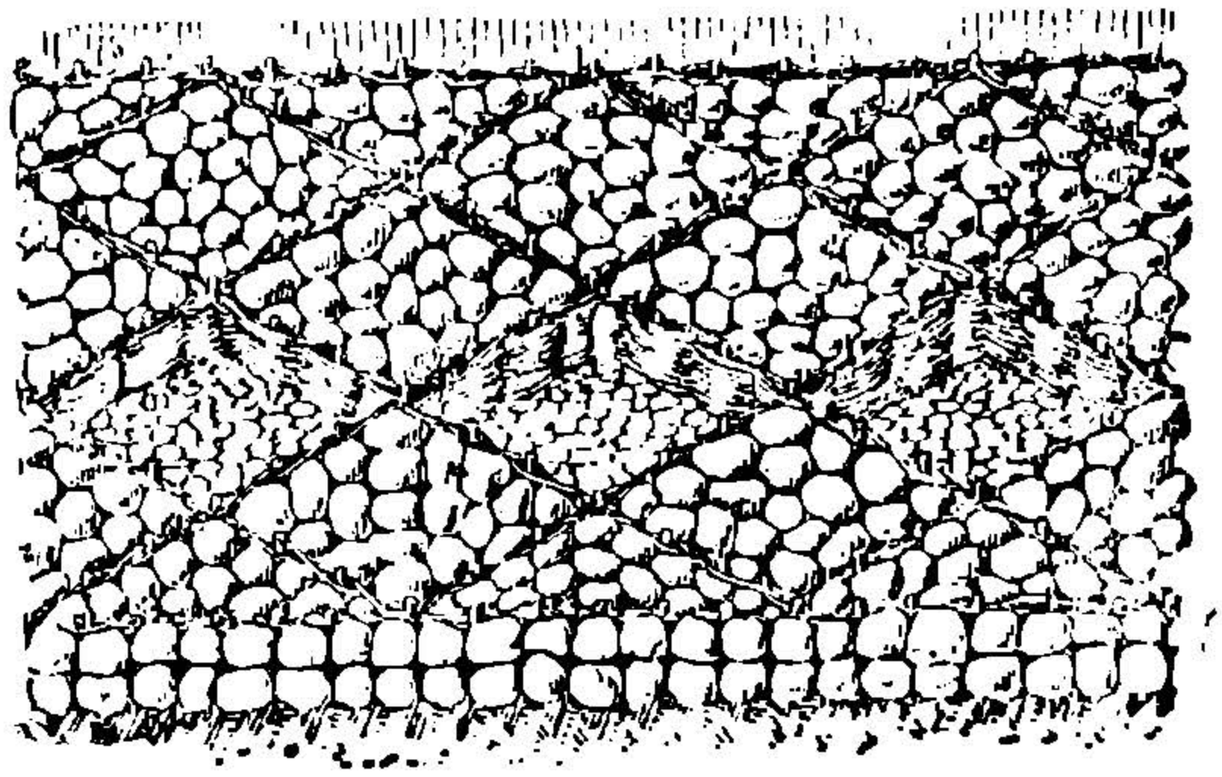
1. Что называется поперечным профилем земляного полотна?
2. Какова по новым техническим условиям проектирования ж.-д. линии магистрального значения с паровой тягой должна быть ширина земляного полотна на однопутных и двухпутных участках?
3. Какой крутизны делаются откосы в выемках и насыпях для разного рода грунтов?
4. Какое очертание придается откосам высоких насыпей?
5. Что называется резервом, кавальером, бермой и банкетом?
6. Какие резмеры должны иметь берма при резервах, отчего зависят эти размеры и одинаковы ли они при насыпях под один и под два пути?
7. На каком расстоянии от верхнего ребра откоса выемки можно закладывать кавальер?

§ 12. Укрепление откосов

Для предохранения откосов земляного полотна от разрушений, именно — от обвалов, размывов ливневой и весенней водой, тающего снега, от сдувания ветром и других причин, в том случае, когда полотно состоит не из грунтов скалистых, щебенистых

РГБ ДНУЖТ

и крупно-песчаных, откосы укрепляются помощью: а) обсеменения травами — при рыхлых песчаных грунтах употребляются, так называемый, песчаный овес и песчаная осока; для глинистых — рожь; для плотных песков — пырей; кроме этого, применяются клевер, тимофеевка и смеси семян с сильно развитыми корнями; при тощих грунтах применяется покрытие их слоем от 6 до 20 *см* растительной земли; б) дерновкой (сплошной или крестами); в) посадкой кустарников; г) мощением одиночной или двойной мостовой на мху или на навозе, д) плетнями в клетку, именно — в откосы вбиваются колья (желательно ивовые, свежие, которые могли бы прорасти); колья переплетаются прутьями, согласно чертежам 68 и 69.

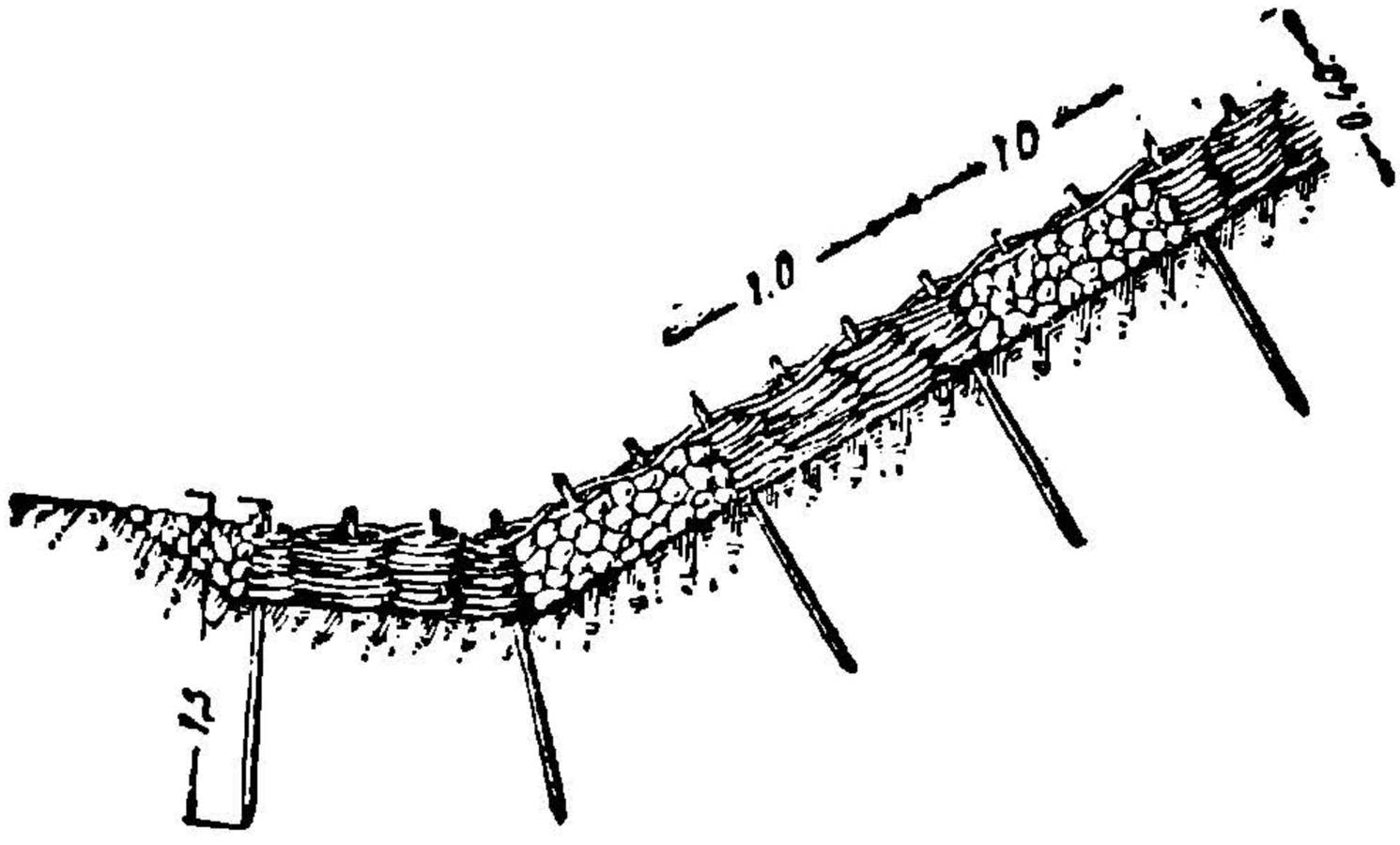


Черт. 68.

Длина кольев примерно 1 *м*, толщина около 5 *см*, длина клетки около 1 *м*.

Внутри полученных таким образом квадратных клеток делается иногда каменная наброска.

Тот или иной способ укрепления откосов диктуется местными условиями, т. е. величиной и характером сил, действующих на полотно



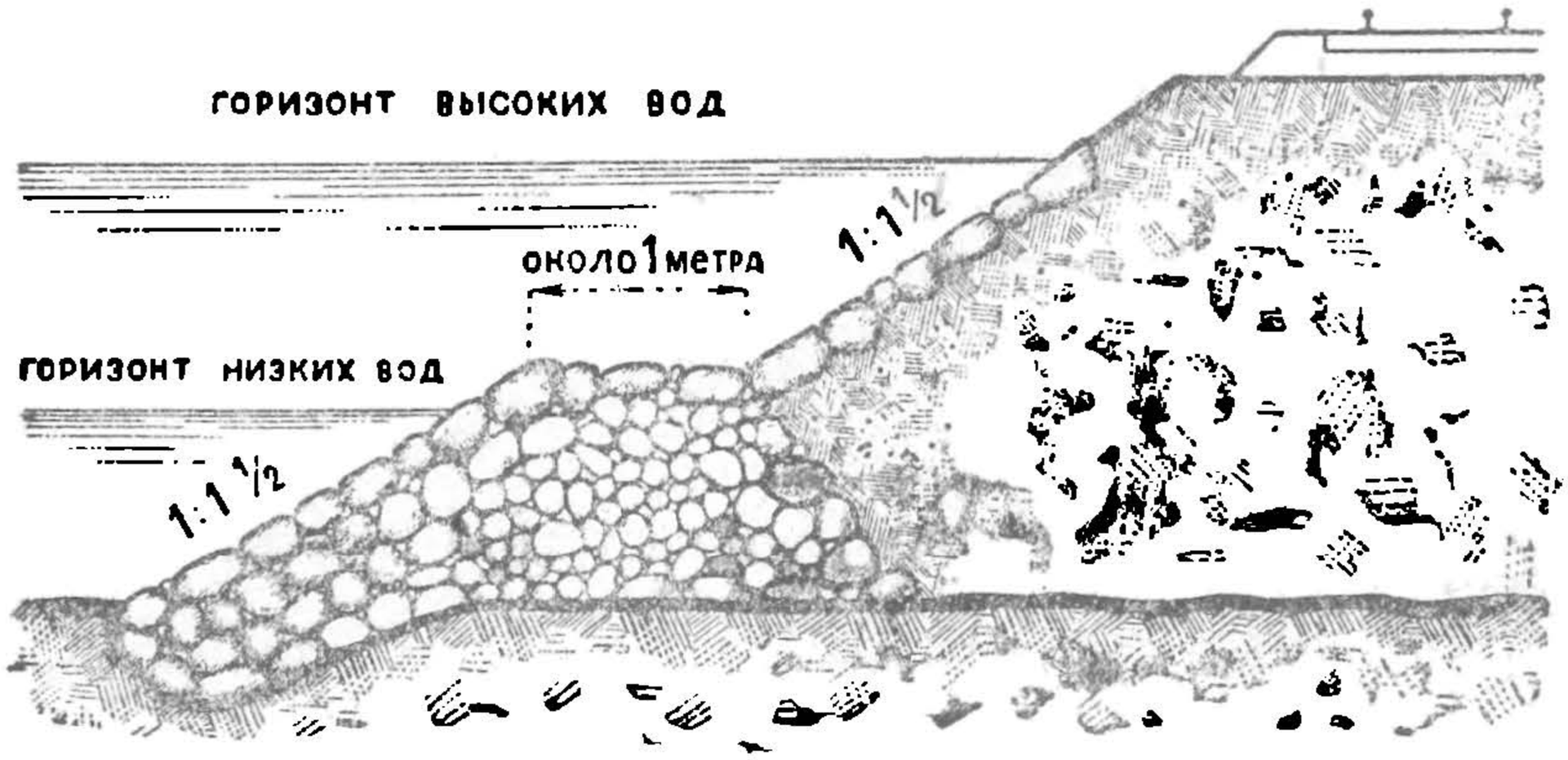
Черт. 69.

и его разрушающих, материалом, из которого сделано земляное полотно, и крутизной откосов полотна. Так, например, если насыпь омывается водой, то часть ее, непосредственно соприкасающаяся с водой, делается из материала, который водой не размягчается и не размывается, причем особое внимание обращается на подошву насыпи, которая устраивается так, чтобы насыпь была защищена от подмывов; это может быть достигнуто, например устройством каменной отсыпи, причем при наличии течения воды камни должны быть достаточно велики для того, чтобы оказать сопротивление

РГБ ДНУЖТ

размывающим силам. Каменная отсыпка делается согласно черт. 70 — откос со стороны, обращенной к воде — полуторный; с обратной стороны — одиночный.

Поверх отсыпки устраивается берма, шириной около 1 *м*, возвышающаяся над горизонтом низких вод. Над отсыпкой откос насыпи, обращенный к воде, укрепляется мощением, которое возвышается над горизонтом высоких вод; мощение делается одиночной или двойной мостовой в зависимости от скорости течения. При недо-



Черт. 70.

статке в камне можно вместо каменной отсыпки укладывать фашины; при неимении камня иногда откос укрепляется только дерновкой, но при этом откос делается с уклоном около 1:4 или укрепляется плетнями с уклоном откоса около 1:3; в нижней части делается банкет из солидных плетней, заполненный гравием. Двойная мостовая устраивается при скорости течения 2 *м/сек*; мощение в клетках — при скорости 4 *м/сек*.

Если откос совсем не укрепляется, то рекомендуется делать очень пологие откосы, например с уклоном 1:10. Такие откосы хорошо держатся при наличии размывающих усилий. Но во всяком случае, какой бы тип укрепления откосов ни был применен, укрепление это должно содержаться в полном порядке. Кюветы и нагорные канавы должны быть не занесенными грязью и не заросшими травой.

Что касается укрепления кюветов и канав, то тип этого укрепления зависит от рода грунта и скорости протекающей воды. Мелкий неукрепленный песок допускает скорость протекания воды не более 0,25 *м/сек*; крупный песок — 0,6 *м/сек*; плотная глина — 1,5 *м/сек*; дерновка — 0,6 *м/сек*; одиночная мостовая — 2 *м/сек*.

Дно кюветов при небольшом уклоне и небольшом сечении кювета обычно не укрепляется. Если грунт легко размывается (мелкопесчаный) и уклон кювета более 0,004, то дно кювета следует замостить. Откосы кюветов покрываются дерновкой или при больших уклонах и легко размываемых грунтах укрепляются мостовой. Если местность имеет значительный продольный уклон, а канава имеет уклон незначительный, то устраиваются уступы или перепады, которые делают каменными, бетонными, ряжевыми или фашинными.

НТБ ДНУЖТ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Для чего необходимо укрепление земляного полотна?
2. Какие обычно способы укрепления откосов, выемок и насыпей?
3. Чем обусловливается выбор того или иного типа укрепления канав?
4. Что называется перепадами или уступами и в каких случаях они устраиваются?
5. В каких случаях требуется усиленное укрепление откосов земляного полотна и какие существуют типы этого укрепления?
6. Как устраивается мостовая в плетневых клетках?

§ 13. Устройство насыпей

Из землистых грунтов. Одним из хороших материалов для устройства насыпей является песок (не очень мелкий), гравий и галька: они водопроницаемы, водой не размягчаются и дают незначительные осадки. Очень мелкий песок (плывун) при насыщении водою легко ею размывается, ветром легко разносится. При устройстве насыпей из такого песка необходимо укрепление откосов, например дерновкой или обсеменением.



Черт. 71.

Глина вследствие своей водонепроницаемости и свойства сильно размягчаться водой и давать осадки является нежелательным материалом для устройства насыпей. При неимении другого материала употребляется и глина; при этом желательно принятие мер для защиты ее от проникновения воды, например укреплением откосов одним из указанных выше способов. Иногда из глины устраивают ядро насыпи, откосы же покрываются материалом лучшего качества (землей, песком и т. п.). При этом ядро обделывается ступеньками, как показано на черт. 71.

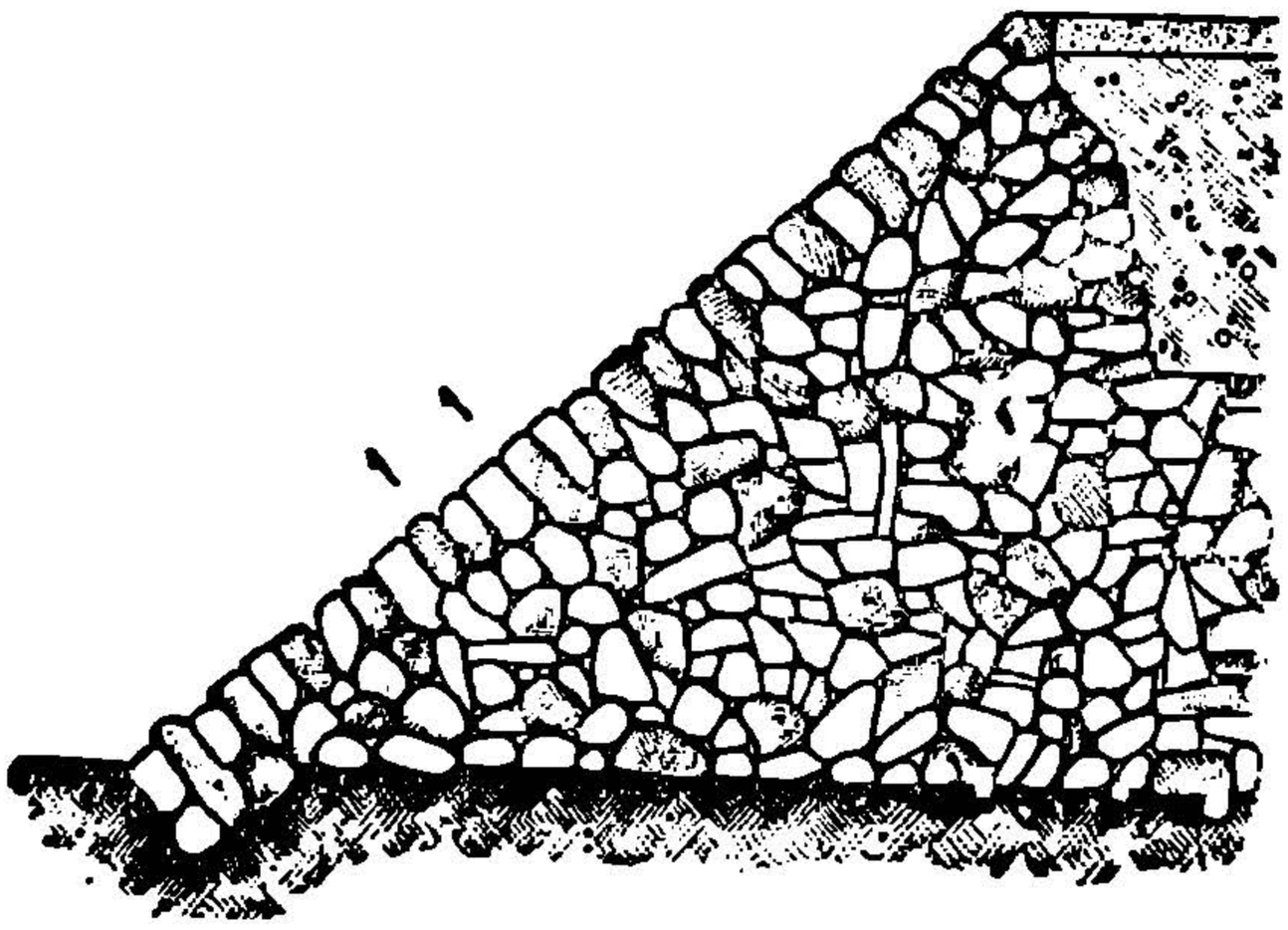
Торф употребляется весьма редко. Во избежание пожаров он должен быть защищен слоем земли, толщиной около 0,5 *м*.

При устройстве насыпей из наброски камней мягких пород, например, мергелей, рекомендуется во избежание выветривания и образования пустот, сопровождаемого осадкой насыпи, покрывать откосы землей с укреплением их дерновкой или другим способом. Во избежание обвала устроенных таким образом откосов каменное ядро обделывают ступеньками.

Насыпи из твердого камня. Твердый камень является прекраснейшим материалом для устройства насыпей благодаря тому, что он не задерживает воды, почти не дает осадки и не дает возможности устраивать крутые откосы насыпи. Но материал этот дорог и потому употребляется лишь в редких случаях, например при изобилии камня, полученного при разработке выемок или при необходимости устройства насыпей с крутыми откосами, например при устройстве насыпи вблизи домов, улиц или реки, русло которой могло бы быть стеснено очень пологими откосами. При

НТБ ДНУЖТ

изобилии камня все тело насыпи делается из каменной наброски, за исключением верхней средней части под полотном, каковая часть во избежание жесткости пути делается из земли (черт. 72).

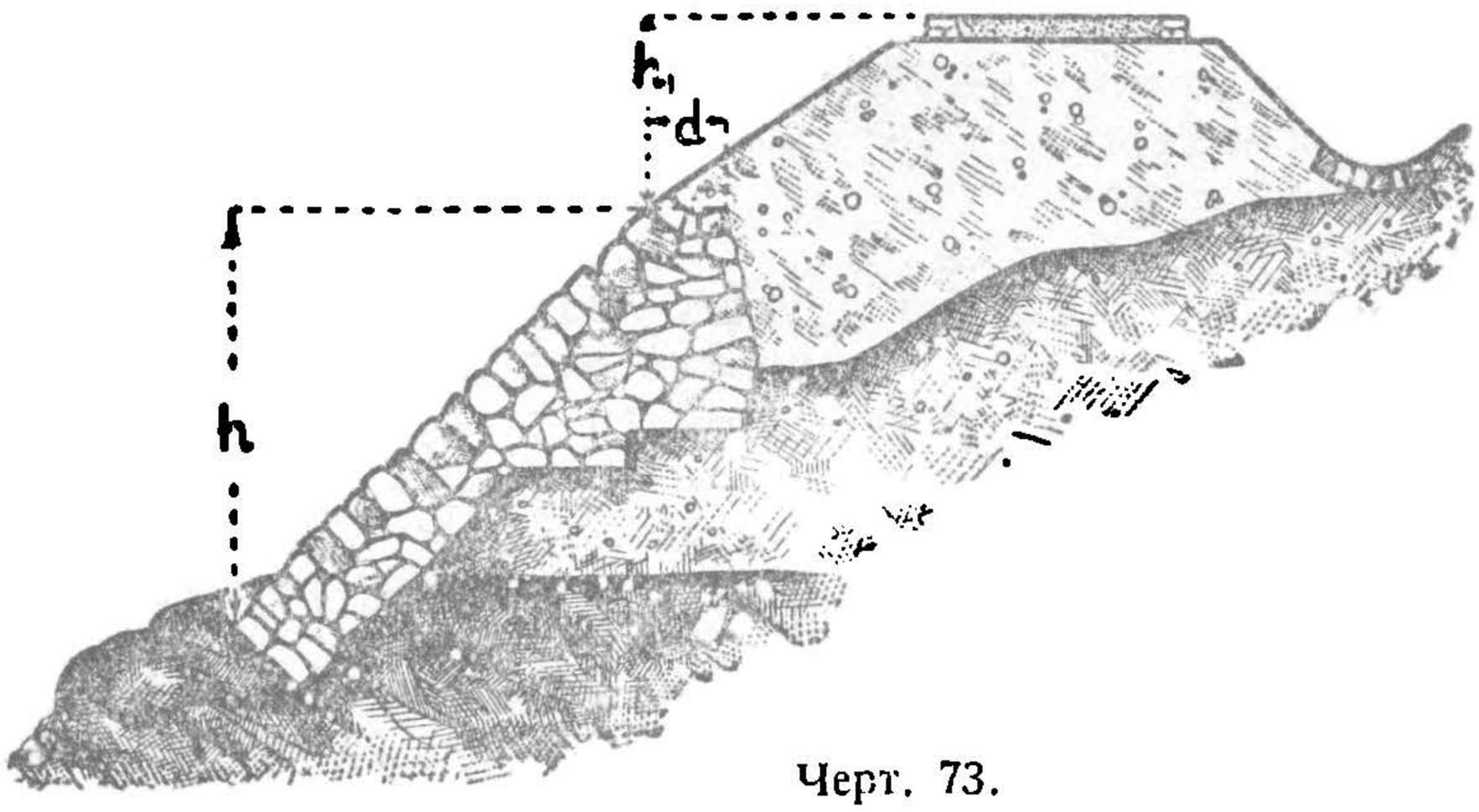


Черт. 72.

Если камня в изобилии не имеется и требуется устроить крутой откос только с одной стороны, то из камня делают только половину насыпи.

Иногда бывает достаточно устроить крутой откос только на определенной высоте насыпи, тогда в этой части насыпь делается из камня, а в остальной — из земли (черт. 73).

Насыпи из сухой каменной кладки. Если требуется устраивать более крутые откосы, то боковые части насыпи делаются из сухой кладки, при этом крутизна откосов может доходить



Черт. 73.

до $1:{}^{1}/_{5}$. Внутренняя грань каменной кладки делается в случае соприкасания с насыпным грунтом вертикальной (черт. 74), в случае соприкасания с естественным грунтом — параллельной наружной поверхности (черт. 75).

Устройство оснований под насыпями. Если насыпь устраивается на горизонтальной или слабо покатой местности, на твердом и сухом грунте, то никаких особых работ по устройству оснований делать не требуется, за исключением корчевки пней; это последнее делается во избежание осадки насыпи, которая может произойти после того, как пни сгниют. Если насыпи очень высокие, то можно корчевки не делать. Если местность не отличается указанными благоприятными условиями, то приходится произвести ряд работ по подготовке оснований. Работы по подготовке оснований имеют целью предохранить насыпи от обрушений.

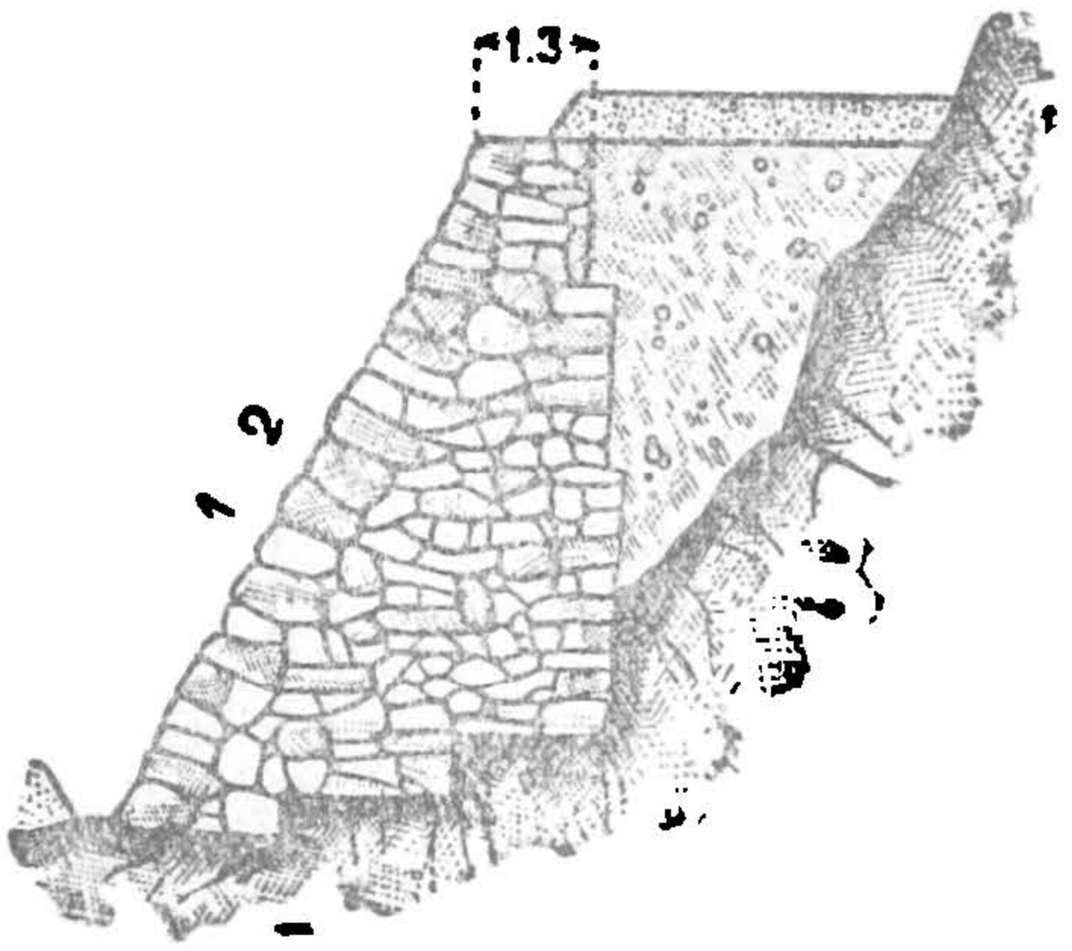
НТБ ДИИЖТ

Причины таких обрушений, зависящих от дефектов оснований на которых устроены насыпи, следующие:

1) Сильная покатость оснований.

2) Насыщенность грунта водой; насыпь, основанная на таком грунте, смачивается грунтовой водой, тело насыпи размягчается и насыпь сползает.

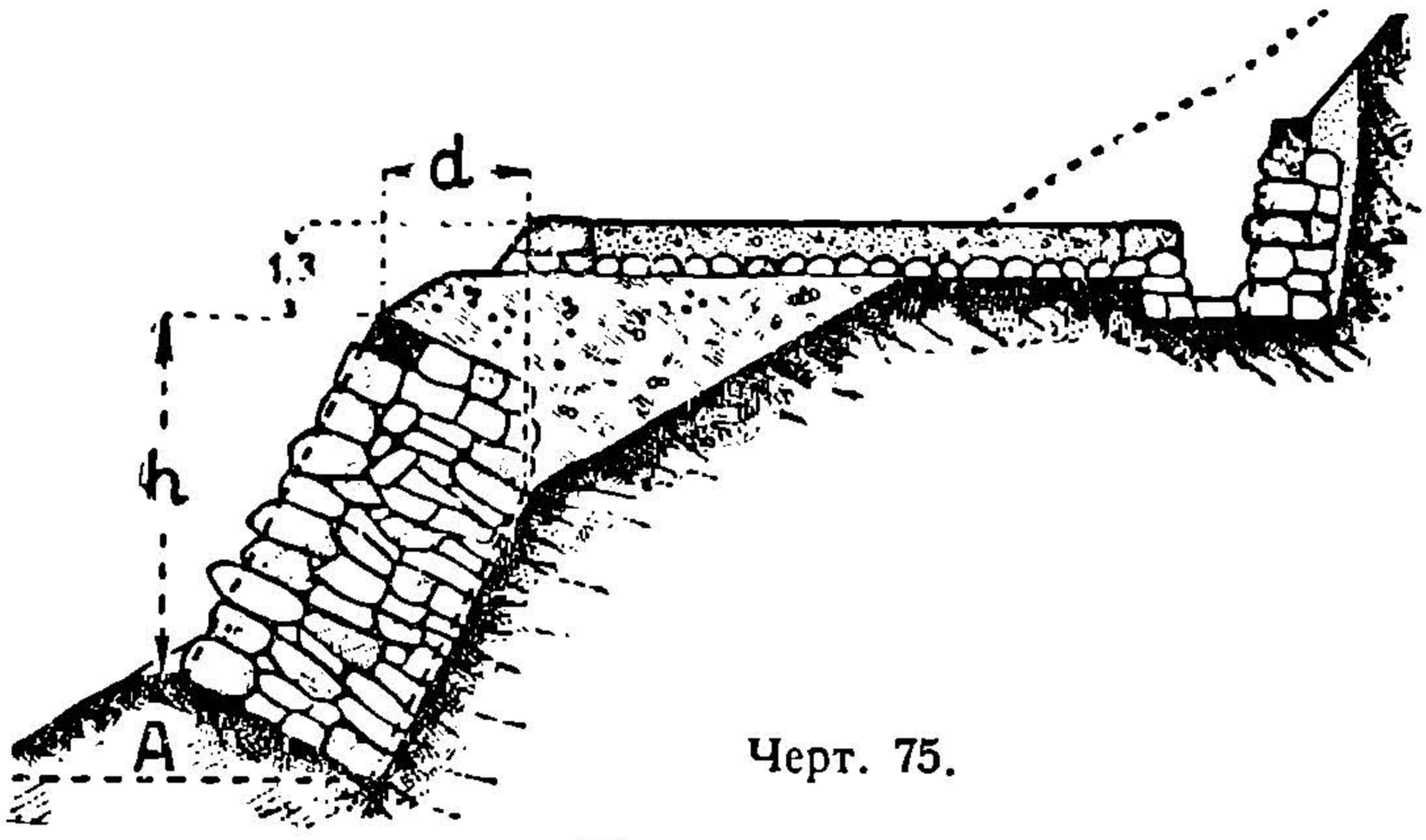
3) Наличие наклонных водоносных слоев, например слоев, водопроницаемого песка и земли, расположенных на глине. Под тяжестью насыпи пласты земли и песка сжимаются перемешиваются, с нижней стороны насыпи выпираются в сторону, налезают один на другой, в результате, по словам Винклера, получается картина дикого хаоса (wilder Chaos); если с верхней стороны насыпи имеется приток воды, то вода эта, не имея выхода вследствие сжатия водоносного слоя, скопляется около насыпи с верховой стороны, смачивает ее, и насыпь сползает вниз.



Черт. 74.

4) Основание из мягкого грунта, например насыпь на болотистом грунте. Под тяжестью насыпи мягкий грунт сжимается, выпирает в стороны из-под насыпи, насыпь садится и деформируется.

Указанные выше причины могут быть чреваты весьма серьезными и опасными последствиями; потому на них должно быть обраще-



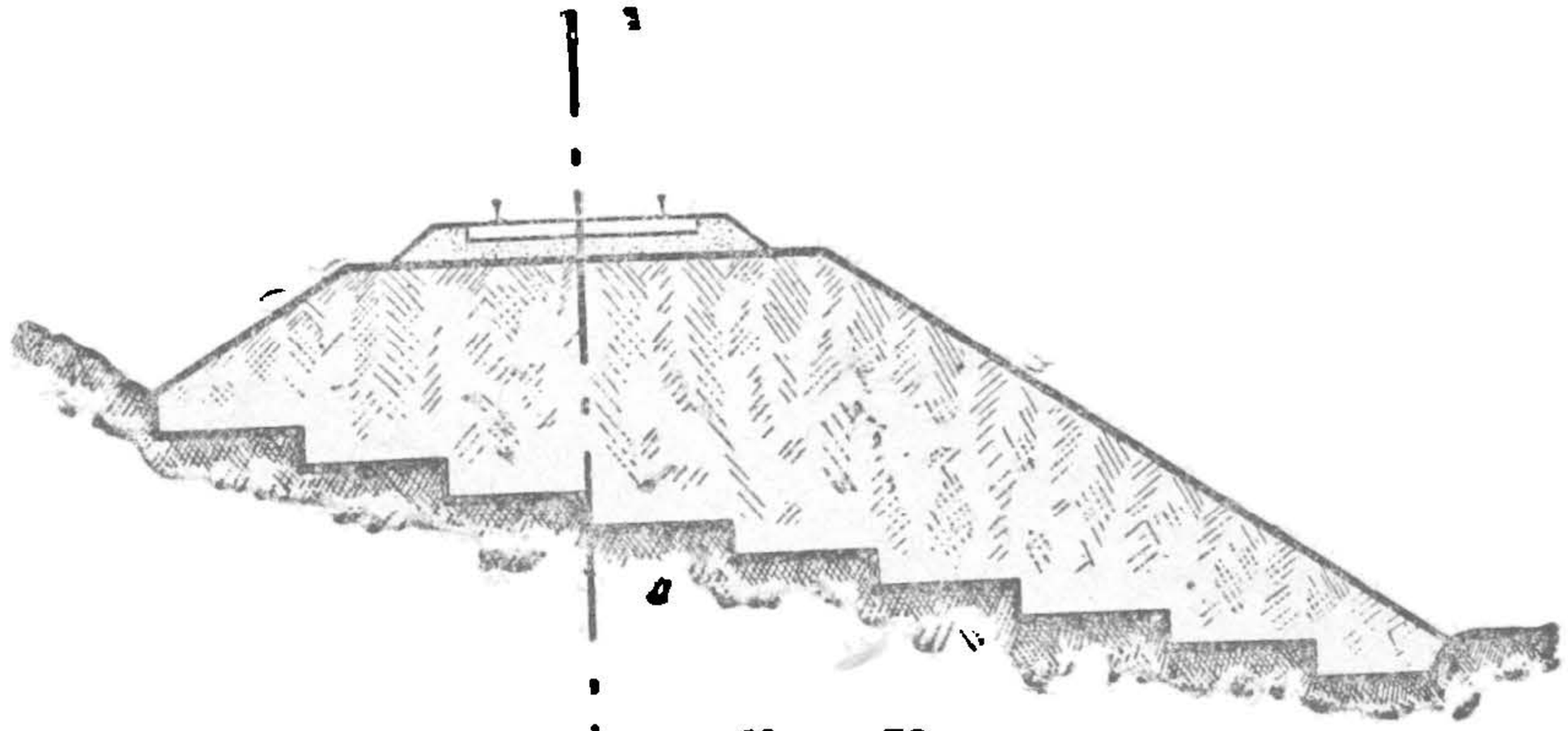
Черт. 75.

но самое серьезное внимание. Перед устройством насыпи должно быть произведено тщательное обследование грунта: бурение, пробные колодцы, забивка пробных свай, должно выяснить наличие или отсутствие поименованных выше вредных причин для борьбы с ними помощью соответственных мероприятий. Мероприятия эти следующие:

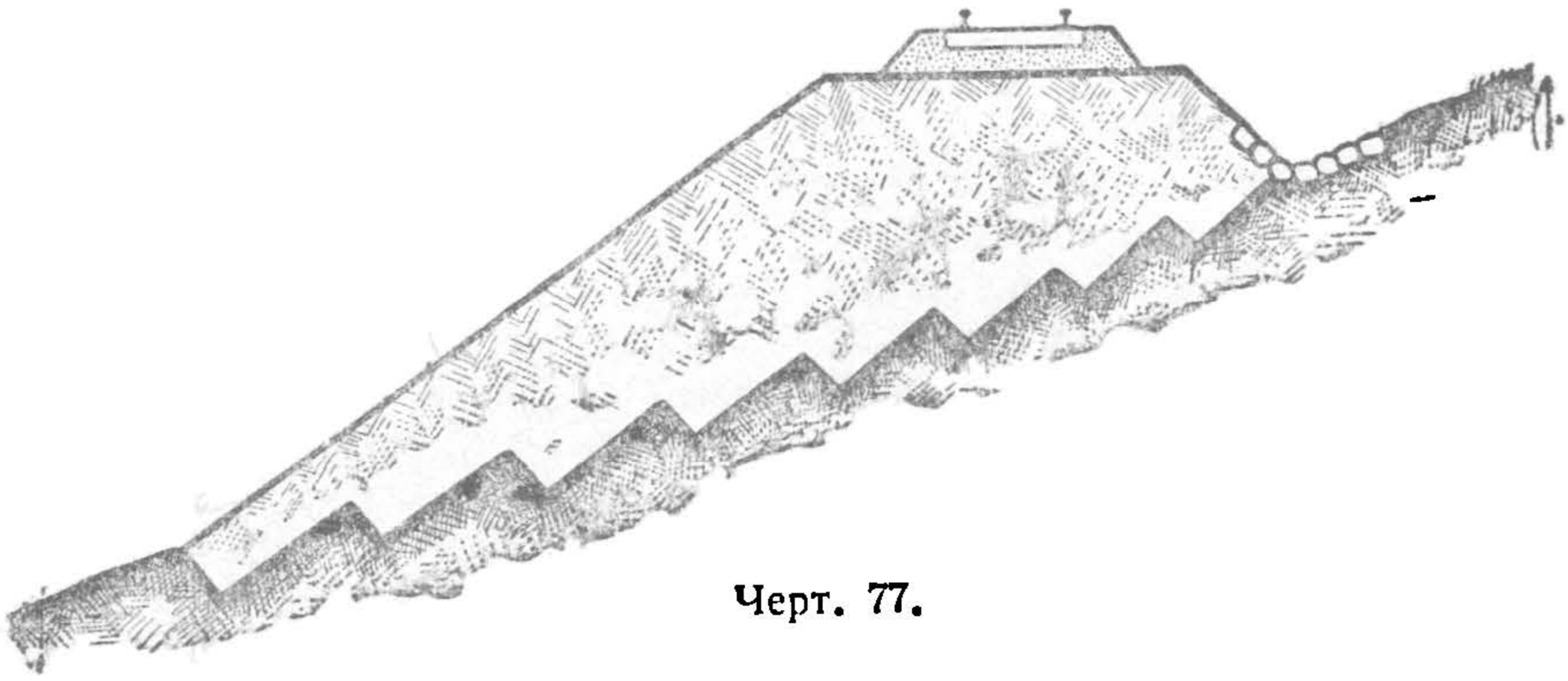
1) При сильной покатости местности основание обделывается ступенями (черт. 76) или зубцами (черт. 77), или устраиваются банкеты (контр-форсы).

НТБ ДНУЖТ

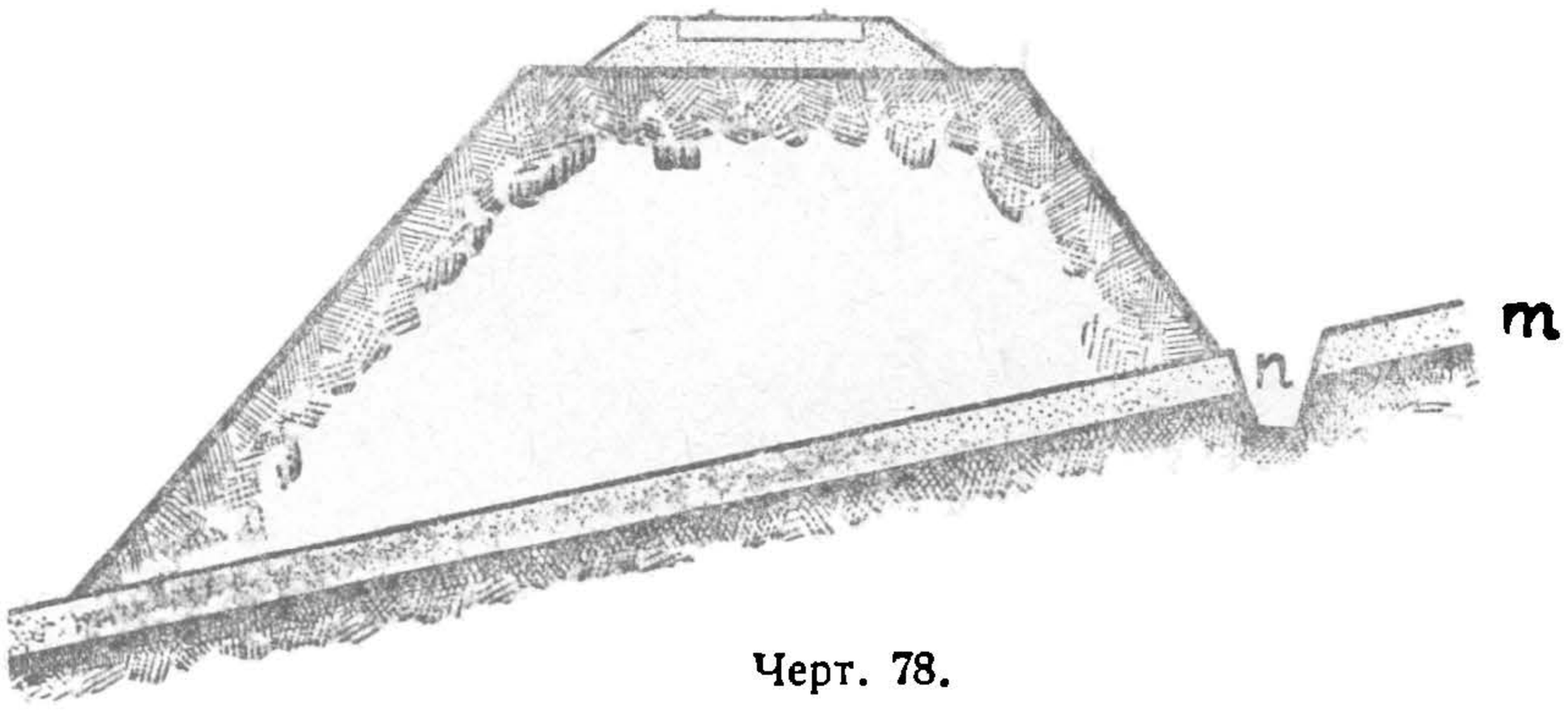
2) При основании, насыщенном водой, или при наличии водоносных слоев должен быть устроен отвод воды помощью водоотводных канав, расположенных с верховой стороны



Че, т. 76.



Черт. 77.



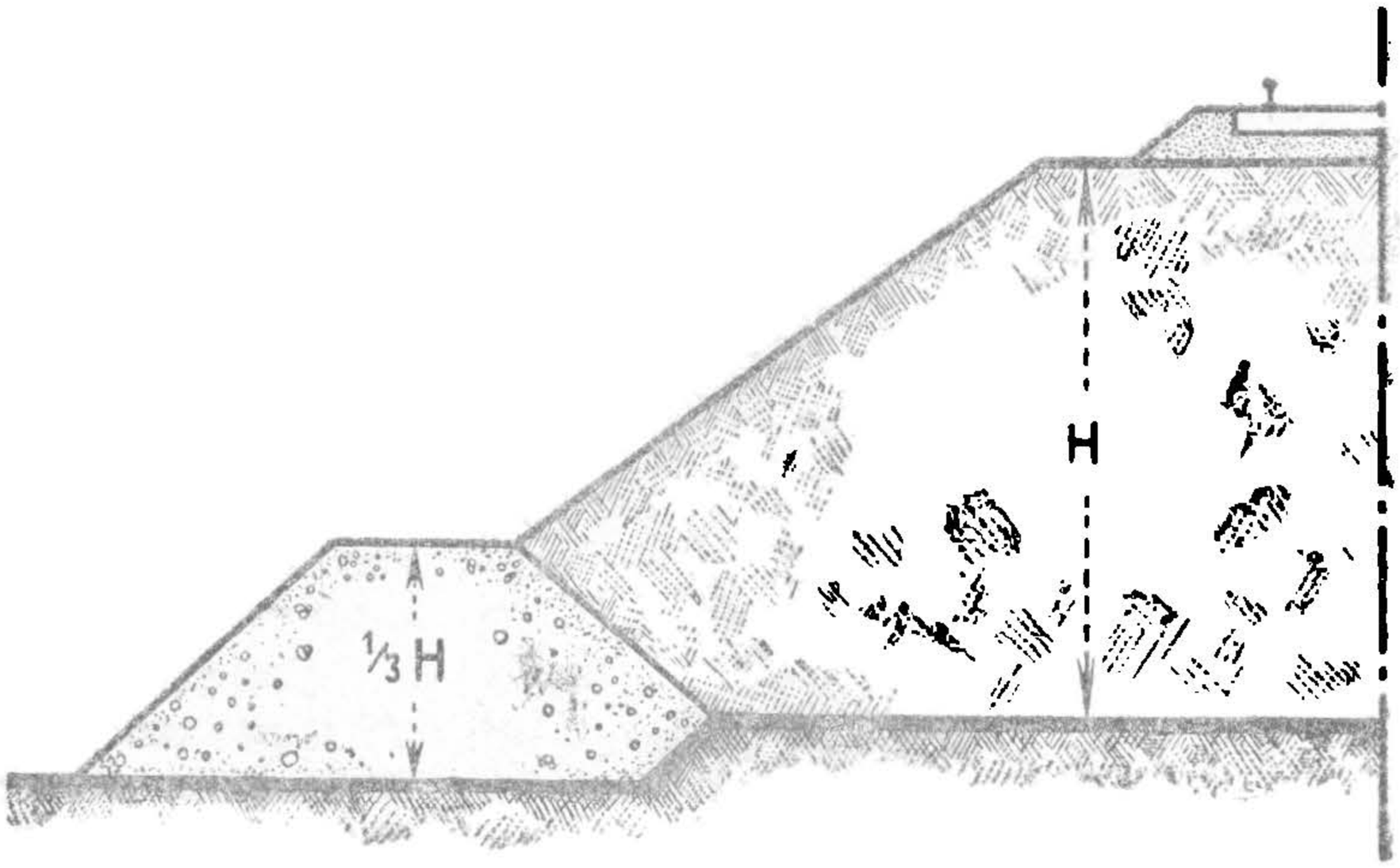
Черт. 78.

насыпи, перерезающих водоносный слой *m* и перехватывающих воду (черт. 78), помощью систем поперечных канав, дренажей и штолен.

Что касается устройства контр-форсов или банкетов из утрамбованной земли или камня (черт. 79), то французский инженер Бриэр

РГБ ДНУЖТ

рекомендует устраивать высоту банкета, равную $^1/_3$ высоты насыпи, а ширину банкета — $^2/_3$. Банкет, удерживая материалнасыпи от обрушения, оказывает в случае мягкого основания, на котором устроена насыпь, еще и ту пользу, что своим весом давит на это основание и препятствует выпучиванию основания в сторону под влиянием тяжести насыпи.



Черт. 79.

Черт. 80.



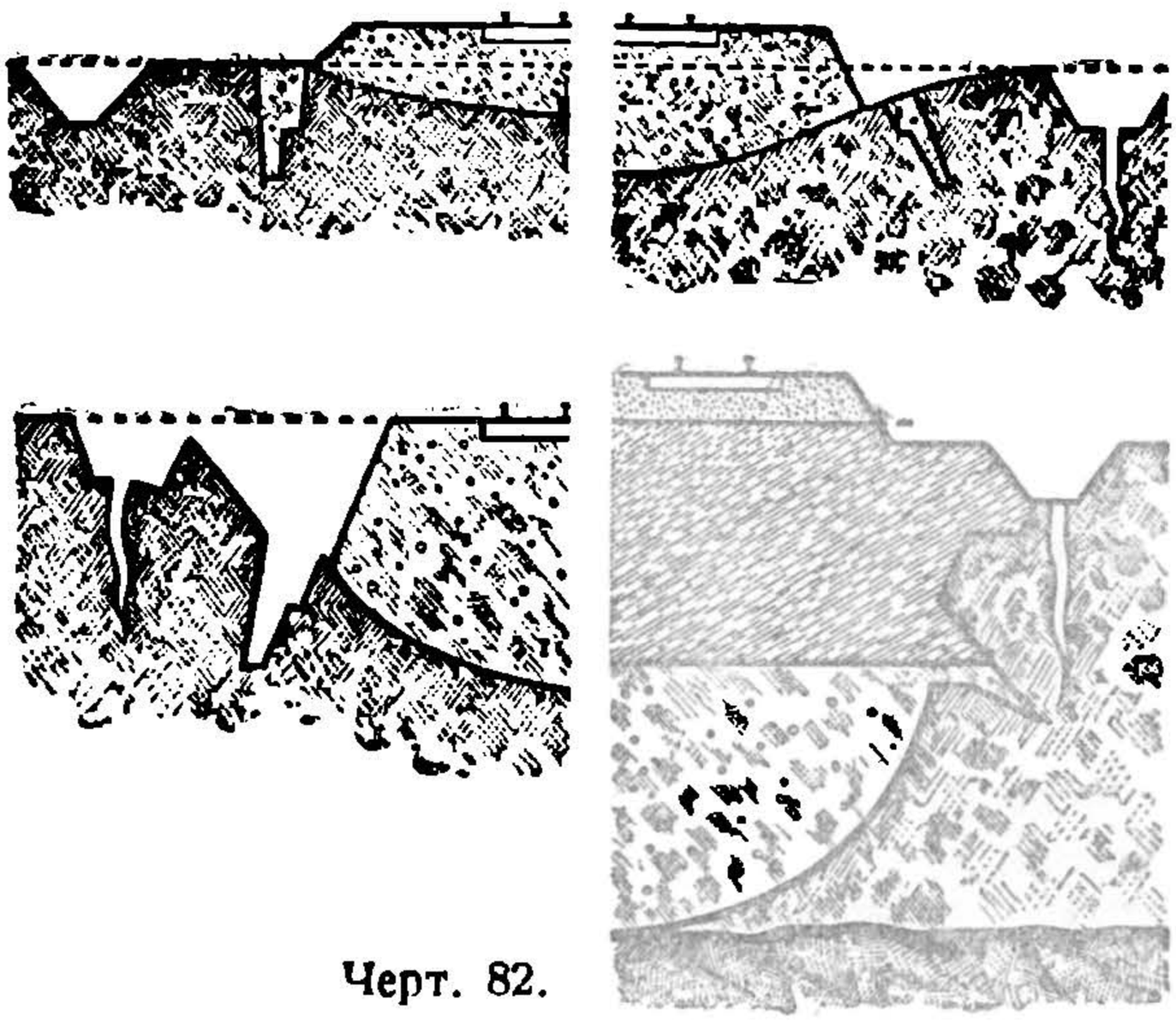
Черт. 81.

Контр-форс следует основать на твердом грунте и между контрфорсом и мокрым грунтом уложить дренаж, как это показано на черт. 80.

3) При устройстве насыпей на мягком, например болотистом грунте, грунт этот под тяжестью насыпи опускается и из-под насыпи выпирается в стороны, как это показано на черт. 81.

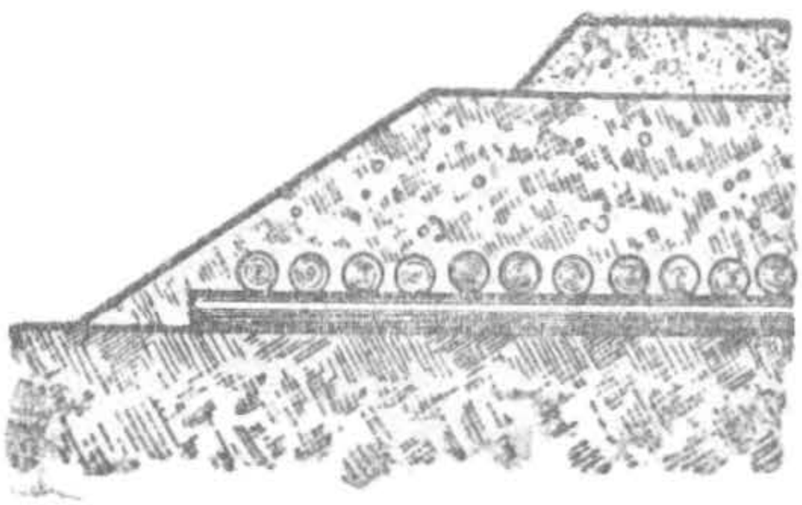
РГБ ДНУЖТ

Если болотистый грунт сверху имеет твердую кору, то опускание идет постепенно и медленно, но при этом может случиться разрыв верхней коры и тогда насыпь может внезапно и неожиданно быстро опуститься. Если под твердой корой имеется жидкий грунт, то следует опустить насыпь до твердого грунта, разрезав кору помощью продольных канав, расположенных с боков насыпи на расстоянии около 2 *м* от заложения откосов, шириною около (черт. 82) 0,5 *м* и такой глубины, чтобы они достигли жидкого грунта. Постепенные стадии опускания насыпи изображены на черт. 82.

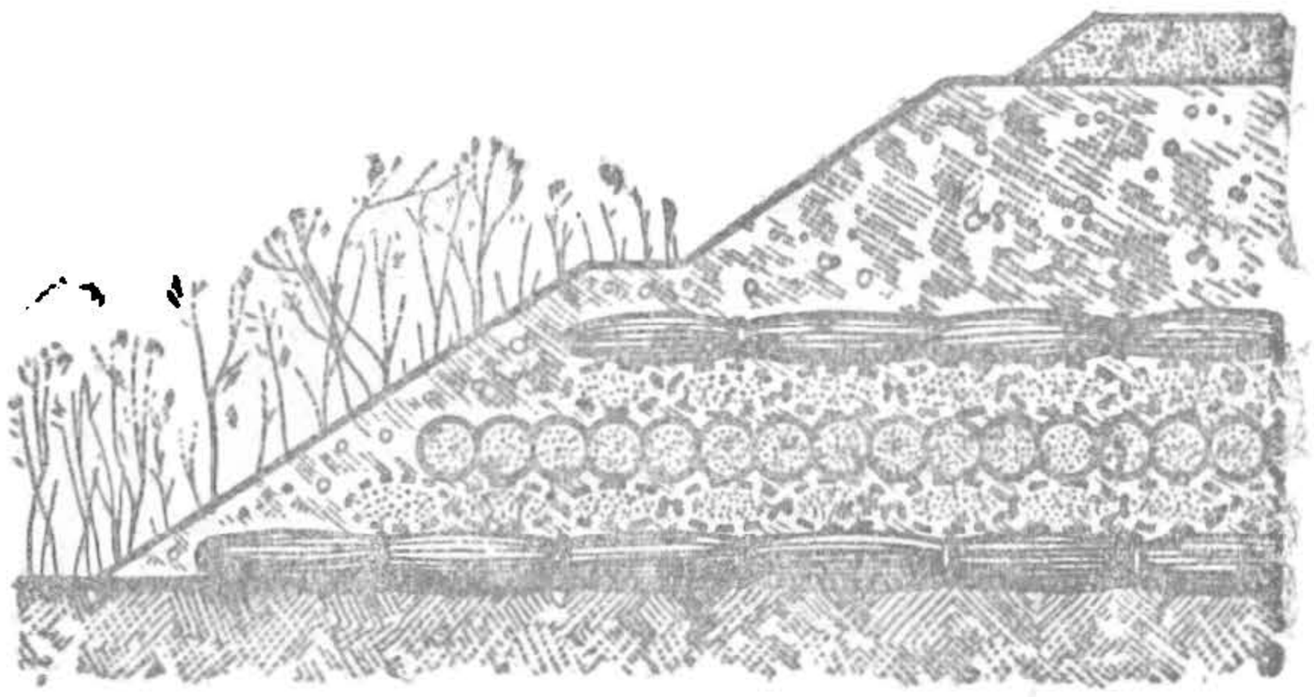


Черт. 82.

Вместо погружения насыпи до твердого основания могут быть применены нижеследующие способы: 1) устройство настилки из бревен: ряд бревен поперек насыпи и ряд вдоль, как показано на черт. 83; 2) устройство настилки из фашин; согласно черт. 84; нижний и верхний ряды фашин расположены поперек насыпи, средний — вдоль и два остальных — под углом в 45° и перпендикулярно друг к другу; 3) осушение болотистого грунта помощью водоотводных канав и дренажей; 4) забивка под насыпью деревянных свай; способ этот почти не применяется, так как сваи обыкновенно погружаются в жидкий грунт и в нем утопают; 5) применение песочных свай: сначала забивается деревянная свая, которая затем вытаскивается и в полученное отверстие насыпается песок. Все указанные способы дороже, чем погружение насыпи до твердого грунта, как описано выше, и потому способы эти применяются редко.



Черт. 83.



Черт. 84.

РТБ ДНУЖТ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Достоинства и недостатки различных грунтов с точки зрения устройства из них насыпей.
2. Различные способы устройства насыпей в зависимости от материала.
3. Какие применяются способы устройства насыпей при покатой местности, при наличии водоносных слоев, при болотистом грунте?

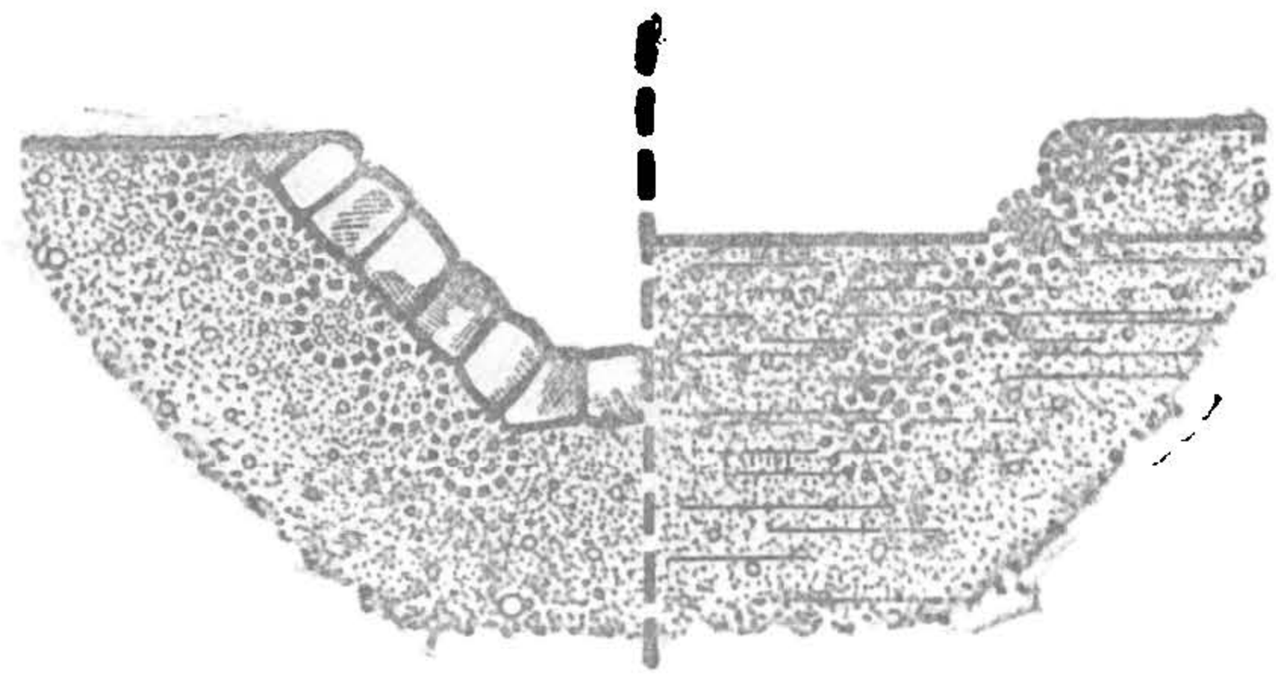
§ 14. Устройство выемок

Устройство выемок, как увидим ниже, во многом отличается от устройства насыпей и прежде всего отличается тем, что при устройстве выемок не приходится выбирать род и качество материала, а приходится устраивать выемки в том грунте или, вернее, из тех родов грунта и в том порядке расположенных, в каком они встречаются на месте проведения дороги.

Грунт в месте устройства выемок может быть неоднородный, может состоять из отдельных слоев, сильно наклоненных к горизонту, из слоев водоносных и слоев, в самом невыгодном порядке расположенных. И, несмотря на все такие неблагоприятные обстоятельства, тем не менее приходится устраивать выемку из указанных выше материалов. В этом одна из особенностей устройства выемок, усложняющих это устройство.

Рассмотрим различные случаи.

1. Выемки, устраиваемые в однородном сухом грунте — в песке (не плывуне), гравии, гальке, земле и глине, не требуют особых мероприятий для защиты их от обрушений. Откосы песчаных, земляных и глиняных выемок следует только укрепить дерновкой и придать им уклон, согласно приведенным выше техническим условиям. Торфяные откосы защищаются от огня согласно вышеизложенному. Если выемка устраивается в плывуне, то следует или осушить плывун помощью водоотводных канав и дренажей, или укрепить откосы фашинами нижеследующим образом: сначала сверху выемки вынимают песок на глубину одной фашины, и по бровке откоса быстро укладывается фашина; при этом горизонт грунтовой воды понижается на высоту одной фашины;



Черт. 85

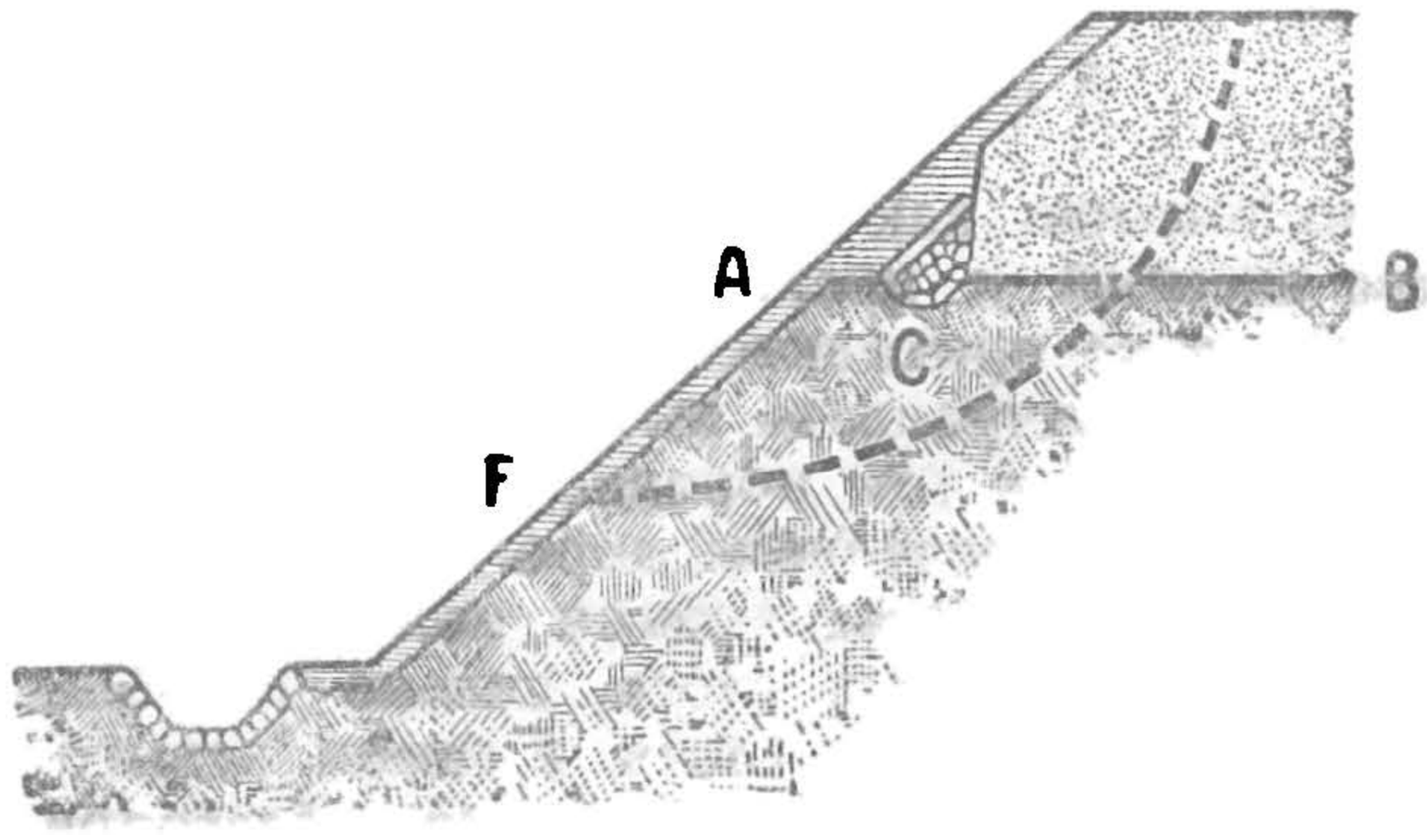
затем, таким же образом укладывается вторая фашина, третья и т. д. до самого низа (черт 85); фашины укрепляются помощью забивки сваек, обсыпаются землей и покрываются дерном.

2. Устройство выемок в неоднородном грунте требует особых устройств для предохранения выемки от обрушения. При устройстве выемок в грунте с водоносными слоями применяются следующие способы.

а) Уклон водоносного слоя очень невелик, и приток воды незначителен. Вода водоносного слоя перехватывается дренажем с укла-

ГПБ ДНУЖТ

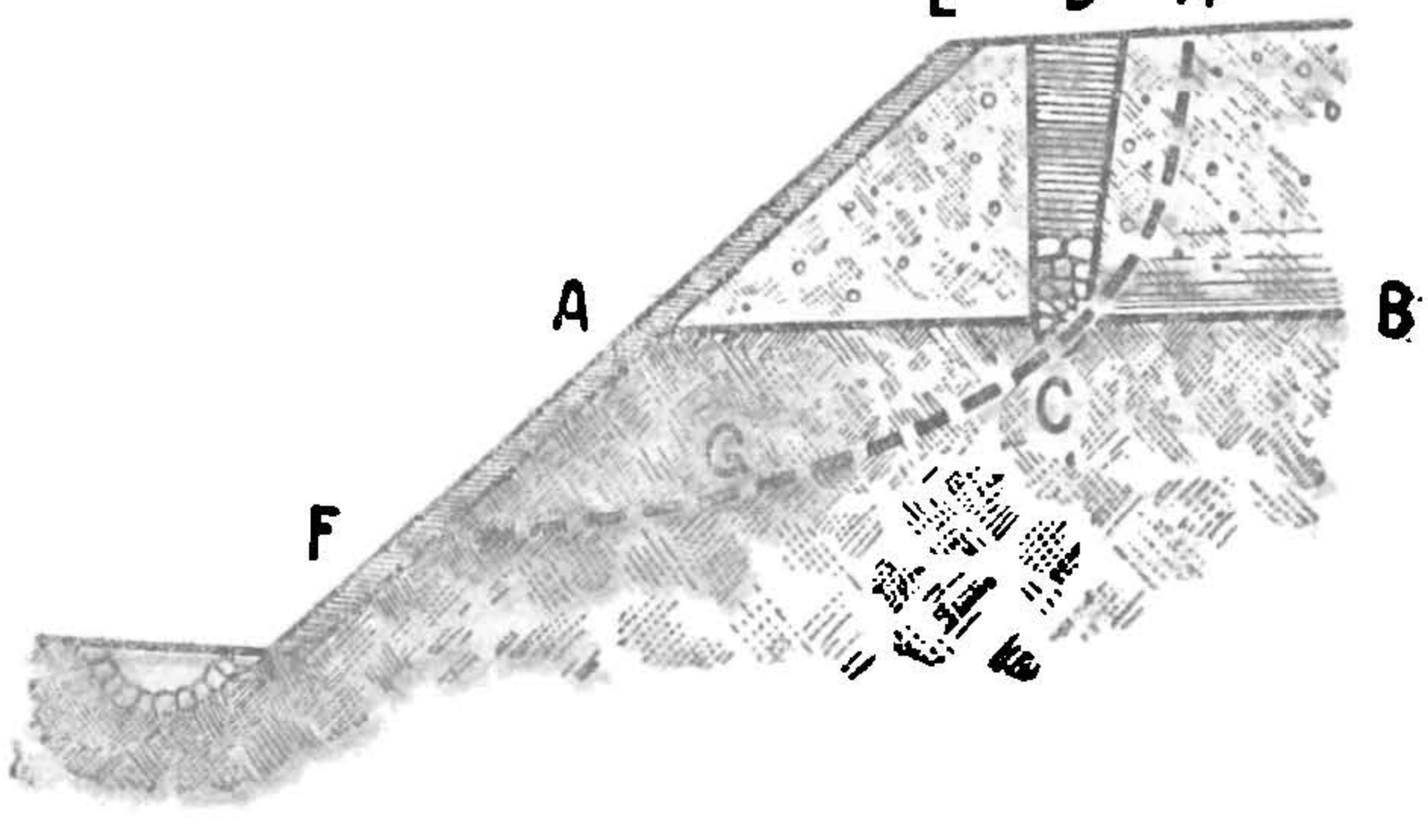
дываемым у выхода водоносного слоя на поверхность откоса (черт. 86), на расстоянии от этой поверхности на глубину промерзания грунта, как это показано на черт. 86. Благодаря дренажу вода не выходит на поверхность откоса и не размывает его; при наличии мороза не получается пробки, которая бы закупоривала выход



Черт. 86.

воды и способствовала бы накоплению таковой в большом количестве у поверхности откоса и размыву такового при оттаивании ледяной пробки.

б) Если уклон водоносного слоя или приток воды значительны, то дренаж *DC* укладывается на большем расстоянии от откоса,



Черт. 87.

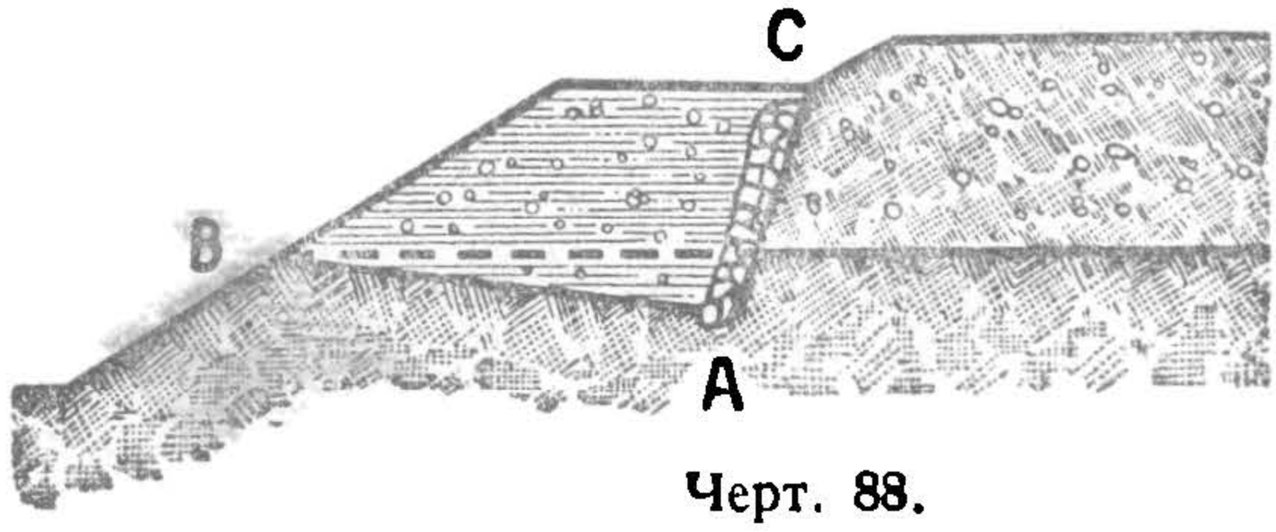
как показано на черт. 87, благодаря чему водоносный слой осушается на большем протяжении *AC*, чем в предыдущем случае, и, таким образом, получается естественный банкет *AEDC*, удерживающий грунт от обрушения по скользкой и смоченной поверхности.

в) При еще более неблагоприятных условиях (очень значительные наклон и приток воды) устраивается искусственный банкет *ABC* из утрамбованной земли, с приданием подошве банкета обратного уклона около $^1/_{10}$ (черт. 88).

г) Если водоносный слой расположен под полотном железной дороги, то дренажи укладываются под полотном и под кюветами, как показано на черт. 89.

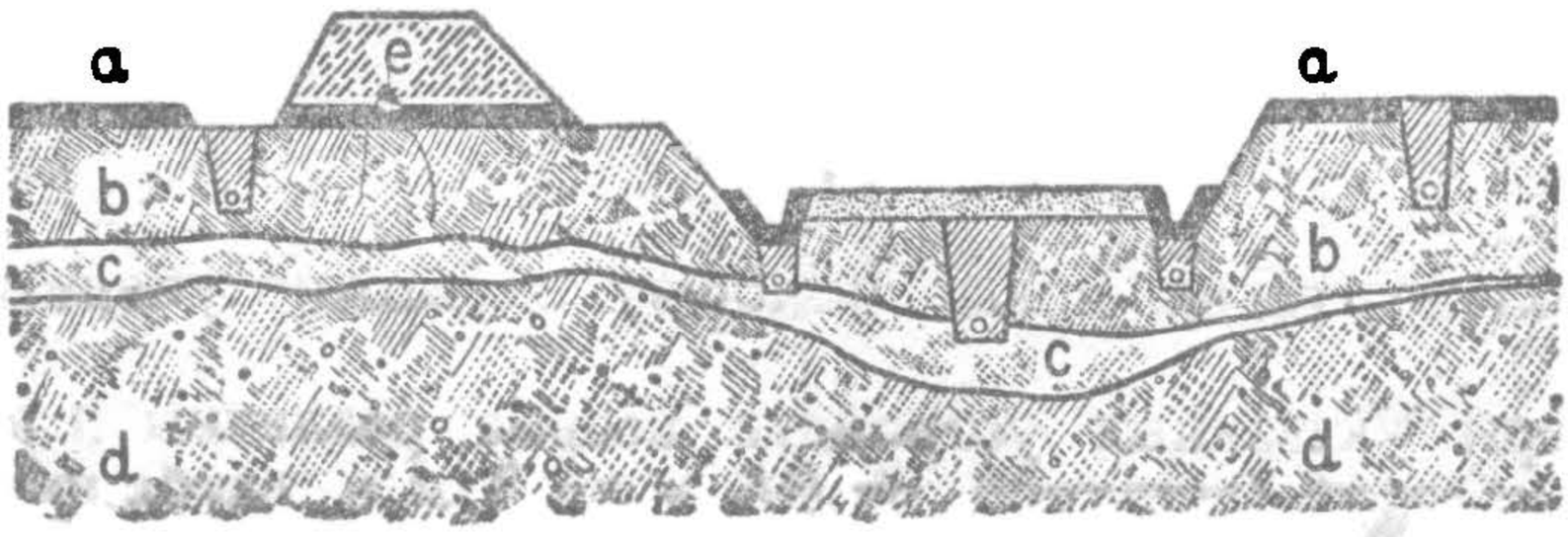
НТБ ДНУЖТ

На этом чертеже показана система дренажей, примененная на железнодорожной линии между Парижем и Мюльгаузеном. Буквой *b* обозначен расположенный под полотном дороги и под кюветами песок, насыщенный водой; под этим водоносным слоем пролегает пласт глины, обозначенный буквой *c*. Для отвода воды из водоносного слоя *b* проложен ряд дренажных канав в этом слое, именно под полотном, под кюветами и за пределами бровок выемки, левее кавальера *e* и правее точки *a*.



Черт. 88.

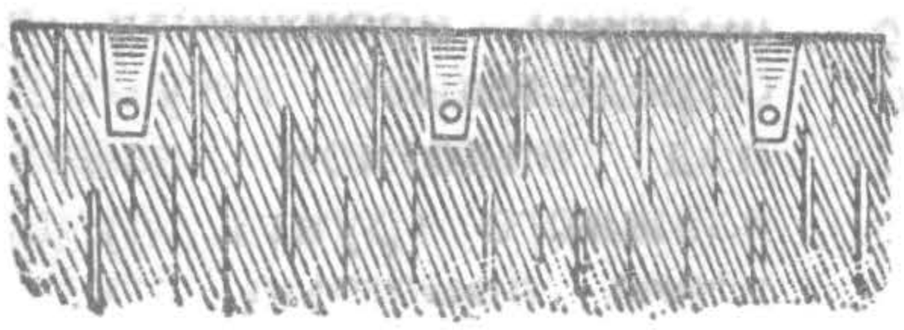
(Этот чертеж, так же как и многие чертежи этого параграфа, заимствован из труда Winkler'a, Der Eisenbahn Oberbau).



Черт. 89.

3. Устройство выемок, хотя и в однородном, но сыром и сильно размягченном подвижном грунте производится по одному из нижеследующих способов:

а) Если грунт не особенно сильно размягчен, можно ограничиться поверхностным осушением откосов выемки помощью поперечных неглубоких дренажей *AB*, уложенных на расстоянии около 5 *м* друг от друга и на глубине около 1 *м* с выпуском в продольный дренаж *A*, как указано на черт. 90 и 91. Иногда устраиваются продольные канавы *C* с уложенными в них дренажами (черт. 91).



Черт. 90.

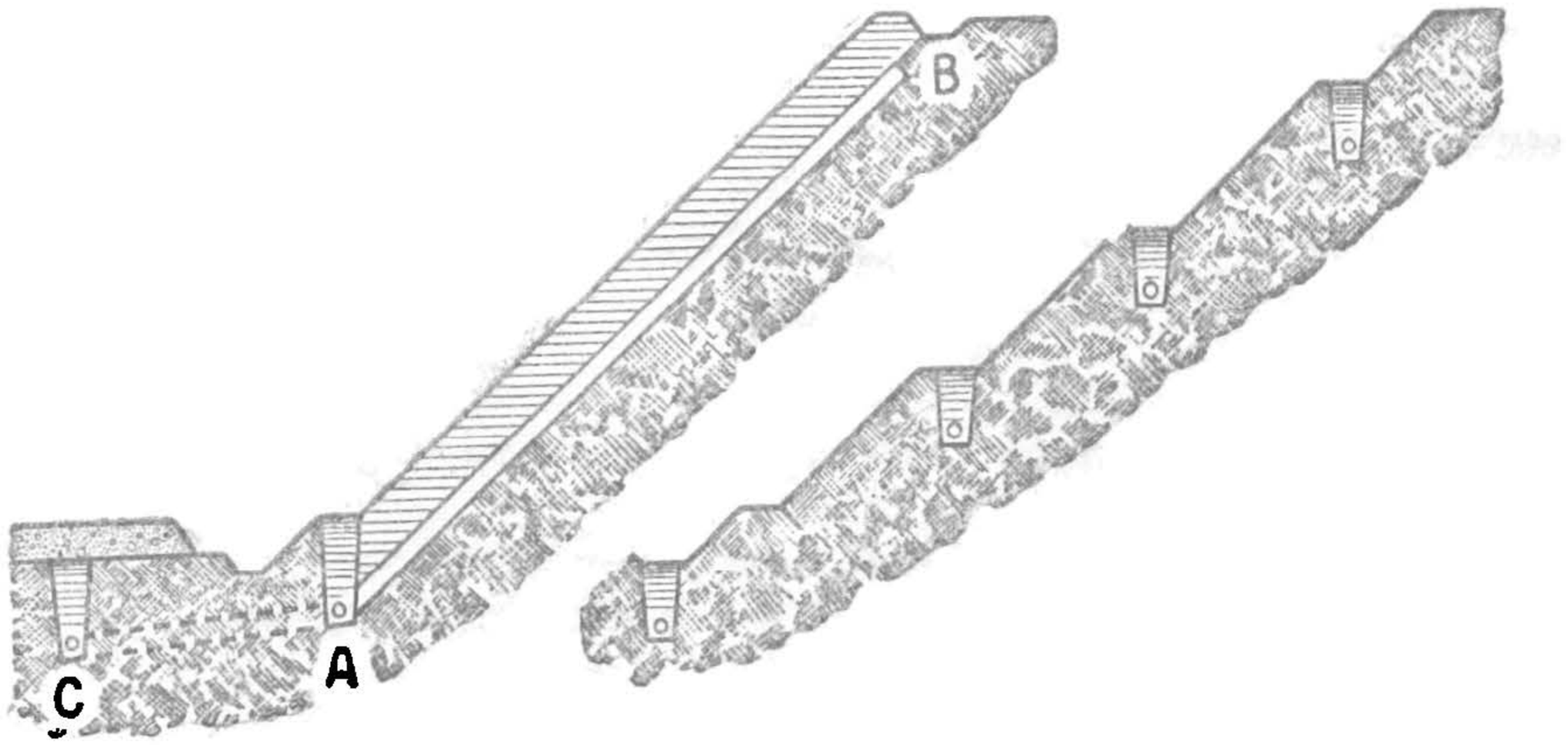
б) Если грунт сильно размягчен, то устраиваются глубокие дренажи или помощью укладки дренажных труб, вставленных в проделанные в откосе на известных расстояниях дыры, или помощью устройства глубокой дренажной канавы *CD* (черт. 92).

в) Если выемка очень глубокая, то вместо очень глубоких дренажных канав *CD*, показанных на черт. 92, устраиваются вертикальные колодцы, которые в нижней части соединяются с горизонтальными штольнями, собирающими воду из колодцев и отводящими ее за пределы выемки.

г) Если сырой размягченный грунт находится только в нижней части выемки, то устраивают каменные банкеты в нижней части

НТБ ДНУЖТ

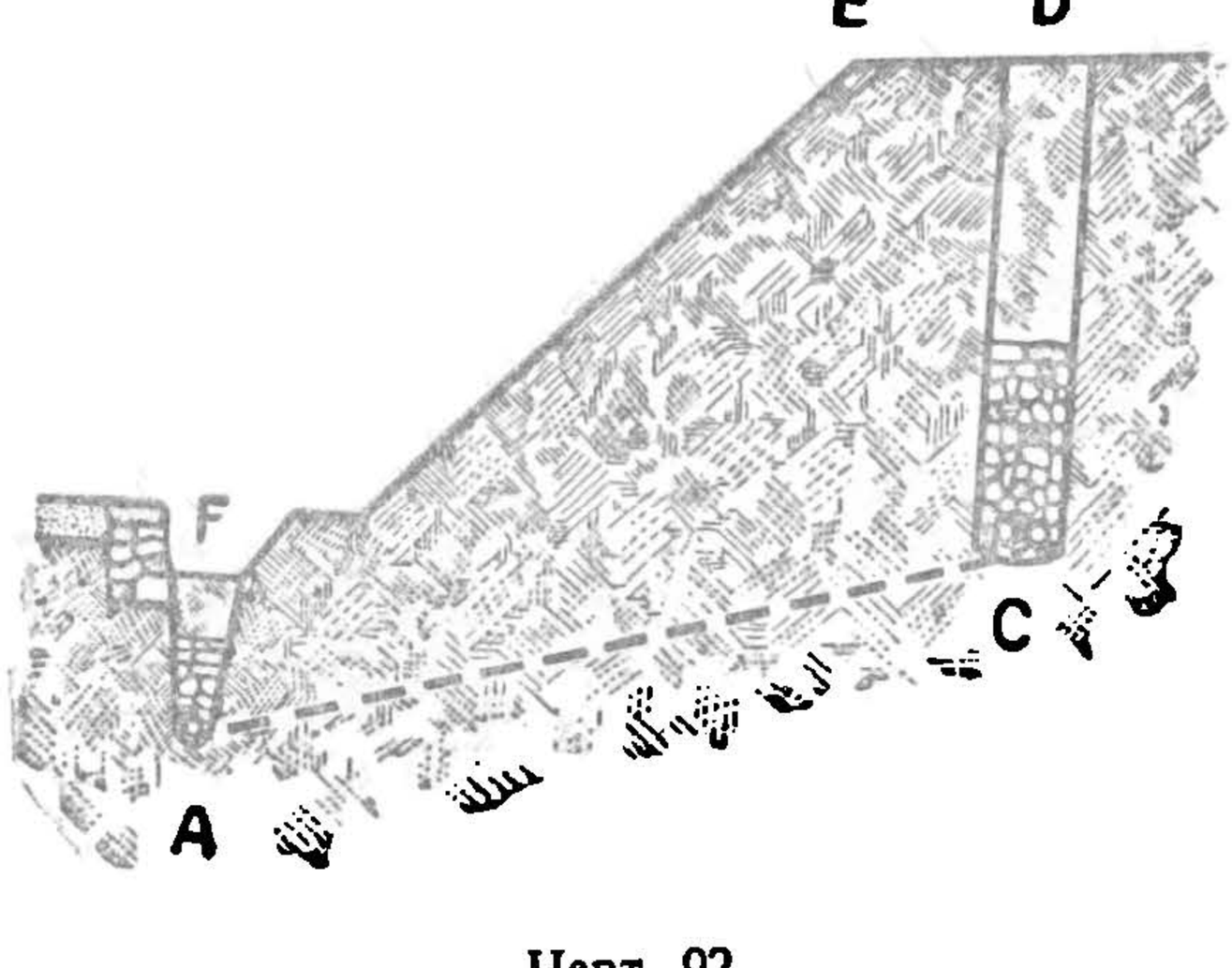
откоса или, если влажность распространяется выше, применяют показанные на черт. 93, 94, 95, 96, 97 устройства из камня, служащие отчасти контр-форсами, отчасти дренажами (банкеты полезно



Черт. 91.

делать только тогда, когда подошву их можно упереть в твердый грунт).

Размеры указанных устройств весьма различны и зависят от местных условий (шириной от 0,5 *м* до 3 *м* и глубиной от 0,6 *м* до 2 *м* с расстоянием между контро-форсами от 5 *м* до 20 *м*).

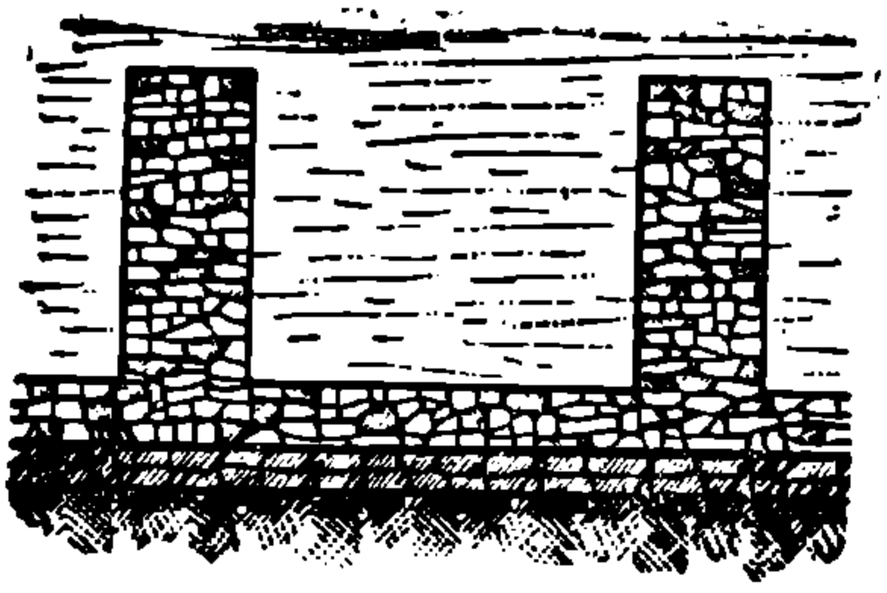


Черт. 92.

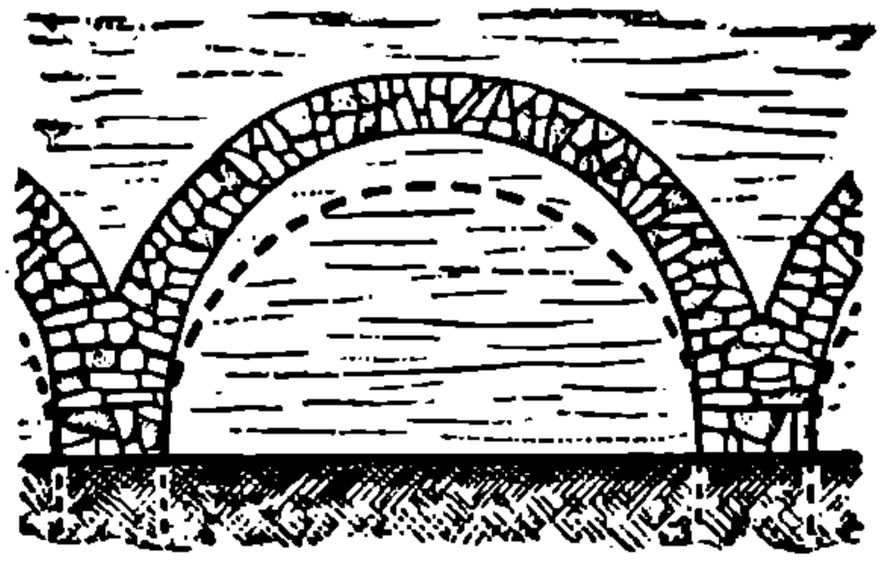
д) Если мокрый грунт расположен под полотном железной дороги, то его следует осушить помощью дренажей. При сильной влажности грунта на большой глубине полезно произвести на определенной глубине под полотном замену влажного грунта, лучше всего помощью камня.

4. Устройство выемок в скалистом грунте. При сплошном однородном грунте из твердых скал, не рассеченных трещинами, откосы можно устраивать даже вертикальными; обычно устраивают их с уклоном в $1 : {}^{1}/_{5}$ или $1 : {}^{1}/_{10}$. Если в скалах имеются трещины, то откосы следует делать более пологими, так как в противном случае камни, падающие при разрушении откосов от замерзания попавшей в трещины воды, могут сваливаться прямо на путь. Более значительные трещины следует заделать цементом или другим раствором. Если грунт состоит из наклонных пластов, то при наклоне этих пластов в направлении от пути, как показано

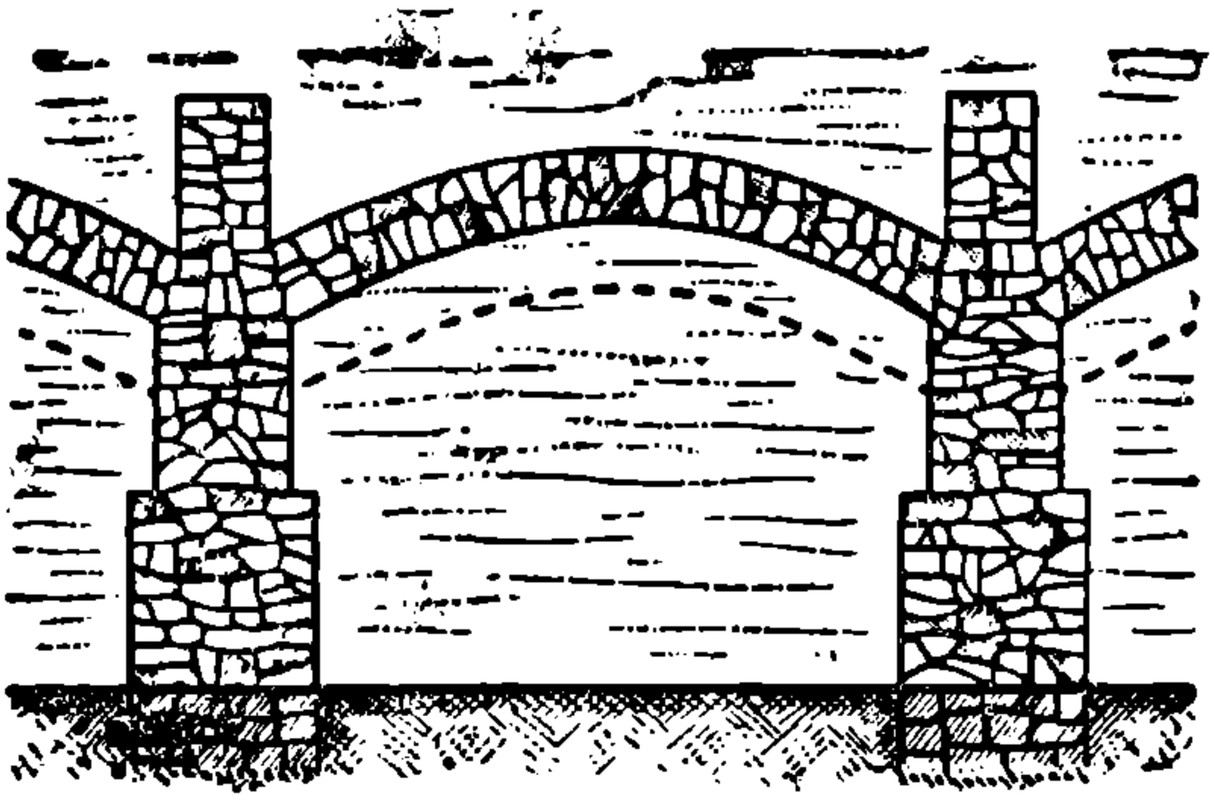
РГТБ ДНИЖТ



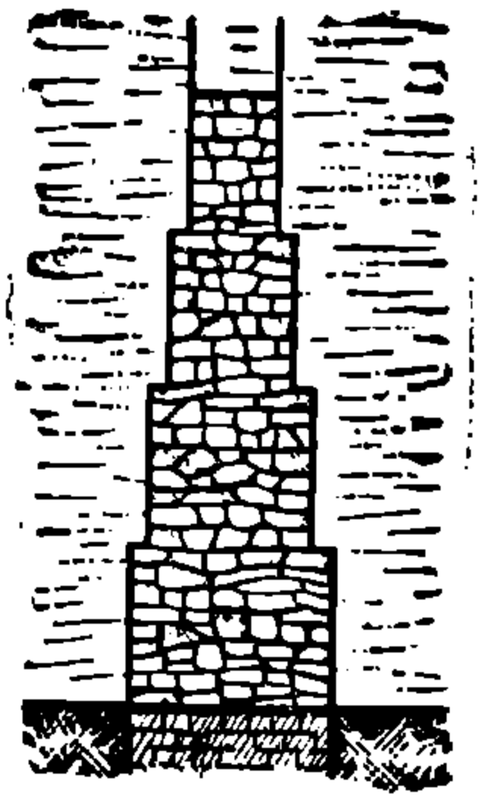
Черт. 93.



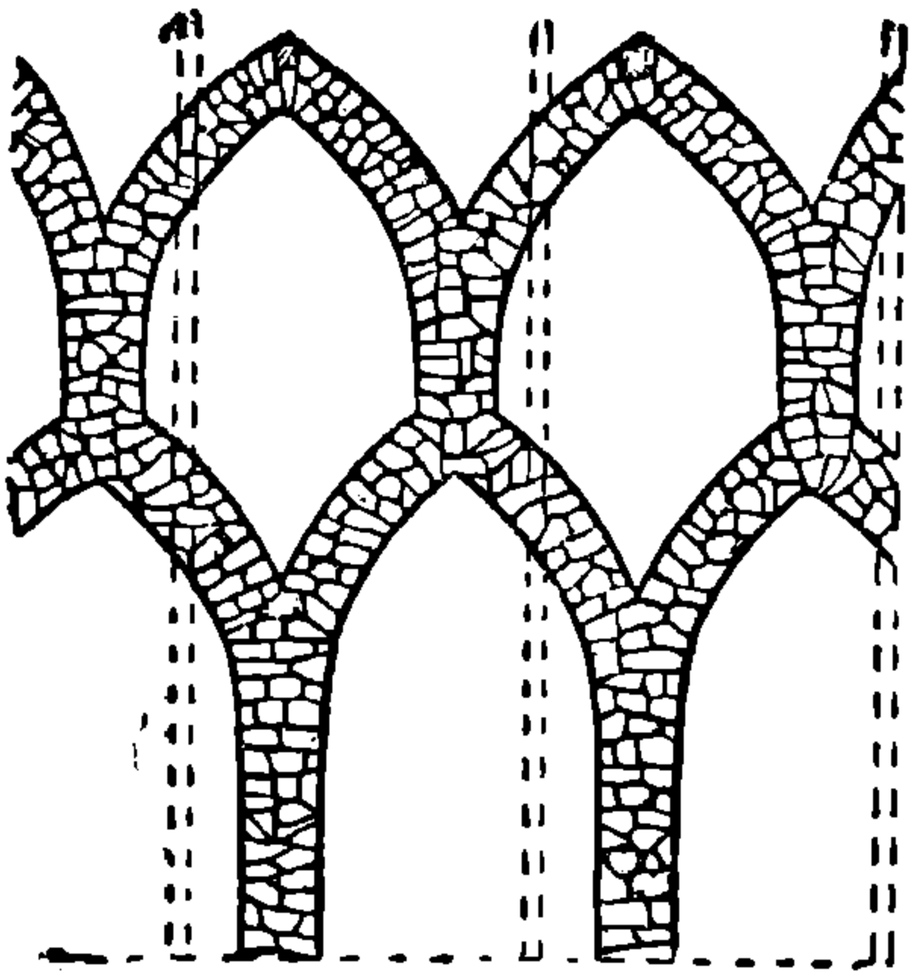
Черт. 94.



Черт. 95.



Черт. 96.



Черт. 97.

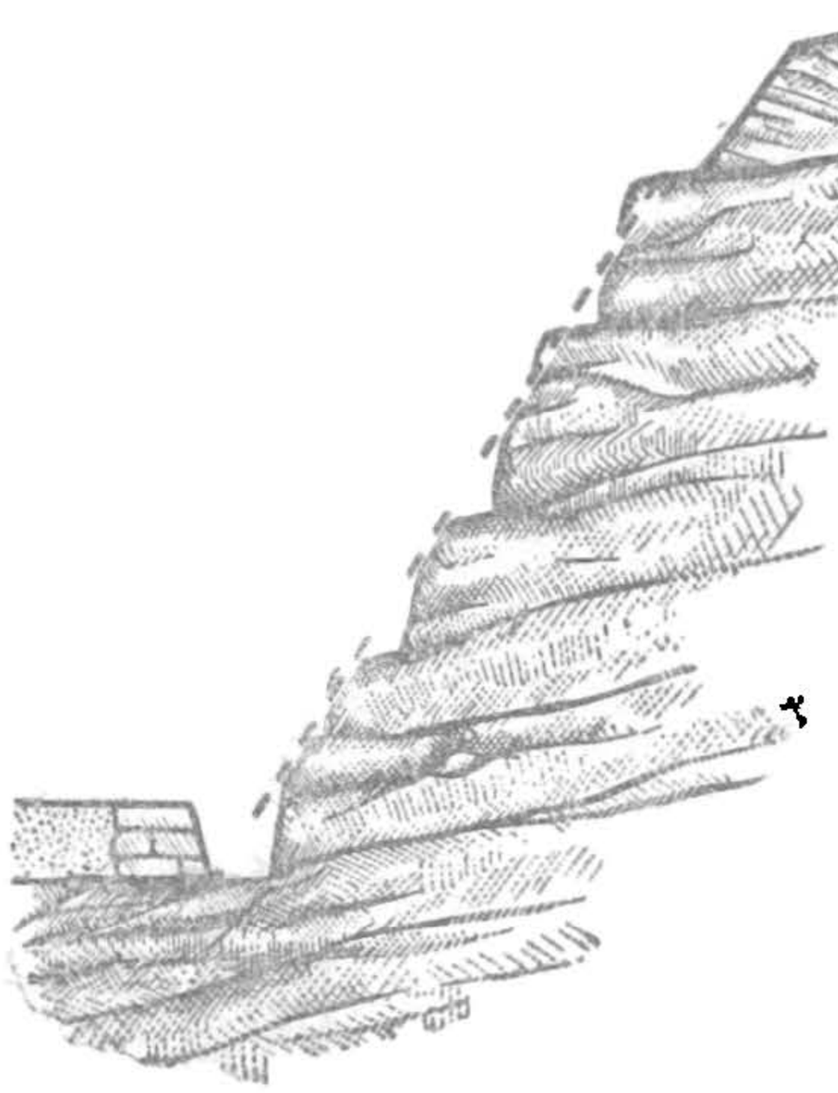


Черт. 98.

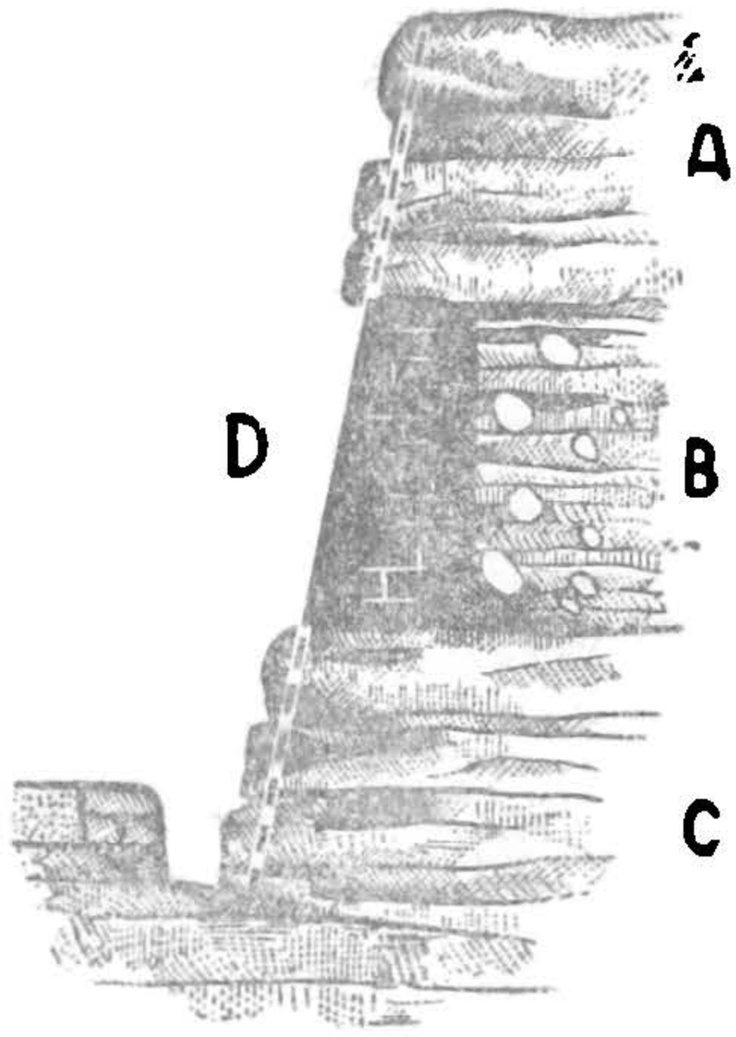
НТБ
ДПУЖКТ

на черт. 98 откосы могут быть почти вертикальные; если же наклон пластов направлен к пути, как показано на черт. 99, то откосы должны быть более пологие.

При устройстве выемок в грунте из камней мягких пород откосам придают более пологие уклоны от 1 : $^1/_3$ до 1 : 1 в зависимости от степени выветриваемости пород. Если откосы в сильно



Черт. 99.



Черт. 100.

выветривающемся грунте, например мергеле, защитить покрытием из твердого камня, то откосы могут быть сделаны очень крутыми. При грунте неоднородном пласты из мягкого выветривающегося камня, расположенные между пластами из твердого скалистого грунта, могут быть защищены устройством каменной стенки *D* и откос устроен с однообразным крутым уклоном (черт. 100).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие существуют способы устройства выемок в однородном сухом грунте?
2. Как устраиваются выемки в грунте с водоносными слоями?
3. Как устраиваются выемки в однородном, но сыром и сильно размягченном грунте?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Начертите на отдельном листе:

а) поперечный профиль насыпи под два пути при высоте насыпи в 20 *м* из чистого песка;

б) то же — для насыпи из суглинка — левая половина без берм, а правая с бермами.

2. Начертите поперечный профиль выемки под один путь с кавальером, банкетом и банкетной канавкой, при глубине выемки в 4 *м*.

3. Кювет вырыт в легко размываемом мелкопесчаном грунте, уклон дна кювета 0,005. Начертите поперечный профиль кювета и покажите, как должны быть укреплены его откосы и дно.

4. Начертите поперечный профиль нагорной канавы и покажите на нем, где должна складываться земля, вынимаемая из канавы при ее углублении или расчистке.

5. Начертите поперечный профиль насыпи на пойме реки и нанесите линию самого высокого подпорного горизонта.

НТБ ДНУЖТ

ЗАДАНИЕ III

ВЕРХНЕЕ СТРОЕНИЕ

Верхним строением называется та часть железнодорожного пути, которая непосредственно принимает давление от колес подвижного состава и которая состоит из нижеследующих элементов: 1) рельсов, служащих для направления колес подвижного состава и для непосредственного принятия давления от этого состава, 2) рельсовых опор, на которых покоятся рельсы, и 3) балластного слоя, находящегося между опорами и земляным полотном.

§ 15. Рельсы

1 Материал рельсов

Правильное разрешение рельсовой проблемы — одна из серьезнейших и сложнейших задач железнодорожной техники. Безопасность железнодорожного движения, с одной стороны, и экономические соображения—с другой, заставляют предъявлять к рельсу различные, иногда противоречивые требования.

Рельс должен быть достаточно прочным и твердым, чтобы оказать должное сопротивление той динамической нагрузке, тем силам, которые появляются при движении поездов, и в то же время достаточно дешевым, чтобы величина строительных и эксплоатационных расходов дороги не стала чрезмерно большой.

Каким же должен быть рельс, чтобы удовлетворять предъявляемые к нему требования?

Каковым должен быть материал рельса?

Материал должен быть достаточно твердым, чтобы не особенно изнашиваться и истираться от сил трения, появляющихся при движении поездов, например, в местах соприкасания колес и рельса; в тоже время материал не должен быть столь хрупким, чтобы лопаться под действием ударов колес паровозов и вагонов, и быть достаточно тягучим, т. е. давать достаточное удлинение при растяжении, чтобы обладать достаточной работоспособностью при сопротивлении динамическим воздействиям, стремящимся изогнуть, скрутить и разорвать рельс (*Ri*, получаемое произведением из величины напряжения *R* на величину удлинения *i*, должно быть достаточно велико). Материал не должен быть чрезмерно дорогим. В настоящее время рельсы изготовляются из стали нижеследующего качества.

а) Химический состав.

Что касается химического состава рельсовой стали, то он бывает весьма различен.

Главные составляющие рельсовой стали — это феррит и перлит. Феррит состоит из свободного от углерода железа. Перлит представляет смесь из феррита и цементита (FeC_3).

НТБ ДНУЖТ

Известно, что чем больше сталь содержит углерода (С), тем она тверже и тем менее подвержена истиранию, но зато, с другой стороны, чем больше в ней углерода, тем более она хрупка.

Каково же должно быть количество этого углерода, чтобы наилучшим образом удовлетворить указанным противоречивым требованиям, предъявляемым к рельсу?

В среднем углерода содержится в бессемеровской стали обычно около 0,4%.

Некоторыми специалистами высказывается мнение, что на тех дорогах, где допускаются большие скорости движения поездов и где, следовательно, лопнувший рельс представляет больше опасности, следует иметь рельсы менее хрупкие, т. е. с меньшим содержанием углерода и, следовательно, более мягкие.

Что касается других примесей, как-то: кремния (Si), серы (S), фосфора (P), марганца (Mn) и других, то и здесь мы находим большое разнообразие взглядов.

Примеси серы, фосфора являются вредными, как дающие хрупкость рельса, и потому в технических условиях некоторых стран ставятся известные ограничения в количестве примесей фосфора и серы. Примеси кремния, марганца, никеля, титана и др. являются полезными примесями, увеличивающими твердость стали. Что касается вопроса о том, каково должно быть количество этих примесей, то и здесь мы не имеем определенной, точно установленной, нормы.

Нашими ныне действующими техническими условиями не устанавливается определенного химического состава рельсовой стали.

Для примера приводим пределы колебания химического состава рельсовой стали, на одном из наших заводов (Сталинском), согласно докладу инспектора НКПС В. П. Александрова: С — 0,30 — 0,56%; Mn — 0,7 — 1,45; P — 0,05 — 0,078; S — 0,04 — 0,07%; Si — 0,12 — 0,18%.

В настоящее время за границей производится опыт с изготовлением стали высокого качества, именно стали с примесью никеля, титана, марганца, ванадия и др.

Ниже, говоря о термитовой обработке металла, мы увидим, что очень хорошие результаты дает прибавление марганца (средне-марганцовистая сталь).

В наши новые технические условия, повидимому, для томассовской стали, кроме ограничения фосфора и серы, каких-либо требований по отношению к химическому составу рельсов введено не будет; для бессемеровской и мартеновской стали будут установлены нормы. Так обстоит дело с химическим составом рельсовой стали.

б) Браковочные признаки.

Что касается браковочных признаков, т. е. таких, при наличии которых рельс от завода не принимается, то нужно сказать, что в данном вопросе вообще могут существовать две крайние точки зрения: технические условия включают в себя лишь требования гарантийные, т. е. гарантирующие железным дорогам определенный срок службы рельсов, и другая — технические условия должны носить характер браковочный.

Имея в виду, что транспорт несет ответственность за безопасность движения (за происшествия на железных дорогах, связанные

РТБ ДНУЖТ

с недостатками рельсов, юридически и материально отвечает транспорт), почти все ныне действующие технические условия носят характер и браковочный, и гарантийный.

В наших старых технических условиях (до 1908 г.) браковочной характеристикой для рельса служили два признака:

1) временное сопротивление рельсового металла на разрыв, определяющееся цифрами $R \geqslant 65$ *кг/мм²*, и удлинение $l \geqslant 6\%$, характеризующее качество металла, и

2) способность рельса сопротивляться без поломок и трещин удару бабы, падающей с определенной высоты, характеризующая способность рельса работать в пути при наличии динамической нагрузки.

Имея в виду, что выполнение указанных требований не всегда гарантировало высокое качество рельсов, а что действительной гарантией таковых являются: а) высокий предел упругости и б) однородность и мелкозернистость структуры металла, в последующие технические условия введены эти последние признаки. Так, технические условия 1908 г. вместо временного сопротивления и удлинения устанавливают предел упругости в 30 *кг/мм²*, а технические условия 1924 г. взамен предела упругости — предел пропорциональности в 25 *кг/мм²*. Ударная проба сохраняется с удовлетворением пределов для величин прогиба рельса.

(Согласно техническим условиям 1914 г., рельс укладывается на опоры с расстоянием между ними в $3^1/_2$ фута (1,06 *м*); баба весом в 30 пуд. (480 *кг*) при падении совершает работу 610 пудо-футов; при этом пределы для величины стрел прогиба рельсов равняются: верхний предел 75 *мм* и нижний 30 *мм*).

В проект вырабатываемых в настоящее время технических условий, повидимому, войдут нижеследующие главнейшие требования.

1. В последнее время выяснилось, что, повидимому, предел упругости и удлинение не войдут в технические условия, а временное сопротивление на растяжение R будет установлено $70 \frac{кг}{мм^2}$.

2. Ударное испытание будет сохранено с пределами для стрел прогиба рельса 60 *мм*, причем расстояние между опорами будет принято в 1,05 *м*, и рельсы будут укладываться на опоры головкой кверху. Высота падения бабы рассчитывается по формуле $H = 0{,}274 \frac{I}{Z^2}$, где H есть высота падения бабы в метрах; I — момент инерции рельса в *см²*; Z — наибольшее расстояние крайнего волокна рельса от нейтральной оси в сантиметрах. Вес бабы 500 *кг*.

По этой формуле высота падения бабы для рельса I^a будет равна 8,2 *м*; для II^a — 7,3 *м*; для III^a — 6,9; для IV^a — 5,9 *м*.

Кроме того, будет установлено факультативное испытание ударом замороженного рельса температурой до 30° Ц.

3. Как факультативные будут установлены пробы на твердость по способу Бринеля и Шарпи.

4. Микроструктурные и макроструктурные испытания не будут установлены, так как вопрос мало изучен.

5. Испытания на смятие и на усталость металла пока не будут введены, но будет приступлено к выработке методов этих испытаний.

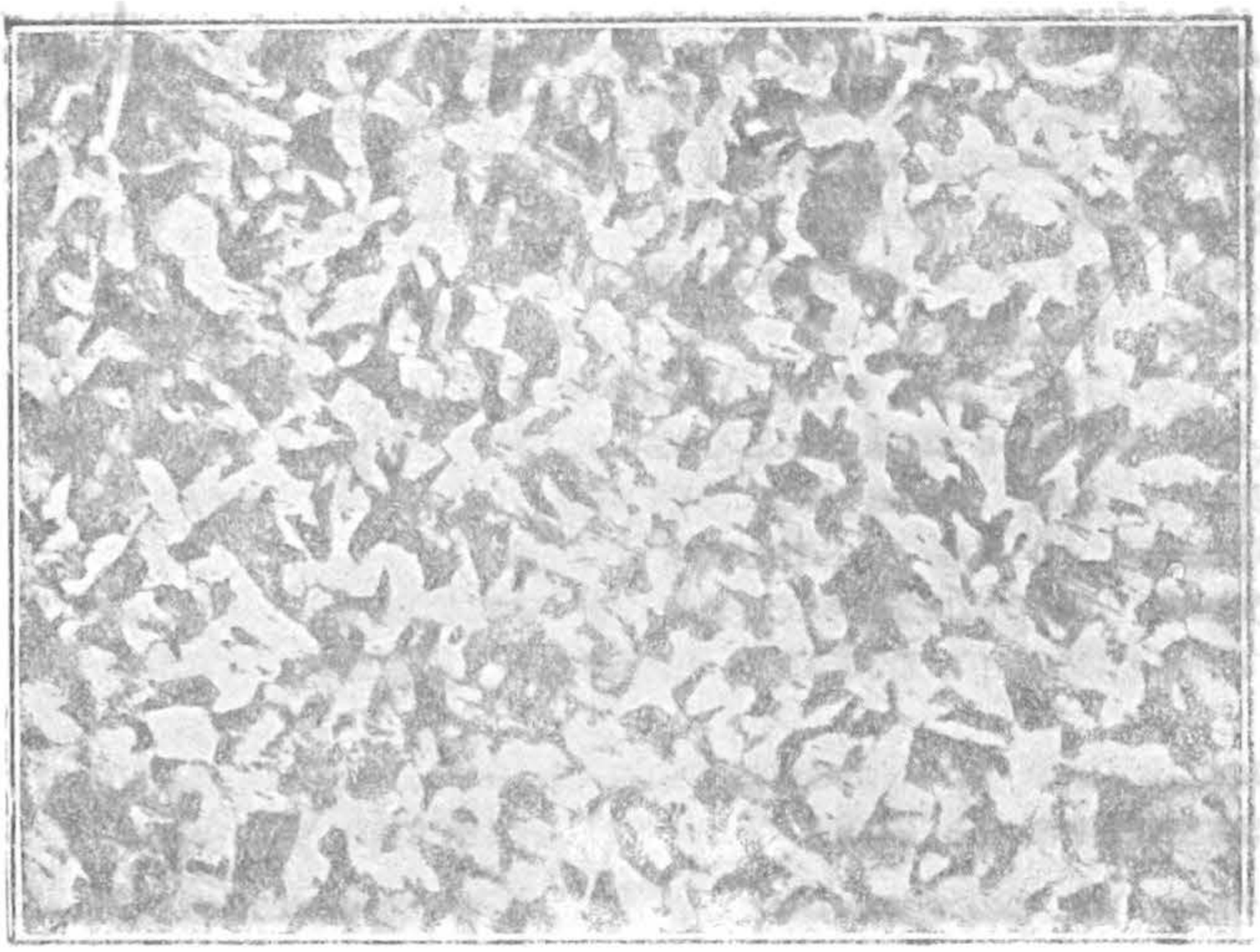
РГБ ДНУЖТ

6. Будет признана маркировка головных рельсов, причем головным считается первый или последний рельс болванки в зависимости от способа отливки болванки (нормальная или сифонная отливка).

Кроме того, для изучения работы рельса особой отливки и в связи с вопросом о гарантийных требованиях совещанием, вырабатывающим новые технические условия, решено усилить систематическое наблюдение за рельсом в службе.

Нужно отметить, что некоторые страны за границей ввели в свои новые технические условия требования, чтобы Ri — произведение из временного сопротивления на удлинение — было не менее определенной величины. Именно, Сербия и Болгария устанавливают $Ri \geqslant 900$; Румыния — $Ri \geqslant 1\,000$.

Нужно обратить внимание, что этот признак является весьма характерным для испытуемого металла, именно характеризует рабо-



Черт. 101.

тоспособность металла при сопротивлении разрыву; в самом деле R есть сила, i — путь, проходимый этой силой при растяжении; таким образом, произведение из силы P на путь i определяет работу, которую нужно совершить для излома металла.

Признак этот — Ri дает физико-механическое объяснение, именно характеризует запас пластической энергии, весьма необходимой при работе его под быстро двигающимися тяжелыми поездами.

Во всяком случае следует приветствовать, что из технических условий исключен ранее существовавший, и если не ничего, то во всяком случае весьма мало говорящий, признак $R \div 2i$.

Остановимся несколько подробнее на весьма важных признаках микроструктурных и макроструктурных.

Мы видели выше, что главными составными частями рельсовой стали являются феррит (свободное от углерода железо) и перлит (смесь из феррита и цементита — Fe_3C).

НТБ ДНУЖТ

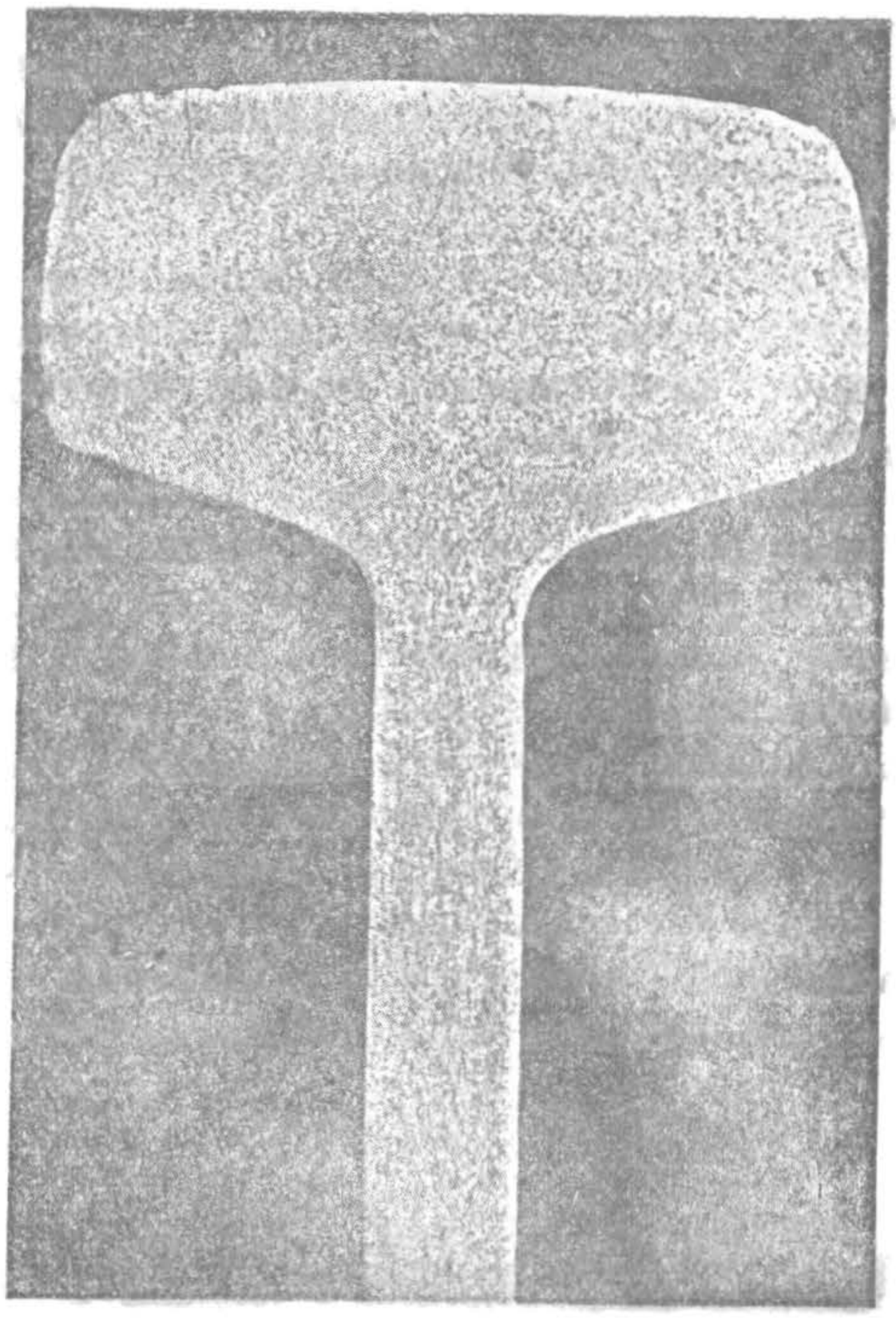
На черт. 101, изображающем микроструктуру рельса, белым цветом изображен феррит, а черным — перлит. Для получения (черт. 101) микроструктуры из рельса берется небольшой образец, который отполировывается и затем протравляется 1% раствором азотной кислоты в алкоголе или другим реактивом. Протравленные образцы рассматриваются под микроскопом и избранные места фотографируются с увеличением диаметра в 100 — 150 раз.

На черт. 102 показана микроструктура рельса доброкачественного, на черт. 104 — с явными признаками перегрева (видманштедтова структура), сетчатое строение.

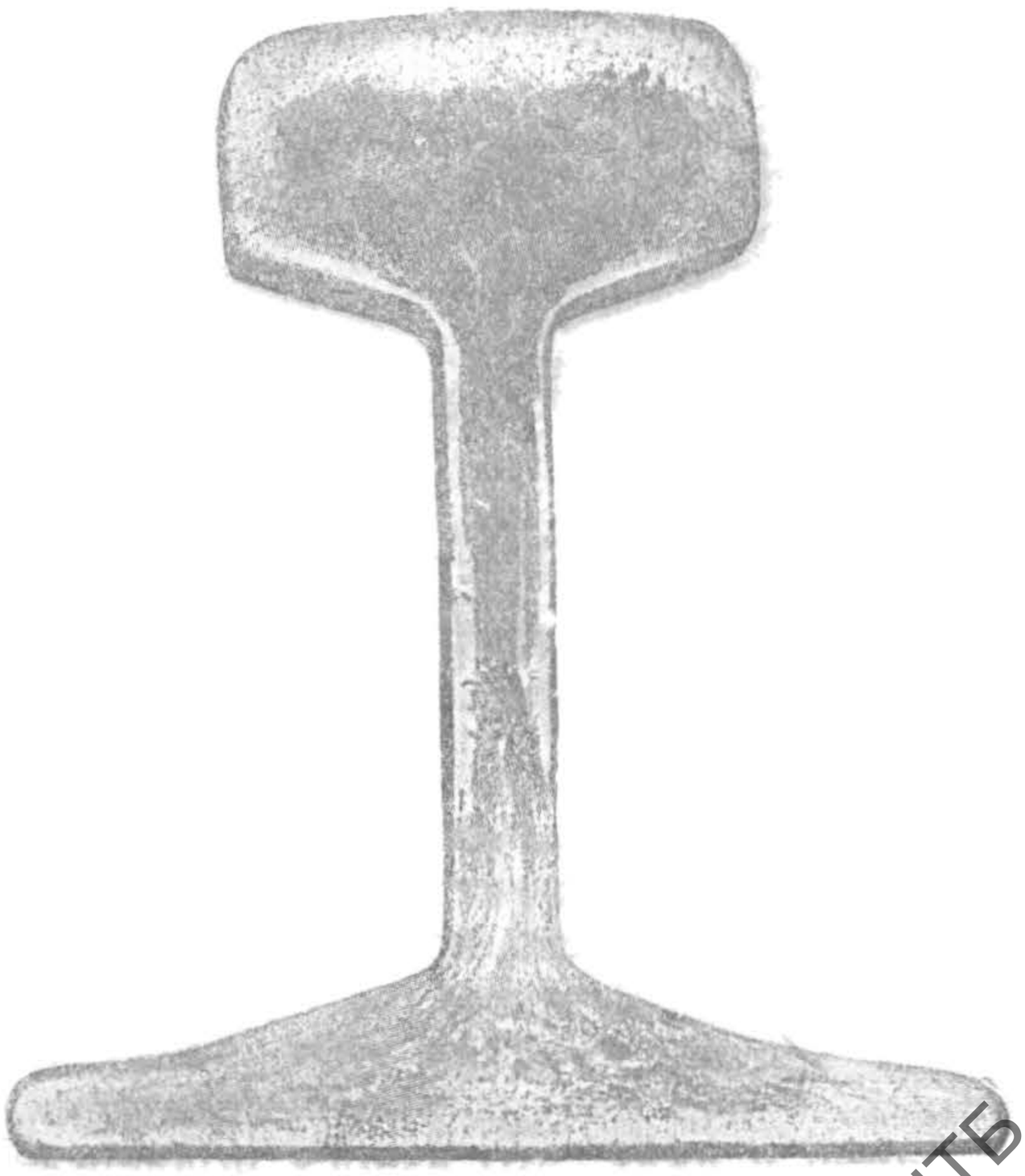
Что касается макроструктуры рельса, то таковая может быть выявлена глубоким травлением (действием H_2SO_4 или HNO_3, или другим способом). С протравленного образца снимается фотография в натуральную величину.

На черт. 102 показан рельс доброкачественный с однородной структурой, на черт. 103 — рельс с явными признаками ликвации (выделения более легкоплавких веществ от трудноплавких).

В 1926 г. в механической лаб. Научно-техн. ком. НКПС П. В. Сахаровым и Н. А. Герливановым были произведены интересные опыты, на основании которых авторы приходят к заключению, что:



Черт. 102.



Черт. 103.

НТБ ДНУЖТ

1) недоброкачественный рельс может иметь удовлетворительный химический состав,

2) и, наоборот, при явно неудовлетворительном химическом составе в отношении содержания вредных примесей, некоторые рельсы иногда обнаруживали в службе значительную устойчивость (черт. 103);

3) недоброкачественный рельс может показать удовлетворительные механические свойства при статическом растяжении и, наоборот, в доброкачественном рельсе некоторые из них могут оказаться недопустимо низкими;

4) предел упругости как у доброкачественных, так и у недоброкачественных рельсов может быть ниже нормы и выше ее;

5) макроструктура и микроструктура во всех исследованных рельсах являются решающим фактором для оценки доброкачественных рельсов.

Необходимо обратить внимание, что в настоящее время получает широкое распространение за границей, как в Европе, так и в Америке, термическая обработка рельсов — производство сорбитных рельсов.

Сущность термической обработки заключается в особого рода закалке рельсов, помощью которой достигается замена феррито-перлитовой структуры рельса структурой сорбитовой, т. е. такой, в которой твердый раствор железа с углеродом еще не диференцировался на феррит и цементит. Такие рельсы несравненно лучше сопротивляются износу: так, например, инженер Лондонской железной дороги Купер (Cooper) констатирует, что износ сорбитных рельсов составляет около 80—90% износа нормальных рельсов.



Черт. 104.

Прекрасные результаты закалки рельсов были обнаружены у нас на Н. Салдинском заводе Демидова еще в 1864 г. Проф. Грум-Гржимайло в статье своей „Качество рельсов“ (см. выпуск 42 Научно-технического комитета НКПС) говорит, что идея термической обработки рельсов для России не нова, и описывает, как зимой, в лютый мороз, прокатный мастер вытащил горячий рельс на двор, чтобы его осмотреть, и как рабочие уронили этот рельс в снег. Поднятый рельс был испытан и дал прекрасные результаты.

Имея в виду, что износу подвергается главным образом головка рельса, в настоящее время обычно производится термическая

НТБ ДИИЖТ

обработка, сорбитизация не всего рельса, а лишь частичная, именно головки рельса.

Существует несколько способов сорбитизации рельсов. Так называемый способ Зандберга, распространенный в Америке, Англии и Франции и состоящий в том, что на головку рельса, горячего, прокатанного и только разрезанного пилой, направляют струю воздуха с пульверизированной водой. Операция эта продолжается около одной минуты, затем идет естественное охлаждение рельса. Благодаря такой закалке происходит сорбитизация головки.

Таким образом, сорбитизация дает возможность получать вязкие, нехрупкие и в то же время очень твердые рельсы, т. е. дает возможность согласовать два противоречивые друг другу требования, и таким образом мы приближаемся к разрешению одного из труднейших моментов рельсовой проблемы. Размер тех благ, которые мы можем получить от сорбитизации рельсов, в сильной степени будет зависеть от продолжительности охлаждения при закалке. При охлаждении тела сложного профиля в различных частях такого тела вследствие неодинаковой скорости охлаждения этих частей возникают внутренние натяжения: в более быстро охлаждающихся частях профиля — сжимающие, а в более медленно — растягивающие. Так, например, в нашем виньолевском широкоподошвенном рельсе, в головке его в которой сосредоточена главная масса металла и охлаждение которой происходит более длительно, чем подошва, появляются растягивающие натяжения, а в подошве — сжимающие.

Чем охлаждение быстрее, тем указанные вредные натяжения будут больше.

Подчеркивая очень большое значение равномерности остывания рельса, считаем уместным привести нижеследующее совершенно правильное заключение, сделанное инж. П. В. Сахаровым в его статье „Некоторые предпосылки к решению вопроса о термической обработке рельсов“, помещенной в выпуске № 42 НТК, а именно: „для любого способа термической обработки современный профиль русского рельса представляет значительные невыгоды, и если в отношении рельсов, неподвергающихся обработке, высказывалось мнение о желательности введения профиля более гармонической формы, то для любой термической обработки последнее пожелание имеет тем более существенное значение“.

Планом реконструкции обращается внимание на улучшение качества рельсовой стали путем изготовления средне-марганцовистых рельсов и путем термической обработки.

2. Форма рельсов

Рельсовый железнодорожный путь должен быть так сконструирован, чтобы при наибольшей возможной дешевизне дать путь совершенно безопасный и путь, оказывающий наименьшие возможные сопротивления для движения поездов.

Для удовлетворения указанным требованиям рельс, помимо описанных выше качеств материала, должен обладать определен-

НТБ ДНУЖТ

ной формой, именно такой, при которой материал был бы так распределен, чтобы при наименьшем возможном количестве его рельс мог бы оказать должное сопротивление всем динамическим воздействиям, появляющимся при движении тяжелых и быстро двигающихся поездов, мог дать путь наиболее плавный и, наконец, путь наиболее долговечный, т. е. с таким распределением материала, при котором наибольшее количество этого материала было бы сосредоточено в тех местах, которые подвергаются наибольшему износу.

Какова же должна быть форма поперечного сечения рельса, чтобы наилучшим образом удовлетворять перечисленным выше требованиям. Как увидим в дальнейшем изложении, большинство железнодорожных путей земного шара, за самым ничтожным исключением, состоит из рельсов, уложенных на поперечных шпалах. Рельс представляет себой балку, лежащую на близко расположенных одна от другой опорах.

Самой целесообразной формой поперечного сечения такой балки, с точки зрения наилучшей способности сопротивляться действующим на эту балку вертикальным силам, является двутавровое сечение.

Поэтому такая форма уже давно легла в основу повсеместно распространенной формы поперечного сечения рельса. Отступления от такой формы являются совершенно ничтожными исключениями.

Два других требования, предъявляемых к форме рельса, именно — наиболее удобная форма для прохождения подвижного состава и форма, при которой имеется запас материала на износ, заставили, с одной стороны, верхнюю полку двутавровой балки приладить к форме бандажа колеса, а с другой стороны — распределить материал балки неравномерно по всему сечению, а сосредоточить наибольшее количество, его в части, наиболее подверженной износу, т. е. верхней полке, и наименьшее — в вертикальной шейке, как части, неимеющей непосредственного соприкасания ни с колесами, ни с опорами.

Таковы общие соображения, грубо наметившие основную форму рельса.

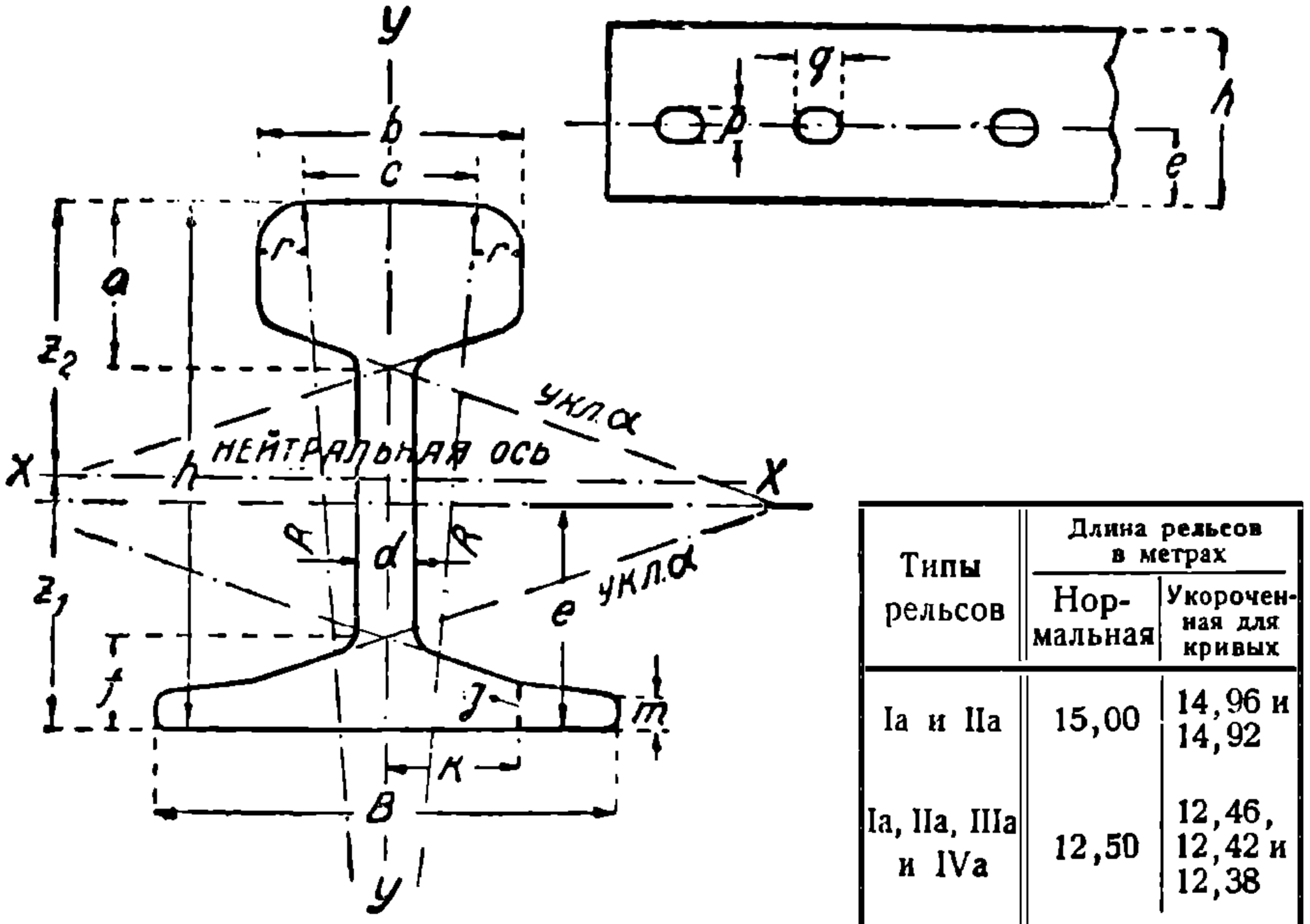
Перейдем теперь к рассмотрению деталей того очертания поперечного сечения рельсов, которое в результате серьезных теоретических исследований и многочисленных опытных наблюдений определилось в настоящее время. Рассмотрим подробнее форму получивших особое распространение на земном шаре рельсов: широкоподошвенного и двухголового.

Рельс широкоподошвенный.

Отличительная черта этого рельса — широкая подошва с плоским основанием, дающим возможность укладывать его непосредственно на опоры — шпалы (черт. 105).

Этот рельс был в 1830 г. изобретен Стивенсом (Stevens) в Северной Америке; в Европе он был введен англичанином Виньолем, почему кроме „широкоподошвенного“ он называется еще „виньолевским“. Главная масса материала, около 45%. по-указанным выше соображениям, сосредоточена в головке рельса около 35% — в подошве и около 20% — в шейке. Форма и основные размеры наших стандартных рельсов I^a; II^a, III^a и IV^a усматриваются из нижесле-

РГБ ДНУЖТ



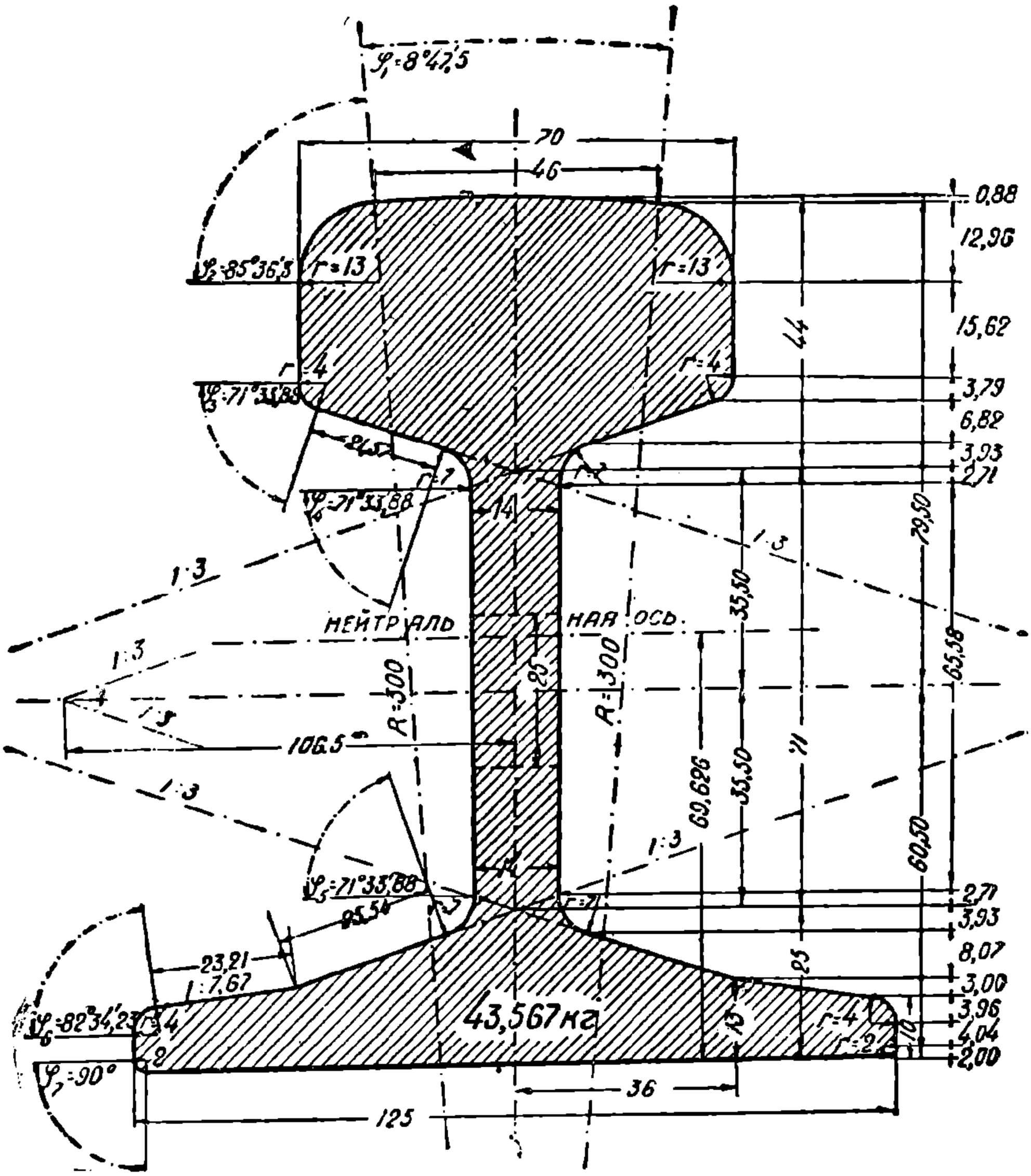
Типы рельсов	Длина рельсов в метрах	
	Нормальная	Укороченная для кривых
Ia и IIa	15,00	14,96 и 14,92
Ia, IIa, IIIa и IVa	12,50	12,46, 12,42 и 12,38

Черт. 105.

Типы рельсов	Размеры в миллиметрах																
	h	B	a	b	c	d	e	f	g	k	m	r	R	Укл. α	p	q
Ia	140,0	125	44	70,0	46,0	14	60,5	25,0	13,00	36,00	10	13,00	300,0	1 : 3	25	33
IIa	135,0	114	40	68,0	43,9	13	59,5	24,0	10,82	39,52	9	13,00	300,0	1 : 3	25	33
IIIa	128.0	110	37	60.0	37.5	12	57.0	23.0	11.04	35,88	9	12,00	300,0	1 : 3	25	33
IVa	120,5	100	40	53,5	32,0	12	51,0	21,5	13,00	23,25	9	11,68	123,6	1:2,75	23	31

Типы рельсов	Площадь попереч. сечения рельса ω $см^2$	Расстояние центра тяжести: До подошвы рельса z_1 $см$	Расстояние центра тяжести: До головки рельса z_2 $см$	Момент инерции рельса J_x $см^4$	Момент сопротивления рельса по нижнему волок. $W_1 = \frac{J_x}{z_1}$ $см^3$	Момент сопротивления рельса по верхнему волок. $W_2 = \frac{J_x}{z_2}$ $см^3$	Расстоян центра тяжести до боковой грани подошвы рельса ($^1/_2$ шир. подошвы) $B/_2$ $см$	Момент инерции рельса J_y $см^4$	Момент сопротивлен. рельса $W_3 = \frac{J_y}{B/}$ $см^3$
Ia	55,640	6,9626	7,0374	1476,11	212,00	209,75	6,25	284,18	45,47
IIa	49,063	6,781	6,719	1222,54	180,29	181,95	5,70	209,28	36,72
IIIa	42,758	6,209	6,591	967,98	155,90	146,86	5,50	166,72	30,31
IVa	39,451	5,924	6,126	751,00	126,77	122,59	5,00	120,20	24,04

НТБ ДНУЖТ



Черт. 106.

Типы рельсов	Теоретический вес в *кг* при удельном весе рельсовой стали 7.83						Распределен. металла по сечению рельса в процентах площ. сечен.		
	Одного погонного метра рельса (brutto)	Одного рельса длиною 12,5 *м* (brutto)	Одного рельса длиною 12 5 *м* (netto) за вычетом 6 отверстий для болтов	Одного рельса длиною 15,0 *м* (brutto)	Одного рельса длиною 15 *м* (netto) за вычетом 6 отверстий для болтов	Части рельса, соответствующей шести болтовым отверстиям	Головка	Шейка	Подошва
Ia	43,567	544,587	544,133	653,505	653,051	0,4544	45,9	19,3	34,8
IIa	38,416	480,200	479,778	576,240	575,818	0,4219	45,4	19,8	34,8
IIIa	33,480	418,500	418,111	—	—	0,3895	43,0	19,9	37,1
IVa	30,890	386,125	385,787	—	—	0,3380	44,9	23,7	31,4

Допуски при изготовлении рельсов:

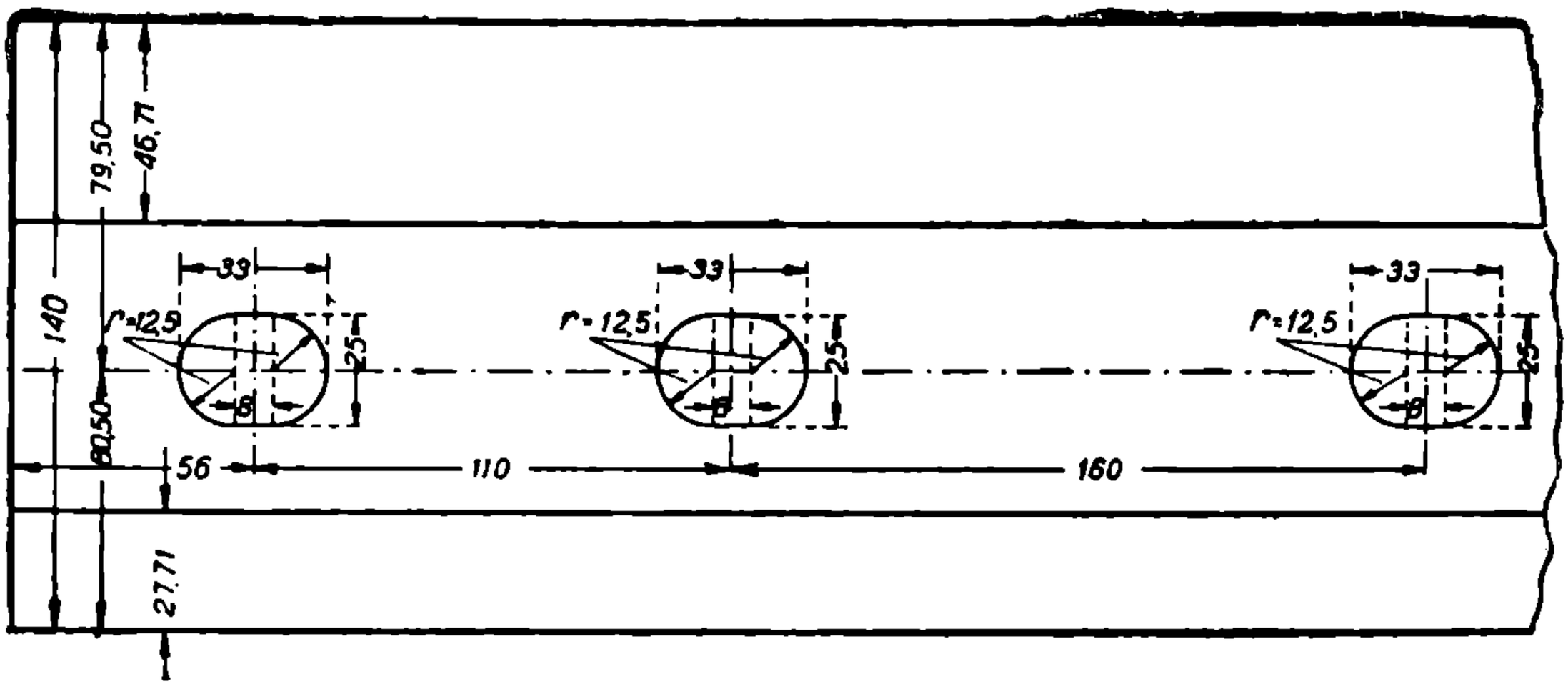
1. В толщине шейки. . . . + 3/4 *мм* и — 1/2 *мм*
2. В ширине головки . . ± 1/2 *мм*
3. В высоте рельса . . . ± 1/2 *мм*
4. В ширине подошвы . . ± 2 *мм*
5. В длине рельса . . . . . ± 6 *мм*
6. В размерах дыр для болтов и в расстояниях между дырами и от крайней дыры до конца рельса. . . . ± 1 *мм*
7. В прочих измерениях . . . . . ± 1/4 *мм*
8. Несимметричность поперечного сечения относительно вертикальной оси:
   в подошве не свыше . . . . 1 *мм*
   в прочих измерениях не свыше 1/4 *мм*

НТБ ДНУЖТ

НОРМАЛЬНЫЙ ТИП I[a]

Боковой вид конца рельса

Размеры в миллиметрах



Черт. 107.

1.	Площадь поперечного сечения рельса ω	55,640 *см*^{2}
2.	Расстояние центра тяжести до подошвы рельса z_1 .	6,9626 *см*
3.	„ „ „ „ головки „ z_2 .	7,0374 *см*
4.	Момент инерции относительно оси, проходящей через центр тяжести рельса параллельно подошве J_x	1476,11 *см*
5.	Момент сопротивления по нижнему волокну $W_1 = \frac{J_x}{z_1}$	212,00 *см*^{3}
6.	верхнему $W_2 = \frac{J_x}{z_2}$	209,75 *см*^{3}
7.	Расстояние центра тяжести до боковой грани подошвы рельса (половина ширины подошвы) $B/_2$ . .	6,25 *см*
8.	Момент инерции относительно оси, проходящей через центр тяжести рельса перпендикулярно подошве J_y . .	284,18 *см*^{3}
9.	Момент сопротивления $W_3 = \frac{J_y}{B/_2}$	45,47 *см*^{3}

При удельном весе рельсовой стали = 7,83

10.	Теоретический вес (brutto) одного погонного метра рельса.	43,567 *кг*
11.	Теоретический вес (brutto) одного рельса длиною 12,5 *м*.	544,587 *кг*
12.	Теоретический вес (netto) одного рельса длиною 12,5 *м* за вычетом 6 отверстий для болтов . . .	544,133 *кг*
13.	Теоретический вес (brutto) одного рельса длиною 15 *м* .	653,505 *кг*
14.	Теоретический вес (netto) одного рельса длиною 15 *м* за вычетом 6 отверстий для болтов	653,051 *кг*
15.	Теоретический вес (netto) одного рельса при любой длине L определяется по формуле: $P = 43{,}567 \cdot L - 0{,}4544$ *кг*, где 43,567 — вес погонного метра рельса (brutto) в *кг*, L — длина рельса в метрах и 0,4544 — вес в *кг* части рельса, соответствующей шести болтовым отверстиям.	

16.	Распределение металла по сечению рельса в процентах площади сечения	головка	45,9 %
		шейка . .	19,3 %
		подошва.	34,8 %

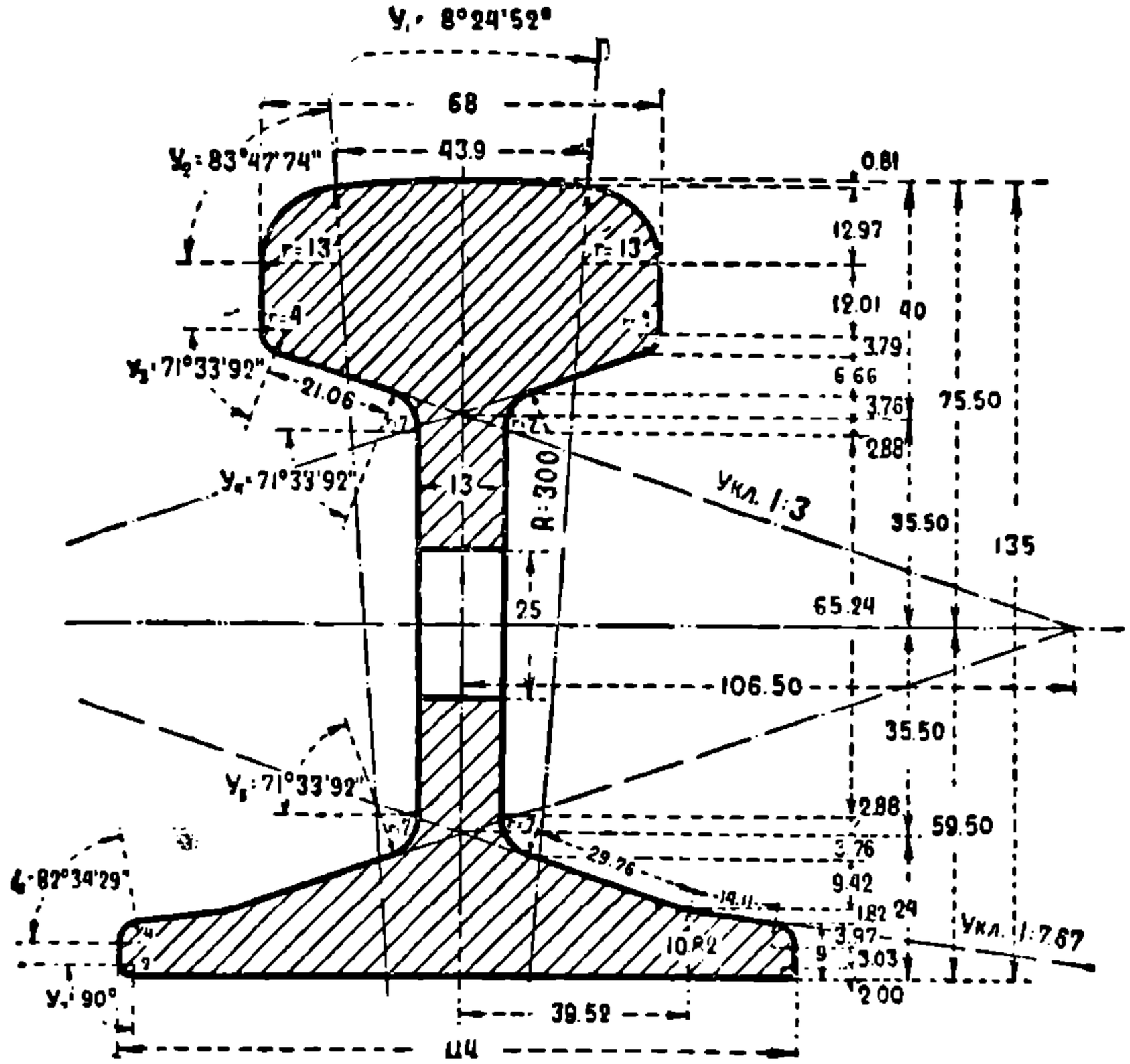
17. Допуски при изготовлении рельса см. ОСТ 118.

НТБ ДНУЖТ

дующих чертежей и таблиц (черт. 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113).

Головка рельса.

По головке катится колесо и ею же, помощью реборды бандажа, дается направление колесу, поэтому головке должно быть придано такое очертание, чтобы прохождение колеса с коническим бандажом и ребордой было беспрепятственным и наиболее плавным и удобным: ширина головки должна быть такой, чтобы не затруднять катание конических бандажей с ребордой; боковое закругле-



Черт. 108.

ние в месте перехода от верхней поверхности головки к вертикальным ее граням должно соответствовать боковому закруглению бандажа у закраины.

а) Верхняя поверхность головки рельса обычна очерчивается радиусом значительной величины. В нашем рельсе типа I^a $R = 300$ *мм* (черт. 106).

Нужно отметить, что в настоящее время вообще наблюдается тенденция к увеличению этого радиуса, и эта тенденция объясняется тем, что при большой пологости кривой верхней поверхности головки рельса плоскость соприкасания между бандажом колеса и головкой рельса будет больше и, следовательно, величина давления от колеса на единицу поверхности головки рельса и местное напряжение материала будут меньше.

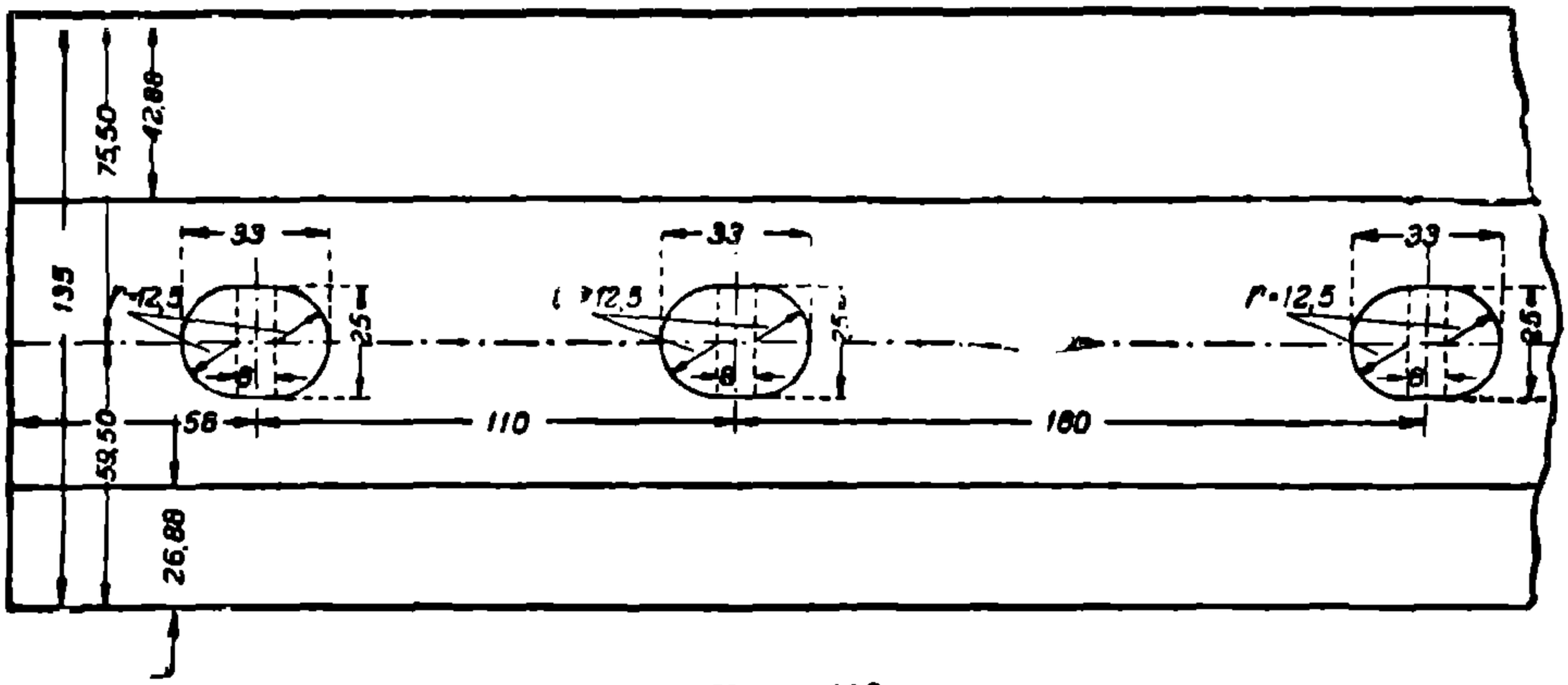
б) Переход от верхней поверхности головки рельса к вертикальным граням очерчивается радиусом весьма мало отличающимся от радиуса выкружки бандажа. В Западной Европе эта разница обычно равняется 1 *мм*, и в последнее

НТБ ДНУЖТ

НОРМАЛЬНЫЙ ТИП II[a]

Боковой вид конца рельса

Размеры в миллиметрах



Черт. 109.

1.	Площадь поперечного сечения рельса ω	49,063 *см*²
2.	Расстояние центра тяжести до подошвы рельса z_1 .	6,781 *см*
3.	. . головки . z_2 .	6,719 *см*
4.	Момент инерции относительно оси, проходящей через центр тяжести рельса параллельно подошве J_x . .	1222,54 *см*⁴
5.	Момент сопротивления по нижнему волокну $W_1 = \frac{J_x}{z_1}$	180,29 *см*²
6.	. верхнему $W_2 = \frac{J_x}{z_2}$	181,95 *см*²
7.	Расстояние центра тяжести до боковой грани подошвы рельса (половина ширины подошвы) $B/_2$ . .	5,70 *см*
8.	Момент инерции относительно оси, проходящей через центр тяжести рельса перпендикулярно подошве J_y .	209,28 *см*⁴
9.	Момент сопротивления $W_3 = \frac{J_y}{B/_2}$.	36,72 *см*³
10.	При удельном весе рельсовой стали = 7,83. Теоретический вес (brutto) одного погонного метра рельса.	38,416 *кг*
11.	Теоретический вес (brutto) одного рельса длиною 12,5 *м* .	480,200 *кг*
12.	Теоретический вес (netto) одного рельса длиною 12,5 за вычетом 6 отверстий для болтов	479,778 *кг*
13.	Теоретический вес (brutto) одного рельса длиною 15,0 *м*	576,240 *кг*
14.	Теоретический вес (netto) одного рельса длиною 15,0 *м* за вычетом 6 отверстий для болтов	575,818 *кг*
15.	Теоретический вес (netto) одного рельса при любой длине L определяется по формуле: $P = 38,416 . L - 0,4219$ *кг*, где 38,416 — вес погонного метра рельса (brutto) в *кг*, L — длина рельса в метрах и 0,4219 — вес в *кг* части рельса, соответствующей шести болтовым отверстиям.	
16.	Распределение металла по сечению рельса в процентах площади сечения	головка . . . 45,4 % шейка. 19,8 % подошва. . 34,8 %
17.	Допуски при изготовлении рельса см. ОСТ 118.	

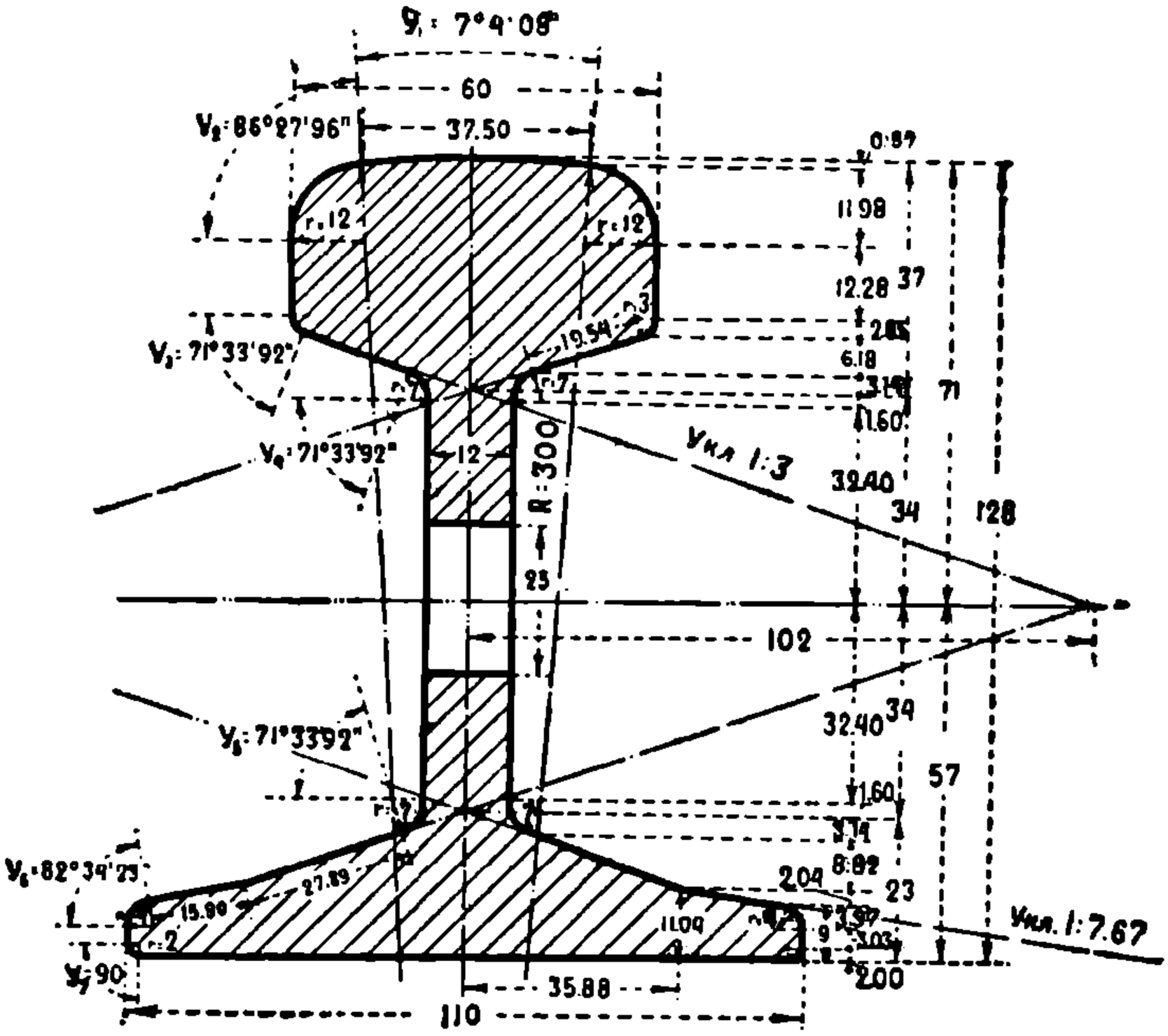
НТБ ДНУЖТ

время высказывается мнение, что во избежение влезания гребня бандажа на головку рельса от действия горизонтальных сил и во избежание соприкасания между бандажом и рельсом в одной точке желательно указанную разницу делать возможно меньшей. У нас эта мысль высказывалась еще проф. Васютынским.

При проектировании нашего рельса типа 1[а] эта разница была принята в 0,5 *мм* и радиус рассматриваемого нами закругления — в 13 *мм* (черт. 106).

в) Переходя к боковым граням головки рельса, нужно отметить, что в различных странах наклон этих поверхностей проектируется самым различным способом.

В старых рельсах Франции мы встречаемся с грушевидной формой головки рельса, т. е. с боковыми гранями, имеющими не-



Черт. 110.

который наклон к вертикали, и именно — наклон во внутрь. Большинство стран устраивают в настоящее время головку рельса с боковыми гранями, направленными по вертикали или с некоторым наклоном кнаружи.

Наклон внутрь старых французских рельсов был вызван желанием достижения экономии в материале, но при этом получилась чрезмерно малая площадь соприкасания между нижней гранью головки рельса и накладками в стыке рельса, о чем мы будем подробно говорить ниже. Указанный недостаток заставил отказаться от грушевидной формы головки рельса и таковая распространения не получила.

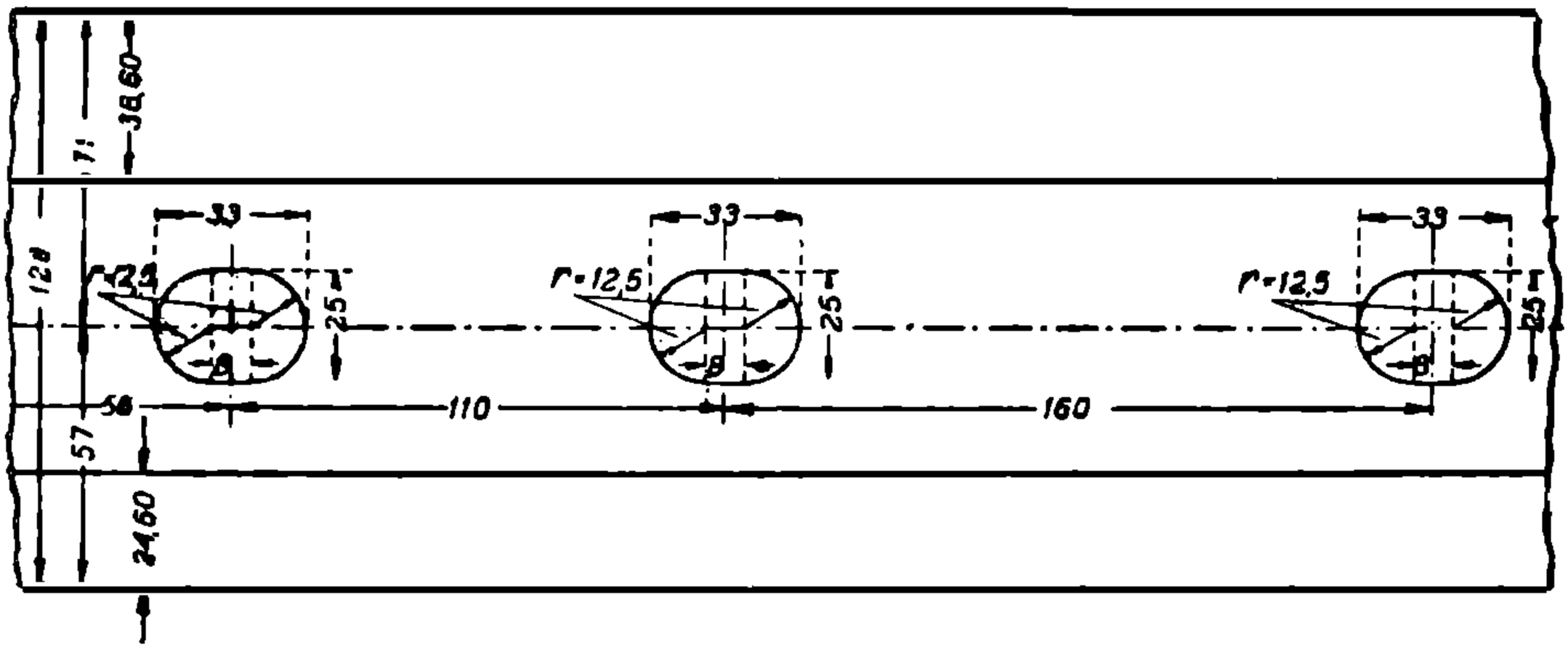
В настоящее время как в Европе, так и в Америке замечается ясно выраженная тенденция к устройству боковых граней головки рельса с небольшим (около 3 — 5°) наклоном кнаружи. Тенденция

РГБ ДНУЖТ

НОРМАЛЬНЫЙ ТИП III[a]

Боковой вид конца рельса

Размеры в миллиметрах

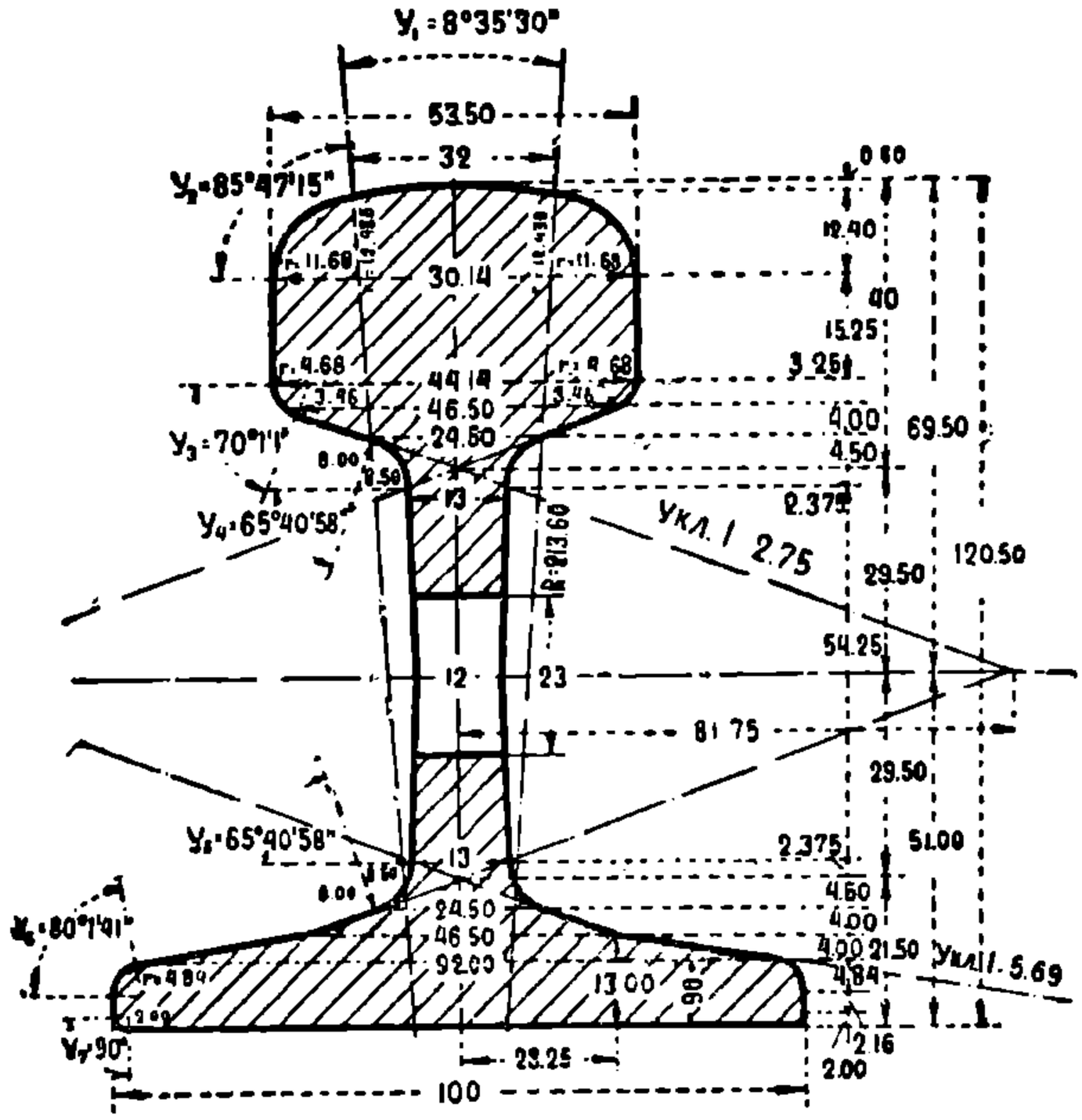


Черт. 111.

1.	Площадь поперечного сечения рельса ω . .	42,758 *см*
2.	Расстояние центра тяжести до подошвы рельса z_1 .	6,209 *см*
3.	„ „ „ „ головки „ z_2	6,591 *см*
4.	Момент инерции относительно оси, проходящей через центр тяжести рельса параллельно подошве J_x	967,98 $см^2$
5.	Момент сопротивления по нижнему волокну $W_1 = \frac{J_x}{z_1}$ . .	155,90 $см^2$
6.	„ „ верхнему $W_2 = \frac{J_x}{z_2}$.	146,86 $см^2$
7.	Расстояние центра тяжести до боковой грани подошвы рельса (половина ширины подошвы) $B/_2$	5,50 *см*
8.	Момент инерции относительно оси, проходящей через центр тяжести рельса перпендикулярно подошве J_y	166,72 $см^2$
9.	Момент сопротивления $W_2 = \frac{J_y}{B/_2}$ . . .	30,31 $см^2$
10.	При удельном весе рельс. стали = 7,83 — Теоретический вес (brutto) одного погонного метра рельса.	33,480 *кг*
11.	Теоретический вес (brutto) одного рельса длиною 12,5 *м* .	418,500 *кг*
12.	Теоретический вес (netto) одного рельса длиною 12,5 *м* за вычетом 6 отверстий для болтов. . . .	418,111 *кг*
13.	Теоретический вес (netto) одного рельса при любой длине L, определяется по формуле: $P = 33,480 . L - 0,3895$ *кг*, где 33,480 — вес погонного метра рельса (brutto) в *кг*, L — длина рельса в метрах и 0,3895 — вес в *кг* части рельса, соответствующей шести болтовым отверстиям .	
14.	Распределение металла по сечению рельса в процентах площади сечения	головка . . 43,0 % шейка. 19,9 % подошва. . 37,1 %
15.	Допуски при изготовлении рельса см. ОСТ 118.	

НТБ ДНУЖТ

эта объясняется указанными выше соображениями о получении возможно большей площади соприкасания стыковых накладок с головкой рельса. Наши рельсы типа I^a, II^a, III^a и IV^a, имеют боковые грани вертикальные (черт. 106 — 113). Нужно заметить, что при наклоне боковых граней внаружу необходимый для этого наклона излишек металла является в пределах между стыками безработным: он полезен только в самом стыке, где имеются накладки.



Черт. 112.

В самое последнее время в Северной Америке предложена особая форма головки рельса: Гэд-фри (head frae) — рельс „со свободной головкой". Такой рельс изображен на черт. 179, из которого усматривается, что соприкасание накладок происходит не с головкой рельса, а в месте перехода от головки к шейке, почему рельс и назван рельсом „с головкой, свободной" от соприкасания с накладками. О достоинствах такого остроумного соединения будет подробно сказано ниже при рассмотрении вопроса о способах перекрытия рельсовых стыков.

г) Нижняя поверхность головки рельса делается с наклоном к горизонту (черт. 114); наклон этот колеблется в широких пределах от 27°, или $tg\alpha = 1:2$ (Франция), до 11°, или $tg\alpha = 1:5$ (Бельгия).

Величина указанного наклона базируется на нижеследующих соображениях. Как увидим ниже, в стыке два рельса соединяются стыковыми накладками, которые, как клин, выходят между головкой и подошвой рельса. Задача этих накладок — обеспечить непрерывность рельсовой колеи и передать от одного рельса другому как вертикальные, так и горизонтальные усилия.

Чем больше угол наклона α, тем лучше передаются горизонтальные усилия, но тем хуже передаются усилия вертикальные, так как рельс, действуя как клин, распирает накладки.

В виду этого угол наклона не должен быть больше угла трения между рельсом и накладкой.

Если коэфициент трения стали по стали принять равным 0,4, $f = 0{,}4$, то сила трения между рельсом и накладкой:

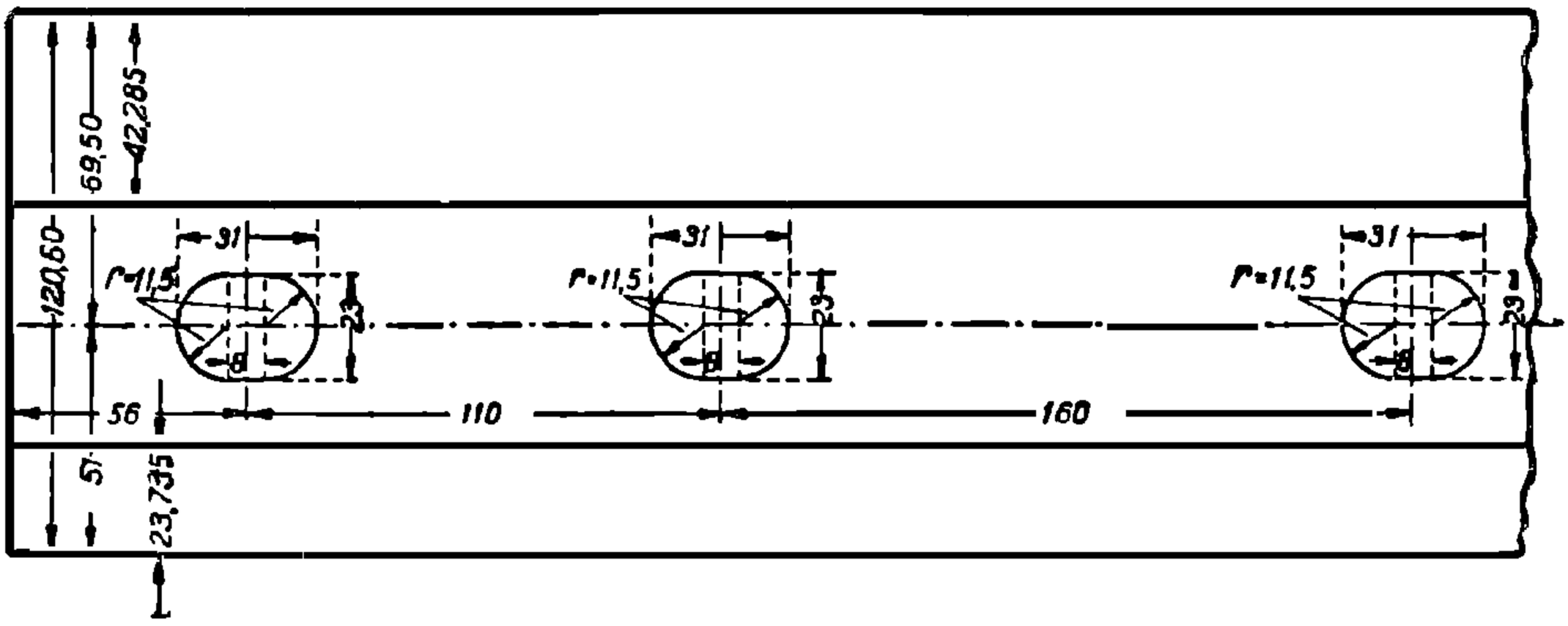
$$fp = 0{,}4\,p.$$

НТБ ДНУЖТ

НОРМАЛЬНЫЙ ТИП IV[a]

Боковой вид конца рельса

Размеры в миллиметрах



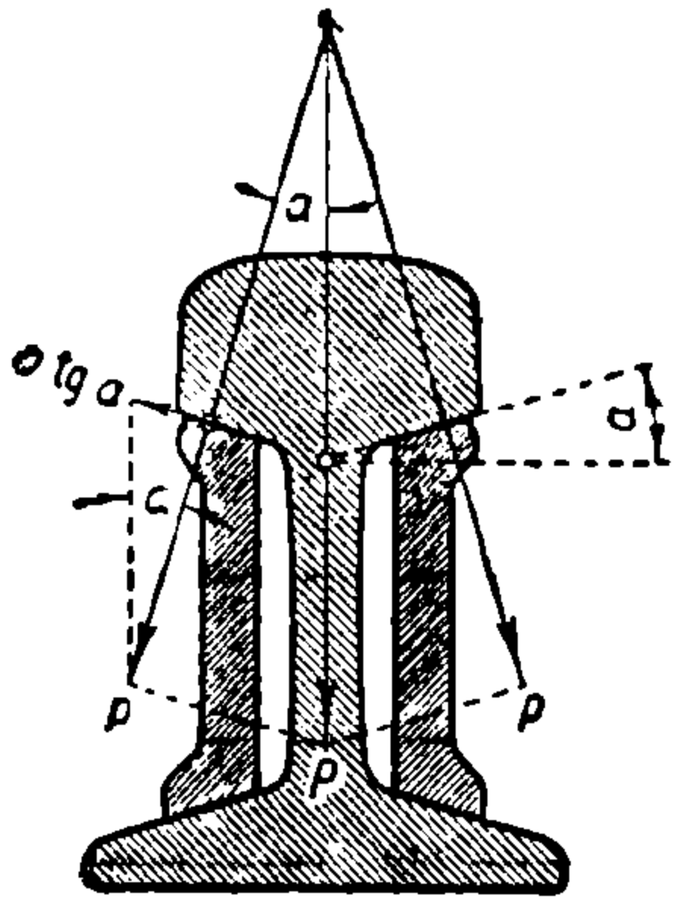
Черт. 113.

1.	Площадь поперечного сечения рельса ω .	39,451 *см*
2.	Расстояние центра тяжести до подошвы рельса z_1	5,924 *см*
3.	„ „ „ „ головки „ z_2	6,126 *см*
4.	Момент инерции относительно оси, проходящей через центр тяжести рельса параллельно подошве J_x . .	751,00 *см*^{4}
5.	Момент сопротивления по нижнему волокну $W_1 = \frac{J_x}{z_1}$	126,77 *см*^{3}
6.	„ „ верхнему $W_2 = \frac{J_x}{z_2}$	122,59 *см*^{3}
7.	Расстояние центра тяжести до боковой грани подошвы рельса (половина ширины подошвы) $B/_2$ . .	5,00 *см*
8.	Момент инерции относительно оси, проходящей через центр тяжести рельса перпендикулярно подошве J_y	120,20 *см*^{4}
9.	Момент сопротивления $W_3 = \frac{J_y}{B/_2}$.	24,04 *см*^{2}
10.	При удельном весе рельс. стали = 7,83 Теоретический вес (brutto) одного погонного метра рельса.	30,890 *кг*
11.	Теоретический вес (brutto) одного рельса длиною 12,5 *м*. .	386,125 *кг*
12.	Теоретический вес (netto) одного рельса длиною 12,5 *м* за вычетом 6 отверстий для болтов	385,787 *кг*
13.	Теоретический вес (netto) одного рельса при любой длине L определяется по формуле: $P = 30,890 . L - 0,3380$ *кг*, где 30,890 — вес погонного метра рельса (brutto) в *кг*, L — длина рельса в метрах и 0,3380 — вес в *кг* части рельса, соответствующей шести болтовым отверстиям.	

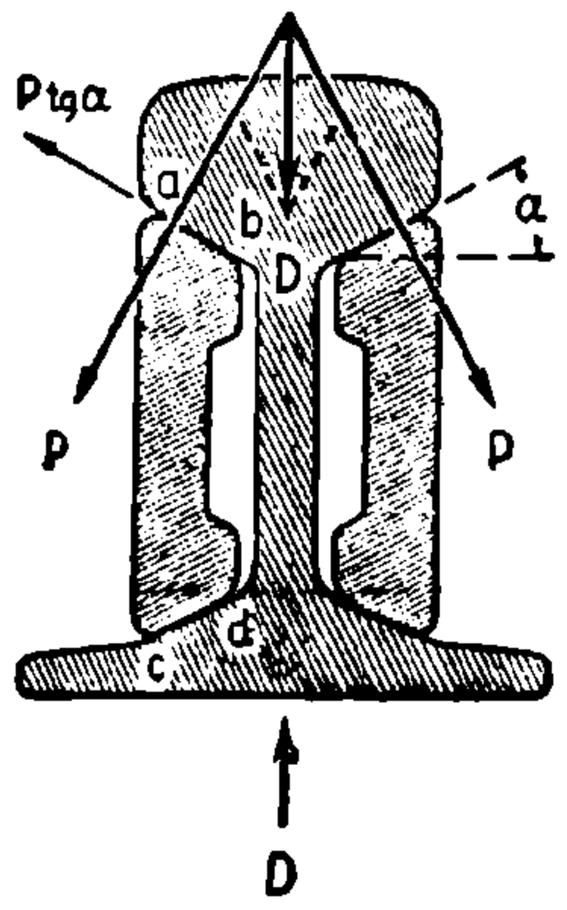
14.	Распределение металла по сечению рельса в процентах площади сечения	головка .	44,9 %
		шейка. .	23,7 %
		подошва. .	31,4 %

15. Допуски при изготовлении рельса см. ОСТ 118.

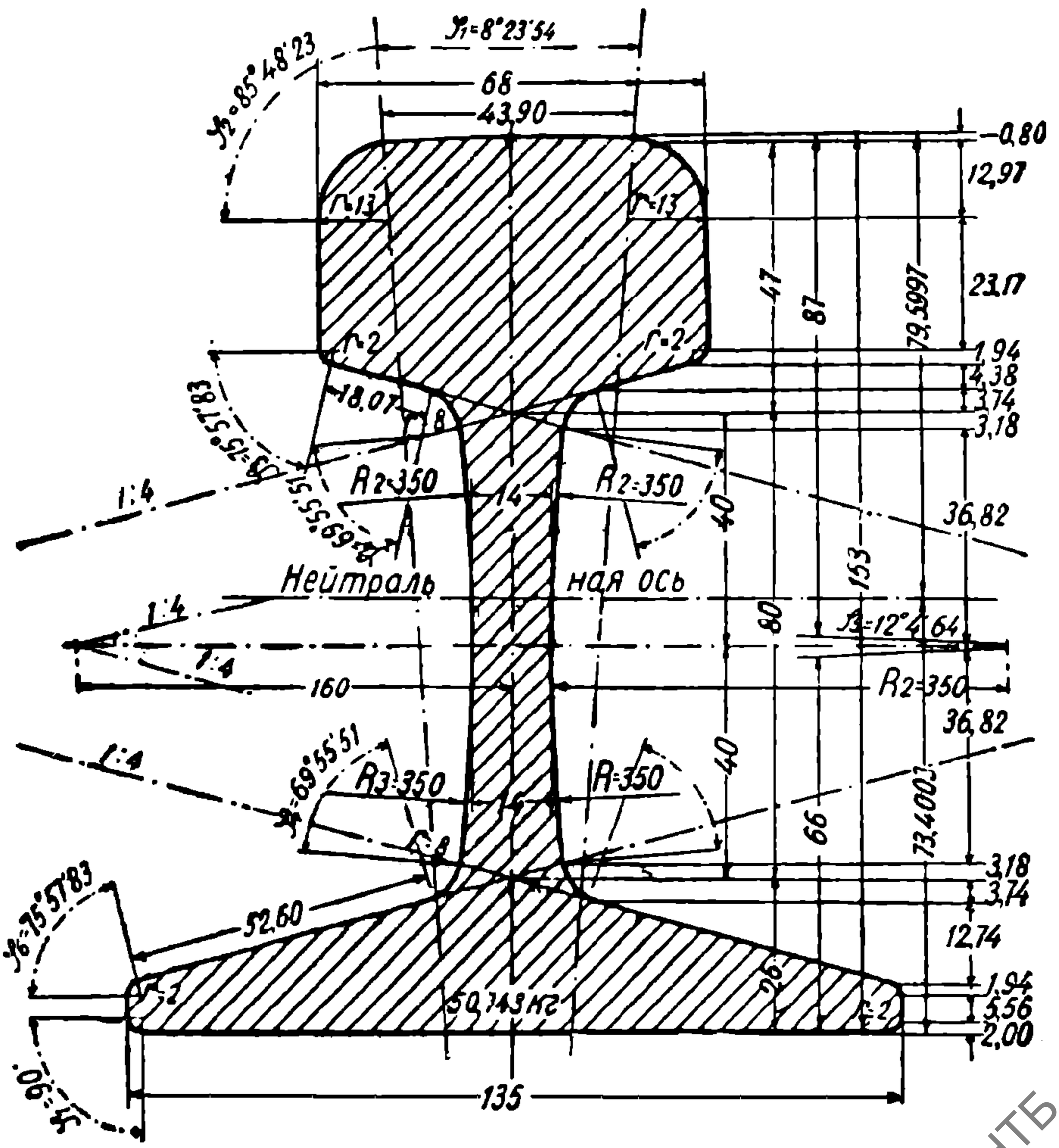
НТБ ДНУЖТ



Черт. 114.



Черт. 114-а.

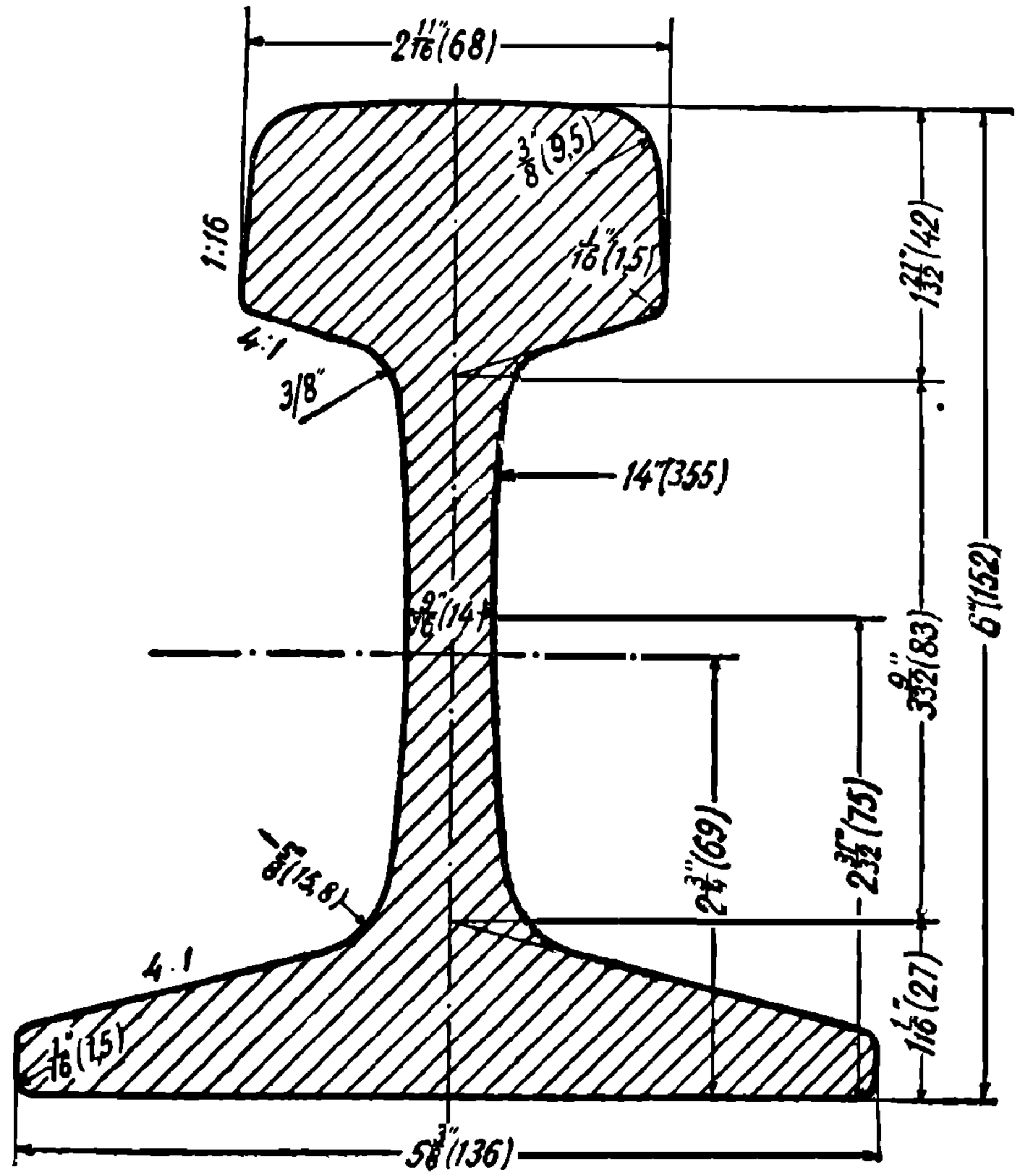


Черт. 115.

НТБ ДНУЖТ

Сила, выпирающая накладку, равна $p\ tg\ \alpha$. Для равновесия необходимо, чтобы $fp \geqslant p$ tg α, или $f \geqslant$ tg α, $f = 0{,}4$, откуда $\alpha = 21^0$ (черт. 114).

Накладка тем прочнее соединяется с рельсом, чем положе ее спорные поверхности, т. е. чем меньше угол α. В настоящее время замечается стремление к уменьшению этого угла α. При чрезмер-



Чер . 116.

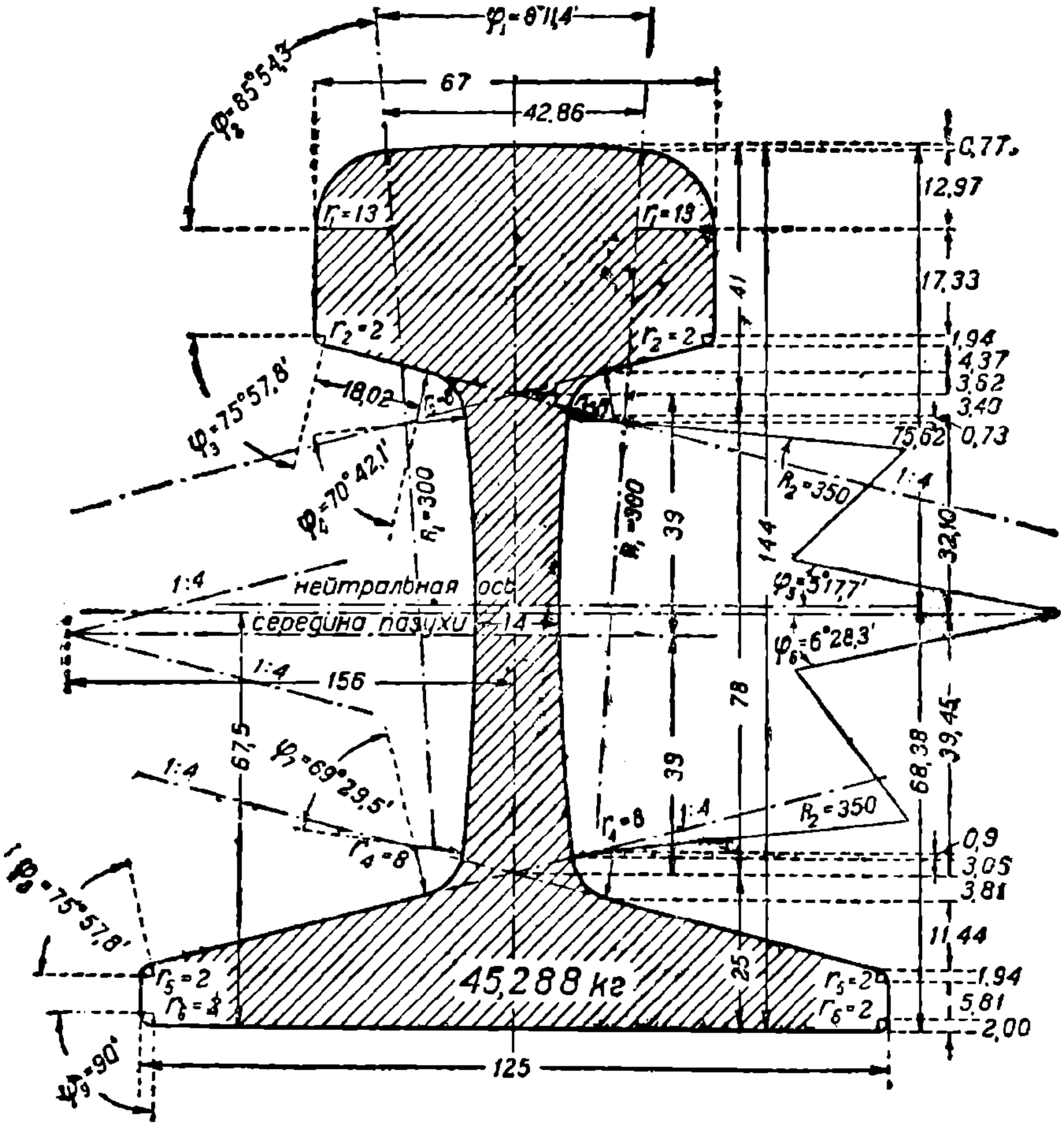
ном уменьшении угла α увеличивается вертикальная слагающая силы p увеличивается давление на накладку, увеличивается удар в голову рельса, и получается расплющивание последней. Принятый в наших рельсах I^a, II , и III^a уклон 1:3 вряд ли следует уменьшать.

д) Шейки рельсов на некоторых дорогах Европы делаются с вертикальными гранями, на других же дорогах они ограничены вогнутыми поверхностями. Вогнутую поверхность имеют и шейки американских железных дорог. Наши рельсы типа I^a, II^a и III^a, имеют шейки с вертикальными гранями. Шейка рельса IV^a расширяется от самой середины книзу и кверху и толщина ее у подошвы и у головки на 1 *мм* больше, чем в середине.

НТБ ДНУЖТ

В новейших рельсах Америки радиус вогнутости шейки равен 356 *мм*; на дороге Пенсильванской — 406 *мм*.

При вогнутых шейках толщина их около головки и подошвы получается больше, благодаря чему скалывающие и косые напряжения в местах соприкасания шейки с головкой и подошвой получаются меньшей величины. Известно, что излом рельса в большинстве случаев происходит именно в местах сопряжения шейки с головкой, почему уменьшение напряжения в этих местах очень важно.



Черт. 116-а.

е) Верхняя поверхность подошвы рельса является опорной поверхностью для накладки: мы видели выше, что стыковая накладка устанавливается между нижней гранью *а.в* головки рельса и верхней гранью *cd* подошвы рельса. Имея в виду, что горизонтальные полки накладки обычно устраиваются симметричными, т. е. с одинаковым наклоном к горизонту как верхней, так и нижней полок, естественно, что наклон к горизонту верхней поверхности подошвы рельса на том протяжении, на котором эта поверхность *cd* соприкасается с накладкой, должен равняться наклону *ав* нижней поверх-

РТБ ДНУЖТ

ности головки рельса (см. черт. 114а). Казалось бы естественным сохранить величину этого наклона на всем протяжении верхней поверхности подошвы рельса, а не только на протяжении *cd* соприкасания с накладкой; однако, в некоторых странах, именно на некоторых дорогах во Франции, Германии и у нас, этот уклон делается ломаным (черт. 106); на остальных дорогах Европы и в Америке указанный уклон делается постоянным. Ломаным делается для того, чтобы получить некоторую экономию материала.

Такова форма широкоподошвенного, виньолевского рельса и таковы соображения, благодаря которым наметилась эта форма.

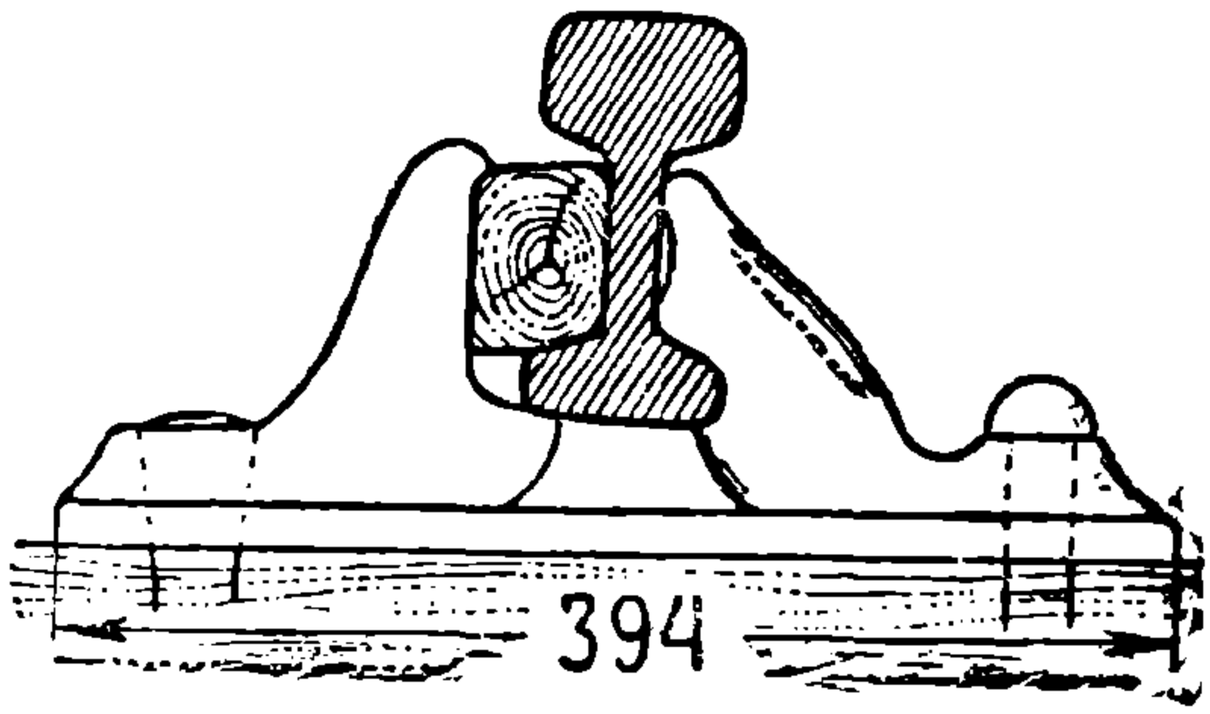
У нас по плану реконструкции пути сначала предполагалось, что ведущим паровозом будет паровоз с давлением на ось 27 тонн и проектом реконструкции для первого тяжелого типа пути намечался рельс весом 50 *кг/пог. м.* Размеры этого рельса показаны на чертеже 115. Для сравнения приводим американский рельс, весом 49,6 *кг/м* (100 *L* ВЗ) (черт. 116). Теперь ведущим паровозом установлен паровоз с давлением на ось 23 тонны. В связи с этим запроектирован рельс весом 45 *кг/пог. м* (см. черт. 116а).

В виду недостаточно хороших показателей проект этого рельса вновь пересматривается.

Рельс двухголовый

Посмотрим теперь, какова форма другого весьма распространенного в Западной Европе, двухголового рельса. Этот рельс был изобретен инж. Локкэ в Англии в 1838 г. Такой рельс был впервые уложен на дороге Лондон — Бирмингам.

Такой рельс имел две симметричные головки, что, по мнению изобретателя, должно было способствовать большей утилизации рельса, именно: после износа одной головки, которая была обращена кверху и по которой, следовательно, катились колеса подвижного состава, можно было бы путем поворачивания рельса заставить колеса катиться по нижней головке. Идея эта осуществления не получила и именно потому, что, как оказалось на практике, нижняя головка, опирающаяся в металлическую подушку, тоже подвергалась изнашиванию.



Черт. 117.

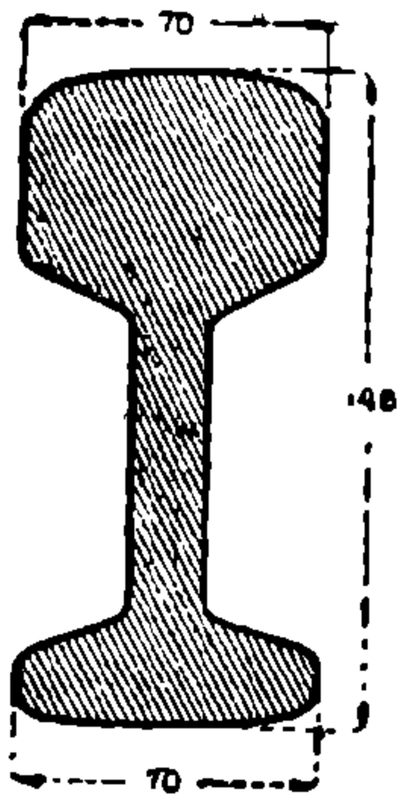
Установить двухголовый рельс непосредственно на опорах, как ясно об этом говорит сама форма рельса, не представляется возможным, и для указанной установки пришлось применить особые подушки — стулья (черт. 117).

В этих подушках рельс закрепляется помощью особого деревянного клина, сделанного из сухого пресованного дерева. Разбухая от сырости воздуха, клин увеличивает прочность соединения рельса с подушкой. Но с течением времени, изнашиваясь, он теряет заклинивающую способность и нуждается в исправлении или замене. Что касается формы двухголового рельса, то нужно сказать ниже-

РТБ ДНУЖТ

следующее: форма верхней головки рельса наметилась теми же соображениями, которые изложены выше при рассмотрении широкоподошвенного рельса и форма эта такова же, как и форма головки рельса широкоподошвенного.

Шейка имеет грани вертикальные.



Черт. 118.

Нижняя головка. Имея в виду, что идея поворачивания рельса не осуществилась, в настоящее время делают нижнюю головку менее мощной, чем верхняя, по которой происходит движение колес (черт. 118).

Что касается сравнения достоинств и недостатков широкоподошвенного и двухголового рельса, то таковое будет сделано далее, после того как будут рассмотрены, помимо формы, размеры, вес, способы соединения в стыках и другие свойства, присущие этим рельсам. Помимо указанных выше двух основных типов рельсов, имеется еще серия различных типов рельсов специального профиля. Описывать их, как не получивших распространения, не будем.

3. Размеры и вес рельсов

Что касается размеров и веса рельсов, то здесь мы встречаемся с несравненно большим разнообразием, чем в вопросе о форме рельса.

Не только рельсы одной страны отличаются по своим размерам и весу от таковых в другой стране, но даже в пределах одной и той же дороги мы обычно встречаемся с целой серией самых разнообразных размеров рельсов.

Эти размеры, а следовательно, и вес рельсов, уложенных на различных путях железной дороги, бывают различными в зависимости от назначения путей: главный путь, по которому следуют курьерские поезда, деятельные ветви с интенсивным движением тяжелых поездов, ветви со слабым движением, станционные пути и т. п.

Размеры рельса, его калибр, его мощность тесно связаны с весом рельса. Чем рельс мощнее, тем он и тяжелее. Поэтому, вес рельса является таким характерным для него признаком, по которому мы составляем себе ясное представление о мощности рельса, и обычно на вопрос о том, какими рельсами уложены такие-то пути на дороге, дается ответ: рельсами такого-то веса.

У нас в настоящее время существуют четыре нормальных типа рельсов, именно: I^{a}, II^{a}, III^{a} и IV^{a}.

Один пог. *м* рельсов указанных типов весит:

I^{a}	. 43,567 *кг*	III^{a}	. 33,480 *кг*
II^{a}	. 38,416 „	IV^{a}	. 30,890 *кг*

Таким образом, самым мощным нашим рельсом, фактически лежащим в пути, является рельс типа I^{a}. Такие рельсы весом 43,567 *кг/м* уложены на главных путях Октябрьской железной дороги. Главные пути других наших магистральных линий обычно уклады-

НТБ ДНУЖТ

ваются рельсами весом 38,416 *кг/пог. м* и 33,480 *кг/пог. м.* Рельсами весом 30,890 *кг/пог. м* обычно укладываются главные пути магистральных линий второстепенного значения.

Станционные пути на различных дорогах обычно укладываются рельсами старых типов самых различных весов, меньших, чем указанные выше. Для сравнения мощности наших рельсов с таковой на заграничных дорогах приводим некоторые интересные данные (см. таблицу на стр. 128).

Из этих примеров ясно усматривается, насколько рельсы на указанных дорогах Западной Европы и Америки более мощны, чем лежащие в настоящее время у нас. За самое последнее время Пенсильванская ж. д. САСШ ввела у себя рельс весом 75,4 *кг/пог. м.* Исключительная мощность американских рельсов объясняется отчасти тем, что металл у них является безработным; стальные тресты, являющиеся владельцами железных дорог, искусственно помещают свой безработный металл в рельсы.

Говоря о мощности рельса, нужно иметь в виду, что таковая определяется соображениями прочности и экономики, причем вторая часто перекрывает первую: по соображениям прочности рельс мог бы быть меньшего калибра, но он имел бы в таком случае малый запас на износ, должен был бы часто меняться не рационально с экономической точки зрения. Наконец решающим фактором может служить положение в данный момент металлургической промышленности.

При составлении проекта рельса для наших реконструктируемых путей НКПС руководствовался указанными выше соображениями в отличие от стран капиталистических, руководствующихся соображениями конкуренции, наживы и т. п.

Нельзя не отметить, что за последнее время Бельгия нашла неэкономичным проектировать чересчур жесткие рельсы весом 57 *кг/пог. м* и перешла к рельсам весом 50 *кг/пог. м.*

Международный конгресс в Риме в 1922 г. высказал мнение, что вес рельсов не должен превышать 50 *кг/пог. м.*

Перейдем теперь к рассмотрению размеров рельсов.

Размеры наших рельсов четырех нормальных типов усматриваются из черт. 106, 108, 110, 112 и приведенных выше таблиц поперечных сечений этих рельсов.

Для сравнения размеров наших рельсов с таковыми заграничных железных дорог приводим нижеследующую таблицу (стр. 128).

Говоря о размерах рельсов, нужно обратить внимание на отношение между шириной подошвы рельса и его высотой. Чем выше рельс, тем больше его момент инерции и момент сопротивления, но в то же время тем больше плечо опрокидывающего момента от действия боковых сил и, следовательно, тем меньше устойчивость рельса. Чем подошва шире, тем рельс устойчивее и тем больше площадь передачи давления от рельса на опору.

В существующих типах рельсов отношение между шириной подошвы и высотой колеблется обычно около 0,9.

Что касается отношения между высотой и шириной головки рельса, то оно обычно колеблется в пределах от 1 : 1,5 до 1 : 2

РГБ ДНУЖТ

Главнейшие размеры широкоподошвенных рельсов в миллиметрах

Наименование страны	Тип рельсов	Высота рельсов	Ширина головки	Высота головки	Ширина подошвы	Толщина шейки	Момент инерции $см^4$	Момент сопротивления $см^3$	Вес рельса $кг/м$
Германия	I. . . .	136	62	41,5	125	12	1 273	176,8	38,9
	II 1922 г.	142	69	46	125	14	1 540	212,4	45,6
	III .	148	70	50,5	125	14	1 800	237	49,4
	„К“	148	70	50,5	125	14	1 781	234	49,0
Америка	A. R. E. A . .	152	68	42	136	14	2 039	292	(100 ф ярд)
	(1915 — 1920) .	178	76	48	159	17,5	3 713	464	49,6 (140 ф ярд) 69,4
Франция	P. L. *M* (48 кг/пог. м) .	142	66	55	130	14	1 585	233	48
Бельгия	Правительственный 1907 г . . .	160	80	45	135	15	—	313	57
	Новый . . .	—		—	—	—	—	—	50
СССР	Ia .	140	70	44	125	14	1 476	212	43,56
	IIa .	135	68	40	114	13	1 222	180	38,42
	IIIa	128	60	37	110	12	968	155	33,48
	IVa .	120,5	53,5	42,4	100	12	751	126,8	30.89
	0 .	145	70	45	130	14	1 634	224	47,00
	Iт	153	68	47	135	14	2 034	255	50,7
	проект нового стандарта	144	67	41	125	14	1 618	237	45,3
	Двухголовые рельсы								
Франция	Ouest .	142	62	—	62	18	1 264	164	44
Англия	London . .								
	North .	140	70	—	70	21	1 242	160	44,6
	Western	—	—	—	—	—	—	—	—
Германия	Баденские .								42,5

Длина рельсов

Чрезмерно длинный рельс затруднительно доставить к месту работ, с чрезмерно длинным рельсом трудно оперировать на месте укладки его в путь, наконец, если рельс имеет чрезмерно большую длину, то при повышении температуры воздуха, удлинение рельса, пропорциональное его длине, может получиться столь значительным, что рельс при существующих в настоящее время способах прикрепления к его опорам и при современной конструкции пути может получить искривление, выпучить в сторону, дать уширение пути или такого рода деформацию пути, которая может повлечь за собой сход поезда с рельсов.

Потому длина рельса должна быть ограниченной. Рельсовый путь должен состоять из отдельных рельсовых звеньев определенной величины. В месте, где один рельс кончается, а другой начинается, в так называемом рельсовом стыке, рельсы соединяются между

НТБ ДНУЖТ

собой особыми стыковыми накладками, о чем будет подробно изложено ниже. Но как бы прочно ни было устроено соединение концов рельсов в стыке, место этого соединения всегда будет слабее, чем цельный рельс в пролете между стыками и такие места являются наиболее слабыми, нарушающими плавность пути и наиболее вредными местами в пути, и, следовательно, чем меньше таких мест, тем путь лучше. Вот почему, несмотря на необходимость ограничить длину рельса, мы, с другой стороны, стремимся, желая уменьшить число стыков, увеличить длину рельса до возможного целесообразного с практической и теоретической точек зрения предела.

В Западной Европе и Америке нормальная длина рельсов на дорогах нормальной колеи достигла величины 18 *м*.

Максимальная длина рельсов, уложенных за границей, правда, лишь в некоторых случаях, а именно: на подземных дорогах и в тунелях, где изменения температуры не могут оказать такого влияния, как в открытых местах, а также на небольших мостах и т. п. случаях, встречается в Бельгии, именно 28 *м*, и во Франции — 24 *м*. На узкоколейных дорогах нормальная длина достигла 9 и 10 *м*. В последнее время в Германии рельсы прокатываются длиной 30 *м* и производится сварка двух таких рельсов в пути; так что фактически в пути лежат рельсы длиной 60 *м*. В Германии имеется участок пути длиной 3,5 *км* со сплошь сваренными стыками, но этот путь находится не в обычных условиях, именно весь рельс до головки рельса покрыт щебнем и таким образом защищен от лучей солнца.

У нас в настоящее время установленны нижеследующие нормальные длины рельсов:

Для тяжелых рельсов (весом от 37 *кг/м* до 50 *кг/м*)		15 *м*; 12,5 *м*; 10 *м*.
„ средних „	„ „ 30 „ „ 37 „	12,5 *м*; 10 *м*.
„ легких „	„ „ 15 „ „ 30 „	10 *м*.

Рельсы длиной в 10 *м* могут укладываться на всех дорогах; рельсы в 12,5 *м* лишь на дорогах, пролегающих в местностях с колебанием температуры не более 70° Ц, а рельсы длиной в 15 *м* — лишь на дорогах, пролегающих в местностях с амплитудой колебания температуры не более 60° Ц.

Укороченные рельсы для кривых должны отличаться по длине от рельсов нормальных на 80 и 40 *мм*.

По плану реконструкции длина вновь прокатываемых рельсов устанавливается в 25 *м*.

4. Прикрепление рельсов к опорам

Характер прикрепления рельсов к опорам зависит главным образом от формы поперечного сечения рельсов.

Особенное распространение на земном шаре получили, как мы видели, два рельса: виньолевский и двухголовый.

Виньолевский рельс, имеющий широкую подошву, может быть непосредственно установлен на опорах. Двухголовый рельс благодаря форме своей нижней головки требует для укрепления на опорах особых подушек-стульев.

НТБ ДНУЖТ

Прикрепление к опорам виньолевского рельса

Нужно сказать, что в прежнее время вообще уделялось недостаточно внимания соединению рельса с опорой.

Так, рельс виньолевский непосредственно устанавливался на деревянные опоры и закреплялся особыми гвоздями-костылями.

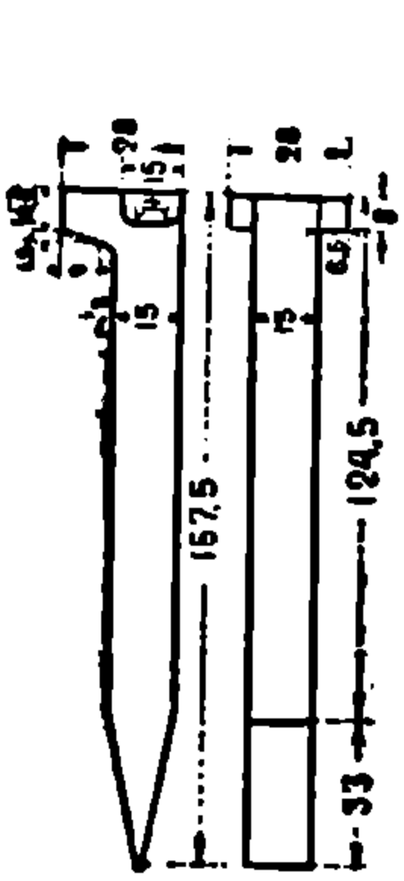
Нерациональность такого способа соединения очень скоро дала себя знать. Плоскость соприкасания между металлической подошвой рельса и деревянной шпалой была недостаточна: при большом давлении от колес тяжелого подвижного состава шпала, в месте касания с рельсом, стала быстро изнашиваться, подошва рельса врезаться в тело шпалы. Применявшиеся костыли оказывали недостаточное сопротивление действующим на них выдергивающим и сдвигающим силам и быстро разрушали шпалу, расстраивали те отверстия-гнезда, куда они забивались.

Для уничтожения указанных недостатков в большинстве стран, во всяком случае на магистральных линиях, на шпалы под подошву рельса стали укладывать особые подкладки, а иногда и подушки; форму и размеры костылей изменили, число костылей увеличили; иногда вместо костылей стали применять шурупы; для защиты гнезд костылей от быстрого изнашивания стали применять особые втулки и т. п.

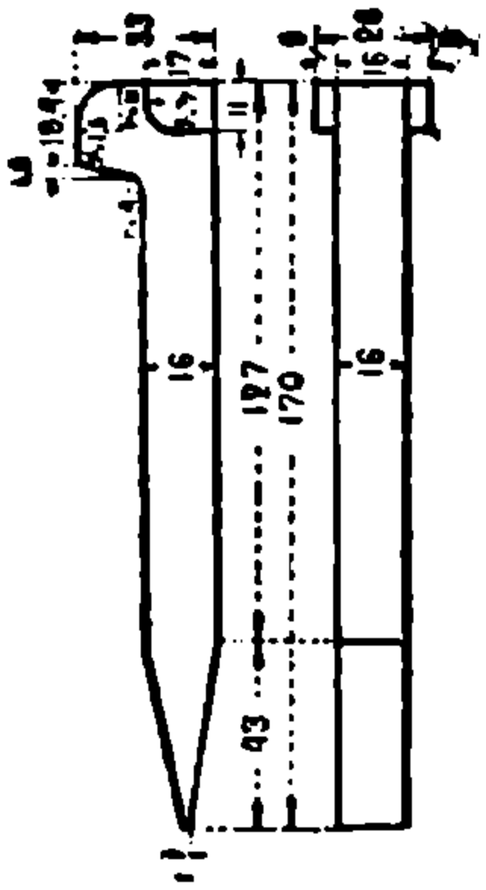
Костыли

В прежнее время костыли забивались в отверстия, сделанные в подошве рельса; затем способ этот был оставлен, и костыли забивались рядом с подошвой.

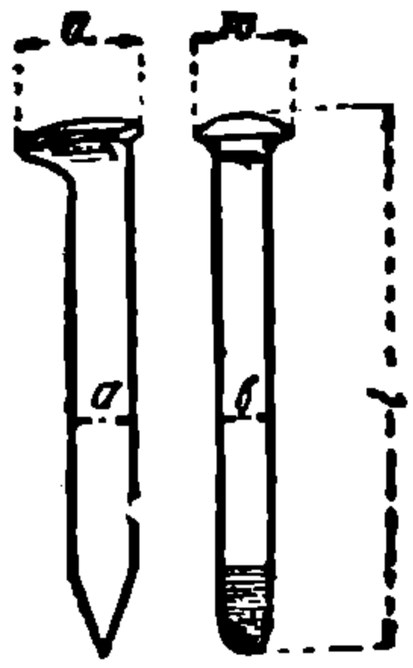
Тип и размеры употребляющихся у нас костылей показаны на черт. 119 и 120. Поперечное сечение костыля квадратное.



Черт. 119.



Черт. 120.



Черт. 121.

У нас для рельсов I^a, II^a и III^a — длина стороны квадрата принята 16 *мм* (черт. 120); для рельса IV^a — 15 *мм* (черт. 119).

Форма головки костыля бывает весьма разнообразна, но в общем ей придается такая крючкообразная форма (черт. 119 и 120), чтобы нижняя грань головки плотно прилегала к подошве рельса и чтобы удобно было вытащить костыль помощью лапчатого лома при ремонте пути. Для последней цели в наших старых типах, употребляющихся еще до настоящего времени, головке костыля

ПГБ ДНУЖТ

придаются особые приливы — боковые для промежуточных костылей или сзади — для костыля стыкового. Дело в том, что для забивки костыля стыкового при наличии накладок старого типа в этих последних сделаны особые отверстия, шпунты, в которые и проходят костыли; если бы головка костыля имела боковые приливы, то эти последние препятствовали бы забивке костылей, почему в стыковых костылях и делается прилив сзади головки костыля, а не с боков. Задевая лапой лома за указанные приливы, и вытаскивают костыль.

По журналу Совера НТК № 44 от 31/VII 1926 г. приняты для заказа скреплений в течение ближайших трех лет следующие объединенные типы костылей (см. табл. и черт. 121).

Для типов рельсов	Поперечное сечение		*l*	Головка костыля	
	a	*b*		*m*	*n*
	Объединенные с обыкновенной головкой				
Ia, IIa, IIIa и весом свыше 22 1/2, кроме IVa	16	16	170	26	33
IVa и легче	14	14	155	28	28
	Объединенные с американской головкой				
Ia, IIa, IIIa и весом свыше 22 1/2, кроме IVa	16	16	160	35	37
IVa и легче	14	14	153	32	34

На черт. 122 показаны типы костылей, употребляемых в Америке.

Костыли, запроектированные для нашего стандартного типа скреплений для рельсов II показаны на чертеже 171 (см. стр. 151).

При определении размеров костылей исходят не только из соображений прочности самих костылей, но и из соображения прочности их закрепления, особенно в деревянных шпалах.

Прочность закрепления костыля зависит от величины трения, развивающегося по поверхности соприкасания между костылем и шпалой. Сопротивление выдергиванию костыля, зависящее от указанных сил трения, будет при костыле длиной 160 *мм* и толщиной 14×14 *мм* при новых сосновых шпалах равно примерно 2000 *кг*; при шпалах из твердого леса — 3500 *кг*. Такое сопротивление получается лишь при новых шпалах; с течением времени гнезда костылей разрабатываются и закрепления костыля сильно ослабевают.

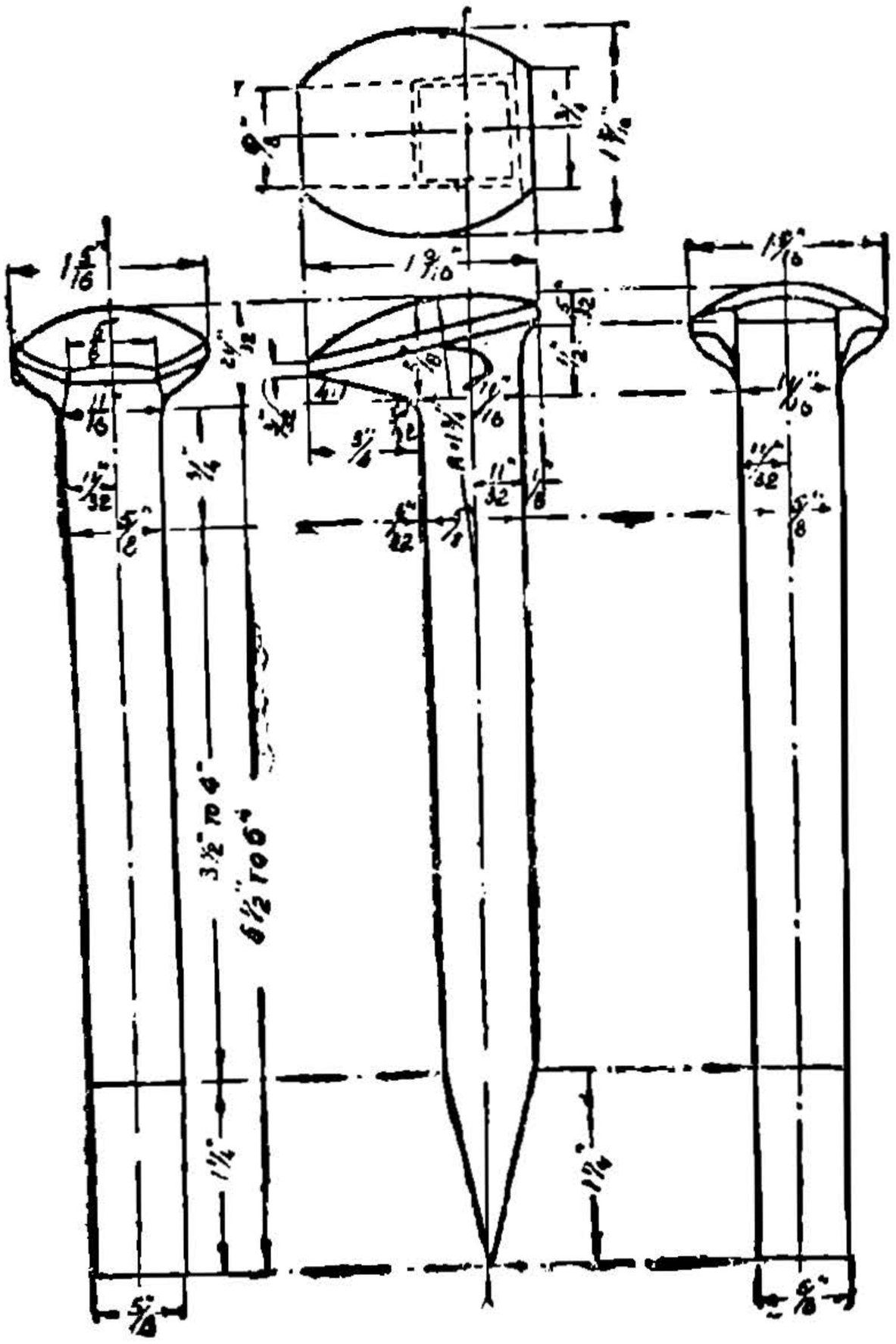
Разрабатываются же костыли как вследствие боковых давлений, которые от рельса передаются при посредстве костыля шпале, так и от атмосферических влияний: дождевая и от тающего снега вода, попадая в несколько разработанное гнездо костыля и застревая там, способствует гниению шпалы и еще большей разработке гнезда костыля.

Под действием упомянутых выше горизонтальных давлений, волокна шпалы, особенно верхние ее слои, подвергаются чрезмерному трению.

При трех костылях, прикрепляющих рельс к шпале, указанное напряжение на сжатие достигает величины, разной примерно 200 *кг/см²*

НТБ ДНУЖТ

Столь значительное напряжение можно уменьшить путем увеличения числа костылей, равномерности распределения давления между костылями помощью укладки подкладок и, наконец, путем увеличения трения между подошвой рельса и его опорой. Это увеличение может быть достигнуто более сильным прикреплением рельса к опоре или укладкой особых прокладок между рельсом и шпалой.

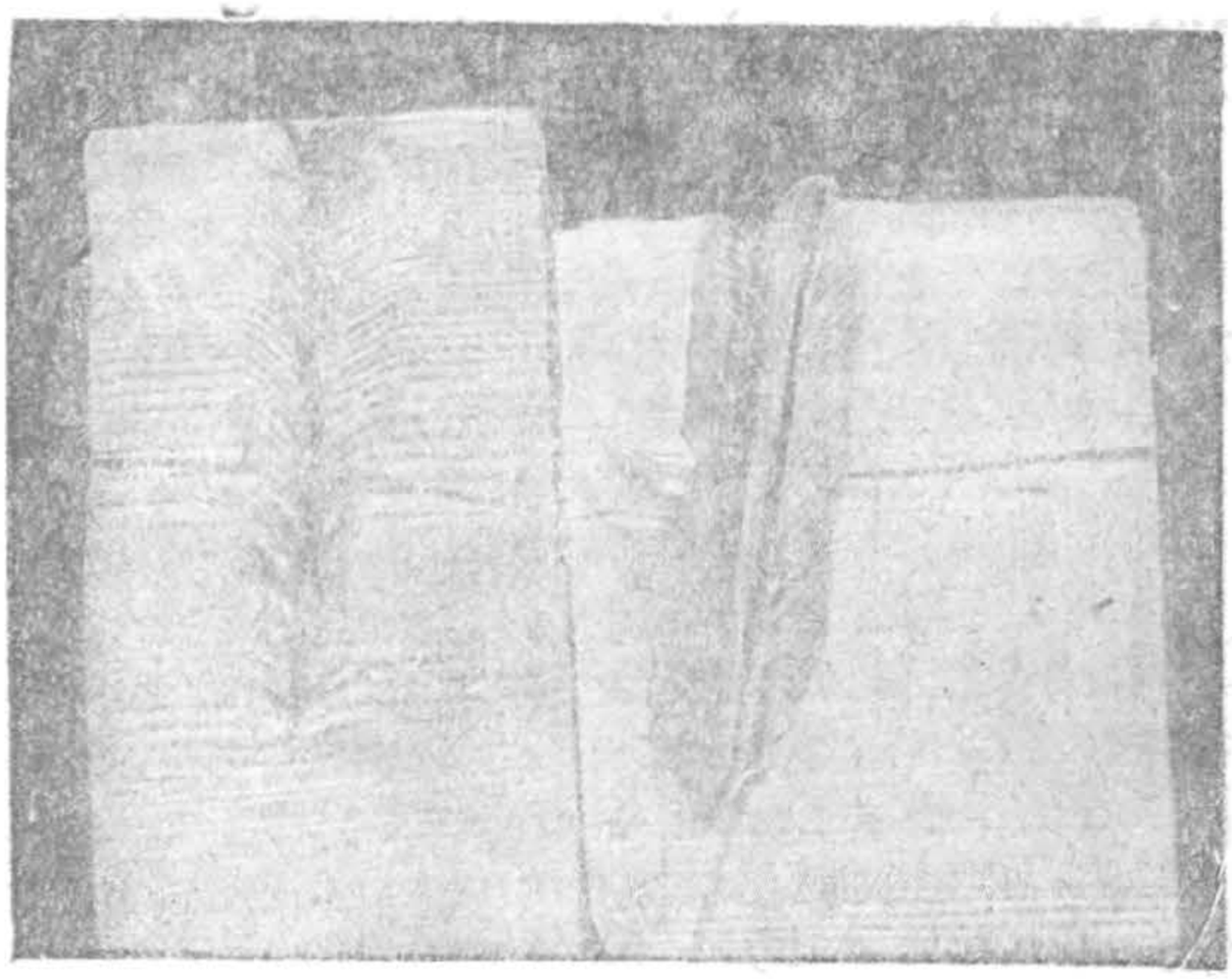


Черт. 122.

Помимо костылей обыкновенных при ремонте пучин употребляются костыли полуторной или двойной величины (так называемые пучинные).

Нужно отметить, что на работу костыля оказывает большое влияние способ забивки его в шпалу.

При применяемом у нас способе забивки сильно повреждаются волокна шпалы, что уменьшает способность древесины сопротивляться отжатию костыля и способствует проникновению воды в гнездо костыля и загниванию окружающей древесины. Во избежание указанного выше механического повреждения древесины очень полезно предварительное просверливание дыр; такое предварительное просверливание дает, кроме того, возможность пропитывать древесину вокруг костылей, заливать костыльную дыру смолой. Очень интересные произведенные в этом смысле опыты на

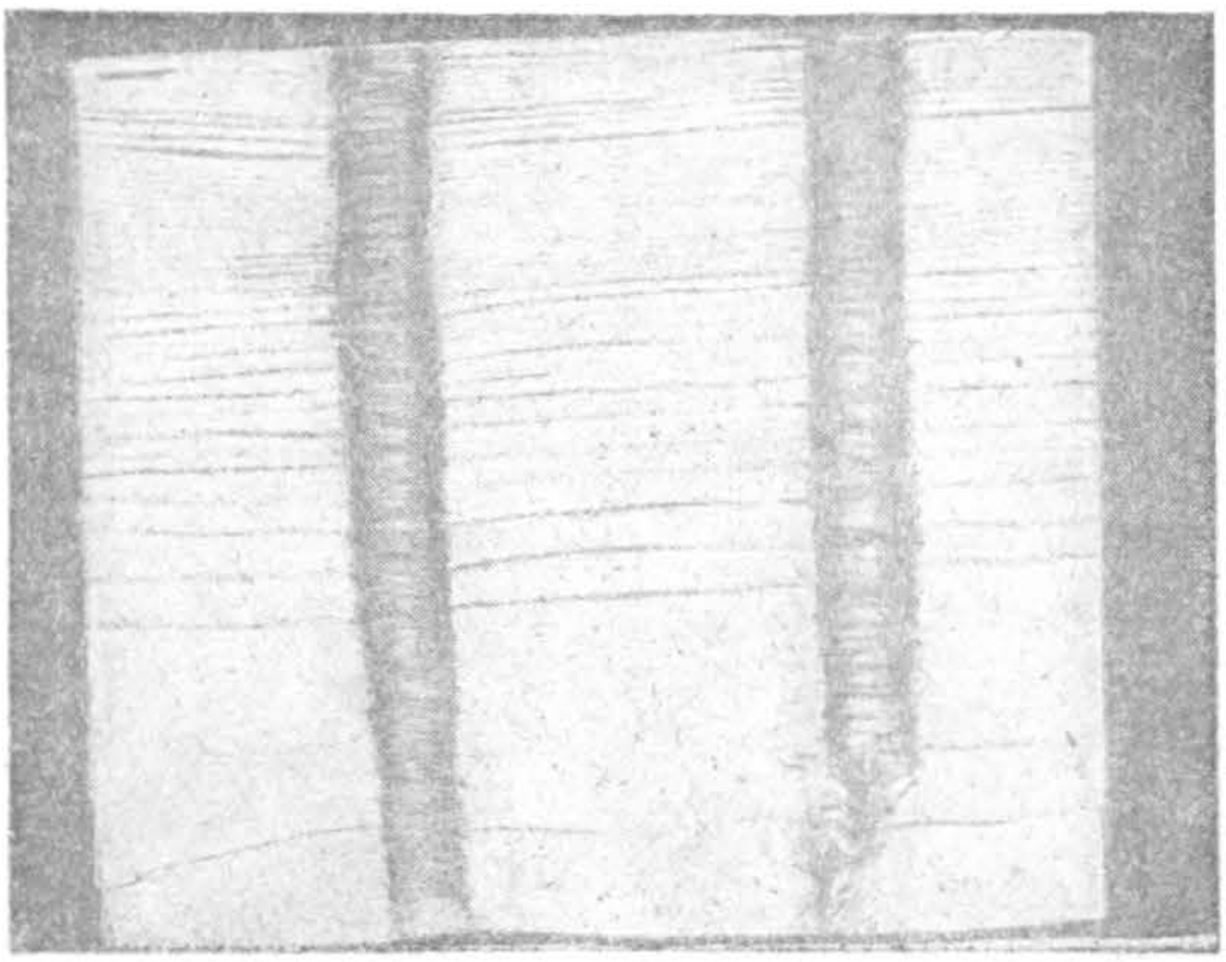


Черт. 123.

опытном участке отдела пути Московско-Киево-Воронежской железной дороги (сообщение № 2 по опытному участку отдела пути Московско-Киево-Воронежской железной дороги, 1927 г. и сообщение № 5, 1928 г.). При производстве указанных опытов ме-

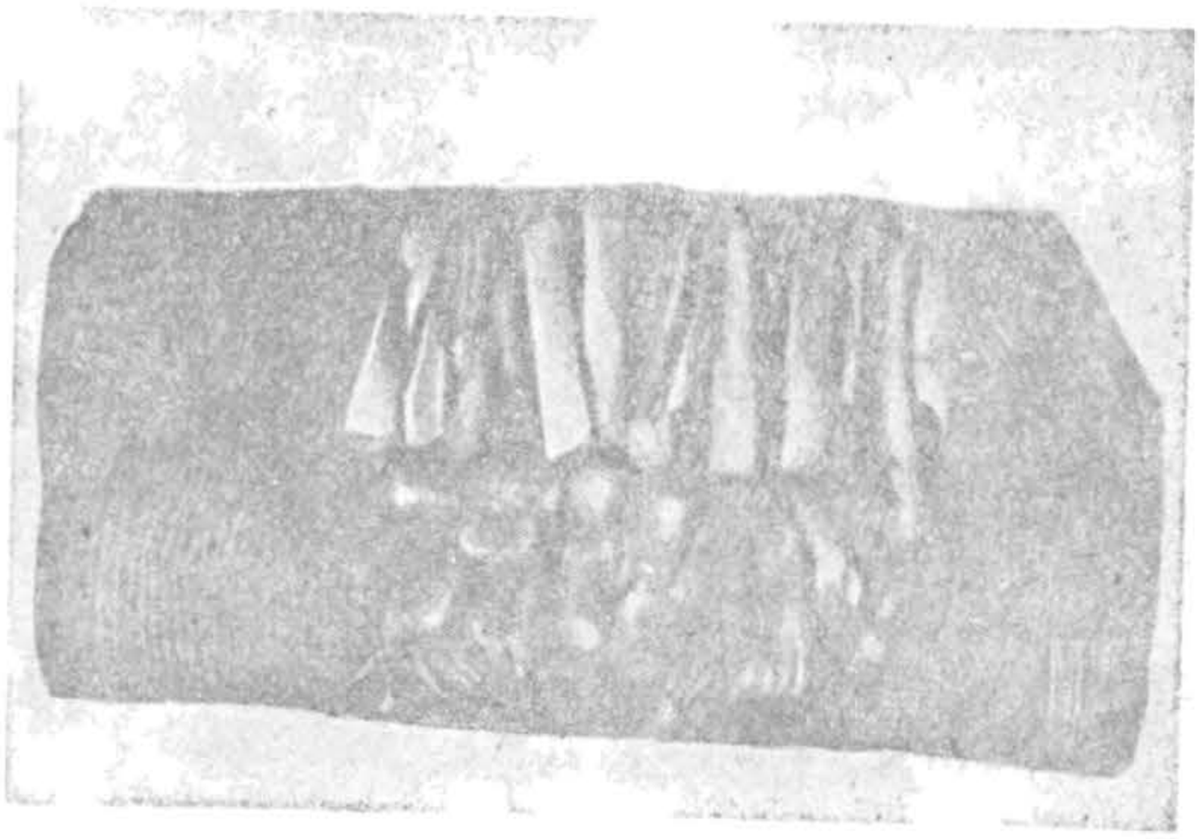
НТБ ДНУЖТ

год изучения деформации древесины заключался в том, что шпала распиливалась вдоль волокон так, что распил проходил через гнездо костыля. С произведенных распиловок делались фотографические снимки, на которых очень отчетливо получались деформации волокон. На черт. 123 изображен разрез, сделанный через новую шпалу, после того как в нее был забит и затем выдернут обыкновенный костыль к рельсу типа III^{a}, где ясно видно, как волокна шпалы, перерубленные костылем, при его забивке загнулись внутрь и иногда в точках перегиба изломались. В правой части этой же фигуры показана забивка костыля с применением пробки, которая видна в изображенном разрезе.



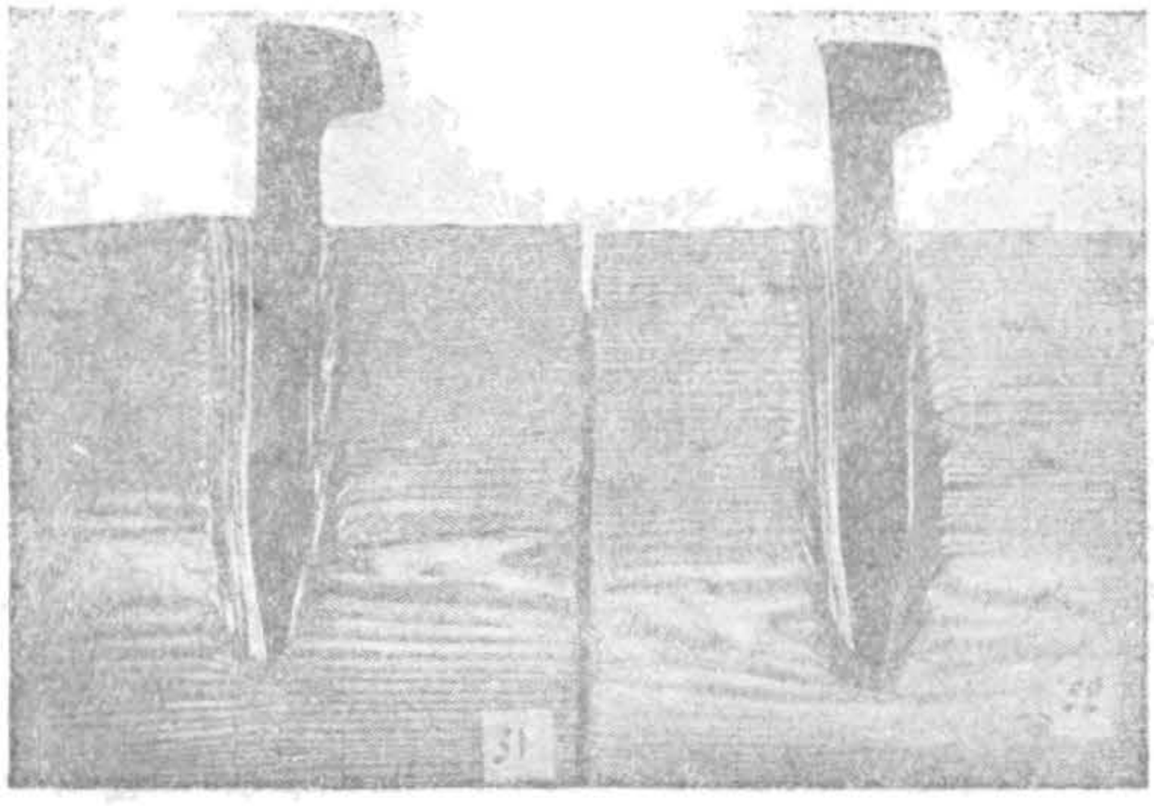
Черт 124.

На черт. 124 показан разрез шпалы, в которой перед забивкой костыля было предварительно просверлена круглая дыра диаметром в 15 *мм*, несколько меньшим, чем поперечные размеры костыля 16×16 *мм*. Деформации волокон ничтожны и сводятся они к смятию стенок круглой дыры.



Черт. 125.

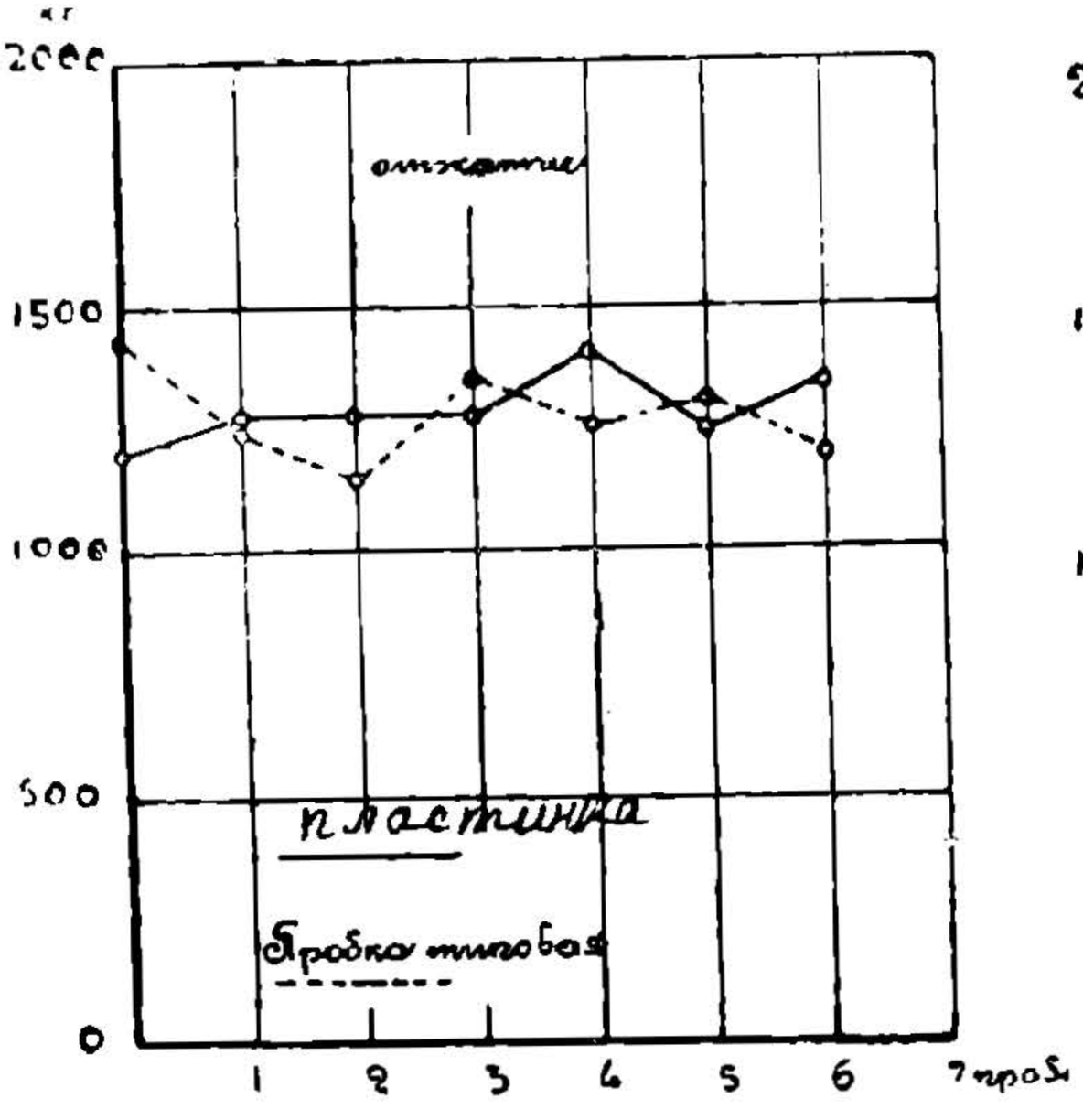
На черт. 125 показана шпала, пролежавшая два года на пучинистом месте. В разрезе видны 11 пробок, забивавшихся в течение этого времени в шпалу.



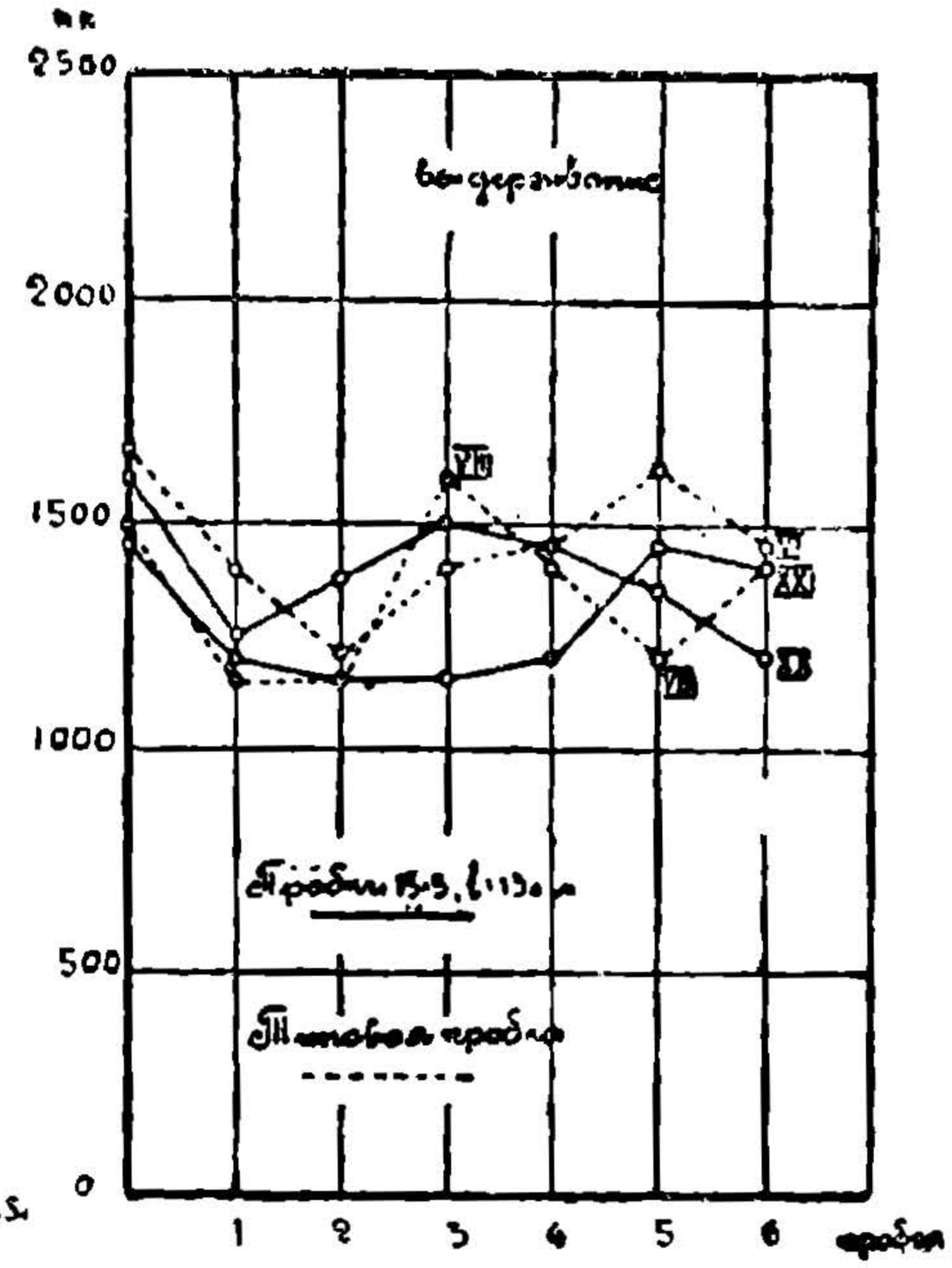
Черт. 126.

Затем были проделаны интересные опыты с так называемыми пластинками-закрепителями, именно: в гнездо костыля не забивается пробка, а закладывается пластинка размерами 15×15 *мм* и длиной 12 *см*, а за ней (не в нее) забивается костыль. Пластинки изображены на

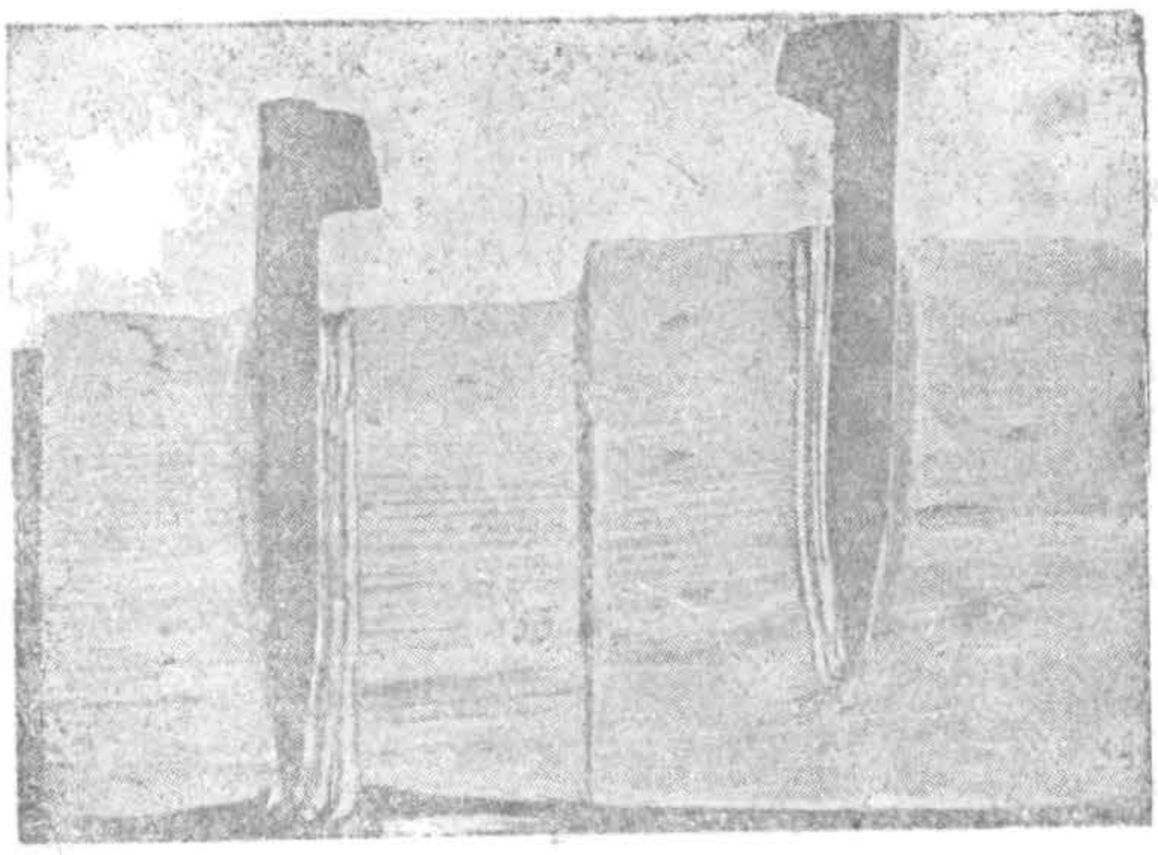
НТБ ДНУЖТ



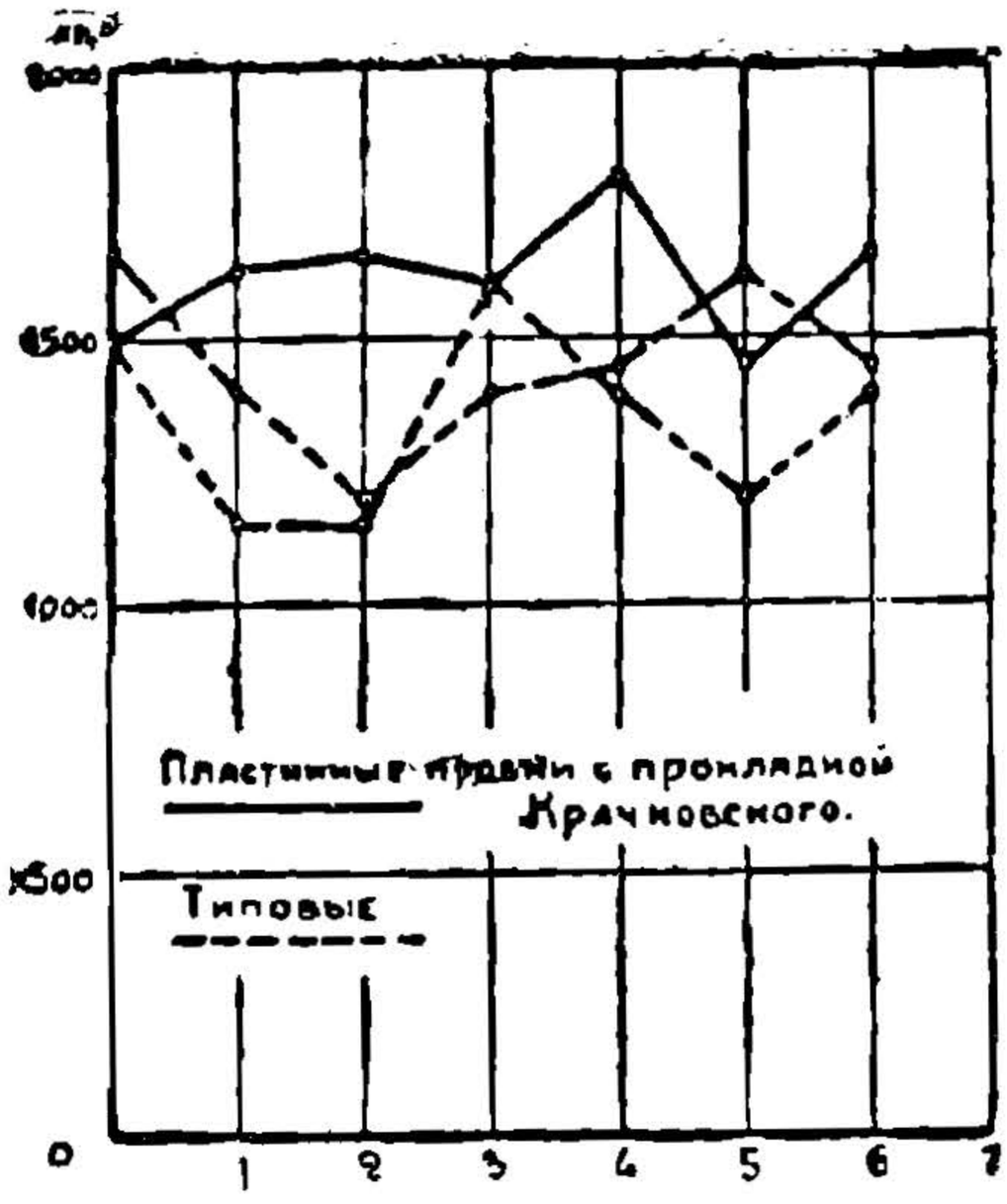
Черт. 127.



Черт. 129.



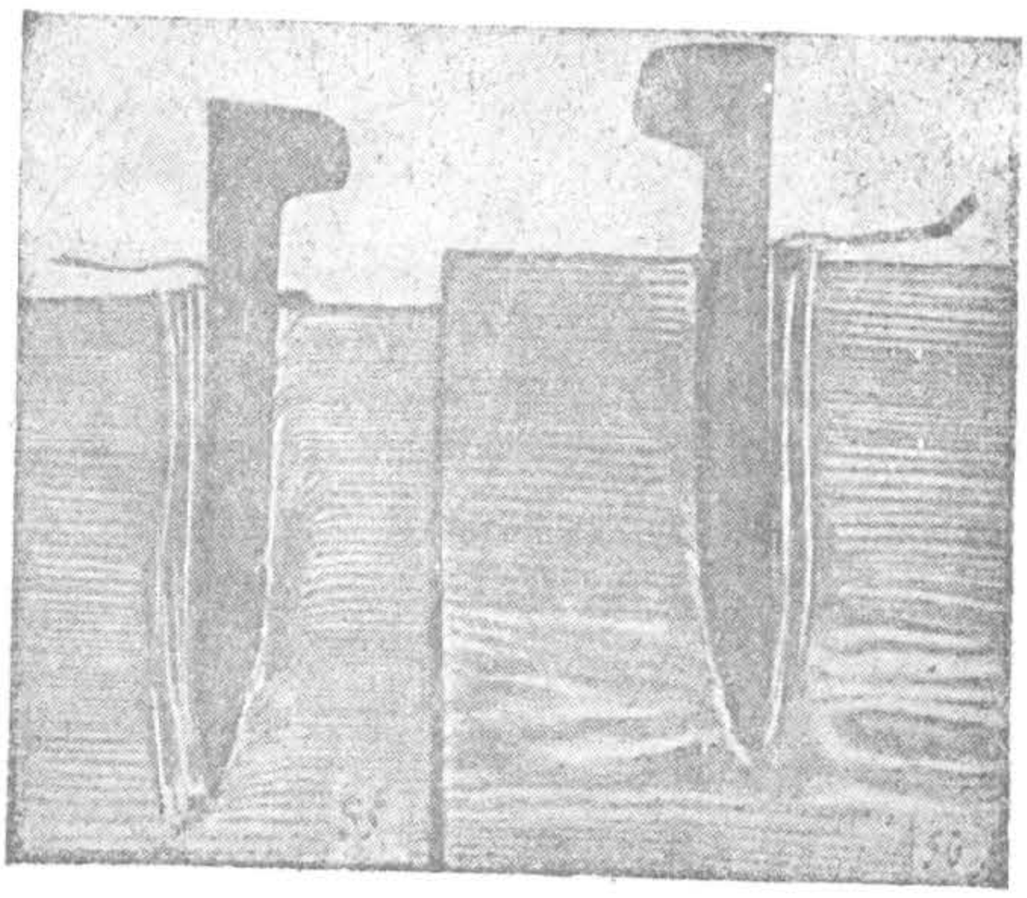
Черт. 128.



Черт. 130.

НТБ ДНУЖТ

черт. 126, а результаты опытов на отжатие и сравнение работы пластинок-закрепителей с работой обыкновенных пробок показаны на черт. 127. Из этой диаграммы усматривается, что работа пластинок на отжатие не хуже, чем пробок; деформация же древесины гораздо меньше, почему следует отдать предпочтение пластинкам-закрепителям. К таким же выводам приводят испытания пластинок на выдергивание. Результаты опытов показаны на черт. 128, а деформации — на черт. 129.

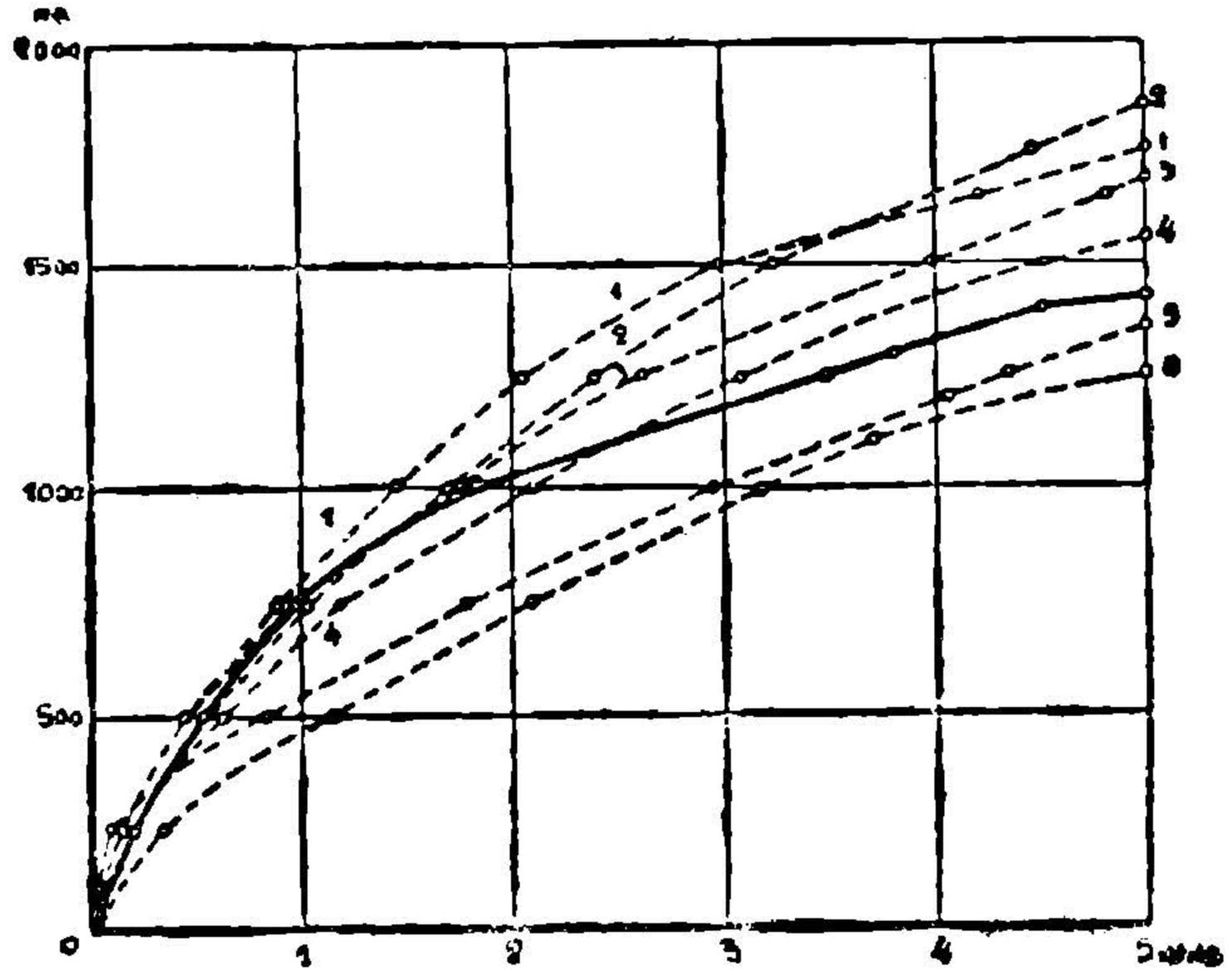


Черт. 131.

Затем произведены опыты с прокладками из кровельного железа, предложенными инж. В. П. Крачковским. Прокладки эти ставятся совместно с пластинками-закрепителями.

Результаты опытов на отжатие видны из фиг. 130, а характер деформации — на черт. 131, из которых усматривается преимущество применения прокладок из кровельного железа совместно с пластинками-закрепителями.

Далее были произведены опыты с предложенными инж. Теновым прокладками, представляющими согнутую под прямым углом пла-



Черт. 132.

стинку, толщиной 3 *мм*, шириной 16 *мм* и длиной 10 *см*. Короткий выступ имеет длину 1,5 *см*. Сначала закладывалась пластинная пробка, а за ней пробивалась прокладка инж. Тенова. Результаты отжатия показаны на черт. 132, деформации же — на черт. 133. Результаты на выдергивание получались несколько ниже, чем без прокладок, поэтому такие прокладки рационально применять там,

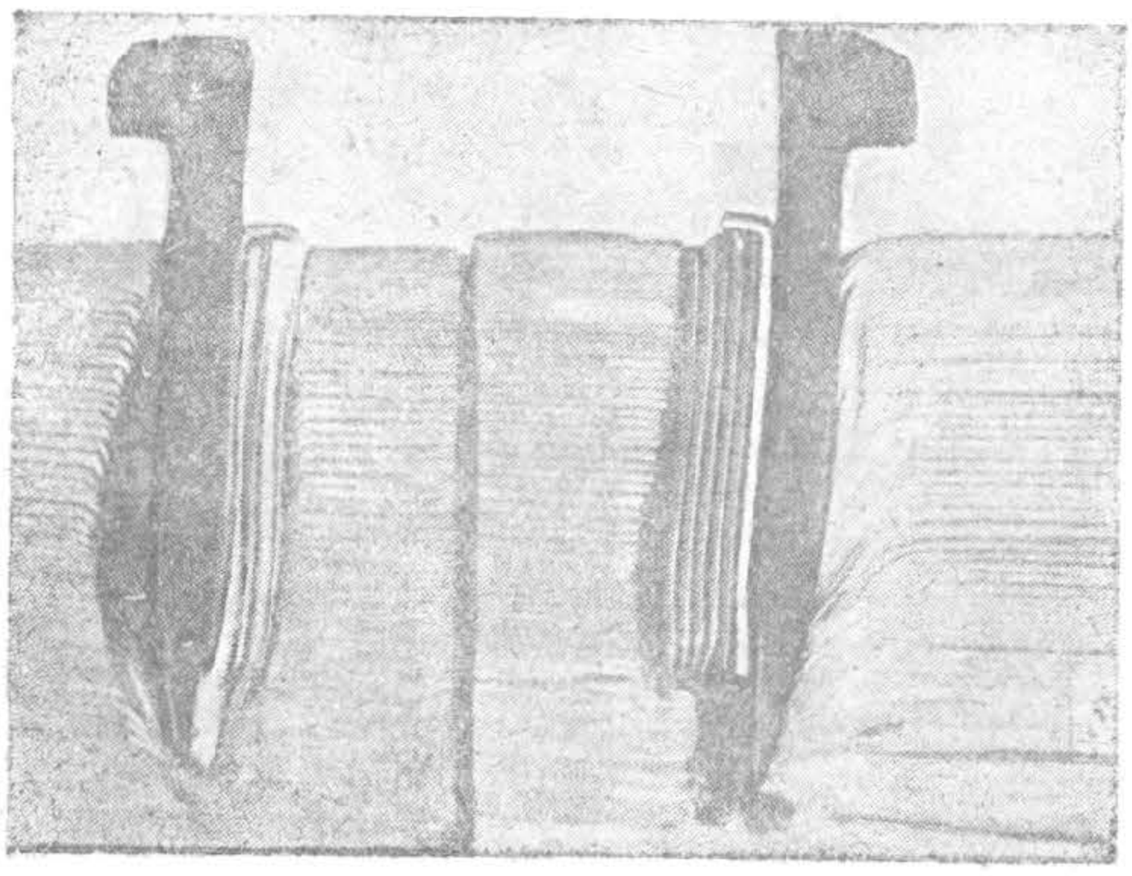
НТБ ДНУЖКТ

где надо повысить сопротивление на отжатие и где выдергивающие усилия сравнительно меньше, чем обыкновенно в пути. Таким местом являются стрелочные переводы и в частности контрельсы, для каковых инж. Теновым и предложены его прокладки.

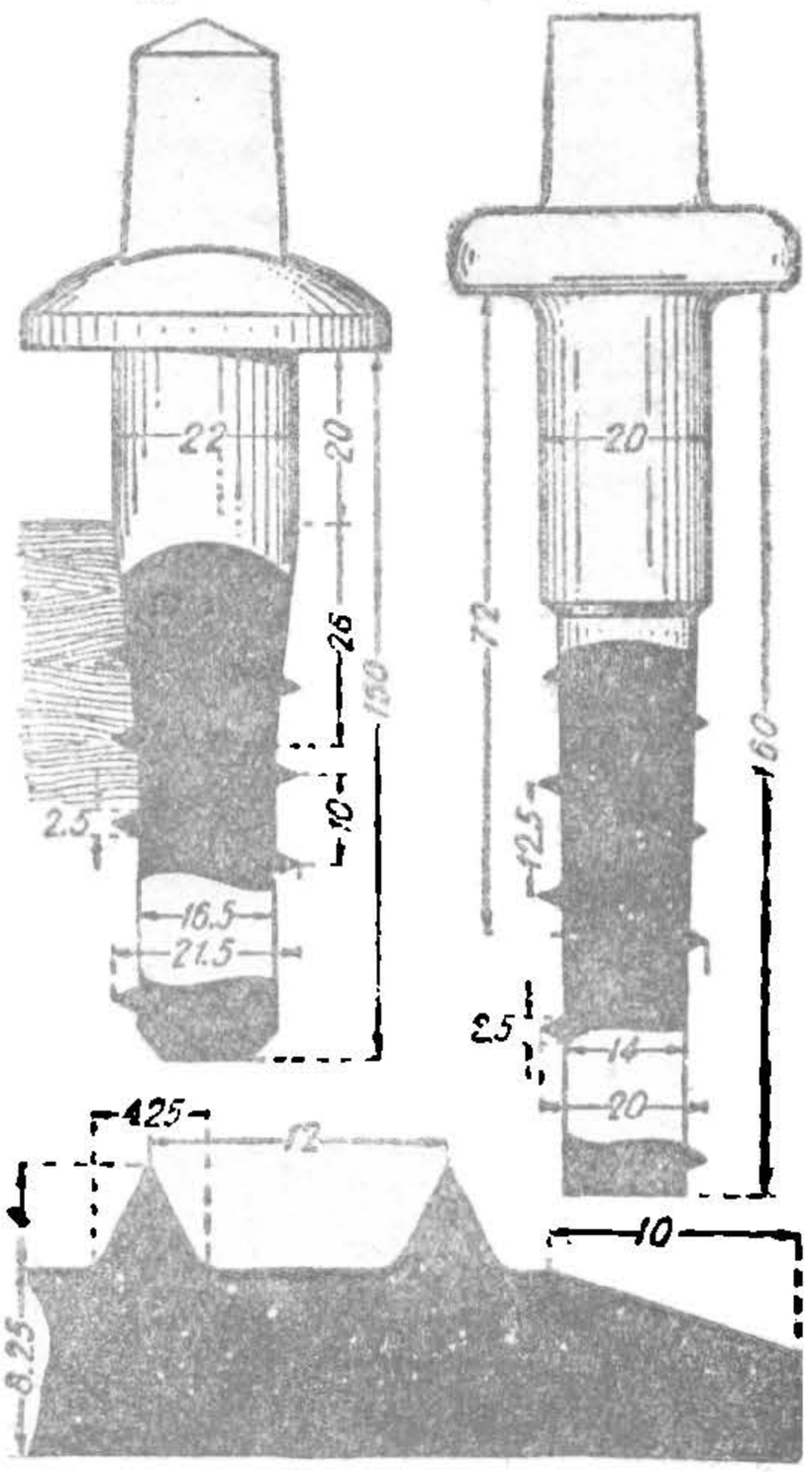
Шурупы

Впервые шурупы появились во Франции в 60-х годах. Горизонтальные силы, появляющиеся при движении поездов и передающиеся рельсовым головкам от колес подвижного состава, стремятся опрокинуть рельс в наружную сторону, поднимая внутренний край подошвы рельса и выдергивая костыли, забитые с внутренней стороны колеи.

Желая увеличить сопротивляемость рельса опрокидыванию и установить более прочное соединение подошвы рельса со шпалой, некоторые дороги стали



Черт. 133.



Черт. 134.

вместо костылей употреблять шурупы, которые благодаря своей винтовой нарезке способны оказывать большее сопротивление выдергиванию, чем костыли.

Согласно опытным данным сопротивление шурупов выдергиванию при новых шпалах может быть принято для сосновых шпал до 3 200 *кг*, дубовых — 6 000 *кг*, буковых — 7 300 *кг*.

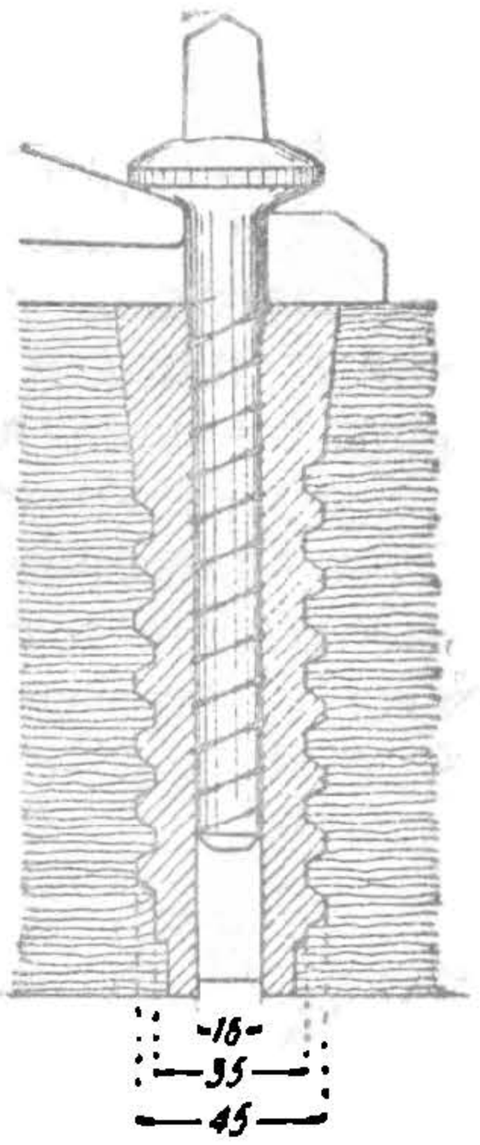
Способность шурупа сопротивляться выдергиванию зависит главным образом от трех факторов: от длины шурупа, от формы винтовой нарезки и от плотности соединения шурупа с деревом, т. е. от того, сколь сильно спрессовано дерево во всех местах своего соприкосновения с шурупом без нарушения древесины. На черт. 134 показаны шурупы французских и германских железных дорог и нарезка шурупов голландских жел. дорог.

Если сравним работу шурупа с работой костыля, то увидим, что шуруп несомненно лучше сопротивляется выдергивающим усилиям, но зато, обладая острыми гранями винтовой нарезки, хуже сопротивляется действию горизонтальных сил; острые грани на-

РГБ ДНУЖТ

резки под действием горизонтальных давлений врезаются в тело шпалы и способствуют измочаливанию в стенах гнезда шурупа. Для предохранения от такого измочаливания за границей иногда применяются различного рода ввертыши, которые вставляются между шурупом и шпалой (черт. 135).

На черт. 135 показан винтовой дюбель Колле из букового дерева, примененный во Франции.



Черт. 135.

В заключение нужно отметить, что среди специалистов за границей имеются определенные сторонники шурупа, так же как и костылей. Некоторые дороги применяют исключительно шурупы, некоторые — костыли.

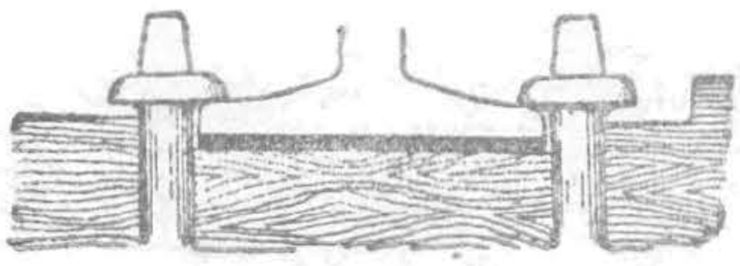
Казалось бы возможным применить и те и другие одновременно, имея в виду, что шурупы лучше сопротивляются выдергиванию, а костыли — горизонтальным сдвигающим силам, и помещать шурупы с внутренней стороны рельса, а костыли — с наружной.

Подкладки

Для предохранения шпалы от износа ее в месте соприкасания с подошвой рельса, обычно между шпалой и рельсом, укладываются особого рода подкладки.

Материал

Простейшим видом подкладок являются применяемые во Франции подкладки из войлока, из тополя, пропитанного смолой, из пропитанной смолой ткани (черт. 136).



Черт. 136.

Такие подкладки ослабляют действие ударов рельса о шпалу и, абсолютно и плотно заполнив весь промежуток между рельсом и шпалой, предохраняют шпалу от износа и противодействуют угону рельсов. Но такие положительные результаты получаются только в том случае, если подошва рельса плотно подтянута к шпале шурупами, в противном случае, при слабом натяжении шурупов, подкладка изнашивается и выталкивается в сторону.

Наиболее распространенной и обычно употребляемой подкладкой является подкладка металлическая.

Способ изготовления

У нас подкладки должны изготовляться, согласно Т. У. 1924 г., из литой стали. Изготовляются подкладки путем прокатки и путем литья. В последнее время пробуют применять подкладки штампованные, т. е. после прокатки подкладку прессуют и штампуют в горячем состоянии.

Размеры

За границей, а в особенности в Германии, площадь нижней постели подкладок имеет гораздо большие размеры, чем у нас; там

НТБ ДИУЖТ

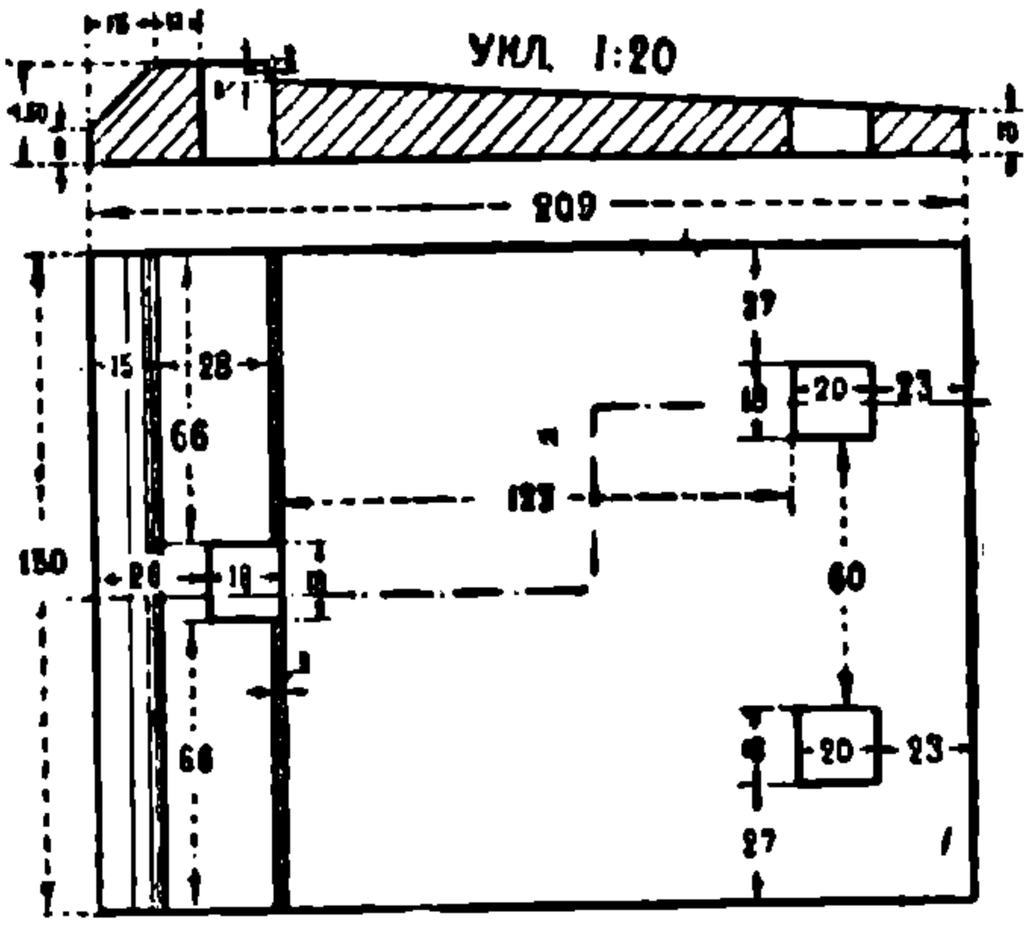
при определении этих размеров часто исходят из величины допускаемого напряжения дерева смятию перпендикулярно к волокнам при статическом действии нагрузки в 20 *кг/см²*, а у нас — из величины в 30 *кг/см²*.

Размеры площади нижней постели подкладок в Германии для тяжелых рельсов колеблются в пределах от 400 до 500 *см²*, а для рельсов, соответствующих нашему рельсу III[а] — в пределах от 300 до 500 *см²*. У нас размеры эти таковы: для рельса I[а] — 313 *см²*, для рельса II[а] — 291 *см²*, а для рельса III[а] — 160 *см²*.

Благодаря указанному обстоятельству величина износа деревянных шпал в месте соприкасания их с подошвой рельса несравненно меньше, а срок службы шпал несравненно больше за границей, чем у нас. Имея это в виду, у нас по плану реконструкции предвидено применение более совершенных и большего размера подкладок, как это видно из помещаемого ниже утвержденного чертежа перекрытия рельсового стыка для рельсов II[а] для реконструкруемых путей.

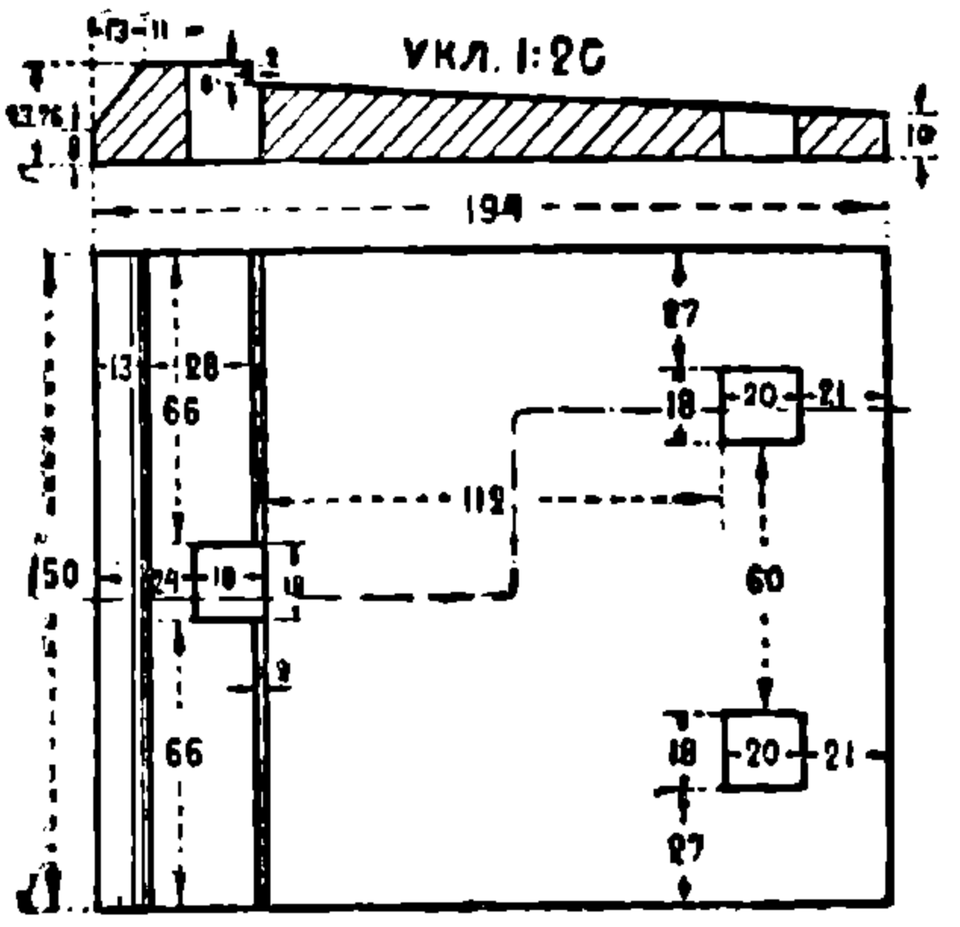
Форма и типы подкладок

Первоначальная форма подкладок — это плоская гладкая пластинка с двумя или тремя отверстиями для костылей или шурупов.



вес = 9,160 ф. = 0,229 п. = 3,751 кгр

Черт. 137.



вес = 8,300 ф. = 0,208 п. = 3,399 кгр.

Черт. 138.

Помимо передачи давления от подошвы рельса на шпалу такая подкладка способствовала распределению бокового давления между всеми костылями (или шурупами): давление, направленное наружу, передавалось не только наружным костылям (шурупам), но и внутренним. Но такая подкладка не предохраняла костылей от непосредственного принятия на себя давления от рельса: так, например при боковом давлении, направляемом наружу, подошва рельса непосредственно надавливала на наружные костыли и врезалась в них, вследствие чего костыли быстро изнашивались. Чтобы избежать этого, стали устраивать подкладки ребордчатые, которые благодаря ребордам сначала воспринимают боковые давления непосредственно на себя, а затем распределяют их равно-

НТБ ДНУЖТ

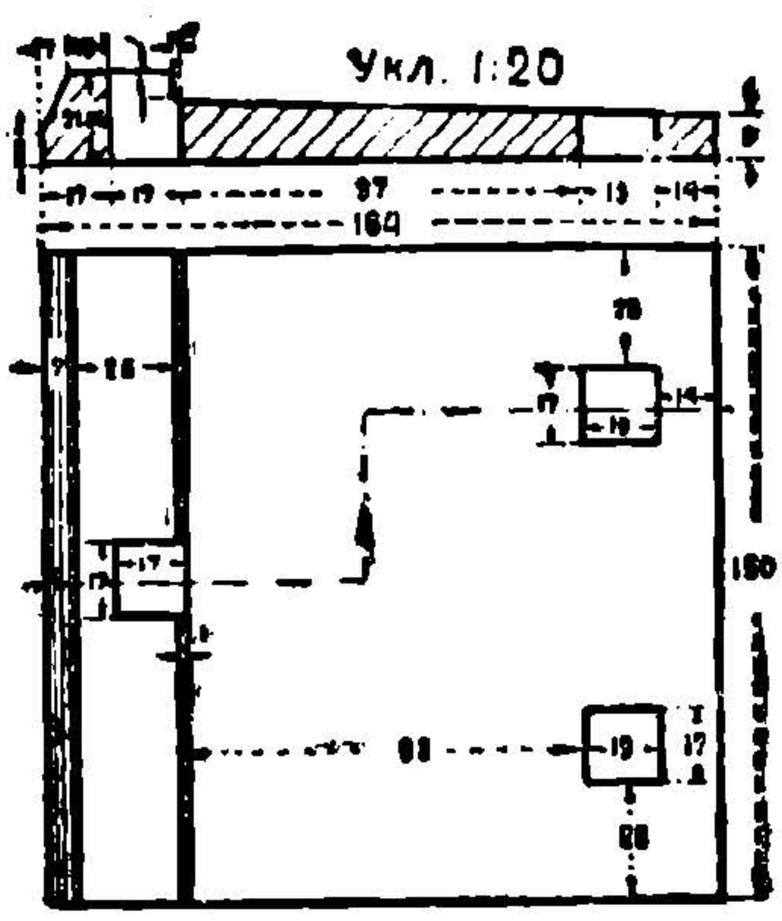
мерно между всеми костылями (или шурупами). Подкладки устраивались с одной ребордой и с двумя.

Имея в виду, что рельсы укладываются с наклоном около $^1/_{20}$ во внутрь пути, при плоских подкладках приходится производить зарубку шпал. Во избежание производства этой зарубки поперечному сечению подкладок стали придавать клинообразную форму соответственно наклону рельса.

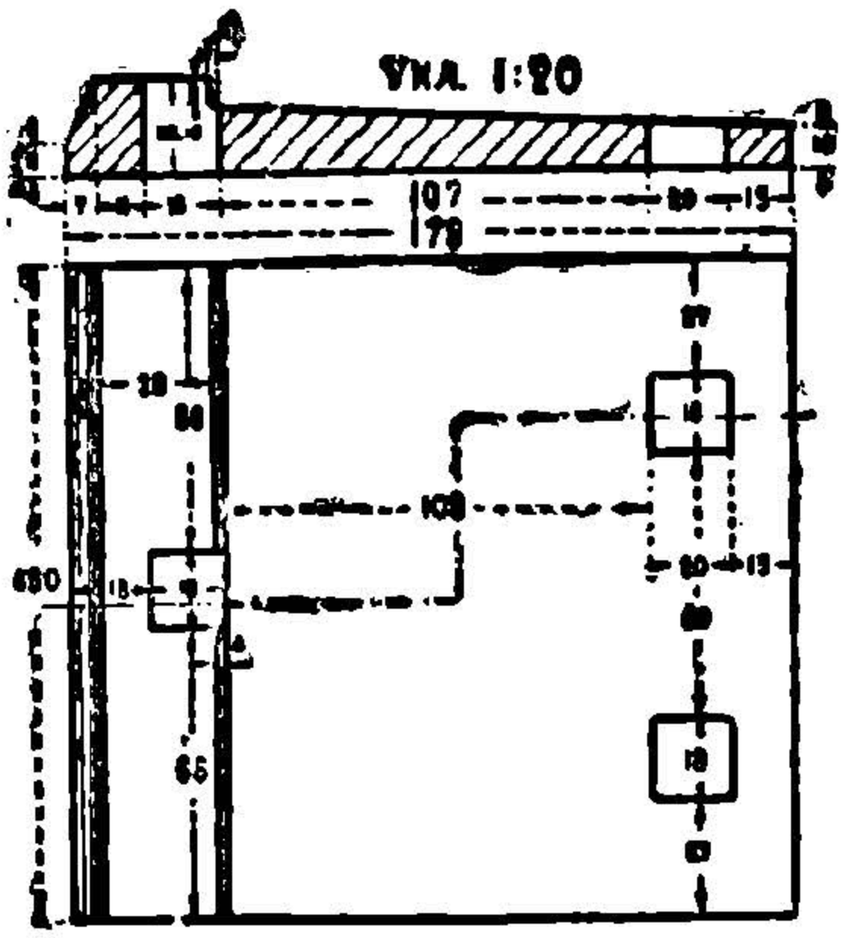
Форма и размеры подкладок для наших рельсов типа I^a, II^a, и IV^a показаны на чертежах 137, 138, 139 и 140.

Лапчатые подкладки

Для более плотного соединения подошвы рельса с подкладкой шурупы, прикрепляющие рельсы к шпале, должны быть возможно больше подтянуты; но для того, чтобы растягивающие напряжения дерева, в которые ввинчены эти шурупы, не превосходили опре-

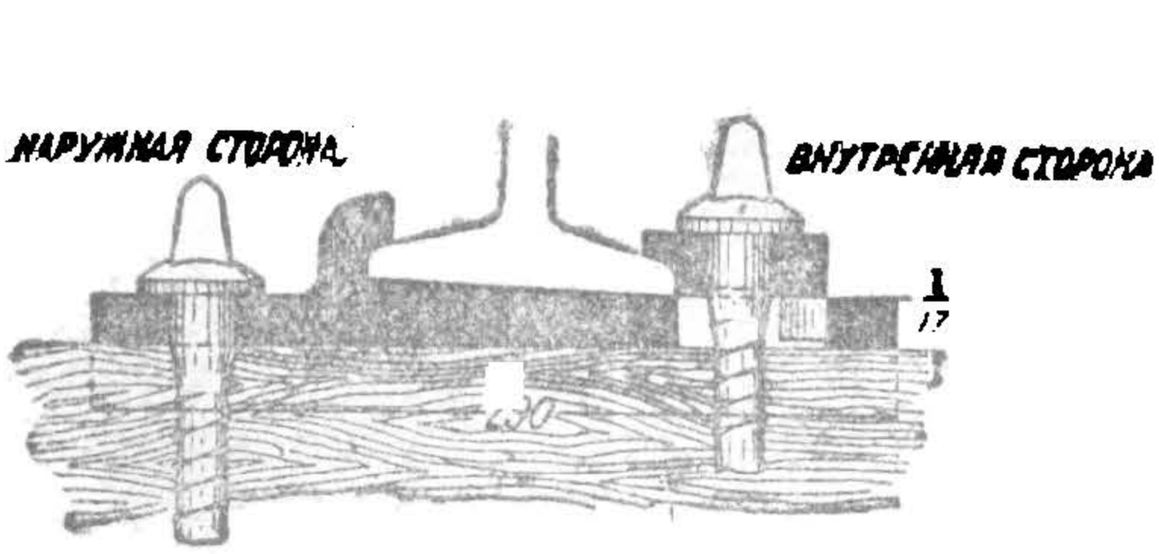


Черт. 139.

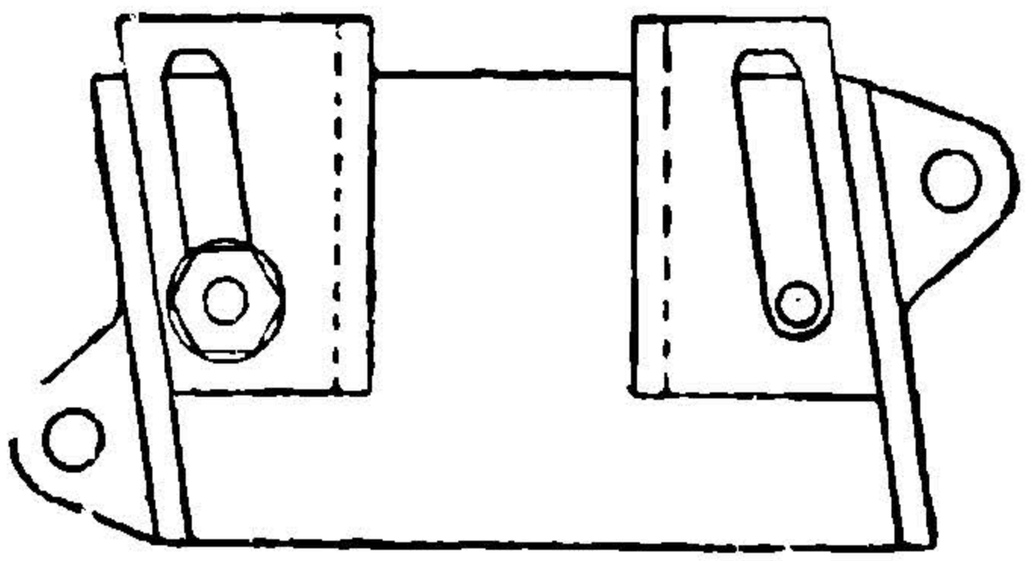


Черт. 140.

деленного предела, натяжения шурупов не должны быть чрезмерными. Таким образом шурупам предъявляются противоречивые требования. Желая смягчить эти противоречия, стали применять особые



Черт. 141.



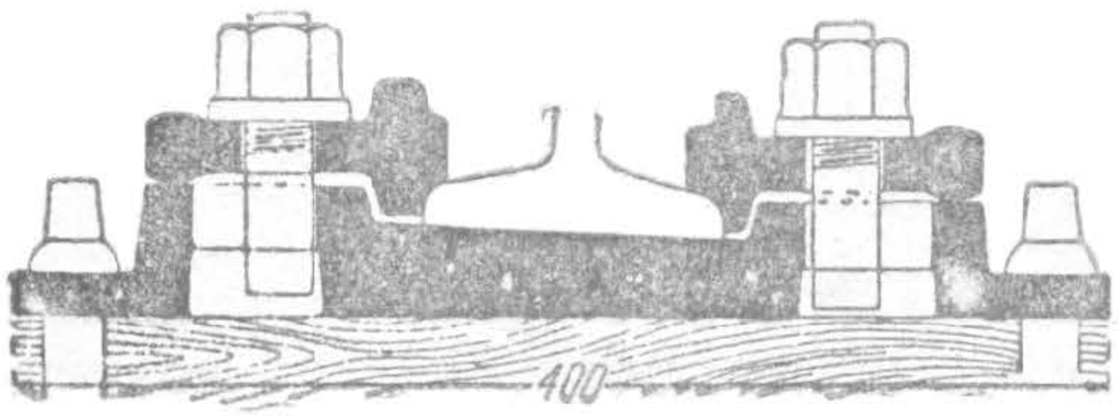
Черт. 142.

лапчатые подкладки, в которых прикрепление подкладки к шпале отчасти отделяется от прикрепления рельса к подкладке. Подкладка к шпале прикрепляется шурупами, а прикрепление рельса к подкладке производится помощью особой лапы. На черт. 141 изображена прусская подкладка с лапой, захватывающей край подошвы рельса с наружной стороны и осуществляющая соединение между

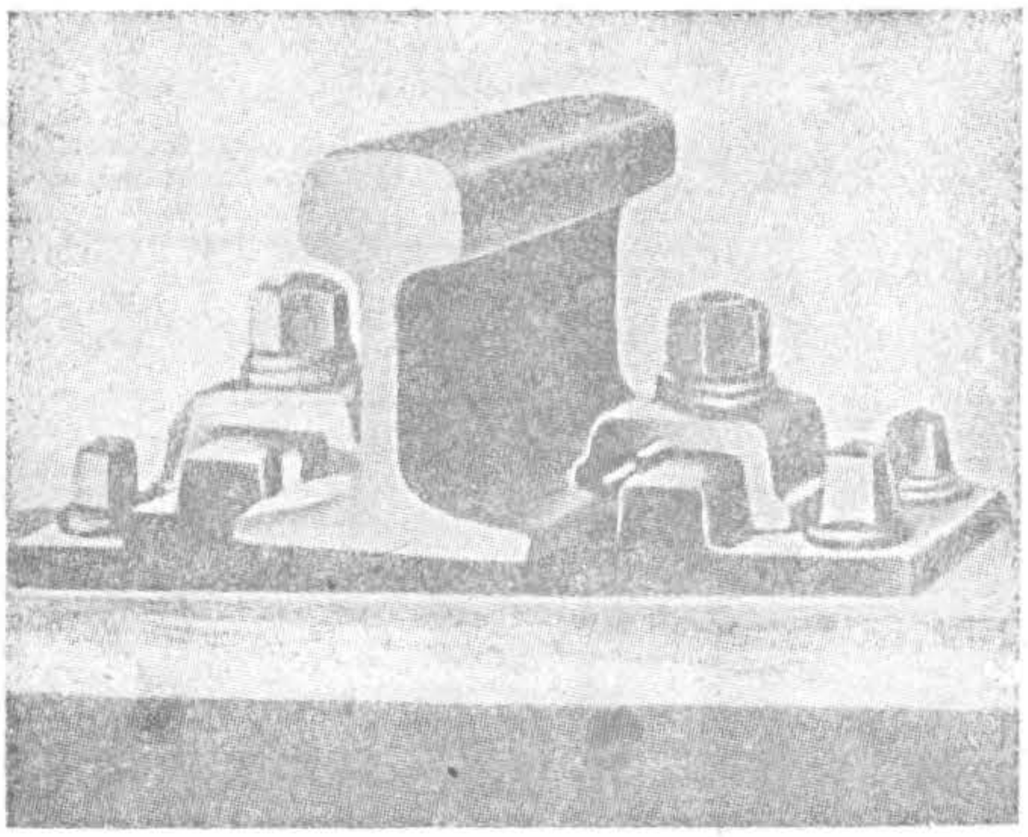
РТБ ДНУЖТ

рельсом и подкладкой. Подкладка с наружной стороны прикрепляется к шпале помощью шурупов. С внутренней стороны рельс прикрепляется к подкладке и шпале общим шурупом, причем между подошвой рельса и головкой шурупа помещается особая зажимная планка, изображенная на черт. 141.

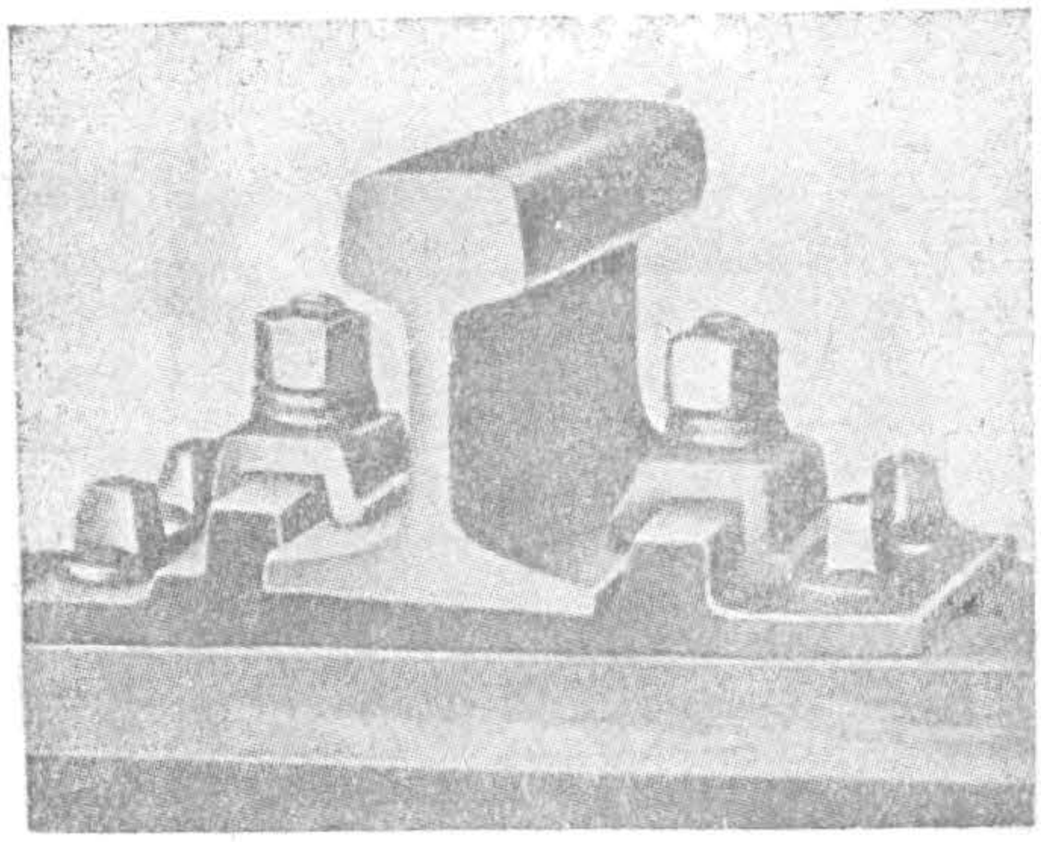
Для регулирования ширины колеи у нас в 1915 г. была предложена подкладка инж. Шульженко, изображенная на черт. 142. Как усматривается из чертежа, вдоль реборд подкладки могут перемещаться клинообразные пластинки; между этими пластинками зажимается подошва рельсов. Передвигая эти пластинки, можно рельс отдалить или приблизить к оси пути, т. е. другими словами, регулировать ширину колеи. Указанные пластинки, а следовательно, и рельс закрепляются в должном положении помощью вертикальных болтов.



Черт. 143.



Черт. 144.



Черт. 145.

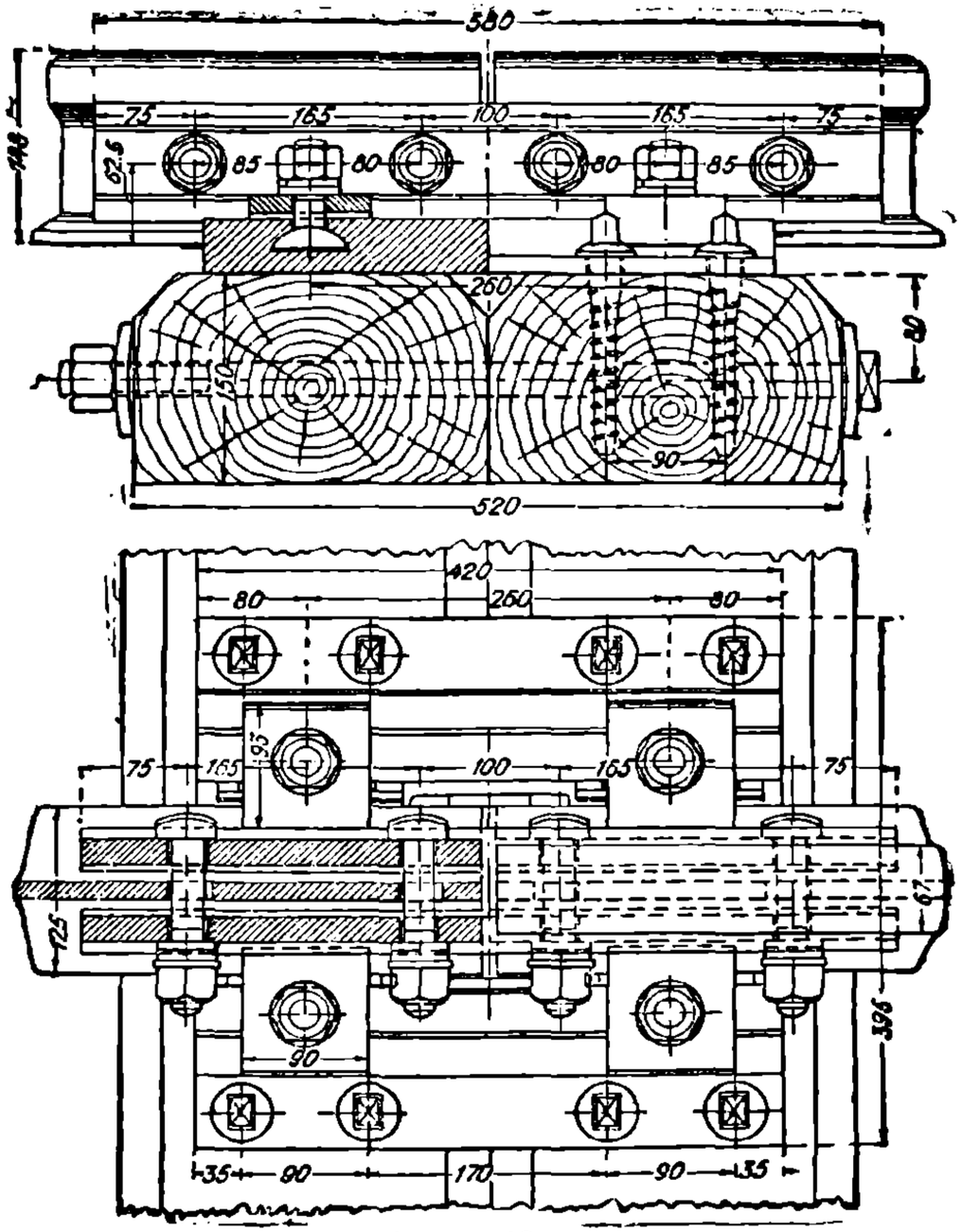
На черт. 143 изображена подкладка, в которой проведена идея разделения прикрепления рельса к подкладке от прикрепления подкладки к шпале. При таком раздельном прикреплении смена рельса может быть произведена без снятия подкладки и, следовательно, без вытаскивания шурупов и не тревожа верхнюю поверхность шпал под подкладкой. Идея раздельного прикрепления достойна самого серьезного внимания.

Зажимные планки, изображенные на приведенном черт. 143, позволяют, кроме того, регулировать ширину колеи.

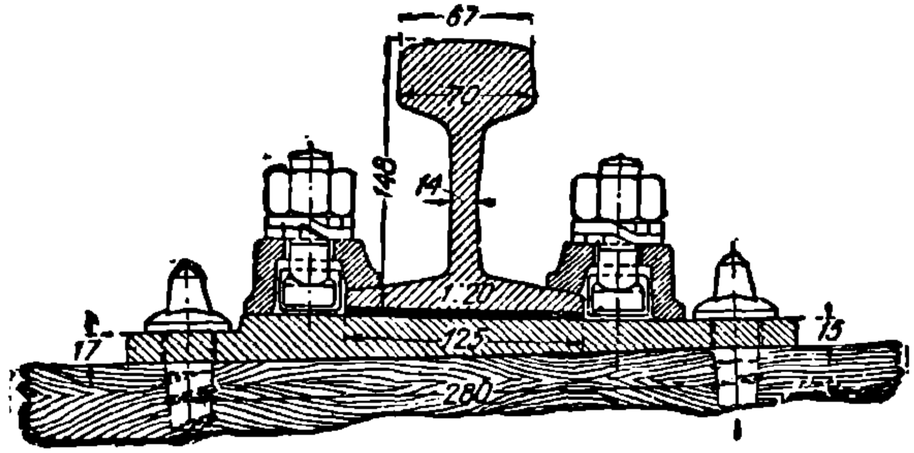
В последнее время на германских железных дорогах, уложенных рельсами весом в 49 *кг/м*, вводится новый тип верхнего строения под маркой К. При этом употребляются подкладки, изображенные на чертежах 144, 145, 146, 147, 148, 149 и 150.

В Америке в настоящее время имеют распространение подкладки с 4 костыльными отверстиями, с выпуклой верхней

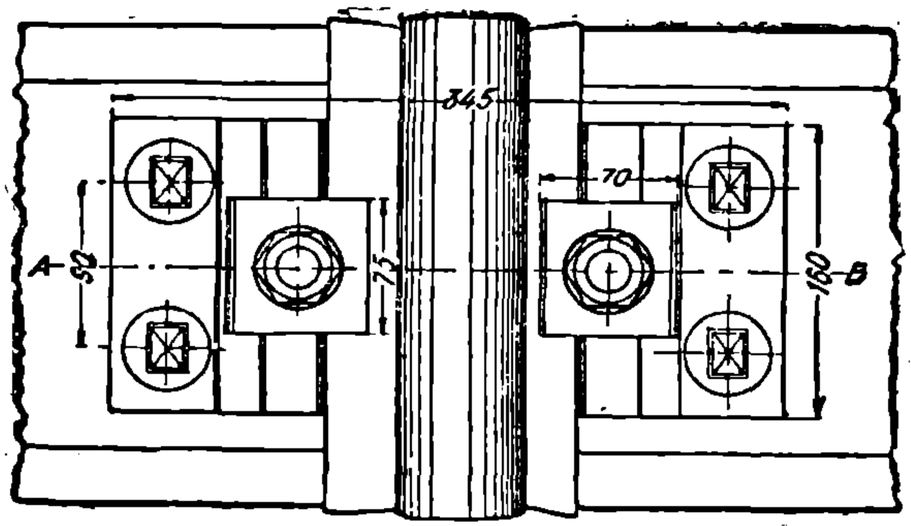
НТБ ДИИЖТ



Черт. 146.



Черт. 147.

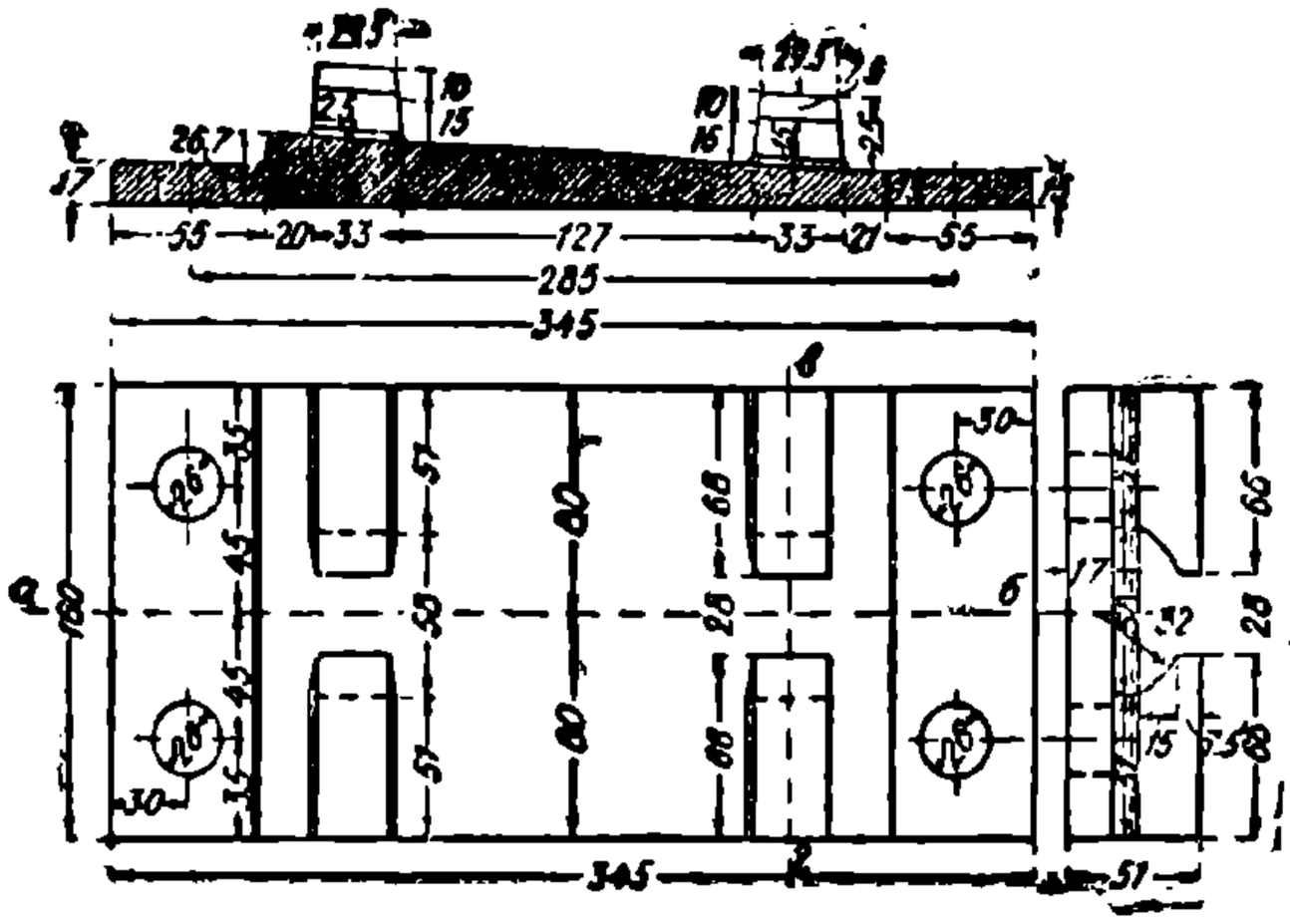


Черт. 148.

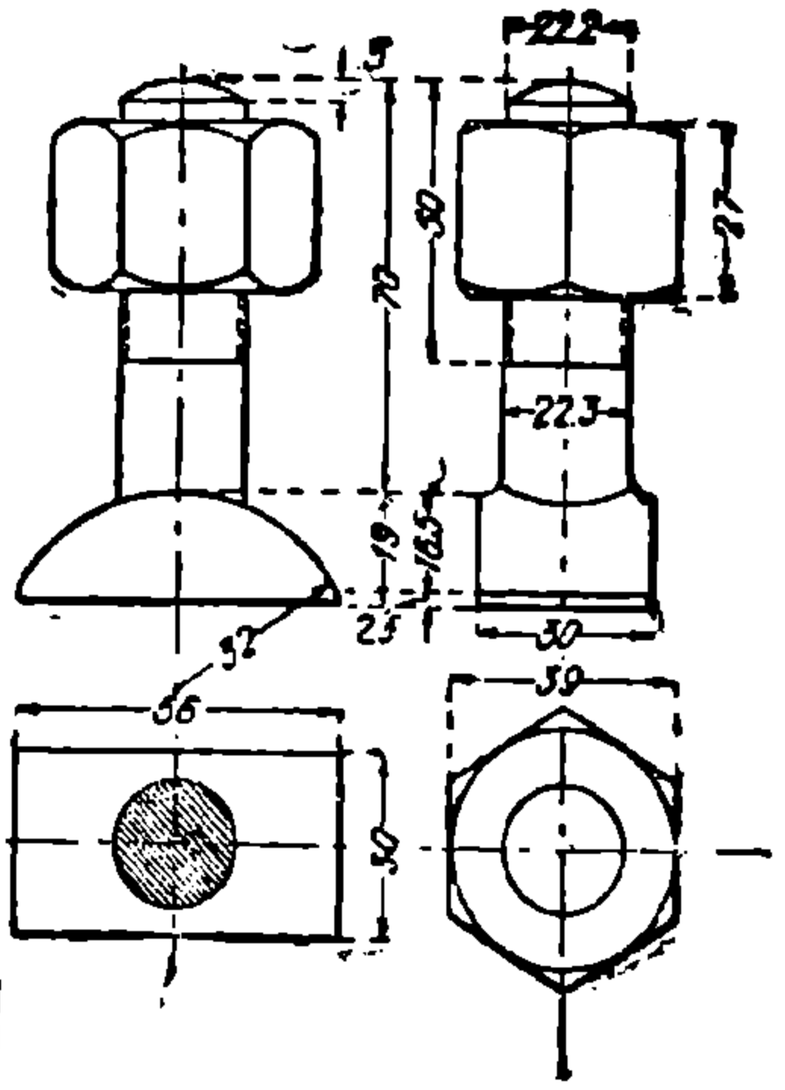
НТБ
ДНУЖТ

и рифленой нижней поверхностью. Примером американской подкладки может служить показанная на черт. 151.

Принятая у нас для стандартного типа скреплений к рельсам II[а] подкладка американского типа с 4 отверстиями для костылей,



Черт. 149.

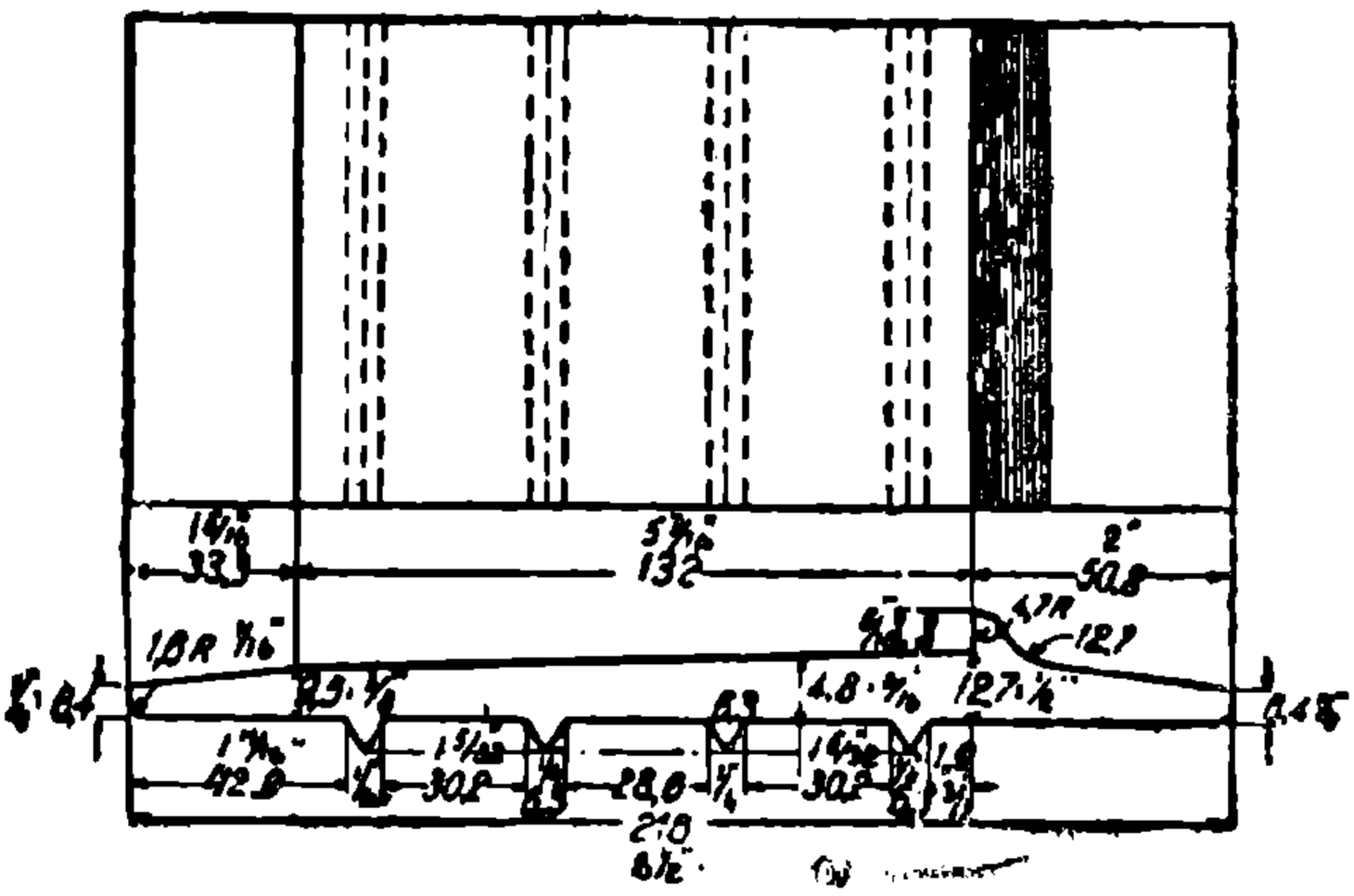


Черт. 150.

с выпуклой верхней и рифленой нижней поверхностью, показана на черт. 165 и 169 (см. стр. 151).

Прикрепление к опорам двухголового рельса

Как указывалось выше, двухголовый рельс прикрепляется к шпале помощью особых **подушек-стульев** из литого железа. Основная форма этого стула, изображенная на черт. 152, сохранилась с основания железных дорог до настоящего времени.

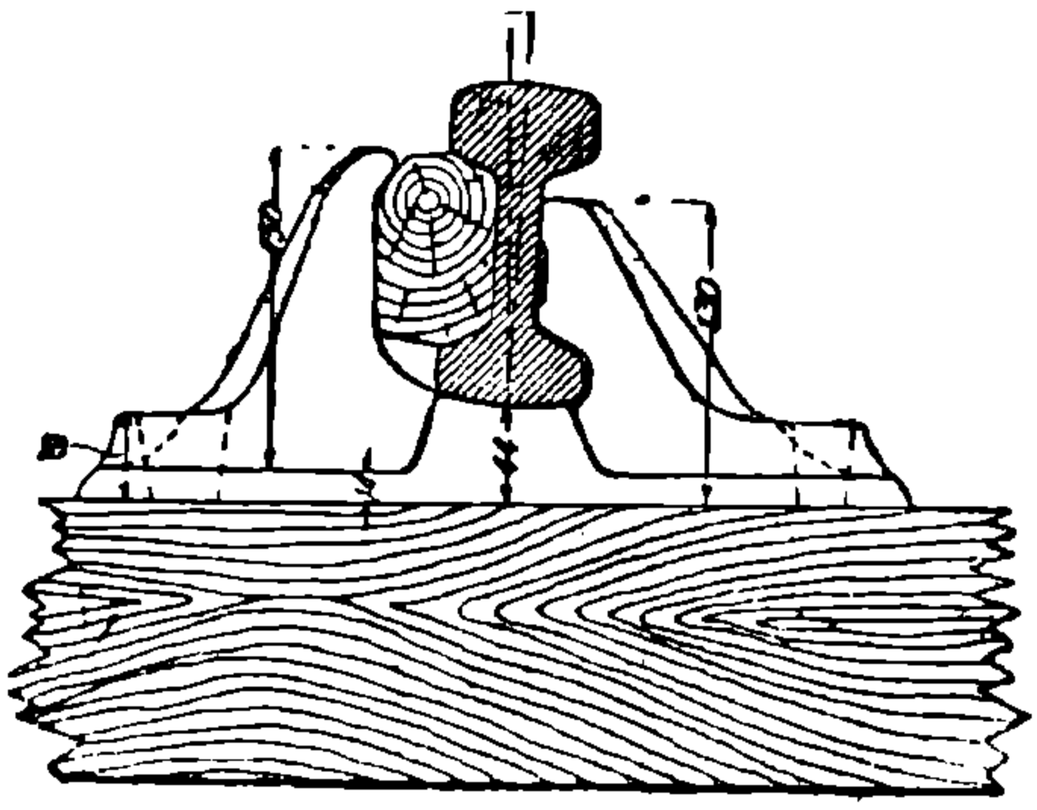


Черт. 151.

Как усматривается из чертежа, стул обладает высокими боковыми опорами, между которыми рельс плотно заклинивается помощью особого деревянного клина из сухого твердого дерева, пропитанного льняным маслом и располагаемого с наружной стороны рельса. Часто клину придается призматическая форма. Вообще, форме клина и внутренней части стула придается такая форма, чтобы рельс имел требуемый наклон. Напитываясь влагой из окру-

ГПБ ДНУЖТ

жающего воздуха, клин разбухает, и прочность соединения увеличивается. В виду этого в приморских странах, изобилующих влагой, как например в Англии, соединение рельса с подушкой отличается большой прочностью, хотя вследствие износа клина, рельса и опорных поверхностей стула подтягивание клина требует периодического его исправления и даже полной смены клина.



Черт. 152.

Вес английского стула достигает иногда 25 *кг*.

В последнее время в Англии сделано предложение заменить деревянный клин особым металлическим клином из стального листа, изогнутого в виде восьмерки; при вкладывании этого листа в стул между краями листа забивается особый клин.

Пока в Англии имеет широкое распространение деревянный клин из ост-индского тикового дерева, отличающегося исключительной прочностью.

5. Стыки рельсов

а) Общие сведения о стыках

Два следующие один за другим рельса укладываются не впритык, а на некотором друг от друга расстоянии, называемом зазором.

Величина необходимого зазора между концами двух рельсов может быть вычислена, исходя из расчета наибольшей величины, на которую рельс может удлиняться в зависимости от изменения температуры, а именно, если коэфициент α расширения стали принять равным $\alpha = 0{,}0000118$, $t°$ = температуре рельса, при которой величина зазора должна равняться 0 (эту температуру для Европейской части СССР и для Сибири можно принять 50°; вообще наибольшие температуры берутся по специальной карте, составленной для различных районов), t_1 = температуре рельса по Цельсию во время производства работ по установке и измерению зазоров, l = длине рельса, то получим удлинение:

$$\Delta l = 0{,}0000118 \cdot l\,(t_0 - t_1).$$

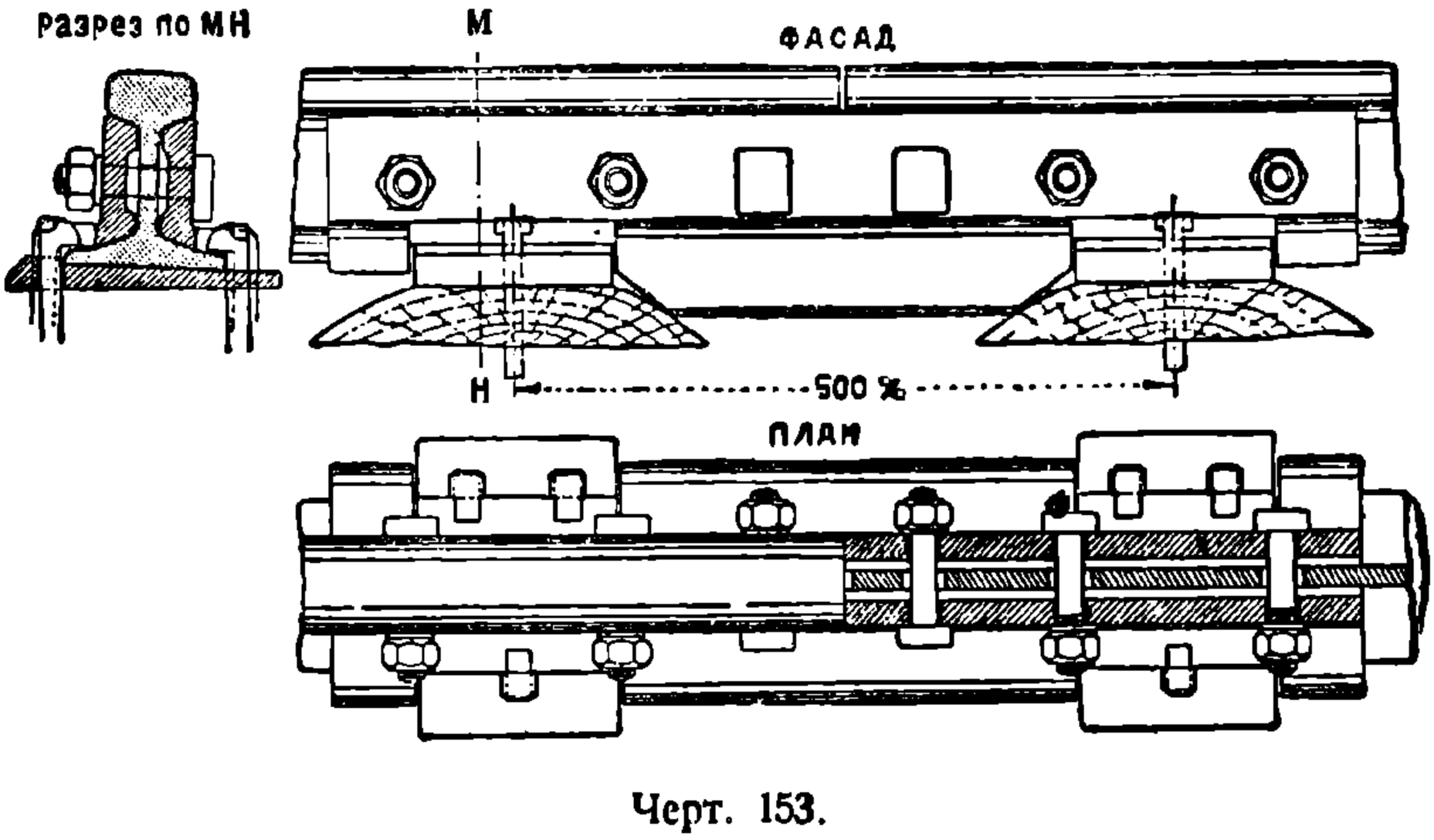
В приведенном примере мы исходим из максимальной разницы температур наружного воздуха, как это обычно и делается, полагая, что температуры рельса и воздуха одинаковы. В действительности же температура рельса отличается от температуры воздуха: опыты на одной из дорог показали, что летом, в жаркое время, температура рельса была выше на 12° температуры воздуха. Эта цифра, конечно, будет различна для различных местностей. Имея это в виду, при вычислении величин зазоров было бы правильным учитывать и указанное обстоятельство.

Вследствие наличия указанных зазоров рельсовый путь не представляет собой непрерывной стальной ленты, а является соеди-

НТБ ДНУЖТ

нением отдельных металлических балок — рельсов ограниченной длины, т. е. является как бы балкой, разрезанной во многих местах через определенные промежутки ограниченной длины.

В этих местах, именуемых стыками, концы рельсов прочно соединяются между собой помощью особых стыковых накладок, перекрывающих этот стык. Конструкция стыковых перекрытий бывает самая разнообразная как по своей системе, так и по мощности. Но как бы остроумна, солидна и мощна ни была эта конструкция, в стыках рельс является ослабленным. Прогибы рельса в вертикальной плоскости от действия сил вертикальных, боковые отклонения под действием горизонтальных ударов, скручивание и другие сложные деформации рельса при проходе подвижного состава, разумеется, более значительны в стыках, где целость рельса нару-



Черт. 153.

шена. Одним из докладчиков на международном конгрессе в 1910 г., — Блумом—рельсовые стыки были охарактеризованы, как наши величайшие враги.

Стык, действительно, является слабым, больным местом рельсового пути, и на конструкцию перекрытия стыков должно быть обращено самое серьезное внимание.

Если невозможно иметь целого рельса неограниченной длины, то во всяком случае нужно стремиться к тому, чтобы рельсовая колея была непрерывна и чтобы понижения рельса у стыка по возможности равнялись понижениям его в других точках.

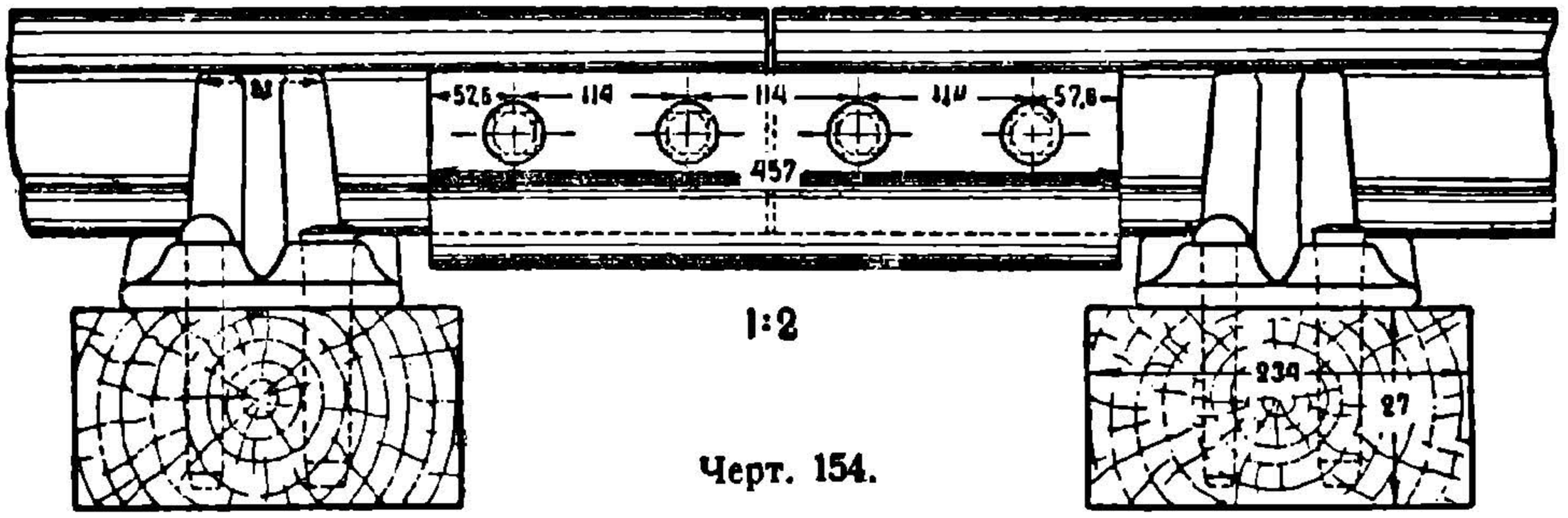
Остановимся на рассмотрении различных систем и способов перекрытия рельсовых стыков и на оценке их с точки зрения достижения ими указанных выше целей.

Одним из старейших способов соединения концов рельсов в стыке было перекрытие этого стыка помощью двух коротких железных полос, свинченных с рельсовой шейкой.

Такое соединение совершенно не отвечало своему назначению. Оно могло лишь препятствовать боковому отклонению концов рельсов, но, разумеется, не в состоянии было обеспечить правильного взаимного положения концов рельсов по высоте и потому было вскоре оставлено и заменено получившим широкое распро-

НТБ ДНУЖТ

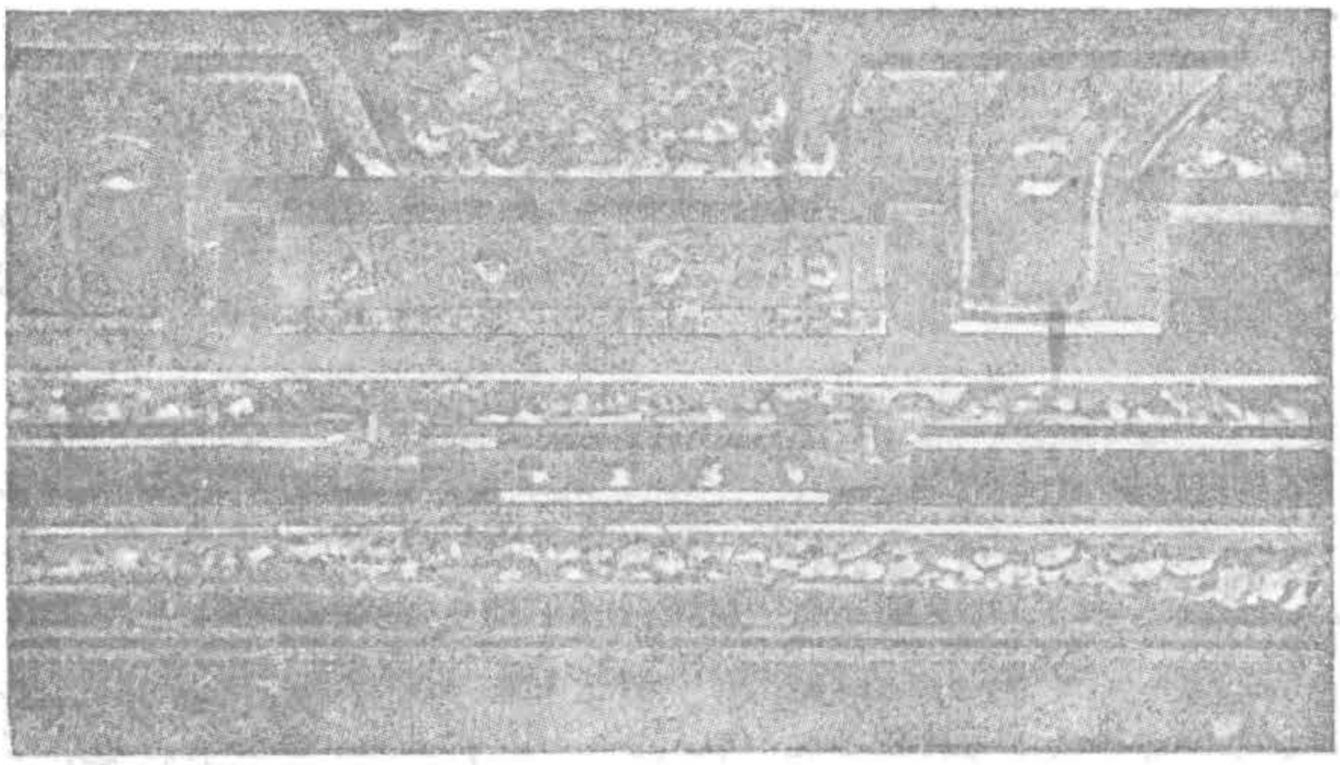
странение способом перекрытия стыка распирающими накладками, т е. такими, которые, как клинья, плотно загонялись между головкой и подошвой виньолевского рельса или между двумя головками двухголового рельса, опираясь своими наклонными опорными поверхностями в наклоненные под тем же углом нижнюю поверхность головки рельса и верхнюю поверхность подошвы (черт. 153) рельса широкоподошвенного или в наклонные поверхности головок двухголового рельса (черт. 154, 155 и 156). Такое соединение давало возможность сохранить правильное положение концов рельсов по высоте и передать от одного конца рельса другому как вертикальные, так и горизонтальные силы. По-



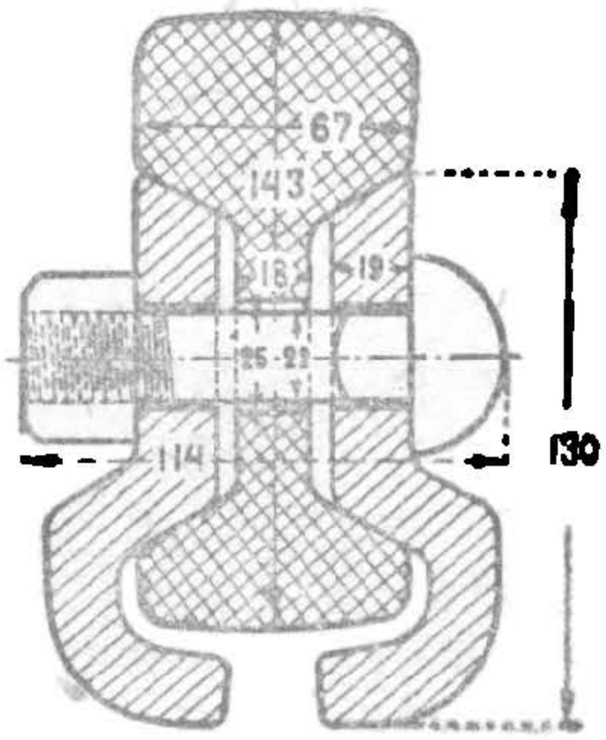
1:2

Черт. 154.

этому, положенная в основу этого способа соединения идея перекрытия стыка распирающими накладками легла в основу различных, получивших широкое распространение и применяемых в настоящее время конструкций перекрытия стыков.



Черт. 155.



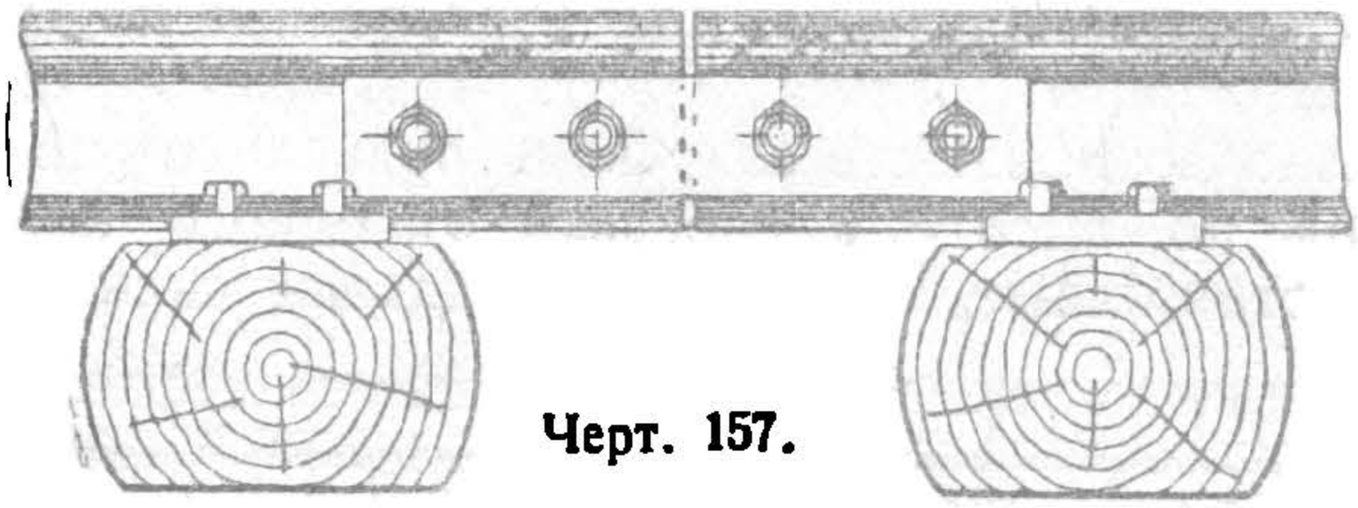
Черт. 156.

С течением времени конструкции видоизменялись, совершенствовались, становились более мощными, но основная идея перекрытия стыков распирающими накладками осталась та же. В последнее время появились и новые идеи перекрытия стыков, о чем будет сказано ниже. Материалом для накладок, согласно нашим техническим условиям 1924 г., должна быть литая сталь; за границей бывает литое железо или литая сталь.

Что касается места расположения стыка по отношению к опорам — шпалам, то старейшим способом расположения стыка было помещение его на самой опоре.

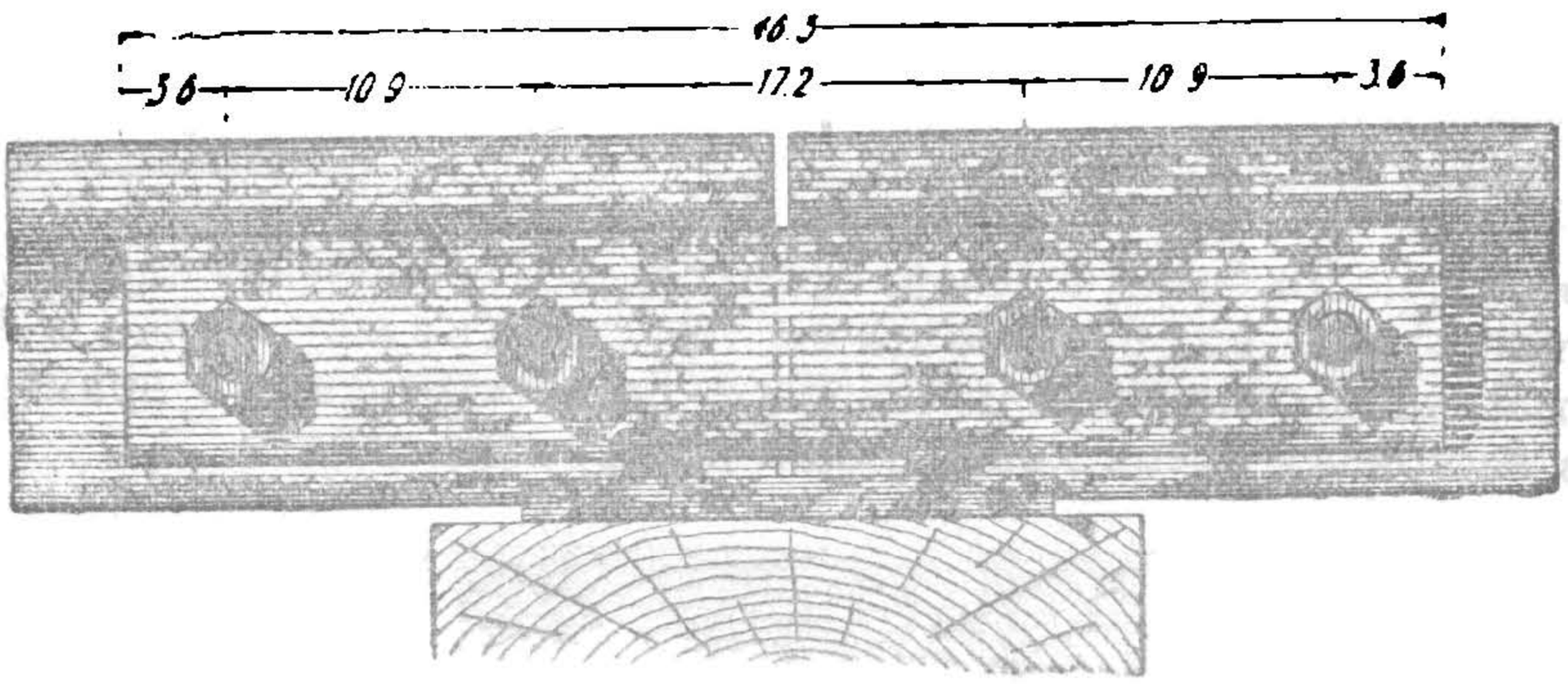
НТБ ДНУЖТ

Некоторое время после открытия первых железных доро концы рельсов в стыках не соединялись никакими накладками, а только укреплялись на опоре; рельсы виньолевские — на общей подкладке, а рельсы двухголовые — помощью осевой подушки. Перекрытие стыков накладками впервые появилось в 50-х годах.



Черт. 157.

Чтобы не делать для двухголовых рельсов особых стыковых подушек, в которых (черт. 155 и 156) можно было бы поместить накладки, стали устраивать стык двухголового рельса не на опоре—шпале, а между опорами, так называемый стык на-весу. Достоинства этого стыка и его преимущества по сравнению со стыками на шпале заставили перейти к стыку на-весу и при укладке рельсов широкоподошвенных.



Черт. 158.

Как увидим ниже, при дальнейшем развитии конструкций рельсовых стыков появились и другие способы расположения стыков на опоре, т. е. такое расположение, которое не является ни стыком „на-весу“ в чистом его виде, ни стыком „подпертым“ или на шпале. Это будут, так сказать, промежуточные способы. Основными же, или, вернее, характерными способами, которые легли в основу получивших распространение и применяемых в настоящее время, являются два: стык на-весу и стык на шпале (черт. 157 и 158).

б) Перекрытие стыков

Рассмотрим теперь различные типы рельсовых стыков от старейших до применяемых в настоящее время.

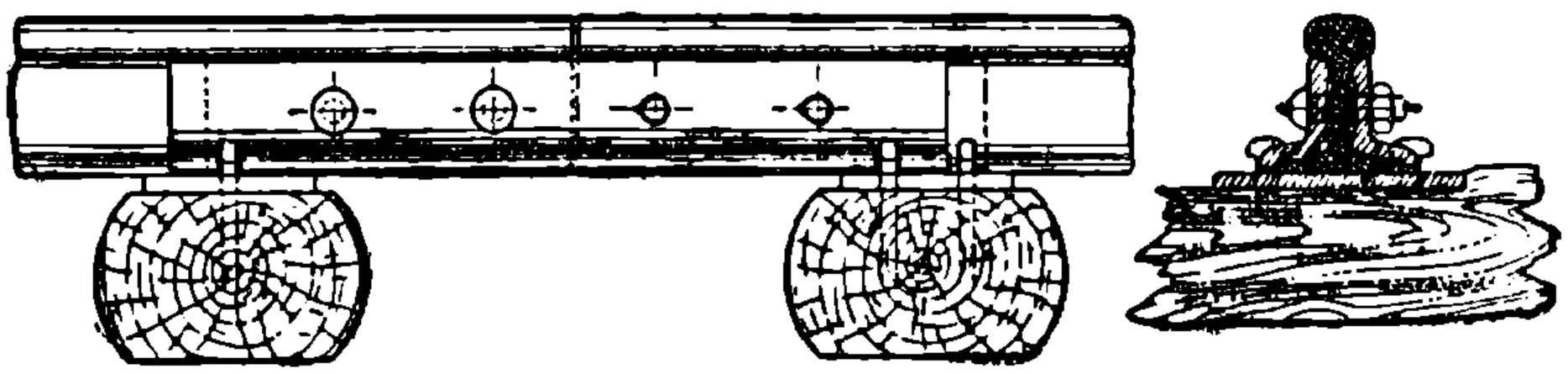
Накладки

Начнем со способа перекрытия стыков. Нерациональность самых первых накладок—нераспирающих—обнаружилась весьма быстро, и таковые распространения не получили, и поэтому говорить о них не будем, а начнем с накладок распирающих.

НТБ ДНУЖТ

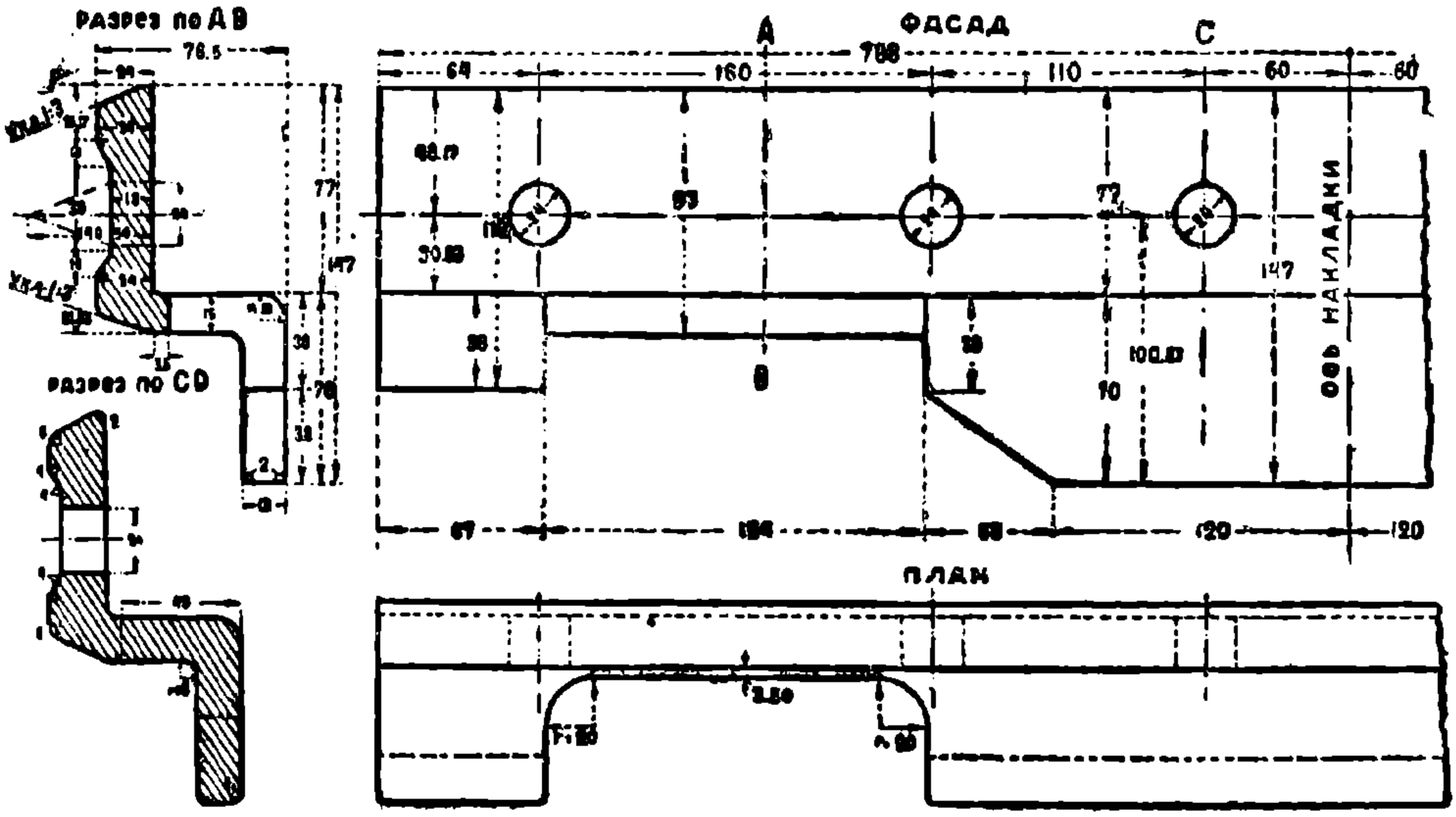
Перекрытие стыка виньолевского рельса

1. **Плоские накладки.** Как указано было выше, в 50-х годах стыковые накладки делались плоскими. Форма таких накладок была различна, но все они ограничивались сверху и снизу наклонными поверхностями, которые упирались в нижнюю грань головки и верхнюю грань подошвы рельса. Эти наклонные опорные поверхности



Черт. 159.

накладок, естественно, имели такой же уклон, как и уклон соответственных опорных поверхностей головки и подошвы рельса. Какими соображениями руководствовались при назначении этого наклона, было сказано выше (см. стр. 122).



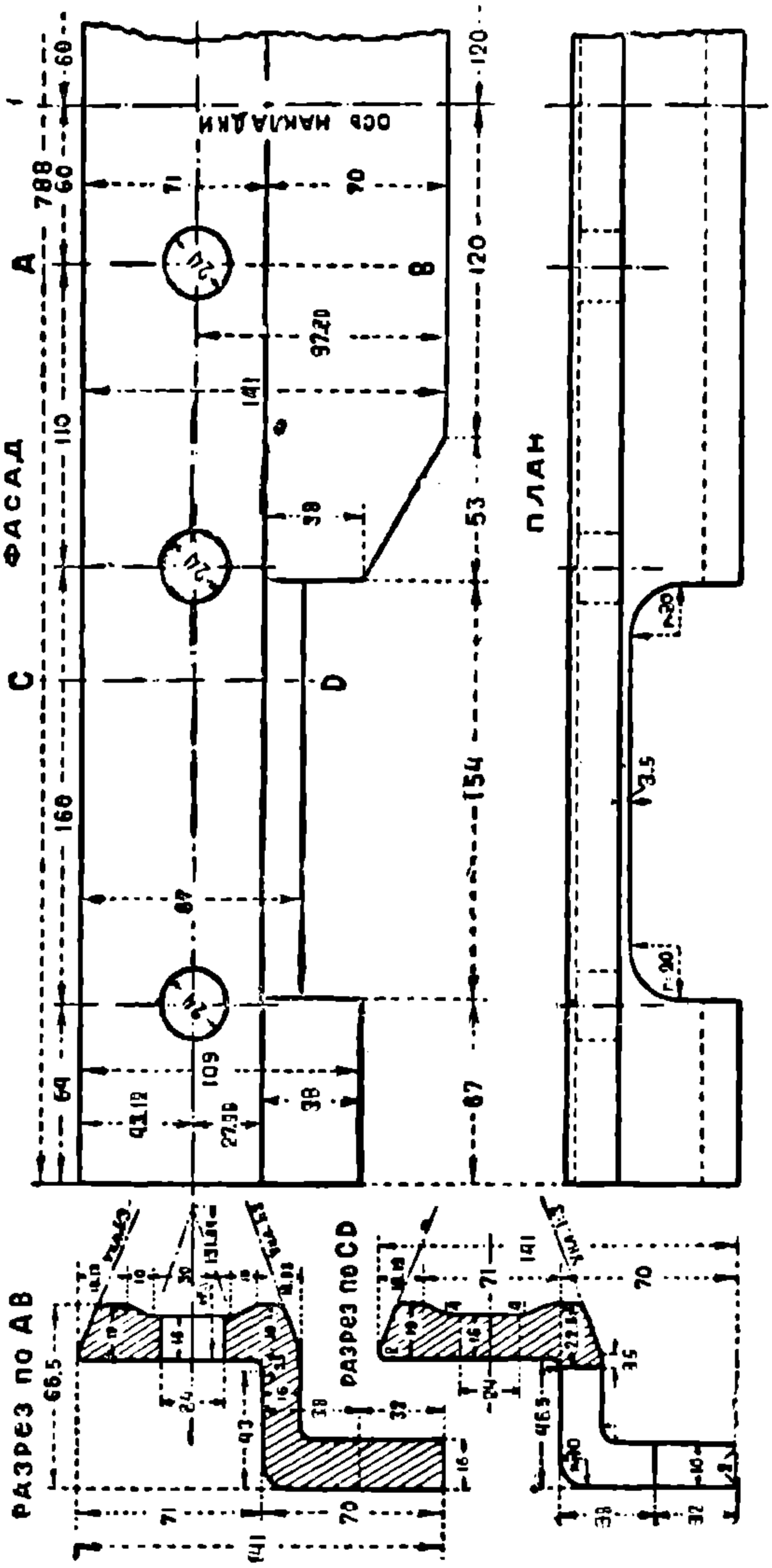
Черт. 160 и 161.

Накладки, перекрывающие стык, стягиваются болтами, как это показано на черт. 159. Число болтов, зависящее от длины накладок, равняется при коротких накладках обычно 4, при длинных 6. Что касается длины накладок, то первоначально длина эта ограничивалась расстоянием между стыковыми шпалами; впоследствии же накладки делались все длиннее и длиннее, и концы их стали опираться на стыковые шпалы.

Чем сильнее подтянуты болты, тем плотнее зажата накладка между головой и подошвой рельса.

ГТБ ДНУЖТ

Существуют и другие формы плоских накладок. Но какой бы формы мы их ни делали, все плоские накладки, как таковые, отличаются одним существенным недостатком — недостаточной жесткостью в горизонтальном направлении: если они обладают сравнительно достаточной способностью сопротивляться действующим на рельс силам вертикальным, то способность их сопротивляться силам



Черт. 162.

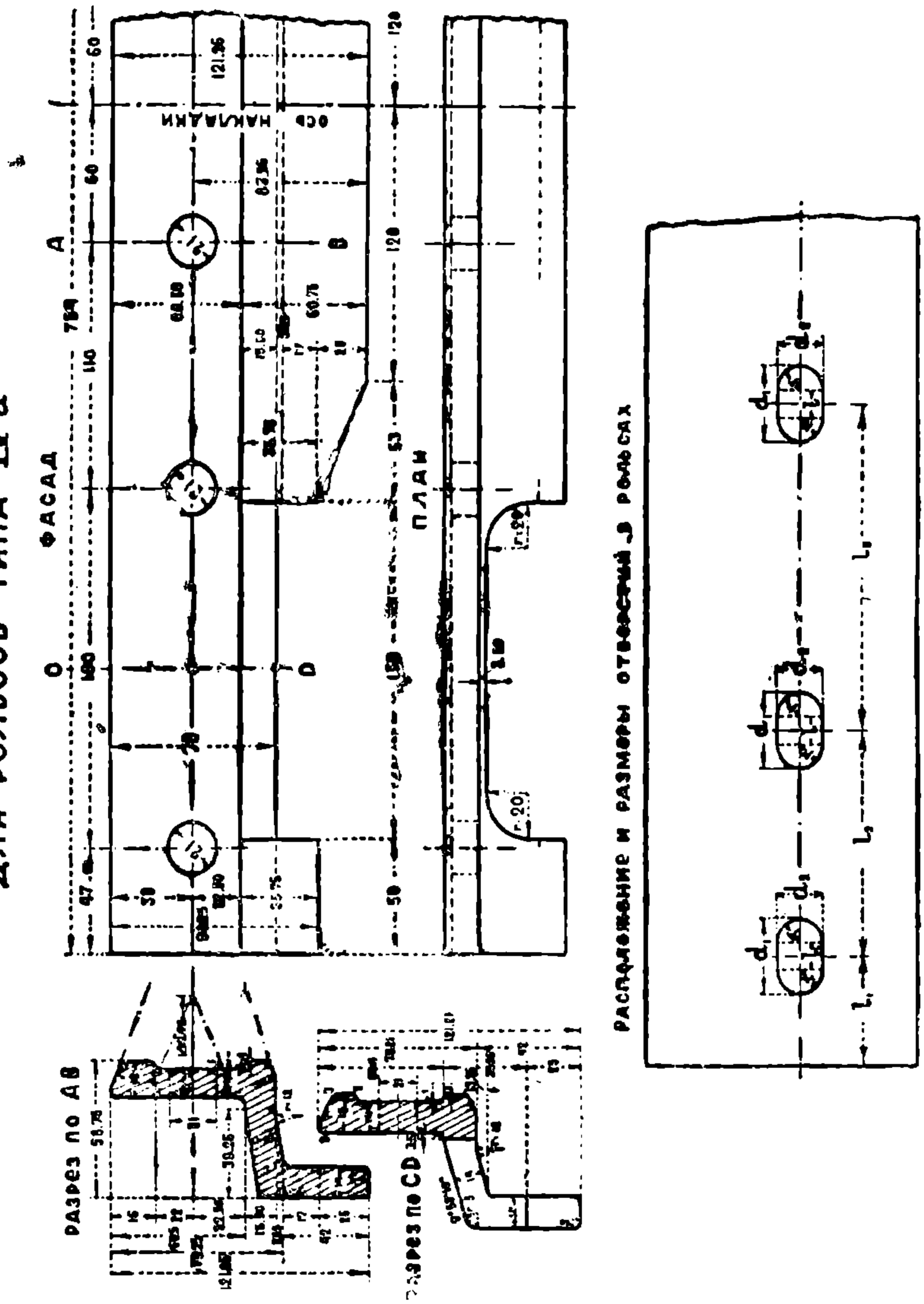
горизонтальным совершенно недостаточна, — момент инерции их относительно оси вертикальной очень мал.

Поэтому в 80-х годах вырабатывается новый тип более жестких в горизонтальном направлении, так называемых уголковых накладок (черт. 159).

2. **Двухуголковые, или так называемые фартуковые, накладки.** Желание увеличить способность накладки сопротив-

НТБ ДНУЖТ

ляться вертикальным силам вызвало к жизни новый тип накладок двухуголковых, у которых одна вертикальная полка, так называемый фартук, спускается ниже подошвы рельса на некотором протяжении средней части накладки, в пролете между стыковыми шпалами, т.е. в том именно месте, где изгибающий момент имеет наибольшую величину.



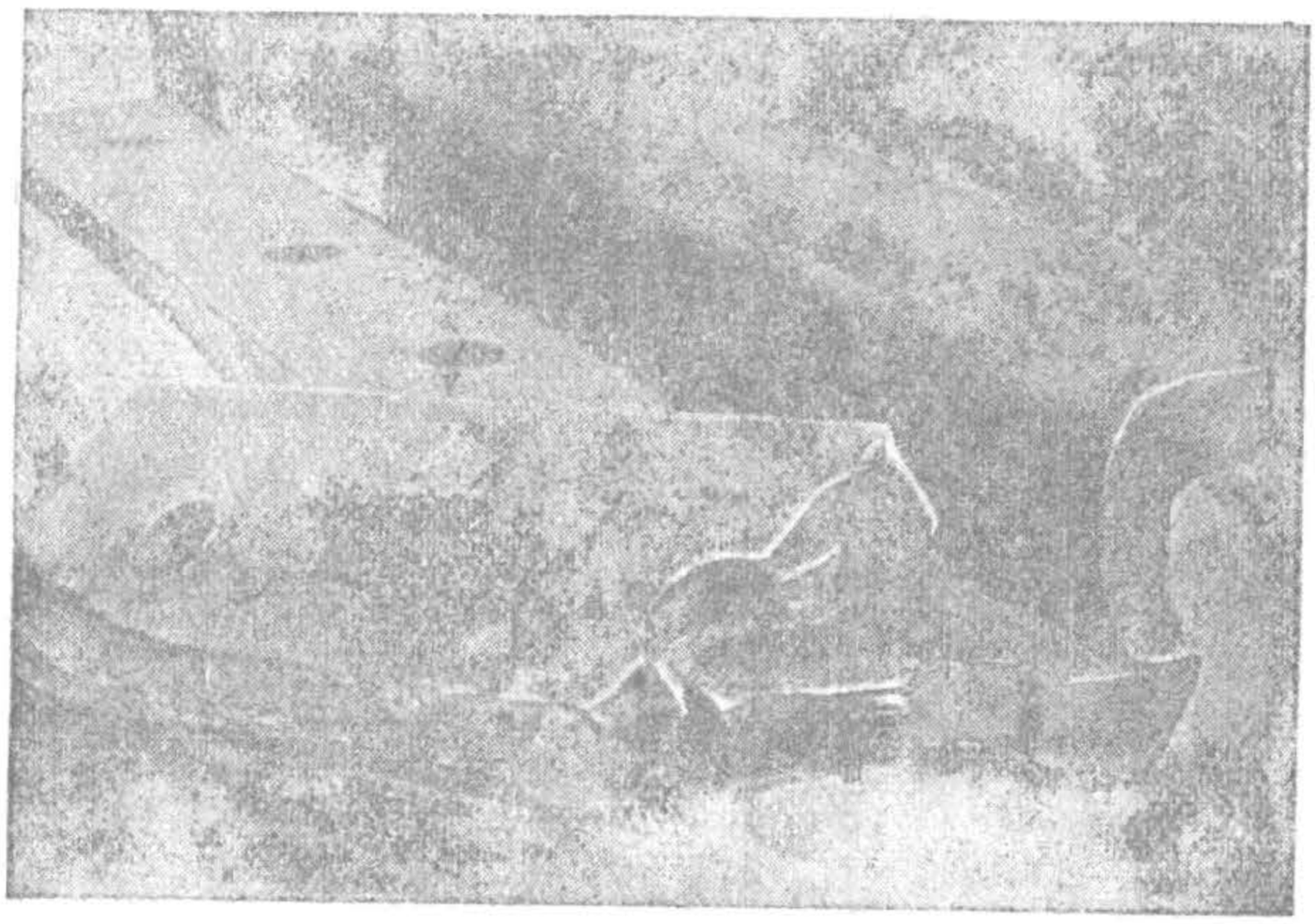
Черт. 163.

В недавнее время такие накладки имели очень широкое распространение как за границей, так и у нас. Наши рельсы типа I^a, II^a, III^a и IV^a имеют такие накладки (черт. 160, 161, 162, 163 и табл. на стр. 155).

Такие накладки обладают нижеследующими недостатками: очень сильный и далеко отнесенный в сторону от плоскости приложения сил фартук понижает центр тяжести накладки, нарушает симме-

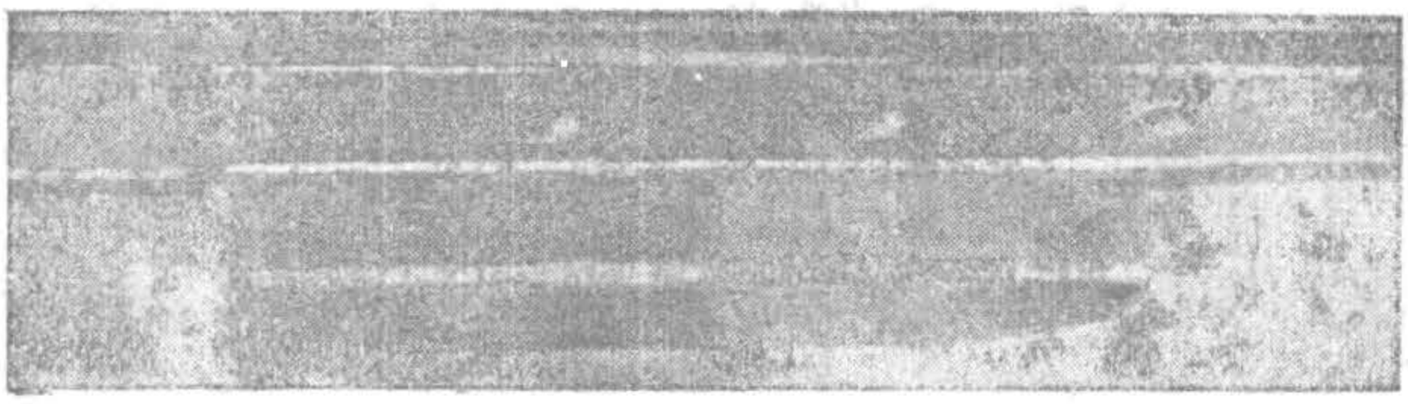
РГБ ДНУЖТ

трию профиля накладки, ломает прямолинейность нейтральной оси и создает крутые входящие углы, вследствие чего происходит неправильное распределение напряжений и в упомянутых выше входящих углах возникают большие местные напряжения, причем входящие углы приходятся как-раз в сечениях,



Черт. 164.

которые проходят через болтовые отверстия. По этим сечениям обычно и происходит лопание накладок (см. черт. 162 и 163). Наконец, упирание концов накладки в соседние шпалы для противо-



Черт. 165.

действия угону в свою очередь также нарушает правильность работы накладки.

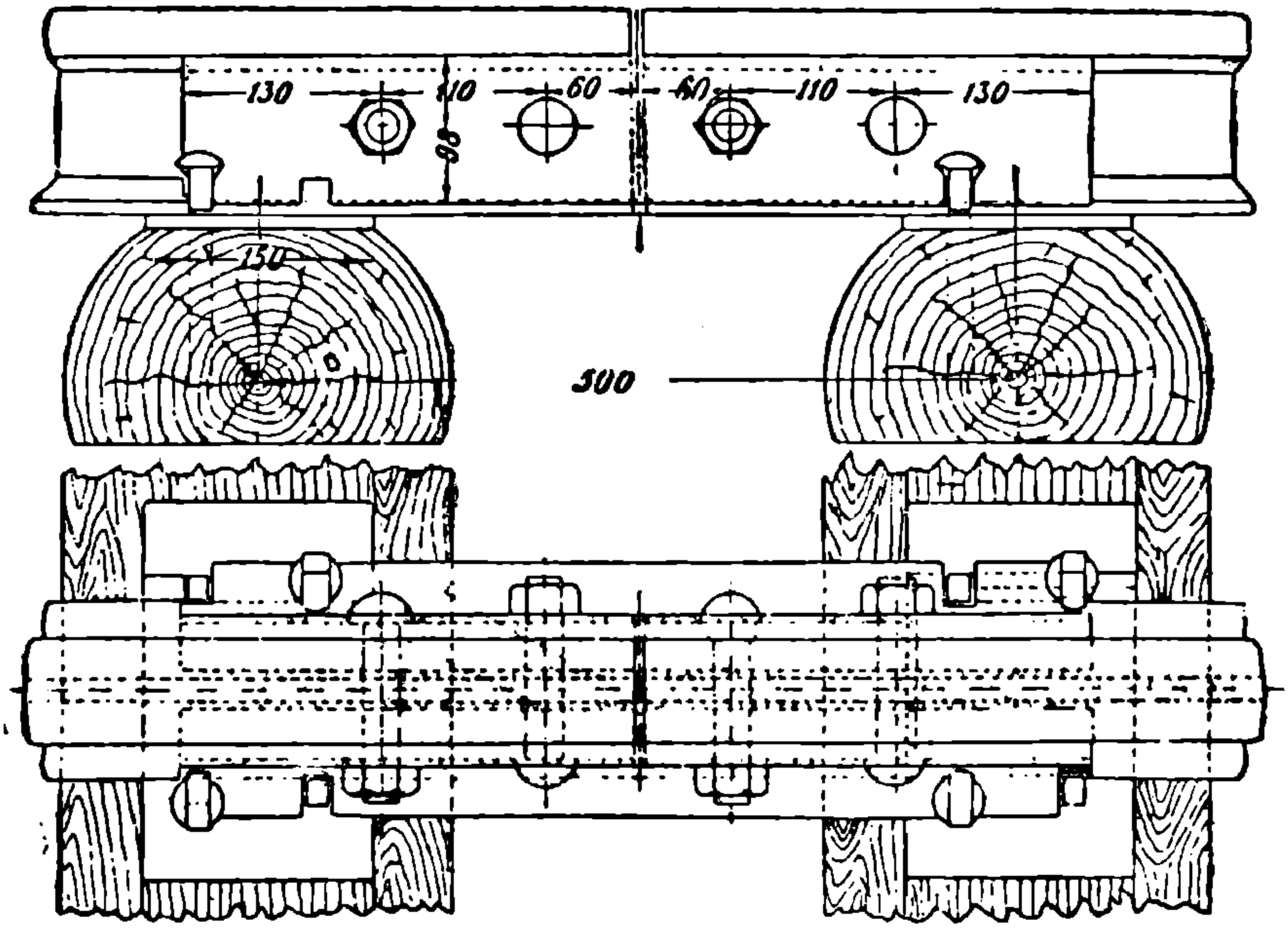
Деформация рельса и накладки в местах их соприкасания неодинакова; при изгибе рельса нарушается плотность соприкасания накладок и рельса, и стыковое соединение расстраивается.

В виду указанного выше массового излома фартуковых накладок по 2-му и по 5-му болтовым отверстиям решено отрезать концы существующих накладок и вновь заказывать лишь укороченные накладки на 4 болтах.

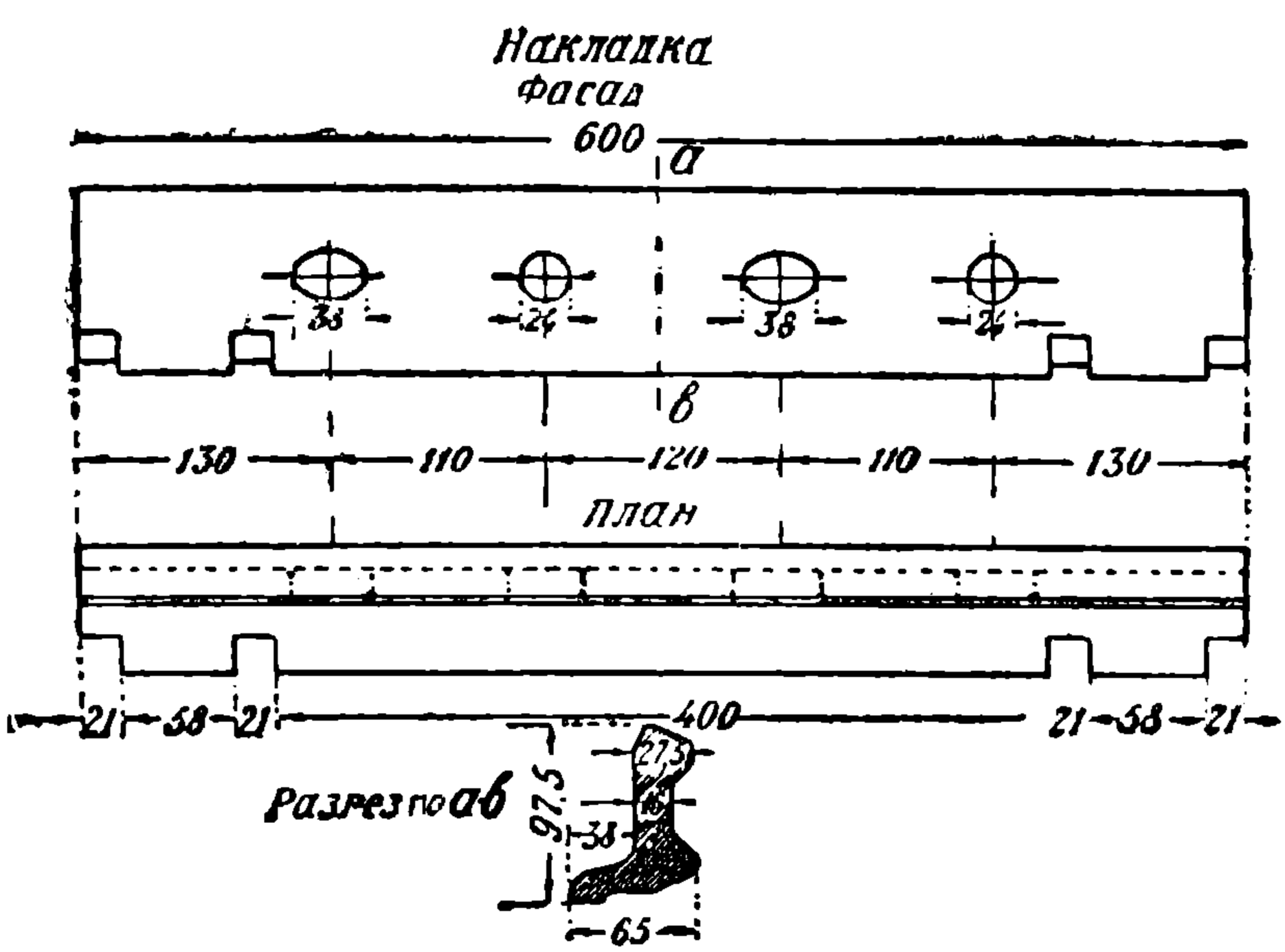
Для нового стандартного стыка, для рельсов II^a и III^a у нас намечены толстоголовые, уголковые накладки американского типа (на стр. 151). Подкладки запроектированы с 4 отверстиями для костылей, с верхней выпуклой и нижней рифленой поверхностью американского типа, так же, как и костыли (см. черт. 166— 173).

Проект указанного стыка составлен Б. П. Андреяновым. Затем у нас в связи с реконструкцией пути сделаны следующие предложения Б. П. Андреянова и В. Ф. Толстого.

НПБ ДНУЖТ

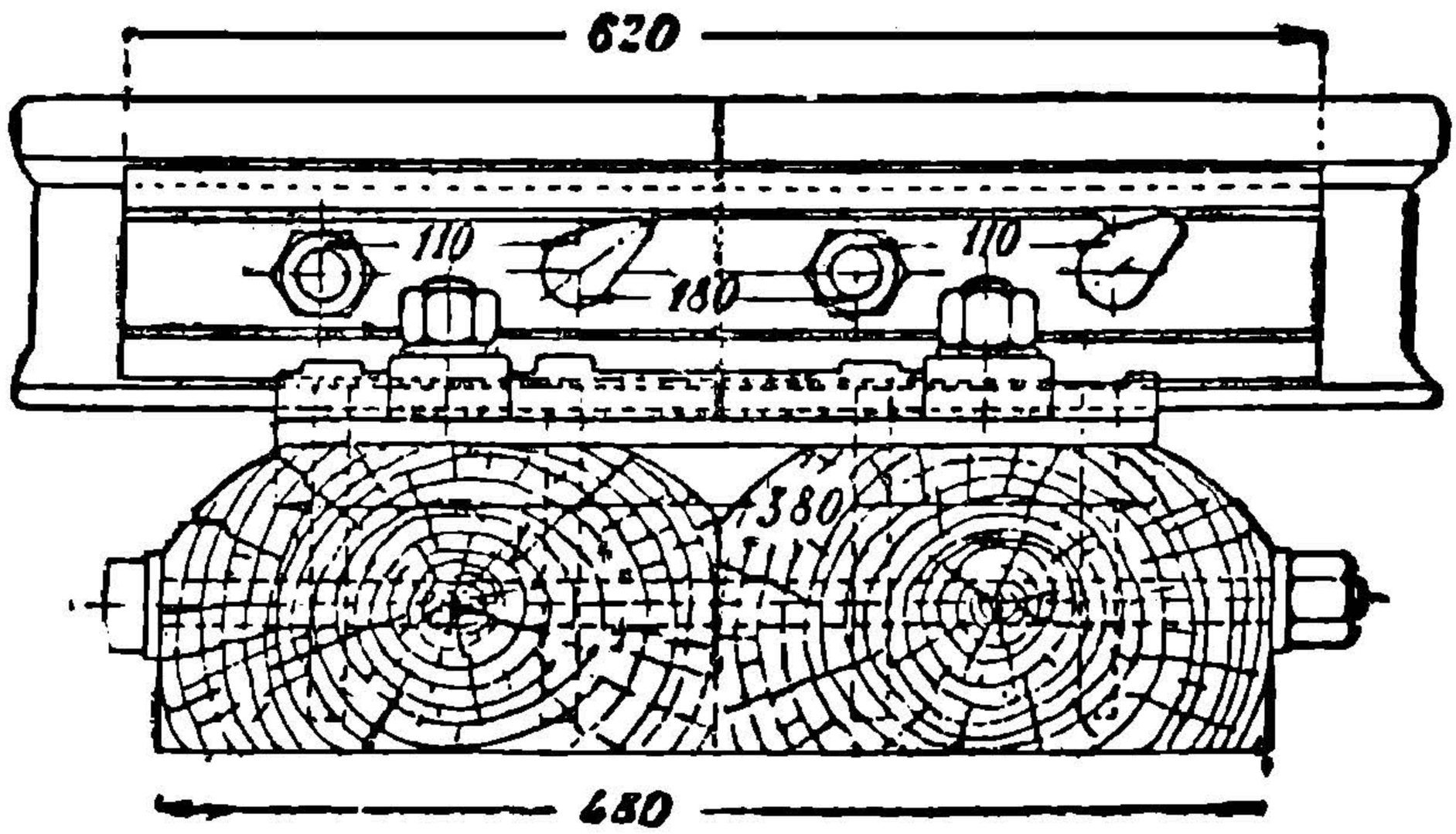


Черт. 166 и 167.

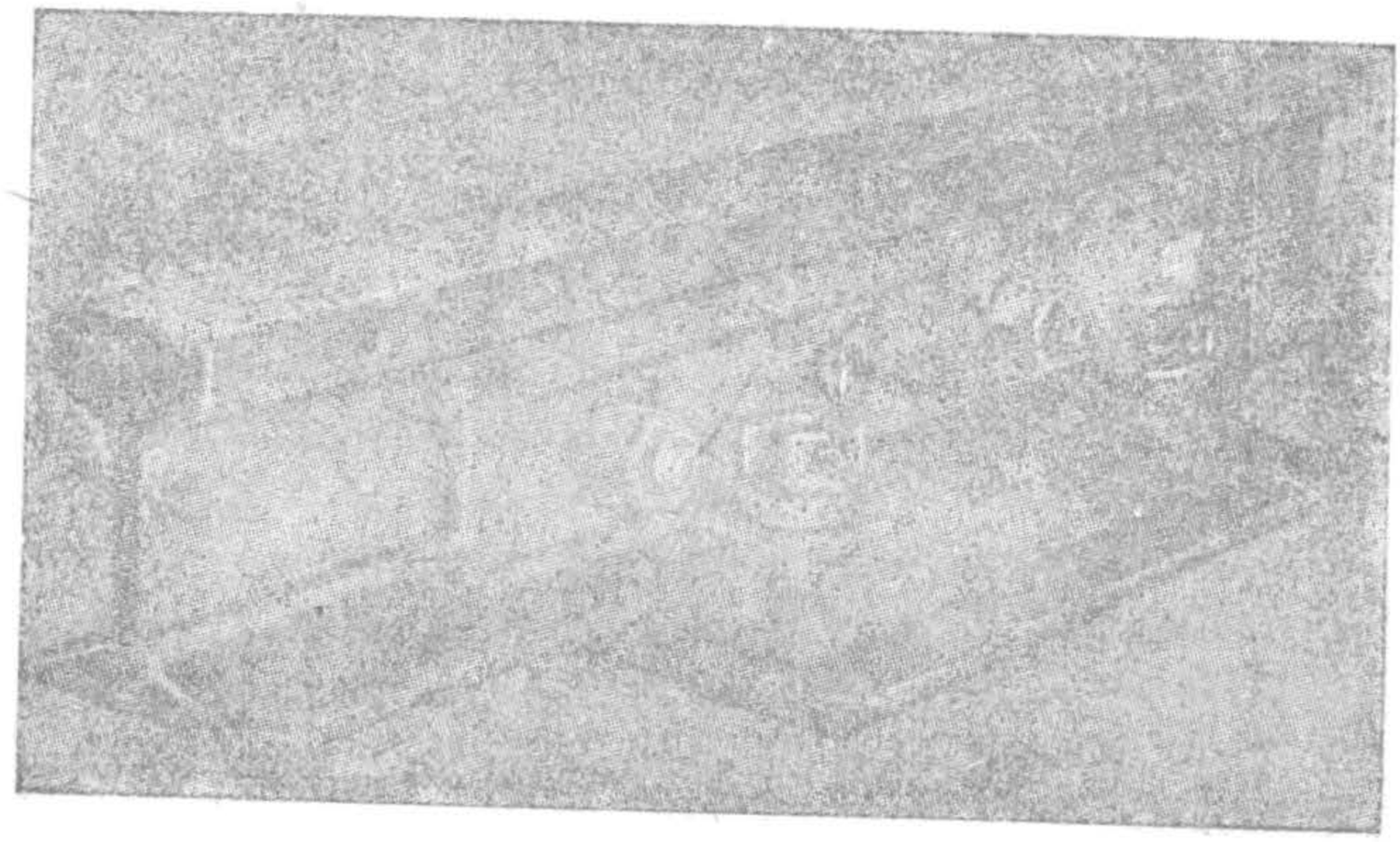


Черт. 168 и 169

НТБ ДНУЖТ

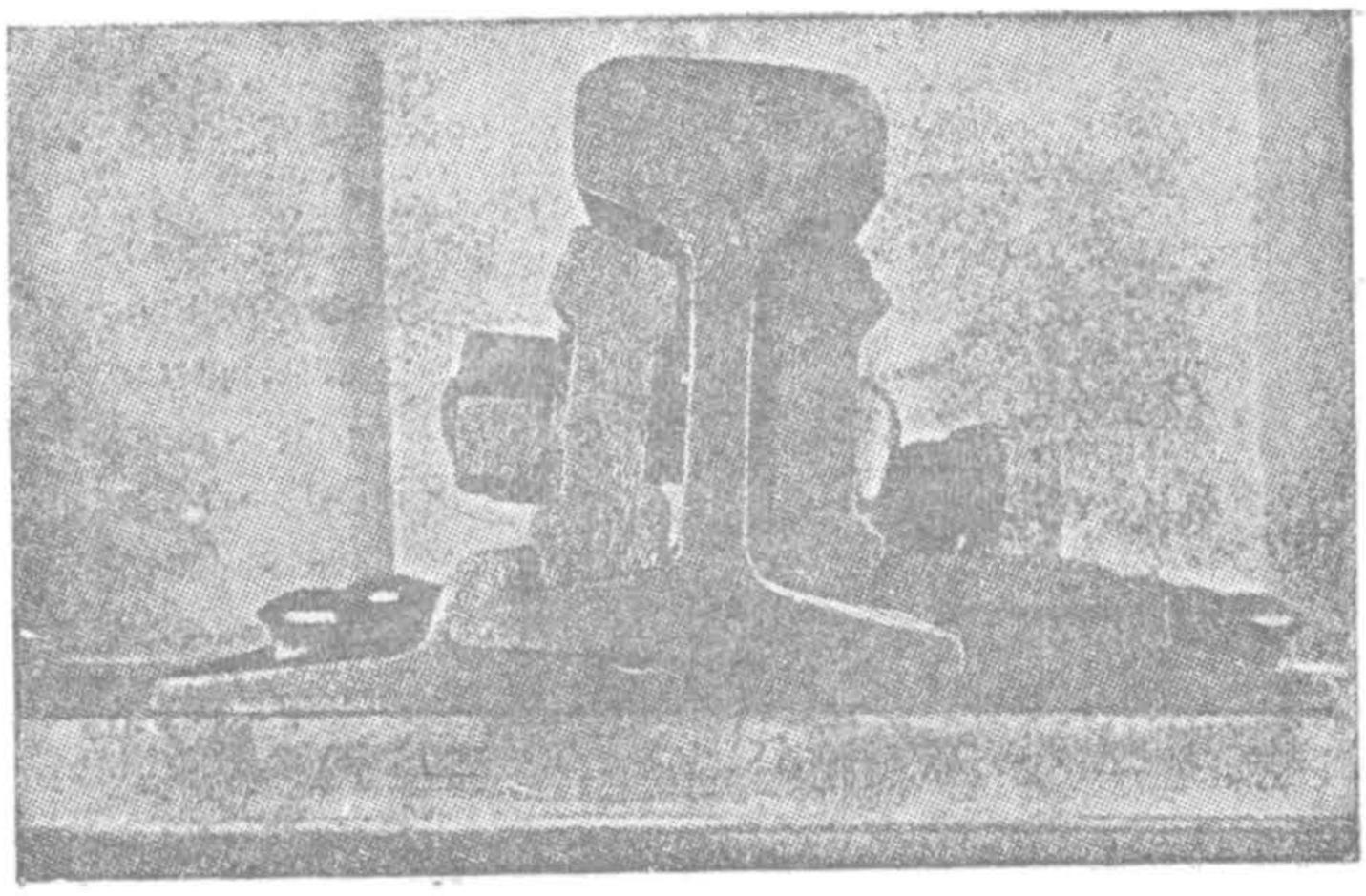


Черт. 170.



Черт. 171. Стык Б. П. Андреянова

НТБ
ДНУЖТ



Черт. 172.

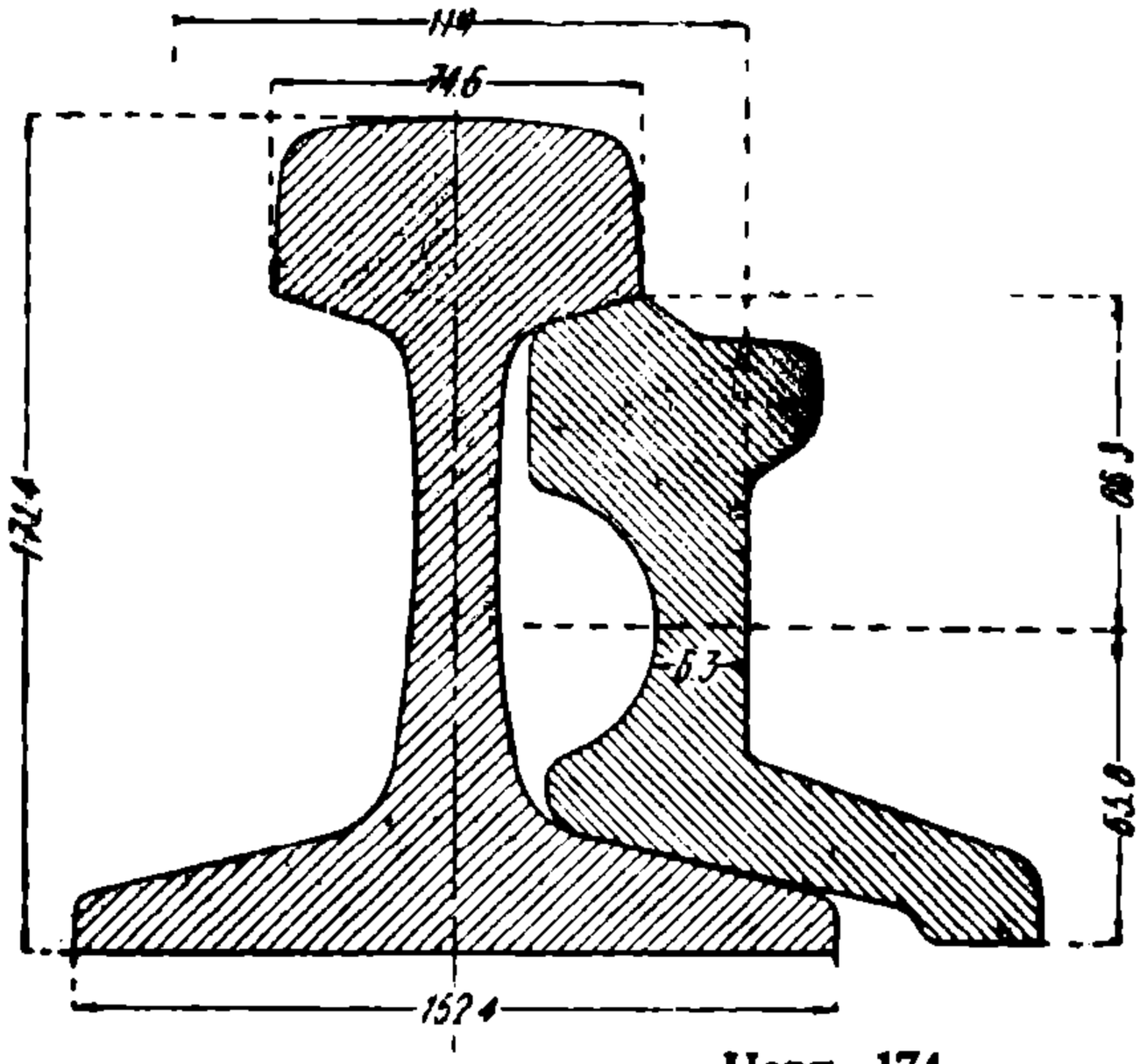
Черт. 173.

НТБ ДНУЖТ

Из предложений Б. П. Андреянова наиболее удачным являются третий вариант (см. черт. 170 и 171).

Как усматривается из чертежа, накладки, перекрывающие стык, отличаются тем достоинством, что являются симметричными относительно нейтральной оси.

Указанная симметрия соответствует нормальным условиям работы накладок и дает возможность их перевертывать при износе.

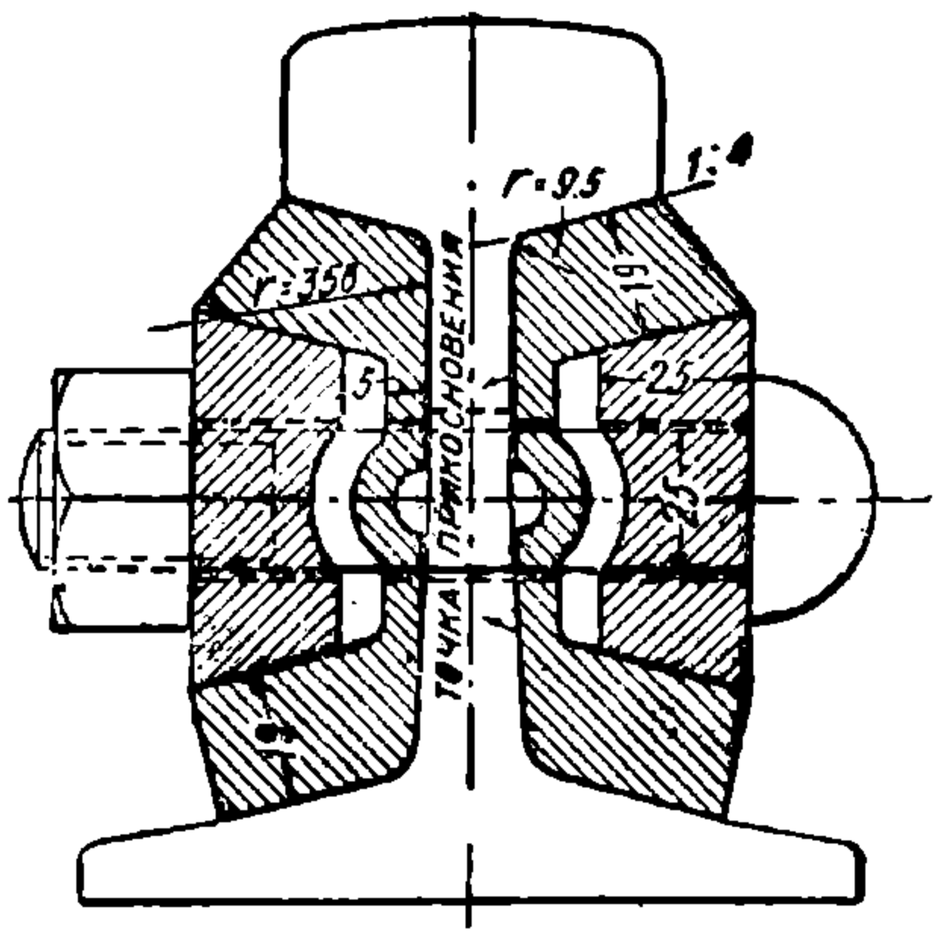


Черт. 174.

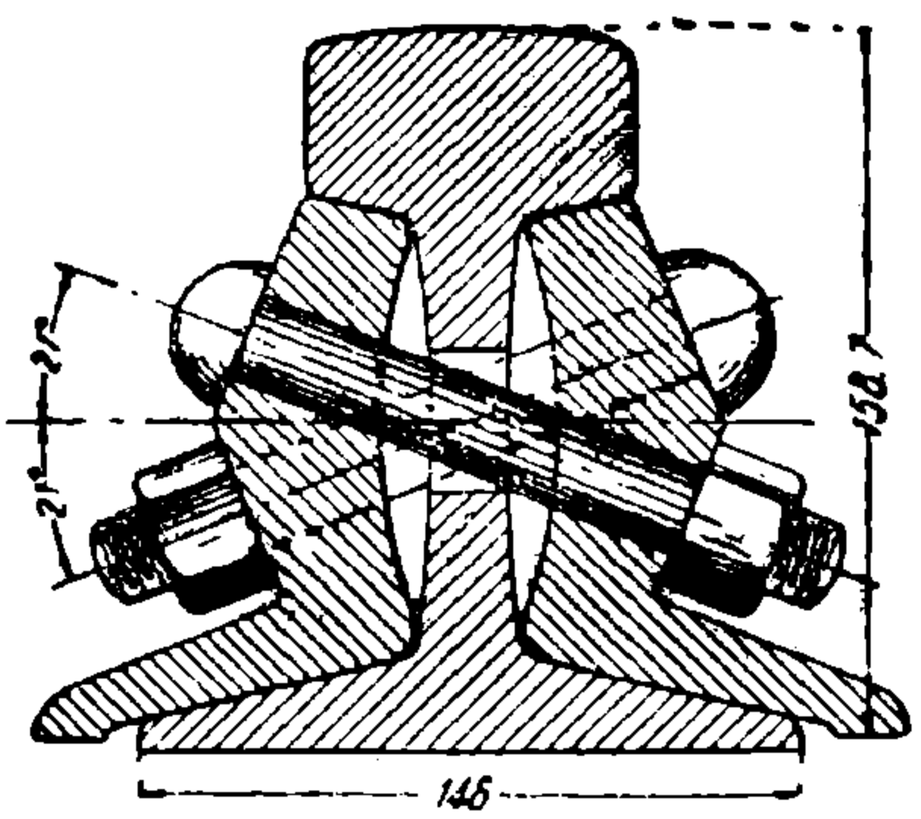
Что касается подкладки, то, как усматривается из чертежа таковая запроектирована по немецкому типу марки K^1 но является значительно более легкой и, как по своей конструкции, так и по способу закрепления прижимных болтов, отличается от типа марки *K*.

Накладки стыка В. Ф. Толстова также симметричны и, следовательно, обладают указанными выше достоинствами. Конструкция подкладок ясно усматривается из черт. 172 и 173.

Вследствие указанных выше недостатков фартуковых накладок от них за границей также отказываются и взамен их выдвигаются нижеследующие новые типы накладок:



Черт. 175.



Черт. 176.

1) Толстоголовые уголковые накладки.

Такие накладки получают широкое распространение в Северной Америке. Тип такой накладки для рельса весом 64,5 *кг/м* изображен на черт. 174. Такой тип накладки проектируется, как указано выше, применить при реконструкции наших путей.

РГБ ДНУЖТ

Нейтральная ось накладки прямолинейна; благодаря сосредоточению большого количества материала в верхней части накладки указанная ось приближается к горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести рельса.

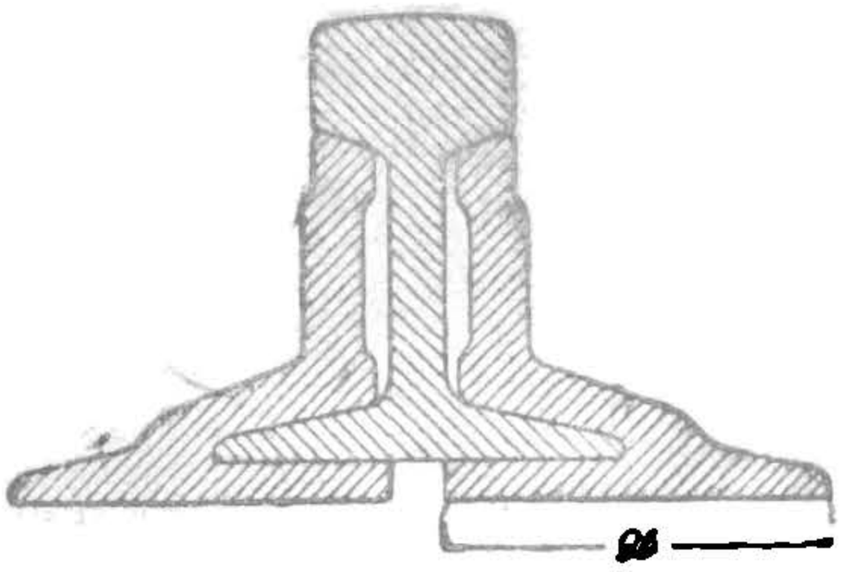
2) Составные накладки. Как усматривается из черт. 175, каждая накладка состоит из двух частей: наружной, прилегающей к рельсу, и внутренней, которая, как клин, входит в наружную часть; при завинчивании болтов внутренняя часть является как бы пружиной, способствует плотному прилеганию наружной части к рельсу. Такие накладки уложены были впервые в Америке на дороге Boston — Albany в 1917 г. и дали хорошие результаты.

3) Накладки с переломленной наружной гранью. Подобные накладки, изображенные на черт.176, предложены в Америке и по мнению изобретателя инж. Хейнле наклонное расположение болтов должно способствовать плотному прилеганию накладок к рельсу.

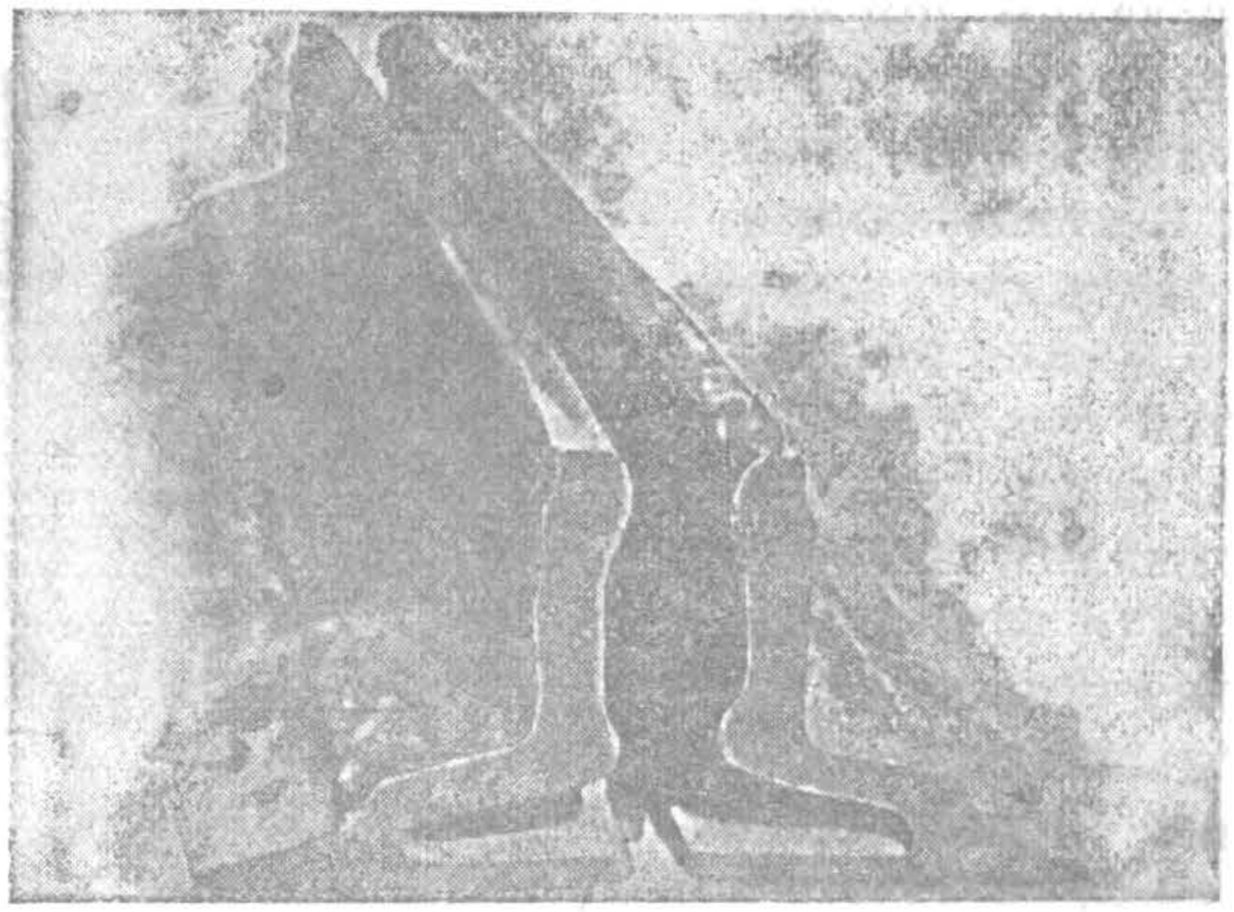
Основные данные для накладок

	Тип			
	I[a]	II[a]	III[a]	IV[a]
Вес в *кг* . . .	16,92	16,92	14,106	10,180
Вес в фунт . .	41,324	34,418	24,830	24,830
Вес в пуд . . .	1,033	1,033	0,861	0,621
Площадь в $см^2$ . .	36,07	36,07	30,16	22,70
Момент инерции	501,44	501,44	379,93	236,95
Отношение момента инерции пары накладок к моменту инерции рельса	0,68	0,82	0,78	0,63

4) Кроме указанных типов накладок было испытано много других типов, например накладко-подкладки, являющиеся одновременно и накладками и подкладками, так как нижними гранями они упираются в шпалы (черт. 177 и 178).



Черт. 177.



Черт. 178.

Такие накладки были предположены в Америке. У нас они впервые нашли применение в 1905 г. на Московско-Казанской железной дороге и дали хорошие результаты. Тем не менее следует указать на нижеследующие их недостатки.

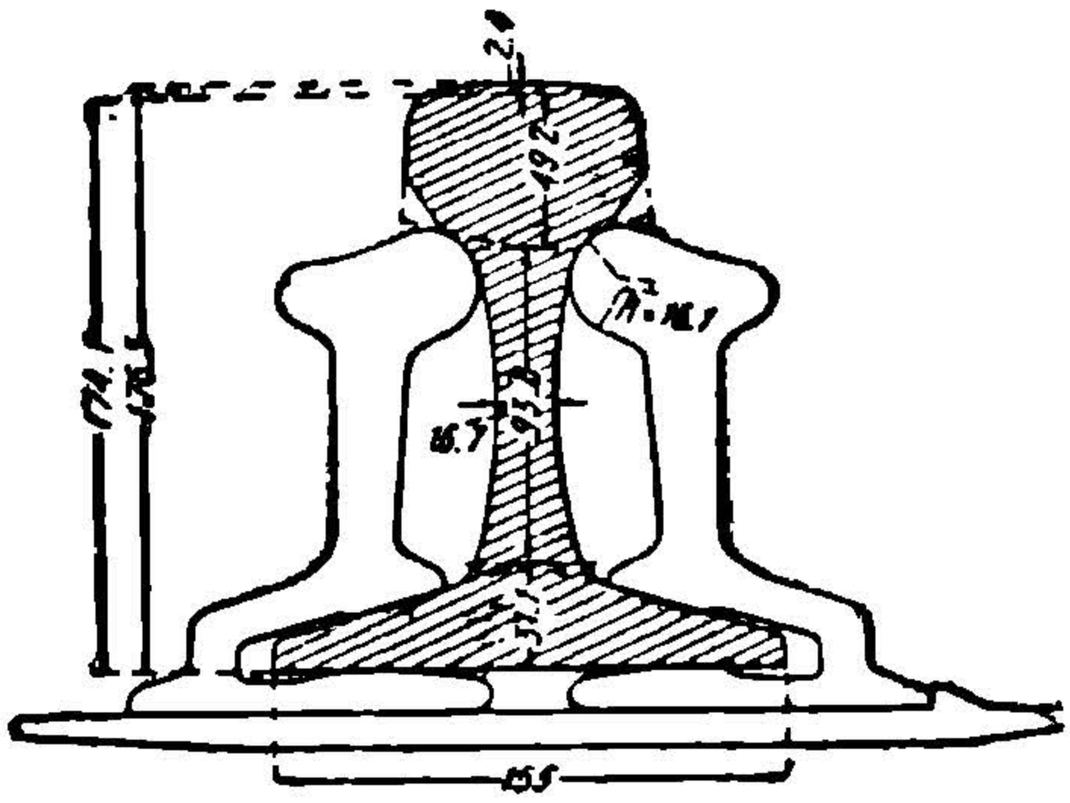
НТБ ДНУЖТ

1) При наличии трех опорных плоскостей (нижняя грань головки рельса, верхняя грань подошвы рельса, нижняя грань подошвы рельса) плотное соприкасание может быть достигнуто лишь при новых неизношенных накладках и при очень точном изготовлении;

2) при отсутствии подкладок нет поперечной связи между костылями, вследствие чего последние работают не все вместе, а каждый в отдельности;

3) жесткость стыка, присущая мостовым стыкам (о мостовых стыках см. ниже);

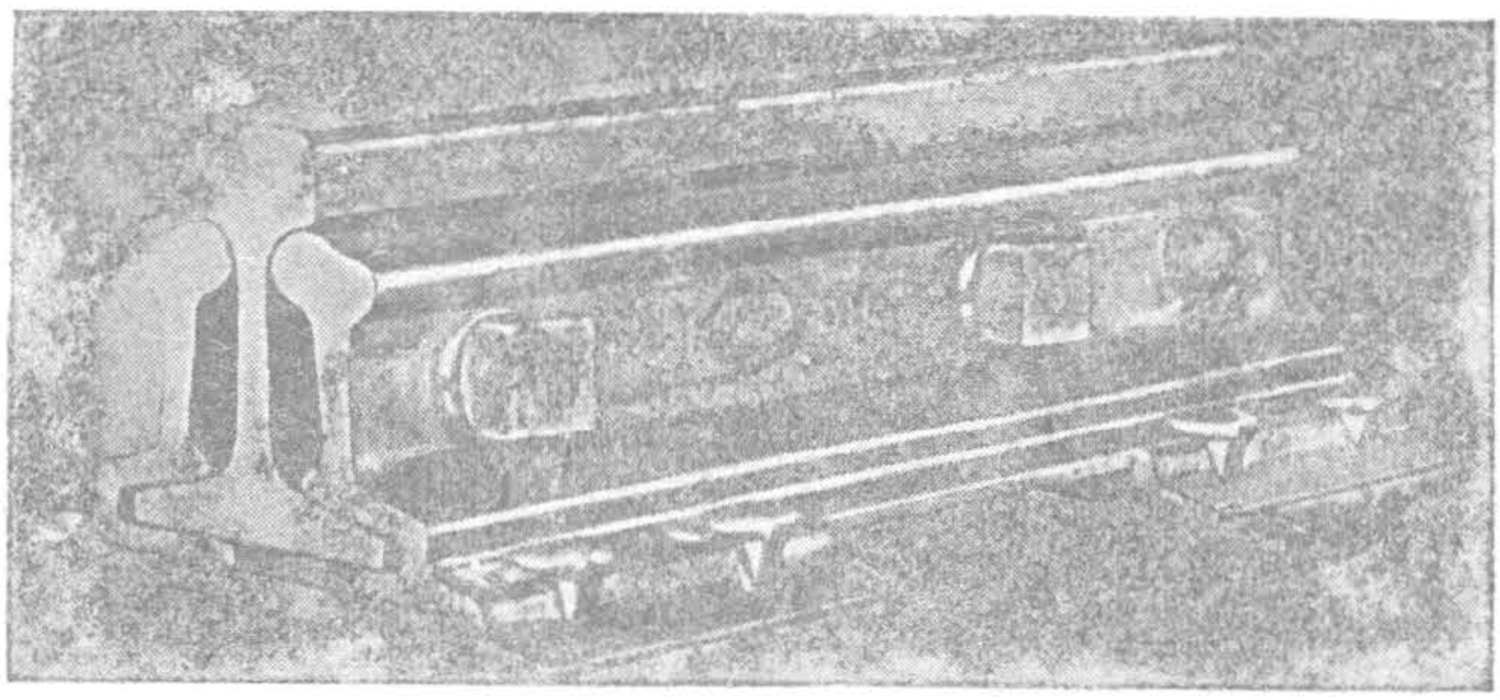
4) стоимость таких накладок примерно на 20% больше стоимости обыкновенных подкладок и накладок (черт. 177). Несмотря на перечисленные недостатки укладка американских накладок на Московско-Казанской жел. дор. дала прекрасные результаты. Снятые с пути и пролежавшие там 17 лет, такие накладки не обнаружили никаких особых повреждений; также мало износились и перекрытые ими концы рельсов.



Черт. 179.

Все описанные выше накладки являются р а с п и р а ю щ и м и и как таковые обладают нижеследующими недостатками.

Накладка работает как клин, и поэтому при переходе колеса на противошерстный конец рельса и при ударе колеса в конец этого рельса заклиненная накладка служит той н а к о в а л ь н е й, на которой колесо сплющивает головку рельса и разбивает самую накладку; последняя теряет свою правильную форму и между соприкасающимися плоскостями образуются щели и правильность работы накладки нарушается (к такому выводу приходит заведывавший Путевым испытательным бюро Научно-технического комитета НКПС инж. П. С. Рубан на основании произведенных 1926 г. опытов по изучению работы накладок на Моск.-Киево-Воронежской, Октябрьской и Моск.-Курской ж. д.; см. выпуск № 85 Научно-технического комитета, Москва, 1928 г.).



Черт. 180.

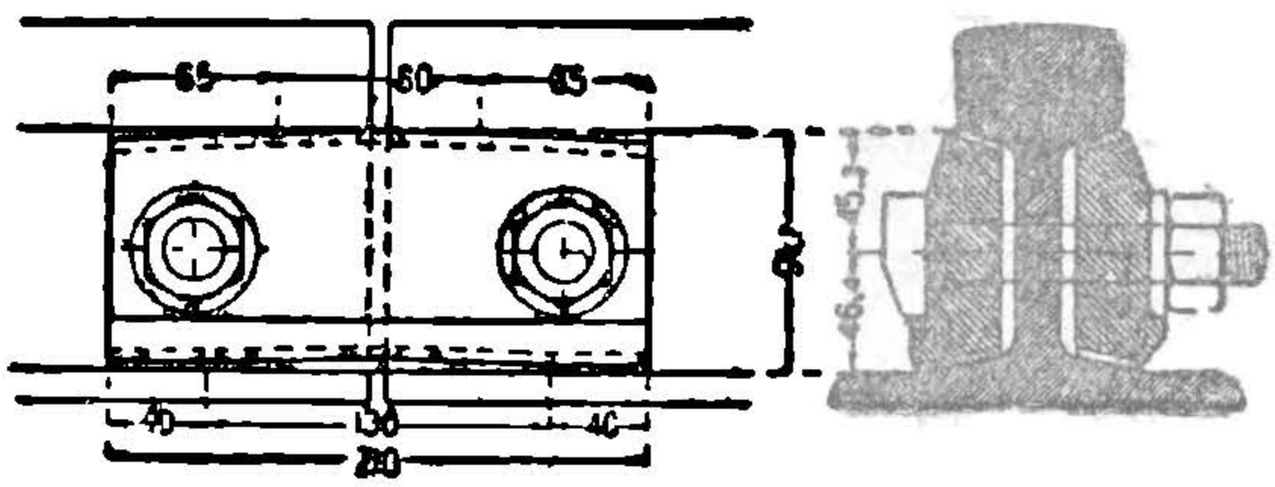
В самое последнее время предложены нижеследующие накладки н е р а с п и р а ю щ и е и основанные на других принципах.

В Северной Америке предложены накладки, отличающиеся от существующих тем, что соприкасание накладки происходит не с

РТБ ДНУЖТ

нижней гранью головки рельса, а в месте перехода от головки к шейке. При этом поперечное сечение головки рельса несколько изменено. Как видно из черт. 179 и 180, нижние углы головки рельса срезаны, благодаря чему получается некоторая экономия металла, за счет каковой несколько, именно на 2,4 *мм*, увеличивается высота головки рельса. Авторы проекта указывают, что благодаря упомянутому видоизменению формы головки рельса достигаются следующие преимущества: лучшая прокатка рельса, больший момент инерции рельса относительно горизонтальной оси, больший запас на износ головки рельса.

Кроме этого, по нашему мнению, накладка не представляет собой той наковальни, каковая имеется при накладках распирающих, а благодаря цилиндрической поверхности верхней части накладки получается упругое соединение между головкой рельса и накладкой и заклинивается только подошва рельса. Стык дает наиболее равномерные осадки рельсовой нити по сравнению с другими типами.



Черт. 181.

Рельсы с такими накладками получили наименование „гед-фри" (head frel rail), т. е. рельсы со свободной головкой, именно с головкой, свободной от соприкосновения с накладками (черт. 180) Reading Compapy. Америка, имеющая 2890 *км* магистральных линий, приняла накладки и рельс „гед-фри" нормальными. Этот же стык принят и другими 13 жел.-дор. компаниями.

Такое распространение этого стыка в Америке объясняется между прочим и тем, что „гед-фри" — наиболее массивные стыки, способные дать наиболее плавный путь при блуждающих стыках, т. е. располагаемых без отношения к расположению шпал, что имеет место в Америке.

Инженер Аббо (Abbot) характеризует этот тип рельса и накладки как наилучший из всех изобретенных до сего времени типов и считает этот стык замечательным достижением инженерного искусства (см. Bulletin du Congres international des chemins de fer, № 8, 1929 г.).

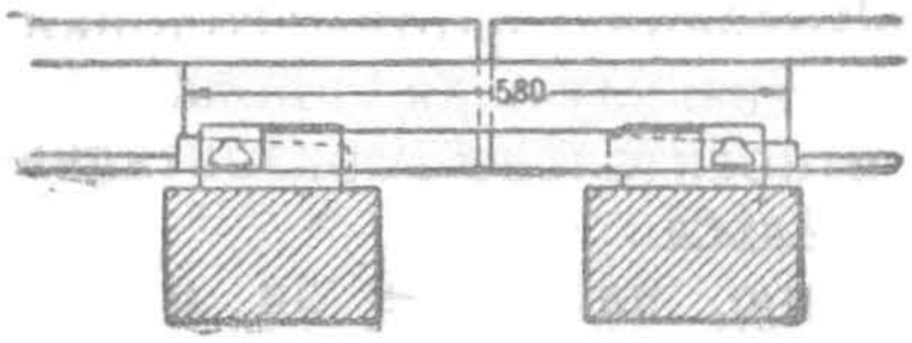
Затем исключительно интересными, совершенно оригинальными и заслуживающими не меньше внимания накладками являются предложенные во Франции накладки „стропильной системы" (Eclisse chevron; см. черт. 181).

Из черт. 181 усматривается, что в стыке указанной системы накладки имеют такое очертание, которое обеспечивает передачу давления от головки рельса на верхнюю плоскость накладок в их средней части и передачу давления от нижних плоскостей накладок на подошву рельсов по концам накладок. Перекрытие стыка производится помощью всего двух болтов; длина накладок 210 *мм*. Таким образом стык является очень экономичным.

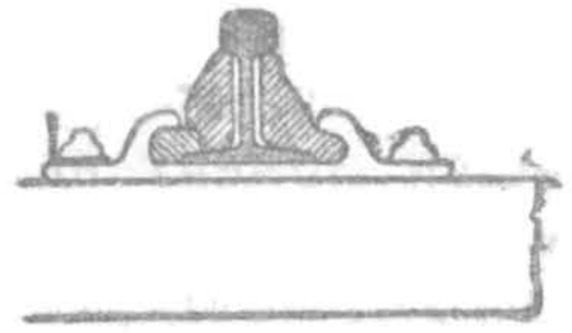
Идея, положенная в основу данной конструкции, та, чтобы по возможности усилить прочность стыка в самом слабом его месте—

РГБ ДНУЖТ

там, где колея имеет разрыв. При обычно применяемых в настоящее время накладках прочность стыкового соединения на всем его протяжении неодинакова: в месте разрыва рельсовой колеи момент инерции сечения равняется моменту инерции одних накладок; в ближайших к разрыву сечениях момент инерции резко меняется, равняясь сумме моментов инерции накладок и рельса. Такой неравномерной жесткости не наблюдается в указанной конструкции стыка со стропильными накладками. Стыки со стропильными накладками уложены на протяжении 100 *км* на Южных жел. дорогах Франции к рельсам весом 44 *кг/м*. Наличие всего двух болтов вызывало опасение, не сопряжена ли такая конструкция с опасностью для движения в случае лопания одного из болтов.

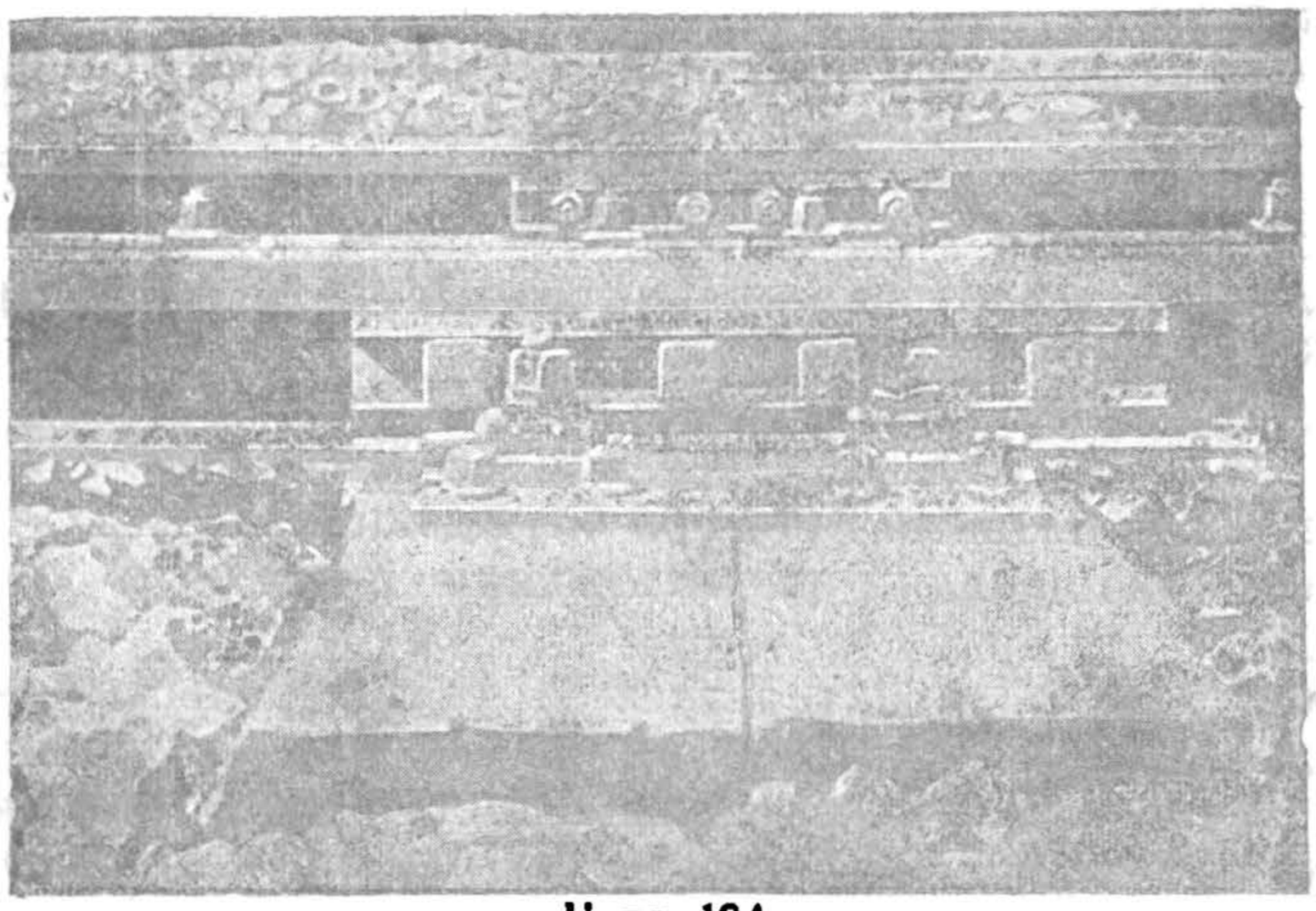


Черт. 182.



Черт. 183.

Продолжающиеся наблюдения указанных опасений не оправдали. Кроме этой конструкции за последнее время во Франции предложены еще нижеследующие накладки Левера (черт. 182 и 183).



Черт. 184.

Как усматривается из черт. 182, стык Левера совсем не имеет болтов и является стыком на-весу с очень короткими накладками, длиной всего 580 *мм*. Результаты производящихся опытов получаются весьма благоприятные. Такие стыки уложены на Парижской окружной и на Северных жел. дорогах. Конструкция оригинальная; нужно однако отметить, что стык Левера является стыком с распирающими накладками.

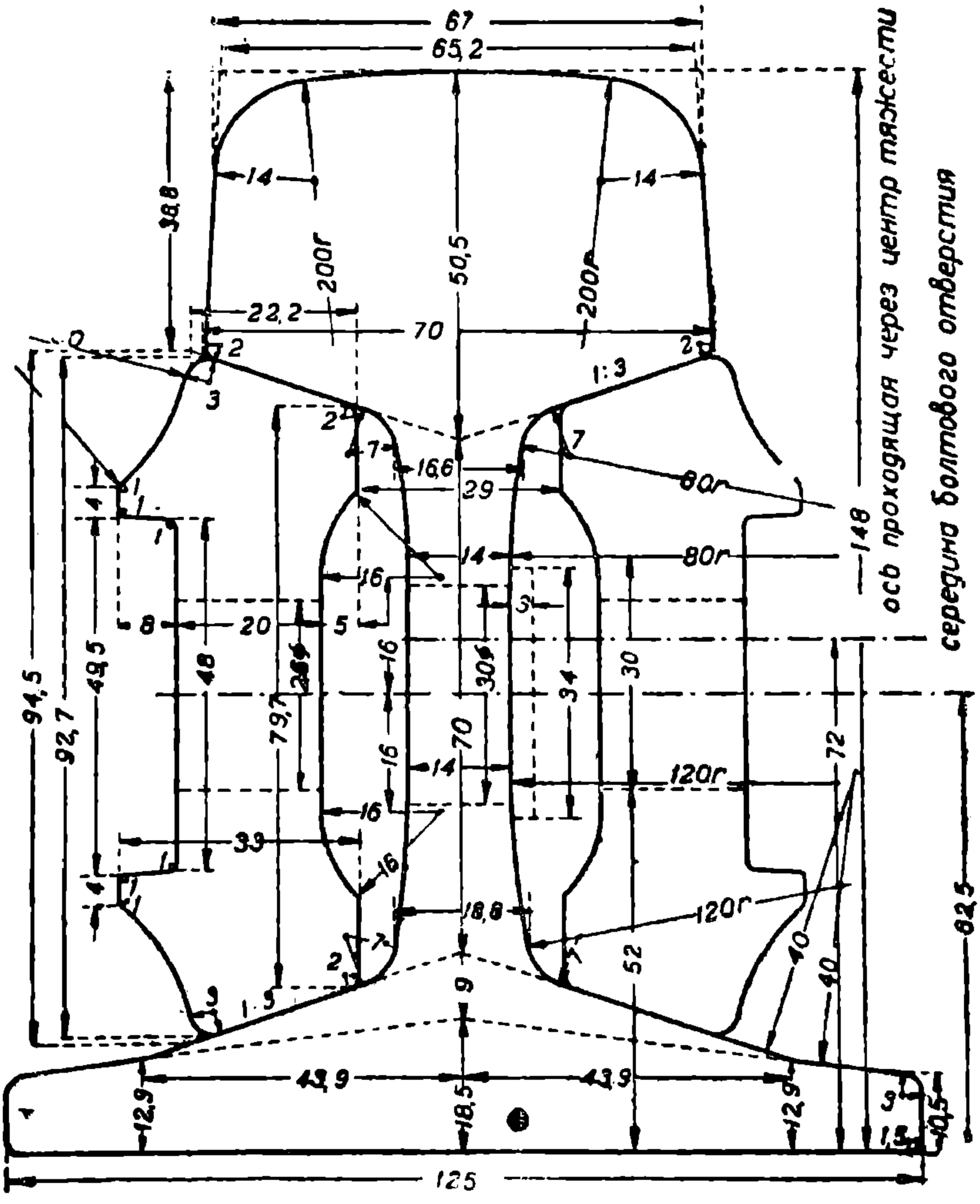
В Германии за последнее время на верхнем строении типа „К" применяются стыки на двойных шпалах (черт. 184 и 184а). Это стык с распирающими накладками и стык подпертый (не на-весу; см. черт. 184).

Несмотря на это, такой стык при щебеночном балласте дает результаты благоприятные.

Так стоит дело с проблемой рельсового стыка за границей.

Рассмотрев указанные выше очень интересные, остроумные и оригинальные конструкции рельсовых стыков, еще раз повторяем, что стыки, как таковые, вне зависимости от системы, являются больным местом пути и в конце-концов должны быть совершенно уничтоженными.

РГБ ДНУЖТ



Черт. 184а.

Перекрытие стыка для рельсов S 49. Объединенный государственный тип германских жел. дор.

Рельс S 49		
F 6228 *мм*²		
J 1781 (*см*⁴)		Относительно оси параллельной подошве
W 234 (*см*³)		
I 319 (*см*⁴)		Относительно оси перпендикулярной подошве
W 51 (*см*³)		
G 48,89 $\frac{кг}{м}$		
Накладка		
F 2063 *мм*²		
I 142 (*см*⁴)		Относительно оси параллельной подошве
W 31 (*см*³)		

НТБ ДНУЖТ

В настоящее время при наличии стыков наилучшей конструкцией мы считали бы американский стык гэд-фри, и очень интересным, остроумным и экономичным — французский стык стропильной системы.

Базируясь на многих указанных выше достоинствах двухголового рельса и ожидая хороших результатов от накладок стропильной системы, мы для магистралей усиленного типа остановились бы на двухголовом рельсе с перекрытием стыка накладками стропильной системы. Но это предложение следует предварительно проверить на опыте. Намеченный проектом реконструкции нашего пути тип толстоголовой накладки испытан и дал прекрасные результаты в Америке.

Болты

Мы видели выше, что накладки, перекрывающие стык, стягиваются болтами. Болтовое соединение должно быть таким, чтобы натяжение болта сохранялось постоянным и достаточным для плотного и прочного прижатия накладок к рельсам. Это натяжение может быть нарушено при наличии нижеследующих обстоятельств: разбалчивании гайки, растяжении болта, разработке нарезки болта, износе поверхности соприкасания гайки, накладок и рельса.

Нередко все эти причины смешивают и полагают, что ослабление натяжения происходит вследствие одного только разбалчивания гайки, именуя указанные явления „саморазбалчиванием". Мероприятиями, служащими для уменьшения растяжения болта, являются увеличение диаметра болта и улучшение качества его материала. Мероприятия, направленные к сохранению должного натяжения болта при наличии уже известных остающихся деформаций стыкового соединения, именно при наличии удлинения болта и износа соприкасающихся поверхностей накладок и рельса, сводятся к принятию мер против развинчивания гайки и к прокладке между гайкой и накладкой особых упругих пружиняющих элементов.

Рассмотрим все эти мероприятия. Число болтов обычно колеблется от 4 до 6.

Стыки наших рельсов типа I^a, II^a, III^a и IV^a перекрываются, как мы увидим выше, шестидырными накладками, т. е. имеют 6 болтов.

Диаметр болта. Чем диаметр болта больше, тем прочнее и сам болт, и тем прочнее и плотнее он стягивает накладки, но зато тем большей величины будут и болтовые отверстия в рельсах. Имея в виду, что эти отверстия в рельсах должны еще быть увеличены, если принять во внимание температурные влияния, особенно при современных длинных рельсах, не следует делать диаметр болтов чрезмерно большим, а надлежит улучшить качество материала болтов.

У нас (согласно техническим условиям 1924 г.) болты приготовляются из железа.

Форма болтов. Стержень болтов имеет в различных странах самую разнообразную форму. Головке болта придают также различные формы в различных странах. Форма наших прежних нормальных болтов показана на черт. 185 и 186.

НТБ ДНУЖТ

Размеры наших болтов

Вес рельса *кг/м*	Диаметр болта *мм*	Примечание			
		Теоретический вес			
			в фун.	в пуд.	в *кг*
I[а] — 43,57 II[а] — 38,42 III[а] — 33,48	22	Болт с гайкой... Костыль . Шайба. .	1,688 0,915 0 464	0,0422 0,0229 0,0011	0,691 0,375 0,019
IV[а] — 30,89	19	Болт с гайкой... Костыль . Шайба. .	1,064 0,700 0,0462	0,027 0,0175 0,0011	0,436 0,287 0,018

Размеры наших прежних болтов усматриваются из приведенных чертежей и нижеследующей таблицы.

Размеры прежних нормальных типов в *мм*

Типы рельсов	Головка		Болт		Гайка		Шайба			Примечание
	а	*в*	*д*	*е*	*к*	*с*	*т*	*п*	*і*	
I[а] и I; II[а] и II; III[а] и III.	45	16	22	102	37	22	24	34	5	Установлены приказом б. Мин. п. с. 1908 и 1911 гг.
IV[а] и IV	35	14	19	94	32	20	21	31	5	

По журналу Совета НТК № 44 31/VII 1926 г. приняты для заказа скреплений в течение ближайших трех лет следующие объединенные типы болтов.

Размеры объединенных типов в *мм*

Типы рельса	Головка		Болт		Гайка		Шайба			Примечание
	а	*в*	*д*	*е*	*к*	*с*	*т*	*п*	*і*	
I[а]; II[а]; III[а] и тяжелее 22½ фн/ф кроме IV[а].	58	36	22	102	37	25	24	38	7	В отличие от головки прежн. нормальных болт. принята вытянутая головка (черт. 187)
IV[а] и легче	46	32	19	84	33	22	21	31	5	

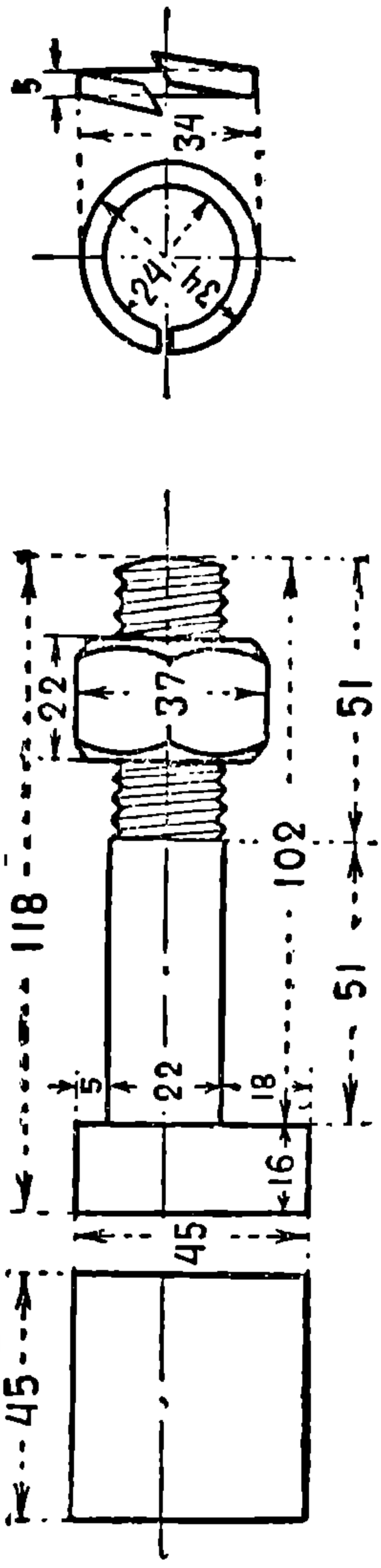
При завинчивании гаек такие головки болтов упираются в горизонтальные полки накладки и препятствуют вращению болта при завинчивании.

Нарезка болта. В настоящие время наиболее рациональной признается и имеет большое распространение треугольная нарезка, хотя на некоторых американских дорогах находит применение трапецевидная нарезка.

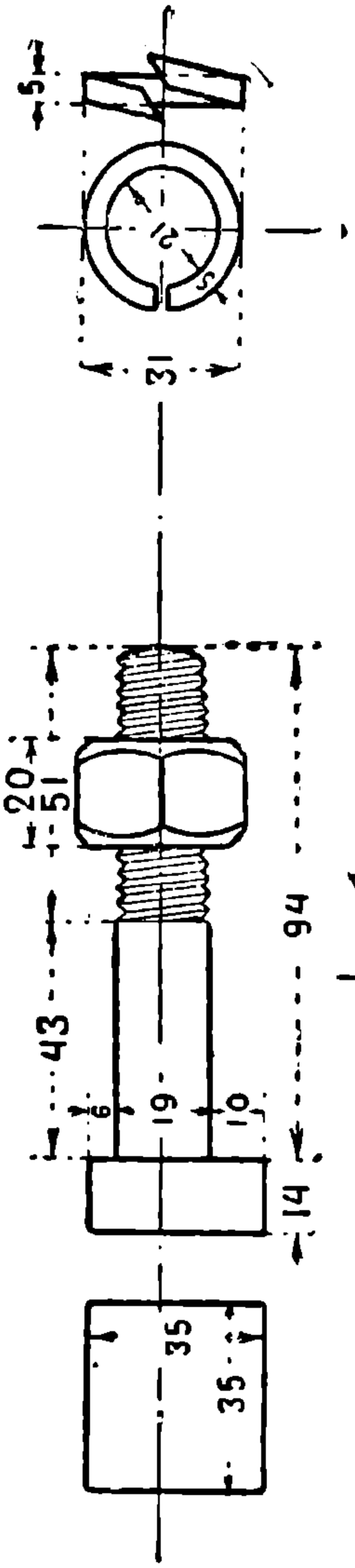
НТБ ДНУЖТ

Применяемый у нас болт показан выше в черт. 185, 186 и 187. Величина болтовых отверстий в наших накладках показана на черт. 159, 160 и 161.

Гайки. Формы гаек бывают разнообразные; наиболее распространенными гайками являются шестигранные. Размеры гаек также весьма разнообразны. Высота гаек у нас принимается равной диа-



Черт. 185.



Черт. 186.

метру болта. За границей высота гайки обычно делается немного более, чем диаметр болта (высота эта достигает 1,25 диаметра).

Форма и размеры принятых у нас гаек для рельсов типа I[а], II[а], III[а] и IV[а] показаны на приведенных выше черт. 185, 186.

Скажем несколько слов о мероприятиях, которые служат для сохранения должного натяжения в болтовом соединении, несмотря на наличие остающихся деформаций указанного соединения (удлине-

РГБ ДНУЖТ

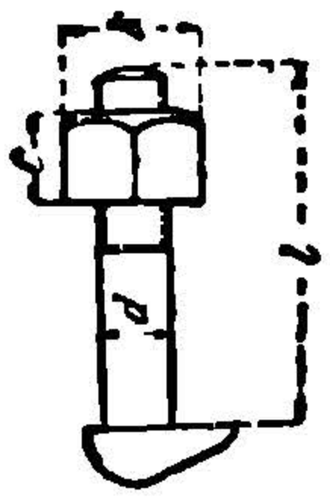
ние болта, износ отдельных элементов и т. д.) и на некоторое развинчивание гайки.

Такими мероприятиями являются упругие, пружинящие элементы, вставляемые между накладками и гайками болтов. Такие прокладки встречаются двух основных форм: пружинные кольца и пружинные пластинки. Примером пружинных колец могут служить шайбы системы Гровера (черт. 188). Примером пружинной пластинки может служить изображенная на черт. 189.

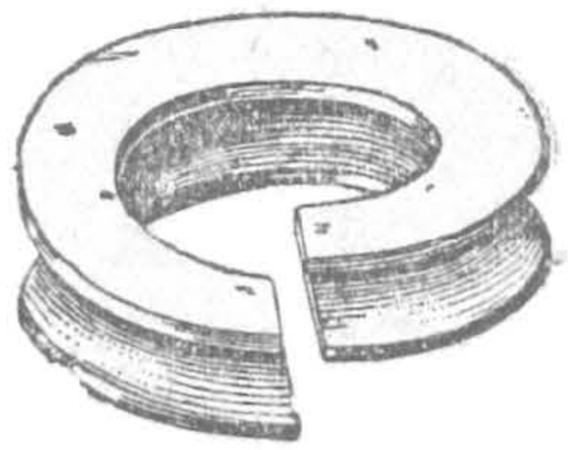
Перекрытие стыка двухголового рельса

Накладки, перекрывающие стык двухголового рельса, показаны на черт. 190.

Как усматривается из чертежа, нижние полки накладок окаймляют стык, но не касаются нижней грани головки рельса; таким образом, имеются не три, а две опорные поверхности. Концами своими накладки примыкают к основаниям подушек.



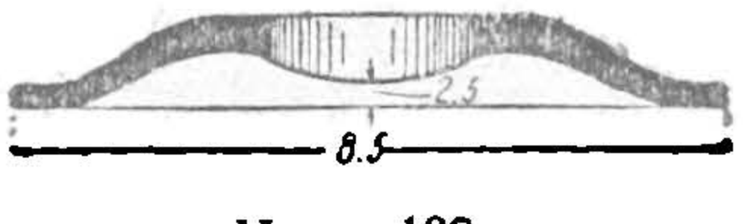
Черт. 187.



Черт. 188.

Накладки довольно мощные, симметричные, нейтральная ось их не ломаная.

Благодаря прочному закреплению в подушках стык прекрасно сопротивляется динамическим и скручивающим усилиям, но благодаря тем же подушкам этот стык довольно дорог.



Черт. 189.

Сравнение широкоподошвенного и двухголового рельсов

В Англии, в стране приморской с влажным воздухом, способ укрепления двухголового рельса в стуле помощью клина из тикового дерева отличаются очень большой прочностью При наличии уже указанной прочности закрепления двухголовый рельс обладает нижеследующими достоинствами и преимуществами.

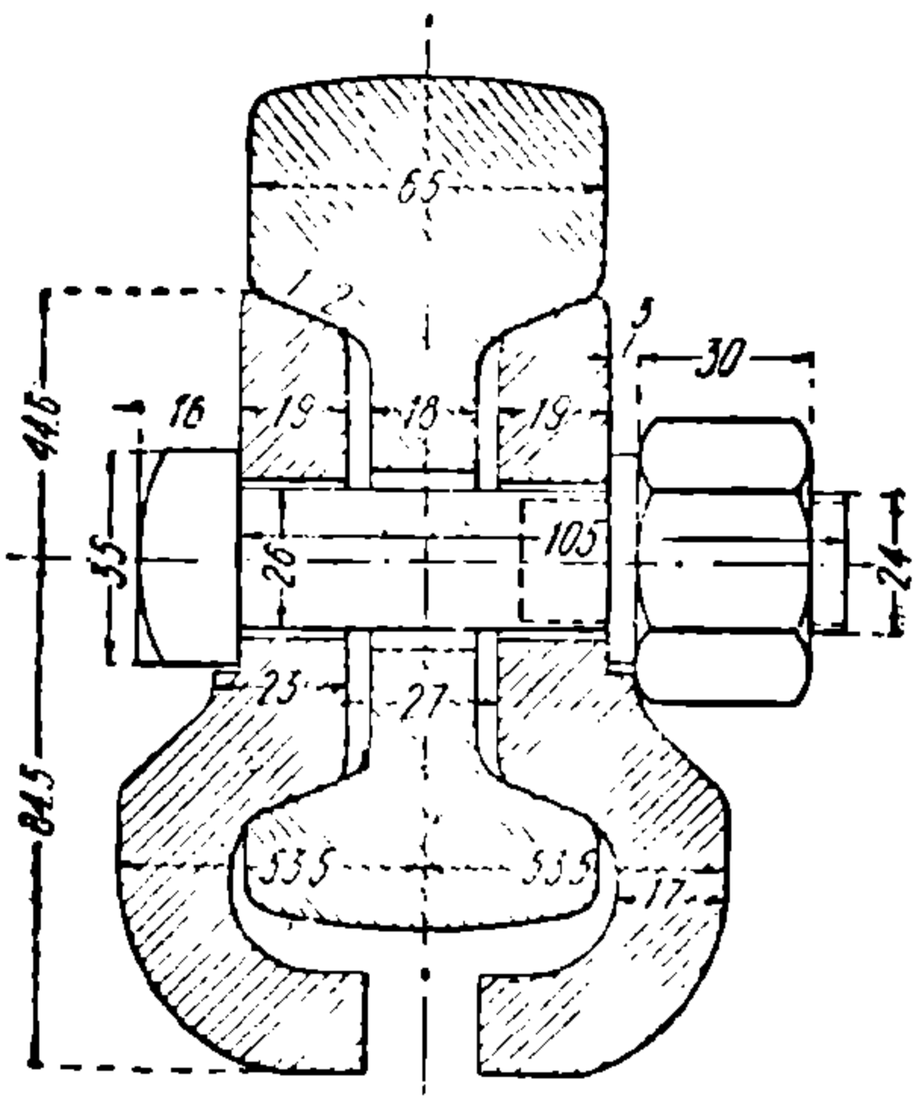
1. Симметричная форма рельса обладает большими достоинствами с точки зрения термической обработки металла и с точки зрения прокатки, о чем подробно говорилось выше.

2. Остывание обеих головок двухголового рельса гораздо равномернее, чем головки и подошвы широкоподошвенного рельса, благодаря чему при расчете двухголового рельса могут быть допущены более высокие напряжения, чем для рельса широкоподошвенного, так как при неравномерном остывании различных частей этого последнего рельса появляются внутренние напряжения материала, которые являются особенно опасными для стали и которые должны быть приняты во внимание при расчете рельса.

3. Самостоятельность прикрепления к шпалам подушки-стула независимо от закрепления рельса в подушке, помимо подробно

БТБ ДНУЖТ

рассмотренных выше достоинств такого разделения нужно указать еще на возможность при такого рода устройстве смены рельса без снятия подушек, не тревожа соединения подушки со шпалой.



Черт. 190.

4. Большая устойчивость двухголового рельса как результат прочного закрепления его в мощных и солидных подушках-стульях.

Благодаря прочному закреплению в мощных стульях с широким основанием рельс оказывает значительное сопротивление опрокидывающим его усилиям.

Благодаря указанной устойчивости двухголовому рельсу может быть придана при идентичности всех прочих условий большая высота, чем рельсу широкоподошвенному.

Высота виньолевского широкоподошвенного рельса, как мы видели выше, ограничивается соображениями об устойчивости рельса.

5. Способность рельса благодаря прочному укреплению его на опорах сопротивляться угону.

6. Способность стыка двухголового рельса благодаря прочному укреплению на стыковых шпалах в стульях сопротивляться скручивающим и другим действующим на него усилиям.

Указанное достоинство стыка двухголового рельса, помимо всех прочих, указанных выше, является одним из существенных преимуществ его сравнительно с рельсом широкоподошвенным. Это преимущество его при выборе типа рельса для линий с интенсивным движением, с тяжелыми паровозами и с большими скоростями движения заставляет многих специалистов становиться на сторону двухголового рельса.

Начинающий за последнее время привлекать к себе внимание вопрос об устойчивости движения поездов, надо полагать также более рельефно выдвинет достоинства, присущие двухголовому рельсу.

Рассмотрев различные способы перекрытия рельсовых стыков накладками, перейдем к описанию различных типов стыков с точки зрения расположения их на опоре.

в) Типы рельсовых стыков

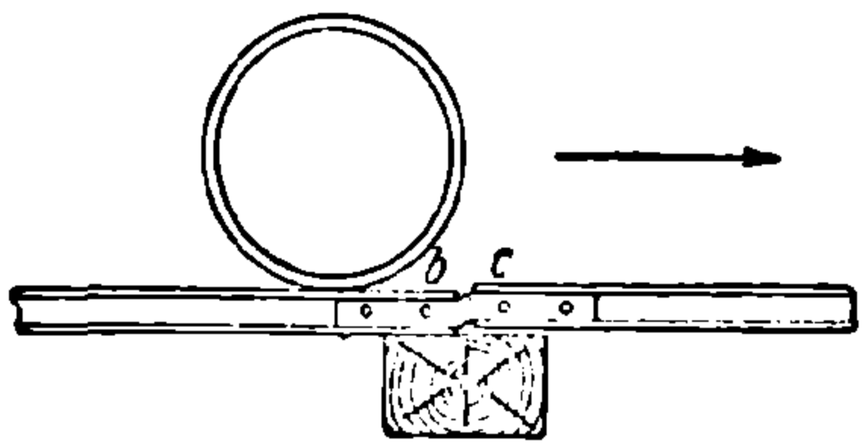
Как было указано выше, существует два основных способа расположения стыков рельсов на опоре или два основных типа стыков: стык на шпале (подпертый стык) и стык на весу (стык в пролете между опорами).

1. Стык на шпале

Стык на шпале изображен на черт. 191. Существенным недостатком такого стыка является его жесткость. В самом деле, при рассмотрении движения колеса по рельсовому стыку нам представляется

НТБ ДНУЖТ

нижеследующая картина (черт. 191): когда колесо находится на пошерстном конце рельса, то этот конец вместе со шпалой оседает, опускается; что касается противошерстного конца, то он, будучи соединен с пошерстным концом накладкой и увлекаемый этой накладкой, также опустится, но на величину несколько меньшую, чем пошерстный конец, и меньше, чем шпала и, следовательно, между подошвой противошерстного рельса и опустившейся шпалой останется небольшой зазор; когда вслед за этим колесо вступит на противошерстный конец рельса, то этот последний сразу опустится и упадет на шпалу, которая, как мы видели, расположена несколько ниже (на величину зазора); при этом рельс резко ударится о шпалу и получится резкий толчок, жесткий удар (черт. 191).

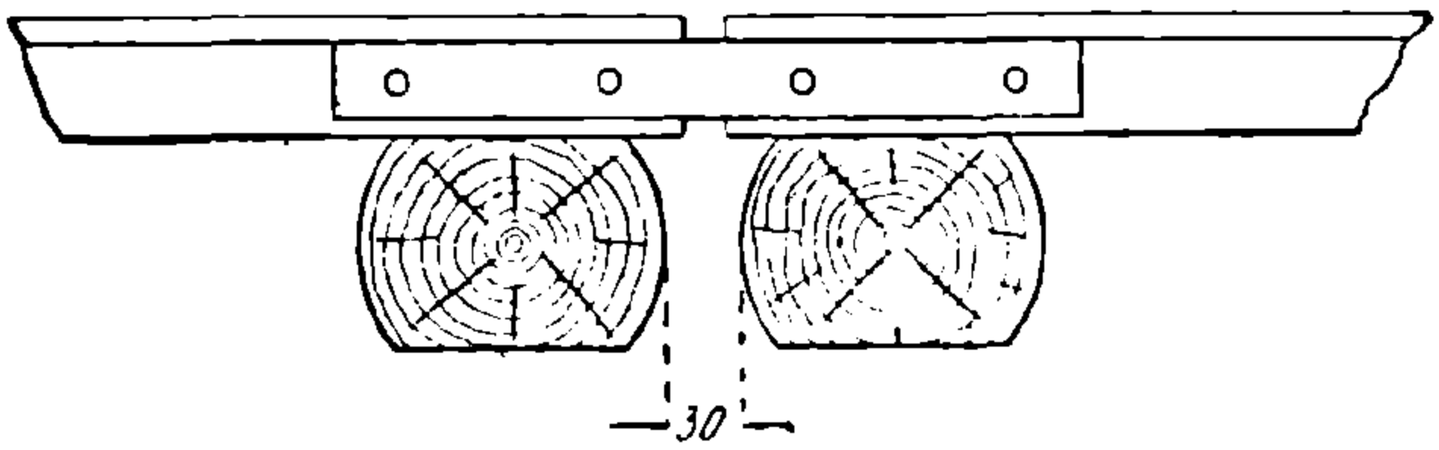


Черт. 191.

Другим недостатком стыка на шпале является то, что при таком расположении стыковая шпала находится в условиях крайней опоры неразрезной балки-рельса и потому испытывает большие давления, чем остальные шпалы и, следовательно, больше оседает.

2. Стык на-весу

Второй способ расположения стыков, именно расположение его в пролете между опорами — шпалами (черт. 192) был предложен, как было указано выше, при перекрытии стыка двухголового рельса. Двухголовый рельс прикрепляется к шпалам помощью особых



Черт. 192.

подушек. Если бы стык двухголового рельса был устроен на шпале, то указанные подушки на опорах для возможности размещения стыковых накладок пришлось бы переконструировать и сделать их более сложными, дорогими. Желание избежать указанного обстоятельства и заставило спроектировать стык между опорами, или так называемый стык на-весу.

Достоинства стыка на-весу, его преимущества по сравнению со стыком на шпале, именно отсутствие жесткости удара, присущей стыку подпертому, вскоре обнаружились на практике и заставили большинство железных дорог как за границей, так и у нас перейти от стыка на шпале к стыку на-весу, и таковой получил повсеместное широкое распространение.

Рассмотренные нами выше многочисленные способы перекрытия рельсовых стыков как заграничных, так и наших почти все относятся к стыкам на-весу. Но как ни мощны и ни остроумны рас-

РТБ ДНУЖТ

смотренные нами конструкции, тем не менее рельс в стыке является ослабленным, целость рельса нарушена, и деформации рельса в стыке под действием динамической нагрузки более значительны, чем в пролете между стыками. Желая уменьшить величину этих деформаций и достигнуть того, чтобы изгиб рельса и его опускание в стыке были, по возможности, одинаковыми с таковыми в пролете между стыками, там, где целость рельса не нарушена, стали уменьшать расстояние между стыковыми шпалами, делая таким образом пролет рельсовой балки в стыке меньше, чем пролет между другими опорами — шпалами, именно, — принимая расстояние между осями шпал в стыке равным, примерно, около 500 *мм* вместо 700 *мм*, обычно принимаемых для шпал нестыковых. На некоторых дорогах и в некоторых странах замечается определенная тенденция к еще большему уменьшению пролета в стыке, и за границей расстояние между осями стыковых шпал иногда доходит до 400 *мм* и даже до 390 *мм*. Есть предел, дальше которого уменьшение этой величины невозможно, и предел этот ставится условиями производства работ по ремонту пути, именно — по подбивке шпал: при чрезмерно малом расстоянии между шпалами невозможно правильно и удобно оперировать киркой.

Подбивка шпал производится ударами кирки по балласту с обеих сторон шпалы для исправления толчков, являющихся результатом оседания шпалы, как мы это увидим в главе „Ремонт пути".

При переходе от ручной подбивки шпал к механической, например пневматической, указанный мотив должен отпасть. Как известно, одним из достоинств механической подбивки шпал является возможность производства работ в самых неудобных местах, и ударник легко помещается в самом узком пространстве.

3. Стык на сближенных опорах проф. Васютынского

Желание еще больше уменьшить стыковой пролет, не доставляя препятствий производству работ, вызвал к жизни совершенно особый тип стыка, именно стык на сближенных опорах проф. Васютынского. Указанные выше неудобства подбивки шпал уничтожаются при шпалах, сближенных почти до соприкосновения шпал: две шпалы представляют собою как бы одну шпалу, которая и подбивается ударами кирки с двух сторон, собственно с наружной стороны каждой из шпал.

Стык проф. Васютынского изображен на черт. 192. Как усматривается из чертежа, расстояние между внутренними гранями шпал равняется 30 *мм*.

Такой стык был применен у нас на бывшей Варшаво-Венской железной дороге, за границей — на Эльзас-Лотарингских и некоторых других дорогах.

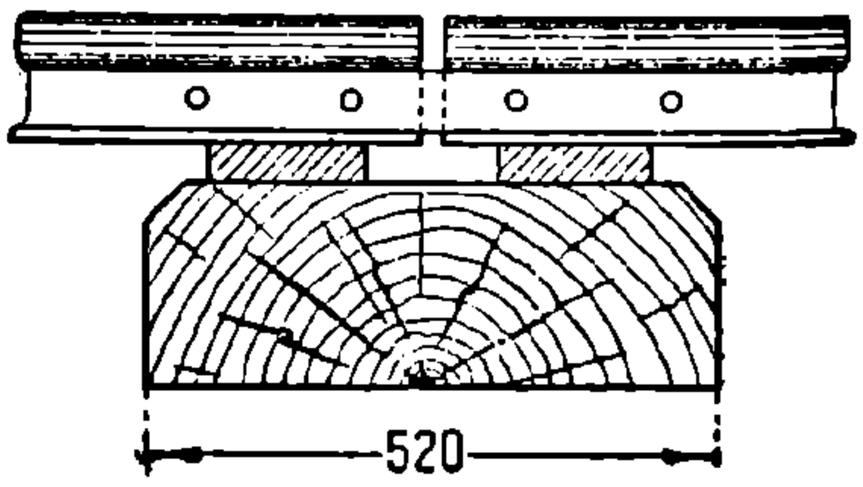
Наблюдения над стыком проф. Васютынского показали, что подбивка поперечин получается неравномерной по всей их постели, вследствие чего замечается вращение стыковых поперечин в направлении к концам рельсов, значительный прогиб концов рельсов и сильные толчки.

Стык проф. Васютынского широкого распространения не получил.

НТБ ДНУЖТ

4. Стык Баумгартнера и Шмитца

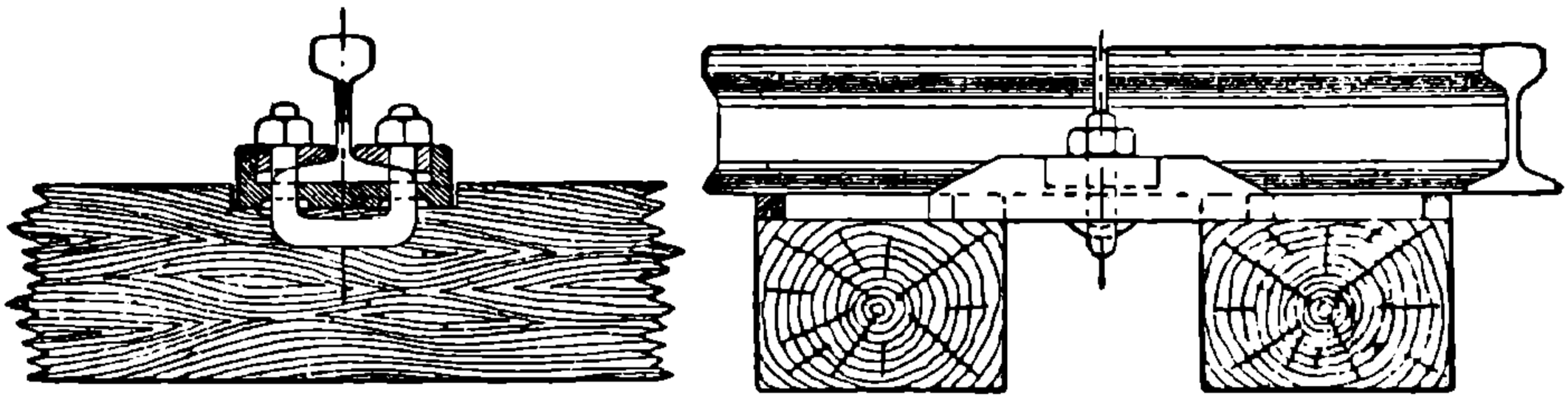
Желание уменьшить недостатки, присущие стыку на шпале, именно жесткость такого стыка, и в то же время устроить перекрытие стыка подпертым на одной шпале, вызвало к жизни особого рода стык, который не является ни стыком на шпале в чистом его виде, ни стыком на-весу; таким стыком является стык Баумгартнера и Шмитца, устроенный на одной широкой шпале, поверх которой укладывались две металлические подкладки таким образом, что концы рельсов немного свешивались с этих подкладок и стык являлся как бы стыком на-весу (черт. 193). Такой стык был применен на прусско-гессенских и датских дорогах, особого распространения не получил.



Черт. 193.

5. Мостовые стыки

В 70-х годах в Америке появились особой конструкции стыки, получившие наименование мостовых стыков. Такое название они получили потому, что стыковые шпалы в такого рода стыках пере-


Черт. 194.

крывались металлической планкой или подушкой, как бы мостиком, поверх которого укладывались концы соединяемых между собою рельсов.

Первым стыком этого рода был стык Фишера, изображенный на черт. 194. Как усматривается из чертежа, стыковые шпалы перекрываются подушкой коробчатого сечения. Поверх подушки укладывались концы соединяемых рельсов, которые помощью особых вкладышей и болта плотно прикрепляются к подушке. Никаких боковых накладок, перекрывающих стык, не имеется (черт. 194).

Стык Фишера, помимо недостаточной боковой устойчивости, обладает еще недостатком, присущим всем мостовых стыкам вообще — жесткостью ударов, подобно тому как это имеет место в стыке на шпале. Стык Фишера не получил распространения даже у себя на родине в Америке.

После стыка Фишера появилось много других конструкций стыков. К мостовым стыкам надо отнести и стыки с описанными выше накладко-подкладками, именно американские стыки „Continuous joint"; нижние полки накладок опираются на опоры и являются мостиком.

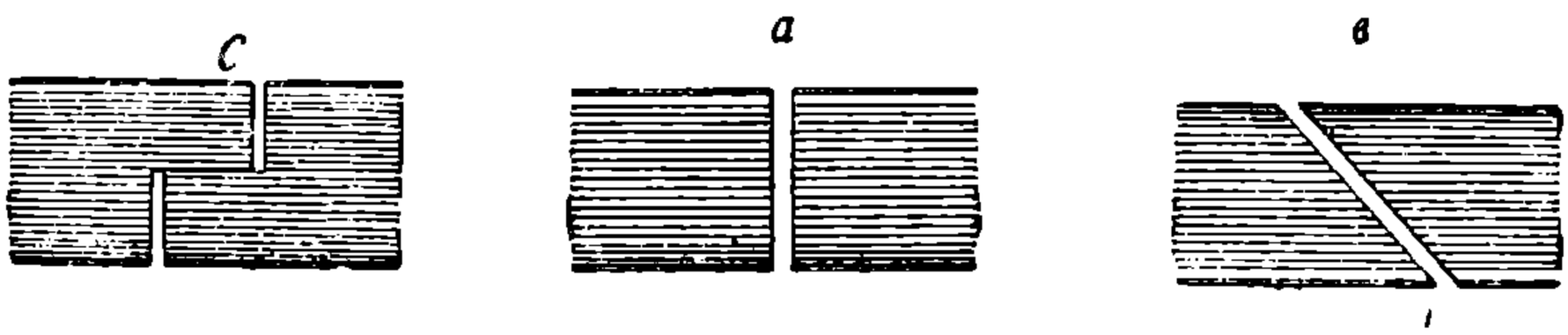
НТБ ДНУЖТ

Примыкание концов рельсов может быть сделано по одному из нижеследующих способов.

1) Тупой стык. Концы рельсов срезаны по наугольнику (черт. 195-а). Это самый старый способ примыкания концов рельсов. Недостатком такого способа является то, что колесо, проходя через стык, поддерживается одним рельсом, вследствие чего при проходе колеса по пошерстному концу оно прогибает его сильней, чем противошерстный, и потому при вступлении колеса на противошерстный получается удар.

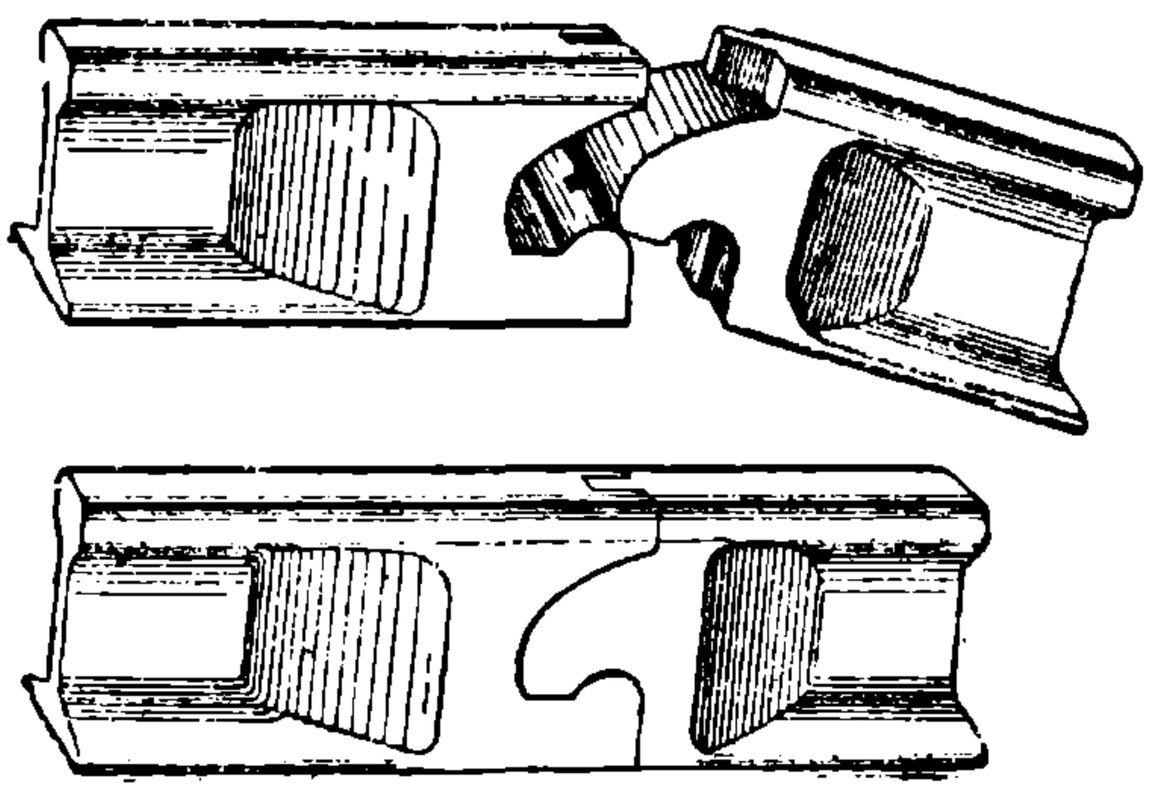
2) Косой стык; 3) стык внахлестку. Желая избежать этого недостатка был предложен косой стык, т. е. такой, у которого концы рельсов срезаны под углом к продольной оси, и стык внахлестку (черт. 195-в и 195-с).

При косом стыке при проходе колеса по стыку оно поддерживается все время обоими рельсами. На практике такое примыкание оказалось неудовлетворительным. При стыке внахлестку рельсы так состроганы, что получается соединение их вполдерева (черт.



Черт. 195.

195-с). Таких стыков имеется несколько типов, из них наибольшее распространение имел стык Рюппель-Кона (Rüppel-Kohn) с толстой шейкой в 18 *мм*. Но как этот, так и все другие стыки этого рода оказались на практике неудовлетворительными. Одним из недостатков таких стыков является то, что шейка толщиною даже в 18 *мм* после сострогивания на половину до толщины в 9 *мм* получилась чересчур слабой и под действием вертикальной нагрузки выпучивалась в сторону. Указанного рода стыки с вертикальной нахлесткой распространения не получили.



Черт. 196.

В последнее время появилась идея устраивать стыки с горизонтальной нахлесткой. Какое получит осуществление эта идея и оправдает ли она себя, пока неизвестно.

4) Лапчатый стык. Нужно указать на один оригинальный способ примыкания концов рельсов, именно на так называемый лапчатый стык. На черт. 196 изображен лапчатый стык американского инженера Барнгилля.

Как видно из чертежа, один рельс заканчивается приливом с когтеобразным выступом, а другой — с соответственным углублением. Для того чтобы рельсы соединить или разъединить доста-

РГБ ДНУЖТ

точно приподнять концы рельсов на высоту в 20 *см.* При данном соединении никаких стыковых накладок, ни болтов не требуется. Испытания этого рода стыка в Америке дали благоприятные результаты.

В настоящиее время широкое и повсеместное распространение имеет примыкание тупое (тупой стык).

Мы рассмотрели целую серию самых разнообразных конструкций рельсовых стыков, получивших применение как у нас, так и за границей. Несмотря, однако, ни на мощность некоторых из рельсовых перекрытий, ни на остроумие конструкций, дальше которых как будто итти уже некуда, тем на менее больной вопрос о рельсовых стыках является далеко не разрешенным. Цельность рельса в стыке нарушена, и стык продолжает оставаться слабым, больным местом рельсового пути; стыки не перестают быть нашими величайшими врагами.

Единственно правильным разрешением этого больного вопроса является совершенное уничтожение рельсовых стыков. Над этим техническая мысль продолжает работать и к этому стремится.

Вопрос здесь, конечно, не в том, как соединить в стыке рельсы между собой таким образом, чтобы они вполне заменили собой целый рельс. Этого достигнуть можно, и, вероятно, в скором времени будут так усовершенствованы методы спайки рельсов (помощью ли ацетиленовой сварки, термитовой или другой, ныне практикуемой на городских железных дорогах), что спаяный рельс в стыке будет не менее прочен, чем в пролете между стыками. Вопрос, следовательно, не в этом, вопрос гораздо сложнее, а именно в том, можно ли лежащие в пути рельсы иметь спаенными на большом протяжении, например на протяжении нескольких километров. Что нужно сделать для того, чтобы лежащие без зазоров рельсы в пути не выпирало в сторону при повышении температуры воздуха, при нагревании рельсов солнечными лучами.

Пока мы не разрешим этого основного вопроса, спайку рельсов возможно применять лишь в некоторых частных случаях, как-то: в туннелях, где не имеется резких колебаний температуры, на мостах, где имеются уравнительные приборы, и таким образом больной вопрос с рельсовыми стыками будет так же далек от своего разрешения, как сейчас.

Таким образом, все наши стремления должны быть направлены к тому, чтобы кардинально разрешить этот основной вопрос о возможности совершенного уничтожения рельсовых стыков, т. е. о возможности спайки рельсов в пути на большом протяжении.

На городских железных дорогах спайка рельсов давно уже практикуется совершенно безболезненно без всякого опасения выпирания рельсов в сторону; это объясняется, как известно, тем, что нижняя часть рельсов заделана в мостовой и большая часть рельсов является прикрытой от действия солнечных лучей, а следовательно, влияние температуры сильно ослаблено; кроме того, и заделка рельсов в мостовой столь прочна, что не может быть и речи о выпирании рельсов в сторону.

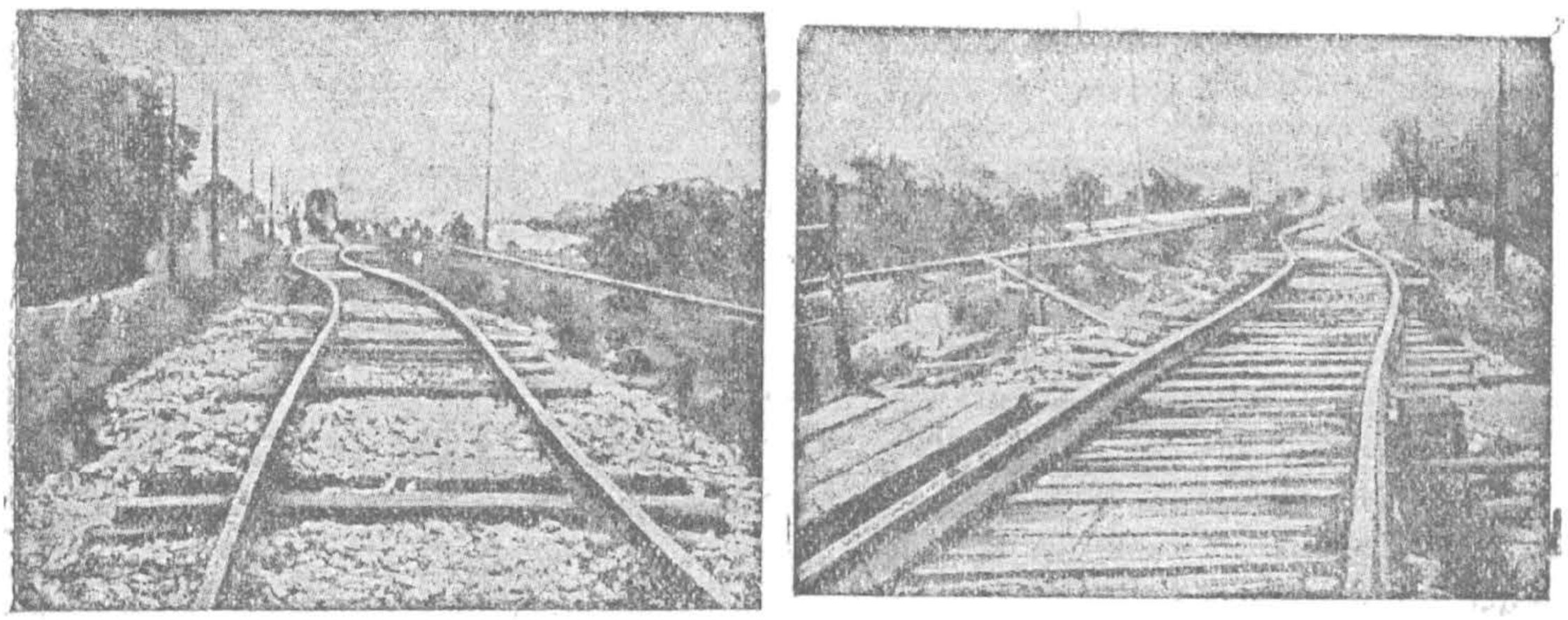
Совсем не так обстоит дело с паровозными железнодорожными путями, где рельсы являются совершенно незащищенными от влияния солнечных лучей.

РГБ ДНУЖТ

Были попытки покрывать шлаком рельсовые пути вплоть до головки рельсов, но такие попытки успехом не увенчались. Бывали случаи, что при снятии шлака для производства ремонтных работ рельсовый путь внезапно выпирало в стороны и вернуть его в нормальное положение представляло колоссальные трудности.

Если этот исключительно сложный вопрос в настоящее время является еще неразрешенным, то в конце-концов он должен быть разрешен и будет разрешен — вопрос лишь времени. Надеясь, что недалеко то время, когда мы будем иметь рельсовый путь без стыков, т. е. отрицая стык, мы временно миримся с его существованием. При осуществлении нашей надежды мы получим настоящую революцию в конструкции верхнего строения пути; рельс будет иметь совсем другое поперечное сечение, другую форму, другие размеры, все другое это действительно будет революционным скачком.

Нам представляется, что следует путем теоретических расчетов и опытных наблюдений прежде всего выяснить, какой предельной длины рельсовый путь со спаянными стыками может лежать



Черт. 197.

в пути без всякой опасности его выпирания. Зная эту величину, нужно будет выяснить, в каких местах, т. е. через какие промежутки по длине нужно будет закрепить путь, чтобы он был лишен возможности подвергаться выпиранию и, наконец, выработать самый метод закрепления пути в указанных пунктах. Техническая мысль должна пролить свет на этот пока еще темный вопрос и должна его разрешить.

На фотографическом снимке (черт. 197) изображен пример бокового выпучивания пути, имевшего место на Швейцарской линии 9 августа 1925 г. Выпучивание произошло на прямой длиной 1 650 *м* на протяжении 130 *м* по S-образной кривой со стрелой в $^1/_3$ ширины пути при температуре 50° во время смены шпал, вынимавшихся по две на звене.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Из какого материала изготовляются рельсы, из каких главнейших химических элементов состоит материал рельса?
2. Какие элементы делают рельс твердым и какие являются вредными?
3. Что такое браковычные признаки и каким испытаниям подвергается рельс согласно техническим условиям?

НТБ ДНУЖТ

4. Что такое микроструктурные и макроструктурные испытания рельсов?
5. Что такое Видмандштедтова структура?
6. Что такое термическая обработка рельса и какие достоинства сорбитных рельсов?
7. Какие меры улучшения рельсовой стали намечаны планом реконструкции?
8. Какие причины определили форму поперечного сечения рельса и соотношения в размерах отдельных частей его?
9. В чем заключаются достоинства и недостатки широкоподошвенных (Виньолевских) и двухголовых (Стефенсоновских) рельсов?
10. Сколько нормальных типов рельсов было принято на дорогах СССР до настоящего времени и какой новый тип рельса принят согласно плана реконструкции, каков вес и основные размеры этих рельсов?
11. Сравните размеры и веса различных типов заграничных (европейских и американских) рельсов с нашими стандартными. Насколько заграничные тяжелее наших?
12. Какая длина рельсов принята в СССР и за границей? Какая длина вновь прокатываемых рельсов намечена планом реконструкции?
13. По каким причинам приходится ограничивать длину рельсов? Как определяется величина необходимого зазора?
14. Какое влияние на излом рельсов имеют вес и скорость движения поездов и качество содержания пути.
15. Что такое износ рельсов, какими причинами он вызывается? Какие нормы допустимого вертикального износа?
16. Что называется рельсовыми скреплениями?
17. Какая разница в работе костылей и шурупов?
18. Какие меры повышают прочность укрепления костылей и шурупов? Что такое винтовые дюбели, каково их назначение, в чем преимущество предварительного просверливания дыр для костылей?
19. Что такое подкладки и каково их назначение?
20. Что представляют собой рельсовые стулья и подушки, и в чем заключается их преимущество перед нашим типом скреплений?
21. Как следует подготовить постель шпалы, если применяются не клинчатые подкладки?
22. В чем заключается преимущество раздельности прикрепления рельса к подкладке от прикрепления подкладки к шпале? В каком типе скрепления осуществлена идея такого раздельного скрепления?
23. Как прикрепляется рельс к металлическим шпалам?
24. Какого типа подкладка принята у нас планом реконструкции для стандартного типа скреплений к рельсам II-а и III-а? Где такой тип оправдал себя на практике и какие хорошие стороны таких подкладок?
25. Какой вред для рельсового пути несет с собой наличие рельсовых стыков?
26. Есть ли надежда добиться уничтожения рельсовых стыков и чем задерживается осуществление этой надежды?
27. Из каких частей состоит стыковое соединение рельсов и каково его назначение?
28. Какие существуют типы стыков в зависимости от их расположения по отношению к опоре—шпале?
29. В чем состоит назначение накладок?
30. Какой формы и каких типов бывают накладки?
31. Какими недостатками отличаются фартуковые накладки?
32. Что представляют собой накладки американского типа и в чем их преимущество? Что такое мостовые накладки?
33. В чем сущность новейших испытываемых за границей накладок: американских (гед-фри), французских (стропильной системы) и немецких (на сдвоенных шпалах) и какими достоинствами обладают эти накладки?
34. Какого типа накладки приняты у нас планом реконструкции для стандартного типа скреплений к рельсам IIа и IIIа?
35. Каково назначение болтов? Какие меры применяются против вращения болта при завинчивании?
36. Что такое пружинные шайбы и каково их назначение?
37. В чем выражаются причины износа и разрушения накладок?
38. Какие накладки применяются при двухголовых рельсах? Какими достоинствами отличается стык двухголового рельса?

§ 16. Рельсовые опоры

Рельсовые опоры, применяемые на железных дорогах, бывают весьма различны как по своей конструкции, так и по роду материала.

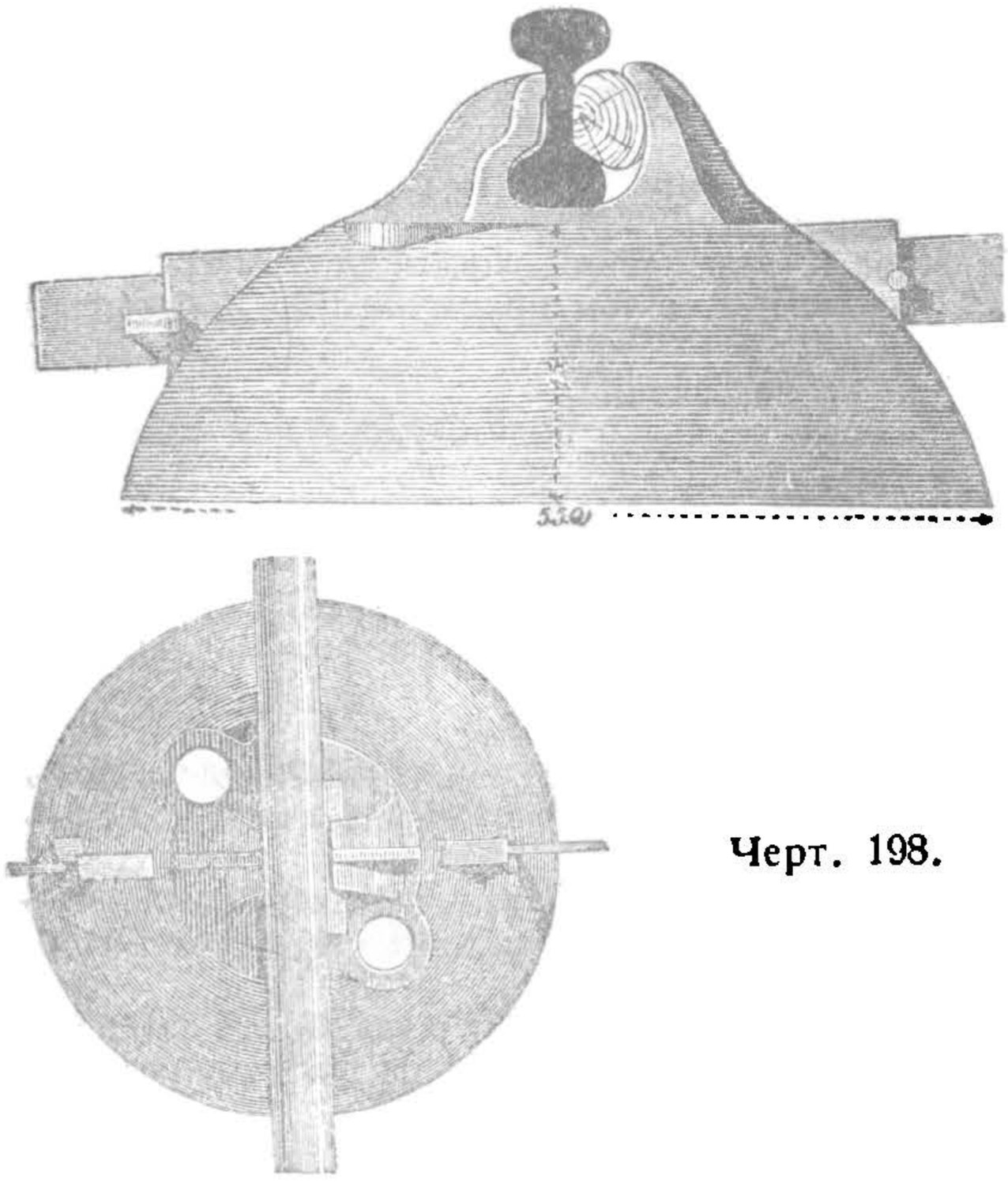
НТБ ДНУЖТ

По форме рельсовые опоры можно разделить на три категории:

1) опоры в виде отдельных стульев, 2) продольные лежни и 3) поперечины.

1. ОТДЕЛЬНЫЕ ОПОРЫ

Верхнее строение на отдельных опорах было в большом употреблении в первое время постройки железных дорог. Примером таких путей могут служить уложенные на штучных камнях пути Джезопа, описанные выше в историческом очерке развития железных дорог на стр. 12 и изображенные на черт. 4. Отдельные опоры делались не только из камня, но из дерева и металла.



Черт. 198.

Деревянными опорами в Европе служили квадратные или прямоугольные колоды, расположенные на поверхности полотна, в Америке деревянными отдельными опорами служили сваи. Такие отдельные деревянные опоры в настоящее время совершенно не употребляются.

Отдельные металлические опоры употреблялись с давнего времени и сохранились до сих пор в странах с тропическим климатом (например Индии), где деревянные опоры подвержены быстрому разрушению от насекомых и от влияния погоды.

Отдельные металлические опоры встречаются двух типов: колкообразные и плоские. Такие опоры изображены на чер. 198 и 199.

Отдельные каменные опоры употребляются в Европе и Америке и до сего времени, но лишь в особых случаях, например на кочегарных ямах. Обычно таким опорам придается форма куба.

Для прикрепления рельса в каменные опоры обычно заделываются деревянные пробки или бруски, в которые и вбиваются костыли или ввинчиваются шурупы; иногда вместо пробок в камне высверливаются дыры, в которые вставляются костыли или шурупы; последние затем укрепляются в дырах помощью заливки свинцом.

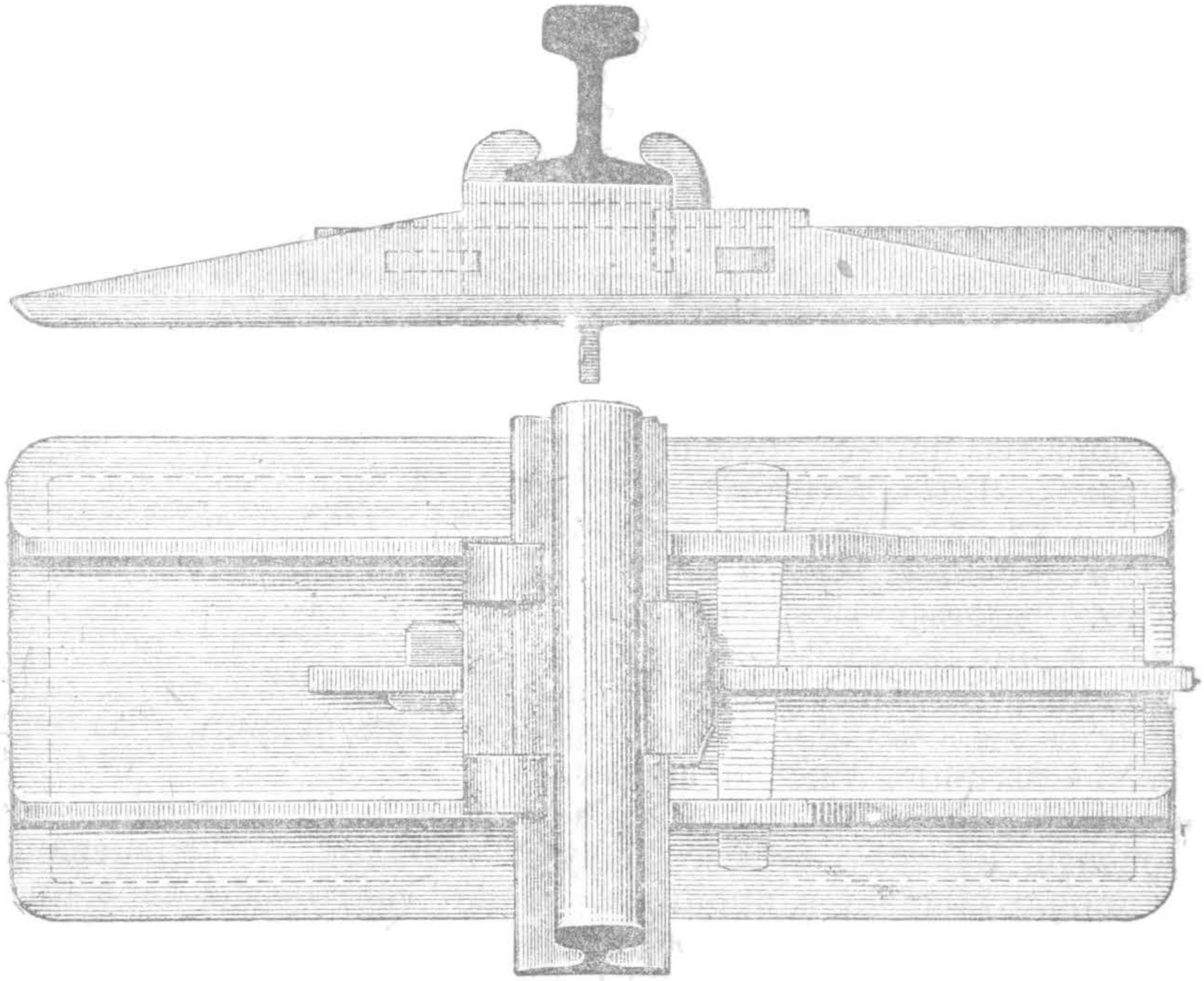
Верхнему строению на отдельных опорах, из какого бы материала эти опоры не устраивались, присущ один общий им всем недостаток, именно — недостаточная поперечная связь между двумя опорами и, следовательно, между двумя рельсами, расположенными на таких опорах. Исключение составляют лишь такого сорта

ГПБ ДНУЖТ

отдельные опоры, которые как например опоры на кочегарных ямах, прочно, неподвижно заделаны в основание (тесаный камень заделан в стенку кочегарной ямы).

2. ПРОДОЛЬНЫЕ ЛЕЖНИ

Верхнее строение на деревянных продольных лежнях имело широкое распространение на первых железных дорогах. Такого типа опоры отличаются недостаточной устойчивостью, недостаточной поперечной связью двух рядом лежащих опор-лежней.



Черт. 199.

В настоящее время верхнее строение на продольных деревянных лежнях совершенно вышло из употребления за исключением верхнего строения на металлических мостах.

3. ПОПЕРЕЧИНЫ

В настоящее время повсеместное широкое распространение в качестве рельсовых опор получили поперечины или шпалы, т. е. такие опоры, которые укладываются поперек пути перпендикулярно к продольной его оси, и именно так, что одна опора, одна поперечина или шпала подводится под оба рельса колеи; таким образом получается прочная, жесткая связь между двумя рядом лежащими рельсами.

На рассмотрении этих опор остановимся несколько подробнее. Поперечины устраиваются из дерева, металла, железобетона, асбестона, иногда железо-деревянные.

НТБ ДНУЖТ

Особенное распространение получили поперечины деревянные и металлические.

а) Деревянные поперечины

Деревянные поперечины делаются из дуба, бука, сосны, кедра, лиственницы, пихты, горной ели, тика, благородного каштана и других пород

Для увеличения срока службы деревянных шпал, именно для предохранения их от гниения, они обычно пропитываются различными антисептиками, о чем будет сказано далее.

Из указанных выше пород дуб обладает наибольшей твердостью, наибольшей способностью сопротивляться действующим на него силам, наибольшей долговечностью даже в непропитанном виде. Пропитыванию дуб не особенно поддается, пропитывающее вещество дуб принимает только в пределах тонкого слоя заболони.

Срок службы шпалы из пропитанного креозотом дуба колеблется в среднем от 18 до 25 лет.

Одним из существенных недостатков дуба является его способность растрескивания.

По образовавшимся трещинам вода получает доступ к внутренним частям шпалы, которые не поддаются пропитыванию; кроме того, и гнездо костыля при наличии трещины не будет столь надежным и прочным, как в шпале из материала, не обладающего такой способностью растрескиваться.

Имея кроме вышеизложенного в виду также и дороговизну дуба, казалось бы правильным скорее употреблять дуб на другие обустройства железнодорожного хозяйства, как например на буферные брусья вагонов, а не на шпалы.

Бук так же тверд, как и дуб, но в непропитанном состоянии очень недолговечен. Буковое дерево, будучи породой бессердцевинной, очень хорошо поддается пропитке, жадно впитывая в себя пропитывающее вещество. Продолжительность службы пропитанного бука очень велика; срок службы буковой шпалы, пропитанной креозотом, колеблется в среднем от 20 до 30 лет. При быстром высыхании бук легко трескается. Буковые шпалы уже давно имеют широкое распространение во Франции и за последнее время получают таковое и в Германии.

Сосновое дерево состоит из богато насыщенной смолой сердцевины и мягкой заболони, в сыром виде мало устойчивой против гниения, но прекрасно принимающей пропитывающее вещество. Срок службы пропитанной креозотом сосновой шпалы колеблется от 15 до 20 лет; пропитанной хлористым цинком — около 10 лет и не пропитанной — около 5 лет. Сосна не обладает такой твердостью, как дуб, но зато она и значительно дешевле дуба. Кроме того, сосна не обладает способностью расстрескиваться; отличается прямизной и большой упругостью. Сосновые шпалы имеют широкое распространение в Германии. У нас главным образом употребляются шпалы сосновые.

Упомянутые выше другие породы, например кедр, также могут служить хорошим материалом для изготовления шпал, но пользоваться им для указанной цели рационально лишь там, где он

НТБ ДНУЖТ

имеется в изобилии, например у нас в Сибири. В последнее время у нас выдвигается вопрос об употреблении еловых шпал. По своим качествам они несравненно ниже сосновых.

С технической точки зрения деревянные шпалы обладают нижеследующими ценными качествами:

а) большой упругостью, благодаря которой путь на деревянных шпалах получается мягким: отсутствие жестких ударов, присущих, например, пути на металлических шпалах;

б) глубокое положение опорной поверхности: шпала зарыта в балласт и с трех сторон покрыта балластом; такое положение шпалы при достаточном весе около 80 *кг* обеспечивает устойчивое положение рельсового пути;

в) удобная подбивка шпал;

г) легкая обработка и возможность приладить шпалу для различных способов укладки рельсов без подкладок, с подкладками плоскими, с подкладками наклонными;

д) ценным качеством с экономической точки зрения является дешевизна, в особенности для нашей страны.

Благодаря указанным высоким качествам деревянные шпалы получили широкое распространение во всех странах, а у нас исключительное.

Лесистость нашей страны равна 25%; у нас имеется около 546 миллионов гектаров леса; мы владеем почти $^1/_3$ лесов всего земного шара. Неудивительно, что при наших громадных лесных богатствах у нас употребляются исключительно деревянные шпалы.

Деревянные шпалы нашли себе широкое применение и за границей как в Европе, так и в Америке. Даже такая страна, как Англия, с лесистостью всего около 4% и сильно развитой металлургической промышленностью, является сторонницей деревянных шпал.

В Германии наряду с деревянными поперечинами имеют значительное распространение и металлические, и это объясняется тем, что собственного леса там хватает лишь на 40% поперечин, на остальные 60% поперечин употребляется лес привозный из за границы (сосновые — от нас, дубовые — из Венгрии и Галиции).

В Америке основными поперечинами считаются деревянные; хотя имеют распространение и металлические, что можно объяснить заинтересованностью стального треста, владеющего многими железными дорогами. В общем металлические поперечины получили очень малое распространение: в Европе и Северной Америке из всех путей лишь около 1% лежит на металлических поперечинах.

Итак, у нас употребляются исключительно деревянные шпалы (если не считать опытов с железобетонными шпалами), и употребляется у нас деревянных поперечин громадное количество.

При правильном ведении железнодорожного хозяйства, при нормальной смене шпал на эксплоатируемых дорогах, при нормальном строительстве железных дорог наша ежегодная потребность в новых шпалах может достигать грандиозной цифры в несколько десятков миллионов штук.

Не останавливаясь на точном определении указанной цифры, которая является величиной, сильно колеблющейся в зависимости от размеров нашего железнодорожного строительства и от целой

НТБ ДНУЖТ

серии экономических и других факторов, мы можем во всяком случае констатировать, что потребность в шпалах у нас громадная.

Ввиду этого на наше шпальное хозяйство мы должны обратить самое серьезное внимание и принимать всевозможные меры к наиболее рациональной постановке этого хозяйства, так как всякого рода улучшения в этой области несомненно принесут большую экономию.

Одной из первых задач в этом смысле является задача продления срока службы шпал. Чем дольше будут служить шпалы, тем меньше будет наша ежегодная потребность в новых шпалах.

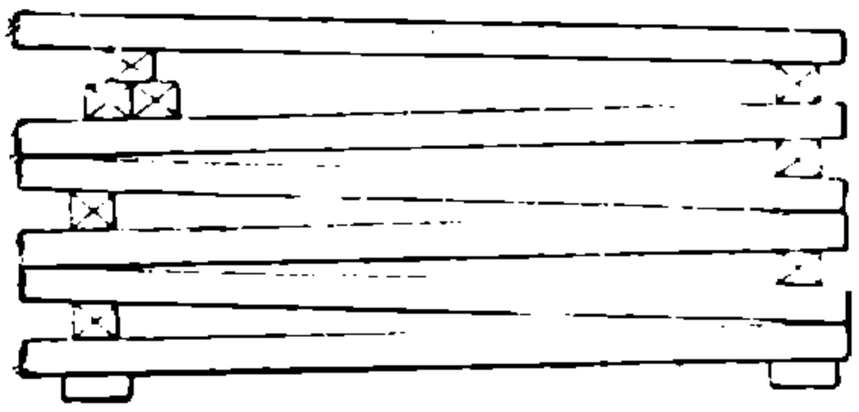
К мероприятиям, служащим для продления срока службы шпал можно отнести: меры к предохранению шпал от гниения и преждевременного износа и меры, направленные против преждевременного изъятия из пути шпал, могущих еще служить.

Рассмотрим эти мероприятия.

Меры к предохранению шпал от преждевременного загнивания.

Такими мерами являются:

а) изготовление шпал из безусловно здорового леса, что обеспечивается тщательностью и строгостью приемки поставляемого леса;



Черт. 200.

б) сбережение шпал до укладки их в путь, для чего необходимо склады шпал устраивать в отдалении от болот от строительного мусора и мест, где могут выделяться миазмы, и располагать штабеля шпал и укладывать шпалы в самих штабелях так, чтобы имелась надлежащая циркуляция воздуха и естественная просушка шпал.

Одним из рациональных способов расположения шпал в штабелях является способ расположения согласно черт. 200 в одном ряду 7 штук шпал, всего в штабеле 50 шт.

Что касается просушки шпал перед их пропиткой, то здесь нужно различать естественную сушку на открытом воздухе, продолжительность которой желательно было бы установить в один год, и искусственную сушку.

Так, за границей, именно во Франции, за последнее время применяется искусственная сушка шпал в специальных камерах, куда поступает нагретый воздух. Температура воздуха доходит постепенно от 30°Ц в момент поступления поперечин в камеру до 80°Ц при выходе из камеры.

Продолжительность такой сушки около 70 часов для бука и около 140 часов для дуба. В этой быстроте просушки громадное преимущество искусственной сушки перед естественной, но зато она дорога.

Кроме указанного способа применяются и другие, как, например, помощью электричества.

б) пропитка шпал антисептиками

Причины гниения дерева

Основной, главной причиной гниения древесины являются грибы.

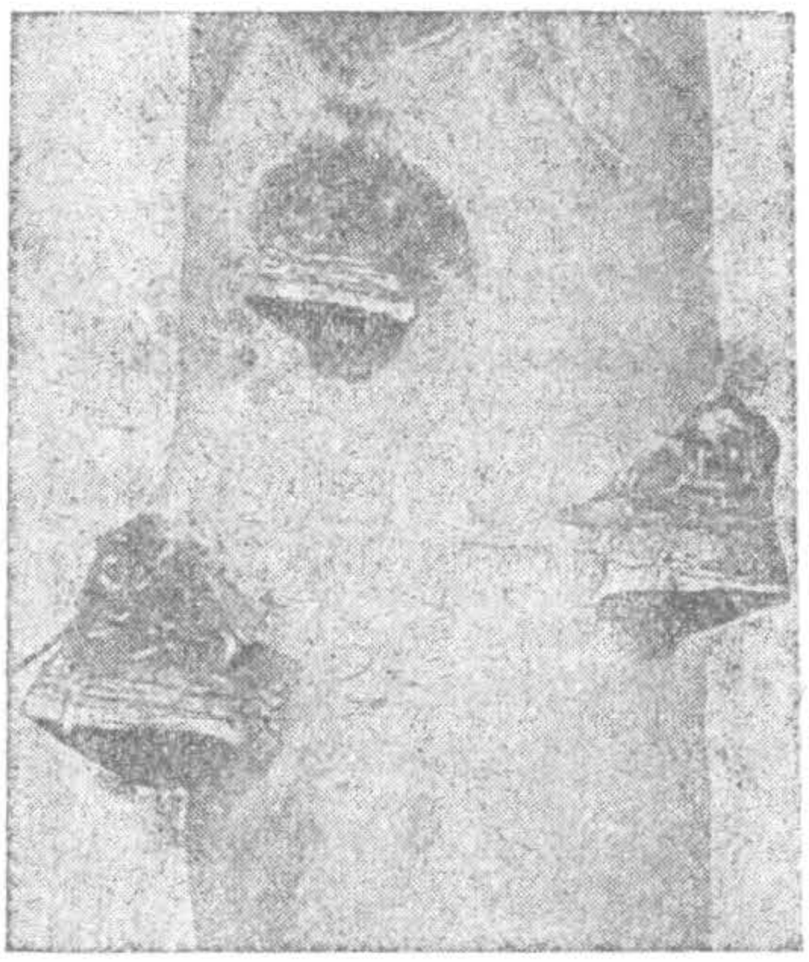
Гриб — это простейший растительный организм, относящийся к споровым, т. е. к таким, которые размножаются спорами, т. е.

НТБ ДНУЖТ

мелкими клетками, а не семенами, как высшие растения, и тело которых не состоит из корня, стебля и листьев, как у высших растений, а обычно из тонких нитей, называемых гифами (иногда окрашенных, иногда бесцветных), которые сплетаются, разветвляются и образуют грибницу или мицелий.

Клетчатое строение гриба иногда можно различить простым глазом, как например у плесени, иногда же только под микроскопом, как например у обыкновенного белого гриба. Гриб характеризуется между прочим и тем, что в его клетках отсутствует зеленое красящее вещество — хлорофил, имеющийся в других растениях. Вследствие отсутствия хлорофила грибы не могут добывать питательные вещества самостоятельно, а берут их или у живых организмов (это грибы—паразиты) или у мертвых организмов (это грибы—сапрофиты).

Зарождение гриба производится или спорами гриба или мицелием. Некоторые грибы в течение дня рассеивают 3 571 000 000 спор,



Черт. 201.



Черт. 202.

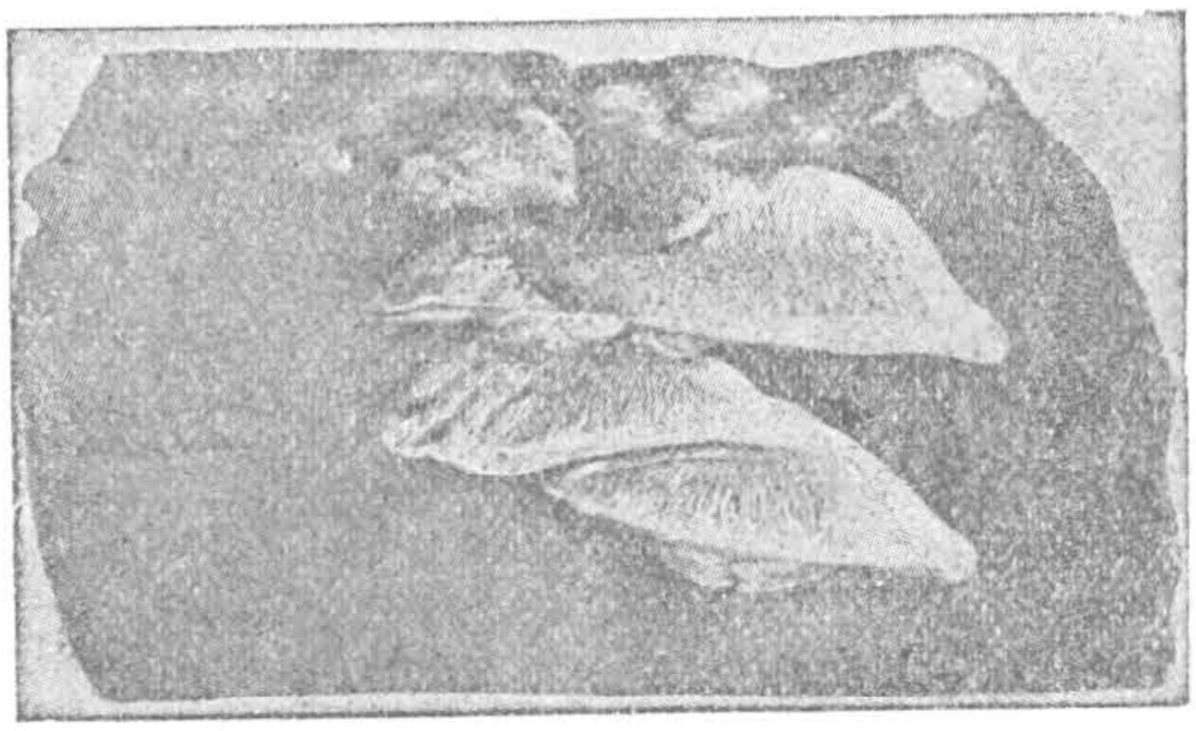
которые на большое расстояние разносятся ветром и, при благоприятных условиях, заражают живое или мертвое дерево. Споры образуются или на мицелии или в особых вместилищах, называемых плодовыми телами. На черт. 201 изображено плодовое тело гриба „трутовика" — паразита лиственных деревьев (на фотографии изображена осина). Плодовое тело копытообразной формы, очень твердое с темной верхней поверхностью. Гниль, вызываемая этим грибом, располагается в сердцевине ствола.

На черт. 202 изображена древесина, разрушенная грибом Poria vaporaria. Плодовое тело имеет вид белых пленок. На зараженном дереве замечается скопление мицелия белого цвета. Мицелий в трещинах гнили белый, веткообразный, пушистый. Поврежденная древесина приобретает бурый цвет и, растертая между пальцами, превращается в порошок. Этот гриб встречается на шпалах. На черт. 203 изображена дубовая шпала, пораженная грибом Daedalea quaercina Pers, именно — изображено плодовое тело этого гриба. В древесине, пораженной этим грибом, появляются трещины вдоль сердцевинных лучей. В трещинах замечаются тонкие пленки мицелия серовато-темного цвета. Этот гриб вызывает сильное и быстрое разрушение

НТБ ДНУЖТ

(помещенные фотографии и приводимые сведения о вредителях дерева и о пропитке заимствованы из труда: проф. А. В. Сапожников, С. И. Ванин и Б. Ф. Копытовский — „Предохранение деревянных шпал от преждевременного разрушения", Москва, 1926 г.). Заражение мицелием происходит при непосредственном соприкосновении здоровой и зараженной древесины. У растущего дерева заражение может произойти через корень. Для заражения необходимо, чтобы мицелий или споры попали в клетки древесины. Кора живого дерева предохраняет его от заразы. Для заражения необходимо, чтобы кора была повреждена (ранение). Для заражения необходима определенная температура, влажность и отсутствие ядовитых веществ.

Что касается ядовитых веществ, то грибы убиваются не только такими сильными ядами, как сулема или хлороформ, но и такими, как например, дубильные вещества или танин; поэтому, такие лиственные породы, в древесине которых имеются дубильные вещества или танин, способны оказывать сопротивление развитию грибов. Смола хвойных деревьев также препятствует развитию грибов. Некоторые специалисты полагают, что такое влияние смолы объясняется не ее токсическим воздействием (ядовитостью), а механическим: смола препятствует проникновению гриба в древесину.



Черт. 203.

Для предохранения шпал от гниения обычно применяется пропитка их различными антисептиками.

Все антисептики можно разделить на две группы: 1) антисептики минерального происхождения (нейтральные соли кислот соляной, серной, фтористоводородной и др.), а именно: сулема, фтористый натр, медный купорос и хлористый цинк; 2) антисептики органические (различные масла, приготовленные из смол, полученных из сухой перегонки каменного угля, дерева и др.), а именно: креозот (креозотовое масло каменного угля, бурых углей или древесной смолы), карболинеум, смолы, гудрон, асфальт и др.; 3) в последнее время употребляются комбинированные антисептики — смеси некоторых солей с органическим препаратами.

1. Антисептики минерального происхождения:

а) улема (хлорная ртуть $HgCl_2$). Самый сильный антисептик.

б) Фтористый натрий NaF. Прекрасный антисептик особенно в виде комбинированных антисептиков. Для пропитки применяются в виде 4% раствора. Имея в виду наличие богатых месторождений фтористых минералов в Туркестане и Забайкальской области, этот антисептик должен у нас получить большое распространение.

в) Хлористый цинк $ZnCl_2$. Бесцветная, прозрачная кристаллическая масса. Легко растворяется в воде. Антисептичность очень

РТБ ДНУЖТ

слабая. Обладает способностью выщелачиваться из пропитанной шпалы. Крепость раствора для пропитки 3%.

г) Медный купорос $CuSO_4SN_2O$. Нейтральная соль в виде кристаллов синего цвета. Обладает слабыми антисептическими свойствами. Вредно действует на соприкасающиеся металлические части.

д) Поваренная соль NaCl. В чистом виде не является антисептиком для дерева, но в соединении с другими минеральными примесями, которые имеются в природных естественных растворах, содержащихся, например, в соляных озерах, применяются для консервирования шпал. У нас, например, производится вымачивание шпал в течение 4 месяцев в морской воде лимана Сиваш. Продолжительность службы таких шпал около 6—8 лет.

2) Антисептики органические:

а) Креозот (каменноугольное креозотовое масло; продукт перегонки каменноугольной смолы). Наилучший антисептик для консервирования дерева. Имеет широкое распространение во всех государствах Европы и С-А. Соединенных штатах. Водою не выщелачивается. Предохраняет дерево от увлажнения и благодаря этому повышает его механические свойства. Не действует вредно на соприкасающиеся металлические части. Получаются хорошие результаты при применении смеси креозота (25%) с нефтью

б) Карболинеум получается из антраценового масла. По своим свойствам аналогичен креозоту.

в) Древесная смола обычно применяется в комбинированных антисептиках.

3) Комбинированные антисептики

Комбинированные антисептики являются смесью фтористого натрия в количестве около 90% с различными органическими веществами, которые содействуют более прочному удержанию фтористого натрия в древесине. Такая смесь является прекрасным антисептиком. Для предохранения дерева от вредителей достаточно 4,5 *кг* на 1 куб. *м* дерева. Хорошие результаты дает смесь креозота (25%) и сырой нефти (75%).

4) Эмульсии

Остановимся теперь на получающих в последнее время распространение так называемых эмульсиях.

Эмульсией называется смесь воды с какой-либо нерастворимой в ней жидкостью, находящейся в мелкораздробленном состоянии. Капельки или частички эмульсированного масла должны быть таких размеров, чтобы свободно проходить в поры древесины. Впервые эмульсии были применены в 70-х годах Рютгерсом. Эмульсия состояла из раствора хлористого цинка с небольшим количеством каменноугольного масла. Масло задерживало выщелачивание хлористого цинка из древесины. Смесь готовилась помощью сильного размешивания паром или воздухом. Такое грубое перемешивание не давало настоящей эмульсии и такая смесь после нескольких минут спокойного стояния разделялась на свои составные части.

НТБ ДНУЖТ

В дальнейшем стали к каменноугольным маслам прибавлять специальные эмульсаторы органического происхождения, а именно различные мыла, приготовленные из жиров и смол. Эмульсии получались однородными, их можно было разводить водой в любой степени (размеры капелек не превосходят одного микрона 0,001 *мм*).

Приведем для примера составы эмульсии:

1) Креозонафт

Каменноугольного креозотового масла	2%	100%
Нефтоновых кислот	2%	
Аммиака (25%)	0,5%	
Воды	95,5%	

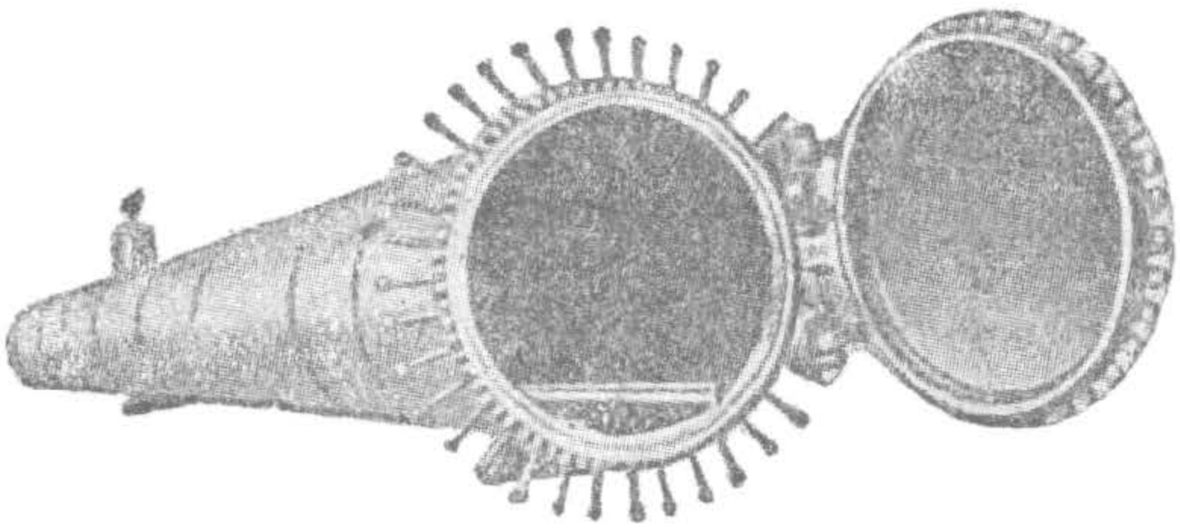
2) Смолодегтярная эмульсия

Каменноугольного креозотового масла	1,75%	100%
Смолы древесной	1,0%	
Дегтя древесного	0,25%	
Аммиака (25%)	0,25%	
Мазута	0,8	
Воды	95 95%	

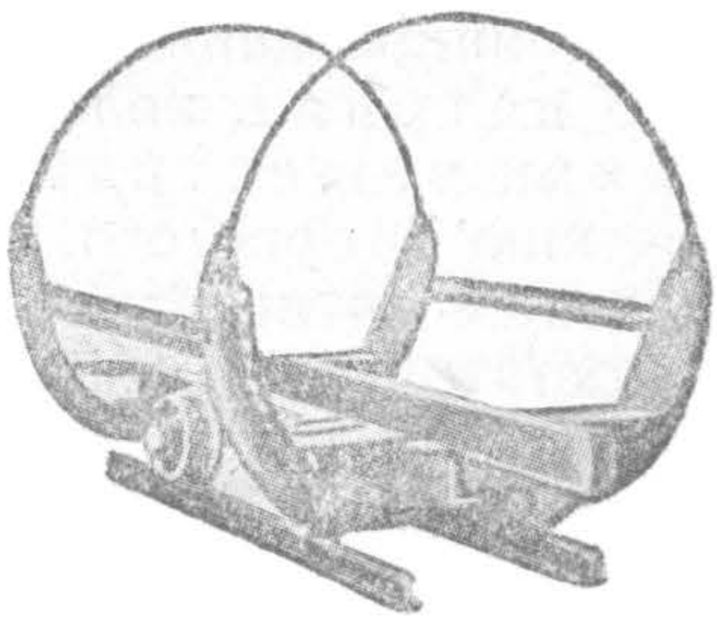
Обе эти эмульсии были испытаны на шпалопропиточной станции Ленинградского института инженеров путей сообщения и дали прекрасные результаты, после чего получили практическое применение для пропитки шпал.

СПОСОБЫ ПРОПИТКИ ШПАЛ

а) Вымачивание шпал в холодном или горячем растворе. Примером может служить пропитка сулемой. Пропитывание сулемой было изобретено в Англии в 1832 г. Кианом, откуда и способ этот получил наименование кианизирования. Способ заключается в том, что в деревянные чаны со щелочью сулемы крепостью 1 : 150 помещаются сухие шпалы, где пребывают в течение 10 дней. Сулема крайне ядовита; небезопасна для рабочих. Способ распространения не получил.



Черт. 204.



Черт. 205.

б) Способ нагнетания антисептика под давлением. Пропитка происходит в пропиточных цилиндрах из склепанного железа или стали, рассчитанных на давление в 8 атмосфер и изображенных на черт. 204, 205, 206, 207 и 208. Желательно, чтобы продольные швы цилиндров делались сваренными. Размеры цилиндров рассчитаны на помещение в них 6 или 4 вагоне-

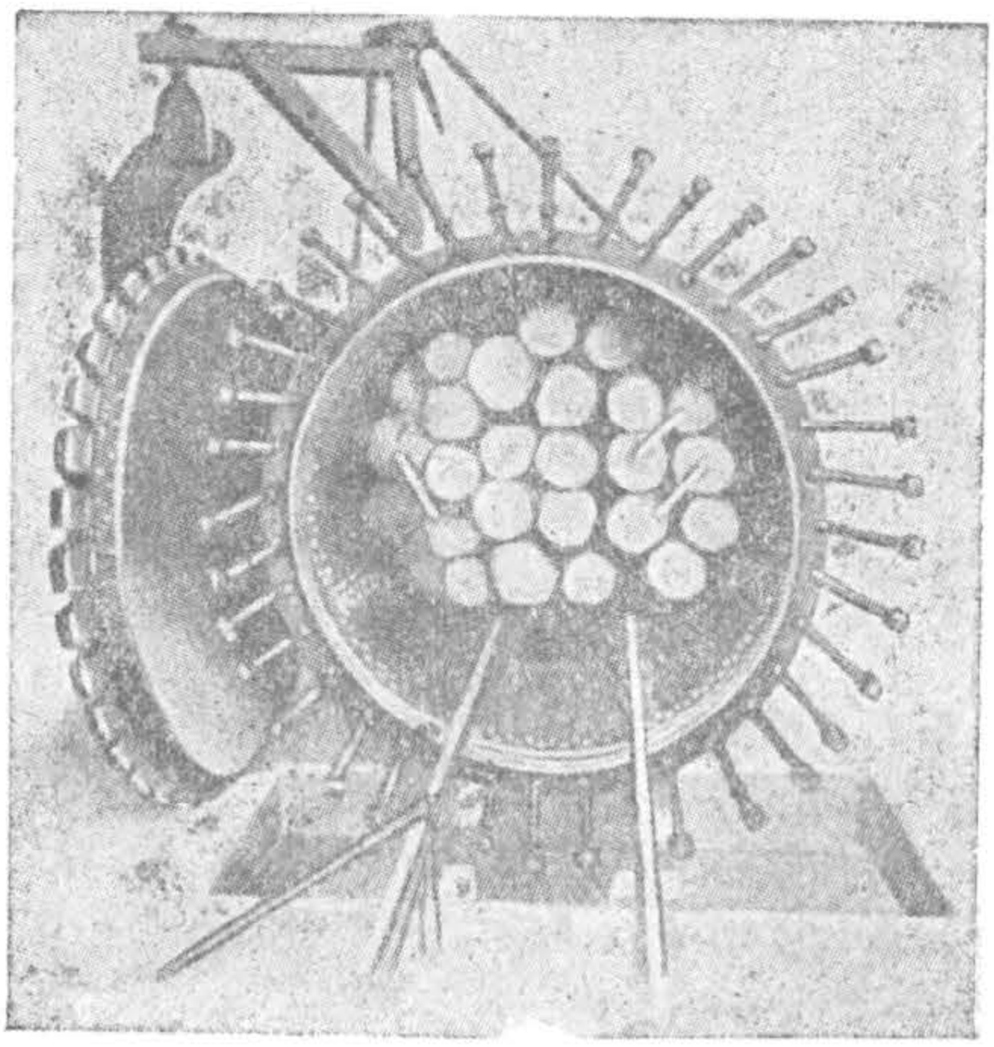
НТБ ДНУЖТ

ток; на вагонетку помещается 40 шпал. Крышка цилиндра закрывается помощью особых откидных шарнирных болтов, входящих в проушины крыши (см. черт. 204).

Процесс пропитки

I. Способ полного поглощения

Пропитка шпал водными растворами обычно производится по способу полного поглощения, предложенного в 1931 г. во Франции Брианом. После загрузки цилиндра вагонетками со шпалами крышка цилиндра герметически закрывается и в цилиндре держится вакуум, глубиной 62 *см* для постепенного высасывания воздуха из древесины. Полное высасывание происходит в течение часа. Практически шпалы выдерживаются в вакууме от 15 до 45 минут. После этого цилиндр наполняется раствором (температура раствора от 40 до 95°Ц в зависимости от антисептика). Затем происходит нагнетание раствора под давлением 6 — 8 атм. Шпалы (сосновые) остаются под этим давлением еще около двух часов. По нашим техническим условиям минимальное количество времени, в течение которого шпала должна находиться в вакууме — 15 минут и под давлением — 30 минут. При полном насыщении раствором вес шпал увеличивается в 2-3 раза. На наших заводах средний привес шпалы равняется 25 *кг*. Чем в шпале больше заболони, тем больше должен быть привес. На черт. 209 показаны срезы сосновых шпал, пропитанных „силлитом" (содержащим фтористый натрий крепостью 1,5%).



Черт. 206.

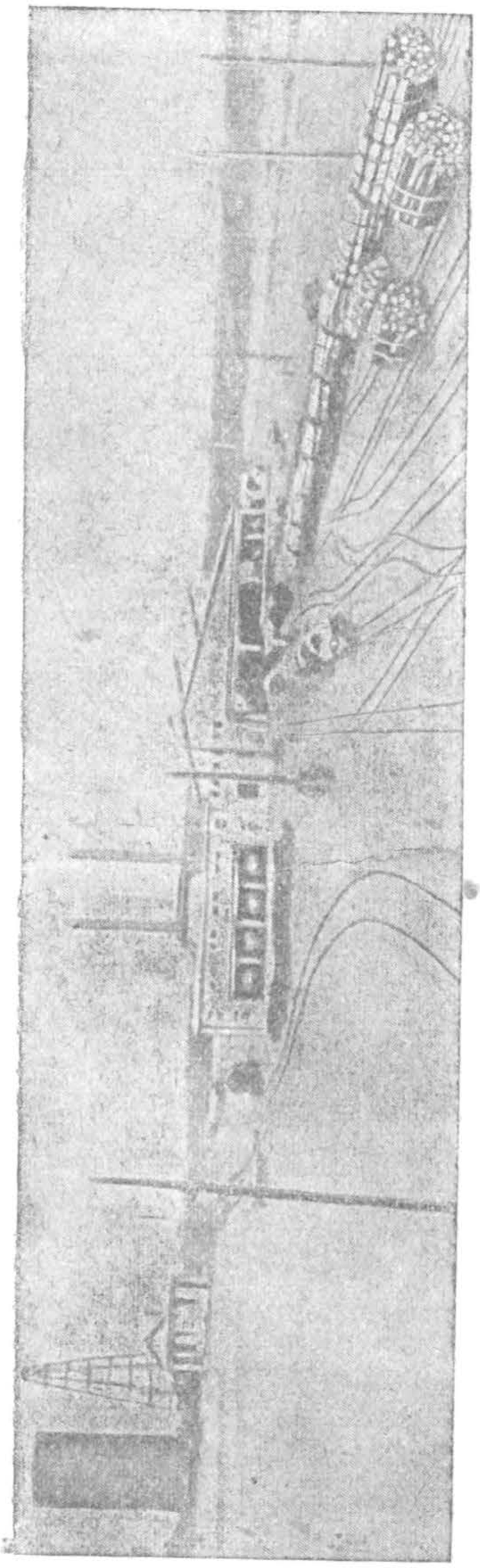
а) Пропитка сосновых шпал хлористым цинком. Пропитывание хлористым цинком по способу Буриэта и Бетгеля заключается в том, что готовые шпалы предварительно в течение около двух часов выпариваются в котле под давлением 4 атмосфер. Затем, шпалы ввозятся на вагонетках в цилиндры, которые герметически закрываются; около часа происходит разрежение воздуха, благодаря чему древесные соки, вода и воздух удаляются из дерева. После этого в дерево вводится в течение около трех часов под давлением до 10 атмосфер раствор хлористого цинка крепостью до 3%.

В настоящее время пропарка выходит из употребления Известную пользу пропарка может оказать для свежесрубленного дерева с точки зрения сушки дерева.

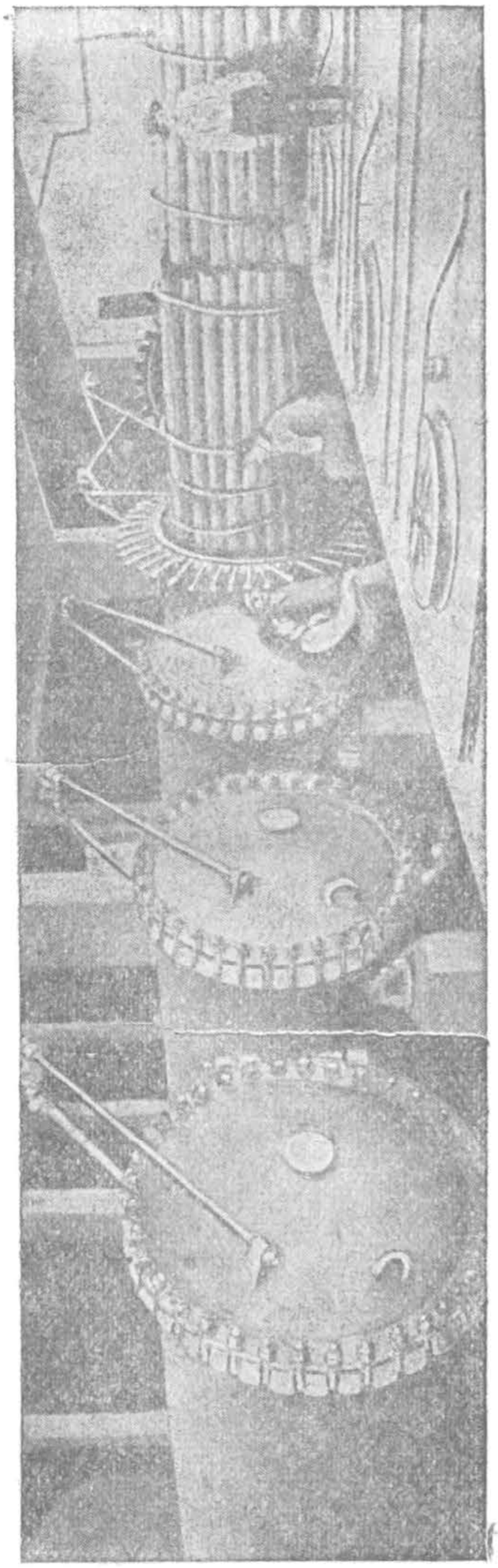
б) Пропитка смесью хлористого цинка с другими минеральными солями, как например, с фтористым натрием. При такой смеси получается меньшее выщелачивание раствора и менее вредное действие на скрепления.

РГБ ДНУЖТ

в) Пропитка креозотом отличается от пропитки хлористым цинком тем, что вместо предварительного выпаривания шпалы высушиваются в течение восьми часов при температуре до 130°, так как маслянистое вещество может проникать только сухое дерево.



Черт. 207.



Черт. 208.

Способ пропитки креозотом до полного поглощения в настоящее время вследствие большого расхода раствора не применяется.

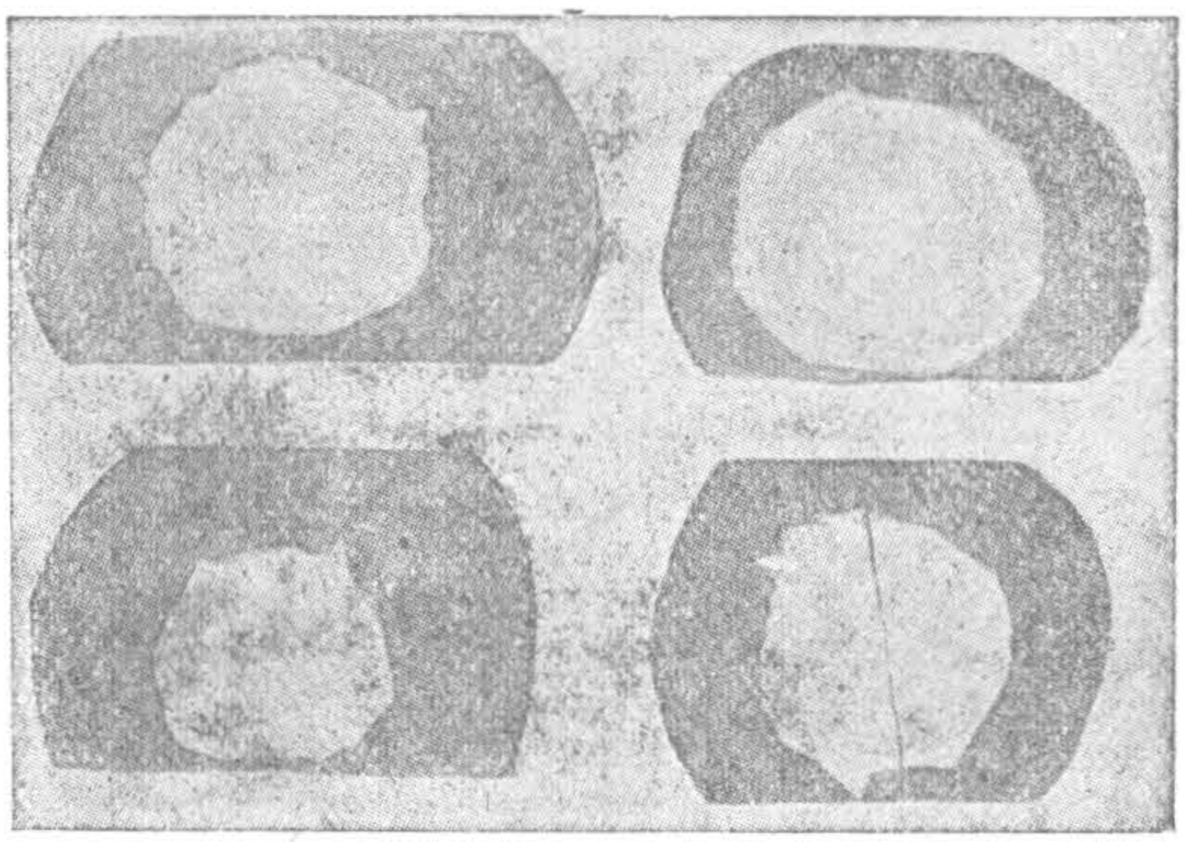
г) Поропитка смесью креозота и водного раствора хлористого цинка. Креозот, как вещество маслянистое, защищает хлористый цинк от выщелачивания. Пропитка производится по способу полного поглощения при температуре не менее 65° Ц.

НТБ ДНУЖТ

II. Способ ограниченного поглощения

Ввиду неэкономичности способа полного поглощения в настоящее время получил широкое распространение как в Европе, так и в Америке способ Рюпинга ограниченного поглощения, при котором тонким слоем антисептика обмазываются лишь стенки клеток древесины и не заполняются пустоты в древесине, что имеет место при полном поглощении.

Самый процесс пропитки таков: сначала в герметически закрытый цилиндр со шпалами нагнетается воздух с давлением до 4 атм.; такое давление держится около 10 минут. Затем цилиндр наполняется креозотом, нагретым до 95° Ц. После этого креозот нагнетается в шпалы под давлением 5—8 атмосфер в течение 30 минут. Далее, креозот удаляется и в цилиндре производится разрежение в 65 *см* ртутного столба. Вакуум держится в течение 15 минут. К концу третьей операции воздух в древесине находится в сжатом состоянии и количество раствора в шпале около 14—18 *кг*. Во время 4-й операции сжатый воздух выталкивает часть креозота обратно и при этом смазывает креозотом стенки клеток. Остается в шпале креозота около 7 *кг*. Имея в виду огнеопасность нагретого креозота, подогревание креозота в открытых резервуарах (ямах) воспрещается. В настоящее время распространение получает пропитка смесью креозота с нефтью.



Черт. 209.

Необходимо отметить, что сырые шпалы не поддаются пропитке и должны быть высушены. Это осушение отчасти может быть достигнуто обработкой перегретым паром в самих пропиточных цилиндрах, но при высокой температуре перегретого пара получается растрескивание древесины. Если вести пропарку медленно, то процесс сильно затягивается и потому пропарка распространения не получила. Наиболее целесообразным и экономичным является воздушная сушка.

Пропитка сырого леса медным купоросом

Пропитывание медным купоросом было изобретено во Франции в 1841 г. Бушери (см. черт. 210).

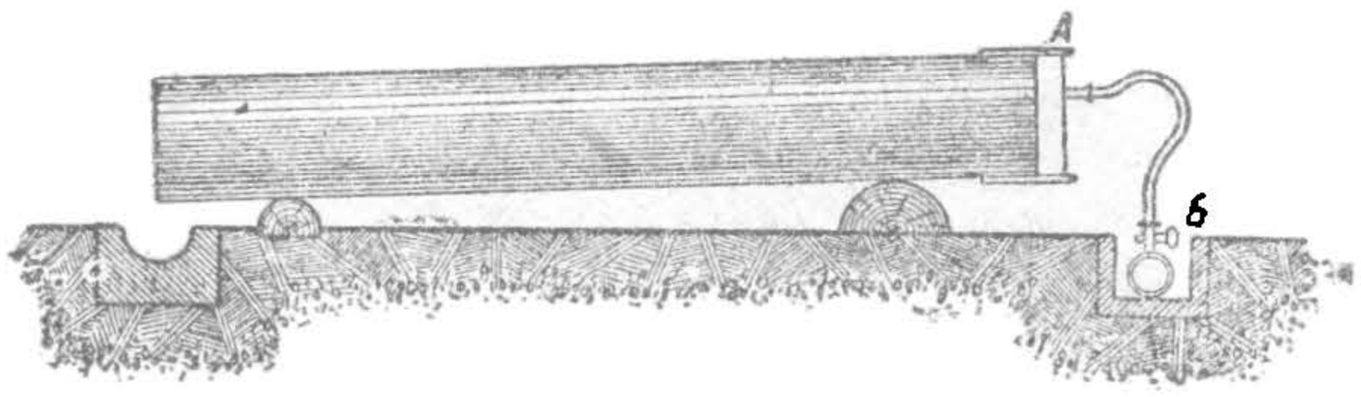
Способ заключается в том, что свежесрубленные, неочищенные от коры деревья укладываются с некоторым наклоном, и затем в торец верхнего конца впускается разведенная водой щелочь крепостью 1:100 под давлением около 1 атмосферы. Вгоняемый таким образом раствор постепенно вытесняет древесный сок, который вытекает из нижнего конца дерева. Пропитка считается окончен-

НТБ ДНУЖТ

ной, когда вытекшая жидкость составит $\frac{2}{3}$ влитой щелочи. Процедура продолжается при пропитке дуба около 100 часов, а при пропитке бука — около 48 часов. Недостатком этого способа является то, что наружные части дерева, обрубаемые при обработке, напрасно пропитывались. Кроме того, медный купорос вредно действует на металлические части, приходящие в соприкосновение со шпалами.

Этот способ имел распространение во Франции, Германии и Австрии. У нас он применялся в 1861 г. при постройке Нижегородской железной дороги. В настоящее время он у нас не применяется. Пропитка особенно распространенного за границей способа креозотом раза в три дороже, чем хлористым цинком.

Недостатком пропитки хлористым цинком является то, что хлористый цинк как металлическая соль способен выщелачиваться из шпалы, лежащей в пути дождевой водой, от тающего снега.



Черт. 210.

Креозот, как вещество маслянистое, водою не выщелачивается. Кроме того, масло, закрывая поры и щели, препятствует проникновению воды, и потому срок службы шпал, пропитанных хлористым цинком, меньше, чем пропитанных креозотом.

У нас обычно шпалы вынимаются из пути не потому, что они настолько сгнили, что больше служить не могут, а потому, что шпала получила чрезмерный механический износ и, следовательно, пропитывать шпалы более дорогим веществом у нас не имеет смысла.

За границей, где принимают более серьезные меры для защиты шпал от механического износа, имеет смысл затратить деньги и на более дорогой антисептик, так как в противном случае пришлось бы вынуть из пути механически еще совершенно неизношенную шпалу вследствие ее гнилости.

Правильным решением вопроса при выработке типа антисептика было бы такое, при котором и время необходимости изъятия шпалы вследствие ее гнилости и время изъятия ее вследствие механического износа совпадало бы.

Согласно данным одной из американских железных дорог, вследствие гнилости из пути было изъято поперечин, пропитанных креозотом — 0,7%, пропитанных эмульсией хлористого цинка с креозотом — 1,6%, пропитанных хлористым цинком — 6,5% и непропитанных — 85,7%.

В качестве антисептиков в последнее время за границей, особенно в Германии, получает распространение фтористый натрий. Пропитанное им дерево служит около 15 лет; на металл вредного действия не оказывает.

О других способах консервирования шпал от гниения, применявшихся, но не получивших распространения, говорить не будем.

д) Время рубки леса. Говоря о мерах, служащих для предохранения шпал от загнивания, нельзя не упомянуть о времени рубки

НТБ ДНУЖТ

леса. Дерево, срубленное зимой, когда темп жизни дерева уменьшается, древесные соки не циркулируют, заключает в себе меньше вредных веществ, способных разлагаться, и потому в том случае, если шпалы укладываются в путь без пропитки, не может быть двух мнений о том, что следует изготовлять шпалы из дерева зимней рубки. Что же касается случая, когда шпалы подвергаются пропитке, то здесь мнения расходятся. Некоторые специалисты полагают, что из дерева летней рубки легче удалить древесные соки, и оно лучше поддается пропитке, чем дерево зимней рубки, и поэтому шпалы, подвергающиеся пропитке, предпочтительно делать из леса летней рубки. Другие специалисты придерживаются обратного мнения.

е) Содержание пути в сухом состоянии. Наконец, мерами против загнивания шпал могут служить все те мероприятия, которые направлены к сохранению верхнего строения пути в сухом состоянии, как-то: уничтожение балластных корыт, улучшение качества балласта, замена песчаного балласта щебеночным и т. п.

Меры к предохранению шпал от преждевременного износа

Сюда относятся все те мероприятия, которые направлены к тому, чтобы защитить шпалу от повреждения ее в тех местах, где она соприкасается с рельсом, или в тех местах, куда забиваются костыли или шурупы, т. е. все те меры, которые рассмотрены уже выше, как-то: укладка подкладок, увеличение размеров этих подкладок, более прочное соединение подкладок со шпалой, применение всякого рода втулок, например системы Коллэ, просверливание дыр перед забивкой костылей и т. п.

К указанного рода мерам отнесем и те, которые направлены против растрескивания шпал, а именно — помощью забивки в торцах особых скоб и помощью заливания торцов известковым молоком. Планом реконструкции пути, как мы видели выше, предвидено увеличение размеров подкладок.

Меры против преждевременного изъятия шпал из пути

Часто из пути вынимаются шпалы, которые по своему здоровью могли бы еще быть оставленными в пути, что объясняется главным образом тем, что в настоящее время способы определения этого здоровья шпалы довольно грубы, неточны и кустарны: по звуку, издаваемому шпалой при ударе по ней молотом и помощью освидетельствования лишь одной верхней поверхности, так как все остальные поверхности закрыты балластом.

Таким образом, одной из мер против преждевременного изъятия из пути шпал, которые могли бы еще служить, могло бы явиться изобретение какого-либо способа определения годности шпал, в роде способа определения твердости металла шариком Брюнэля.

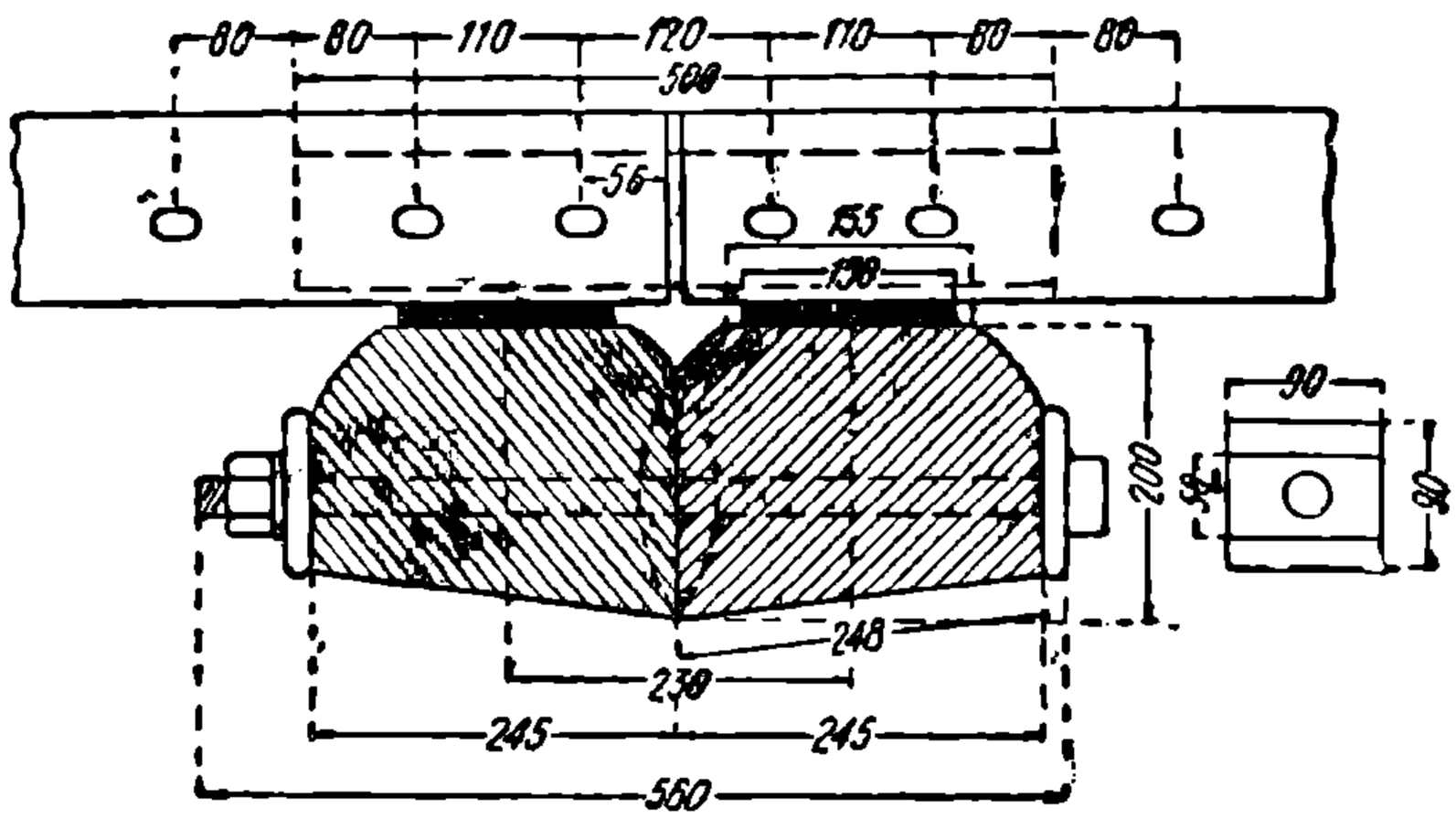
НТБ ДНУЖТ

Форма и размеры деревянных шпал

Форма деревянной шпалы повсеместно принята в виде прямой балки постоянного сечения.

Что касается обделки ее наружных поверхностей, то таковая производится так, чтобы наилучшим и наивыгоднейшим образом использовать ствол дерева и удешевить самое производство этой обделки. Имея это в виду, обязательной обделке подвергается нижняя поверхность шпалы, играющая важную роль в деле передачи и распределения давления на полотно. Боковые поверхности их часто оставляют в естественном состоянии. Верхняя постель обычно подвергается лишь некоторой обделке, необходимой для образования требуемой постели, для укладки рельсов и прикрепления рельса.

Что касается нижней постели шпалы, то обычно она делается горизонтальной. О форме нижней постели шпалы Брэунинг высказывает следующие соображения (см. „Основания устройства же-



Черт. 211.

лезнодорожного пути“, стр. 85). Горизонтальная форма нижней постели является наивыгоднейшей с точки зрения боковых выпучиваний балласта. Для балласта щебеночного, который не склонен к таким боковым выпучиваниям, может оказаться полезной и форма шпалы с косыми нижними постелями, как это показано на черт. 211.

При такой форме давление от шпалы передается на бóльшую площадь, следовательно, давление на единицу площади полотна уменьшается, и, кроме того, давление выравнивается на меньшей глубине, чем при горизонтальной постели. Так расчет показывает, что для приведенного выше черт. 211 давление уже выравнялось на глубине 27 *см* под шпалой. При горизонтальной нижней поверхности оно выравнялось бы лишь на глубине около 50 *см*. Подробно о распределении указанного давления будет рассмотрено ниже в отделе „Балласт“

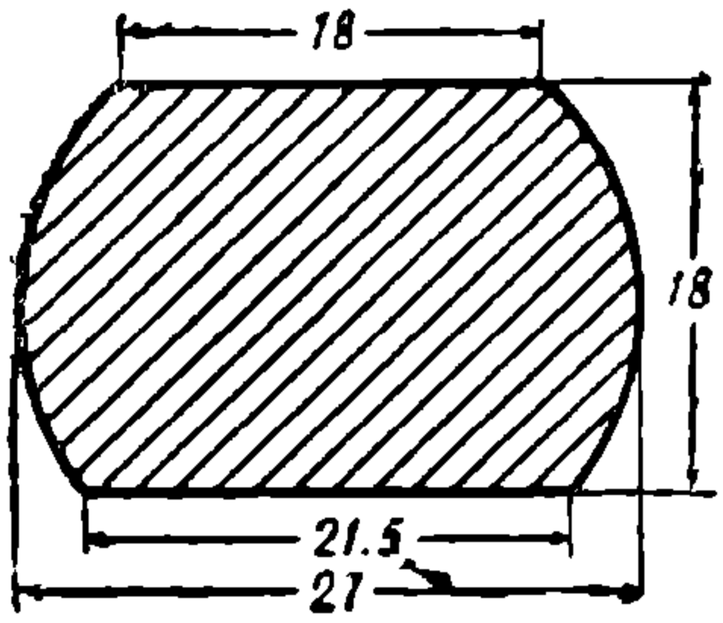
Размеры шпал определяются расчетом и диктуются соображениями, базирующимися на величине действующих на шпалы сил, на расстоянии между шпалами, на качестве балласта. Форма и размеры утвержденных нормальных типов наших шпал показаны на черт. 212 и таблице.

НТБ ДНУЖТ

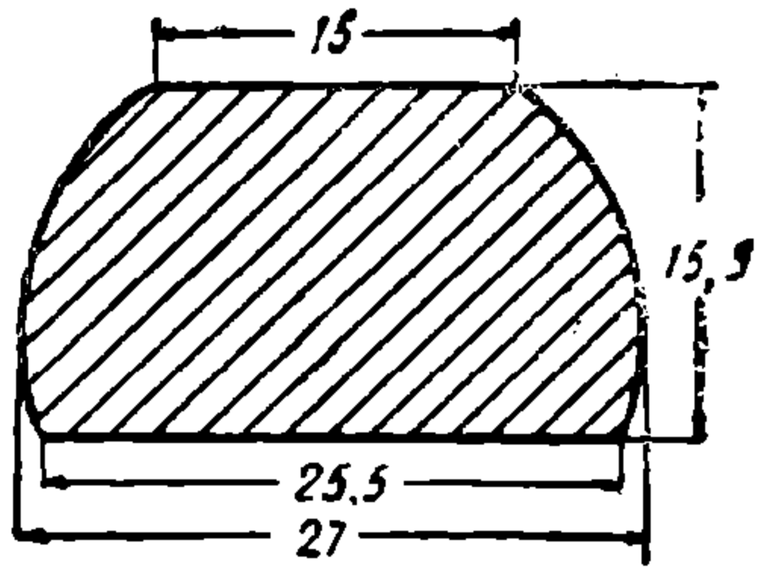
масштаб 1:5

размеры в сантиметрах

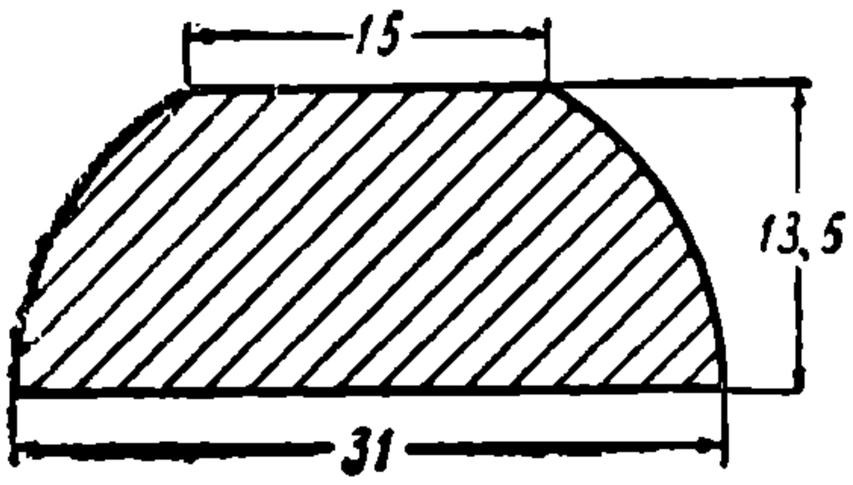
тип 1-Р



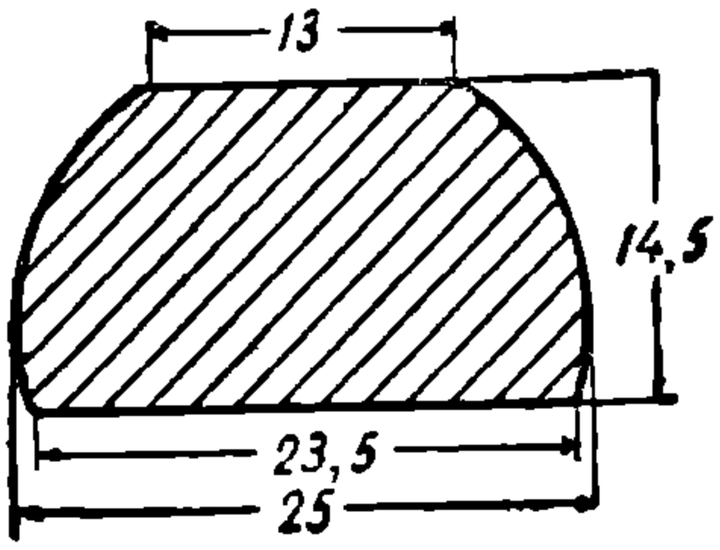
тип 1



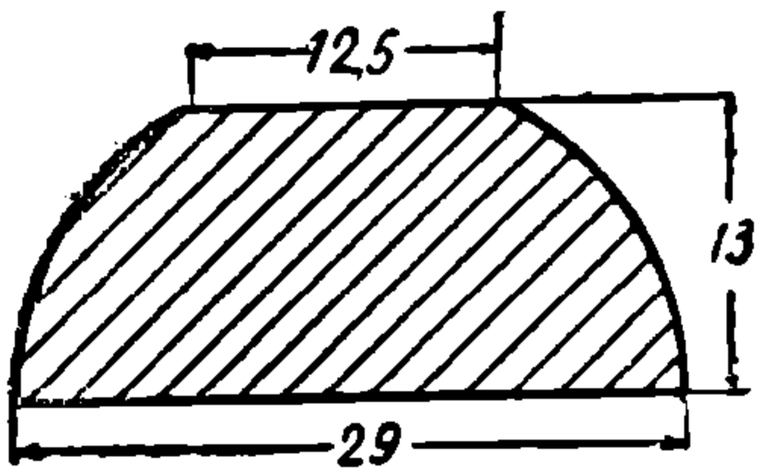
тип II



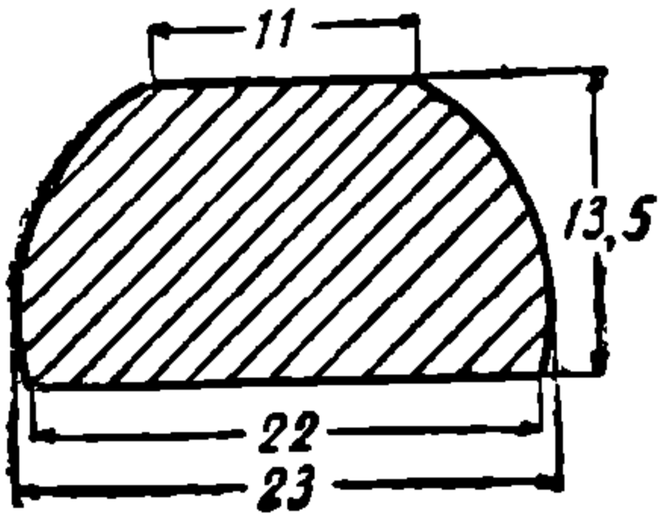
тип III



тип IV



тип V



Длина шпал: I-Р, I, II – 2,70 м

III, IV – 2,50-2,70 м

V – 2,50 м

Черт. 212.

НТБ ДНУЖТ

ВЫДЕРЖКИ ИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ Ж. Д. МАГИСТРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ, УТВЕРЖДЕННЫХ 10 ФЕВРАЛЯ 1931 Г.

§ 68. Шпалы

Шпалы должны применяться деревянные. В отношении рода древесины и качества шпал они должны удовлетворять действующим в НКПС Т. У. на шпалы.

Тип шпалы, определяемый ее поперечными размерами и длиной, выбирается из числа установленных стандартов, в зависимости от категории строящейся магистрали, причем количество шпал на километр для линий, по которым будут иметь обращение паровозы с давлением на ось в 23 тонны и более, должно быть не менее 1 800 штук, для линий с паровозом давления на ось 18 тонн не менее 1 600 штук и для линий с паровозом давления на ось 18 тонн и ниже не менее 1 500 шт. на километр. На станционных путях, где не имеют обращения организованные поезда, количество шпал на километр может быть уменьшено, но должно быть не менее 1 200 штук.

Число шпал, укладываемых под рельсами, должно определяться по принципу наиболее экономического сочетания типа рельса, рода балласта и количества шпал.

Укладываемые в путь шпалы должны быть пропитаны антисептиками, за исключением тех мест магистрали, где по характеру постройки можно ожидать значительного и быстрого выхода их вследствие механического износа; в этом случае разрешается укладывать шпалы непропитанными, при условии обоснования этого мероприятия технико-экономическими подсчетами, с учетом сроков службы, стоимости пропитки и процентов выхода шпал в период постройки.

Таблица размеров шпал
(в сантиметрах)

Тип шпал	Диаметр леса	Толщина шпалы	Ширина верхн. постели	Ширина нижн. постели	Расстояние центра тяжести от верхней постели	Расстояние центра тяжести от нижней постели	Расстояние центра тяжести от центра круга	Площадь сечения шпалы	Момент инерции	Момент сопротивления	Объем при $L = 2{,}70$ м	Объем при $L = 2{,}50$ м
Брусовые I—Р.	27	18	18	21,5	—	—	—	—	—	—	—	—
Брусовые I	27	15,5	15	25,6	8,27	7,23	2,96	376,9	7 011	848	0,1018	0,0922
Брусовые III	25	14,5	13	23,5	7,77	6,73	2,91	323,6	5 208	670	—	
Брусовые V	23	13,5	11	22	7,28	6,22	2,81	274,8	3 816	524	—	
Пластин. II	31	13,5	15	31	7,37	6,13	6,13	356,8	5 027	682	0,0964	0,0892
Пластин. IV	29	13	12,5	29	7,15	5,85	5,85	317,3	4 099	573	—	

Приведя выдержки из Т. У (§ 68), перейдем к описанию металлических и железобетонных поперечин.

Металлические поперечины

Материалом для металлических поперечин обычно служит литое железо и лишь изредка сталь, более подлающаяся ржавчине.

В 1868 г. во Франции была применена предложенная Вотереном железная коробчатая шпала трапециодальной формы, изображенная на черт. 213-а.

Внутренность шпалы заполнялась и подбивалась балластом.

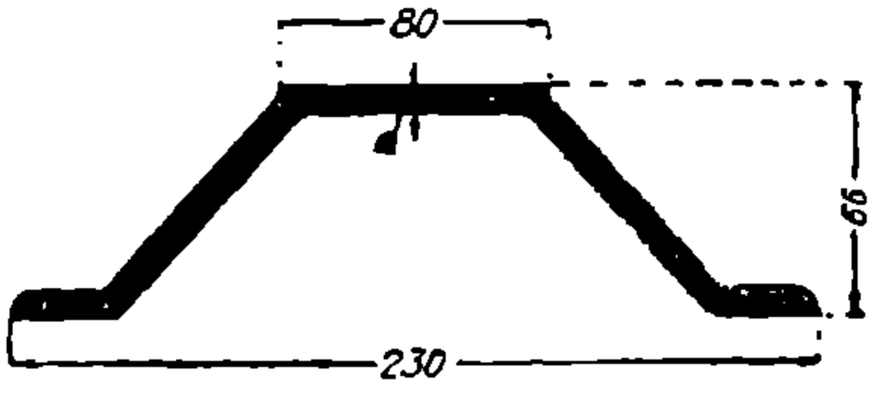
Недостатком такой шпалы было то, что хорошая подбивка балластом не достигалась и шпала опиралась на балласт главным образом помощью горизонтальных бортов, которые не выдерживали приходящегося на них давления и изгибались, деформировались, ломались.

В Германии эта форма шпалы была усовершенствована и в 1878 г. получила корытообразное сечение, изображенное на черт. 213-в.

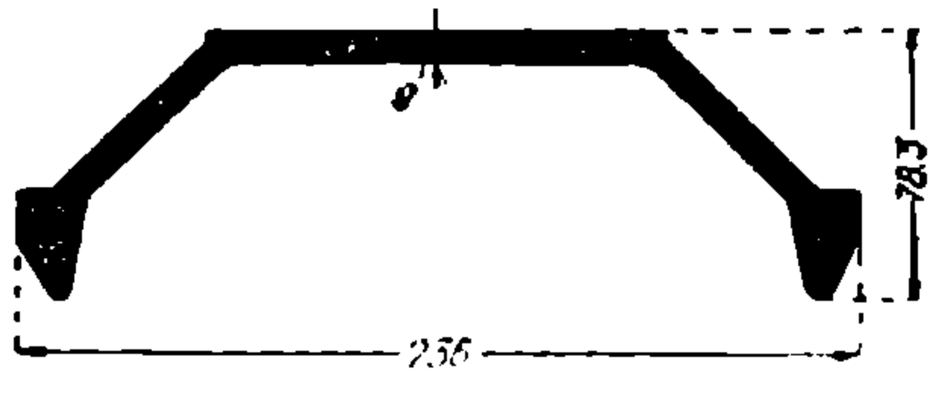
НТБ ДНУЖТ

В Северной Америке получили распространение металлические поперечины Карнеги (Carnegie) двутаврового сечения, изображенные на черт. 214.

Интересной является оригинальная поперечина Шейбе. Поперечина эта, изображенная на черт. 215, полая с нижним продольным прорезом и клинообразной нижней поверхностью. Заполняется она балластом с боков. Благодаря нижнему продольному прорезу поперечина эластична, смягчает удары подвижного состава; по мнению Брэунинга, поперечина Шейбе в загнутых опорных поверхностях обладает упругостью, которая почти равняется упругости сосны.



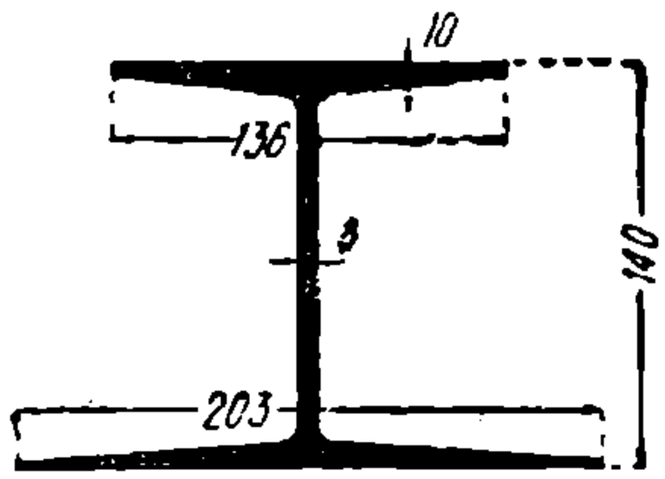
Черт. 213-а.



Черт. 213-в.

Благодаря заполнению поперечины балластом она приобретает большой вес, именно: 227 *кг* (вес железа равен 97 *кг*; вес балласта — 130 *кг*, при длине 2,7 *м*), благодаря такому весу обладает большой устойчивостью. (Вес поперечины Карнеги с заполняющим ее балластом равен 178 *кг*).

Наконец, благодаря клинообразной нижней поверхности шпала хорошо подбивается и на меньшей глубине под шпалой выравнивается давление на балласт.



Черт. 214.



Черт. 215.

Несмотря однако на все достоинства указанной поперечины, даже по мнению самого изобретателя Шейбе, металлическая полая поперечина никогда не вытеснит деревянной поперечины.

Что касается срока службы металлических поперечин, то он колеблется в широких пределах — от 20 до 25 лет.

Имея в виду, что с технической точки зрения металлическая поперечина значительно уступает шпале деревянной, что в Европе и Северной Америке в общем металлическая поперечина имет малое распространение (лишь около 1%, как это указывалось выше), а у нас металлическая поперечина совершенно не употребляется, останавливаться более подробно на различных деталях устройства металлических поперечин и на описании других систем и предложений в этой области мы больше не будем.

Что касается способов прикрепления рельса к металлической поперечине, то таковых описывать не будем, так как металлические шпалы у нас не применяются.

Заканчивая вопрос о металлических поперечинах, еще раз подчеркнем, что по сравнению с деревянными шпалами они отличаются двумя существенными недостатками — жесткостью пути и дороговизной.

У нас, как мы указывали выше, получили исключительное распространение шпалы деревянные. Металлические поперечины у нас не применяются не только потому, что они уступают деревянным как с технической, так и с экономической точек зрения, но и потому, что наши железнодорожные пути изобилуют пучинами, при наличии которых применение металлических поперечин противопоказано: пучины могут вызвать коробление металлических поперечин, что недопустимо.

Смешанные поперечины

Сюда относятся поперечины, устроенные из различных материалов, именно железобетонные, железоасбестовые, железодеревянные.

НТБ ДНУЖТ

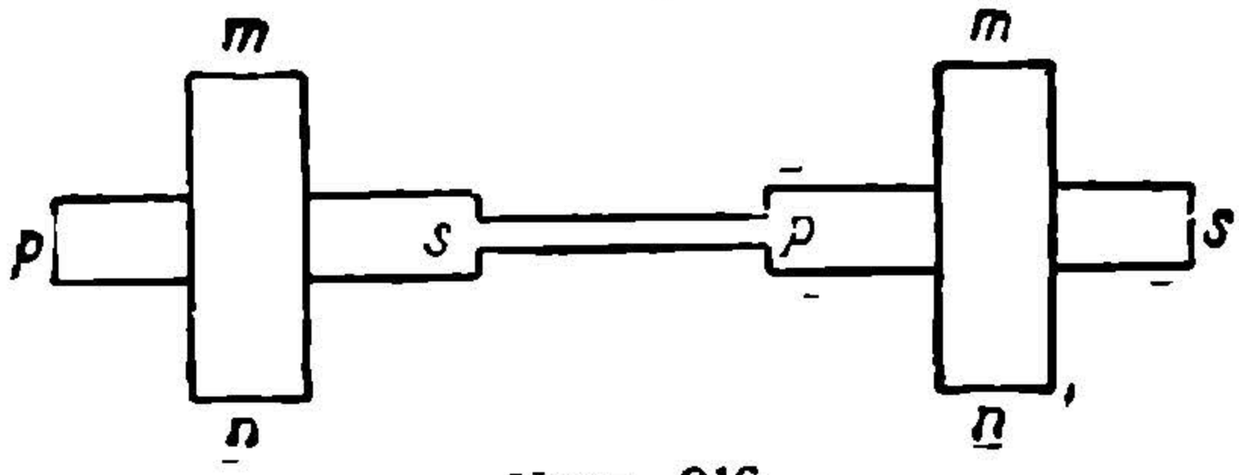
Железобетонные и железоасбестовые поперечины

Железобетонные шпалы появились в 1896 г. в Австрии, затем некоторое распространение получили в Италии; в других же странах Европы и Америки они укладываются обычно на опытных участках.

Систем железобетонных шпал существует много, но все они отличаются одна от другой главным образом родом арматуры и способом прикрепления рельса.

Арматура делается из круглого железа, из прокатных балочек, из рельсов и т. п.

Прикрепление рельса делается помощью деревянных пробок, заделанных в бетон, помощью особых якорей, заделанных в бетон, и другими способами.



Черт. 216.

Поперечное сечение шпалы обычно делается трапецоидальным, а также и других форм.

Сечение иногда меняется по длине шпалы как в зависимости от величины действующих на шпалу сил, так и в зависимости от других соображений, как, например, противоугонных.

К достоинствам железобетонной шпалы надо отнести:

1) возможность придать ей любую форму соответственно различным предъявляемым к шпале требованиям;

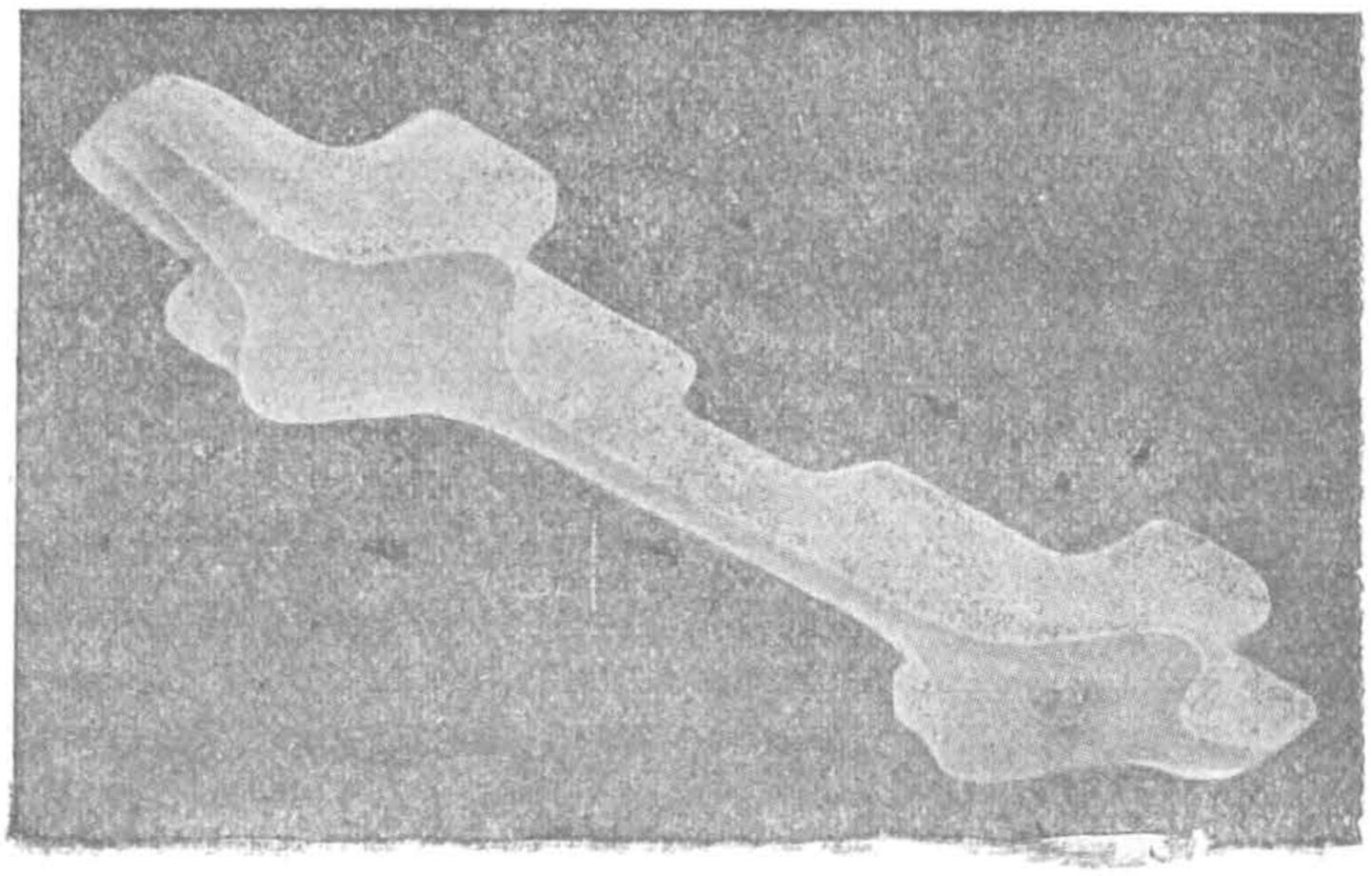
2) значительный вес (около 150 *кг*), благодаря которому путь на железобетонных шпалах обладает большой устойчивостью.

Устойчивое положение объясняется также и формой шпалы, ее глубоким положением в балласте и значительными силами трения между балластом и шпалой благодаря шероховатым поверхностям последней.

Наилучшей формой шпалы в смысле равномерности давления, по мнению К. Э. Кюнера, является форма в виде двух крестов с неопирающейся на балласт срединой (черт. 216).

Такая форма дает меньшее давление на балласт, меньшее его напряжение, лучшую подбивку шпалы, уменьшение изгибающих шпалу моментов посредине ее до ничтожной величины.

На основании изложенных соображений К. Э. Кюнер предлагает тип шпалы, изображенный на черт. 217, 218, 219 (К. Э. Кюнер „Железобетонные шпалы;основания для проектирования, расчета, изготовления и испытания», Москва, 1929 г., изд. Транспечати). Очень интересным является предложение Б. Н. Сергеева — составной поперечины из двух железобетонных массивов, соединенных жесткой железной связью, описанной в статье, помещенной в журнале „Железнодорожное дело", № 7, 1929 г.

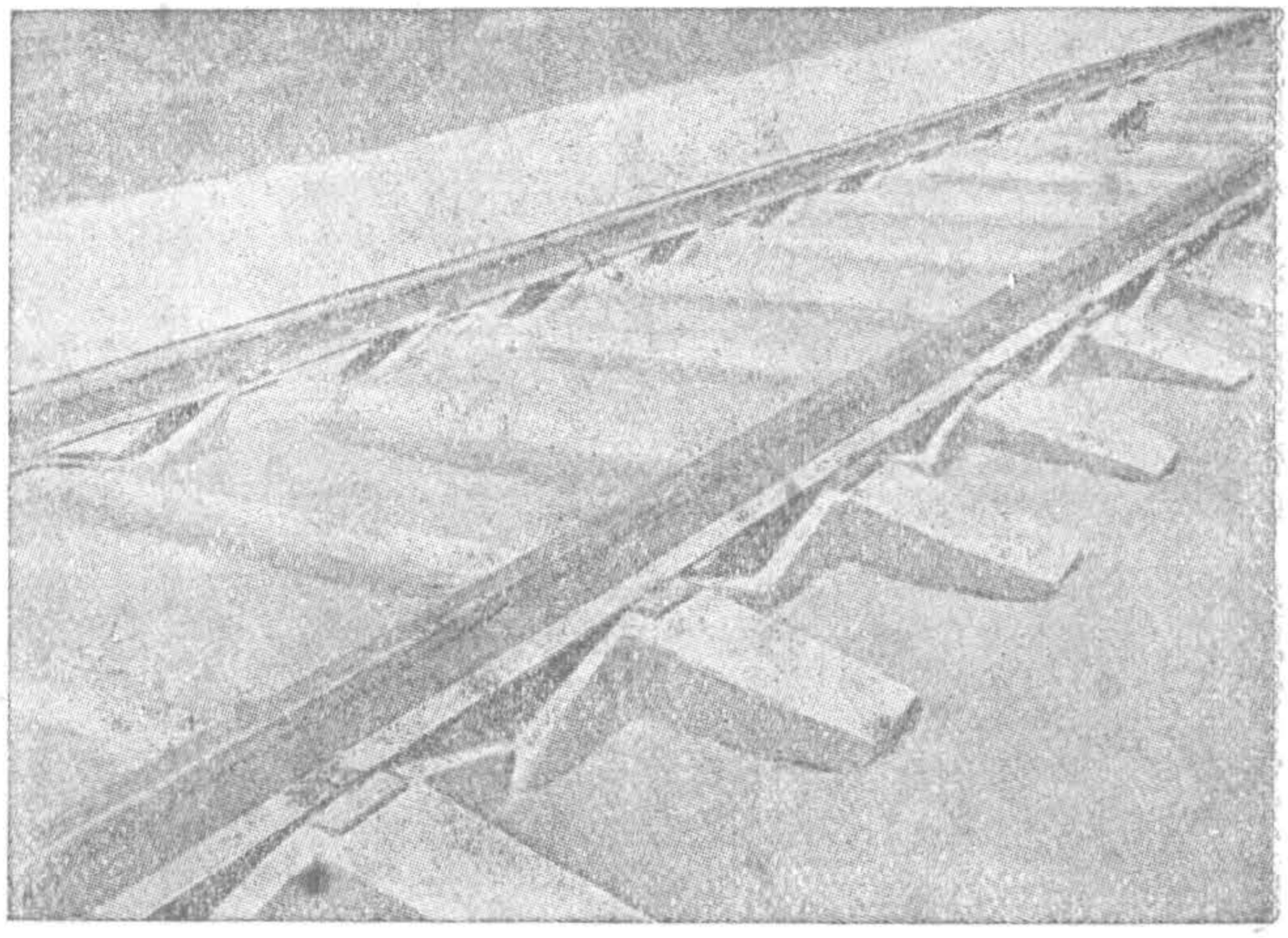


Черт. 217.

Б. Н. Сергеев указывает, что составные железобетонные поперечины получили за последние пять лет широкое применение за границей, особенно во Франции, где, например, на дороге Париж—Лион—Средиземное море уложено около 120 000 таких поперечин. По Северной жел. дороге — 100 000. На деятельных участках (до 80 поездов в сутки) при скоростях до 135 *км/час*. Такие поперечины дали прекрасные результаты, эластичность указанных поперечин приближается к эластичности деревянных шпал (черт. 220-а). Предложенная Б. Н. Сергеевым поперечина имеет вид, показанный на черт. 220. Расчет сделан, исходя из облегченной схемы расчетных нагрузок с давлением на ось 18 *т* при максимальной скорости движения 90 *км/час* при рельсе типа III[а].

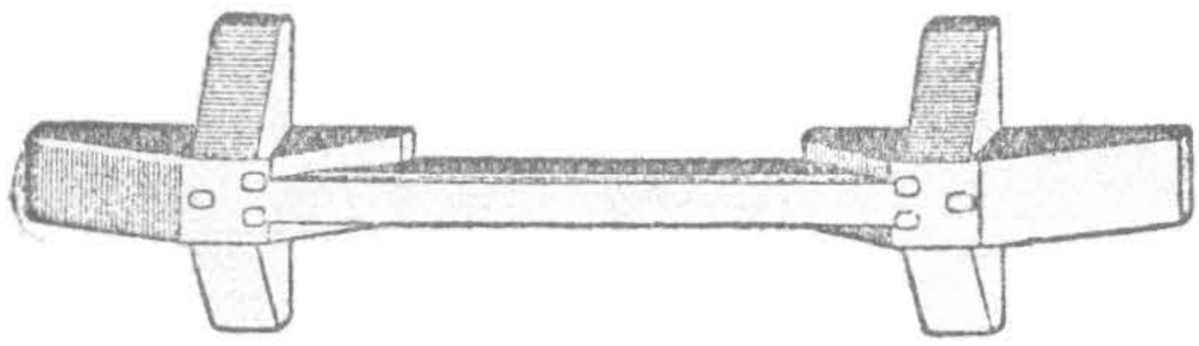
НТБ ДНУЖТ

Бетонные массивы соединяются железной балкой из обрезков старых узкоколейных рельсов типа 10 Ряз.-Уральской ж. д. весом 13,44 *кг/м*. При употреблении типового стыкового скрепления типа III[а] инж. Сергеев предлагает применить асбестобетонные пробки, согласно черт. 221. Небезынтересно также указать на предложение, сделанное А. Ф. Фаворским в статье его: „Железобетонные шпалы или железобетонная плита", помещенной в „Железнодорожном деле" № 7 и № 8 за 1929 г.



Черт. 218.

А. Ф. Фаворский указывает, что путь на железобетонной плите может иметь стыки сваренными и что рельс не будет работать на изгиб как многопролетная балка, и потому сечение рельса может быть уменьшено вдвое, и предлагает конструировать плиту согласно черт. 222. Рельсы ставятся без подуклонки и имеют плоскую головку, причем верхняя поверхность наклонена к горизонту под углом наклона бандажа колеса.

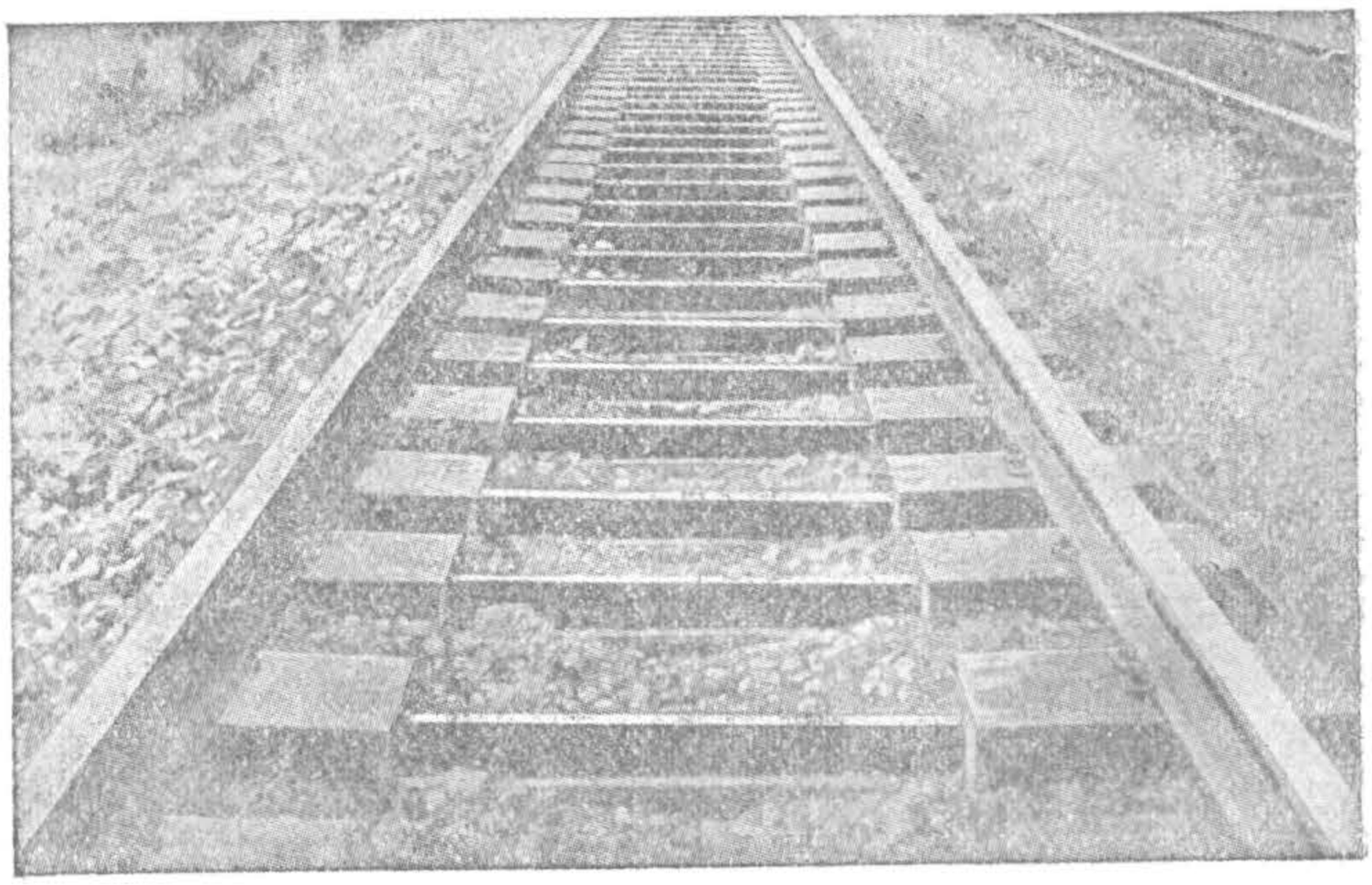


Черт. 219.

По подсчетам автора стоимость 1 *км* пути на железобетонных плитах 26 175 р., на деревянных шпалах—30 028 р. и на железобетонных шпалах—20 058 (в эту стоимость входят рельсы и скрепления).

Существенным недостатком железобетонной шпалы является способность бетон : давать трещины как под действием динамической нагрузки от ударов колес двигающихся поездов, так и во время работ по ремонту пути во время подбивки шпал.

Вследствие указанной способности шпал давать трещины под действием ударов колес подвижного состава большинство стран, даже и Италия, которая главным образом пропагандировала железобетонные шпалы, приходит к заключению, что применение железобетонных шпал рационально лишь на путях станционных или на путях со слабым движением.



Черт. 220-а.

Что касается поперечин железоасбестовых, то в настоящее время с таковыми производятся опыты в Германии. Результаты получаются противоречивые.

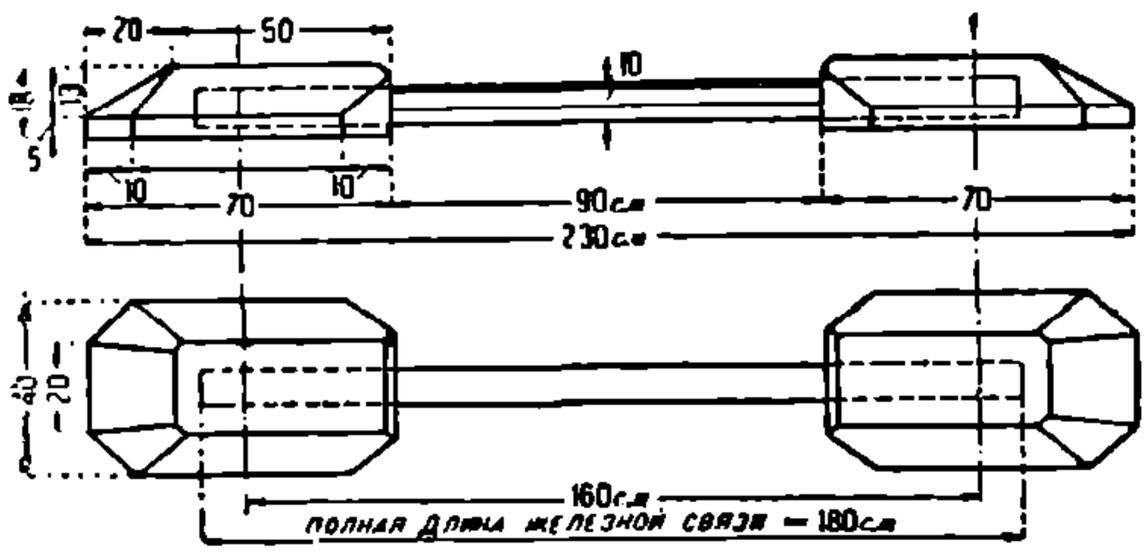
У нас они в настоящее время не применяются, и поэтому говорить о них не будем.

Что касается железобетонных поперечин, то нужно сказать, что за последнее время появилось несколько новых предложений в смысле конструкций железобетонных поперечин, но в общем интерес к железобетонным поперечинам в последнее

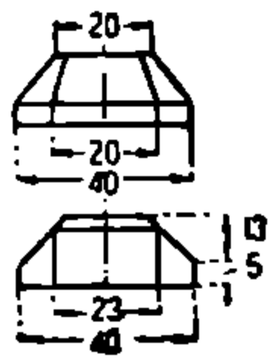
НТБ ДИИЖТ

время в Европе падает. Нельзя этого сказать про Америку; так например, Пенсильванская дорога указывает, что на железобетонных поперечинах путь держится лучше, чем на деревянных. У нас железобетонные шпалы применяются лишь в виде опытов.

Имея в виду лесистость нашей сртаны, а также и те высокие технические качества деревянной шпалы, о которых подробно было сказано выше, надо думать, что у нас железобетонная шпала не вытеснит деревянной.



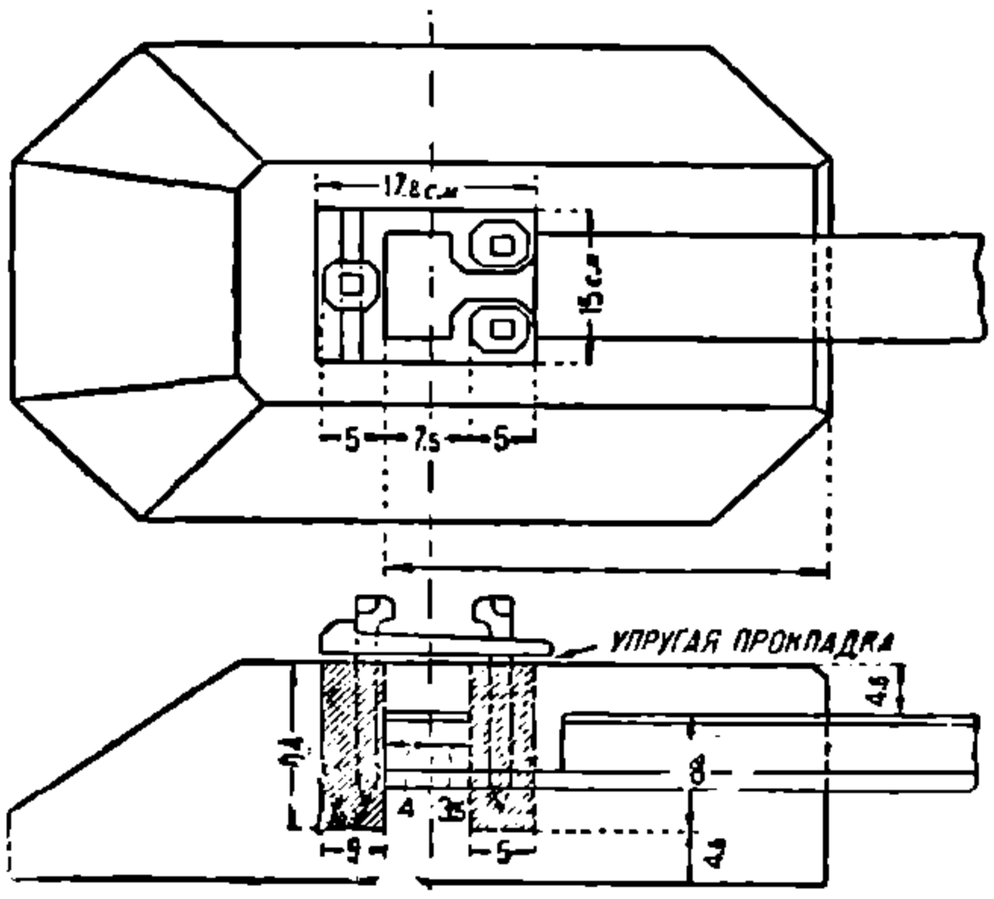
Черт. 220-b.



Во всяком случае в настоящее время при недостатке металла и цемента железобетонные шпалы не могут у нас найти применения и с ними возможны лишь опыты для выяснения целесообразных форм для будущего, когда указанные выше материалы перестанут у нас быть дефицитными.

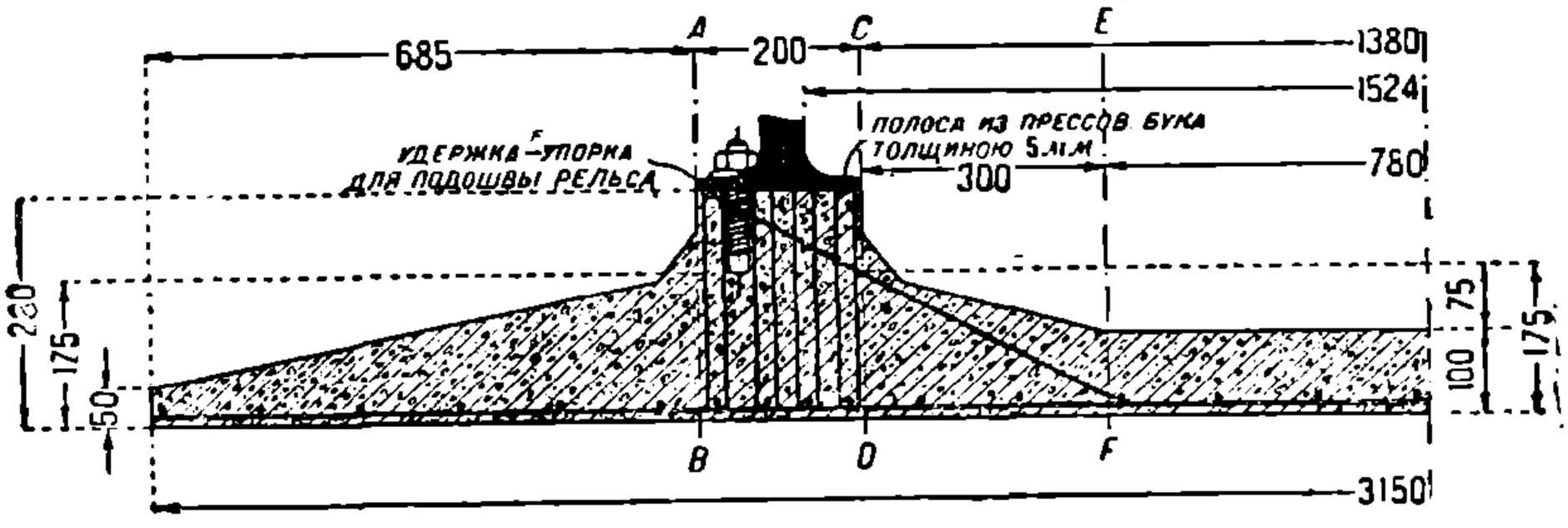
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем заключается назначение шпал?
2. Каковы преимущества деревянных шпал перед другими?
3. Какие две основных причины делают деревянные шпалы негодными для дальнейшей службы?
4. Из каких пород леса изготовляются шпалы?
5. Какой срок службы шпал дубовых, сосновых и еловых непропитанных и пропитанных хлороцинком, креозотом и просоленных?
6. В чем состоит способ пропитки по способу полного поглощения и ограниченного поглощения? Какими антисептиками пропитываются шпалы при пропитке по указанным выше способам? Почему при пропитке креозотом применяется способ ограниченного поглощения?
7. Что такое эмульсии?
8. Как узнается, здоровая ли шпала лежит в пути или начавшая загнивать?
9. Что такое механический износ шпал и какие меры принимаются против такового?



Черт. 221.

10. Какие существуют еще мероприятия для продления срока службы шпал, кроме пропитки и мер против механического износа?



Черт. 222.

11. Сколько типов шпал принято планом реконструкции для дорог СССР и какие их основные размеры?

НТБ ДНУЖТ

12. Какое количество шпал на километр установлено планом реконструкции для пропуска паровоза с давлением на ось в 23 *т* и сколько с давлением на ось в 20 *т*?

13. Почему металлические шпалы не имеют применения на дорогах СССР?

14. Каково поперечное сечение наиболее распространенного типа металлических шпал, каков их примерный вес?

15. Каково преимущество шпалы Шейбе?

16. В чем заключаются недостатки железобетонных шпал существующих в настоящее время типов?

17. Какими достоинствами отличаются железобетонные шпалы?

§ 17. Балластный слой

1. Назначение балласта

Земная поверхность не всегда представляет благоприятные условия, необходимые для непосредственной укладки на ней рельсового пути, например, имеющийся на месте грунт, из которого обычно приходится устраивать земляное полотно, в большинстве случаев бывает недостаточно твердый, чтобы не деформироваться под давлением подвижного состава. Если бы рельсовые опоры были положены прямо на грунт, например на глину, то последняя под давлением от подвижного состава дала бы значительную осадку, особенно в сырое время.

Поэтому является необходимым помещение между земляным полотном и рельсовыми опорами некоторого промежуточного слоя. Этот промежуточный слой, именуемый балластом, имеет назначение:

1) непосредственно принимать давление от рельсовых опор, не давая остающихся деформаций, передавать это давление возможно равномернее на возможно большую площадь земляного полотна, и следовательно, уменьшать это давление, доводя его до такой величины, при которой осадка полотна получается упругая, т. е. деформации изчезают по удалении поезда (примерно до величины *2 кг/см²*);

2) содержать рельсовую колею в сухом виде;

3) увеличивать боковую устойчивость пути, препятствуя перемещению рельсовых опор;

4) умерять удары подвижного состава о рельсы, представляя упругую подушку, на которой лежат опоры;

5) предохранять полотно от промерзания;

6) предохранять подвижной состав от пыли.

Выполняя перечисленные предъявляемые балласту требования, он, кроме того, не должен раздробляться от ударов колес подвижного состава и ударов кирки при подбивке шпал и не должен изменяться от атмосферных влияний — от мороза, дождя и ветра.

Для этого балласт должен обладать определенными свойствами, которые мы и рассмотрим.

Какими свойствами должен обладать балластный слой, чтобы приняв давление от шпалы, не деформироваться до степени образования остающихся деформаций. Чтобы ответить на этот вопрос, посмотрим, почему могут произойти остающиеся деформации. Если поместить шпалу на глину, смоченную водой, то шпала под давлением колеса тяжелого паровоза погрузится в жидкую глину настолько,

НТБ ДНУЖТ

что по уходе поезда не вернется в прежнее положение, и получится это потому, что силы трения и силы сцепления в мокрой глине будут недостаточными, чтобы воспрепятствовать шпале погрузиться в глину.

Таким образом выясняется, что балласт, даже смоченный водою, должен обладать достаточными силами трения и сцепления, чтобы не давать остающихся деформаций, но эти силы не должны быть чрезмерными. В самом деле, если бы мы промежуточный слой между шпалами и земляным полотном устроили, например, из гранитной плиты, то эти плиты и после любого ливня обладали бы достаточными силами сцепления, чтобы не дать остающихся деформаций, но такой промежуточный слой не отвечал бы пункту четвертому перечисленных выше, предъявляемых балласту, требований, т. е. был бы недостаточно упруг, чтобы умерять удары подвижного состава, делать их мягкими, нежесткими.

Таким образом эти силы должны быть такими, чтобы балласт давал некоторую, неостающуюся, но упругую деформацию, т. е. под влиянием определенной действующей на него силы он давал некоторую упругую осадку, некоторое упругое сжатие, которые после прекращения действия силы исчезли бы.

Способность балласта давать такую упругую осадку обычно измеряется некоторым коэфициентом, именно — определяют, какое нужно произвести давление на единицу поверхности балласта, чтобы он дал осадку в 1 *см*, например, если на 1 *см*^{2} поверхности балласта нужно приложить силу в 5 *кг*, чтобы получилась осадка в 1 *см*, то указанный коэфициент оценивается цифрой 5. Коэфициент этот обычно именуется „коэфициентом балласта", хотя собственно правильнее именовать его „коэфициентом постели шпалы", как это теперь начинают делать, так как фактически давление прикладывают к шпале и смотрят, насколько опустилась эта шпала, т. е. не один только балласт, но и грунт под балластом, почему полученный коэфициент уже не будет коэфициентом одного только балласта.

Чтобы быть более точным, нужно сказать, что опускание шпалы под действие нагрузки происходит вследствие сжатия самой шпалы, сжатия балласта и грунта под балластом и уничтожения просветов между балластом и шпалой.

Для определения коэфициента постели шпалы для балласта из различных материалов были произведены многочисленные опыты как за границей — Вебером, Цимерманом, Гентшелем и другими, так и у нас — проф. Васютынским, Стецевичем и другими, причем указанный коэфициент, обозначаемый обычно буквой *C*, некоторыми исследователями определялся вне зависимости от того, на каком грунте расположен этот балласт, другие же принимали во внимание и род грунта.

Рельсовая комиссия при бывшем инженерном совете, согласно предложению проф. Васютынского, установила в 1912 г. для коэфициента постели шпал, в зависимости от качества балласта и земляного полотна, следующие значения:

$C = 3$ — балласт из мелкого песка на не вполне устойчивом полотне (подвергающемся просадкам), т. е. плохой балласт на посредственном полотне.

$C = 4$ — балласт среднего песка на вполне устоявшемся полотне или балласт из щебня и крупного песка на менее удовлетворитель-

НТБ ДНУЖТ

ном полотне, т. е. посредственный балласт на хорошем полотне (устоявшемся, осушенном и дренированном), или хороший балласт на посредственном полотне (не вполне устойчивом, подвергающемся просадкам);

$C = 5$ — балласт из щебня и крупного песка на вполне устоявшемся полотне, т. е. хороший балласт на хорошем полотне (устоявшемся, осушенном и дренированном).

Упомянутые выше многочисленные опыты с коэфициентом постели шпал как за границей, так и у нас относятся все к летнему пути, к балласту летом.

Наблюдений же над балластом зимним, над путем, скованным морозом, по крайней мере над коэфициентами постели шпал зимнего балласта, до последнего времени не имелось.

Между тем упругость балласта зимой меняется; особенно резко она меняется в балласте песчаном, который, будучи осенью насыщен водой, превращается в ледышку.

При всех расчетах верхнего строения пути как за границей, так и у нас всегда базируются на коэфициенте постели шпал летнего балласта, совершенно игнорируя тот факт, что в таких странах, как Северная Америка или наша, весьма продолжительный промежуток имеет путь, скованный морозом.

О влиянии на путь изменения коэфициента постели шпал зимой см. нашу статью: „Железнодорожный путь, скованный морозом", Техника и экономика путей сообщения, 1924 г.

Исследования, произведенные в 1930 г. путевой экспериментальной станцией Института реконструкции пути, установили, что зимою при промерзании всего балластного слоя жесткость пути на песчаном балласте резко увеличивается и доходит до $C=17$, а на щебне до $C=11{,}3$.

Попутно нужно отметить, что при всех расчетах верхнего строения пути в основу этих расчетов кладется гипотеза, что до известной степени нагружения величина упругого сжатия балласта находится в постоянном отношении к величине давления, а именно:

$$p = Cy,$$

где.

p — нагрузка на шпалу,
C — коэфициент постели шпалы,
y — погружение шпалы.

Помимо рассмотренных свойств достаточной твердости, чтобы не давать остающихся деформаций, и в то же время достаточной (черт. 223) упругости, чтобы умерять удары подвижного состава, балласт, далее, должен при передаче давления от шпалы грунту уменьшать это давление, а для этого распределять его на большую площадь, т. е., другими словами, не передавать его прямо вертикально вниз, а под известным углом к вертикали. В природе существуют такие породы грунтов, которые именно этим качеством обладают, например, щебень, песок, гравий и некоторые другие.

Если поместить шпалу на одном из такого рода грунтов, например на песке, и нагрузить ее, то давление от шпалы распространится в этом песке примерно в форме расходящейся снаружи трапеции.

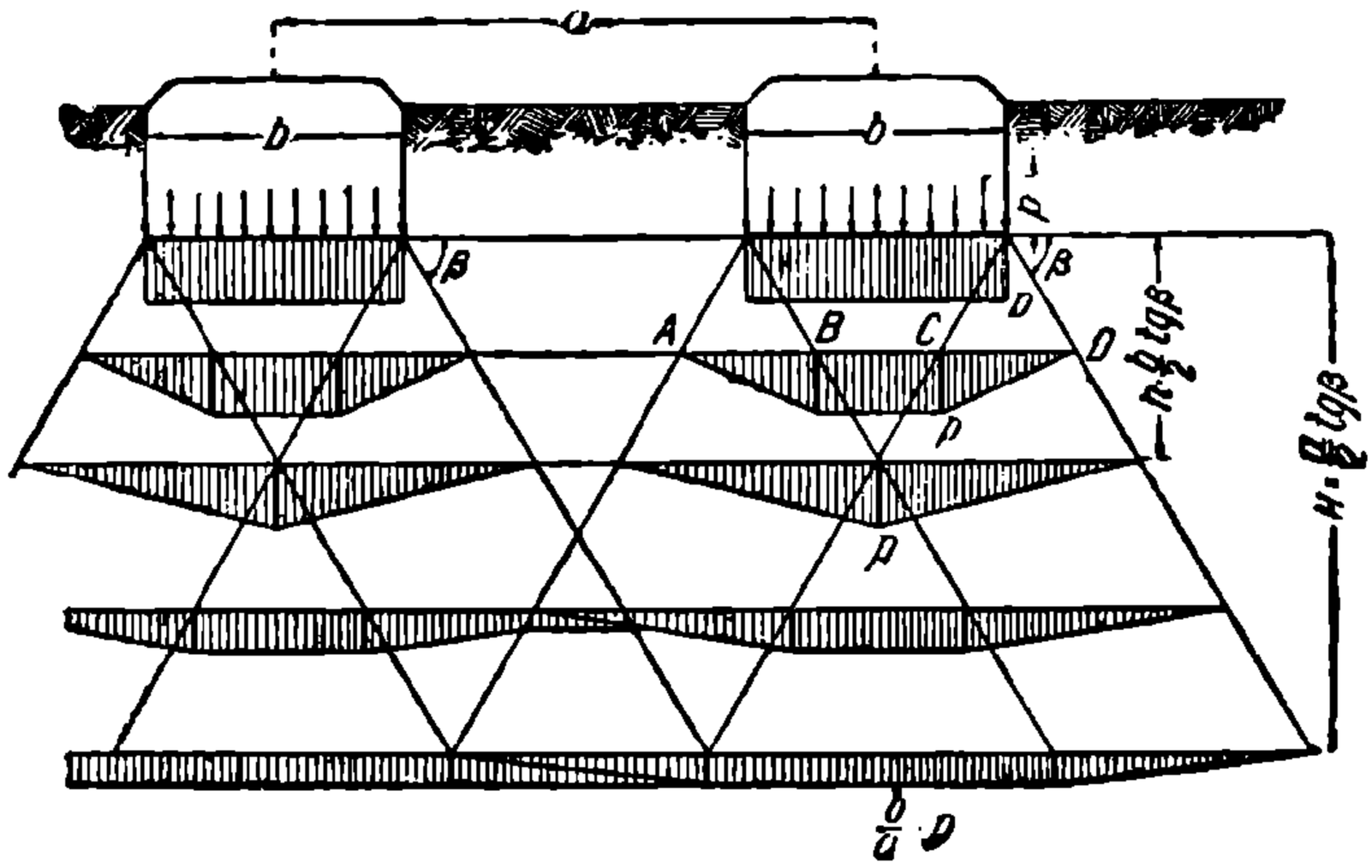
НТБ ДНУЖТ

Если принять, что давление, производимое шпалой на балласт, одинаково по всей ширине шпалы и что давление от каждой точки нижней поверхности шпалы распространяется вниз конусообразно по прямым линиям, то мы получим схему распределения рассматриваемого давления в балласте согласно черт. 223.

Величины давления в любой точке графически изображены на черт. 223 (см. заштрихованную трапецию).

На известной глубине балластного слоя начинает сказываться влияние соседней шпалы.

Так как давления от соседней шпалы присоединяются к зонам с более слабым давлением, то влияние соседней шпалы является



Черт. 223.

выравнивающим, и на определенной глубине давление по всей плоскости становится совершенно равномерным. Как усматривается из приведенного выше чертежа, глубина эта H равняется нижеследующей величине:

$$H = \frac{a}{2} \operatorname{tg} \beta,$$

где:

a — расстояние между осями шпал,

β — угол наклона к горизонту образующей конуса давления.

Добиваться указанного выше выравнивания необходимо, так как в противном случае происходят вспучивания, в особенности податливого грунта, примером чего может служить черт. 224. Выравнивание получается на тем меньшей глубине, чем меньше расстояние между шпалами. Для получения указанного выравнивания давления толщина балластного слоя под шпалой должна, по Шуберту, быть не меньше, чем $a - b + 20$, т. е. на 20 *см* больше, чем расстояние между шпалами в свету. Блюм считает, что толщина балластного слоя должна равняться расстоянию в свету между шпалами (см. доклад Блюма на международном конгрессе в Берне, в 1910 г.). Аст полагает, что минимальная толщина балластного слоя должна равняться 40 *см*.

Чем толщина балластного слоя больше, тем и единичное давление на грунт (благодаря указанному выше свойству балласта распределять давление в стороны) будет меньше.

РГБ ДНУЖТ

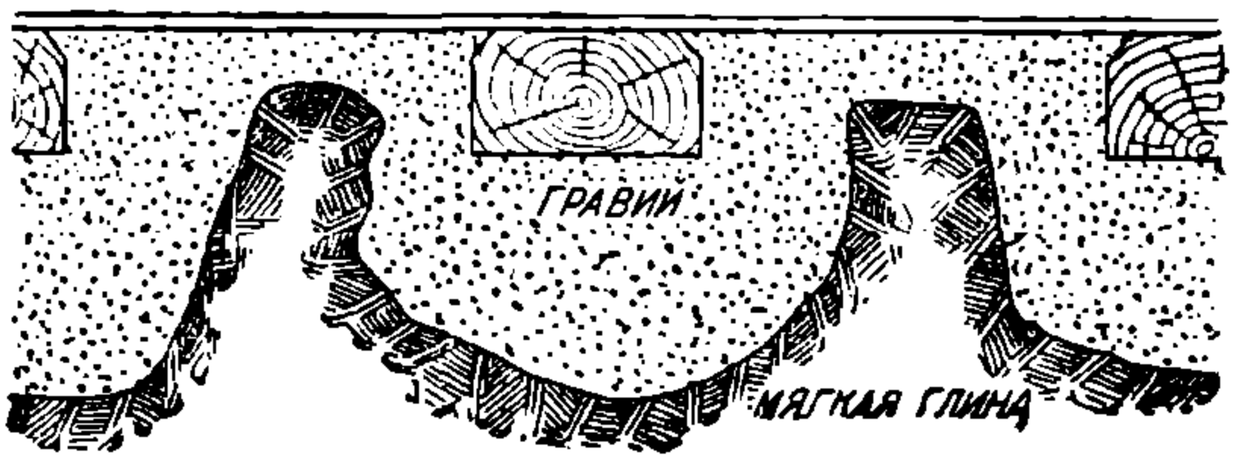
Для того, чтобы грунт не давал остающихся деформаций, следует, чтобы давление на грунт не превышало 2 *кг/см*². При указанных выше толщинах балласта это условие выполняется.

Заканчивая вопрос о распределении давлений в балластном слое, нужно упомянуть, что близкое расположение шпал выгодно не только для выравнивания давления, но, согласно исследованиям Брэунинга, также и для воспрепятствования выдавливанию балласта из-под шпалы в стороны. Частое расположение шпал очень полезно для сопротивления выпиранию пути в бок при спайке рельсовых стыков.

Рассмотрим теперь следующее важнейшее назначение балластного слоя — сохранять путь в сухом состоянии. Это одно из важнейших и серьезнейших требований, предъявляемых к балластному слою.

Вода есть враг хорошего пути. Вода, насытившая балластный слой и задержанная там, уменьшает силы сцепления между отдельными частицами балласта, вследствие чего он перестает быть достаточно твердым, чтобы не деформироваться под действием нагрузки, и дает осадки значительно большие, чем при сухом состоянии пути

Вода, задержанная в земляном полотне, размягчает грунт, делает его более податливым и способствует вдавливанию в него балластного слоя, образует балластные корыта. Вода способствует гниению шпал, нарушает устойчивость пути, является причиной образования пучин.



Черт. 224.

Для того, чтобы избежать всех указанных выше вредных последствий, вода должна быть удаляема из пути, и это одна из задач балласта.

Для выполнения ее балласт должен быть водопроницаем, т. е. состоять из такого материала, который воду не задерживает. Такими материалами могут служить щебень, гравий, галька, песок не особенно мелкий, и некоторые другие.

Согласно опытам и наблюдениям Брэунинга, мельчайший песок с зернами меньше 1 *мм* является плохим, недостаточно водопроницаемым балластом.

Опыты заключались в том, что в железный ящик насыпался сухой песок, в который потом вливалась вода. Через отверстия, имевшиеся в ящике, вода оттуда удалялась. Опыты показали, что время, потребное для последовательного удаления воды из отдельных отверстий, составляло при песке с зернами меньше 1 *мм* около 12 часов, при более крупном песке с зернами свыше 1 *мм* вода вытекала полной струей в короткое время.

Помимо качества самого балласта большую роль играет его чистота. Сам по себе прекрасный балласт, но загрязненный мусором и навозом из скотских вагонов, пылью, принесенной ветром с соседних полей, балласт, проросший травой, или балласт из прекрасного

НТБ ДНУЖТ

песка, но с большой примесью глины (более 15%), становится водонепроницаемым и во всяком случае плохо пропускающим воду, а потому своего назначения не выполняет.

Кроме указанных важнейших основных задач балласта, именно — уменьшать давление, передаваемое на грунт, и содержать рельсовую колею в сухом состоянии, балласт должен выполнять и ряд других упомянутых выше, может быть, и менее важных задач: так, он должен увеличивать боковую устойчивость пути, препятствуя перемещению опор.

Перемещения эти могут происходить поперек пути и вдоль пути. Перемещения поперек пути могут происходить от различных причин: во-первых, от горизонтальных поперечных сил, появляющихся при движении поездов, например от влияния паровоза или центробежных сил при проходе поезда по кривым частям пути, во-вторых, в ненагруженной поездом колее вследствие перемен температуры при отсутствии зазоров в стыках и, в-третьих, при наличии только что указанных перемен температуры в соединении с угоном рельсов. Последний случай вызывает наиболее сильные перемещения опор. Всем известны случаи значительного бокового сдвига всего пути, часто сопряженные с опасностью для движения. С подобными явлениями мы должны всемерно бороться и делать все возможное для предупреждения подобных случаев. Вопрос этот приобретает особую остроту при возможном в будущем осуществлении столь желательного уничтожения стыков при спайке таковых.

В деле удержания рельсовых опор на месте, в противодействии поперечному перемещению шпал помогает балласт. Шпала, заделанная в балласт со всех сторон, кроме верхней поверхности, естественно, встречает в балласте сопротивление своей сдвижке, и не только потому, что ей приходится для своего продвижения подвергнуть сжатию лежащий на ее пути балласт, но и потому, что при этом продвижении шпале приходится преодолеть силы трения между ней и балластом.

М. М. фон-Вебер по произведенным им опытам и наблюдениям находит, что сопротивление боковому сдвигу одной деревянной шпалы, лежащей в плотно слежавшемся щебеночном балласте в незагруженном поездом пути, в среднем равняется около 500 *кг*.

Это сопротивление довольно значительно но оно все-таки недостаточно, чтобы совершенно предотвратить вредные и иногда даже опасные, указанные выше, боковые сдвиги пути.

Задачей дальнейших серьезных как теоретических исследований, так и опытных наблюдений является, с одной стороны, выяснение всех причин, производящих боковые сдвиги пути, и точное определение величины сдвигающих сил, а с другой — выяснение тех мероприятий, помощью которых можно увеличить сопротивляемость пути его боковому сдвигу и совершенно предотвратить возможность таких сдвигов.

Вопрос этот отчасти нами уже был затронут выше, в главе о рельсовых стыках.

Кроме поперечного перемещения опор существует, как известно, и продольный сдвиг, угон шпал. Причинами этого явления служат те же факторы, которые производят и угон рельсов, о котором подробно говорится ниже, в отделе „Ремонт пути".

НТБ ДНУЖТ

В деле противодействия угону шпал также помогает балластный слой. Сопротивление угону одной шпалы оказывает объем балласта, заключенный в ящике между двумя шпалами.

Следующим требованием, предъявляемым к балласту, является защита пути от промерзания.

Балластный слой, состоящий из отдельных зерен песка или отдельных щебенок, представляет собой конгломерат отдельных частиц, разделенных между собою пустотами, заполненными воздухом, который, будучи плохим проводником тепла, и является той защитой, которую балласт несет с собой. Таким образом балласт является своего рода шубой, которая защищает грунт от промерзания и, следовательно, путь от пучин. Чем толще слой балласта, тем защита надежнее. Наконец, балласт должен защищать подвижной состав от пыли. Предъявляя такое требование, мы видим, что нельзя считать отвечающим своему назначению, например, мелкий песок, сам дающий облака пыли при быстром проходе поезда в сухую погоду.

Посмотрим теперь, какой материал следует на основании изложенных выше требований, предъявляемых к балласту, считать пригодным и желательным для балласта и какой фактически применяется балласт за границей и у нас.

2. Материал балластного слоя

Балластный слой представляет собою рыхлую, насыпанную массу, конгломерат отдельных частиц определенного вещества, определенного материала.

В качестве такого материала употребляется щебень из твердых каменных пород, способных сопротивляться атмосферным воздействиям. Твердость эта необходима для того, чтобы щебенки не раздроблялись и не превращались в пыль под действием динамической нагрузки поезда или от ударов кирки при подбивке шпал. Такими твердыми породами являются: гранит, кварцит, порфир, диорит, серый песчаник, базальт.

Чрезмерно твердые породы, в роде базальта, уступают породам несколько менее твердым, но более вязким; например, серый песчаник уступает потому, что при чрезмерной твердости эта порода отличается большой хрупкостью и, кроме того, способностью повреждать шпалы.

Балласт из щебня твердых пород является прекрасным и наилучшим балластом; он удовлетворяет всем предъявляемым балласту и перечисленным выше требованиям.

Что касается размеров отдельных щебенок, то обычно они колеблются в пределах 25 и 60 *мм*, причем на верхний слой. подвергающийся подбивке, желательно употреблять более мелкий щебень. Заммет для подбивочного слоя рекомендует щебенки размерами от 15 до 35 *мм*. Под верхним же слоем Заммет рекомендует применять щебень нижеследующих размеров: при деревянных шпалах на перегонах при щебне из твердых камней 3-4 *см*, при мягком щебне 4-5 *см*, на станциях при твердом щебне 4-5 *см*, при мягком щебне 5-6 *см*. При этом Заммет рекомендует применять однородный щебень из щебенок более или менее одинаковой величины.

НТБ ДНУЖТ

Шуберт рекомендует к крупным щебенкам прибавлять более мелкие, размерами 8 *мм*.

Форма щебенок обычно остроугольная.

Другим материалом, часто употребляемым в качестве балласта, является гравий, состоящий из продуктов разрушения твердых, невыветривающихся пород, в частности кремния. Залежи гравия на суше или в реках иногда представляют собой такого сорта материал, который в естественном виде может быть употребляем на балласт, а иногда требует некоторой обработки, например отсеивания мелких частей.

Зерна гравия имеют форму закругленную и потому представляют массу, мало устойчивую при наличии сотрясений от двигающихся поездов.

Для этой устойчивости полезно иметь примеси из более мелких частиц, величина которых не должна понижаться ниже 1 *мм*, так как присутствие этих частиц понижает водопроницаемость балласта. Согласно прусским правилам таких мелких частей не должно быть в гравелистом балласте более 25%.

В виду указанной малой устойчивости гравелистого балласта, по наблюдениям Шуберта, на подбивку шпал при балласте из гравия тратится работы в три раза больше, чем при щебеночном. Гравелистый балласт сильно уступает балласту щебеночному, но в общем предъявляемые балласту требования выполняет удовлетворительно.

Затем, в качестве материала для балласта употребляется песок. У нас он употребляется, почти исключительно, за границей же — на главнейших дорогах как исключение (например, французская дорога Париж-Лион-Средиземное море; нужно при этом отметить, что там, употребляя его, не только просеивают, по иногда даже промывают).

Обыкновенно различают песок крупный — с зернами от 0,5 до 1 *мм*, песок средний — с зернами от 0,25 до 0,5 *мм* и совсем мелкий — с зернами менее 0,25 *мм*.

Даже крупный песок является в качестве балласта материалом посредственным. За границей на магистральных линиях обычно употребляется щебень. Жакомб-Гуд (Jacomb-Hood) в своем докладе на Международном конгрессе в Берне говорит, что песок в некоторых странах обладает столь низкими качествами с точки зрения дренирования, что пользоваться им в качестве балласта на дорогах первостепенного значения недопустимо.

Песок мелкий является совсем плохим балластом. К сожалению, нужно сказать, что все наши дороги, за исключением одной Екатерининской, имеют песчаный балласт. Некоторые из наших дорог, как-то: Октябрьская, Курская и др. песчаный балласт покрывают сверху одним рядом щебенок для предохранения подвижного состава от пыли, а нижнего песчаного балласта — от засорения.

Такого сорта покрышка не всеми признается рациональной, так как она усложняет работы по ремонту, по подбивке шпал и кроме того ведет к перемешиванию щебня с песком.

Многие специалисты давно и неоднократно высказывали пожелания о скорейшем переходе и у нас на щебеночный балласт.

XXX съезд инженеров службы пути в 1912 г. в связи с докладом инженера Ясевича вынес следующее постановление: „применение

РГБ ДНУЖТ

щебеночного балласта является одним из средств, существенно увеличивающих устойчивость пути, и должно быть рекомендовано как улучшение верхнего строения пути, являющееся своевременным и необходимым на магистральных линиях, на которых в виду постоянно увеличивающейся густоты движения и скорости поездов расходы по замене балласта посредственного качества щебнем независимо от технических выгод, несомненно, окупаются сбережениями по содержанию и ремонту пути и подвижного состава, причем в первую очередь рекомендуется укладка на щебне стрелок на главных путях и путях большого движения".

Качество балласта бесспорно имеет громаднейшее значение для состояния пути. Содержать путь в полной исправности можно только при хорошем балласте, и во всяком случае содержание пути при хорошем балласте несравненно легче и дешевле. Удары в стыках и вообще все те неприятности, которые несут с собой рельсовые стыки, несравненно менее ощутительны при хорошем балласте. Поэтому, вопросу о балласте должно быть уделяемо самое серьезное внимание.

Одна из статей расходов по содержанию пути, по которой следует менее наводить экономию, чем на других — это статья расходов на балласт. Расходы эти сторицей окупятся сокращением расходов по другим статьям содержания пути.

Французские инженеры Перрон и Гаснье (Pirron, Gasnieu) указывают, что на содержание в исправности 1 *км* пути требуется в год при хорошем балласте 100 рабочих дней, при посредственном — 150 и при плохом — 200.

В Германии балластный слой обычно устраивается из щебня твердых каменных пород. На второстепенных путях иногда встречается балласт из гальки, и в виде очень редкого исключения из хорошего чистого песка (Шверинская дирекция). В правилах содержания пути германских жел. дорог говорится: „деятельность службы верхнего строения и хозяйственность в содержании пути зависят главным образом от качества балласта".

Щебеночный балласт не только держит подбивку лучше, чем гравелистый, не говоря уже о песчаном, но и более упруг и потому дает меньшее число изломов рельсов.

Вполне своевременно нам отказаться от песчаного балласта и переходить на щебеночный. Если нельзя сразу переложить весь путь на щебень, то желательно уложить на таковом хотя бы стыковые и пристыковые шпалы и стрелочные переводы. Опыт укладки стыков и переводов на щебне дал прекрасные результаты на Московско-Казанской железной дороге и на других.

Нужно заметить, что некоторые специалисты держатся противоположного взгляда по поводу укладки только стыковых шпал на щебне, полагая, что при этом получится неоднородность пути.

Иногда в качестве материала для балласта употребляется шлак из доменных печей. Если такой балласт в первое время удовлетворяет предъявляемым к нему требованиям, то под действием проходящих поездов спрессовывается и тогда плохо пропускает воду. Кроме того, некоторые шлаки иногда содержат серу, вредно действующую на металлические части.

НТБ ДНУЖТ

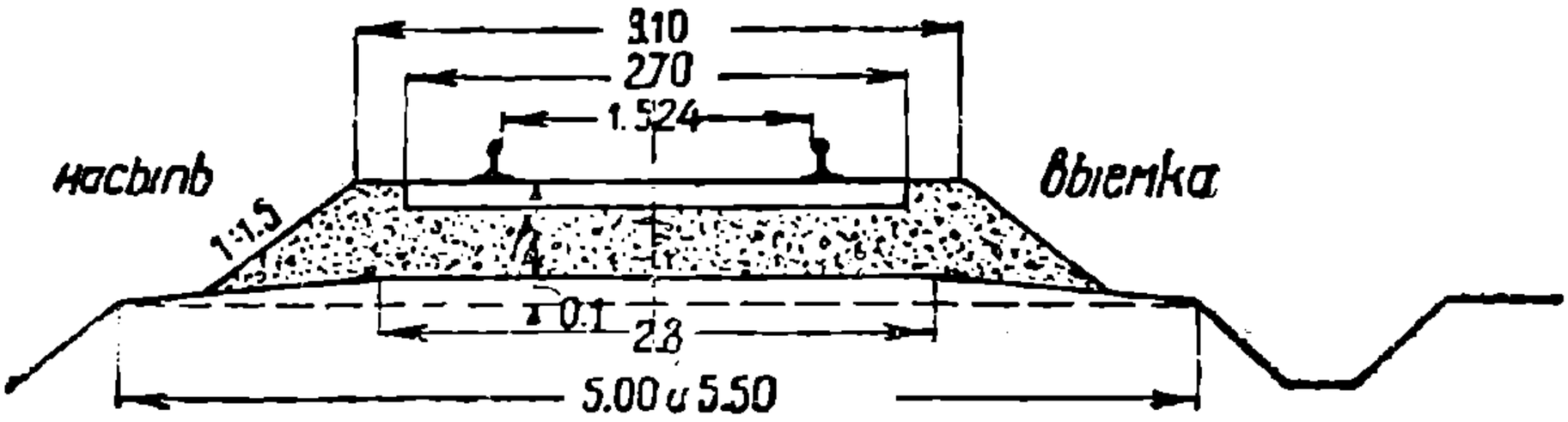
3. Форма и размеры балластного слоя

Толщина балластного слоя, как мы видели выше, диктуется соображениями, изложенными при рассмотрении вопроса о распределении давлений, передаваемых шпалами балласту и земляному полотну.

Толщина эта, на основании всего вышеизложенного, зависит от качества балласта, от качества земляного полотна и от расстояния между шпалами.

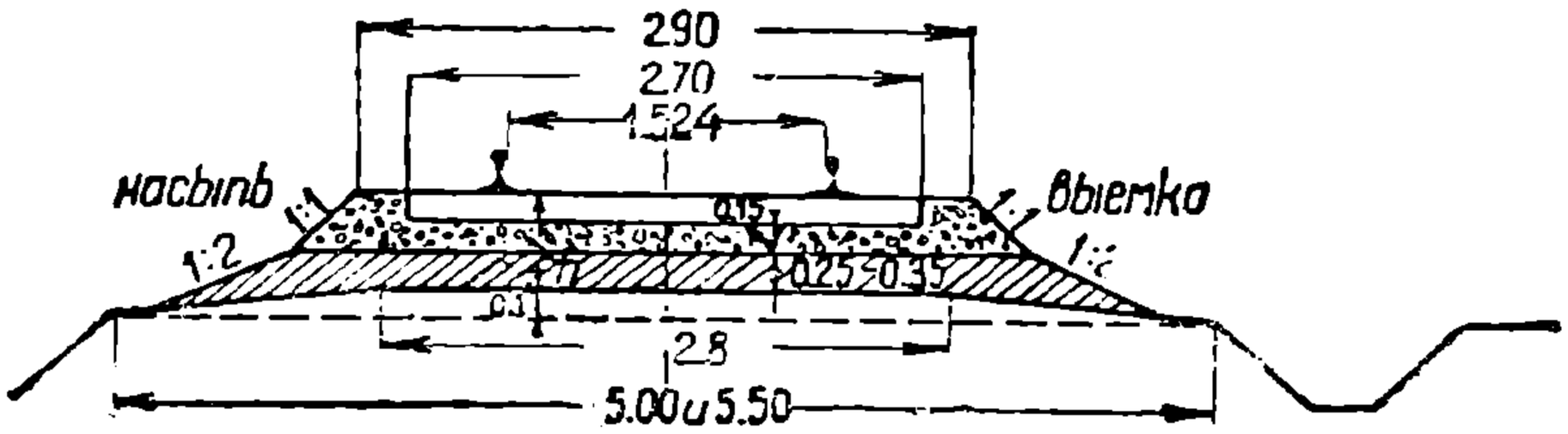
Балласт песчаный должен иметь большую толщину, чем балласт из гравия, так как при балласте из песка выравнивание давлений, производимых на земляное полотно, происходит на большей глубине, чем при балласте из гравия.

При податливом и слабом грунте толщина балласта должна быть больше, чем при грунте твердом, так как для уменьшения



Черт. 225.

давления на единицу поверхности земляного полотна до величины, требуемой условиями слабого, податливого грунта, требуется увеличение толщины балластного слоя. При большем расстоянии между шпалами толщина балластного слоя для выравнивания давлений на грунт требуется большая, чем при меньшем расстоянии между шпалами.



Черт. 226.

Толщина балластного слоя в разных странах применяется также различная.

Наибольшей величины она достигает в Англии, где балласт применяется толщиной до 45 *см* под шпалой, в Северной Америке — около 40 *см*, в Германии — до 25 *см* и в последнее время до 30 *см*.

У нас, к сожалению, несмотря на то, что балласт употребляется песчаный, а не щебеночный, как за границей, и притом и песчаный часто очень низкого качества, балластный слой в настоящее время имеет толщину, совершенно недостаточную для выполнения предъявляемых к балласту требований. Размеры балластного слоя согласно нашим техническим условиям 1931 г. сооружения магистральных линий показаны на черт 225 и 226.

По плану реконструкции пути на путях первого разряда у нас предвиден балласт щебеночный.

НТБ ДНУЖТ

Выдержки из наших новых технических условий проектирования магистральных железных дорог, утвержденных 10 февраля 1931 г.

§ 67. Балластный слой

На улицах, где предполагаемое в течение ближайших пяти лет после сдачи дороги в эксплоатацию, обращение подвижного состава с давлением на ось свыше 18 тонн, балластный слой на главных путях должен быть принят толщиной не менее 12 *см* под подошвой шпалы из нижеследующих материалов, удовлетворящих техническим условиям НКПС на балласт: гравия, щебня из твердого пясчаника, твердого известняка и др. невыветриваемых пород или из искусственного щебня, предусматривая возможность в будущем доведения толщины этого слоя до 30 *см*.

При всякого рода грунтах земляного полотна, за исключением скалистого, песчаного и супеска (с примесью глины не свыше 17%), гравелистый и щебеночный балласт укладывается в песчаную подушку.

Толщина песчаной подушки должна быть 20 *см*, а при полотне из глинистых и других всяких грунтов — 30 *см*.

На линиях, где в течение ближайшего после открытия дороги пятилетия, не предполагается обращение подвижного состава с нагрузкой на ось более 18 тонн, род балласта должен выбираться на основании технико-экономических соображений.

В указанных случаях, кроме вышеперечисленных родов балласта, допускается применение песчаного балласта, удовлетворяющего Т. У. на балласт.

Толщина балластного слоя из песка под подошвой шпалы должна быть не менее:

для грунта полотна песчаного или суглинистого — 25 *см*,
для грунта полотна глинистого и вобще всякого — 35 *см*.

На станционных путях, где организованные поезда совсем не обращаются, или обращаются с уменьшенной скоростью, песчаный балласт допускается во всех случаях, вне зависимости от величины нагрузки на ось, уменьшением норм, указанных выше, на 5 *см*.

Ширина балластной призмы поверху (при длине шпалы 2,70 *м*) на перегонах должна приниматься:

1. На однопутных дорогах, при гравелистом и щебеночном балласте — 2, 90 *м*.

На однопутных дорогах при песчаном балласте — 3,10 *м*.

2. На двухпутных дорогах, в прямых участках, или гравелистом и щебеночном балласте — 7,20 *м*.

На двухпутных дорогах, в прямых участках, при песчаном балласте — 7,40 *м*,

В кривых частях пути, а также при принятии расстояния между осями в 4100 *мм*, ширину призмы поверху, вносятся соответствующие поправки.

Ширина подушки под щебеночный балласт поверху должна соответствовать постели щебеночного слоя при вышеуказанных размерах последнего.

Крутизна откосов балластнного слоя должна приниматься при щебеночном балласте — одиночная, а при иных балластах — полуторная; крутизна откосов песчаной подушки — двойная.

Балласт не должен насыпаться выше верхней поверхности поперечин, за исключением местностей с малым количеством осадков и жарким климатом, где в целях предохранения шпал от растрескивания требуется покрытие поверхности шпал слоем балласта толщиной 5-6 *см*.

Принимая в среднем на станционных путях магистралей толщину балластного слоя в 0,46 *м*, получим на 1 *км* станционных путей количество балласта в среднем около 1600 $м^3$.

При полногрузных вагонах, назначенных в балластный поезд, и при нагрузке вагона до полной подъемной силы в среднем вагон можно грузить от 9 до 10 $м^3$ песчаного балласта в зависимости от степени влажности и сорта балласта.

Добывание и изготовление балласта.

Добываются песок и гравий из имеющихся на суше и в реках залежей, из карьеров.

Щебень применяется и естественный, и искусственный, изготовляемый на специальных каменнодробильных заводах.

В последнее время северо-американские и английские дороги применяют искусственный щебень из обожженной глины, который оказывается весьма пригодным в сыром полотне

НТБ ДНУЖТ

Среднее количество балласта в $м^3$ на 1 *км* пути магистралей нормального типа, при нормальных поперечных профилях (округленно).

Род балласта	Классификация: ширина поверху H	При высоте балластного слоя в *м*						
		0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Количество песчаного балласта при полуторной крутизне откосов $м^3$	$H = 3{,}10$ *м* на однопутных дорогах . . .	2280	2040	1910	1590	1360	1150	945
	С 10% на утерю в осадку и 5% на эксплоатац. запас . .	2620	2350	2200	1830	1560	1320	1090

Планом реконструкции пути намечена на линиях с интенсивным грузооборотом замена песчаного балласта щебеночным и гравием, при чем в течение 1931 г.—на протяжении 953 *км*. Для замены предвидится механизация щебня и гравия помощью мощных камнедробилок и перевозка щебня помощью саморазгружающихся составов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем состоит основное назначение балластного слоя?
2. Почему балласт способствует уменьшению давления подвижного состава на земляное полотно?
3. При какой толщине балластного слоя достигается полная равномерность распределения давления подвижного состава на земляное полотно?
4. Что такое коэфициент постели шпалы?
5. Какими качествами должен обладать балласт, чтобы содержать путь в сухом состоянии (быть достаточно водопроницаемым)?
6. Какие материалы пригодны для использования их в качестве балласта?
7. Какими преимуществами обладает щебеночный балласт?
8. Что такое нижний и верхний балласт?
9. Как велико сопротивление балласта боковому и продольному сдвигу шпалы?
10. Какой процент примеси допустим в песчаном балласте?
11. Каковы размеры поперечного профиля балласта согласно новым техническим условиям?
12. Какие меры намечены планом реконструкции по заготовке щебеночного балласта?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Начертите профили рельсов $II_а$, $III^а$ и утвержденный планом реконструкции тип тяжелого рельса. Проставьте основные размеры и напишите вес каждого типа.
2. Начертите стык к рельсам $II^а$ (утвержденные планом реконстукции скрепления); чертеж должен быть сделан в масштабе $^1/_4$ натуральной величины и состоять из фасада (бокового вида), плана (вида сверху), продольного разреза по болтовым дырам и поперечного разреза. Кроме того, в масштабе $^1/_2$ натуральной величины начертите детали костыля, болта и подкладки.
3. Подсчитайте количество потребного скрепления для 10 *км* пути при длине рельса 12,5 *м*. Результаты представьте в виде таблицы по следующей форме.

Потребное количество на 10 километров

Наименование срепления	Число штук	Вес одной штуки	Общий вес
Накладок Подкладок Костылей Болтов	?	?	?
Итого:			

НТБ ДНУЖТ

Ответьте на вопросы

4. В чем состоят преимущества и недостатки костылей и шурупов?

5. Какие недостатки присущи фартуковым накладкам, какими преимуществами отличаются накладки, утвержденные планом реконструкции для рельсов IIа?

6. Какими достоинствами отличаются американские накладки гед-фри, французские стропильной системы и немецкие на сдвоенных шпалах?

7. Подсчитайте, какая получится экономия, если вместо тяжелого рельса, запроектированного планом реконструкции, оставить рельс IIа, но увеличивать число шпал с 1 360 на 1 800, считая, что подкладки будут лежать на каждой шпале?

8. Балласт вывозится в крытых вагонах. Длина кузова вагона 8 *м*, ширина — 3 *м*, вес — 1 $м^3$ балласта 1,5 *т*. До какой высоты от пола вагона следует грузить балласт, чтобы погрузить в вагон 15 *т* балласта?

9. На балластировку участка надо вывезти 50 000 $м^3$ балласта.

Можно ли заложить карьер в начале этого участка, причем на оборудование карьера надо затратить 25 000 руб., или привозить балласт из готового карьера на расстоянии 100 *км* от начала участка. Что выгоднее и насколько, если принять стоимость перевозки 0,4 копейки на тонно-километр; вес 1 $м^3$ балласта 1,5 *т*?

10. Поезд вызывает продольный угон рельсов с силой 500 *кг* на 1 погонный метр пути; каждый метр пути, загруженный поездом, может оказать сопротивление угону 1 400 *кг*, если соединить рельсы со всеми промежуточными шпалами; сколько шпал надо плотно соединить с рельсом, если на 1 пог. *м* пути приходится 1,4 шпалы? Ответьте на этот вопрос, пользуясь нижеследующим решением аналогичной задачи.

Поезд вызывает угон с силой 660 *кг* на 1 пог. *м*; каждый метр пути оказывает сопротивление угону 1 700 *кг* на 1 пог. *м* приходится 1,7 шпалы.

Решение: если на 1 пог. *м* пути приходится 1,7 шпалы, то каждая шпала может оказать сопротивление $\frac{1\,700}{1,7} = 1\,000$ *кг*, поэтому достаточно закрепить $\frac{660}{1\,000}$, т. е. две трети всех шпал на звене.

НТБ ДНУЖТ

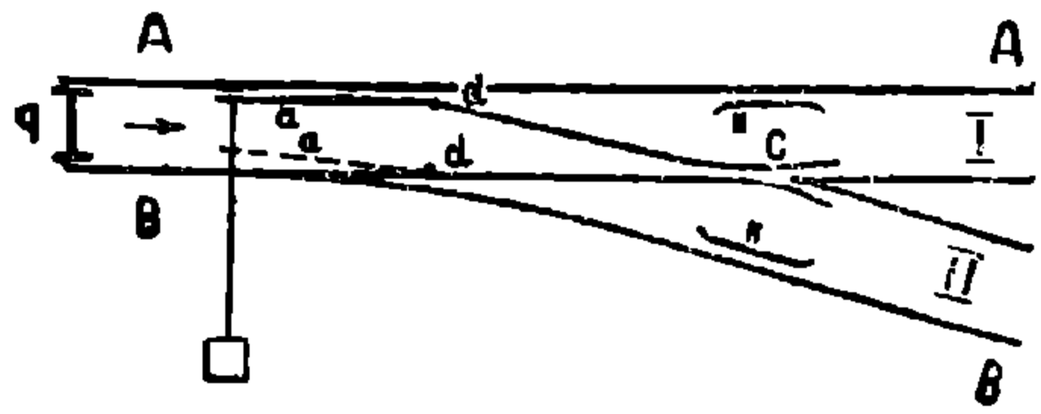
ЗАДАНИЕ IV

СОЕДИНЕНИЕ ПУТЕЙ

§ 18. Стрелочные переводы

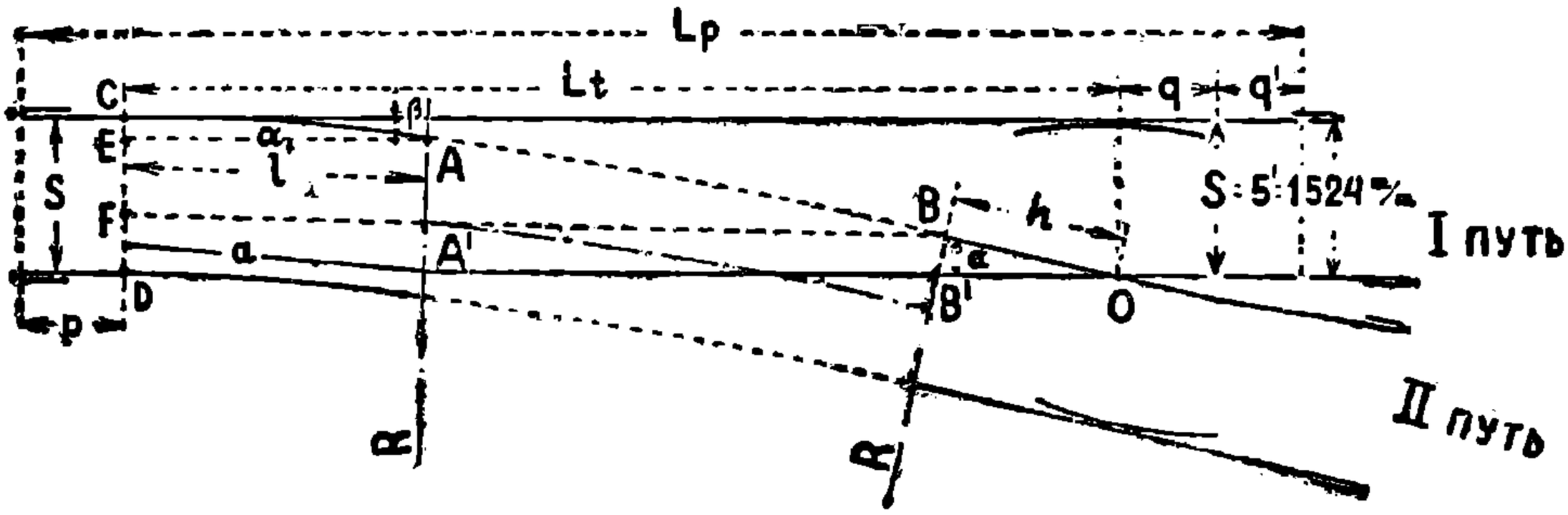
1. Конструкция

Направление движению поездов, как мы видели выше, дается рельсом. Рельсы, будучи уложены по прямому направлению или по кривой, направляют и весь состав на прямую или по кривой. Для того же, чтобы перевести поезд с одного рельсового пути на другой, от него ответвляющийся или рядом с ним расположенный, должны существовать особые обустройства, а именно: стрелочные переводы, поворотные круги или передвижные тележки.



Черт. 227.

Стрелочный перевод состоит из двух главнейших частей (см. черт. 227) стрелочных перьев, или остряков *a* и крестовины *c*. Стрелочные перья *a* представляют собой заостренные с одного конца рельсы, могущие вращаться около вертикальной оси *d*, устроенной в другом конце. Иногда стрелочные перья устраиваются из особого фасонного железа, о чем будет сказано ниже.



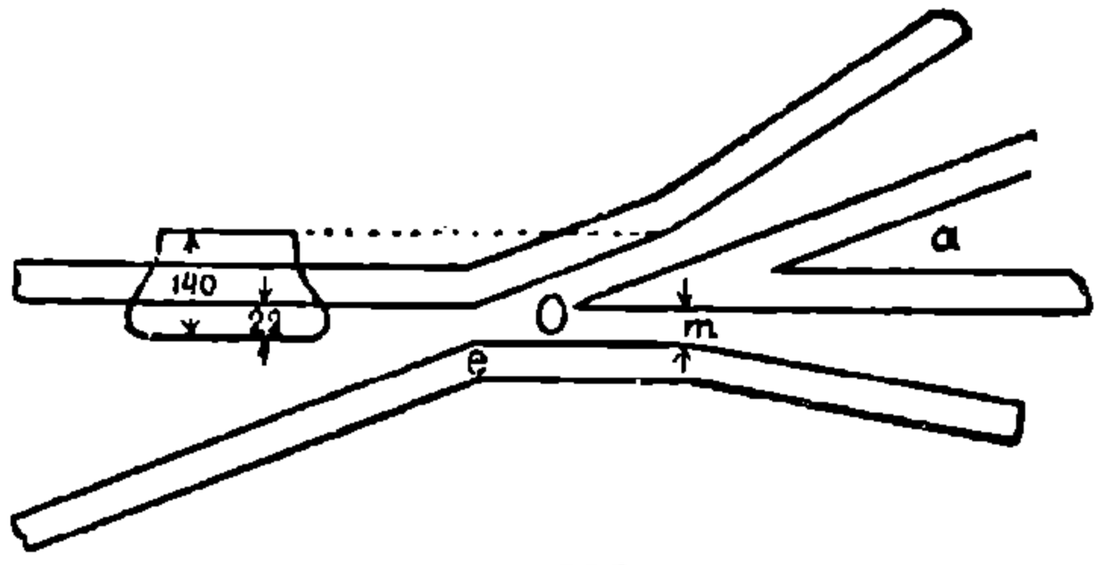
Черт. 228.

Вращаясь около вертикальной оси вращения *d*, перья могут быть, помощью особого переводного станка, поставлены или так, как это показано на чертеже сплошной линией, т. е. так, что один остряк прижат к внутренному рельсу *BB*, а другой отведен от наружного рельса *AA*, или так, как это показано на чертеже пунктиром, т. е. так, что один остряк прижат к наружному рельсу *AA*, а другой отведен от внутреннего рельса *BB*. Таким образом, стрелочные перья, или остряки, служат для того, чтобы направить подвижной состав или отдельный скат *q* или на путь I (для чего

НТБ ДНУЖТ

следует поставить стрелки в положение, показанное сплошными линиями), или на путь II, как это ясно усматривается из чертежа.

Крестовина представляет собой приспособление, служащее для беспрепятственного пересечения наружного рельса пути II колесами подвижного состава, идущего по пути I, и внутреннего рельса пути I колесами состава, идущего по пути II. Если бы не имелось крестовины, в точке *O* (черт. 228) имелось глухое пересечение двух рельсов, то реборда колеса, двигающегося по рельсу *ABO*, в точке *O* должна была бы наткнуться на рельс *A'B'O* и перескочить через него, что, конечно, недопустимо (черт. 228).



Черт. 229.

Для беспрепятственного прохода реборды рельсы так отгибаются в точке *O*, т. е в крестовине, как это показано на черт. 229 (черт. 229).

Все обустройство перевода в этом месте и называется крестовиной. Кривая, соединяющая перо с крестовиной и показанная на черт. 228 пунктирной линией *AB*, называется переходной кривой. Смежные с остряками рельсы, составляющие часть непрерывного рельсового пути, называются рамными рельсами.

Остряк. Остряк кривого пути II составляет с рамным рельсом некоторый угол β, называемый стрелочным углом или углом удара (черт. 230).

Угол этот определяется из выражения $\sin\beta = \frac{t+\nu}{l}$,

где:

l — длина остряка,

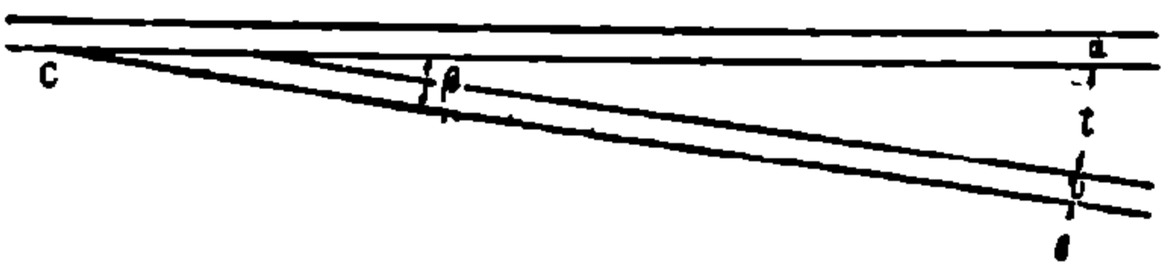
ν — ширина головки рельса,

t — расстояние между рамным рельсом и остряком в корне (точки вращения черт. 230).

$$ab = bc\ \sin\beta;\quad \sin\beta = \frac{ab}{bc};\ bc = l \text{ — длина пера;}$$

$$ab = t + \nu;\quad \sin\beta = \frac{t+\nu}{l}.$$

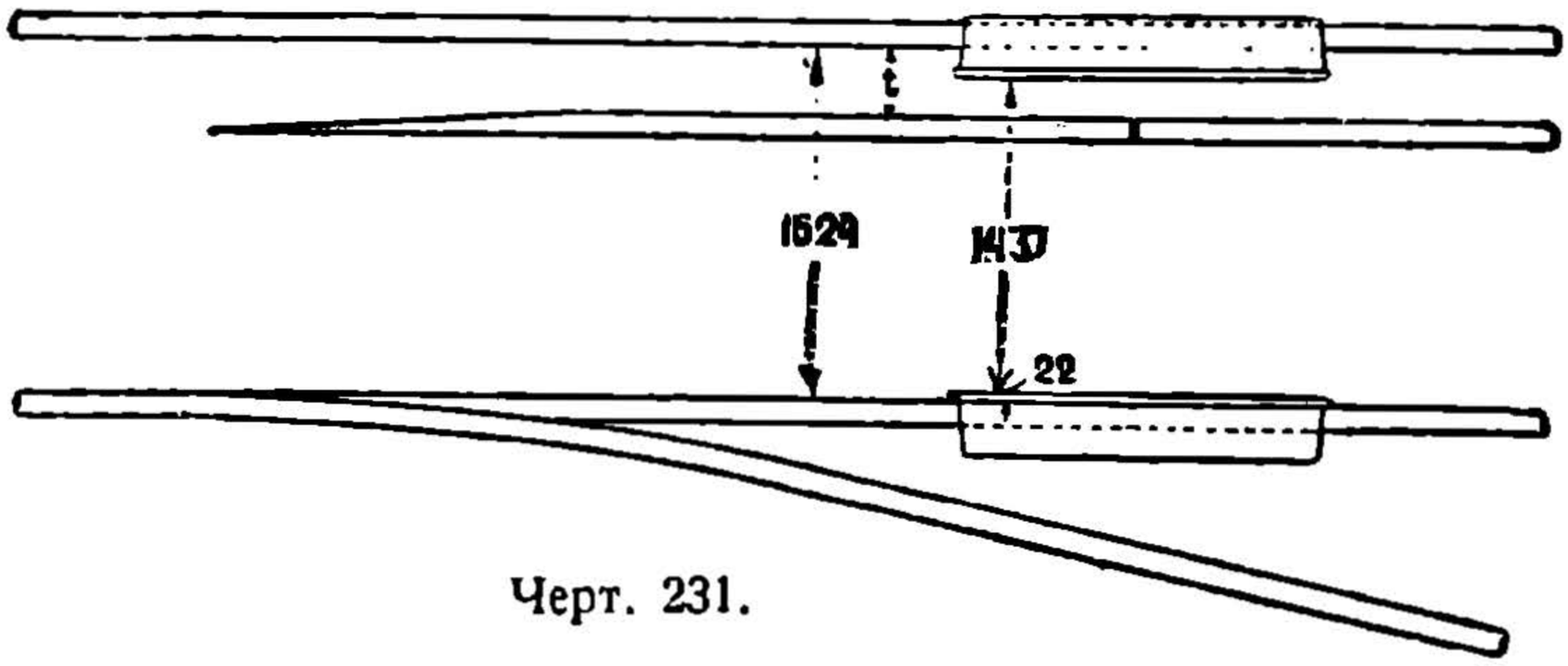
Чем меньше этот угол, тем под меньшим углом колесо подвижного состава, идущего по направлению, указанному стрелкой, ударяет в остряк и тем плавней ход поезда. Уменьшение этого угла может быть достигнуто или увеличением длины остряка l, или уменьшением расстояния t (при определенной ширине головки рельса ν). Длина остряка колеблется в пределах от 4,3 до 6 *м*. Величина t рассчитывается из условия, чтобы реборда колеса, двигающегося по рамному рельсу, не ударила в отведенный остряк, именно из условия (черт. 231 и 232) $1524 = 22 + 1437 + t$, где 1524 *мм* — нормальная ширина колеи, 1437 — минимальное



Черт. 230.

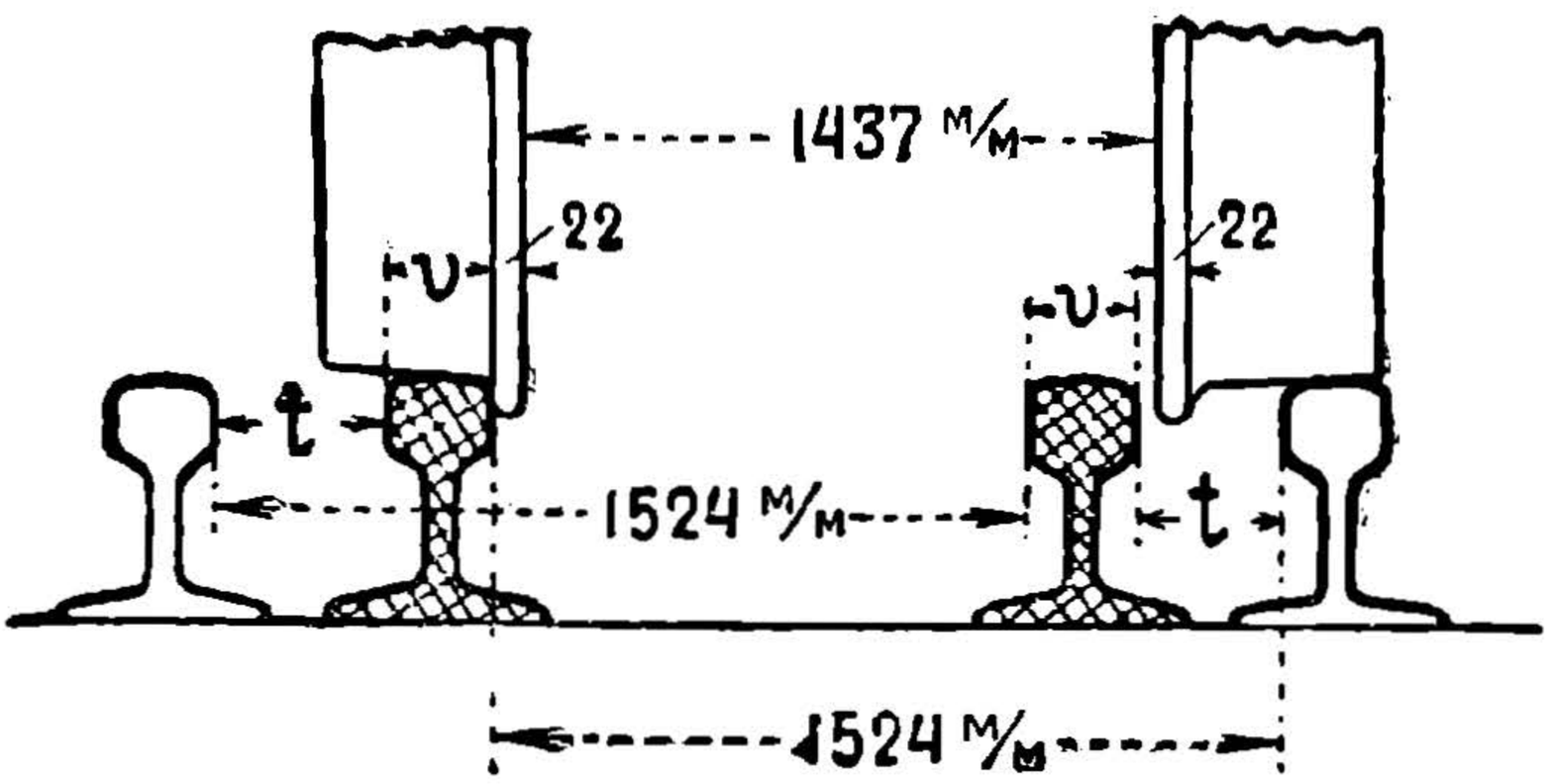
НТБ ДНУЖТ

расстояние между колесами ската (узкая насадка колеса; нормальная равна 1 440 *мм*), 22 *мм* — минимальная толщина реборды изношенного бандажа. Узкая насадка и изношенный бандаж являются невыгоднейшими в рассматриваемом случае; из указанного выше равенства получаем $t = 65$ *мм*.



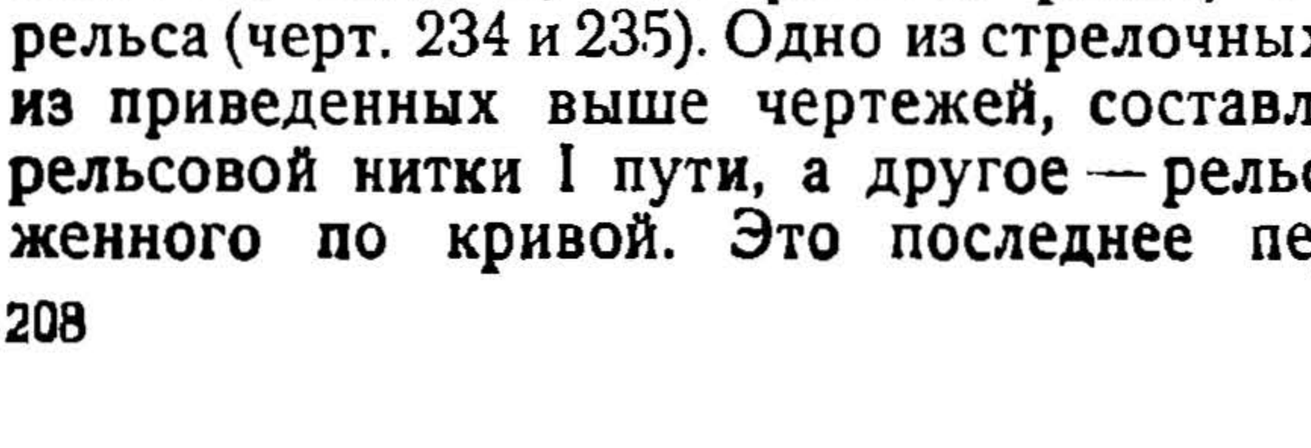
Черт. 231.

Остряк (стрелочное перо) изготовляется путем остружки или из обыкновенного виньолевского рельса, или из особого фасонного.



Черт. 232.

Остружка производится таким образом, чтобы шейка рельса не была подвергнута сострогиванию и чтобы в самом начале пера он подходил под голову рамного рельса, благодаря чему была избегнута возможность удара реборды колеса в острие пера.

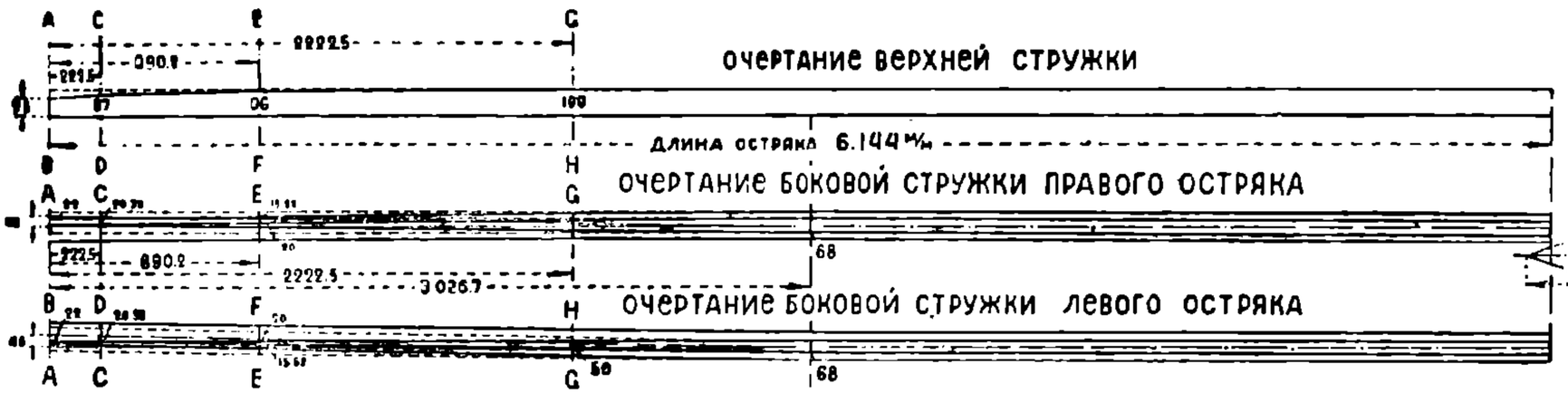


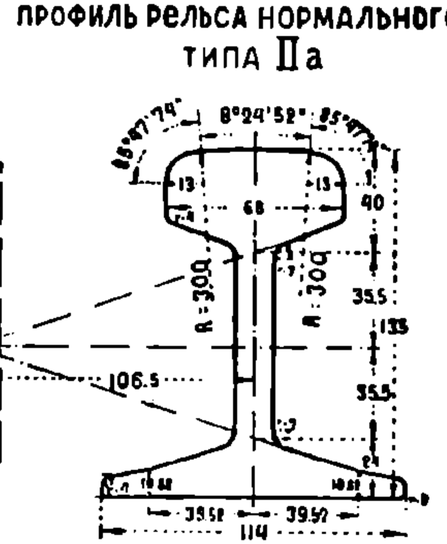
Черт. 233.

Три характерных последовательных сечения указанной стружки показаны на черт. 233. В начале остряка—сечение, в котором колесо вступает на перо, и сечение, в котором стружка головки рельса прекращается.

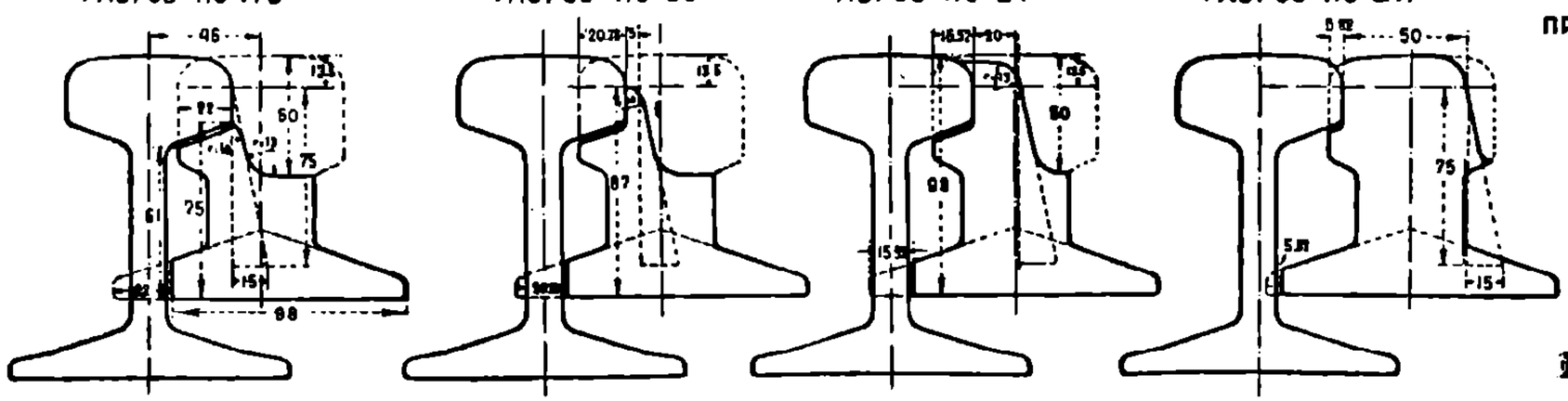
Стрелочное перо может быть устроено из виньолевского рельса меньшей высоты, чем рамный рельс, или из особого фасонного рельса (черт. 234 и 235). Одно из стрелочных перьев, как усматривается из приведенных выше чертежей, составляет продолжение прямой рельсовой нитки I пути, а другое — рельсовой нитки II пути, уложенного по кривой. Это последнее перо может быть сделано

НТБ ДНУЖТ

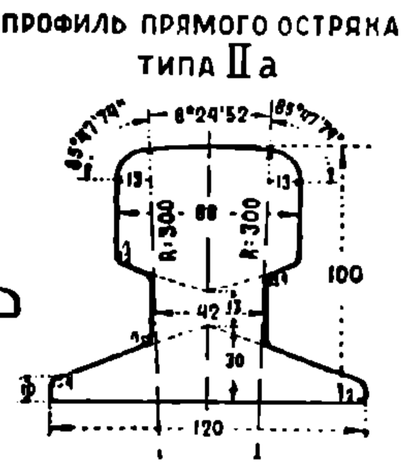




ПРОФИЛЬ РЕЛЬСА НОРМАЛЬНОГО ТИПА IIа



РАЗРЕЗ по AB РАЗРЕЗ по CD РАЗРЕЗ по EF РАЗРЕЗ по GH

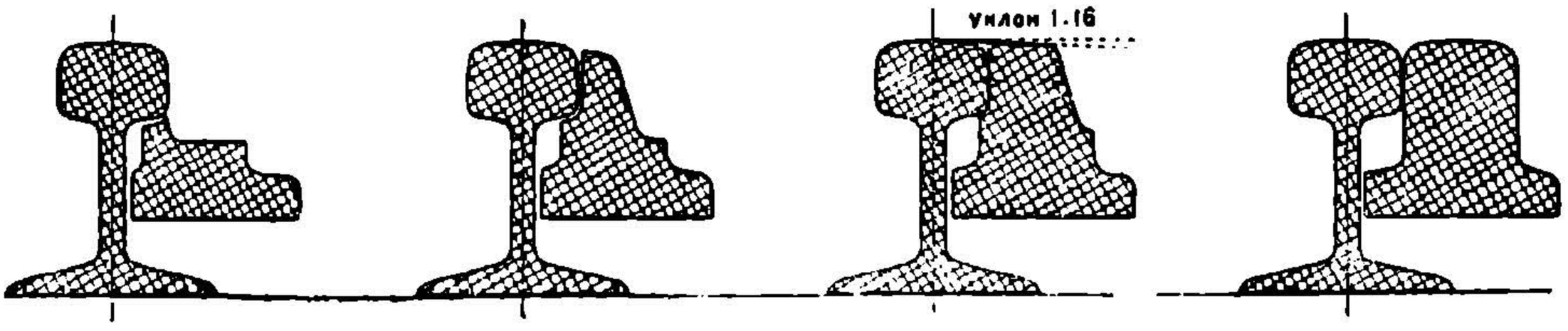


ПРОФИЛЬ ПРЯМОГО ОСТРЯКА ТИПА IIа

Черт. 234.

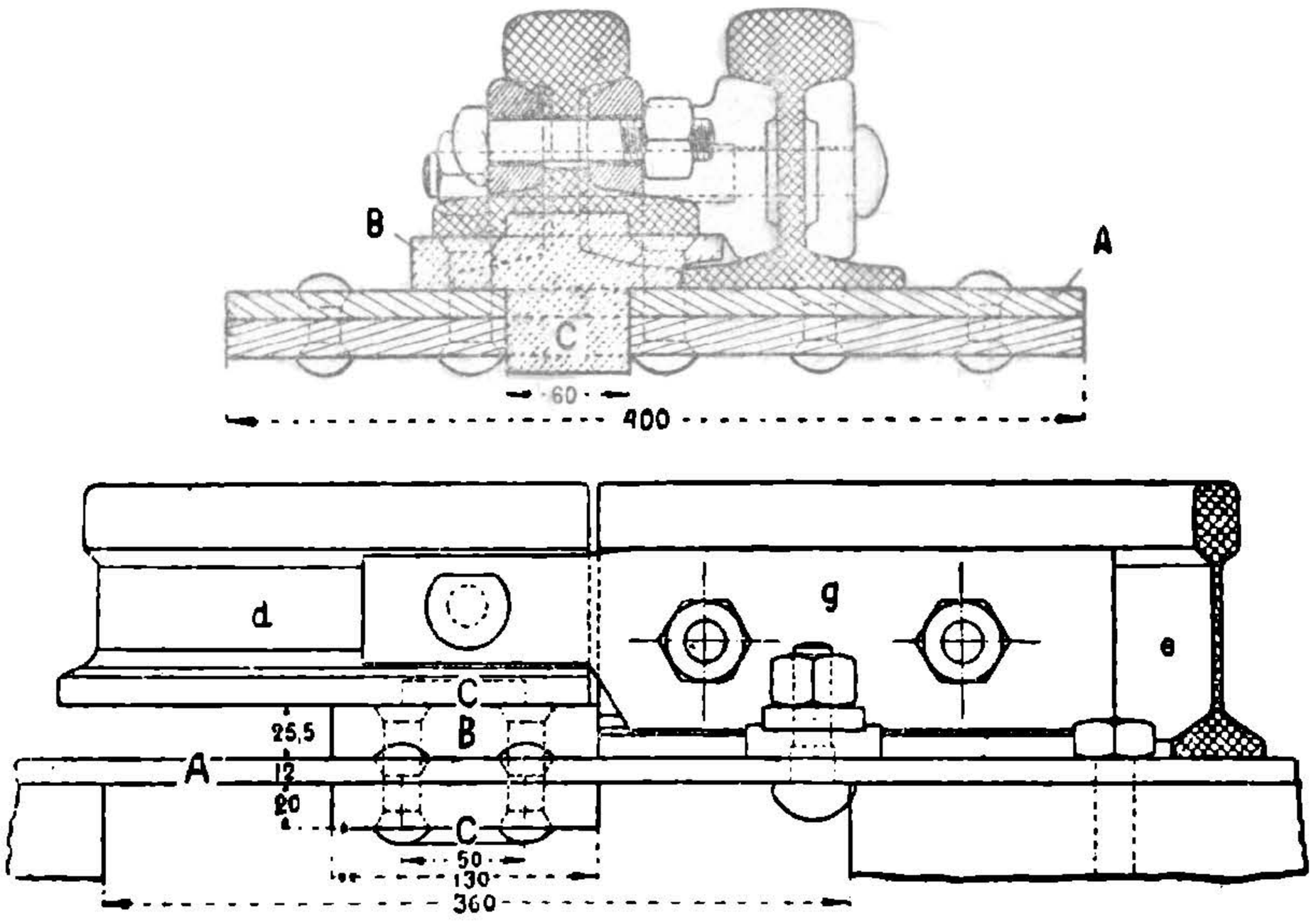
НТБ ДНУЖТ

кривым или прямым. Обычно на практике оба пера делаются прямыми. Пята вращения остряка может быть устроена различно в зависимости от конструкции самого пера. Пята вращения пера, сделанного из виньолевского рельса, меньшей, чем рамный рельс, высоты показана на черт. 236 и состоит из шкворня *c*, прикрепленного



Черт. 235.

потайными заклепками к плите *A*, лежащей под пером *d* и рамным рельсом *e*. Сверху шкворень имеет выступ, который и служит пятой вращения перу *d*. Перо *d* соединяется с рельсом, который служит



Черт. 236.

его продолжением, помощью накладок *g*. Пята вращения пера, устроенного из фасонного рельса и примененного в наших нормальных типах стрелок, именно пята корня остряка перевода марки $\frac{1}{9}$ к рельсам нормального типа II^a, показана на черт. 237, 238, 239.

Крестовина. При движении колесного ската по пути I (черт. 228) одно из колес этого ската пересекает рельс пути II.

Точно так же при проходе колесного ската по пути II одно из колес этого ската пересекает внутренний рельс пути I и для пропуска колеса должен быть сделан перерыв этого рельса на протяжении *ео*. Для получения указанных выше перерывов рельсы

НТБ ДНУЖТ

загибаются, как это указано на чертеже 229. Загнутые части рельса называются усовиками, пересекающиеся и расположенные между двумя усовиками рельсы составляют так называемый сердечник крестовины, а точка пересечения рабочих кантов этих рельсов называется математической точкой крестовины. Величина перерыва *ео* зависит от величины угла крестовины α и величины жолоба m, именно (черт. 229):

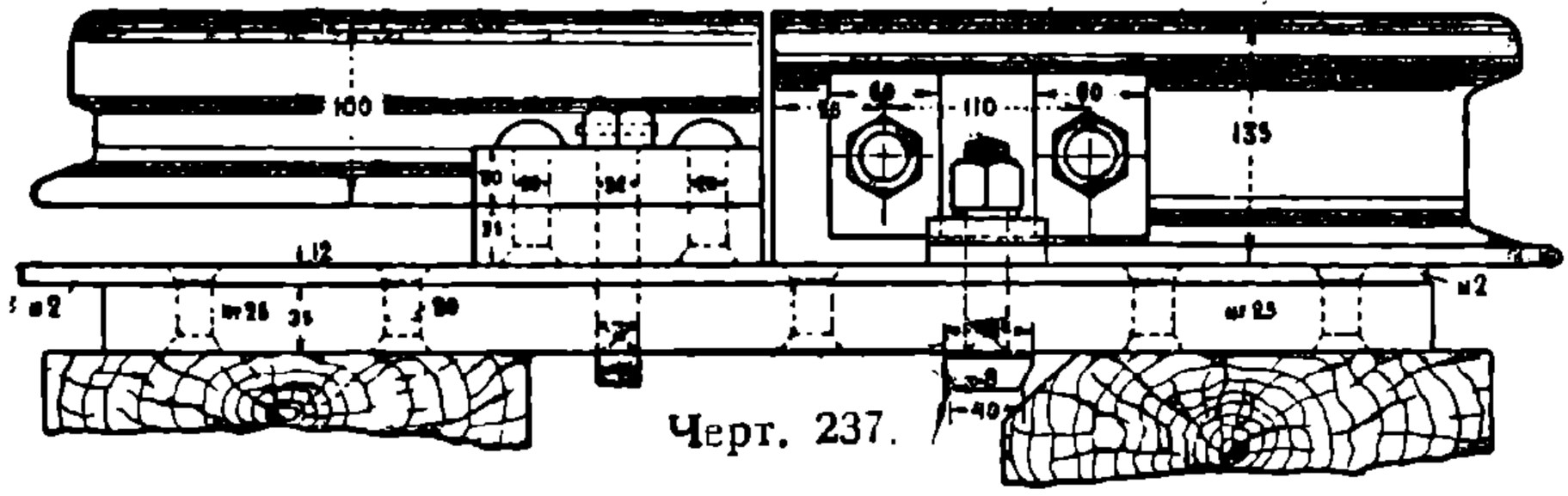
$$eo = \frac{m}{\sin \alpha}.$$

Чем больше угол α, тем меньше перерыв и, следовательно, тем лучше условия движения по крестовине; но зато, чем больше будет угол α, тем круче будет переходная кривая, как это усматривается из чертежа. Обычно величина угла крестовины колеблется в пределах от $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{7}$ до $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{11}$.

Величины $\frac{1}{7}$ и $\frac{1}{11}$ называются коэфициентами крестовины.

Крестовины бывают сборные, т. е. изготовленные из обыкновенных путевых рельсов, и литые, т. е. крестовина изготовляется путем отливки из стали и представляет собой одно целое.

Укрепление корня остряка



Черт. 237.

У наружных рельсов против крестовины укладываются контррельсы; назначение их — направлять движение колеса по крестовине в том месте, где имеется упомянутый выше перерыв *ео* и где, следовательно, реборда идет без направления.

Если бы не были уложены контррельсы *к*, то колесо ската, идущего против шерсти, проходя к месту, где имеется перерыв рабочего канта, и, следовательно, не направляемое рельсом, могло бы уклониться от правильного пути в сторону и ударить в сердечник крестовины. Во избежание этого контррельсы должны быть уложены на расстоянии x от рамного рельса, которое согласно черт. 240 определяется из выражения:

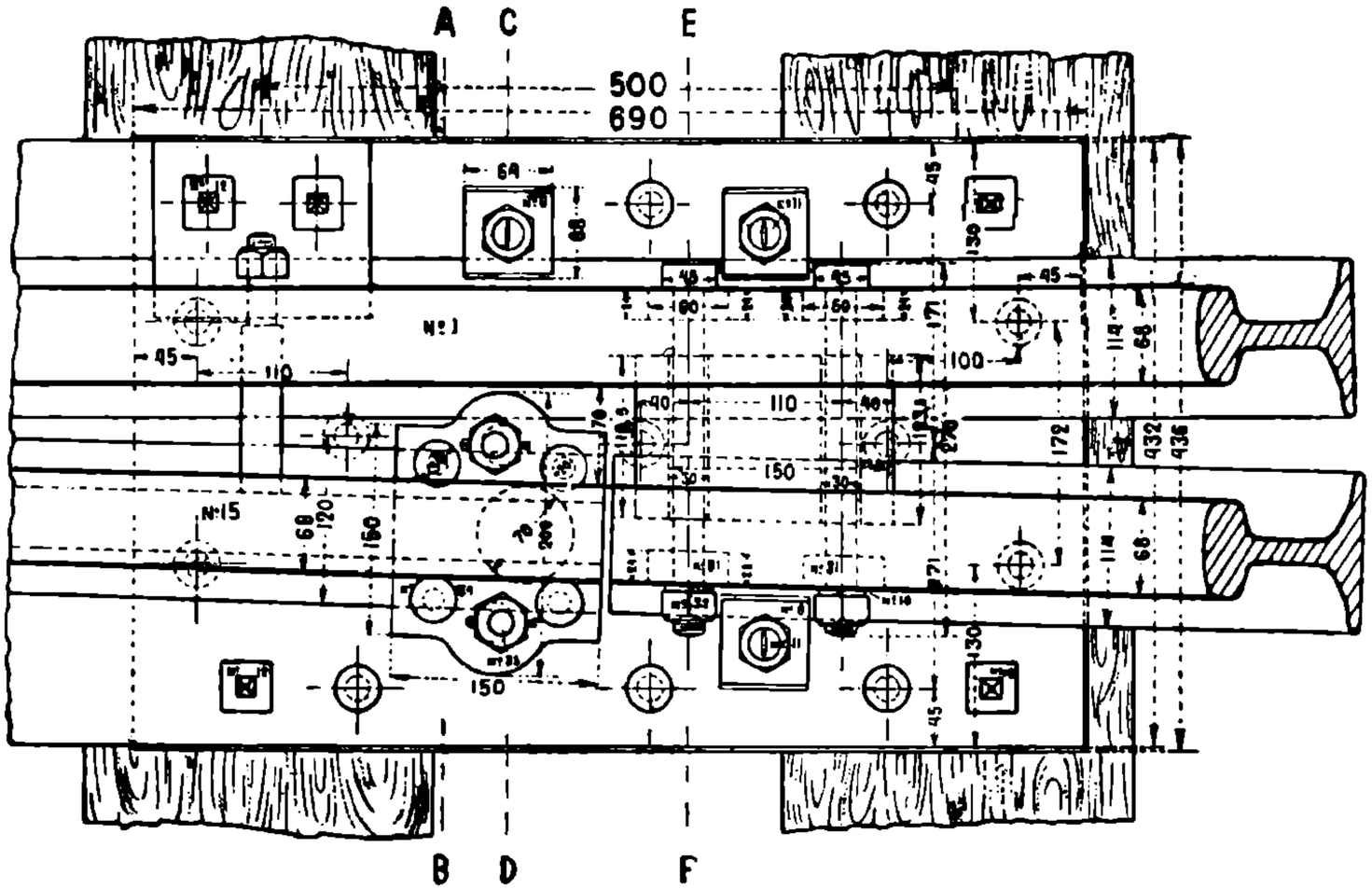
$$x = 1\,524 - 33 - 1\,443 = 48.$$

Это есть предельное расстояние. Обычно оно делается менее предельного, именно колеблется в пределах от 44 до 40 *мм*.

Контррельсы обычно изготовляются из обыкновенных виньолевских рельсов. Длина их колеблется в пределах 4 — 6 *м*; ширина

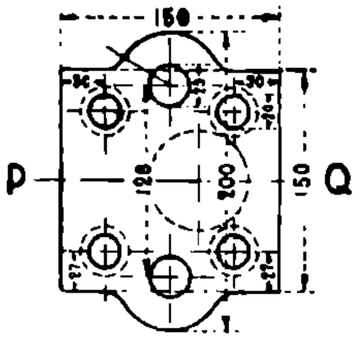
НТБ ДНУЖТ

ПЛАН

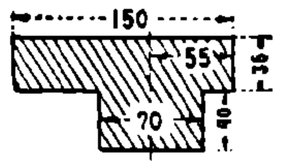


КОРНЕВОЙ БАШМАК

ПЛАН

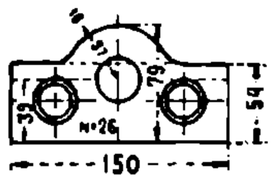


РАЗРЕЗ ПО PQ



КОРНЕВАЯ НАКЛАДКА

R



S

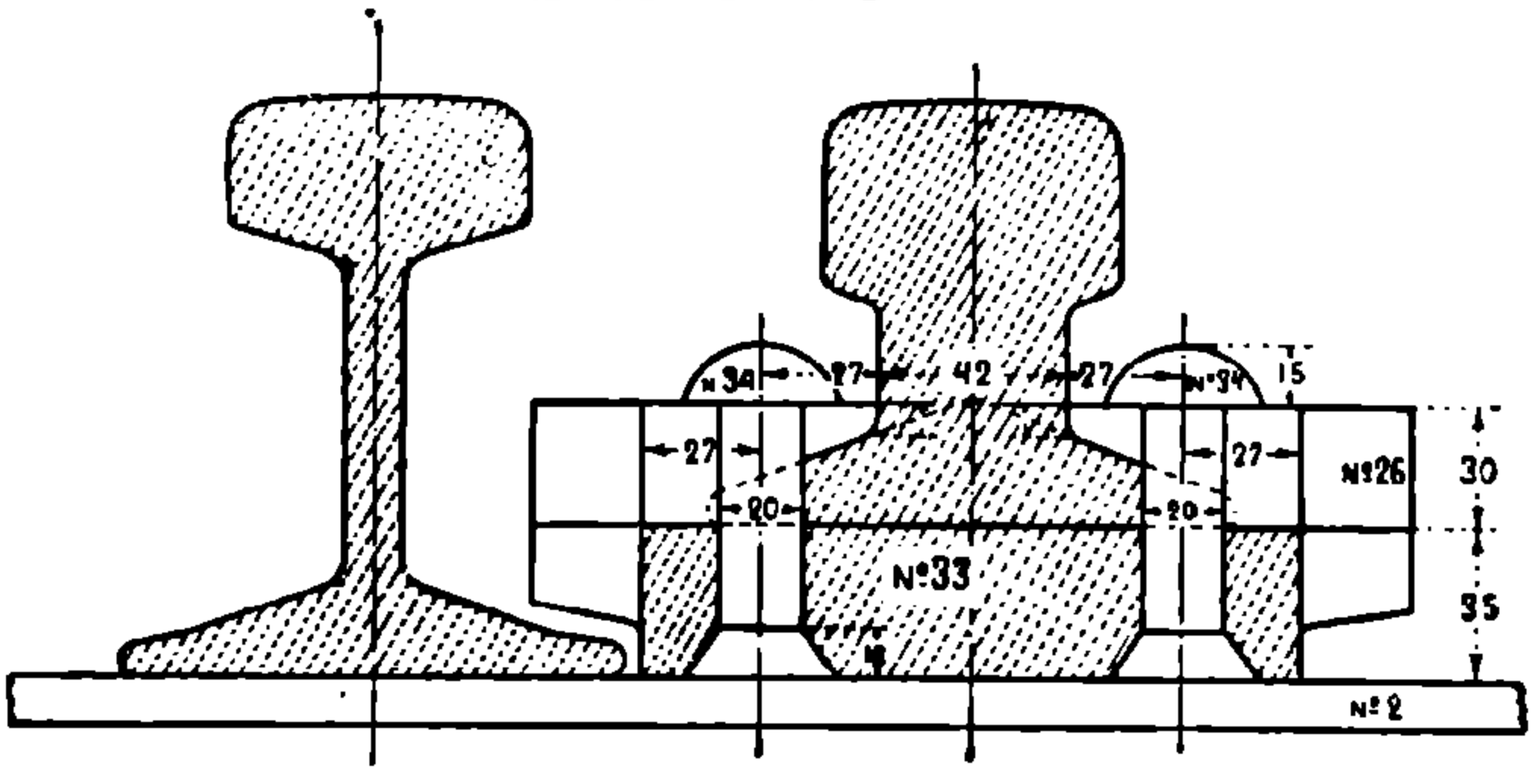
РАЗРЕЗ ПО RS



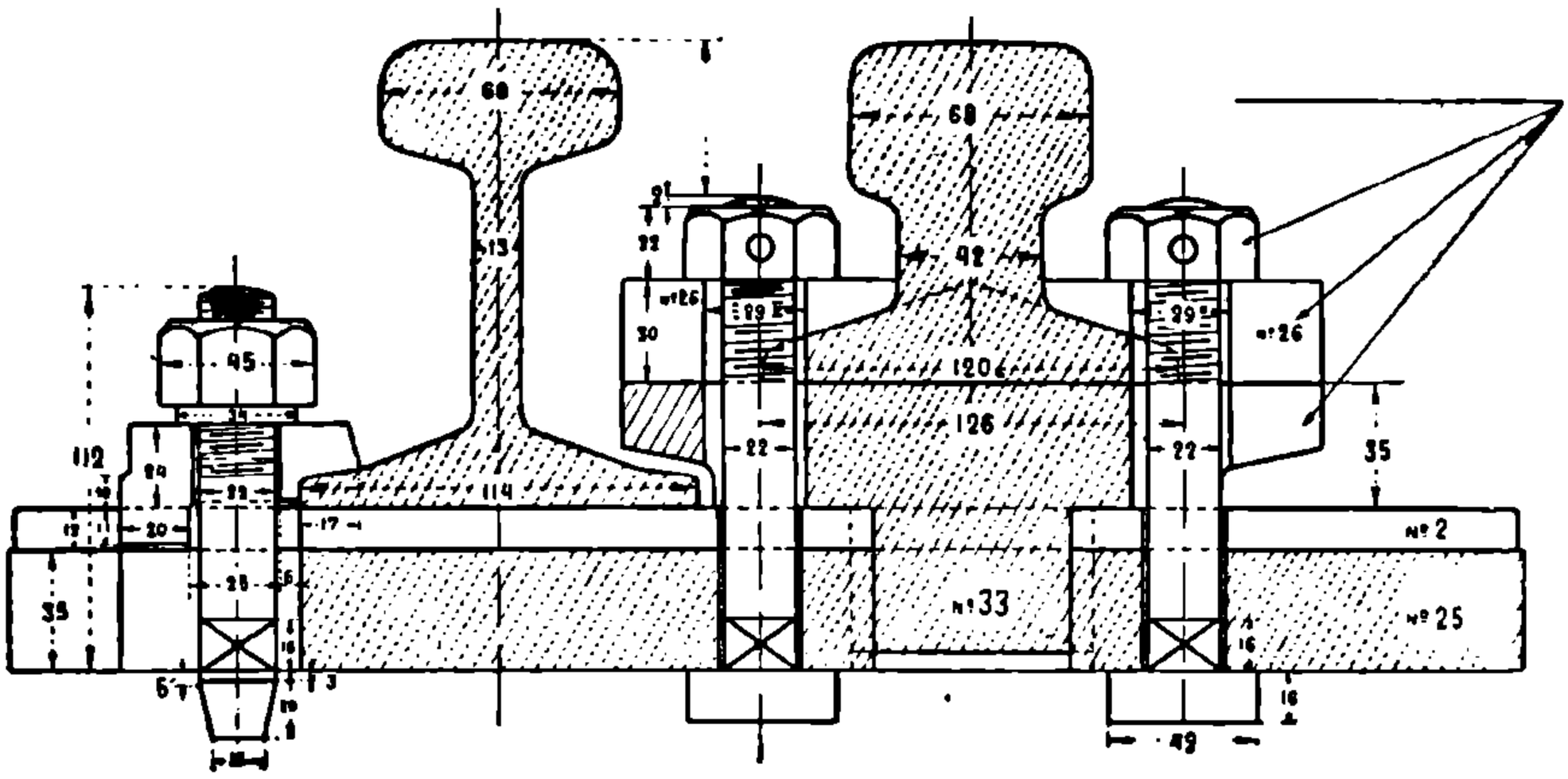
Черт. 238.

НТБ
ДНУЖТ

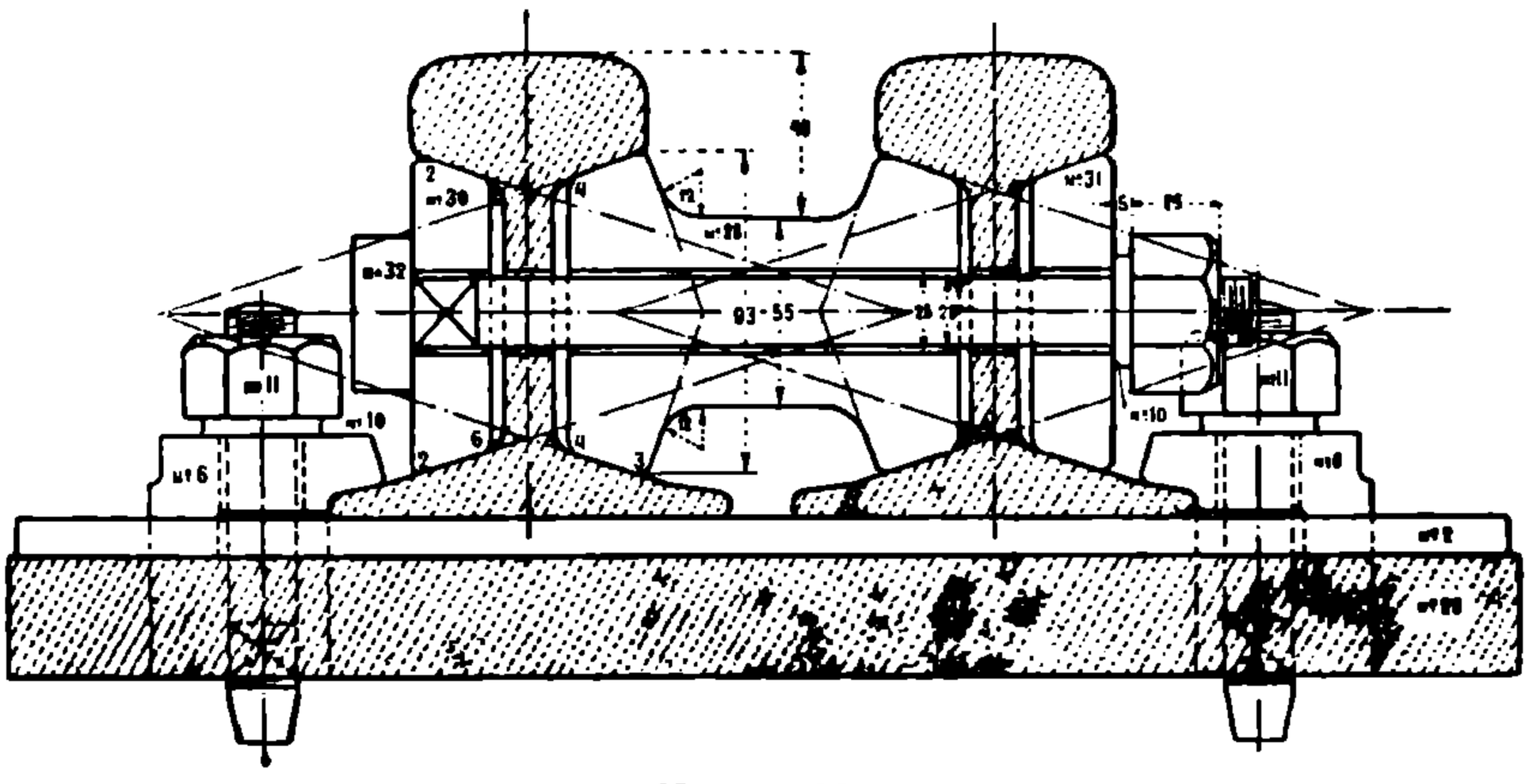
Разрез по A B



Разрез по C D



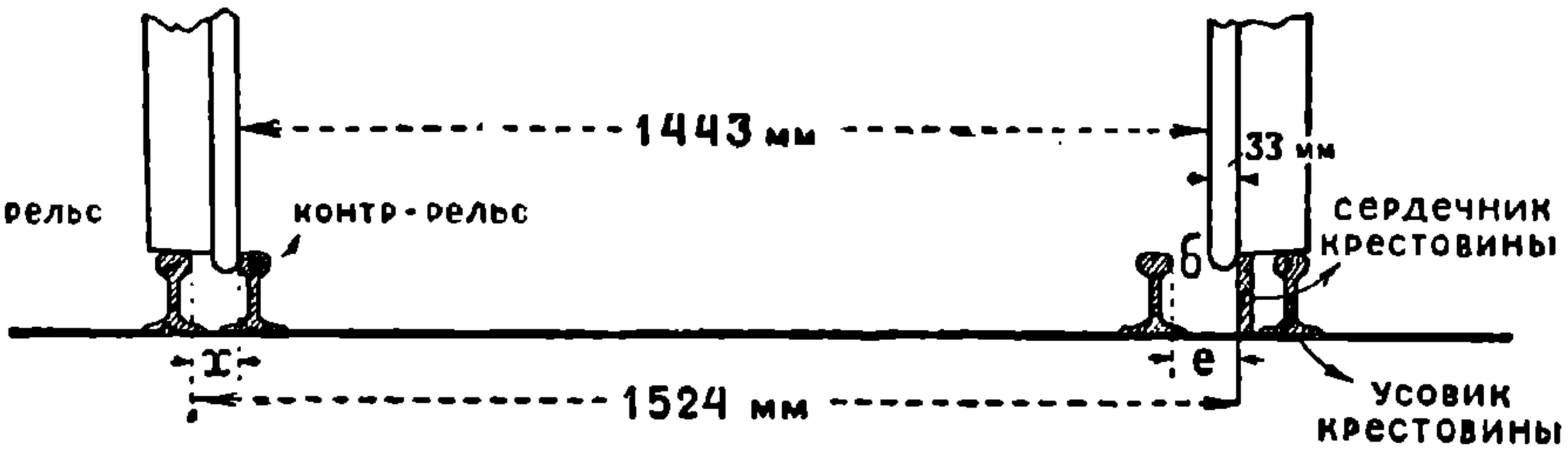
Разрез по E F



Черт. 239.

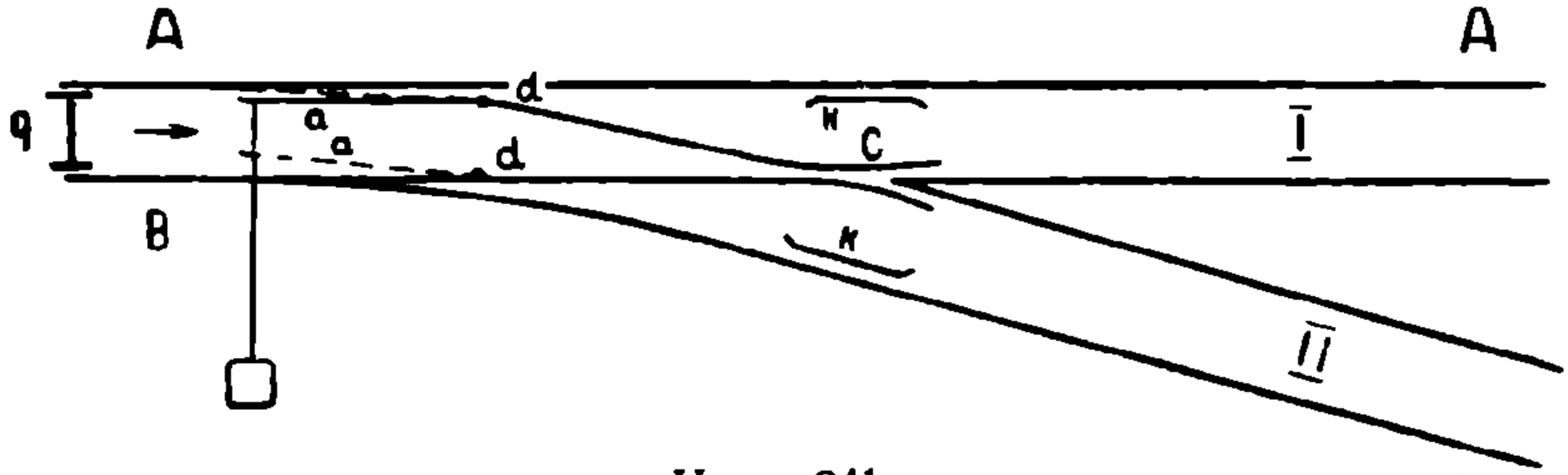
НТБ ДНУЖТ

жолоба между путевым рельсом и контррельсом делается в 44 *мм* на протяжении около 1 *м* против острия крестовины; затем ширина жолоба увеличивается до 65 *мм* и в конце равняется 90 *мм*. При указанной ширине жолобов проход ската с узкой насадкой происходит бес-



Черт. 240.

препятственно. Для меньшего износа усовиков в Америке и Германии применяются крестовины с пружинными подвижными усовиками. Такая конструкция показана на черт. 242.



Черт. 241.

Нельзя не указать на устройство, применяемое для предохранения остряков от ударов колесами при проходе стрелки против шерсти: перед пером на рамном рельсе наклепывается небольшая планка, которая воспринимает удар колеса и таким образом предохраняет острие пера.



Черт. 242.

2. Расчет стрелочных переводов

Расчет перевода заключается в определении по заданным: длине пера l, коэфициенту крестовины $\operatorname{tg}\alpha$, типу и нормальной длине рельса, нижеследующих величин:

1) *величины стрелочного угла* β, согласно изложенному выше

$$\sin\beta = \frac{t+v}{l}.$$

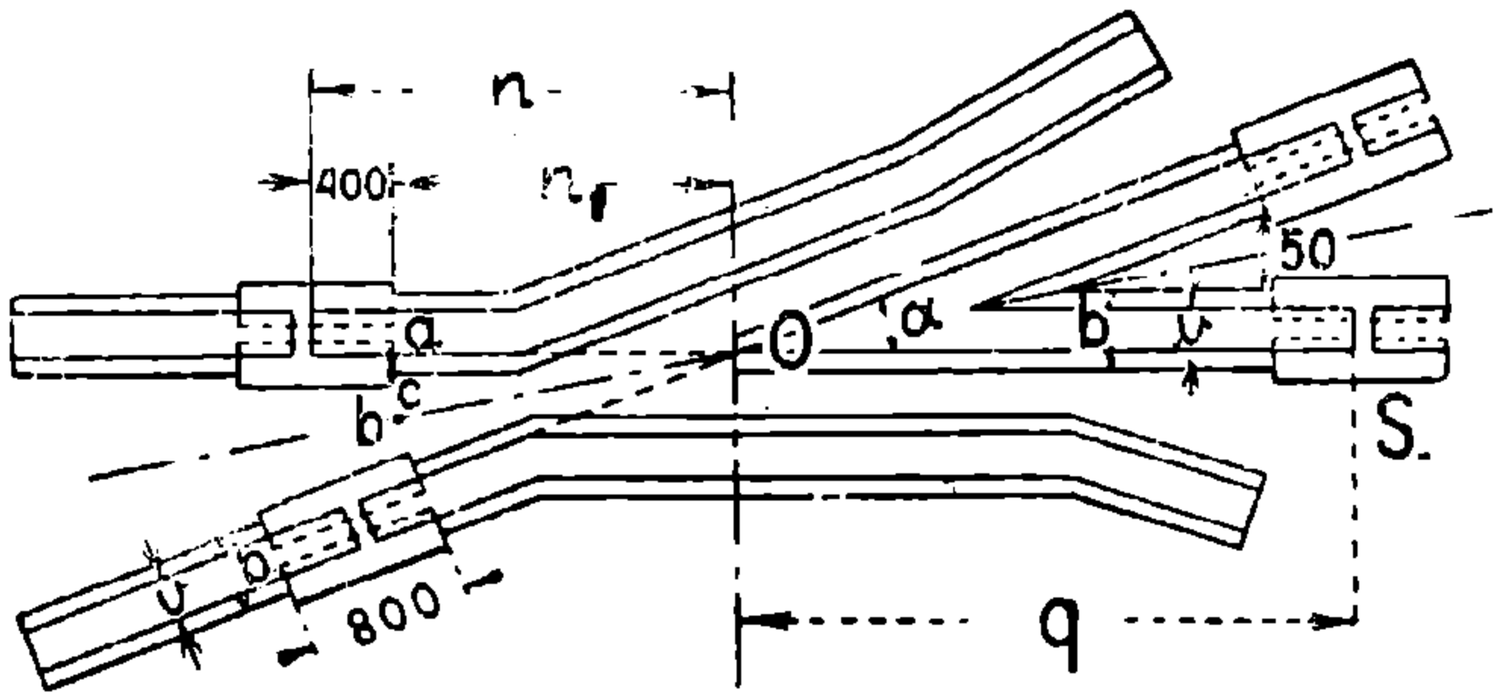
2) *длин хвостов крестовины* n и q (черт. 243):

n — передний хвост, q — задний хвост.

Длина хвоста сборной крестовины рассчитывается, исходя из следующего соображения: чем длиннее хвосты крестовины, тем

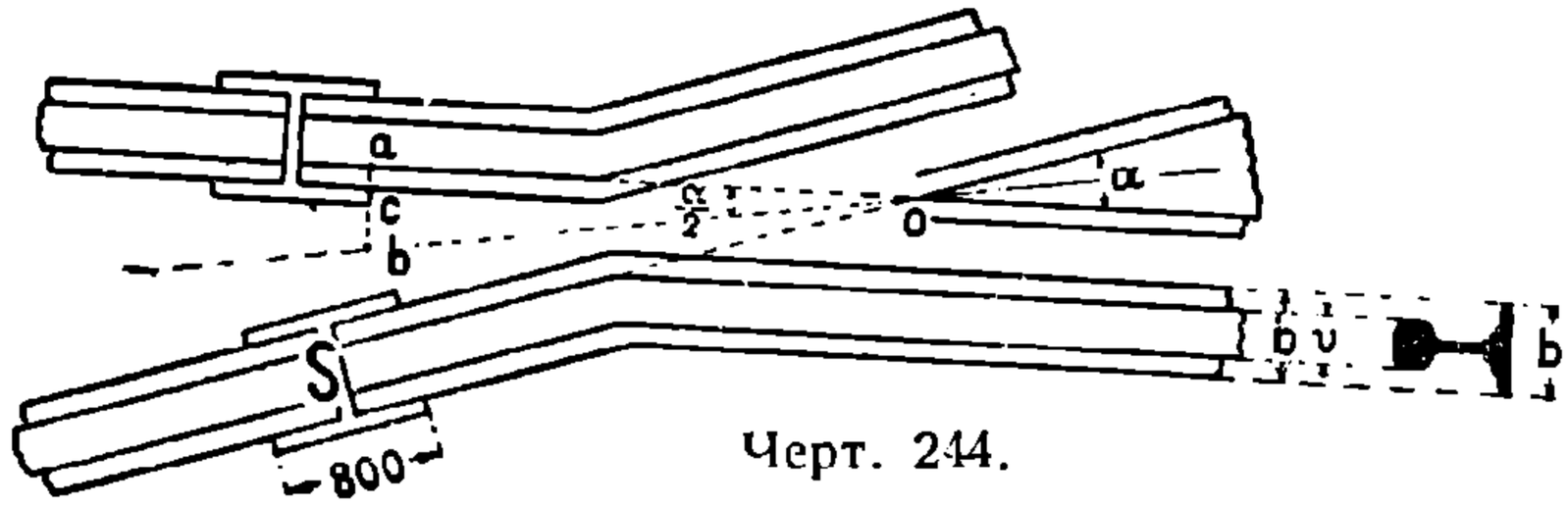
НТБ ДНУЖТ

крестовина будет длиннее и тяжелее и, следовательно, тем труднее с ней оперировать при укладке; поэтому крестовины обычно не делаются длиннее 5 *м*. С другой стороны, хвосты крестовины не могут быть короче определенной длины, так как при очень короткой длине хвоста накладки, перекрывающие стык между хвостом крестовины и рельсом, являющимся продолжением хвоста,



Черт. 243.

не смогут поместиться: горизонтальная полка одной накладки упрется в полку соседней накладки. Для того, чтобы они смогли разместиться, необходимо, чтобы расстояние между подошвами рельсов в том месте, где начинаются накладки, равнялось 50 *мм*, как это показано на черт. 243.



Черт. 244.

Минимальная длина хвоста $n = 400\ мм + n_1$, где 400 — длина полунакладки; длину всей накладки, перекрывающей стык S конца крестовины с рельсом переходной кривой, принимаем $= 800\ мм$ (черт. 243, 244).

Из треугольника *abo* имеем (см. черт. 243 и 244):

$$n_1 = ao = \frac{ab}{\sin\frac{\alpha}{2}};\quad ab = ac + bc = ac + \frac{50}{2}\ мм.$$

Если назовем ширину подошвы через b, ширину головки через ν, то получим:

$$ac = \frac{b-\nu}{2};\qquad ab = \frac{50+b-\nu}{2};\qquad n = 400 + \frac{50+b-\nu}{2\sin\frac{\alpha}{2}}.$$

Исходя из аналогичных соображений, можем получить:

$$q = 400 + \frac{50+b+\nu}{2\ \mathrm{tg}\frac{\alpha}{2}}.$$

НТБ ДНУЖТ

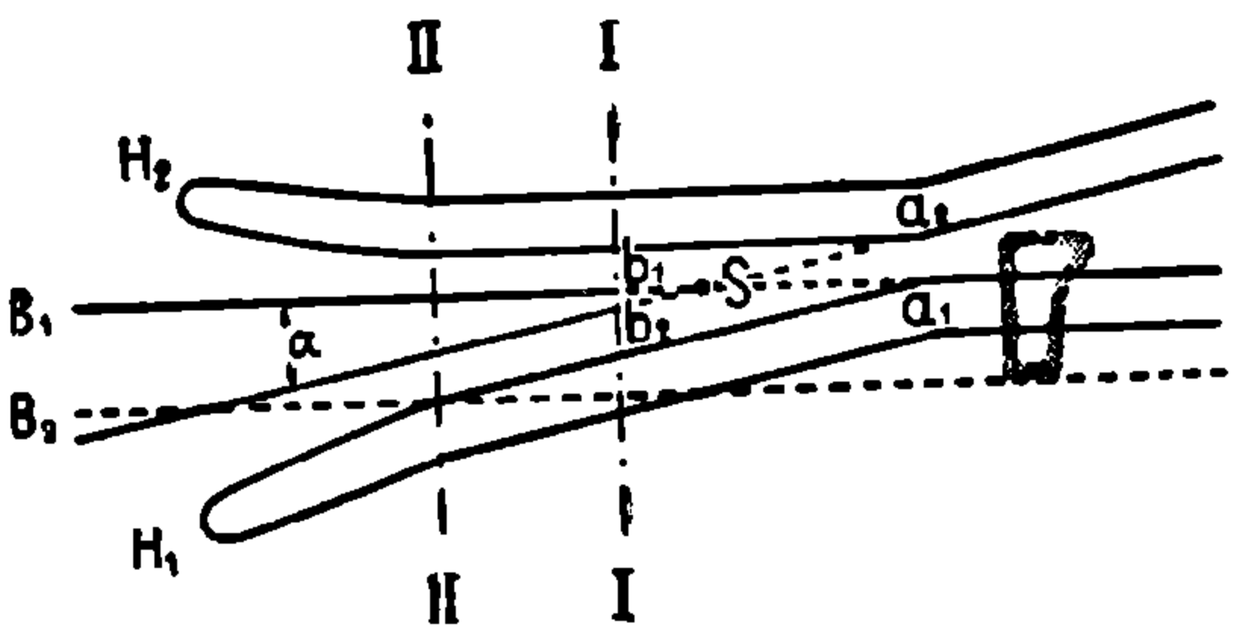
(По этим формулам мы определяем наименьшие возможные размеры хвостов сборных крестовин n и q).

Таковы наименьшие пределы для длин хвостов n и q; обычно они бывают несколько больше. Ниже мы увидим, как определяется точная их длина.

Ширина жолоба e между сердечником и усовиком (черт. 240) рассчитывается из условия, чтобы расстояние между рабочими кантами a контррельса и b усовика было менее расстояния между бандажами при узкой[1] насадке таковых, т. е. менее 1 437 *мм* на величину миллиметра в два, т. е. согласно чертежу 240.

$$e + x = 1524 - 1437 + 2 = 89 \text{ мм};$$

x, согласно вышеизложенному, равняется 44 *мм*; следовательно, $e = 89 - 44 = 45$ *мм*.

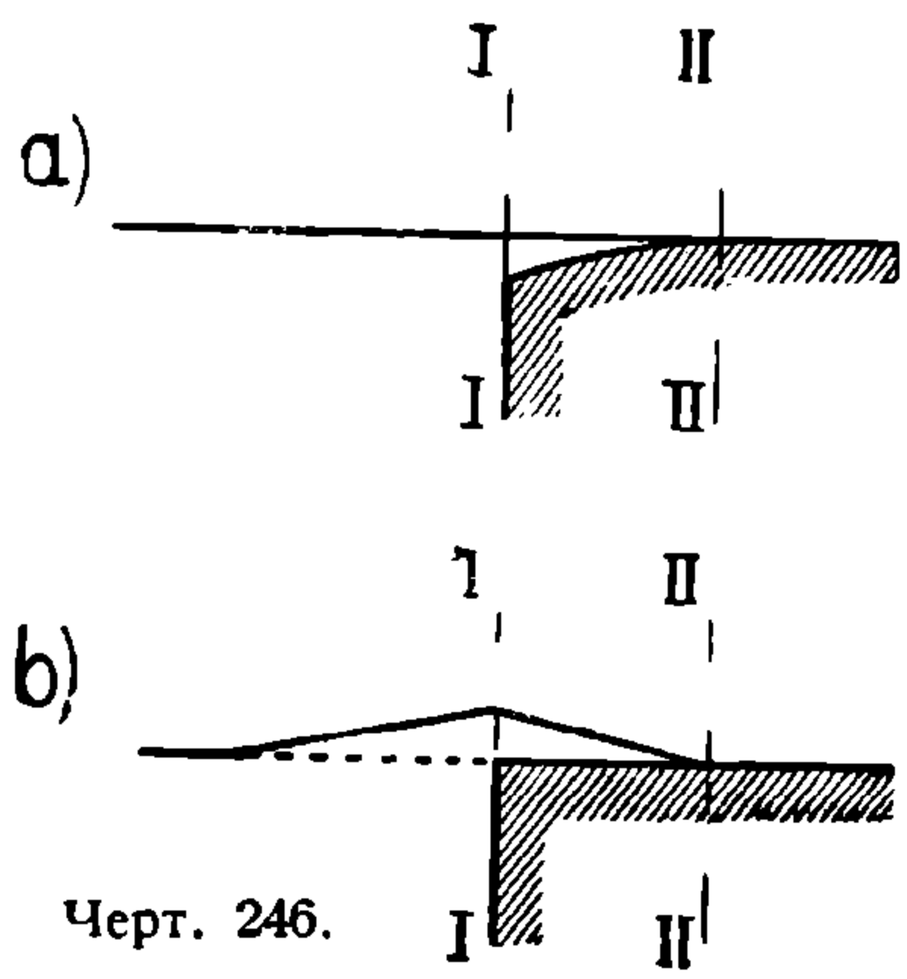


Черт. 245.

Что касается самого сердечника крестовины, то его устраивают, исходя из следующих соображений.

Когда колесо, двигающееся против шерсти, т. е. приближающееся к острию сердечника, пройдет точку a_1 перегиба усовика (черт. 245), то оно начнет сходить с усовика; в сечение I — I начнет входить на сердечник, а в сечении II — II совсем сойдет с усовика и будет опираться на один сердечник.

Если бы колесо было цилиндрическое, то высоты усовика и сердечника на всем своем протяжении были бы одинаковы и равнялись бы высоте путевого рельса, но так как колесо имеет конический бандаж, то это колесо, пройдя точку a, и удаляясь своей ребордой от усовика, будет несколько понижаться в связи с коничностью бандажа и, следовательно, при подходе к сердечнику, во избежание удара в острие сердечника, потребует понижения высоты сердечника, как это показано на черт. 246.



Черт. 246.

Другой способ устройства крестовины — это сохранить постоянную высоту сердечника. В этом случае во избежание удара колеса в острие сердечника следует, начиная с сечения II — II, несколько повысить высоту усовика до сечения I — I, как это указано на черт. 246.

---

[1] На чертеже 240 показана широкая насадка и потому поставлен размер 1 443; при узкой насадке следует взять 1 437.

НТБ ДНУЖТ

Иногда крестовины делаются нецельнолитыми, а сборными, т. е. состоящими из отдельных, известным образом состроганных рельсов. Самая стружка показана на черт. 247.

Обозначим ширину головки через v, ширину подошвы через b, ширину шейки — через e_1, ширину желоба крестовины через e, тогда получим: расстояние x начала стружки подошвы от математической точки крестовины будет равно (сечение pq на черт. 247)

$$x = \frac{b + v}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}.$$

Расстояние у начала стружки головки от математической точки крестовины (сечение no)

$$y = \frac{v}{\sin \frac{\alpha}{2}}.$$

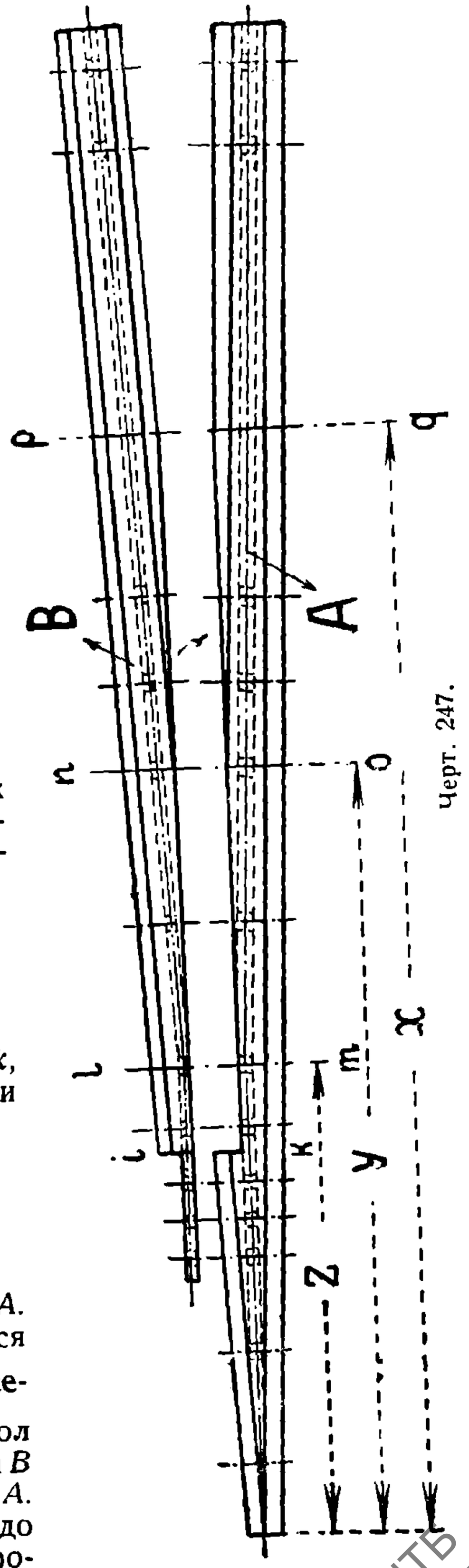
Сечение lm, где ширина обоих рельсов $v + e_1$, отстоит от математической точки крестовины на расстояние

$$z = \frac{v + e_1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}.$$

На протяжении от сечения ik, отстоящего от математической точки на расстоянии

$$\frac{v}{2 \sin \frac{\alpha}{2}},$$

сердечник состоит из одного рельса A. В этом сечении ik рельса A отгибается на угол $\frac{\alpha}{2}$ (вниз по чертежу). В сечении lm рельс B отгибается на угол α (вверх по чертежу). Конец рельса B толщиной e наклепывается на рельс A. На протяжении от сечения ik до острия рельс A стружится со стороны рабочих кантов.



Черт. 247.

НТБ ДНУЖТ

3) Величины радиуса R переходной кривой. Проектируя на линию, перпендикулярную к оси пути, элементы перевода, расположенные на линии *oABo*, получаем (черт. 248 и 228):

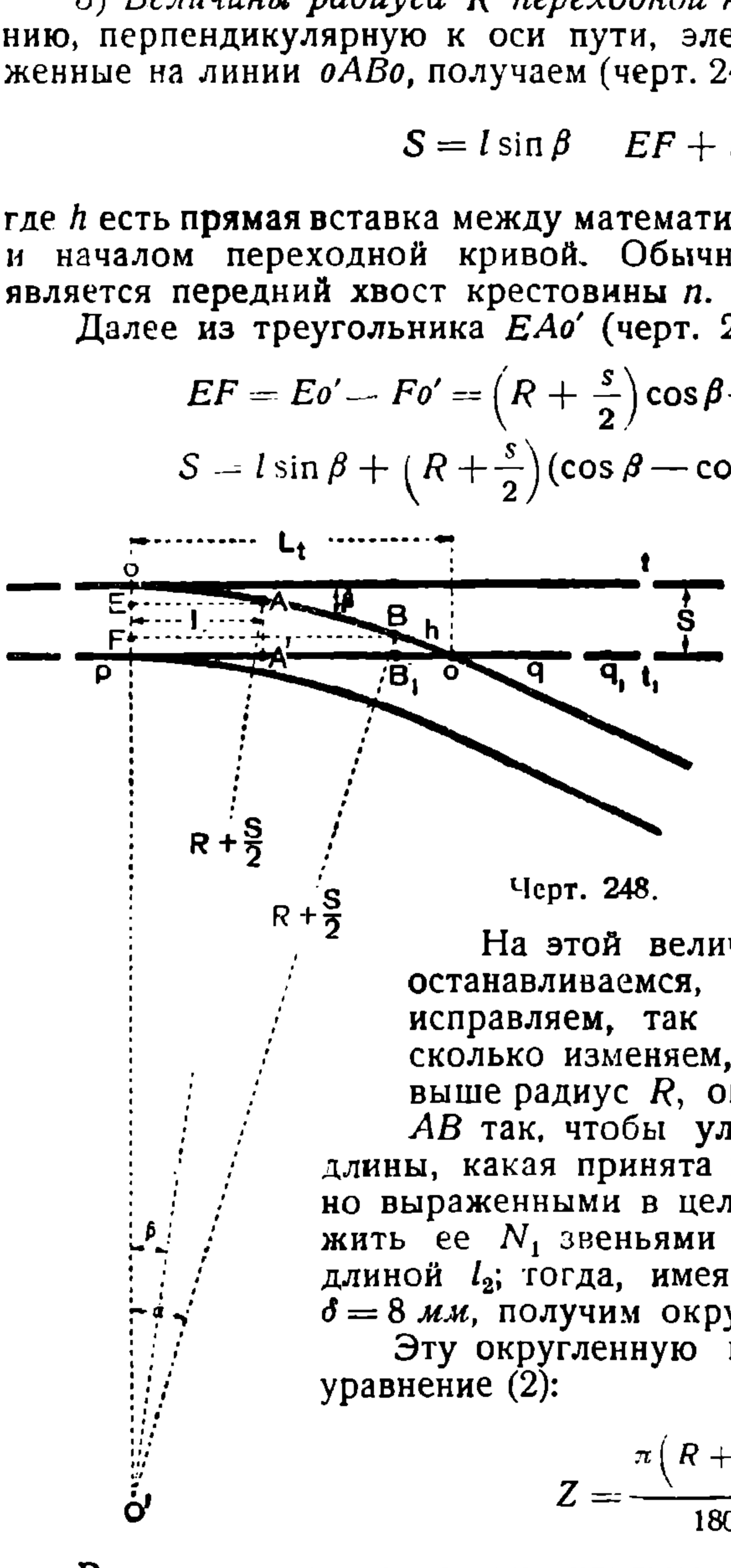
$$S = l \sin \beta \quad EF + h \sin \alpha,$$

где h есть прямая вставка между математической точкой крестовины o и началом переходной кривой. Обычно этой прямой вставкой является передний хвост крестовины n.

Далее из треугольника EAo' (черт. 248):

$$EF = Eo' - Fo' = \left(R + \frac{s}{2}\right)\cos\beta - \left(R + \frac{s}{2}\right)\cos\alpha;$$

$$S = l \sin \beta + \left(R + \frac{s}{2}\right)(\cos\beta - \cos\alpha) + h \sin \alpha. \qquad (1)$$



Черт. 248.

Все величины, кроме R и h, заданы. Принимаем h равным 2 *м* и из уравнения (1) определяем величину R. Зная величину R, можем определить длину дуги AB, именно:

$$AB = \frac{\pi\left(R + \frac{s}{2}\right)(\alpha - \beta)}{180}. \qquad (2)$$

На этой величине дуги мы обычно не останавливаемся, а ее несколько изменяем, исправляем, так же как в связи с этим несколько изменяем, исправляем и полученный выше радиус R, округляя полученную длину AB так, чтобы уложить ее рельсами такой длины, какая принята на дороге, или меньшими, но выраженными в целых числах, например, уложить ее N_1 звеньями длиной l_1 и N_2, звеньями длиной l_2; тогда, имея в виду наличие зазоров $\delta = 8$ *мм*, получим округленную длину дуги.

Эту округленную величину z подставляем в уравнение (2):

$$Z = \frac{\pi\left(R + \frac{s}{2}\right)}{180} \quad (\alpha - \beta).$$

Решая это уравнение относительно R, получим исправленную величину радиуса — R_1; подставляя эту величину R_1 в уравнение (1) и решая его относительно h, получим исправленное h_1.

Для переводов марки $\frac{1}{11}$, $\frac{1}{9}$ и $\frac{1}{8}$ минимальной величиной R обычно принимают соответственно 250 *м*, 200 *м*, 160 *м*, длину остряков l — 6 *м*, 5 *м*, 4,5 *м*, длину переднего хвоста крестовины n — 1,2 *м*, 1,0 *м*; 0,9 *м*. Длина крестовины обычно колеблется в пределах от 3 *м* до 5 *м*.

НТБ ДНУЖТ

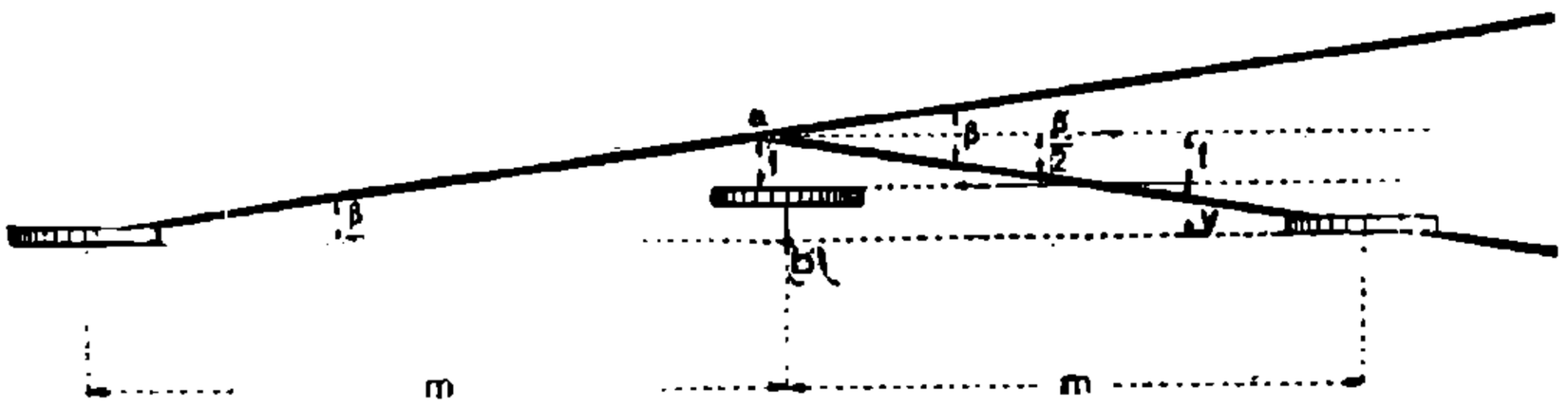
4) Теоретическая длина крестовины L_t. Расстояние L_t от острия пера до математической точки крестовины, называемое теоретической длиной перевода, можем определить из следующего выражения, получаемого проектированием линии *oABo* на ось пути (черт. 248 и 228);

$$L_t = l\cos\beta + \left(R + \frac{s}{2}\right)(\sin\alpha - \sin\beta) + h\cos\alpha.$$

5) Практическая длина перевода L_p. Рамные рельсы выдвигаются вперед за начало стрелочного пера на величину p (на полтора шпальных пролета, $p \cong 1{,}0$ *м*). Расстояние от начала рамных рельсов до конца перевода называется практической длиной L_p:

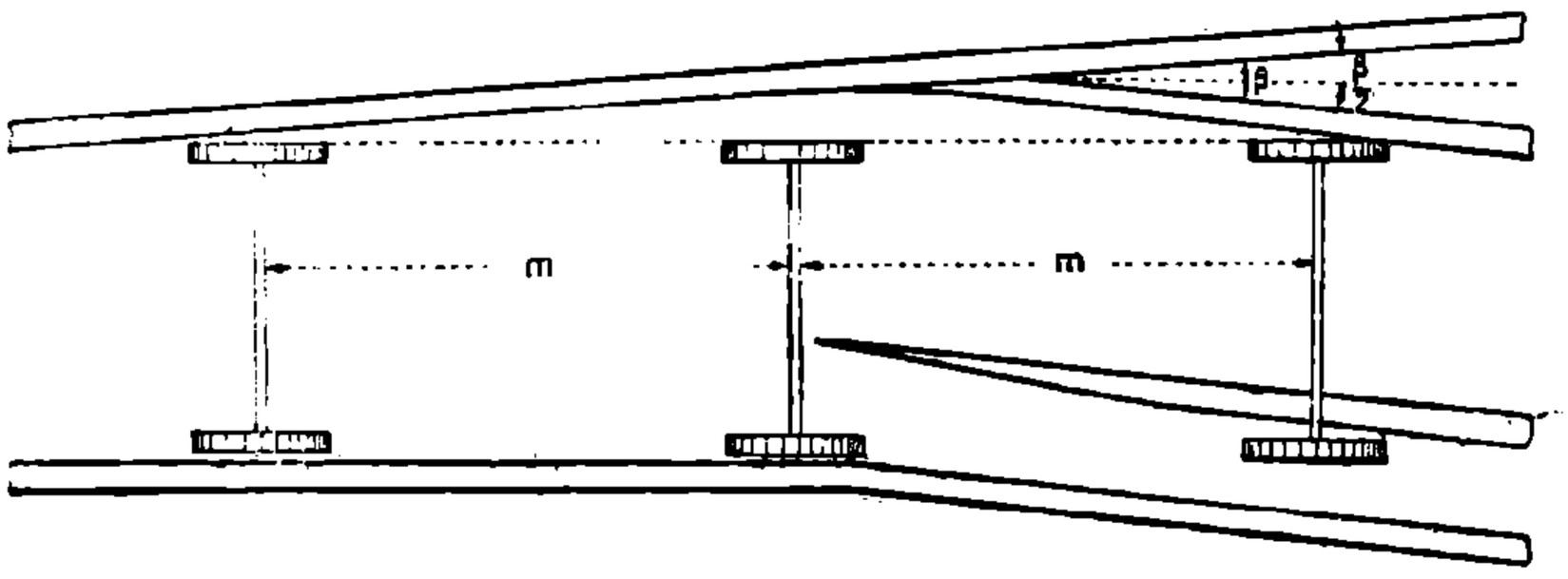
$$L_p = p + L_t + q + q_1,$$

где q_1 есть урубок, укладываемый после хвоста q крестовины такой длины, чтобы стык t путевого рельса пришелся как-раз про-



Черт. 249.

тив стыка t_1 и это для того, чтобы в случае снятия перевода с пути можно было заменить его целым числом путевых рельсов. Величина q_1 не должна быть менее 3 *м*. В частном случае q_1 может равняться 0, т. е. хвост крестовины q так подобран, что стыки t и



Черт. 250.

t_1 будут совпадать и без урубка q_1. Требование, чтобы стык путевого рельса приходился против стыка t_1 (черт. 248) является желательным, но не обязательным.

6) Контррельсы. Соображения об устройстве контррельсов изложены выше.

7) Уширение колеи перед пером. Дла возможности вписывания трехосного вагона необходимо делать уширение f, определяемое из выражения $f = ab - y$, где y есть величина продольного перемещения средней оси в буксе (черт. 249 и 250):

$$f = m\,\mathrm{tg}\,\frac{\beta}{2} - y.$$

НТБ ДНУЖТ

8) *Укороченный рельс.* Длина кривой AB больше длины проекции этой кривой, т. е. $AB > A'B'$ (черт. 248). Если кривая AB уложена рельсами длиной l_1 и l_2, то прямая $A'B'$, естественно, должна иметь один рельс более короткий. Этот рельс называется укороченным; обозначим его буквой y.

Если на кривой число звеньев длиной l_1 — N_1, а длиной l_2 — N_2, то мы можем написать:

$$L_t = l + l_1(N_1 - 1) + y + l_2 N_2 + h + (N_1 + N_2 + 1)\delta.$$

Отсюда определяем длину укороченного рельса y.

Для укладки перевода необходимо знать на месте или точное положение математической точки крестовины O или начала пера C (черт. 251).

На месте обычно имеется точка M пересечения осей прямого и ответвляющегося путей. Требуется определить расстояние от этой точки M точек N и D, тогда будет известно и положением точек O и C.

Величину MN определяем из треугольника MNO:

$$MN = \frac{NO}{\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} = \frac{s}{2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}};$$

$$DM = L_t - \frac{s}{2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}.$$

Таким путем рассчитываются главнейшие элементы стрелочного перевода.

На основании полученных данных может быть составлен чертеж или так называемая эпюра стрелочного перевода, на котором должно быть показано кроме упомянутых выше основных элементов перевода и расположение переводных брусьев.

В пределах остряков брусья делаются длиной, равной длине шпал (2,70 *м*), кроме двух более длинных брусьев, укладываемых у острия перьев, для размещения на этих брусьях переводного станка. Длина этих брусьев 4,5 *м*.

За пределами остряков, где ответвляющийся путь все дальше и дальше отходит в сторону от прямого пути, брусья должны удлиняться. Удлинение это делается на 20 — 30 *см*, и такие удлиненные брусья кладутся сериями, т. е. серия брусьев длиною 2,90; 3,10; 3,30 *м* и т. д., причем переход от одной серии к другой обычно делается, когда длина конца бруса, выступающая из-за наружного рельса со стороны кривого пути, будет 40 *см* или меньше. Концы брусьев со стороны прямого пути укладываются по шнуру (по прямой, параллельной оси прямого пути, черт. 252).

На протяжении от острия пера до конца крестовины и на некотором расстоянии за концом крестовины брусья укладываются перпендикулярно к оси прямого пути.

Затем укладываются шпалы для каждого пути отдельно, как это показано на черт 252 и 253 (последний см. в конце книги).

НТБ ДНУЖТ

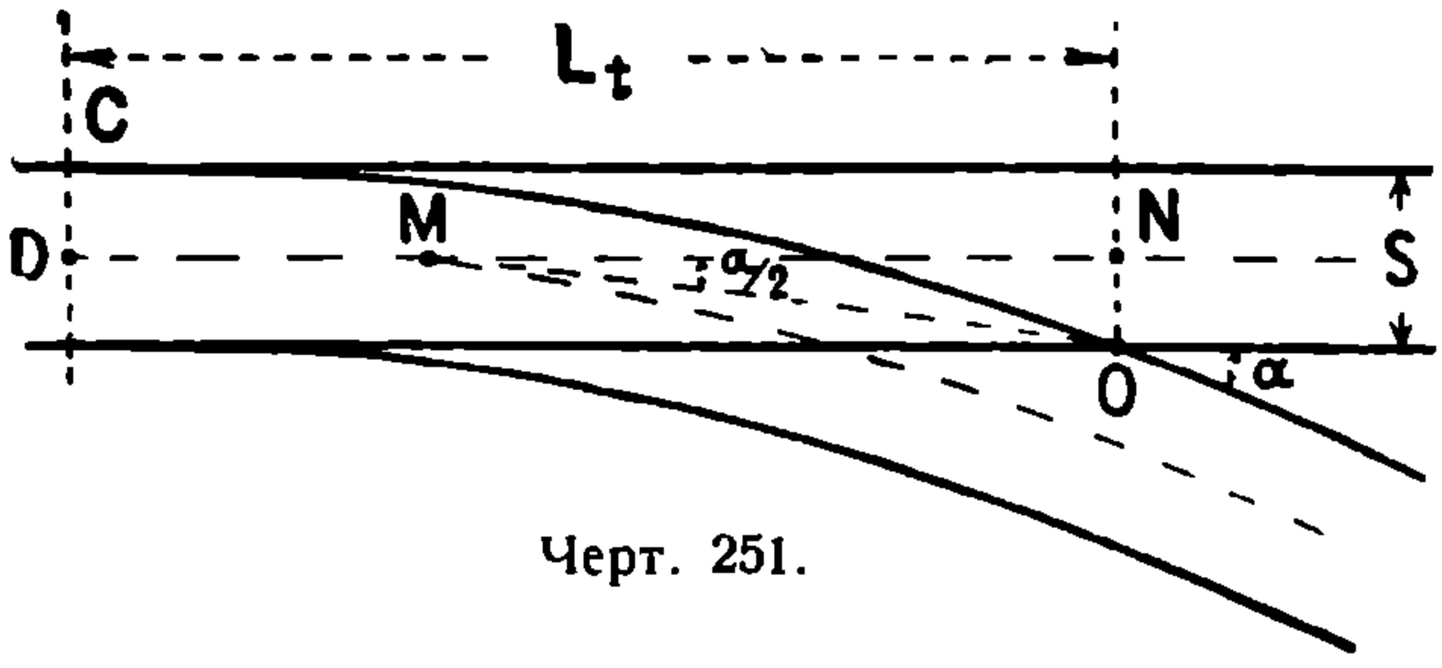
Длинных брусьев за концом крестовины должно быть столько уложено, и первая шпала на прямом пути должна отстоять на таком расстоянии a_{min} [1] от соседнего бруса, чтобы первая шпала на ответвляющемся пути отстояла от соседняго бруса на расстоянии a_{max}, не превышающем допускаемого расстояния между шпалами.

Расстояния между брусьями намечаются таким образом: прежде всего намечаются стыковые брусья (поддерживающие стыки рельсов) обычно с расстоянием между осями брусьев 500 *мм*. Затем между этими брусьями размещаются все остальные брусья, считая нормальным расстоянием между их осями 700 *мм*.

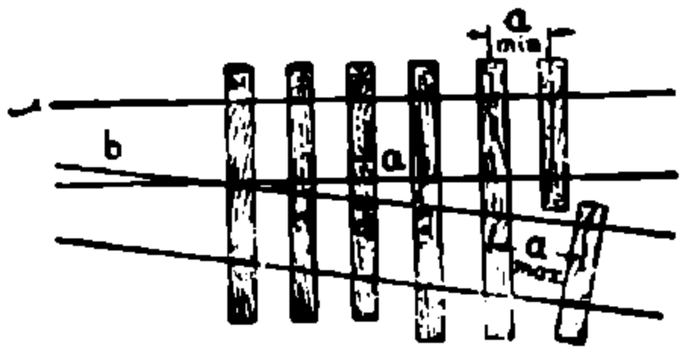
На протяжении переходной кривой делается уширение пути, величина которого рассчитывается в зависимости от радиуса кривой. У корня пера и в крестовине ширина колеи должна быть нормальная — 1 524 *мм*.

У острия пера делается, как это было указано выше, уширение.

Переходная кривая укладывается без повышения наружного рельса, кроме некоторых случаев, когда весь перевод на кривой.



Черт. 251.



Черт. 252.

Нужно еще указать, что во избежание столкновения двух составов, двигающихся по двум разветвляющимся путям, необходимо, чтобы один из составов остановился на некотором расстоянии от места пересечения двух рельсовых ниток этих путей.

Расстояние это обозначается предельным столбиком, устанавливаемым в том месте, где расстояние от него до ближайшего (нерабочего) конца рельса равно 1 *м*.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Из каких главнейших частей состоит стрелочный перевод?
2. Что такое угол удара и от каких величин зависит этот угол?
3. Каким образом можно уменьшить удар при входе колеса на стрелочный перевод при заданном расстоянии *t* между рамным рельсом и остряком в корне пера. Чему обычно равняется эта величина?
4. Что такое крестовина и каково ее назначение. Что такое сердечник крестовины?
5. Что такое математическая точка, и что такое усовики?
6. Что такое коэфициент или марка крестовины?
7. Крестовины каких марок являются наиболее употребительными и какие из них обычно укладываются на путях, по которым проходят пассажирские поезда?
8. Что такое сборная и что такое литая крестовина?
9. По какой формуле определяется величина стрелочного угла (угла удара)?
10. Исходя из каких соображений определяется величина хвостов крестовины?
11. Исходя из каких соображений определяется длина переходной кривой и, следовательно, исправленная величина радиуса переходной кривой?

---

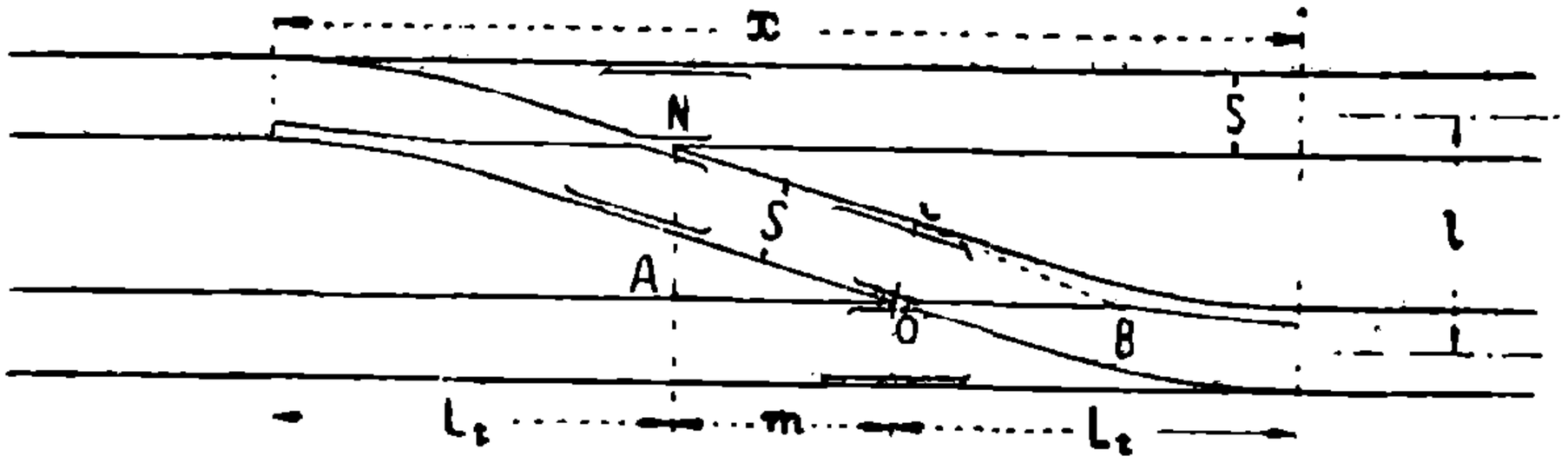
[1] 50 *см*, на черт. 253 показан нормальный перевод марки 1/9 для рельсов типа IIа.

НТБ ДНУЖТ

12. Что такое теоретическая и что такое практическая длина перевода?
13. Для чего делается уширение колей перед началом пера?
14. Для чего укладываются контррельсы?
15. Что такое укороченный рельс?

§ 19. Переход между двумя параллельными путями

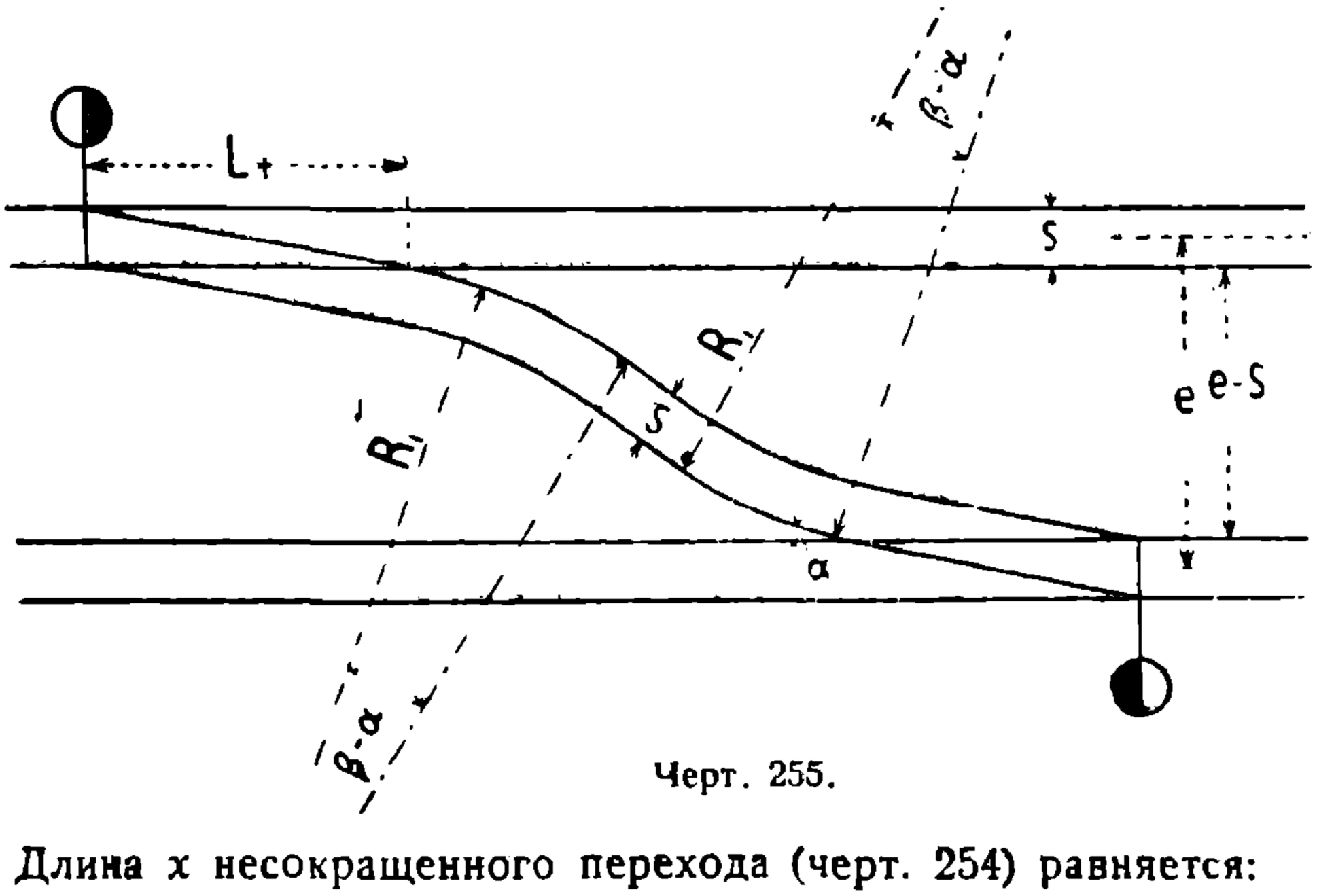
Переход с одного пути на другой, ему параллельный, может быть осуществлен помощью укладки двух стрелочных переводов, как это показано на черт. 254 и 255.



Черт. 254.

Если угол наклона перехода равен углу крестовины, то такой переход (черт. 254) называется несокращенным.

Если расстояние *e* межу осями двух параллельных путей больше *7 м*, $e > 7$ *см*, то устраивают сокращенный переход (черт. 255).



Черт. 255.

Длина x несокращенного перехода (черт. 254) равняется:

$$x = L_t + m + L_t = 2L_t + m;$$

$$m = AB - OB;$$

$$AB = \frac{AN}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{l - s}{\operatorname{tg}\alpha};$$

$$OB = \frac{OC}{\sin\alpha} = \frac{s}{\sin\alpha};$$

$$x = 2L + \frac{l - s}{\operatorname{tg}\alpha} - \frac{s}{\sin\alpha}.$$

НТБ ДНУЖТ

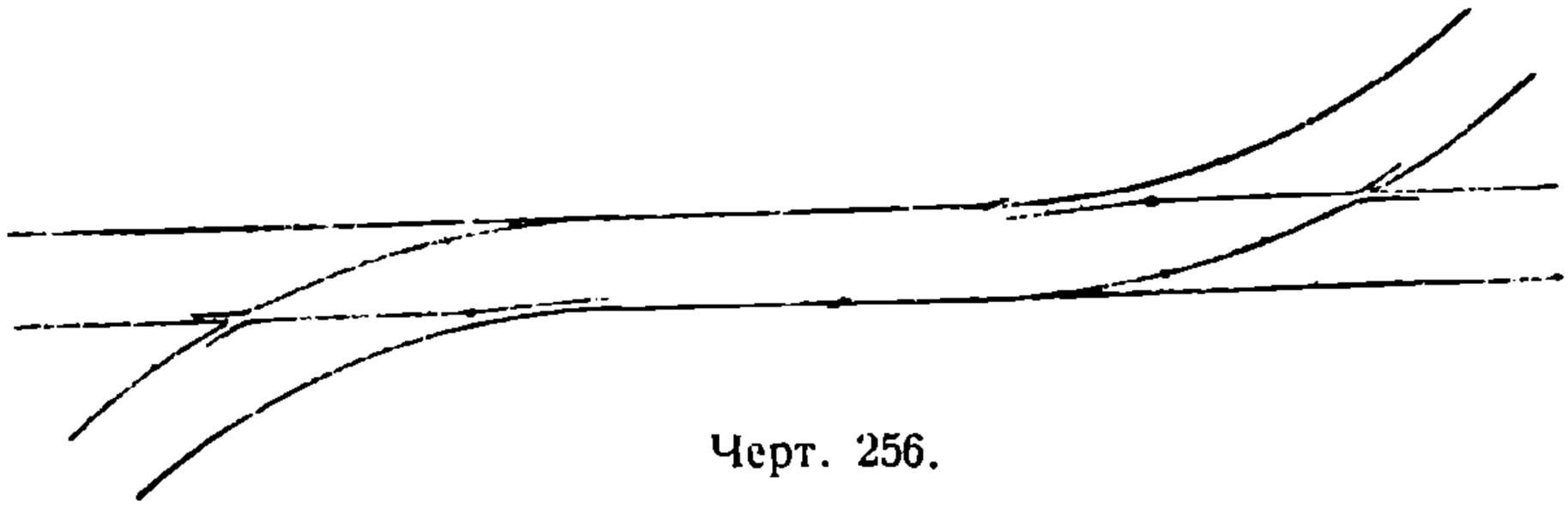
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. От чего будет зависеть длина несокращенного перехода между двумя параллельными путям при заданных теоретической длине перехода и марке крестовины.

§ 20. Соединение двух пересекающихся путей

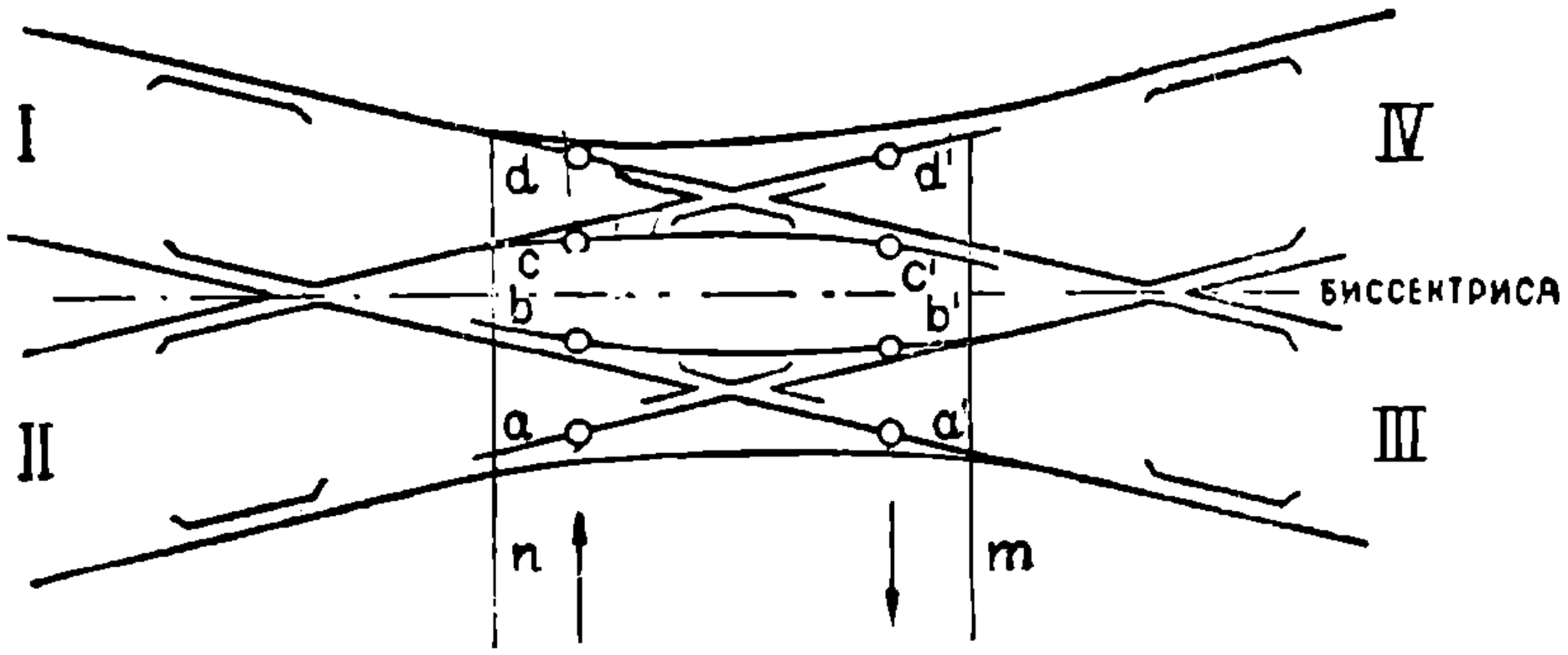
Соединение двух пересекающихся путей может быть устроено или помощью укладки двух обыкновенных переводов (черт. 256), или помощью устройства так называемого английского перевода, который состоит из 8 стрелочных перьев a, b, c, d, a_1', b_1', c_1', d_1' и четырех крестовин (черт. 257).

Перестановка стрелочных перьев может быть исполнена помощью переводных станков, сконструированных по различным системам; так, например, можно устроить так, как это показано на



Черт. 256.

чертеже, т. е. так, что перья $a_1 b_1 c_1 d$ соединены одной штангой n, а перья $a_1' b_1' c'$ и d' — штангой m, причем при переводе штанги по направлению, указанному стрелкой, перья примут положение,



Черт. 257.

показанное на чертеже. При переводе же по обратному направлению перья переместятся так, что перья a и b будут прижаты к своим рамным рельсам, а перья c и d отойдут от них (черт. 257).

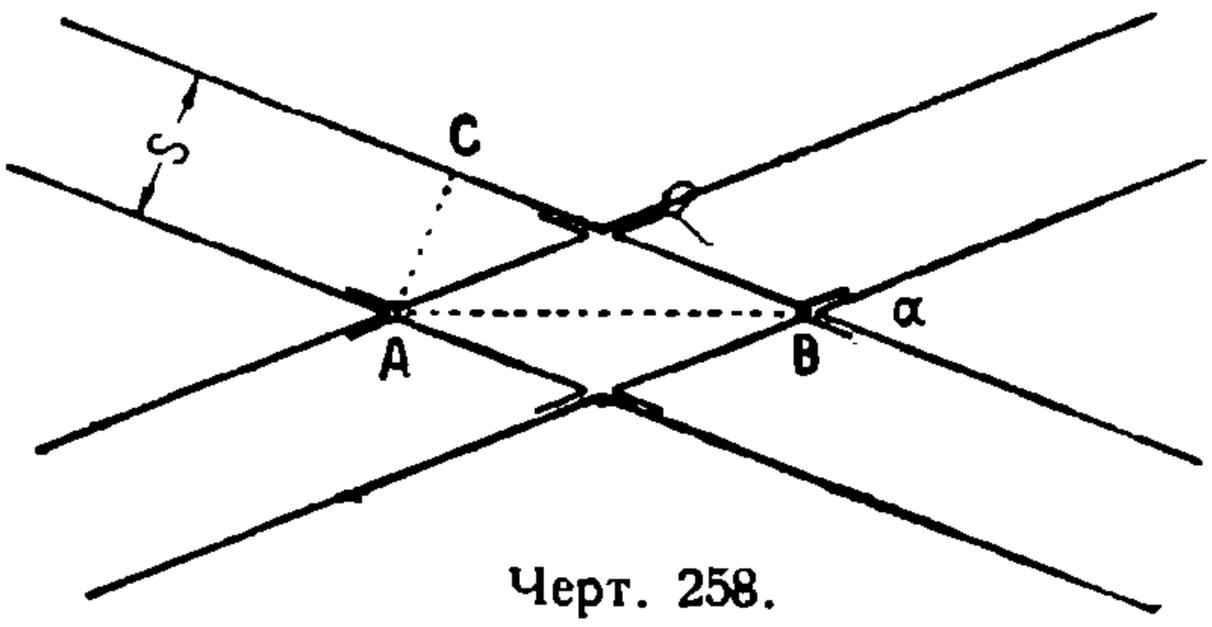
При расположении перьев согласно чертежу имеется соединение путей I и III. Если теперь штангу m перевести в другое крайнее положение (т. е. прижать перья d' и c' к рамным рельсам и отвести перья a' и b' от рамных рельсов; черт. 257), оставляя штангу n в положении, указанном на чертеже, то получится соединение путей II и III. Если перевести штангу n в другое положение, а оставить штангу m согласно чертежу, то получится соединение путей I и IV.

НТБ ДНУЖТ

и, наконец, если обе штанги *m* и *n* перевести из положения, указанного на чертеже, в другое карйнее положение, то получится соединение путей II и IV. Таким образом могут быть установлены четыре различные комбинации.

Соединение двух пересекающихся путей может быть осуществлено или помощью двух стрелочных переводов, или помощью английского перевода.

Соединение помощью двух обыкновенных переводов гораздо проще и дешевле, чем помощью английского перевода: имеется всего 4 пера и 2 крестовины, а в английском переводе 8 перьев и 4 крестовины (две острые и две тупые), тем не менее иногда является целесообразным укладывать более сложное и более дорогое обустройство и именно тогда, когда станция, где укладываются стрелки, стеснена и приходится принимать всевозможные меры, чтобы занять как можно меньше станционной территории. В этом



Черт. 258.



Черт. 259.

именно случае английскому переводу и приходится отдать предпочтение, так как он занимает меньше места, чем два обыкновенных перевода.

Как определяется практическая длина *Lp* обыкновенного перевода, мы видели выше.

Длина, занимаемая английским переводом, определяется так: из треугольника *ABC* (черт. 258) имеем:

$$AC = s = AB \sin \frac{\alpha}{2},$$

НТБ ДНУЖТ

откуда

$$AB = \frac{s}{\sin\frac{\alpha}{2}}$$

В английском переводе tgα обычно равняется $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{9}$.

Радиус переходной кривой определяется так.
Проектируя кривую AD на AB (черт. 259) получим:

$$A\alpha\cos\frac{\alpha}{2} + l\cos\left(\frac{\alpha}{2}-\beta\right) + R\sin\left(\frac{\alpha}{2}-\beta\right) = AO = \frac{AB}{2} = \frac{s}{2\sin\frac{\alpha}{2}},$$

$$A\alpha = \frac{ab}{2\sin\frac{\alpha}{2}};$$

$ab = 2f +$ некоторый запас,
где f — ход стрелки (черт. 259).

Обычно $ab \cong 400$ *мм*.

Из написанного выше уравнения, где все величины известны кроме R, последний и определяется. Если радиус измерять от оси пути, то вместо R нужно поставить $R + \frac{s}{2}$.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какими двумя способами может быть осуществлено соединение двух пересекающихся путей?
2. Сколько в английском переводе стрелочных перьев и сколько крестовин?
3. Какими преимуществами отличается английский перевод?

§ 21. Стрелочные улицы

Стрелочной улицей называется тот путь, на который выходят все или некоторые параллельные между собой пути данного парка.



Черт. 260.

Стрелочная улица может быть наклонена к парковым путям под различными углами. Ясно, чем меньше будет этот угол наклона γ, чем положе будет стрелочная улица, тем более растянутым получится парк и тем больше места он будет занимать на станционной территории.

Рассмотрим два случая: 1) когда угол наклона стрелочной улицы равен углу крестовины $\measuredangle\gamma = \measuredangle\alpha$ и 2) когда угол γ получает наибольшую возможную величину, т. е. когда стрелочная улица наиболее круто наклонена к парковым путям или, как говорят, стрелоч-

НТБ ДНУЖТ

ная улица предельного угла наклона, занимающая наименьшее количество станционной территории.

Первый случай (см. черт. 260).

$$\measuredangle \gamma = \alpha.$$

Если назовем величину прямой вставки между задним хвостом крестовины q и между началом рамного рельса следующей стрелки через x, расстояние между осями парковых путей через e и все (черт. 260) остальные обозначения сохраним те, которые приняты выше при описании стрелочных переводов, то, проектируя длину стрелочной улицы между стрелками 2 и 3 на вертикаль, получим:

$$e = (L_t + q + x + p)\sin\alpha;$$

(В самом деле: если e равно расстоянию между осями путей, то вертикальное расстояние nm (см. черт. 260) и расстояние kt тоже равно e).

Отсюда определяем x.

Горизонтальная проекция расстояния между стрелками № 2 и № 3 и всеми последующими № 3 и № 4 и т. д. будет равна

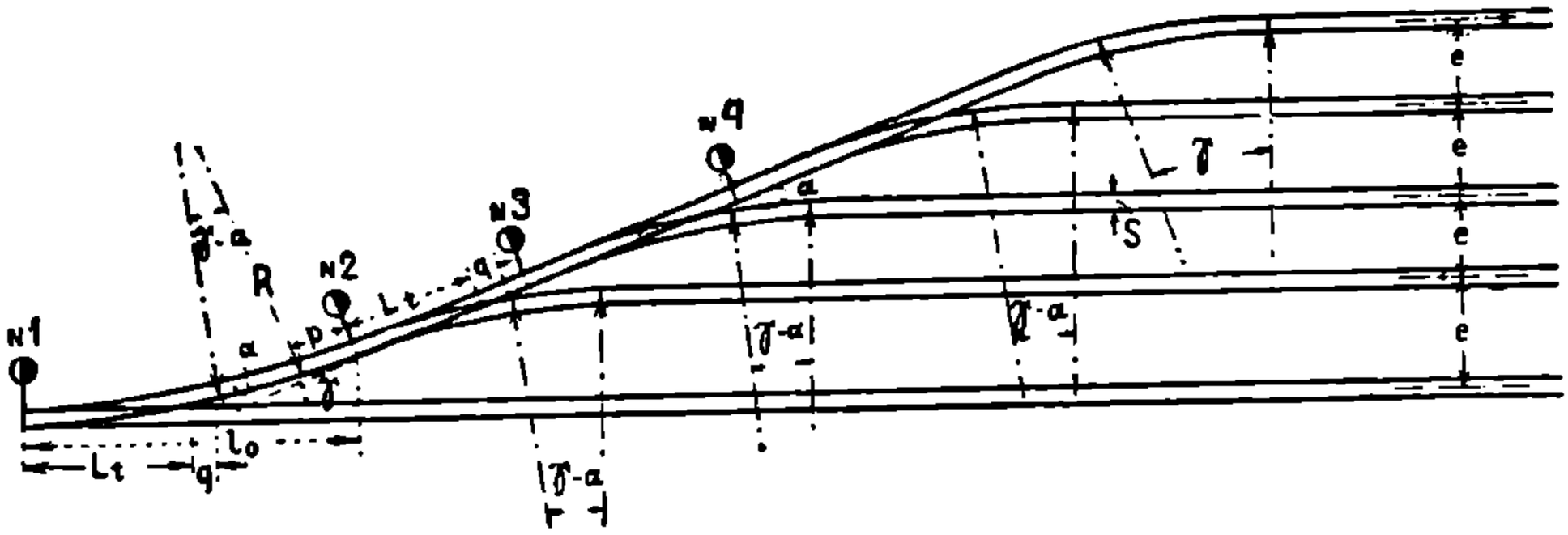
$$(L_t + q + x + p)\cos\alpha.$$

Горизонтальная проекция расстояния между первыми двумя стрелками № 1 и № 2 будет равна

$$L_t + (q + x + p)\cos\alpha.$$

Второй случай.

Стрелочная улица предельного наклона.



Черт. 261.

Наиболее крутой наклон стрелочной улицы будет в том случае, когда стрелка № 3 будет расположена непосредственно за стрелкой № 2, т. е. когда прямая ставка $x = 0$. В этом случае:

$$e = (L_t + q + p)\sin\gamma,$$

или, имея в виду, что:

$$L_t + q + p = Lp,$$

получаем:

$$e = L_p \sin\gamma.$$

Следовательно, предельный угол наклона определяется из выражения:

$$\sin\gamma = \frac{e}{L_p} = \frac{e}{L_t + q + p}.$$

НТБ ДНУЖТ

Для того, чтобы дать такой наклон стрелочной улице, необходимо, как это усматривается из черт. 261 и 262, между стрелкой № 1 и № 2 вставить кривую угла $\gamma - \alpha$.

Радиус кривой должен быть не менее радиуса переходной кривой перевода.

Расстояние e_1 между первым и вторым парковыми путями в этом случае получается больше, чем между остальными путями, и определяется из следующего выражения (черт 261 и 262):

$$e_1 = \left[q + \left(R + \frac{s}{2}\right) \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma - \alpha}{2}\right)\right] \sin \alpha +$$

$$+ \left[\left(R + \frac{s}{2}\right) \operatorname{tg} \frac{\gamma - \alpha}{2} + p + L_t\right] \sin \gamma +$$

$$+ \left[q + \left(R + \frac{s}{2}\right) \operatorname{tg} \frac{\gamma - \alpha}{2}\right] \sin (\gamma - \alpha).$$

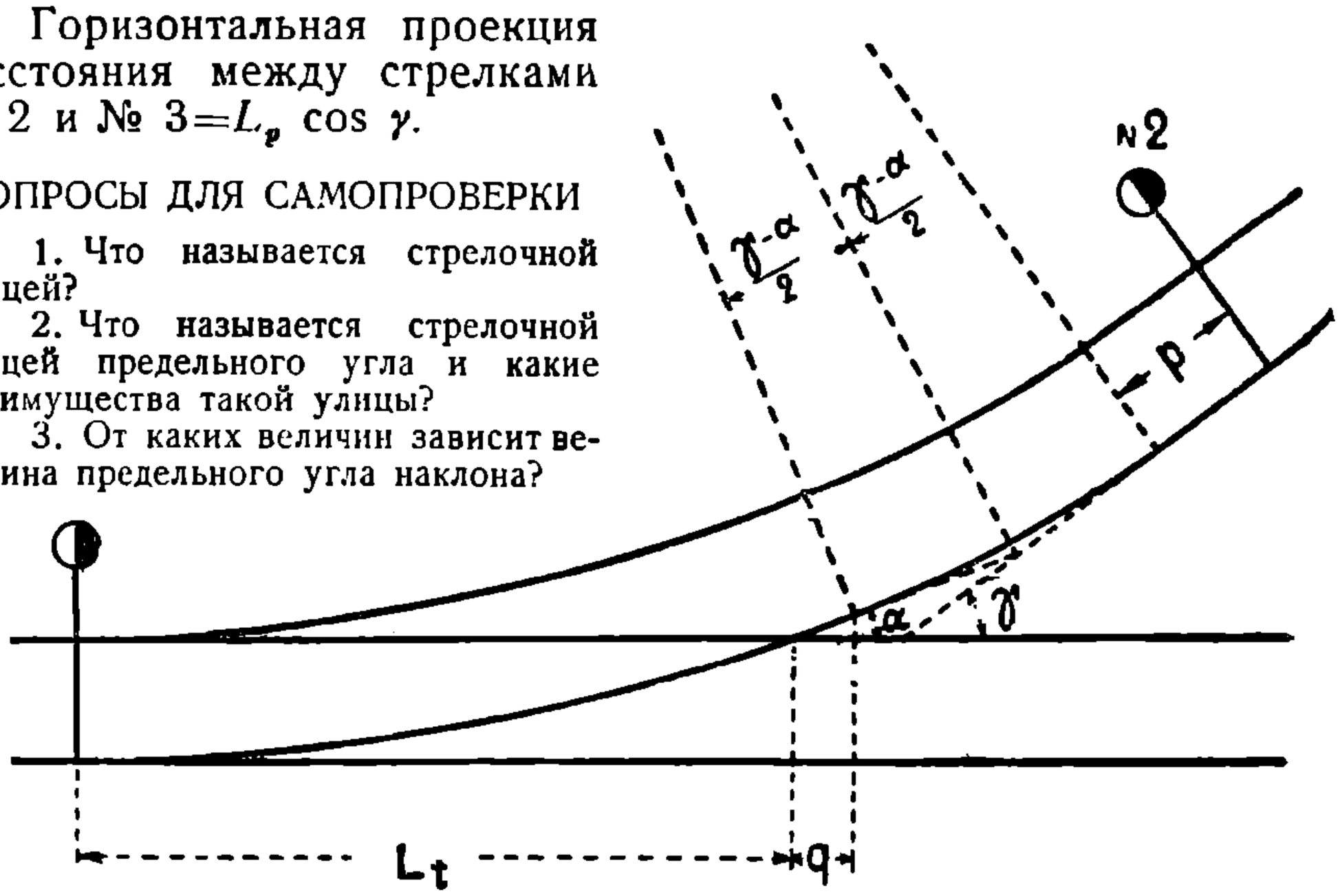
Горизонтальная проекция расстояния между стрелками № 1 и № 2:

$$l_0 = L_t + \left[q + \left(R + \frac{s}{2}\right) \operatorname{tg} \frac{\gamma - \alpha}{2}\right] \cos \alpha + \left[\left(R + \frac{s}{2}\right) \operatorname{tg} \frac{\gamma - \alpha}{2} + p\right] \cos \gamma.$$

Горизонтальная проекция расстояния между стрелками № 2 и № 3 $= L_p \cos \gamma$.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется стрелочной улицей?
2. Что называется стрелочной улицей предельного угла и какие преимущества такой улицы?
3. От каких величин зависит величина предельного угла наклона?



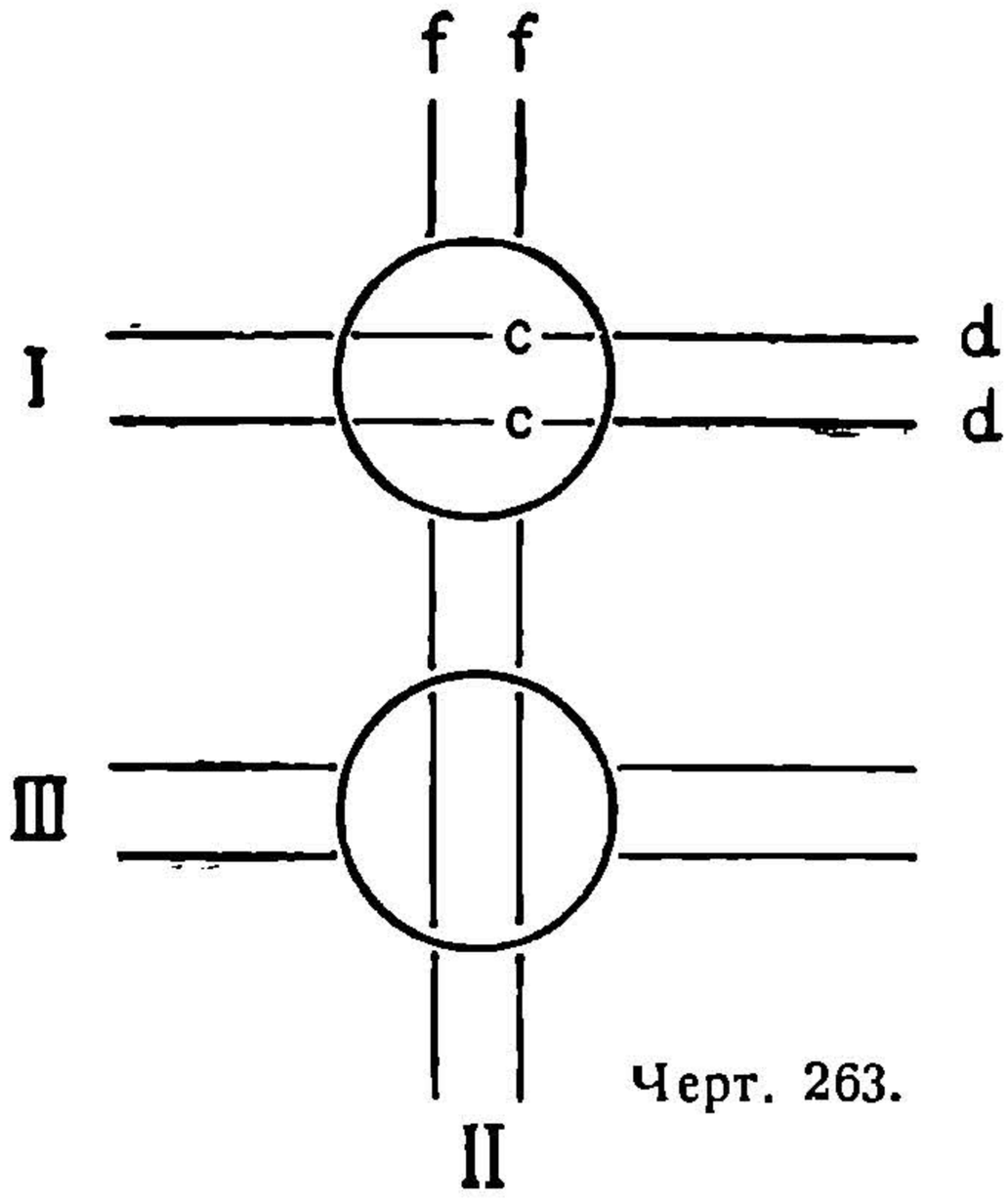
Черт. 262.

§ 22. Поворотные круги

Вагонные поворотные круги служат обыкновенно для соединения пересекающихся под прямым углом путей и состоят из двух металлических дисков: верхнего и нижнего, между которыми двигается серия колесиков; колесики двигаются по окружности нижнего диска, а на них опирается верхний диск. В середине имеется особой конструкции ось вращения. На верхнем диске распола-

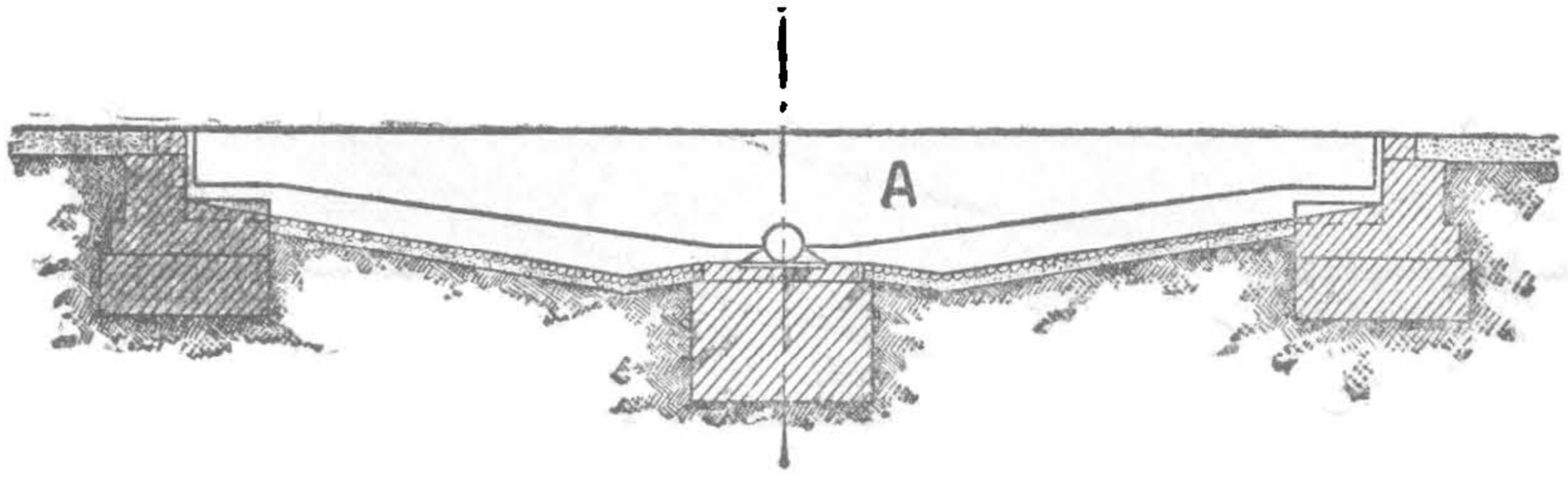
НТБ ДНУЖТ

гаются рельсы колоколообразной формы, которые располагаются в уровне путевых рельсов. Если нужно передать вагон с пути I на путь II, то круг устанавливается таким образом, чтобы рельсы *c* являлись продолжением рельсов *d*, вагон вкатывается на рельсы *c*, круг поворачивается так, чтобы рельсы *c* стали по направлениям рельсов *f* пути II, и вагон скатывается на последние. Если поворотных кругов не один, а два или более, то является возможность осуществить переход вагона с одного пути не только на путь ему перпендикулярный, но и параллельный III (см. черт. 263), или несколько параллельных путей, или пути, пересекающиеся под различными углами. Помощью поворотных кругов, как ясно из вышеизложенного, можно передавать с пути на путь единовременно лишь один вагон, а не целый поезд, что возможно при наличии стрелочного перевода. Для того, чтобы рельсы *c* и путевые находились в одном уровне, необходимо, чтобы круг помещался в яме. Диаметр круга колеблется в пределах от 4 до 6 *м*.



Черт. 263.

Паровозные поворотные круги служат обыкновенно для соединения путей, идущих внутрь паровозного здания, с одним из станционных путей. Поворотный круг состоит из двух метал-



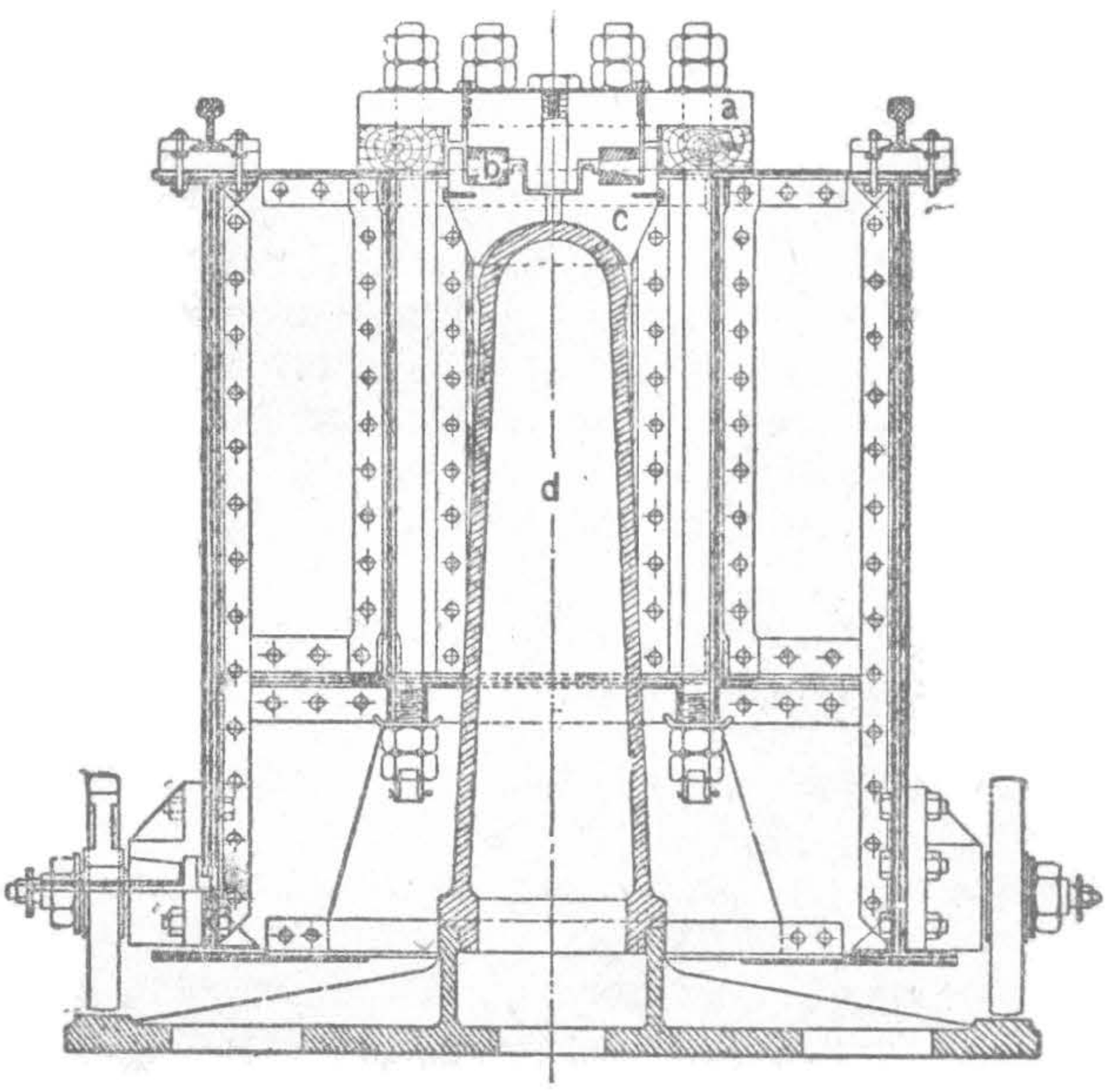
Черт. 264.

лических ферм *A*, поддерживающих рельсы, на которые устанавливается паровоз, и соединенных между собой системой верхних и нижних связей (черт. 264). К фермам в средней части прикреплен диск *a*, вращающийся на подушке *c*, опирающейся на подпятник *d*, между подушкой и диском для уменьшения трения при вращении проложены конические ролики *b*. Подпятник укреплен на фундаменте (черт. 265). К концам ферм прикреплены колесики, которые могут упираться в рельс, изогнутый по дуге круга и уложенный на фундамент. Эти колесики упираются в рельс в момент входа паровоза на круг. При расположении паровоза на круге все давление должно передаваться на подпятник. Таким образом, одним из отличий

НТБ ДНУЖТ

паровозного круга от вагонного заключается в том, что вращение паровозного круга для уменьшения сопротивления совершается на центральной пяте, а вагонного круга — на расположенных по ободу колесиках. Поворачивание нагруженного круга совершается силой 2—3 человек. Диаметр паровозного поворотного круга не менее 24 *м*. Из ямы круга должен быть обеспечен хороший отвод воды.

Передвижные тележки. Перестановка паровоза или вагона с одного из параллельных путей на другой может быть произведена помощью передвижной тележки, представляющей из себя платформу, передвигающуюся на колесах по рельсовому пути, уложенному перпендикулярно к соединяемым параллельным путям. Конструкция тележки может быть двоякого рода: или 1) такова, что рельсы, по которым передвигается тележка, укладываются на одном уравне с рельсами соединяемых параллельных путей; сама же платформа, на которой устанавливается паровоз или вагон, несколько возвышается над соединяемыми путями, и установка паровоза или вагона на платформу с одного пути и затем с платформы на другой из соединяемых путей совершается помощью особых наклонных въездов, или 2) такова, что тележка располагается в яме, рельсы же, уложенные на платформе для постановки на них паровоза или вагона, находятся в одном уровне с соединенными путями. Недостатком подобного рода конструкции является указанная яма, так как благодаря ей парковые пути являются прерванными, и потому подобная конструкция сопряжена с опасностью попадания подвижного состава в яму. Передвижение тележки обычно приводится в движение помощью электрической энергии.



Черт. 265.

У нас передвижные тележки встречаются сравнительно редко, потому детального описания их конструкции не делаем.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое поворотные круги и каково их назначение?
2. По каким двум основным способам могут быть устроены передвижные тележки?

НТБ ДНУЖТ

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Рассчитайте для стрелочного перевода к рельсам IIа, при заданных: длине пера, равной 6 *м*; расстоянии между рамным рельсом и пером в корне, равном =65 *мм*; угле крестовины I/II, нижеследующие величины:

а) величину стрелочного угла, б) радиус переходной кривой, в) теоретическую и практическую длины крестовины и г) укороченный рельс.

2. Рассчитайте длину перехода между двумя параллельными путями при расстоянии между осями этих путей $e = 6$ *м* при угле крестовины, равном I/II и при вычисленной вами выше теоретической длине.

Рассчитайте величину предельного угла наклона и расстояние l_1 между осями первого и второго путей стрелочной улицы, приняв вычисленную вами выше практическую длину перевода и приняв длину заднего хвоста крестовины $q = 2{,}5$ *м*.

НТБ ДНУЖТ

ЗАДАНИЕ V

СТАНЦИИ

§ 23. Назначение и классификация станций

Станциями называются такие пункты железной дороги, на которых все или некоторые поезда останавливаются для совершения операций: по посадке и высадке пассажиров, по нагрузке и выгрузке грузов или операций характера технического, как-то: составление или рассортировка поездов, питание паровозов топливом и водой, ремонт вагонов и паровозов, или, наконец, для совершения всех указанных операций вместе. Станции являются таким образом одним из важнейших органов железнодорожного организма. С одной стороны, это те внешние органы, при помощи которых железные дороги входят в соприкосновение с внешним миром — с грузохозяевами и пассажирами; с другой стороны, это те внутренние органы, при помощи которых они совершают свою внутреннюю техническую работу.

Там, где указанные выше операции совершаются в большом масштабе, там и станции со всеми своими обустройствами получаются громадные, мощные.

Подразделить железнодорожные станции на определенные типы затруднительно, именно — трудно провести определенную линию, резко разграничивающую станции как по их размерам, так и по способу расположения станционных обустройств. Тем не мене по-размерам станции могут быть разделены на следующие три категории: на станции малые, средние и большие. К малым станциям относятся те из них, которые могут удовлетворять какой-нибудь одной определенной потребности движения или нескольким немногим; так они могут служить исключительно для посадки и высадки пассажиров (остановочные пункты), для погрузки и выгрузки товаров (погрузные пункты), для скрещения и также обгона поездов (разъезды, обгонные пункты); наконец, на малых станциях может быть сосредсточено и несколько операций, как-то: пассажирская и товарная операции, скрещение и обгон поездов, а также набор воды паровозами; в этом случае они представляют переходную ступень к станциям следующей категории, отличаясь от последних тем, что налицо имеются не все небходимые для железнодорожного движения обустройства и развитие таковых менее значительно.

Малые станции характеризуются:

а) по признаку движения — обгоном поездов, а на однопутных линиях и скрещением, маневрами лишь со сборным поездам и по отцепке и прицепке вагонов;

б) по техническим операциям — набором воды и топлива, техническим осмотром проходящих поездов;

НТБ ДНУЖТ

в) по коммерческим операциям — посадкой и высадкой пассажиров, операциями с багажом, грузами большой скорости, приемом и отправкой грузов в сборных поездах.

Сверх перечисленного, на малых станциях дорог местного значения и ветвей может производиться погашение и формирование пассажирских поездов пригородного и местного сообщения, а на станциях, находящихся вблизи крупных заводов и промышленных предприятий — и товарных поездов местного, до ближайшей распорядительной станции назначения; в таких случаях они могут иметь и небольшие паровозные депо.

Средние станции характеризуются:

а) по признаку движения сверх перечисленной для малых станций работы — распорядительными функциями, т. е. являются участковыми в отношении вагонного хозяйства; погашением и формированием пассажирских поездов местного сообщения; погашением и формированием с сортировкой сборных поездов, обслуживающих и примыкающие участки, и транзитных поездов, имеющих данную станцию исходным или конечным пунктом; переработкой некоторых транзитных поездов и сортировочной работой и обменом вагонами в узловых пунктах;

б) по техническим операциям, сверх перечисленных для малых станций — сменой паровозов и малым ремонтом подвижного состава, сортировкой и перегрузкой грузов, прибывающих и отправляемых в некоторых прямых и транзитных поездах, и разделением грузов по направлениям в узловых пунктах;

в) по коммерческим операциям — теми же признаками, что и малых станций, причем отправление грузов может производиться как в общих, так и прямых поездах.

Большие станции характеризуются выполнением на них отдельных из вышеперечислениых операций — вследствие больших размеров этих операций — и разделяются на станции, в которых сосредоточены преимущественно коммерческие операции (пассажирские и товарные станции), и станции, в которых сосредоточены только технические операции (сортировочные станции, пассажирско-технические и пр.);

а) пассажирские станции, обслуживающие перевозки в пассажирских поездах с погашением и формированием всех или части пассажирских поездов и устраиваемые в больших населенных пунктах с развитым пригородным движением и в крупных узлах с развитым пассажирским движением по всем направлениям;

б) товарные станции, устраиваемые в больших населенных пунктах или крупных узлах для приема и отправки разнородных грузов или в местах выдачи и потребления для массовой погрузки, а равно для перегрузки с одного рода путей на другой и для производства таможенных операций и т. п.;

в) сортировочные станции, устраиваемые в крупных пунктах производства добычи или потребления, в пунктах большой перегрузки с одного рода путей на другой и в местах разделения или слияния мощных грузовых потоков, т. е. в больших узловых пунктах.

Кроме указанного подразделения на три категории станции имеют еще и другие особенности, различающие их между собой: так станции могут быть разделены на однопутные и двухпутные;

РГБ ДНУЖТ

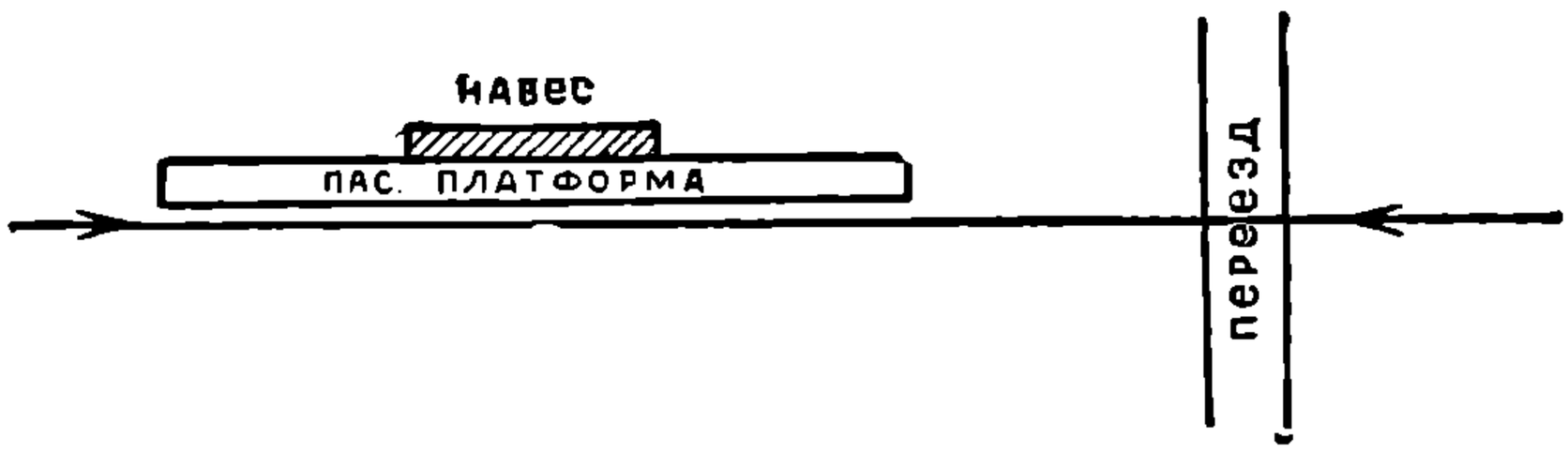
затем, по месту расположения станции на железной дороге — на промежуточные, узловые и конечные; далее, по способу расположения обустройств, а в особенности пассажирских — на односторонние, островные и тупиковые. Так гласят технические условия.

Что касается взаимного расположения станционных обустройств, то здесь мы встречаемся с большим разнообразием. Диктуется это разнообразие обычно местными условиями. Но как бы ни были разнообразны различные станции, тем не менее все они должны удовлетворять некоторым общим условиям. Станционные пути и обустройства должны быть так спроектированы, быть таких размеров и в таком количестве, чтобы все операции производились безопасно, возможно быстро и с наименьшими расходами и наименьшим трудом для служащих.

Ниже, после рассмотрения схем малых, средних и больших станций будут приведены новейшие технические условия проектирования станции, утвержденные 10 февраля 1931 г.

§ 24. Малые станции однопутных линий

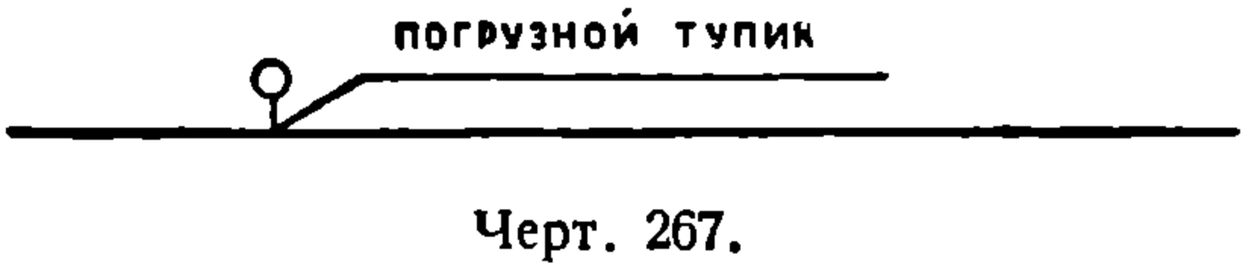
Простейшим видом малой станции однопутной линии является остановочный пункт, предусматривающий одну лишь пассажирскую операцию — посадку и высадку пассажиров — и состоящий



Черт. 266.

из пассажирской платформы и крытого навеса, располагаемых обычно близ переезда (черт. 266).

Другим простейшим видом малой станции является погрузной тупик—это станция, которая предвидит одну только товарную операцию и притом только с грузами навалочными, т. е. такими, которые могут храниться под открытым небом, как-то: камень, бревна и т. п. Все обустройство состоит из тупикового пути, примыкающего к главному пути (черт. 267).



Черт. 267.

На этот тупик подаются вагоны для нагрузки и для выгрузки грузов; таким образом операции по погрузке и выгрузке происходят не с главного пути и не препятствуют движению поездов по главному пути.

Наконец, следующим простейшим видом малой станции является разъезд (чертеж 268), т. е. такая станция, которая предвидит лишь одну технического характера операцию, именно скрещение или обгон поездов.

Все обустройство состоит из сквозного разъездного пути и помещения для конторы начальника разъезда и телеграфа.

НТБ ДНУЖТ

Несколько сложнее будет обустройство такой малой станции, которая предвидит не одну, а какие-нибудь две операции, например пассажирскую и товарную.

Схемой такой станции, предвидящей посадку и высадку пассажиров и отправляющей и получающей товар, требующий складочных помещений (пакгауз, товарная платформа), может служить схема, показанная на черт. 269.



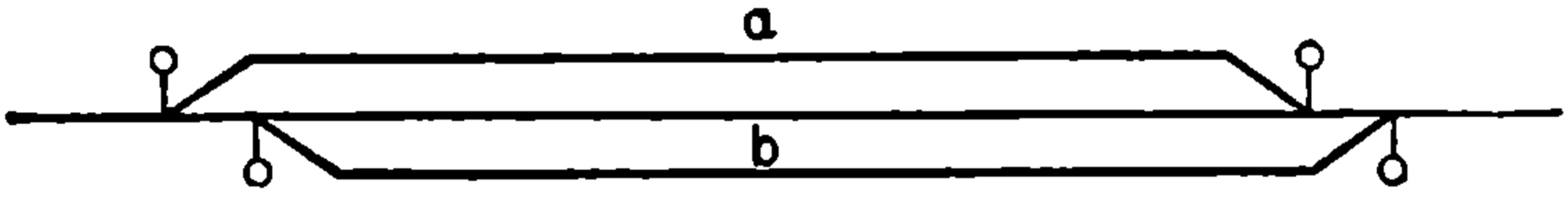
Черт. 268.

Если предвидятся единовременно две технические операции — обгон и скрещение поездов, — то станция (разъезд) может быть устроена по одной из нижеследующих схем (черт. 270 и 271).



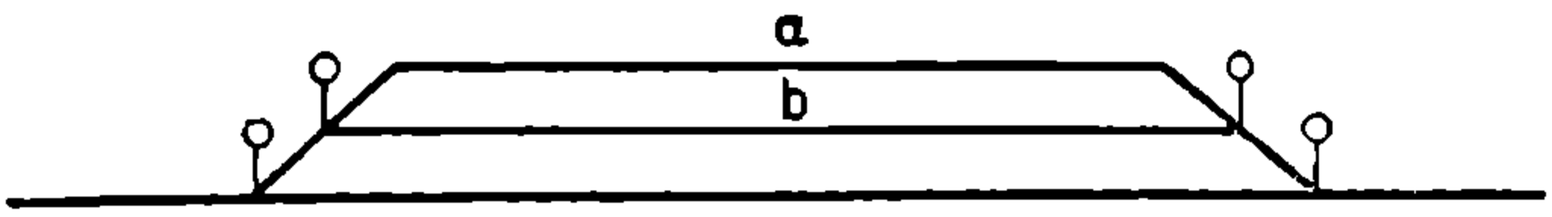
Черт. 269.

Станция по чертежу 270 может иметь разъездные пути *a* и *b* одинаковой длины, именно полезной длины, равняющейся длине наибольшего из обращающихся поездов. Станция по черт. 271 дол-



Черт. 270.

жна иметь путь *b* большей нормальной полезной длины, так как таковую должен иметь путь *a*, который, как видно из чертежа, короче пути *b*. Общая длина путей по схеме 271 несколько больше,



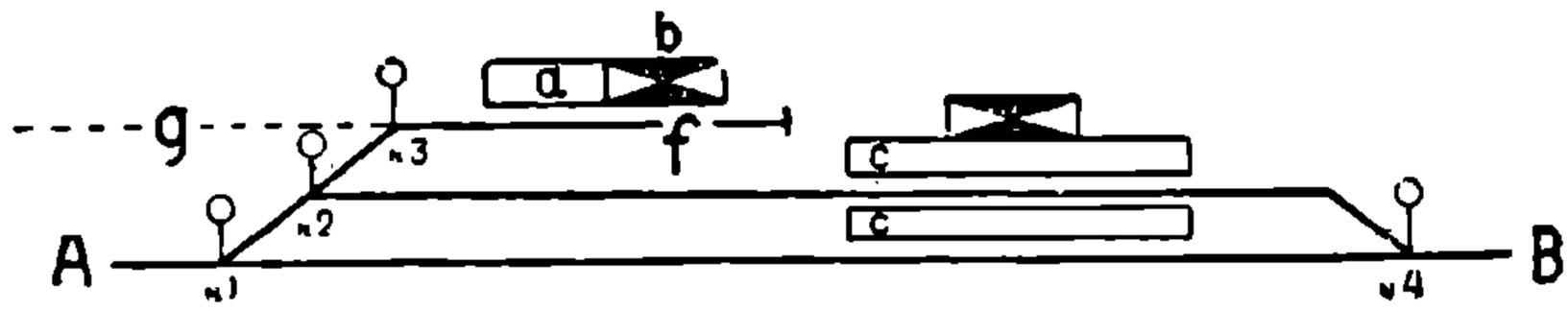
Черт. 271.

чем по схеме 270 и, следовательно, устройство станции по схеме 271 несколько дороже, но зато при устройстве по схеме 271 число стрелок, выходящих на главный путь, будет всего две, а по схеме 270 — четыре.

Дальнейшим развитием малой станции будет такая станция, на которой будут производиться три операции: две характера коммерческого (товарная и пассажирская) и одна технического (разъезд); каждая операция предвидится в самом незначительном размере. Станция может быть устроена по схеме черт. 272. На указанной станции, устроенной по черт. 272, очень полезно сделать тупик *g*, показанный пунктиром. Благодаря указанному тупику возможна прицепка вагонов как к голове, так и к хвосту поезда любого направления помощью паровоза, без ручных маневров на главном пути. В самом деле, если потребуется прицепить вагон, стоящий

НТБ ДИУЖТ

у пакгауза, к голове поезда, идущего из *B* в *A*, то поездной паровоз, отцепившись от поезда, идет по стрелкам *1*, *2* и *3* в тупик *f*, берет вагон и, идя обратно по стрелкам *3*, *2* и *1*, подает вагон к голове поезда. Если нужно прицепить к хвосту поезда, то вагон,



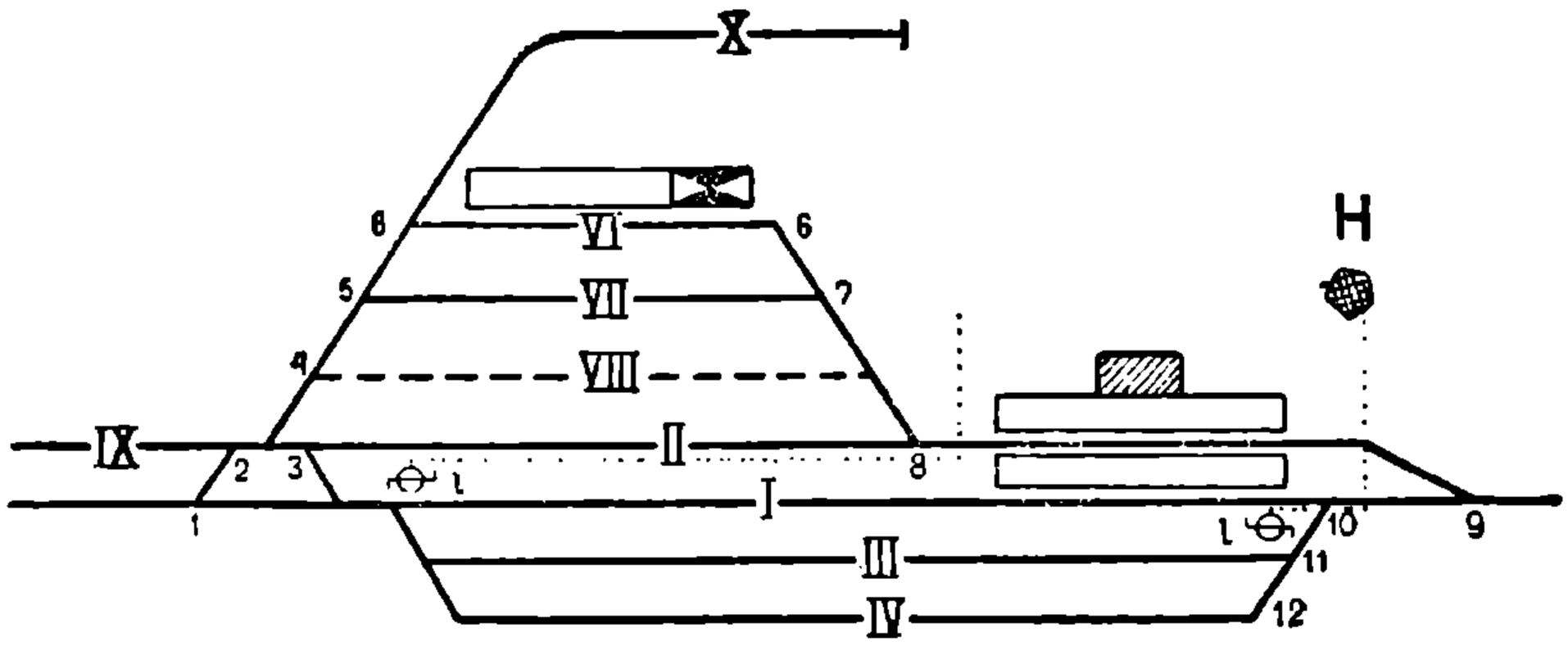
Чєрт. 272.

стоящий против пакгауза, предварительно перекатывается вручную в тупик *g* (ручные маневры лишь в пределах тупиков *f* и *g*, но не на главном пути).

Паровоз по стрелкам *1*, *2* и *3* заходит в тупик *f*, затем обратным ходом заходит к вагону и, прицепившись к нему, вытаскивает его по стрелкам *3* и *2* и стрелке *4* на главный путь и затем задним ходом подает в хвост поезда.

При более интенсивном движении малая станция устраивается иногда по схеме черт. 273.

Это один из наиболее распространенных у нас в СССР типов малых станций однопутных дорог. Станционные пути имеют следующее назначение: I и II — для прибытия и отправления пасса-



Черт. 273.

жирских и транзитных товарных поездов, III и IV — для местных товарных поездов, VI — товарный, VII и VIII — маневренные и запасные для товарных вагонов, IX — вытяжной, X — для навалочных грузов.

На станции имеется водоемное здание *H* и гидравлические колонки *l* для набора воды.

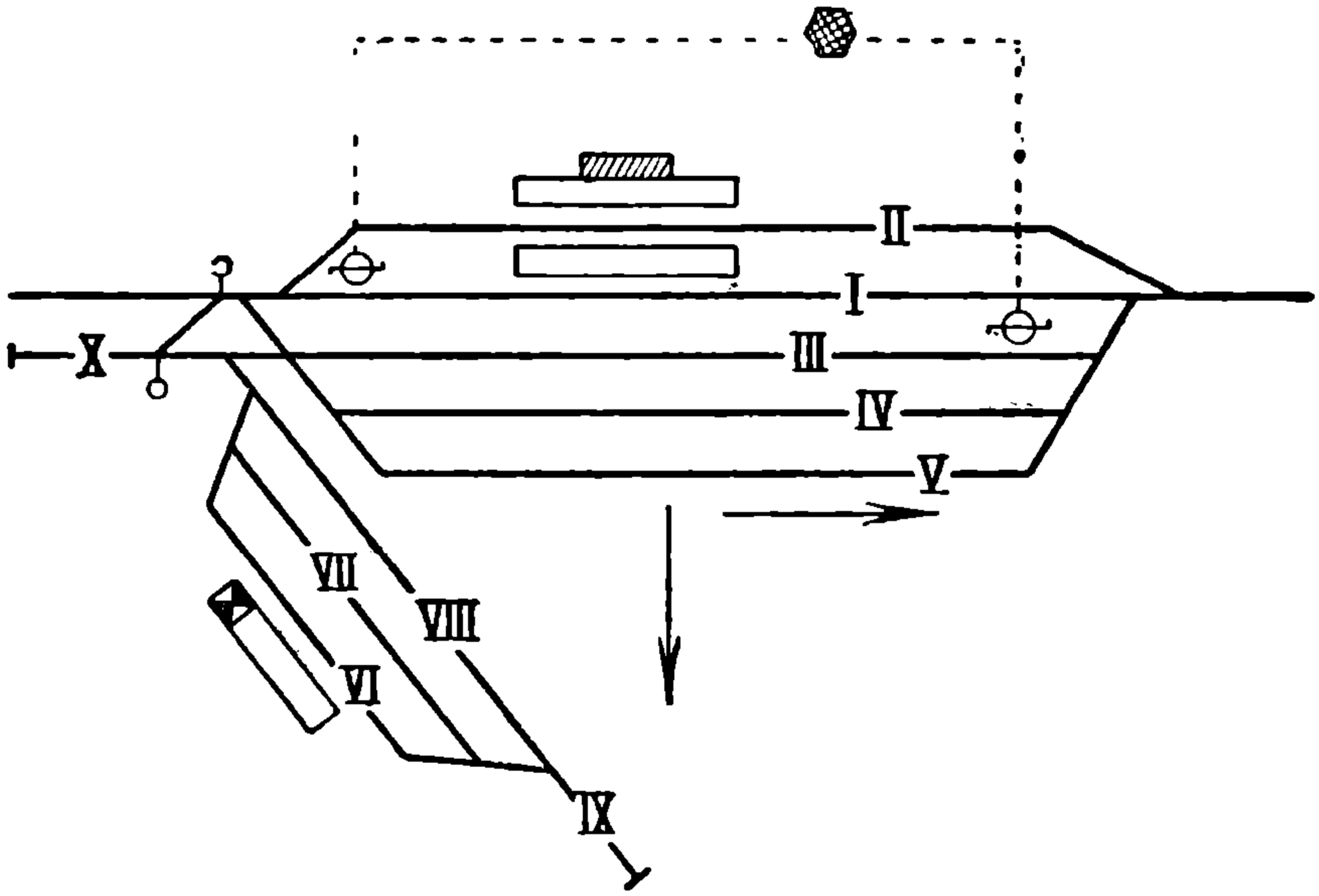
Маневры по станции производятся следующим образом: груженые товарные вагоны, прибывшие с местными поездами, принятыми на пути III и IV, вытягиваются на вытяжку IX и оттуда осаживаются на путь VI к пакгаузу по стрелкам *2*, *3*, *4*, *5* и *6*; выгруженные же вагоны переводятся от пакгауза на путь VII, а оттуда по стрелкам *5*, *4*, *3* и *2* на вытяжку IX и затем на путь III или IV. Таким образом у пакгауза устанавливается кругооборот вагонов.

НТБ ДНУЖТ

К достоинствам станции относятся: 1) расположение пассажирского здания и товарной станции по одну сторону станции, благодаря чему есть возможность развития станции, 2) удобное сообщение для служебного персонала между пассажирским зданием и пакгаузом без пересечения путей и 3) небольшая длина станционной площадки. К недостаткам можно отнести: 1) необходимость пересечения главного пути при маневрах, 2) большое расстояние между гидравлическими колонками.

Величина этого расстояния заставляет соединить их трубами небольшого диаметра — 6″ (имея в виду большую стоимость труб большого диаметра) и, следовательно, получать медленный набор воды (от 8 до 15 минут).

Один из указаниых недостатков — пересечение главного пути — может быть избегнут, если устроить станцию по следующей схеме



Черт. 274.

(черт. 274). Маневры с подачей вагонов с путей III и IV к пакгаузу совершаются без пересечения главного пути, что достигнуто тем, что товарная станция расположена по одну сторону с указанными путями III и IV и по другую сторону от пассажирского здания.

Благодаря наклонному расположению товарной станции развитие станции в направлениях, указанных стрелками, вполне возможно, несмотря на то, что товарная станция и пассажирское здание расположены по разные стороны от главного пути.

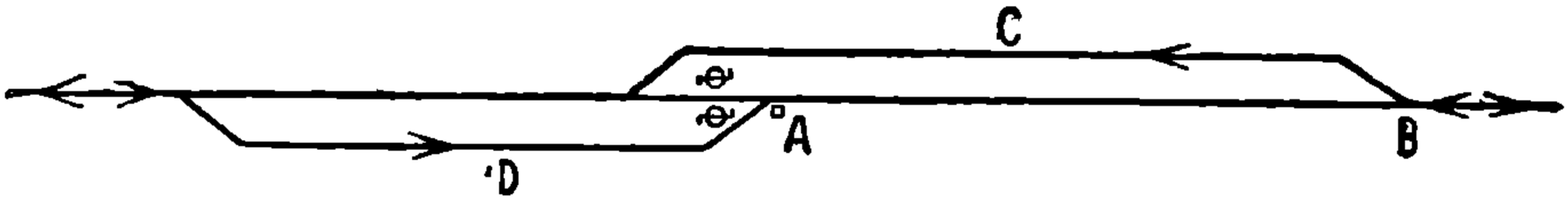
Что же касается большого расстояния между гидравлическими колонками, то недостаток этот остается в силе. Избежать его можно, если устроить станцию по американской схеме, именно по типу так называемых перекрывающихся разъездов (Lep Sidings).

Тип этот, изображенный на черт. 275, весьма распространен в Северной Америке благодаря принятым там особым условиям движения, которое заключается в том, что движение поездов проис-

НТБ ДИИЖТ

ходит пакетами — группами до пяти поездов в группе, поезд следует за поездом с промежутком в пять минут.

Длина разъездного пути для принятия группы в пять поездов получается весьма большая — до $1^1/_2$ *км*. Станционная площадка очень длинная, но гидравлические колонки расположены в одной створе. Многие разъезды проходятся поездами без остановки. Бла-

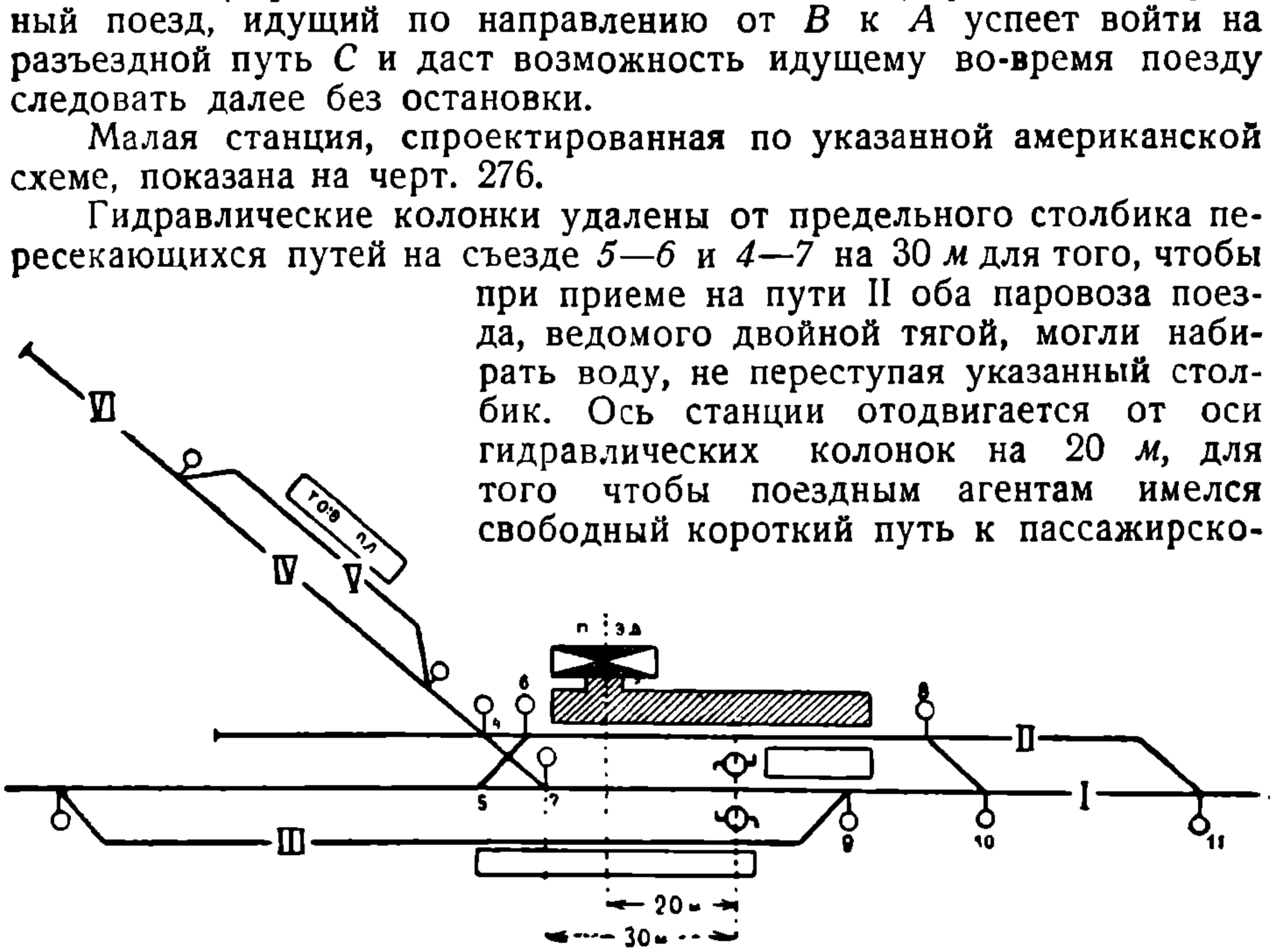


Черт. 275.

годаря указанной длине разъездных путей даже в случае небольшого опоздания встречного поезда можно избежать остановки на разъезде. В самом деле, пока идущий во-время и двигающийся слева направо поезд будет проходить путь *D* и затем расстояние от *A* до *B* (черт. 275), немного опоздывающий (черт. 275), встречный поезд, идущий по направлению от *B* к *A* успеет войти на разъездной путь *C* и даст возможность идущему во-время поезду следовать далее без остановки.

Малая станция, спроектированная по указанной американской схеме, показана на черт. 276.

Гидравлические колонки удалены от предельного столбика пересекающихся путей на съезде *5—6* и *4—7* на 30 *м* для того, чтобы при приеме на пути II оба паровоза поезда, ведомого двойной тягой, могли набирать воду, не переступая указанный столбик. Ось станции отодвигается от оси гидравлических колонок на 20 *м*, для того чтобы поездным агентам имелся свободный короткий путь к пассажирско-



Черт. 276.

му зданию (не огибая паровозов). Таким образом, на станции, устроенной по указанной американской схеме, гидравлические колонки находятся на одной линии, перпендикулярной к оси пути, что дает возможность укладывать дорогие водопроводные трубы большего диаметра — 300 *мм* и быстро наполнять тендер водой (в три минуты). Кроме того, имеется возможность одновременно с набором воды брать топливо. Недостатком такой станции является очень большая длина станционной площадки. Правда, этот недостаток искупается тем, что на такой площадке

РГБ ДНУЖТ

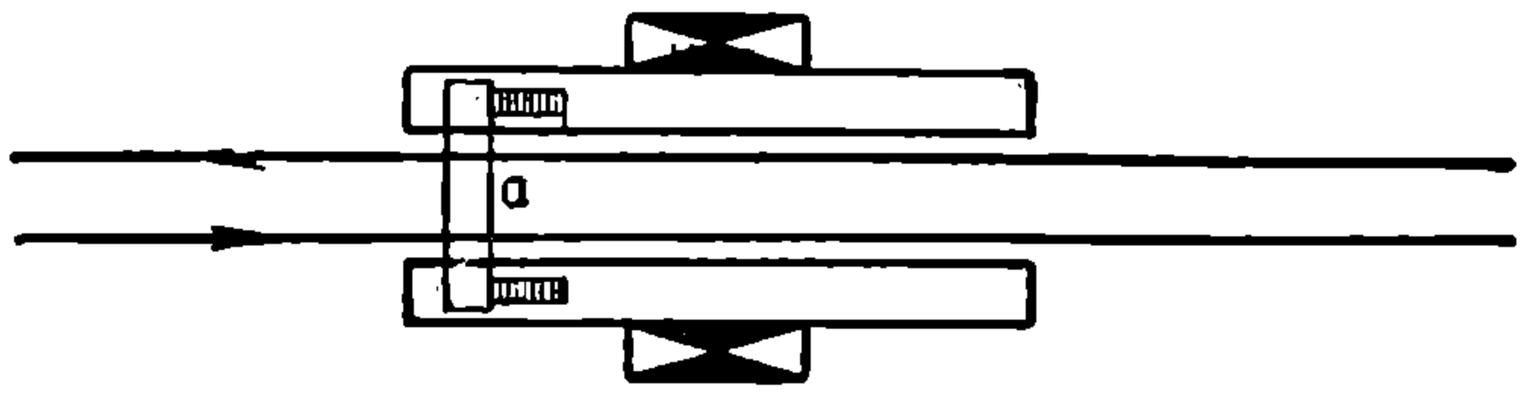
возможно легко достигнуть разгона поезда, что имеет особенное значение зимой и в том случае, если от станции начинается подъем.

На черт. 277 (см. вклейку) показана малая станция однопутной линии, причем чертеж составлен с соблюдением масштаба (масштабный план станции).

§ 25. Малые станции двухпутных линий

Простейшим видом малой станции двухпутных линий является остановочный пункт (черт. 278), предвидящий одну пассажирскую операцию.

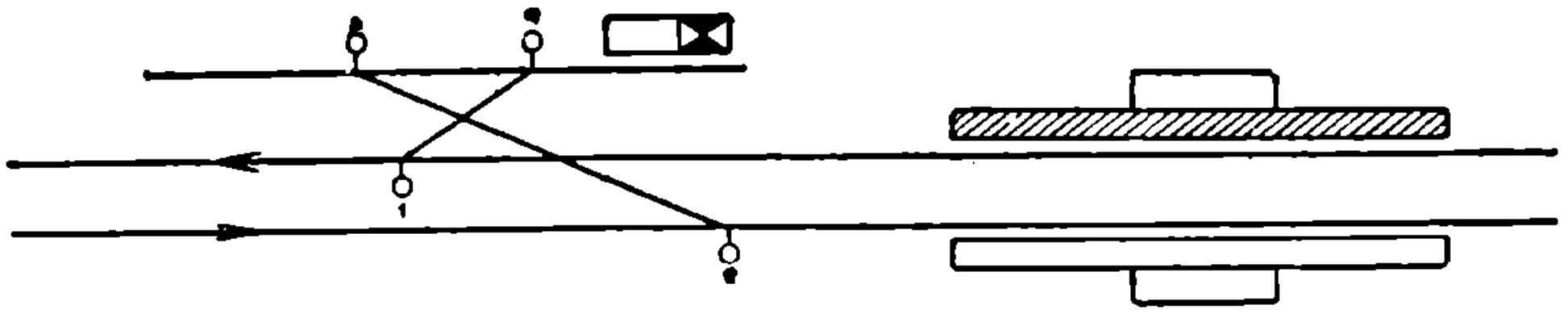
Все устройство состоит из двух пассажирских платформ, пассажирского здания и при достаточно интенсивном движении из



Черт. 278.

переходного мостика *a* (или туннеля) для перехода с одной платформы на другую вне уровня рельсов.

Если пассажирская операция соединяется с товарной, то расположение обустройств станции может быть сделано согласно черт. 279. Маневры по подаче вагонов к пакгаузу совершаются следу-



Черт. 279.

ющим образом: поезд, прибывший с правой стороны, проходит влево за стрелку *1* и затем осаживается по стрелкам *1* и *4* к пакгаузу; поезд, прибывший с левой стороны, проходит вправо за стрелку *2* и затем по стрелкам *2* и *3* осаживается в тупик, где вагоны, подлежащие подаче к пакгаузу, отцепляются и затем помощью ручных маневров в пределах тупиков подаются к пакгаузу.

Из черт. 279 усматривается, что стрелки *1* и *2*, выходящие на главные пути, пошерстные.

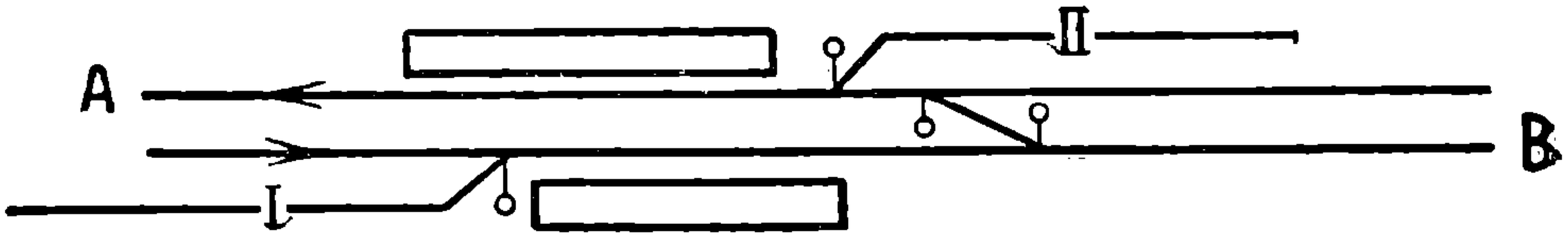
Если пассажирская операция соединялась с обгоном одного поезда другим, то станция может быть устроена по одной из нижеследующих трех схем, показанных на черт. 280, 281, 282.

При устройстве станции по черт. 280 обустройство для обгона состоит из двух тупиков I и II; обгоняемый поезд по прибытии на станцию осаживается на тупик (поезд, идущий по правому пути из *A* в *B*, осаживается на тупик *1*; поезд, идущий по другому пути из *B* в *A*, — на тупик II).

НТБ ДНУЖТ

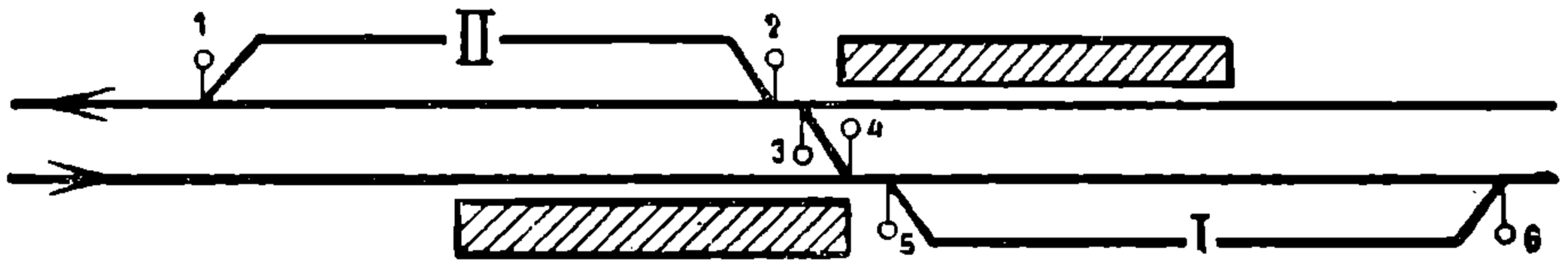
При устройстве станции по черт. 281 обустройства для обгона состоят из сквозных путей I и II, и обгоняемый поезд прямо входит на соответственный путь I или II без осаживания.

На станции, устроенной на черт. 282, обгоняемый поезд идущий из *A* в *B*, принимается на путь 1, а идущий из *B* в *A* на путь II.



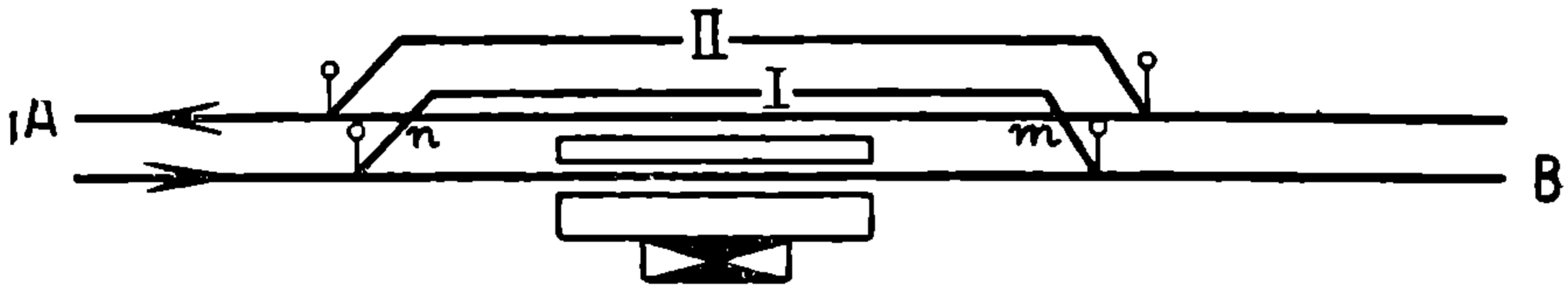
Черт. 280.

Каждый из трех типов имеет свои достоинства и недостатки. Достоинства типа, изображенного на черт 280, заключаются в том, что идущие по главным путям поезда не встречают противошерст-



Черт. 231.

ных стрелок; отрицательной стороной этого типа является необходимость в осаживании поезда по противошерстным стрелкам. Для длинных поездов такое осаживание сопряжено с риском схода на



Черт. 282.

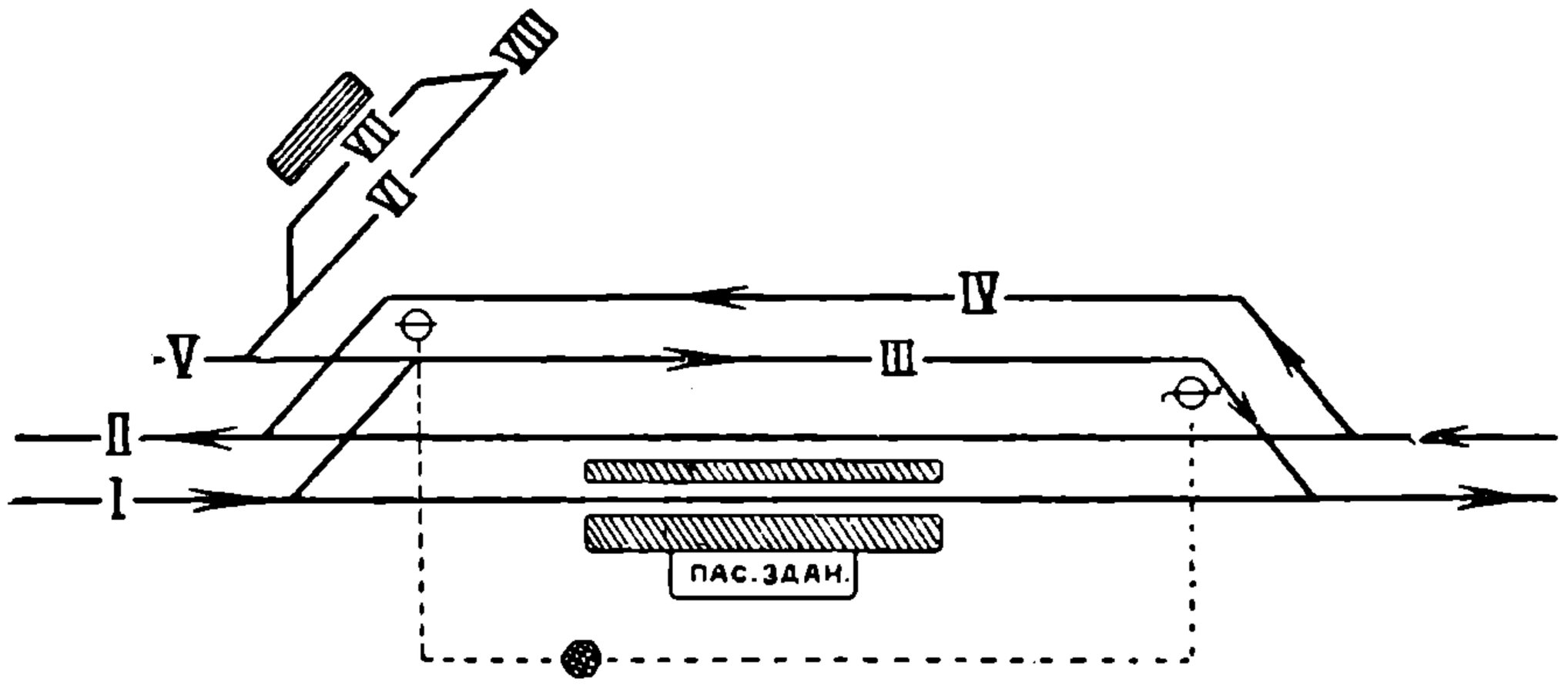
стрелке. Поэтому в СССР, где товарные поезда очень длинны, этот тип мало распространен. В Англии же, где товарные поезда гораздо короче наших, указанный тип встречается весьма часто. Достоинства станции, изображенной на черт. 281, заключаются в отсутствии осаживания обгоняемых поездов; недостатком является то, что на главных путях имеются две противошерстных стрелки *2* и *5*. Достоинством третьего типа (черт. 282) является то, что станция весьма компактна и нерастянута так, как два предыдущих типа; недостатки же заключаются в том, что один из обгонных путей, именно путь I, пересекает один из главных путей в точках *n* и *m*.

Если на станции предвидятся три операции: пассажирская, товарная и обгон поездов, то станции встречаются двух типов. Один, изображенный на черт. 283, в котором запасные пути III и IV расположены по одну сторону главных путей, и другой тип, изображенный на черт. 284, в котором запасные пути расположены по обе стороны главных.

НТБ ДНУЖТ

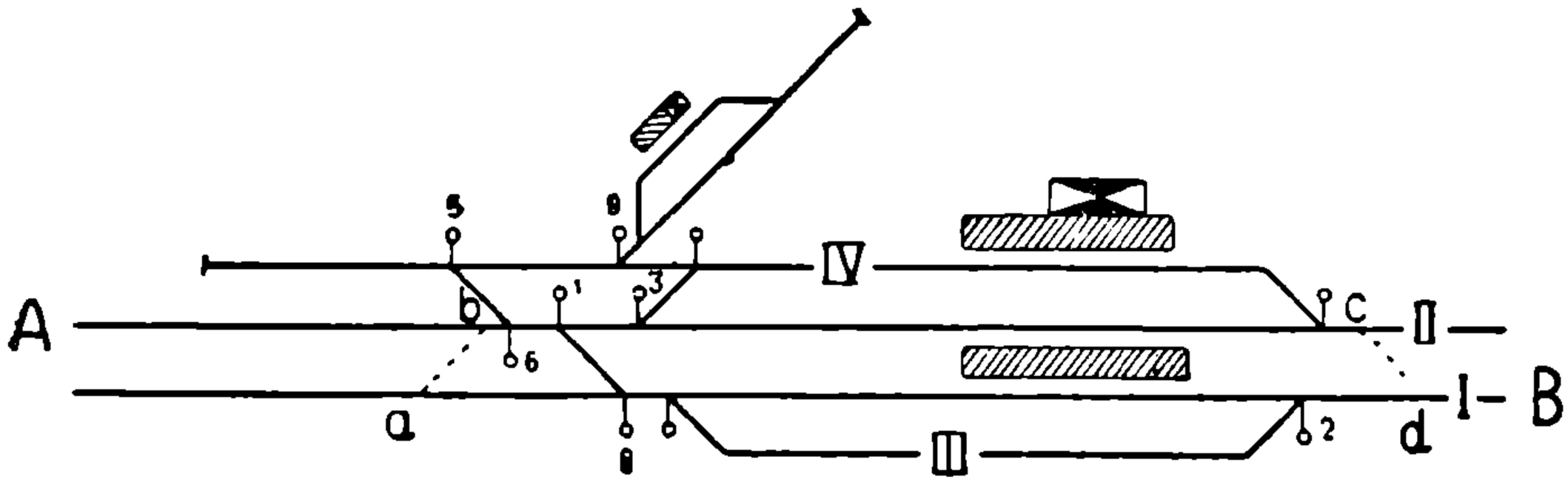
На черт. 283 пути I и II—пассажирские; пути III и IV предназначены для приема и отправления товарных поездов, причем на пути III принимаются поезда с I главного пути и отправляющиеся на I путь, а на путь IV принимаются со II главного пути и отправляющиеся на II главный. Таким образом возможен одновременный прием и отправление поездов.

Маневры по подаче вагонов с путей III и IV к пакгаузу совершаются без пересечения главных путей; у пакгауза устанавливается



Черт. 283.

кругооборот вагонов подобно тому, как это описано при рассмотрении малых станций однопутных линий. Станция очень компактна и не требует очень длинной станционной площади. Благодаря



Черт. 284.

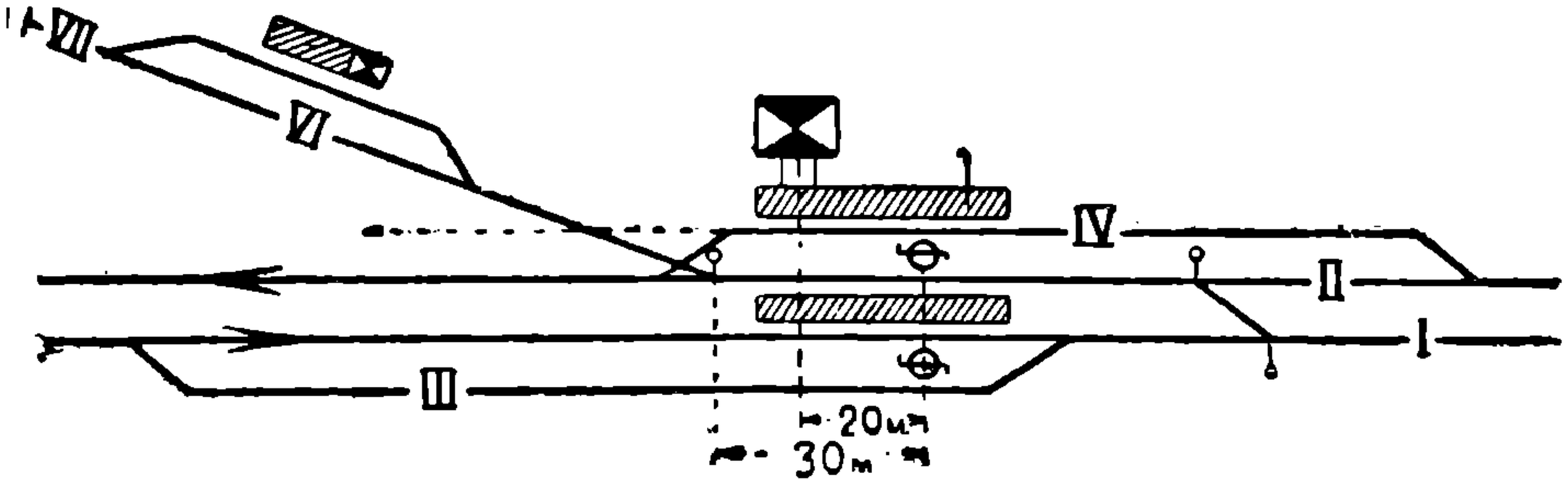
наклонному расположению товарной станции развитие станции вполне возможно. Таковы достоинства этого типа. К недостаткам относятся: невозможность движения по II главному пути во время приема товарного поезда на III путь или (черт. 283) отправления его с III пути, что равносильно превращению двухпутной линии на известном протяжении в однопутную; большое растояние между гидравлическими колонками и отсутствие свободного протяжения для разгона поезда в случае отправления поезда со станции на подъем.

На черт. 284 показана станция с запасными путями III и IV, расположенными по обе стороны от главных.

В этой схеме уничтожен один из существенных недостатков предыдущего типа, именно — прием поезда на запасный

РГБ ДНАЖТ

путь III возможен без перерыва движения по II главному пути, и таким образом не нарушен принцип двухпутности, но зато при маневрах по подаче вагонов с пути III к пакгаузу приходится пересекать оба главных пути. Указанный недостаток может быть уничтожен, если поезда, следующие из *A* в *B*, принимать не на III, а на



Черт. 285.

неправильный путь, именно — IV; для этого нужно уложить съезды *ab*, *cd*. В остальном станция подобна изображенной на черт. 283.

При наличии длинной станционной площадки станция может быть устроена по следующей американской схеме (черт. 285).

Такая станция подобна станции, изображенной на черт. 276 для однопутной линии, и отличается такими же достоинствами и недостатками.

На черт. 286 показан тип станции, очень распространенный в Англии. К каждому главному пути примыкают товарные и обгонные тупики.

Маневры происходят помощью осаживания, что при коротких составах в Англии не представляет особых неудобств. Все стрелки, входящие на главный путь, — пошерстные (движение левопутное).

На черт. 287 показан тип станции, распространенный во Франции. Подача вагонов с одного параллельного пути на другой осуществляется помощью поворотных кругов.

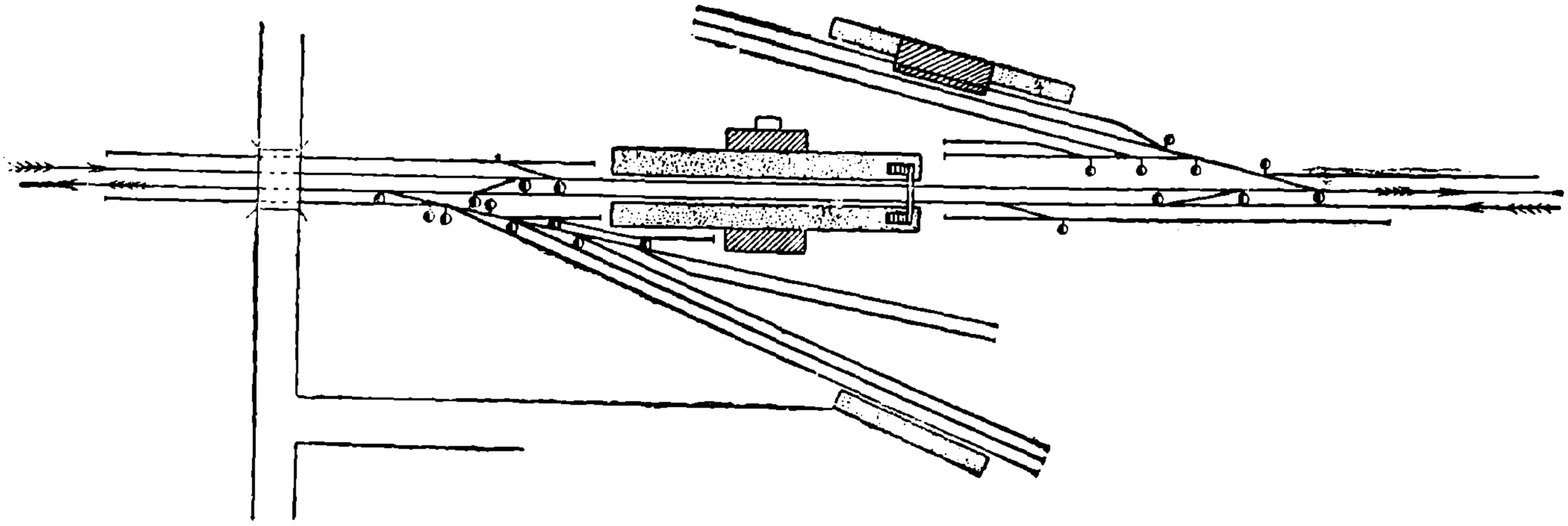
§ 26. Средние станции

Средними станциями, как мы видели выше, называются такие станции, на которых помимо операций, производящихся на малых станциях, производятся нижеследующие операции: смена паровозов, снабжение паровозов топливом, ремонт подвижного состава, пересоставление поездов. Для этого необходимо иметь определенные обустройства, как-то: депо, склады топлива, малые мастерские, сортировочные пути (черт. 288). Примером средней станции для однопутной линии может служить станция, устроенная согласно нижеследующей схеме.

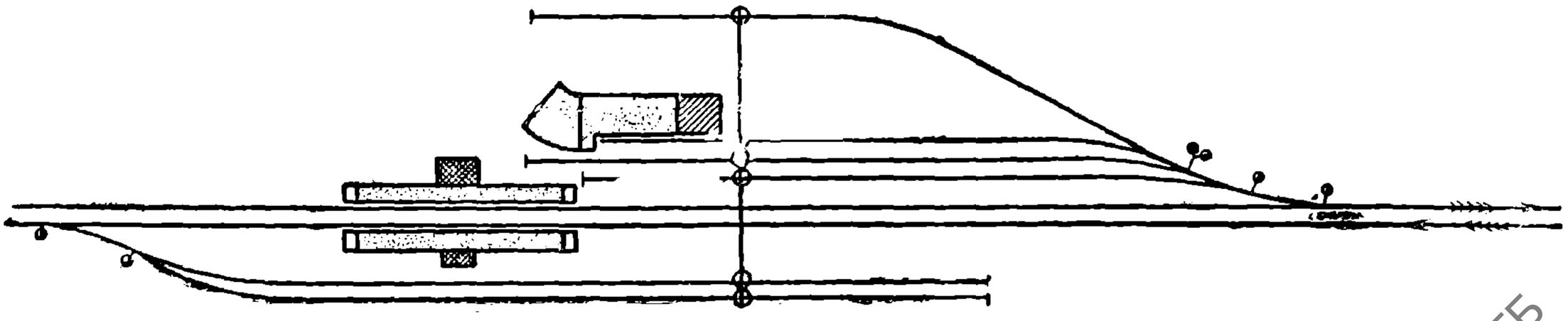
Пути 1 и 2 пассажирские, *A* — парки путей прибытия и отправления товарных поездов, *C* — сортировочный парк, *D* — товарные пути.

Маневры с прибывшими товарными поездами, подлежащими переработке на данной станции, производятся нижеследущим

БГБ ДНУЖТ



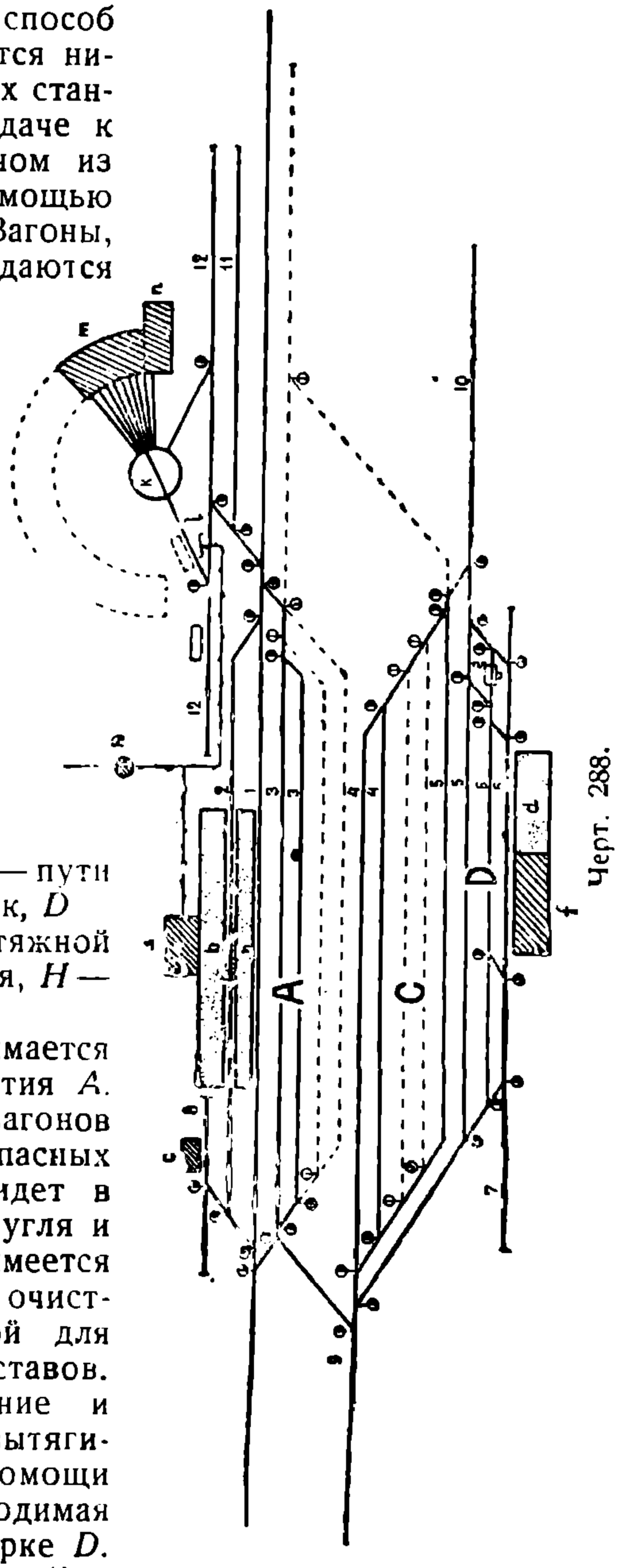
Черт. 286.



Черт. 287.

НТБ
ДНУЖКТ

образом: поезд принятый на один из путей парка *A*, подается в тупик *9*, а оттуда в сортировочный парк *C*, где помощью вытяжного тупика *10* происходит работа по рассортировке поезда. Самый способ сортировки поездов описывается ниже при описании сортировочных станций. Вагоны, подлежащие подаче к пакгаузу и собранные на одном из путей парка *C*, подаются помощью тупика *9* на пути парка *D*. Вагоны, подлежащие взвешиванию, подаются на весы *c*.



Черт. 288.

§ 27. Большие пассажирские станции

Расположение отдельных обустройств на больших пассажирских станциях бывает весьма разнообразно и диктуется оно обычно местными условиями. В виде примера ниже приводится схема оконченной тупиковой станции для двух двухпутных линий.

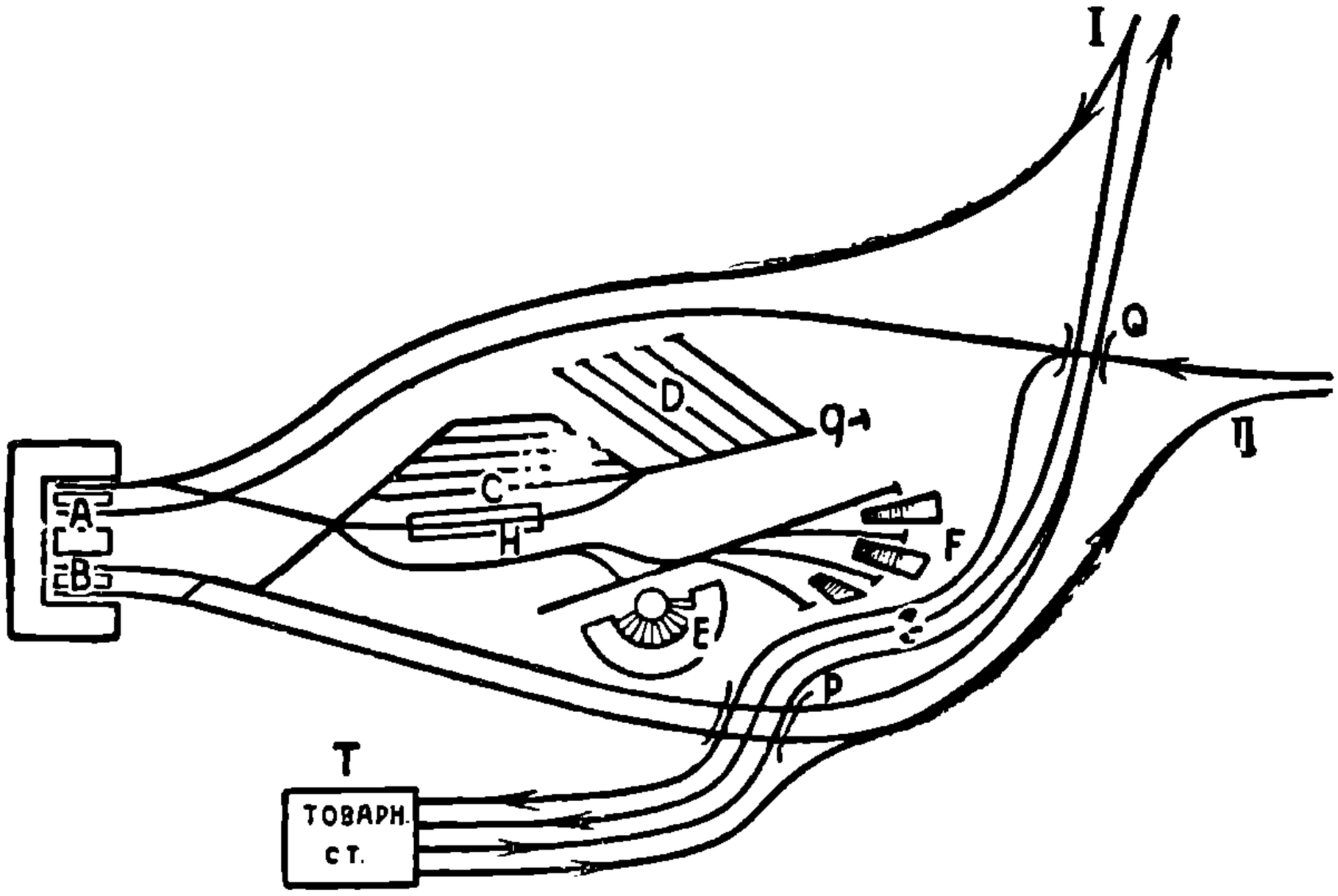
A — пути прибытия, *B* — пути отправления, *C* — запасный парк, *D* сортировочный парк, *G* — вытяжной путь, *E* — депо, *F* — склад угля, *H* — вагонный сарай.

Прибывший поезд принимается на одии из путей парка прибытия *A*. После выхода пассажиров из вагонов состав вытаскивается в парк запасных путей *C*. Поездной паровоз идет в угольный склад *F* для набора угля и в депо *E*; в запасном парке имеется вагонный сарай *H* для осмотра, очистки, мелкого ремонта и зимой для оттаивания обледенелых составов. Если требуется пересоставление и пересортировка поезда, то он вытягивается на вытяжку, при помощи которой производится необходимая (черт. 289) рассортировка в парке *D*. Указанная сортировка состоит: 1) в отделении вагона с грузами большой скорости, 2) в отделении почтового вагона, 3) в перестановке багажного вагона и вагона с отоплением, 4) в пересоставлении классных вагонов.

НТБ ДНУЖТ

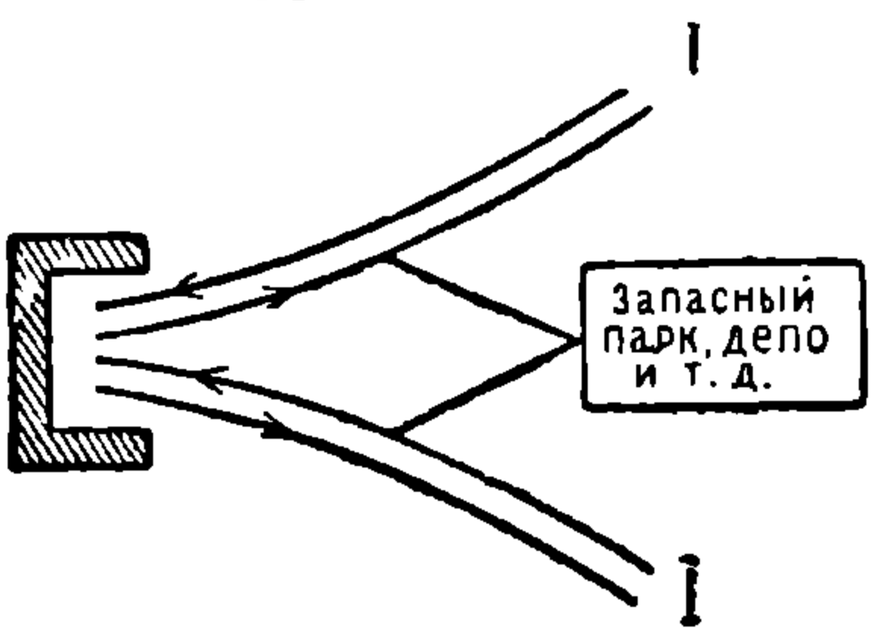
Пересоставленный поезд передается на пути отправления *B*. К составу подходит паровоз из депо.

Обустройства *T* для товарных операций с грузами большой скорости устроены снаружи от главных путей и соединены с глав-



Черт. 289.

ными путями помощью особых путей, непересекающихся с главным в одном уровне, а помощью путепровода *P*. В вышеуказанной схеме пути и платформы прибытия главных пассажирских путей выделены в отдельную группу, а пути и платформы отправления — в другую; для этого пришлось устроить путепровод *Q*. Если не добиваться разделения путей прибытия и отправления, то устройства путепровода *Q* не потребуется и схема может принять вид, показанный на черт. 290. Устройство путепровода потребуется лишь для пропуска путей к товарной станции, которая может быть устроена как внутри, так и снаружи от главных путей.



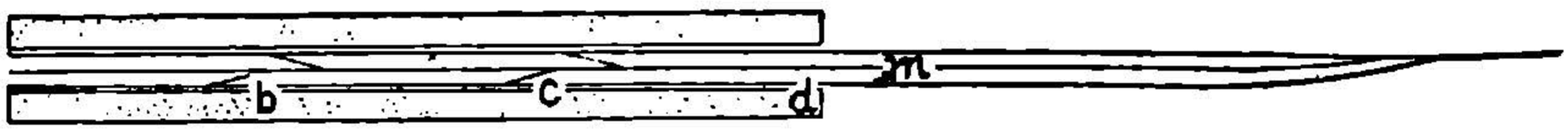
Черт. 290.

§ 28. Большие товарные станции

Назначение товарной станции — установить быстрый и удобный обмен грузами между железной дорогой и клиентурой. Это достигается помощью различных обустройств; главнейшие из них: погрузные и выгрузные пути с прилегающими к ним платформами, пакгаузами, товарными дворами и т. д. Расположение отдельных обустройств бывает весьма различно и зависит главным образом от местных условий. Погрузные и выгрузные пути удобнее всего устраивать тупиковыми, располагая их рядом, параллельными или расходящимися, а в промежутках между ними разме-

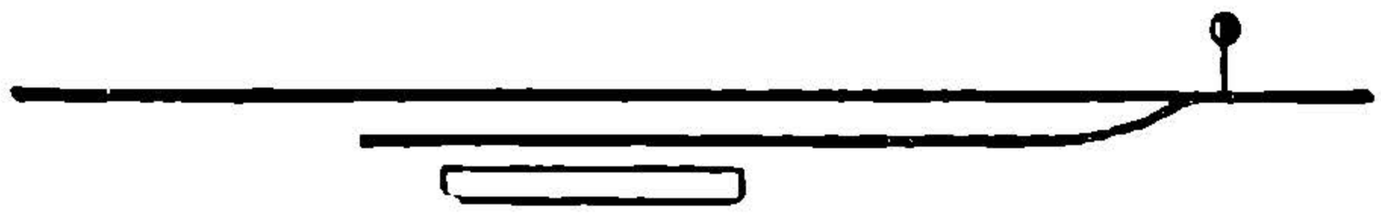
НТБ ДНУЖТ

щать товарные дворы с платформами, пакгаузами и т. п. При таком расположении подъезд для подвод на товарные дворы всегда очень удобен со стороны тупиковых путей: товарные дворы не выходят слишком длинными; станция может свободно развиваться в ширину.

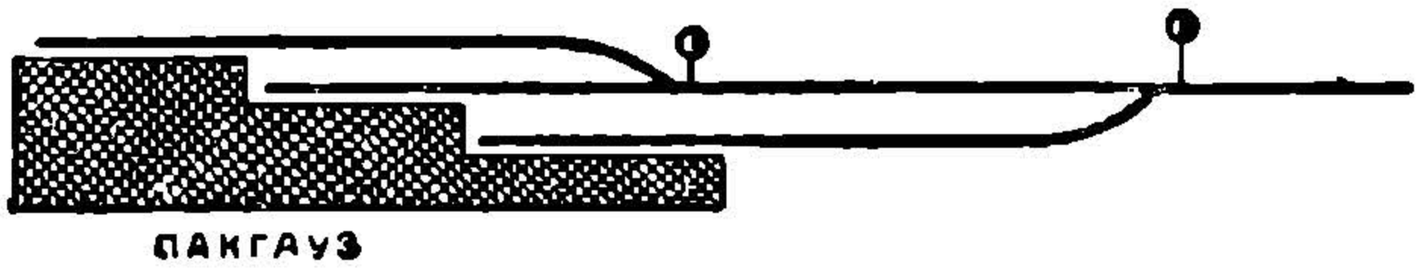


Черт. 291.

Товарные обустройства разделяются довольно резко на обустройства: 1) для п о ш т у ч н о г о грузооборота (сюда относятся товары, перевозимые упакованными в ящиках, тюках и т. д., например, мануфактурные товары, металлические изделия и т. д., вообще, товары более ценные, нуждающиеся в защите при непогоде и хранимые в пакгаузах) и 2) для п о в а г о н н о г о грузооборота так называемые навалочные грузы: строительные материалы, д р о в а, камни и т. п.). Эти товары нагружаются прямо на землю или на мощеные площадки и хранятся на открытом воздухе.



Черт. 292.

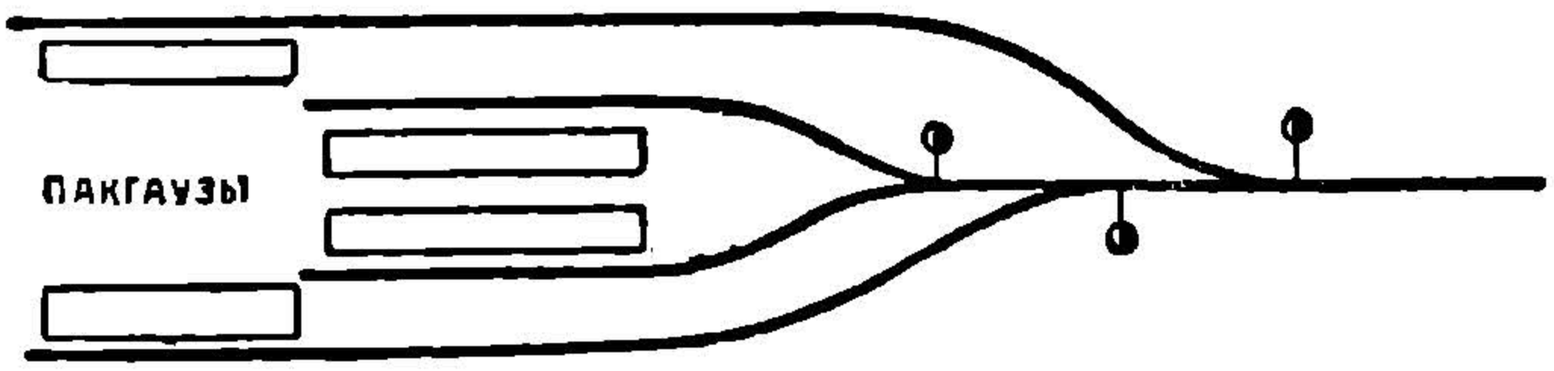


Черт. 293.



Черт. 294.

Схема обустройств для навалочных грузов показана на черт. 291.



Черт. 295.

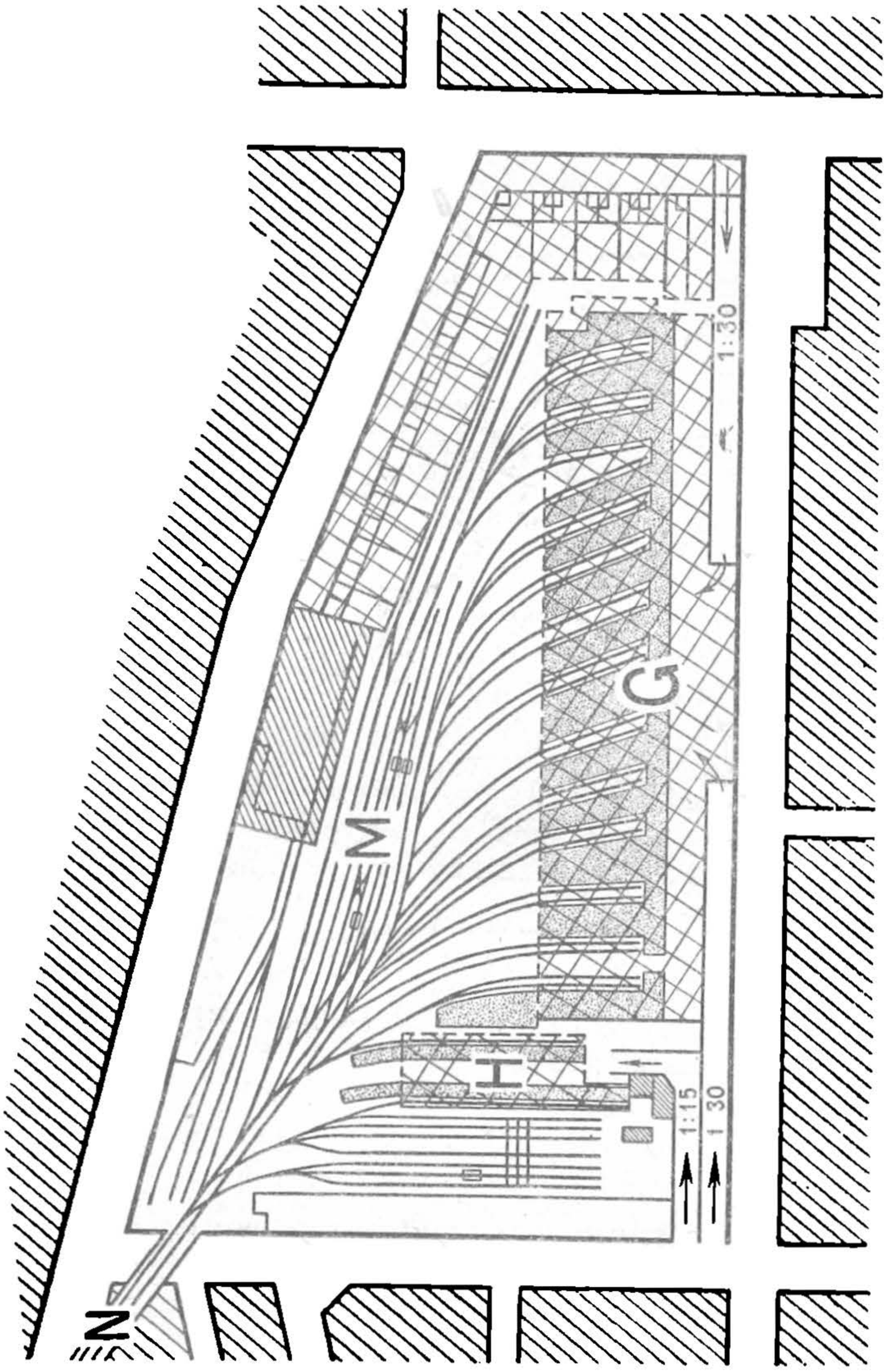
В этой схеме погрузные тупики разделены переходами *b* и *c* на несколько частей для того, чтобы вагоны, стоящие в каждой из этих частей, например между *b* и *c*, могли по окончании нагрузки быть вытащенными на путь *m* независимо от стоящих на соседних участках вагонов; если бы не было перехода *c*, то вагоны, стоящие на участке *bc*, должны были бы ждать окончания погрузки вагонов, стоящих на участке *cd*, и вместе с ними быть вытащенными на путь *m*, или работа по погрузке вагонов, стоящих на участке *cd*, должна была бы быть временно прервана для совершения маневров по выкидке уже погруженных вагонов участка *bc*.

Схема простейших обустройств для пакгаузных грузов показана на черт. 292, 293, 294 и 295.

НТБ ДНУЖТ

Длина пакгауза обычно делается не более длины 10 вагонов (не $\geqslant 80$ *м*).

В качестве примера большой товарной станции приводим схему товарной станции в Лондоне (ж. д. Мидлен). Станция расположена в самом городе, поэтому ее старались сделать по возможности компактной и устроили в два этажа. Пути верхнего этажа сообщаются



Черт. 296.

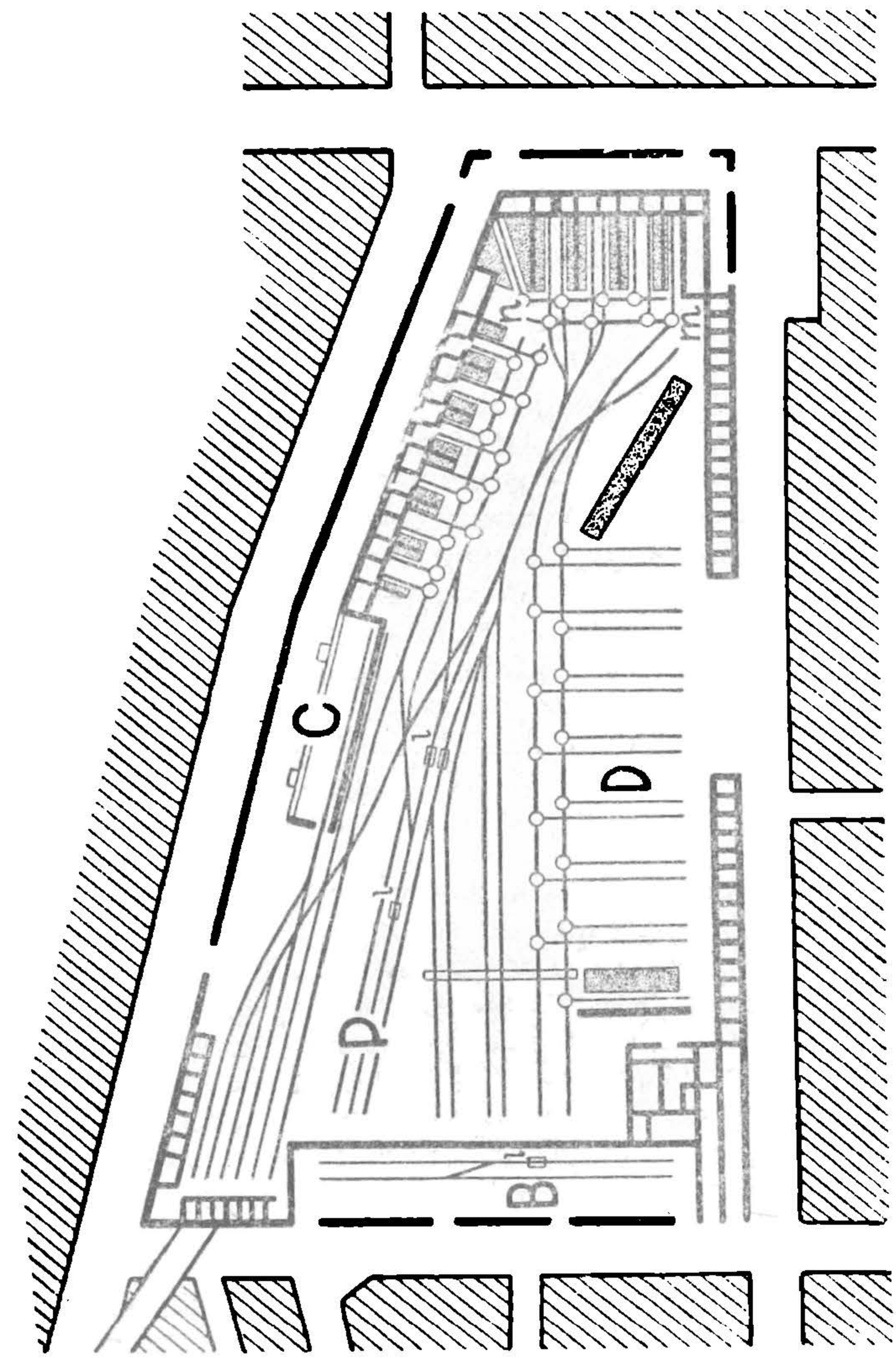
непосредственно с путями железнодорожной линии, а пути нижнего этажа станции связаны с путями верхнего этажа помощью гидравлических лифтов, служащих для опускания и поднимания вагонов (черт. 296 и 297).

Штриховкой показаны платформы, перекрытые кровлей, для поштучной погрузки (мануфактуры). Под кровлю входят погрузные тупики, соединяющиеся помощью стрелок с парком *M*, в которые

НТБ ДИИЖТ

вливаются пути *N*, подвозящие составы к станции. Платформа *D* первого этажа предназначена для погрузки строительных материалов, в пути *B*—для каменного угля.

Вагоны, прибывшие по путям *N* и принятые на один из путей парка *M* второго этажа, опускаются помощью лифта *l* в первый этаж и устанавливаются на один из путей парка *P* первого этажа; с этих путей помощью стрелочных переводов передаются к плат-



Черт. 297.

формам *D*, причем передача эта совершается помощью вагонных поворотных кругов: сначала вагоны из парка *P* передаются на продольные пути *nm*, а оттуда помощью поворотных кругов на тупики к платформам. Вагоны с углем с путей *B* помощью лифта *l* передаются во второй этаж на пути *H*, имеющие соединение с путями *N*.

НТБ ДНУЖТ

§ 29. Большие сортировочные станции

Назначение сортировочных станций — рассортировать прибывающие на станцию поезда, т. е. разбивать вагоны прибывающих поездов на отдельные группы вагонов, и затем из указанных групп составлять новые поезда, располагая при этом вагоны в определенном порядке в зависимости от дальнейшего их назначения. Так, например, если на данную сортировочную станцию прибывают поезда, в составе которых имеются вагоны, следующие на станцию конечную данной дороги, и затем вагоны, следующие на промежуточные станции, то после отсортировки от всех прибывающих поездов вагонов с назначением на конечную станцию и после накопления таких вагонов в достаточном количестве из них составляется новый поезд, следующий на конечную станцию дороги без отцепок и прицепок, т. е. сквозной поезд. Из вагонов, следующих на промежуточные станции, составляются сборные поезда, причем вагоны в таких поездах располагаются в таком последовательном порядке, в каком расположены станции: в хвосте поезда ставятся вагоны, следующие на ближайшую станцию, затем вагоны, идущие на следующую станцию, и т. д. Такое расположение вагонов позволяет делать отцепки вагонов на каждой станции с хвоста поезда без производства каких бы то ни было маневров, что сокращает стоянку поезда на станции и, следовательно, увеличивает коммерческую скорость поезда.

В приведенном примере указано составление нового поезда из вагонов, имеющих назначение на различные станции данной железной дороги; помимо этого на сортировочной станции составляются также поезда, следующие на чужие дороги, примыкающие к данной дороге (так, например, на сортировочной станции Октябрьской железной дороги могут составляться поезда, имеющие назначение на Курскую железную дорогу, на Казанскую железную дорогу и т. д.); составляются также поезда, следующие на разные ветви данной дороги.

Кроме указанных основных задач сортировочной станции на ней производится рассортировка вагонов по местам выгрузки товарной станции (например, отделение вагонов, идущих к пакгаузам, от вагонов, идущих к навалочным путям); указанная сортировка производится в том случае, если в районе деятельности сортировочной станции имеется товарная станция и притом на этой последней не имеется специальных для указанной сортировки путей. Наконец, на сортировочной станции производится выделение вагонов, подлежащих исправлению (больных вагонов).

Итак, работа сортировочной станции заключается вообще в следующем: 1) составление отдельных поездов с вагонами, имеющими назначение на чужие дороги, примыкающие к данной дороге, или разные ветви данной дороги — так называемая сортировка по направлениям; 2) отделение в товарном движении данной дороги поездов транзитных (сквозных) от местных (сборных); 3) распределение в местных поездах вагонов в порядке отцепки таковых по станциям — так называемая сортировка по станциям; 4) рассортировка вагонов по местам выгрузки товарной станции и 5) выделение больных вагонов. Для выполнения указанных работ сортировочная станция должна иметь следующие обустройства: 1) парк путей

РГБ ДНЭЖТ

прибытия, 2) основной парк сортировки (так называемый парк сортировки по направлениям). Каждый из путей указанного парка собирает вагоны определенного направления (например, один путь на такую-то чужую дорогу, другой — на такую-то чужую дорогу и т. д. по количеству этих дорог; затем путь для вагонов на такую-то ветвь данной дороги; затем путь для вагонов, имеющих назначение на крупные станции данной дороги; затем, путь для вагонов на промежуточные малые станции данной дороги; путь для больных вагонов); 3) дополнительный парк для сортировки по станциям; 4) парк рассортировки по местам выгрузки; 5) парк путей отправления; 6) пути для передвижения паровозов (тракционные пути); 7) паровозное здание; 8) перегрузную платформу для перегрузки больных вагонов; 9) вытяжные пути.

Сортировка вагонов на больших сортировочных станциях производится: 1) либо помощью паровоза, 2) либо под влиянием силы тяжести при участии и паровоза — сортировка горками, 3) либо исключительно под влиянием силы тяжести. При сортировке помощью паровоза основной парк сортировки, предназначенный для распределения вагонов, должен иметь вытяжной путь. Паровоз



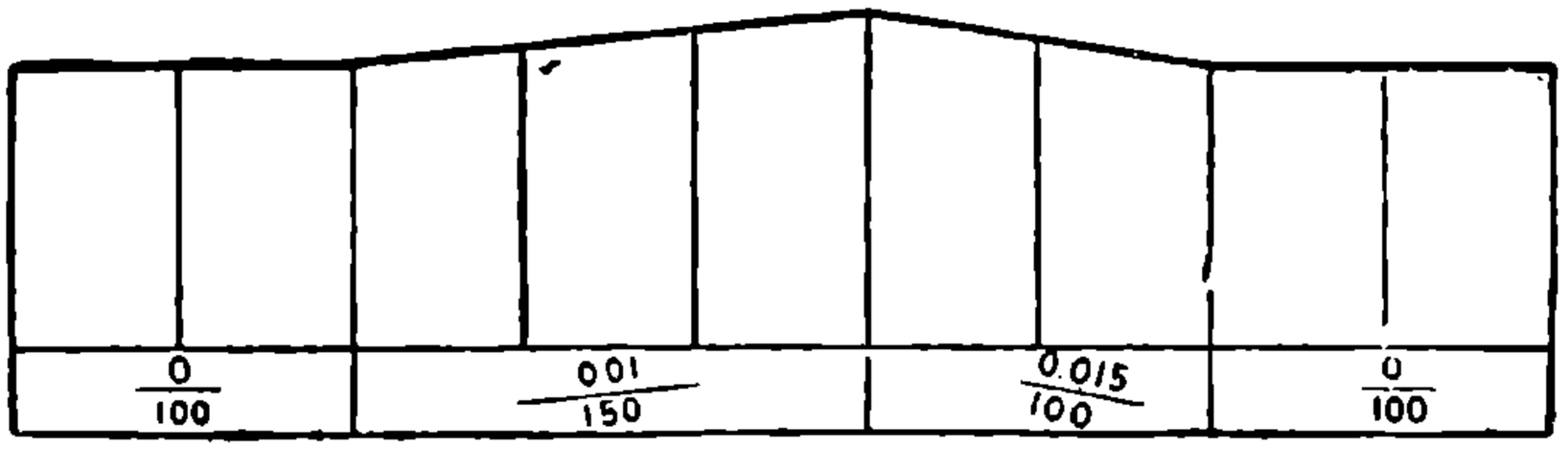
Черт. 298.

подает поездной состав на вытяжной путь (при этом паровоз обращен к упору вытяжного пути) и затем осаживает его задним ходом на тот путь парка, который соответствует назначению первого вагона (считая с хвоста поезда); указанный вагон (ил группа вагонов, рядом с ним стоящих и имеющих одно и то же с ним назначение) отцепляется от поезда и оставляется на данном пути (например, если изображенные на чертеже 298 вагоны *1*, *2* и *3* имеют все назначение на Курскую ж. д. и если путь *b* основного парка предназначен для собирания вагонов, следующих на Курскую ж. д., то указанные вагоны подаются на путь *b* и оставляются там, как это показано на чертеже). Паровоз (черт. 298) уводит поездной состав обратно на вытяжной путь и продолжает делать подобные же маневры по отношению к остальным вагонам, пока не распределит все вагоны по соответствующим путям. При указанном способе сортировки поезд делает постоянные передвижения то в одну, то в другую сторону; подобные маневры и медленны и дороги. Существенное улучшение в этом направлении может быть сделано, утилизируя при сортировке силу тяжести вагонов как движущую для них силу. Простейшее (черт. 299) приспособление, необходимое для этой цели, состоит в устройстве на вытяжном пути у начала сортировочного парка горба, образованного двумя противоположными, довольно крутыми скатами, так называемой ослиной спины или горки, как это показано на чертеже (черт. 299).

Паровоз, стоящий в хвосте поезда, медленно надвигает состав на горку. Ближайший к вершине горки вагон (или два вагона, если их назначение одинаково) отцепляется от состава; вагон этот (или

НТБ ДИИЖТ

вагоны эти) переходит через вершину горки и, отцепленный от остального состава, скатывается с горки, дальнейшее движение его проходит уже под влиянием силы собственной тяжести (без участия паровоза). Высота горки колеблется в пределах от 0,5 до 1,5 *м* (около одной сажени). Чем выше горки и чем тяжелее вагон, тем с большей скоростью вагон будет скатываться с горки и тем большую живую силу он разовьет при движении. Во избежание развития слишком большой скорости обычно более двух вагонов одновременно с горки не спускают, хотя бы и имелось более двух вагонов рядом стоящих с одинаковым назначением; чем больше вагонов одновременно спускается с горки, тем, конечно, больше их общий



Черт. 299.

вес, их масса, и тем больше будет, следовательно, и развивающаяся при этом живая сила, с которой покатится весь отцеп, т. е. все одновременно спущенные вагоны. Высота горки обычно рассчитывается таким образом, чтобы она была достаточна для того, чтобы скатившийся с нее вагон мог докатиться до конца примыкающего к горке парка сортировки. Зимой сопротивление движению вагонов будет больше, чем летом; поэтому, у нас обычно делают две горки: одну летнюю — менее высокую и другую зимнюю — более высокую. Иногда при спуске с горки вагоны приобретают чрезмерно большую скорость (например, если спускать летом вагоны с зимней более высокой горки). Чтобы уменьшить эту скорость, особая бригада (башмачники) надевает на рельс перед колесом катящегося вагона особое приспособление, так называемый башмак, который представляет собой как бы клин, входящий между колесом и рельсом. Вкатываясь на этот башмак и затем скатываясь с него обратно, вагон теряет часть своей скорости. В тот момент, когда вагон скатывается с башмака, башмачник быстро снимает его с рельса и вагон продолжает свое движение с меньшей скоростью.

Есть различные системы башмаков и другие более совершенные конструкции, описание которых выходит за пределы настоящего курса. Скатывающийся с горки вагон должен в зависимости от своего дальнейшего назначения быть направлен на тот или другой путь сортировочного парка, что достигается соответственной постановкой стрелок, как это будет более подробно указано ниже.

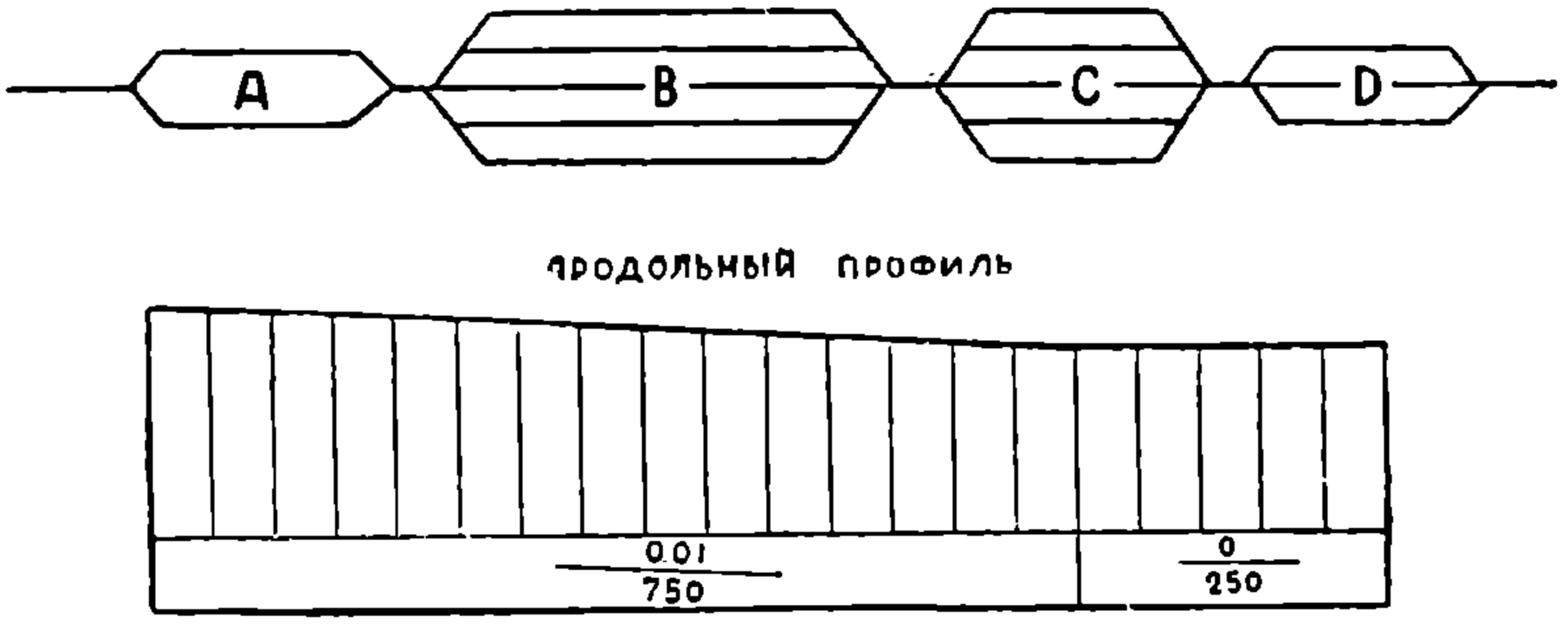
Для сортировки и составления поездов без всякого участия паровозов, исключительно при помощи силы тяжести, сортировочные станции устраиваются на сплошных наклонных путях с расположением соответствующих парков один за другим.

Подлежащий рассортировке поезд принимается на один из путей парка прибытия *А*. После остановки поезда и заторможения

РГБ ДНЭЖТ

вагонов паровоз отцепляется и уходит в паровозное здание. Для рассортировки поезда от него отцепляются отдельные вагоны, затем в этих вагонах освобождаются тормоза, и вагоны эти двигаются по наклонному пути под влиянием силы тяжести; вагоны направляются по стрелочным переводам, надлежаще поставленным на соответственных путях сортировочного парка *B* в зависимости от дальнейшего назначения вагонов; на этом парке *B* (парк сортировки по направлениям) вагоны искусственно останавливаются или помощью заторможения вагонов, или помощью башмаков, накладываемых на рельсы (черт. 300).

После рассортировки каждого поезда, прибывающего в парк *A*, количество вагонов, продвинутых на различные пути парка *B*,



Черт. 300.

постепенно увеличивается. Когда на каком-нибудь пути указанного парка *B* накопится столько вагонов, что из них может быть сформирован новый поезд, то приступают к сортировке этих вагонов по станциям (если поезд сборный). Для этого в отдельных вагонах освобождаются тормоза; вагоны скатываются по наклонному пути и направляются по надлежаще установленным стрелочным переводам на соответственные пути парка *C* в зависимости от станции назначения каждого вагона (каждый из путей парка *C* собирает вагоны, имеющие назначения на определенную станцию). В парке *C*, так же как и в парке *B*, вагоны искусственно останавливаются. Когда все вагоны вновь формируемого поезда разбросаны по путям парка *C*, вагоны эти помощью последовательного освобождения тормозов направляются на один из путей парка отправления *D*, причем сначала спускаются вагоны, которые должны стоять в голове поезда (около паровоза), т. е. вагоны, имеющие назначение на самую отдаленную станцию, затем на соседнюю с ней станцию и т. д. и в конце-концов вагоны, имеющие назначение на ближайшую станнию, т. е. вагоны, которые должны стоять в хвосте поезда (такой порядок устанавливается при отцепке вагонов с хвоста). Когда все вагоны из парка *C* скатились в парк отправления *D*, их сцепляют и после производства некоторых операций технического и коммерческого характера, о чем будет сказано ниже, к составу подходит паровоз, и поезд готов к отправлению.

Указав на различные способы сортировки поездов (помощью паровозов, помощью горок и помощью наклонных путей), перейдем к более детальному описанию всех операций технического и ком-

РГБ ДНУЖТ

мерческого характера, которые приходится проделать при рассортировке поезда.

Рассмотрим для примера сортировку сквозного поезда помощью горок. Прибывающий на станцию товарный поезд принимается на один из путей парка прибытия. Главный кондуктор идет в контору движения и сдает документы поезда. Поездной паровоз отцепляется от поезда и отправляется в депо. Затем совершаются одновременно три операции: 1)технический осмотр поезда, выясняющий, не имеется ли в поезде больных вагонов, которые требуют перегрузки, а также и те мелкие неисправности, которые могут быть тут же исправлены; 2) коммерческий осмотр поезда — проверка пломб, осмотр грузов и 3) списывание и меловая разметка поезда, которые заключаются в следующем: агент службы эксплоатации идет к прибывшему поезду и списывает в натурную книжку номера и род прибывших вагонов, возвращается с этой книжкой в контору движения, и там составляется ведомость дальнейшего назначения прибывших вагонов, причем в этой ведомости против каждого вагона в зависимости от его дальнейшего назначения пишется номер того пути сортировочного парка, на который этот вагон в зависимости от своего дальнейшего назначения должен быть выкинут. Например, вагон номер такой-то, долженствующий отправиться на дорогу такую-то, например, Казанскую, должен быть выкинут на путь номер такой-то (выше было уже указано, что каждый путь сортировочного парка собирает вагоны определенного назначения: например путь № 1 — все вагоны, идущие на дорогу *X*, путь № 2 — на дорогу *Y*, путь № 3 — на дорогу *Z* и т. д.). По составлению вышеуказанной ведомости агент службы движения, разметчик, идет с этой ведомостью к прибывшему составу и производит меловую разметку, т. е. пишет мелом на передней (обращенной к горке) стенке вагона или на буфере номер того пути сортировочного парка, на которой согласно этой ведомости должен быть выкинут вагон в зависимости от своего дальнейшего назначения. Когда указанные выше операции — технический осмотр, коммерческий осмотр, списывание и меловая разметка, продолжающаяся примерно часа полтора, окончены, начинается сама сортировка или так называемая разборка поезда. Положим, что сортировка производится помощью горки. Выше было указано, что при таком способе сортировки состав медленно надвигается на горку паровозом, стоящим в хвосте поезда, и передний вагон, ближайший к горке, вступает на вершину горки, перекатывается через нее и, идя под уклон, скатывается в сортировочный парк. Стрелочник, видя на буфере написанный мелом номер пути, на который должен быть направлен вагон, ставит ему соответствующую стрелку, и вагоны скатываются на надлежащий ему путь сортировочного парка. Точно также поступают и с остальными вагонами. Когда последний вагон рассортировываемого поезда перешел через горку, прибывающий поезд, как таковой, прекратил свое существование и превратился в конгломерат отдельных вагонов, разбросанных по различным путям сортировочного парка. Прибывший поезд как бы умер, но умирая, он дал материал для нарождения нового поезда. В самом деле, вслед за рассортированным поездом начинается рассортировка следующего поезда, который также прекращает свое существование, давая по нескольку вагонов на раз-

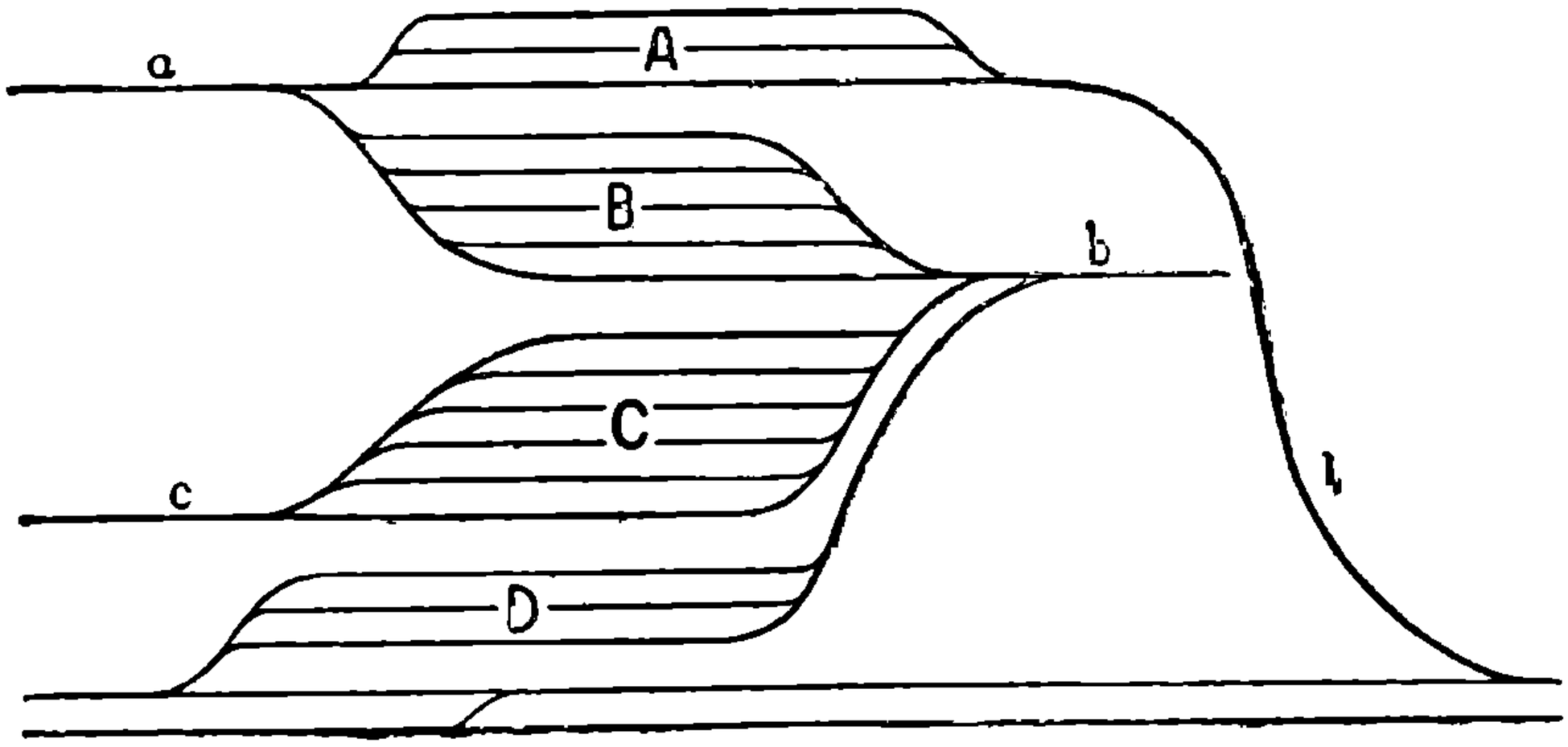
НТБ ДНУЖТ

личные пути сортировочного парка. В конце-концов после рассортировки какого-нибудь N поезда на одном из путей сортировочного парка накопляется такое количество вагонов определенного назначения, что из них может быть составлен целый поезд. Тогда эти вагоны, если не требуется произвести дополнительную сортировку по станциям, вытаскиваются помощью маневрового паровоза в парк отправления, где производится технический осмотр, мелкий ремонт, уборка поезда (закрытие люков, уборка сцепных приборов), поверка пломб, поверка документов поезда, к поезду подходит поездной паровоз — поезд готов к отправлению.

Из приведенных выше трех способов сортировки наименее совершенным и самым медленным способом является способ сортировки помощью паровоза. Продолжительность его примерно часа два или три. Два другие способа являются несравненно более совершенными и продолжительность их более или менее одинакова (минут около 40). Способ сортировки помощью наклонных путей требует наличия указанного наклона и довольно значительного — около 0,01 — на довольно большом протяжении — на протяжении трех парков (прибытия, сортировки по направлениям и сортировки по станциям), т. е. примерно на длине около двух километров. Указанный способ применяется обычно в том случае, если сама местность, в которой устраивается станция, имеет указанный уклон, причем уклон этот идет в грузовом направлении. Сортировка горками не требует наличия указанного выше уклона местности и может быть в любой местности. Указанная выше продолжительность сортировки зависит от количества вагонов в поезде, от порядка размещения вагонов в сортируемом поезде и от скорости скатывания вагонов с горки, т. е. от промежутка времени, протекающего между двумя последовательными отцепами. Промежуток времени между двумя отцепами, т. е. время, которое протекает с момента спуска с горки одного вагона (или двух вагонов, если одновременно спускаются два вагона одного назначения) до момента спуска следующего вагона (или следующих двух вагонов) по наблюдениям Бардо (Bardo) равняется 0,6 минуты. Количество отцепов зависит от количества вагонов в поезде и от порядка размещения вагонов. В самом деле, самый невыгодный случай, т. е. самое большое количество отцепов тогда, когда между вагонами одного назначения будут стоять вагоны другого назначения, например, между двумя вагонами, следующими на Казанскую жел. дор., будет стоять вагон, следующий на Курскую жел. дор. и, следовательно, с горки придется спускать по одному вагону, а не по два сразу. В таком случае количество отцепов будет равняться количеству вагонов в поезде. Самый выгодный случай будет тогда, когда вагоны будут расположены так, что каждые два рядом стоящие вагона будут одного назначения, например, сначала будут стоять два вагона, идущие на Казанскую жел. дор., затем два на Курскую, затем два на Северные жел. дор. и т. д. Тогда каждый отцеп будет состоять из двух вагонов, и, следовательно, количество отцепов будет в два раза меньше количества вагонов поезда, т. е. 50% этого количества. Итак, в самом невыгодном случае число отцепов будет равняться 100% от числа вагонов в поезде, в самом выгодном — 50%, а в среднем — 75%. Возьмем этот средний случай. Положим, что в поезде 70 вагонов.

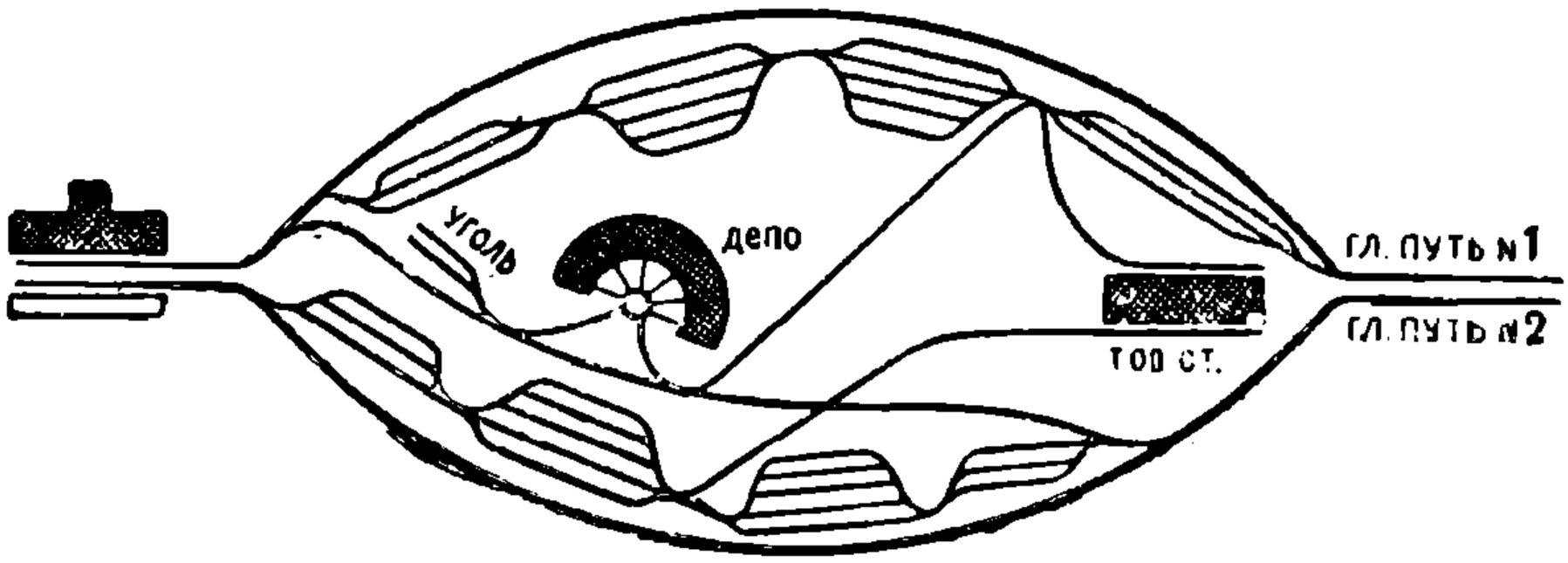
НТБ ДНУЖТ

Количество отцепов будет равно 75% от 70 = 52. Если продолжительность каждого отцепа равна 0,6 минуты, то продолжительность всей сортировки будет равняться 52×0,6 = 31 минуте. Прибавив сюда минут 5 или 10, потребных для подачи к горке нового состава после окончания сортировки данного поезда, получим, что продолжительность сортировки будет около 40 минут.



Черт 301.

Выше были указаны те обустройства, которые необходимо иметь на сортировочной станции. Что касается взаимного расположения этих обустройств, то оно бывает весьма разнообразно и диктуется обыкновенно местными условиями. Так, например, парк путей при-

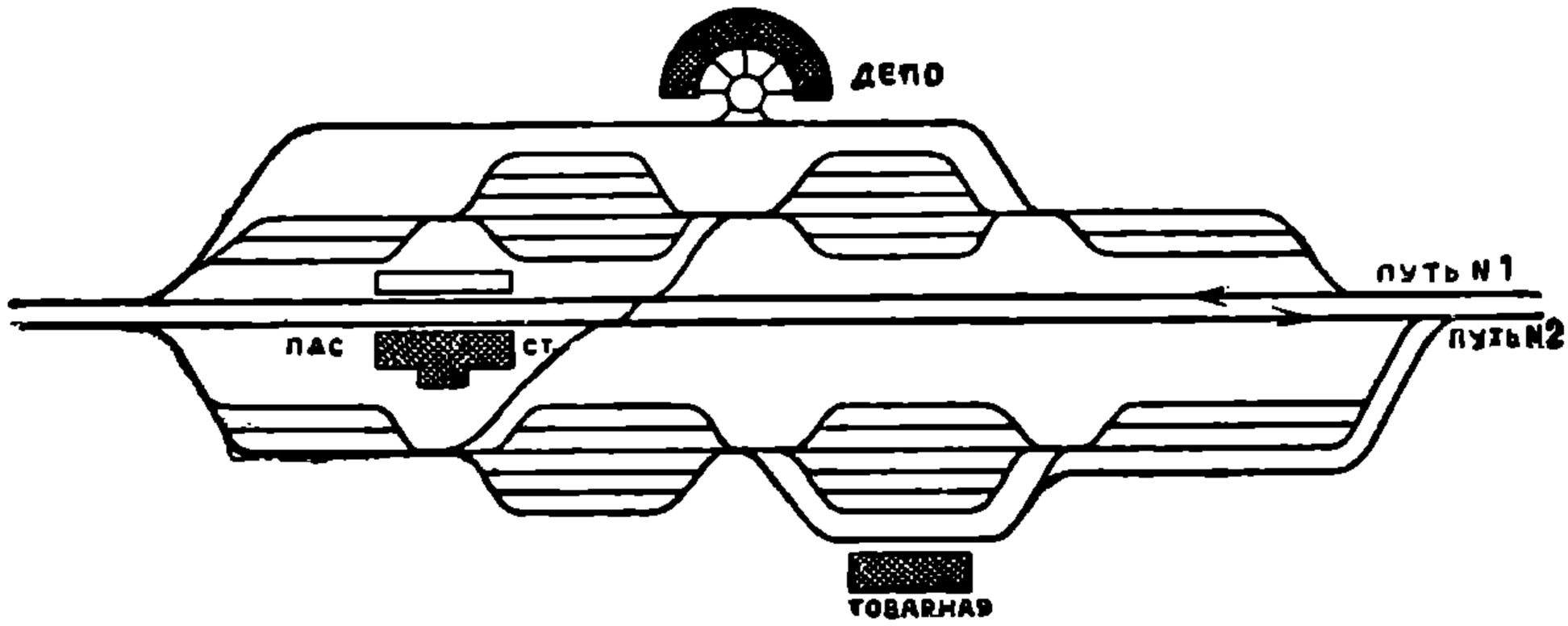


Черт. 302.

бытия, сортировки по направлениям, сортировки по станциям и отправлениям могут быть расположены один вслед за другим, параллельно продольной оси станции, что бывает обычно, как это указано выше, при сортировке помощью наклонных путей. Указанные выше парки могут быть расположены один рядом с другим, параллельно поперечной оси станции, как указано на чертеже (черт. 301). Прибывающий на станцию поезд принимается по пути *l* в парк прибытия *A*; отсюда вытягивается на вытяжку *a* и помощью этой вытяжки рассортировывается по направлениям в парке основной сортировки *B*. Когда на одном из путей этого парка накопится достаточное количество вагонов одного назначения, которые должны быть рассортированы по станциям, то эти вагоны вытягиваются

РГБ ДНЭЖТ

на вытяжку *c*, с помощью которой происходит группировка вагонов по станциям в парке *C*. Оттуда вагоны собираются на вытяжку *c* и оттуда передаются через вытяжку *b* в парк отправления D. Из парка *D* поезд передается на один из главных путей для дальнейшего следования. Если сортировки по станциям не требуется (поезд сквозной), то из парка *B* состав прямо передается помощью



Черт. 303.

вытяжки *b* в парк отправления, минуя парк *C*. Подобная станция очень компактна в продольном направлении и может быть применена тогда, когда в данной местности не имеется достаточно длинной свободной полосы земли для размещения парков одного вслед за другим в продольном направлении. Не останавливаясь на других самых разнообразных комбинациях взаимного расположения парков и других станционных обустройств, укажем лишь, что по отношению к главным путям встречаются два нижеследующих характерных расположения станционных обустройств: 1) все станционные обустройства располагаются внутри между двумя главными путями и 2) все обустройства располагаются по обеим сторонам главных путей. В первом случае (черт. 302) главные пути, объемлющие станцию, искривляются, но зато все операции, как-то: подача паровозов из депо к отправляющимся поездам и в депо паровозов, приведших поезд, подача вагонов на товарную станцию и т. д., совершаются внутри главных путей и, следовательно, без их пересечения. В типе же втором (черт. 303) указанное пересечение главных путей неизбежно; так, например, товарные вагоны, прибывшие по главному пути I, чтобы попасть на товарную станцию, должны неизбежно пересечь главный путь II, что является существенным недостатком указанного типа.

Примером большой сортировочной станции объемлющего типа может служить станция, изображенная на черт. 304 (см. в конце книги).

§ 30. Выдержки из технических условий проектирования железнодорожных линий магистрального значения, утвержденных 10 февраля 1931 г.

Размещение раздельных пунктов

Однопутная дорога, как правило (если нет специальных требований Наркомвоенмора), должна удовлетворять пропуску 24 пар поездов параллельного графика при паровозе 0-5-0 серии Э и весе

НТБ ДНУЖТ

поезда без паровоза и тендера, равном 1 000 тонн. В целях удовлетворения указанной выше величины пропускной способности на дороге должны быть размещены раздельные пункты, стремясь к максимальному использованию допускаемого времени хода поездов по перегонам и к идентичной по времени хода их разбивке. Правила размещения раздельных пунктов на однопутной дороге приведены в приложении I.

Правила размещения раздельных пунктов на линиях с руководящим уклоном круче одиннадцати тысячных, а также правила размещения раздельных пунктов на двухпутных дорогах определяются специальными указаниями НКПСстроя по согласованию с Наркомвоенмором.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

ПРАВИЛА РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ ОДНОПУТНЫХ ЛИНИЙ

1. Размещение раздельных пунктов однопутных линий с руководящим уклоном до 11‰ включительно производится, исходя из чистого времени хода пары поездов по перегонам не выше:

$$t_x = \frac{1\,440}{\max n} 2\tau_p \cdot з - 2\tau,$$

где:

$\max n$ — заданная максимальная пропускная способность в парах поездов,

$t_p \cdot з$ — поправка ко времени чистого хода на один разгон и одно замедление,

2τ — норма затраты времени на производство станционных операций по пуску пары поездов.

2. Для подсчета чистого времени хода пары поездов по перегонам t_x принимается поезд с паровозом серии Э во главе и при весе вагонного состава в 1 000 *т*.

3. При условиях п. 2 принимается максимальная пропускная способность перегонов и участков

$$\max n = 24 \text{ пары}.$$

4. Поправка ко времени чистого хода на один разгон и одно замедление для поездов, указанных в п 2, принимается равной

$$\tau_p з = 2 \text{ мин}.$$

5. Норма затраты времени на производство станционных операций по пропуску пары поездов принимается равной

$$2\tau = 14 \text{ мин}.$$

6. Исходя из данных пп. 3, 4, 5 чистое время хода пары поездов не должно превышать

$$t_x = \frac{1440}{24} 2 \quad 2 - 14 = 42 \text{ мин}.$$

Допускается, в качестве исключения, при подсчете времени хода по графоаналитическому способу увеличение допускаемого времени хода пары поездов по перегону до 44 мин.

7. Размещение пунктов с техническими операциями производится согласно указаний приложения 3, причем необходимо иметь в виду, что при дровяном отоплении поездов весом 1 000 тонн потребуется предусмотреть соответствующие расстояния между пунктами набора топлива.

В зависимости от этого возможно смещение пунктов набора воды, размещенных согласно указаний приложения 3, на расстояния, соответствующие максимальному удалению пунктов набора дров, в целях совмещения операций по набору воды и топлива.

8. На перегонах, примыкающих к пунктам с техническими операциями, уменьшения времени хода пары поездов по ним не требуется.

Примечание. Набор воды поездом весом 1 000 *т* обеспечивается неизбежными простоями для производства станционных операций $2\tau = 14$ минут.

НТБ ДНУЖТ

Простой под другими техническими операциями (набор топлива, чистка топки, смена бригад, технический осмотр и т. п.) требуют смещения линий хода поездов на интервал (период графика).

ПРИЛОЖЕНИЕ II

I. ПРАВИЛА РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ ПРИ ПЕРВОНАЧАЛЬНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

1. Настоящие правила предусматривают способы организации движения поездов, при котором поезда, идущие вслед, разграничиваются не менее, чем одним разъездным перегоном (непачечное движение).

Нормы для расчетов движения и размещения остановочных пунктов при организации движения поездов по способу поездного приказа (трэн-ордер) и при автоблокировке, а также для условий пачечного движения будут даны дополнительно.

2. Размещение раздельных пунктов при первоначальной пропускной способности, в случае затруднительности построения для этой цели коммерческого графика движения, может быть произведено расчетом, выражая фактическое число пар поездов эквивалентным числом пар товарных поездов параллельного графика.

3. Потребная пропускная способность участков в этом случае выразится числом товарных пар параллельного графика;

$$\max n = \varepsilon_n n_n + n'_m + \varepsilon_{my} n_{my} + \varepsilon_c n_c + \varepsilon_\epsilon n_в + n_\phi,$$

где: $n_n, n'_m, n_{my}, n_c, n_в, n_\phi$ — число пар поездов соответственно пассажирских, товарных ускоренных товарных, сборных воинских, факультативных; $\varepsilon_n, \varepsilon_{my}, \varepsilon_c, \varepsilon_в$ — эквивалент пары тех же поездов.

4. В соответствии с этим на однопутном участке необходимо открытие раздельных пунктов, удовлетворяющих условию, что чистое время хода пары поездов по перегону:

$$\max t_x \leqslant \frac{1\,440}{\max n} - 2\tau^m_p \cdot з - 2\tau,$$

где: $\tau^m_p \cdot з$ — поправка на один разгон и одно замедление для товарных поездов, 2τ — время производства станционных операций по пропуску пары поездов.

Для двухпутных участков при телеграфном и телефонном способе сношений формула принимает вид:

$$\max t_x \leqslant \frac{1\,440}{\max n} - \tau^m_p \cdot з - \tau,$$

с той лишь разницей в обозначениях, что все расчеты в последнем случае должны вестись отдельно для различных направлений и под $\max n$ разумеется число поездов в данном направлении, а не число пар.

Правила размещения по линии блок-постов, а также проходных светофоров при автоматической блокировке будут даны дополнительно.

5. Простои товарных поездов на промежуточных раздельных пунктах при однопутном движении для выполнения технических операций могут быть получены на графике двумя способами:

а) путем уменьшения допускаемого времени хода поездов по перегонам, примыкающим к данному раздельному пункту (укорочения примыкающих к раздельному пункту перегонов),

б) путем сдвижки графика в пределах основной клетки и графика $\frac{1\,440}{\max n}$ или половины этой клетки.

II. ЭКВИВАЛЕНТ СРОЧНЫХ ПОЕЗДОВ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЕЙ

(пассажирских, ускоренных товарных, сборных и воинских)

1. Срочные поезда для расчета потребной пропускной способности выражаются не физическим числом пар, а эквивалентом, учитывающим не только время, занимаемое на графике каждым из срочных поездов, но и влиянием их расположения на пропускную способность коммерческого графика по товарному движению. Число срочных поездов по категориям должно быть задано технико-экономическим заданием.

НТБ ДНУЖТ

Эквивалент срочных поездов при однопутном движении при предварительных подсчетах для грубой ориентировки (впредь до уточнения) может быть взят:

а) для пары пассажирских поездов при числе пар пассажирских поездов до трех пар включительно

$$E_n = 1{,}5.$$

При числе пар пассажирских поездов более трех E_n берется не менее 1,2 с проверкой указанной нормы построением коммерческого графика.

Для случаев преобладающего пассажирского движения необходимо построение коммерческого графика,

б) для ускоренных товарных поездов и воинских, в случае нанесения последних на график нережущими расписаниями,

$$E_c = 1{,}5.$$

3. Для двухпутных линий условия пропуска поездов устанавливаются построением коммерческого графика.

III. ФАКУЛЬТАТИВ

Впредь до уточнения вопроса о факультативе последний как при составлении графиков движения, так и при предварительных ориентировочных подсчетах принимается для однопутных дорог в размере 20% от времени занятия поездами товарными и срочными ограничивающего перегона, а для двухпутных соответственно 15%. Условно в товарных парах это факультативное время может быть выражено следующим образом:

$$n_\phi = 0{,}2\ (n'_m + 0{,}5\, n_n + n_c + 0{,}8\, n_{my} + 0{,}8\, n_e).$$

где n_ϕ, n'_m, n_n, n_c, n_{my}, n_e имеют те же значения, что и в предыдущем.

Для двухпутных дорог — соответственно

$$n_\phi = 0{,}15\ (n'_m + 0{,}5\, n_n + n_c + 0{,}8\, n_{my} + 0{,}8\, n_e).$$

ГЛАВА III

СТАНЦИИ

§ 17. Независимо от условий размещения станций и разъездов для удовлетворения пропускной способности и пунктов с техническими операциями, на основе указаний глав I и XI и приложения к главе I настоящих Т. У., размещение по линии станций и разъездов с коммерческими операциями и пунктов посадки пассажиров и погрузки должно отвечать потребностям пассажирского и местного товарного движения.

В этих целях пункты с коммерческими операциями должны быть расположены, по возможности, вблизи населенных мест, фабрик, заводов, колхозов, совхозов и с.-х. коммун и пересечений железной дороги с судоходными реками, стремясь, чтобы в населенной местности расстояния между пунктами с коммерческими операциями на линии с ожидающимся местным движением не превышали 25—30 *км*. При этом должна быть предусмотрена возможность удобного сообщения местных экономических центров, ближайших заводов, фабрик, совхозов и населенных пунктов (как существующих, так и вновь возникающих) со станциями, путем устройства автогужевых дорог или подъездных путей.

§ 18. Расположение станций в профиле и плане. Станции, разъезды и обгонные пункты необходимо стремиться располагать на площадке.

Допускается, если это требуется условиями проектирования профиля, располагать вышеуказанные пункты на уклоне, обеспечивающем трогание состава с места, но не более 2,5‰.

Примечание. Впредь до установления величин сопротивления по троганию с места, станционный уклон, обеспечивающий трогание с места, принимается равным i_p — 3‰.

В случае расположения станций и разъездов на уклоне, таковые могут быть расположены на сплошном уклоне или на переломном профиле из 2-х или 3-х элементов с тем, чтобы крутизна уклонов отдельных элементов не превышала 2,5‰.

§ 10. Раздельные пункты, где не предполагается, как правило, производства маневров, или отцепки паровозов от составов, принятых на обгон или скрещение,

ГПВ ДНУЖТ

разрешается располагать на однообразном уклоне не свыше $i_p - 3^0/_{00}$ или на переломном профиле из двух или трех элементов со средним уклоном не свыше $i_p - 3^0/_{00}$.

Сигналы при автоматической и полуавтоматической блокировке могут размещаться на любом профиле.

Примечание. Средним уклоном при горе, яме, или полугоре, будет служить разность отметок в пределах расположения на станции полногрузного поезда наименьшей длины, деленная на расстояние между этими точками.

§ 20. Станции, разъезды и обгонные пункты должны быть, как правило, расположены на прямых, но при невозможности этого, в виде исключения, допускается располагать их на кривых радиуса не менее 1 000 *м*. В особо трудных случаях раздельные пункты могут быть расположены на кривых меньшего радиуса, но не менее 600 *м*.

Расположение концов станций, разъездов и обгонных пунктов в пределах двух крайних четвертей на кривых, а также расположение станций, разъездов и обгонных пунктов на обратных кривых допускается лишь в самых исключительных случаях и в каждом отдельном случае с разрешения НКПСстроя.

§ 21. При совпадении уклона и кривой на станции величина действительного уклона определяется:

а) для случая, указанного в § 18, как наименьшая величина двух условий:

$$i_{cm} + \frac{12a}{L} \leqslant i_p - 3,$$

при условии, что в пределах кривой

$$i_{cm} - \frac{700}{R} \leqslant 2,5^0/_{00};$$

б) для случая, указанного в § 19, из условия:

$$i_{cm} + \frac{12a}{L} \leqslant i_p - 3 \text{ (где } L \text{ — длина поезда).}$$

§ 22. Выбор типа малой станции и разъезда. Выбор типа станции и разъезда должен производиться на основании экономического подсчета сравнительной выгодности применения различных типов станций или разъездов, по методу, указываемому специальными инструкциями НКПС, причем схемы малых станций, а также разъездов должны быть в пределах дороги, по возможности, однотипны.

Основным рекомендуемым типом разъездов в легких условиях трассы являются разъезды по американской схеме.

В затруднительных топографических условиях надлежит производить экономическое сравнение русской и американской схемы разъездов.

Экономичность того или иного типа разъезда определяется размерами грузооборота и условиями профиля, причем выгодность применения американского типа разъезда тем значительней, чем больше грузооборот и легче профиль.

§ 23. Станционные устройства. Путевое развитие станций и разъездов, а также расположение и размер всех зданий и сооружений на них, должно обеспечивать выполнение предполагаемой работы железной дороги в целом, удовлетворять в то же время потребностям местной работы данного пункта и отвечать безопасности и регулярности движения поездов.

Здания и сооружения на малых и средних станциях должны быть так расположены, чтобы в течение ближайших 10 — 15 лет была возможность их расширения, а также развития путей, как в длину, так и в ширину станционной территории.

Пассажирские здания неостровного типа малых и средних станций должны располагаться не ближе 20 *м* от оси осуществленного пути, с соблюдением удобного сообщения окружающего населения с пассажирским зданием.

Все прочие здания, за исключением паровозных депо и товарных устройств, располагаются, по возможности, по ту же сторону, что и пассажирское здание. Паровозные депо располагаются, как правило, со стороны сортировочных путей, обычно размещаемых со стороны, противоположной пассажирскому зданию.

Товарные устройства устраиваются как со стороны пассажирского здания, так и с противоположной стороны, в зависимости от местных условий.

Первоначальные размеры станционных обустройств и размеры их оборудования определяются в зависимости от интенсивности работы дороги и возможности беспрепятственного, с ростом работы дороги, развития обустройств и назначаются, согласно указаний главы X настоящих технических условий.

ГПБ ДНУЖТ

§ 24. Путевые устройства. Путевое развитие станций и разъездов, в зависимости от объема и характера их работы, должно удовлетворять одной или нескольким из следующих операций:

1) приему и отправлению поездов при наибольшем ожидаемом одновременном скоплении их;

2) предстоящей маневровой и сортировочной работе;

3) местным коммерческим нуждам (пути погрузки и выгрузки, весовые пути и т. п);

4) служебным и хозяйственным потребностям дороги (тракционные пути, пути для ремонта подвижного состава, пути для набора воды и топлива, складские пути и т. п).

Количество приемо-отправочных путей на малых станциях, разъездах и обгонных пунктах, предположенных к первоначальной укладке, назначается в зависимости от размеров движения, намеченного к началу работы дороги и способов его организации.

Нормально, при непачечном графике движения поездов, на малых станциях однопутных дорог число путей должно быть не менее четырех, включая главный, а на разъездах — трех, включая в это число и главный путь.

Число путей на малых станциях может быть уменьшено при сооружении дороги до трех, а на разъездах — до двух, включая главный путь, если это возможно при намеченном к осуществлению коммерческом графике движения поездов.

В указанных случаях должна быть предусмотрена возможность путевого развития малых станций и разъездов до предельного развития в шесть путей.

При пачечном графике движения поездов, при пачке в два поезда, на малых станциях нормально должно быть не менее шести путей, а на разъездах — не менее четырех путей, включая главный путь, давая возможность доведением числа путей на разъездах также до шести, включая главный.

При большем числе поездов в пачке путей на станциях и разъездах определяется в соответствии с предполагаемыми графиками движения поездов.

Число путей при пачечном графике из двух поездов в пачке может быть уменьшено для малых станций до четырех-пяти путей, считая и главный, если только такая возможность допускается принятым к осуществлению коммерческим графиком движения поездов. В этом случае должна быть предвидена возможность путевого развития до шести путей, включая главный путь.

На двухпутных участках, на малых станциях, число путей сверх главного должно в каждом отдельном случае определяться расчетным графиком движения.

Соединение путей и пересечение их устраивается при помощи переводов (стрелки и крестовины), крестов и глухих пересечений установленных НКПС типов. Марка (тангенс) крестовины для малых станций, разъездов и обгонных пунктов не должна быть круче $^1/_{11}$ для переводов, которые пассажирские поезда проходят по стрелочной кривой, и не должна быть круче $^1/_9$ для переводов, которые товарные поезда проходят по стрелочной кривой. На вспомогательных путях тангенс крестовины может быть уменьшен до $^1/_3$, а в симметричных переводах до $^1/_7$. Марка тупых крестовин английской стрелки и глухих пересечений должна быть не положе $^1/_9$.

В зависимости от местных условий и интенсивности движения управление стрелками на станции может быть централизовано.

§ 25. Длина станционных путей и станционной территории. Длины станционных путей зависят от их назначения и определяются в зависимости от типа паровоза, характера и размера грузооборота линии, ожидаемого на дороге соотношения числа большегрузных и двухосных товариых вагонов, длины поездов в негрузовом направлении, степени использования подъемной силы вагона и т. п.

При отсутствии указанных данных допускается принимать следующие величины полезных длин станционных путей:

Руководящий уклон	Полезная длина приемо-отправочных путей:	
	для грузового направления	для порожнего направления
До 0,005 включительно . . .	1 050	1 050
Свыше 0,005 до 0,006 включительно . .	350	1 050
Свыше 0,006.	720	850

НТБ ДНУЖТ

Длина станционной территории должна соответствовать полному путевому развитию станции не менее, чем на предстоящие 10 — 15 лет и определяется в зависимости от выбранной схемы станции или разъезда и длины путей грузового и негрузового направления на основании составленных проектов.

Для ориентировочных соображений длина станционной территории малых станций и разъездов однопутных дорог может определяться следующей ориентировочной таблицей.

Уклон	Малые станции и разъезды			
	полезная длина путей		длина станции или разъезда	
	в грузовом направлен.	в негрузовом направлен.	схема с параллельн. путями	американская схема
До 0,005 включительно	1 050	1 050	1 475	2 350
Свыше 0,005 до 0,006 включительно	850	1 050	1 350	2 150
Свыше 0,006	720	850	1 150	1 825

Примечание. Настоящая таблица составлена из условия числа путей на станции и разъезде, равном шести, с учетом намеченного мощного паровоза. При этом, при схеме с параллельными путями грузовой поезд помещен на четвертом пути, а негрузовой на шестом. При американской схеме на противоположных крайних путях должны разместиться грузовой и негрузовой поезд.

ГЛАВА IX

ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ И ЗДАНИЯ МЕДИКО-САНИТАРНОГО И КУЛЬТУРНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ВДОЛЬ ЛИНИИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ И НА СТАНЦИЯХ

§ 70. Путевые и станционные постройки вдоль линии железной дороги и на станциях располагаются в соответствии с производственным распределением рабочих и служащих железной дороги по линии.

§ 71. Путевые постройки. Для размещения ремонтных рабочих, артельных старост и дорожных мастеров, а также мостовых, путевых, переездных и туннельных сторожей, вдоль линии железной дороги должны быть построены дома квартирного типа, сторожевые дома и помещения для проведения культработы среди рабочих и ожидания и обогревания временных ремонтных рабочих.

На каждом рабочем участке должен быть расположен дом квартирного типа для артельного старосты и артели рабочих.

Кроме того, на тех рабочих участках, на которых находится местопребывание околотка, жилая площадь дома должна быть увеличена для проживания дорожного мастера и табельщика.

Общая жилая площадь для рабочего участка, исходя из установленных НКПС и ЦК ж.-д. коэфициента семейности и нормы душевого обеспечения жилплощадью должна быть не менее 120 $м^2$.

Жилая площадь дома, в котором, кроме артели, проживают дорожный мастер и табельщик, должна быть не менее 168 $м^2$.

При доме, в котором проживает дорожный мастер, должна находиться контора площадью не менее 15 $м^2$. Кроме того, при каждом путевом доме должно устраиваться помещение для культобслуживания рабочих и их семей, площадью не менее 15 $м^2$.

Примечания: 1. Как в этом, так и в следующих параграфах под словом жилая площадь, не включая вспомогательной площади (коридоры, кухни, сени и т. п.), таковая исчисляется дополнительно, согласно данным нормам строительного проектирования.

2. Как в этом, так и в следующих параграфах при установлении жилой площади приняты:

НТБ ДНУЖТ

1. Коэфициент семейности, равный 4.

2. Временная норма душевого обеспечения жилплощадью в размере 6 *м*².

Число сторожевых домов определяется в зависимости от длины путевого рабочего участка, наличия охраняемых переездов и т. д.

Жилая площадь для сторожей всех наименований должна составлять не менее 24 *м*² для каждого сторожа.

Дома для путевых сторожей должны быть по возможности размещены в средине обслуживаемого ими участка обхода.

Примечание. Количество путевых сторожей, а следовательно, и сторожевых домов, определяется с таким расчетом, чтобы путевой сторож при обходе два раза в сутки проходил не более 16 километров. Количество переездных сторожей определяется в зависимости от числа охраняемых специальными сторожами переездов и порядка их обслуживания: непрерывного в течение суток, или в течение части суток, с соответствующим числом смен переездных сторожей.

Туннельные сторожа определяются из расчета 1 сторожа и смену на каждые 500 *м* длины туннеля.

Мостовые сторожа назначаются для металлических и деревянных мостов общей длины свыше 100 *м* в количестве одного сторожа на каждый мост длиной до 300 *м* и двух сторожей на мосты общей длины.

В тех местах пути, где по условиям заносимости требуется сосредоточение рабочей силы, должны быть предусмотрены помещения для отдыха, обогревания и культобслуживания артелей временных ремонтных рабочих.

В местностях малонаселенных надлежит предвидеть устройство удобопереносимых домов барачного типа для жилья временных или сезонных рабочих.

Кроме того, при сторожевых домах, расположенных от ближайшего жилого помещения на расстоянии более 3 *км*, должно быть устраиваемо отдельно отапливаемое помещение площадью не менее 10 *м*² для обогревания ремонтных рабочих.

При всех путевых зданиях должны быть устроены надлежащие надворные постройки (сараи, погреба и т. д.), полезная площадь коих должна быть не менее 30% от полезной площади жилого здания.

Все путевые постройки и жилые дома, а также надворные постройки надлежит располагать на расстоянии от оси ближайшего пути следования организованных поездов: не ближе 15 *м* для строений огнестойких с невозгораемой кровлей, не ближе 20 *м* для строений малоогнестойких с невозгораемой или трудновозгораемой кровлей и не ближе 25 *м* для строений неогнестойких с легковозгораемой кровлей.

§ 72. Жилые дома на станциях. Жилыми помещениями в первую очередь должны быть обеспечены те категории рабочих и служащих и в таком количестве, которое необходимо для обеспечения непрерывности движения; предоставление жилых помещений остальным категориям рабочих и служащих должно быть поставлено в зависимости от возможности получения жилой площади в ближайших населенных пунктах, и только при отсутствии таковой должно быть обеспечено постройкой новых зданий.

Необходимая площадь жилых помещений для всей дороги должна исчисляться, исходя из составленного штатного расписания рабочих и служащих, среднего состава семей для данного района и нормы жилой площади на каждого живущего, не менее 6 *м*².

При этом категории рабочих и служащих, предоставление площади которым должно быть произведено в первую очередь для обеспечения непрерывности движения, регулируются как существующими, так и могущими в будущем быть изданными по этому поводу распоряжениями.

Необходимая площадь жилых помещений для служащих других ведомств (НКБМ, ОГПУ, НКЗ, НКП и Т и др.) устанавливается соответствующими распоряжениями НКПС, согласованными с заинтересованными наркоматами.

При проектировании многоквартирных домов должна быть предусмотрена возможность обустройств для коллективизации быта.

§ 73. В тех случаях, когда в соответствии с указаниями предыдущего параграфа определение необходимой площади представляет затруднения, разрешается пользоваться следующими ориентировочными нормами, исчисленными для средних условий заселенности района.

Общая потребная жилая площадь для однопутной дороги может быть определена по формуле

$$1\,500 + aL \text{ кв. метров,}$$

НТБ ДНУЖТ

где:

1 500 — постоянная площадь для рабочих и служащих дирекции дороги,

L — протяжение дороги в километрах,

a — коэфициент, представляющий потребность жилой площади на 1 *км* дороги, зависящий от интенсивности движения.

Значения коэфициента *a* при разных размерах движения следующие:

Интенсивность движения, пар параллельного графика	5	10	15
Значение коэфициента *a*	25	30	35

Примечание. Формула учитывает исключительно жилые дома на станциях и не включает линейные жилые дома.

В формулу не входит потребная площадь для служащих по охране, ТООГПУ, по военному ведомству, здравотделу и др. Для всех этих категорий служащих должен быть произведен подсчет необходимой площади отдельно.

Постоянный член формулы (1 500) для случаев проектирования дороги малого протяжения, когда дорога передается в ведение уже существующей дирекции, должен быть исключен из формулы.

Значение коэфициента *a* исчислено в предположении, что на линии система связи жезловая или телеграфная.

§ 74. Приведенная в предыдущем параграфе норма должна рассматриваться в качестве средней для обычных условий заселенности местности в центральной полосе Союза.

В районах с иными условиями заселения, при отсутствии вдоль проектируемой линии населенных пунктов, необходимая жилплощадь должна исчисляться в соответствии с потребностями, в зависимости от местных условий.

§ 75. При жилых домах должны быть устроены необходимые надворные постройки (сараи, погреба, ледники и т. д). Общая площадь их должна составлять не менее 30% от жилой площади домов.

В отношении размещения жилых домов на малых станциях и разъездах следует по возможности придерживаться одностороннего их расположения с пассажирским зданием, на таком расстоянии от станционных путей, чтобы не препятствовать будущему развитию станции.

На больших станциях (узловых, конечных, с мастерскими, депо и т. п.) жилые дома выносятся с территории и располагаются на специально отводимых местах.

Помещения для рабочих и служащих, постоянное присутствие которых необходимо на станции, в виде исключения допускается устраивать вблизи станционных путей.

Места, избираемые для жилых домов и поселков, должны удовлетворять основным требованиям гигиены, удобства отвода воды, удобства сообщения со станцией, устройства водопровода и канализации и устройства зеленых насаждений и должны удовлетворять единым нормам строительного проектирования.

При определении размеров отвода земли и составления проекта поселков надлежит предвидеть возможность устройства культурно-просветительных, общественных и кооперативных учреждений, общественных площадей и садов, а также возможность роста поселков при последующей эксплоатации дороги.

§ 76. Здания и устройства санитарно-технического назначения. Для снабжения питьевой водой, в случае отсутствия питьевого водопровода или при отсутствии источника питьевой воды ближе 200 *м* от жилья, должны быть устроены колодцы как на станциях, так и при жилых домах на линии, причем во всех случаях, где по гидро-геологическим условиям окажется возможным, предпочтение должно быть отдано колодцам артезианского или абиссинского типа.

На всех станциях и действующих при открытии дороги разъездах, при отсутствии в данном месте общественных бань, устраиваются бани или души площадью и количеством душей в зависимости от числа рабочих, служащих и членов их семейств.

На узловых станциях и станциях с депо бани или души устраиваются пропускного типа с дизинсектором и кроме бань устраиваются прачечные.

Сверх того, при путевых жилых зданиях, если они не расположены вблизи станций или поселений, в которых имеются общественные бани, должны быть устроены небольшие (площадью около 18 $м^2$) простейшей конструкции бани или души.

НТБ ДНУЖТ

Площадь бань определяется из расчета пользования каждым живущим один раз в пятидневку.

§ 77. Здания медико-санитарного и культурно-просветительного назначения. Соответственно потребности врачебного обслуживания дороги на надлежащих станциях устраиваются амбулатории, полуклиники и другие устройства лечебно-профилактического и санитарного назначения по соглашению с транспортными органами здравоохранения.

Для удовлетворения культурно-просветительных нужд работников транспорта в порядке, указываемом и утверждаемом НКПС, должны устраиваться школы, библиотеки, клубы, красные уголки, спортивные площадки, детские сады, ясли и другие здания культурно-просветительного назначения.

§ 78. В отношении проектирования здания должны удовлетворять единым нормам строительного проектирования и санитарно-техническим требованиям; проекты зданий должны отвечать требованию наибольшей экономики, а также целесообразности в смысле архитектурно-строительных показателей (отношение жилой площади к полезной, объема здания к полезной площади, глубина помещений, степень освещенности, удовлетворительность проветривания и т. д.) с учетом директив правительства и НКПС о применении и расходовании дефицитных материалов, обеспечивая всемерно применение стандартных проектов и сборных конструкций, а также заводское изготовление отдельных элементов строительства.

ГЛАВА X

ТЕХНИЧЕСКИЕ И СЛУЖЕБНЫЕ ЗДАНИЯ

§ 79. Общие положения устройства технических и служебных зданий. Технические и служебные здания должны устраиваться в соответствии с потребностями нижеследующих видов.

1) Здания и помещения для работы станционных агентов, ведающих движением поездов, и помещения для размещения аппаратов связи, блокировки и централизации.

2) Служебные здания и помещения для размещения административного аппарата дороги.

3) Здания для обслуживания пассажиров и подсобные устройства при пассажирских зданиях.

4) Здания и устройства для обслуживания коммерческих операций.

5) Задания и устройства для обслуживания подвижного состава (тяговые устройства).

6) Дежурные помещения и помещения для отдыха.

7) Складочные помещения для хранения материалов и инвентаря дороги.

8) Здания и устройства для водоснабжения ж.-д. станций.

9) Электростанции.

10) Здания и сооружения пожарной охраны.

11) Специальные санитарные устройства.

12) Устройства для других ведомств, непосредственно связанных с работой дороги.

Общее расположение технических и служебных зданий на станции должно обеспечивать наиболее благоприятные условия производственных процессов станции в целом, наилучшие трудовые условия ж.-д. работников, а также удобства клиентуры ж.-д. транспорта.

Служебные и технические здания кроме тех, приближение которых к путям вызывается технической необходимостью, надлежит располагать на расстоянии от ближайшего пути следования организованных поездов:

не ближе 15 *м* — для строения огнестойких с несгораемой кровлей,

не ближе 20 *м* — для строений неогнестойких с несгораемой кровлей,

не ближе 25 *м* — для строений неогнестойких с легковоспламеняемой кровлей.

Расположение зданий на малых и средних станциях не должно препятствовать дальнейшему путевому развитию станции в пределах ожидаемого на ближайшие 10 — 15 лет грузооборота и удовлетворять специальным требованиям обороноспособности. Расположение зданий на больших станциях определяется индивидуальными проектами.

По своим размерам технические и служебные здания и обустройства должны соответствовать объему и характеру работы дороги. Размеры тех зданий и сооружений, которые имеют возможность развиваться с ростом движения без переустройства существующих обустройств, должны соответствовать первоначальному объему работы дороги.

НТБ ДНУЖТ

К такого рода обустройствам могут быть отнесены: товарные платформы и пакгаузы, паровозные здания, помещения для хранения материалов, помещения для отдыха бригад и т. п.

В этих случаях должна быть предусмотрена возможность беспрепятственного развития указанных обустройств не менее, чем на ближайшие 10 — 12 лет.

Обустройства, требующие с ростом их работы переустройства, должны быть запроектированы по принципу наибольшей целесообразности капиталовложений в соответствии с указаниями главы I настоящих Т. У.

§ 80. Служебные здания и помещения на станциях и разъездах для агентов движения. Здания и сооружения, предназначенные для работы дежурных агентов движения, а также служебные помещения, могут устраиваться на станциях и разъездах в виде отдельных зданий и совмещаться с другими помещениями, как например, с пассажирскими зданиями.

На разъездах устраиваются:

1) помещение для дежурного агента движения, площадью не менее 20 $м^2$, в зависимости от оборудования станции обустройствами связи и СЦБ;

2) помещения для размещения командируемых агентов дороги, площадью не менее 10 $м^2$.

На станциях помимо того устраиваются:

3) кабинет Начальника станции, площадью 12 — 16 $м^2$;

4) при значительной работе станции комната для технических работников, площадь 12 — 18 $м^2$, из расчета 6 $м^2$ на работника.

Примечание. При площади для командируемых агентов более 18 $м^2$, таковое должно быть разделено на отдельные комнаты.

Помимо того, при служебных помещениях должны быть устроены следующие вспомогательные помещения:

1) компаты для дежурного сторожа, площадью не менее 8 $м^2$ (на разъездах указанное помещение может не устраиваться);

2) кладовая, площадью не менее 4,5 $м^2$.

Примечания: 1. На тех раздельных пунктах, где в начале работы дороги предполагается организация движения по системе „трен-ордер", служебные помещения должны соответствовать новым формам работы дороги, причем в пунктах, где присутствие оператора на раздельном пункте не предполагается, служебные помещения могут вовсе не устраиваться.

2. Имея в виду временный характер служебных помещений разъездов, теряющих свое назначение при укладке двух путей или устройстве автоблокировки, надлежит предвидеть в соответствующих случаях разборные конструкции указанных зданий.

Кроме того, на территории станции или разъезда, при каждом стрелочном посте должно быть устроено помещение, площадью не менее 4,5 $м^2$ при одном дежурном стрелочнике, и не менее 6 $м^2$ при большом числе дежурных стрелочников.

Для размещения агентов движения на блок-постах, распорядительных и исполнительных постах предусматриваются специальные дежурные помещения в зависимости от размеров оборудования постов и числа обслуживающих их лиц.

§ 81. Здания и помещения связи. Аппараты связи на разъездах и промежуточных станциях размещаются в служебных помещениях.

На более крупных станциях (в железнодорожных узлах, в местах нахождения эксплоатационных районов, на распорядительных станциях), как телеграф, так и телефонные станции, необходимо устраивать в специальных помещениях, обособленных от других служебных зданий.

На средних станциях, при установке телеграфной трансляции Уитстона, должны быть предусмотрены специальные помещения в соответствии со следующими ориентировочными нормами:

а) для телеграфа, площадью — 18 $м^2$,
б) для аккумуляторной, площадью — 25 $м^2$,
в) для зарядной, площадью — 15 $м^2$.

Для телефонной станции на средних станциях должны быть предусмотрены следующие помещения:

а) коммутаторная, площадью — 12 $м^2$,
б) кроссовая, площадью — 8 $м^2$,
в) аккумуляторная, площадью — 5 $м^2$.

Последнее помещение должно быть предусмотрено на станциях, где не имеется отдельной аккумуляторной.

НТБ ДНУЖТ

На более крупных станциях должны быть предусмотрены следующие помещения:

а) помещение телефонной станции, площадью из расчета 12 $м^2$ на первый коммутатор (50—100 номеров) и дополнительно по 8 $м^2$ на каждый следующий коммутатор,

б) аккумуляторная, площадью 25 $м^2$,

в) зарядная и комната надсмотрщика телефонной станции, площадью 18 $м^2$,

б) кроссовая, площадью 8 $м^2$, при телефонной станции с одним коммутатором и 20 $м^2$ при станции из двух коммутаторов и более,

д) комната для отдыха агентов связи, работающих на телефонной станции, площадью 10 $м^2$.

Размер помещения телеграфа крупных станций может рассчитываться, исходя из 12 $м^2$ на основной телеграфный аппарат и 8 $м^2$ на каждый добавочный.

При скородействующих аппаратах размер помещения для телеграфа предусматривается из расчета 25 $м^2$ на первый аппарат, на каждый добавочный аппарат—10 $м^2$.

При устройстве радиостанций надлежит при телеграфе предусматривать помещение площадью 30 $м^2$.

§ 82. Служебные здания и помещения для административного персонала дороги. Для органов управления дороги должны быть предусмотрены надлежащие помещения, согласно схемы организации управления дороги, с размерами по единым нормам строительного проектирования для административных учреждений. Все эти помещения желательно устраивать обособленно от пассажирских и других технических зданий.

§ 83. Пассажирские здания. На остановочных пунктах, где имеет место посадка и высадка пассажиров, должны быть предусмотрены помещения и устройства для обслуживания пассажиров—пассажирские здания.

Пассажирские здания располагаются не ближе 20 $м$ от оси ближайшего к ним пути. Для основных вокзалов и крупных вокзалов с индивидуальным проектом расстояние здания от оси пути может быть менее 20 $м$.

При расположении больших вокзалов (I и II классов) следует использовать рельеф местности, путем рационального сочетания уровня вокзала и уровня путей, для удобного сообщения вокзала с промежуточными платформами.

Размеры пассажирского здания и его отдельных помещений и характер размещения последних должны соответствовать размеру и характеру пассажирского движения, определяемому на ближайшее десятилетие после открытия дороги, и административно-экономическому значению данной станции.

По размеру и составу помещений пассажирские здания ориентировочно могут быть разделены на следующие классы:

I класс — пассажирские здания в столичных и крупных областных центрах.

II класс — пассажирские здания в областных промышленных центрах и крупных ж.-д. узлах.

III класс — пассажирские здания в районных центрах с развитой промышленностью и сельским хозяйством.

IV класс — в районных центрах, и вообще при количестве одновременно пребывающих пассажиров свыше 60 и до 100 человек.

V класс — в районных центрах, при разъездах и малых станциях узко-местного значения, и вообще при количестве одновременно прибывающих пассажиров до 60 чел.

Основными помещениями пассажирских зданий являются следующие.

1) Залы и вестибюли для пассажиров и ожидающих покупки билетов и сдачи багажа, определяемые по следующим ориентировочным нормам, при минимальной площади пассажирского здания в 30 $м^2$.

Количество одновременно скопляющихся пассажиров	Площадь зала с вестибюлем на одного пассажира
до 100	2,50 — 2,25 кв. $м$
100 — 200	2,25 „
200 — 400	2,00 „
свыше 400	2,00 — 1,50 „ в зависимости от характера пассажиро-потоков.

Примечание. Указанные нормы не предусматривают пригородного движения. При наличии большого количества пригородных пассажиров для

НТБ ДНУЖТ

них должны быть предусмотрены помещения специального типа, обеспечивающие поточность движения.

2) Багажные помещения для приема багажа, оборудованные столами (багажной стойкой) для приема багажа, площадью около 16 $м^2$.

3) Помещения для ручной клади.

Примечание. В пассажирском здании V класса багажные помещения и помещения для хранения ручной кладки не устраиваются.

4) Кассы пассажирские и багажные, пощадью по 6 — 10 $м^2$ каждая. В пассажирском здании V класса касс не устраивается, продажа же билетов производится через окошко в комнате дежурного агента движения. В пассажирском здании IV класса пассажирская и багажная кассы объединяются в одну.

5) Помещения для холодного буфета, площадью не более 10% от площади зала; при горячем буфете эта площадь увеличивается на 30 — 40 $м^2$ для устройства столовой для пассажиров. Вспомогательные при буфете помещения (кухни, кладовые и т. п.) устраиваются по санитарно-техническим нормам помещений для питания.

Буфеты устраиваются на станциях со значительным скоплением пассажиров, а также в пунктах, где пассажирские поезда имеют длительную остановку по техническим нуждам, причем в пассажирских зданиях V класса никаких помещений для питания обычно не предусматривается. В пассажирских зданиях IV класса, при небольшом скоплении пассажиров, может быть предусмотрен только холодный буфет.

6) Комнаты для женщин, комнаты для мужчин, парикмахерские, теплые уборные женские и мужские, и комнаты для курения, по общесанитарным нормам в зависимости от размеров и значения станции.

7) Помещения для культурно-просветительного назначения: красные уголки, агитпункты, книжные и газетные киоски, устраиваемые в соответствии с характером пассажирского движения и местными условиями.

Примечание. Агитпункты по возможности должны устраиваться изолированными помещениями от основного потока пассажиров в пределах пассажирского здания.

При пассажирских зданиях I, II, III класса надлежит предусматривать специальное помещение читальни для ожидающих пассажиров.

8) Помещения для обслуживающего персонала пассажиров (носильщиков, уборщиков и т. п.) из расчета 1 $м^2$ на одного носильщика одной смены, но не менее 10 $м^2$.

9) Помещения для дежурных агентов ОГПУ и охраны, а также помещения для обслуживания органов Наркомвоенмора, устраиваемые, в зависимости от категории станции, в размерах, согласованных с соответствующими организациями.

10) Помещения для органов НКПиТ для выполнения почтовых или почтово-телеграфных операций и для Госструдсберкасс, устраиваемые в соответствии с предполагаемыми размерами операций, площадью не менее 30 $м^2$ для почтовых агентств и не менее 50 $м^2$ для отделения связи, с номенклатурой помещений, устанавливаемой НКПиТ.

При вокзалах I класса помещения НКПиТ выделяются в отдельное помещение, причем должно быть обеспечено удобное сообщение с подаваемыми почтовыми вагонами, а для обслуживания пассажиров устраиваются почтово-телеграфные киоски.

11) Прочие помещения, выше не перечисленные, в соответствии с потребностями и в зависимости от местных условий, как например, комнаты для ночевки пассажиров и т. п.

В случае необходимости при крупных пассажирских зданиях устраиваются гостиницы и дома отдыха для туристов.

Площадь внутренних помещений пассажирских зданий, предназначенная для обслуживания пассажиров и багажа, должна удовлетворять предусмотренным операциям в часы наибольшего скопления пассажиров, что должно быть проверено графическим расчетом или обосновано данными практики.

Проектирование в плане пассажирского здания должно удовлетворять следующим условиям.

1) Чтобы пассажиры могли легко выполнять все необходимые операции последовательно в направлении движения, чтобы потоки пассажиров не мешали друг другу и не было встречного движения и запутанности в пути следования пассажиров.

2) В случае отсутствия необходимости в тех или иных операциях, пассажиры не тратили бы лишнего времени при передвижении по пассажирскому зданию.

3) Как пассажиры, так и агенты станции, могли бы удобно пользоваться всеми нужными им помещениями и имели удобное сообщение с платформами и городом.

Пассажирские здания должны быть оборудованы типовой мебелью и прочим инвентарем.

ЧГТУ ДНУЖТ

На станциях с водоснабжением должны быть устроены кипятильники, согласно санитарно-техническим правилам по водоснабжению на транспорте, издаваемым НКПС по соглашению с транспортными органами санитарного надзора.

Пассажирские здания, особенно с малым первоначальным пассажирооборотом, должны устраиваться с расчетом на дальнейшее развитие без значительных ломок, а в некоторых случаях с приспособлением их для иных целей и с постройкой нового более удовлетворяющего развившемуся движению пассажирского здания, что должно быть предусмотрено в проекте подобных типов пассажирских зданий, а также в их месторасположении.

В целях экономичности строительства, в пассажирских зданиях, начиная с III класса и выше, должно быть предусмотрено устройство подвального помещения, где могут быть размещены вспомогательные помещения, нахождение которых в подвалах допустимо по техническим и санитарным условиям.

Вокзалы должны иметь удобные подъезды со стороны города и должны быть так расположены, чтобы иметь удобное сообщение с центром города. Планировка вокзала должна быть увязана с планировкой города.

§ 84. Пассажирские платформы. На станциях при пассажирских зданиях и между приемными пассажирскими путями в пунктах скрещения должны быть устроены платформы, имеющие длину, соответствующую длине пассажирского поезда наибольшего состава, обращающегося на дороге при одном паровозе. Промежуточные платформы при незначительном пассажирском движении могут устраиваться и после передачи дороги в эксплоатацию.

Устройство высоких пассажирских платформ допускается по особому разрешению Народного комиссариата путей сообщения.

Наименьшая ширина платформы при пассажирском здании, в зависимости от размеров пассажирского движения, делается в 6—8 *м* в пределах расположения здания, а на остальном протяжении не менее 3 *м* на станциях и 2 *м* на разъездах.

Расположенное в стороне от пассажирской платформы здание должно быть соединено с платформой переходом шириной не менее 6 *м*, а для разъездов не менее 4 *м*. Если по мостным топографическим условиям пол пассажирского здания устраивается в разных уровнях с платформой, то на переходе должен быть устроен пологий спуск или лестница с заложением не круче двойного с промежуточными площадками не реже, чем через 16 ступеней, сообразно с чем должно быть увеличено расстояние пассажирского здания от пассажирской платформы сверх 20 *м*.

На всех станциях, включая и те, где на первое время устраиваются платформы временного типа, ширина промежуточных платформ делается 3 *м*.

Пассажирские платформы соединяются между собой не менее, чем двумя переходами в уровне рельсов шириной не менее 4 *м*; на крупных пассажирских станциях с большим пассажирским движением должны быть предвидены соединения платформ между собой и пассажирским зданием туннелями или мостиками.

Ширина туннелей и переходных мостиков должна быть не менее 3,00 *м* при одностороннем движении и 4,00 *м* при двустороннем движении. Высота туннелей должна быть не менее 2,50 *м*.

Пассажирские платформы должны иметь прочное покрытие, в соответствии с размерами движения по платформе, или иметь надлежаще устроенные дорожки для багажных тележек и проезды для них через пути.

Устройство повышенных платформ для погрузки багажа и грузов большой скорости, как продолжение низких пассажирских платформ, воспрещается. При необходимости устройства повышенных платформ вертикальная стенка ее должна отступать от борта низкой платформы на 1,5 *м*, причем для погрузки и выгрузки багажа и грузов должны быть устроены съемные мостики.

При проектировании багажных платформ следует предвидеть возможность устройства механизации по погрузке и выгрузке багажа.

При пассажирских платформах должны быть устроены мужские и женские наружные уборные с числом очков не менее как по два — на станциях и не менее как по одному — на разъездах с коммерческими операциями.

На остановочных пунктах, служащих только для посадки и высадки пассажиров, должны быть предусмотрены пассажирские платформы, помещения для укрытия пассажиров и для билетной кассы. Размеры и типы указанных устройств обусловливаются интенсивностью пассажирского движения и его сезонностью.

§ 85. Товарные устройства. Для выполнения товарных операций устраиваются товарные дворы, оборудованные спецнальными устройствами для подачи грузов, нагрузки и разгрузки, а также для кратковременного их хранения.

Оборудование товарного двора составляют:

а) товарные пути для подачи вагонов,

НТБ ДНУЖТ

б) мощеные площади для размещения подвод и автомобилей с подъездами к ним,

в) товарные платформы открытые и крытые для погрузки, выгрузки и перегрузки и сортировки грузов,

г) пакгаузы — для кратковременного хранения грузов,

д) хранилища для специальных грузов, скоропортящихся, огнеопасных и т. д.,

е) площади для навалочных грузов,

ж) весовые устройства и габариты,

з) товарные конторы,

и) дома или помещения для пребывания и отдыха рабочих-грузчиков со всеми необходимыми обустройствами,

к) противопожарные устройства,

л) санитарные устройства по территории двора,

м) устройства для механизации погрузки и выгрузки грузов.

Размер и характер товарных устройств принимается в соответствии с ожидаемым грузооборотом на ближайшее время, причем должна предвидеться возможность развития товарных устройств в соответствии с перспективным развитием грузооборота на 10 — 15 лет.

В некоторых случаях, в зависимости от местных условий, при планировке товарных дворов должна быть предусмотрена возможность постройки складов для долгосрочного хранения грузов устраиваемых государственными и кооперативными организациями.

Открытые и крытые товарные платформы, а также платформы (пол) пакгаузов должны быть устроены высокого типа, возвышающиеся на 1,20 *м* над верхней поверхностью головки рельса со стороны пути, а также на 1,20 *м* над уровнем мостовых со стороны площади, впредь до установления нового типа подвижного состава, диаметра колес и т. п.

Крытые товарные платформы и пакгаузы должны иметь внешние проходы — тротуары, шириной не менее 1,50 *м* как со стороны путей, так со стороны двора и торцевых стен.

Внутренняя высота пакгаузов должна быть не менее 3,5 *м*.

Ширина пакгаузов в свету должна устраиваться в зависимости от специализации пакгауза под определенные операции, количества суточных подач вагонов, типа вагонов, рода грузов и средней погрузки вагона и быть не менее 8 *м*.

Внутренняя площадь пакгауза ориентировочно может быть определена, принимая:

1) Для пакгаузов прибытия: хранение 3 суток, нагрузка 0,9 тонн на 1 $м^2$ полезной площади и добавочная площадь на проходы в 30% от полезной.

2) Для пакгаузов отправления: хранение $1^1/_2$ суток, нагрузка 0,8 тонны на 1 $м^2$ полезной площади, а добавочная площадь на проходы в 30% от полезной.

При рабочем фронте пакгауза свыше 8 вагонов рекомендуется устраивать пакгаузы ступенчатого типа или с пирсами.

Ширина платформ должна быть также не менее 8 *м*.

При применении механизации для выгрузки, нагрузки и транспортировки грузов размеры и конструкции пакгаузов должны быть назначены в зависимости от предполагаемой системы механического оборудования.

Переход к механизации погрузочно-разгрузочных работ, а также установление рационального механического оборудования определяется в зависимости от предполагаемого размера и рода операций по погрузке и выгрузке.

На товарных платформах и пакгаузах устраиваются отапливаемые помещения (будки) для весовщиков в тех случаях когда по размеру грузооборота необходимо пребывание их на платформах или в пакгаузах.

Для хранения специальных грузов, как-то: зерновых, скоропортящихся, взрывчатых, огнеопасных и т. п. должны быть устроены пакгаузы и хранилища специального типа по особым правилам.

На узловых и сортировочных станциях, по мере потребности, должны быть устроены сортировочные и перегрузочные платформы с путями с каждой стороны платформы.

Сортировочные платформы должны устраиваться шириной в зависимости от объема сортивочной работы и рода груза, но не менее 8 *м*.

Перегрузочные и сортировочные платформы должны быть снабжены навесами, причем сортировочные платформы должны иметь на концах складочные помещения по типу пакгаузов.

На станциях, где имеют место часто операции с навалочными грузами, должны быть предусмотрены специальные площади для этого рода грузов соответствующих раз-

НТБ ДГУЖТ

меров. При устройстве площади для навалочных грузов между путями должен быть предусмотрен удобный выезд с площади подвод и автомобилей.

Для взвешивания грузов пакгаузы должны быть снабжены весовыми приборами. На станциях, с которых навалочные грузы будут отправляться в количестве ежегодно более 8000 тонн, а также на узловых станциях, на которых будет происходить передача вагонов с одной дороги на другую, должен быть, кроме того, установлен на особом сквозном пути весовой помост.

На станциях, с которых будут отправляться грузы внавалку, должен быть устроен постоянный или переносный габарит.

На станциях с значительным грузооборотом на товарном дворе должны устраиваться здания товарных контор. При менее значительных размерах местных операций допускается устройство товарных контор в одном помещении с пассажирским зданием, при этом площадь помещения для товарной конторы принимается в размерах около 20 $м^2$.

Для обслуживания работающих при товарных дворах грузчиков, принятия ими пищи, и т. п. при товарных дворах, при количестве рабочих от 25 и более, устраиваются специальные помещения для ожидания для рабочих-грузчиков, состоящие из:

а) помещения для принятия пищи,
б) красного уголка и читальни,
в) кухни для подогревания пищи,
г) раздевальни для спецодежды,
д) душей и уборных,
е) помещения для дежурного сторожа.

При количестве рабочих-грузчиков свыше 150, устраивается также общественная столовая со всеми вспомогательными к ней помещениями.

Территория товарного двора должна быть оборудована противопожарным водопроводом с выполнением в отношении мощности и расположения гидрантов требования пожарной охраны.

На территории товарного двора должна быть предусмотрена наружная уборная не менее, чем на два очка.

§ 86. Здания и устройства для простоя, обслуживания и ремонта подвижного состава. Для обслуживания и ремонта эксплоатируемого подвижного состава в определенных пунктах ж.-д. линий устраиваются депо.

Депо представляет собой территорию с расположенными на ней деповскими устройствами и оборудованную тракционными путями.

Основным требованием общей планировки деповских устройств является поточность всех операций по осмотру, ремонту и экипировке подвижного состава, а также движения с путей прибытия и на пути отправления.

Депо называется основным, если оно является пунктом систематического осмотра, ремонта и экипировки обращающихся на данном участке единиц подвижного состава, и куда паровозы возвращаются после каждого рейса.

Депо называется оборотным, если оно является лишь местом кратковременной стоянки единиц подвижного состава в течение срока, необходимого для обратного направления последних с производством осмотра паровоза и снабжения.

§ 87. Для обслуживания и ремонта должны быть предусмотрены следующие устройства в депо.

1. Паровозные здания, состоящие из отдельных стойл со следующим их назначением:

а) стойла обмывочно-протирочные и смотровые для наружной очистки паровозов и осмотра,
б) стойла для междупоездного ремонта паровозов,
в) стойла для планово-предупредительного ремонта паровозов с устройствами для операций промывки и обточки,
г) стойла для случайного ремонта,
д) помещение для вспомогательных цехов.

В оборотном депо стойла для промывки, обточки и ремонта не строятся.

Стойла обмывочно-протирочные и смотровые устраиваются отдельно от основного паровозного здания, проходными на тракционных путях следования паровозов из-под поезда к месту набора топлива, воды, песка и чистки топки. В тех случаях, когда по объему работ является нецелесообразным отдельное устройство обмывочно-протирочных и смотровых стойл, производство работ по обмывке, протирке и осмотру паровозов производится в основном паровозном здании.

При благоприятных климатических условиях вместо обмывочно-протирочных закрытых стойл допускается устраивать открытые площадки для обмывки паровозов.

НТБ ДНУЖТ

2. Устройства для экипировки: снабжения паровозов топливом (топливные склады, нефтекачки), водой (водоподъемные, водоемные здания, гидравлические колонны, гидранты), песком (пескосушки и устройства для подачи песка), устройства для очистки топок от шлака (наружные кочегарные ямы), с возможной и целесообразной механизацией отдельных операций.

3. Устройство для поворота паровозов (поворотные круги).

4. Путевое устройство (тракционные и деповские пути).

5. Служебные и дежурные помещения для нахождения агентов тяги во время дежурства (для дежурных по депо, приемщиков, нарядчиков и др.), для ожидания и отдыха поездных бригад, для пребывания рабочих, сменно обслуживающих депо (круговоротчики, рабочие по экипировке подвижного состава).

6. Помещения для хранения материалов и инструментов для текущей потребности депо: кладовые и магазины.

7. Помещения для бытового и культурного обслуживания рабочих депо: для приема пищи, души, уборные, для хранения верхнего и рабочего платья, прачечные, красные уголки и др.

8. Участковые вагонные мастерские.

9. Вагонные сараи — для экипировки и мелкого ремонта пассажирских вагонов, устраиваемые в крупных оконечных пунктах при обращении организованных поездов дальнего следования.

Примечание. Паровозные и вагонные ремонтные заводы для среднего и капитального ремонта и частичного строительства нового подвижного состава устраиваются по особому плану НКПС с учетом сетевого обслуживания.

Все перечисленные деповские устройства осуществляются в полной мере или частично в зависимости от характера объема работы деповской станции, при соблюдении требований наиболее рациональной работы персонала дороги и быстрого обслуживания подвижного состава.

§ 88. На станции, где происходит смена кондукторских или паровозных бригад, должны быть устроены помещения для отдыха, согласно нормам, устанавливаемым НКПС совмесно с Наркомтрудом. Помещения для отдыха должны быть устроены в отдельных зданиях, по возможности вдали от скученных мест. В пунктах технического осмотра поездов должны быть предусмотрены дежурные помещения для осмотрщиков, смазчиков и слесарей.

При разработке проектов зданий для дежурных поездных бригад должна быть учтена возможность удобства и безопасности прохода бригад к месту работы. Здания отдыха бригад должны соответствовать требованиям охраны труда и сангигиены.

Небольшие дома отдыха бригад, имеющие временный характер, должны устраиваться в виде разборных зданий для возможности переноса зданий в другое место по истечении надобности.

Все служебные и дежурные помещения должны быть снабжены мебелью и необходимым оборудованием.

На промежуточных между депо станциях устраиваются, по мере надобности, приспособления для снабжения паровозов водой, топливом, песком и для чистки топки. На таких станциях набор топлива, как правило, производится помощью специально устроенных поперечных эстакад с бункерами.

§ 89. Все деповские устройства в отношении размеров и деталей должны удовлетворять „Временным правилам устройств оборудования и содержания депо и прочего тягово-эксплоатационного устройства на ж. д.“, изданных в качестве обязательного постановления НКТ от 24/III 1930 г. № 127, и могущим быть впоследствии изданным на этот счет правилам и распоряжениям.

§ 90. Складочные устройства и помещения для хранения материалов и инвентаря дороги. Для склада и хранения общих запасов материалов, потребных для эксплоатации дороги, должны быть устроены в надлежащем количестве и соответствующей площади магазины, кладовые, площади для складов дров, леса, угля, торфа, вместилищ жидкого топлива и прочих материалов.

Склады топлива нужно располагать по пути следования паровоза в целях сокращения пробега.

Размеры складов топлива должны удовлетворять требованиям обязательного постановления НКТ от 24/III 1930 г. № 127.

Для набора топлива паровозом на промежуточных станциях без отцепки, при дровяном отоплении паровоза, следует предвидеть устройства вспомогательных складов вблизи гидравлических колонок.

Склады топлива, а также и материалов должны быть оборудованы погрузочными устройствами и механизированы.

РГБ ДНУЖТ

При производстве данных единиц устраиваются кладовые минимальных размеров для хранения материалов специальные хранилища для хранения огнеопасных материалов.

§ 91. Устройства для других ведомств. Специальные устройства для других ведомств выполняются по соглашению Народного комиссариата путей сообщения с заинтересованными органами.

§ 92. Пожарная охрана. Для борьбы с пожаром дорога должна быть оборудована необходимым противопожарным инвентарем, сосредоточенном в специальном помещении на станциях, в поездах и в пунктах нахождения ценного и огнеопасного имущества.

§ 93. Специальные санитарные устройства. Для дезинфекции пассажирских составов и товарных вагонов, уничтожения отбросов и для нужд, связанных с перевозкой живности, сооружаются специальные устройства по указанию НКПС по согласованию с врачебно-санитарным и ветеринарным надзором.

Все устройства и помещения должны удовлетворять требованиям техники безопасности, и также правилам санитарии, устанавливаемым соответственно Наркомтрудом и органами санитарного надзора.

§ 94. При проектировании служебных и технических зданий необходимо стремиться к всемерной стандартизации проектирования и заводскому изготовлению отдельных частей и деталей сооружений и сборных конструкций с учетом директив правительства и НКПС о применении и расходовании дефицитных материалов.

ГЛАВА XI

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

§ 95. Пункты набора воды. Водоснабжения устраиваются на деповских, узловых и промежуточных между ними станциях. Водоснабжения на перегонах устраиваются только каждый раз с особого разрешения НКПС.

Расстояния между пунктами водоснабжения должны удовлетворять пропуску по дороге в обе стороны транзитного поезда, расходующего наибольший процент объема воды в тендере, при типах паровозов и объема тендеров, предположенных к обращению.

В случае, если типы обращающихся паровозов и тендеров не могут быть ко времени проектирования дороги окончательно установлены, расстояния между пунктами водоснабжения должны удовлетворять пропуску в обе стороны товарного поезда наибольшего веса при паровозе серии Э 0-5-0 и тендера емкостью 23 куб. *м*.

Пункты набора воды должны назначатъся на таком взаимном расстоянии, чтобы между ними был нарасходован, по возможности весь полезный запас воды в тендере, принимаемый в средних условиях равным 80% от полного объема тендера. В отдельных случаях, когда по условиям расположения станции или источников водоснабжения потребуется израсходование большого объема воды и когда подход к станции с водоснабжением располагается не на подъеме, израсходование воды допускается до 85% полного объема тендера.

В местностях с особо неблагоприятными метеорологическими и климатическими условиями (продолжительные морозы, сильные ветры и т. п.), при расчетном расходе необходимо предвидеть на период трудных условий работы возможность добора воды на тех станциях и разъездах, где водоснабжение устроено лишь для хозяйственных нужд или должны быть предвидены другие меры для возможности добора воды (напорные или безнапорные специальные стационарные водохранилища с дополнительным запасом воды на промежуточных остановочных пунктах и т. п.).

Снабжение водою сборных поездов должно быть обеспечено, в случае надобности, дополнительными устройствами.

§ 96. Обеспечение непрерывности водоснабжения. Водоснабжение в целом должно быть запроектировано по принципу технической целесообразности и экономической выгодности и должно обеспечивать непрерывность движения всех поездов, подлежащих регулярному обращению при минимальных обустройствах водоснабжения.

На промежуточных станциях основным типом является водоснабжение, называемое одиночным и состоящее как минимум, из следующих главных обустройств:

1) источника водоснабжения с водоприемными устройствами,

2) одной всасывающей и одной нагнетательной линии,

3) одного основного агрегата механического оборудования потребной мощности и одного запасного агрегата той же или меньшей мощности, в зависимости от экономической выгодности и с учетом стремления к выбору однотипного оборудования,

4) двух водоразборных кранов для паровозов.

НТБ ДНУЖТ

Для обеспечения бесперебойности движения поезд при одиночном оборудовании надлежит проектировать мероприятия, обеспечивающие водоснабжение на период аварий основных обустройств (кроме катастрофических: вследствие пожаров, землетрясений и т. п.).

Такими мероприятиями могут являться:

1) устройство дополнительных напорных или безнапорных (заложенных под землей) водоемных резервуаров, обеспечивающих, вместе с рабочим баком, не менее двухсуточного запаса воды на период устранения возможных аварий;

2) устройство вспомогательных водоснабжений упрощенного типа, расположенных на раздельных пунктах, где вода имеется вблизи пути, и сооружаемых на основании специальных норм и правил;

3) устройство водоснабжения с двойным комплектом обустройств, нерассчитанным, как правило, при условии единовременной работы всех этих обустройств для подачи расчетного суточного количества воды.

При этом, в последнем случае, при порче одного из комплектов оборудования могут быть введены добаволные мероприятия и обустройства, обеспечивающие требуемое количество воды для движения поездов, например водоемные резервуары на суточный расход воды в дополнение к уменьшенному количеству, подаваемому исправным комплектом, увеличенное суточное число часов работы водокачки и пр.

Присоединение в соответствующих случаях, с разрешения НКПС и Наркомвоенмора, к коммунальным и промышленным водопроводам для использования их в случае порчи железнодорожного водоснабжения, и другие меры, обеспечивающие бесперебойность водоснабжения.

Если указанные в пп. 1—4 мероприятия не будут давать значительной экономической выгоды, то, в качестве меры обеспечения бесперебойности движения, может быть избран двойной комплект обустройств, из коих каждый может быть рассчитан на подачу полного расчетного суточного количества воды.

Выбор того или иного варианта усиления основного водоснабжения должен быть произведен, в зависимости от местных условий, по минимуму строительно-эксплоатационных расходов на устройство и содержание предполагаемых к сооружению вариантов водоснабжения.

Примечания: 1. На деповских и узловых станциях, как общее правило, устраиваются водоснабжения с двойным комплектом обустройств, рассчитанных каждый на подачу полного потребного суточного расхода воды.

При этом в случае особых затруднений с укладкой двух нагнетательных линий допускается прокладка одной линии с дополнительными мероприятиями, обеспечивающими бесперебойность снабжения водою станции, на период устранения возможных аварий напорной линии.

2. Двойной комплект обустройств водоснабжения составляют:

1) источник водоснабжения с двумя водоприемниками или с одним, разделенным на отделения; соответствующее количество буровых скважин и колодцев, обеспечивающих во всякое время непрерывность подачи потребного количества воды;

2) две всасывающие и две нагнетательные линии;

3) один основной агрегат механического оборудования потребной мощности и один запасный агрегат той же или меньшей мощности, в зависимости от расчетного расхода воды, экономической выгодности в постройке и эксплоатации с учетом стремления к выбору однотипного оборудования;

4) не менее двух водоразборных кранов для паровозов;

5) допускается с особого разрешения НКПС и Наркомвоенмора пользование коммунальными и промышленными водопроводами для паровозов и других нужд станции, при условии, что такое водоснабжение гарантировано от перебоев и при наличии условий экономической выгодности или неизбежности такого пользования. При отсутствии гарантии бесперебойности коммунальных и промышленных водопроводов допускается, в соответственно оправдываемых случаях, частичное их использование или постройка добавочного железнодорожного водоснабжения для работы на время перерыва подачи воды коммунальным или промышленным водопроводом.

§ 97. Мощность водоснабжения. Мощность обустройств, составляющих в целом водоснабжение, должна соответствовать определенному суточному расходу воды, который в дальнейшем называется расчетным расходом.

Величина расчетного расхода воды определяется в зависимости от размеров грузооборота.

При этом те отдельные обустройства водоснабжения, которые допускают постепенное расширение их без капитальных переустройств, должны соответствовать

НТБ ДНУЖТ

расчетному расходу воды определяемому по грузообороту к моменту сдачи в эксплоатацию (см. § 9, гл. 1).

размеры тех. обустройств, которые впоследствии, при развитии движения, потребовали бы для своего расширения более значительных капиталовложений, чем затраты при постройке дороги, определяются соответственно расчетному расходу воды на тот год эксплоатации, который определится по условиям эффективности капиталовложений (см. § 9, гл. I).

При этом надлежит проверить технико-экономическими подсчетами взаимную увязку отдельных элементов обустройств водоснабжения.

§ 98. Количество воды на станциях с водоснабжением. Количество воды, которое в течение суток должно быть обеспечено станцией с водоснабжением, зависит от размеров движения и слагается из:

а) Количества воды, необходимого на тягу поездов и исчисляемого на пополнение тендеров коммерческого или воинского движения, израсходовавших воду на перегонах, смежных с пунктом водоснабжения.

При этом на деповских и конечных станциях к объему воды, израсходованному на перегоне, добавляется по 3 $м^3$ на каждый прибывающий паровоз для поддержания его в горячем состоянии и на прочие его нужды.

При исчислении количества воды на тягу поездов учитывается суточная неравномерность коммерческого движения, определяемая в соответствии с местными условиями и для средних условий принимаемая равной 1,30.

Расход воды на перегонах определяется по правилам тяговых расчетов, издаваемых НКПС.

На маловодных участках, а также при расчете вспомогательных водоснабжений, допускается обеспечивать суточный расход воды на тягу поездов лишь на пополнение тендеров, достаточное на предстоящий перегон, считая его до следующего пункта с водоснабжением, причем должно быть учтено соответствующее увеличение подачи воды на следующей станции.

б) Количества воды, потребного на маневры, промывку и обмывку паровозов, а также для потребностей мастерских, электростанций, самих водокачек, столовых, кубовых, на водопой перевозимого скота, на промывку и снабжение вагонов, буфетов, клубов, бань, прачечных, а также для нужд живущих на станции рабочих и служащих по расчетным нормам потребности воды, издаваемым НКПС. При невозможности точного исчисления, суточный расход воды на станционные нужды принимается равным, в зависимости от маневровой работы станции, от 30 до 70 $м^3$ на промежуточной недеповской станции, 40% расхода для поездных паровозов — для станций с оборотным депо и 80% расхода для поездных паровозов — для станций с коренным депо, с учетом возможного увеличения расходов воды для маневров и нужд населения на сортировочных станциях, имеющих оборотные депо.

в) Количества воды, предназначаемого для перевозимых войск, указываемого Наркомвоенмором по его нормам.

Суточный расход воды, полученный суммированием расходов по пунктам а, б, в, увеличивается на 5 — 10% в расчете на всякого рода неучтенные расходы и утечки.

Примечание. Станции и разъезды, не имеющие поездных водоснабжений, должны быть снабжены водой для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд населения.

§ 99. Источники водоснабжения. Источник водоснабжения должен бесперебойно обеспечивать во всякое время подачу потребного количества воды для станции.

Минимальный расход воды в источнике должен в самый неблагоприятный период года обеспечивать расход воды на станции для коммерческого движения к началу работы дороги.

При этом должна быть предвидена и доказана при увеличении расхода воды сверх минимального возможность обеспечения потребного на 10 лет вперед расхода воды путем постепенного дополнительного устройства подземных водосборов, буровых скважин, водохранилищ и т. п.

В случае устройства водохранилища, полезный объем его (с учетом запаса на промерзание, заиливание и испарение) исчисляется на обеспечение коммерческого движения в наиболее неблагоприятный по выпадению осадков период данной местности, причем размер грузооборота при этом движении принимается на 10-й год после начала эксплоатации дороги.

Количество выпадающих осадков принимается согласно местных гидро-метеорологических данных. Должна быть также проверена достаточность питающего бассейна по нормам коэфициентов стока.

НТБ ДНУЖТ

В случае затруднительности сооружения водохранилища с запасом воды соответствующего к концу 10-летнего периода коммерческого движения допускается устраивать таковое на меньший запас воды, предусматривая, однако, возможность устройства в будущем добавочных сооружений, в виде вспомогательных водохранилищ, подземных водосборов, колодцев, буровых скважин и т. п.

Для линий, указываемых Наркомвоенмором, минимальный приток воды должен быть проверен на удовлетворение нужд максимального воинского движения, определяемого в 24 пары поездов в сутки, с весом вагонов 1000 тонн, при паровозе серии Э, для однопутного движения, а для двухпутного движения — по специальному заданию.

Для линий, по специальным указаниям Наркомвоенмора, запас воды в водохранилище должен быть не менее обеспечивающего максимальное воинское движение.

При отсутствии на значительном протяжении дороги воды, пригодной для питания паровозов, допускается устройство продольных водопроводов, следование с поездами прицепных цистерн с водой, развоз воды поездами и т. п. При этом выбор решения производится на основании сравнения стоимости получения воды тем или иным способом с учетом процентов амортизации капиталовложений и расходов эксплоатации.

Вода из всякого источника водоснабжения, предназначенная для перевозов, для питья и для хозяйственно-бытовых нужд, должна быть подвергнута лабораторному анализу на пригодность ее для соответствующих целей, причем вода, предназначенная для питания паровозов, должна быть возможно мягкой и не должна содержать в себе примесей, вредно влияющих на материал котлов.

При общей жесткости воды более 12 немецких градусов и до 20 должна быть учтена возможность сооружения смягчительных устройств в будущем. При общей жесткости свыше 20 немецких градусов такие устройства должны быть построены при сооружении дороги, если только не предвидится исправления воды каким-либо другим способом.

Вода, содержащая значительные количества мути, должна быть улучшена при помощи отстаивания.

Вода для хозяйственно-бытовых нужд и для питья может быть получена либо из общего с поездным водоснабжением источника, либо если вода по результатам химико-бактериологического анализа оказывается неудовлетворительной, станционные надобности должны быть особо обеспечены пригодной водой: на малых промежуточных станциях путем устройства колодцев, буровых скважин, подвозкой воды или очисткой ее и обеззараживанием, а на крупных станциях со значительным расходом на станционные нужды, также путем устройства раздельных водоснабжений, или водоснабжений, объединенных с ближайшими селениями, в зависимости от местных условий и экономической выгодности.

§ 100. Механические устройства для подачи воды. Механическое оборудование для каждой дороги должно быть сведено к минимальному числу типов.

Выбор той или иной системы водоподъемного механического оборудования производится в зависимости от местных условий, в частности, в зависимости от наличия и невозможности доставки топлива, наличия и стоимости электроэнергии и т. п. и должен обосновываться подсчетами стоимости единицы объема подаваемой воды при различных вариантах.

Мощность основного агрегата механического оборудования рассчитывается на подачу расчетного суточного расхода воды для интенсивности движения, соответствующей первоначальной работе дороги в течение числа часов работы оборудования, кратного продолжительности рабочего дня и числу смен обслуживающего персонала.

Для установления наиболее целесообразного, при суточном расходе, соответствующем первоначальному движению, количества смен исчисляются строительные, по сооружению водоснабжения расходы, и эксплоатационные расходы по содержанию водоснабжения при одно-двух и трехсменной работе и выбирается вариант, дающий минимум общих ежегодных расходов.

Мощность запасного агрегата должна быть достаточна для подачи того же общего суточного количества воды, на которое рассчитан основной агрегат, но при этом числе часов работы запасного агрегата в течение суток может быть увеличено, в зависимости от чего часовая мощность запасного агрегата может быть уменьшена, однако, с учетом стремления к выбору однотипных агрегатов.

Если для подачи на данную станцию расчетного суточного расхода воды для первоначального движения экономически выгодной оказалась бы трехсменная работа водокачки, то расчетный суточный расход воды принимается соответственно движению

НТБ ДНУЖТ

на пятый год эксплоатации; при этом запасный агрегат принимается одинаковой мощности с основным агрегатом.

При определении мощности оборудования расчетное число часов работы машин за каждую смену принимается равным установленному рабочему дню, за вычетом одного часа на прием и сдачу агрегата от одной смены к другой, а также на осмотр и мелкие исправления.

С целью уменьшения расходов эксплоатации рекомендуется в тех случаях, где это экономически и технически оправдывается, введение автоматической и полуавтоматической работы агрегатов.

Для промежуточных станций мощность механического оборудования исчисляется в предположении равномерного в течение суток расходования воды, для деповских же станций мощность оборудования рассчитывается на возможность обеспечения усиленной подачи воды в дневное время. Коэфициент неравномерности суточной потребности в воде рассчитывается в зависимости от местных условий. Для предварительных соображений может быть принято, что при равномерном расходовании в течение суток поездного и воинского расхода — расход воды на хозяйственные и др. нужды составляет за 7 часов $^2/_3$ от суточного расхода на эти нужды.

Допускается в соответственных, экономически и технически оправданных случаях, при незначительной равномерности расхода воды в течение суток, постановка агрегатов различной мощности для ступенчатого включения их в работу при повышении расхода воды.

Минимальная мощность обустройств снабжения малых промежуточных станций должна соответствовать производительности не менее 20 $м^3$ воды в час каждого насоса.

На тех станциях, где имеется ценное имущество или огнеопасные сооружения и склады, производительность насосов должна быть не менее 40 $м^3$ в час. На деповских и узловых станциях производительность насосов увязывается с системой пожарной охраны станции и должна быть не менее 50 $м^3$ в час для каждого насоса.

Для линий, указываемых Наркомвоенмором, мощность механического оборудования должна быть проверена на удовлетворение потребности 24 пар воинских поездов в сутки для однопутной дороги и числа пар поездов по специальному заданию — для двухпутной, в течение 22-часовой расчетной работы оборудования.

Добавочное механическое оборудование для нужд воинского движения сооружается в сроки, согласованные с Наркомвоенмором.

Механическое оборудование для подачи воды может быть помещено, в зависимости расположения источника и системы оборудования, в отдельном водоподъемном здании, в пристройке к водонапорной башне, в самой башне или в каком-либо другом помещении, где это окажется целесообразным и в соответствии с правилами охраны труда, а в подлежащих случаях — с требованиями Наркомвоенмора.

Допускаются деревянные, защищенные от возгорания водоподъемные здания и из других материалов, если это вызывается экономической выгодностью.

В тех случаях, где это представится целесообразным и выгодным, рекомендуется объединение насосной с электрической станций и другими силовыми установками.

В соответственных случаях рекомендуется использование тепла отходящих горячих газов механического оборудования водоподъемных зданий для целей отопления и пр.

§ 101. Водоподъемные здания. Водоподъемное здание с водоприемником должно располагаться вдали от мест загрязнения источника. В случае, если вода употребляется для питья и хозяйственно-бытовых нужд населения, местоположение его должно быть согласовано с органами транспортного санитарного надзора, с установлением зоны санитарной охраны в соответствии с действующими законоположениями.

Водоподъемное здание должно быть достаточно для размещения предполагаемого к установке оборудования и должно давать возможность дальнейшего его увеличения с ростом коммерческого движения на дороге, либо для потребностей воинского движения.

При водоподъ мном здании должен иметься склад топлива, размерами в соответствии с дальностью и условиями доставки его и, во всяком случае, не менее, как на трехмесячный запас топлива.

В водоподъемном здания должны быть поставлены контрольно-измерительные приборы, как-то: манометр, вакуумметры, водомеры, счетчики оборотов поршневых насосов.

При водоподъемном здании должно находиться жилое помещение со службами и оградами для персонала, обслуживающего водокачку, при установленном числе

НТБ ДИИЖТ

смен, с добавлением одной комнаты для подсмены и слесарей по ремонту водокачки.

При наличии близлежащих поселений, допускающих возможность расселения персонала, жилые помещения могут быть устраиваемы не для всех смен, а лишь для одной.

При постройке жилых помещений площадь таковых рассчитывается как для семейных агентов.

Водоподъемное здание должно быть обеспечено удобным сообщением со станции для персонала водокачки, для подвоза материалов и топлива.

Должна быть обеспечена телефонная связь со станцией и, кроме того, должна иметься в водоподъемном здании, в необходимых случаях и в жилых помещениях, автоматическая водоуказательная сигнализация.

§ 102. Водонапорные башни. Водонапорные башни должны иметь один бак, разделенный на отделения, или несколько баков.

Опоры под баками и шатры для них могут устраиваться из сгораемых и несгораемых материалов, причем при наличии на станции одного водоемного здания все сгораемые части должны быть защищены от возгорания. Допускается также устройство водоемных башен, если это представится выгодным на искусственных и естественных земляных курганах. Рекомендуется установка как на промежуточных, так и на деповских станциях нескольких упрощенного типа, низких водоемных башен, устанавливаемых вблизи гидравлических колонн или в местах значительного потребления воды, взамен одной центральной башни, в зависимости от стоимости сооружения башни разводящей сети, в каждом из вариантов.

Общая полезная емкость баков должна обеспечивать расход воды на время перерыва в работе насосов, с учетом пожарного запаса воды и неравномерного расходования воды.

Перерыв в работе насосов определяется на основании принятого порядка работы водокачки в течение суток, причем количество смен работы водокачки определяется на основании указаний § 100.

При односменной работе водокачки емкость бака может рассчитываться в предположении одного перерыва в течение установленного рабочего дня с тем, что за каждые полсмены будет накачиваться полсуточный расчетный расход воды.

Расчетный суточный расход воды, на основании которого определяется емкость баков, принимается для интенсивности движения, предположенной к началу работы дороги.

Минимальная емкость баков, устанавливаемых на станциях, должна быть не менее 120 $м^3$, включая пожарный запас, причем величина пожарного запаса зависит от размеров станции, наличия на ней ценных или горючих зданий и должна быть, во всяком случае, не менее 40 $м^3$ (не менее двух струй в течение часа, по пяти литров в секунду каждая).

Высота водоемного здания должна быть достаточна для подачи по разводящим трубам расчетного количества воды к пунктам потребления.

Пожарный напор, получаемый из пожарного крана при посредстве рукава и брандспойта, обеспечивается лишь при водоемных зданиях, устраиваемых по специальным заданиям, при наличии на станциях ценных складов, сооружений и имущества.

Напор и диаметры разводящей сети должны быть согласованы между собой и оправданы подсчетами, доказывающими вы одность повышения водоемного здания или увеличения диаметра труб, в зависимости от плана станции и расположения обустройств.

Пневматические безбашенные водоснабжения устраиваются по особым техническим условиям и отдельным заданиям.

§ 103. Разводящая сеть и краны. Расчетное (чистое) время добора воды паровозом устанавливается в пять минут для тендеров принятой емкости. Время набора воды может быть повышено до 8 минут и более для паровозных кранов при депо для кранов на станциях с техническим осмотром, сменой бригад или набором топлива и во всех тех случаях где простой паровоза на станции вызывается техническими операциями и равен или превышает 10 мин., при возможности в то же время производить набор воды.

При движении поездов с двумя паровозами в голове поезда чистое время добора воды на промежуточных станциях, при неодновременном доборе воды паровозами, не должно превышать 5 мин. на каждый тендер.

НТБ ДНУЖТ

Количество гидравлических колонн должно быть увязано с планом и работой станции, причем на малых недеповских промежуточных станциях число колонн должно быть не менее двух, установленных на приемоотправочных путях; сверх того, в соответственных случаях могут быть устроены колонны для пассажирских поездов.

На деповских станциях колонны устанавливаются на тракционных путях в количестве в зависимости от проекта и работы станции, но не менее двух и, кроме того, на сортировочных путях.

Места для установки колонн назначаются в соответствии с порядком поточности движения и экипировки паровозов.

На тех деповских станциях, которые проходятся пассажирскими паровозами без смены, устанавливаются гидравлические колонны на пассажирских путях.

Количество кранов, питающихся одновременно из одной водопроводной магистрали, устанавливается в зависимости от проекта работы станции, с учетом действительной необходимости одновременой работы.

Скорость для расчета диаметров разводящих труб принимается не более 2 *м* в сек. Минимальная расчетная скорость не должна быть менее 0,5 *м* в сек.

Разводящая сеть укладывается по тупиковой системе, причем на концах тупиков, обслуживающих гидравлические колонны, должны быть установлены предохранительные клапаны.

При интенсивном движении, а также во всех случаях, где это экономически целесообразно, разводящая сеть может устраиваться и по кольцевой системе, в предположении подвода требуемого для крана количества воды с двух сторон.

На ответвлениях разводящих труб должны устанавливаться задвижки.

Диаметры ответвлений к пожарным и пожарно-водоразборным кранам должны обеспечивать при средней скорости движения воды подачу из каждого крана не менее двух струй воды, производительностью не менее пяти литров в секунду каждая.

Диаметры ответвлений к пожарным кранам противопожарной сети, устраиваемой по особым заданиям, должны обеспечить подачу заданного количества воды под требуемым напором, при скорости движения воды не более 2 *м* в секунду.

Вся сеть водопроводных труб должна быть уложена в грунте ниже глубины промерзания. В случае невозможности выполнения этого условия, должны быть приняты меры для избежания замерзания воды в трубах.

Напор при гидравлическом испытании металлических трубопроводов устанавливается для разводящих и напорных труб на рабочее давление плюс 5 атмосфер, но во всяком случае не менее 10 атмосфер.

Для укладки разводящей водопроводной сети и нагнетательных линий допускается применение труб из всякого материала, обеспечивающего подачу воды под требуемым напором и гарантированного от разрушения веществами, находящимися как в самой воде, так и в грунте. Допускается применение чугунных, стальных, защищенных от ржавления труб, а также по особым разрешениям и специальным Т. У. асбоцементных, железобетонных и деревянных труб.

Диаметры всякого рода труб должны соответствовать установленному нормальному сортаменту.

§ 104. Нагнетательные и всасывающие линии. Наивыгоднейший диаметр напорных труб определяется путем составления сравнительных подсчетов стоимости напорных труб и установки механического оборудования, а также эксплоатационных расходов при различных диаметрах труб.

Расход воды, который должен быть в течение суток за принятое число часов работы доставлен по напорным трубам, должен соответствовать первоначальному движению, а при трехсменной работе водокачки — интенсивности движения через 5 лет после открытия дороги.

Максимальная скорость движения воды в напорных трубах принимается не свыше 1,25 *м/сек*. Наименьшая скорость движения воды в трубах принимается в зависимости от наличия в воде взвешенных веществ, но должна быть не менее 0,50 *м/сек*.

Минимальный диаметр напорной трубы устанавливается в зависимости от вышеуказанных расчетов, но должен быть не менее 100 *мм*.

Внутреннее рабочее давление в трубах не должно превышать допустимого по условиям безопасной работы трубопровода, в зависимости от материала труб и способа их соединения и принимается для нормальных чугунных напорных труб не более 10 атм., а для деревянных труб не более 6 атм.

При изготовлении труб по особым условиям и заданиям допускается давление в чугунных трубопроводах до 15 атм., а для деревянных до 10 атм.

НТБ ДНУЖТ

Против повышения давления в трубопроводе сверх допустимого трубопровод должен гарантироваться от повреждений постановкой предохранительных клапанов.

Если расчетное давление превышает допустимое для нормальных труб из данного материала, то необходимо укладывать трубы повышенной прочности, или принимать меры к понижению расчетного давления путем увеличения диаметра труб, постановки перекачных станций, или принятия других мер, в зависимости от их экономичности.

Всасывающие трубы должны иметь диаметр не менее диаметра напорных труб, соответственно величине гидравлических сопротивлений при всасывании и конструкции насоса.

Рекомендуется увеличение диаметра всасывающих труб по сравнению с напорными на 25 — 50 *мм*, в зависимости от длины трубопровода и стандартного размера труб.

Наряду с фланцевыми трубами для укладки всасывающих трубопроводов допускаются и раструбные трубы.

Между нагнетательной линией и разводящей сетью должно быть устроено соединение внутри водоемного здания для подачи воды непосредственно в сеть. По специальным заданиям такое соединение устраивается также и снаружи здания.

Нагнетательная линия должна быть разделена на ремонтные участки, длиной не более 500 *м*, со смотровыми колодцами на границах участков, запорными кранами и патрубками для испытания линии.

В повышенных точках должны быть установлены воздушные вантузы, а в пониженных — осадочные, с постановкой их, по возможности, в вышеуказанных смотровых колодцах.

При пересечении напорной линией полотна дороги вне территории станции под главным путем — линия должна быть заключена в галлерею или чехлы со смотровыми колодцами по концам, допускающую осмотр и ремонт труб и выпуск воды.

§ 105. Противопожарные приспособления. Территория станций с водоснабжением должна быть оборудована пожарно-водоразборными кранами, в соответствии с проектом станций. При наличии на станции больших складов, складов с горючими материалами, или особо ценного имущества и т. п., должно быть устроено специальное противопожарное водоснабжение по особому заданию.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ПРАВИЛА РАЗМЕЩЕНИЯ ПУНКТОВ С ТЕХНИЧЕСКИМИ ОПЕРАЦИЯМИ И НОРМЫ СТОЯНОК В ЭТИХ ПУНКТАХ

А. Пункты смены паровозов

1. Станции с депо коренными и оборотными должны, как правило, располагаться при обезличенной езде на расстоянии, примерно 300—400 километров друг от друга.

Б. Пункты смены бригад

1. Пункты смены бригад должны быть расположены по условию 7-часовой непрерывной работы этих бригад при коммерческом движении.

Примечание. Для возможности удовлетворения всех требований настоящих правил возможно допускать непрерывную работу бригад до 10 и не свыше 12 часов.

2. Нормы работы паровозных бригад по приему и сдаче паровозов должны приниматься:

1) На станциях с депо,
а) для отправляющихся бригад—30 мин.
б) для прибывающих бригад—42 мин.
2) В пунктах смены бригад—15 мин.

Время работы бригад от момента отправления поезда с деповской станции или пункта смены бригад до момента прибытия поезда на ближайший пункт смены бригады или на ближайшую деповскую станцию определяется как частное, $\frac{L}{v_к}$,

где: L—длина участка оборота бригад,
$v_к$—коммерческая скорость движения поездов на участке оборота бригад.

---

[1] С введением 6-часового рабочего дня на всей сети ж. д. или на отдельных ее направлениях расчет надлежит вести, исходя соответственно из 6 часов непрерывной работы.

НТБ ДНУЖТ

Примечания: 1. Коммерческая скорость максимального коммерческого графика определяется построением его.

2. Коммерческая скорость максимального параллельного графика определяется по формуле:

$$v''_к = \frac{2L\max n}{24(m-2) + \frac{t_1 + t_m + 2t}{60}\max n + \tau_g},$$

где:

m—длина участка между деповскими станциями,

max n—максимальная пропускная способность участка числом пар поездов,

m—число перегонов на участке,

t_1 и t_m—время хода пары поездов по крайним перегонам участка (с учетом разгонов и замедлений),

2τ—время на производство операций по пропуску пары поездов,

τ_g—дополнительные простои всех поездов, вызываемые необходимостью стоянок на раздельных пунктах по техническим надобностям, причем:

а) при сдвижке всех поездов одного лишь направления на период по каждому перегону, на котором производится такая сдвижка, получается дополнительный простой всех сдвинутых поездов, равный 24 часам;

б) тоже при сдвижке поездов на полпериода по каждому перегону, на котором производится такая сдвижка, дополнительный простой всех поездов получается равным 24 час.

3. Грубо ориентировочно коммерческую скорость движения поездов можно полагать равной

$$v_к = 0{,}7\ v_x$$

где v_x—ходовая скорость движения поездов по участку без учета простоев на раздельных пунктах.

В. Пункты технического осмотра

1. Пункты технического осмотра должны располагаться один от другого на расстоянии в среднем 100—150 километров.

2. Норма простоя поезда под техническим осмотром принимается в размере 15 мин.

Г. Пункты набора топлива

1. Размещение пунктов набора топлива производится из расчета расхода топлива между пунктами набора нормально в количестве не свыше 90% от расчетного запаса его на тендере.

Примечание. Расчет расхода топлива производится по правилам тяговых расчетов.

2. Норма стоянки поезда для набора топлива может быть принята в следующем размере: при отоплении дровяном 60 мин., угольном 10 мин.

Примечание. Указанная норма для угля дана в предположении подачи топлива с экстакады без отцепки паровоза.

Д. Пункты набора воды

1. Размещение пунктов набора воды производится согласно указаний главы XI.

2. Норма простоя поезда на станции для снабжения водою коммерческих поездов без отцепки паровоза при одиночной тяге принимается равной 7 минут, а при двойной тяге—не менее 12 минут.

Е. Пункты чистки топки

Необходимость пунктов чистки топки и частота их размещения зависит от рода и сорта топлива, причем от тех же факторов зависит и необходимый для чистки топки простой. Для ориентировочных соображений принимается, что при отоплении углем чистка топки производится в пунктах набора топлива и требует 40 мин. дополнительно ко времени набора топлива.

Ж. Пункты постановки к поезду и уборки толкачей

1. Размещение этих пунктов зависит от выбранной схемы толкания и обслуживания толкачами поездов.

НТБ ДНУЖТ

2. Норма простоя для постановки к поезду или уборки толкача может быть принята в 5 минут.

3. Порядок выбора схемы размещения пунктов с техническими операциями

1. Размещение остановочных пунктов с техническими операциями должно производиться, стремясь к возможному уменьшению числа таких пунктов и числа одинаковых операций и возможному совмещению большего количества операций на одном пункте.

2. Операцией, требующей наибольшего числа остановок, является набор воды, почему размещение пунктов с техническими операциями надо начинать именно с размещения пунктов набора воды, за исключением случаев, указанных в п. 7 прилож. 1.

3. Пункты смены бригад и технического осмотра должны быть, по возможности, совмещены с пунктами набора топлива и чистки топки.

4. Размещение пунктов с техническими операциями должно быть увязано с размещением пунктов с коммерческими операциями.

§ 31. Некоторые данные для определения количества и размеров станционных обустройств

Примечание. Прилагаемое положение 1926 г. составлено по рабочему времени из расчета шестидневной рабочей недели и одного выходного дня, что давало 192 рабочих часа в месяц. В настоящее время работа производится непрерывно в две и более смен, т. е. число рабочих часов в месяц по использованию оборудования можно считать около $2 \times 7 \times 30 = 420$ час. Следовательно, в отношении использования оборудования интенсивность такового поднялась на $\frac{420 - 192}{192} \times 100\% = 118\%$. Кроме того, изменился объем работ вследствие укрупнения и усложнения паровозов и вагонов. Но наряду с этим появилось более совершенное оборудование по обработке материалов.

Выдержки из проекта положения по составлению проектов тяговых устройств (1926 г.)

§ 2. Линия должна быть разделена на тяговые участки, обслуживаемые паровозами от коренного до оборотного депо. Нормальное расстояние от коренного до оборотного депо должно быть от 125 до 170 км в зависимости от порядка обслуживания бригадами, распределения депо и др. местных условий.

§ 10. Основными данными для расчета и проектирования тяговых устройств служит задаваемая работа дороги, выраженная количеством пар поездов, определяемых тонно-километрами и пассажиро-километрами.

§ 11. При расчете пробега паровозов к заданному пробегу коммерческих, пассажирских и товарных поездов должны быть добавлены: пробег с хозяйственными поездами, одиночными паровозами или двойной тягой для засылки паровозов, на маневрах и в резерве, считая один час работы на маневрах и в резерве за 6 километров.

Если имеются определенные указания о вышеперечисленных частых пробегах паровозов, расчет может быть произведен по имеющимся заданиям. В противном случае к пробегу коммерческих поездов следует прибавить для пассажирских 5% и товарных — 45%, принимая в число 45% также пробег с хозяйственными поездами, который составляет 5% от пробега коммерческих поездов.

§ 12. Количество паровозов определяется по графику оборота паровозов, если таковой может быть составлен, или по коэфициенту потребности на одну пару поездов, если известно время оборотов паровозов. Во втором случае число паровозов равняется Ln, где — n число пар поездов и L — коэфициент потребности, причем $L = \frac{t}{24}$, где t — время оборота паровоза.

НТБ ДНУЖТ

Если указанных данных нет, то количество паровозов определяется по количеству паровозо-километров отдельно для пассажирских поездов, товарных, хозяйственных для маневров.

К полученному по указанному расчету количеству паровозов требуется добавить 20% на ремонт.

Приблизительное количество паровозов может быть определено по следующим формулам:

для пассажирских $$\frac{n \quad 2 \quad L \quad 365 \cdot 1{,}05}{l_1}$$

для товарных, включая маневры $$\frac{n \quad 2 \quad L \cdot 365 \cdot 1{,}45}{l_2},$$

где L—длина обслуживаемого участка, n—число пар поездов, включая и поезда для хозяйственных нужд дороги, и знаменатель — величина среднего годового пробега паровоза эксплоатируемого парка в километрах.

Примечание. Если величина среднего l_1 и l_2 пробега не поддается определению, то может быть взят средний годовой пробег по сети для пассажирских паровозов 43000 *км*; для товарных 38000 *км*.

§ 13. Количество пассажирских вагонов должно быть определено по графику оборота составов, причем простой составов на конечных станциях должен быть принят не менее следующей величины.

1) Для поездов дальнего следования прямого сообщения на основной станции

формирования поездов	24 часа.
на конечной станции следования	12 „

2) Для поездов местных (обращающихся в пределах одной дороги):

на основной станции формирования	24 часа.
на конечной станции следования	6

3) Для поездов пригородных — на основной станции:

формирования . .	3
на конечной станции	1

На ремонт добавляется 10%.

§ 14. Количество товарных вагонов определяется по количеству вагоно-километров и среднему годовому пробегу одного вагона инвентарного парка.

Приблизительное количество товарных вагонов может быть определено по следующей формуле:

$$\frac{n \cdot 2mL \cdot 365}{l},$$

где L — длина обслуживаемого участка; n — число пар поездов; m — количество вагонов в поездах; l — годовой пробег товарного вагона.

Примечание. Если средний пробег не поддается определению, то за расчетный пробег может быть взят средний пробег по сети 25000 *км*.

§ 18. Количество больных паровозов. В большой ремонт паровоз поступает по истечении 6 лет службы, т. е. ежегодно — $^1/_6$ часть всех паровозов.

В средний ремонт паровозы поступают приблизительно 1 раз в год по достижении проката бандажей — 5 *мм*; а при большой жесткости воды — по состоянию котла, т. е. ежегодно в средний ремонт поступает приблизительно $1 - {}^1/_6 = {}^5/_6$ всех паровозов (время простоя в ремонте указанно ниже, в § 42).

§ 19. Количество больных вагонов пассажирского парка. В большой ремонт вагоны с мягкой обивкой поступают через шесть лет, а жесткие через девять лет, т. е. ежегодно $^1/_6$ числа всех мягких вагонов и $^1/_9$ числа всех жестких вагонов. В средний ремонт вагоны поступают через три года, т. е. ежегодно $^1/_3$, а за вычетом вагонов, поступающих в большой ремонт, $^1/_3 - {}^1/_6 = {}^1/_6$ числа всех мягких вагонов и $^1/_3 - {}^1/_9 = {}^2/_9$ числа всех жестких вагонов. В периодический осмотр вагоны поступают один раз в год, т. е. ежегодно все вагоны, а за вычетом вагонов, поступающих в большой и средний ремонт $1 - {}^1/_3 = {}^2/_3$ всех вагонов.

Время простоя в большом ремонте составляет около 90 дней, в среднем ремонте около 60 дней и в периодическом осмотре 6—10 дней.

§ 20. Количество больных вагонов товарного парка. Конвенционный осмотр товарных вагонов производится через три года, т. е. ежегодно в конвенционный осмотр поступает $^1/_3$ всех вагонов. Вагоны изотермические, кроме

НТБ ДНУЖТ

трехгодичного осмотра, подвергаются периодическому осмотру один раз в год, т. е. ежегодно в периодический осмотр поступает $1 - {}^1/_3 = {}^2/_3$ всех изотермических вагонов.

§ 29. Общее количество станков для участка тяги определяется: 9 станков на 1 000 000 километров годового пробега паровозов.

§ 42. Общее количество по всей линии стойл паровозных зданий при обслуживании паровозов одиночными бригадами должно составлять:

1) для дорог Северного района — 60% от всего инвентарного количества паровозов,

2) для дорог Среднего района — 55%,

3) для дорог Южного района — 45%,

4) для дорог Закавказья и Средней Азии — 40%.

В это число входят также ремонтные стойла, предназначенные для среднего ремонта с подъемкой. Число ремонтных стойл определяется по количеству паровозов и тендеров, подлежащих среднему ремонту, считая, что с одного стойла можно выпустить 16 — 18 паровозов и 50 тендеров в год.

Неремонтные (для стоянки паровозов) стойла распределяются между коренными и оборотными депо. Для коренных депо следует брать не менее 67% всего числа неремонтных стойл.

Размеры паровозных зданий должны удовлетворять следующим условиям.

Длина стойл должна быть достаточной для постановки самого длинного паровоза из предназначенных для движения — по данной строящейся линии, причем промежуток между буферами паровозов и стеной паровозного здания следует оставлять не менее 1,5 *м* со стороны ворот и 3,0 *м* со стороны окон, а между буферами двух паровозов, стоящих на одном пути, не менее 0,65 *м*. Принимая во внимание, что в коренных депо веерного или прямоугольного типа с поперечными стойлами вдоль внешней стены устанавливаются слесарные верстаки и что должно быть достаточно мест для передвижки паровоза при ремонте и для промывки паровозов, длина стойл веерных зданий коренных депо (включая и подъемные) должна быть увеличена на 3,2 *м* и во всяком случае должна быть не менее 30 *м*. Длина стойл оборотных депо может быть равной 27,0 *м*.

Расстояние между осями смежных стойл в паровозных сараях прямоугольного типа должно быть не менее 6,4 *м*, включая толщину колонн между стойлами.

В паровозных сараях веерного типа наименьшее расстояние между осями двух смежных стойл (в воротах) должно быть не менее 5,20 *м* для вновь строящихся депо.

Расстояние между головкой рельса крайнего пути и стеной здания должно быть не менее 2,80 *м* для подъемных стойл и 2,45 *м* для стойл для стоянки паровоза.

Высота депо должна быть достаточной для помещения колпаков вытяжных дымовых труб над трубою паровоза (низ вытяжной трубы должен быть на расстоянии 5,35 *м* от головки рельса). Для возможности подъемки паровоза и для помещения подъемных приспособлений (потолочной балки с блоком), для съемки тяжелых частей с паровоза высота балки над головкой рельса должна быть 7,00 *м*. Высота стен коренных депо должна быть 7,00 *м*. Высота стен коренных депо должна быть не менее 7,00 *м* и оборотных депо не менее 6,00 *м* от головки рельса.

Отверстия ворот должны быть сделаны по габариту подвижного состава с запасом по ширине не менее 300 *мм* с каждой стороны и по высоте не менее 250 *мм*. Глубина кочегарных ям в депо должна быть от 0,50 *м* до 0,80 *м*. Глубина кочегарных наружных канав должна быть от 0,80 до 1,00 *м*. Дно канав должно быть выпуклое.

§ 43. Вагонные сараи для пассажирских вагонов устраиваются исключительно на начальных и конечных головных станциях, где производится формирование пассажирских поездов. Они должны вмещать не менее 6% всего количества пассажирских вагонов на дороге. Независимо от этого длина путей вагонных сараев на больших головных станциях формирования пассажирских поездов должна быть рассчитана по числу и длине составов пассажирских поездов, подлежащих постановке для осмотра, ремонта и чистки. При этом нужно считать, что составы поездов дальнего следования должны ставиться в вагонный сарай после каждого оборота, а составы поездов пригородного движения один раз в месяц, причем для постановки, осмотра и вывода состава дальнего следования требуется 24 часа, а для составов местного сообщения 6 часов.

Расстояние между осями смежных путей должно быть не менее 5,35 *м*; расстояние головки рельса крайнего пути до стены здания должно быть не менее 2,80 *м*. Высота стен вагонных сараев должна быть не менее 6 *м* от головки рельса. Отверстия ворот должны быть сделаны по габариту подвижного состава с запасом по ширине не менее 300 *м* с каждой стороны и по высоте не менее 250 *мм*.

НТБ ДНУЖТ

Глубина канав в вагонных сараях должна быть от 0,50 *мм* до 0,80 *м*.

Вагонные сараи для ремонта товарных вагонов на станциях с коренными депо должны устраиваться для постановки от 6 (для малых депо) до 12 вагонов (для больших депо). Средняя длина пути для постановки одного вагона может быть принята 10 *м*. Расстояние между осями смежных путей должно быть 5,35 *м*. Расстояние от головки рельса крайнего пути до стены здания должно быть не менее 2,80 *м*.

Примечание. Вагонные сараи для постановки пассажирских составов должны быть оборудованы пылесосами и приспособлениями для чистки и дезинфекции вагонов, для ремонта внутреннего оборудования вагонов, а также для снаряжения вагонов.

§ 3. Диаметр поворотных кругов должен соответствовать наибольшему паровозу, предназначенному для обслуживания данной строящейся линии, но во всяком случае диаметр круга должен быть не менее 24 *м*.

§ 53. Общая площадь участковых мастерских, включая площадь ремонтных (подъемочных) стойл при длине их 26,0 *м*, определяется по инвентарному числу паровозов, считая 27 кв. *м* на один паровоз.

§ 54. Площадь механического (токарного) отделения определяется по количеству станков, считая по 27 кв. *м* на каждый станок.

Площадь кузницы определяется по количеству горнов, считая по 22 кв. *м* на один огонь.

Площадь медницкой и жестяной определяется по числу мастеровых, считая по 4,50 кв. *м* на человека, но не менее 30 кв. *м* на большой медницкий горн.

Площадь трубоварочного отделения должна быть не менее 70 кв. *м*.

Площадь колесно-бандажного отделения должна быть не менее 90 кв. *м*.

Площадь чугунно-литейной должна быть не менее 90 кв. *м* и медно-литейной не менее 27 кв. *м*.

Площадь столярной определяется по количеству столяров, считая по 4,5 кв. *м* на одного столяра, но не менее 22 кв. *м*.

Площадь деревообделочной определяется по количеству станков, считая по 45 кв. *м* на один большой станок и 27 кв. *м* на малый станок.

§ 56. При составлении расценочных ведомостей должна быть включена сумма на постройку главных мастерских из расчета площади:

1) паровозных мастерских 45 кв. *м* на 1 инвентарный паровоз,

2) вагонных мастерских 15 кв. *м* на один инвентарный вагон пассажирского парка и 0,75 кв. *м* на один вагон товарного парка.

§ 57. Если нет особых указаний, склады топлива должны быть рассчитаны на трехмесячный запас. Если нефть на складах железных дорог получается водою, то запас должен быть рассчитан на срок прекращения навигации.

Расход топлива определяется расчетом. Если точного расчета нет, то можно определить приблизительно расход топлива по пробегу паровозов, считая на каждые 100 *км* пробега:

Расход дров	15,5 $м^3$
Расход угля	3,5 *т*
Расход нефти	1,75 *т*

§ 58. Площади складов топлива определяются по запасу топлива на складах, считая, что высота штабелей может быть для дров в среднем 3 *м*, но не более 5 *м*, угля — 2,0 *м*, но не более 4 *м*.

При наборе угля в сутки более, чем 24 паровозами, требуется устройство механических приспособлений для нагрузки.

Нефть хранится в резервуарах, размеры которых могут быть приняты следующие:

Емкость в *т*	Емкость в пудах	Диаметр в *м*	Высота в *м*
160	10 000	7,00	4,80
800	50 000	10,75	7,25
1 000	60 000	13,75	7,25
1 200	75 000	15,60	7,25
1 600	100 000	18,00	7,25
2 000	125 000	20,00	7,25
2 500	150 000	20,40	8,35
3 300	200 000	22,05	9,55

НТБ ДНУЖТ

Согласно правилам устройства складов и хранения горючих материалов нефть по температуре вспышки относится к 2 классу (с более высокой температурой вспышки) легко воспламеняющихся продуктов; резервуары для хранения нефти должны быть расположены от ближайших рельсовых путей и от зданий и сооружений в следующем расстоянии:

Для резервуаров вместимостью	не свыше 15 *т*	не ближе 15 *м*
„ „	от 15 *т* и не свыше 280 *м*	
„	не ближе	30 *м*
„	свыше 280 *т*	не ближе 60 *м*.

Расстояния между отдельными резервуарами в каждом отдельном случае устанавливаются правлением дороги в пределах от 10 до 30 *м* в зависимости от совершенства устройства в техническом и пожарном отношениях резервуаров, а также в зависимости от рода и количества хранящейся нефти.

Склады топлива должны быть расположены таким образом, чтобы для набора топлива паровоз не делал заездов.

§ 60. Длина путей для стоянки паровозов при коренных и оборотных депо должна быть рассчитана для постановки до 15% от инвентарного числа паровозов, считая $\frac{2}{3}$ для коренных депо и $\frac{1}{3}$ для оборотных депо. Длину пути для постановки одного паровоза следует принимать 25 *м*.

§ 61. Длина путей для очистки паровозов должна быть рассчитана по числу паровозов, одновременно простаивающих под очисткой, сообразно графику движения, считая время простоя под очисткой каждого паровоза — один час.

§ 62. Длина путей для стоянки резервных пассажирских вагонов должна быть рассчитана на постановку 5% от числа инвентарных пассажирских вагонов.

§ 63. Длина путей для ремонта больных вагонов должна быть рассчитана на 2,5% от числа проходящих в сутки через станцию товарных вагонов, считая в среднем длину пути для постановки одного товарного вагона 12,0 *м*. В эту длину ремонтных путей входит также длина путей в сараях для ремонта товарных вагонов.

Расстояние между осями этих путей должно быть не менее 6 *м*.

§ 65. Расстояние между путями на дровяных и угольных складах должно быть более 20 *м*.

Расчет количества путей, размеров и количества станционных обустройств

СОРТИРОВОЧНЫЕ СТАНЦИИ

1. Расчет количества путей в парке прибытия

Количество путей в парке прибытия определяется, исходя из расчета наибольшего количества единовременно скопляющихся в парке прибытия поездов.

Для того, чтобы решить вопрос о наибольшем числе поездов, которые могут единовременно скопиться в парке прибытия, нужно, имея график прибытия, выяснить продолжительность пребывания каждого прибывшего поезда в парке прибытия. Продолжительность эта зависит от двух причин.

1. От целой серии операций технического и коммерческого характера, которые приходится проделать перед тем, как пустить поезд в сортировку.

2. От продолжительности самой сортировки: прибывший поезд, по окончании всех указанных в пункте 1 операций, может непосредственно поступить в парк сортировки лишь в том случае, если прибывшнй ранее поезд окончил свою сортировку и парк сортировки свободен.

НТБ ДНУЖТ

Операции, которые приходится проделать для того, чтобы рассортировать прибывший поезд и составить новый поезд для дальнейшего следования.

Продолжительность этих операций и порядок их нижеследующие.

I. Первая стадия

Явка главного кондуктора с документами в контору движения.
Продолжительность — 10 мин.

II. Вторая стадия

Четыре параллельных операции.

1	2	3	4	5
a) Съемщик списывает в натурную книжку поезд с натуры (№№ вагонов; род вагонов; поверяет пломбы) Продолжительность около 30 мин. b) Съемщик идет в контору движения, где агент сл. движения делает разметку в принесенной съемщиком натурной книжке Продолжительность около 20 мин. c) Съемщик идет на пути и производит меловую разметку Продолжительность около 30 мин.	Коммерческий осмотр Продолж. около 1 час.	Технический осмотр Продолж. около 1 час.	Сличение в конторе движения принесенных главным кондуктором документов с передаточными ведомостями Продолжит. около 20 мин.	Операции в парке прибытия

Продолжительность операций II и I стадии около 1 час. 30 мин.

III. Третья стадия

Подъемка поезда на горку.
Продолжительность от 5 до 10 мин.

IV Четвертая стадия

Разборка поезда. Продолжительность этой операции зависит от способа сортировки. В среднем около 25 мин. при сортировке горками и наклонными путями и около 2-3 часов при сортировке паровозами помощью осаживания.

V. Пятая стадия

После накопления на одном из путей сортировочного парка достаточного количества вагонов для составления поезда происходит вытаскивание поезда в парк отправления.

Если расположение тормозных вагонов в полученном поезде не соответствует существующим на сей предмет правилам, то производится перекидка тормозов. Для этой цели полезно иметь особую вилку.

Продолжительность операции от 30 мин. до 1 час.

Операции в сортировочном парке

НТБ ДНУЖТ

VI. Шестая стадия

Две параллельных операции

1	2	
a) Списывание съемщиков поезда с натуры Продолжительность около 20 мин. b) Съемщик приходит в контору, отбирает (с полки) документы и передает их конторщику для записи в раздаточные списки Продолжительность около 40 мин. c) Запись документов в раздаточный список . . Продолжительность около 40 мин. Поезд готов к отправлению.	Уборка поезда (закрывание люков, дверей; уборка сцепных приборов); технический осмотр и мелкий ремонт Если поезд идет по своей дороге, то продолжительность указанных операций ококо $1^1/_2$ часа Если же поезд передается на чужую дорогу, то продолжительность около 3 часов	В парке отправления

Определение продолжительности сортировки (разборки поезда)

A. Сортировка горками

Продолжительность сортировки слагается из времени, потребного для производства собственно сортировки и времени, протекающего между сортировками двух поездов.

Продолжительность собственно сортировки одного поезда равняется произведению промежутка времени t, протекающего между отцепами на число отцепов.

Промежуток времени t между двумя отцепами можно принять 0,6 мин.

Эта цифра получена из опытов Bardo.

Во всяком случае t не превосходит 1 минуты. Иногда t бывает и гораздо менее 0,6 мин., а именно: желая увеличить пропускную способность горки, пускают вагон, не дожидаясь, чтобы предшествующий вагон прошел всю горку. Это особенно соблюдается за границей. На наших станциях t равняется около 0,6 мин.

Количество отцепов в среднем равняется 75% от числа вагонов поезда. Самый невыгодный случай будет иметь место, когда вагоны одного направления не стоят рядом, а разделены друг от друга вагонами других направлений; в таком случае отцепов будет 100%. Считая, что одновременно с горки может быть спущено не более двух вагонов, во избежание развития чрезмерной живой силы $\frac{mv^2}{2}$ (где $m = \frac{\Sigma p}{g}$ = весу одновременно спускаемых вагонов, деленному на ускорение силы тяжести), получим, что самый выгодный случай будет тогда, когда вагоны одного направления будут стоять по два рядом, число отцепов будет тогда равно 50%, среднее же количество отцепов будет равно $\frac{100+50}{2} = 75\%$ от числа вагонов поезда.

НТБ ДНУЖТ

Время между концом сортировки одного поезда и началом сортировки следующего может быть принято равным около 10 минут (5 минут на пробег паровоза с горки к следующему составу и 5 минут на подачу состава к горке).

Таким образом продолжительность сортировки одного поезда в n вагонов равна $0{,}6 \cdot \frac{75n}{100} + 10$ минут.

Расчет горки производится, исходя из следующих соображений.

1) Высота горки должна быть такова, чтобы приобретаемая вагонами при спуске с горки живая сила была достаточной для того, чтобы вагон мог дойти до конца парка.

2) Профиль горки должен быть подобран так, чтобы была исключена возможность наезда спущенного с горки груженого вагона на непосредственно перед этим спущенный порожний вагон.

Вероятность настижения будет тем меньше, чем скорее вагон пройдет расстояние от вершины горки до первой стрелки. Поэтому желательно, чтобы между вершиной горки и первой стрелкой имелся крутой спуск и чтобы первая стрелка была по возможности ближе к вершине горки.

Подробное описание способов расчета горки выходит за пределы настоящего курса.

В. Сортировка наклонными путями

Промежуток времени между отцепами можно принять в среднем равным около 0,6 минуты.

С. Сортировка паровозом помощью осаживания

В среднем число рейсов колеблется от 60 до 75% числа вагонов, при числе таковых от 50 до 60 в поезде.

Скорость движения при маневрах не должна быть более 15 *км/час.*

Средняя скорость—10 *км/час.*

Средняя длина одного рейса — $l + {}^3/_4\ l_1$, где l—длина пути, l_1 — длина стрелочной улицы и в среднем равна около 650 *м*; таким образом, продолжительность рейса равна около 4 мин., а прибавляя 1 мин. на остановку паровоза, получим всего около 5 минут.

Продолжительность одного рейса:

По Фролову — 5,6 минут.

По Вачдо — 2,4 минуты.

По наблюдениям на ст. Иваново Северных ж. д. равна 3 — 4,5 мин.

По Образцову—3-4 мин.

По Гибшману в среднем сортировка поезда осаживанием продолжается от 2 до 3 час.

При числе подлежащих сортировке вагонов свыше 1 000 штук в сутки выгоднее применять горку (см. Гибшман, Сортировочные станции, стр. 110 и 126).

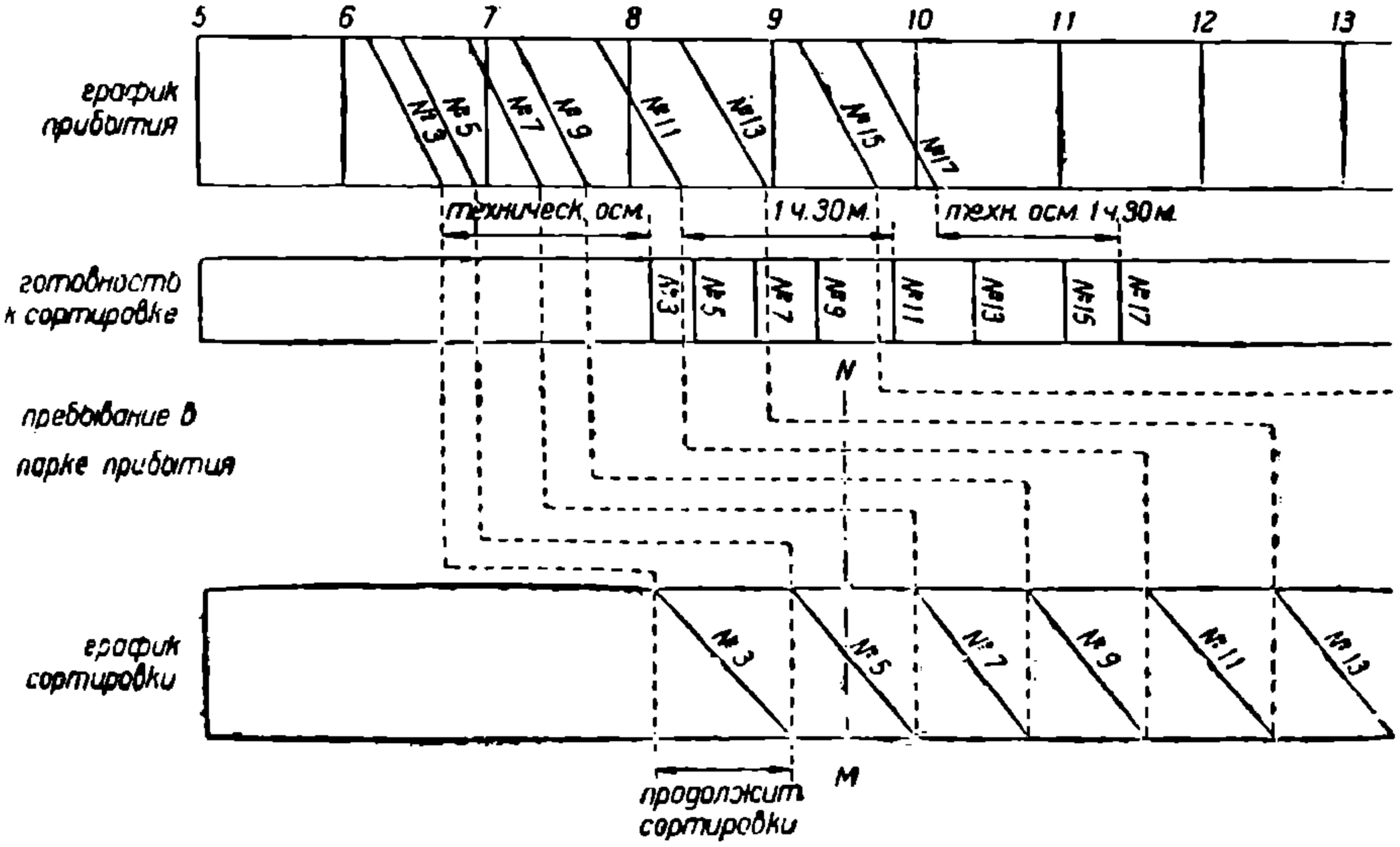
Имея график движения и задаваясь таковым, исходя например из условия, что наибольшее количество всех прибывающих в сутки поездов, прибывает на станцию ночью (например, 70% от всего

НТБ ДИИЖТ

количества в промежуток времени от 7 час. до 6 час. утра), можем составить график порядка поступления поездов в парк прибытия.

Имея график прибытия и зная продолжительность операций, предшествующих сортировке, как-то: технический и коммерческий осмотр, а также зная продолжительность сортировки, можем составить график пребывания поезда в сортировочном парке, или, другими словами, график сортировки. Из полученных графиков совершенно наглядно графически получается продолжительность пребывания поездов в парке прибытия.

Пример такого графика — черт. 305.



Черт. 305.

Черт. 305.

Если парк сортировки свободен, то можно сейчас же начать эту сортировку, как это имеет место для поезда № 3. Сама сортировка обозначена наклонной линией. Если парк не свободен, то поезд должен ждать, пока парк сортировки не освободится, пока не окончится сортировка предыдущего поезда. Например, поезд № 5 должен ждать, пока не кончит сортироваться поезд № 3. До этого момента поезд № 5 будет стоять в парке прибытия. Это время стоянки поезда на графике обозначено горизонтальной линий. Такие горизонтальные линии проводим для всех поездов.

Таким образом, продолжительность пребывания поездов в парке прибытия выразится горизонтальными линиями. Максимальное количество горизонтальных линий в одном вертикальном сечении даст наибольшее количество единовременно скопляющихся поездов.

РГБ ДНУЖТ

Число путей в парке прибытия должно равняться указанному наибольшему числу скопляющихся поездов + еще один путь для обгона паровоза.

График составлен в предположении, что количество партий, призводящих осмотр поездов, достаточно, чтобы не вызвать задержки в сортировке. Необходимое для этого число партий получим, откладывая от момента начала сортировки поездов влево горизонтальные линии длиной, соответствующей продолжительности осмотра. Наибольшее количество горизонтальных линий в одном вертикальном сечении даст необходимое число партий.

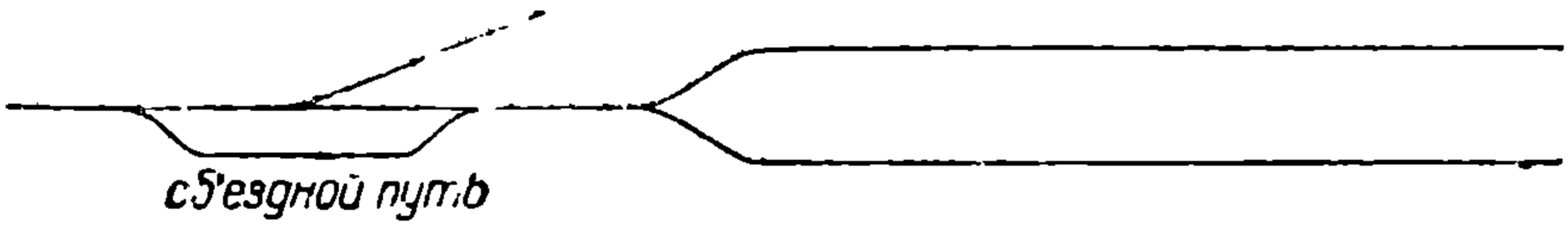
II. Число путей в парке основной сортировки

Число путей равняется числу направлений + один путь для больных вагонов и подлежащих перегрузке (иногда для каждой из последних двух категорий делается отдельный путь).

Число парков определяется, исходя из следующего расчета: если продолжительность сортировки одного поезда равна t, число сортируемых на станции поездов в сутки равно n, то время необходимое для сортировки всех поездов равно nt. Если это время превышает 22 часа, то необходимо сделать два парка.

III. Подбор тормозов

Подбор тормозов можно производить помощью вилки (два пути) или кроме вилки следует иметь малый тупик, куда временно ставятся излишние тормозные и нетормозные вагоны (черт. 306).



Черт. 306.

Подбор тормозов можно производить помощью горки или помощью осаживания паровозом.

Число рейсов при осаживании равно $2n + 1$, где n — число тормозных вагонов. При подборе тормозов помощью осаживания поезду приходится сделать ряд движений вперед и назад. Каждое из этих движений называется рейсом. Длина рейса равна длине поезда (около 400 *м*) + длина перевода до предельного столбика (50 *м*) или, примерно, около $^1/_2$ *км*. Продолжительность составления поезда при скорости маневрирования около 10 *км/час*, будет равняться от 30 мин. до 1 часа.

IV Группировки по станциям

Продолжительность группировки от 1 час. до 2 час.

Длина группировочных путей 100 — 200 *м*, причем общая длина парка должна быть такова, чтобы вмещала 1,5 поезда, высота горки — около 1 *м*.

РГБ ДНУЖТ

V Парк отправления

Составленный поезд поступает в парк отправления, где происходят следующие операции: 1) технический осмотр и мелкий ремонт. Продолжительность от $1\,^1/_2$ час. до 3 час. и 2) параллельно списывание и отборка документов и составление раздаточных списков.

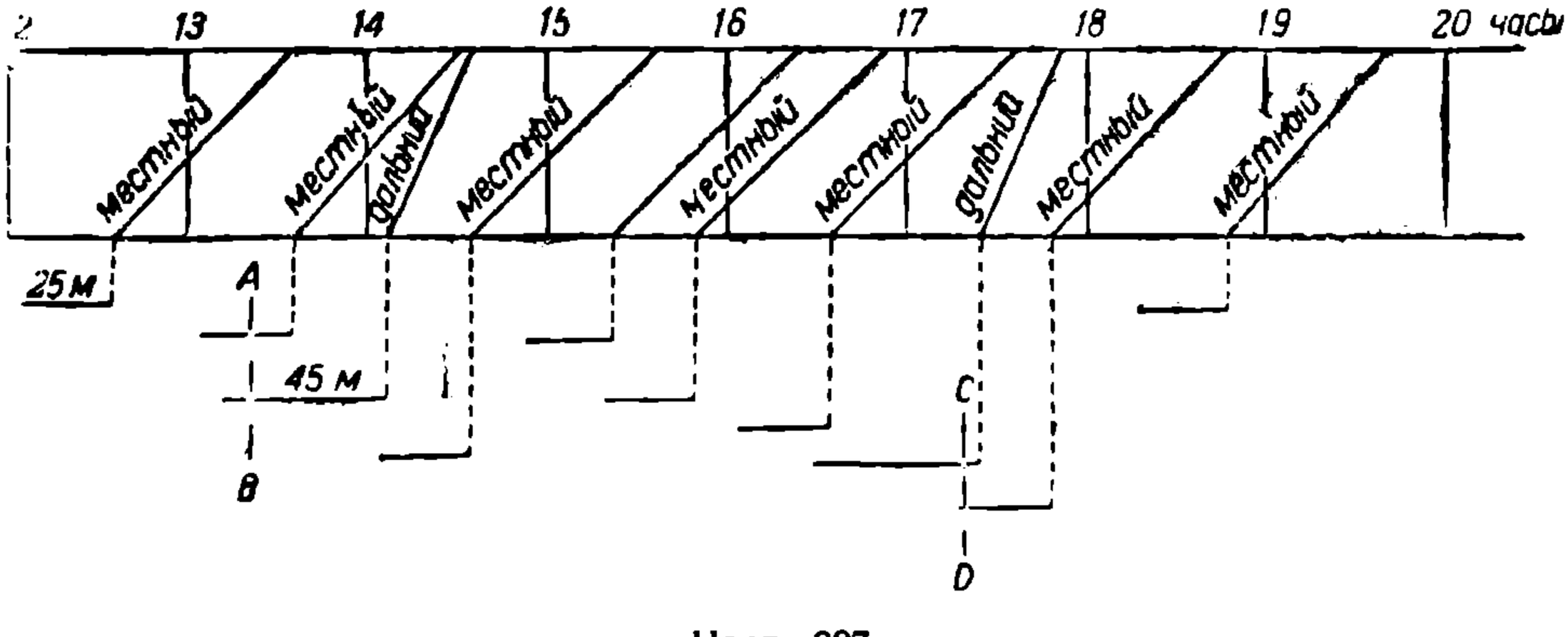
Если бы отправление товарных поездов со станции происходило точно по расписанию, то минимальное число путей в парке отправления мы получили бы, откладывая от моментов отправления поездов влево горизонтальные линии, выражающие продолжительность стоянки поезда на путях отправления для осмотра, и подсчитывая наибольшее число горизонтальных линий в одном вертикальном сечении (число путей может быть определено и исходя из предположения шестичасового перерыва в движении; при этом обычно считают, что часть из скопившихся поездов может быть временно поставлена в парках: сортировочном, запасном и прибытия).

Пассажирские станции

Количество путей в парках отправления, прибытия и запасном определяется наибольшим числом единовременно скопившихся на указанных парках составов.

А. Парк отправления

Имея график движения поездов, составленный согласно определенному заданию (например, в предположении, что около 30% всех



Черт. 307.

прибывающих в сутки поездов приходит в промежуток времени от 7 час. утра до 10 час. утра и около 30% всех отправляющихся в сутки поездов отходит в промежуток времени от 2 час. дня до 6 час. вечера) легко графически получить необходимое количество путей в парке отправления, исходя из следующих соображений.

Пассажиры допускаются для посадки в дальний поезд за 40 мин. до его отхода, а в местный поезд — за 20 мин. Принимая, что время,

РГБ ДНУЖТ

потребное для подачи на пути отправления вслед за отошедшим поездом следущего поезда, равняется 5 мин., получим, что пути парка отправления бывают заняты поездами дальними в течение 45 мин. и поездами местными — в течение 25 мин. до момента их отправления.

Откладывая на имеющемся графике отправления от моментов отправления поездов влево горизонтальные линии длиной, соответствующей 45 минутам для дальних поездов и 25 мин. для местных и, подсчитывая максимальное количество этих горизонтальных линий в одном вертикальном сечении, получим необходимое число путей парка отправления.

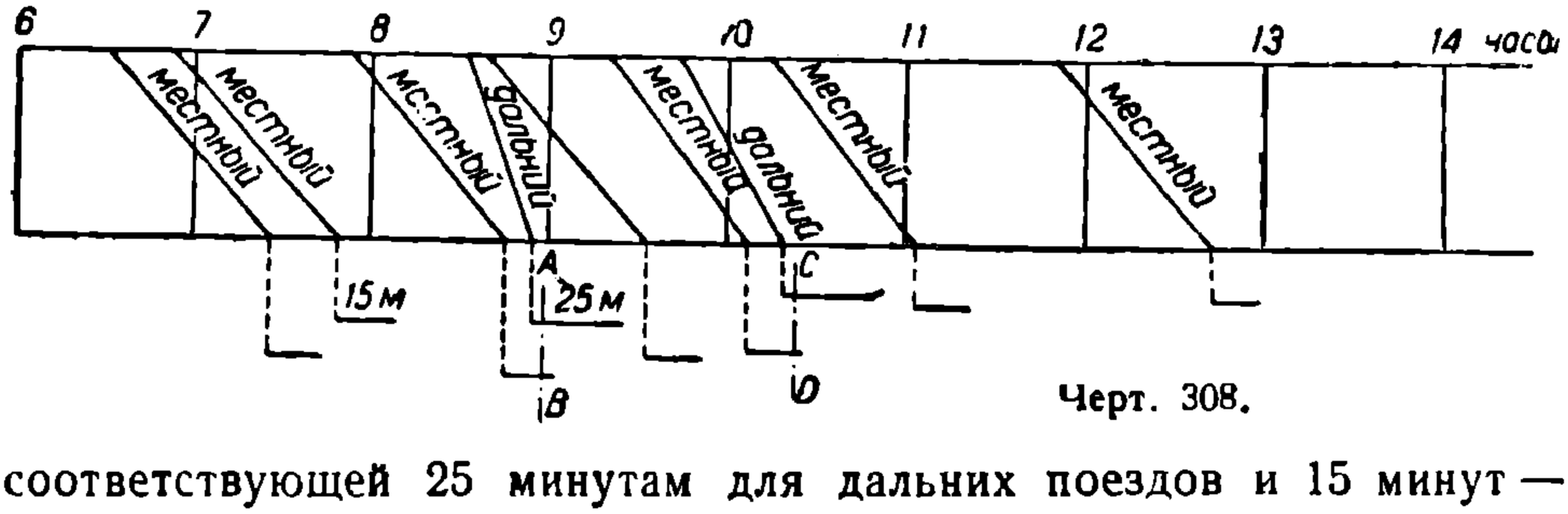
Пример (черт. 307). Необходимое число путей равно 2.

В. Парк прибытия

Время, необходимое для высадки пассажиров дальнего поезда равно 20 мин., а местного равно 10 мин.

Время на уборку состава с путей прибытия равно 5 мин.

Имея график прибытия и откладывая на этом графике от моментов прибытия поездов вправо горизонтальные линии длиной,



Черт. 308.

соответствующей 25 минутам для дальних поездов и 15 минут — для местных и подсчитывая максимальное количество этих горизонтальных линий в одном вертикальном сечении, получим необходимое число путей парка прибытия.

Пример (черт. 308). Необходимое число путей равно 2.

С. Парк запасных путей

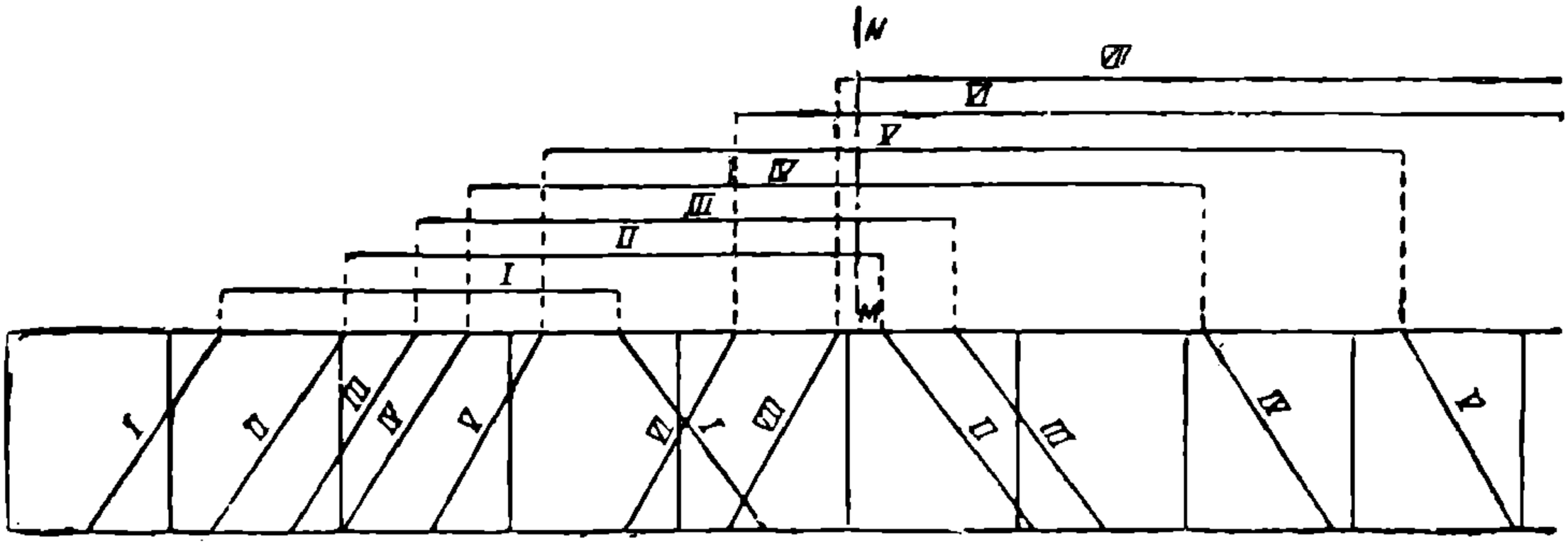
Наибольшее число поездов, единовременно скопляющихся в запасном парке, зависит от двух причин: от графика движения и графика оборота составов.

Имея эти графики и соединяя горизонтальными линиями моменты прибытия на данную станцию и следующего затем момента отправления со станции каждого состава и подсчитывая максимальное количество полученных горизонтальных линий в одном вертикальном сечении, получим максимальное количество единовременно скопляющихся в запасном парке составов.

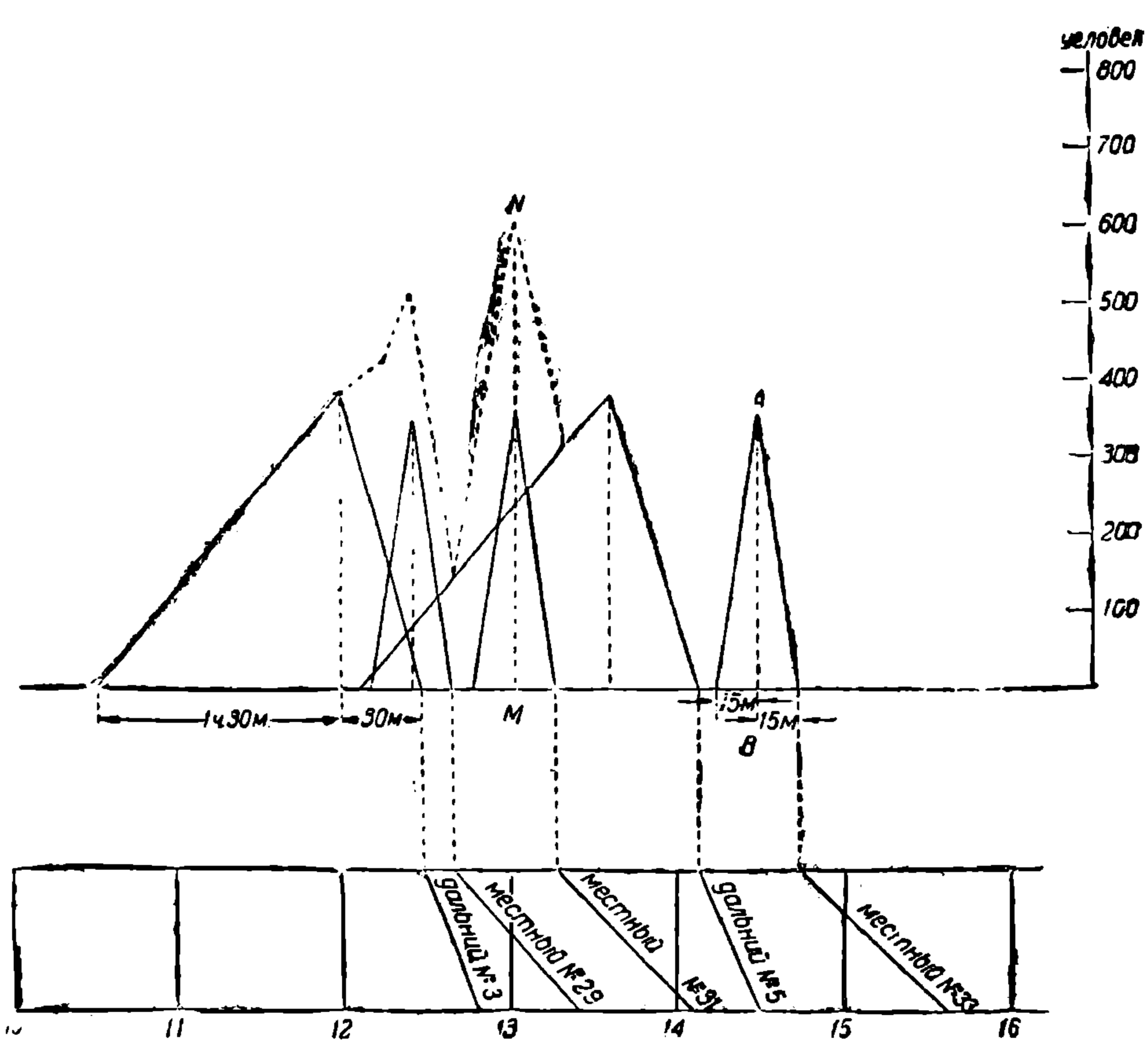
Пример (черт. 309).

Наибольшее число единовременно скопляющихся составов равно 6. Число путей парка запасных путей зависит от длины путей и способа размещения составов на этих путях (например на одном пути по одному дальнему или по два местных поезда).

РГБ ДНУЖТ



Черт. 309.



Черт. 310.

НТБ ДНУЖТ

D. Сортировочный парк

Число и длина путей сортировочного парка зависит от числа групп и числа вагонов в группе.

Группы обычно бывают следующие: 1) большая скорость прибывающая, 2) большая скорость отправляемая, 3) багажные, почтовые и служебные вагоны; этих вагонов немного и поэтому они обычно ставятся на один путь, составляя одну группу, 4) пути для перекидки вагонов.

Сортировочных путей, служащих для перекидки вагонов, достаточно иметь два при длине их на полный состав поезда.

Сортировка местного поезда обыкновенно требует только перекидки багажного вагона, т. е. 3 рейса. Сортировка дальнего поезда может состоять из следующих операций:

1)	отделение вагонов большой скорости	1 рейс
2)	перекидка багажного вагона	3 рейса
3)	„ почтового „	3 „
4)	„ вагона с отоплением и с освещением	3 „
5)	„ одного или двух классных вагонов	6 рейсов
6)	Прицепка большой скорости	1 рейс
	Итого	17 рейсов

Считая продолжительность рейса 3 минуты, получим время сортировки дальнего поезда, равное $17 \cdot 3 = 51$ мин. + время на передачу состава в парк отправления или запасный, всего около 60 минут. Обычно же сортировка продолжается меньше, так как совпадение всех указанных маневров бывает редко.

Сортировка местного поезда продолжается $3 \cdot 3 = 9$ мин. + передача, т. е. всего около 20 минут.

Если время, потребное для сортировки n дальних и m местных поездов—именно $n \cdot 60$ мин. + $m \cdot 20$ мин. = 21 часов,—то одного парка недостаточно.

Размеры пассажирских зданий

Площади пассажирских зал и вестибюлей в зданиях I класса могут быть рассчитаны графическим путем на основании наибольшего возможного скопления пассажиров, исходя из следующих соображений: предполагается, что пассажиры начинают собираться в вестибюле и залах вокзала за два часа до отхода дальнего поезда и за 30 минут до отхода местного, причем пассажиры дальнего поезда проводят первые $^1/_2$ часа в вестибюле. За полчаса до отхода дальнего поезда и за 15 минут до отхода местного поезда пассажиры начинают садиться в вагоны и залы постепенно пустеют. Таким образом, откладывая на графике отправления за $^1/_2$ часа до отхода дальнего поезда и за 15 мин. до отхода местного наибольшие ординаты, равные 100% населенности поезда, сводя затем эти ординаты на-нет к моментам начала сбора пассажиров и к моментам отхода поезда и суммируя ординаты одного и того же вертикального сечения, получим график скопления пассажиров на вокзале перед отходом поездов. Наибольшая ордината этого графика даст наибольшее число единовременно скопляющихся пассажиров, и положение ординаты укажет на время, когда это скопле-

НТБ ДИИЖТ

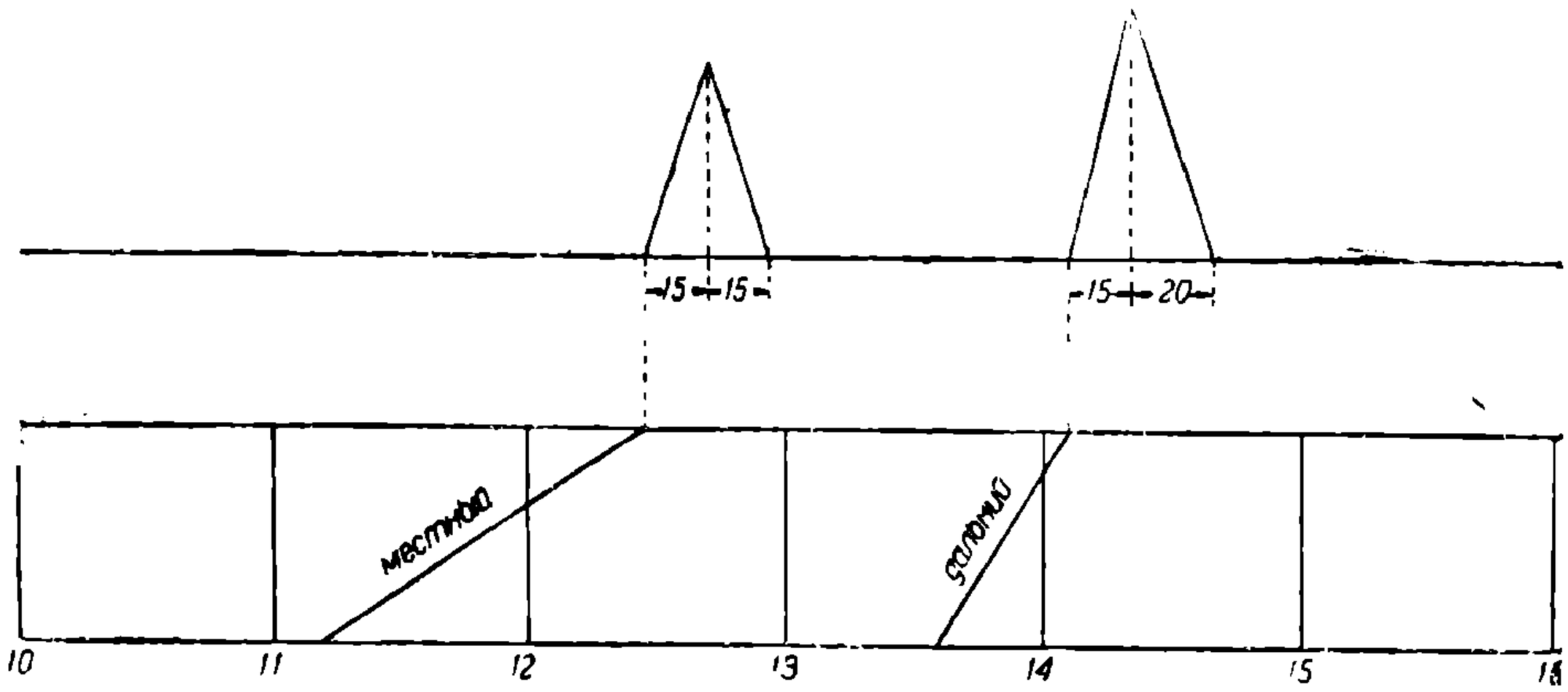
ние происходит. См. выше пример подобного графика (черт. 310). Пунктирной линией показана объемлющая линия, полученная суммированием ординат в одних и тех же вертикальных сечениях. Наибольшая ордината NM равна наибольшему скоплению,

График накопления пассажиров на вокзале—черт. 310.

Если ордината $AB = 100\%$ населенности местного поезда, например равна 400 человек, то NM будет равно 650 человек (берем по масштабу). Время наибольшего скопления = 12 ч. 55 мин. (местный № 31 отправляется в 1 ч. 10 мин.).

К указанному выше числу наибольшего скопления отъезжающих следует еще прибавить от 15 до 30% от полученного числа на провожающих пассажиров.

Полученный график дает наибольшее скопление пассажиров на вокзале, именно в вестибюле и в залах вместе. Если подобно предыдущему построим график накопления пассажиров в вестибюле,



Черт. 311.

исходя из указанного выше положения, что в течение первого получаса времени пассажиры дальнего поезда находятся в вестибюле, а затем идут в залы, и затем вычтем полученные ординаты из соответственных ординат общего графика, то получим график скопления пассажиров в залах. Приведенный выше график иногда дает несколько преувеличенное количество скопляющихся пассажиров.

Подобным образом можно подсчитать количество скопляющихся пассажиров из прибывающих поездов, полагая, что залами пользуются лишь 35% от всех прибывающих или, другими словами, беря в расчет 35% населенности поездов и полагая, что наибольшее количество пассажиров как дальних, так и местных поездов будет в залах спустя 15 минут после прихода поезда и что залы совершенно опустеют спустя 35 минут после прихода дальнего поезда и 30 мин. местного (черт. 311).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Чем характеризуются малые и средние станции по признаку движения и по техническим и коммерческим операциям?

2. Чем отличаются малые станции, спроектированные по американской схеме, от распространенных у нас?

НТБ ДНУЖТ

3. Какие достоинства и недостатки малых станций двухпутных линий с тупиковыми и со сквозными вагонными путями?

4. Совершение каких технических операций и наличие каких соответственных обустройств характеризует среднюю станцию и этим резко отличает ее от малых?

5. Какие существуют способы сортировки?

6. Каково назначение сортировочной станции и какие две основные задачи она выполняет?

7. Что такое горка? Чем обусловливается высота горки? Почему зимняя горка выше летней?

8. Какими достоинствами и недостатками отличается схема большой сортировочной станции с объемлющими путями?

9. Какими достоинствами и недостатками отличаются веерные и ступенчатые паровозные здания?

10. Что называется полезной длиной станционных путей. Что такое предельный столбик и чему равняется его расстояние от соседних путей?

11. Исходя из каких соображений рассчитывается число стойл в депо?

12. Исходя из каких соображений рассчитывается размер склада топлива?

13. Что такое пакгаузные и наволочные грузы и как рассчитывается площадь пакгаузов и число таковых?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Взяв за основу приведенную в курсе схему средней станции, составьте масштабный чертеж таковой (1/1000 н. в.), предварительно рассчитав количество и размеры станционных обустройств, исходя из нижеследующих данных: число товарных вагонов в поезде 60; средняя длина вагона равна 8 *м*; число путей в парке прибытия и отправление примите равным 3; в сортировочном равным 5; число путей в парках прибытия и отправления пассажирских поездов рассчитайте графоаналитическим путем, предварительно сами задайтесь каким-нибудь графиком движения (прибытия и отправления) пассажирских поездов.

Расстояние между осями путей возьмите согласно приведенным новейшим техническим условиям. Оттуда же возьмите размеры (длину и ширину пассажирских платформ). Рассчитайте размеры склада топлива, считая, что в сутки проходит товарных поездов 18 и 4 пары пассажирских и что расстояние до соседних станций с оборотными депо равно 160 *км*. Рассчитайте число пакгаузов, полагая, что 10% от всех грузов являются местными грузами и из них 40% пакгаузных, а 60% навалочных.

Родом топлива задайтесь сами (нефть, уголь или дрова).

НТБ ДНУЖТ

ЗАДАНИЕ VI

СИГНАЛИЗАЦИЯ, ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ, БЛОКИРОВКА (СЦБ)

§ 32. Общие сведения о главнейших сигналах. Способы ограждения путевых работ и разветвлений. Управление сигналами.

Поезд на своем пути встречает ряд опасных мест. Машинист должен быть об этом предупрежден. Предупреждение это делается помощью особых условных знаков, именуемых сигналами. Так, например, сигналы дают приказ: стой, можешь итти полным ходом или тихим ходом.

Помимо указанных выше сигналов имеется, конечно, целая серия других сигналов. Классифицировать все сигналы можно с различных точек зрения: с точки зрения способа восприятия их органами чувства—на акустические и оптические, затем с других точек зрения — на дневные и ночные, постоянные и переносные, основные и предупредительные, далее, на подаваемые поезду с пути или со станции и т. д.

Подробное описание вида и конструкции различных многочисленных сигналов дается в специальных инструкциях, каковые обязан изучить и точно знать всякий железнодорожный служащий данной специальности; описание это выходит за пределы настоящего курса. Здесь же будет дано лишь самое краткое схематическое описание конструкций основных железнодорожных сигналов, именно семафоров, и будут рассмотрены основные системы принятых за границей и у нас сигнализаций и тех принципов, которые легли в основу этих систем.

Одним из наиболее важных сигналов, нашедших широкое применение на железных дорогах, является семафор. В качестве описания семафоров и некоторых других сигналов приводим нижеследующие выдержки из дополнения IV к правилам технической эксплоатации жел. дор. Приложения 23 — 24. Утверждены 7 февраля 1930 г.

§ 21. Устройства и правила установки семафоров. Светофоры

1. Семафоры устраиваются в виде мачты с прикрепленными к ней подвижными крыльями и такими же очками для придания в темное время надлежащего цвета огнями семафорных фонарей. Крылья семафоров должны быть сплошные. Семафоры применяются однокрылые и многокрылые.

2. Семафоры подразделяются на входные, выходные, проходные, маршрутные и прикрытия.

Входные семафоры служат для ограждения станций и разъездов со стороны перегонов и выражают собою или запрещение, или разрешение выхода на огражденный пункт.

Выходные семафоры служат для запрещения или разрешения отправиться со станции на перегон.

Проходные семафоры служат для запрещения или разрешения проследовать из одной части перегона на другую.

НТБ ДНУЖТ

Маршрутные семафоры служат для запрещения или разрешения проследовать из одного района станции в другой.

Семафоры прикрытия служат для ограждения опасных для движения мест в пределах перегонов, как-то: разводных мостов, участков, проходимых с проводником и т. п.

3. Семафоры должны давать возможность подачи двух сигналов: „стой", который выражается днем — горизонтальным положением подлежащего крыла семафора и ночью — красным огнем фонаря и „путь свободен", который выражается днем — подлежащим крылом семафора, поднятым кверху под углом 135° к мачте, и ночью зеленым огнем фонаря.

4. Контрольными огнями, видимыми на семафорной мачте ночью со станции, являются прозрачно-белый — при красном огне на перегоне, зеленый — при зеленом огне на перегоне.

5. При нормальном положении семафора крыло его должно быть горизонтально (т. е. показывать, что путь закрыт); оно поднимается только для пропуска определенного поезда и опускается в горизонтальное положение по проходе его за семафор.

6. Семафоры должны устраиваться так, чтобы в случае обрыва проводов, или вообще нарушения связи семафора с переводным прибором крылья или огни их показывали сигнал „стой".

7. Крылья семафора располагаются с правой стороны мачты, если смотреть с приближающегося к семафору поезда.

8. Крылья семафора окрашиваются со стороны, обращенной к поезду, в красный цвет, а оборотной стороны — в белый цвет.

9. Окраска крыльев и мачт не имеет сигнального значения и предназначается исключительно для достижения наилучшей видимости их.

10. Семафоры располагаются так, чтобы крылья их были видимы возможно лучше на расстоянии, достаточном для остановки всякого поезда перед семафором, т. е. на расстоянии не меньшем длины тормозного пути.

12. Мачты семафоров устанавливаются по правую сторону следования поезда на земле или на мостиках и консолях.

13. Совмещение на одной семафорной мачте крыльев и огней, обслуживающих два противоположных направления движения, не допускается на правопутных дорогах. На левопутных дорогах для обслуживания двух противоположных направлений движения совмещение крыльев на одной мачте допускается, но при условии установки таких семафоров на междупутьи.

14. В случае движения по левому пути мачта семафора ставится с правой стороны, через путь или же между путями, если ширина междупутья это допускает.

17. Вместо семафоров можно применять светофоры.

Светофор состоит из мачты, на верхушке которой помещается темный щит с козырьком. Посредине щита под козырьком помещается светящаяся днем и ночью лампа, показывающая красный и зеленый огни. Значение этого красного и зеленого огней одинаково с вышеописанным значением семафорных огней.

§ 25. Предупредительные сигналы, диски

1. В тех случаях, когда по местным условиям, необходимо дать машинисту заблаговременно, т. е. ранее видимости семафоров, указание о положении семафоров, с целью предотвратить проезд таковых, — впереди семафоров устанавливаются предупредительные сигналы.

2. Упомянутые сигналы устраиваются в виде мачты с круглым диском, вращающимся около горизонтальной или вертикальной оси, снабжаются фонарем и приводятся в связь с соответствующим, стоящим за ними, семафором.

3. Диски предупредительных сигналов окрашиваются со стороны, обращенной к посту, в желтый цвет с черно-белым окаймлением, а с обратной стороны — в белый цвет с таким же черно-зелым окаймлением.

5. При положении семафора, требующем остановки, связанной с ним, предупредительный сигнал должен показывать днем в сторону приближающегося поезда желтую сторону диска, поставленного перпендикулярно к пути, а ночью и в обратную сторону соответственно белую сторону диска днем и ночью прозрачно-белый огонь.

6. При положении семафора, разрешающем движение, предупредительный сигнал должен показывать днем повернутый ребром в сторону поезда диск и ночью молочно-белый огонь, а в обратную сторону днем также диск — ребром, а ночью — желтый огонь.

НГБ ДНУЖТ

8. Расстояние от предупредительного сигнала до соответствующего ему семафора должно быть не менее длины тормозного пути.

В. Сигналы путевые для мест требующих временно ограждения (временные сигналы)

§ 29.

1. Сигналы для мест, требующих временного ограждения, подразделяются на сигналы, требующие замедления хода поездов, и сигналы, являющиеся предупредительными к сигналам, требующим остановки.

2. Для подачи на пути видимых сигналов остановки поезда служат развернутые красные флаги, переносные красные диски и фонари с красным огнем.

3. Красные диски окрашиваются с обеих сторон в красный цвет с черно-белым окаймлением.

4. В темное время красные диски заменяются красными фонарями, дающими в обе стороны красный огонь. Для подачи на пути видимых сигналов уменьшения скорости поездов служат развернутые зеленые флаги, переносные зеленые диски и фонари с зеленым огнем.

6. Зеленые диски окрашиваются с одной стороны в зеленый цвет с таким же черно-белым окаймлением, как и красные диски, а с другой — в белый, с тем же черно-белым окаймлением.

7. В темное время зеленые диски заменяются фонарями, дающими в одну сторону зеленый, а в другую — прозрачно-белый огонь.

8. В качестве предупредительных сигналов к сигналам, требующим остановки, применяются переносные желтые диски и фонари с желтым огнем.

9. Желтые диски имеют квадратную форму и окрашиваются с одной стороны в желтый цвет с черно-белым окаймлением, а с другой — в белый цвет с тем же черно-белым окаймлением.

10. В темное время желтые диски заменяются фонарями, дающими в одну сторону желтый, а в другую прозрачно-белый огонь.

11. Сигнал „путь свободен“ подается днем свернутым зеленым ручным флагом, а ночью прозрачно-белым огнем ручного фонаря.

§ 31. Места постановки переносных сигналов остановки на перегонах. Предупредительные сигналы.

1. Переносные диски, красные флаги и фонари на шестах устанавливаются у внутренней стороны правого рельса того пути, к которому они относятся.

2. Ручные сигналы подаются справа от пути, а при невозможности этого,— с какой угодно стороны, лишь бы сигнал мог быть замечен с поезда.

3. Расстояние установки переносного сигнала от ограждаемого места должно быть 200 *м*.

4. Препятствия ограждаются сигналом остановки с обеих сторон на дорогах как однопутных, так и двухпутных, причем прежде всего устанавливается сигнал со стороны ожидаемого поезда.

5. Впереди сигнала остановки на расстоянии 1 200 *м* устанавливается на шесте желтый диск, имеющий своим назначением заблаговременно подать машинисту предупреждение о предстоящей остановке перед красным сигналом остановки.

7. В темное время суток перед красным сигналом остановки устанавливается фонарь с желтым огнем.

§ 33. Места постановки переносных сигналов уменьшения скорости

1. Переносные сигналы уменьшения скорости устанавливаются от места, требующего уменьшения скорости, в расстоянии, определяемом дирекцией дороги и достаточном для уменьшения скорости хода поезда до требуемого предела. Расстояние это не может быть, однако, менее 350 *м*.

НТБ ДНУЖТ

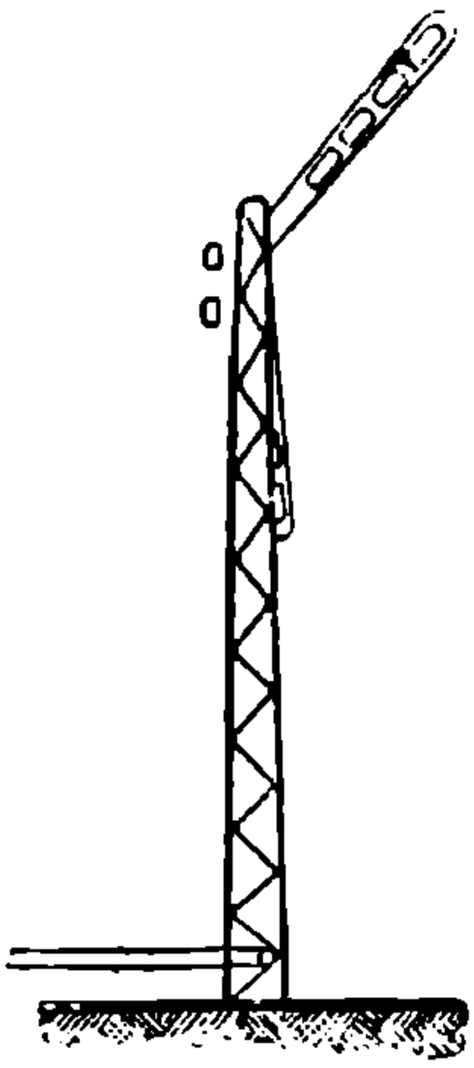
2. На дорогах однопутных сигналы эти выставляются с каждой стороны ограждаемого места вправо от пути по направлению движения, при этом первый сигнал, встречаемый поездом, обращен к нему днем зеленой стороной и ночью—зеленым огнем, а второй днем—белой стороной и ночью—прозрачно-белым огнем и находится влево от пути. На дорогах двухпутных эти сигналы ставятся, как правило, также вправо от пути, но если это приводит к необходимости поставить сигнал в междупутьи или справа через путь, то они ставятся слева от пути.



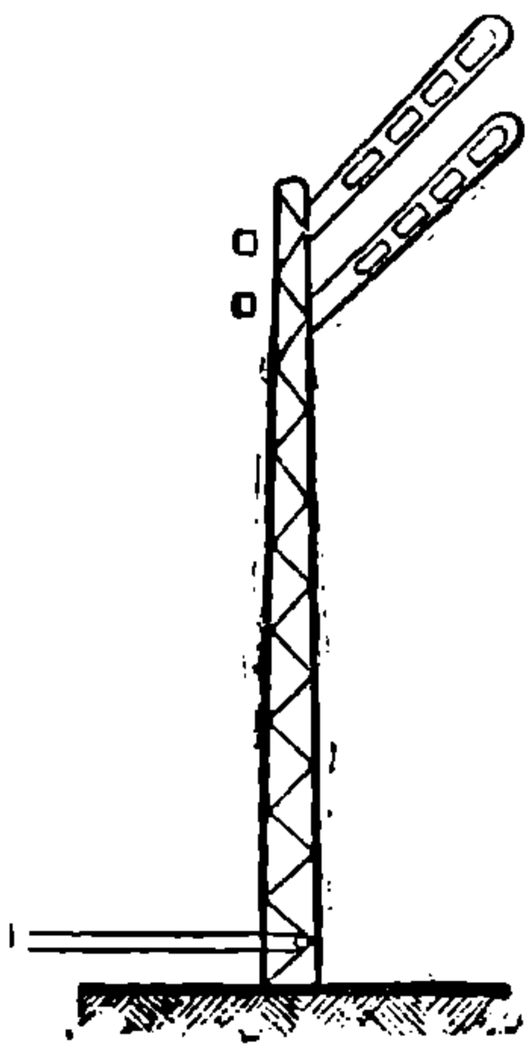
Черт. 312.

С точки зрения ограждения разветвлений различают две системы — немецкую и английскую. Существенное различие между этими системами заключается в нижеследующем.

1. Немецкая система. Положим имеется разветвление, изображенное на чертеже 312; путь *AB* (черт. 312) в точке *B* разветвляется два пути — *BC* и *BD*. Перед точкой *B* ставится один двукрылый семафор *N*, а перед ним на определенном расстоянии



Черт. 313.



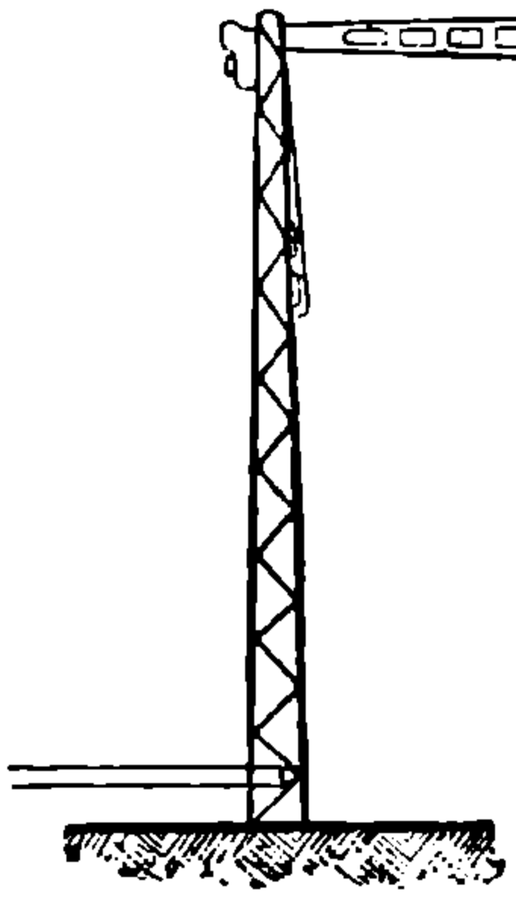
Черт. 314.

предупредительный сигнал — диск *M*. Если поезд следует по прямому пути *BD* и путь ему свободен, то у семафора поднято одно крыло, другое крыло расположено вдоль мачты так, что его не видно (черт. 313). Если поезд следует на отклоненный путь *BC* и путь ему свободен, то подняты оба крыла (черт. 314). Если ни тот, ни другой пути не свободны и поезд должен остановиться перед точкой *B*, то семафор закрыт, т. е. одно крыло его стоит

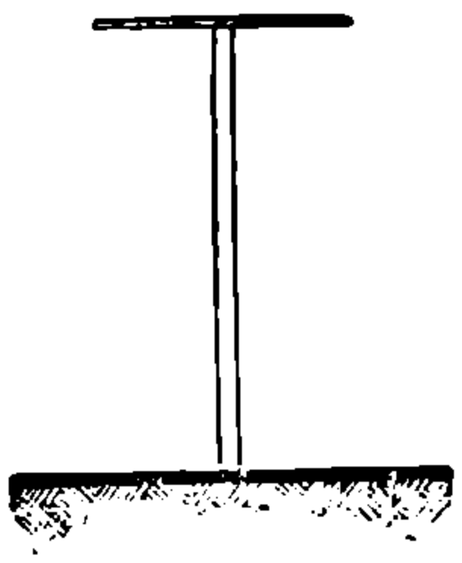
НТБ ДИИЖТ

горизонтально, другое крыло расположилось вдоль мачты так, что его не видно (черт. 315).

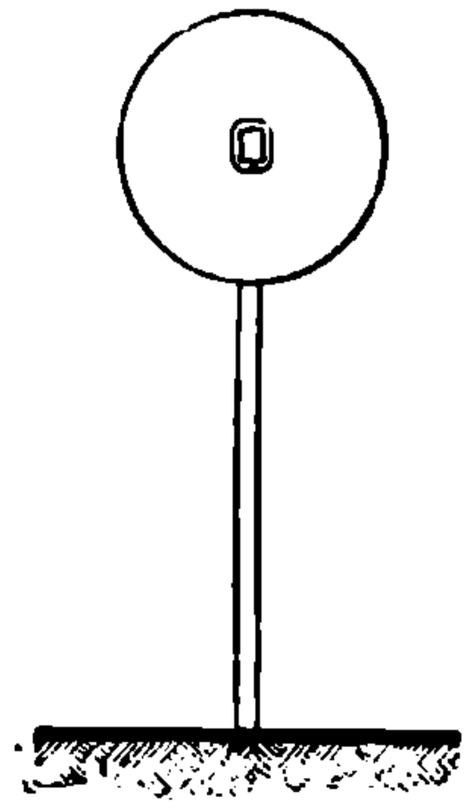
В первых случаях, т. е. когда одно крыло или два крыла семафора подняты, предупредительный сигнал открыт, т. е. диск



Черт. 315.



Черт. 316.

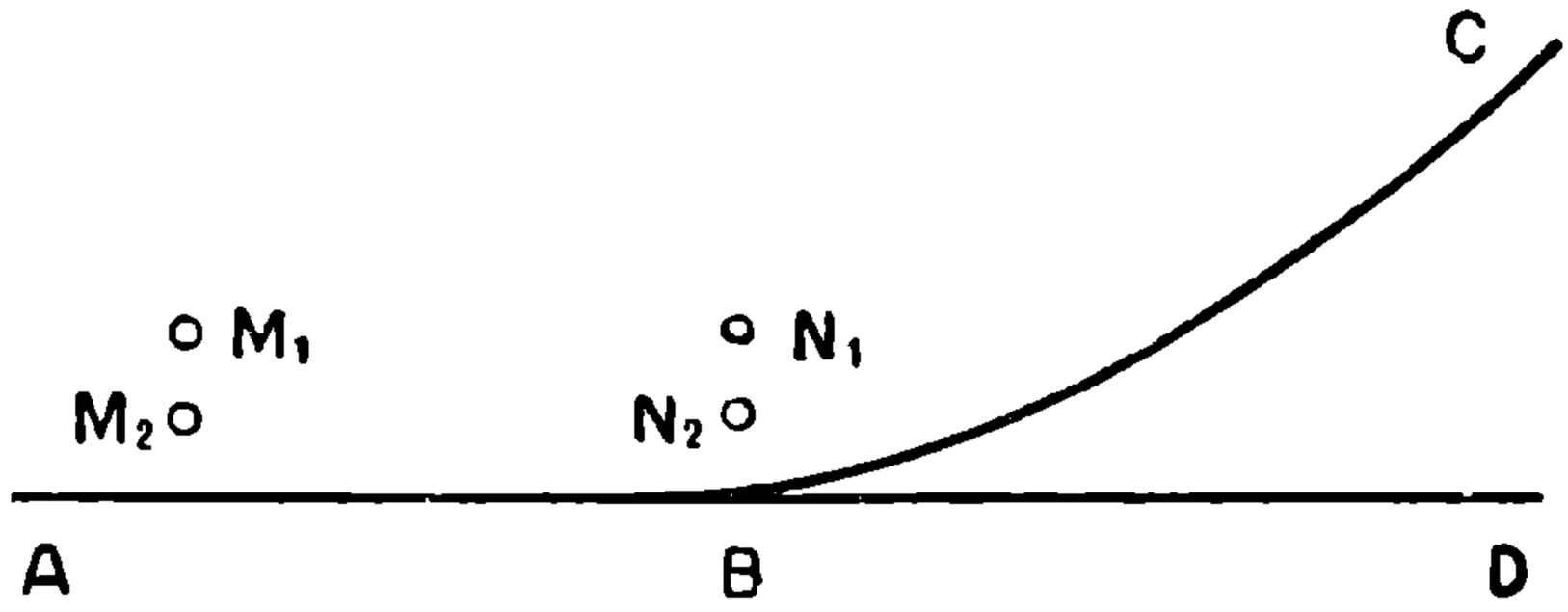


Черт. 317.

поставлен горизонтально (черт. 316). В третьем случае, т. е., когда семафор закрыт и предупредительный сигнал закрыт, диск стоит вертикально (черт. 317).

Ночью, когда семафор закрыт, на нем виден один красный огонь, когда поднято одно крыло, виден один зеленый огонь, когда подняты два крыла, на нем видны два зеленых огня.

На предупредительном сигнале жел. дор. СССР, если он открыт, виден один молочно-белый огонь; если он закрыт—один желтый огонь.



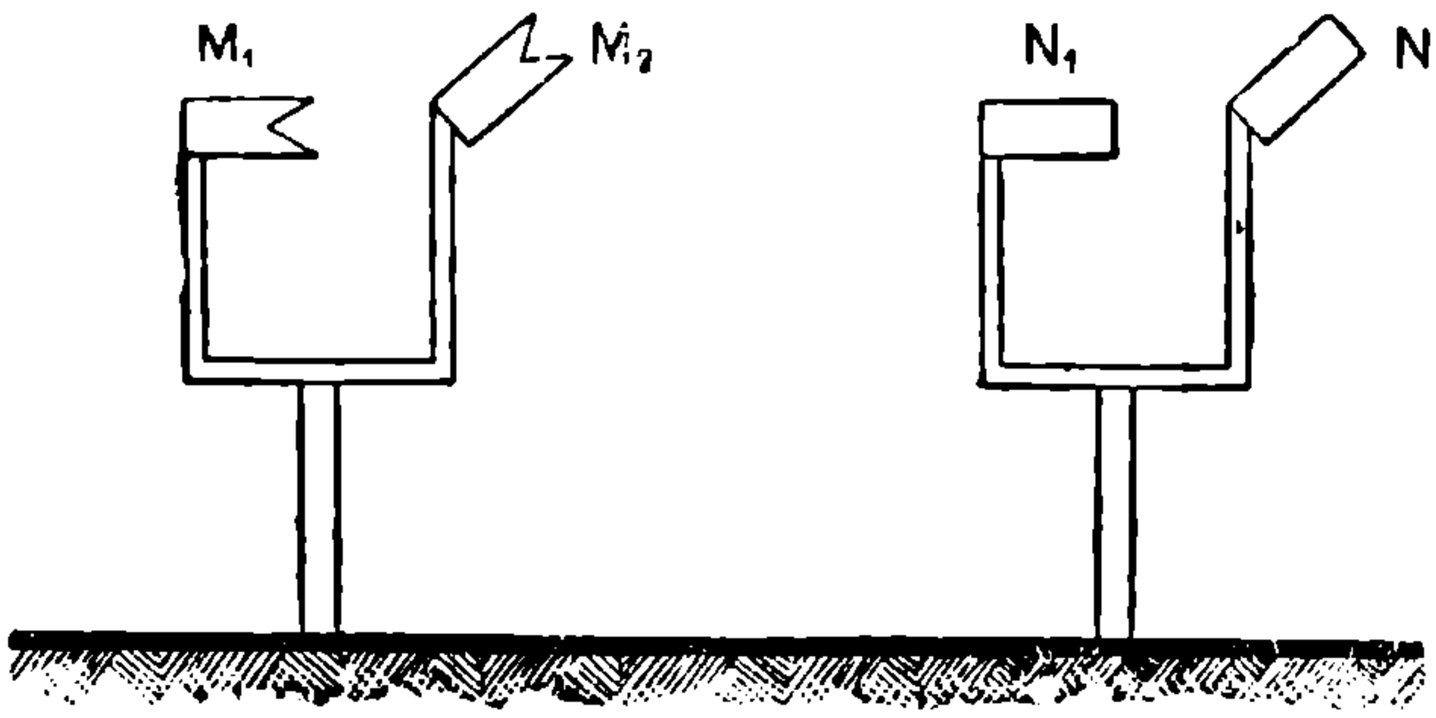
Черт. 318.

Английская система. Перед точкой *B* ставятся два семафора N_1 и N_2, а впереди на определенном расстоянии два предупредительных сигнала — тоже два семафора M_1 и M_2 (N_1 и M_1 — для одного пути, например для *BC*, и N_2 и M_2 — для (черт. 318 и 319) другого пути *BD*). Если поезд следует на путь *BD* и путь ему свободен, то семафор N_2 и предупредительный сигнал M_2 открыты, а N_1 и M_1 закрыты (черт. 319). Если поезд следует на путь *BC* и путь свободен, то сигналы находятся в положении, изображенном на черт. 320. Если оба пути несвободны и поезд должен остановиться в точке *B*, то сигналы закрыты (черт. 321). Ночью те из крыльев, которые подняты, имеют зеленый огонь; те, которые закрыты, — красный огонь.

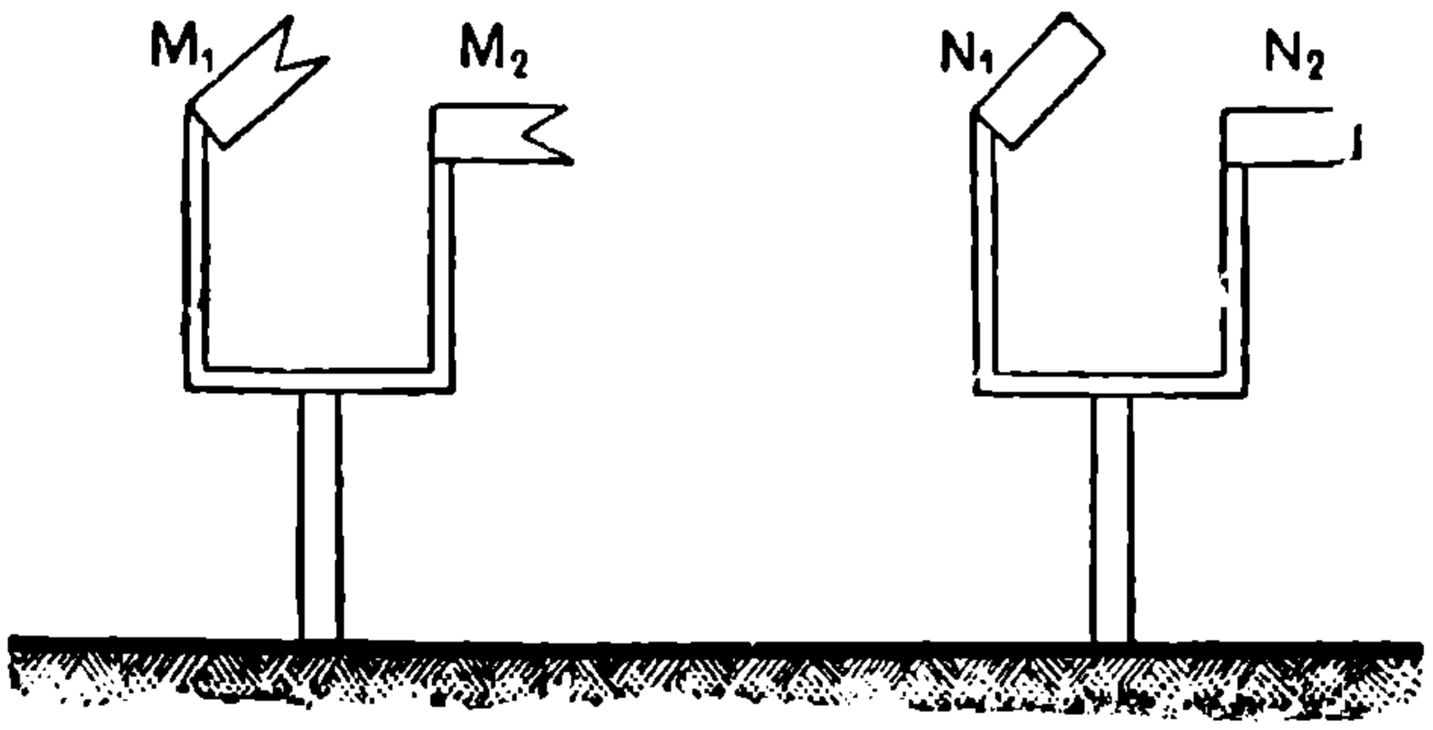
НТБ ДНУЖТ

Из вышеизложенного усматривается нижеследующая разница между немецкой и английской системами.

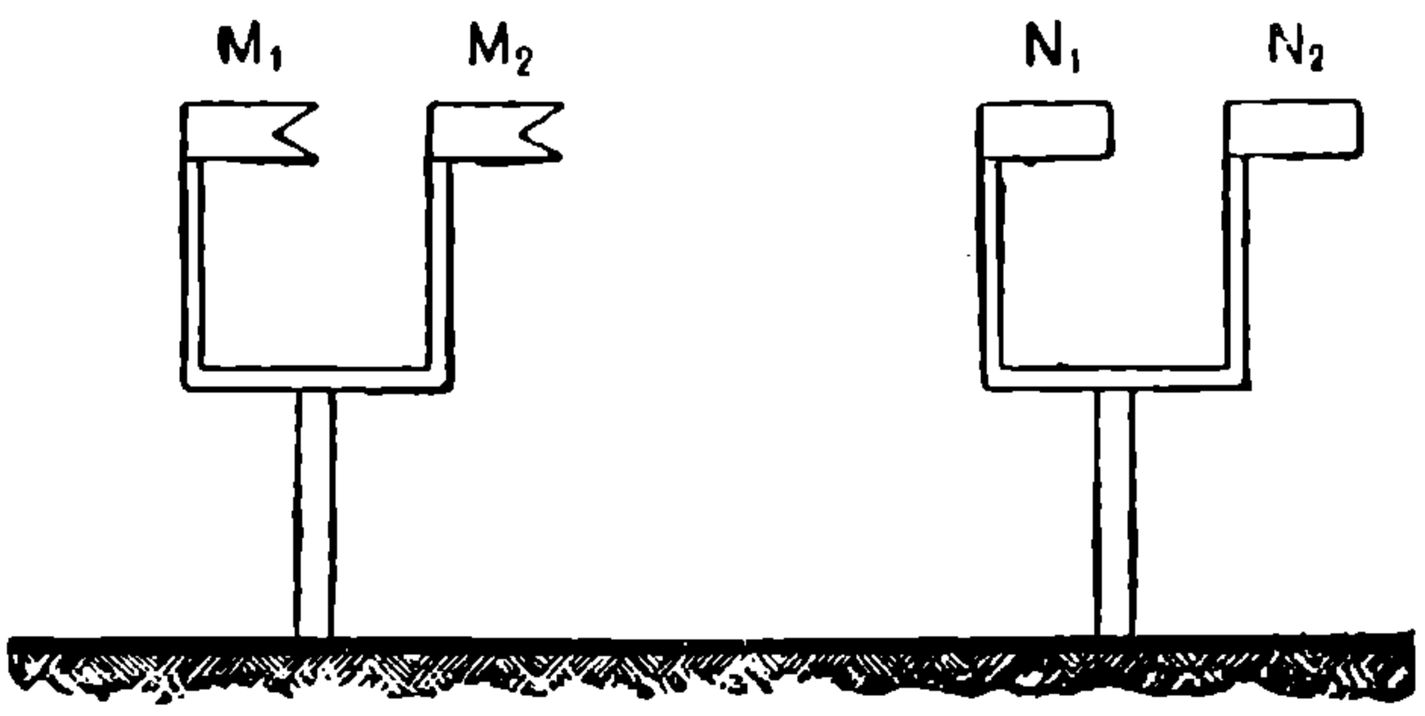
В немецкой системе раз семафор закрыт, — крыло в горизонтальном положении или виден красный огонь, — поезд должен остановиться и ни в коем случае не может пройти мимо горизонтального крыла семафора или красного огня (halt, стой).



Черт. 319.



Черт. 320.



Черт. 321.

В английской системе такого безусловного требования нет. В самом деле, когда пути *BC* и *BD* несвободны и поезд должен остановиться в точке *B*, то предупредительный сигнал находится в положении, указанном на чертеже 321, т. е. крылья на семафорах в горизонтальном положении и ночью видны красные огни; поезд должен остановиться в точке *B*, но мимо предупредительного сигнала он проходит и таким образом фактически проходит и мимо семафоров с горизонтальными крыльями и мимо красных огней (правда, на предупредительных сигналах). Таким образом отличительной чертой немецкой системы является уважение к закрытому семафору и красному огню (в немецкой системе, когда семафор закрыт, в предупредительном сигнале желтый огонь, но не красный).

В английской системе нет этого уважения. В вышеуказанном заключается достоинство немецкой и недостаток английской системы.

У нас до сего времени сигнализация базировалась на немецкой системе, с некоторыми иногда отступлениями от нее: так, например, на некоторых железных дорогах предупредительный сигнал состоит

НТБ ДНУЖТ

из диска, находящегося всегда в закрытом положении и ночью всегда освещенного зеленым огнем; такой предупредительный сигнал предупреждает машинистов только о близости главного сигнала — семафора, совершенно не говоря о том, в каком положении встретит машинист этот семафор, — в открытом или закрытом.

На многих железных дорогах Западной Европы и Америки сигнализация отличается большой сложностью и неясностью.

Желательно иметь такие типы сигналов (сигнальных картин), требования которых машинист мог бы быстро, не задумываясь, не напрягая своего ума, понять и затем спокойно и без суеты выполнить. Машинисту некогда раздумывать над тем, что говорит ему сигнал. В течение доли минуты он должен иногда принимать какие-то мероприятия, например начать останавливать поезд. Сигналы должны отличаться простотой и ясностью.

Показания сигнала „стой“ должны иметь абсолютный характер и требовать безусловной остановки, поэтому в сигнальных картинах совершенно не допускается смешение красного огня с каким-либо другим дополнительным.

Имея в виду далее, что предупредительный сигнал оповещает машиниста о том, в каком положении находится лежащий за главным сигналом путь — свободен он или нет, и, следовательно, фактически предупредительный сигнал отдает машинисту приказ немедленно принять какие-то мероприятия, например, тормозить, а входной сигнал лишь указывает место, где принятие мероприятий должно найти осуществление, например, где поезд должен уже остановиться, предупредительному сигналу следует отводить главное значение. Предупредительный сигнал есть ключ к ситуации. Это не повторитель главного сигнала, а самостоятельный сигнал, а потому должен своим видом резко отличаться от входного.

Предупредительный сигнал должен отстоять от входного на длину тормозного пути, только в таком случае поезд может остановиться у главного сигнала, если торможение началось у предупредительного.

Предупредительные сигналы должны быть поставлены перед всеми входными сигналами. Этим разрешается и вопрос о видимости: если во время метели или тумана машинист и не будет видеть входного сигнала на большом расстоянии, то беды от этого не будет, так как подлежащие мероприятия уже приняты в момент прохода предупредительного сигнала, видеть который издалека также нет надобности при расположении его на длине тормозного пути. В том случае, если не имеется предупредительного сигнала или таковой только говорит о том, что скоро машинист встретит входной сигнал, что имеет место на некоторых наших железных дорогах, конечно, видеть входной сигнал на большом расстоянии необходимо.

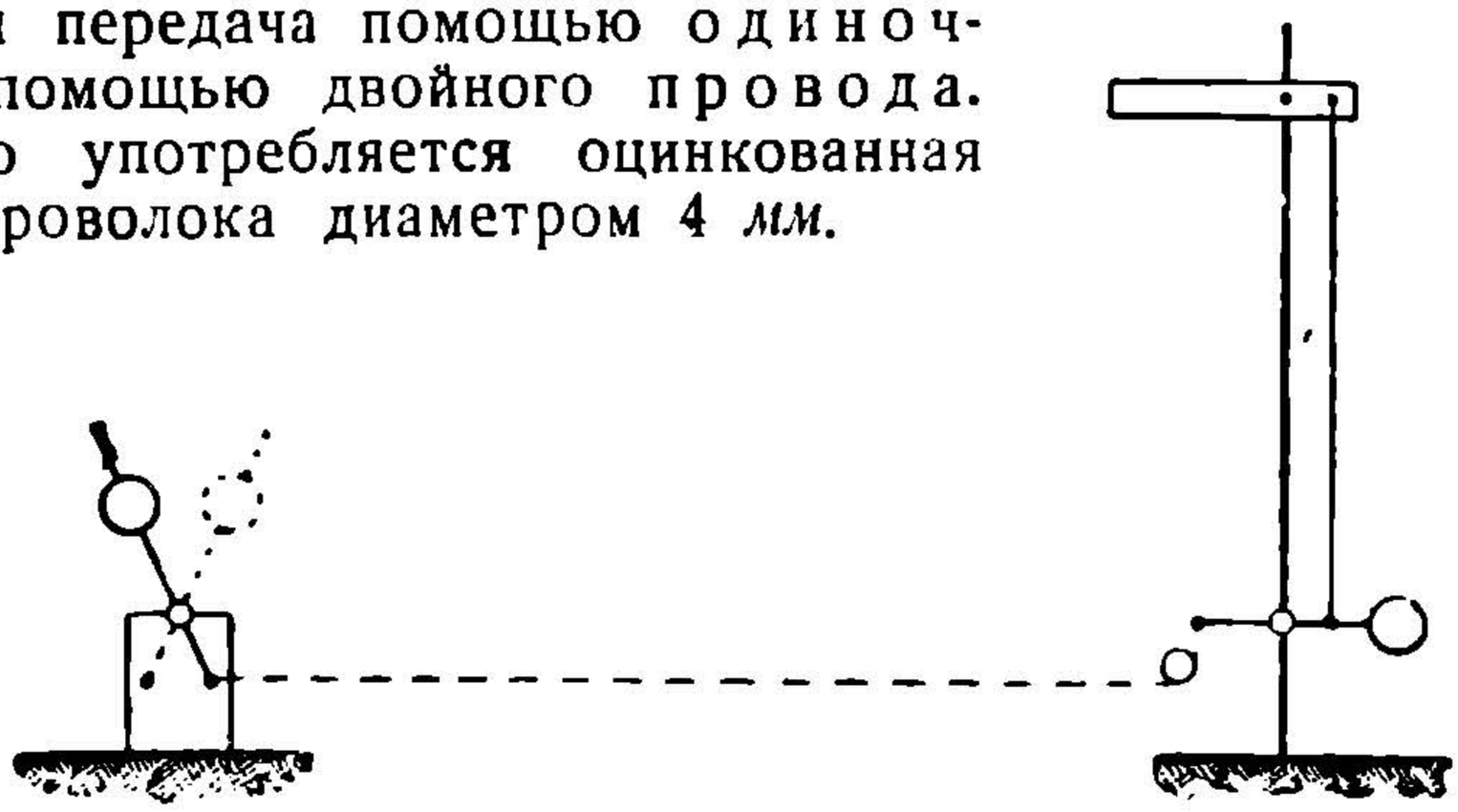
Если принять, что семафор должен показывать не только остановку или свободный путь, но и род скорости (тихо), то показания семафора должны быть не менее, чем трехзначными.

Мы в настоящее время ориентируемся на светофоры, т. е. на такие сигналы, которые и днем и ночью освещаются огнями (красный цвет—сигнал остановки, зеленый — путь свободен, желтый — будь бдителен, соседний перегон занят).

НТБ ДНУЖТ

Такие сигналы введены уже на пригородном электрифицированном участке Северных ж. д. и на Моск.-Белорусско-Балтийской ж. д. (на участке Подмосковная—Волоколамск).

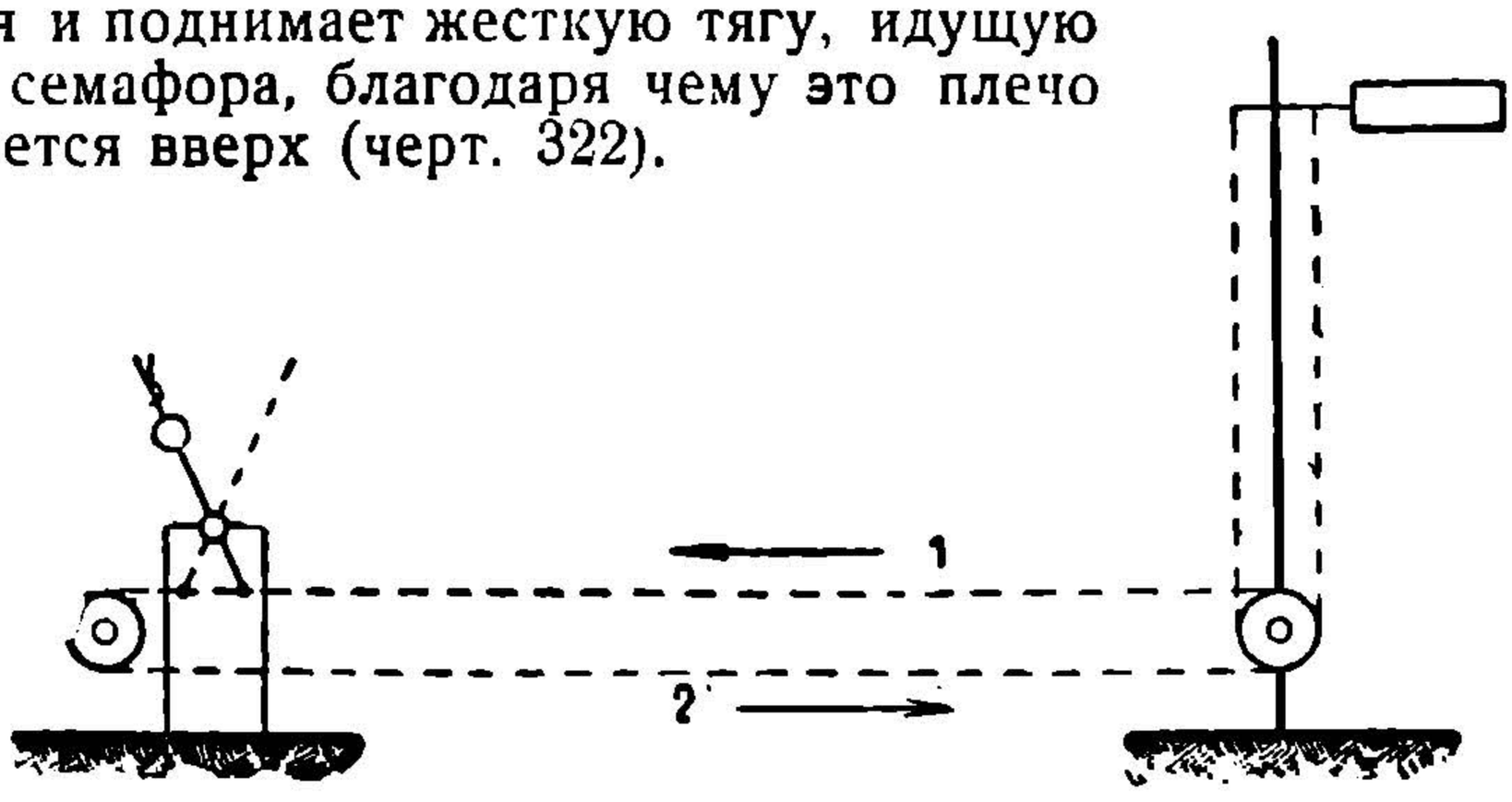
Управление сигналами. Приведение крыла семафора в то или другое положение может быть осуществлено различными способами. Существуют две основных системы приведения крыльев в то или иное положение, именно так называемая гибкая передача помощью одиночного и помощью двойного провода. Для этого употребляется оцинкованная стальная проволока диаметром 4 *мм*.



Черт. 322.

Управление сигналами может производиться на очень большом расстоянии (до 2000 *м*). При одиночном проводе сигнал открывается натяжением провода, а закрывается противовесом.

При натяжении провода противовес поднимается и поднимает жесткую тягу, идущую к плечу семафора, благодаря чему это плечо поднимается вверх (черт. 322).



Черт. 323.

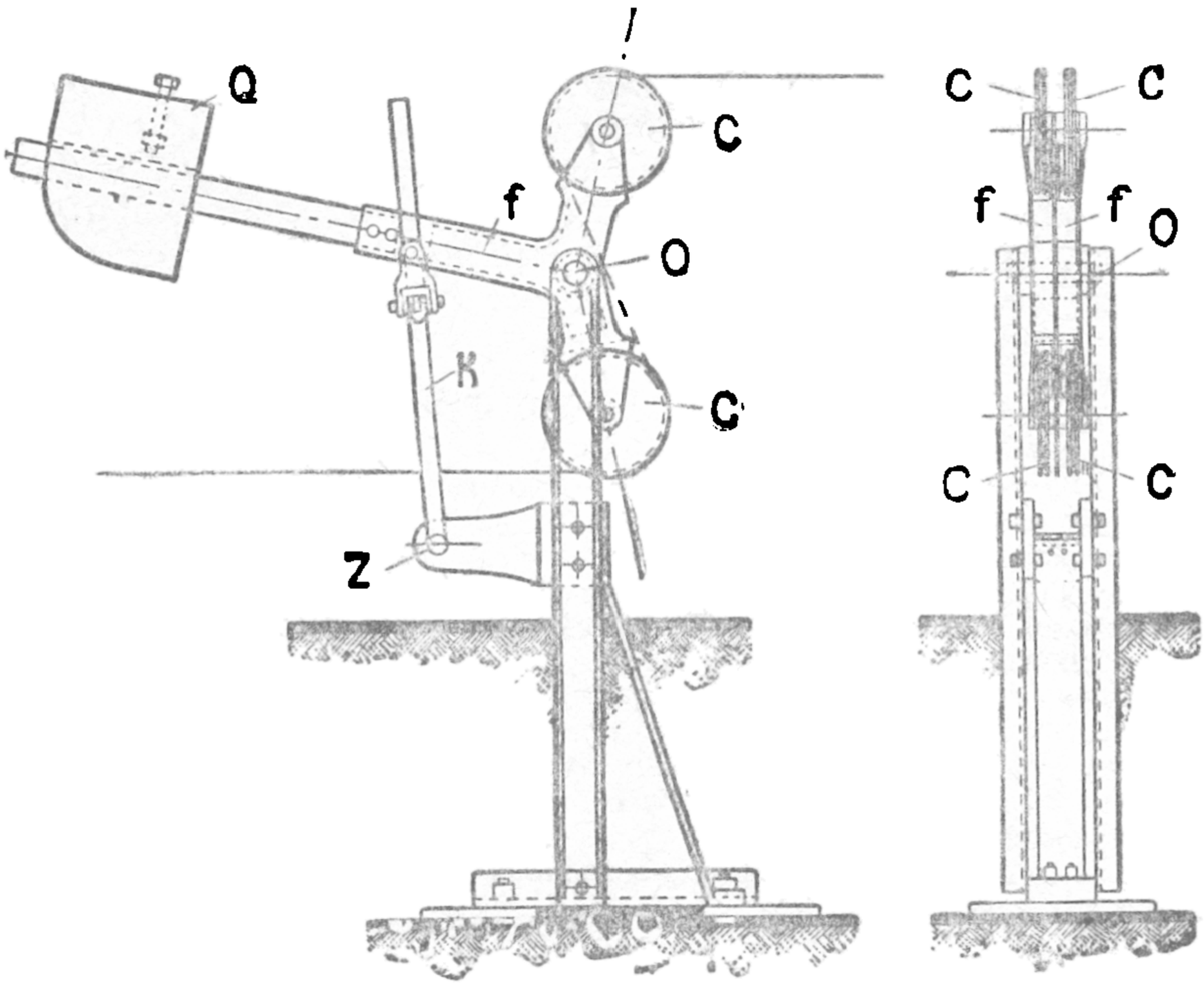
При двойном проводе как открывание, так и закрывание сигналов — натяжением провода (черт. 323).

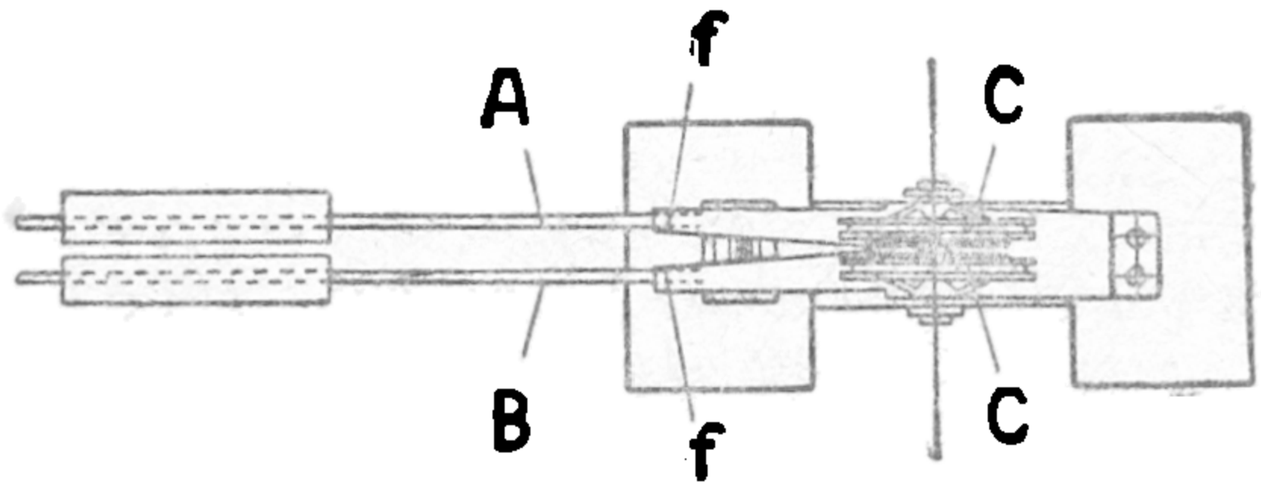
Недостатком одиночного провода является: 1) возможность открытия сигнала посторонним лицом помощью поднятия противовеса у сигнальной мачты, 2) возможность незакрытия сигнала тяжестью противовеса в случае большого заедания провода в роликах.

Стрелки могут переводиться помощью гибких проводов или помощью жестких тяг (последний способ показан на черт. 326 — жесткая тяга *B*).

ПГБ ДНУЖТ

Компенсаторы. От удлинения или укорочения провода, при изменении температуры, натяжение увеличивается или уменьшается, вследствие чего закрытый сигнал (черт. 323) при укорочении проводов может открыться, открытый сигнал при удлинении провода стать





Черт. 324 и 325.

в неопределенное положение. Для достижения постоянства натяжения провода устраивают компенсаторы.

Компенсация двойных проводов может быть достигнута помощью нижеследующего прибора, состоящего из двух трехплечих рычагов (отдельный для каждого провода, черт. 324 и 325).

Короткие плечи рычага несут ролики, направляющие провод к семафору, а к длинному прикреплен груз *Q*. Рычаг может вращаться около точки О.

При опускании груза провода натягиваются и таким образом производится компенсация проводов. Но так как при открывании или закрывании сигнала один провод натягивается, а другой отпускается, то, если рычаг *A* для одного провода будет (черт. 325) дей-

НТБ ДНУЖТ

ствовать независимо от рычага *B* другого провода, действие переводного станка может не передаться сигналу: натянутый и отпущенный провода лишь изменяют положение рычагов, натянутый провод поднимет груз своего рычага, а отпущенный опустит груз своего, и этим дело кончится. Чтобы этого не могло произойти, устроена связь между рычагами *A* и *B*, благодаря которой рычаги могут во время перевода сигнала сделать в противоположном направлении лишь самое назначительное движение, т. е., другими словами, оба рычага действуют в одном направлении: если провода удлинятся, то оба груза опустятся; если провода укоротятся, то оба груза *Q* поднимутся, и натяжение проводов будет сохранять постоянную величину.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое семафор? Как подаются основные сигналы „стой" путь свободен днем и ночью? Где располагаются семафоры?
2. Что такое предупредительный сигнал и каково его назначение? Как им подаются сигналы (какой виден цвет днем и ночью), когда семафор открыт и когда закрыт?
3. На каком расстоянии от семафора ставятся предупредительные диски?
4. Что такое светофоры?
5. На каком расстоянии от ограждаемого места устанавливаются переносные сигналы остановки и уменьшения скоростей?
6. Какая разница между немецкой и английской сигнализацией разветвлений?
7. Какая схема сигнализации в настоящее время положена в основу наших правил сигнализации?
8. Какие две основных системы управления сигналами?
9. Что такое компенсатор?

§ 33. Централизация управления стрелками и сигналами

Управление сигналами и стрелкам может быть устроено таким образом, что каждый сигнал и каждая стрелка переводятся особым переводным станком, т. е. управление бывает совершенно независимым и производится разными лицами. Такое простейшее устройство применяется обыкновенно на малых станциях.

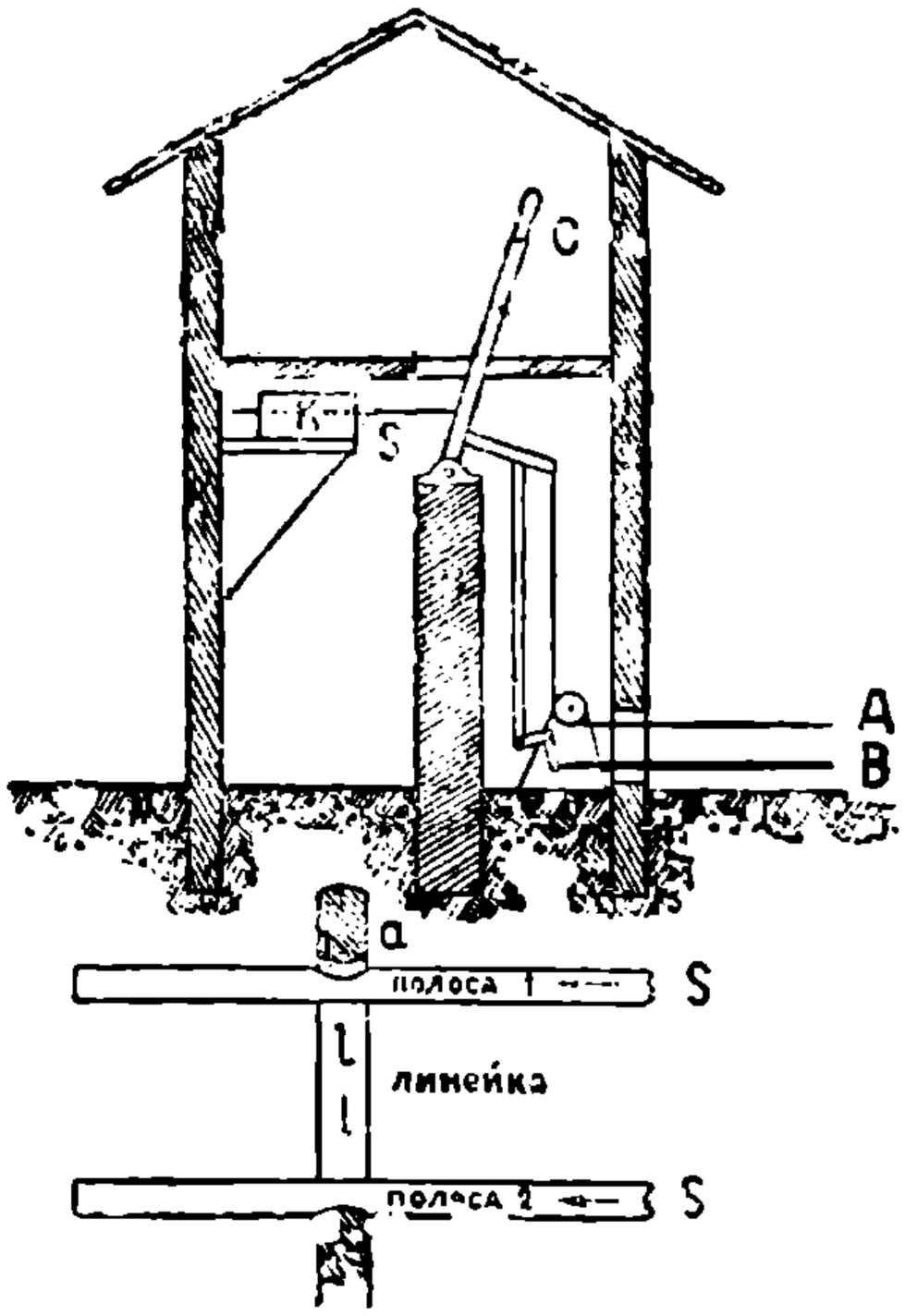
На больших станциях, где имеется большое количество сигналов и стрелок, одновременно открытие некоторых враждебных сигналов во избежание столкновения поездов не может быть допущено, и кроме того стрелки должны быть приведены в определенное положение и только после этого должна иметься возможность открыть сигнал.

Поэтому на больших станциях, где некоторые сигналы могут исключать друг друга, для безопасности движения и в целях экономии штата, целесообразно поручить управление сигналами и стрелками одному лицу, сосредоточить управление сигналами и стрелками в одном определенном пункте — центральном посту, или разбить все сигналы и стрелки на большое число групп и управление каждой группой сосредоточить в одном посту. Кроме того необходимо установить такую зависимость между рычагами, помощью которых переводятся сигналы и стрелки, чтобы несоответственное положение их стало невозможным. Установление подобной зависимости может быть устроено по двум системам: или 1) по так назы-

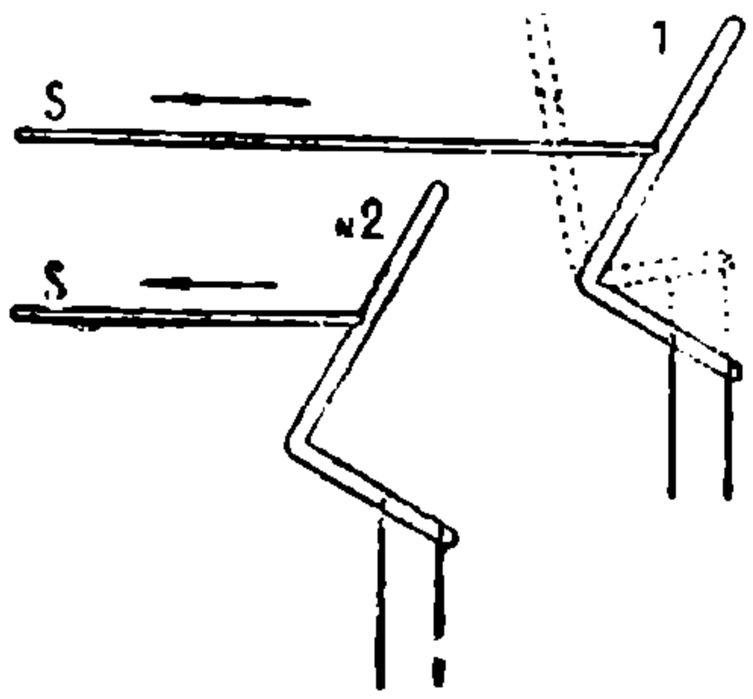
НТБ ДИИЖТ

ваемой системе непосредственного взаимозамыкания, когда переводные рычаги сосредоточены в центральном посту, или 2) по системе косвенного взаимозамыкания, когда рычаги расположены близ сигналов и стрелок, а в центральном посту сосредоточены лишь приборы, устанавливающие указанную зависимость между рычагами.

Сущность системы непосредственного взаимозамыкания, а также и устройства замыкающих аппаратов, т. е. приборов, при помощи которых устанавливается указанная связь между рычагами, может быть уяснена на нижеследующих примерах из схематических чертежей и кратких описаний действия приборов (черт. 326).



Черт. 326.



Черт. 327.



Черт. 328.

Сигналы и стрелки переводятся помощью рычага *C* и одиночного мягкого провода *A*, переводящего сигнал, и жесткой тяги *B*, переводящей стрелку. Замыкающий аппарат состоит из ящика *K*, в котором передвигаются полосы *S*, прикрепленные к рычагам. *K* — ящик зависимости.

В ящике *K* помещаются полосы *S*, прикрепленные к рычагу и двигающиеся в ящике при переводе рычага (черт. 327). В ящике помещаются кроме того линейки, двигающиеся в направлении, перпендикулярном к направлению движения полос. К линейкам прикреплены планки *a* (черт. 326 и 327). В полосах сделаны вырезы. Планки линеек входят в вырезы полос. Благодаря этому между полосами, а следовательно, и между рычагами устанавливается известная связь, взаимная зависимость; линейки получают возможность передвигаться в зависимости от того или иного расположения полос; при некотором расположении полос некоторые линейки не могут передвинуться; при ином расположении полос передвижение указанных линеек возможно. Точно также и передвижение полос, а следовательно, и рычагов становится возможным или нет

НТБ ДНУЖТ

в зависимости от того или иного расположения линеек. Таким способом может быть установлена зависимость и между самими полосами и, следовательно, между рычагами.

Пример. На черт. 327 изображены два рычага — № 1 и № 2 и соответствующие им полосы 1 и 2; на черт. 326 линейка *l* с двумя планками *a*. При расположении линейки согласно чертежу рычаг № 1 может быть переведен в положение, показанное пунктиром; при указанном переводе полоса № 1 переместится влево, и препятствий к этому перемещению со стороны планки *a* не встретится. Если предварительно перевести рычаг № 2, то полоса 2 сдвинет соответственную планку, а, следовательно, и линейку и планку *a* вниз; планка *a* войдет в вырез полосы *1*, и тогда передвижение этой полосы и рычага № 1 будет невозможно.

Если предварительно перевести рычаг № 1, то полоса 1 станет так, что планка *a* не позволит линейке опуститься вниз, и, следовательно, нельзя будет провести рычаг № 2. Таким образом благодаря указанному устройству получается, что рычаги № 1 и № 2 являются взаимо-исключающими друг друга.

Расстояние действия жесткой тяги для перевода стрелок 300 *м*, гибкой — 400 *м*.

Нужно отметить, что в настоящее время существует и впредь будет распространяться электрическая централизация. В данном случае стрелки и сигналы переводятся не мускульной силой человека, а силой электричества. В Закавказье еще существует система, где перевод происходит силой гидравлической.

Помимо установления зависимости между отдельными сигналами и стрелками для безопасности движения необходимо установить зависимость между сигналами, с одной стороны, и между тем или иным состоянием перегона (занят он поездом или нет) — с другой. Установление такой зависимости (так называемая блокировка) может быть достигнуто помощью блокировочных приборов.

§ 34. Системы путевой блокировки

Основных систем блокировки три: 1) абсолютная система, при которой ограждающий данный блокировочный участок семафор может быть открыт и на этот участок пущен поезд только в том случае, если на указанном участке нет другого поезда; 2) разрешительная система, при которой семафор открывается и поезду разрешается вступить в ограждаемый семафором участок спустя определенный промежуток времени после вступления в этот участок предыдущего поезда, хотя бы этот поезд и не успел пройти всего участка. Таким образом при указанной системе на одном блокировочном участке одновременно могут находиться два поезда, разделенные, так сказать, промежутком времени между вступлением каждого из них на участок; 3) условная система, при которой поезду разрешается вступить в блокировочный участок, хотя семафор и закрыт, при условии выполнения некоторых формальностей. У нас применяется абсолютная система, которая одна из всех указанных выше трех систем дает полную гарантию безопасности движения.

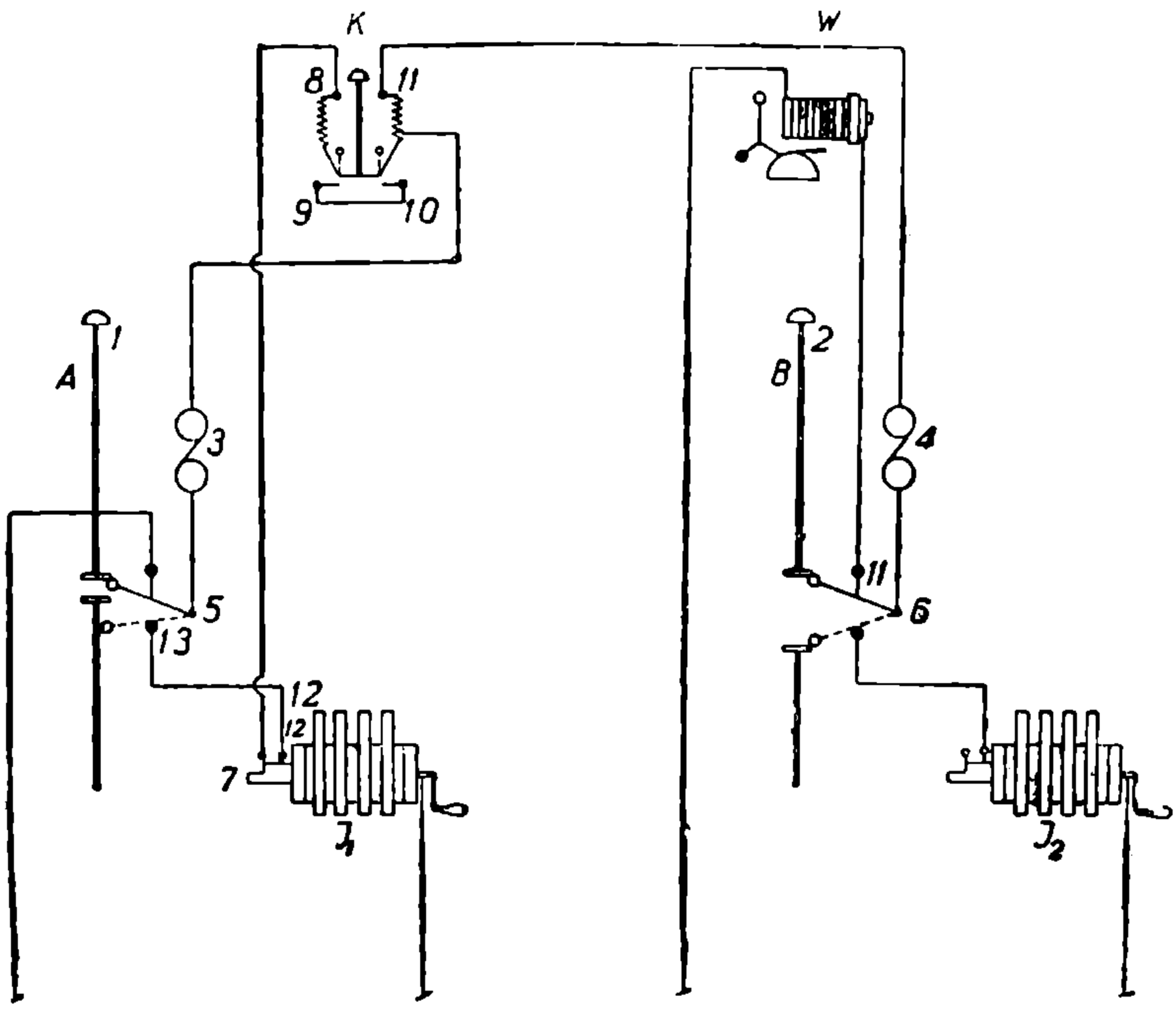
С точки зрения способов открывания и закрывания семафора различают две системы: 1) полуавтоматическая, при которой

НТБ ДИИЖТ

закрывается семафор после того, как мимо него прошел поезд, автоматически, самим поездом, именно нажатием паровоза на педаль; открыться же семафор самим поездом после ухода с охраняемого участка не может, а может быть открыт лишь при помощи сигналиста из будки; 2) автоматическая система, при которой сигнал, охраняющий участок, открывается и закрывается самим поездом. При этой системе участок ограждается сигналом, который находится в открытом положении, когда на участке нет поезда; как только на участок вступил поезд, он помощью колес, находящихся на рельсах, замыкает цепь, в результате чего сигнал закрывается. Система эта применяется в Америке. У нас применяется полуавтоматическая система и автоматическая (например, на электрифицированном участке Северных ж. д.).

На чертежах 329—332 изображены приборы для двухпутного перегона: один установленный на посту *A* и другой — на посту *B*.

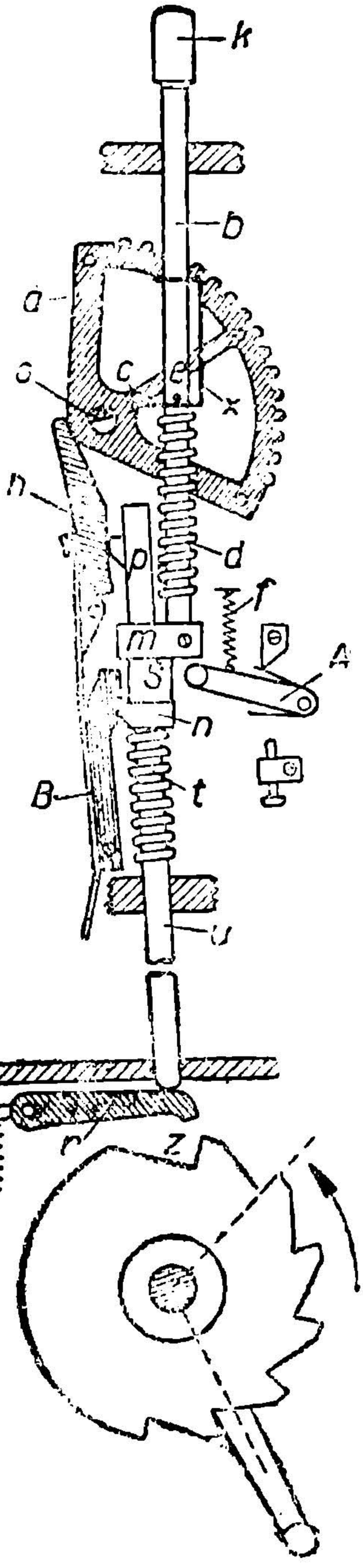
Сущность действия блокировки заключается в том, что между двумя пунктами, находящиииися в начале и в конце блок-участка,



Черт. 329.

устанавливается связь помощью особых блок-затворов, соединенных между собой проводом переменного тока. Мы опишем ниже приборы Сименса и Гальске, действующие помощью переменного тока и нашедшие у нас почти исключительное распространение. Затвор начального пункта запирает его выходной семафор, а конечного — входной. Связь между затворами такова: когда затвор одного поста заблокировывается (запирается), то при этом затвор другого обязательно деблокируется (отпирается). Когда затвор заблокирован, то связанный с ним семафор замкнут; когда затвор деблокирован, то связанный с ним семафор свободен. Нормально началь-

ЧГТБ ДНУЖТ



Черт. 330.

ный затвор перегона деблокирован и на перегон можно выпустить поезд. По выходе поезда затвор заблокировывают и тем самым деблокируют затвор оконечного поста и освобождают его входной семафор.

На чертеже 329 дана простейшая **схема** соединения двух сопряженных блоков *A* и *B* звонковой кнопки *K*; будильника *W* и индукторов I_1 и I_2. Здесь цифрами *1* и *2* обозначены нажимные стержни, *3* и *4* блокировочные электромагнитные; *5* и *6* находящиеся под нажимными стержнями контактные рычаги. При нажатии стержней *1* и *2* контактные рычаги *5* и *6* переходят в положение, показанное пунктиром. При вращении рукоятки индуктора I_1 и нажатии кнопки *K* ток идет по пути *7*, *8*, *9*, *10*, по обмотке *4* и далее *6*, *11*, по будильнику *W* и через землю возвращается обратно. Таким образом ток проходит и по обмоткам будильника и по обмотке электромагнитов *4* блок поста *B*, но при этом на электромагниты *4* он не действует, так как не может сообщить их полюсами попеременного намагничивания. При нажатии кнопки *A* и вращении рукоятки индуктора I_1 идет по пути *12*, *13*, *5*, по обмотке *3*, *10*, *11*, по обмотке *4*, *6*, *11*, *W* и через землю обратно. В данном случае ток действует на электромагнит *4*, но так как он более ослаблен, чем в предыдущем случае, так как в цепь включено большее сопротивление, именно прибавлена обмотка *3*, то на будильник он не действует.

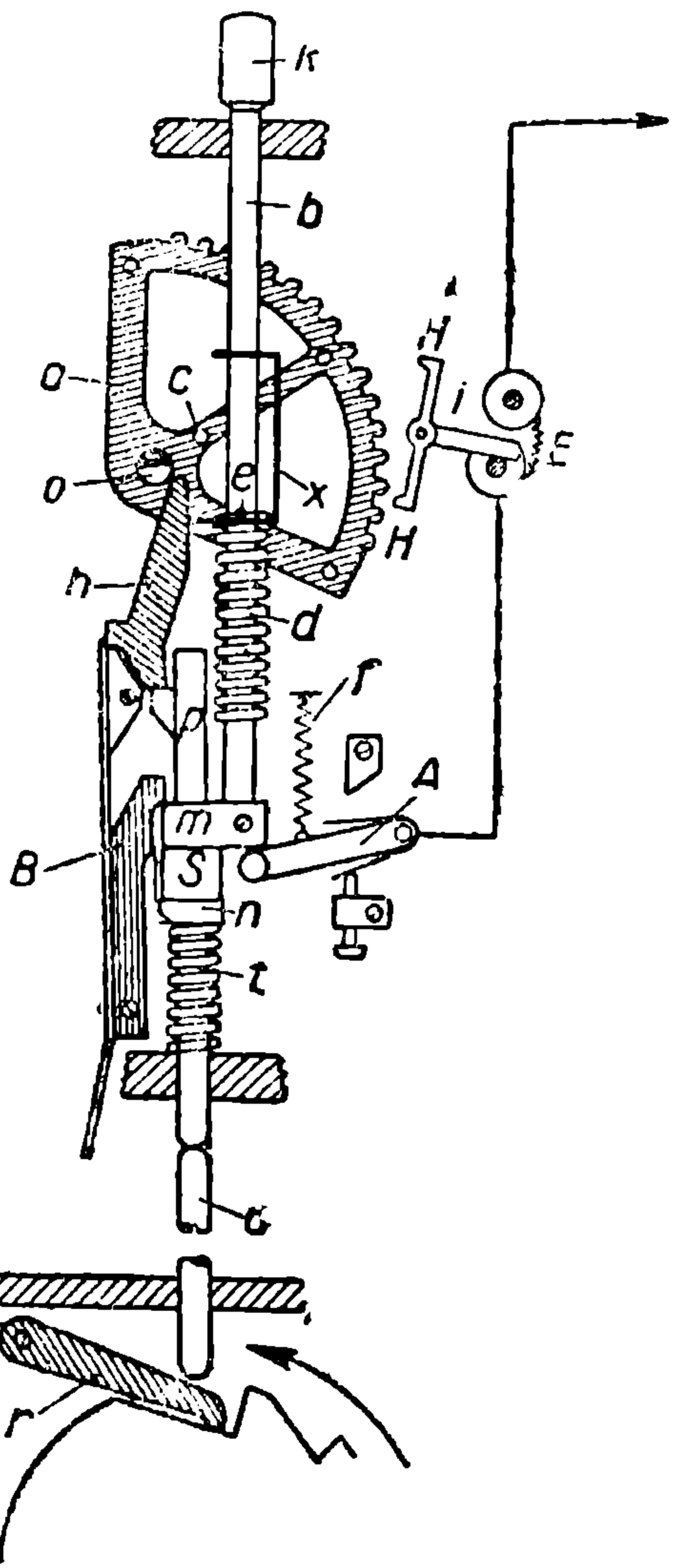
Опишем ниже более детально прибор Сименса и Гальске, имеющий у нас, как было указано выше, преимущественное распространение и действующий переменным током.

При попадании переменного тока в обмотки электромагнитов *3* и *4* (черт. 329) или обозначенного буквой *E* на черт. 331 якорь *l* начинает притягиваться то к одному полюсу электромагнита, то к другому и, следовательно, колебаться. Вместе с якорем колеблется насаженная на его

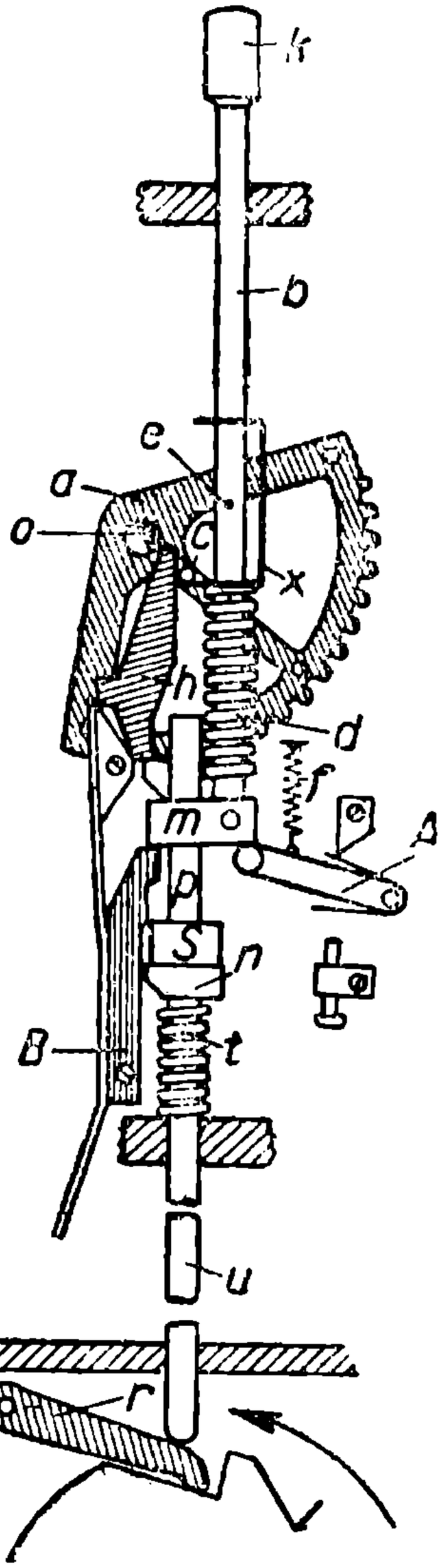
НТБ ДНУЖТ

передний конец перекладина с ножами *H*. Во время этих колебаний зубчатый сектор *a*, обычно задерживаемый в неподвижном положении одним из ножей, получает возможность двигаться вверх или вниз. При одном колебании якоря сектор передвигается на один зубец. Ось *o* сектора имеет полуспиленную ось, которая поворачивается вместе с сектором.

На секторе имеется штифтик *c* на который при известном положении сектора (черт. 330) нажимает хомутик *x*, скользя-



Черт. 331.



Черт. 332.

щий по нажимному стержню *b*; нажимается хомутик снизу вверх пружиной *d*. Сам стержень *b* поддерживается в своем верхнем положении пружиной *t*. Если нажать кнопку *k* вниз, то стержень опустится и помощью своего штифта *e* опустит хомутик *x*, кото-

ГПБ ДЕЖКТ

рый тогда перестает нажимать на штифтик *c* сектора и представляет последний действию его собственного веса. Стержень *b* внизу заканчивается муфтой *m*, которая помощью спиральной пружины *s* надавливает на выступ *n* другого (замыкающего) стержня *p*. Этот последний опускается и несмотря на противодействие пружины *t* помощью третьего стержня *u* нажимает на собачку *r*, собачка под нажимом входит в вырез *z* на шкиве, к которому присоединены тяги, идущие к семафору. Одновременно выступ на стержне *p* нажимает на нижний конец замыкающего рычажка *h* и отводит его верхний конец вправо мимо выреза полуспиленной оси *O*. Части механизма принимают положение, показанное на чертеже 331. Вместе со стержнями перемещается и контактная пластинка *A*, включая при этом индуктор в цепь электромагнитов. Если теперь вращать рукоятку индуктора и пропускать по обмоткам электромагнита переменный ток, то ножи *H* начнут колебаться и сектор под действием собственного веса опустится вниз. При этом полуспиленная ось станет в такое положение, что как бы запрет рычажок *h*: он не в состоянии будет вернуться обратно (см. положение *III*, черт. 332): Если теперь кнопку *k* отпустить, то стержень *b* поднимается вверх; стержень же *p* не поднимается, так как его не пустит рычажок *h* (черт. 332), не поднимается и собачка *r*, которая таким образом не позволит повернуть шкива в направлении, указанном стрелкой, что необходимо для открытия семафора. Хомутик вновь давит на сектор. Все части механизма получают расположение, показанное на черт. 332, положение *III*. Прибор заблокирован. Теперь нажать кнопки нельзя, так как этому мешает рычажок *B*, подвинувшийся вправо. Если теперь в электромагнит попадает переменный ток с линии и якорь начнет колебаться, то сектор будет подниматься и после того, как полуспиленная ось станет в такое положение, что рычажок *h* сможет проскользнуть мимо нее влево, то стержни *p*, *u* и собачка *r* поднимутся вверх. Части механизма примут положение, показанное на черт. 330, положение *I*; прибор деблокирован.

Механизм помещается в закрытом ящике, в крышке которого сделаны окошечки, через которые видна часть сектора; этот последний наполовину окрашен в красный цвет, наполовину в белый, смотря потому, какая часть сектора будет стоять перед окошечком, или, другими словами, будет ли виден красный или белый цвет в окошечко, можно судить—находится ли прибор в заблокированном или деблокированном положении.

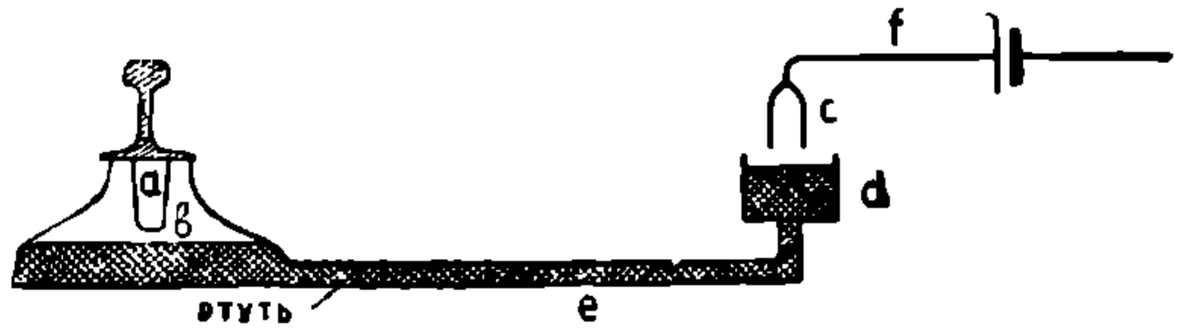
Итак, 1) семафор можно открыть только в том случае, если прибор деблокирован; 2) нажать кнопку и, следовательно, послать переменные токи по линии можно только при закрытом семафоре; 3) при посылке указанных токов (при нажатии кнопки) прибор заблокировывается; 4) нажать кнопку после заблокирования прибора нельзя.

Обычно для правильного и своевременного закрытия семафора II устраивается так, что семафор II закрывается не сигналистом, а автоматически самим проходящим поездом, который, нажимая на педаль, замыкает цепь электрического тока, помощью которого крыло семафора приходит в закрытое положение.

Педаль состоит из прикрепленной к рельсу коробки, которая тонкой, упругой, металлической пластинкой *b* разделена на две части;

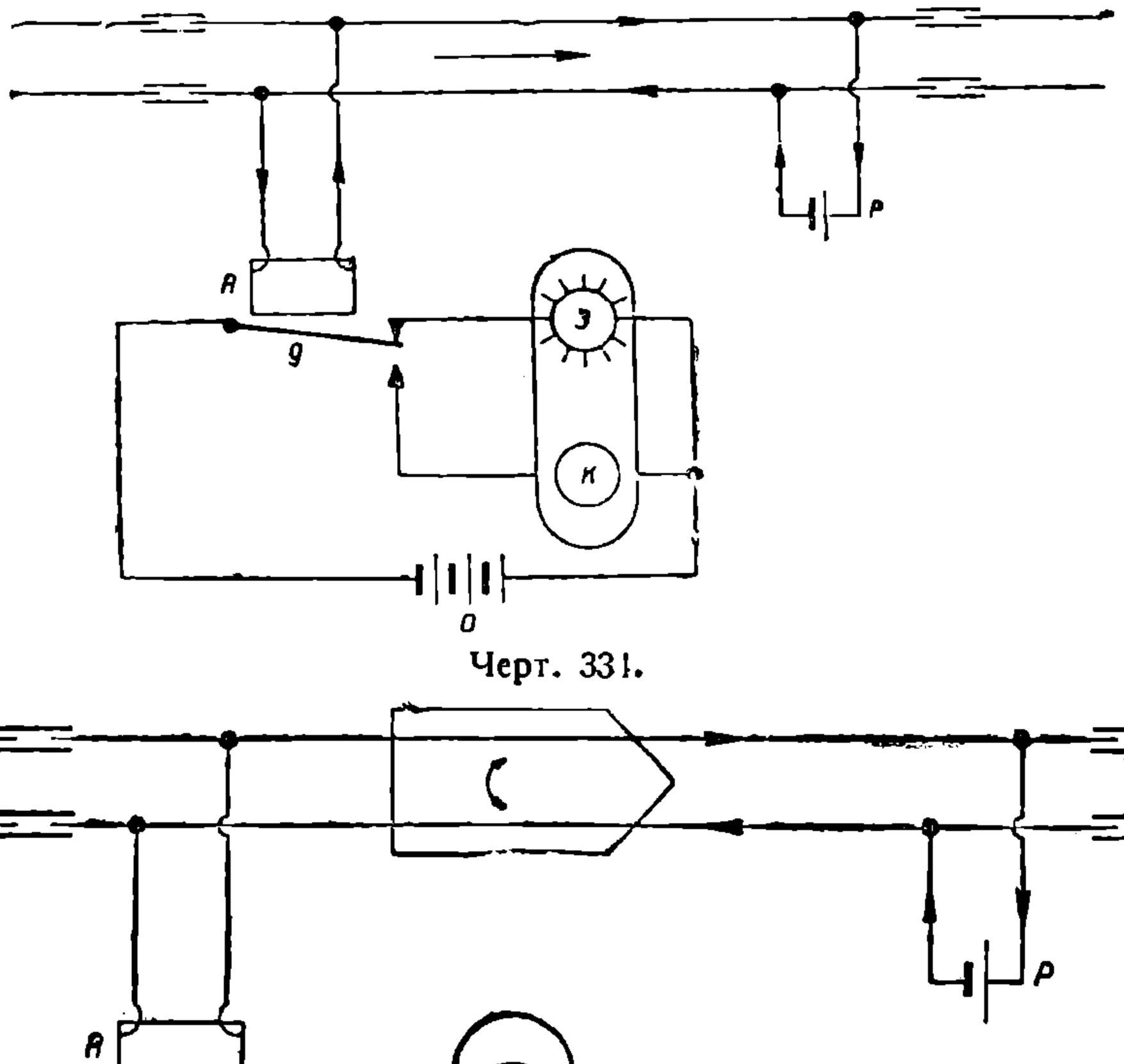
РТБ ДНЖТ

в нижней части налита ртуть (черт. 333). Когда колеса подвижного состава проходят по рельсу, то он, прогибаясь, давит помощью стержня *a* на пластинку *b* и выдавливает ртуть по каналу *e* в стакан *d*, в котором помещена вилка *c*. Вилка соединена проводом с батареей электрических элементов. Таким образом устанавливается сообщение между проводом и рельсом (и с землею), и цепь замыкается, так как провод от другого полюса батареи соединен с землей.

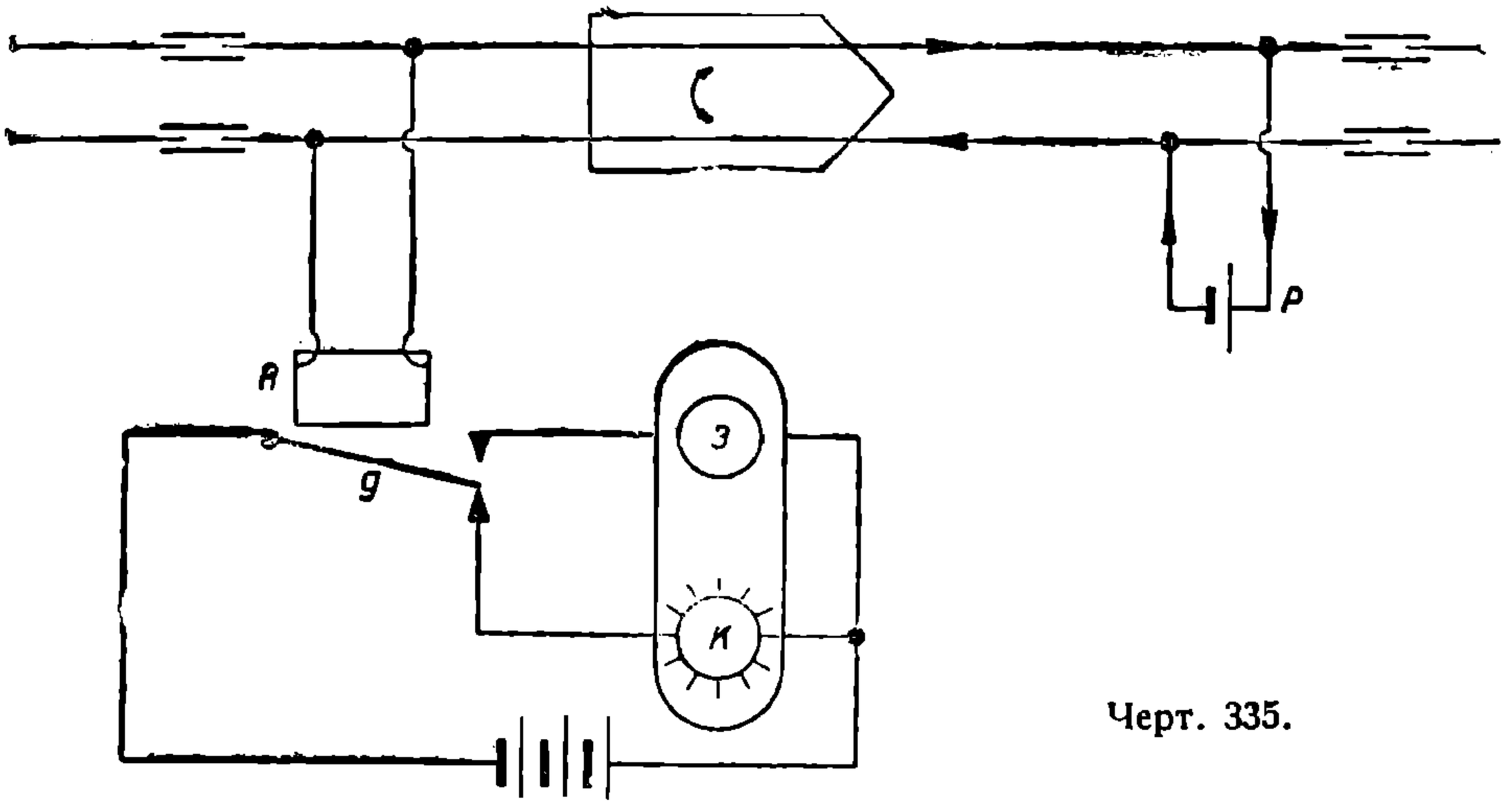


Черт. 333.

Описанная система сигнализации — полуавтоматическая: поезд сам за собой закрывает семафор; открывает же семафор поезду сигналист. Такая система распространена в Европе. В Америке распространена автоматическая система, при которой поезд сам и закрывает и открывает семафор. На границе блокировочного участка имеются изоляции рельсовых стыков *S*.



Черт. 331.



Черт. 335.

РГБ ДНУЖТ

По изолированным рельсам пропускается ток из батареи *P* (черт. 334). Ток проходит по проводам, идущим к реле *R*, и притягивает якорь *g*, если цепь замкнута. Если якорь притянут, то замыкается цепь батареи *Q* и сигнал тогда находится в открытом положении: светится зеленый огонь светофора. Если на рельсах находится поезд, то ток из батареи *P* переходит от одной колеи к другой через колесный скат по линии наименьшего сопротивления и не доходит до реле: якорь *g* не притягивается и ток проходит через светофор с красным огнем. Точно также сигнал будет в закрытом положении, если произойдет излом рельса, будет вынуто рельсовое звено и т. п. Когда поезд вступил в данный участок, то сигнал за ним закрывается и находится в таком положении, пока поезд не сошел с блокировочного участка (черт. 335).

Проектом реконструкции у нас предвидится автоматическая блокировка. Автоблокировка позволит организовать движение поездов непрерывной лентой (на Лондонском метрополитене интервал между поездами равняется 3/4 минуты).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какое назначение путевой блокировки?
2. Какие существуют основные системы путевой блокировки?
3. Что такое полуавтоматическая и автоматическая система блокировки?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Расставьте входные и выходные семафоры и предупредительные диски на схеме средней станции, приведенной в курсе, и укажите, какие семафоры должны быть открыты и какие закрыты:

1) при проходе скорого поезда без остановки на данной станции слева направо и 2) при проходе сборного товарного поезда (с работой на данной станции) справа налево.

НТБ ДНУЖТ

ЗАДАНИЕ VII

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ

§ 35. Экономические изыскания

Проектирование железнодорожной линии, долженствующей соединить намеченные заранее пункты (заселенные пункты, промышленные центры), состоит в разработке плана линии и ее продольного профиля, в расчете количества и размеров станционных и других обустройств.

Главнейшие пункты, через которые должна пройти железная дорога, намечаются заранее на основании либо народно-хозяйственных, либо стратегических, либо других соображений, диктуемых планом нашего соцстроительства.

Между указанными пунктами должна быть запроектирована железная дорога.

Составлению проекта любой железной дороги должны предшествовать экономические изыскания для определения размеров возможного будущего движения по железной дороге. Экономические изыскания состоят в обследовании местностей, прилегающих к проектируемой дороге с экономической точки зрения; они состоят прежде всего в выявлении районов тяготения к проектируемой дороге, т. е. тех районов, которые будут обслуживаться будущей дорогой.

Вопрос о районах тяготения не так прост. Здесь приходится взвешивать и принимать во внимание многие факторы: наличие существующих в районе путей сообщения; количество и качество обыкновенных дорог, грунтовых, шоссейных и водных путей; возможность возникновения с проведением магистрали всякого рода подъездных путей; характер местного производства.

Что касается расстояния перевозки по самой железной дороге, которое может выдержать груз, то это зависит от величины грузооборота дороги. Так, например, на магистральных линиях с очень сильным грузооборотом хлеб может выдержать перевозку на расстояпии до 4 000 *км*.

После того, как будут намечены районы тяготения, приступают к экономическому обследованию этих районов как путем изучения указанных районов на месте, так и путем собирания статистических данных в центральных и местных учреждениях.

Обследование районов должно выявить количество грузов, которое могут доставить на дорогу имеющиеся фабрики, заводы, лесные разработки, земледелие, скотоводство и т. п., с учетом возможного развития указанных предприятий и возникновения новых с проведением дороги, а также и количество грузов, которые должны поступить в обследуемые районы: сырье на заводы, продукты потребления в населенные пункты.

НТБ ДНУЖТ

Как указано выше, все необходимые данные для определения будущего грузооборота получаются путем серьезного изучения и обследования районов на местах.

Определив ожидаемый грузооборот, можно разрешить вопрос о типе железной дороги, исходя из нижеследующих соображений.

Чем лучше построена дорога (например, с малыми уклонами i, с большими радиусами кривых R и т. д.), тем больше будут расходы на ее постройку, но зато, с другой стороны, тем меньше будут расходы по эксплоатации (например, расходы на топливо при движении по меньшему подъему будут меньше).

Выбор типа дороги и заключается в том, чтобы в связи с ожидаемым грузооборотом установить нам выгоднейшее соотношение между расходами по сооружению дороги и расходами по эксплоатации. Кроме типа дороги следует определить наивыгоднейшее ее направление. Утвержденные 10 февраля 1931 г. Технические условия проектирования магистральных жел. дор. говорят по этому вопросу нижеследующее.

§ 3. Основным требованиям, предъявляемым к дороге, является проведение ее по найвыгоднейшему, между заданными пунктами, направлению с представлением и сравнением основных возможных вариантов решения задачи.

При этом все элементы проектируемой дороги должны быть выбраны по принципу наибольшей экономической и технической целесообразности с использованием всей совокупности имеющегося в этом отношении опыта и достижений техники, учитывая в то же время наметившиеся мероприятия по рационализации и реконструкции транспорта.

Вместе с тем проектируемая дорога должна обеспечивать бесперебойность работы дороги как транспортного предприятия, и удовлетворять требованиям обороноспособности страны.

При выполнении указанных основных требований жел. дорога должна по мере возможности наилучшим образом соответствовать интересам городов, фабрик, заводов, колхозов и т. д.

§ 4. При сравнении вариантов жел. дорог или ее отдельных устройств требующиеся для их осуществления и их функционирования расходы следует вводить в расчет с учетом отдаленности производства их по времени. С этой целью расходы помножаются на соответствующие их отдаленности капиталовложения K, исчисляемые по формуле

$$K = \frac{1}{(1 + p)t},$$

где

$$p = \frac{П}{100},$$

причем

$П$ — расчетный годовой процент, учитывающий произведенные капиталовложения,

t — отдаленность расхода от принятого начального момента в годах.

Обозначая через A строительные расходы по сооружению, переустройству, капитальному ремонту и расширению в рублях, а через E — расходы эксплоатационные по текущему ремонту, процент на стоимость подвижного состава и прочие непрерывно производящиеся расходы в рублях в год, получается следующее выражение для исчисления общего годового расхода $Э$ какого-либо варианта:

$$Э = (\Sigma A \quad K + \Sigma E \cdot K) \quad p;$$

Σ — означает знак суммы расходов, помноженных на соответствующие их отдаленности коэфициенты.

НТБ ДНУЖТ

Входящие в это выражение суммы Σ должны быть взяты теоретически за бесконечный период времени, вперед, а практически, в виду незначительной величины коэфициентов отдаленности при больших значениях t лет, за расчетный конечный период времени, причем необходимо задаться определенной последовательностью роста расхода A и E, а также законом изменения p во времени.

Если по роду вариантов строительные расходы единовременны и осуществление их совпадает с начальным моментом исчисления, а непрерывные расходы E постоянны, то указанное в предыдущем параграфе общее выражение для $Э$ приводится к следующему обычному выражению

$$Э = Ap + E.$$

Если по роду варианта непрерывные расходы E изменяются в зависимости от времени t линейно, то выражение для $Э$ приводится к виду $Э = p \cdot \Sigma AK + E_1$, где E_1 — расход E, взятый для расчетного года эксплоатации.

При сравнении вариантов профиля и трассы, выборе предельного уклона и т. д. необходимо, пользуясь вышеуказанным методом, производить расчеты на основе перспективных данных роста грузооборота, установленных планово-экономическими органами.

В этом случае, если закон роста грузооборота установить не представляется возможным, допускается принимать его изменение по линейному закону. В этом случае расчетный год эксплоатации для определения размеров эксплоатационных расходов в формуле $p \cdot \Sigma AK + E$ можно в средних условиях принимать равным 10-му году.

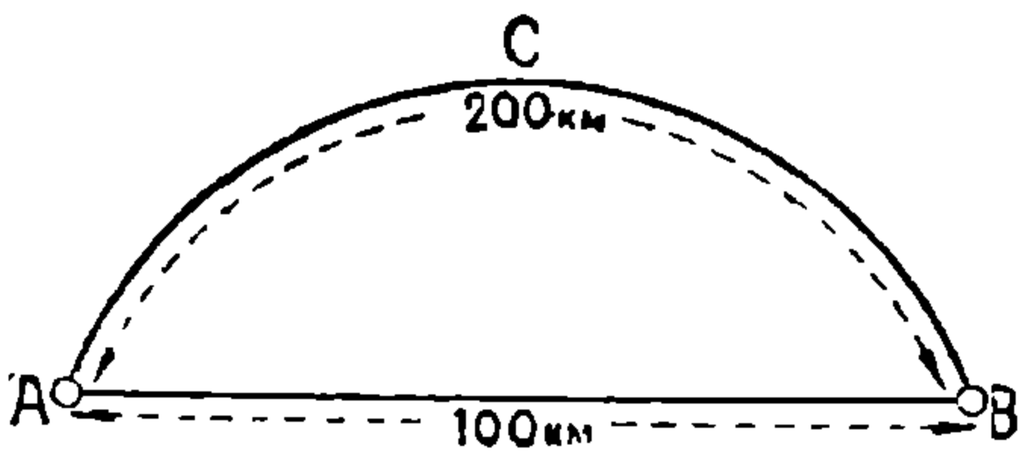
§ 36. Технические изыскания

Разработка плана и продольного профиля делается на основании произведенных технических изысканий. Задача этих изысканий заключается в выяснении наивыгоднейшего направления железнодорожной линии между указанными пунктами, т. е. такого направления, при котором стоимость сооружения дороги и расходы по эксплоатации были бы наименьшими. Если бы земная поверхность между пунктами, A и B, которые должны быть соединены железнодорожной линией, была совершенно ровная и горизонтальная и на пути от A к B не было бы никаких препятствий, например в виде озер, болот, капитальных построек и т. п., то наметить направление железнодорожной линии было бы весьма просто: линия должна была бы быть проведена по кратчайшему расстоянию — по прямой, соединяющей пункты A и B. Если же один пункт A расположен гораздо выше другого пункта B, местность неровная и между пунктами A и B имеются естественные препятствия, то решение вопроса усложняется. Пункт A может быть расположен настолько выше пункта B, что при соединении их прямой линией уклон этой линии может получиться более того, какой возможно допустить на железной дороге. Так, например, при максимальном допустимом уклоне железнодорожной линии в 0,01, при расстоянии между пунктами A и B в 100 *км* и возвышении пункта A над пунктом B в 2000 *м* уклон прямой линии, соединяющей A и B, получится в

$$\frac{2000\ м}{100 \cdot 1000\ м} = 0{,}02 > 0{,}01.$$

НТБ ДНУЖТ

Для возможности проведения железнодорожной линии пришлось бы ее провести не по кратчайшему расстоянию, а удлинить вдвое, или, как говорят, „развить линию", т. е. провести ее по направлению ACB (черт. 336), где ACB есть изображение удлиненной линии в плане. Длина линии ACB — 200 *км*, и, следовательно, уклон линии



Черт. 336.

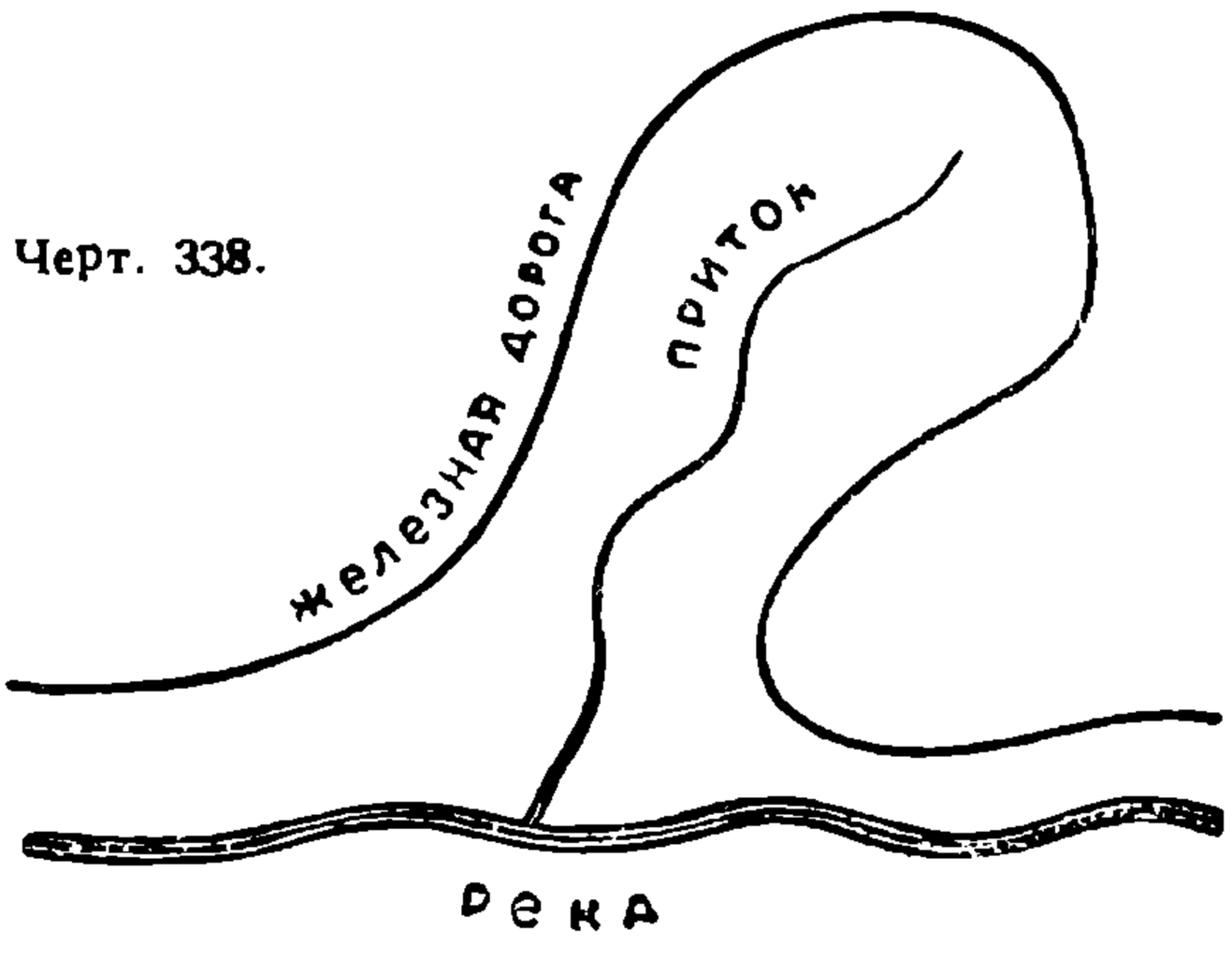
$$\frac{2000\ м}{200 \cdot 1\,000\ м} = 0{,}01.$$

Характерным примером развития железнодорожной линии может служить развитие С. Готардской железной дороги близ ст. Вазен, где дорога идет вдоль берега реки Реусс, делает петлю и поднимается по косогору речной долины. Как видно из чертежа, в указанном месте по косогору вдоль реки проходят три линии в различных уровнях (черт. 337).



Черт. 337.

Развитие линии может быть сделано помощью захода в долину одного из притоков реки, вдоль которой проходит железная дорога, как это показано схематически на черт. 338.



Черт. 338.

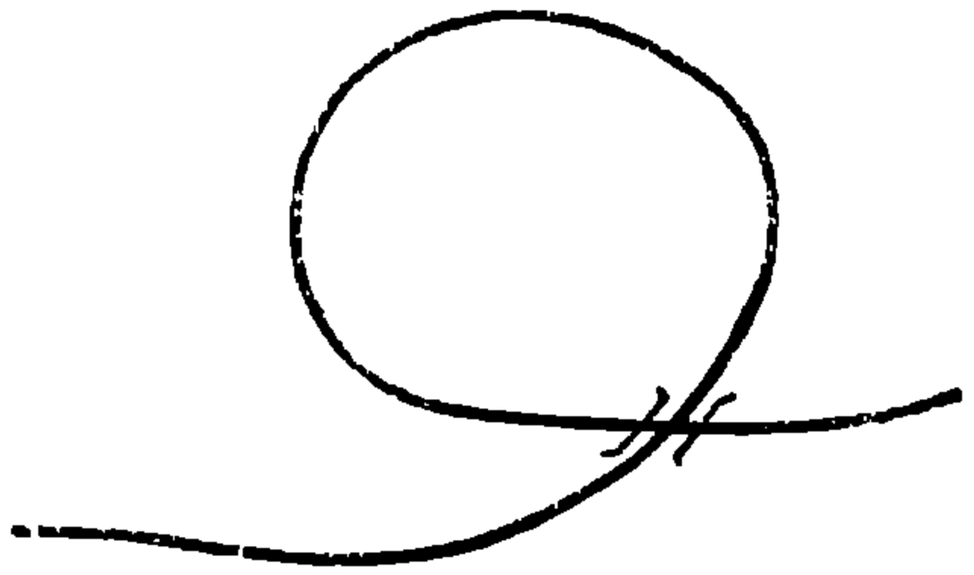
Развитие линии может быть достигнуто помощью спиралей: линия делает полные обороты, пересекая самое себя помощью виадуков или туннелей (черт. 339).

Уклонение железнодорожной линии от прямого направления AB приходится иногда делать и по другим мотивам: так, например, вследствие наличия между пунктами A и B препятствий в виде озер или населенного пункта, которые приходится обойти, или наличия возвышенности, прорезать которую выемкой было бы дороже, чем обойти эту возвышенность (хотя бы и несколько удлинив линию). Таким образом, железнодорожная линия в плане в самом

НТБ ДНУЖТ

общем случае будет состоять частью из прямых, частью из кривых или, иначе говоря, из прямых, расположенных под различными друг к другу углами и соединенных между собою кривыми.

В профиле железнодорожная линия будет состоять из чередующихся горизонтальных и наклонных к горизонту участков. Сначала возможные направления линии немечаются на имеющейся карте. Затем приступают к изысканиям на месте, т. е. к полевым работам, которые состоят в рекогносцировке, т. е. в беглом осмотре местности и в подробных изысканиях, состоящих в инструментальных обследованиях направления линии (нивелировка, промер и съемка углов точными угломерными инструментами).



Черт. 339.

Имея заданные технические условия и карту местности (например, карту в горизонталях), следует стремиться так спроектировать линию (так наметить ее в плане и такой запроектировать продольный профиль), чтобы сумма стоимости сооружения линии и будущих эксплоатационных расходов получилась наименьшая.

При проектировании линии могут встретиться нижеследующие, наиболее характерные случаи: 1) линия может быть проведена по водоразделу, 2) по долине реки, 3) частью по водоразделу, а частью по долине реки, 4) с пересечением водораздела. При первых двух способах профиль получается покойный с незначительным количеством работ. Последний случай сопряжен с тяжелым профилем и большим количеством работ. При проведении железной дороги по водоразделу легко решается вопрос с пропуском вод (мало искусственных сооружений и они незначительной величины); но могут быть затруднения с водоснабжением станций и нужно предвидеть борьбу со снежными заносами. При проведении железной дороги долиной реки хорошо решается вопрос с водоснабжением. Если река небольшая и долина ее узкая, приходится вести линию по косогору, что иногда сопряжено с повреждениями земляного полотна вследствие оползней косогора. При проектировании линии следует иметь в виду не только топографические условия местности, но геологическое строение, что особенно важно при проведении линии по косогору.

Имея карту, заданные технические условия, можно наметить на карте несколько вариантов. Для каждого варианта составляют продольные профили, которые и могут служить известным показателем стоимости сооружения (количества земляных работ) и удобства эксплоатации (легкость профиля). Продольный профиль составляется в месштабе $\frac{1}{10\,000}$ для горизонтальных расстояний и $\frac{1}{1\,000}$ для вертикальных расстояний. Сравнивая составленные продольные профили, останавливаются на том, который представляется наиболее выгодным, т. е. является соединением сравнительной дешевизны (сравнительно менее длинное протяжение линий и меньшее количество земляных работ) с наибольшими удобствами эксплоатации; более легкий профиль, наименьший уклон и наибольший радиус R закругления,

РГБ ДНУЖТ

Технические изыскания в поле производятся отдельными партиями; каждая партия трассирует линию в пределах порученного ей участка дороги. Каждая партия обычно состоит из: 1) начальника партии, который ведет линию, т. е. намечает ее направление и измеряет углы поворотов; при начальнике партии десятник и трое рабочих (один переносит угломерный инструмент, а двое провешивают линию); 2) пикетажист, который измеряет провешенную линию, забивает через каждые 100 *м* и в наиболее характерных точках колышки (ставит пикеты) и разбивает кривые; при нем трое рабочих (двое с цепью и один с кольями); 3) два нивелировщика, которые, следуя один за другим на некотором расстоянии, нивелируют линию по точкам, отмеченным пикетажистом, снимают поперечные профили и устанавливают реперы; при каждом нивелировщике трое рабочих (один при нивелире и двое с рейками).

Описание самого производства технических изысканий (нивелировка, съемки углов и т. п.), употребляемых при этом геодезических инструментов, а также рассмотрение вопроса о коммерческих изысканиях, выходят за пределы настоящего курса.

Технические условия проектирования железных дорог (магистралей).

Для руководства при курсовых упражнениях по проектированию железнодорожных линий ниже приводится некоторое извлечение из утвержденных Технических условий проектирования магистральных линий.

Выдержки из Технических условий проектирования железнодорожных линий магистрального значения с паровой тягой, утвержденных НКПС 10 февраля 1931 г. (приказ за № 2046).

ГЛАВА II

§ 14. Величина руководящего уклона. Руководящий уклон назначается для прямой и должен соответственно уменьшаться при совпадении с кривой на величину, определяемую условием, чтобы сумма сопротивления от уклона и кривой не превышала сопротивления на руководящем уклоне. Число тысячных подъема, эквивалентного влиянию кривой, определяется по формуле $\frac{12\,a}{L}$ (что соответствует формуле $\frac{700}{R}$),

где a — общее число градусов центральных углов всех кривых, расположенных в пределах,

L — длина элемента профиля, определяемого согласно правил, помещенных в приложении 4.

Величина уклонов при краткой тяге или подталкивании $i_{подт}$ определяется в зависимости от величины руководящего уклона и принятых типов 2-го и 3-го паровоза.

$$i_{подт} = \frac{\lambda F' + \lambda F'' + i\,(P + Q) \quad w_0\,(P' + P'')}{P + P' + P'' + Q},$$

где

F' и F'' — сила тяги второго и третьего паровоза, соответствующая скорости головного паровоза,

λ и λ — коэфициент использования силы тяги второго и третьего паровоза, принимаемый для второго паровоза равным 0,9, а для третьего паровоза равным 0,8,

P — вес головного паровоза с тендером в рабочем состоянии,

P' и P'' — тоже соответственно 2-го и 3-го паровоза,

Q — вес вагонов в поезде,

i — величина руководящего подъема,

НТБ ДНУЖТ

w_0 — удельное сопротивление всего поезда на площадке.

Как правило, если не будет на этот счет особых соображений, 2-й и 3-й паровозы должны быть приняты того же типа, что и головной паровоз.

В этом случае значение руководящего уклона при двойной или тройной тяге принимается на основании следующих таблиц.

Таблица

значений руководящего уклона при двойной тяге и одинаковых паровозах

Руководящий уклон	Уклон при двойн. тяге	Руководящий уклон	Уклон при двойн. тяге
0,003	0,0070	0,007	0,0135
0 004	0.0085	0,008	0,0155
0,005	0,0105	0,009	0,0170
0,006	0,0120	0,010	0,0185
		1,011	0,0200

Таблица

значений руководящего уклона при тройной тяге и одинаковых паровозах

Руководящий уклон	Уклон при двойн. тяге	Руководящий уклон	Уклон при двойн. тяге
0,003	0,0105	0,007	0,019
0,004	0,0125	0,008	0,021
0,005	0,0150	0,009	0,023
0,006	0,0170	0,010	0,025
		0,011	0,027

§ 15. Расстояния между смежными точками перелома продольного профиля желательно устраивать возможно большими и по возможности не менее длины груженого поезда, определяемого ориентировочно по формуле $\frac{6\,300}{i+2}$, но не менее $^1/_3$ длины поезда и не менее 200 *м*, согласно следующей таблице.

Величина руководящ. подъема	Рекомендуемая длина элемента	Минимальная длина	Величина руководящего подъема	Рекомендуемая длина	Минимальная длина
0,003	1300	400	0,007	700	200
0,004	1050	350	0,008	650	200
0,005	900	300	0,009	600	200
0,006	800	250	0,010	550	200
			0,011	500	200

При сопряжении крутых уклонов должна быть сделана проверка возможности сопряжения уклонов в вертикальной плоскости кривой радиуса 10 000 метров.

Два уклона, направленные в разные стороны, если крутизна каждого из них превышает 4‰, должны быть разделены площадкой, длиной не менее длины элемента проектирования. Площадка, расположенная между направленными в разные стороны подъемами или скатами, может быть заменена одним уклоном или двумя, направленными в разные стороны уклонами, не круче 4‰. Такая замена обязательна, если переломная площадка расположена между двумя скатами в выемке, при этом крутизна элемента должна быть не положе 2‰.

НТБ ДНУЖТ

Точки переломов продольного профиля при подходах к мостам, путь которых уложен не на балласте, должны отстоять от конца пролетного строения моста на расстоянии не менее $5 \cdot \Delta i$ метров, где Δi алгебраическая разница чисел тысячных уклонов.

Для деревянных мостов на свайных опорах означенное расстояние считается от крайнего ряда свай.

Смежные элементы продольного профиля должны при сооружении полотна обязательно сопрягаться в вертикальной плоскости кривой радиуса 10000 метров.

§ 16. Условия проектирования дороги в плане. Радиусы закруглений в плане должны быть возможно большими и назначаться в соответствии с местными условиями и предстоящей работой дороги.

Рекомендуется применение радиусов следующей величины.

В легких условиях трассы 4000, 3000, 2000, 1800, 1500, 1200 и 1000 метров.

В условиях трассы средней трудности помимо указанных допускаются радиусы 800, 700 и 600 метров.

В трудных условиях трассы допускается применение радиусов 500, 400, 350, 300 и в самых исключительных случаях с разрешения НКПСстроя — 250 и 200 метров.

Применение радиусов менее 600 метров допускается также при подходах к городам, к большим узловым станциям, при пересечении существующих жел. дор., а также для временной трассы и обходных путей.

В гористых районах, при применении сочлененных паровозов или паровозов не более, как с 4-мя спаренными осями, допускаются радиусы и менее 200 метров в зависимости от типа подвижного состава, предположенного к обращению.

Кривые, описанные радиусом 1500 метров и менее, должны сопрягаться с примыкающими к ним прямыми при помощи переходной кривой.

Кривые разных радиусов, направленные в одну сторону, разность кривизны которых больше $\frac{1}{1500}\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \geq \frac{1}{1500}\right)$, если они примыкают друг к другу, также должны сопрягаться при помощи переходной кривой.

Переходные кривые разбиваются по кубической параболе, а при малых радиусах по радиоидальной спирали.

Длины переходных кривых определяются при этом в зависимости от местных топографических условий и величины радиуса, согласно указаний приложения 7 к настоящему параграфу.

Между концами переходных кривых, закруглений, направленных в разные стороны, должна быть обязательно помещена прямая вставка длиной не менее 75 метров.

В трудных условиях трассы величина прямой вставки может уменьшаться, но быть во всяком случае не короче 25 метров.

Смежные кривые разных и одинаковых радиусов, направленных в одну сторону, должны примыкать друг к другу. При невозможности исполнения этого условия между концами переходных кривых нужно иметь прямую вставку возможно большей длины, но во всяком случае не меньше 75 метров (см. прил. 7).

§ 30. Полоса отвода в местностях, подверженных заносам. В открытых местах, подверженных заносам снежным или песчаным, ширина железнодорожной полосы должна обеспечивать возможность предохранения заносимых мест:

1) От снежных заносов путем рассадки на соответствующем расстоянии от полотна живых изгородей, установки щитов, устройства специальных галлерей, навесов и т. д.

2) От песчаных заносов путем соответствующего укрепления песков растительностью, установкой специальных щитков и т. п.

Полоса отвода в местностях, подверженных снежным заносам в пределах заносимых мест, для возможности установки снеговых щитов должна быть не менее 30 метров в каждую сторону от оси полотна.

При этом отвод земли под установку щитов может быть заменен правом периодического пользования землей в зимнее время, по согласовании этого вопроса с организациями, регулирующими землепользование в данном районе.

В случае устройства живых изгородей в местностях, подверженных снежным заносам, полоса отвода должна быть не менее 50 метров в каждую сторону от оси. При этом от границы полосы отвода в сторону полотна должна быть оставлена невырубленной полоса, шириной не менее 15—20 *м*.

В местностях, подверженных песчаным заносам, ширина полосы отвода, в зависимости от характера песков, может увеличиваться до 5 *км* в каждую сторону, по согласовании с соответствующими органами.

НТБ ДНУЖТ

§ 33. **Приближение строений, расположенных вне полосы отвода. Все здания,** жилые, служебные, производственные и склады негорючих материалов, расположенных вне полосы отвода, должны отстоять от границы полосы отвода на расстоянии не менее:

1) для строений несгораемых с несгораемой кровлей 10 *м*,
2) „ сгораемых „ „ „ 12 „
3) „ „ „ „ 15 „

и в то же время быть расположенными к оси ближайшего пути следования организованных поездов не ближе

20 метров для строений несгораемых с несгораемой кровлей,
30 „ „ „ сгораемых „ „
40 „ „ „ „ с сгораемой

На перегонах, а также в местах со значительной ценностью имущества, при соблюдении указанных выше расстояний от оси ближайшего пути, строения могут быть приближены к границе полосы отчуждения до расстояния в 4 метра.

Вдоль водопроводных линий строения должны отстоять от границы отвода на расстоянии, обеспечивающем возможность и удобство ремонта водопроводных линий, но не менее 2 метров.

Расстояния от складов горючих материалов до полосы отвода устанавливаются в соответствии с специальными указаниями НКПС.

На черт. 340 и 341 (помещенных между стр. 320 и 321) показан пример трассировки линии по карте в горизонталях с руководящим подъемом $i = 0{,}006$ и наименьшим радиусом $R = 800$ *м*.

§ 37. Укладка пути

Когда трассировка линии закончена, приступают к устройству нижнего строения пути—к производству земляных работ по устройству земляного полотна и к устройству искусственных сооружений.

Производство земляных работ и устройство искусственных сооружений изучается в соответственных курсах и поэтому описание указанных работ и сооружений выходит за пределы настоящего курса.

На готовом земляном полотне устраивается верхнее строение пути—укладывается рельсовый путь.

Укладка пути начинается с точного обозначения на земляном полотне оси будущей рельсовой колеи помощью забивки деревянных колышков через каждые 100 *м* в прямых частях пути и через 20 *м* в кривых частях. Помимо указанных точек колышками обозначаются точки начала и конца кривых и точки перелома профиля в вертикальной плоскости. Если при постройке дороги устраиваются переходные кривые, то на месте производится их разбивка согласно сделанному выше описанию.

Разбивка оси пути в местах перелома профиля по дуге круга радиусом $R = 5\,000$ *м* в вертикальной плоскости делается на основании расчета ординат сопрягающей кривой по формуле:

$$y = \frac{x^2}{2R},$$

где x — расстояние точек кривой от начала кривой.

Положение рельса в вертикальной плоскости как на горизонтальной площадке, так и на уклонах и в точках перелома профиля, и на протяжении указанной сопрягающей кривой фиксируется отметками, зарубками на забитых по оси пути колышках

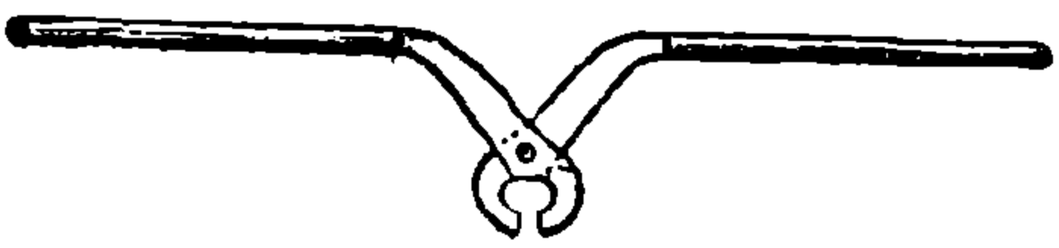
НТБ ДНУЖКТ

или на особых реперах—на колышках, забитых в стороне от рельсовой колеи. Указанные отметки делаются на основании точной нивелировки.

Когда точное положение рельсовой колеи как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях зафиксировано, приступают к самой укладке пути.

Укладка обычно начинается от таких пунктов, к которым можно подвезти рельсы и подвижной состав, например, от существующей железной дороги, от речных пристаней, от портов. Склады и балластные карьеры устраиваются, помимо указанных начальных пунктов, и на некоторых промежуточных.

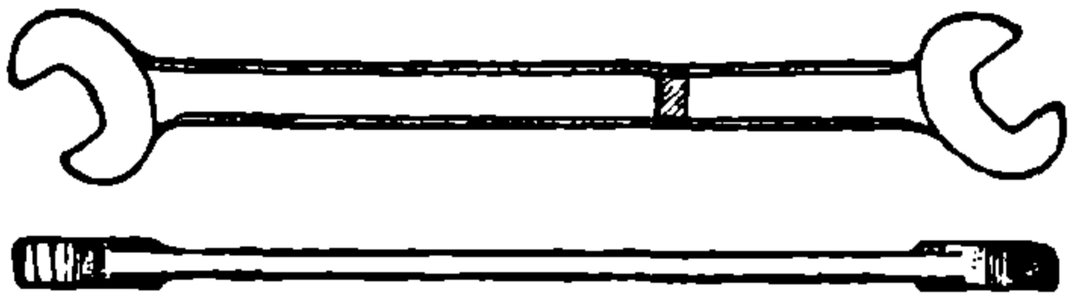
Самая укладка пути начинается с того, что на земляном полотне раскладываются шпалы; шпалы раскладываются перпендикулярно к оси пути, причем точное местоположение их определяется помощью рейки, длиной в рельсовое звено, с обозначением на этой рейке положения осей шпал, согласно эпюре.



Черт. 342.

На уложенных таким образом шпалах раскладываются рельсы; переноску рельсов можно производить помощью изображенных на черт. 342 клещей.

Как известно, рельсы укладываются не впритык один к другому, а на известном расстоянии друг от друга, именуемом зазором. Надлежащая величина зазора достигается помещением в стыках определенных прокладок. Стыки рельсов соседних ниток укладываются один против другого в плоскостях, перпендикулярных к оси пути. Рельсы укладываются с наклоном во внутрь пути в $^1/_{20}$; это делается, как известно, вследствие коничности бандажей колес, и именно для достижения центральности передачи давления от колеса к рельсу.



Черт 343.

Такая укладка достигается или помощью соответствующей зарубки шпал, или помощью клинообразных металлических подкладок.

Уложенные таким образом рельсы перекрываются в стыках накладками, которые стягиваются сначала лишь двумя болтами.

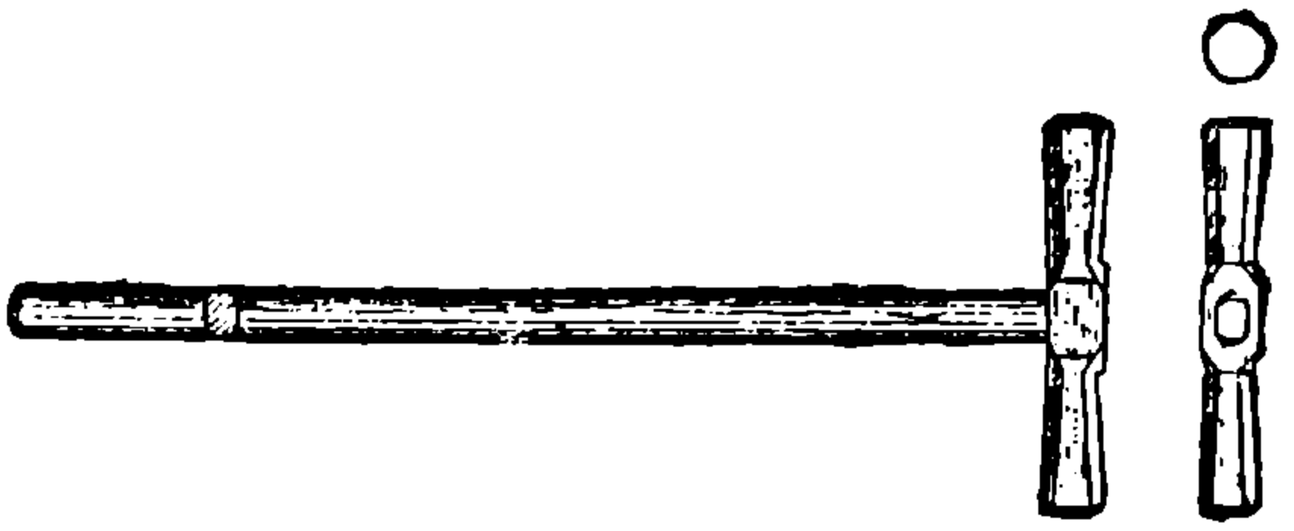
Завинчивание гаек делается помощью ключа (черт. 343).

После этого к шпалам пришивают костылями одну рельсовую нитку Вслед за пришивкой первой нитки второй артелью рабочих, идущей вслед за первой, пришивается вторая рельсовая нитка, причем шьется на точном, определенном расстоянии от первой нитки, именно так, чтобы расстояние между внутренними гранями головок рельсов равнялось 1 524 *мм* (5 фут.) в прямых частях пути; в кривых частях пути делается уширение, как это было ранее указано. Должное расстояние между обеими нитками поверяется помощью путевого шаблона.

Забивка костылей делается помощью костыльного молотка (черт. 344).

НТБ ДНУЖТ

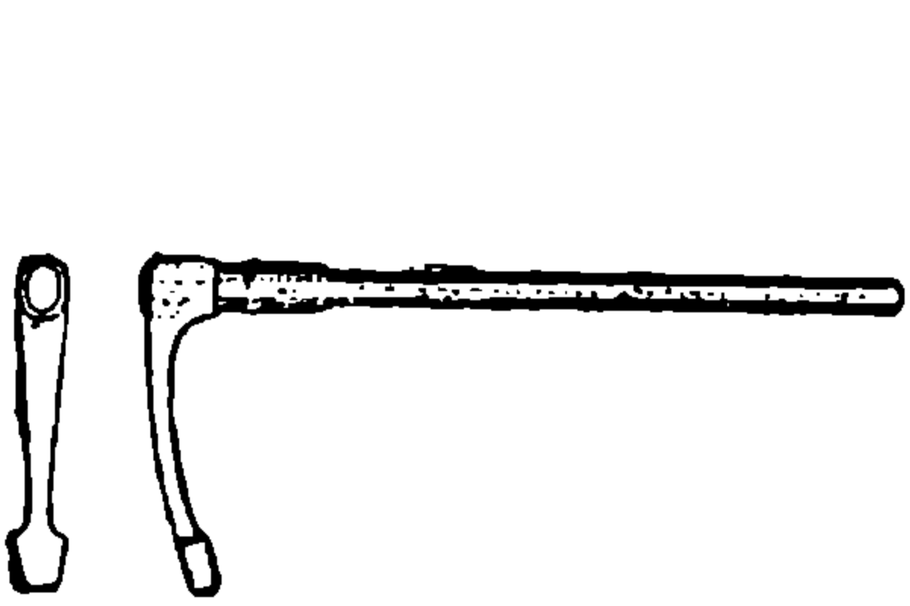
После того как таким образом будет произведена такая укладка пути на некотором протяжении, производится балластировка этого пути и затем дальнейшая укладка, причем развозка балласта и развозка рельсов могут быть произведены уже поездом, который зад-



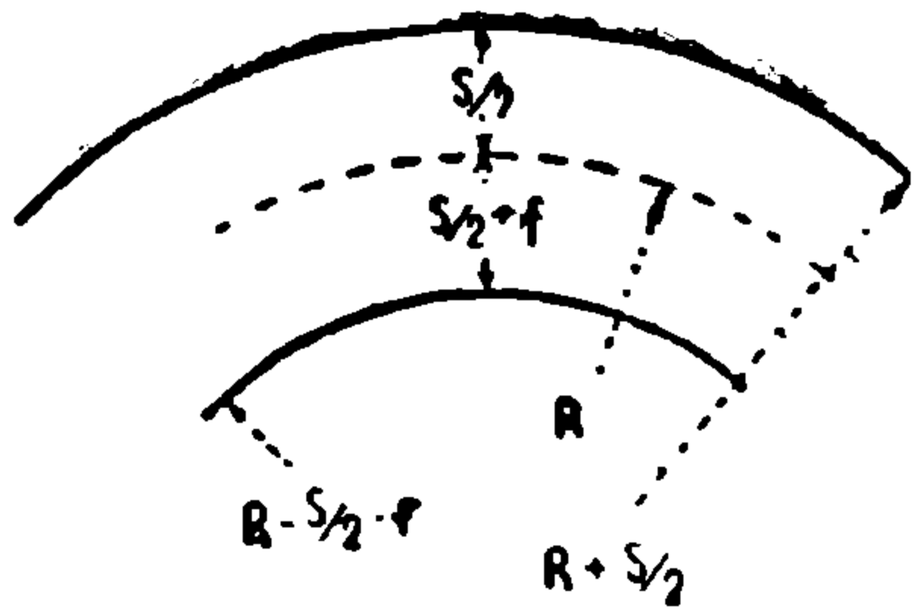
Черт. 344.

ним ходом и самым тихим ходом продвигается по небалластированному пути. Балластировка пути производится слоями около 0,1 *м*.

Подбивка шпал балластом делается железными кирками (черт. 345) помощью ударов с обеих сторон шпалы.



Черт. 345.



Черт. 346.

Сначала подбиваются стыки, затем промежуточные шпалы.

В прямых частях пути рельсы обеих ниток должны лежать в одной горизонтальной плоскости, что поверяется рейкой и уровнем. В кривых частях пути наружный рельс, как известно, возвышается над внутренним, что поверяется помощью особого шаблона.

После поверки правильности положения пути как в горизонтальной, так и вертикальной плоскости устанавливаются в стыках все болты.

Укладка укороченных рельсов в кривых

В кривых частях пути внутренняя рельсовая нитка короче наружной, почему внутренняя нитка должна укладываться рельсами более короткими. Величина укорочения может быть определена, исходя из следующих соображений.

НТБ ДНУЖТ

Если радиус кривой, считая по оси пути, равен R, ширина колеи равна S, требуемое уширение в кривой равно F и если это уширение сделано помощью сдвижки внутренней нитки внутрь кривой, то радиус наружной нитки равняется $R+\frac{S}{2}$, а внутренней равняется $R-\frac{S}{2}-F$, как это усматривается на черт. 346.

Если назовем длину нормальных рельсов, которыми уложена наружная кривая, через l, а величину требуемого укорочения рельсов для внутренней кривой через x, то получим:

$$\frac{l-x}{l}=\frac{R-\frac{S}{2}-F}{R+\frac{S}{2}}$$

откуда:

$$x=\frac{l(S+F)}{R+\frac{S}{2}},$$

$\frac{S}{2}$ по сравнению с R—величина ничтожная, $S=1{,}524$ *мм*; уширение F обычно колеблется в пределах от 5 до 20 *мм*, как мы видели это раньше, поэтому можно принять, что $S+F=1{,}6$ *м*.

Тогда:

$$x=\frac{l\cdot 1{,}6}{R}.$$

Для рельсов длиной 12,5 *м* получим:

$$x=\frac{12{,}5\cdot 1{,}6}{R}=\frac{20}{R}\,м,$$

или в миллиметрах $\frac{20\,000}{R}$.

Для радиуса $R=1\,000$ *м* $\quad x=\frac{20\,000}{1\,000}=20$ *мм*,

для $\quad R=500$ *м*, $\quad x=40$ *мм*.

Таким образом, для каждого радиуса должна быть собственная укороченная длина, что дает чересчур большое разнообразие. На практике устанавливается лишь некоторое определенное количество размеров укороченных рельсов: так, для рельсов длиной 12,5 *м* установлены рельсы, укороченные на 40 *мм* и на 80 *мм*.

Таким образом, между величиной x, и вычисленной по формуле:

$$x=\frac{20\,000}{R}$$

НТБ ДНУЖТ

и установленной величиной 40 *мм* или 80 *мм* может получиться разница, и в зависимости от этой разницы количество укороченных рельсов, укладываемых в путь, будет колебаться: укороченные рельсы будут чередоваться с нормальными рельсами и число тех и других может быть рассчитано таким образом: положим, $R = 1000$ *м*, величина применяемого на практике укорочения $K = 40$ *мм*, величина укорочения, вычисленного теоретически, равняется:

$$x = \frac{20\,000}{R} = \frac{20\,000}{1\,000} = 20 \text{ мм};$$

$$\frac{x}{K} = \frac{20}{40} = 0{,}5,$$

т. е. применяемое на практике укорочение в два раза более, чем это требуется; поэтому на внутренней кривой надо укладывать один рельс нормальной длины и один укороченный, или, другими словами, на 100 рельсов нормальной длины на наружной нитке надо уложить на внутренней 50 нормальных и 50 укороченных рельсов.

Если

$$R = 2\,000 \text{ м}, \quad \text{то} \quad x = \frac{20\,000}{R} = \frac{20\,000}{2\,000} = 10 \text{ мм};$$

$$\frac{x}{R} = \frac{10}{40} = 0{,}25,$$

т. е. применяемое укорочение в 4 раза более требуемого по расчету и, следовательно, на внутренней кривой надо уложить 3 нормальных и один укороченный или на 100 нормальных рельсов на наружной кривой следует на внутренней уложить 75 рельсов нормальных и 25 укороченных.

Вот из каких соображений исходя, рассчитывается число укороченных рельсов, укладываемых на внутренней кривой.

Укладка переходных кривых

Что касается разбивки и укладки переходных кривых, то нужно сказать следующее.

Расчет самой переходной кривой, т. е. вычисление ординат ее, производится согласно ранее изложенным указаниям. По этим ординатам и производится разбивка и укладка кривой.

Правильность уложенных в натуре рельсов переходной кривой может быть поверена помощью изображенного на черт. 347 и 348 прибора инженеров Н. В. Харламова и Н. Н. Иорса.

Прибор состоит из комплекта деревянных шаблонов, надеваемых на головку рельса и удерживаемых на ней пружиной, и такого же комплекта реек, длиною около 20 *см*.

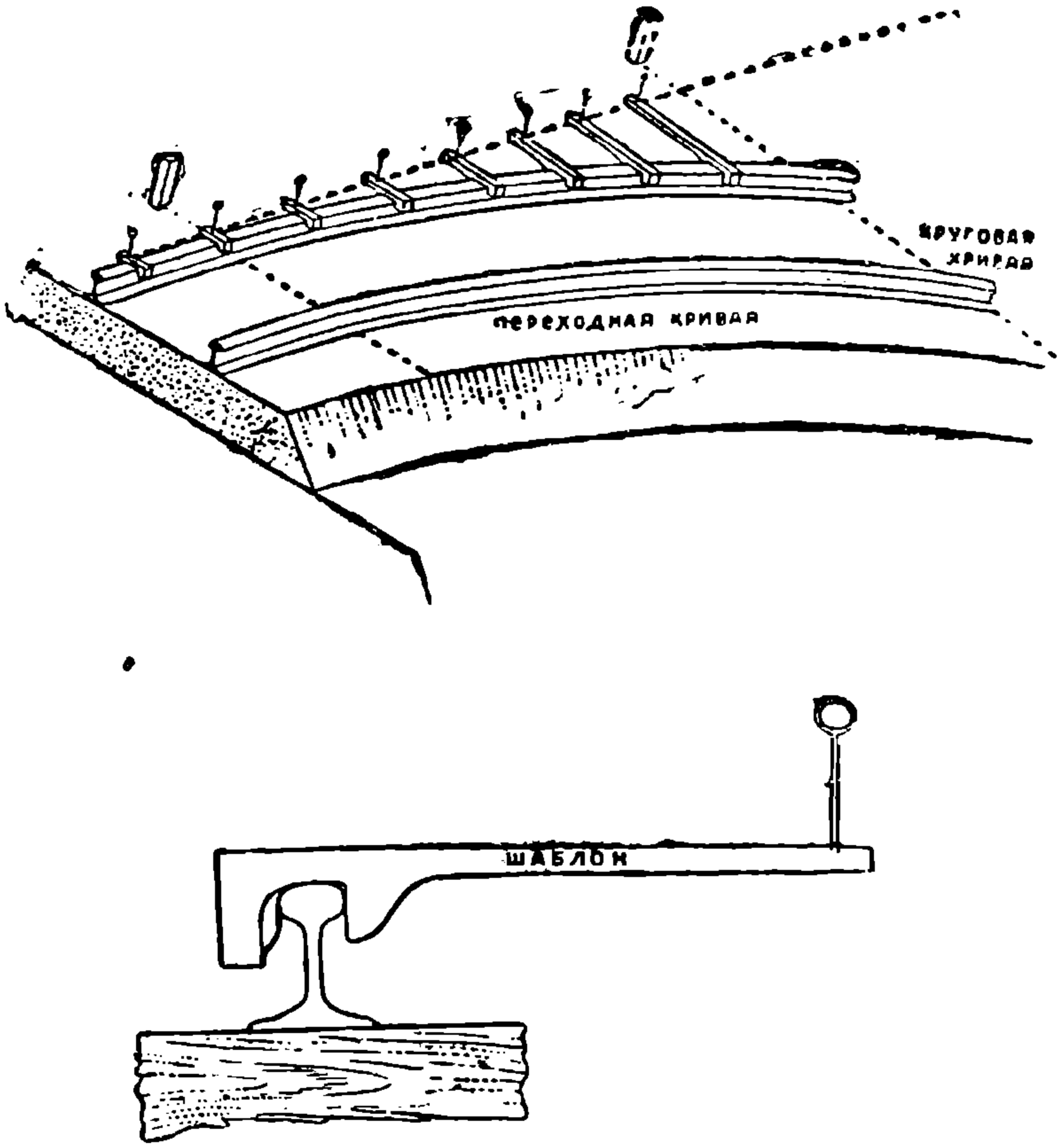
В каждом шаблоне имеются отверстия для реек, в которые последние и вставляются, как это усматривается из чертежей.

Сама поверка делается так: на рельсе на расстоянии 5 *м* друг от друга устанавливаются шаблоны: первый шаблон на прямой, второй — в начале переходной и кривой и т. д.

Если кривая разбита правильно, то рейки должны быть на прямой, являющейся продолжением внутренней грани рельса.

НТБ ДНУЖТ

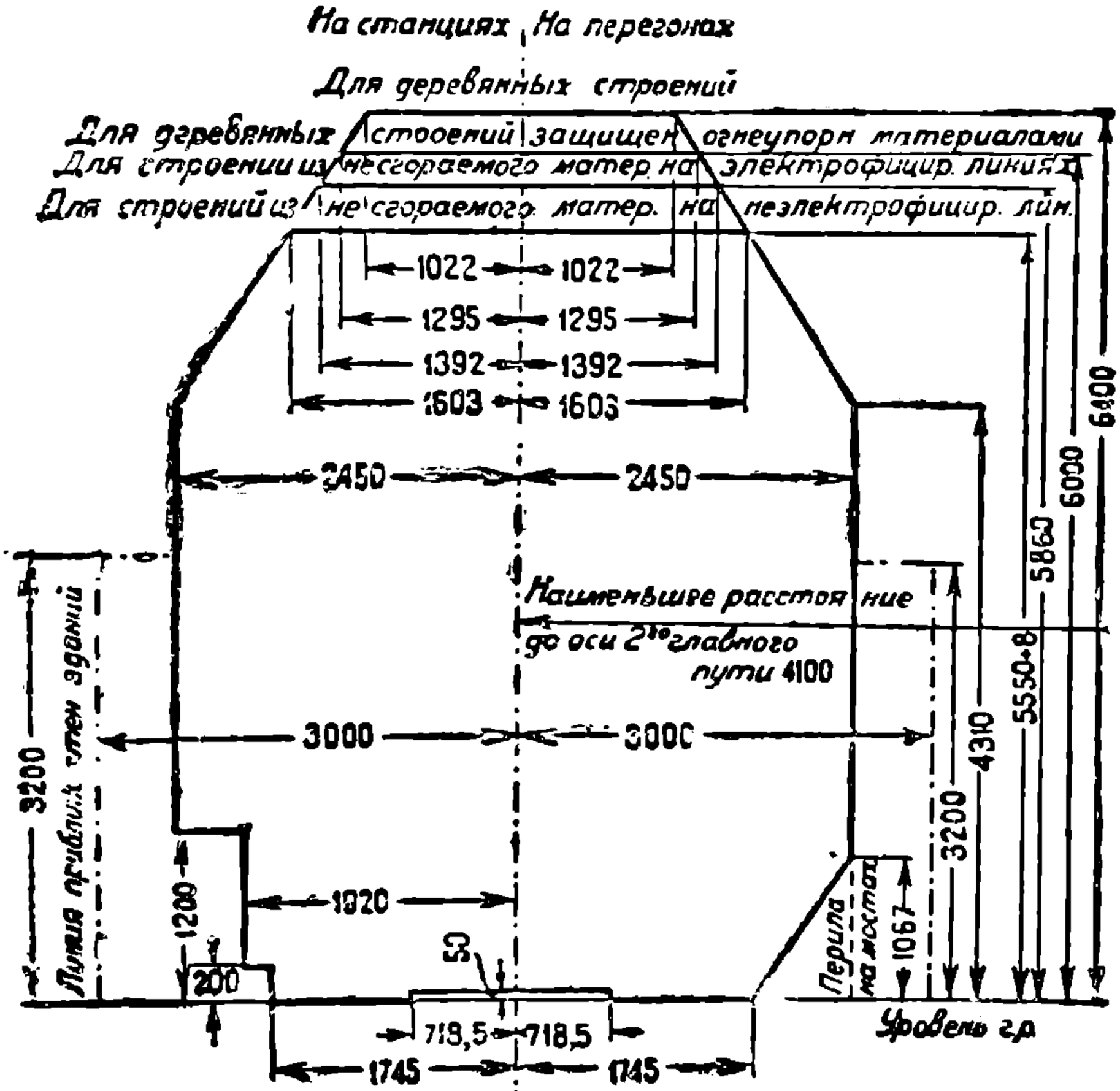
В некоторых пунктах железной дороги близ самого пути располагаются различные здания и сооружения, например пассажирские здания на станциях. Ясно, что должен существовать какой-то предел приближения этих строений к пути, как-то граница, за которую не должны выступать не только целые здания, но и даже отдельные выступающие части таковых, так как в противном случае при проходе поезда паровоз или вагоны могли бы задеть за эти выступаю-



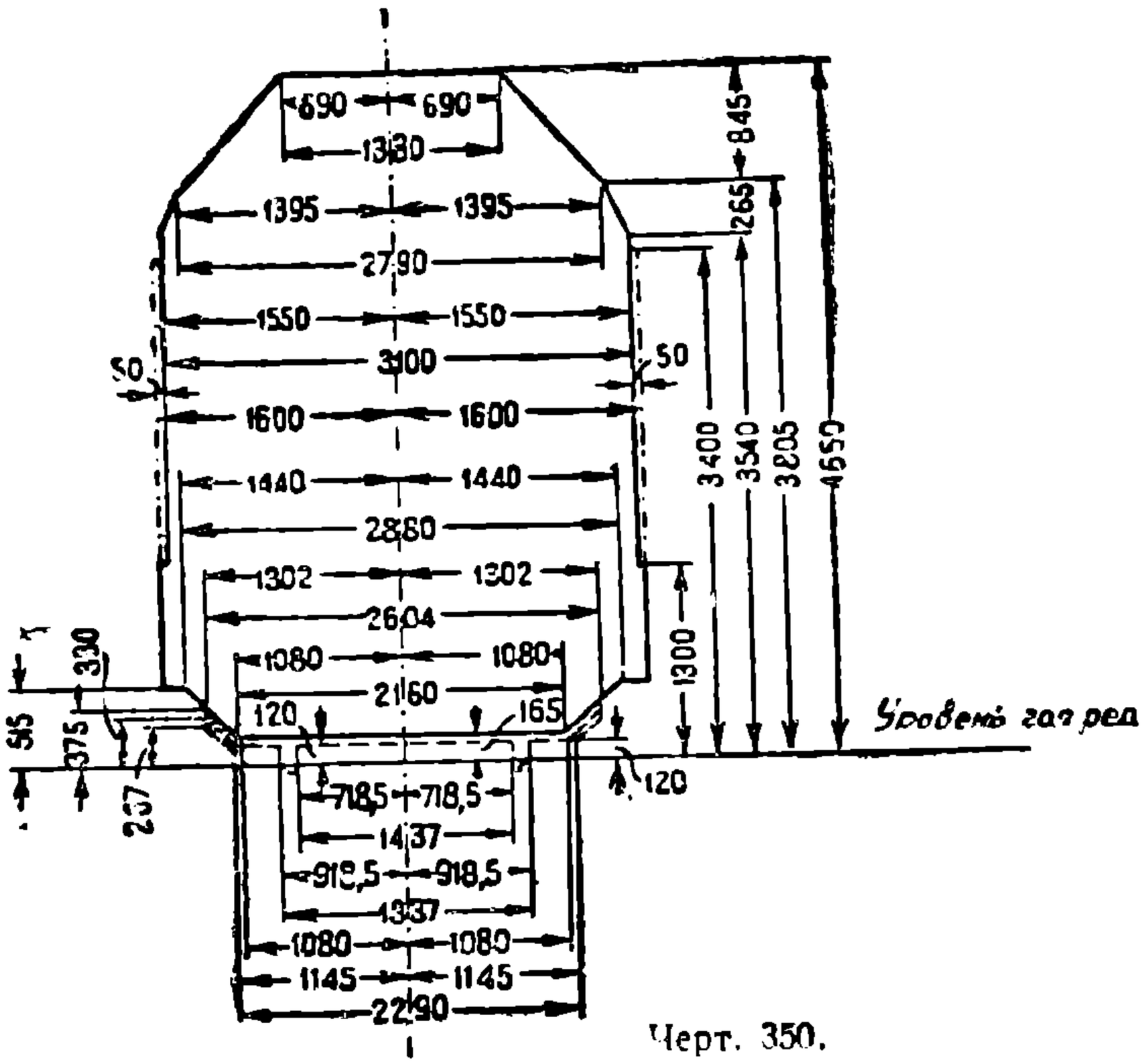
Черт. 347—348.

щии части. Точно также и подвижной состав во избежание такого рода наездов на стоящие близ пути постройки должен иметь определенные размеры; должно быть какое-то очертание, за пределы которого не могут выступать даже отдельные части паровоза или вагонов. Такого рода установленное очертание называется габаритом приближения строений и габаритом подвижного состава. Таким образом габаритом приближения строений к пути называется предельное поперечное очертание, внутрь которого не могут заходить никакие части строений, сооружений и устройств. На черт. 349 показан такой габарит для нашей широкой колеи в 1 524 *мм*, введенный приказом НКПС 2248 от 7 июня 1931 г., на черт. 350 габарит вновь строящихся паровозов, электровозов и тепловозов.

НТБ ДНУЖТ



Черт. 349.



Черт. 350.

НТБ ДНУЖТ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что нужно сделать, прежде чем начать строить железную дорогу?
2. Что такое экономические изыскания и какую цель они преследуют?
3. Что такое технические изыскания и какова их цель?
4. На основании чего выбирается и как намечается первоначальное направление будущей железной дороги?
5. Что называется вариантом, и с какою целью он делается?
6. В чем состоят достоинства и недостатки проведения линии по водоразделам и по долинам рек?
7. Что называется развитием линии и в каких случаях приходится к ним прибегать?
8. Что представляет собой железнодорожная линия в плане и что называется продольным профилем линии?
9. Какой масштаб принимается для горизонтальных и какой для вертикальных расстояний продольного профиля?
10. Как на продольном профиле обозначаются кривые участки пути, площадки, подъемы и уклоны?
11. Что называется черными и что красными отметками?
12. Какой предельный уклон должен быть при совпадении с кривой радиуса 750 *м*, если предельный уклон для прямой установлен в 0,008?
13. Руководящий уклон для дороги установлен в 0,006. Какая должна быть длина площадки, если в обе стороны от нее идут, превышающие в сумме 0,003, в одном случае — скаты, в другом — подъемы?
14. Какие должны быть наименьшие расстояния: а) между точками перелома продольного профиля и точками перехода линии в плане, б) между концами кривых, направленными в разные стороны?
15. Что называется габаритом подвижного состава и что габаритом приближения строений к путям?
16. Почему на внутренней нитке кривых укладываются укороченные рельсы?
17. Как определяется величина укорочения каждого укороченного рельса и общее число укороченных рельсов, которые нужно уложить на внутренней нитке?
18. Как поверяется переходная кривая?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Протрассируйте на приложенной к курсу карте в горизонталях (черт. 340) линии от А. до кургана В. руководящим уклоном 0,006 и радиусом $R = 640$ *м*. Составьте продольный профиль и нанесите на нем черные и красные отметки.

НТБ ДНУЖТ

ЗАДАНИЕ VIII

РЕМОНТ И СОДЕРЖАНИЕ ПУТИ

А. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

§ 38. Силы, действующие на путь

Вновь уложенный и приведенный в полный порядок железнодорожный путь не остается в таком состоянии, а под действием целой серии различных сил — стихийных сил природы и сил, появляющихся при движении поездов, — выводится из своего нормального, правильного положения; отдельные элементы пути с течением времени изнашиваются, приходят в негодность и требуют исправления или замены другими, новыми элементами.

Исправление и приведение пути в исправное состояние называется ремонтом пути.

1. Стихийные силы природы

Железнодорожный путь находится в постоянной борьбе с целой серией сил, действующих на него и расстраивающих его. На путь действуют стихийные силы природы, как-то: ливневые и весенние воды, размывающие путь; морозы, вызывающие образование пучин и нарушающие плавность пути; ураганы и порывы ветра, сдувающие балласт; колебания в температуре, вызывающие резкое изменение отдельных элементов, например, длины рельсов и т. д.

2. Силы, появляющиеся при движении поездов

Кроме стихийных сил природы на путь действуют различные силы, появляющиеся при движении поездов. Силы эти, с одной стороны, являются результатом рассмотренных нами в главе I (V) § 8 конструктивных особенностей железнодорожных экипажей, как-то: вертикальные слагающие сил инерции различных, находящихся в движении, элементов (кривошипов, шатунов); горизонтальные удары виляющего паровоза или вагона; силы трения между колесом и рельсом и т. п.; с другой стороны, силы эти появляются вне зависимости от конструкции экипажей, как, например, центробежные силы.

Классификация сил, появляющихся при движении поездов. Силы, появляющиеся при движении поездов по рельсовым путям, могут быть разделены на две группы: на силы вертикальные и на силы горизонтальные, и эти последние — на силы поперечные и на силы продольные.

Вертикальными силами являются: вертикальные слагающие силы тяжести; вертикальные слагающие сил инерции неуравновешан-

НТБ ДИИЖТ

ных масс (непарализованных противовесами) и вертикальные удары, например, в стыках.

Поперечные горизонтальные силы — это горизонтальные удары и поперечные горизонтальные силы скользящего трения. Продольные горизонтальные силы — это удары колеса в противошерстный конец рельса и продольные силы трения — от качения и от скольжения колес, а также от торможения.

§ 39. Деформации пути

1. Характер и классификация деформаций

А. От действия стихийных сил природы

Все рассмотренные выше силы, как стихийные силы природы, так и силы, появляющиеся при движении поездов, действуя на путь, выводят его из правильного состояния, повреждают и расстраивают его.

Эти повреждения от действия сил стихийных выражаются в нарушении плавности пути—его искривлении и выпучивании от морозов, в размывах земляного полотна и балласта ливневыми и весенними водами, в сдувании балласта ветрами, в гниении шпал, в искривлении рельсов при удлинении их и уничтожении зазоров от резкого и сильного повышения температуры, в оползнях, т. е. сползании, сдвигах и просадках всего земляного полотна вместе с железнодорожным путем при расположении его на косогоре и т. д.

В. От действия сил, появляющихся при движении поездов

Рассмотрим теперь деформации пути, вызываемые движением поездов.

Под действием вертикальных сил путь дает упругую вертикальную осадку, балласт сжимается, шпалы оседают и, хотя и весьма незначительно, тоже сжимаются: рельс в местах прикрепления к шпалам вместе со шпалами опускается, а в пролете между шпалами отчасти опускается, отчасти изгибается. Указанные деформации усматриваются из нижеследующей интересной диаграммы, полученной проф. Васютынским фотографическим путем (черт. 351). Кроме указанных выше упругих деформаций (сжатия балласта и шпал, опускания шпал и рельса) вызываются еще колебательные движения в рельсе, его вибрации и ряд остающихся деформаций, как-то: смятие головки рельса, износ шпал, просадки балласта и др.

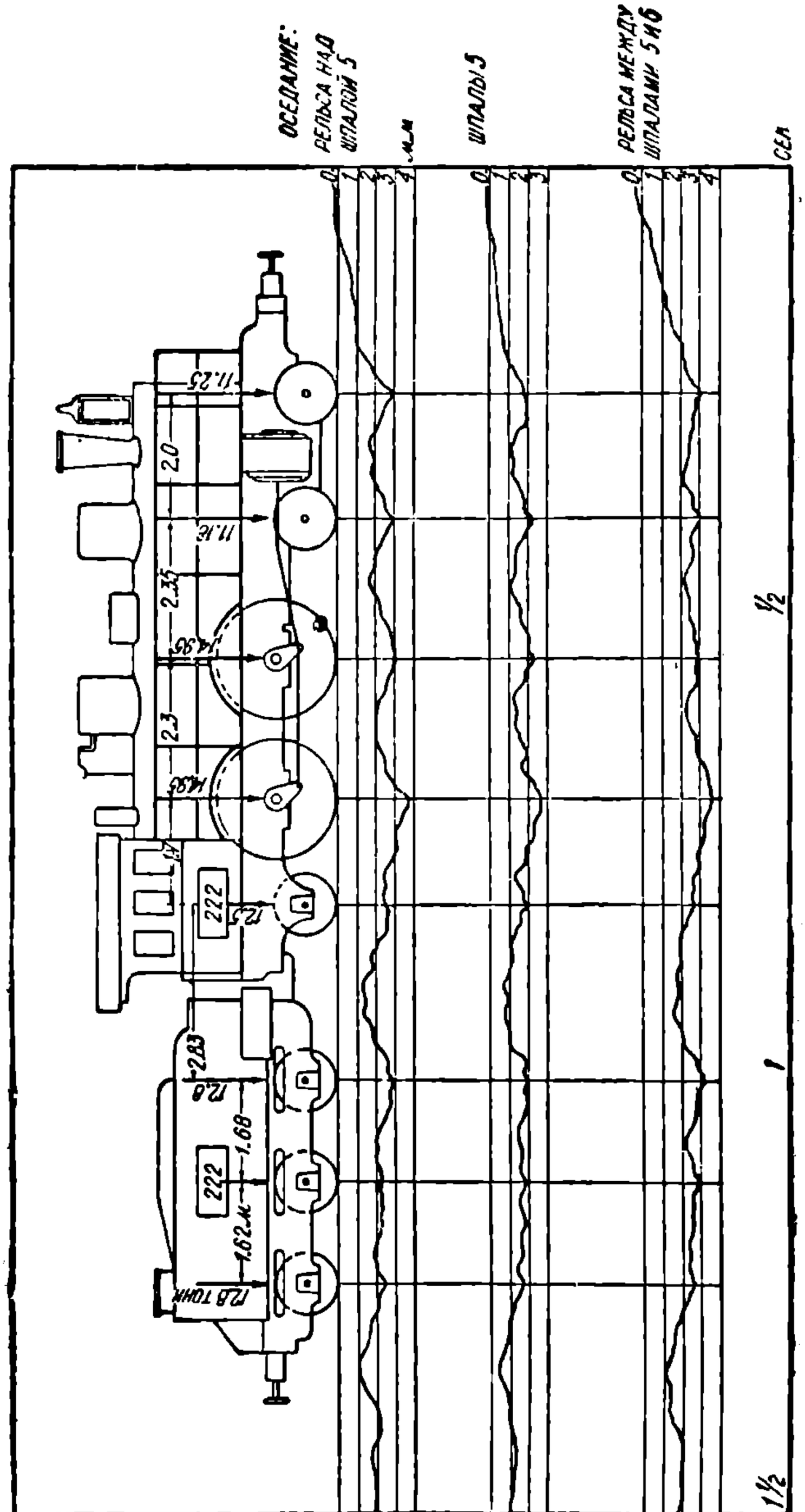
Действие горизонтальных сил таково.

Поперечные горизонтальные силы вызывают некоторый упругий сдвиг в сторону шпал, а также и рельса по шпале, отжимая костыли и производя прогиб рельса между шпалами в плоскости горизонтальной. Горизонтальные удары так же, как и вертикальные, вызывают вибрацию рельсов. Кроме того, горизонтальные поперечные силы стремятся опрокинуть рельс, приподнимая внутреннюю грань подошвы рельса и стремясь выдернуть внутренние костыли или шурупы. Силы трения, поперечные и продольные, производят

НПБ ДИИЖТ

истирание головки рельса. Наконец, продольные силы трения являются одной из причин угона рельсов.

При рельсах и колесах с выбоинами, при плохо подбитых гнилых шпалах, при плохо забитых костылях, при плохом балласте де



Черт. 351.

формации пути будут более значительные: вертикальные осадки плохо подбитых гнилых шпал на плохом балласте больше, чем соседних, хорошо подбитых; точно также оседания рельсов над шпалами при плохо подбитых шпалах больше, чем при хорошо подбитых,

НТБ ДИИЖТ

здоровых шпалах на хорошем балласте. Таким образом, при плохо содержащемся пути плавность будет больше нарушена, и вертикальные удары от вертикальных сил инерции тяжелого поезда, двигающегося по неровному пути, будут гораздо больше, и, следовательно, смятие рельса и шпал, осадки шпал, сжатие балласта и вибрации рельсов и вообще деформации пути гораздо более значительные.

Так будет в пролете между стыками рельсов.

Что касается рельсовых стыков, то там деформации, получающиеся при проходе поездов, будут несравненно более значительными, чем рассмотренные выше деформации в пролете между стыками, и картина явления гораздо более сложная. В самом деле, цельность рельсовой колеи в стыке нарушена, рельсовая нитка разрезана. Концы двух рельсов, являющихся один продолжением другого, соединены между собой—перекрыты стыковыми накладками. Как бы сильны и мощны ни были эти накладки, но заменить собой цельный, неразрезанный рельс они не могут; всегда это место будет более слабым.

При малейшем ослаблении стыковых накладок (от износа мест соприкасаний их с рельсом или плохого подвинчивания стыковых болтов) противошерстный конец рельса при нахождении колеса на пошерстном конце несколько возвышается над последним, и колесо при вступлении на противошерстный рельс ударяется в выступающий конец рельса. При новых, хорошо подвинченных накладках колесо, как известно, перескакивает через самый противошерстный конец и, падая, ударяет в противошерстный рельс на некотором расстоянии от конца, образуя там характерную выбоину. При падении колеса на противошерстный конец этот последний ударяет в шпалу, способствуя ее смятию. Горизонтальные силы, действуя на концы рельсов, нарушают плавность рельсовой нитки в плоскости горизонтальной. Под действием вертикальных и горизонтальных сил концы рельсов скручиваются, накладки изгибаются и также подвергаются скручиванию. Плавность движения колеса явно нарушается, и в стыке ощущается характерный резкий удар—толчок. Толчок этот тем сильней и вредные последствия его тем больше, чем хуже содержится стык, чем слабее накладки и чем более они изношены, чем хуже подтянуты стыковые болты, чем ниже качество балласта, чем хуже подбиты шпалы и т. д. Поэтому особенно серьезное внимание при наблюдении за путем и при его ремонте должно быть обращено на рельсовые стыки.

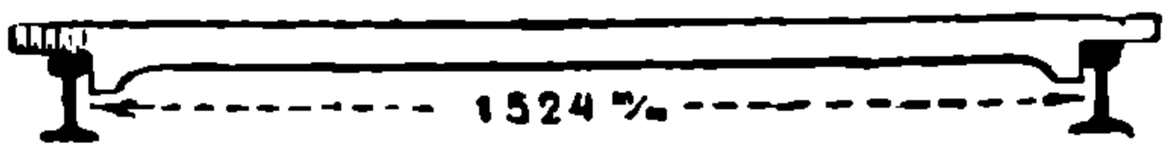
Результатом всех изложенных выше причин и факторов, расстраивающих путь, являются различные деформации, которые могут быть упругими и остающимися. Накопление остающихся деформаций и рождает те дефекты пути, которые подлежат ремонту. Классифицировать эти остающиеся деформации можно так: 1) неправильное положение в профиле и в плане и повреждения рельса: понижение рельса, изгиб рельса в плоскости вертикальной и в плоскости горизонтальной, сдвижка рельса в сторону, неправильный наклон рельса, скручивание рельса, угон рельса, износ и смятие головки рельса, излом рельса; 2) неправильное положение в профиле и плане и повреждения шпал: оседание шпалы, боковая сдвижка, угон, перекос, смятие, растрескивание, вообще механический износ

ГПБ ДНИЖТ

и гниение шпал; 3) деформации балласта: упругие и остающиеся осадки балласта, нарушения в установленных размерах балластного слоя, засорение и прорастание балласта; 4) деформации скреплений: отжатие в сторону, изгиб, износ и окончательное повреждение (отломка головки) костылей; изгиб, износ и повреждение шурупов и болтов; изгиб, износ и перелом накладок; изгиб, износ, скручивание и излом подкладок, наконец, 5) деформации земляного полотна, которые будут рассмотрены ниже. Результатом неправильного положения различных элементов верхнего строения в плане являются уширения, сужения и искривления пути; результатом просадок пути—вертикальные толчки.

2. Способы обследования деформаций

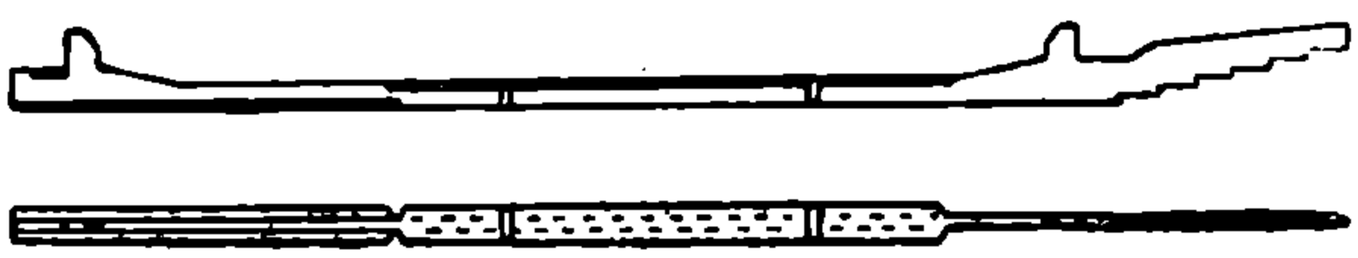
Прежде всего поверяется правильность ширины колеи и надлежащий уровень рельсов. Правильность ширины колеи поверяется особым прибором, именно путевым шаблоном, а правильность высоты рельсов—обычно помощью бруска, укладываемого поверх рельсов и помощью уровня (черт. 352).



Черт. 352.

Шаблоны бывают различных систем. Примером простейшего из них может служить изображенный на черт. 352.

Деления на конце шаблона служат для определения величины отступлений от нормальной ширины колеи в 1 524 *мм*. Иногда оба прибора для определения ширины колеи и уровня рельсов соединяются в один, причем устраивается так, что по установке прибора можно прочесть в определенных мерах отступления от нормального положения пути: такое-то уширение или такое-то сужение пути и такое-то возвышение одного рельса над другим. Примером может служить шаблон, изображенный на черт. 353.



Черт. 353.

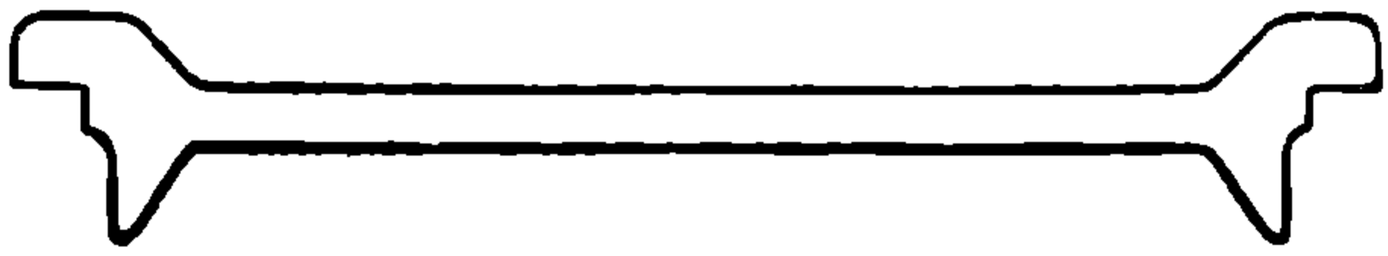
Иногда шаблоны устраиваются подвижными, т. е., будучи установленными на рельсы, передвигаются по ним на колесах и помощью особой стрелки, двигающейся по циферблату, показывают ширину пути в том месте, по которому передвигается шаблон. Таким образом, идя по пути, передвигая перед собой шаблон и наблюдая за колебаниями стрелки, можно составить картину изменения ширины колеи на протяжении всего осмотренного пути без постоянного прикладывания и снимания шаблона. Прибор состоит из двух колесиков, вращающихся на оси, состоящей из полой трубки. Колесики имеют реборды и, будучи установленными на рельсы, прикасаются этими

РГБ ДНУЖТ

ребордами к внутренним граням головок рельсов; плотность соприкасания достигается тем, что внутри полой оси помещается пружина, которая стремится раздвинуть колесики. К середине оси приделан циферблат, по которому двигается в ту или другую сторону в зависимости от расстояния между колесиками стрелка, известным образом соединенная с одним из колесиков (именно с подвижным, имеющим возможность двигаться вдоль оси). Таким образом, величина расстояния между колесиками, или, другими словами, действительная ширина колеи может быть учтена в любой данный момент, в любом данном месте по показанию стрелки. Шаблон может быть передвигаем помощью приделанных к оси двух ручек. Таким образом, передвигая перед собой шаблон, можно проверить ширину колеи, идя по пути или проезжая на дрезине.

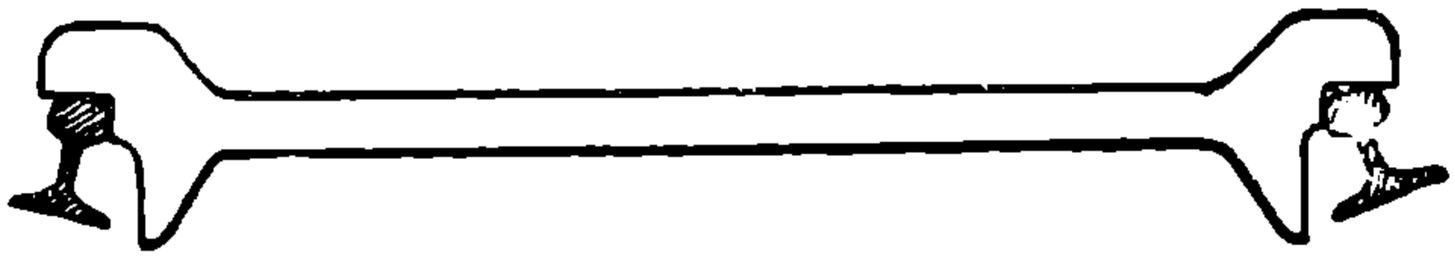
Кроме ширины колеи и возвышения рельсов проверяется правильность наклона рельса. Правильность наклона может быть проверена помощью особых шаблонов.

Примером такого шаблона может служить шаблон, изображенный на черт. 354.



Черт. 354.

При переуклоненном рельсе установленный шаблон примет положение, показанное на черт. 355, именно верхняя боковая грань рельса будет касаться шаблона, а подошва рельса — нет.



Черт. 355.

При разуклоненном рельсе шаблон примет такое положение (черт. 356), при котором подошва рельса будет касаться, верхняя боковая грань — нет.

Примером шаблона другого типа может служить шаблон, изображенной на черт. 356-а.

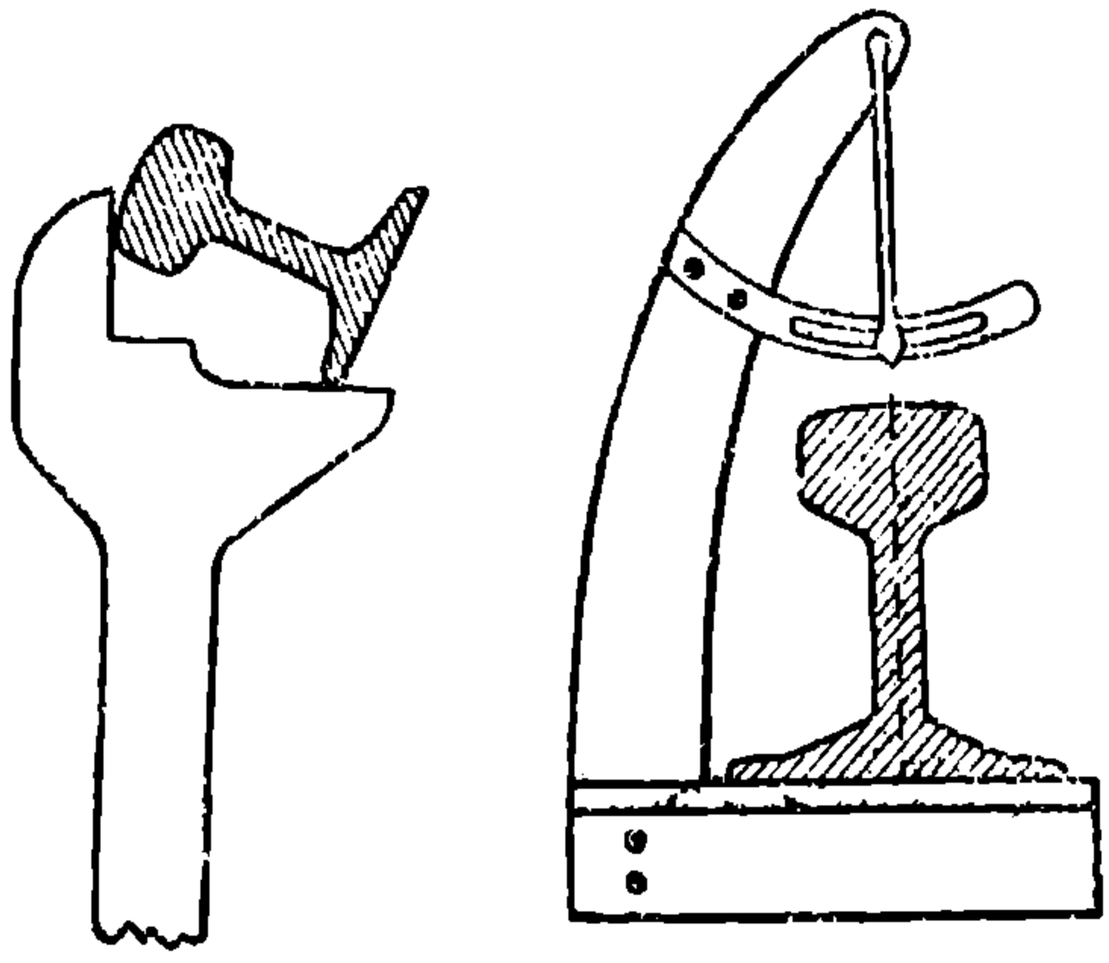
Если рельс уложен без наклона и, следовательно, подошва его горизонтальна, то и подведенная под подошву рельса горизонтальная палка шаблона примет также горизонтальное положение, а весок, всегда принимающий отвесное положение, будет перпендикулярен к нижней горизонтальной полке шаблона и установится против нулевого деления верхнего сектора. При наклонном положении рельса весок отойдет от нулевого деления, и чтение по сектору укажет величину наклона.

О наклоне рельса можно также судить по так называемому „накату," т. е. по блестящей полосе, образующейся на головке рельса от качения по последней бандажей колес. При правильном наклоне рельса, соответствующем коничности бандажа, блестящая полоса должна проходить посредине головки; при переуклонке

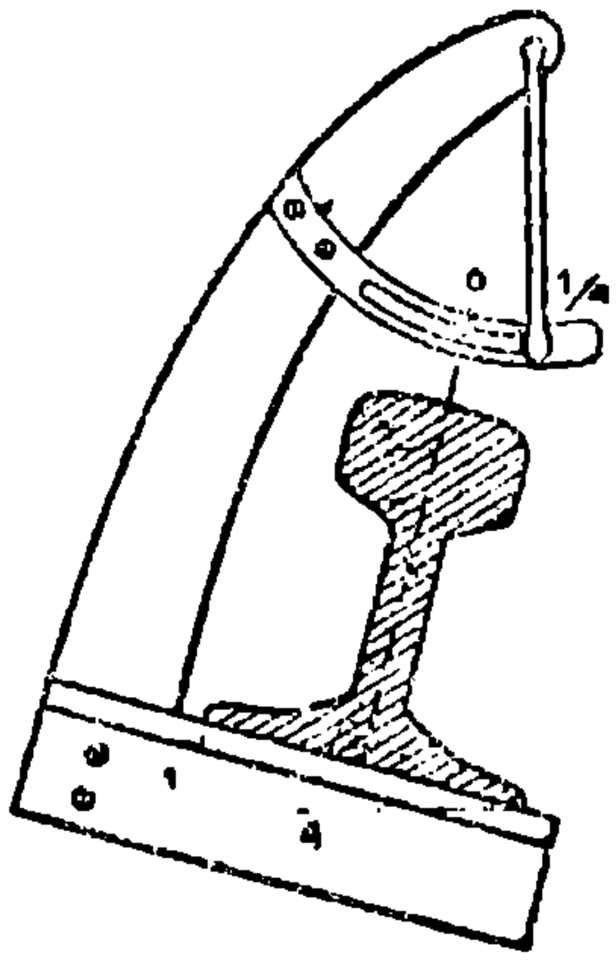
РГБ ДНУЖТ

голоса наблюдается ближе к наружной стороне, а при разуклонке—к внутренней стороне головки рельса.

Затем, при проверке пути следует исследовать, не имеется ли лопнувших рельсов или рельсов с изломами или большим износом головки; нет ли лопнувших или сильно поврежденных



Черт. 356.



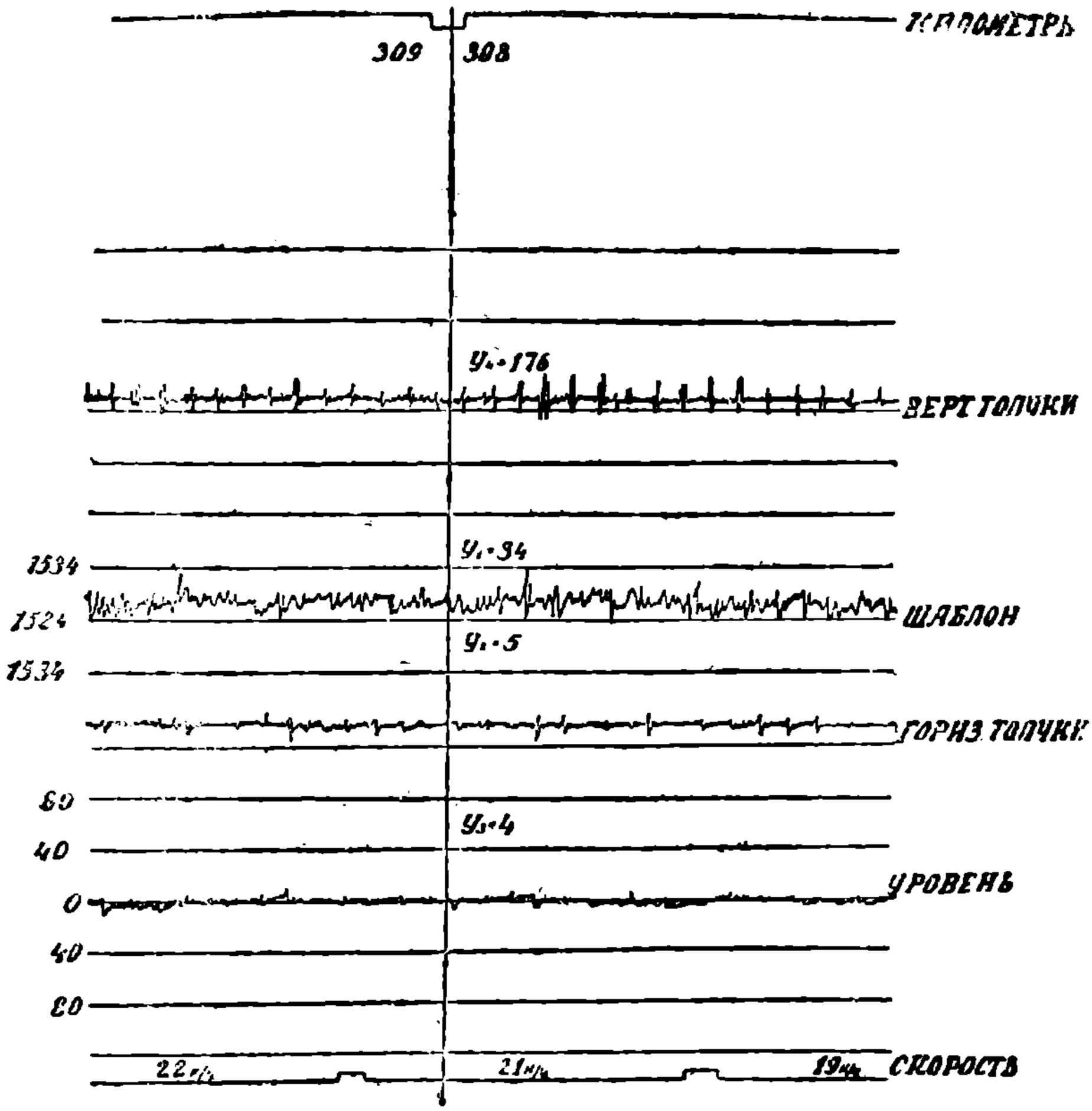
Черт. 356-а.

накладок и болтов и хорошо ли протянуты здоровые накладки; нет ли надломленных или погнувшихся подкладок; не въелись ли в последние рельсы, нет ли сильно сработанных, поломанных или совершенно отсутствующих костылей или шурупов и достаточно ли прочно они держатся в шпалах. Затем свидетельствуют шпалы: не потрескались ли они, не прогнили ли, и как они лежат на балласте. Далее наблюдают, нет ли угона рельсов. Наконец, свидетельствуют состояние балласта и земляного полотна, а именно, сохранили ли они свои нормальные размеры (толщина и ширина балластного слоя, ширина бровки земляного полотна, нормальный уклон откосов), не засорился ли балластный слой, не пророс ли он травой и, вообще, достаточно ли он водопроницаем, не засорились ли водоотводные канавки.

Кроме указанных выше способов обследований пути таковые могут быть произведены при проезде в поезде, именно: стоя на площадке заднего вагона или на паровозе, можно по характерными толчкам заметить просадки пути, сдвижку его в сторону, перекосы и др., о чем будет подробно изложено при описании исправления толчков. Наконец, поверка пути может быть произведена помощью „путеизмерителя“—особого вагона (системы Долгова, Ляшенко и др.), в котором имеется серия приборов для обнаруживания и записи различных деформаций пути (толчков, уширений и т. п.). Описание путеизмерителя выходит за пределы настоящего курса.

В качестве примера приведем здесь ленту путеизмерителя Долгова, на которой зарегистрированы: 1) возвышение одного рельса над другим (уровень), 2) ширина пути, 3) вертикальные и горизонтальные толчки и 4 скорость движения (черт. 357).

НТБ ДНУЖТ



Черт. 357.

Б. РЕМОНТ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ

§ 40. Летний ремонт верхнего строения

Ремонт пути можно разделить в зависимости от времени года, когда производятся работы на 4 вида: 1) весенний ремонт пути, состоящий в работах по пропуску весенних вод и подготовке пути к летнему ремонту, 2) летний ремонт пути, который начинается с того времени, когда балласт совершенно просохнет и в течение которого должна быть произведена вся программа ремонта пути, главнейшие работы этого периода: смена шпал, рельсов, балласта и сплошной ремонт пути, 3) осенний ремонт пути, который заключается в окончании всех работ, которые не были закончены в летний период, и в подготовке пути к зиме, 4) зимний ремонт состоит в борьбе с пучинами и со снегом.

По характеру ремонт пути можно разделить на малый, средний и капитальный.

Что касается самого способа производства ремонта, то следует различать текущий и сплошной ремонт. Текущим называется такой ремонт, при котором работы производятся по мере обнаружения неисправностей, причем отложить производство работ не представ-

НТБ ДНУЖТ

ляется возможным (например, лопнувший рельс) или не желательным (отсрочка может вызвать непокойный ход поезда). Текущий ремонт состоит из нижеследующих работ: частичная рехтовка пути, исправление толчков, перешивка пути на отдельных шпалах, одиночная смена скреплений, исправление подуклонки рельса, частичная разгонка прозоров, одиночная смена шпал, смена лопнувших рельсов, оправка балластного слоя, исправление пучин зимой.

Сплошным ремонтом называется не случайное, а систематическое производство работ по приведению пути в совершенно исправное состояние. В состав сплошного ремонта входят следующие работы: разгонка зазоров, одиночная смена шпал, подъемка пути, сплошная подбивка пути, одиночная смена рельсов, смена скреплений, рехтовка, перешивка, оправка балластного слоя:

Если сплошной ремонт производится по определенному плану, составленному заранее, то такая система производства работ называется системой «планового ремонта».

Если работы по сплошному ремонту ведутся с таким расчетом, чтобы полностью их закончить в течение рабочего дня, и если за единицу взять пикет, то такого рода система работ называется сплошным попикетным ремонтом.

Если производится коренное улучшение отдельных частей верхнего строения пути, то такой ремонт нвзывается капитальным. Сюда относятся: сплошная смена шпал, сплошная смена рельсов и скреплений, сплошная подъемка пути, смена балласта.

Переходя к рассмотрению вопроса о летнем ремонте верхнего строения пути, необходимо прежде всего отметить характерную особенность летнего пути, резко отличающую его от пути зимнего. Летом путь не скован морозом, не отличается жесткостью, как зимой, а более упруг: шпалы при проходе поездов дают заметную упругую осадку от сжатия упругого балласта, и путь действительно является путем на упругих опорах, как бы бесконечной лентой на упругом основании.

Рассмотрим теперь, как производится ремонт пути, причем начнем с рассмотрения такого рода исправлений, которые не сопровождаются сменой поврежденных элементов новыми, а лишь приведением различных элементов в правильное положение. К такого рода работам относится прежде всего так называемая „перешивка пути". Ниже указывается, какими сигналами ограждается каждая из рассмотренных работ. Более подробные сведения см. в труде Б. А. Смоляка „Справочник путевика," Транспечать, изд. 1929 г.

I. Перешивка пути

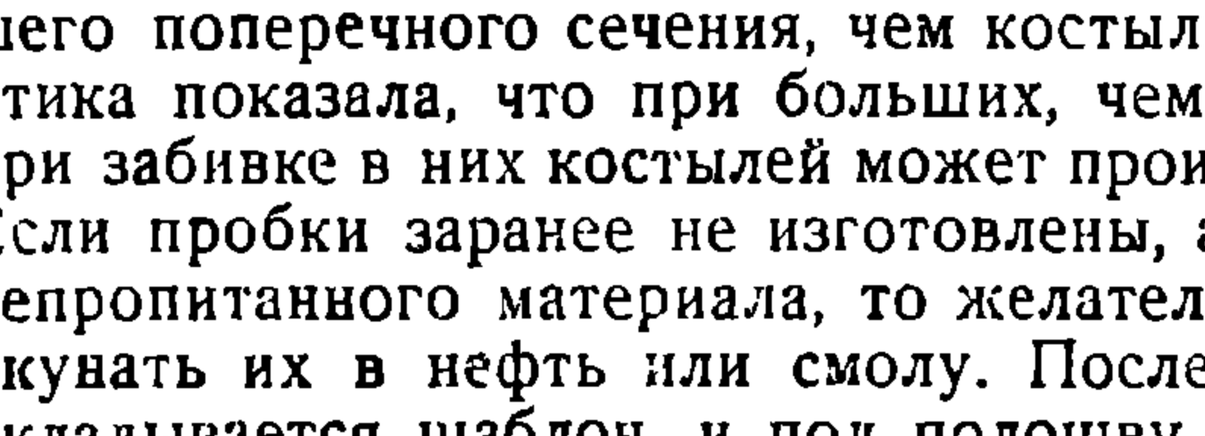
Обнаруженные при осмотре пути у ш и р е н и я и л и с у ж е н и я колеи свыше допускаемой величины исправляются следующим образом: прежде всего необходимо выяснить п р и ч и н у обнаруженных уширения или сужения. Причинами таковых могут быть: 1) боковой сдвиг рельса по шпале вследствие разработанности гнезд костылей искривления или совершенного отсутствия таковых; 2) переуклонка или разуклонка рельсов; 3) чрезмерная подбивка середины шпалы по сравнению с концами (уширение пути); 4) перекос шпал (сужение пути); 5) износ головки рельса и скручивание рельса.

НТБ ДНУЖТ

Неправильность пути, вызванная первой из указанных выше пяти причин, исправляется помощью так называемой перешивки пути.

Выяснив, что причиной уширения является боковая сдвижка рельса по шпале, надлежит прежде всего установить, какая именно рельсовая нитка отошла в сторону от правильного положения. Это может быть легко обнаружено, если посмотреть на одну, а потом на другую нитку. Правильно лежащая рельсовая нитка представится нам в виде совершенно прямой линии (в прямых частях пути), или в виде плавной кривой (в кривых частях пути); нитка же, отошедшая в сторону от своего правильного положения, в виде зигзагообразной линии. Эта последняя рельсовая нитка и подлежит перешивке, которая заключается в следующем: прежде всего рельс „расшивают", т. е. выдергивают прикрепляющие его костыли; при этом нужно иметь в виду, что во избежание чрезмерного ослабления прочности пути не разрешается выдергивать одновременно костыли более, чем на трех шпалах (и притом только на одной нитке). Вытаскивание костылей производится помощью изображенного на черт. 358 так называемого лапчатого лома.

Если вытаскивают промежуточный костыль, то, поддев лапками лома ушки костыля, нажимают на другой конец лома; при этом по мере вытаскивания костыля под конец лома подкладывают какой-нибудь небольшой предмет, например, костыль, а в конце процедуры иногда и костыльный молоток. Если вытаскивают стыковой костыль, то под бородку костыля поддевают плоским концом лома, а нажимают на лапчатый конец. После вытаскивания костыля забивается деревянная пробка, колышек, обычно заранее заготовленный из пропитанного материала, длиной около 90 *мм* и несколько меньшего поперечного сечения, чем костыль (около 10 *мм* × 5 *мм*). Практика показала, что при больших, чем указанные, размерах пробок при забивке в них костылей может произойти растрескивание шпалы. Если пробки заранее не изготовлены, а делаются на месте работ из непропитанного материала, то желательно во избежание загнивания окунать их в нефть или смолу. После забивки пробок на рельсы укладывается шаблон, и под подошву рельса, отошедшего от правильного положения, подводят один конец лома; нажимая затем на другой конец, сдвигают этот рельс в сторону согласно указаниям шаблона настолько, чтобы ширина колеи получилась нормальная; после этого в поставленные пробки забивают костыли, причем забивают одновременно и наружный и внутренний костыли поочередными ударами костыльного молотка. Помощью такой одновременной забивки внешнего и внутреннего костылей достигается отвесность забивки последних.



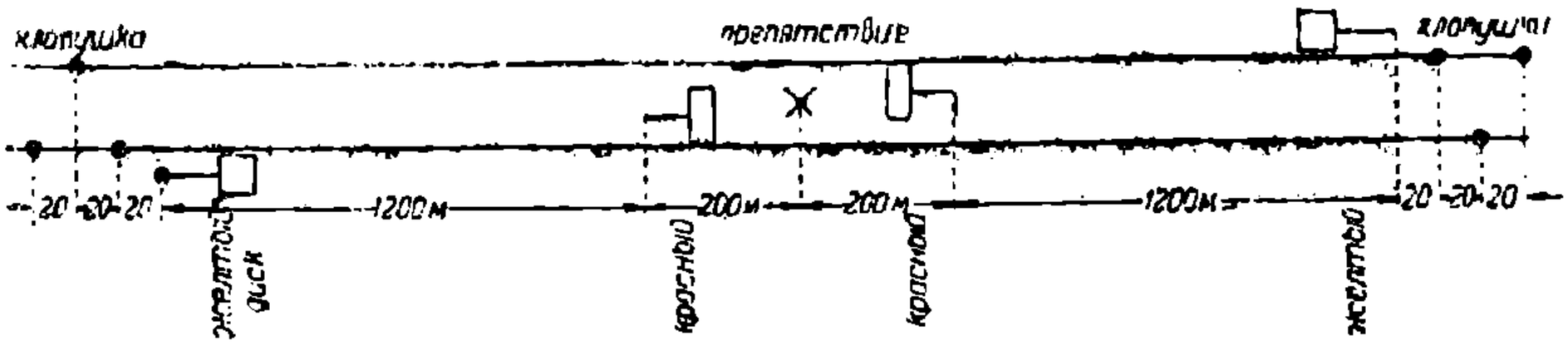
Черт. 358.

Выше, было указано, что интересные опыты, произведенные в 1927 г. на Московско-Киево-Воронежской ж. д., показали, что при забивке костыля сильно повреждаются волокна шпалы, что способствует быстрому расстройству гнезда костыля, проникновению туда воды и загниванию,

НТБ ДНУЖТ

и что несравненно лучшие результаты получаются, если для костыля предварительно просверливается дыра. Диаметр дыры несколько меньший, чем поперечное сечение костыля.

На месте производствработ путь является более или менее ослабленным, в зависимости от характера работ; если происходят, например, смена рельса, то прочность пути является настолько нарушенной, что по снятии сменяемого рельса и до установки нового движение поездов должно быть прервано; если производится смена шпал по месту работ, пропуск поездов допускается. В виду указанного выше ослабления пути место работ должно быть ограждено соответственными сигналами.

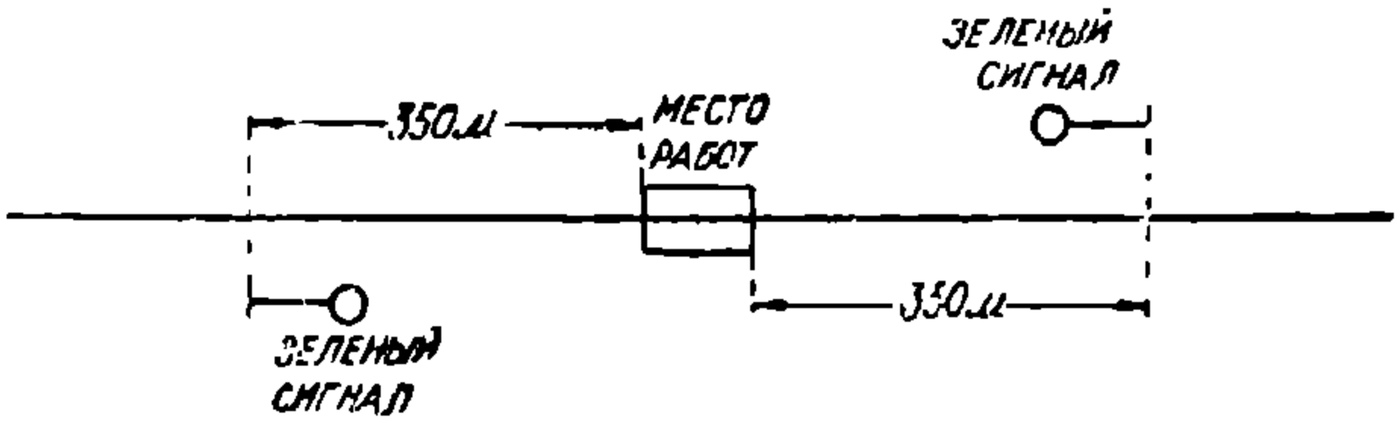


Черт. 359.

Работы, требующие остановки поезда, ограждаются согласно нижеследующей схемы (черт. 359).

Работы, требующие тихого хода, ограждаются двумя зелеными сигналами, согласно схемы по черт. 360.

При производстве некоторых работ кроме того дается „предупреждение"—депеша начальникам станции с просьбой предупредить машинистов о соблюдении особой осторожности и об уменьшении скорости движения поездов.



Черт. 360.

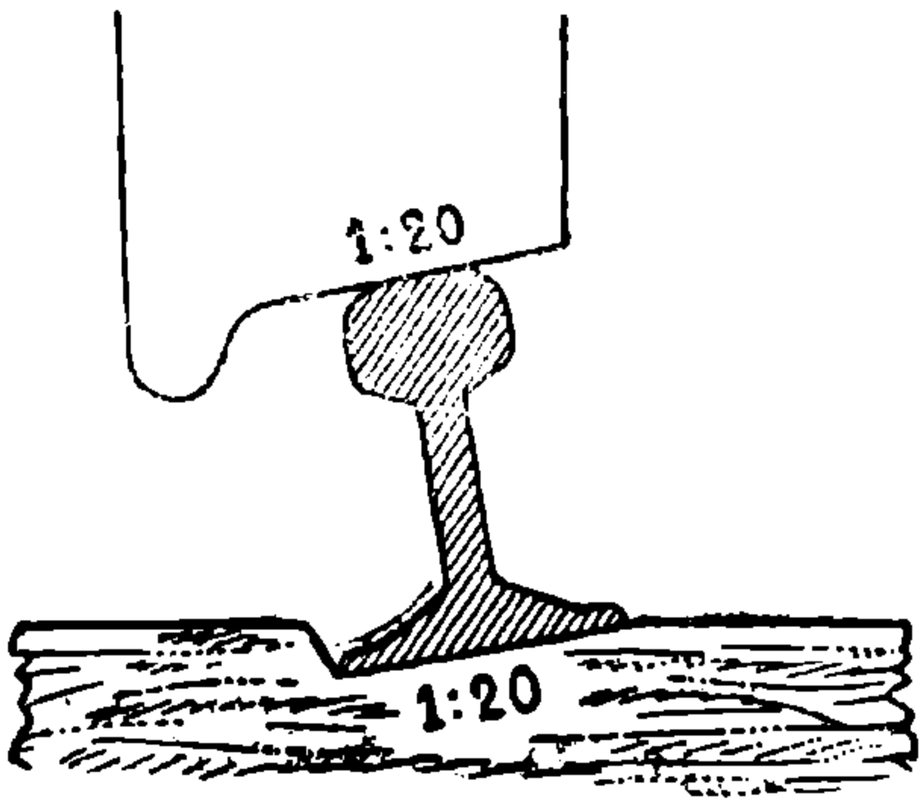
Сплошная перешивка пути с одновременной расшивкой пути более чем на 4-х шпалах ограждается красными сигналами. Работа производится под наблюдением старшего рабочего.

Если бы путь по шаблону оказался вереш (без уширения или сужения) и в то же время обе рельсовые нитки имели бы зигзагообразное направление, т. е. извилины одной рельсовой нитки в точности повторялись бы другой, то для уничтожения указанной неправильности нужно было бы произвести соответствующую сдвижку всего пути (обеих ниток вместе со шпалами) в сторону, т. е. рехтовку пути. Самый способ производства рехтовки опишем ниже; сначала же рассмотрим, как исправить уширение (или сужение) колеи, если оно вызвано следующей из указанных пяти причин, именно — переуклонкой или разуклонкой рельса.

НТБ ДНУЖТ

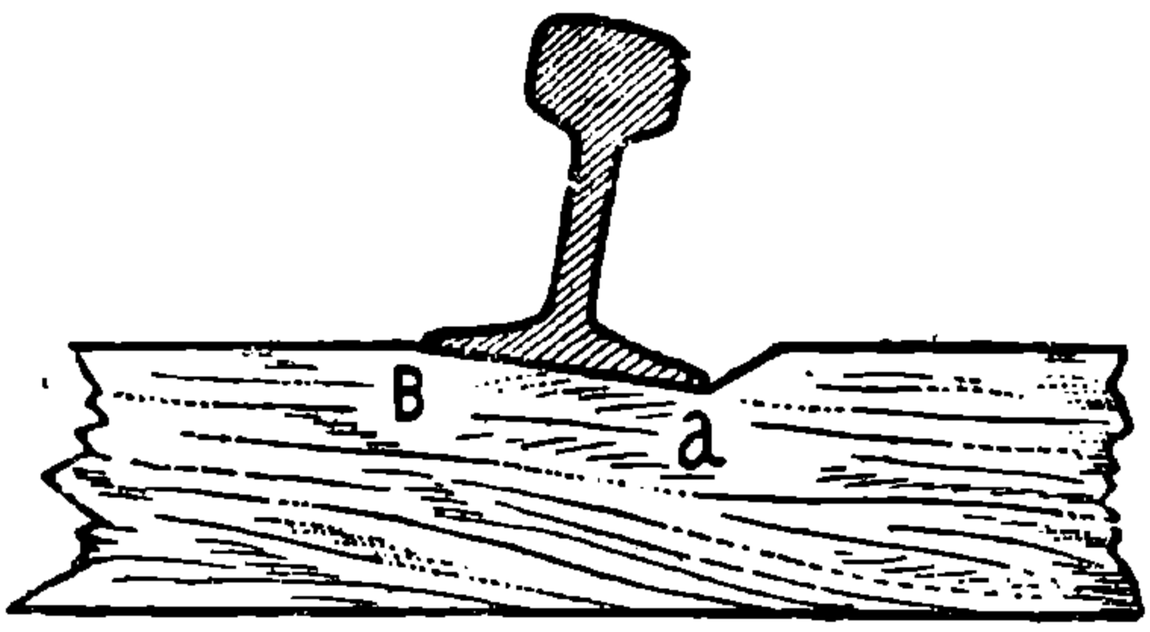
2. *Исправление переуклонки или разуклонки рельса*

Как известно, рельс укладывается на шпале с уклоном внутрь колеи от $^1/_{20}$ до $^1/_{45}$. Наклон устраивается для того, чтобы при конических бандажах достигнуть центральности передачи давления (черт. 361).

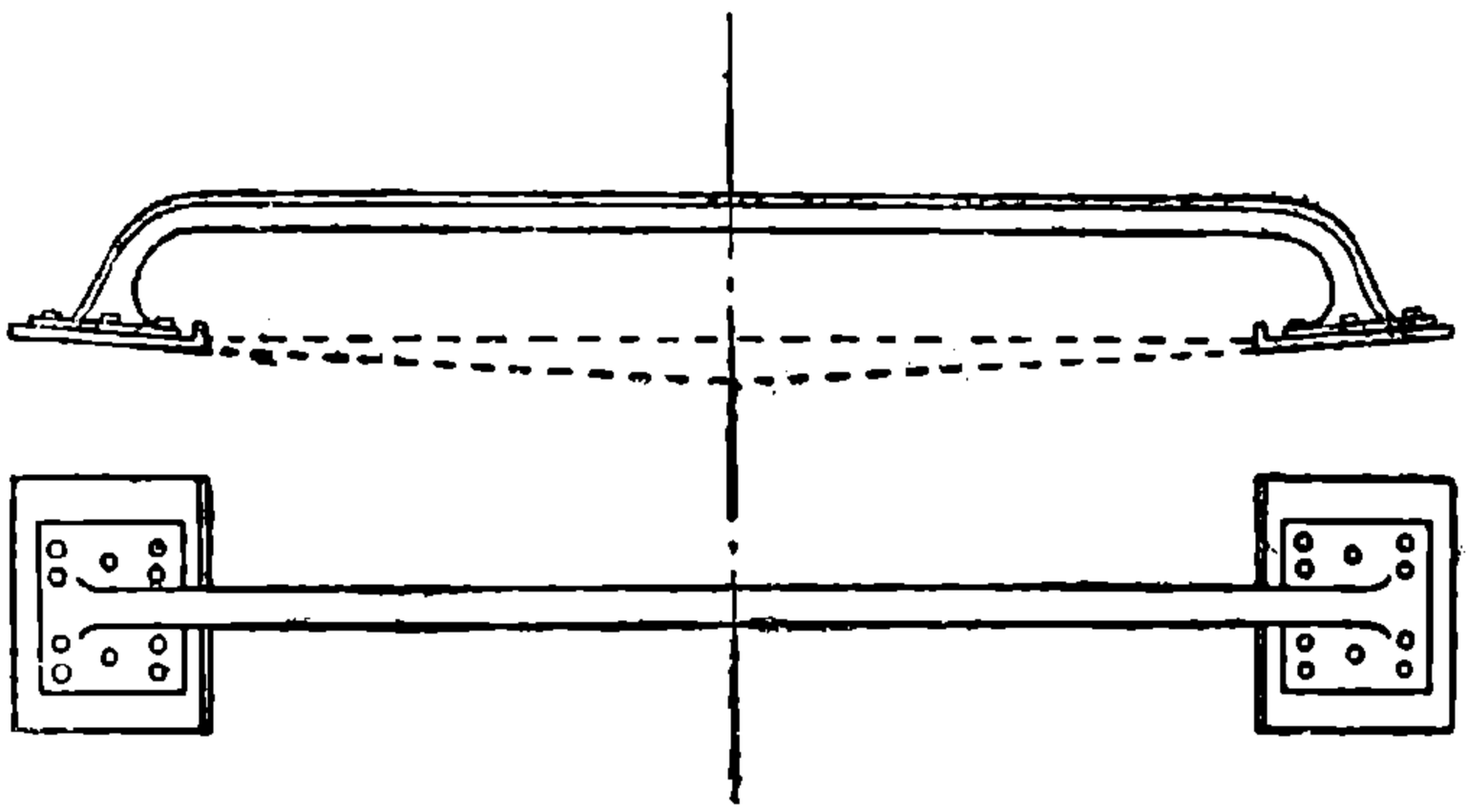


Черт. 361.

Правильный наклон рельса с течением времени может изменить-ся: или увеличится, причем получится переуклонка рельса, или уменьшится — получится разуклонка рельса. Как переуклонка, так и разуклонка должны быть исправлены. Прежде чем приступить к исправлению указанных неправильностей, необходимо выяснить причину их появления. Причин этих может быть две: 1) или неравномерное смятие шпалы подошвой рельса или подкладкой — чрезмерное вдавливание внутренней грани подошвы рельсы *а* (черт. 362) или подкладки, причем получается переуклонка рельса, или наружной грани, тогда получается разуклонка рельса; или 2) неправильная подбивка шпалы: если середина шпалы подбита сильнее, чем концы шпалы, получается разуклонка рельса; в противном случае — переуклонка. Как обнаружить переуклонку или разуклонку помощью шаблонов или помощью наблюдения за накатом, описано выше. Если неправильность наклона является результатом первой из указанных выше причин, то исправление может быть



Черт. 362.



Черт. 363.

произведено помощью расшивки и выдвигания этой шпалы в сторону и исправлением затески таковой помощью французского

НТБ ДНУЖТ

топора по особому шаблону, изображенному на черт. 363. Одиночное исправление зарубки шпал ограждается **зелеными** сигналами.

3. Рехтовка пути

Выше, при рассмотрении вопроса о перешивке пути, мы видели, что если весь путь — обе рельсовые нитки вместе со шпалами — сдвинулись в сторону от своего правильного положения или, как говорят, направление пути сбилось в сторону, то такая неправильность исправляется помощью так называемой рехтовки пути.

Причинами сдвижки пути в сторону являются: всякого рода поперечные, горизонтальные силы, как-то: горизонтальные силы и удары, появляющиеся при вилянии подвижного состава, центробежные силы и радиальные давления, появляющиеся при движении поездов по кривым частям пути и т. п. Если в пути имеются просадки одной нитки или середина шпалы подбита сильнее концов и, следовательно, имеется разуклонка рельсов, то направление пути скорее сбивается, так как при наличии таких дефектов влияние горизонтальных толчков и ударов проявляется резче. Вообще, направление пути сбивается тем больше, чем более ослаблен путь, например, весной во время оседания пучин или после различного рода ремонтных работ, как сплошная смена шпал, растревожившая постель шпал и пр.

Рехтовка производится следующим образом: балласт перед торцами шпал с той стороны, в которую должна быть сделана сдвижка пути, отрывается. Рабочие, человек 8, становятся по одному в каждом шпальном ящике, подсовывают под рельс один конец лома или деревянного кола и, нажимая на другой конец, по команде одного, наблюдающего за работой, сдвигают путь в сторону; становятся рабочие обычно спиной к тому направлению, в котором производится сдвижка. Можно становиться и лицом. Рехтовка производится под наблюдением старшего рабочего, который становится на некотором расстоянии от рабочих над одной из рельсовых ниток и, смотря вдоль нее, руководит самой сдвижкой. Рехтовку производят всегда по одной определенной рельсовой нитке: на кривой — по упорной; на двухпутной линии — по наружной, а на однопутной — по какой-нибудь одной рельсовой нитке. На прямой рехтовка производится на-глаз. На кривой несколько точек следует проверить инструментом и между ними можно производить рехтовку на-глаз. Проверить правильность кривой, величину ее радиуса проще всего по величине стрелы прогиба рельса. Производя сдвижку пути, рабочие постепенно передвигаются вдоль пути. Если сдвинуть путь в сторону требуется на значительную величину и без перерыва движения поездов, то сдвижка производится постепенно, сразу не более как сантиметров на 6; затем еще на 6 *см* и т. д. По окончании рехтовки торцы шпал должны быть засыпаны балластом точно так же, как и дыры, куда втыкались колья.

Если рельсы лежат впритык один к другому без надлежащих зазоров, то может случиться, что при рехтовке и подаче пути в одну сторону путь в соседнем месте выгнется в другую сторону. В таком случае необходимо предварительно произвести разгонку прозоров или вставить укороченный рельс.

Место работ ограждается **зелеными сигналами**.

НТБ ДНУЖТ

4. Разгонка прозоров

Совершенное отсутствие зазоров, т. е. расположения рельсов один впритык к другому, или хотя и наличие зазоров, но величины ненормальной, не соответствующей данной температуре воздуха, получается вследствие так называемого угона рельсов, когда на каком-либо участке пути рельсы сдвигаются вдоль пути в одну сторону, причем сдвигаются или по шпалам, или вместе со шпалами.

До настоящего времени полагали, что причинами такого угона являются: 1) появляющиеся при движении поездов горизонтальные продольные силы трения между рельсами и бандажами колес и 2) удары колес в торец головки рельса.

Указанные силы трения, как бы прилепляя рельс к колесам подвижного состава, заставляют эти рельсы двигаться в направлении движения поезда, и тем сильнее, чем больше сцепление между колесами и рельсами. Особенно сильное сцепление получается при скользящем трении, при наличии торможения. Поэтому угон рельсов наблюдается главным образом на участках пути с уклонами, где поезда идут с торможением. Ясно, что угон будет тем больше, чем тяжелее курсирующие поезда и чем количество этих поездов больше. Ясно также, что на горизонтальных площадках рельсы будут угоняться в грузовом направлении. Угон рельсов наблюдается и на кривых, где имеют место силы скользящего трения.

Удары колес в противошерстный конец рельса, особенно сильные при разработанных и плохо подтянутых накладках, также способствуют угону. Если рельсы плотно прикреплены к шпалам, то может иметь место и сдвижка самих шпал вдоль пути, притом тем большая, чем хуже балласт и грунт полотна (например, глинистый).

В последнее время появилась новая теория американского профессора Джонсона, объясняющая явление угона тем, что рельс при сходе колеса со шпалы начинает прогибаться, причем удлиняются его нижние волокна.

Наибольший прогиб и наибольшее удлинение будет, когда колесо будет находиться в середине пролета между шпалами. В этот момент удлинившаяся подошва рельса не поместится в пролете между осями шпал и выйдет за пределы этого пролета, т. е. сдвинется по шпалам или вперед, или назад, именно туда, где встретит меньше сопротивления своему сдвижению. Пока колесо двигается от задней шпалы до середины пролета, рельсу легче сдвинуться вперед, так как препятствующие этому продвижению силы трения между подошвой рельса и шпалой, лежащей впереди колеса, будут меньше, чем таковые между подошвой рельса и шпалой, сзади лежащей, и это потому, что колесо будет находиться дальше от впереди лежащей шпалы, чем от сзади лежащей, а, следовательно, будет меньше давить на впереди лежащую шпалу и силы трения там будет меньше. Когда же колесо подвинется через середину пролета и будет приближаться к впереди лежащей шпале, то прогиб рельса будет уменьшаться, растянутая подошва будет укорачиваться и при этом, укорачиваясь, рельс опять подтянется вперед, так как теперь, когда колесо стоит ближе к передней шпале, ему легче двигаться над задней шпалой, чем над передней. Таким образом рельс будет продвигаться вперед наподобие змеи или червяка: вытягиваясь и двигаясь при этом вперед и затем, подтягиваясь, опять вперед.

РГБ ДНУЖТ

Подробное описание этой теории выходит за пределы этого курса.

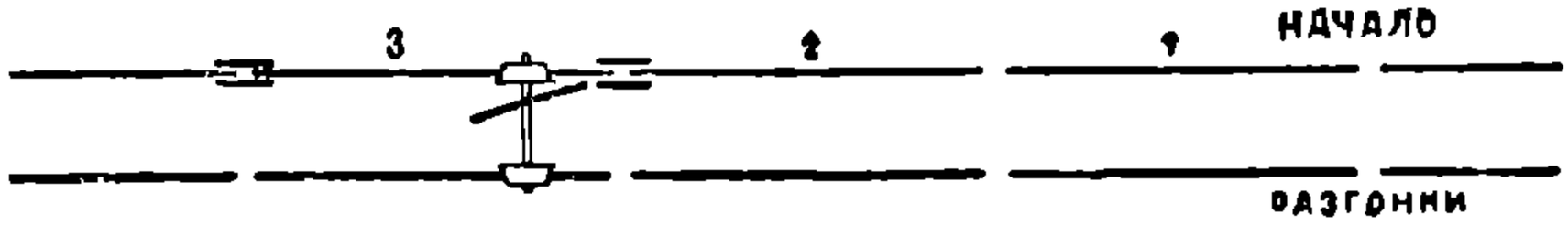
Известно, что отсутствие зазоров может быть сопряжено с опасностью схода поезда, так как при повышении температуры воздуха и удлинении рельсов эти последние при отсутствии зазоров и при наличии угона могут искривиться и образовать уширение пути. Кроме того, угон рельсов, уничтожающий или уменьшающий зазоры в одном конце участка пути, этим самым увеличивает их в другом конце. Чрезмерное увеличение зазоров, как известно, вредно отзывается на движении поездов. Поэтому при наличии угона рельсов должно быть произведено исправление пути, должна быть произведена так называемая разгонка прозоров и, кроме того, должны приниматься предохранительные меры против угона рельсов.

У нас обычно разгонка производится следующим образом: прежде всего надлежит установить, с какого места начать производить разгонку. В одном конце участка, на котором имеет место угон рельсов, прозоры имеют минимальную величину и даже равняются нулю, если рельсы лежат впритык один к другому; это именно тот пункт, к которому рельсы сдвигаются. В другом конец участка, именно в том месте, от которого рельсы угоняются, прозоры будут иметь наибольшую величину. Ясно, что к этому месту должны быть сдвинуты назад ушедшие рельсы. Это и будет местом начала работ по разгонке прозоров.

Самое производство работ заключается в фактической сдвижке рельсов по направлению к указанному месту начала работ. При этой сдвижке рельсов вдоль пути они будут подвигаться над промежуточными шпалами и особых препятствий такому продвижению не встретят; что же касается движения рельсов над стыковыми шпалами, то таковому продвижению они встретят препятствие, именно: если накладки фартуковые, то фартук накладки упрется в стыковую шпалу и не даст рельсу продвинуться над шпалой; если же накладка уголковая, то препятствовать продвижению будут костыли, забитые в шпунты накладки. Препятствие, оказанное фартуком, устранено быть не может, а потому при сдвижке рельса придется вместе с ним передвинуть и стыковую шпалу, для чего открыть балласт с той стороны стыковой шпалы, в которую будет итти разгонка. Препятствие, оказанное уголковыми накладками, может быть устранено путем выдергивания стыковых костылей; при указанном выдергивании костылей из шпунтов накладок их следует забить рядом с накладками так, чтобы они, не препятствуя движению рельса по шпале, и в то же время держали рельс, не давая ему возможности сдвинуться в сторону поперек пути. Устранив указанное выше препятствие, можно произвести самую сдвижку. Самая сдвижка может быть произведена различными способами. Прежде у нас производилась так. На звене ставился скат от вагончика; на ось этого ската клался боком так называемый „боевой рельс“ так, чтобы головка этого рельса касалась подошвы рельса той самой рельсовой нитки, которая подлежит сдвижке, именно—головку боевого рельса клали на подошву путевого рельса за две шпалы до рельсового стыка между третьим и вторым звеньями. На этих двух шпалах вытаскивали внутренние костыли сдвигаемого рельса, вытаскивали для того, чтобы боевой рельс мог скользить на подошве передвигаемого

РГБ ДНУЖТ

рельса в пределах указанных двух шпал. Человек 8 рабочих держали другой конец боевого рельса, откатывали его на скате назад и затем, толкая и двигая боевой рельс вперед, сильно ударяли его головкой по накладке указанного выше стыка между третьим и



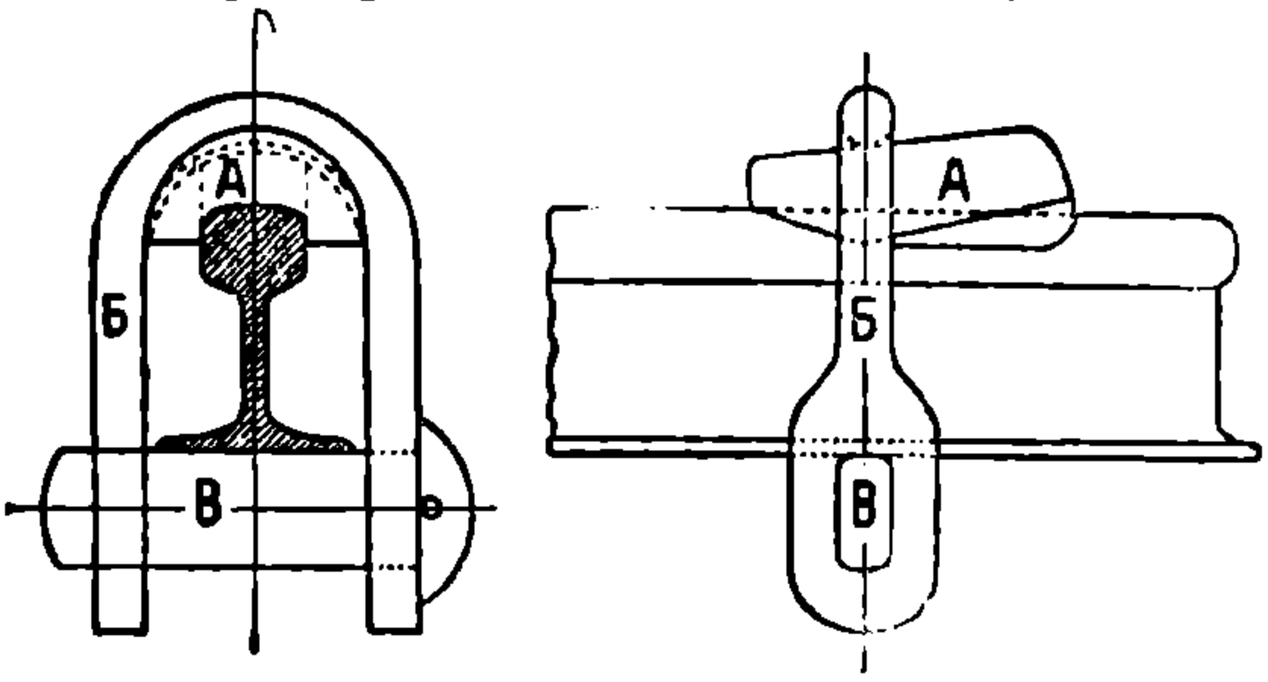
Черт. 364.

вторым звеньями; произведенный таким образом удар в накладку заставлял находящиеся впереди этой накладки два звена (второе и первое) и позади накладки третье звено подвинуться вперед и таким образом несколько уменьшить находящиеся впереди боевого рельса прозоры (черт. 364).

Ударов рабочие делают столько, чтобы прозоры уменьшились до требуемой нормальной величины. Величина требуемого прозора соответственно данной температуре может быть измерена особыми прозорниками, заложенными в стыки между рельсами. При уменьшении прозоров впереди разболченной накладки, очевидно, прозор у стыка, перекрытого этой разболченной накладкой, увеличится; при этом может получиться, что величина прозора будет столь велика, что для пропуска поезда необходимо будет принять какие-то меры предохранения от вреда, вызванного указанным увеличением, именно: если величина будет более 25 *мм*, то в прозор следует заложить кусок рельса. Для этой цели следует иметь особый набор головок рельса без пяты; иногда вместо этого забивают в прозор дубовые клинья. Когда при производстве работ дойдут до такого места, где стыки чрезмерно сближены, то там указанное выше увеличение прозора будет уже полезно.

При указанном способе работ, очевидно, накладка, подверженная ударам боевого рельса, портится.

Поэтому, вместо указанного выше способа производства разгонки прозоров таковую стали производить помощью нижеследующего прибора Дедюлина: на рельсы накладывают стальной клин *А*, поверх него надевают железный хомут *Б* и закрепляют последний помощью чеки *В* (черт. 365).



Черт. 365.

Ударяя по клину боевым рельсом, положенным боком на скат вагончика, подобно тому как это описано выше, производят сдвижку рельса.

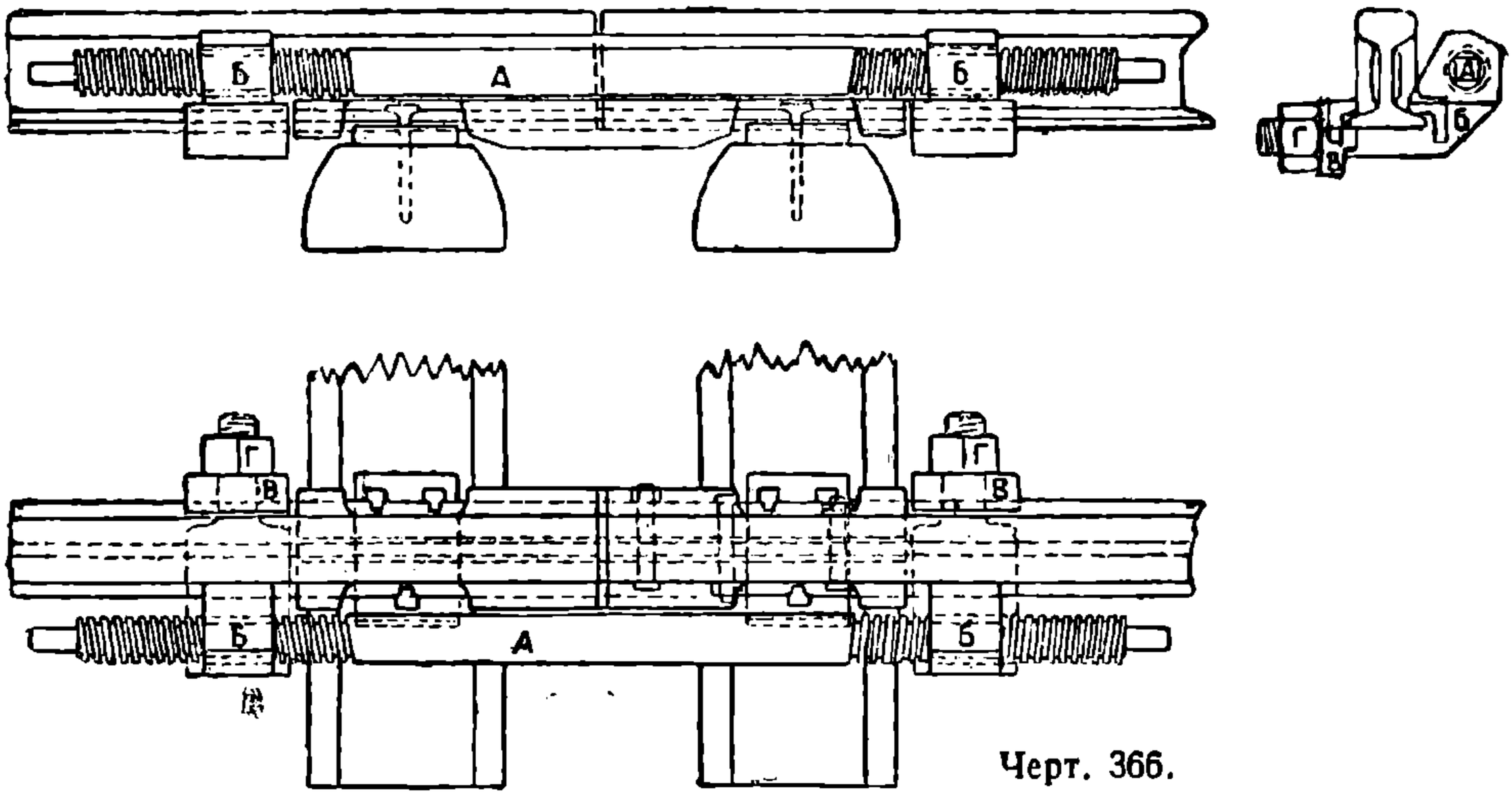
В самое последнее время на Днепропетровской ж. д. стали применять для разгонки зазоров винтовой прибор, сконструированный опытной путевой станцией отдела НОТ Екат. ж. д.[1].

[1] Заявочное свидетельство № 21323 (П. Никифоров, В. Скалацкий, А. Авраменко, С. Ключко, Чернышев).

НТБ ДНУЖТ

Прибор состоит из винта *А* с правой и левой резьбой, двух башмаков *Б* с фасонными шайбами *В* и гайками *Г* (черт. 366).

Для разгонки зазоров требуется 2 комплекта винтовых приборов, одновременно устанавливаемых на общем стыке обеих рельсовых ниток для передвижки 2-х звеньев пути (4 рельса). Установка каждого винтового прибора помощью башмаков производится с наружной стороны правой и левой рельсовых ниток в предстыковых ящиках. Прибор закрепляется посредством 2-х башмаков, привинчиваемых помощью гаек к подошве рельса.



Черт. 366.

В настоящее время обращается серьезное внимание на научную организацию труда (НОТ). Не имея возможности привести в данном кратком курсе описания метода производства всех путевых работ согласно выработанным на дорогах правилам, приведем для примера нижеследующие выдержки из наставления по разгонке зазоров винтовыми приборами на Днепропетровской ж. д. (Днепропетровск, издание 1929 г.)

Операции по разгонке зазоров с разрывами рельсовой колеи

Работа по разгонке зазоров состоит из нижеследующих основных операций:

а) отрывка 2-х балластных ящиков у стыковых шпал,

б) ослабление болтов и разбалчивание стыков в местах разрывов,

в) передвижка звеньев винтовыми приборами с установкой нормальных зазоров,

г) закрепление ослабленных болтов и забалчивание стыков в местах разрывов,

д) подбивка шпал,

е) засыпка с утрамбовкой балластных ящиков,

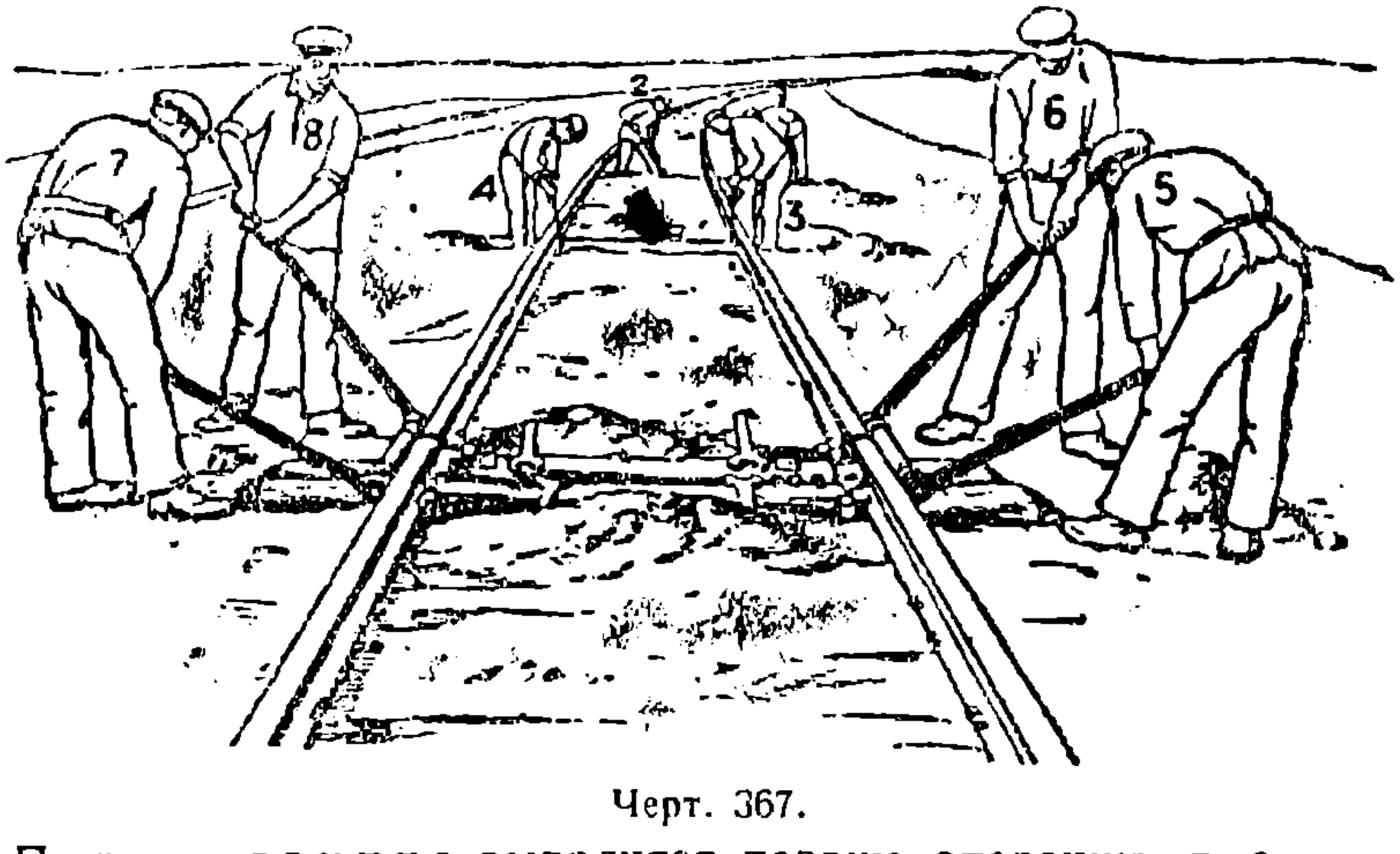
ж) установка противоугонных приспособлений.

НТБ ДНУЖТ

Состав артели и ее разделение на группы

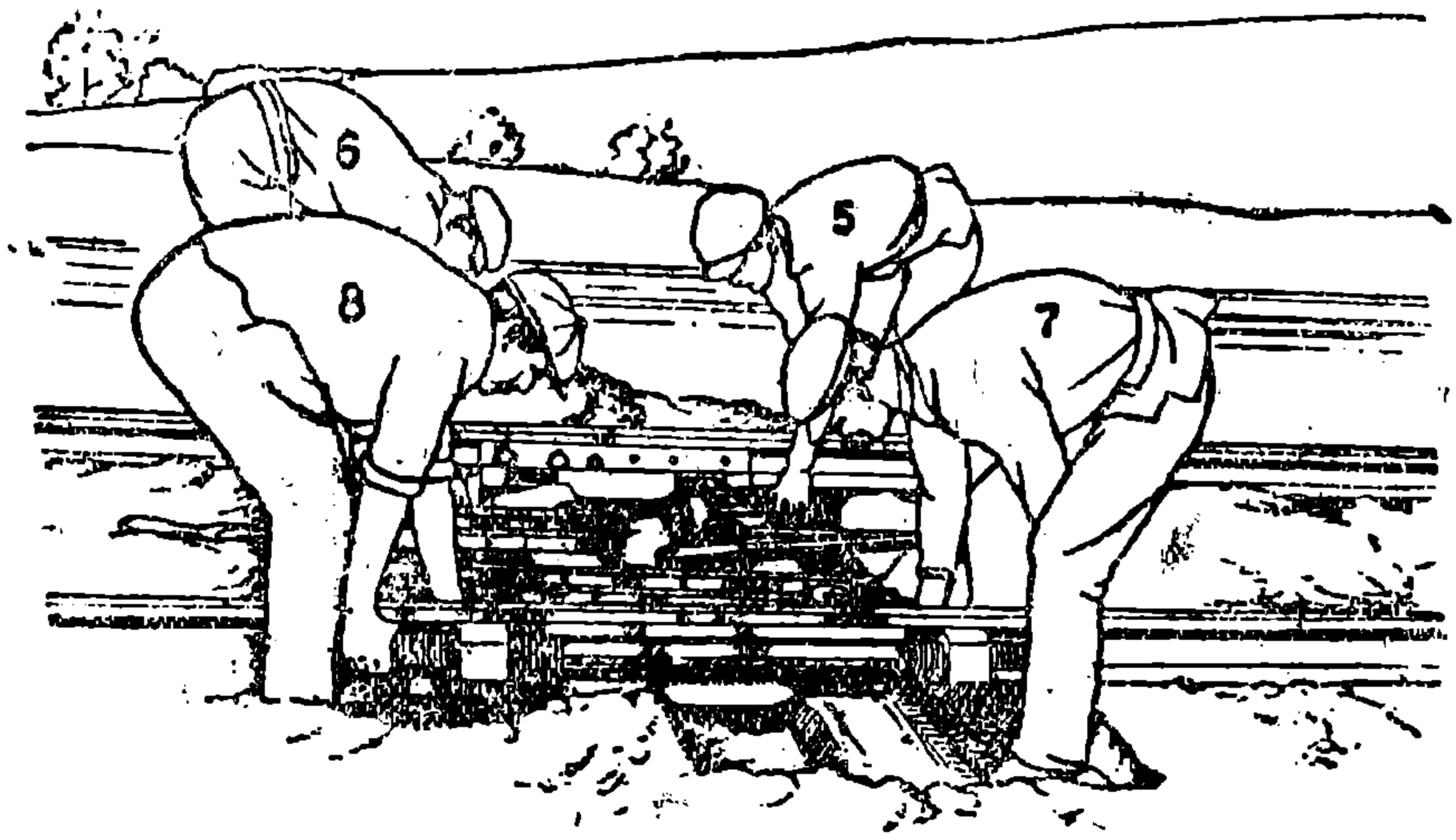
При разгоне зазоров на величину 150—120 *мм* и обыкновенном песчаном балласте, не требующем раскирковки, и средней запущенности скреплений, артель состоит из 15 человек, каковые разделяются на 5 групп:

в 1-ю группу входят рабочие №№ 1 и 2,
во 2-ю „ „ „ №№ 3 и 4,
в 3-ю „ „ „ №№ 5, 6, 7, 8, 9 и 10,
в 4-ю „ „ „ №№ 11, 12 и част. 9, 10,
в 5-ю „ „ „ №№ 13, 14, 15 и част. 1, 2 (перед обедом).



Черт. 367.

Первая группа выполняет первую операцию, т. е. откопку стыковых шпал и мест для башмаков.



№ 3. Установка приборов.

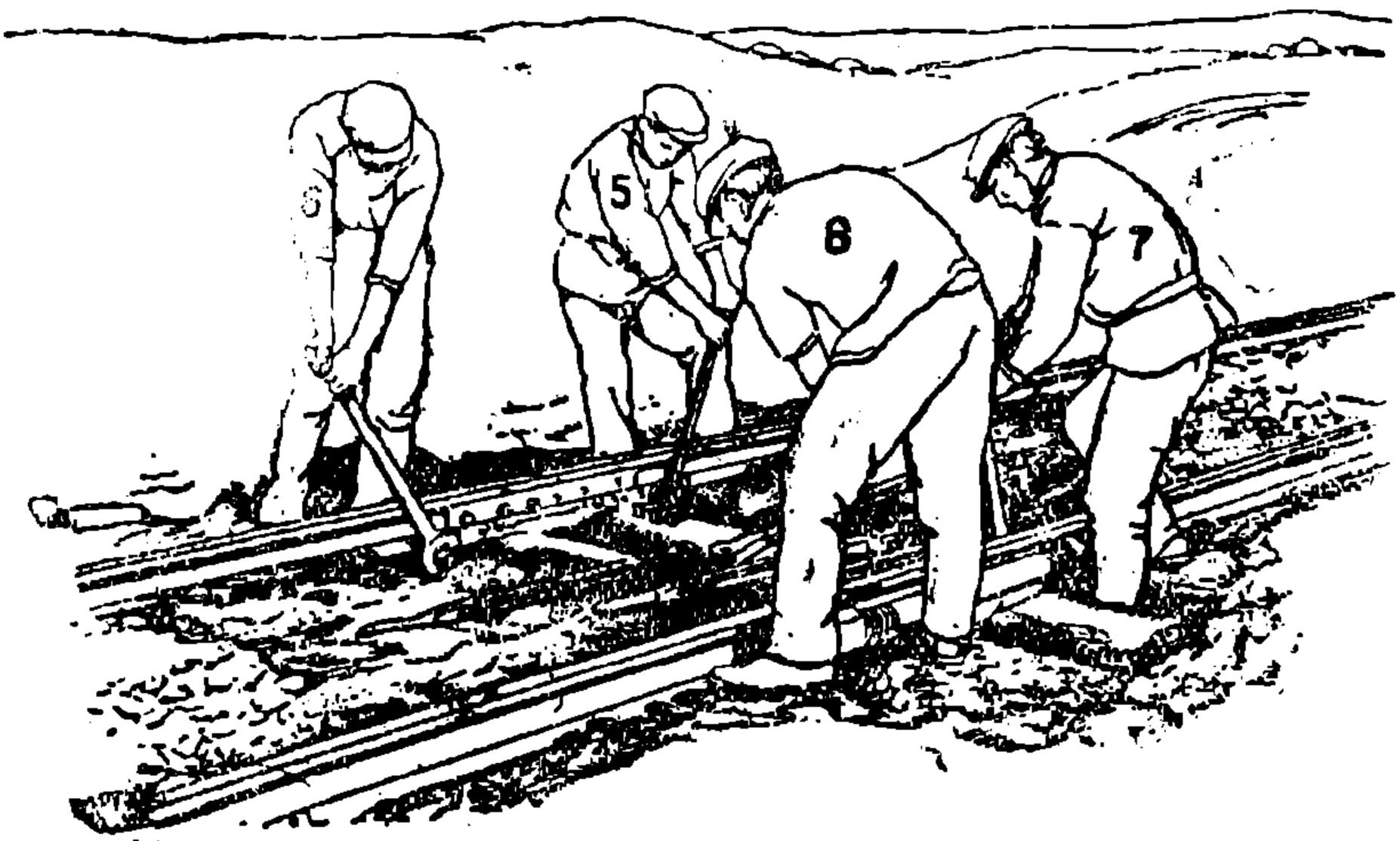
Черт. 368.

Вторая группа выполняет вторую операцию, т. е. ослабление болтов и разбалчивание стыков в местах разрывов (через 2 звена).

РТБ ДНУЖТ

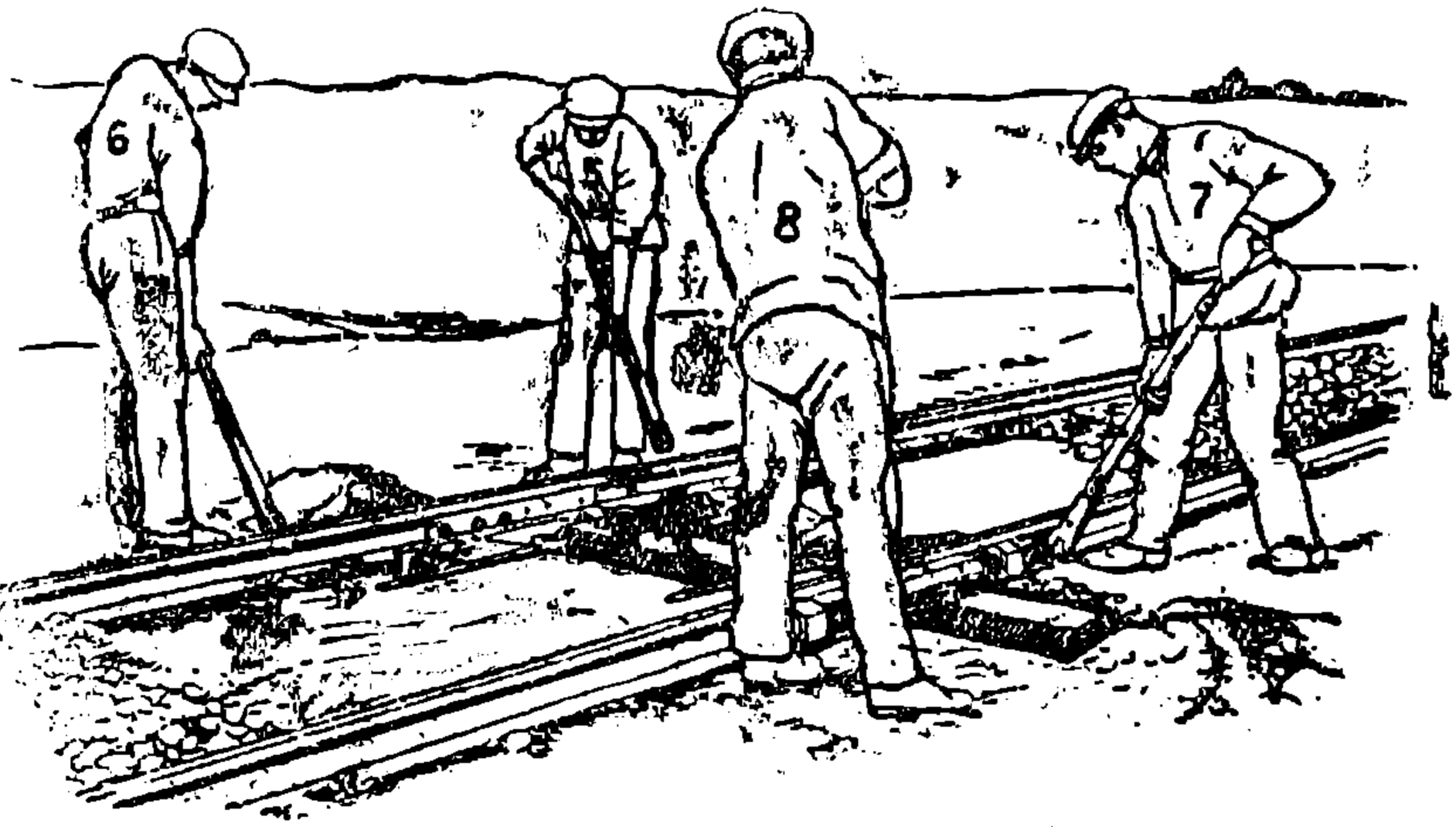
Третья группа (состоящая из 6 человек) выполняет третью операцию, т. е. передвижку рельсов по два звена двумя комплектами приборов, устанавливаемых каждой парой рабочих на стыке один против другого снаружи рельсовых ниток (см. черт. 367—371).

Перед пропуском поезда в зазоры между рельсами вставляются вкладыши, для каковой цели производится регулировка зазоров помощью вращения винта в ту или в другую сторону в зависимости от размера вкладыша. Последний после установки берется на болты с накладками. Прибор с рельсов для прохода поезда не



Черт. 369.

снимается, а только лишь винт незначительно (одним обратным поворотом) ослабляется, не допуская напряженого состояния при

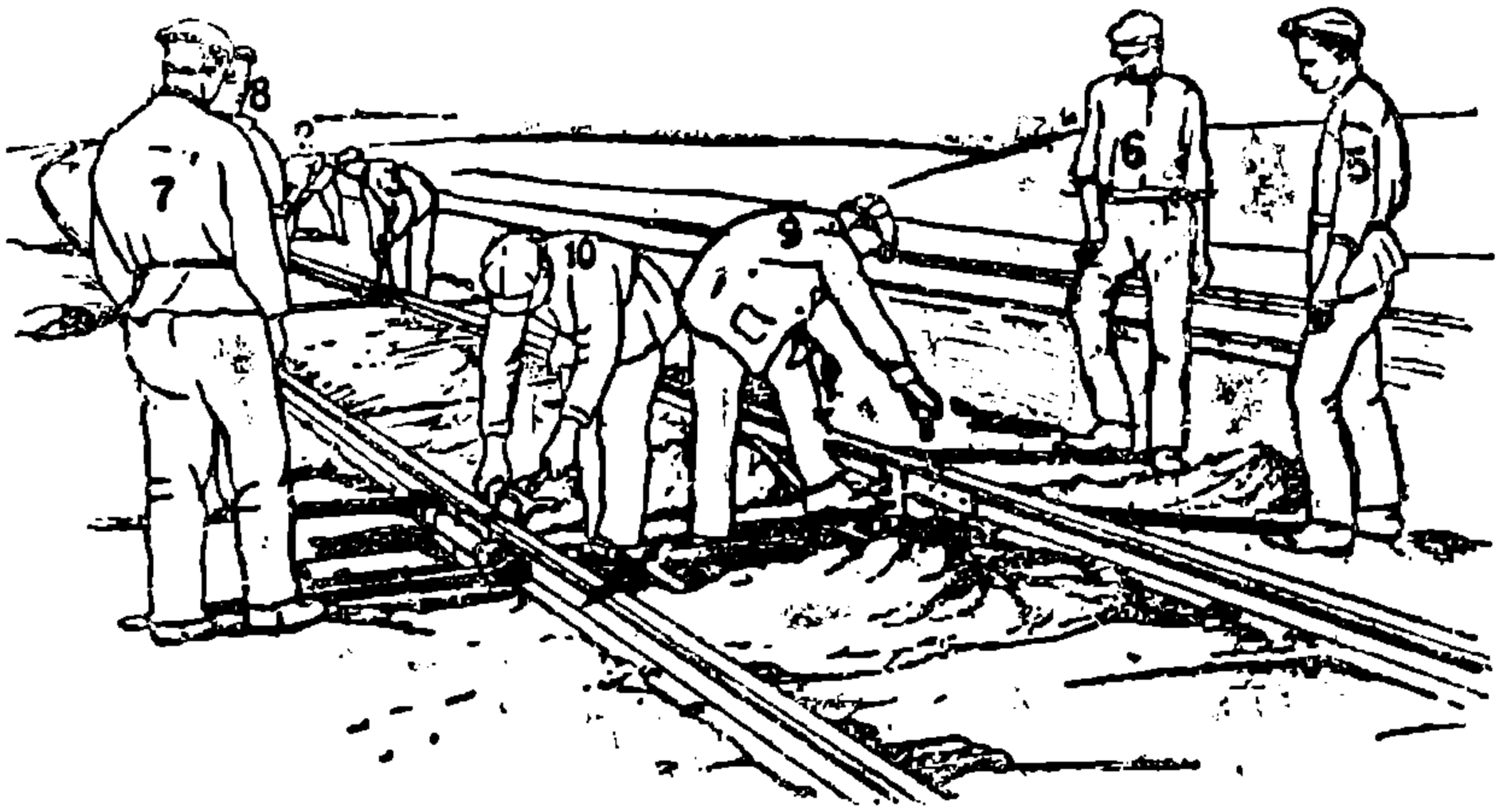


Черт. 370.

проходе поезда, и трещетки опускаются вниз. Таким образом передвижку рельсов все время производят 4 человека, а 2 остальных

РТБ ДНУЖТ

рабочих из этой группы следят за своевременной установкой перед проходом поезда вкладышей, установкой зазорниц; устраняют могущие быть заедания рельсов в костылях легкими постукиваниями молотка; помогают рабочим, обслуживащим приборы, переносить ключи и трещетки, а также вкладыши и зазорницы к месту следующей установки приборов; кроме того они обязаны закреплять стыки в местах разрывов вслед за работой приборов двумя средними болтами.



Черт. 371.

Четвертая группа производит закрепление болтов и забалчивание стыков.

Пятая группа производит подбивку стыковых шпал с засыпкой, утрамбовкой ящиков.

Кроме вышепоименованных работ, в начале и в конце рабочего дня производится смена рельсов: в начале работ—снятие удлиненных (накануне уложенных) и укладку взамен их нормальных рельсов производят группы 3, 4, 5 и один человек из группы первой, всего 12 человек; а в конце рабочего дня — снятие нормальных и укладку взамен их удлиненных рельсов для смыкания производят все группы, из которых группы первая, вторая и третья, как заканчивающие свои работы раньше остальных групп, производят подготовительные работы по смене рельсов.

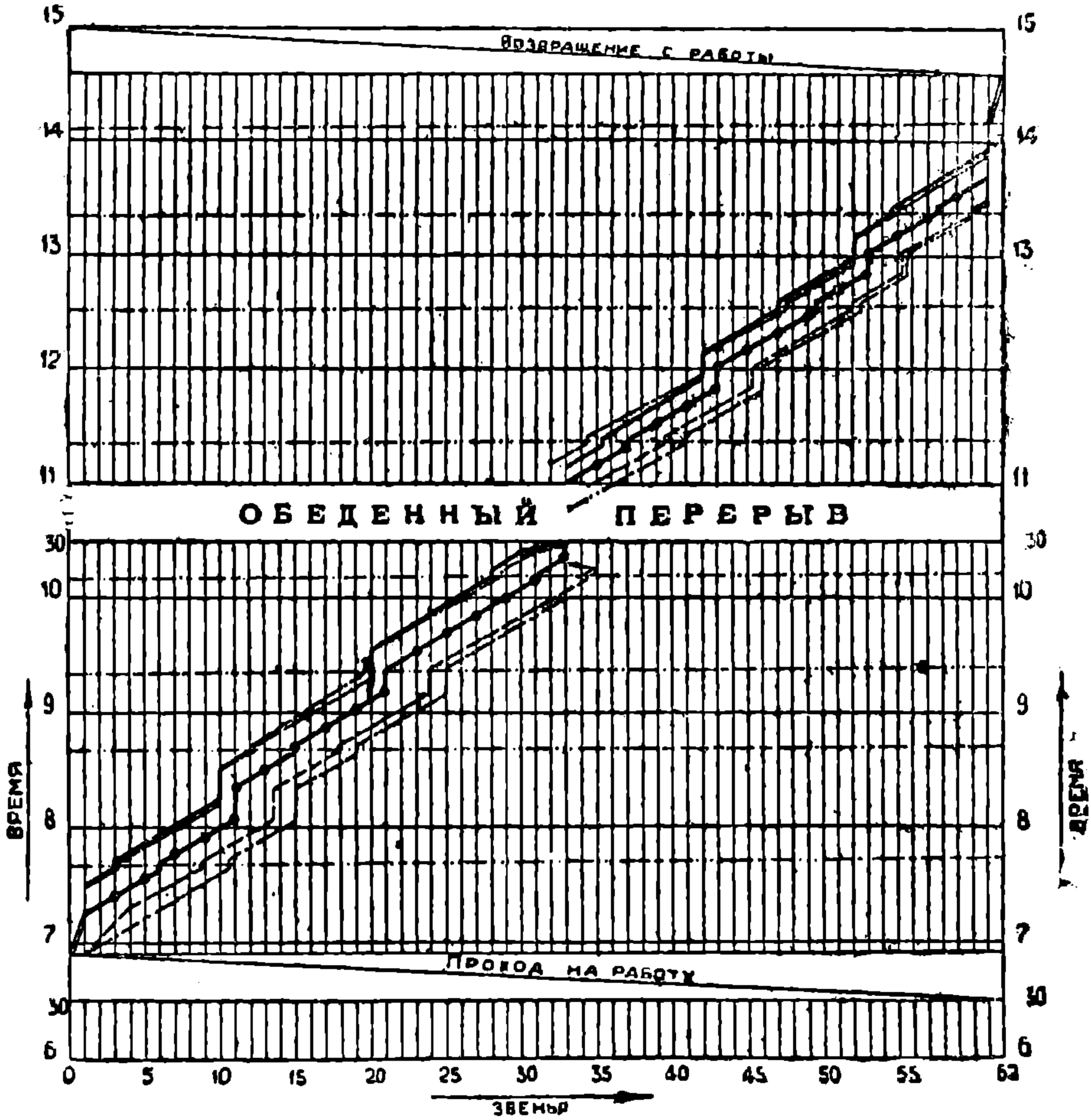
Сигналисты для ограждения работ не входят в состав артели из 15 человек.

Работы, выполняемые пятью перечисленными группами, распланированы на графике (черт. 372).

Общая длина ремонтируемого участка определяется в 61 звено, из которых до обеда исполняется 32 звена. Общая длительность отдыха в течение рабочего дня определяется из расчета 30% от проработанного времени (в 30% входит время на проход поездов). Длительность беспрерывной работы между смежными отдыхами не должна превышать 40—50 минут. В среднем можно считать, что отдых устанавливается по окончании производства работ на каждых 10 звеньях. Одновременно отдыхают группы 1, 2 и 3; группы 4 и 5 начинают отдыхать с небольшим опозданием, т. е. по подходе

ЕТБ ДНУЖТ

со своей работой вплотную к месту прерванной работы винтовых приборов. Эти же группы пр ступают к работе несколько позже первых 3 групп.



Черт. 372.

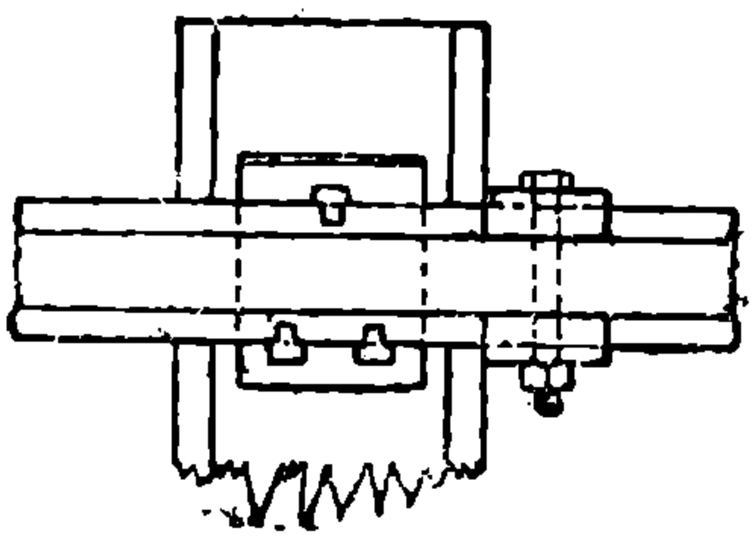
Общее руководство работами поручается дорожному мастеру (ПД).

Вслед за разгонкой зазоров следует отдельная артель с установкой противоугоночных приспособлений. На основании своих опытов Екатерининская ж. д. считает наилучшими противоугонными приспособлениями ущемители (см. черт. 373).

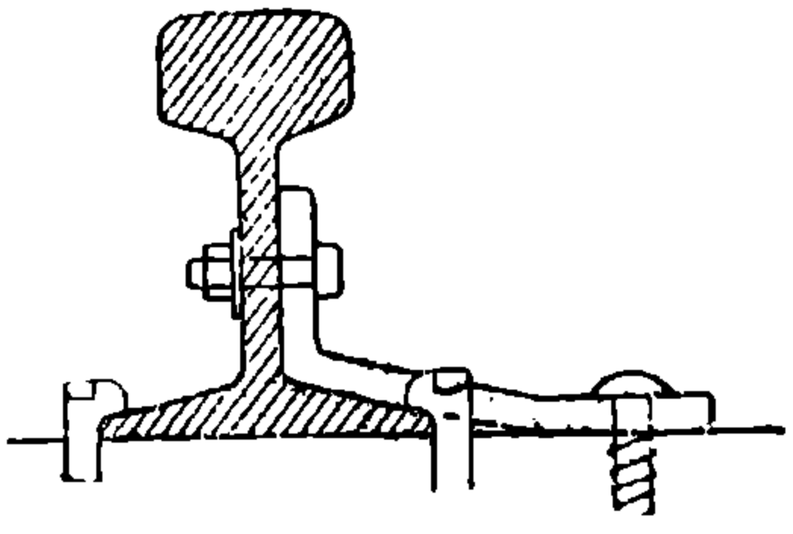
Помимо производства разгонки прозоров необходимо принимать меры в предупреждение самого появления угона. Меры эти бываю:

РТБ ДНУЖТ

самые разнообразные. Для предупреждения угона рельсов могут служить нижеследующие приспособления, имеющие целью перенести действие угоняющих сил с рельса на шпалы.

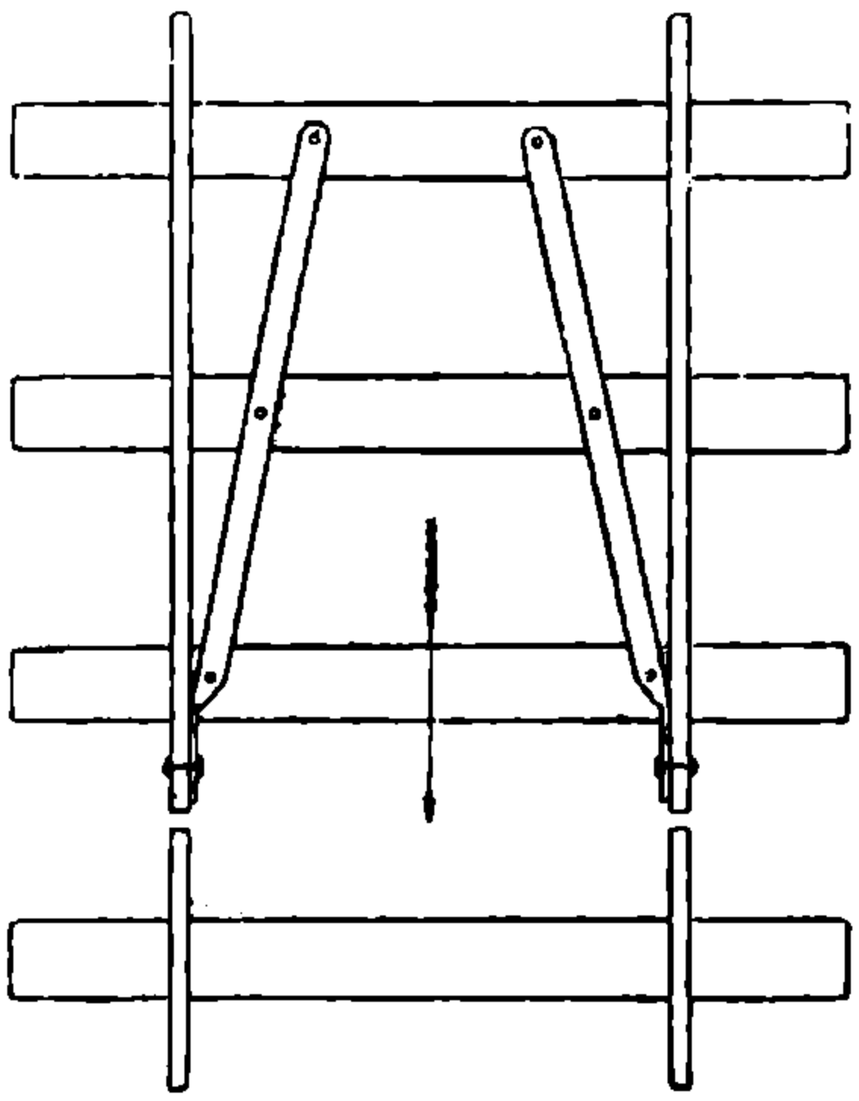


Черт. 373.



Черт. 374.

1) Изображенная на чертеже 374 изогнутая плоская накладка, одним концом прикрепленная к середине рельса, а другим к шпалам.



Черт. 375.

2) Изображенное на чертеже 375 полосовое железо, изогнутое таким образом, что одним концом оно прибалчивается к рельсу, а другим прикрепляется к трем шпалам помощью ершей.

На Рязано-Уральской ж. д. таких полос ставилось на 0,008 уклоне 40 пар на километр.

3) Приспособление, применяемое на германских железных дорогах, изображено на черт. 376 и 377.

Прикрепление указанного приспособления к подошве рельса делается помощью клинообразного вкладыша, без применения болтов и, следовательно, без ослабления рельса, что имеет место в изображенных выше двух употребляемых у нас приспособлениях. Существуют и такие приспособления, помощью которых действие угоняющих сил передается непосредственно балласту (американская „лопата“).

Против угона шпал могут служить: 1) распорки между шпалами, уложенные согласно черт. 378, 2) железные уголки или деревянные доски, прибитые сверху шпал вдоль пути, и др.

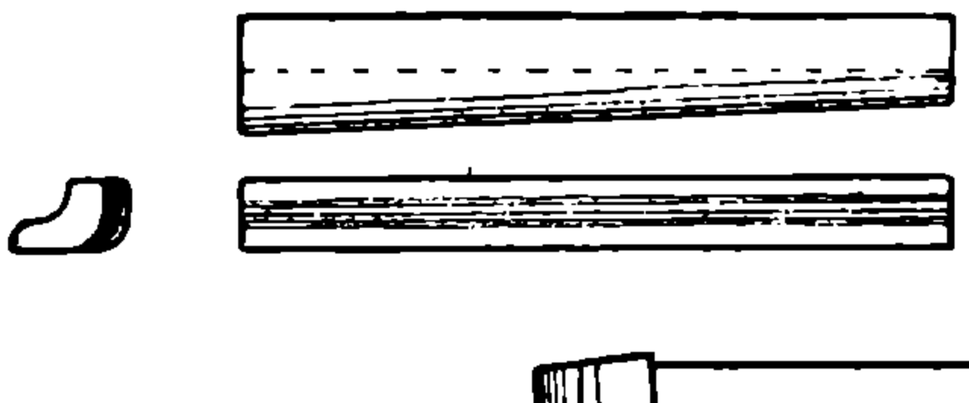
Нужно заметить, что угон шпал бывает гораздо меньше при щебеночном балласте, чем при песчаном.

XXXIII съезд инженеров службы пути, имея в виду указанное влияние щебня на угон, постановил:

„Признать желательным, чтобы железные дороги, обладающие достаточными средствами, применяли щебеночный балласт, однако не менее, чем под 4 шпалами, и именно под двумя стыковыми и двумя примыкающими к ним“.

РГБ ДНУЖТ

Приведя более подробное опис ние производства работ по разгонке зазоров (ор анизация работ, отдельные приемы, различные приборы и т. д.), нам не позволяет объем издаваемого краткого курса сделать то же и по отношению к другим работам. Поэтому желающих подробно ознакомиться и с другими видами работ мы отсылаем к труду Крачковского и Иконникова: „Летний ремонт железнодорожного пути“ изд. 1931 г.

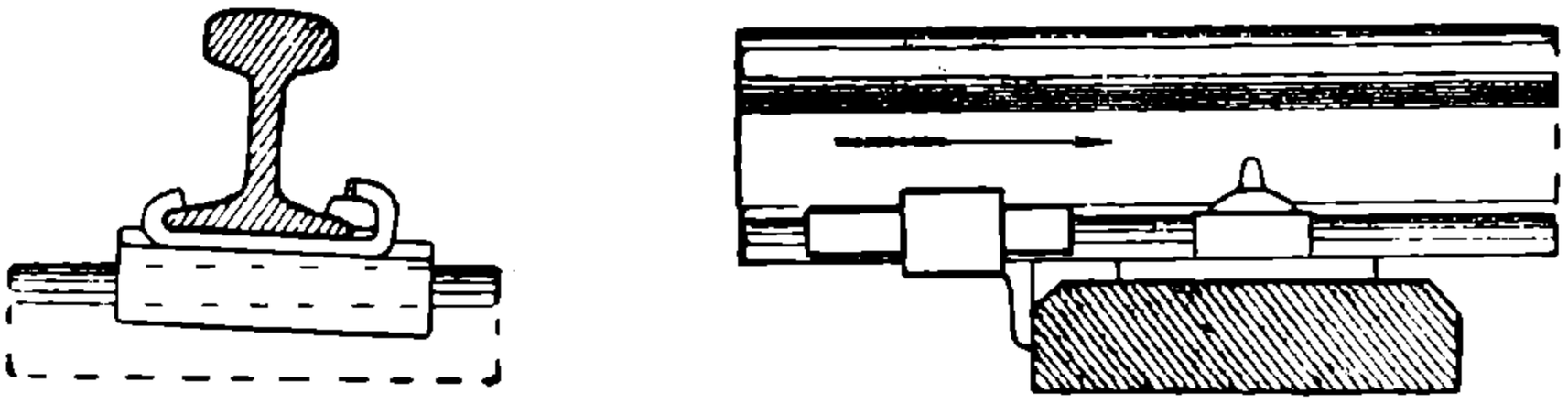


Черт. 376.

5. *Исправление ненадлежащего уровня рельсов*

Рассмотрим теперь, как исправить неправильное положение рельсов в вертикальной плоскости, как исправить просадки (толчки).

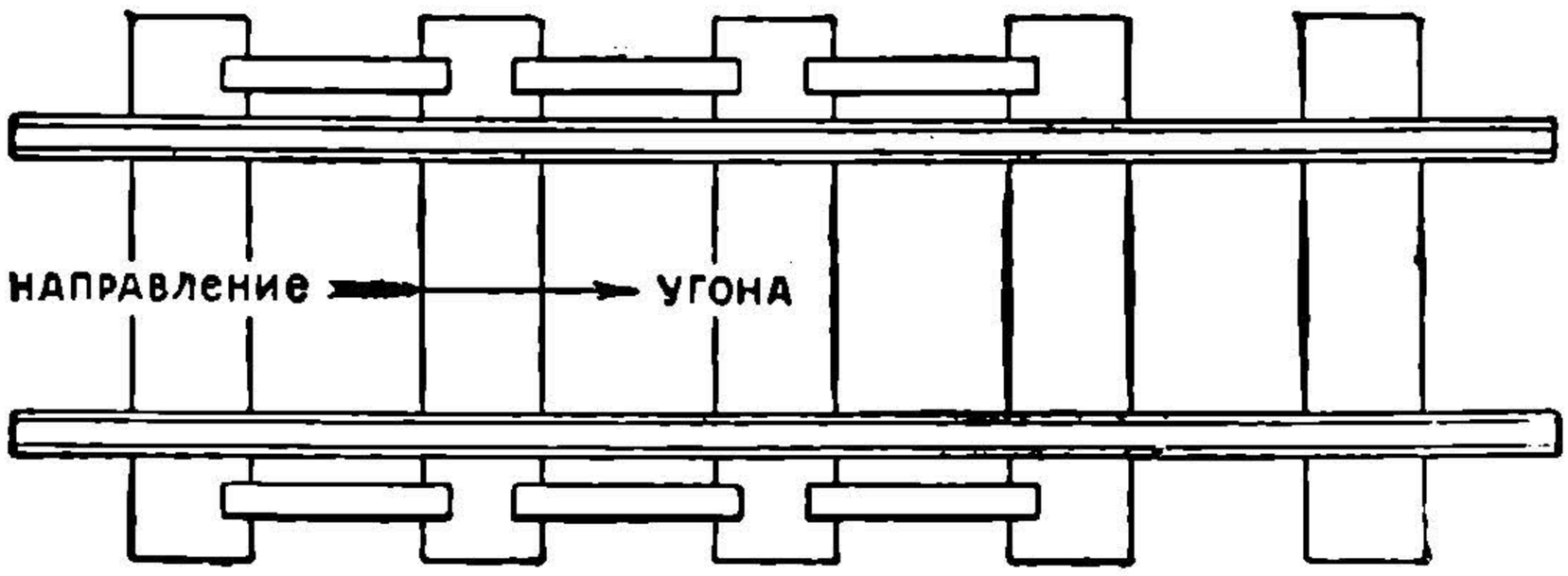
Когда просела одна или несколько шпал целиком (оба конца шпалы), тогда оба колеса ската опускаются вниз и получается так называемый „прямой“ толчок: вагон как бы ныряет, сразу опускается обеими сторонами и потом сразу поднимается. Когда просел один конец одной шпалы (или несколько шпал) под одной рельсовой ниткой, одна сторона вагона идет плавно, а другая на месте осадки пути опускается и, пройдя просадку, вновь поднимается—получается „односторонний“ толчок. Когда осел один конец шпалы (или нескольких шпал) под одной рельсовой ниткой, а затем на следующей шпале (или на следующих шпалах) другой конец под другой рельсовой ниткой, то сначала опускается одна сторона вагона, а другая идет плавно; затем опустившаяся сторона поднимается и идет плавно, и опускается другая сторона вагона,— получается так называемый „перекос“, т. е. односторонний толчок сначала на одной рельсовой нитке, а затем односторонний толчок на другой. Это наиболее вредный и беспокойный толчок: вагон качает и даже бросает из стороны в сторону.



Черт. 377.

НТБ ДНУЖТ

Обнаружить толчок можно различными способами: односторонний толчок—прикладыванием рейки с уровнем или наклонившись к рельсу и проглядывая поверх головки вдоль рельсовой нитки, или просто стоя на пути и смотря вдоль пути, или, наконец, с поезда, стоя на площадке заднего вагона, легко ощущить, как

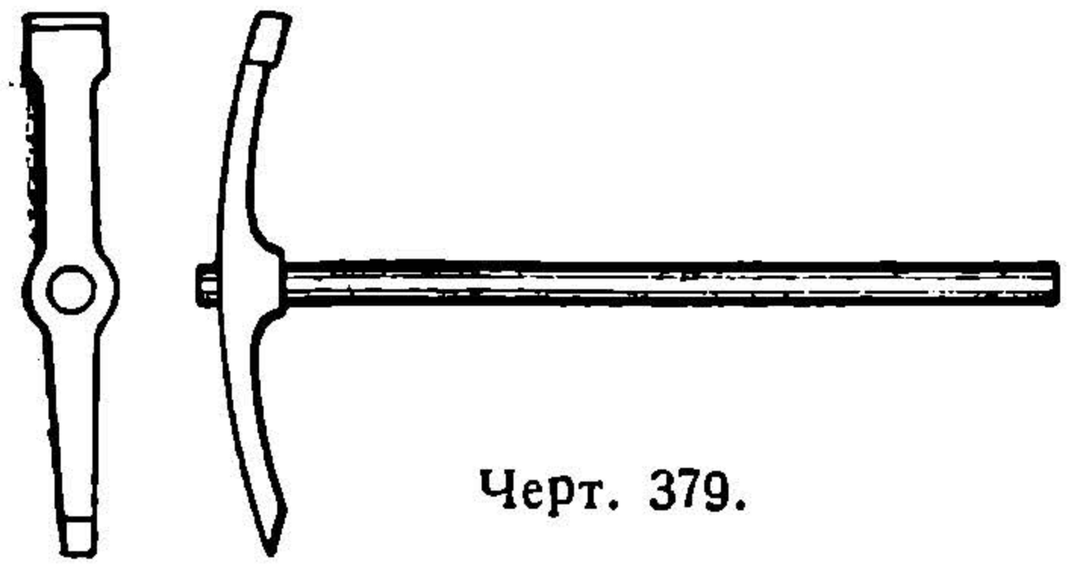


Черт. 378.

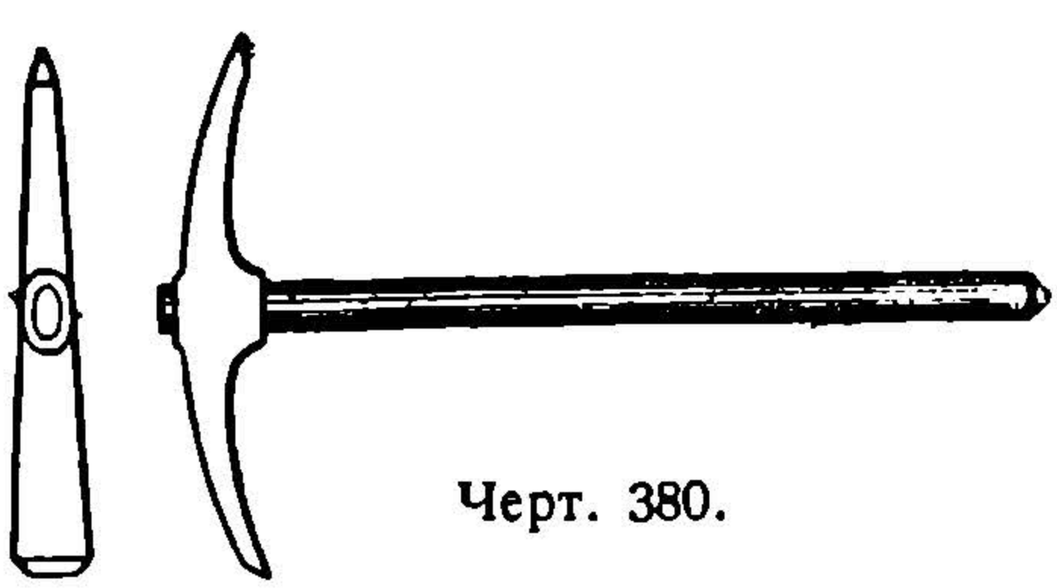
одна сторона вагона опускается вниз на месте осадки. Прямой толчок можно обнаружить всеми описанными выше способами, кроме прикладывания рейки с уровнем. Перекос, состоящий из двух односторонних толчков, обнаруживается так же, как вообще односторонний толчок, и ясно ощущается с поезда. Если оседающая во время прохода поезда шпала после прохода поезда поднимается вместе с рельсом до своего нормального положения, то такого толчка, так называемого потайного, заметить глазом помощью описанного выше визирования вдоль пути нельзя. Такой толчок может быть обнаружен или с поезда, или по трещинам в балласте около шпалы, или после дождя по характерным следам песка, выдавленного из-под шпалы при проходе поезда.

Исправляются толчки следующим образом.

Сняв балласт с боков шпалы и с торца на глубину до подошвы шпалы, сначала подвешивают шпалу, т. е. поднимают ее, нажимая на один конец лома, подсунутого другим концом под торец шпалы и упертого в положенную около торца шпалы подкладку (доску). Если осадки значительные, то подвешивание производится помощью ваги, подсунутой одним концом под рельс около шпалы и упертой в подкладку из куска шпалы; на другой конец ваги нажимают человека 3 рабочих. Перед вывешиванием следует подбить костыли.



Черт. 379.



Черт. 380.

Иногда подвешивание вместо ваги производится помощью путевого домкрата (при больших просадках). После этого производится самая подбивка шпалы. Два или четыре рабочих становятся с боков шпалы и сначала подбивают под шпалу балласт торцевыми подбой-

РГБ ДНУЖТ

ками сразу с двух сторон. Затем подбивают моховыми подбойками или кирками (черт. 379, 380). Подбойщики располагаются лицом друг к другу по обе стороны шпалы: один снаружи колеи, другой—внутри у того же рельса. Сначала подбивают шпалу близ рельса, а затем середину шпалы, причем середину шпалы следует подбить несколько слабее. Сильная подбивка середины шпалы может быть причиной разуклонки рельса.



Черт. 381.

Мелкие толчки подбиваются моховыми подбойками без подвешивания шпалы.

Подъемка пути делается с некоторым запасом (от 2 *мм* до 10 *мм*), имея в виду, что после прохода поезда путь несколько осядет. За величиной поднятия следит наблюдающий за работами, визируя наглаз, наклонившись к рельсу и проглядывая по головке рельса.

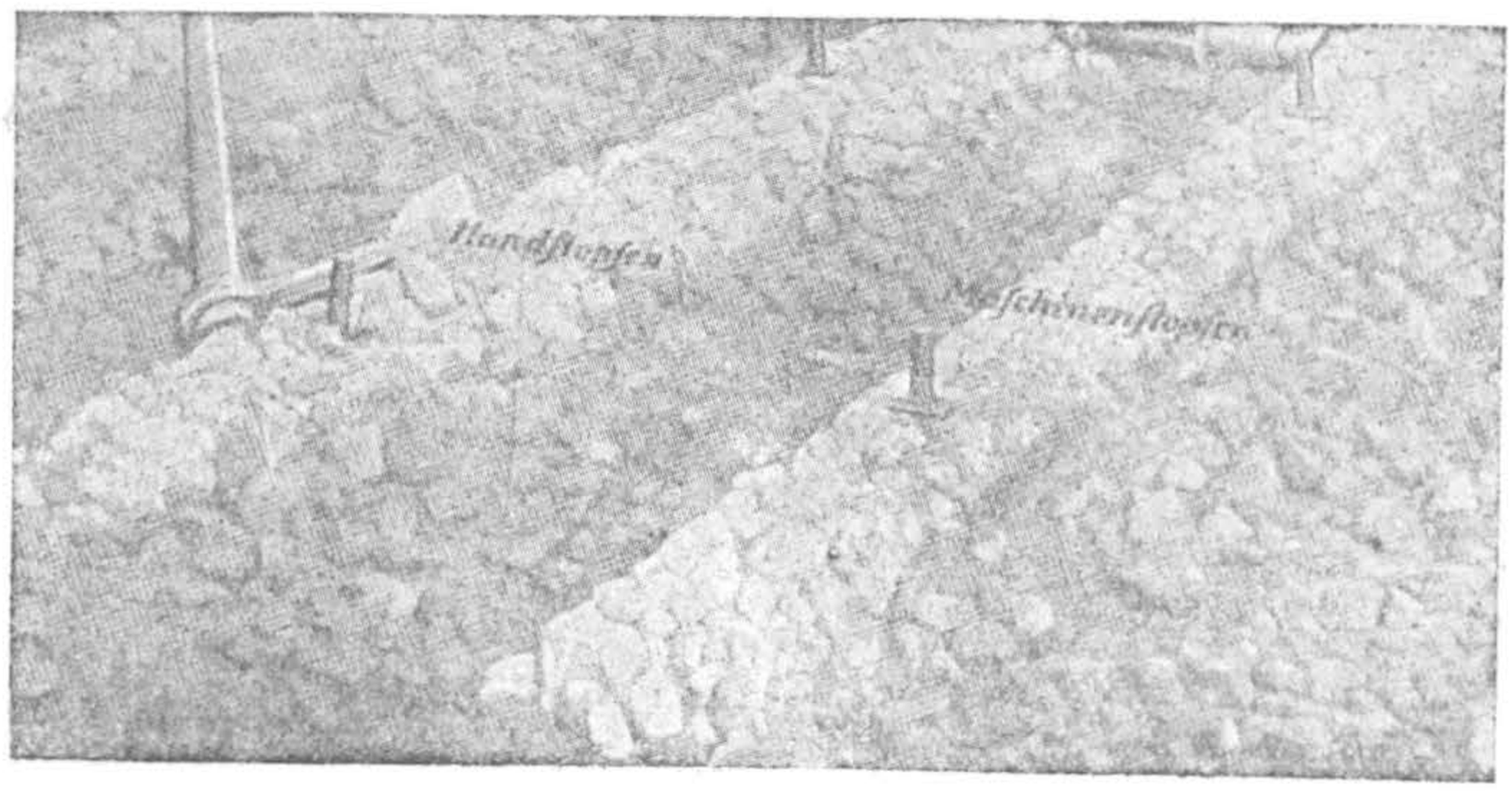
Работа производится под наблюдением старшего или подстаршего рабочего; место работ ограждается зелеными сигналами, если величина подъемки 6 *см* и менее; если же более 6 *см*, то—красными сигналами. Хорошая подбивка определяется тем, что при ударе молотком о шпалу получается тупой, не гулкий звук, а также и тем, что, отрыв около шпалы балласт в отвес, пробуют подсунуть под шпалу палец, при этом балласт не должен поддаваться.

Помимо указанной ручной подбивки шпал употребляется и механическая подбивка, как-то: пневматическая (помощью сжатого воздуха) или помощью силы электричества. Прибор состоит из цилиндра, внутри которого помощью сжатого воздуха двигается поршень, соединенный помощью вертикального стержня с наконечником—лопатой, помощью которой и производится самая подбивка балласта. Прибор имеет две ручки, держа за которые рабочий устанавливает его в надлежащее положение. Помощью рукава цилиндр соединяется с пневматической машиной, передвигающейся по рельсам на особой тележке. Помощью особых приспособлений 4 рабочих могут снять тележку с пути в 45 секунд.

НТБ ДНУЖТ

Для подбивки одной шпалы нужно иметь две трамбовки; они должны работать одновременно. Вес трамбовки около 16 *кг*. Каждая трамбовка управляется одним рабочим. Трамбовки устанавливаются по обе стороны шпалы, примерно под углом 45°. Подбивка шпалы может быть произведена примерно в 2 минуты (400 ударов в минуту) (см. черт. 381).

Указанными приборами удобно производить подбивку стрелочных переводов и вообще таких мест, где подбивка вручную не особенно удобна.



Черт. 382.

Произведенные опыты приводят к заключению, что механическая подбивка отличается: а) высоким качеством работы (см черт. 382), б) скоростью работы, в) возможностью производства в неудобных местах. Нужно заметить, что при существующих приборах результаты при песчаном балласте не так хороши, как при щебеночном.

6. Исправление пути в кривых

В кривых частях пути делается уширение колеи и возвышение наружного рельса. Если ширина колеи и возвышение наружного рельса в кривой не соответствует установленной на дороге норме, такие неправильности должны быть исправлены теми же способами, как и в прямых частях пути (перешивка и др.). Кроме того, кривая должна быть вполне плавной, радиус кривой на всем протяжении должен быть однообразным — не должно быть резких изменений радиуса на различных звеньях.

Величина радиуса кривой на различных звеньях поверяется по величине стрелы прогиба. Величины стрел прогибов могут быть измерены помощью особых шаблонов или весьма просто — путем натяжения тонкой бечевки между двумя соседними стыками (или через один стык) и измерением величины стрелы прогиба посредине звена (или в среднем стыке) помощью линейки. Если измерения стрелы прогиба в соседних стыках будут разниться между собой более, чем на 10% или от средней величины всех стрел прогиба более, чем на 10%, то такая кривая должна быть исправлена путем рехтовки пути внутрь кривой в тех местах, где стрелы прогиба слишком велики, и путем рехтовки кнаружи кривой, где стрелы прогиба слишком малы. Наконец, в правильно уложенной кривой

РГБ ДНУЖТ

стыки рельсов наружной и внутренней кривой должны быть расположены по направлению радиуса кривой (забег должен быть не больше определенной величины, указанной на утвержденном чертеже, например не более 25 *мм*).

7. Смена скреплений

Смена скреплений может быть единичная и сплошная. Единичная смена скреплений может быть произведена опытным ремонтным рабочим и производится без ограждения сигналами. Если скрепления сменяются сплошными участками, то работа производится под наблюдением старшего рабочего. Место работ ограждается красными сигналами. Перед производством сплошной смены скреплений следует разогнать прозоры и поставить стыки по наугольнику. При сплошной смене скреплений не следует одновременно разбалчивать и снимать накладки на двух стыках, лежащих один против другого на двух рельсовых нитках.

8. Смена рельсов

Смена рельсов диктуется наличием разного рода серьезных повреждений или превосходящих допускаемую норму износов рельсов. К числу серьезных, опасных для движения поездов повреждений, можно отнести: перелом рельса, отлом головки, продольные трещины в головке, сильные искривления рельсов, неподдающиеся исправлению помощью пресса.

Наибольшая величина допускаемого равномерного износа по длине рельсов принимается равной 6 *мм*, местной выбоины — 2 *мм* и расплющивания у головки рельса — 5 *мм*.

Смена рельсов бывает одиночная и сплошная. Если в каком-нибудь месте обнаружен рельс с каким-нибудь из указанных выше недостатков и один этот рельс сменяется, то это будет так называемая одиночная смена рельсов. Если же сменяются сплошь все рельсы на данном участке пути, например на данном километре, хотя бы и не все они были повреждены, то это будет сплошная смена рельсов.

Что касается одиночной смены рельсов, то она может быть внезапной. Если, например, путевой сторож заметил в пути лопнувший рельс или рельс с отломом головки, то он должен немедленно принять все меры к неотлагательной смене такого рельса, предварительно оградив его надлежащими (красными сигналами и петардами).

Если сменить рельс немедленно не представляется возможным, например вследствие неимения вблизи от лопнувшего рельса здорового рельса и, если в то же время, нежелательно задерживать остановившийся у лопнувшего рельса поезд, то таковой можно пропустить по этому рельсу, но лишь после принятия нижеследующих мер: подложив под рельс в месте его перелома кусок шпалы длиной около одного метра или подведя под него соседнюю шпалу и прибив к шпале костылями.

Если смена рельса и остановившийся поезд, как указано выше, задерживаются неимением поблизости здорового рельса и в то же время изъян поврежденного рельса так велик, что по нему нельзя пропустить поезда, например откололся целый кусок головки рельса, то можно поступить и так: снять временно с пути рельс позади

НТБ ДНУЖТ

остановившегося поезда, им заменить лопнувший рельс и пропустить по нему поезд.

Самая смена рельса производится следующим образом: прежде всего нужно заметить, что поврежденный рельс следует сменять не совершенно новым рельсом, а снятым с пути во время сплошной смены, но годным для укладки в путь; это делается потому, что концы совершенно нового рельса по высоте не будут соответствовать концам соседних рельсов, уже пролежавших известное время в пути и имеющих некоторый износ. Подвезенный рельс укладывается рядом со сменяемым внутри колеи. Поврежденный рельс разбалчивается: снимаются накладки и вытаскиваются внутренние костыли, рельс выкантовывается кнаруже колеи и вместо него вдвигается новый рельс, сбалчивается сначала на два болта и через шпалу пришивается костылями (после этого можно пропустить поезд), затем рельс сболчивается на все болты и забиваются все костыли.

Если между сменяемым рельсом и соседним с ним совершенно отсутствуют прозоры, то нужно сначала сделать разгонку прозоров, а затем сменять рельс, так как в противном случае может случиться, что по снятии поврежденного рельса соседние рельсы сдвинутся вдоль пути и новый рельс не войдет между сблизившимися соседними рельсами. Вот почему не рекомендуется производить смену рельсов в самое жаркое время дня.

Место работ ограждается двумя красными сигналами и петардами. Дается предупреждение о тихом ходе поездов.

Сплошная смена рельсов делается обычно в том случае, если лежащие на данном километре рельсы заменяются рельсами другого типа или если число подлежащих единичной смене рельсов достигает значительной величины (от 20 до 50%).

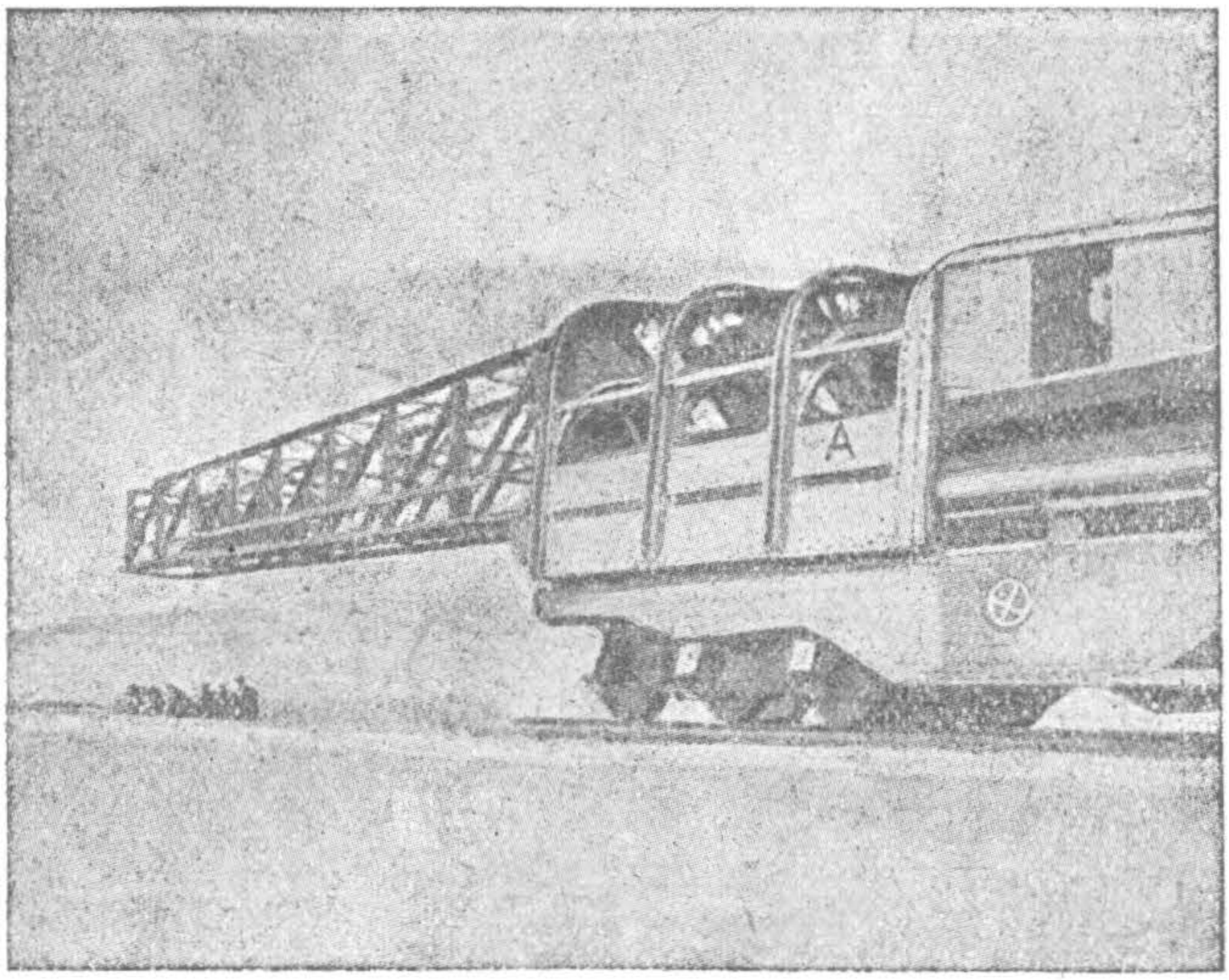
Перед сплошной сменой рельсов необходимо произвести разгонку прозоров и поставить стыки по наугольнику. Самая работа по сплошной смене рельсов производится так же, как и единичная, с той лишь разницей, что сменяют сразу несколько рельсов—целую ленту в 4 или 5 звеньев, заранее соединенных новыми накладками и болтами. Если при этом новые рельсы другой длины, чем старые, то нужно во вновь укладываемой ленте взять столько рельсов, чтобы длина этой ленты равнялась длине сменяемой ленты, например, если рельсы длиной в 10 *м*, меняются на рельсы длиной в 12 *м*, то длина пяти новых рельсов, именно $12 \times 5 = 60$ *м*, будет равняться длине шести старых, именно $10 \times 6 = 60$ *м*. Если длины рельсов таковы, что такой кратности добиться нельзя, то приходится употреблять трубку—укороченные рельсы, заранее вычисленные и изготовленные.

Если новые рельсы не только другой длины, чем старые, но и другого типа, то в местах соединения старого рельса с новыми приходится применять особые переходные накладки такой формы и так изогнутые, чтобы верхняя и внутренняя боковая поверхности головки рельса старого были расположены в одних плоскостях с соответственными поверхностями нового рельса.

Так как ширина подошвы и размеры накладок рельсов нового типа отличны от таковых старого, то при смене рельсов приходится вытаскивать костыли не только с внутренней, но и с наружной стороны рельса.

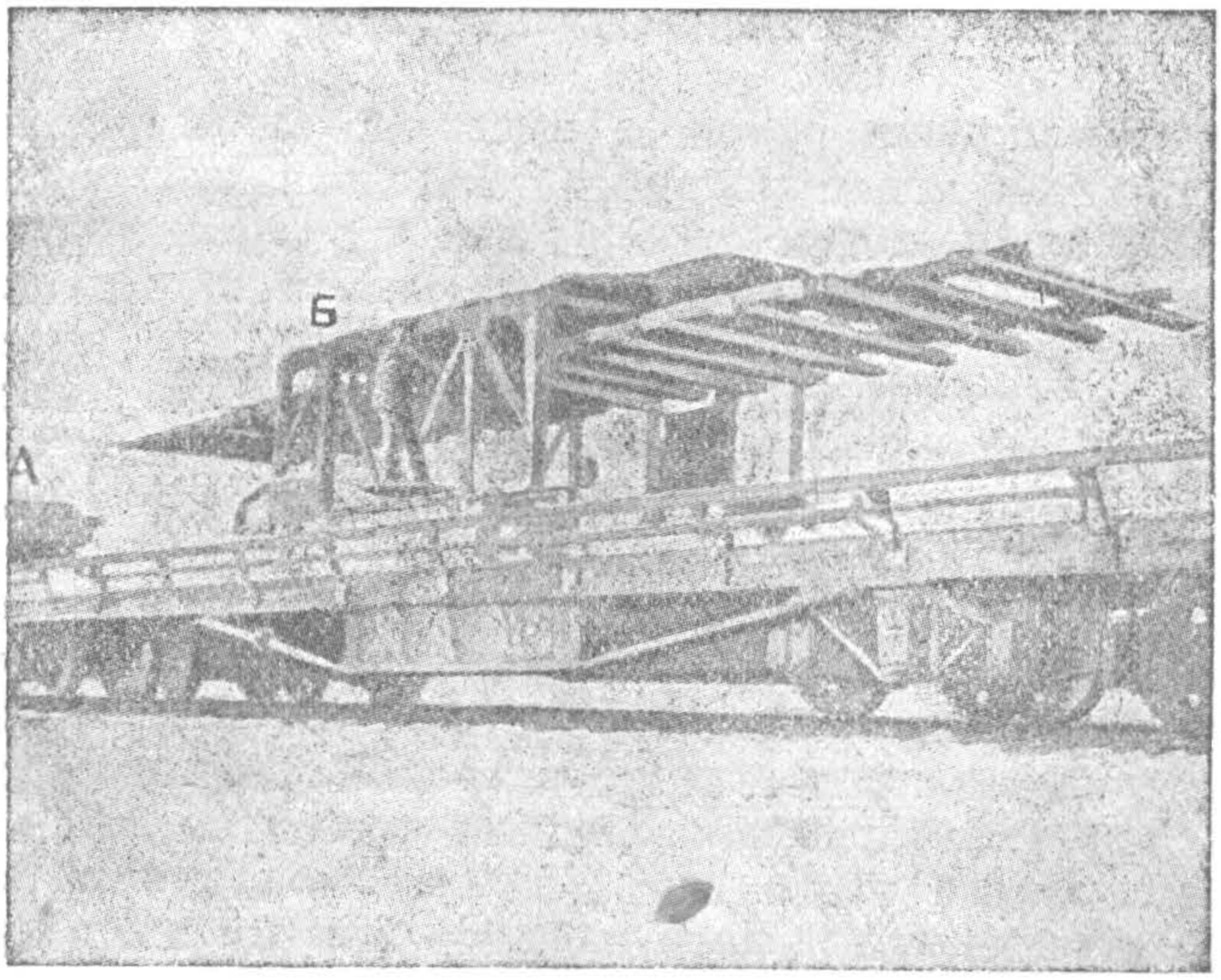
НТБ ДНУЖТ

Работа по сплошной смене рельсов ведется под наблюдением дорожного мастера. Место работ ограждается красными сигналами и петардами. Дается предупреждение о тихом ходе со скоростью 15 *км* в час.



Черт. 383.

Если со сменой рельсов производится и смена шпал, то сначала делается смена рельсов, а потом шпал, и так делается потому,

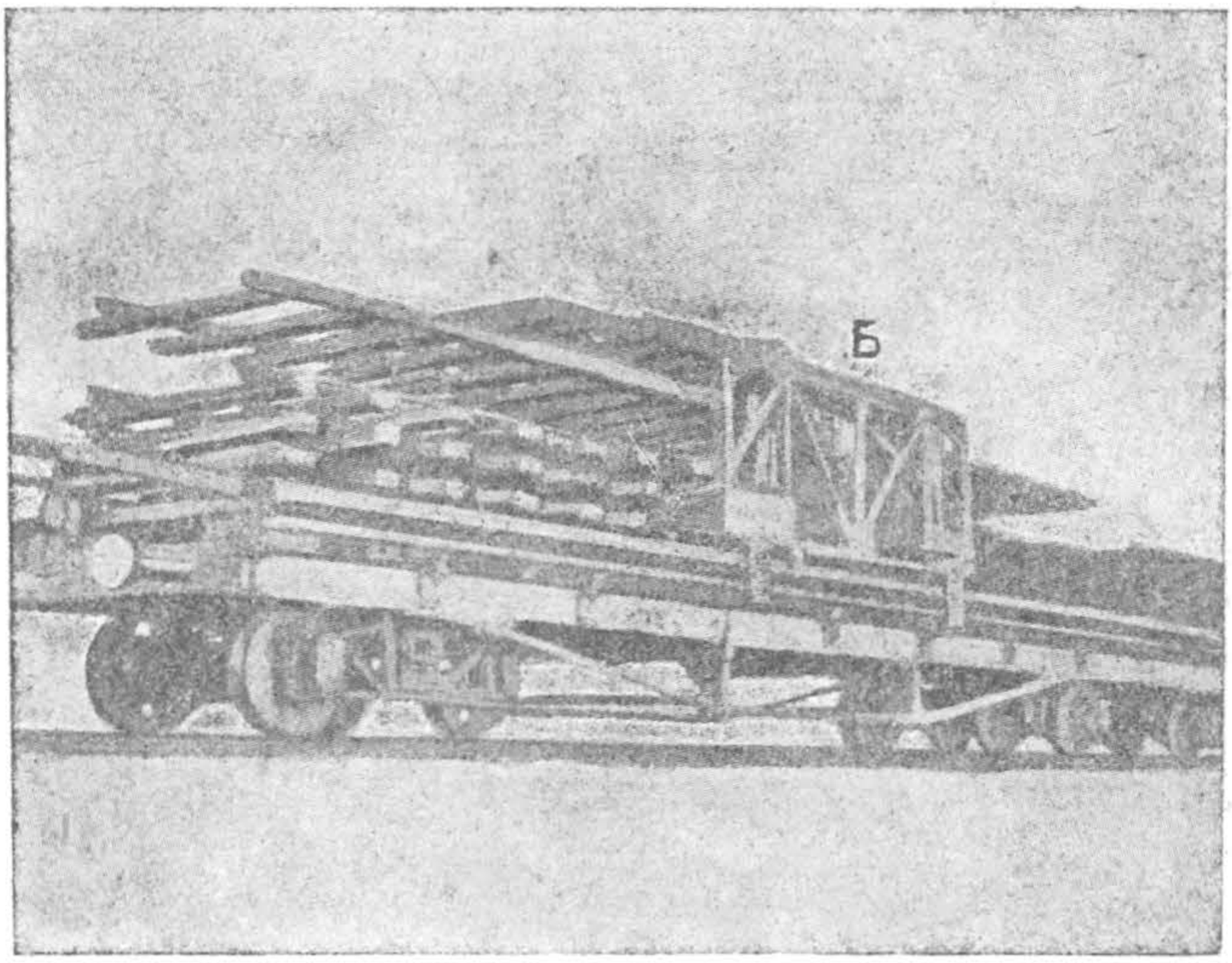


Черт. 384.

что в противном случае пришлось бы портить новые шпалы, дважды забивая в них костыли,—сначала к старым рельсам, а затем к новым.

РГБ ДНУЖТ

Имея в виду, что в настоящее время все больше и больше распространяется механизация путевых работ, следует обратить внимание на нижеследующий способ укладки пути помощью особой машины — путеукладчика, применяемого в Ирландии на Большой Южной железной дороге (см. черт. 383, 384, 385).



Черт. 385.

Отдельные звенья верхнего строения грузятся помощью 15-тонного крана на платформы и отправляются к месту работ. Снятые с пути целые, нерасшитые звенья таким же образом перевозятся на склад.

Укладочная машина работает вместе с особым строительным поездом, на одном конце которого находится путеукладчик, а на другом—вагон с силовой установкой для работы настилателя и для освещения места работ ночью. Путеукладчик состоит из решетчатой фермы, закрепленной одним концом на платформе и кране, состоящего из двух лебедок и передвигающегося по особым рельсам внутри фермы на протяжении около 18 метров. Поднятое краном звено вкатывается на платформу и затем другим краном, подвигающимся над строительным поездом, протаскивается через весь поезд до свободной платформы, где и складывается. После этого поднимается „новое“, привезенное со склада звено, протаскивается к укладчику и этим последним укладывается в путь. По уложенному новому звену поезд продвигается вперед и работа продолжается, пока поезд не уложит всех привезенных новых звеньев и не погрузится старым. После этого строительный поезд отправляется на склад, где разгружается и, погрузившись новыми звеньями, возвращается. Нагрузка 6 платформ для 800 метров пути продолжается около двух часов. При длине рельсов 18 метров в один час настилается около 18 метров пути. (См. „Железнодорожное дело“, февраль—март 1926 г. „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens“ № 4, от 28/II 1926 г.).

НТБ ДНУЖТ

В настоящее время в НКПС разрабатывается проект комбайна-машины, которая при своем движении производит серию работ, как-то: рехтовку, подъемку, подбивку, смену рельсов, рытье канав и других. Планом реконструкции пути намечено сильное развитие механизации путевых работ. Подробное рассмотрение этого вопроса выходит за пределы настоящего курса.

9. Смена шпал

При производстве смены шпал прежде всего необходимо выяснить, к а к и е ш п а л ы требуется сменить, или, другими словами, какие шпалы могут быть еще оставлены в пути, т. е. до какой степени они износятся, если их оставить в пути еще на год, и не достигнут ли они за этот период той степени повреждений, которая может уже угрожать опасностью для движения.

О б с л е д о в а н и е указанных выше повреждений в настоящее время производится нижеследующим образом: степень загнивания шпалы определяется помощью ударов по шпале острым концом кирки или ломом, или по звуку, появляющемуся при ударе по шпале молотком: если шпала здоровая, то получается звонкий звук, а если гнилая, то глухой, тупой звук. Для того, чтобы определить, не сгнила ли нижняя постель шпалы, ее обрывают и осматривают. Степень механического износа определяется путем простого осмотра шпалы. Вышеизложенное показывает, сколь несовершенны применяемые ныне способы обследования шпал.

Намеченные к смене шпалы должны быть сняты и заменены другими, здоровыми шпалами. Самая смена шпал может быть произведена различными способами. В настоящее время, как правило, применяется одиночная смена шпал.

Смена шпал обычно производится так: вынимается балласт в соседнем, наиболее широком ящике на глубину несколько большую, чем нижняя постель сменяемой шпалы; затем выдергивают костыли, сдвигают шпалу в вырытый ящик и вытаскивают старую шпалу, а на место нее через тот же ящик подводят новую шпалу. Смена может быть произведена на всем километре или попикетно. Перед сменой следует произвести разгонку прозоров и поставить стыки по наугольнику, сделать на внутренней стороне шейки рельсов белилами разметку шпал, развести и уложить вдоль пути шпалы, сделать запас балласта для пополнения недостающего. Нужно только иметь в виду, что одновременно вынимать на одном рельсовом звене разрешается лишь одну шпалу, выдергивать же костыли—не более как на двух шпалах, и то при условии, чтобы между такими шпалами было не менее двух шпал с полным количеством костылей. Прежде всего сменяются стыковые шпалы, а затем промежуточные.

Описав способ смены шпал, обычно применявшийся до сего времени, необходимо указать, что за самое последнее время при смене шпал начинают применять новый способ, предложенный Коцуро, описание которого выходит за пределы данного краткого курса.

Место работ ограждается з е л е н ы м и с и г н а л а м и и петардами. Дается предупреждение о тихом ходе поездов. Работа производится под руководством старшего рабочего, а все работы производятся под н а б л ю д е н и е м дорожного мастера. Работа произво-

РГБ ДНУЖТ

дится артелями (артели три). Каждая артель становится через звено одна от другой.

Имея в виду, что в настоящее время у нас начинает вводиться механизация путевых работ и автоблокировка и увеличивается интенсивность движения, требующая возможного уменьшения количества выдаваемых предупреждений, у нас за самое последнее время проводится в жизнь новый метод организации путевых работ ремонтными „колоннами", позволяющими сосредоточить работы на небольшом протяжении и быстро доводить их до конца.

Вопрос об этом новом методе организации работ очень большой вопрос, не позволяющий уложиться в рамки данного краткого курса. Заканчивая вопрос о летнем ремонте пути, необходимо отметить, что согласно плану реконструкции пути на путях первой категории, как это было указано выше, мы должны перейти от песчаного балласта к щебеночному. Не имея возможности сразу провести громадной работы по замене песка щебнем на всем протяжении линий I категории, намечается, как временная мера, постановка на щебень стыковых и пристыков шпал. Проект стандартного чертежа постановки стыков на щебень в настоящее время разрабатывается.

В настоящем кратком курсе не рассматривается также вопроса о комбинате, проект которого в настоящее время разрабатывается.

§ 41. Зимний ремонт верхнего строения

Состояние железнодорожного пути в зимнее время резко отличается от такового летом.

Зимой путь скован морозом и приобретает две особенности— жесткость пути и хрупкость рельсов.

Указанные две особенности, помимо других вредных последствий, способствуют лопанию рельсов.

Всякого рода неисправности, как, например, вертикальные толчки, должны немедленно исправляться. Но, имея в виду, что путь зимой скован морозом и что всякого рода работы, в роде подбивки шпал, должны сопровождаться раскирковкой замерзшего балласта, что сопряжено с большой затратой времени и труда и что раскирковка балласта у нас допускается лишь как исключение, необходимо осенью, перед наступлением зимы, привести путь в возможно лучшее состояние и в таком виде его заморозить.

1. РЕМОНТ ПУЧИН

а) Причины появления пучин и их классификация

В какое бы хорошее состояние путь ни был приведен осенью необходимо предвидеть появление в течение зимнего времени весьма значительных нарушений правильности пути, именно — нарушений, плавности пути в вертикальной плоскости, вследствие обычно появляющихся в нашем климате и при нашем земляном полотне и балласте так называемых пучин, т. е. местных выпучиваний—подъемов пути в тех пунктах, где насыщенный водой балласт и грунт земляного полотна при наступлении морозов увеличиваются в объеме и поднимаются вверх, образуя бугры, поднимая шпалы и рельсы и нарушая

НТБ ДНУЖТ

плавность пути в вертикальной плоскости. Причиной такого рода пучин является застой воды в балласте или грунте земляного полотна.

Если земляное полотно состоит из водонепроницаемого глинистого грунта и в этом грунте под шпалами образовались углубления, так называемые балластные корыта, вследствие вдавливания балласта в грунт под шпалой от давления, производимого последней на балласт при проходе поезда, то такие корыта наполняются водой, образуя упомянутые выше застои таковой. Насыщая собой балласт, вода при наступлении морозов увеличивается в объеме и вызывает образование пучины.

По характеру пучины различают: 1) верховые, появляющиеся в плохом, с большой примесью глины, плохо пропускающем воду балласте, 2) грунтовые, или коренные, появляющиеся в земляном полотне из глинистого водонепроницаемого грунта, 3) мостовые—появляющиеся в пределах засыпки обратных стенок мостовых устоев вследствие плохого отвода воды из указанной засыпки.

В зависимости от того, появляется ли пучина под обеими рельсовыми нитками, или только под одной, пучины различают: 1) прямые и 2) косые. Наконец, по величине пучины различают: 1) мелкие—до 6 *см* высотой и 2) высокие—более 6 *см*.

Грунтовые пучины вследствие более глубокого залегания обнаруживаются только в середине зимы или даже в конце ее.

Пучины могут быть обнаружены как инструментально, помощью рейки с уровнем, так и простым осмотром пути. Места нахождения пучин обозначаются обычно на рельсе белой масляной краской: середина пучины обозначается на шейке рельса, где проставляется цифра, указывающая величину пучины; места, до которых распространяется пучина, обозначаются стрелками на шейке рельса. Обычно ведется график пучин, в котором отмечаются местонахождения пучины (километр, пикет), размеры пучины, толщина пучинных подкладок и их протяжение (см. далее), время появления пучины, причина и способ исправления.

б) Исправление пучин

а) Помощью понижения горба или подъемки пути на подкладках.

Пучины, вызывающие иногда весьма значительное и резкое нарушение плавности пути в вертикальной плоскости пути и появляющиеся иногда совершенно внезапно, весьма вредны, иногда даже опасны для движения, создавая возможность появления неустойчивых форм движения, вызывая сходы поездов, поломки рельсов и ходовых частей подвижного состава, особенно косые пучины на кривых, почему за пучинами должен быть установлен строгий надзор и таковые должны быть немедленно исправляемы. Путь до исправления пучин ограждается зелеными сигналами и выдается предупреждение о проходе поездов со скоростью 15 *км* в час.

Исправление пучин может быть: 1) радикальное, т. е. такое, которое устраняет самую причину появления пучин; сюда относятся: замена грунта, понижение грунтовых вод и защита полотна от про-

РГБ ДНУЖТ

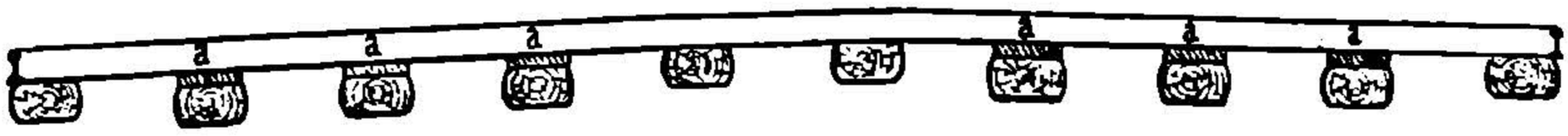
мерзания, 2) исправление пути на пучинистом месте без устранения самой причины появления пучин.

Начнем с рассмотрения этого последнего способа исправления пучин.

Появляющуюся пучину или, другими словами, неровности пути или горб можно исправить или путем понижения горба, или путем поднятия соседних с горбом частей пути.

Понижение горба может быть достигнуто или путем подрубки шпалы под рельсом, или путем понижения самой шпалы помощью подкирковки таковой.

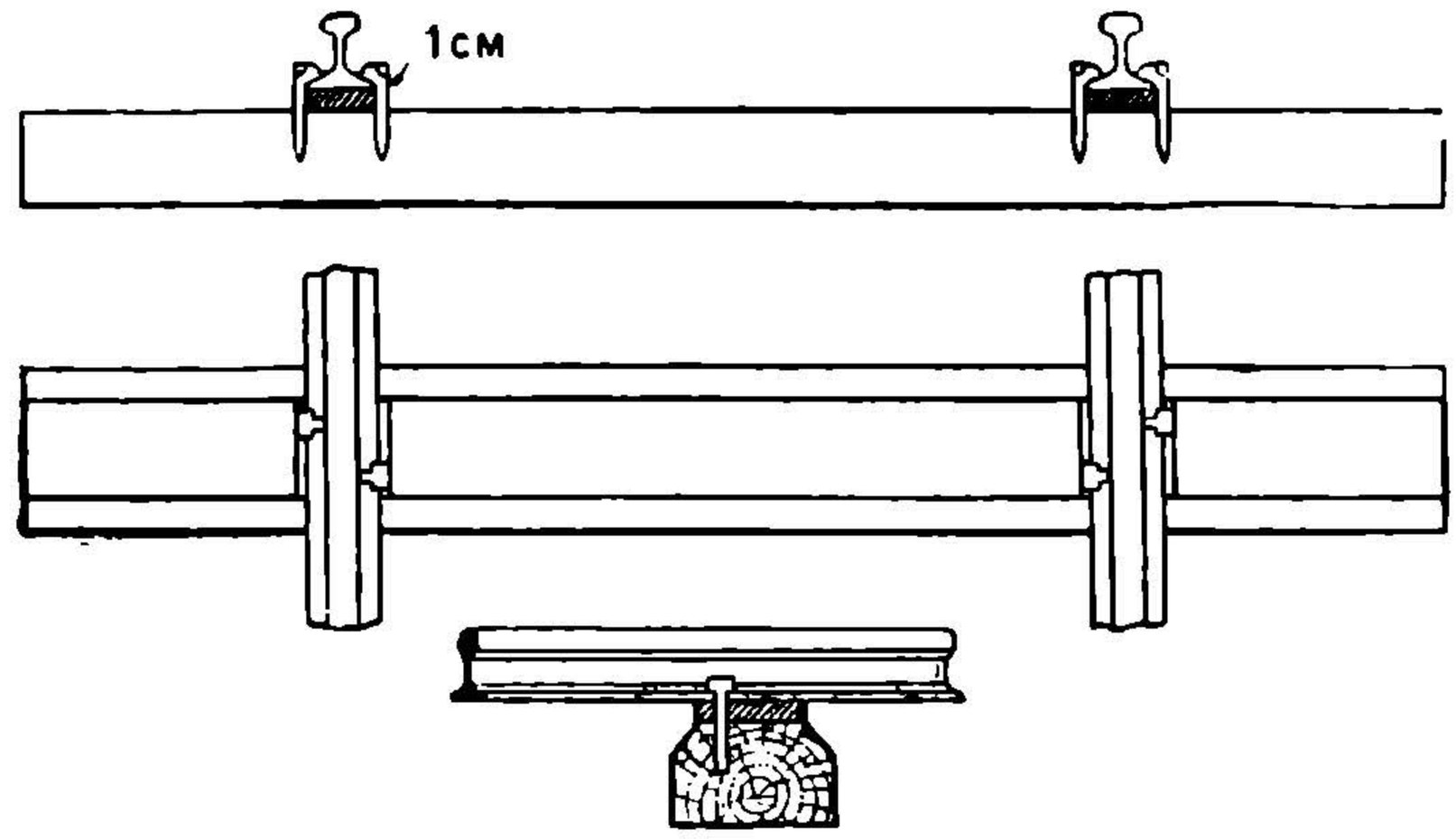
Исправление пучины путем подрубания шпалы возможно, разумеется, лишь при пучинах самой небольшой величины и во всяком



Черт. 386.

случае сопряжено с порчей шпалы, а потому такой способ у нас запрещен. Подкирковка замерзшего балласта сопряжена с большой тратой труда и времени и потому является способом также мало рациональным. Поэтому обычно употребляется третий способ исправления пучин, именно путем поднятия рельса в соседних с пучиной местах. Поднятие это достигается помощью подкладывания под рельс соответствующей толщины подкладок *а* металлических или деревянных (черт. 386).

Металлических подкладок можно класть на одной шпале под одним рельсом не более трех, а именно, если рельс в нормальном положении лежит на металлической подкладке, то кроме этой путевой подкладки для исправления пучины можно уложить поверх этой еще две металлических подкладки. Деревянные подкладки укладываются не поверх металлической, т. е. не между металлической



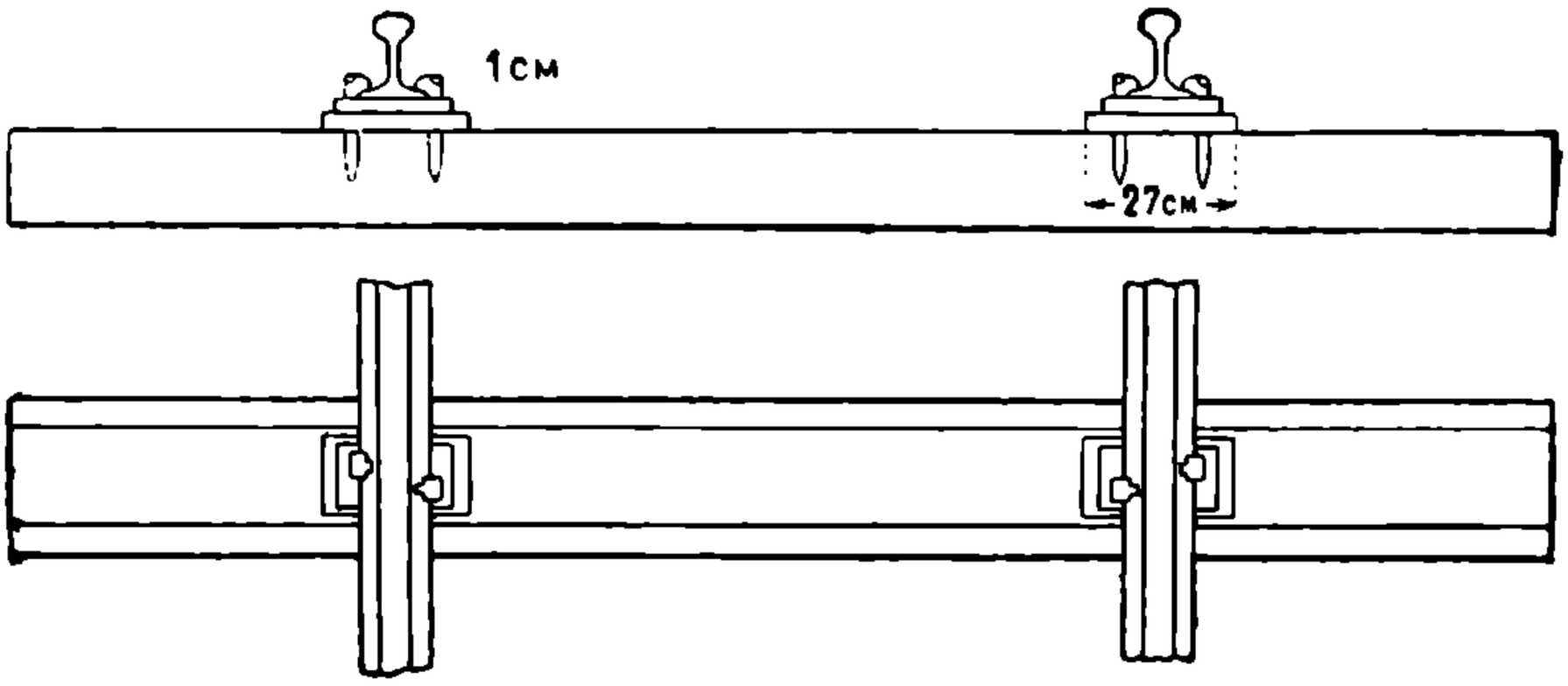
Черт. 387.

подкладкой и рельсом, а под металлической подкладкой. Но нужно, однако, заметить, что VIII съезд инженеров службы пути рекомендует деревянные подкладки толщиной менее 1 *см* укладывать вдоль

РГБ ДНУЖТ

рельса поверх железной подкладки (при наличии таковой), мотивируя это тем, что при таком способе смявшуюся деревянную подкладку легко заметить и своевременно заменить новой.

На наших железных дорогах практиковался нижеследующий способ исправления пути: при высоте пучины до 1 *см* и при укладке рельса на шпалах без металлических подкладок на соседних с пучиной шпалах под рельс подкладывались деревянные подкладки

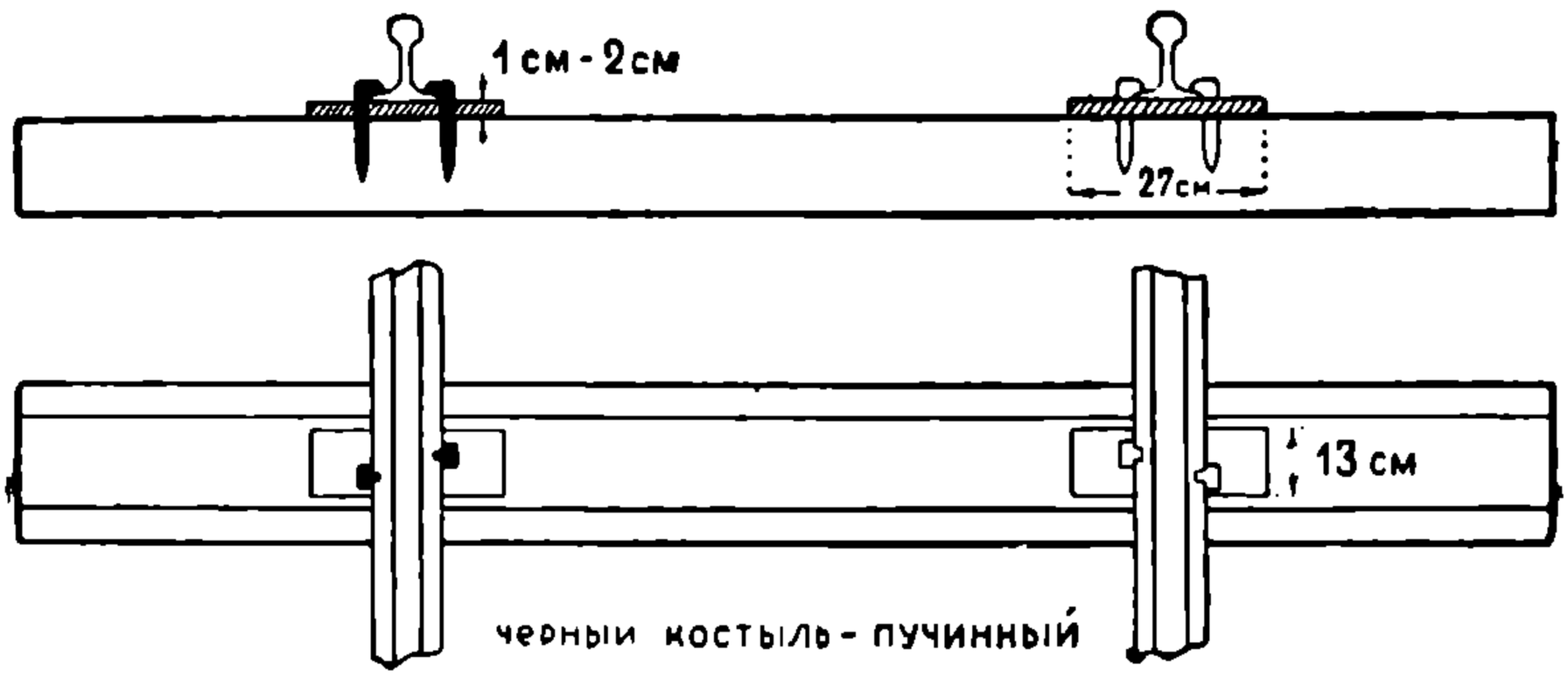


Черт. 388.

волокнам и вдоль оси рельса длиной, равной ширине шпалы и шириной на 6 *мм* шире подошвы рельса. Подкладки пришивались двумя обыкновенными костылями (черт. 387).

Если рельс уложен на металлической подкладке, то деревянная кладется волокнами поперек рельса; размеры ее в плане должны быть до 2 *см* больше размеров металлической путевой подкладки (черт. 388).

При толщине подкладки от 1 *см* до 2 *см* включительно ширина подкладок равна 13 *см*, длина подкладок 27 *см*. На стыковых шпалах рельсы прикрепляются пучинными костылями, т. е. костылями полуторной длины, а на промежуточных шпалах — обыкновенными костылями (черт. 389).

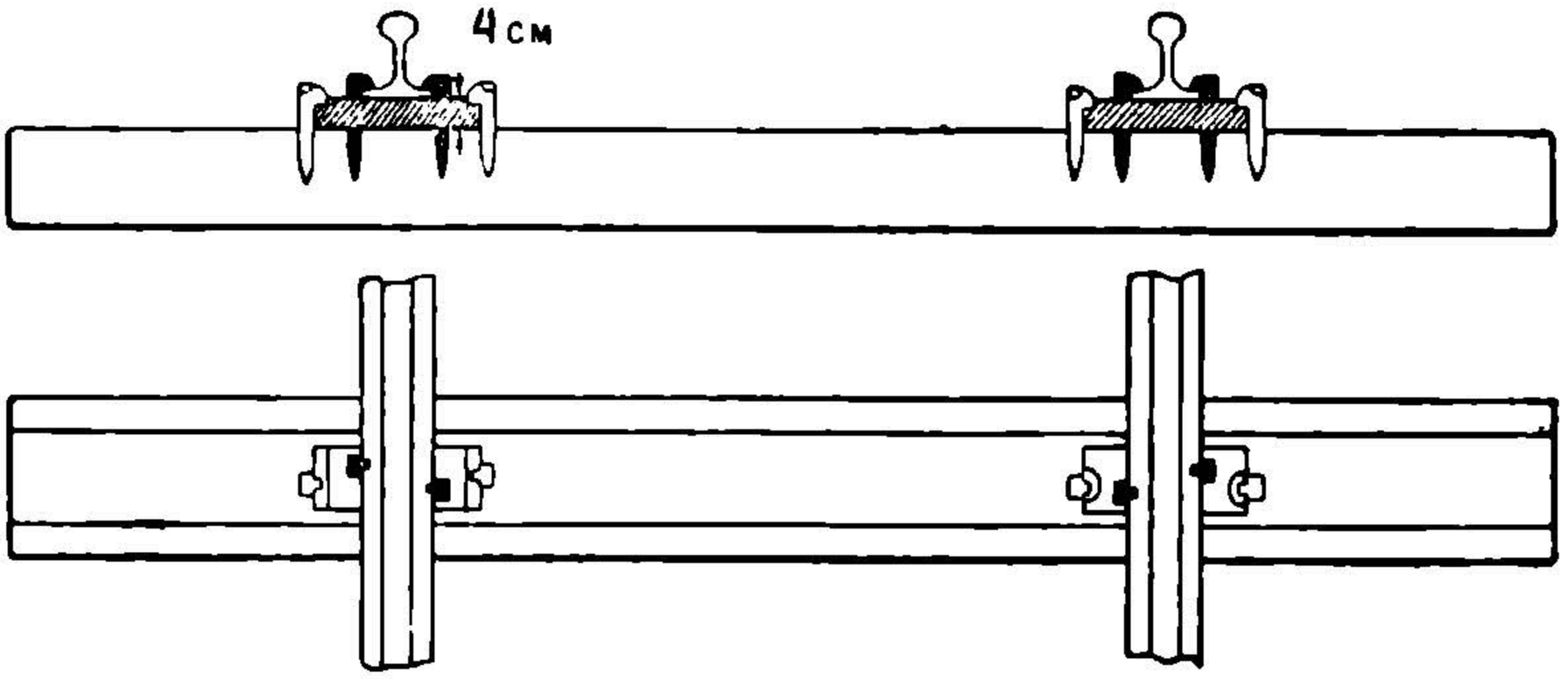


Черт. 389.

При толщине подкладок от 2 до 4 *см* включительно ширина подкладок 13 *см*, длина 31 *см*. Рельсы прикрепляются на всех шпалах пучинными костылями; кроме того, на стыковых и на 4 промежуточных шпалах подкладки прикрепляются к шпалам двумя обыкновенными костылями (черт. 390).

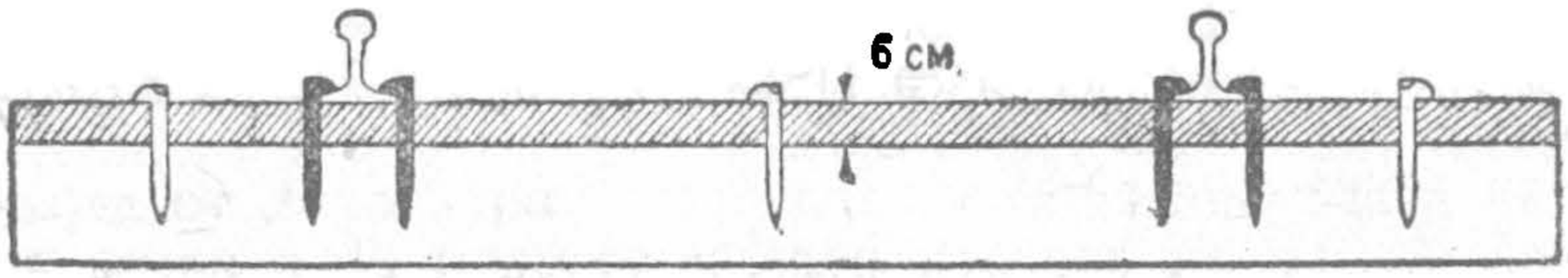
РГБ ДНУЖТ

При толщине подкладок от 4 до 6 *см* включительно на стыковых шпалах и на двух промежуточных укладываются нашпальники, т. е. сквозные подкладки. Рельсы прикрепляются пучинными костылями, нашпальники—тремя обыкновенными костылями (черт. 391).



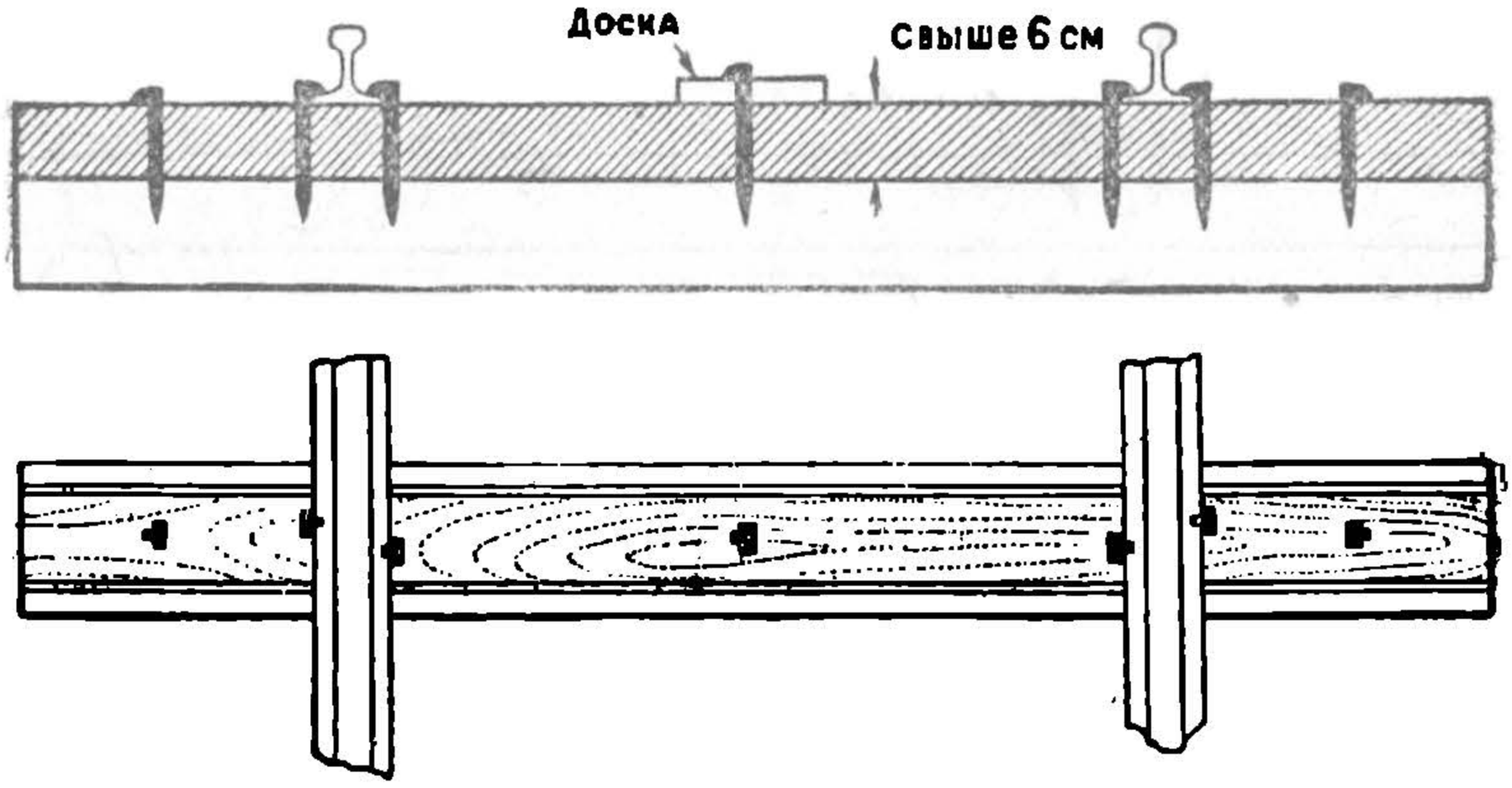
Черт. 390.

На остальных промежуточных шпалах укладываются подкладки шириной 13 *см* и длиной 36 *см*. Рельсы прикрепляются пучинными костылями, подкладки—обыкновенными.



Черт. 391.

При толщине подкладок от 6 до 8 *см* на всех шпалах укладываются сплошные нашпальники. Рельсы и нашпальники прикрепляются пучинными костылями, причем по оси пути поверх нашпальников укладывается доска толщиной 5 *см* (черт. 392).

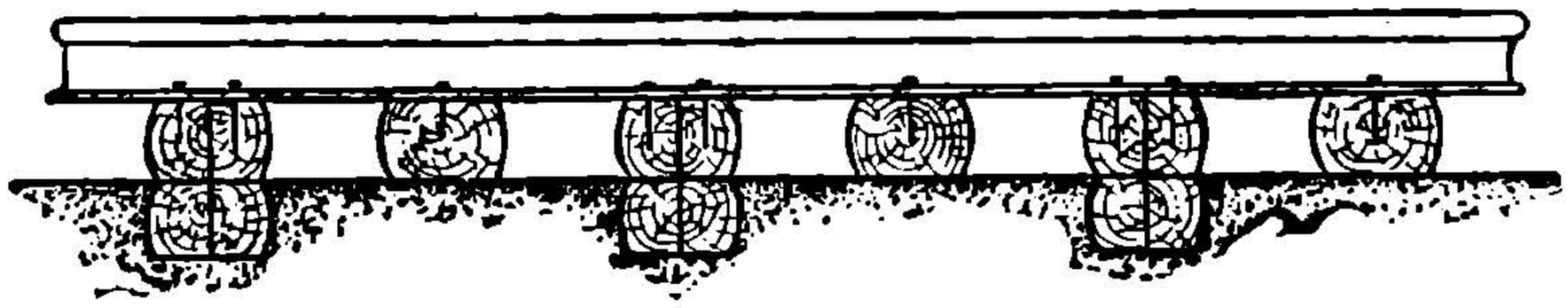


Черт. 392.

При толщине подкладок от 8 до 12 *см* так же, как и в предыдущем случае, укладываются на всех шпалах сквозные нашпальники и поверх них по оси пути 5 *см* доска. Рельсы прикрепляются двойными костылями, а нашпальники—пучинными.

РГБ ДНУЖТ

При большой толщине подкладок поверх шпалы укладывается соответственной толщины шпала, которая прикрепляется к путевой шпале 170-*мм* костылями или особыми штырями. Поверх шпал на оси пути укладывается 7-*см* доска. Каждый рельс прикрепляется 4-мя двойными костылями. Иногда в промежутке между шпалами укладывается еще одна шпала, согласно чертежу 393.



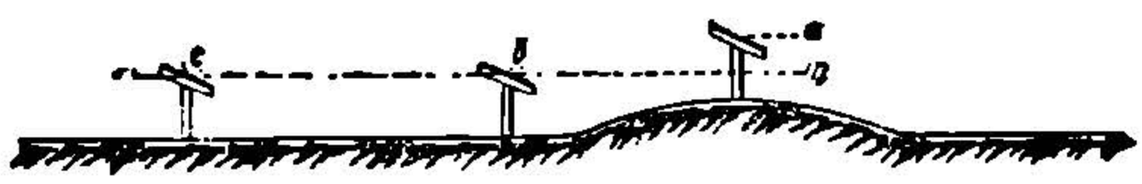
Черт. 393.

При большой высоте пучин таковые исправляются подкирковкой.

Подкладки изготовляются обычно из березы или из осины, как материала, менее подверженного растрескиванию.

Самая работа по укладке подкладок производится таким образом.

Место работ ограждается сигналами: при высоких пучинах с расшивкою одной нити более, чем на 4 шпалах, красными и петардами, дается предупреждение о тихом ходе; при мелких пучинах — зелеными. Затем выясняется точная толщина подкладок, которые требуется уложить под рельс или, другими словами, насколько следует поднять рельс на такой-то и настолько на такой-то шпале исправляемого пучинистого места. Эти величины определяются, исходя из того соображения, что от вершины горба должны быть сделаны в обе стороны плавные отводы пути помощью уклона 0,005 на прямой и 0,003 на кривой. (Если пучина находится на тяжелом профиле, например, на 0,01 подъем, то отводы должны быть сделаны вдвое положе). Если пучина косая, то нужно сначала исправить ту колею, которую сильнее выпучило, а затем, равняясь по ней, поднять и другую колею. Если два горба следуют один за другим на небольшом расстоянии, то отвод делается с более высокого горба на менее высокий и при этом без промежуточного между ними понижения, если расстояние между ними очень коротко.



Черт. 394.

Зная уклон отвода, можно определить и длину отвода. Для этого необходимо знать высоту относительного горба. Эта последняя может быть определена таким образом: установив три визирки — одну на вершине горба *a*, вторую *b* и третью *c* на соседнем с горбом горизонтальном пути, визируют по визиркам *c* и *b* на визирку *a*. Расстояние *an* от точки *n* линии *cbn* до верха визирки *a* и будет равно высоте горба (черт. 394).

Установив на основании вышеизложенных соображений требуемую длину отводов и требуемую высоту подъемки рельса в различных точках, определяют требуемую величину подкладок таким

НТБ ДНУЖТ

образом: расшив рельс через шпалу (но не более, как на 4 шпалах на звене) и ослабив костыли на остальных шпалах на всем протяжении отвода, поднимают, подваживают помощью лома рельс до требуемой высоты, согласно указаниям наблюдающего за работой (старшего рабочего), который в начале отвода (у горба) проглядывает вдоль рельса; на расшитых шпалах под поднятый рельс подкладываются подкладки или нашпальники, придав им требуемую толщину; пришив рельс к этим подкладкам, расшивают рельс на других шпалах и также подводят под рельс подкладки. Толщина подкладок при высокой и длинной пучине определяется без подваживания, вывешивания рельса, а именно: укладывая поверх рельса подкладки разной толщины, старший рабочий, проглядывая вдоль рельса, определяет, какая из подкладок подходит для данного пункта.

Работа будет более точная и аккуратная, если вместо проглядывания вдоль рельса пользоваться визирками: одна визирка ставится на горбе, другая—на конце отвода, а третья—на уложенной поверх головки рельса подкладке, толщина которой определяется.

Выше даны общие указания об исправлении пучин и в качестве примера приведены размеры пучинных подкладок, применявшихся на одной из наших дорог. Более детальные сведения как о подкладках и их изготовлении, так и о методе производства работ (расстановка рабочих, деление их на группы, порядок производства работы и т. п. согласно указаний НОТ'а) даются в издаваемых инструкциях и наставлениях, подобно приведенному выше наставлению Екатерининской ж. д., и выходят за пределы настоящего краткого курса. Интересно разработан план работ, например, на Северной дороге под руководством инж. П. А. Никифорова.

Указанные выше меры борьбы с пучинами являются лишь мерами паллиативными, лишь временно исправляющими путь; исправленный в данный момент путь при росте пучин в связи с увеличением глубины промерзания грунта вновь искривляется и требует нового исправления помощью замены уложенных вначале подкладок новыми, более толстыми подкладками с удлинением отводов. Весной под действием теплых солнечных лучей пучины начинают садиться, причем осадка эта совершается неравномерно, быстрее или медленнее—в зависимости от колебания температуры. Верховые пучины садятся дней в десять, грунтовые — в месяц или полтора. По мере осадки пучин уложенные подкладки должны меняться на более тонкие и, наконец, совсем выкидываться. За пучинами должен быть установлен постоянный бдительный надзор: артельный староста должен ежедневно поверять путь по шаблону и уровню, в особенности при резких колебаниях температуры и особенно на более опасных местах, каковыми являются перекосные пучины и пучины на кривых. Если путь не представилось возможности исправить (например, вследствие метели), путь должен быть огражден зелеными сигналами и дано предупреждение о тихом ходе.

б) Исправление пучин помощью замены грунта

Более радикальными мерами борьбы с пучинами являются такие меры, которые уничтожают самую причину появления пучин и которые заключаются в замене пучинистого грунта хорошим, водопро-

РГГТЕ ДНУЖТ

ницаемым грунтом, в понижении уровня грунтовых вод и в защите полотна от промерзания.

Замена пучинистого, глинистого, водонепроницаемого грунта песком должна быть сделана под балластом на глубину промерзания грунта. Замена эта может быть произведена или с закрытием перегона (с прекращением движения поездов), или без закрытия.

При производстве работ с закрытием перегона путь совершенно разбирается; балласт снимается и складывается в сторону; подлежащий замене грунт вынимается и также складывается в сторону, обычно на настиле из шпал, перекрывающем кювет. В сделанную траншею насыпается чистый песок, поверх насыпается балластный слой, и укладывается путь. Песок для замены грунта заранее заготовляется и укладывается рядом с местом производства работ на настиле из шпал, перекрывающем кювет.

Производство работ без закрытия перегона состоит в том, что путь сдвигается в сторону по возможности настолько, чтобы после сдвижки его можно было вырыть всю траншею для замены пучинистого грунта. Если этого сделать нельзя, то путь сначала сдвигается в одну сторону настолько, чтобы можно было вырыть половину траншеи (по ширине); затем, произведя замену грунта в этой половине, путь сдвигается в другую сторону настолько, чтобы можно было вырыть вторую половину траншеи; заменив в ней грунт, путь сдвигается на место.

Начало и конец траншеи не должны заканчиваться отвесными стенками, а смененный грунт с несмененным должен соединяться постепенным переходом.

Способ борьбы с пучинами помощью понижения грунтовых вод заключается в том, что или углубляют кюветы, укрепляя их бока стенками из шпал, или перехватывают грунтовые воды путем устройства глубоких нагорных канав со стороны притока грунтовых вод.

Защита полотна от промерзания может быть устроена помощью увеличения толщины балластного слоя (до 0,60 *м*).

Наконец, борьба с пучинами, являющимися результатом наличия в теле насыпи балластных корыт, состоит в том, что из этих корыт отводится вода помощью устройства дренажей, именно канав, прорытых в бок насыпи ко дну корыт и заполненных щебнем или песком.

Указанные радикальные меры по борьбе с пучинами: работы по замене грунта, понижение грунтовых вод, увеличение толщины балластного слоя и осушение балластных корыт — производятся в течение летнего сезона, зимой же производятся лишь указанные выше работы по исправлению испорченного пучинами пути. Работы эти на наших железных дорогах при нашем климате отнимают много времени, труда и денег. Планом реконструкции пути намечено оздоровление земляного полотна—ликвидация пучин.

2. БОРЬБА СО СНЕГОМ

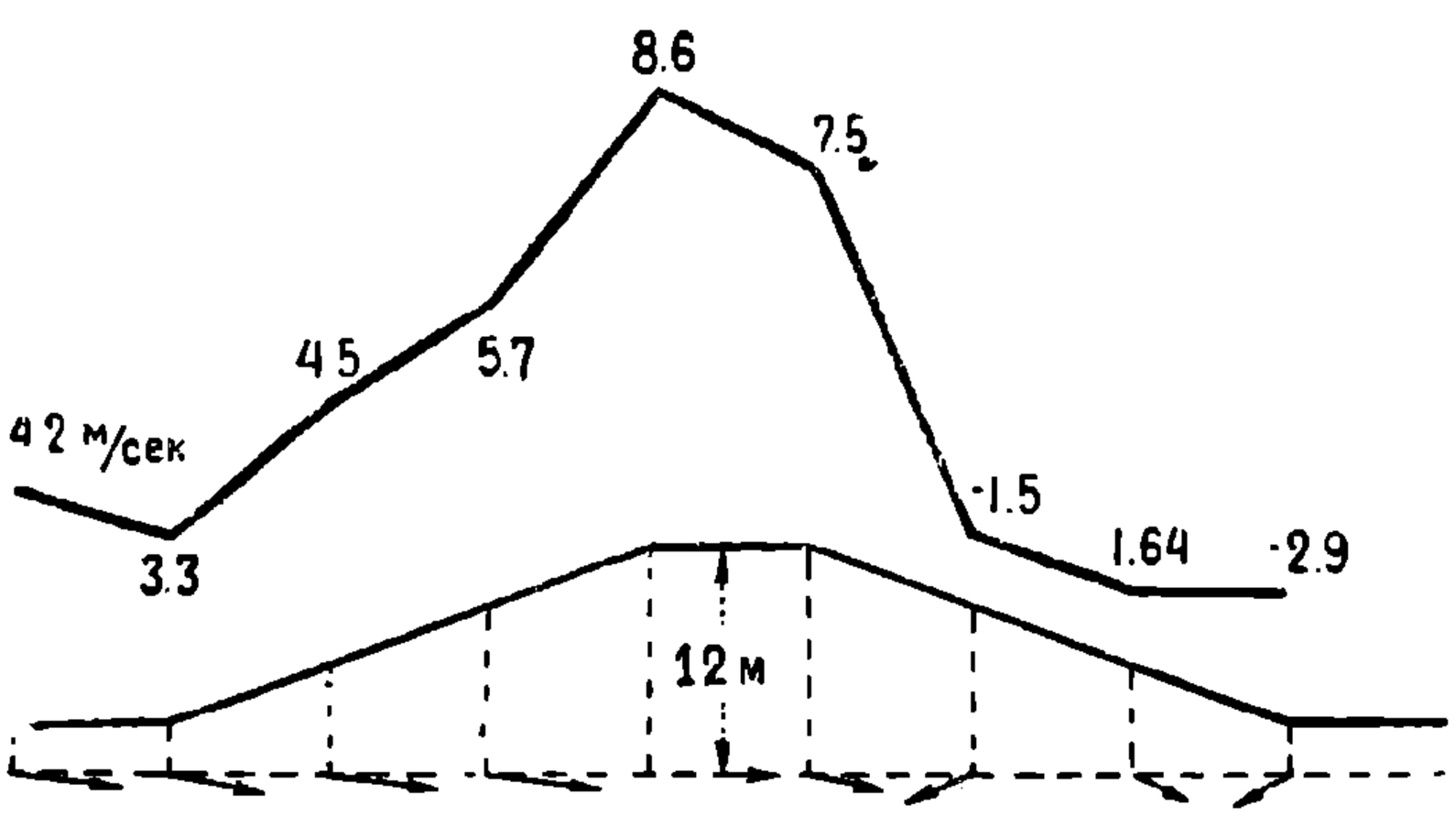
а) Условия попадания снега на путь

Другой серьезной работой зимнего периода на наших железных дорогах является борьба со снегом—защита пути от снежных заносов и очистка пути от снега. На работу эту на наших железных дорогах

РГБ ДНУЖТ

вследствие климатических территориальных условий нашей страны тратится громадное количество денег и труда. На одну только очистку путей от снега тратилось в довоенное время около 200 рублей на версту дороги, не говоря уже о тех убытках, с которыми были сопряжены всякие перерывы в движении.

Чтобы изучить вопрос о защите пути от снега, необходимо уяснить себе условия попадания его на путь. Условия эти различны: 1) снег ложится на путь при так называемом снегопаде, т. е. падает сверху в безветренную погоду. Снег обычно падает мягкими хлопьями, ложится на путь ровным слоем и выпадает в таком количестве, которое не останавливает движения поездов, почему снегопад обычно не связан с опасностью перерыва в движении поездов; 2) снег



Черт. 395.

попадает на путь при метели, т. е. при действии ветра, который дует в течение более или менее продолжительного времени, иногда в течение недели и более, и который несет с собой тучи снежной пыли. Снегом этим струя воздуха насыщается: отчасти падающим сверху снегом, если метель соединяется со снегопадом, главным же образом тем снегом, который ветер сдувает, срывает, сметает с поверхности земли и несет с собой целыми тучами — метет.

Различают метель низовую или так называемый поземок, когда ветер дует по поверхности земли, обычно под углом 5^0 к горизонту, и метель верховую, когда ветер бушует в верхних слоях атмосферы. Наиболее опасным является поземок — ветер, дующий на поверхности земли и постоянно насыщающийся новыми запасами снега, сдуваемого с поверхности, на которой снег скопился от всех предыдущих снегопадов.

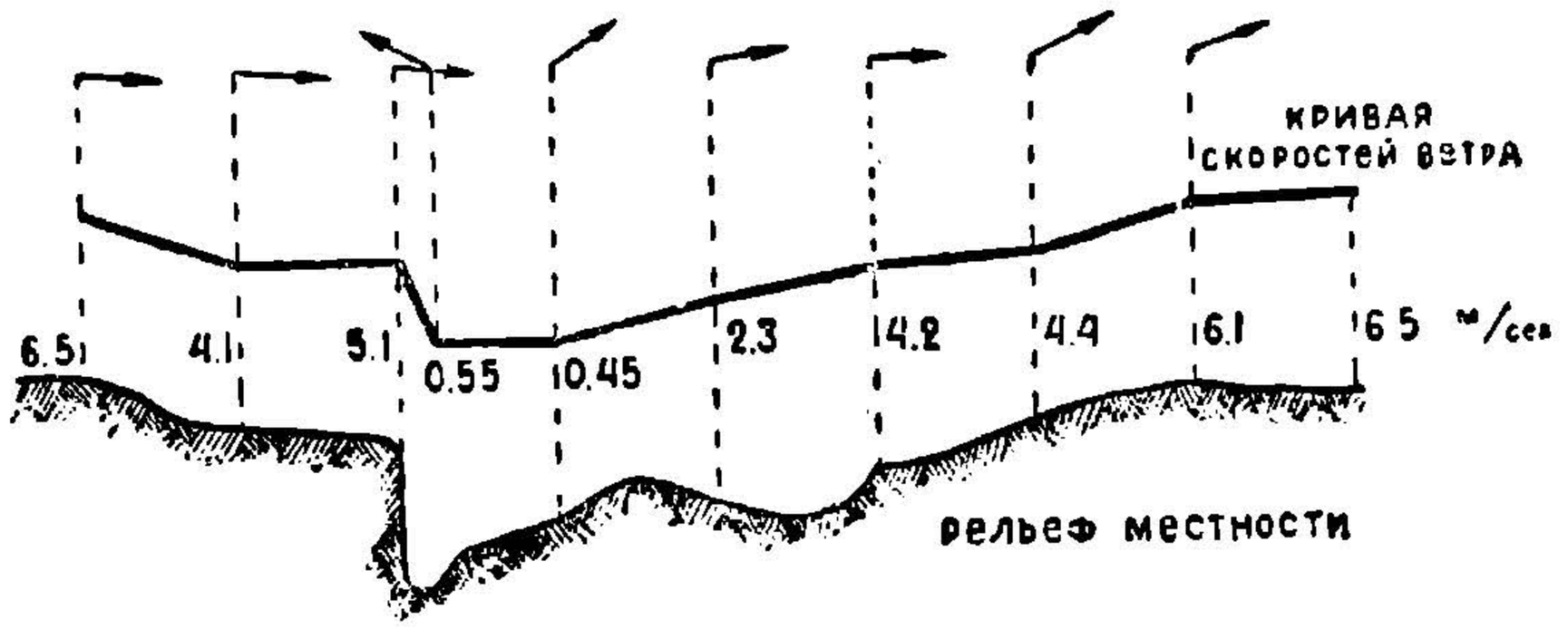
Для того чтобы ветер в состоянии был нести с собой снег, чтобы снежинки были во взвешенном состоянии, необходимо, чтобы скорость движения воздуха была не меньше определенной величины (около 10 *м/сек.*).

Из диаграмм, приведенных проф. В. К. Дмоховским в его докладах „О ближайших задачах в деле борьбы со снежными заносами" (доклад XXXIII Сов. съезд. инж. сл. пути, ноябрь 1920 г.) и „О новейших достижениях в деле изучения снежных заносов", усматривается, какое влияние оказывает на величину скорости ветра рельеф местности.

НТБ ДНУЖТ

Из графика черт. 395 усматривается, что ветер, поднимающийся по склону железнодорожной насыпи, высотой 12 *м*, несколько замедляет скорость у подошвы насыпи; затем эта скорость возрастает и достигает своего максимума над вершиной насыпи. Затем скорость резко падает почти до нуля, после чего ветер меняет свое направление в обратную сторону, — появляются вихревые движения.

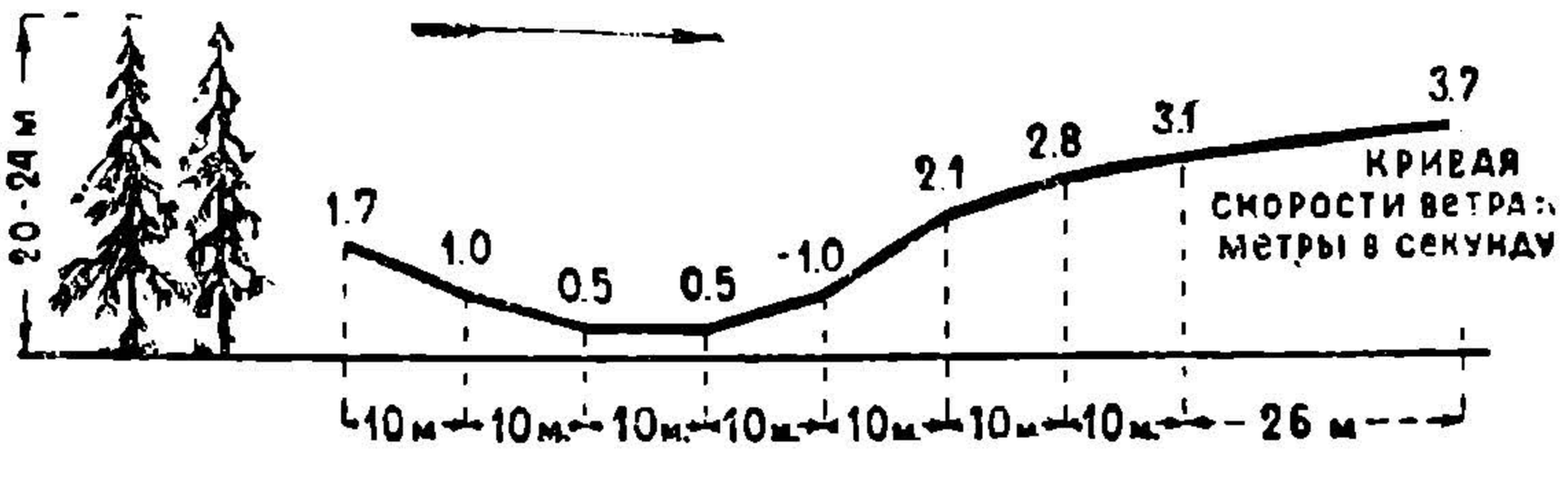
Протекание воздушного потока по оврагу показано на черт. 396, из которого усматривается, что изменения скорости следуют за всеми



Черт. 396.

неровностями зимней поверхности, причем в местах резкого изменения склона скорость падает почти до 0 и замечается вихревое движение. Степень ослабления скорости ветра тем менее, чем менее так называемый „размыв" оврага, т. е. отношение глубины к ширине, и чем положе его склоны.

Вышеприведенное ясно рисует характер воздушных потоков над насыпями, благодаря которым происходит сдувание снега с насыпей, и характер явления в выемке, из которого усматривается, что для устранения появления области затишья в выемке следует в них ширину понизу возможно увеличивать, а откосы делать возможно более пологими. Из черт. 397 усматривается, как ветер, пройдя над лесом у очень густых и высоких елей (около 20 *м*), резко умень-



Черт. 397.

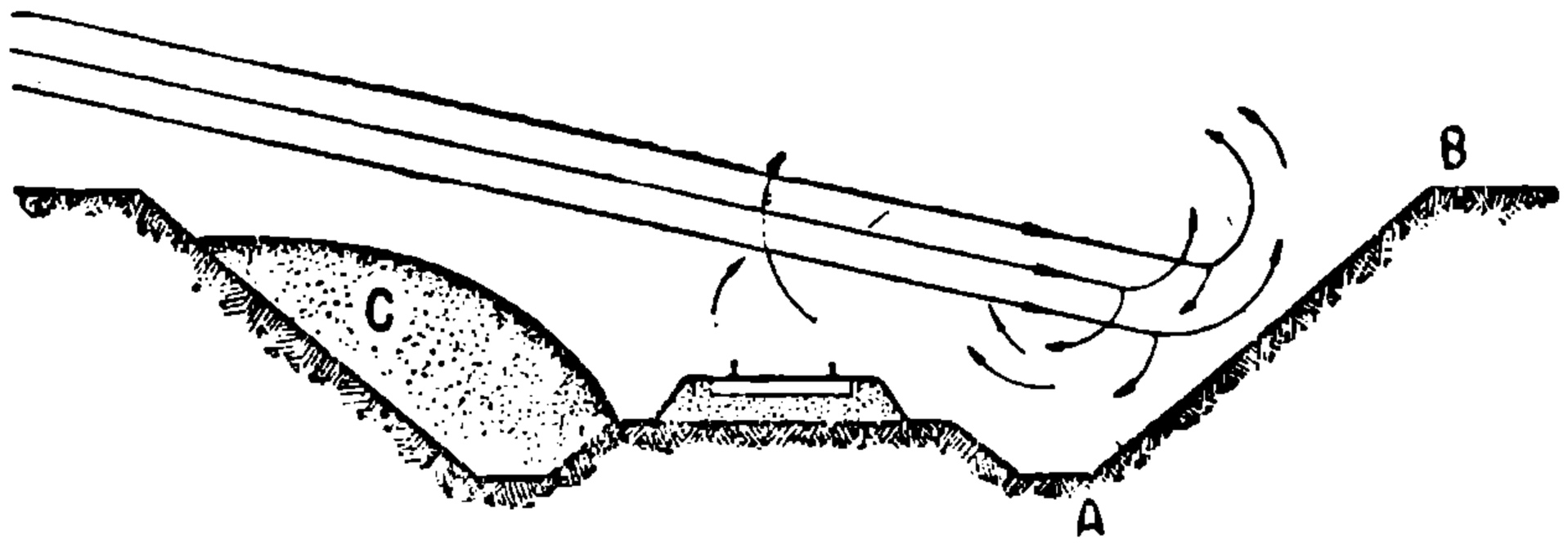
шает свою скорость до 1 *м* в секунду в 10 *м* от опушки; затем на протяжении около 30 *м* образуются вихревые движения, затем скорость быстро возрастает и достигает 4 *м* в секунду на расстоянии около 100 *м* от опушки.

Область затишья или так называемая анемометрическая тень распространяется на протяжении, превышающем высоту крайних деревьев леса на опушке в 5 раз.

РГБ ДНУЖТ

Из опытов Аэродинамического института над скоростью ветра выяснено, что наиболее быстрое увеличение скорости происходит в слое воздуха на высоте 0,5 *м*, т. е. почти над поверхностью.

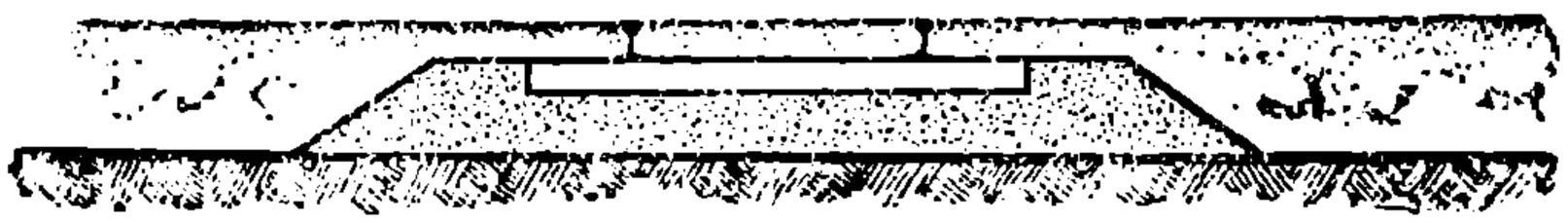
Рассмотрим, как откладывается снег в различных частях пути при беспрерывном действии в течение более или менее продолжи-



Черт 393.

тельного времени поземка. Если насыщенная снежной пылью струя воздуха, дующая по поверхности земли под углом 5° к горизонту, встречает на своем пути неглубокую выемку (до 8 *м* глубины), то эта струя воздуха, согласно вышеизложенному, в выемке теряет свою скорость, образуется сфера затишья, результатом чего является отложение снежинок в этом месте; снежинки падают на путь, покрывают его, заполняют всю выемку, заносят ее, производят занос пути, сквозь который поезд пробиться не может, и производят остановку движения. Если ветер встречает на своем пути более глубокую выемку (более 8 *м*), то в этой выемке получается изображенное на чертеже движение струй воздуха: струи воздуха, ударившись об откос выемки *AB* разделяются на две ветви — верхнюю и нижнюю. В выемке образуются вихревые воздушные движения, которые не дают снегу отложиться на путь; отложение снега получается только в месте *C*. Путь остается незанесенным и таким образом глубокая выемка является с точки зрения заносов неопасной (черт. 398).

Если путь проходит по нулевому месту, то, засыпав пространство между рельсами (как бы небольшую выемку), ветер не встречает далее препятствий своему движению и свободно проносит снег через путь (черт. 399). Так будет продолжаться до тех пор, пока нулевое место

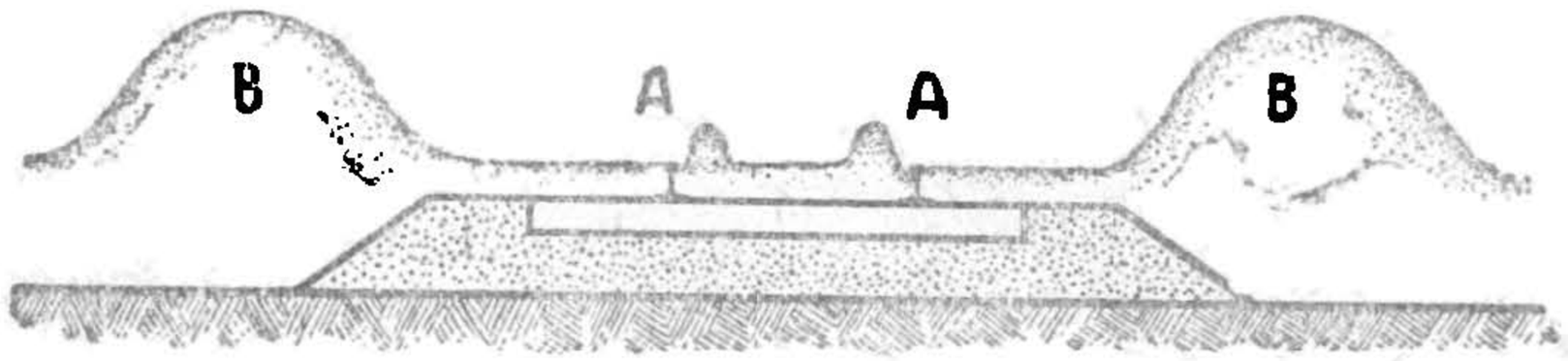


Черг. 399.

не обратится в неглубокую выемку: расчищаемый с пути и сбрасываемый по сторонам снег превращает нулевое место в выемку, и путь становится заносимым. Образующиеся при проходе поездов гребешки *A* у рельсов, выдавливаемые ребордами колес, также превращают нулевое место в выемку. и при дальнейшем поземке путь будет занесен вровень с вершиной гребней *A* или с кучами *B* очищенного снега, если таковые сложены вдоль пути (черт. 400).

БГТБ ДНУЖТ

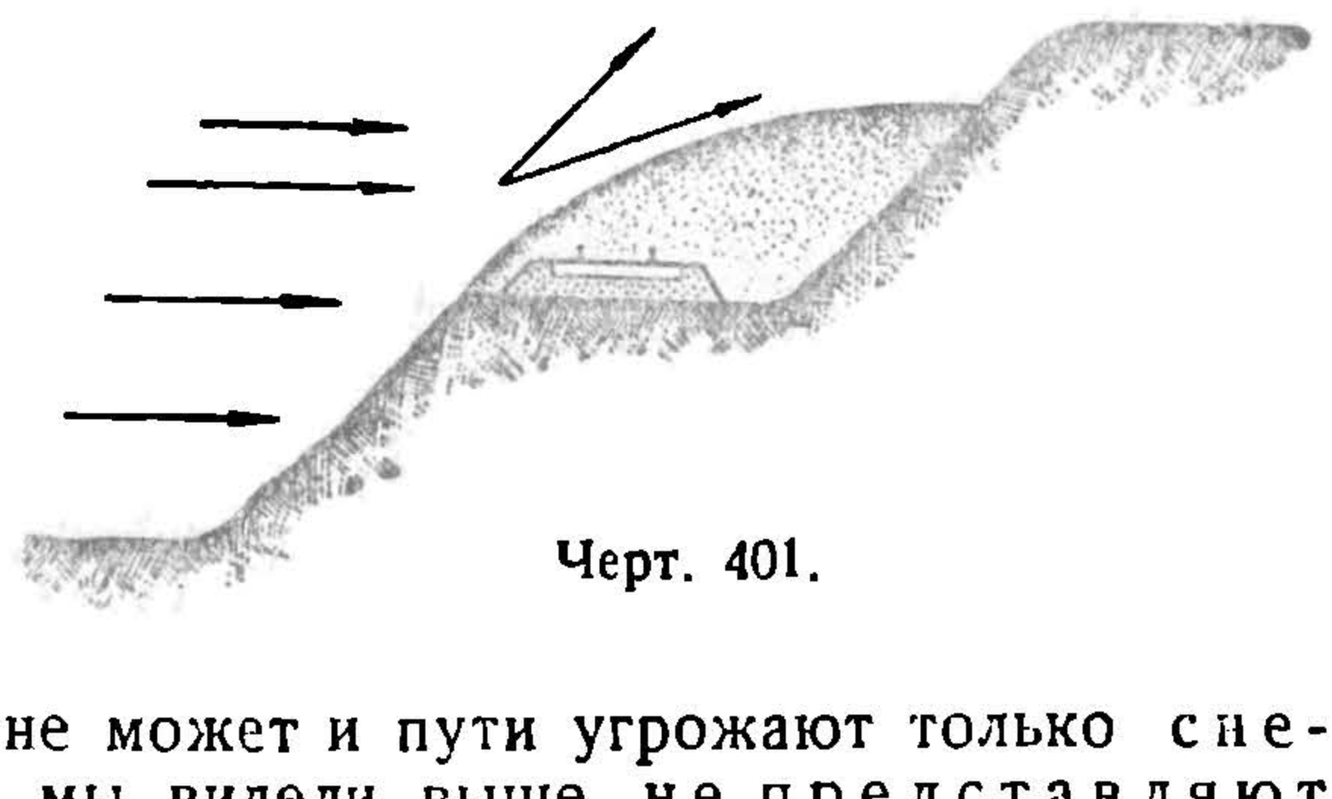
Насыпи обычно снегом не заносятся, так как, согласно вышеизложенному, ветер приобретает над насыпью большую скорость, сдувает весь снег с насыпи, и насыпи потому обычно считаются



Черт. 400.

незаносимыми. Исключение представляют очень высокие насыпи (более 14 *м*).

Если путь проходит по косогору, то он всегда подвержен заносам. В самом деле, дует ли ветер со стороны подошвы или с обратной стороны, в месте расположения пути образуется затишье, как это усматривается из чертежей 401 и 402. Таковы условия отложения снега на путь в открытых, безлесных, незащищенных местах.



Черт. 401.

Если железнодорожная линия проходит лесом, там поземков быть не может и пути угрожают только снегопады, которые, как мы видели выше, не представляют опасности перерыва движения, потому никаких особых мер для предохранения пути от заносов в лесу не принимается, хотя бы путь проходил в выемке.

б) Защита пути от снега

1) Помощью переносных щитов

В открытых местах должны быть принимаемы особые меры для защиты пути от заносов. Меры заключаются в искусственном создании на известном расстоянии от пути области затишья, в каковом и будет отлагаться несущийся при поземке снег, не доходя до пути. Указанная область затишья получается помощью устройства особого рода защит: особых заборов, живых изгородей (деревьев и кустов).

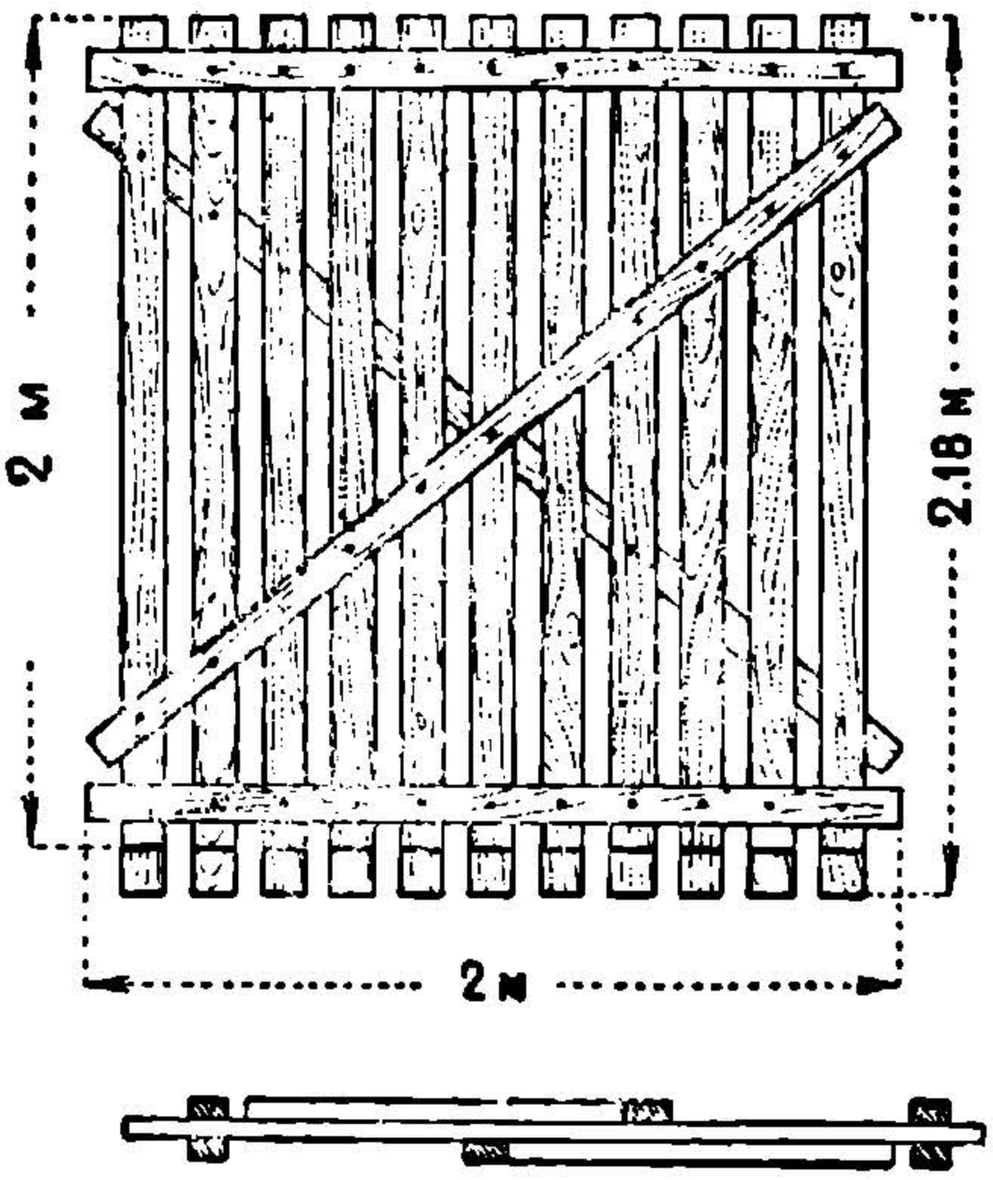


Черт. 402.

Заборы бывают постоянные и переносные, обычно деревянные, иногда из снега (снежные валы), очень редко каменные.

ГТБ ДНУЖТ

Рассмотрим сначала наиболее употребительные в настоящее время и представляющие наиболее совершенный способ защиты — переносные деревянные заборы, так называемые переносные щиты.



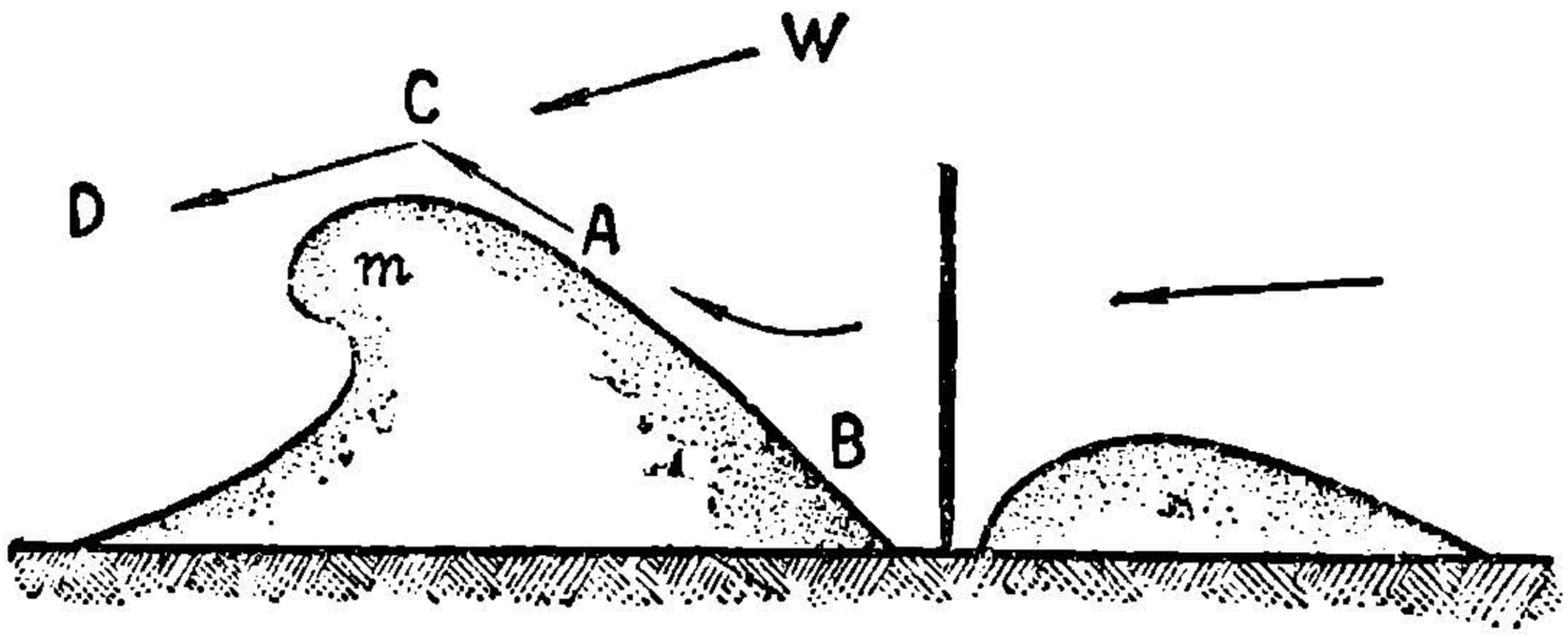
Черт. 403.

Щиты эти изобретены и впервые применены в 1868 г. на Московско-Нижегородской железной дороге инженером Титовым. Щиты делаются из шелевки и из драни и устраиваются решетчатыми, т. е. с просветами между отдельными драницами. В большинстве случаев драницы устанавливаются вертикально (реже горизонтально); высота и ширина обычно равняется 2 *м*. Такой щит изображен на черт. 403. Бывают щиты и других размеров, и другой конструкции.

Установленный на известном расстоянии (около 50 *м*) от пути такой щит работает следующим образом (черт. 404).

Двигающийся с определенной скоростью и несущий снежную пыль ветер встречает на своем пути щит. Некоторые струи воздуха ударяются о драницы щита и теряют свою скорость. Другие струи воздуха с большей скоростью проносятся через промежутки между драницами; пройдя через узкие щели и вырвавшись на широкий простор, эти струи также теряют свою скорость. Таким образом, перед щитом и за щитом образуется затишье, где откладывается снег, образуя вал как перед щитом, так и за щитом (между щитом и путем) (черт. 404).

Правильно оперируя со щитом, можно при метелях, не переходящих за границы нормальных стихийных явлений (не являющихся каким-нибудь исключительной силы бураном), успешно бороться с заносами.

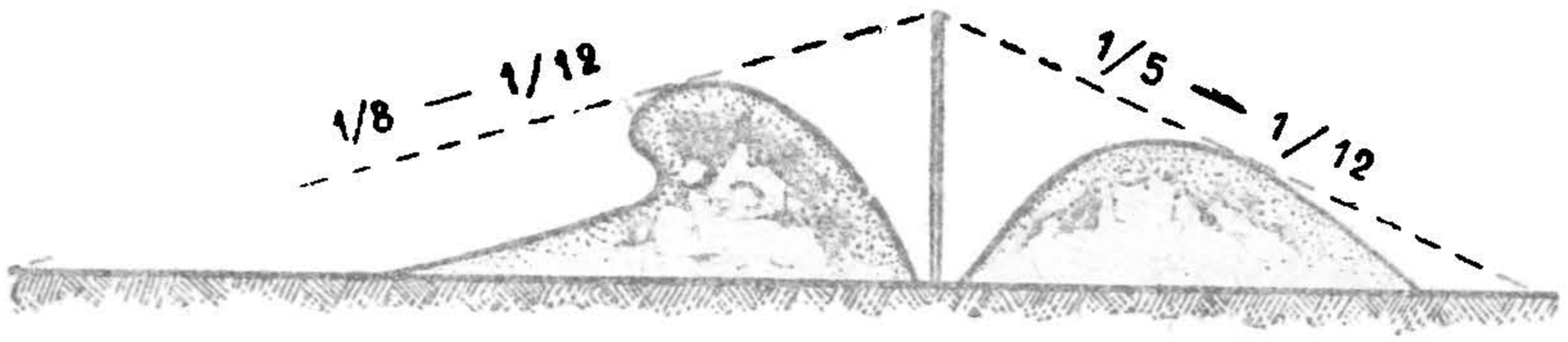


Черт. 404.

Операции со щитом должны заключаться в своевременных его перестановках. Когда снежный вал у щита стал по высоте равным щиту, последний перестает работать, перестает собирать снег в вал,

НТБ ДНУЖТ

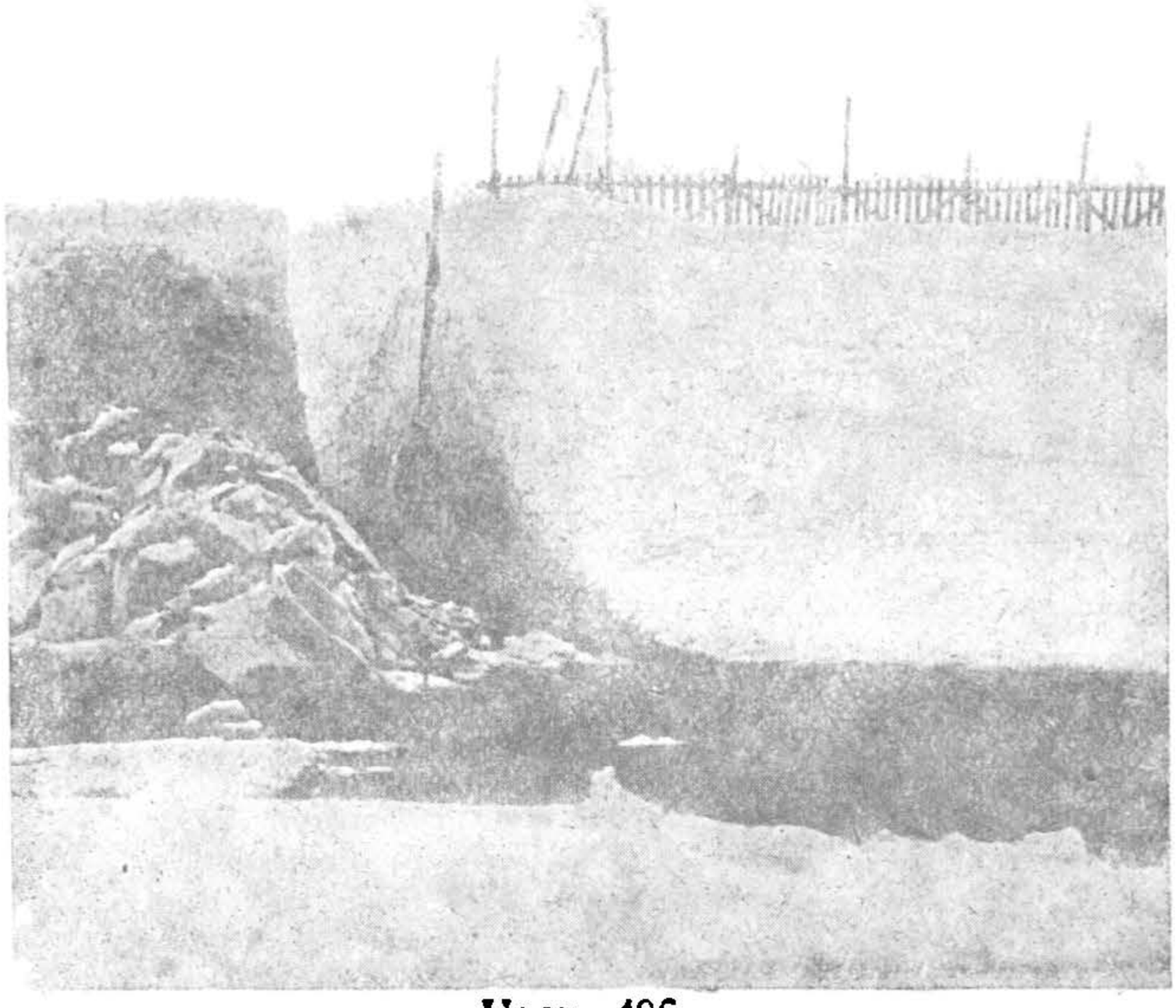
Вся область затишья, которую создал щит, использована, вся заполнилась снегом. Вновь приносимый ветром снег будет откладываться за щитом (со стороны пути), образуя откос с уклоном от $^1/_8$ до $^1/_{12}$ (чем сильнее ветер, тем откос положе), а перед щитом (со стороны



Черт. 405.

поля) — с уклоном от $^1/_5$ до $^1/_{12}$ (чем сильнее ветер, тем откос круче черт. 405).

Все пространство между щитом и валом засыпается снегом. Не допуская, чтобы щит заработался более, чем на $^2/_3$ своей высоты, следует его переставить на вал *А* со стороны пути. Тогда щит начинает работать и вновь собирать уже более высокий вал *В*. Перестановка может делаться и на задний. Делая своевременно перестановки, можно, не давая щитам заработаться, заставлять их постоянно; работать, все увеличивая высоту валов и предохраняя путь от заносов. В течение зимы удается сделать перестановок 8, иногда и более (черт. 406 и 407). Перестановка на задний вал делается в том случае,



Черт 406

если расстояние первой постановки щитов близко от оси пути и может не хватить места для всех перестановок в течение зимы.

РГТБ ДНУЖТ

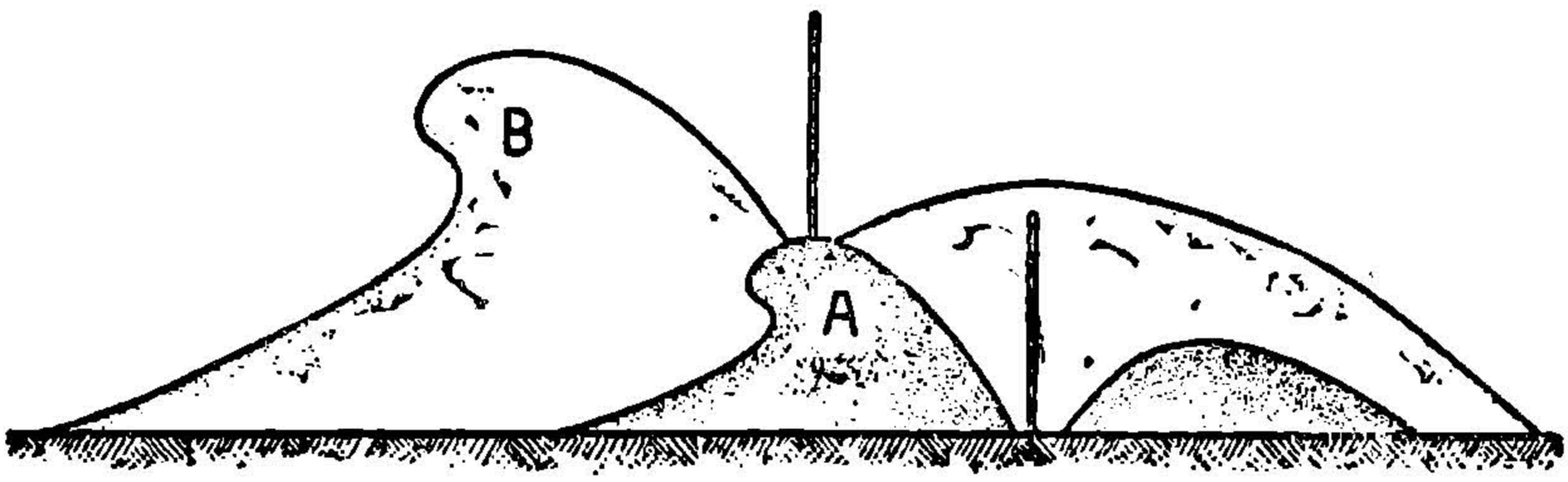
Такова работа переносного решетчатого щита.

Описанный выше метод борьбы со снегом является так называемым пассивным методом. В настоящее время нарождается новый метод, именно метод активный, сущность которого заключается в том, что постановкой щитов под известным углом к пути создается такое направление и такое течение воздушных струй, которые выдувают снег с пути.

Серьезное теоретическое и практическое изучение этого метода производится В. Ф. Толстовым.

В виду того, что в настоящее время метод этот еще не настолько изучен, чтобы можно было преподнести готовое решение и вполне определенные указания, как устанавливать щиты в различных случаях практики, описания его в настоящем кратком курсе не дается.

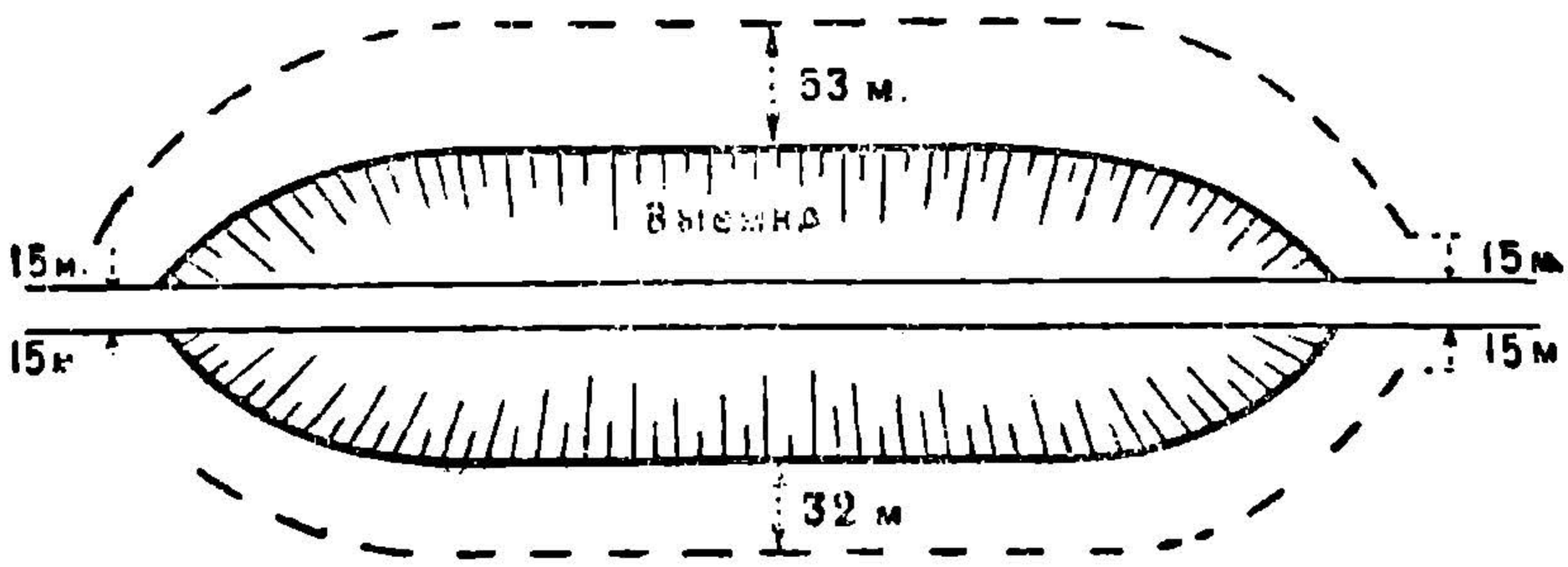
Такие щиты желательно ставить на расстоянии 50 *м* от верхнего с бреза выемки со стороны господствующих ветров и на расстоянии 30 *м* со стороны противоположной. Такое расстояние вполне достаточно, чтобы в конце зимы снег, откладываемый за щитом во время метели, не дошел до пути. Что касается до линии щитов



Черт. 407.

в плане. то обычно щиты устанавливаются следующим образом: выемка ограждается, согласно черт. 408, из которого усматривается, что линия щитов по концам не доходит до рельсов на 15 *м*.

Переходя к вопросу о самой постановке щитов, нужно сказать, что таковая должна быть сделана прежде всего так, чтобы щиты стояли прочно, т. е. так, чтобы сильным ветром во время метели



Черт. 408.

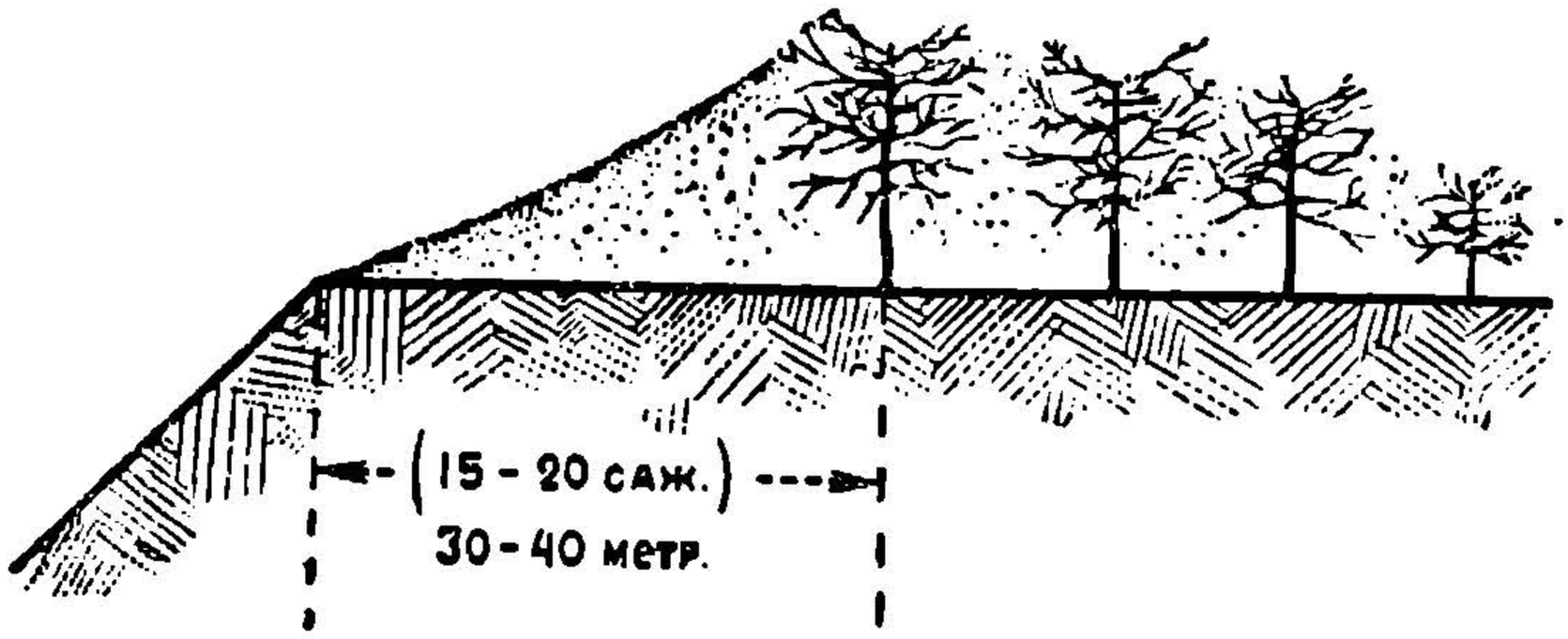
их не повалило. С этой целью щиты обычно устанавливаются у кольев; осенью (для средней полосы СССР в начале октября) вдоль намеченной линии щитов выставляют ряд деревянных кольев. Колья

НТБ ДНУЖТ

ставятся один от другого на расстоянии немного меньшем, чем длина щита, именно на таком расстоянии, чтобы один щит заходил за другой и крайние драницы соседних щитов перекрывали одна другую. Щиты приставляются к кольям со стороны поля и прочно привязываются к кольям; привязываются обычно веревочками, свитыми из мочалы, или смоляными прядями от канатов (канат развивают на отдельные пряди), или отожженной печной проволокой. Привязка должна быть прочная и тугая; если не туго привязать щит, то он будет при ветре колебаться и перетирать привязку. Щиты приставляются, как указано выше, со стороны поля для того, чтобы ветер прижимал щит к кольям, а не отрывал его от последних. Для правильной работы щитов следует так их устанавливать, чтобы как линия щитов в плане, так и верх щитов шли по прямой или по плавной кривой без резких перерывов и изгибов.

2) Защита помощью живых изгородей

Помимо переносных щитов имеются еще, как мы видели выше, постоянные защиты; к таковым относятся живые изгороди и постоянные заборы.



Черт. 409.

Живые изгороди состоят из посадок хвойных (ель, сосна и др.) или лиственных (акация, ива, кратегус и др.) деревьев. Высота деревьев обычно колеблется от 2 до 4 *м*. Хвойные деревья сажаются в два или три ряда в шахматном порядке, а лиственные — в 8 — 10 рядов. Расстояние живой изгороди от верхней бровки выемки должно быть не менее 30 — 40 *м*. Молодые побеги живой изгороди следует ежегодно (осенью) подстригать. Подстригание способствует загущению посадок понизу и образованию ровной жесткой поверхности поверху. Снег задерживается такого рода изгородью и не попадает на путь (черт. 409).

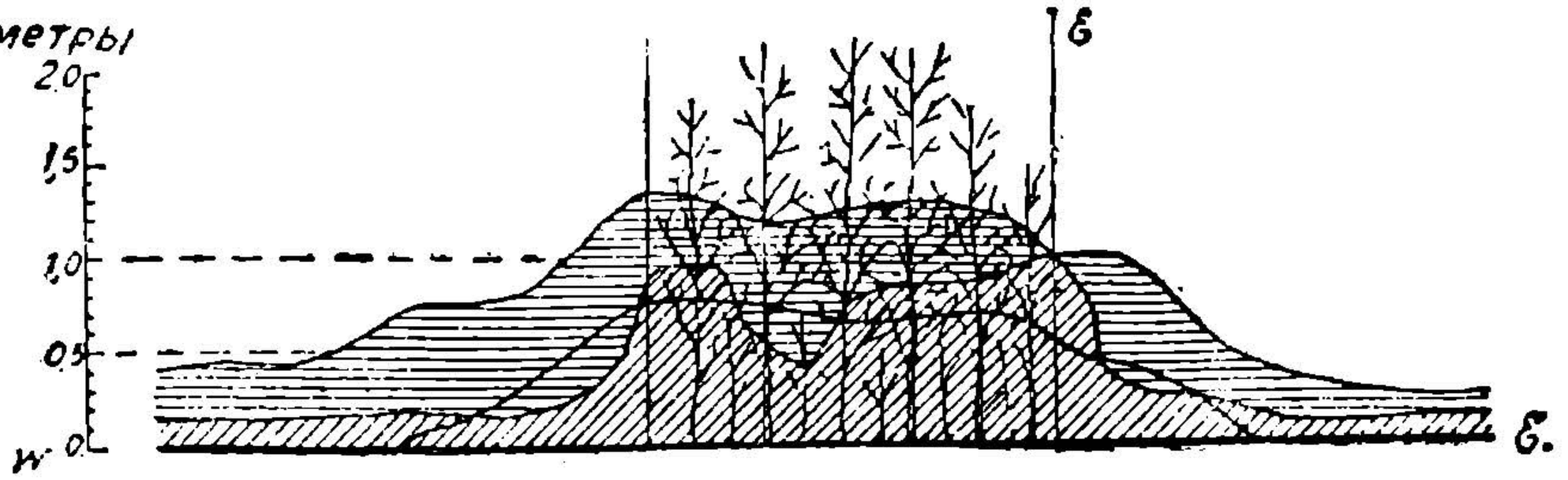
В самое последнее время вырабатывается совершенно новый метод борьбы со снегом. При помощи широкорядных насаждений Научно-исследовательским институтом реконструкции пути производятся интереснейшие научные и опытные исследования в этой области.

Целью широкорядных насаждений или так называемых „лесных защитных полос“ является собирание в себе и задержание внутри себя всего несомого поземком снега.

Действие лесной полосы аналогично действию целого ряда поставленных друг за другом переносных щитов с просветами.

НТБ ДНУЖТ

Поток поземка, ударившись о первый ряд посадки, потеряет часть своей скорости и отложит снег впереди и позади первого ряда деревьев, встретив второй ряд опять потеряет какую-то часть своей скорости, оставит отложения и т. д., и путем такого постоянного ослабления и обезснеживания поток дойдет до такого ряда, где скорость совершенно потеряется.



Черт. 409a.

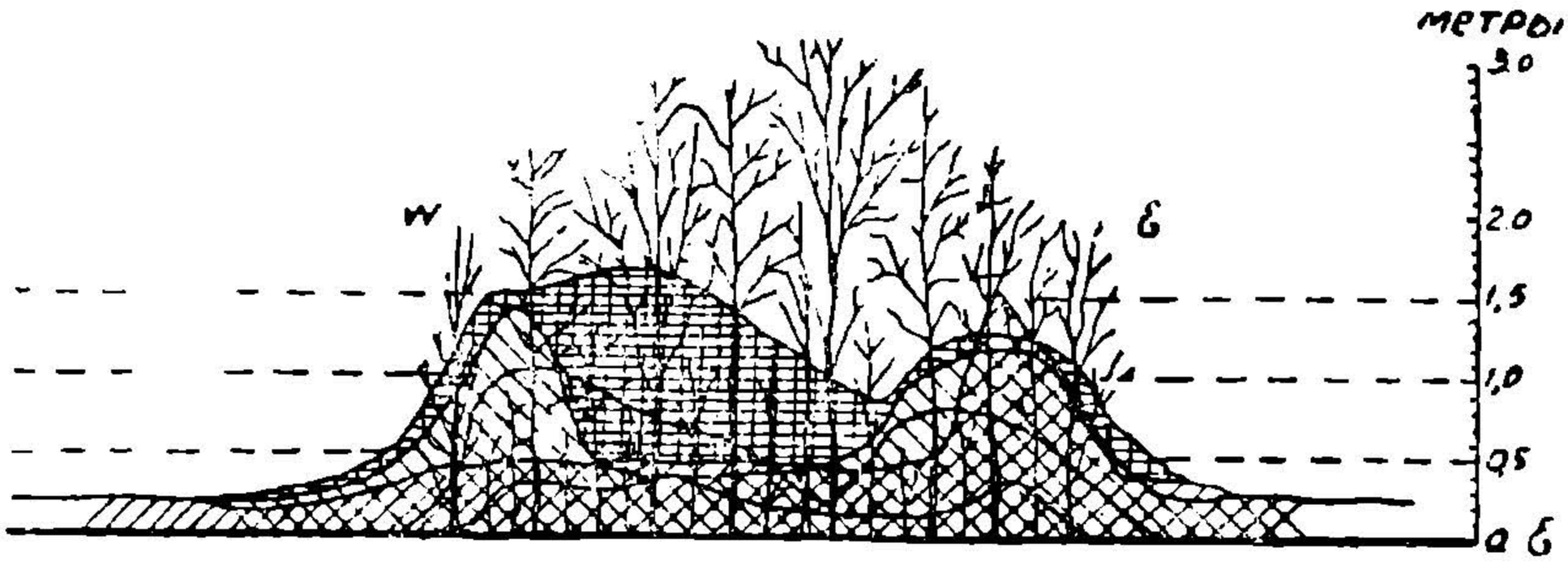
Примером результата действия таких полос могут служить интересные фотографии, заимствованные из труда проф. Н. И. Степанова „Руководство (наставление) к устройству и содержанию снегозащитных насаждений и древесных питомников на железных дорогах". Изд. Транспечати 1928 г.

Из этих фотографий усматривается, что полоса 20-метровая заработалась уже в первую половину зимы.

Полоса шириною 40 *м* имеет посредине небольшую седловину, которая может собрать еще немного снега.

Полоса шириною 60 *м* к концу зимы еще далеко не заполнилась снегом и не потеряла своей работоспособности.

Опыты эти были произведены в открытых степях Воронежской губернии и показали, что полоса шириной 60 *м* даже при посадках молодого возраста (7—9 лет) собирала и задерживала весь снег, приносимый в течение всей зимы.



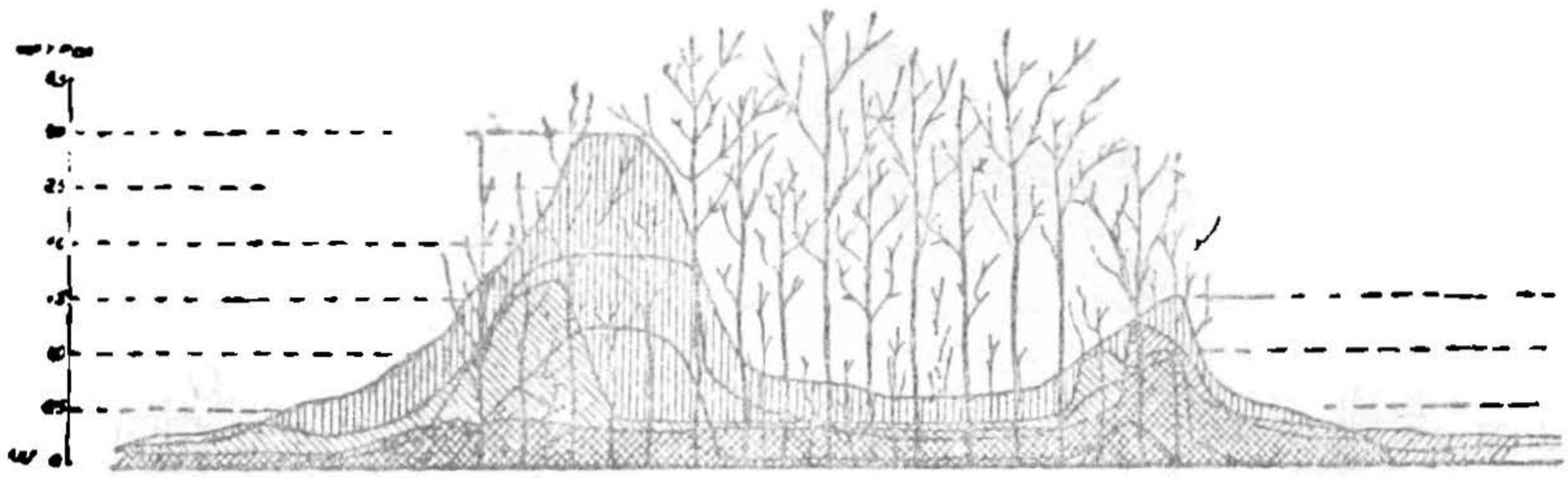
Черт. 409b.

Опыты на Рязано-Уральской ж. д. показали, что 3-летняя посадка шириной 42 *м* вполне защитила путь от снега в зиму 1924/25 г.

Настоящие опыты и теоретический анализ продолжаются Институтом реконструкции пути. Желающие могут найти интерес-

НТБ ДНУЖТ

ные данные в сборнике Центр. инст. научных исследов. и реконструкции жел.-дор. пути НКПС „Живая снегозащита“, изд. 1932 г.



Черт. 409с.

3) Защита помощью постоянных заборов

Постоянные заборы обычно делаются деревянными, очень редко каменными. Деревянные бывают решетчатые и сплошные.

Решетчатые работают совершенно так же, как переносные щиты, с той лишь разницей, что они не могут быть переставляемы и потому, собрав вал высотой, равной своей высоте, они работать перестают, роль их кончается. Поэтому, чем выше постоянный забор, тем большее количество времени он будет работать, тем большее количество снега он может собрать в вал.

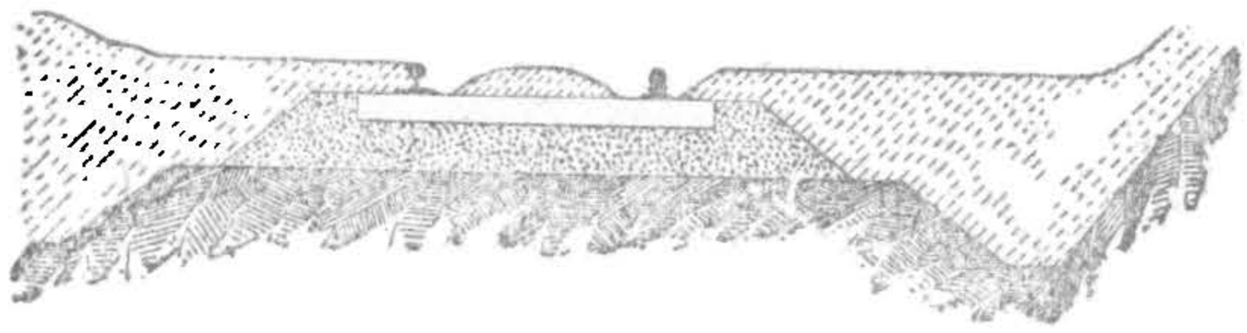
в) Очистка пути от снега и расчистка заносов

Рассмотрев различные способы защиты пути от заносов, различные мероприятия, которые препятствуют снегу попасть на путь, рассмотрим теперь вопрос об очистке с пути уже попавшего на него снега, причем сначала рассмотрим вопрос об очистке снега при наличии движения поездов, т. е. при отсутствии заносов, вызвавших перерыв в движении, а затем вопрос о расчистке заносов и об освобождении застрявшего в пути поезда. Попавший на путь снег должен быть счищен. Расчистка должна быть такова, чтобы внутри колеи вдоль рельса, снег был счищен на ширину лопаты, оставляя в середине колеи снег несколько выше подошвы рельса, как это изображено на черт. 410. Снаружи колеи снег в пролете между стыками обычно чистится вровень с головкой рельса, как это изображено с левой стороны чертежа 410; стыки же очищаются до подошвы рельса, как это указано с правой стороны того же чертежа. Для осмотра скреплений и добивки костылей периодически снег очищается до подошвы и снаружи колеи. На линиях с интенсивным движением и с движением поездов с большой скоростью очистка пути снаружи колеи и в пролете между стыками всегда должна производиться до подошвы рельса.

Что касается порядка очистки, то таковая должна начинаться с наиболее трудных для движения поездов мест: на крутых и длинных подъемах, на подъемах, совпадающих с кривыми, не крытых кривых. Начинать чистить следует с вершины подъема. Расчистку желательно производить через телеграфный пролет; при таком спо-

РГБ ДЕЖКТ

собе поезд, потеряв часть живой силы на нерасчищенном пролете, будет накоплять ее на расчищенном. Сначала следует чистить между

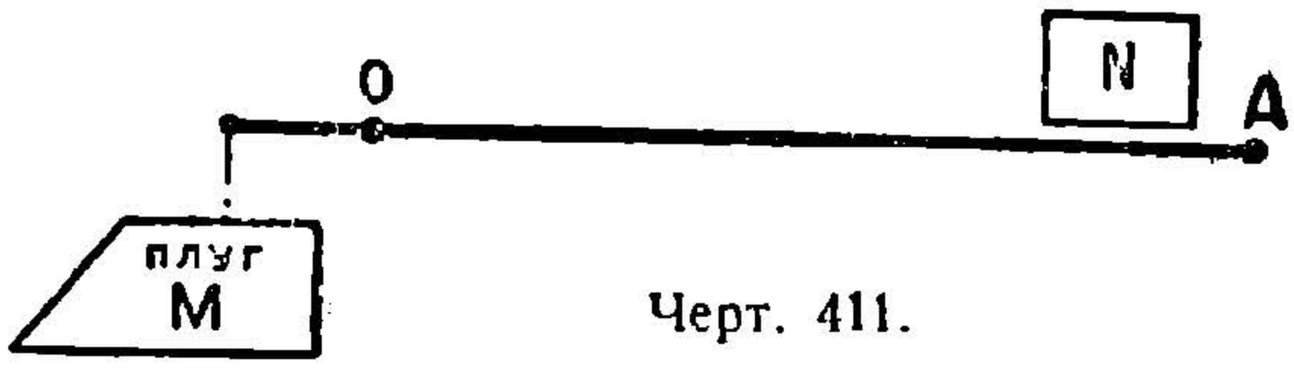


Черт. 410.

рельсами. На переездах следует чистить между рельсами и контр-рельсами, так как в противном случае спрессовавшийся снег может быть причиной схода поезда. На нулях очищенный снег следует сбрасывать в подветренную сторону, отодвигать его движками возможно дальше от пути и утрамбовывать, чтобы возможно дольше нулевое место не превращалось в выемку. На станциях особое внимание должно быть обращено на очистку стрелочных переводов и поворотных кругов. На больших станциях снег с путей обычно собирается в кучи на междопутьях (через одно междопутье) и затем вывозится рабочим поездом. От стрелочных улиц, поворотных кругов и платформ снег убирается обычно конными подводами, а не поездом, так как таковой загородил бы ходовые пути. Очистку следует произвести возможно скорее, не дольше трех дней.

Очистка пути может производиться вручную, конными плужками и снегоочистителями. Очистка вручную является способом наиболее медленным и наиболее дорогим. Конные плужки бывают самой различной конструкции. Обычно они изготовляются на участке в собственных мастерских службы пути. Преимущественно делаются из дерева; некоторые части, как нос, обиваются железом. Весит плужок около 80 *кг*. Передвигается обычно парой лошадей со скоростью около 5 *км* в час. Расчищает снег до 20 *см* толщины.

Наиболее совершенным механическим приспособлением для очистки пути от снега являются снегоочистители, каковых имеется два основных типа: плуговые и ротативные. Из плуговых СССР нашли применение снегоочистители Бурковского, финляндского типа и др. Снегоочиститель Бурковского состоит из прицепляемого позади паровоза товарного вагона, под которым находится металлический плуг с раздвижными крыльями. Во время работы крылья раздвигаются, а сам плуг опускается вниз к рельсам. Когда снегоочиститель идет без работы или проходит по такому месту, как например, по мосту или по стрелочному переводу, где опущенный плуг с раздвинутыми крыльями мог бы задеть за перила или другие элементы моста, или части стрелочного перевода, тогда плуг поднимается и крылья складываются. Поднятие плуга происходит очень

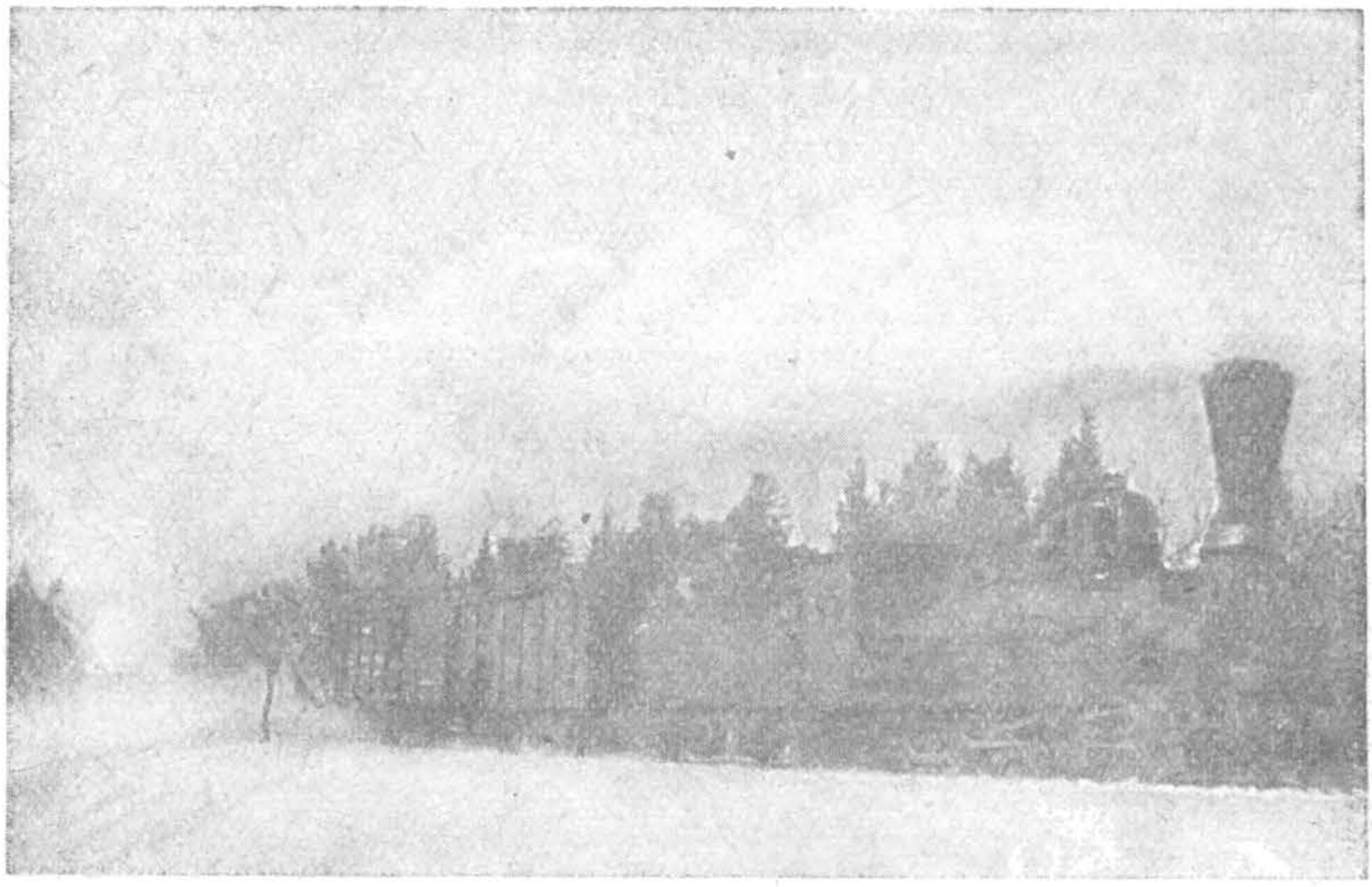


Черт. 411.

быстро благодаря остроумному приспособлению, состоящему из вращающегося на горизонтальной оси рычага, к короткому плечу которого прикреплен плуг *M*, а по длинному плечу которого двигается груз *N*. Если груз *N* находится в конце рычага, около точки *A*, то он перевешивает плуг и этот последний поднимается. Если же груз *N* передвигается влево, к точке *O* (см. черт. 411), то плуг опустится. Передвижение груза

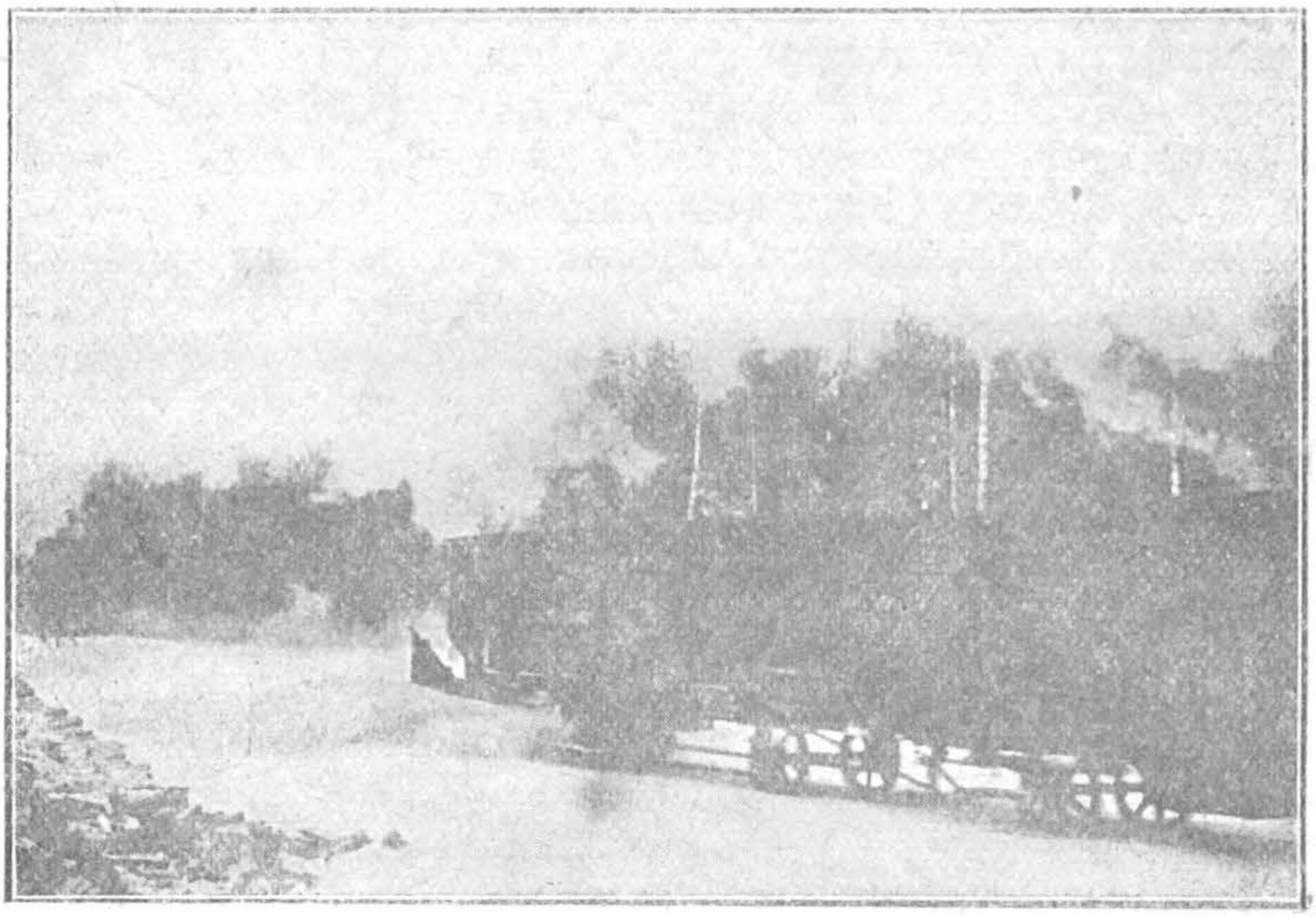
РГБ ДНУЖТ

производится помощью цепи, натягиваемой помощью лебедки, вращаемой рабочими. Переведя груз влево и опустив плуг, его в таком положении закрепляют помощью особой щеколды. Закрепив в таком положении, сейчас же груз передвигают обратно вправо к точке *A*, но



Черт. 412.

благодаря действию щеколды плуг не поднимается; чтобы поднять его, нужно только выдернуть щеколду, так как груз уже передвинут вправо заранее.

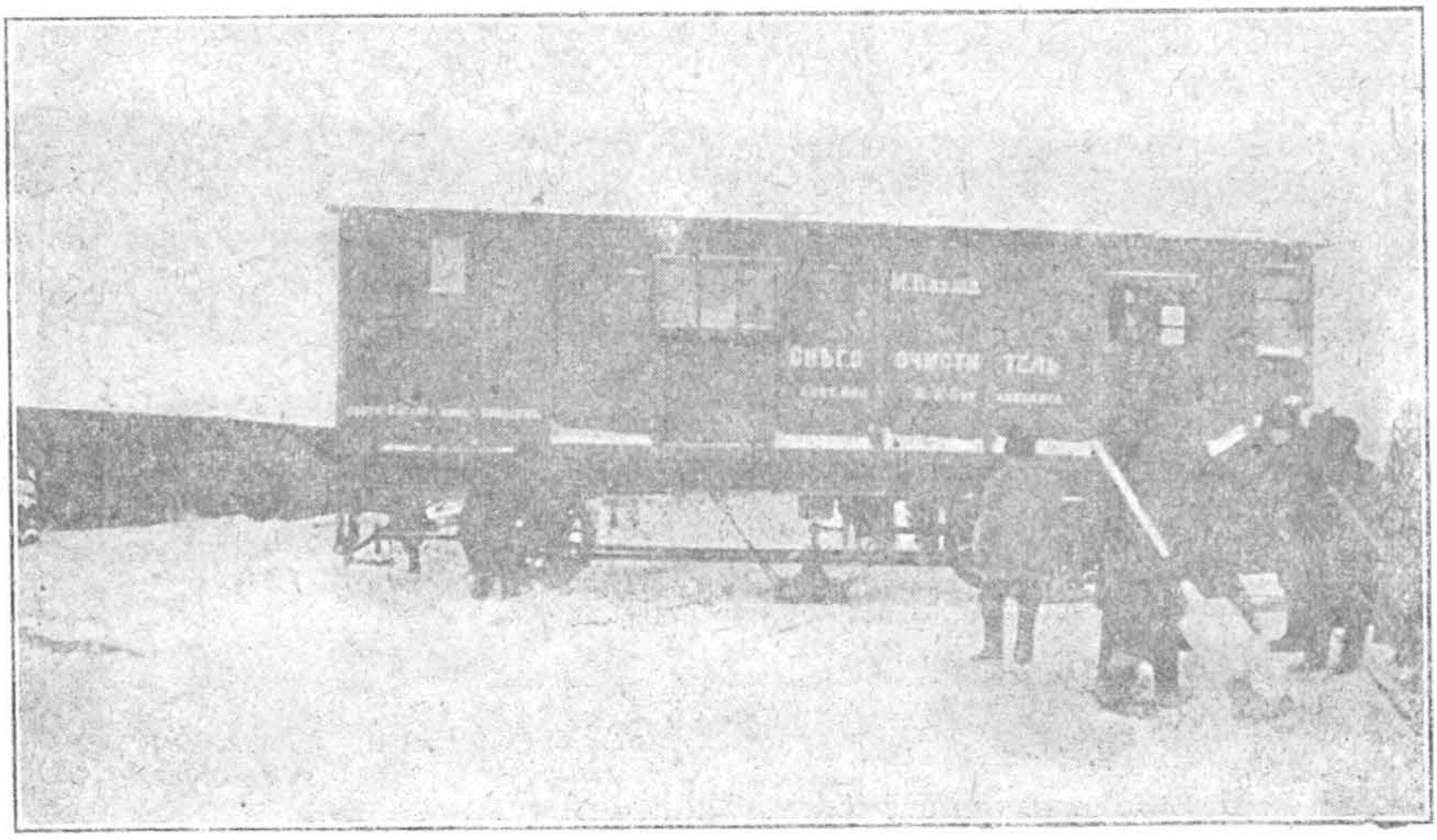


Черт. 413.

Таким образом, при встрече с препятствием, в роде моста, стоит только выдернуть щеколду и плуг моментально поднимается; вместе с тем автоматически складываются и крылья. Детальное описание

РТБ ДНУЖТ

снегоочистителя выходит за пределы настоящего изложения, и потому мы ограничимся лишь сделанным выше схематическим описанием идеи самого обустройства. Ясно, что снегоочиститель, прицепленный к паровозу, сзади последнего может расчистить лишь слой снега такой толщины, через которую может пробиться паровоз (примерно сантиметров около 60; величина эта колеблется в зависимости от того, рыхлый ли, легко пробиваемый снег или, наоборот, сильно уплотнен-



Черт. 414.

ный, спрессовавшийся). Расчищаемый с пути снег разбрасывается крыльями плуга в обе стороны, если снегоочиститель сконструирован для однопутной линии, или в одну сторону,—если для двухпутной линии. Разбрасывается снег от пути на большее или меньшее расстояние от 6 до 20 *м* в зависимости от скорости движения и количества снега. Чем скорее двигается паровоз, тем дальше разбрасывается снег в стороны. Снегоочиститель двигается со скоростью до 35 *км* в час. Сопровождается снегоочиститель, кроме паровозной бригады, рабочими (человек 6), дорожным мастером, дающим сигнал о приближении опасного места, перед которым должен быть поднят плуг, и начальником участка пути или его помощником, руководящим работой снегоочистителя и дающим распоряжение о поднятии или опускании плуга снегоочистителя. На черт. 412 и 413 показан снегоочиститель Бурковского в работе.

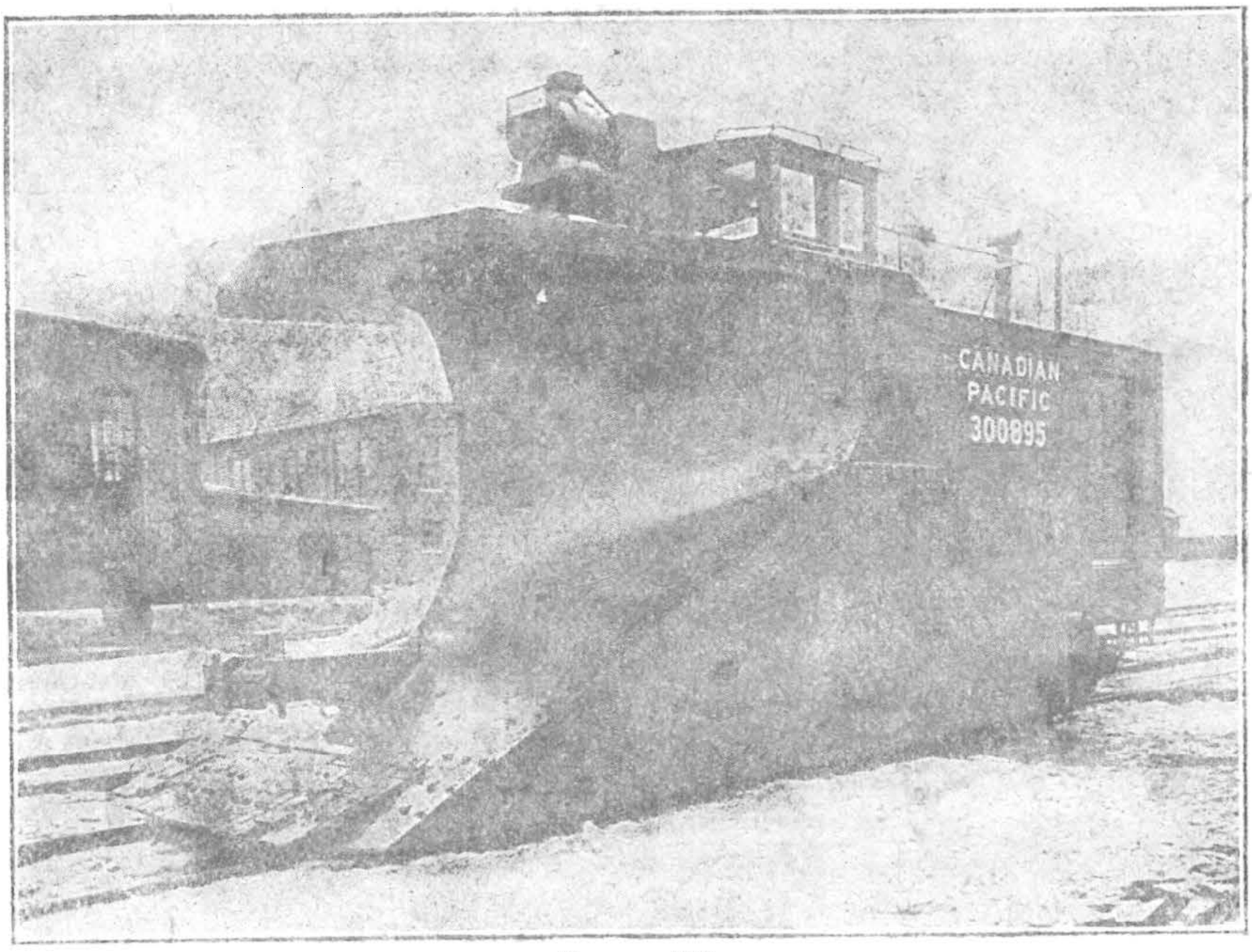
Все опасные для прохода снегоочистителя места (мосты, стрелки и т. п.) должны быть ограждены особыми сигналами.

При обратном движении снегоочистителя его необходимо повернуть, чтобы он шел носом вперед. Поворачивание производится помощью особого домкрата. На черт. 414 показан процесс поворачивания снегоочистителя.

Снегоочиститель финляндского типа состоит из вагона, впереди и сзади которого имеются поднимающиеся и опускающиеся плуги, помощью которых разбрасывается снег в стороны. Снегоочиститель может быть прицеплен спереди или сзади паровоза.

НТБ ДНУЖТ

Вагонные снегоочистители, которые прицепляются впереди паровоза, могут расчищать слой снега толщиной до 75 *см* над головкой рельса.



Черт. 415.

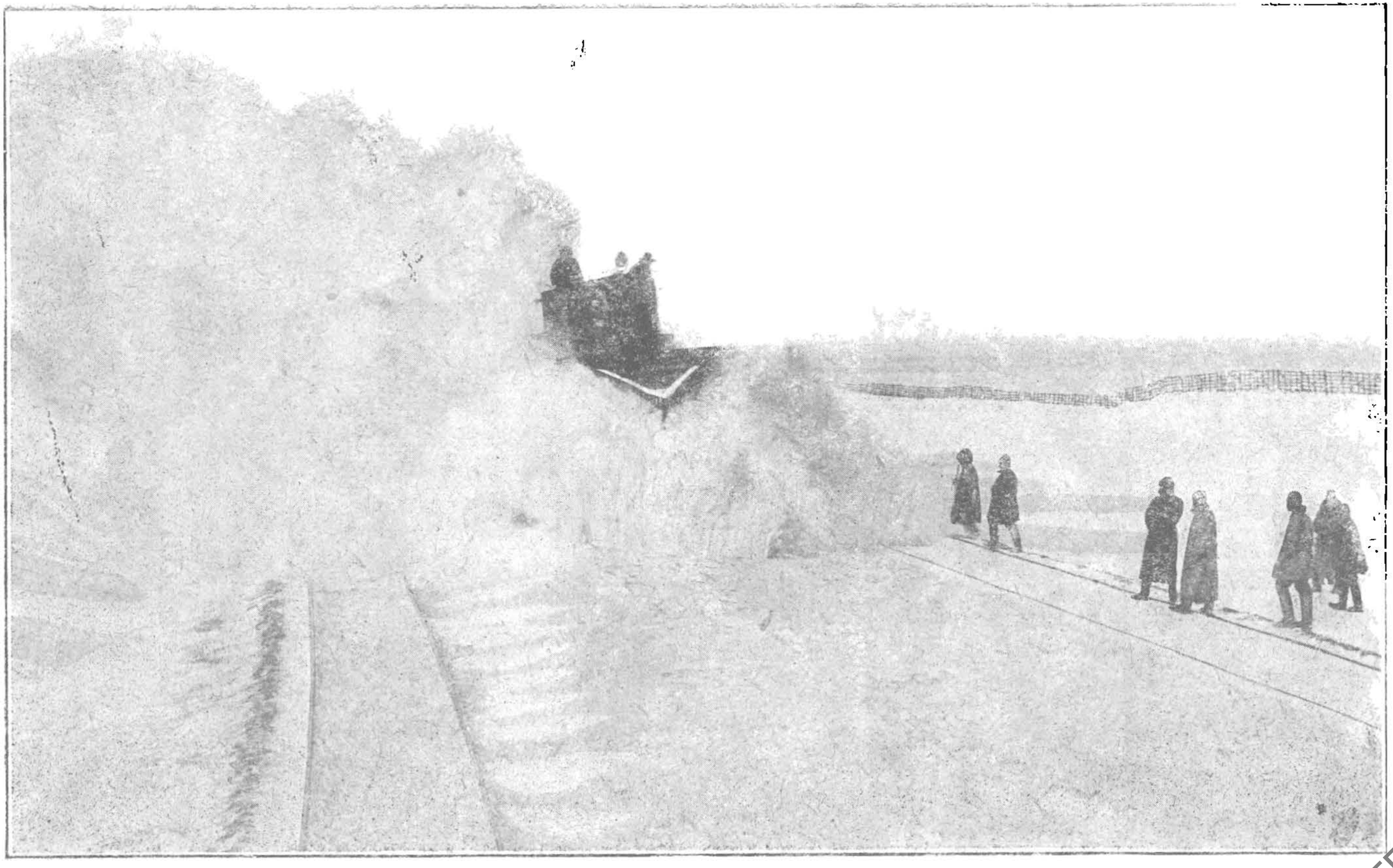
Плуговые паровозные снегоочистители состоят из паровоза, к передней части которого прикрепляется плуг для разбрасывания снега. В некоторых системах плуг прикрепляется к паровозу (к буферному брусу и котлу) неподвижно, причем нож возвышается около 13 *см* над головкой рельса. В других системах плуг может подниматься и опускаться, а к тендеру прикрепляются крылья. Опускание плуга и поворачивание крыльев производится помощью тормоза Вестингауза. Плуг и крылья в паровозных снегоочистителях съемные, т. е. могут быть подвешены к паровозу для производства очистки пути от снега и снимаемы после таковой. На черт. 415 показан американский снегоочиститель, а на черт. 416 и 417 — снегоочиститель Федотчева в работе.

Сравнительная стоимость очистки снега вручную, конными плугами и снегоочистителями, по данным Московско-Виндавской железной дороги, по довоенным ценам приведена в нижеследующей таблице (см. Харламов Н. В., „Содержание рельсового пути и переводов", изд. 1923 г.)

Способ очистки	Высота снега над головкой рельса в *см*	Стоимость очистки на 1 *км* пути	Стоимость очистки на 100 $м^3$ снега	Примечание
Вручную	8	6 руб.	100 коп.	С уборкой валов гребками
Конными плугами	15	3 „	25 „	
Вагонными снегоочистителями .	40	0,4 „	2,5 „	
Паровозными снегоочистителями .	40	0,4	2,5 „	

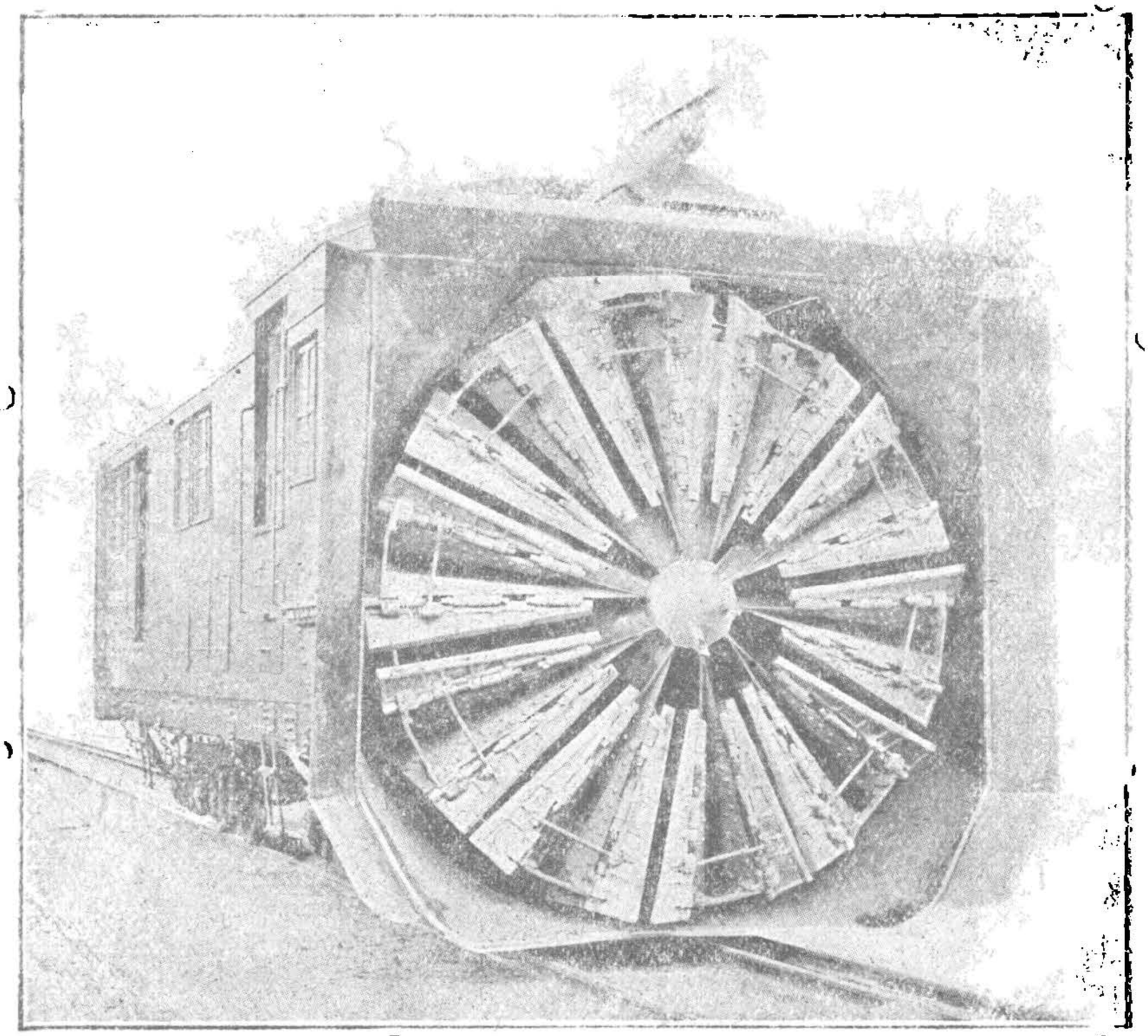
НТБ ДНУЖТ

НТБ
ДНУЖКТ

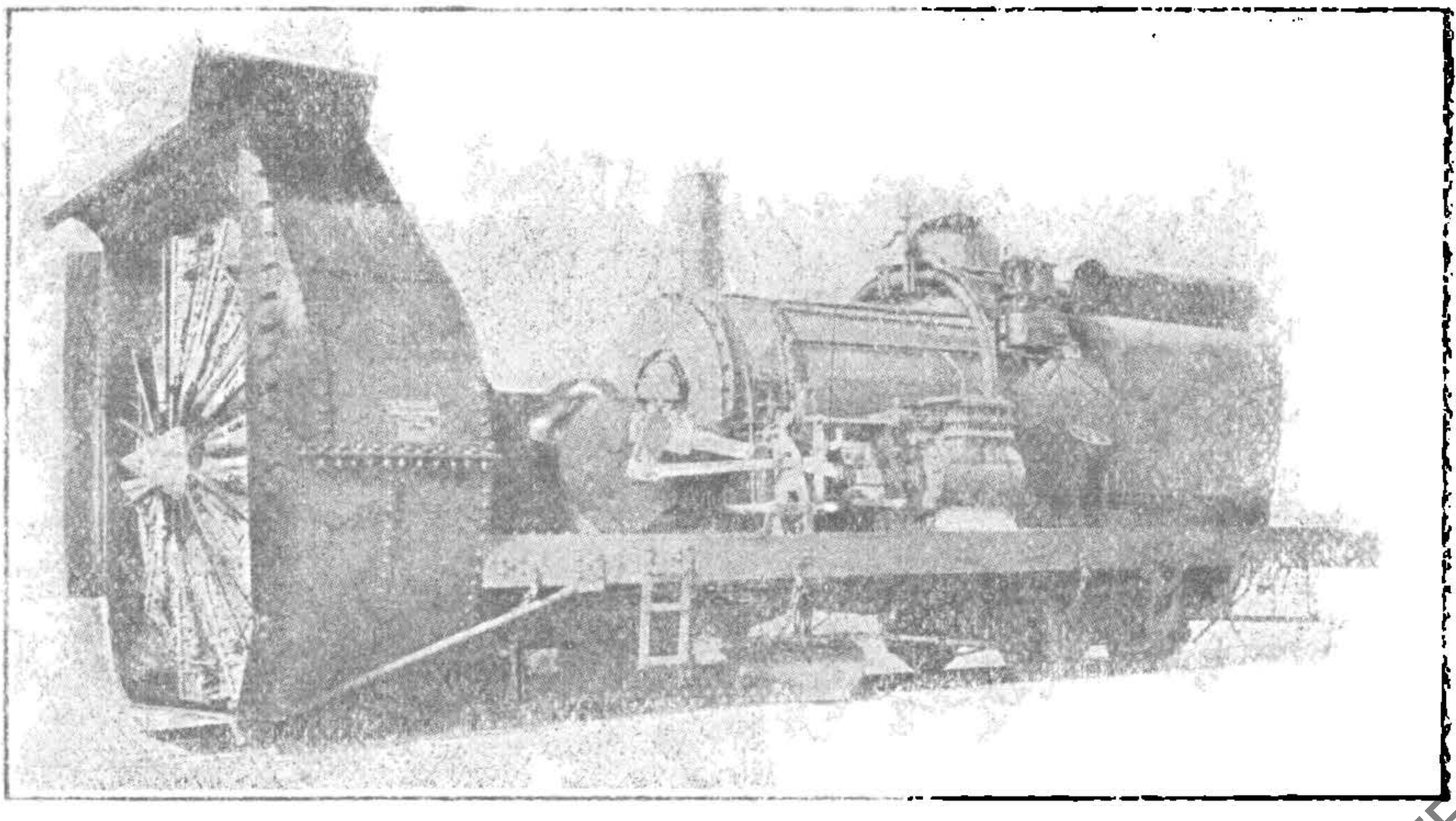


Черт. 417.

НТБ
ДНУЖКТ



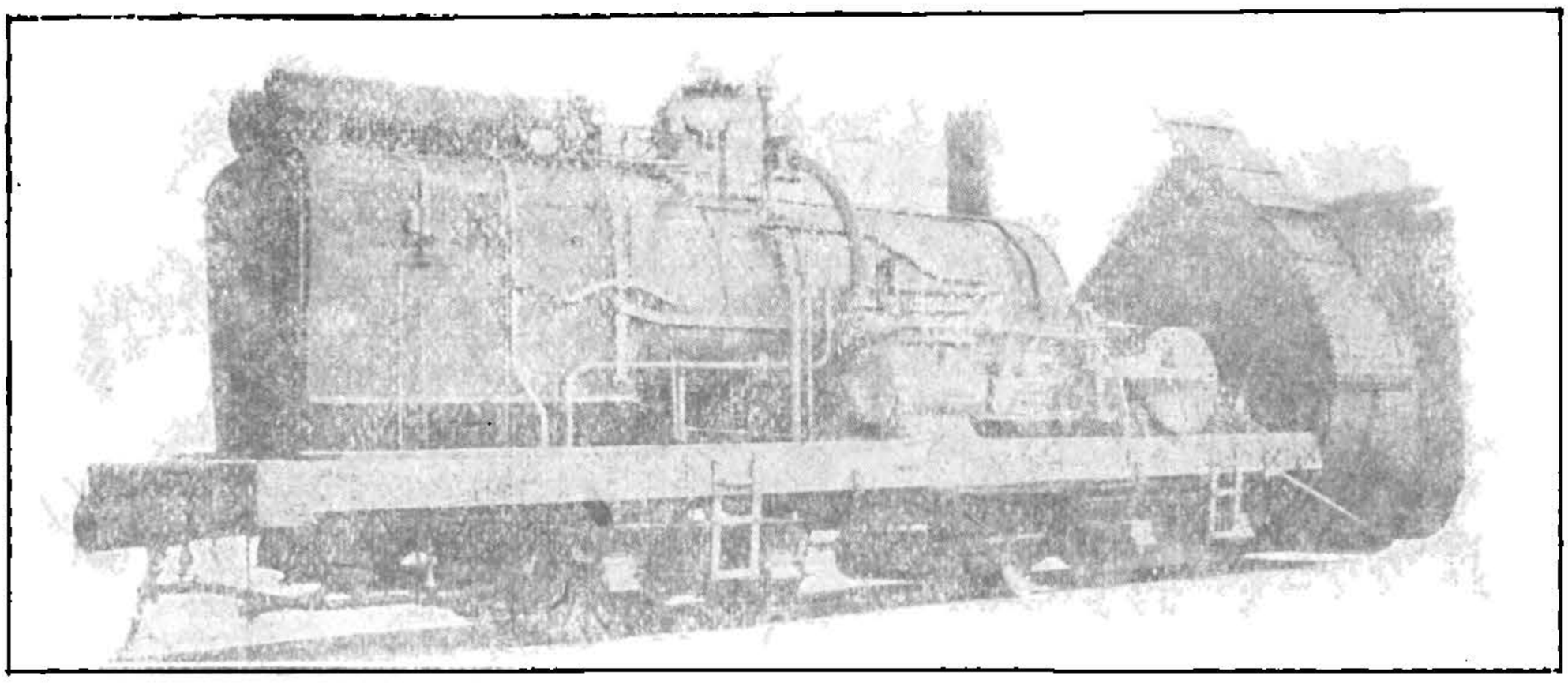
Черт. 418.



Черт. 419.

НТБ ДНУЖТ

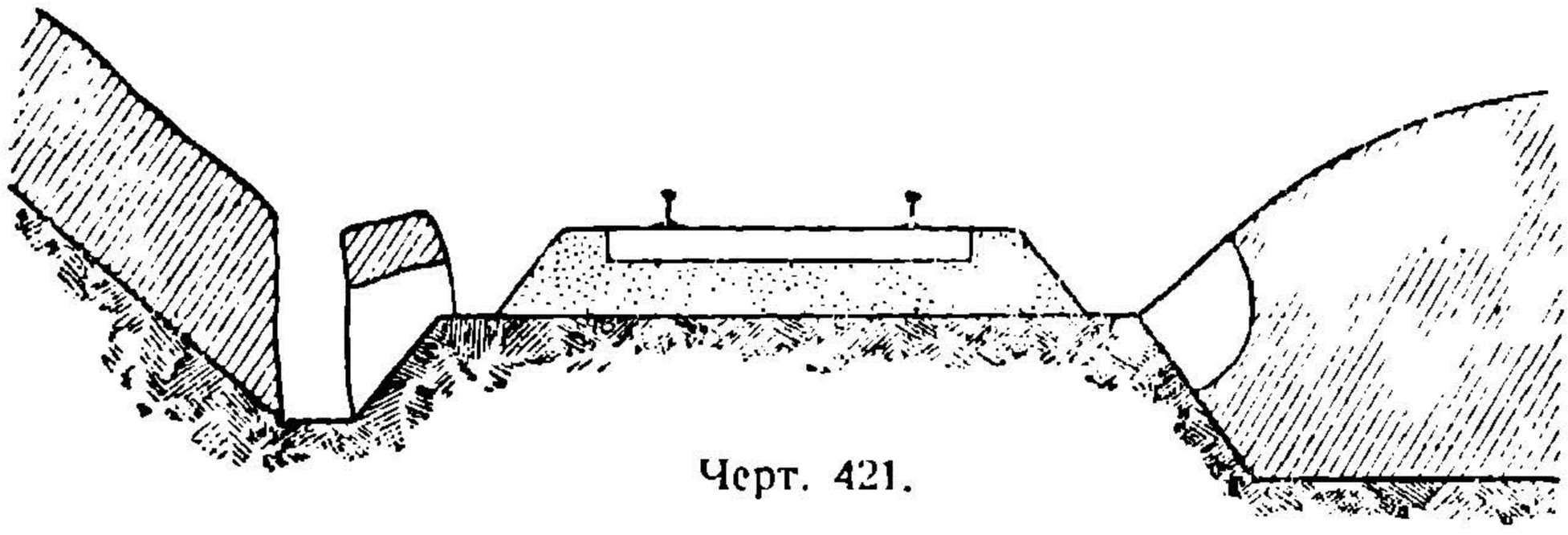
Ротативный снегоочиститель употребляется для расчистки глубоких заносов. Такой снегоочиститель имеет в передней своей части два вращающиеся около горизонтальной оси диска. В переднем ди-



Черт. 420.

ске имеется серия расположенных по направлению радиусов отверстий и наклонных лопастей (как бы ножей), которыми разрыхляется скопившийся в заносе снег и затем отбрасывается ко второму диску. Второй диск вентяляционный, всасывающий через отверстия первого диска разрыхленной снег и выбрасывающий его через поднимающуюся кверху и направленную затем в сторону трубу. В СССР нашел применение ротативный снегоочиститель Лесли. На черт. 418, 419 и 420 показаны ротативные снегоочистители. Высота слоя снега, рассчищаемого ротативным снегоочистителем, равняется около $2^1/_2$ *м*.

Выше было изложено об очистке пути зимой. Весной до начала таяния, во избежание размыва балластного слоя и просадки шпал, снег должен быть счищен с верхнего строения пути, причем с каждой стороны пути вырываются две канавы; одна — по кювету а другая—на откосе балласта, причем из последней делаются выпуски в первую помощью поперечных траншей через каждые 20 *м* (черт. 421).



Черт. 421.

Если прилегающая к пути местность имеет наклон к пути, во избежание внезапного прорыва скопившейся за снежным валом воды, необходимо в том случае, если нельзя выпустить воду к нагорной канаве, снеговые валы прорыть поперечными траншеями, чтобы вода постепенно сходила в кюветы, а не хлынула сразу на путь.

Для предохранения искусственных сооружений и земляного полотна от повреждений весенними водами принимается ряд мер, как-то: прорытие русел и других, описанных далее в § 45.

РГБ ДНУЖТ

На станциях для стока воды от тающего снега должен быть также обеспечен хороший отвод воды помощью прорытия с осени канавок между шпалами. Если эти канавки в некоторых пониженных местах получатся настолько глубокими, что будут грозить устойчивости шпал, то нужно стенки шпальных ящиков укрепить досками, расперев их надлежащим образом.

Весной, когда минуют опасность заносов, щиты убираются—сортируются и складываются в штабеля. В средней полосе СССР опасность заносов можно считать миновавшей в начале апреля.

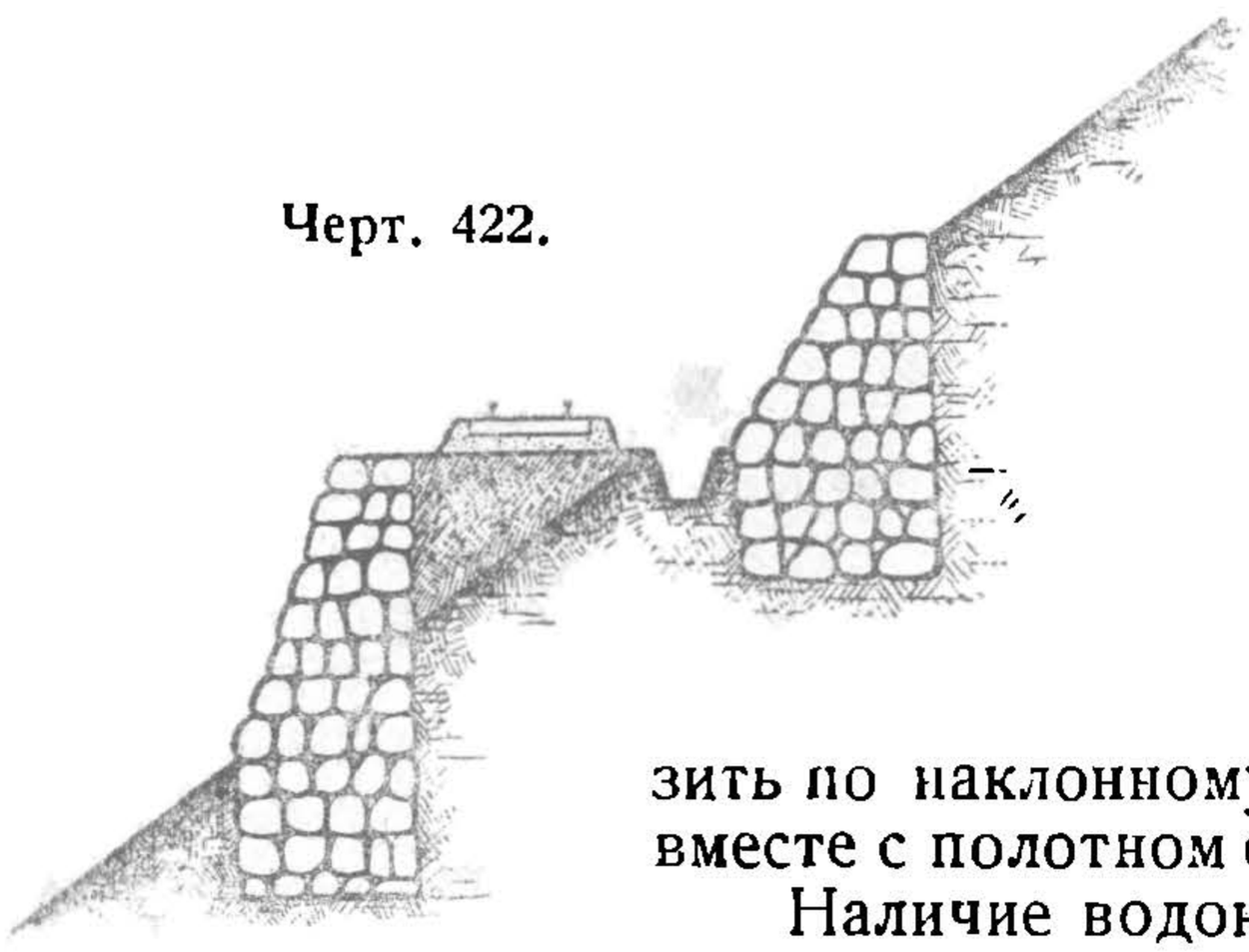
В. РЕМОНТ НИЖНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ

Нижнее строение пути, т. е. земляное полотно, на котором расположены балласт, шпалы и рельсы, должно в правильно содержащемся пути быть в таком же порядке, как и верхнее строение: размеры и конфигурация земляного полотна должны вполне соответствовать утвержденным чертежам; откосы насыпей и выемок должны иметь надлежащие, в порядке содержащиеся укрепления дерновкой, мощением и другим, зависящим от местных условий, способом и т. д.

Что касается устройства и содержания насыпей и выемок, то об этом говорилось в задании II. Здесь же рассмотрим вкратце ремонт железнодорожного пути на косогорах, именно борьбу с оползнями.

§ 42. Ремонт полотна на косогоре

Если железнодорожный путь проходит по косогору, то часть полотна состоит из насыпи, часть—из выемки. Все изложенное выше об устройстве насыпей и выемок имеет силу и в данном случае. Особенное внимание при устройстве полотна на косогоре должно быть обращено на геологическое строение косогора, именно на то, состоит ли косогор из однородного грунта, или из отдельных пластов различных грунтов, и в последнем случае—на характер напластований: наклонены ли пласты к железной дороге, или от нее, и какой порядок расположения пластов. При наклоне пластов к полотну порядок расположения пластов и род грунта этих пластов имеют особенно важное значение; если, например, на слое глины расположен слой земли, песка или другого водопроницаемого грунта и по этому последнему слою проходит железнодорожный путь, то при просачивании поверхностной воды через указанный слой и при смачивании ею глины вышележащий слой песка или земли будет скользить по наклонному скользкому пласту глины и вместе с полотном обрушится и съедет под откос.



Черт. 422.

Наличие водоносных слоев, скопление больших водяных масс в теле косогора и подмыв подошвы косогора обмывающей его рекой являются также причинами, могущими вызвать обрушение откоса косогора и проложенного по косогору пути.

РГБ ДНУЖТ

Тщательное бурение и обстоятельное выяснение всех вышеуказанных факторов должно предшествовать решению вопроса о постройке железной дороги на косогоре. Недостаточная оценка всех упомянутых выше факторов грозит весьма серьезными и часто катастрофическими последствиями. Иногда при наличии вышеуказанных неблагоприятных условий проведение железной дороги в другом месте, не на косогоре, является единственно правильным решением вопроса.



Черт. 423.

При проведении железной дороги по косогору могут быть принимаемы нижеследующие меры борьбы с указанными вредными явлениями:

1) устройство каменных подпорных стенок. Пример устройства таковых указан на черт. 422. Устраивать подпорные стенки имеет смысл только в том случае, если таковые могут быть заложены на прочном основании, например, на мощном и незыблемом пласте твердой глины;

2) устройство колодцев и штолен для отвода воды при наличии массовых скоплений таковой в теле косогора. Пример устройства колодца и штольни показан на черт. 423.

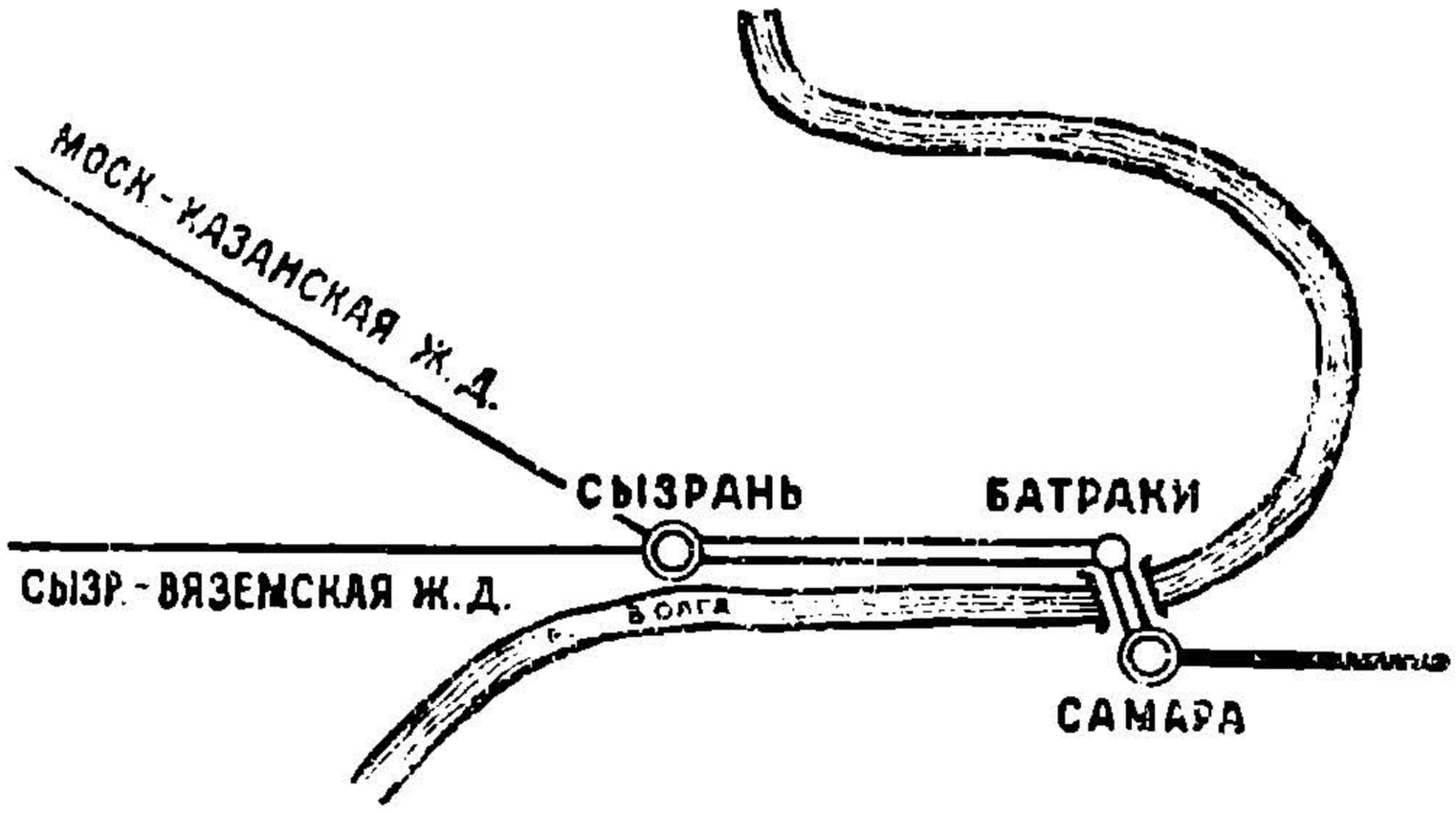
3) защита подошвы косогора от подмыва омывающей его рекой помощью укрепления берега реки фашинными тюфяками, фашинными дамбами, полузапрудами и т. п.

Указанные способы являются мерами до известной степени паллиативными и не всегда удобными. Так, при наличии сильно наклоненных к пути водоносных слоев, расположенных на пластах глины, наличии большого веса земляных масс, стремящихся сползти по скользким пластам глины, подпорные стенки оказываются бессильными противостоять давлению со стороны косогора, сталкиваются сползающими и давящими на них земляными массами и вместе с ними сползают под откос косогора. Колодцы и штольни не всегда могут отвести всей массы скопившейся в теле косогора воды; иногда помощью указанных штолен отдельные части косогора удается спасти от обрушений; другие же, соседние с ними участки, продолжают обрушаться. Примером количества воды, отводимой колодцами и штольнями из косогора, может служить цифра 120 000 литров воды в сутки, которые отводятся штольнями из недр Батракского косогора, по которому близ станции Батраки проложены две рядом идущие линии: Сызрано-Вяземская и Московско-Казанская. Берего-укрепительные работы в роде дамб или полузапруд могут изменить режим реки, что не всегда допустимо.

Во всяком случае борьба с оползнями косогора столь сложна, стоимость вышеуказанных предохранительных работ столь велика, эксплоатация железнодорожных путей, проложенных по косогору, иногда сопряжена со столь значительными расходами и неприятностями (ежегодная подсыпка железнодорожных путей в месте оползней Батракского косогора) выражается колоссальной цифрой —

РГГБ ДНУЖТ

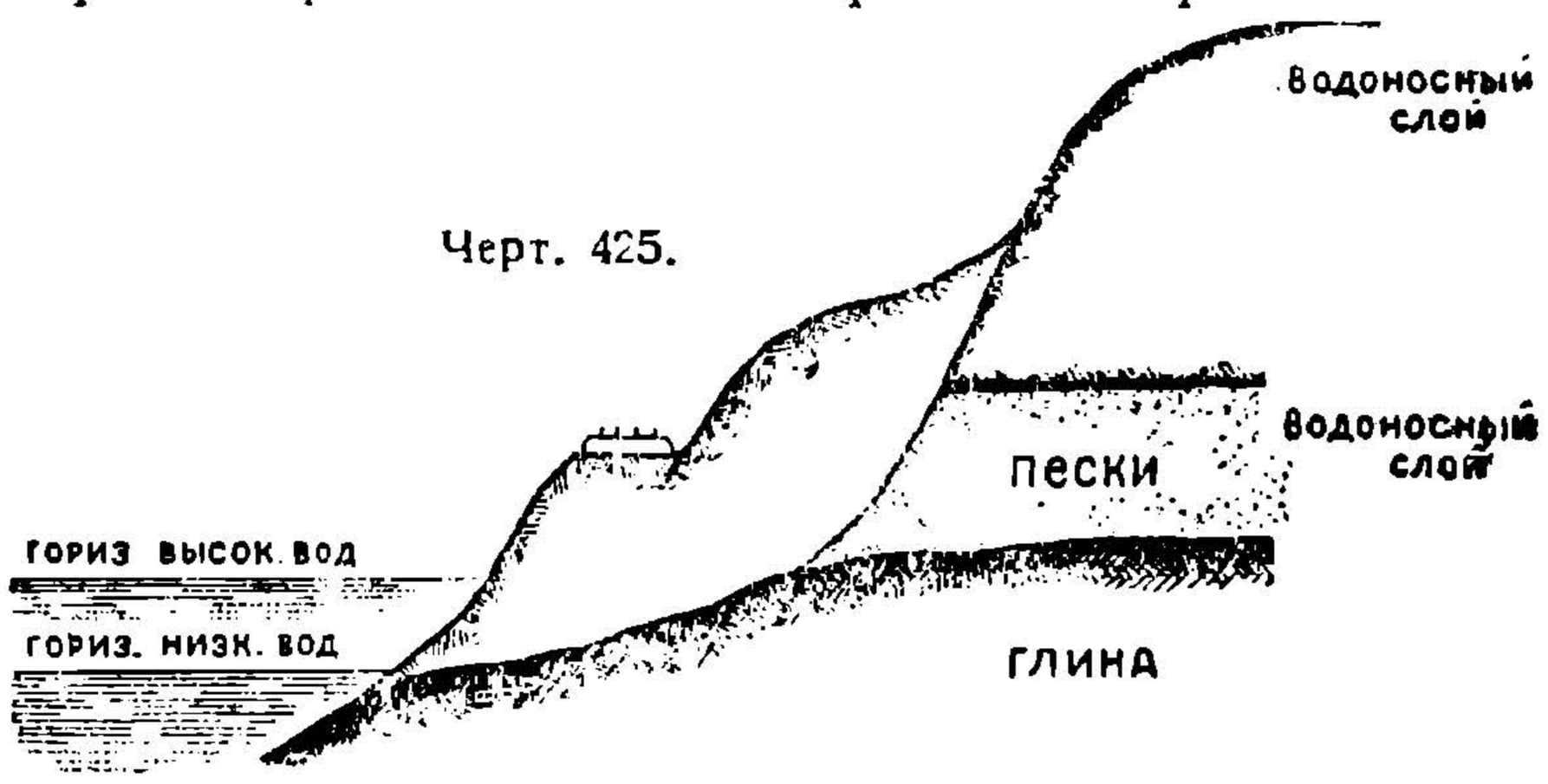
90 000 $м^3$, что иногда является целесообразным, выгодным и неизбежным уже проложенные по косогору и эксплоатируемые железные дороги перенести в другое место, совершенно забросив все столь дорогостоившие обустройства на косогоре. Вот почему при проведении вновь строящейся дороги с предположением продолжения путей по косогору необходимо самым серьезным и тщательным образом исследовать геологическое строение косогора и выяснить все причины, могущие вызвать оползни. Глубокое бурение, наблюдение за проходом весенних вод омывающей косогор реки, наблюдение за оползнями и т. п. могут дать ответ на вопрос о том,



Черт. 424

можно ли провести железную дорогу по косогору, или следует запроектировать ее в другом направлении, минуя косогор.

Примером проведения железной дороги по косогору, сопряженного с колоссальными хлопотами и расходами, могут служить упомянутые выше б. Сызрано-Вяземская и Московско-Казанская железные дороги, проходящие близ станции Батраки по косогору высоко берега р. Волги. Указанные железные дороги в пределах 1 078 километров Сызрано-Вяземской и 289 километров Московско-Казанской проходят по береговой полосе, лежащей к востоку от гор. Сызрани и расположенной в районе интереснейшего в геоло-



Черт. 425.

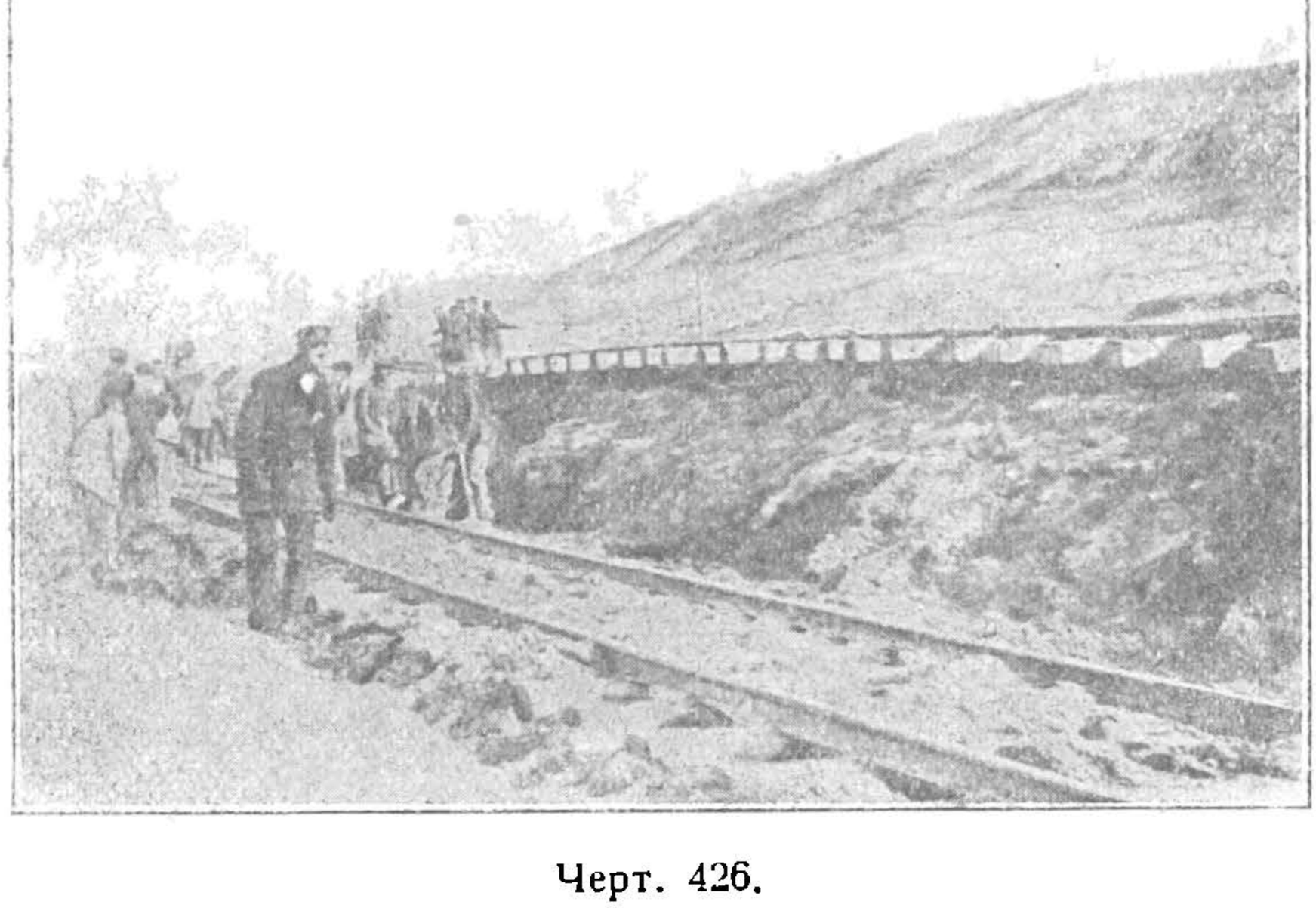
гическом и географическом отношениях полуострова — Самарской луки (черт. 424). Рассматриваемый участок сложен из ряда пластов различного петрографического состава и главным образом из глины,

НТБ ДНУЖТ

песков и песчаников, относящихся к отложениям Юрской системы и имеющих некоторый общий наклон к югу.

Почти вся часть береговой полосы опоясана широкой зоной оползней и местами двумя зонами—верхних и нижних оползней. На этих оползнях расположен железнодорожный путь (черт. 425).

Верхний край оползней проходит примерно на 80 *м* выше уровня низких вод р. Волги; нижний край проходит ниже уровня реки. Оползни загромождают собой русло реки. Иногда они служат контрфорсами, задерживающими дальнейшие оползни. Иногда развитие оползней продолжается, часть горы откалывается, сподает и надвигается на ранее смещенные части. Смещения происходят по нескольким плоскостям, расположенным на разных глубинах от поверхности. Плоскости скольжения, как указано выше, имеют слабый наклон к югу. Породы, слагающие данную местность, состоят из водопроницаемых и водонепроницаемых пластов. В коренных толщах косогора имеется два главных водоносных горизонта: верхний—на глубине около 10 *м* от поверхности и нижний, наиболее важный, проходящий на глубине около 60 *м* в толщине песков над слоем темных, водонепроницаемых глин. В зоне оползней вода циркулирует по многочисленным, иногда громадным трещинам, находящимся как в береговой полосе, так и в массе смещенных и перемещенных пород. Циркуляция воды здесь непланомерна и не представляет какой-либо правильной картины.



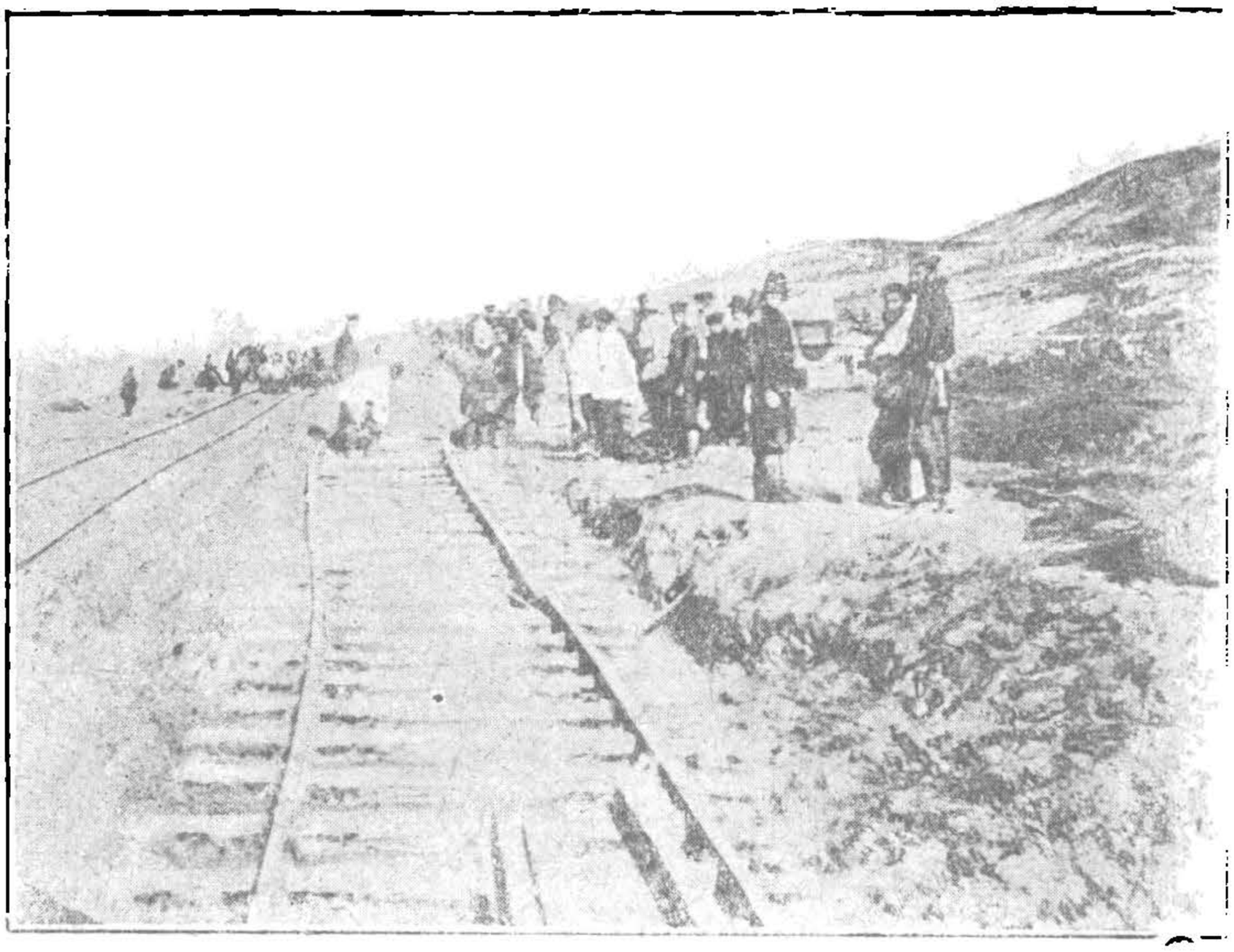
Черт. 426.

По указанному выше косогору в 1873 г. был проложен железнодорожный путь. С самого начала постройки пути стали обнаруживаться просадки полотна и время от времени обвалы и оползни, являвшиеся причиной обрушивания пути и вызывавшие необходимость в передвижке и ремонте пути. Просадки пути доходили до 2 *м*. На подсыпку путей расходовалось до 70 000 $м^3$ песка в год.

РГБ ДНУЖТ

На чертежах 426, 427, 428 и 429 показаны деформации пути после одного из оползней на Батракском косогоре.

Громадные указанные просадки пути, связанные с риском крушения и с неминуемыми временными перерывами движения, колос-



Черт. 427.

сальные расходы по ремонту пути, необходимость пропускать поезда с небольшой скоростью, — все это заставило администрацию дорог

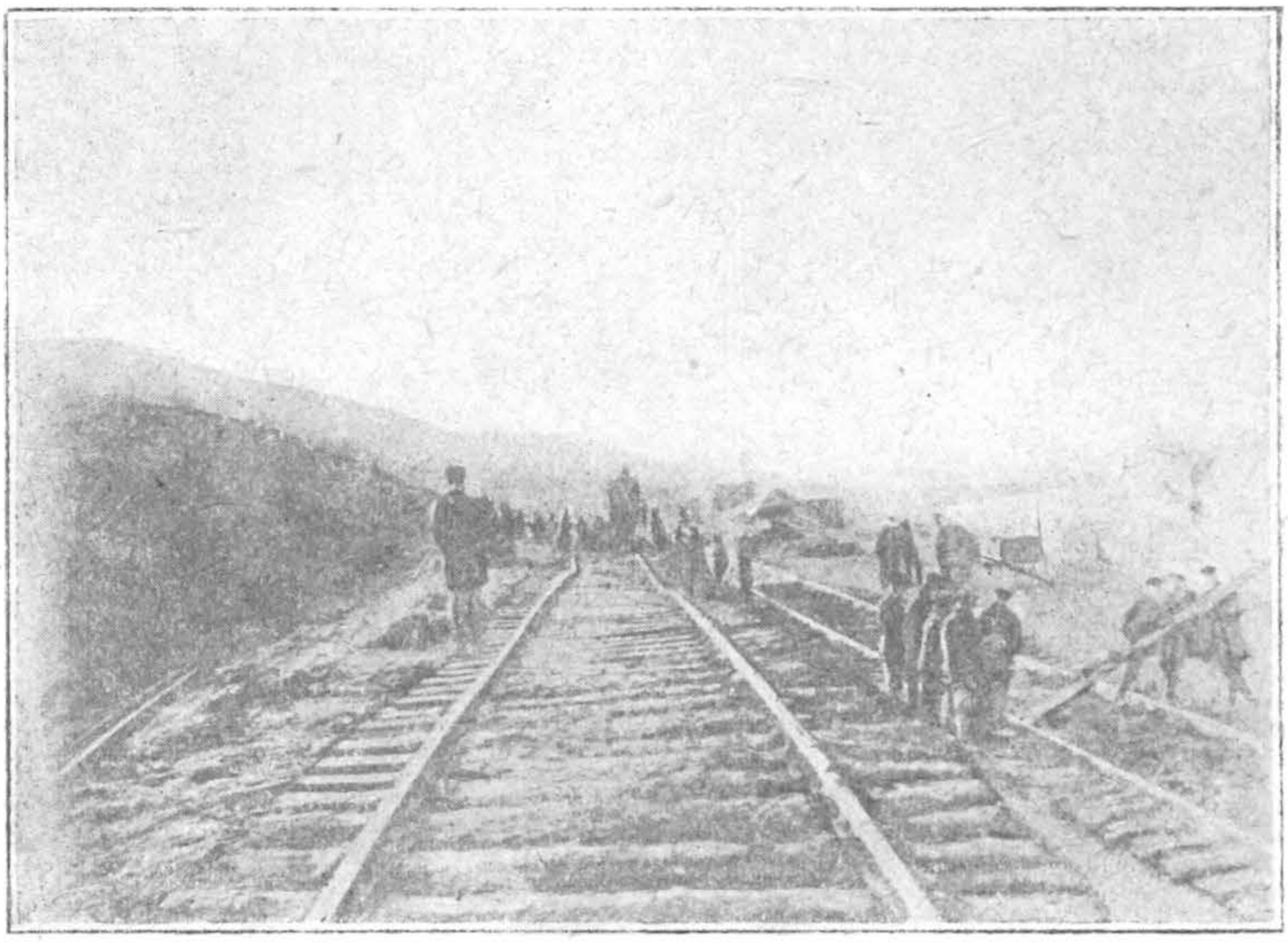


Черт. 428.

обратить серьезное внимание на Батракский косогор и разрешить указанный больной вопрос: или путем такого капитального ремонта

НТБ ДНУЖТ

и такого радикального лечения косогора, которые бы гарантировали устойчивость пути, или, если бы последнее оказалось невозможным, путем перенесения железнодорожного полотна на другое место.



Черт. 429.

Для разрешения указанного вопроса были предприняты серьезнейшие геологические исследования косогора. Исследования эти показали, что оползни являются результатом двоякого рода причин, с одной стороны, и главным образом причин характера стихийного, а с другой стороны, причин, зависящих от вмешательства человека, нарушившего жизнь и режим косогора.

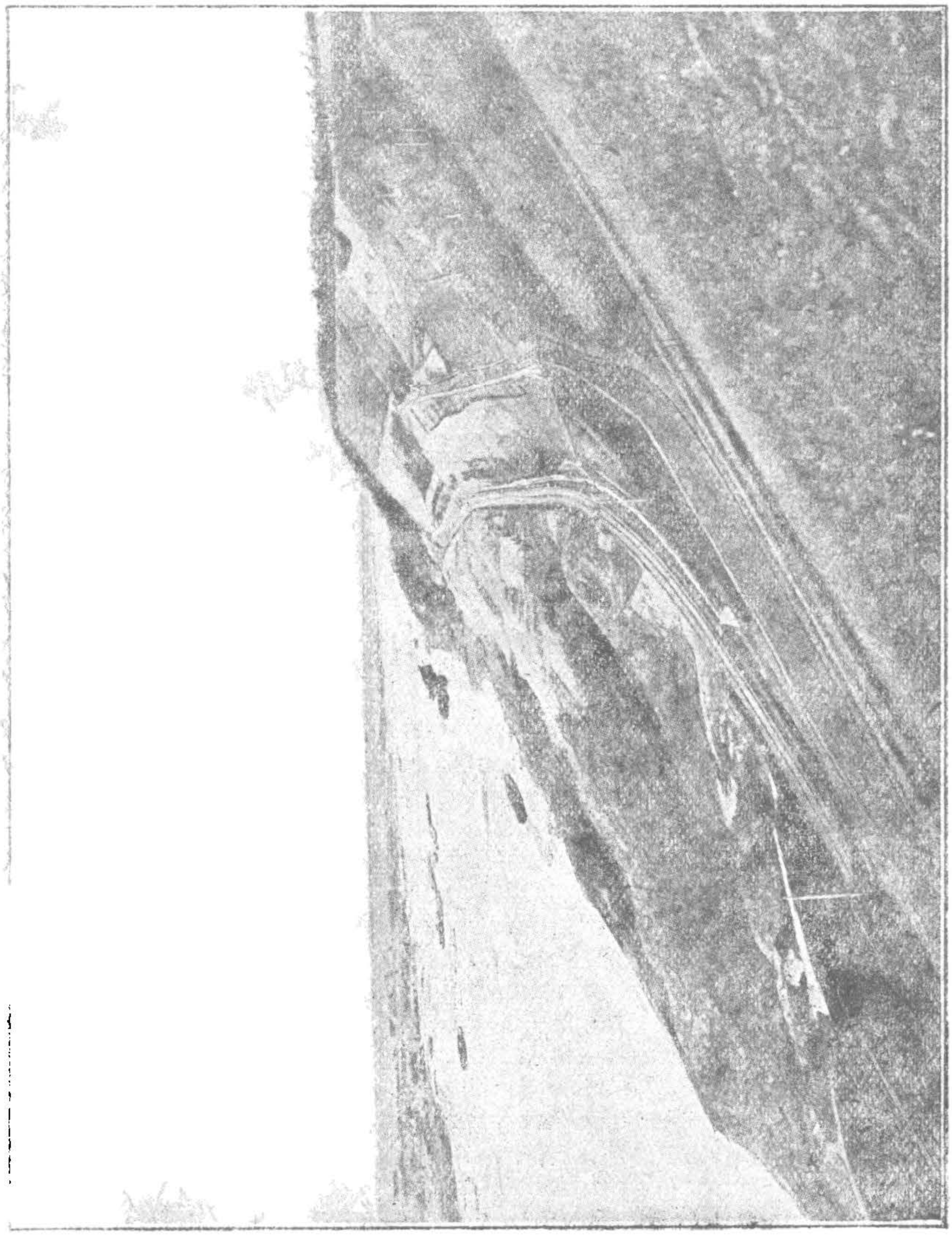
К причинам характера стихийного могут быть отнесены: 1) указанное геологическое строение косогора — наличие наклоненных к югу водопроницаемых и водонепроницаемых пластов, 2) наличие водоносных слоев, 3) скопление в недрах косогора больших водяных масс, 4) подмыв подошвы косогора большой могучей рекой — Волгой, 5) бывшее в 1895 г. в Закаспийской области землетрясение, докатившееся, хотя и в слабой степени, до Батракского косогора и несомненно послужившее толчком к образованию одного из оползней.

К причинам второго рода относятся: 1) производство выемок для проведения железной дороги, 2) сотрясение от движения поездов, 3) постоянные подсыпки полотна, увеличивающие вес земляных масс и нарушающие установившееся равновесие в теле косогора.

Вышеуказанные причины столь серьезны, что борьба с ними помощью мер характера паллиативного не имеет смысла; меры же радикальные столь сложны и столь дороги, что невольно является вопрос о целесообразности перенесения пути в другое место.

НТБ ДНУЖТ

К этой мысли склоняется и производивший подробное геологическое исследование косогора проф. А. В. Павлов, на таком решении настаивал и бывший Инженерный совет. До настоящего времени вопрос остается еще неразрешенным, косогор же продолжает ползти, путь дает просадки, поезда двигаются черепашьим шагом, а дорога несет колоссальные расходы по ремонту пути.



Черт. 430.

Другим примером проведения железной дороги по косогору может служить упомянутая выше линия Тимирязево — Нижний Московско-Казанской жел. дороги, проходящая близь города Ниж. Новгорода по высокому берегу р. Оки. Эта линия отличается гро-

НТБ ДНУЖТ

мадными оползнями, подобными оползням Батракского косогора Общии вид Нижегородского косогора показан на черт. 430; геологическое строение—на черт. 431.

Кроме указанных выше мер паллиативного характера лечения оползней можно указать на нижеследующий интересный способ, примененный на одной из железных дорог Пенсильвании и давший хорошие результаты. Водоносный слой *A*, пролегающий по скользкой поверхности водонепроницаемого грунта *B*, был причиной постоянных сдвигов и оползней. В слое *B* были заложены патроны и произведены взрывы (черт. 432).



Черт. 431.

В образовавшихся от взрывов воронках перемешались грунты *A* и *B*; скользкая плоскость скольжения была прервана, воронки стали собирать в себя воду и явились как бы дренажами, перехватившими воду из водоносного слоя. Оползни прекратились.

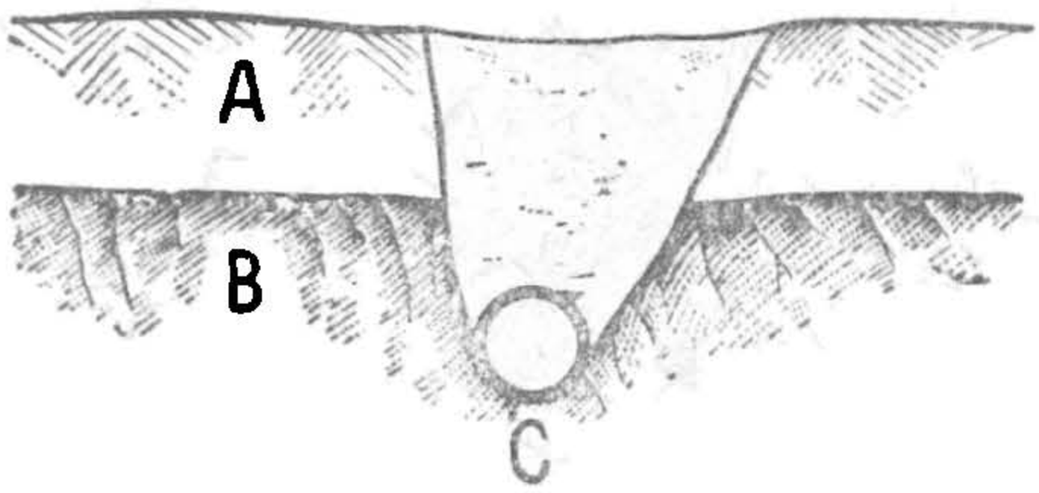
Полумерой, дающей хорошие результаты при оползнях не столь грандиозного масштаба, как на Батракском косогоре, может служить устройство земляных контрфорсов. Мы видели выше, что в некоторых пунктах Батракского косогора оползни, загромождая реку, образовали как бы контрфорсы, которые остановили дальнейшие оползни. Следуя указания мсамой природы, полезно бывает иногда устраивать искусственные земляные контрфорсы. Устройство подобных контрфорсов дало хорошие результаты на одной из линий Московско-Казанской железной дороги, проведенной по косогору, идущему вдоль р Оки (Рязань—Шилово).

Указанные контрфорсы не останавливали оползней Батракского косогора в тех местах, где подмывающее действие р. Волги уничтожало эти контрфорсы, размывая их.

НТБ ДНУЖТ

§ 43. Исправление полотна, разрушенного ливневыми и весенними водами

Иногда повреждения железнодорожного пути происходят совершенно внезапно, причем размеры повреждения бывают столь значительны, что происходит перерыв движения поездов. Такого рода повреждения бывают от действия ливневых или весенних вод. Виды нарушения целости земляного полотна бывают при этом различны: если путь идет под уклон, то образовавшийся стремительный поток вдоль пути может размыть бровку балластного слоя, размыть откосы насыпи, откос выемки. Если наклон местности направлен перпендикулярно к пути, то скопившиеся в большом количестве водяные массы с верховой стороны насыпи могут при отсутствии поперечных отводов воды промыть и прорвать эту насыпь.



Черт. 432.

Для предохранения пути от указанного прорыва необходимо устройство в указанных местах поперечных отводов воды в виде деревянных лотков или других подобных обустройств. Если скопившаяся масса воды столь значительна, что одними лотками отведена быть не может и грозит на большом протяжении повредить полотно, то иногда бывает выгодным умышленно прорвать полотно в каком-нибудь одном месте, чтобы выпустить в этот искусственный прорыв всю скопившуюся воду; сделать это возможно, разумеется, временно, прекратив движение поездов. Когда ливневая вода схлынет, указанный прорыв временно перекрывается клетками из шпал, на них восстанавливается разобранное верхнее строение, и движение поездов возобновляется.

К наступлению периода ливней (июль) кюветы должны быть прочищены, и трава скошена.

Что касатся повреждений полотна весенними водами, то опасные с этой точки зрения пункты на железной дороге известны, зафиксированы и в таких местах заблаговременно могут быть приняты соответствующие предохранительные меры. Если железнодорожный путь проходит, например, долиной какой-либо большой реки, пересекая впадающую в нее какую-либо другую речку, то в случае образования подпора воды в малой речке водами большой реки в месте слияния указанных рек, вдоль полотна, может произойти столь значительное скопление воды, что это может грозить размывом полотна. Мероприятиями для защиты полотна в указанном месте могут служить: солидное укрепление откосов насыпи мощением, ивовые или другого рода посадки, уменьшение крутизны откоса и другие заранее сделанные укрепления; мероприятиями временного характера, принимаемыми в период самого разлива, могут служить: покрытие откосов насыпи настилкой из хвороста, фашинами, мешками, наполненными землей, укладка на поверхности воды снеговых щитов и бревен, привязанных одним концом к свайкам и кольям, забитым в насыпь. Указанные, плавающие на поверхности воды,

РГБ ДНУЖТ

деревянные материалы являются как бы волноломами, разбивающими ударяющие в насыпь волны и ослабляющими силу их ударов. Таковы меры предохранения от разрушений земляного полотна.

Если полотно уже разрушено, то исправление его может быть произведено нижеследующим образом. Если сплыл откос выемки, то наплывшая на путь земля должна быть немедленно убрана; во избежание дальнейшего сплыва откос выемки укрепляется помощью устройства подпорной стенки из шпал: в откос забивается ряд шпал, которые забираются досками или шпалами; откосу придается меньшая крутизна. При размыве откоса насыпи путь сдвигается в сторону неразмытого откоса. Для возможности производства указанной сдвижки иногда приходится делать подпорную стенку из шпал, забитых в откос и забранных досками и шпалами; иногда делают срезку и опускание пути. По мере опускания пути ширина полотна поверху увеличивается, и таким образом является возможность сдвижки пути в сторону. В местах, зафиксированных как опасные с точки зрения размыва пути, должен быть заготовлен запас кулей и мешков, хвороста, досок, шпал и другого материала, необходимого для борьбы с водой.

§ 44. Ремонт искусственных сооружений

Характер повреждений искусственных сооружений и способ их исправления

Искусственными сооружениями, как известно, называются такие обустройства (мосты), которые служат для проведения железной или обыкновенной дороги над рекой, оврагом, железной или обыкновенной дорогой. Мосты, проведенные над оврагом, обыкновенной или железной дорогой, называются путепроводами или виадуками и отличаются от собственно „мостов", т. е. от мостов, проведенных над реками, тем, что не имеют подводных частей. Мосты, устроенные для проведения по ним воды, называются акведуками. Мостовые сооружения, покрытые, засыпанные сверху земляной насыпью, называются трубами. В мосте отличаются следующие существенные части: пролетная часть, образующая продолжение дороги и опоры, поддерживающие пролетную часть. Мосты бывают деревянные, каменные, металлические, железобетонные. В больших существующих мостах, перекидываемых через большие реки, пролетные части (фермы) обычно бывают металлические, а опоры—каменные. Трубы бывают чугунные, каменные, бетонные и железобетонные. Искусственные сооружения, так же как и земляное полотно, и верхнее строение, должны быть вполне исправными и содержаться в полном порядке. Всякого рода повреждения должны исправляться, ремонтироваться.

К числу повреждений относятся: неудовлетворительное состояние окраски металлических ферм мостов; наличие ржавчины металлических частей; дребезжание заклепок; треснувшие или лопнувшие элементы (раскосы, стойки и т. п.); ухудшение качества металла (чрезмерная хрупкость, недостаточная тягучесть и эластичность, являющаяся результатом перерождения, усталости металла, своего рода склероз металла); загнивание и износ деревянных частей деревянных мостов; выкрашивание; трещины и разрушение

НТБ ДНУЖТ

облицовки стенок и сводов каменных мостов и труб; трещины и разрушения железобетонных мостов; подмыв и осадки опор; размыв конусов устоев, лотков, дамб и т. п. Для обнаружения указанных выше дефектов устанавливаются надзор и наблюдения за искусственным сооружением—периодические осмотры сооружений и испытания мостов. Все замеченные при осмотре повреждения, а также все произведенные затем исправления заносятся в так называемые формуляры искусственных сооружений—в особые ведомости с подробным описанием каждого сооружения и его состояния.

Испытания мостов заключаются в определении величины прогибов ферм под действием статической и динамической нагрузки паровозом и поездом; в определении напряжений различных элементов (раскосов, поясов, стоек) помощью особых приборов (Рабю). Качество металла испытывается в лабораториях (образцы, вырезанные из различных элементов моста, испытываются на растяжение). Состояние заклепок испытывается выстукиванием. Положение опор (наличие осадок) испытывается нивелировкой. Другие повреждения искусственных сооружений обнаруживаются подробным и тщательным осмотром таковых.

Обнаруженные повреждения должны быть исправляемы. Неудовлетворительная окраска мостов возобновляется. Поврежденные или дребезжащие заклепки срубаются и заменяются новыми. Треснутые, проржавленные или лопнувшие отдельные элементы заменяются новыми. Если же при испытании моста помощью приборов или если путем расчета обнаружено, что некоторые элементы моста работают с напряжением материала, превосходящим допускаемые нормы (например, вследствие пропуска новых более мощных паровозов), то такие элементы должны быть усилены. Способы усиления мостов излагаются в курсе мостов и описание таковых выходит за пределы настоящего изложения. Фермы, качество материала которых не удовлетворяет установленным требованиям или фермы слишком слабые для пропуска новых более мощных паровозов, заменяются новыми.

Смена ферм может быть произведена без перерыва движения и с временным перерывом такового на однопутной линии или с временным установлением однопутного движения в пределах моста (пилотаж) на двухпутной линии. Если благодаря интенсивности движения перерыв движения недопустим, то смена ферм производится путем устройства временного деревянного моста рядом с существующим и путем временного перевода пути с существующего моста на временный. Если по условиям движения возможно установить на кратчайший срок перерыв движения на время производства работ по самой смене заранее собранных ферм, то работа по смене может быть произведена различными способами в зависимости от местных условий: новые фермы могут быть собраны на подмостях, устроенных рядом с существующим мостом, старые фермы на катках сдвинуты на насыпь или разрезаны пламенем ацетилена на отдельные куски и опущены на стоящие под мостом баржи, а новые фермы передвинуты с подмостей на существующие опоры. Новые фермы могут быть собраны на берегу и затем надвинуты на опоры после сдвижки старых ферм на устроенные рядом подмости. Новые фермы могут быть подвезены на шаландах (бар-

БГТУ ДНУЖТ

жах) и с шаланд установлены на опоры или, наконец, каким-либо ругим способом. Во всяком случае план производства самой смены должен быть заранее подробно, во всех деталях разработан таким образом, чтобы он действительно мог быть выполнен в отведенное для смены время.

Обнаруженные дефекты в опорах исправляются следующим образом: если обнаружены небольшие трещины в облицовке, то таковые должны быть немедленно заделаны цементным раствором. Если этого не сделать, то вода, попав в трещины во время осенних дождей и увеличившись в объеме при заморозках, будет способствовать дальнейшему разрушению облицовки. Если облицовка сильно повреждена, то она должна быть заменена новой или может быть исправлена нижеследующим образом: в тело устоя или быка забиваются в шахматном порядке костыли в заранее просверленные дыры так, чтобы они несколько выступали над поверхностью облицовки; эти выступающие части обматываются проволокой, образуя каркас, который затем заделывается бетоном. В результате получается новая железобетонная облицовка. Выветрившиеся, сильно выкрошившиеся, изобилующие пустотами своды и стенки труб и мостовых устоев с успехом могут быть отремонтированы путем нагнетания цементного раствора нижеследующим образом: на поверхности ремонтируемой кладки в шахматном порядке просверливаются дыры, в которые нагнетается жидкий цементный раствор. Нагнетание помощью обыкновенного насоса производится следующим образом: в одну из дыр вставляется наконечник рукава от насоса; наконечник плотно законопачивается в дыре; дыры, соседние с указанной дырой, закрываются пенькой и помощью насоса начинается нагнетание цементного раствора. Раствор, нагнетаемый таким образом поочередно во все дыры, заполняет все пустоты кладки. По окончании каждого сеанса насос должен быть хорошенько промыт водой.

Более серьезные исправления мостовых опор, как-то: осадки опор вследствие подмывов весенними водами или вследствие других причин производятся во всем согласно выработанному в техническом отделе проекту после тщательного выяснения причин осадки. Описание самого производства такого рода работ делается в курсе строительного искусства и выходит за пределы настоящего изложения.

§ 45. Меры для пропуска весенних вод

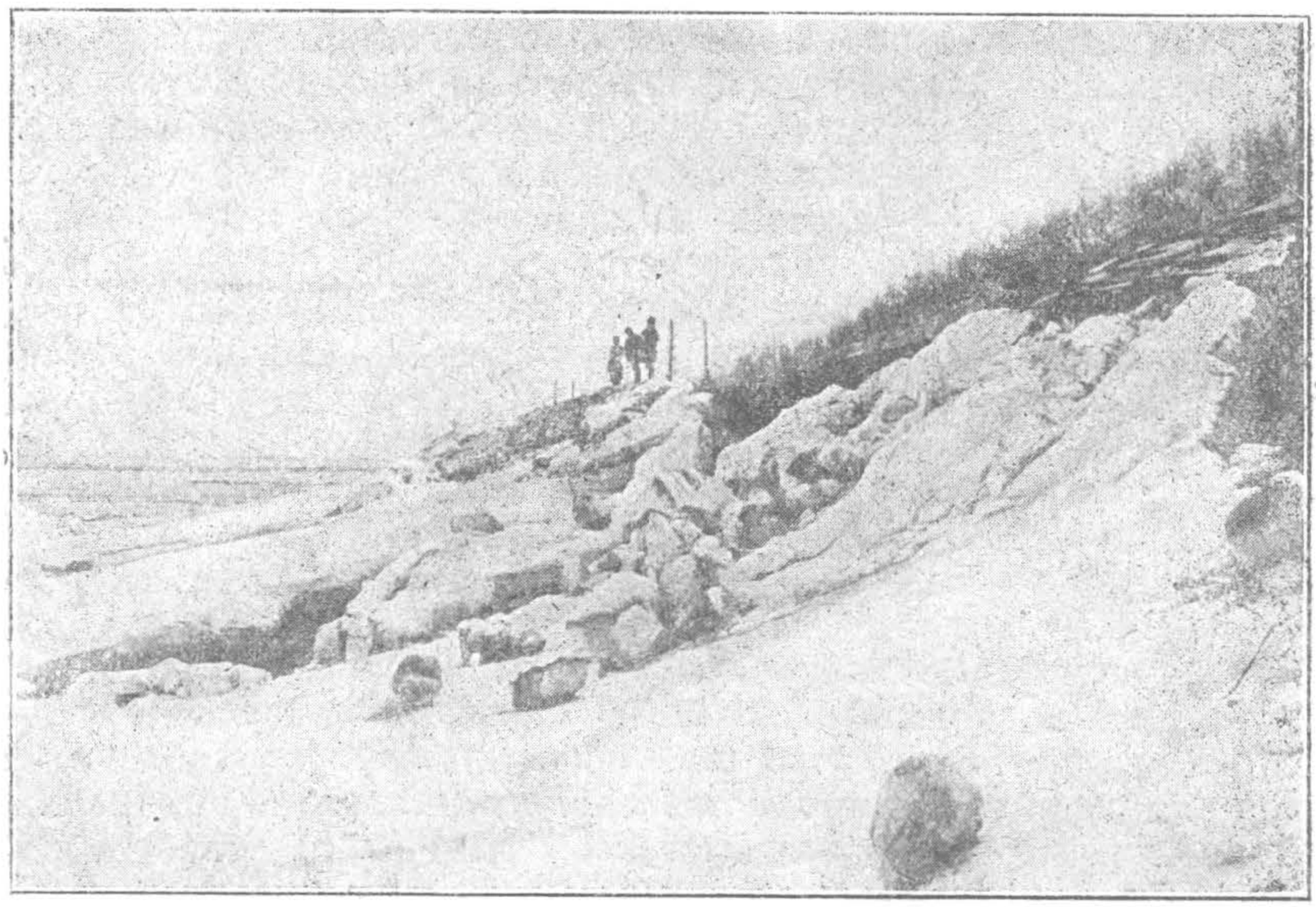
Для выяснения результатов прохода весенних вод, подмывов или, наоборот, наносов песка у опор моста, производятся до прохода и после прохода весенних вод промеры глубин реки в определенных точках под мостом и у моста. Кроме того, после прохода весенних вод производится тщательный осмотр и освидетельствование всех произведенных этими водами повреждений, как-то: размывов конусов мостовых устоев, откосов земляного полотна подмывов опор, лотков искусственных сооружений и др.

Для предохранения искусственных сооружений от повреждений весенними водами принимается ряд мер, к которым относятся: прорытие и очистка снега, кюветов и русел; расколка льда под мостом и на расстоянии 10 метров от моста для предотвращения образова-

НТБ ДНУЖТ

ния заторов льда и, следовательно, подпора у моста, наблюдение за проходом льдин под мостом; рабочие, стоя на мосту, помощью длинных шестов направляют льдины; защита конусов устоев, а также полотна близ отверстий искусственных сооружений помощью укладки мешков, наполненных землей, помощью хвороста и камня, фашинами.

Заторы льда могут образоваться не только перед искусственными сооружениями, но иногда и в русле реки вдали от моста или другого сооружения, например, в излучине реки там, где имеется крутой поворот реки. Если близ реки проходит железнодорожный путь, то не исключена возможность выхода скопившегося в реке льда и отложения его на полотне дороги. Пример такого, правда весьма редкого, почти исключительного случая изображен на черт. 433, где показан образовавшийся затор в реке Оке и сползание на полотно железной дороги льдин, выпираемых из реки в месте образования затора (1910 г. Моск.-Казанская желез-



Черт. 433.

ная дорога; 4 участок сл.-пути Рязань—Шилово, где железная дорога проходит вдоль самой реки Оки. О своевременно замеченном путевой стражей явлении было немедленно сообщено начальникам соседних станций; готовые к отправлению поезда были задержаны и могущее произойти несчастье предотвращено. Выход льда произошел ночью).

Особенное внимание на проход весенних вод следует обратить при наличии так называемых разгрузных мостов. При разливе большой реки часто является вопрос, по какому направлению пойдет во время разлива главная масса воды: пойдет ли она по главному руслу или изберет другое направление и следует ли в зависимости от этого делать только одно отверстие на главном русле или еще дополнительные на разливе. Относительно того, следует ли устраи-

НТБ ДНУЖТ

вать по разливу только один мост или несколько, существуют различные мнения. Во всяком случае вопрос этот очень серьезный и устройство дополнительных мостов (ponts de décharge) требует крайней осмотрительности. Если наибольшее количество воды во время разлива направляется по главному руслу, и на этом последнем может быть устроен мост достаточного отверстия, то второго моста на разливе делать не следует. Если же наибольшее количество воды во время разлива идет по суходолу и в то же время местные условия (свойства грунта) таковы, что на главном русле не представляется возможным увеличить живое сечение, как, например, на Дону близ Ростова, где Дон проходит в высоких крутых берегах из твердого глинистого грунта, то приходится устраивать второе отверстие по разливу, так как в противном случае при направлении всех вод под один мост на главном русле перед этим мостом получится большой подпор и громадные скорости. Вообще же желательно избегать устройства дополнительных мостов (ponts de décherge) и желательно это потому, что устройство их не всегда безопасно. Оно безопасно только тогда, когда существует безусловное разделение расходов воды между двумя мостами. В противном случае оно не безопасно и не безопасно, во-первых потому, что к одному мосту может устремиться большое количество воды, чем предусмотренное расчетом, а во-вторых потому, что поперечный профиль поверхности разлива, взятый с верховой стороны полотна, представляет поверхность, постепенно возвышающуюся в обе стороны от моста, с низовой же стороны полотна—поверхность, понижающуюся в обе стороны. Вследствие этого разность горизонтов воды около самого полотна выше и ниже второго дополнительного моста, построенного на разливе, может быть столь значительна, подпор и скорости воды могут получиться настолько великими, что появится опасность размыва полотна и моста.

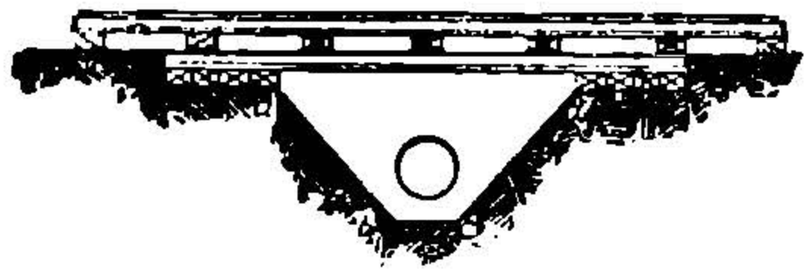
Имея в виду вышеизложенное, за местами с разгрузными мостами должно быть во время прохода весенних вод установлено зоркое наблюдение и приняты возможные меры для предотвращения описанных выше явлений, сопряженных с большими расходами и с перерывом движения.

§ 46. Ремонт искусственных сооружений без перерыва движения

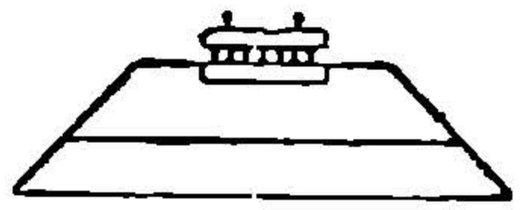
Всякий даже незначительный перерыв движения на эксплоатируемой железной дороге весьма нежелателен, и потому многие и подчас большие работы, как, например, по исправлению разрушенного или даже иногда по устройству искусственного сооружения под существующими путями (прокладке новой трубы), желательно вести без перерыва движения поездов. Одним из способов такого рода производства работ может служить нижеследующий способ помощью устройства так называемого „сплошного потолка“ из рельсов. То место в насыпи, где под существующим путем требуется положить, например, чугунную трубу, покрывается сплошь и рядом уложенными рельсами, поверх которых укладываются шпалы и путевые рельсы, как это показано на чертеже 435. Концы рельсов, составляющих сплошной потолок, упираются на несколько рядом уложенных шпал. Рельсы потолка укладываются так, что если головка

РГБ ДНУЖТ

одного направлена вверх, то соседнего с ним вниз. Под сделанным таким образом потолком вырывается траншея *abcd*, в которой и производятся работы по укладке труб без перерыва движения (черт. 434 и 435).



Черт. 434.



Черт. 435.

Указанный способ находит применение и при других путевых работах. Так, например, им пользуются при устройстве сквозных прорезей земляного полотна при ликвидации пучин (осушение балластных корыт).

Что касается величины пролета, перекрываемого рельсовыми пакетами, то такая должна быть проверена расчетом в зависимости от числа рельсов в пакете, калибра рельсов и типа пропускаемого паровоза.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие силы действуют на путь и какие этими силами вызываются деформации?
2. Как обследуются деформации верхнего строения пути?
3. Какими сигналами ограждается место работ?
4. Как производится разгонка прозоров. Какие применяются меры против угона?
5. Как производится исправление толчков?
6. Какие существуют приборы для механической подбивки шпал?
7. Как производится сплошная смена рельс?
8. Как производится исправление пучин?
9. Какие условия попадания снега на путь?
10. Почему отлагается снежный вал перед щитом и почему сзади?
11. Какие бывают системы снегоочистителей?
12. Каковы причины оползней на косогорах и какие существуют меры борьбы с ними?
13. Какие применяются меры для пропуска весенних вод?

НТБ ДНУЖТ

ЗАДАНИЕ IX

ОБШЕЕ ПОНЯТИЕ О РАСЧЕТЕ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ

Расчет рельсового пути в настоящее время сводится к определению прочности элементов верхнего строения пути — к расчету напряжений в рельсах, шпалах и балласте при проходе по ним поездов.

Определение напряжений в рельсах в настоящее время производится на нижеследующих основаниях.

1) При определении напряжений в рельсах принимаются во внимание лишь деформации самого рельса, рассматриваемого как многопролетная балка, лежащая на упругих опорах, и совершенно игнорируются деформации рельсового стыка, хотя таковой является самым слабым местом рельсового пути.

2) При расчете рельса принимаются во внимание лишь действующие на него силы вертикальные и совершенно игнорируются силы горизонтальные, хотя таковые могут достигать и фактически достигают иногда значительных размеров.

3) Самое определение испытываемых рельсом напряжений ведется, исходя из статического расчета, исправленного затем на динамическое действие нагрузки и именно—помножением наибольшего изгибающего статического момента, определенного по способу Циммермана, на некоторый коэфициент, зависящий от подвижности нагрузки.

Не останавливаясь на выводе формул, которыми пользуются при расчете элементов верхнего строения пути, что выходит за пределы настоящего курса, приведем лишь самые общие сведения о методах расчета этих элементов по двум способам, именно: 1) по способу, рассматривающему рельс как балку, лежащую на многих упругих опорах и 2) как балку на сплошном упругом основании.

§ 47. Общие сведения о расчете рельса

При проектировании всякого сооружения вообще, и железнодорожного пути в частности, следует стремиться к тому, чтобы сооружение это отвечало нижеследующим требованиям.

1) Должны быть выполнены условия безопасности: напряжения каждого из элементов сооружения не должны достигать при самых неблагоприятных условиях нагрузки такой величины, при которой происходит разрушение этого элемента.

2) Не должно быть допущено чрезмерного запаса прочности элементов.

3) Должна быть достигнута возможная равномерность напряжения всех элементов.

ЧТБ ДНУЖТ

4) Наконец, сооружение должно быть возможно дешевым.

Ответ на вопрос, удовлетворяет ли указанным требованиям данное сооружение и как его следует переконструировать, если им не удовлетворяет, может дать только расчет.

Задачи расчета

Сущность этого расчета заключается в разрешении двух нижеследующих основных задач.

1) По заданной величине действующих на сооружение сил, например, по величине тех давлений, которые производят колеса заданного паровоза, двигающегося с заданной скоростью по поверяемому расчетом пути, определить, как распределяются эти силы по отдельным элементам сооружения, как давление подвижного состава распределяется вдоль рельса на отдельные шпалы и как оно распределяется вдоль шпалы и в балласте.

2) Зная, как распределяются силы по отдельным элементам и зная мощность этих элементов и их способность сопротивляться этим силам, определить деформации этих элементов; зная деформации различных элементов сооружения, определить максимальную величину напряжений, испытываемых отдельными элементами.

Посмотрим, как разрешаются указанные задачи при расчете верхнего строения пути.

Взаимодействие отдельных элементов пути

Верхнее строение железнодорожного пути состоит из совокупности трех главнейших элементов: рельсов, шпал, балласта и ряда второстепенных, как-то: накладок, болтов, подкладок, костылей, шурупов. Каждый из этих элементов работает не разрозненно и не независимо один от другого, а в тесной взаимной связи.

Указанное взаимодействие выражается в том, что воспринятые всеми элементами силы распределяются между отдельными элементами в зависимости от мощности всех элементов верхнего строения.

Если, например, лежащий в пути слабый рельс малого калибра передает давление, принятое непосредственно от колеса паровоза на 4 лежащие под ним шпалы, то уложенный вместо него более мощный рельс передаст это давление на 6 шпал. Приходящееся на каждую шпалу и на лежащий под ней балласт давление в первом случае, когда давление распределяется между 4 шпалами, будет, разумеется, больше, чем при укладке более мощного рельса, когда это же давление распределяется между 6 шпалами.

Общие основания расчета

Нарисовать правильную картину распределения по отдельным элементам и установить величину силы, приходящейся на каждый элемент, и составляет, как было указано выше, первую задачу расчета.

Прежде чем приступить к рассмотрению, как решается эта задача, ознакомимся с силами, действующими на путь.

РГБ ДНУЖТ

Силы, действующие на путь

Эти силы разделяются на статические, т. е. те давления, которые действуют на путь, когда паровоз спокойно стоит на рельсах, и на динамические, которые появляются при движении паровоза. Затем силы бывают вертикальные и горизонтальные. Так как в настоящее время расчеты ведутся лишь на силы вертикальные, то только их мы и будем иметь в виду.

Величины статических давлений колес могут быть определены простым взвешиванием паровоза. Что касается сил динамических, то последние во время движения паровоза не остаются постоянными, а то увеличиваются, превосходя статические давления раза в два и более, то уменьшаются, разгружая рельс. Указанные перегрузки и разгрузки рельса получаются в связи с конструктивными особенностями движущего механизма паровоза: в паровозе имеются такие части, как, например, кривошипы, которые при движении паровоза то поднимаются вверх, то опускаются вниз, рождая особые силы инерции, которые то направлены вверх, то вниз. В первом случае они разгружают рельс, а во втором перегружают его. Абсолютные величины этих сил зависят от скорости движения (как известно, силы инерции пропорциональны квадрату скорости движения). Кроме этого, на увеличение давлений влияет впуск пара в цилиндр; влияют рессоры. Совокупность всех указанных сил в зависимости от скорости движения определяется как теоретическими вычислениями, так и наблюдениями во время опытных поездок с паровозами. Величины этих сил наносятся на особых диаграммах, которые помещаются в паспортах паровозов.

Из диаграмм ясно усматривается зависимость между величинами давления колес и скоростью движения паровоза и легко могут быть определены наибольшие возможные давления, соответствующие данной скорости движения.

Деформация пути

Зная величины действующих на путь сил, можно определить и деформации этого пути.

Рельс представляет собой многопролетную неразрезную балку, лежащую на упругих опорах.

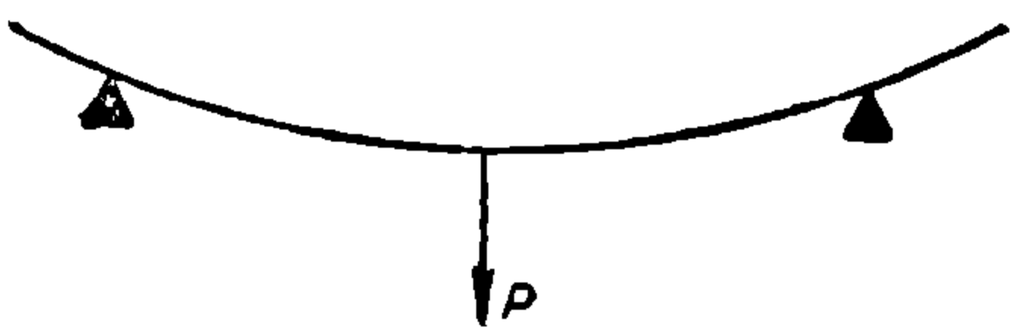
Под действием вертикальной нагрузки балласт сжимается; лежащие на нем опоры шпалы опускаются, причем величина этого опускания пропорциональна величине действующей силы и зависит от качества балласта, от его упругости, от так называемого коэфициента постели шпал *C*. Коэфициентом этим называется такая сила, которую нужно приложить к одному квадратному сантиметру поверхности постели шпалы, чтобы шпала опустилась на 1 *см*. Для того, чтобы опустить на 1 *см* шпалу, лежащую на песке, нужно приложить меньшую силу, чем шпалу, лежащую на щебне. В первом случае нужно приложить силу примерно около 4 *кг/см*^{2}, а во втором случае — около 8 *кг/см*^{2}. Эти величины 4, 8 и другие, соответствующие балласту данного качества, и называются коэфициентом постели шпал и обозначаются буквой *C*. Зависимость между величиной погружения *y* и силой *p* может быть выражена такой формулой:

$$p = Cy. \qquad (1)$$

НТБ ДНУЖТ

Под действием вертикальной силы рельс, лежащий на опустившихся шпалах, изгибается и принимает вид, изображенный на черт. 436.

Прогиб рельса и величины оседания шпал под действием двигающегося паровоза ясно усматриваются из вышеприведенной диаграммы проф. Васютынского, полученной фотографическим путем (черт. 351). Таковы деформации рельса в пролете между стыками. Деформация в стыке столь сложна, что в настоящее время расчет рельса ведется, базируясь лишь на деформациях рельса между стыками.



Черт. 436.

Расчет рельса в настоящее время сводится к определению напряжения изогнутого рельса по формуле

$$\sigma = \frac{M}{W}, \tag{2}$$

где:

M — изгибающий момент,

w — момент сопротивления рельса.

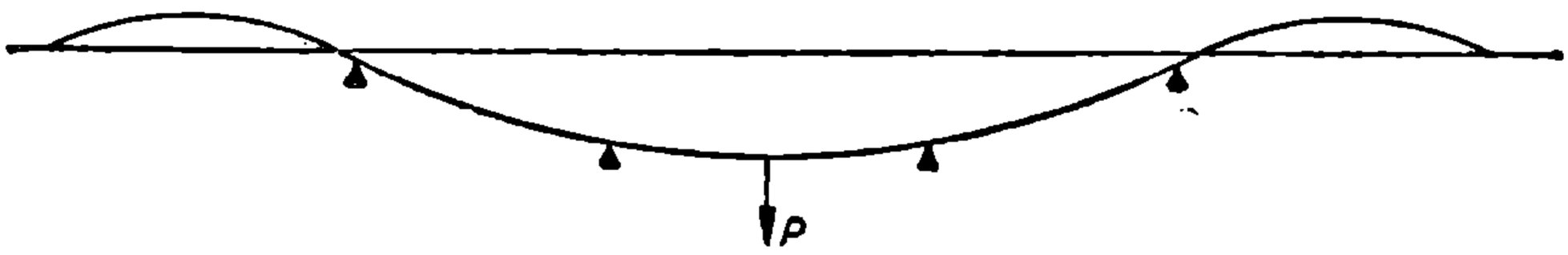
Если бы рельс представлял собой разрезную балку, лежащую на двух неупругих опорах, то изгибающий момент M выразился бы такой формулой

$$\max M = \frac{pl}{4}, \tag{3}$$

где:

p — величина груза,

l — пролет (расстояние между опорами, шпалами) и прогиб рельса имел бы вид, изображенный на черт. 436).



Черт. 437.

Расчет по способу, рассматривающему рельс как неразрезную балку на многих упругих опорах

В настоящее время при расчете рельса иногда его рассматривают как многопролетную неразрезную балку, лежащую на упругих опорах; прогиб рельса имеет вид, изображенный выше (см. черт 437), а изгибающий момент фактически имеет величину несколько большую, чем вычисленная по формуле (3), именно

$$\max M = n\frac{pl}{4},$$

где n есть величина, большая единицы. Согласно исследованиям Циммермана

$$n = \frac{8\gamma + 7}{4\gamma + 10}, \tag{4}$$

НТБ ДНУЖТ

здесь γ есть коэфициент, учитывающий указанную упругость опор и равный:

$$\gamma = \frac{B}{D},$$

т. е. отношению двух сил B и D, где B есть сила, характеризующая жесткость рельса, а D есть сила, характеризующая жесткость опор, именно B есть сила, которую нужно приложить к средине рельса, свободно лежащего на двух опорах с расстоянием между опорами, равным двойному расстоянию между шпалами, чтобы произвести прогиб рельса, равный единице; D есть сила, приходящаяся на полушпалу, которая производит оседание шпалы на единицу.

Первая сила B зависит от размеров рельса и расстояния между шпалами и выражается такой формулой:

$$B = \frac{BEJ}{l^3}, \tag{5}$$

где

J — момент инерции рельса;
E — модуль упругости стали;
l — расстояние между осями шпал.

Вторая сила D зависит от размеров шпалы и качества балласта и выражается такою формулой:

$$D = C\,\frac{bs}{2}\,\alpha, \tag{6}$$

где

C — указанный выше коэфициент постели шпалы;
b — ширина шпалы;
s — длина шпалы;
α — некоторый коэфициент, учитывающий изгиб шпалы.

Таким образом определяются изгибающие моменты M, т. е. по отношению к рельсу разрешается первая задача об определении его деформаций. После этого по формуле (2) может быть определено и напряжение в рельсе. Таков ход расчета рельса под действием одиночного, спокойно стоящего груза.

Пример

статического расчета рельса под действием одиночной нагрузки

Возьмем рельс IIа.
Шпалу длиной $a = 270$ *см* и шириной $b = 25{,}5$ *см*,
Расстояние между шпалами $l = 75$ *см*.
Коэфициент постели шпалы $C = 4$ *кг/см*^{2}.
Паровоз серии Е$^\Phi$ (*см.* черт. 438).

$$\frac{P_1}{2} = \frac{14\,900}{2} = 7\,450 \text{ кг}.$$

$$\frac{P_2}{2} = 7\,450 \text{ кг}. \qquad \frac{P_4}{2} = 7\,750 \text{ кг}.$$

$$\frac{P_3}{2} = 8\,350 \text{ кг}. \qquad \frac{P_5}{2} = 7\,800 \text{ кг}.$$

НТБ ДНУЖТ

Наибольшее статическое давление на ось 16,7 $m = 16\,700$ *кг* и на колесо

инфлюэнтные линии [1], которые имеют в общем вид, изображенный на черт. 439.

Из рассмотрения этой инфлюэнтной линии видно, что груз P_3 дает наибольшую ординату положительную; грузы P_2 и P_4 дают отрицательные ординаты, следовательно, уменьшают величину изгибающего момента.

Кроме инфлюэнтных линий инж. Крачковским составлены и соответственные таблицы, пользование которыми на практике очень удобно. Как инфлюэнтные линии, так и таблицы составлены для различных γ. Расстояние груза от рассматриваемого сечения измеряется в долях расстояния между шпалами; так, например, если расстояние x груза P_4 от груза P_3, который стоит на рассматриваемом сечении рельса, равняется, например, 140 *см*, то x принимается равным

$$\frac{140}{70} = 2.$$

Применительно к этому и составлены таблицы.
Для примера приведем небольшую выдержку из таблиц.

Ординаты инфлюэнтных линий для момента посредине пролета при расположении грузов по обе стороны поверяемого ее сечения

	0,75	1	2	3	4	5	6
0	+ 0,24075	+ 0,25453	+ 0,29215	+ 0,31752	+ 0,33807	+ 0,35506	+ 0,36780
0,1	+ 0,2029	+ 0,2160	+ 0,2521	+ 0,2767	+ 0,2969	+ 0,3135	+ 0,3267
0,2	+ 0,1651	+ 0,1774	+ 0,2121	+ 0,2356	+ 0,2558	+ 0,2720	+ 0,2851
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
1,9	— 0,0367	— 0,0432	— 0,0557	— 0,0610	— 0,0645	— 0,0660	— 0,0672
2,0	— 0,03396	— 0,04020	— 0,05460	— 0,06168	— 0,06583	— 0,06843	— 0,07030
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
3,8	+ 0,0016	+ 0,0008	— 0,0055	— 0,0132	— 0,0208	— 0,0280	— 0,0345

Примечание. Таблицы инж. Крачковского полностью приведены в труде моем „Рельсовый путь," изд. 1931 г.
Возьмем паровоз серии Еф.
Поставим над рассматриваемым сечением колеса $P_3 = 16{,}7 \quad {}^1/_2 = 8{,}35 = 8\,350$ *кг*.
Грузы P_2 и P_4 будут находиться от этого груза и от рассматриваемого сечения на расстоянии 142,2 *см* или в долях расстояния между шпалами

$$\frac{142{,}2}{75} = 1{,}9,$$

грузы P_5 и P_1 будут на расстоянии $\frac{142{,}2}{75} \cdot 2 = 1{,}9 \cdot 2 = 3{,}8$.

Инфлюэнтные линии и таблицы составлены таким образом, что изгибающий момент, рассчитанный, пользуясь приведенными выше инфлюэнтными линиями или таблицами, будет равен

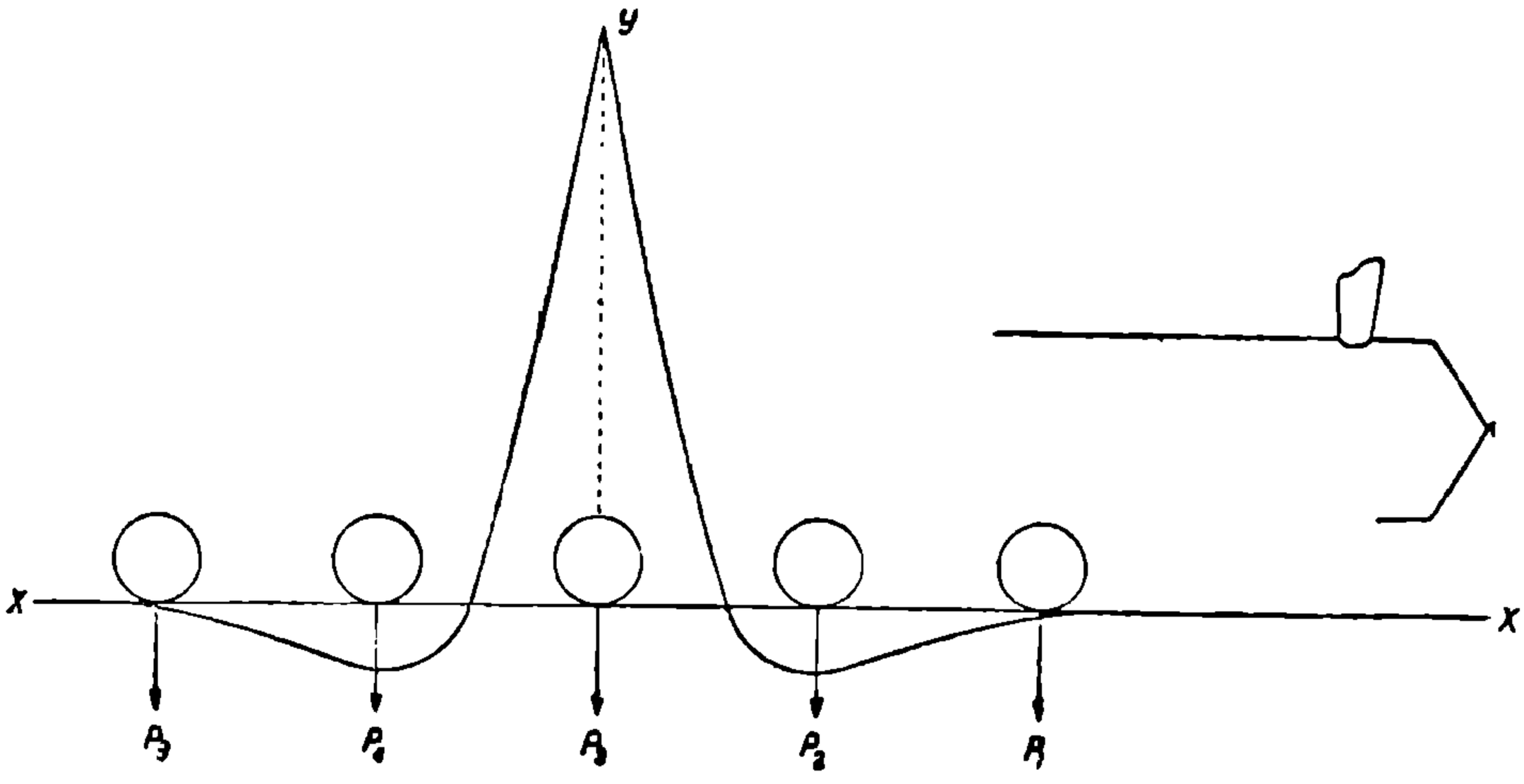
$$M_{max} = \Sigma P_y l,$$

[1] Инфлюэнтные линии и таблицы приведены в моем труде „Рельсовый путь", ч. I и II.

НТБ ДНУЖТ

где ΣP_y есть сумма произведений из груза на соответствующую ординату, взятую из таблицы соответственно расстоянию груза от рассматриваемого сечения. Следовательно, в нашем случае из данной таблицы следует взять величины ординат, соответствующие указанным выше расстояниям: $x = 1{,}9$, $x = 3.8$ и $x = 0$ и, кроме того. соответствующие $y = 2{,}33$, для чего сделать соответствующую интерполяцию, а именно, для груза P_3, который стоит на рассматриваемом сечении и для которого следовательно $x = 0$, ордината будет получена интерполированием между + 29215 соответствующей $y = 2$ и + 0,31752 (соответствующей $y = 3$), именно: $y_3 = +\ 0,\ 29215 + (0{,}31753 - 0{,}29215) \cdot 0.33 = +\ 0{,}30052$; итак,

$$y_3 = +\ 0{,}30052;$$



Черт. 439.

ординаты $y_2 = y_4$, соответствующие $x = 1.9$ будут равны $0{,}0557 - (0{,}0510 - -0{,}0557) \times 0{,}33 = -0{,}0557 - 0{,}0017 = -0{,}0574$;
итак,

$$y_2 = y_4 = -0{,}0574;$$

наконец, $y_1 = y_5$; соответствующие $x = 3.8$ будут равны $y_1 = y_5 = -0{,}0055 - -(0{,}0132 - 0{,}0055) \cdot 0{,}33 = -0{,}0055 - 0{,}0025 = -0{,}0080$;
итак,

$$y_1 = y_5 = -0{,}0080;$$

$$\Sigma P_y = +\ 8350 \quad 0{,}30052 - (7450 + 7750)\, 0.0574 - (7450 + 7800) \cdot 0{,}008 =$$
$$= 2\,505 - 872 - 122 = 1\,511.$$
$$M_{max} = \Sigma P_y l = 1511 \quad 75 = 113325.$$

Итак, при учете влияния соседних грузов мы получили момент 113325 *кг/см* < < 191 006 *кг/см* — величины, полученной выше без учета этих грузов.

По таблицам момент без учета соседних грузов мы получили бы равным

$$2\,505 \times 75 = 187875\ кг/см,$$

т. е. очень близкий к 191006, полученный по формуле Циммермана, а не по инфлюэнтным линиям.

ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Динамический момент $M_д = mM_с$. где $M_с$ = наибольший момент, определяемый так же, как описано выше, с тою лишь разницей, что вместо статических давлений колес P_1, P_2, P_3 и т. д. в указанные формулы подставляются динамические реакции Z колес, которые

БГТУ ДНУЖТ

берутся из паспортов паровозов; m — есть коэфициент, который оценивает увеличение динамического воздействия колес на рельсы в связи с наличием выбоин и неровностей на бандажах и рельсах, этот коэфициент, согласно приказу НКПС от 24 ноября 1925 г.; принимается для товарных паровозов.

$$m = 1 + \frac{0{,}8\,v}{50};$$

а для пассажирских паровозов

$$m = 1 + \frac{v}{100},$$

где v—скорость движения в километрах/часах.

Пример

динамического расчета рельса II[а] при движении паровоза 1-5-0 серии Е[ф] при скорости движения $v = 50$ *км/час.*

Из паспорта I паровоза 1-5-0 находим для принятой скорости нижеследующие значения динамических реакций Z колес.

$P_1 = 10\,500$ *кг*	вместо	статического	$P_1 = 7\,450$ *кг*
$P_2 = 11\,000$ *кг*	„	„	$P_2 = 7\,450$ *кг*
$P_3 = 16\,200$ *кг*	„	„	$P_3 = 8\,350$ *кг*
$P_4 = 12\,300$ *кг*	„	„	$P_4 = 7\,750$ *кг*
$P_5 = 11\,400$ *кг*	„	„	$P_5 = 7\,800$ *кг*

$$m = 1 + \frac{0{,}8 \cdot 50}{50} = 1{,}8$$

$$M_{max} = [16\,200 \cdot 0{,}30052 - (11\,000 + 12\,300) \cdot 0{,}0574 - (10\,500 + 11\,400) \cdot 0{,}008] \cdot 1{,}8 \cdot 75 = [4\,868{,}4 - 1\,337{,}4 - 175] \cdot 1{,}8 \cdot 75 = 453\,060 \text{ кг/см.}$$

$$\sigma = \frac{453\,060}{150} = 3\,020 \text{ кг/см}^2.$$

Допускаемое напряжение равно 3 000 *кг/см*².

НАПРЯЖЕНИЕ В БАЛЛАСТЕ

Напряжение P в балласте определяется по формуле:

$$P = Cy,$$

где: C — коэфициент постели шпалы,
y — наибольшее погружение шпалы, равное

$$y = \frac{R_{max}}{D},$$

где R_{max} — наибольшее вертикальное давление системы грузов, передаваемое рельсом на шпалу, определяемое для данной скорости движения в зависимости от упомянутых выше динамических реакций колес (взятых из паспорта паровоза) и коэфициента m и помощью составленных инженером Крачковским инфлюэнтных линий или таблиц для давлений на опору.

РГБ ДНУЖТ

Допускаемое напряжение для балласта, согласно приказу НКПС от 1925 г., при коэфициентах постели 3,5 и 5 *кг/см²* принимается соответственно 4,5 и 6 *кг/см²* (собственно говоря, приказ устанавливает указанные допускаемые напряжения при способе расчета по методу сплошного упругого основания, но результаты его мало отличаются от расчета с помощью указанных таблиц).

Пример расчета напряжения в балласте

Возьмем рассмотренный выше рельс $П^а$, паровоз $Е^Ф$, расстояние между осями шпал — 75 *см* и ту же скорость $v = 50$ *км/час*.

Реакции колес будут те же.

Ординаты, взятые из таблиц инженера Крачковского и соответствующие $\gamma = 2{,}33$, $x = 0$; $x = 1{,}9$ и $x = 3{,}8$ берем из таблицы, выдержки из которой здесь приводим.

Таблица для ординат инфлюэнтных линий для давления на опору нахождений грузов по обе стороны от испытуемой опоры

x \ γ	0,75	1	2	3	4
0	—	—	+0,4615	+0,4187	—
1,9	—	—	+0,0625	+0,0825	—
3,8	—	—	—0,0210	—0,0201	—

$$y_3 = 0{,}4615 - (0{,}4615 - 0{,}4187) \cdot 0{,}33 = 0{,}4474;$$

$$y_2 \quad y_4 \quad 0{,}0625 + (0{,}0825 - 0{,}0625)\, 0{,}33 = 0{,}0691;$$

$$y_1 \quad y_5 = -0{,}0210 - (0{,}0210 - 0{,}0201)\, 0{,}33 = -0{,}0207.$$

$$R_{max} = m\,[16\,200 \cdot 0{,}4474 + (11\,000 + 12\,300) \cdot 0{,}0691 - (10\,500 + 11\,400) \cdot 0{,}0207] = -m\,8\,345,$$ где $m = 1{,}8$, так что $R_{max} = 1{,}8 \cdot 8\,345 = 15\,021$;

$$y = \frac{R_{max}}{D} = \frac{15021}{12393} = 1{,}21 \text{ см}.$$

$$p = cy,$$

примем коэфициент постели $c = 4$ *кг/см²*;

$$p = 4 \times 1{,}21 = 4{,}84 \text{ кг/см}^2 > 4{,}5 \text{ кг/см}^2.$$

§ 48. Расчет по способу, рассматривающему рельс как балку, лежащую на сплошном упругом основании

Не останавливаясь на выводах формул, помощью которых определяется напряжение в рельсе, рассматриваемого как балка на сплошном упругом основании, приведем лишь некоторые выдержки и примеры из приказа НКПС от 1925 г.

Динамические напряжения в рельсах определяются по формуле:

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W},$$

НТБ ДНУЖТ

W—момент сопротивления рельса, $M_{max} = m\,Mz$—наибольший динамический момент системы вертикальных сил, действующих на рельс.

Здесь Mz—наибольший от системы грузов момент, определяемый для рассматриваемого рельса по динамическим реакциям (z) колес. Для паровозов эти реакции берутся из паспортов. Для вагонов и тендеров значение динамических реакций колес определяется лишь перегрузом от колебания рессор, зависящим от жесткости (ж) последних и полуамплитуды колебания (z), принимаемый для расчета равной 15 *мм* (перегруз от колебания рессор равен произведению ж на z).

Определение момента M производится или по методу сплошного упорного основания, или же по методу отдельных упругих опор без учета веса самого рельса и поперечин.

Коэфициент m оценивает увеличение динамического воздействия колес на рельсы в связи с наличием выбоин и неровностей на бандажах и рельсах.

Этот коэфициент (m) принимается для товарных паровозов при нулевой скорости равным 1,0; при скорости 50 *км/час*—равным 1,8.

Для пассажирских паровозов при скорости, равной нулю, этот коэфициент (m) принимается также равным 1,0, а при скорости 100 *км/час*—равным 2,0.

Значения коэфициента (m) для скоростей от 0 до конструкционной определяется по закону прямой линии.

Допускаемые напряжения в рельсах при указанном способе расчета принимаются в 3000 *кг/см²*, при чем при определении напряжений в рельсах момент сопротивления W принимается в соответствии с моментом инерции I, принятом при определении коэфициента γ.

1. Определение напряжений в балласте и шпалах

Определение напряжений в балласте и шпалах от наибольшего вертикального давления системы грузов R_{max}, передаваемого рельсом на шпалу, находится указанным выше способом для заданий скорости движения, в зависимости от упомянутых выше динамических реакций колес и коэфициента.

Напряжение в балласте определяется по формуле:

$$p = Cy,$$

где: C — коэфициент постели шпалы;

y — наибольшее погружение шпалы, равное $\frac{R_{max}}{D}$.

Допускаемое напряжение для балласта при коэфициентах постели 3,4 и 5 *кг/см²* принимается при указанном способе расчета соответственно 4,5 и 6 *кг/см²*.

Напряжение от изгиба в шпалах (здоровых) определяется по формулам и таблицам Циммермана и не должно превосходить 250 *кг/см²*.

При расчете шпал модуль упругости дерева принимается равным 120 000 *кг/см²*.

НТБ ДНУЖТ

2. Установление предельной скорости

На основании указанных расчетов напряжений в отдельных элементах верхнего строения пути определяются максимальные расчетные скорости движения. Эти скорости должны рассматриваться как максимальные ориентировочные для установления опытными поездками действительных допускаемых скоростей движения.

При окончательном установлении скоростей надлежит руководствоваться в частности следующими указаниями.

1. Наибольшие скорости движения ни в коем случае не должны превышать конструкционных скоростей паровозов;

2. Скорости движения свыше 60 *км/час* допускаются вообще лишь при наличии подкладок на всех шпалах.

3. На кривых участках пути с радиусами менее 600 *м* в случае, если в конструкции паровозов не предвидены специальные устройства, облегчающие прохождение по кривым наибольшие нормальные скорости должны быть уменьшаемы согласно нижеследующей таблице:

Радиусы (в метрах)	Наибольший процент уменьшения нормальной скорости
500	10
450	15
400	20
350	25
300	30
250	35
200	40

4. В случае, если в пути имеются пучины или если путь по каким-либо причинам не находится во вполне удовлетворительном состоянии, то на таких участках железных дорог наибольшие скорости движения должны быть понижаемы. Точно так же скорости подлежат уменьшению на стрелках при входе на боковые пути и при движении по прямому пути нецентрализованным и незапертым стрелкам.

Основными формулами для определения статического момента *M* и вертикального давления *R*, передаваемого на шпалу, по методу сплошного упругого основания являются:

$$M_z = \frac{Pl}{4}\sqrt[4]{\frac{2}{3}}\,\gamma;$$

$$R_z = \frac{P}{2}\sqrt[4]{\frac{3}{2\gamma}};$$

где: M_z — момент под грузом P в *кг/см²*;
l — расстояние между осями шпал в *см*;

$$\gamma = \frac{6EJ}{l^2D};$$

НТБ ДНУЖТ

D — сила, прогибающая полушпалу на 1 *см*.

Для вычисления коэфициента относительной жесткости пути $\gamma = \frac{6EI}{l^3 D}$, необходимого для производства вышеуказанных расчетов, значения входящих в приведенное выражение величин принимаются:

$$E' = 2\,000\,000 \ кг/см^2;$$

J ($см^4$) = моменту инерции рельса с учетом степени его износа;
l ($см$) = наибольшему расстоянию между осями поперечин;
D ($кг$) = силе, погружающей в балласт полушпалу на 1 *см*, равной

$$a_1 \frac{ab}{2} C,$$

где: b — ширина нижней постели шпалы;
a — длина шпалы, берутся в предположении соответственных типов брусковых шпал, как наиболее невыгодных для расчета напряжений в рельсах;
a_1 — коэфициент, учитывающий влияние изгиба шпал, принимается для брусковых шпал при нормальной колее равным 0,9;
C — коэфициент постели шпалы, берется для расчетов: для магистральных линий при щебеночном баласте, равным 5 $кг/см^3$, при прочих доброкачественных баластах равным 4 $кг/см^3$, а при мелко песчаном балласте и вообще для дорог местного значения равным 3 $кг/см^3$.
R_z — вертикальное давление, передаваемое на шпалу в килограммах. При выводе указанных формул принимается, что основание способно давать отрицательные реакции, что соответствует случаям, когда рельс прижат соседними грузами.

В тех случаях, когда указанное прижатие не имеет места (прижатие рельса костылями не принимается во внимание), то значение M и R увеличивается на 9%, т. е.

$$M_z = 1{,}09 \frac{Pl}{4} \sqrt[4]{\frac{2\gamma}{3}};$$

$$R_z = 1{,}09 \frac{P}{2} \sqrt[4]{\frac{3}{2\gamma}}.$$

Когда кроме груза P на рельс действуют грузы P_1 и P_2 то значение M и R под грузом P будет:

$$M_z = \frac{Pl}{4} \sqrt[4]{\frac{2}{3}\gamma} + \frac{Pl}{4} \sqrt[4]{\frac{2}{3}\gamma} \quad \mu_1 + \frac{P_2 l}{4} \sqrt[4]{\frac{2}{3}\gamma}\mu_2$$

$$R_z = \frac{P}{2} \sqrt[4]{\frac{3}{2\gamma}} + \frac{P_1}{2} \sqrt[4]{\frac{3}{2\gamma}} \cdot \eta_1 + \frac{P_2}{2} \sqrt[4]{\frac{3}{2\gamma}} \quad \eta_2 +$$

где μ и η коэфициенты влияния соседних от P грузов. Эти коэфициенты находятся по нижеприведенной таблице (стр. 412), если определить предварительно величину

$$ax = \sqrt[4]{\frac{D}{l \cdot 4 \quad E \cdot J}}\, x,$$

НТБ ДНУЖТ

Таблица

коэфициентов μ и η в функции от φ

$\varphi = \alpha x$	η	μ_2	$\varphi = \alpha x$	η	μ
0,0	1,0000	1,0000	3,6	—0,03659	—0,01241
0,1	0,9907	0,8100	3,7	—0,03407	—0,00787
0,2	0,9651	0,6398	3,8	—0,03138	—0,00401
0,3	0,9267	0,4888	3,9	—0,02862	—0,00077
0,4	0,8784	0,3564	4,0	—0,02583	—0,00189
0,5	0,8231	0,2415	4,1	—0,02309	0,00403
0,6	0,7628	0,1431	4,2	—0,02042	0,00572
0,7	0,6997	0,0599	4,3	—0,01787	0,00699
0,8	0,6354	—0,0093	4,4	—0,01546	0,00791
0,9	0,5712	—0,0657	4,5	—0,01320	0,00852
1,0	0,5083	—0,1108	4,6	—0,01112	0,00786
1,1	0,4476	—0,1457	4,7	—0,00921	0,00898
1,2	0,3899	—0,1716	4,8	—0,00748	0,00892
1,3	0,3355	—0,1897	4,9	—0,00593	0,00870
1,4	0,2849	—0,2011	5,0	—0,00455	0,00837
1,5	0,2384	—0,2068	5,1	—0,00334	0,00795
1,6	0,1959	—0,2077	5,2	—0,00229	0,00746
1,7	0,1576	—0,2047	5,3	—0,00139	0,00692
1,8	0,1234	—0,1985	5,4	—0,00063	0,00636
1,9	0,0932	—0,1899	5,5	—0,00001	0,00578
2,0	0,0667	—0,1794	5,6	0,00053	0,00520
2,1	0,0439	—0,1675	5,7	0,00095	0,00464
2,2	0,0244	—0,1548	5,8	0,00127	0,00409
2,3	0,0080	—9,1416	5,9	0,00152	0,00356
2,4	—0,0056	—0,1282	6,0	0,00169	0,00307
2,5	—0,0166	—0,1149	6,1	0,00180	0,00261
2,6	—0,0254	—0,1019	6,2	0,00185	0,00219
2,7	—0,0320	—0,0895	6,3	0,00187	0,00181
2,8	—0,0369	—0,0777	6,4	0,00184	0,00146
2,9	—0,0403	—0,0666	6,5	0,00179	0,00115
3,0	—0,0423	—0,0563	6,6	0,00172	0,00087
3,1	—0,04314	—0,04688	6,7	0,00162	0,00063
3,2	—0,04307	—0,03831	6,8	0,00152	0,00042
3,3	—0,04224	—0,03060	6,9	0,00141	0,00024
3,4	—0,04079	—0,02374	7,0	0,00129	0,0009
3,5	—0,03887	—0,01769			

где x (*см*)—расстояние грузов P_1, P_2 от груза P, E *кг/см*^{4}—модуль упругости стали, J (*см*^{4})—момент инерции рельса и l (*см*)—расстояние между осями поперечин.

Динамический момент, согласно вышеприведенному приказу, принимается равным $M_3 = mM_2$, причем для товарных паровозов

$$m = 1 + \frac{0{,}8\,v}{50}$$

и для пассажирских

$$m = 1 + \frac{v}{100};$$

v *км/час*—заданная скорость движения.

НТБ ДНУЖТ

§ 49. Примеры расчета согласно приказу 1925 г.

Для нижеприведенных примеров принимаем расчетные моменты инерции и сопротивления равными $J = 0{,}83\,J_0$ и $W = 0{,}87\,W_0$ (что соответствует изношенности рельсов около 6 *мм*), число шпал на 1 *км* — 1 400 шт. (на одну версту — 1 500 шт.), расстояние между осями смежных шпал $l = 75$ *см*, коэфициент постели шпалы *С*-4, соответственно с чем элементы расчета для наиболее употребительных типов рельсов будут:

Типы рельсов	I-а	II-а	III-а	IV-а	$22\frac{1}{2}$ фунт/фут
J_0 см⁴	1 476	1 222	968	751	707
$J = 0{,}83\,J_0$ см⁴. .	1 225	1 014	803	623	587
W_0 см³. . . .	210	172	147	123	118
$W = 0{,}87\,W_0$ см³ .	183	150	128	107	103
$\gamma = \frac{6EJ}{l^3D}$					
$D = 11\,421$; γ .	3,05	2,53	2,00	1,55	1,46
$D = 12\,393$; γ . .	2,81	2,33	1,84	1,43	1,35

$$D = a\frac{ab}{2}C\ кг; \quad a = 0{,}90; \quad C = 4$$

Для шпал типа № 1 $a = 270$ *см*; $l = 25{,}5$ *см*,

типа № 3 $a = 270$ *см*; $l = 23{,}5$ *см*,

$D_1 = 12\,393$ *кг* (для типа № 1),

$D_2 = 11\,421$ *кг* (для типа № 3).

Паровоз серии E^{ϕ}

Наибольший момент определяется под ведущим колесом (P_3) и находится по формуле:

$$M_{max} = \frac{ml}{4}\sqrt[4]{\frac{2}{3}\gamma}\,\Sigma\mu P,$$

где

$$\Sigma\mu P = P_3 + \mu_1(P_2 + P_4) + \mu_2(P_1 + P_5).$$

Наибольшее давление будет под тем же колесом и определяется по формуле:

$$R_{max} = m\frac{1}{2}\sqrt[4]{\frac{3}{2\gamma}}\,\Sigma\eta P,$$

где

$$\Sigma\eta = P_3 + \eta_1(P_2 + P_1) + \eta_2(P_1 + P_5).$$

$$ax = \sqrt[4]{\frac{12\,393}{75{,}4 \cdot 2\,000\,000}} \cdot x \text{ (шпалы типа № 1);}$$

$$x_1 = 142{,}2; \quad x_2 = 284{,}4.$$

НТБ ДНУЖТ

Типы рельсов	Ia	IIa	IIIa	IVa	221 фунт/фут.
ax_1 .	1,62	1,70	1,80	1,92	1,95
μ_1 .	—0,207	—0,205	—0,198	—0,188	—0,185
η_1 .	+0,188	+0,158	+0,123	+0,088	+0,080
ax_2 .	3,24	3,40	3,60	3,84	3,90
μ_2 .	—0,035	—0,024	—0,012	—0,003	—0,001
η_2 .	—0,043	—0,041	—0,036	—0,030	—0,029

Рельсы типа I-а. 50 *км/час* (конструкцион.), $m = 1{,}8$. Для взятой скорости значения реакций z по паспорту паровоза будут:

$$P_3 = 10\,500, \quad P_2 = 11\,000, \quad P_3 = 16\,200, \quad P_4 = 12\,300, \quad P_3 = 11\,400 \text{ кг}.$$

$$\sum \mu P = 16\,200 - 0{,}207\,(11\,000 + 12\,300) - 0{,}035\,(10\,500 + 11\,400) = 10\,610 \text{ кг}$$

(влиянием бегунка пренебрегаем).

$$\sigma = \frac{1{,}8}{4}\sqrt[4]{\frac{2}{3}}\gamma \cdot 10\,610; \quad w = 183; \quad \gamma = 2{,}81; \quad \sigma = 2\,289 \text{ кг/см}^2.$$

$$\sum \eta P = 16\,200 + 0{,}188\,(11\,000 + 12\,300) - 0{,}043\,(10\,500 + 11\,400) = 19\,638 \text{ кг};$$

$$R_{max} = 1{,}8\,\frac{1}{2}\sqrt[4]{\frac{3}{2\gamma}} \cdot 19\,638 \text{ кг};$$

$$\gamma = \frac{R_{max}}{D} = 1{,}22 \text{ см};$$

$$P = 1{,}22 \cdot 4 = 4{,}88 \text{ кг/см}^2.$$

Рельсы типа IIa . $v = 50$ *км* (конструкцион.); $m = 1{,}8$. Значения реакций z те же, как в предыдущем случае

$$\sum \mu P = 16\,200 - 0{,}205\,(11\,000 + 12\,300) - 0{,}024 \cdot (10\,500 + 11\,400) = 10\,898 \text{ кг}.$$

$$\sigma = \frac{1{,}8 \cdot 75}{4 \cdot 150}\sqrt[4]{\frac{2}{3}}\,2{,}33 \cdot 10\,899 = 2\,737 \text{ кг/см}^2.$$

$$\sum \eta P = 16\,200 + 0{,}158\,(11\,000 + 12\,300) - 0{,}041\,(10\,500 + 11\,400) = 18\,983 \text{ кг};$$

$$R_{max} = 1{,}8 \cdot \frac{1}{2}\sqrt[4]{\frac{3}{2 \cdot 2{,}33}} \cdot 18\,983 \text{ кг};$$

$$y = \frac{R_{max}}{D} = 1{,}23 \text{ см};$$

$$P = 1{,}23 \cdot 4 = 4{,}92 \text{ кг/см}^2.$$

При определении напряжений по способу упругих опор получаем:

$$\sigma = 3\,020 \text{ кг/см}^2; \quad y = 4{,}84 \text{ кг/см}^2.$$

НТБ ДНУЖТ

Рельсы типа III^{a}. $v = 45$ *км/час*; $m = 1 + \frac{0{,}845}{50} = 1{,}72$.

$P_1 = 10\,350$, $P_2 = 10\,700$, $P_3 = 15\,850$, $P_4 = 12\,100$, $P_5 = 11\,250$;

$$\sum \mu P = 15\,850 - 0{,}198\,(10\,700 + 12\,100) - 0{,}012 \cdot (11\,250 + 10\,350) = 11\,077 \text{ кг};$$

$$\sigma_1 = \frac{1{,}72 \cdot 75}{4 \cdot 128} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot 1{,}84 \cdot 11\,077 = 2\,936 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sum yP = 15\,850 + 0{,}123\,(10\,700 + 12\,100) - 0{,}036\,(11\,250 + 10\,350) = 17\,877 \text{ кг};$$

$$R_{max} = \frac{1{,}72}{2} \sqrt[4]{\frac{3}{2 \cdot 1{,}84}} \cdot 17\,877 \text{ кг};$$

$$y = \frac{R_{max}}{D} = 1{,}18 \text{ см}; \quad P = 1{,}18 \cdot 4 = 4{,}72 \text{ кг/см}^2.$$

Рельсы типа IV^{a}. $V = 33$ *км/час*; $m = 1 + \frac{0{,}8 \cdot 33}{50} = 1{,}528$,

$P_1 = 9\,800$, $P_2 = 10\,300$, $P_3 = 15\,500$, $P_4 = 11\,700$, $P_5 = 10\,700$.

$$\sum \mu P = 15\,500 - 0{,}188\,(11\,700 + 10\,300) - 0{,}003\,(10\,700 + 9\,800) = 11\,303 \text{ кг};$$

$$\sigma_1 = \frac{1{,}528 \cdot 75}{4 \cdot 107} \cdot \sqrt[4]{\frac{2}{3}} \cdot 1{,}43 \cdot 11\,303 = 2\,900 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sum yP = 15\,500 + 0{,}088\,(11\,700 + 10\,300) - 0{,}03\,(10\,700 + 9\,800) = 16\,821 \text{ кг};$$

$$R_{max} = \frac{1{,}528}{2} \sqrt[4]{\frac{3}{2 \cdot 1{,}43}} \cdot 16\,821 \text{ кг};$$

$$y = \frac{R_{max}}{D} = 1{,}05 \text{ см}; \quad P = 1{,}05 \cdot 4 = 4{,}20 \text{ кг/см}^2.$$

Следовательно, допускаемые скорости для рельсов взятых типов определяются для типов I^{a} и II^{a} по давлению на балласт и для прочих типов напряжениями в рельсах от изгиба и будут:

Типы рельсов.	I^{a}	II^{a}	III^{a}	IV^{a}
Допускаемые скорости в *км* . .	50	50	45	33

В самое последнее время для учета влияния соседних грузов составлены помимо инж. Крачковского инж. Григорьевым инфлюэнтные линии и таблицы (см. выпуск № 85 Научно-технич. комитета НКПС).

В момент выпуска настоящего курса вышел приказ НКПС, который в замен приказа 1925 г. предлагает новые правила расчета

НТБ ДНУЖТ

пути, которые приводятся в приложении (в конце данного курса). Вместо коэфициента *C* вводится „модуль упругости рельсового основания И". Затем существенным нововведением является установление коэфициентов динамики пути *m*, зависящих от качества пути. Применение таблиц и графиков сводит процедуру расчета к простейшим действиям.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем заключается основная задача расчета?
2. Какие силы действуют на путь?
3. Какие деформации вызываются в рельсе действующими на него силами?
4. К чему в настоящее время сводится расчет рельса?
5. Каково влияние соседних грузов на изгибающий момент?
6. Что представляет собой коэфициент γ в формуле Циммермана?
7. Что такое динамическое напряжение?
8. Как ведется динамический расчет рельса? Как учитывается влияние выбоин?
9. Что такое динамические реакции колес паровоза и откуда берутся величины тих реакций при динамическом расчете?
10. Как определяется напряжение в балласте?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Пользуясь приведенными в курсе таблицами и данными, определите величину напряжения рельса III^a при расстоянии между шпалами в 55 *см* при движении паровоза серии Еф со скоростью 50 *км/час* или напряжение в рельсе II^o при том же расстоянии между шпалами под паровозом T^A, двигающимся со скоростью 40 *км*. Задайтесь по своему усмотрению величиной износа рельса, качеством пути и типом шпалы. Примените новые правила расчета, предложенные приказом НКПС от 1931 г.

НТБ
ДНУЖТ

ЗАДАНИЕ X

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ЭКСПЛОАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

§ 50.

Эксплоатация железных дорог в узком смысле этого слова есть предмет, изучающий вопрос об организации перевозок—об установлении правильного железнодорожного движения. К большинству даже незначительных промышленных и культурных центров земного шара проведены железные дороги, и вся земная поверхность покрыта целой сетью железных дорог. Общее протяжение всех железных дорог земного шара равняется в настоящее время примерно миллиону километров, т. е. превосходит в три раза расстояние между землей и луной. Задачей этих железных дорог является достижение наибольшего совершенства в деле переброски людских и грузовых масс из одного населенного пункта в другой. Чем лучше устроены железнодорожные пути и их обустройства, чем совершеннее подвижной состав и чем выше организация движения на железных дорогах, тем, разумеется, лучше они выполняют возложенные на них задачи. Три основных технических элемента характеризуют качество железной дороги: путь, двигатель и организация перевозок. Первый из указанных элементов изучается в курсе „Железных дорог“, второй—в курсе „Паровозов“ и, наконец, третий—в курсе „Эксплоатации железных дорог“. Итак, предметом изучения эксплоатации железных дорог является организация перевозок, именно установление правильного железнодорожного движения, отвечающего требованиям жизни. Таким образом „Эксплоатация железных дорог“ есть дисциплина, изучающая железнодорожное движение, изучающая самую жизнь железнодорожного организма и методы наилучшего устроения этой жизни, т. е. методы установления правильного движения на железных дорогах. Каковые же основные условия этого правильного железнодорожного движения. Правильное железнодорожное движение есть движение безопасное, срочное, скорое, непрерывное, удобное и дешевое.

1. Безопасность движения

Первым и необходимым условием правильного, совершенного железнодорожного движения является его безопасность. Если остальные упомянутые выше условия правильного движения, как-то: срочность, скорость, удобство и т. д. удовлетворяются в возможной степени сообразно с обстоятельствами, то для безопасности такой условности допущено быть не может. Мы стремимся к тому, чтобы безопасность движения была абсолютной; достигается это различными мерами предосторожности предписанными законом

РГБ ДНУЖТ

и целым рядом серий усовершенствований. Всякое нарушение указанных законом мер предосторожности есть преступление, влекущее за собой уголовную ответственность. Благодаря упомянутым выше мерам предосторожности и усовершенствованиям движение на железных дорогах, несмотря на большую скорость, отличается высокой степенью безопасности. В течение 1900 г. на 43 млн. пассажиро-километров у нас приходился один несчастный случай, происшедший с пассажирами не по их вине. В Германии один несчастный случай приходился на 44 млн., а во Франции—на 45 млн. пассажиро-километров.

Безопасность движения гарантируется следующими мерами.

1) Исправным состоянием пути, именно верхнего строения (рельсов, шпал, балласта и т. д.); искусственных сооружений (мостов, труб и т. д.) и нижнего строения—земляного полотна. Устройство указанных элементов пути излагается в специальных курсах „Железных дорог“, „Мостов“, „Строительного искусства“. О содержании в порядке и ремонте упомянутых элементов излагается в курсе „Содержание и ремонт пути“.

2) Безопасность движения гарантируется исправным состоянием подвижного состава. Конструкция, ремонт и правила пользования подвижным составом излагаются в специальном курсе „Паровозов“ и отчасти в курсе „Железных дорог“.

3) Безопасность движения гарантируется точным соблюдением правил движения по железным дорогам и правилами о сигналах. Правила движения и меры, которые должны приниматься агентами железной дороги для безопасности движения, излагаются в утвержденных „Правилах технической эксплоатации“.

4) Безопасность движения гарантируется исправным состоянием устройств СЦБ.

Движение по железной дороге резко отличается от движения по обыкновенной грунтовой дороге и от движения по водным путям, отличается как скоростью движения, так и характером самого движения благодаря особому устройству пути, движущего механизма и передвигаемых экипажей—вагонов. Вследствие указанной разницы различны и правила движения по железным дорогам от правил движения по указанным выше другим путям сообщения.

Если одна повозка может двигаться по грунтовой дороге непосредственно вслед за другой, не нарушая безопасности движения, то следование одного быстро двигающегося железнодорожного поезда непосредственно вслед за другим по одной и той же рельсовой колее сопряжено с опасностью наезда одного поезда на другой и крушением; если движение судов по обширным пространствам морей может совершаться почти без всякой регламентации, а по речным руслам, не обладающим простором морей, а имеющим определенную ограниченную ширину, уже с некоторой регламентацией, то при движении по железным дорогам, где район движения ограничен рельсовой колеей, строгая регламентация совершенно неизбежна. Одним из основных правил, вытекающих из требования а б с о л ю т н о й безопасности, является правило, чтобы н а п е р е г о н е м е ж д у д в у м я с т а н ц и я м и н е н а х о д и л о с ь о д н о в р е м е н н о б о л е е о д н о г о поезда; если с данной станции вышел поезд, то с этой же станции вслед за ушедшим поездом может быть отпра-

НТБ ДНУЖТ

влен следующий лишь после того, как первый поезд придет на следующую станцию и таким образом перегон будет свободен (так называемая абсолютная система). В особых случаях разрешается пускать вслед за вышедшим со станции поездом еще второй поезд, но в этом случае сзади идущий поезд может быть пущен лишь через установленный промежуток времени после впереди идущего поезда (так называемая разрешительная система). Таким образом впереди идущий поезд ограждается не пространством, отделяющим один поезд от другого, а временем. Указанный способ не представляет, разумеется, той абсолютной гарантии безопасности, каковая обеспечивается нахождением одного поезда на перегоне. Способ этот обычно применяется в исключительных случаях с соблюдением особых мер предосторожности, а именно: скорость сзади идущего поезда не должна быть более скорости впереди идущего поезда, и, кроме того, машинисты и главные кондукторы обоих поездов должны быть осведомлены о том, что на перегоне находятся два поезда. Необходимо это для того, чтобы они, проявляя большую бдительность, могли немедленно принять необходимые меры для предотвращения несчастного случая, например, наезда сзади идущего поезда на передний, если этот последний по какой-либо причине неожиданно остановился на перегоне.

На наших железных дорогах перегоны обычно считаются закрытыми. Движение на однопутных дорогах совершается по следующему способу: отправление поезда на перегон может последовать только по предварительным сношениям начальников смежных станций того перегона, на который должен отправиться поезд. Способы сношений по движению существуют следующие: телеграф, телефон, жезлы, путевая блокировка. Телеграммы, помощью которых начальники станций сносятся между собой, подаются по определенной форме. Так, запрос о разрешении пути по форме: „Могу ли отправить поезд номер такой-то". Если путь свободен и нет никаких препятствий к принятию поезда, то получивший этот запрос начальник станции немедленно отвечает телеграммой по форме: „Ожидаю поезд номер такой-то".

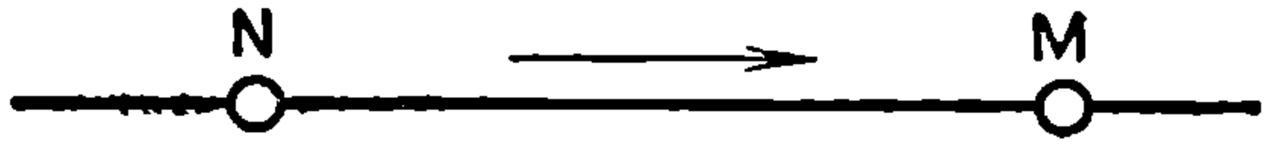
Что касается самого способа движения поездов, то различаются следующие основные способы движения.

1. Движение поездов при пользовании одним только паровозом. Способ этот заключается в том, что по данному перегону все поезда погут передвигаться помощью только одного для того назначенного паровоза. Курсирование по перегону только одного паровоза, конечно, вполне гарантирует безопасность движения от столкновений поездов. Способ этот имеет применение лишь на участках дороги с самым слабым движением, например на незначительных ветвях.

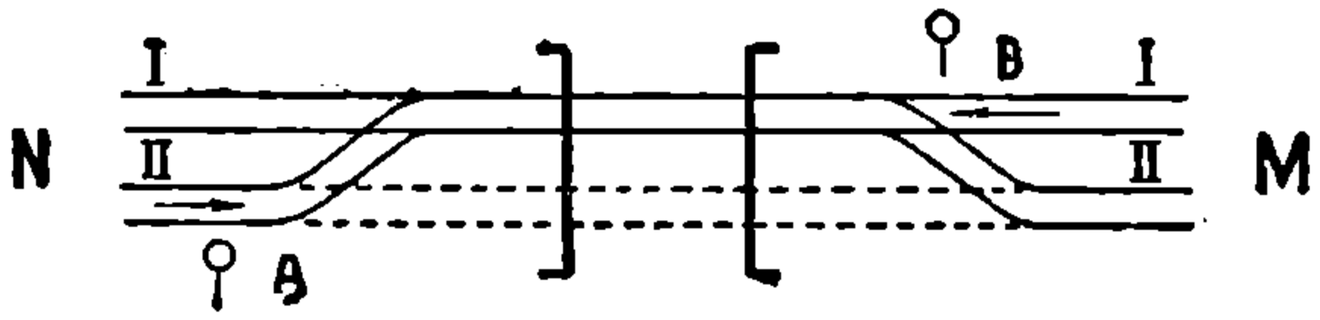
2. Движение поездов при помощи поездного проводника (пилота). Способ этот заключается в том, что на определенный перегон дороги назначается особый проводник для сопровождения им каждого поезда. Поезд, остановившись в начале перегона, может двинуться на перегон лишь после того, как на паровоз поезда сядет проводник данного перегона. При нормальных условиях, например, при нормальной длине перегона в несколько километров, способ этот весьма невыгоден. В самом деле, если со станции N должны отправиться на станцию M два поезда, один вслед за другим, то проводник,

НТБ ДНУЖТ

доведя первый поезд до станции *M*, должен вернуться пешком или на лошадях на станцию *N* для того, чтобы сопровождать второй поезд (черт. 440). Способ этот рационально применять (и он обычно применяется) в том случае, когда перегон имеет самое незначительное протяжение, как, например, когда при перестройке моста устраивается сплетение путей, т. е. когда в пределах перестраиваемого моста на двухпутной линии один путь в виду указанной перестройки закрывается, следовательно, в пределах моста устанавливается однопутное движение. Такое сплетение показано на чертеже 441.



Черт. 440.



Черт. 441.

Путь II в пределах перестраиваемого моста закрывается. Все поезда проходят по мосту по пути I. Поезда, идущие из *N* в *M* по пути II, останавливаются у красного диска *A* и после посадки проводника проходят по мосту по пути I и, затем, опять переходят на путь II. Поезда, идущие из *M* в *N* по I пути, останавливаются у красного диска *B* и после посадки проводника проходят по мосту по пути I. Если в одном направлении следуют два поезда один за другим, то проводнику после проведения одного поезда приходится вернуться назад, чтобы привести второй поезд; при этом ему приходится пройти пешком лишь самое незначительное расстояние, именно расстояние в пределах устроенного сплетения. Пропуск поездов по перегону с проводником называется „пилотажем“.

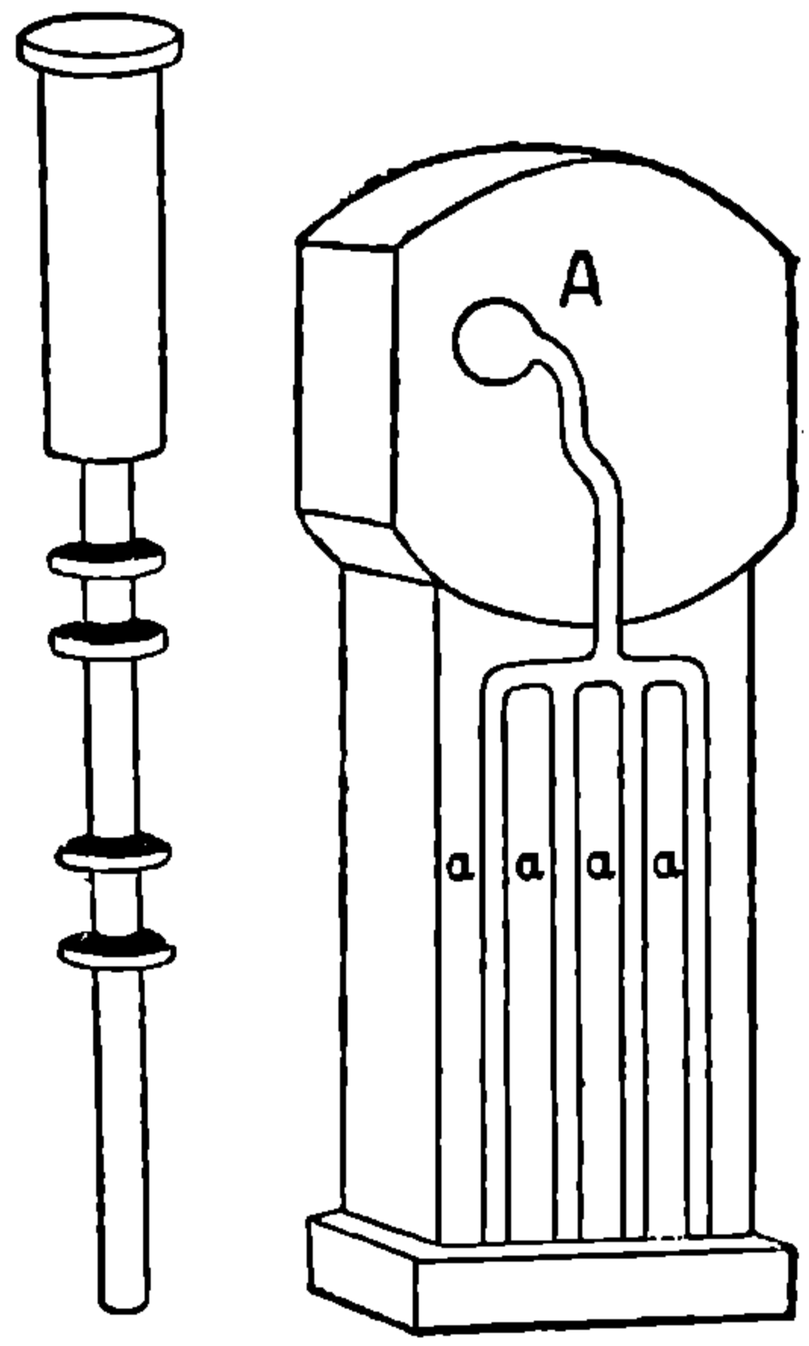
3. Движение поездов при единоличном распоряжении перегоном одним из начальников станций, прилегающих к данному перегону, именно начальником станции, отправляющим поезда преимущественного направления. Если установлено, что преимущественное направление идет от *N* к *M*, то начальник станции *N* может отправить поезд на станцию *M* без разрешения начальника станции *M*. Начальнику станции *N*, отправляющему поезд в *M*, надлежит лишь убедиться, что на вверенной ему станции *N* не имеется сведений о несвободности перегона или о неготовности к принятию поезда станцией *M*. Что же касается до начальника станции *M*, то он может отправить поезд на станцию *N* лишь с разрешения начальника этой станции.

4. Движение поездов при посредстве участкового распределителя движения (диспетчерская система, Dispatch system). Вся дорога распределяется на определенные участки; каждый участок обнимает не более 10 перегонов. Движение поездов на каждом участке производится исключительным распоряжением одного лица. Это лицо, участковый распорядитель (диспетчер), находится безотлучно на своем посту и постоянно следит за движением поездов своего участка по графику движения или по особым таблицам, на которых для наглядного и ясного представления картины движения в любой данный момент он отмечает положение всех поездов своего участка на основании получаемых им донесений начальников станций о прибытии

НТБ ДНУЖТ

и отправлении поездов. Поезд может быть отправлен со станции на перегон лишь по распоряжению диспетчера. Способ этот может быть применен и на двухпутных линиях.

5. Движение поездов при сохранении пунктов их скрещения. Способ этот заключается в том, что поезд следует до станции, на которой ему назначено по расписанию скрещение со встречным поездом без предварительных сношений. До прибытия надлежащего поезда, с которым ему назначено скрещение, он далее не отправляется. Ясно, что такой способ рационально применять лишь в тех случаях, когда при движении поездов строго выполняется расписание поездов. В противном случае этот способ может совершенно нарушить правильность движения поездов: опоздание одного поезда задержит своевременное отправление со станции встречного поезда, с которым ему назначено скрещение, и таким образом может нарушить своевременный приход этого встречного поезда на следующую станцию, что скажется на правильном отправлении скрещивающегося с ним поезда и т. д. В конце-концов опоздание одного поезда может нарушить точное выполнение расписания всеми поездами.



Черт. 442.

6. Движение поездов при помощи жезлов. Способ этот заключается в том, что по данному перегону поезд может двигаться только в том случае, если машинисту поезда вручен жезл, присвоенный этому перегону. Каждому перегону дороги присваивается жезл,—металлический цилиндрический стержень (черт. 442), отличающийся от жезлов соседних перегонов формой; на жезле обозначены конечные станции перегона. Из основного правила движения о нахождении на перегоне лишь одного поезда вытекает, что находиться на перегоне может только один жезл. Самое простое разрешение вопроса было бы в наличии в распоряжении обоих начальников станций данного перегона лишь одного только жезла этого перегона. При таком решении вопроса при необходимости отправить со станции *N* на станцию *M* вслед за отправленным поездом другой в этом же направлении пришлось бы прибывший на станцию *M* жезл вернуть на станцию *N* и только тогда мог бы быть отправлен второй поезд. Ясно, что при таком решении вопроса способ этот отличался бы теми же недостатками, как описанный выше способ движения при посредстве одного проводника (пилота). Во избежание указанных недостатков на обеих станциях данного перегона имеется несколько жезлов, присвоенных данному перегону (около 30), и все они вложены в два электрожезловых аппарата находящихся по одному на каждой станции данного перегона. Между этими двумя аппаратами имеется такая электрическая зависимость, что из всей серии жезлов данного перегона, вложенных в обоих аппаратах, может быть извлечен из како-

НТБ ДНУЖТ

го-либо одного аппарата, по соглашению между начальниками станций данного перегона, лишь один жезл; второй жезл может быть вынут лишь после того, как будет вложен в один из аппратов первый жезл. Самый процесс вынимания жезла состоит в том, что после последовавшего соглашения между начальниками станций по телефону о том, с какой станции какой поезд должен быть отправлен, начальник той станции, на которую должен быть отправлен поезд, дает начальнику станции отправления разрешение вынуть жезл, для чего нажимает соответственную кнопку и вращает ручку имеющегося у него индуктора и, таким образом посылая ток в электрожезловой аппарат станции отправления, устанавливает такую электрическую зависимость, при которой из аппарата станции отправления может быть вынут жезл. Начальник станции отправления, получив разрешение, вынимает жезл, записывает номер жезла и номер отправляющегося поезда и время отправления поезда в журнал поездных телеграмм и передает жезл машинисту. По прибытии поезда на станцию назначения машинист передает жезл начальнику этой станции, последний вписывает номер жезла, номер поезда и время прибытия в журнал поездных телеграмм и вкладывает жезл в аппарат. На чертеже 442 показан жезл — металлический стержень с кольцевыми утолщениями, так расположенными, что жезл данного перегона не может быть вложен в аппарат соседнего перегона. На том же чертеже показан схематически аппарат, имеющий четыре вертикальных прореза *a*, в которые помещаются жезлы. Вынимаются они через уширение *A* (черт. 442).

Способ движения поездов на двухпутных линиях. Движение поездов на каждом пути производится распоряжением начальника станции отправления, не требуется и спрашивать разрешения от начальника станции назначения. Начальник станции отправления должен лишь иметь сведения о том, что ранее вышедший поезд прибыл на станцию назначения, т. е. что перегон свободен. Если на дороге имеется блокировка, которая описана выше в задании VI, то поезд может отправиться на перегон лишь в том случае, если сигнал, ограждающий перегон, открыт.

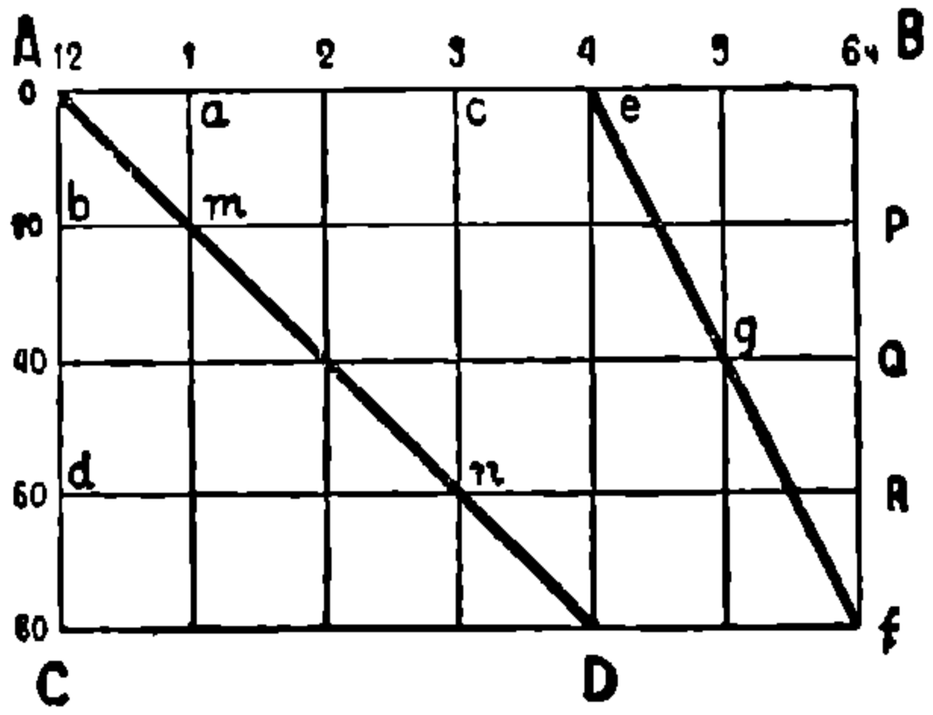
Помимо исполнения указанных выше правил движения поездов для безопасности движения необходимо также строгое соблюдение правил о сигналах.

2. Срочность движения

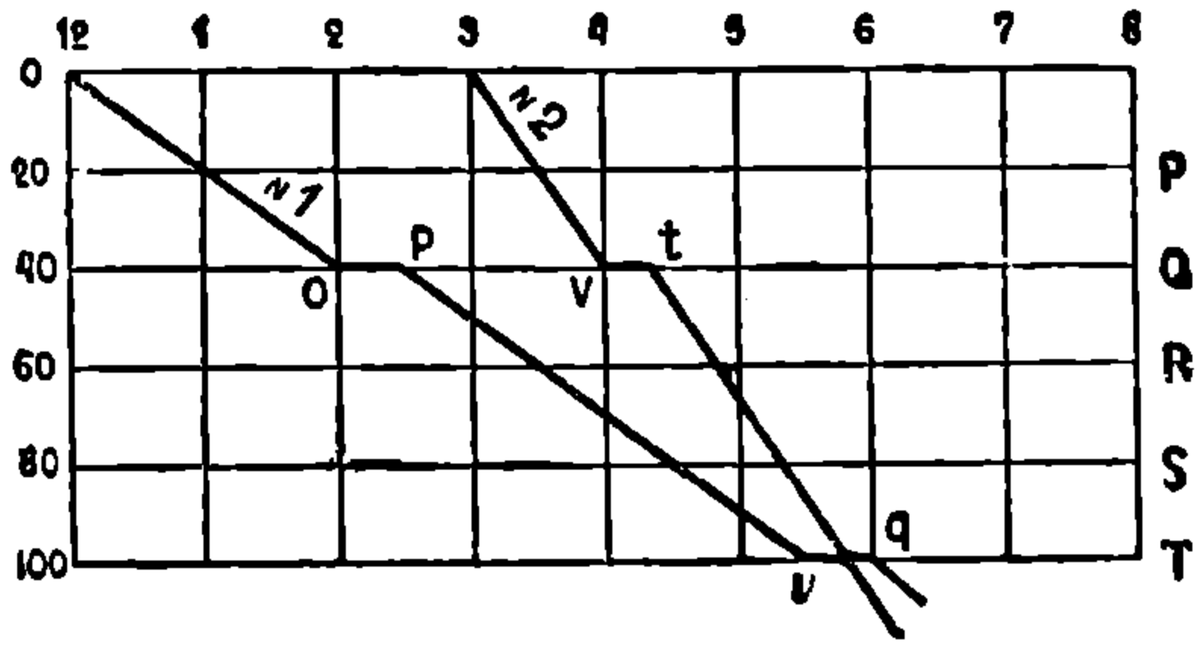
Одним из главных преимуществ железной дороги перед другими путями сообщения является скорость сообщения. Но как бы ни было велико значение скорости передвижения, еще большее значение имеет срочность железнодорожного сообщения, т. е. точное выполнение железной дорогой объявленного во всеобщее сведение расписания поездов. Железные дороги представляют собой важный фактор развития народного хозяйства и служат его нуждам. Для всякого промышленного предприятия, для всякого делового человека срочность, дающая возможность точно распределить свое время, иногда важнее скорости. Расписание движения поездов обычно изображается графически. Таким способом составленное расписание поездов очень удобно; благодаря своей наглядности дает возможность на одном чертеже-графике изобразить картину движения всех

РГБ ДНУЖТ

поездов и представить ее так, что, смотря на этот график, можно совершенно ясно представить себе местопребывание любого движущегося поезда в любой данный момент и наглядно уяснить себе время и пункты скрещения или обгона одних поездов другими. График движения составляется, исходя из следующих соображений: при движении поезда фактически в движении находятся одновременно три интересующих нас элемента—движется поезд, идет время и бегут километры. Отложим на горизонтальной линии AB в определенном масштабе время: 12 часов дня, час, два часа и т. д.; на вертикальной линии — километры (расстояние от точки A, черт. 443).



Черт. 443.

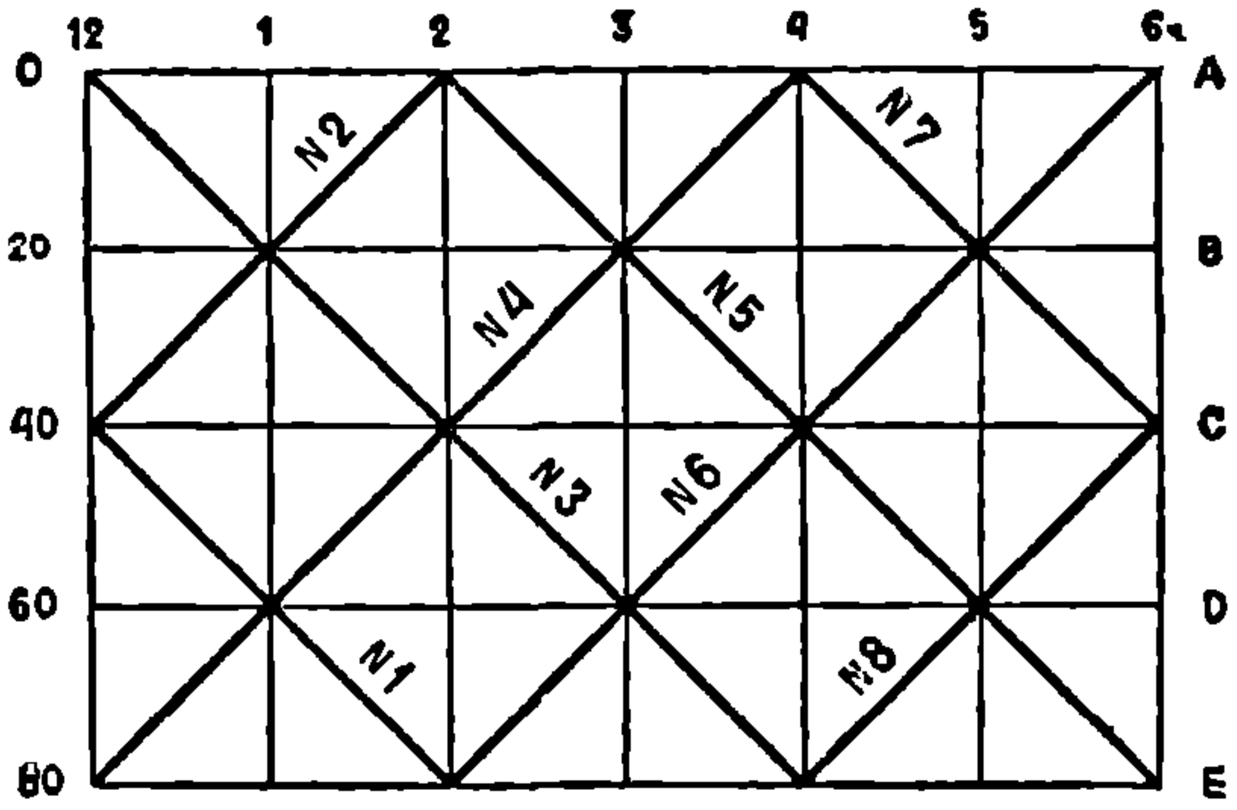


Черт. 444.

Тогда движение поезда, идущего с определенной равномерной скоростью, например, со скоростью 20 *км* в час, изобразится некоторой наклонной линией AD, проведенной таким образом, что против каждой точки этой наклонной линии на горизонтальной линии AB и на вертикальной линии AC будут лежать такие точки, или, другими словами, такие часы и такие километры, которые будут соответствовать действительному движению поезда. Так, например, против точки m на горизонтальной линии времени будет лежать точка a или 1 час, а на вертикальной линии километров—точка b или 20 *км*, это нам покажет, что поезд, вышедший из пункта A в 12 час. дня, будет в час дня находиться на 20-м *км*, что вполне соответствует сделанному нами выше предположению, что поезд движется со скоростью 20 *км* в час. Если, далее, для примера возьмем точку n, то увидим, что ей соответствует на горизонтали точка c или 3 часа и на вертикали—точка d или 60 *км*, т. е. что поезд в 3 часа дня, спустя три часа от момента отхода из пункта A, будет находиться на 60-м *км*, что опять-таки соответствует предположению, что поезд движется со скоростью 20 *км* в час. Другой пример: поезд вышел из пункта A в 4 часа дня, идет со скоростью 40 *км* в час. Движение такого поезда изображает линия ef, и в самом деле, возьмем какую-нибудь точку этой линии, например, точку g, она будет соответствовать 5 часам и пункту Q_1, находящемуся на расстоянии 40 *км* от пункта A, что покажет, что поезд в течение часа, прошедшего с момента его отхода, пройдет 40 *км*, что соответствует сделанному нами предположению—движению поезда со скоростью 40 *км* в час. Указанный график составлен в предположении, что поезда следуют, не останавливаясь в пунктах P, Q и R или на станциях. Если предположить, что в пункте Q делают остановку: первый поезд в течение $^1/_2$ часа, а второй—20 минут, то график примет вид по черт. 444, где площадки op и vt изобразят время остановки поездов на станции Q; в самом

НТБ ДНУЖТ

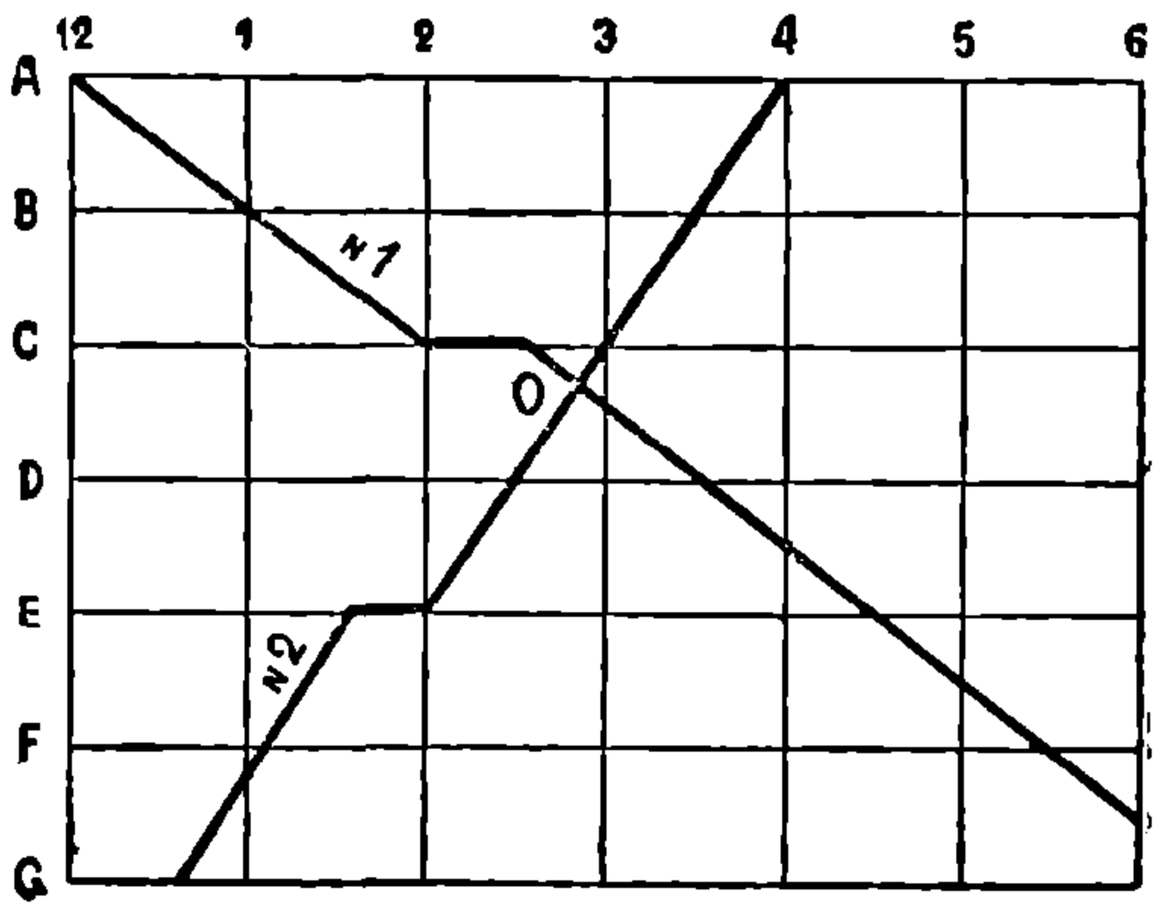
деле, на протяжении *op* точки линии, изображающей движение поезда № 1, расположены на горизонтальной прямой и не опускаются вниз, что показывает, что в течение времени, соответствующего площадке *op*, т. е. в течение получаса (от 2 до $2^1/_2$ часов), километры не бегут, поезд находится на 40-м *км*, т. е. поезд стоит. Точно так же поезд № 2 на сороковом *км* или на станции *Q* имеет остановку, но всего 20 минут, так как площадка *vt* соответствует 20 минутам. Из этого графика видно, что поезд № 2 нагоняет поезд № 1 на 100-м *км*, т. е. на станции *T*, где поезд № 1 должен сделать остановку для пропуска поезда № 2; остановка поезда № 1 на станции *T* изображается площадкой *rq*; поезд № 2 проходит станцию *T* без остановки.



Черт. 445.

Скрещение поездов двух различных направлений на однопутной линии может происходить только на станции. Такое скрещение изображено на черт. 445. Скрещение поездов № 3 и № 2 происходит на 20-м *км*, т. е. на станции *B*; поездов № 3 и № 4 на станции *C* и т. д. На двухпутных линиях поезда одного из направлений движений следуют по одному пути, поезда другого — по другому; в виду этого встреча поездов, их скрещение не обязательно на станциях, а может происходить и в пути, на перегонах между станциями; график двухпутной линии может иметь вид по черт. 446.

Из графика усматривается, что поезд № 1, идущий со станции *A* по направлению к станции *G*, встречается с поездом № 2, идущим в обратном направлении, на перегоне между станциями *C* и *D* около 3-х часов дня (на графике место встречи изображено точкой *o*). На всех приведенных выше чертежах изображена только часть графика движения поездов в течение суток, именно часть графика, изображающая движение поездов в период времени от 12 час. дня до 6 час. вечера.



Черт. 446.

Если составить график, изображающий движение поездов в течение всех суток на всем протяжении дороги от первой станции до последней и движение не только двух поездов, как это сделано на последнем чертеже, а всех поездов, курсирующих на данной дороге, то мы получим совершенно ясную и наглядную картину движе-

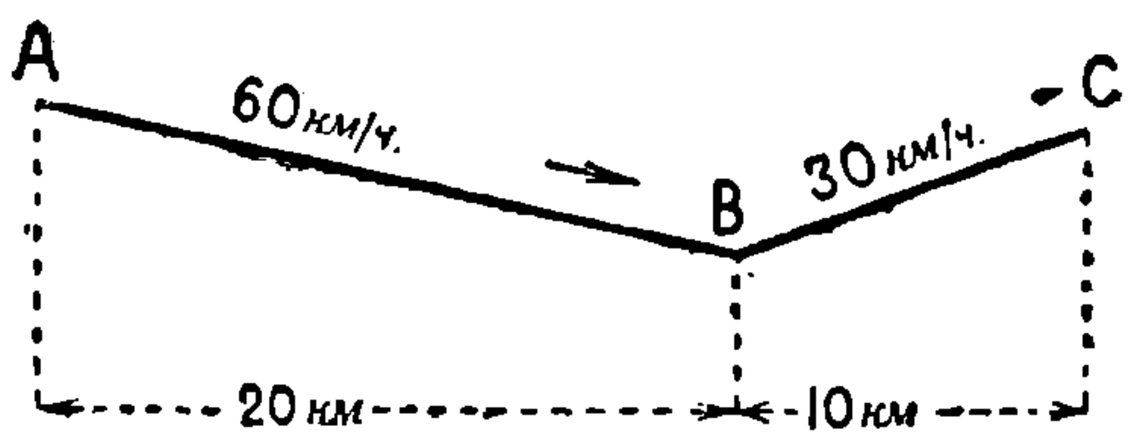
РГБ ДНУЖТ

ния всех поездов, картину, при помощи которой мы совершенно просто и быстро можем ответить себе на вопрос, где в любой данный момент находится любой из поездов, где и когда поезд номер такой-то встретится с поездом номер такой-то или обгонит поезд номер такой-то, сколько времени поезд номер такой-то должен стоять на станции в ожидании скрещения с поездом номер такой-то и т. д. График, дающий наглядную картину движения всех поездов, помогает составлению рационального и удобного расписания поездов, с возможно меньшими бесполезными простоями поездов в ожидании необходимых скрещений или обгонов и т. д.

Точное выполнение рационально составленного расписания или, другими словами, срочность движения поездов, есть одно из основных необходимых условий правильного железнодорожного движения.

3. Скорость движения поездов

Помимо указанных выше безопасности и срочности движения каждая железная дорога стремится достигнуть возможно большей скорости передвижения пассажиров и грузов; что касается понятия о скорости движения поездов, то в железнодорожном деле различают три рода скорости: скорость действительную, техническую и коммерческую. Действительной скоростью называется та скорость, с которой поезд фактически двигается по данному участку; так, например, если поезд, идя на участке *AB*, под уклон развивает скорость 60 *км* в час, а на участке *BC*, идя на подъем, развивает скорость 30 *км* в час, то 60 *км* в час будет действительная скорость движения поездов по участку *AB*, а 30 *км* в час будет действительная скорость движения поезда по участку *BC* (черт. 447).



Черт. 447.

Технической или перегонной скоростью называется та воображаемая скорость, идя с которой равномерно (без ускорения и без замедления) от начального пункта *A* до конечного *C*, поезд дошел бы до конечного пункта *C* в такой же промежуток времени, в какой он фактически проходит, идя с действительной скоростью, не равномерной на всем протяжении от начального пункта *A* до конечного *C*, а с переменной: от *A* до *B* со скоростью 60 *км* в час, а от *B* до *C* со скоростью 30 *км* в час. Если расстояние от *A* до *B*— 20 *км*, а между *B* и *C*—10 *км*, то поезд от *A* до *B*, идя со скоростью 60 *км* в час (т. е. в минуту 1 *км*) пройдет в 20 минут; от *B* до *C*, идя со скоростью 30 *км* в час (т. е. в минуту $^1/_2$ *км*), тоже в 20 минут, а все расстояние от *A* до *C* пройдет в 40 минут; следовательно, если бы он шел от *A* до *C* с равномерной скоростью, то, чтобы пройти участок от *A* до *C*, длиною 30 *км*, в 40 минут, он должен бы итти со скоростью $\frac{30}{40}$ *км* в минуту или $\frac{30}{40} \cdot 60 = 45$ *км* в час.

Эта скорость — 45 *км* в час—и будет называться технической скоростью. Коммерческой или участковой скоростью называется та техническая скорость, вычисленная для целого распорядительного участка, которая получится, если учесть время на остановки поезда.

РГБ ДНУЖТ

В предыдущем примере предполагается, что поезд идет от A до C без остановки. Если предположить, что поезд делает в B остановку в 20 минут, то он придет в C через час после отправления из A (40 минут в пути и 20 минут остановки). Таким образом, все расстояние от A до C в 30 *км* поезд фактически пройдет, если учесть время на остановку, в час. Эта скорость—30 *км* в час—и будет коммерческой скоростью, если AC представляют собой распорядительный участок. Наибольшая (предельная) действительная скорость движения по железной дороге должна удовлетворять условиям безопасности и устанавливается утвержденными для каждой дороги правилами в зависимости от типа верхнего строения пути и типа подвижного состава.

Аналитически величина коммерческой скорости может быть выражена нижеследующим образом.

Если назвать время, потребное для прохода поезда по данному участку, включая и остановки поезда, через t, время на самое движение—t_x и время на остановку—t_0, длину участка через s, то $t = t_x + t_0$; если разделить обе части равенства на s, то получим:

$$\frac{t}{s} = \frac{t_x}{s} + \frac{t_0}{s}$$

или, замечая, что $\frac{s}{t} = v_к$ — коммерческая скорость, $\frac{s}{t_x} = v_x$ —средняя действительная скорость, $\frac{t_0}{s} = \vartheta$—величина простая, отнесенная к 1 *км* пробега, получим:

$$\frac{1}{v_к} = \frac{1}{v_x} + \vartheta,$$

откуда:

$$v_к = \frac{1}{\frac{1}{v_x} + \vartheta}$$

Применяя к данному примеру, получим: $t = 60$ минут $= 1$ час; $t_0 = 20$ минут $= {}^1/_3$ часа; $t_x = 40$ минут $= {}^2/_3$ часа; $s = 30$ *км*;

$$\vartheta = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{30} = \frac{1}{90}; \qquad v_x = \frac{s}{t} = \frac{30}{\frac{2}{3}} = \frac{90}{2};$$

$$v_к = \frac{1}{\frac{1}{\frac{90}{2}} + \frac{1}{90}} = \frac{1}{\frac{3}{90}} = 30 \text{ км/час.}$$

Итак, коммерческая скорость зависит от средней действительной скорости v_x и от простоев поездов на станциях. В свою очередь

НТБ ДНУЖТ

простои поездов и задержки их на станциях зависят от целой серии различных факторов, как-то: от степени заполнения графика, от качества работы с вагонами, от степени идентичности перегонов и других. Таким образом, коммерческая скорость является функцией целой серии указанных выше факторов. Функция эта весьма сложная. Над составлением подробного аналитического выражения для величины коммерческой скорости работали инженеры Щегловитов, И. И Васильев и др. Не останавливаясь на весьма сложных выводах подробной формулы величины коммерческой скорости, так как это выходит за пределы настоящего изложения, укажем здесь лишь вкратце на выводы о зависимости коммерческой скорости от степени заполнения графика и от работы с вагонами, к которым приходит И. И. Васильев в своем труде „Зависимость коммерческой скорости движения поездов от технических элементов работы железнодорожных участков", изд. 1918 г.

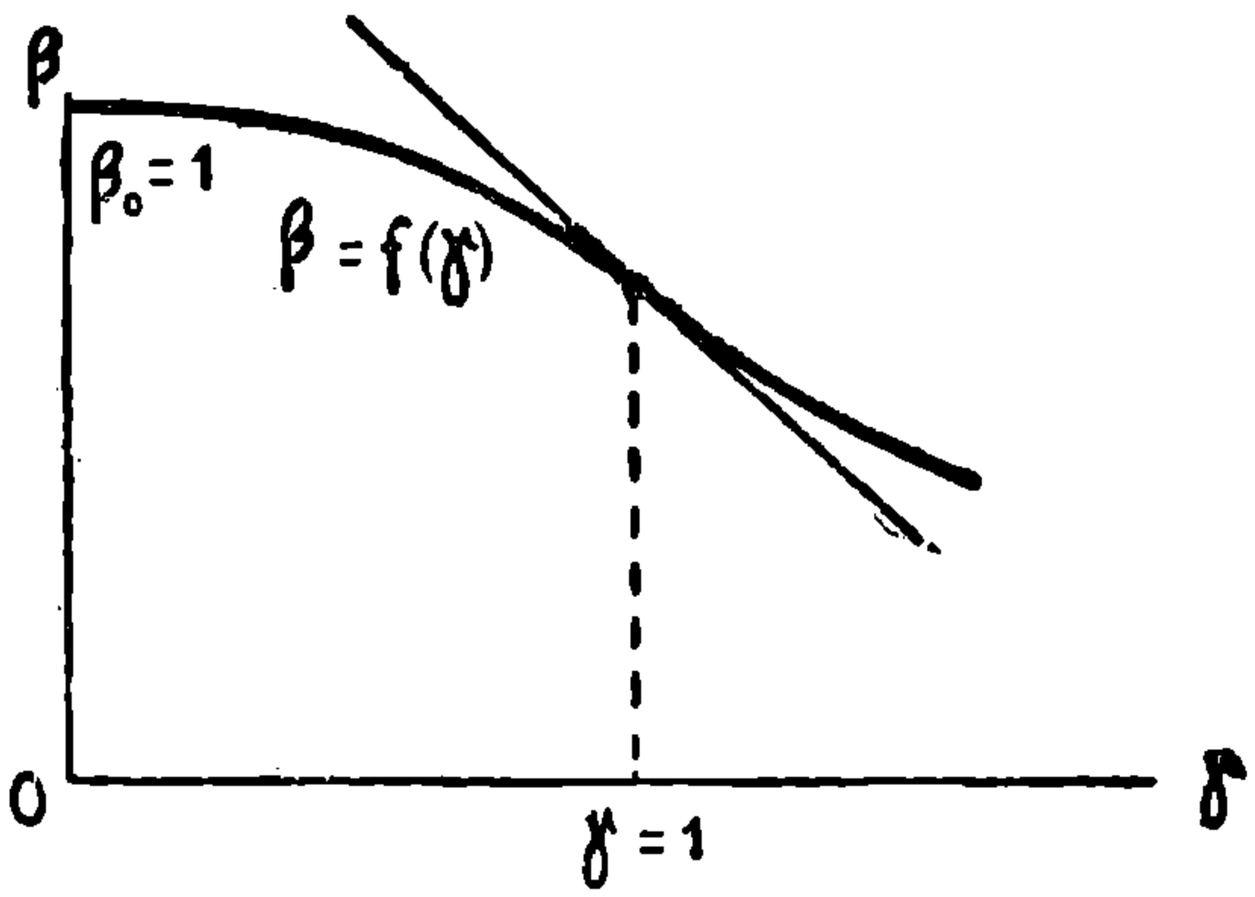
Исследуя зависимость коммерческой скорости $v_к$ от степени заполнения графика и называя через β коэфициент коммерческой скорости, т. е. отношение коммерческой скорости $v_к$ к технической перегонной скорости следования поезда v_0, именно:

$$\beta_\gamma = \frac{v_к}{v_0},$$

а через γ — коэфициент заполнения графика, т. е.

$$\gamma = \frac{n}{n_{max}}$$

где n — число поездов, курсирующих, а n_{max} — число таковых при полном заполнении графика. Инж. И. И. Васильев, изучая коэфициент β_γ, являющийся функцией γ, именно $\beta_\gamma = f(\gamma)$, приходит к заключению, что коэфициент коммерческой скорости $\beta_\gamma = f(\gamma)$ падает по мере насыщения графика, причем кривая изменения β_γ может быть принята за гиперболу.



Черт. 448.

Ордината, соответствующая $\gamma = 1$, будет соответствовать полному насыщению графика; в самом деле, при $\gamma = 1$

$$\gamma = \frac{n}{n_{max}} = 1 \text{ (см. черт. 448)}$$

„Наивыгоднейшей степенью заполнения графика в смысле поддержания на возможно больших значениях коэфициента коммерческой скорости,—говорит И. И. Васильев на стр. 64 указанного выше труда, — являются значения γ, близкие к 0,75, причем, однако, с увеличением пропускной способности этот предел вообще передвигается в сторону уменьшения насыщенности графика".

НТБ ДНУЖТ

Все сказанное относится к однопутным железным дорогам. Что касается двухпутных, то, согласно исследованию И. И. Васильева, „коммерческая скорость двухпутного коммерческого графика не зависит или, вернее, зависит весьма мало от степени заполнения графика, а является исключительно или преимущественно функцией ходовой скорости. Отсюда, как простое следствие, вытекает бесспорная выгодность для поднятия коммерческой скорости двухпутного движения увеличения ходовой скорости, хотябы и путем уменьшения состава, т. е. увеличения степени заполнения графика"

Исследуя зависимость коммерческой скорости v_k от работы вагонов, инж. И. И. Васильев приходит к выводу, что при работе с вагонами, не превышающей известного предела, именно если общего времени задержек поездов скрещениями и обгонами будет достаточно для производства всей работы с вагонами, коммерческая скорость ни в какой мере от работы с вагонами зависеть не будет; при превышении же указанного предела коммерческая скорость v_k и ее коэфициент $\beta_N = \frac{v_k}{v_0}$ будут зависеть от числа перерабатываемых вагонов N, именно:

$$\beta_N = \frac{v_k}{v_0} = \psi(N),$$

причем кривая зависимости v_k и β_N от N будет также гиперболой.

Вопроса о влиянии идентичности перегонов мы вкратце касаемся ниже при рассмотрении пропускной способности.

Каждая дорога стремится, как указано выше, увеличить скорость движения обращающихся на дороге поездов. Мерами для увеличения технической скорости могут служить улучшение профиля пути (смягчения уклонов) и верхнего строения пути, увеличения мощности и улучшения качества отдельных элементов верхнего строения, как-то: усиление типа рельса, перекрытия стыков, улучшение качества балласта и т. д.; увеличение мощности и улучшение качеств подвижного состава; усиление надзора за содержанием пути в порядке; усиление работ по ремонту пути; улучшение быта служащих и повышение квалификации личного состава служащих. Мерами для увеличения коммерческой скорости могут служить, помимо указанных мер увеличения действительной скорости, меры, направленные к уменьшению бесполезных простоев поездов на станциях (улучшение организации по сортировке и составлению поездов и по ремонту подвижного состава, улучшение станционных обустройств).

4. Непрерывность и удобство движения

Кроме описанных выше условий правильное железнодорожное движение должно отличаться непрерывностью и удобством. Правильное железнодорожное движение не должно никогда прерываться, ни в какие периоды суток, ни времен года, ни днем, ни ночью, ни зимой, ни весной—никогда, и это одно из свойств, которым железные дороги отличаются, между прочим, от других видов путей

НТБ ДИИЖТ

сообщения. Если сообщение по водным путям прекращается в течение зимнего периода, сообщение по некоторым грунтовым дорогам во время весеннего разлива рек, то железные дороги так устраиваются, что ни разливы даже могучих рек, как Волга, ни другие явления природы, как ливни, метели и т. п., не должны прекращать железнодорожного движения. Железная дорога пересекает реки мостами, фермы которых настолько возвышаются над горизонтом самых высоких весенних или ливневых вод, что верхнее строение пути не заливается водой; железная дорога так ограждается от снежных заносов помощью переносных щитов или других мер, что движение по железнодорожным путям может совершаться и во время метелей и т. д. Если, тем не менее и бывают случаи перерыва железнодорожного движения от каких-либо указанных выше причин, то это случается или при совершенно исключительных, из ряда вон выходящих явлениях природы (forces majeures), или вследствие наличия плохой организации на железной дороге, т. е. когда движение по железной дороге таково, что его нельзя назвать правильным или, наконец, вследствие несчастных случаев—крушений.

5. Происшествия

Происшествия на железных дорогах могут быть разделены на три группы.

1) Сходы поездов с рельсов. Сюда относятся сходы от целой серии различных причин: а) от повреждений пути, как-то: лопнувший рельс, размыв полотна, неисправность стрелки и т. п.; б) от неисправности подвижного состава, как-то: лопнувшая ось вагона; в) от чрезмерной скорости движения; г) от урагана (опрокидывание вагона); д) от злого умысла (снятие рельсов) и др.

2) Столкновения поездов. Сюда относятся: а) столкновение двух идущих навстречу поездов; б) наезд идущего с большой скоростью поезда на остановившийся в пути или медленно двигающийся впереди поезд; в) разрыв поезда и т. п.

3) Прочие происшествия, как-то: пожары, падение с поезда, настижение поездом людей, несчастные случаи с агентами дороги во время маневров, повреждения пути, влекущие за собой перерывы или замедление движения, заносы, несчастные случаи с людьми вне движения.

При крушениях поездов агенты железной дороги обязаны немедленно принять нижеследующие меры: прежде всего необходимо оградить поезд сигналами остановки, дать знать на ближайшую станцию и если имеются человеческие жертвы, то должна быть подана медицинская помощь пострадавшим; затем приняты меры к восстановлению движения. На определенных станциях каждой дороги должны иметься вспомогательные поезда, в состав которых входят: санитарный вагон с медикаментами, перевязочными средствами и носилками; один, или несколько вагонов с инструментами и материалами для подъемки подвижного состава, исправления пути, освещения места работы, тушения пожара и установления телеграфной и телефонной связи, один или несколько вагонов для рабочих,

НТБ ДНУЖТ

Вспомогательный поезд должен быть отправлен на место происшествия спустя $^1/_2$ часа днем или 1 час ночью после заявленного требования о подаче поезда. Заявление подается главным кондуктором пострадавшего поезда. Поезд отправляется резервным паровозом, если таковой имеется, или маневровым, или паровозом, отцепленным от любого поезда на станции. Вспомогательный поезд сопровождается врачом или фельдшером (если имеются человеческие жертвы) представителями служб пути, эксплоатации и тяги, слесарями, рабочими и санитарной бригадой. Всех лиц, которые должны отправиться со вспопомогательным поездом, извещает начальник станции, получивший заявление с требованием о высылке вспомогательного поезда. В требовании должно быть указано, требуется ли медицинская помощь, требуется ли вообще целый вспомогательный поезд, или лишь вспомогательный паровоз. На месте происшествия действия агентов различных служб объединяет старший из всех, находящихся на месте происшествия, агентов дороги, который и доносит по телеграфу начальству о причине катастрофы и о положении дела. Помощь пострадавшим и доставка раненых в больницы и приемные покои производятся врачебной службой, доставка пассажиров на станцию, охрана багажа — службой эксплоатации, подъемка подвижного состава — агентами службы тяги, исправление пути — службой пути.

Непрерывным железнодорожное движение должно быть еще и в другом смысле: расписание поездов на дорогах должно быть так составлено и так согласовано между отдельными дорогами, чтобы пассажир при переходе с одной дороги на другую мог совершить свой путь или совсем без пересадки на узловой станции или, при необходимости пересадки, с минимальной потерей времени на ожидание отправления корреспондирующего поезда другой дороги. Во время этого ожидания пассажиру должны быть предоставлены удобные для ожидания станционные помещения. Забота о предоставлении пассажирам помещений для ожиданий лежит на железных дорогах и в случаях непредвиденных перерывов в движении вследствие несчастных случаев или указанных выше исключительных явлений природы.

6. Дешевизна перевозок

Одним из признаков совершенства железнодорожного движения является дешевизна перевозок. Чем лучше оборудована железная дорога, чем совершеннее ее станционные и другие обустройства, чем выше организация движения на дороге, тем дешевле обходятся ее перевозки. Стоимость перевозок зависит от многих факторов. Для того, чтобы перевозка получилась наиболее дешевой, следует так организовать дело, в такие условия поставить каждый из факторов, влияющих на стоимость перевозки, чтобы эта стоимость получилась минимальной. Для этого прежде всего надо изучить эти факторы, а также те условия, которые усиливают или ослабляют влияние каждого фактора. Подобно тому, как мы можем изучить вопрос о том, как влияет на напряжение в рельсах, напри-

НТБ ДНУЖТ

мер, вес паровоза или вес избыточного противовеса и как сконструировать паровоз так, чтобы вес избыточного противовеса был минимальным, так точно мы можем изучить вопрос о том, как влияет на стоимость перевозок, например, полногрузность вагонов или форсировка котла и до какого предела выгодно загружать вагон со сборным грузом или при каких условиях полезно форсировать топку котла.

Недалеко то время, когда сложные вопросы о себестоимости перевозок разрешались по интуиции отдельных агентов дороги. В настоящее время вопрос о стоимости перевозок поставлен на научную почву: имеются различные теоретические формулы, которые учитывают влияние различных факторов на стоимость железнодорожных перевозок и указывают, как оперировать с этими факторами для возможного снижения себестоимости. Рассмотрение этих формул выходит за пределы настоящего краткого курса и поэтому мы остановимся здесь лишь на некоторых примерах и моментах, уясняющих, как важно правильно оценить каждый из факторов, влияющих на себестоимость перевозок.

Расходы по перевозкам слагаются из расходов по амортизации строительной стоимости и из расходов эксплоатационных, т. е. расходов по самой перевозке. При всех расчетах экономического характера каждый из указанных расходов должен быть принят во внимание и не может быть игнорируем. Из приведенной ниже таблицы усматривается, что по одному из участков одной из железных дорог исчисленные на миллион *т/км* брутто эксплоатационные расходы, зависящие от типа паровоза, выразились при перевозке грузов помощью паровоза типа 0-4-0 суммой 1272 руб.; более мощного паровоза 1-4-0—суммой 1194.

Паровозы	0-4-0	1-4-0
Расходы по амортизации покупной стоимости на миллион *т/км* в рублях	306	408
Эксплоатационные расходы на миллион *т/км* в рублях	1 272	1 194
Полная стоимость на миллион *т/км* брутто в рублях	1 578	1 602

Расходы по погашению стоимости паровоза 0-4-0—суммой 306 р., а паровоза 1-4-0 — 408 р.; полная стоимость эксплоатационных расходов, зависящих от типа паровоза и расходов по погашению покупной стоимости паровоза, для типа 0-4-0—1 578 руб., а для типа 1-4-0—1 602 руб. Анализ этих результатов указывает, как важно при решении вопроса о выгодности применения того или другого

РГБ ДНУЖТ

типа паровоза взвесить оба фактора — как расходы по погашению стоимости, так и эксплоатационные расходы. Если не принимать во внимание расходы по амортизации строительной стоимости, а лишь одни эксплоатационные расходы, то можно сделать вывод, что является выгодным для данного участка данной железной дороги приобретение паровоза 1-4-0, так как эксплоатационные расходы при совершении перевозок помощью более мощного паровоза 1-4-0 были бы меньше, чем помощью паровоза 0-4-0 (1 194 < 1 272).

Если же принять во внимание ирасходы по амортизации покупной стоимости паровоза, то вывод получается обратный (1 602 > 1 578).

Итак, издержки по перевозкам слагаются из двух главных частей: амортизации строительной стоимости и эксплоатационных расходов, что можно выразить так:

$$\gamma C + Э.$$

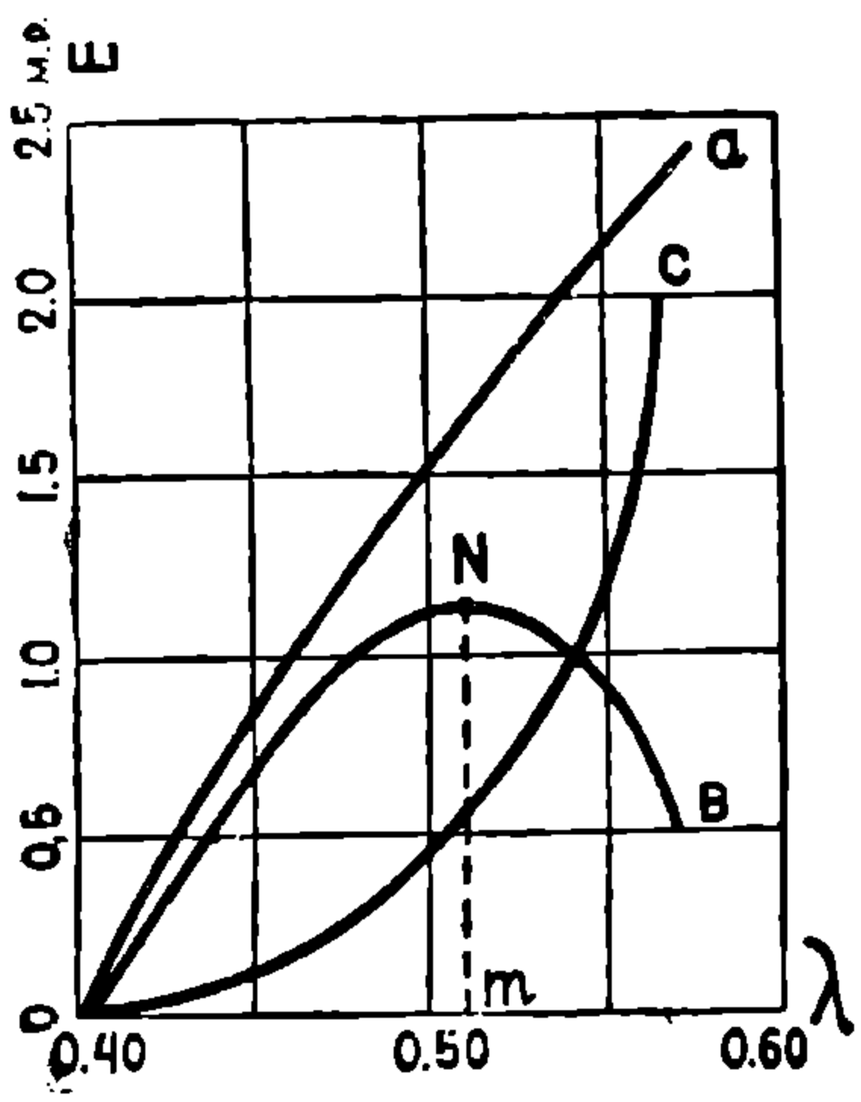
Если C — строительная стоимость дороги,

γ — коэфициент амортизации,

γC — годовые издержки на погашение строительной стоимости,

$Э$ — величина эксплоатационных расходов в год.

В свою очередь каждый из расходов γC и $Э$ может быть разбит на целую серию более мелких частей, на множество факторов, влияющих на стоимость перевозок. Влияние этих факторов и учитывается упомянутыми выше эмпирическими формулами.



Черт. 449.

На основании одной из таких формул составлен график черт. 449, из которого усматривается зависимость между коэфициентом полногрузности вагона λ и экономией E, которая получается от мероприятий, увеличивающих коэфициент λ. Зависимость этой экономии E изображена кривой a (черт. 449). Но это будет не чистая экономия, а так сказать экономия брутто, в которую вошла и стоимость сортировки.

Если бы расходы по сортировке выразились некоторой кривой c (черт. 449), то чистая экономия выразилась бы разностью ординат кривых a и c, т. е. кривой B.

Из полученного графика усматривается, что сортировку полезно доводить до определенного предела, при котором получается максимальная чистая экономия, именно в данном случае таковая получается при $\lambda = 0{,}52$ и равняется $\approx 1{,}2$ млн руб. Максимальная ордината mN кривой b соответствует $\lambda = 0{,}52$; $E \approx = 1{,}2$ млн руб. Доводить сортировку до большего совершенства, затрачивая на это лишние деньги (на работу по самой сортировке, на улучшение перегрузочных обустройств и т. п.), уже является нерациональным — ординаты кривой b начинают заметно уменьшаться. Таким образом, пользуясь

НТБ ДНУЖТ

теоретической формулой, подставляя в нее цифровые данные, взятые из практики различных дорог, можно для каждой дороги или определенных участков ее, вообще для каждого данного случая, получать подобные изображенному выше графику и, анализируя последние, делать определенные выводы о рациональности доводить λ до определенного предела.

Другим примером того, как можно, пользуясь формулой, оценить влияние различных факторов на себестоимость перевозки, может служить исследование вопроса о полногрузности товарных поездов, именно, выгодно ли увеличивать состав поезда и до какого предела. Какой состав считать оптимальным?

Чтобы ответить на этот вопрос, нужно выяснить, падает ли коммерческая скорость v_k от увеличения веса поезда Q.

Как мы видели выше, когда рассматривали вопрос о скоростях железнодорожного движения:

$$v_k = \frac{1}{\frac{1}{v_x} + \vartheta},$$

где:

v_x — ходовая скорость движения;

ϑ — величина задержек по станциям и постам на *км* пробега.

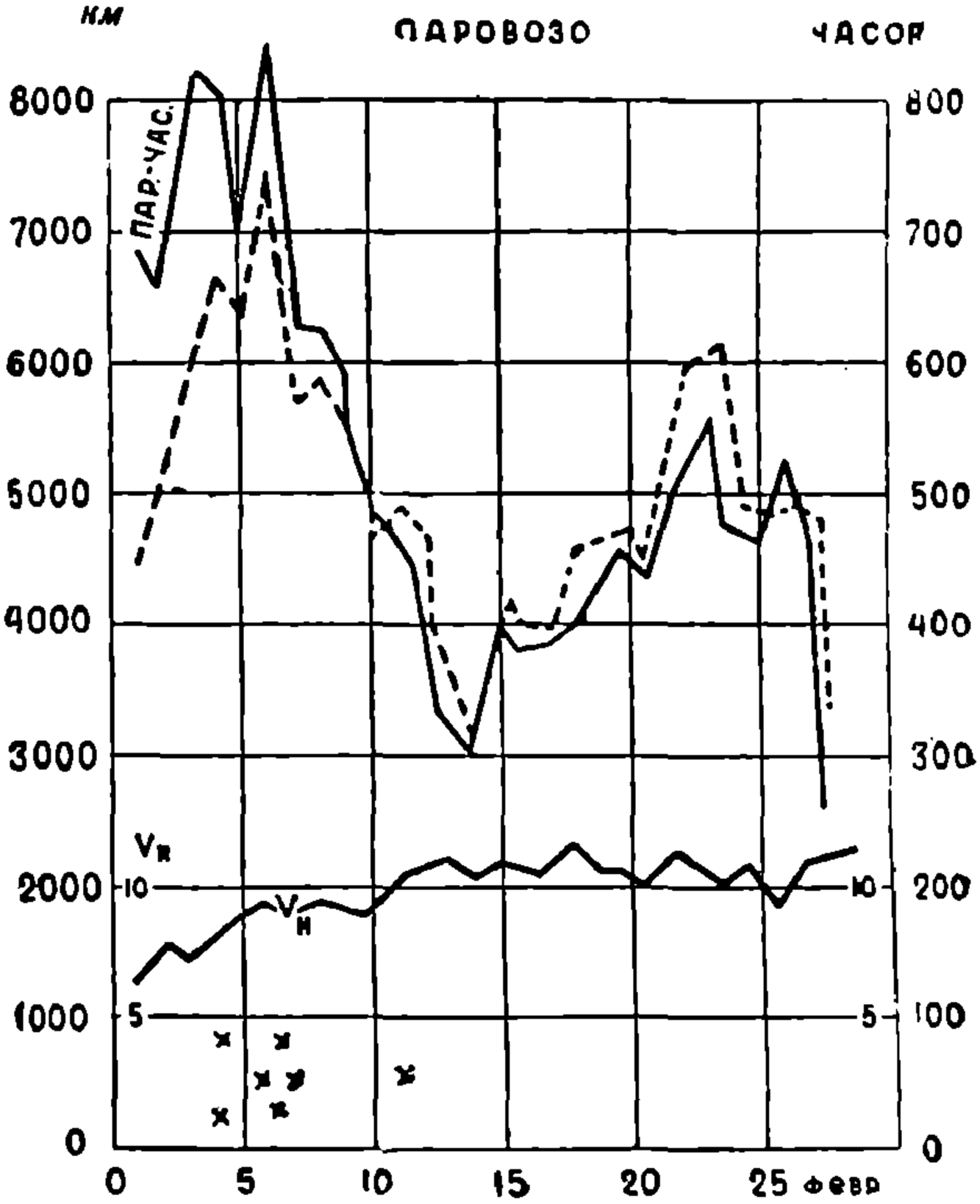


Рис. 450.

Из этого выражения видно, что v_k уменьшается с уменьшением v_x и с увеличением ϑ. Статистика и наблюдения показывают, что величина ϑ задержек поездов по станциям тем больше, чем больше этих поездов. Следовательно, с увеличением веса поезда Q, с одной стороны, уменьшается ходовая скорость v_x, но зато уменьшается число поездов и, следовательно, уменьшается и ϑ.

Наблюдения на одной из дорог показали, что коммерческая скорость на этой дороге с увеличением числа поездов падала. Следовательно, для этой дороги и, надо полагать, вообще для однопутных дорог оптимальным составом поезда является состав наибольший (максимум Q).

В заключение приведем нижеследующий интересный график, на котором ежедневно заносилось количество ежедневно затраченных паровозо-часов и исполненных паровозо-километров, а также и величина коммерческой скорости $v_к$ (черт. 450).

РГБ ДНУЖТ

Учет v_k велся в паровозном отделе на основании суточных телеграмм начальников участков тяги о числе исполненных за сутки их восьмиколесными паровозами паровозо-*км* и паровозо-часов. Частное от деления этих двух чисел и дает v_k. Все эти цифры наносились на график. На этот же график кружками наносились случаи порчи паровозов в пути и крестиками—случаи отказов в паровозах. Если крестик совпал с периодом уменьшения v_k за пределы нормы, значит, виновата служба эксплоатации; если нет — служба тяги. На черт. 450 приведен такой график для 1 уч. Ташкентской ж. д. за февраль 1910 г., отличавшиеся своим неблагополучием. Каждая горизонтальная клетка на этом графике соответствует 5 суткам, каждая же вертикальная — 100 паровозо-часам и 1 000 паровозо-километрам. Благодаря тому, что масштаб для паровозо-часов взят в 10 раз больше, чем для паровозо-*км*, очень легко видеть, превышает ли коммерческая скорость норму 10 верст в час, или она меньше ее: в первом случае кривая паровозо-*км* располагается выше кривой паровозо-часов, во втором — наоборот. Впрочем, на том же чертеже нанесена и непосредственно кривая v_k. Всматриваясь в приведенный график, мы видим, что 4, 5 и 6 февраля в общей сложности имело место 6 случаев отказа в паровозах. Но тот же график дает нам и ответ, кто в этом виноват. В данном случае бесспорно—служба эксплоатации, так как v_k была ниже нормы. Напротив, отказ 11 февраля следует отнести всецело к нераспорядительности службы тяги.

Графики, изображенные на черт. 449 и 450, заимствованы из труда проф. Ломоносова „Научные проблемы эксплоатации железных дорог“, изд. 1914 г.

Из всего вышеизложенного ясно, как необходимы для рационального ведения железнодорожного хозяйства правильная постановка вопроса, правильная оценка различных факторов, влияющих на стоимость перевозок. Такая оценка может быть сделана только в том случае, если поставить вопрос на научную почву, если иметь математическую формулу, которая бы могла учесть влияние различных факторов на стоимость перевозки. Помимо наличия формулы для разрешения того или иного вопроса о стоимости перевозки по данной дороге необходимо иметь различные статистические данные этой дороги для подстановки их в указанную формулу. Такие данные можно почерпнуть из отчетов по эксплоатации, составляемых ежегодно на каждой железной дороге; но для того, чтобы этими данными можно было воспользоваться для непосредственной подстановки их в формулу, нужно, чтобы отчетности были приданы определенные формы.

До сего времени качество ведения железнодорожного хозяйства обычно оценивалось так называемым „коэфициентом эксплоатации“, именно—процентным отношением величины эксплоатационных расходов к валовому доходу дороги. Чем меньше коэфициент эксплоатации, тем лучше ее финансовые результаты. Сравнение коэфициента эксплоатации в один из периодов довоенного времени показывает, что таковой имел в различных странах следующие величины:

в Европейской части нашего государства	. 76
„ Германии	. 73
„ САСШ	70
„ Англии	. 64
„ Франции	. 58

НТБ ДНУЖТ

Говоря о коэфициенте эксплоатации, как о показателе совершенства ведения железнодорожного хозяйства, нужно заметить, что таковым показателем этот коэфициент может считаться только до известной степени: чем ниже коэфициент эксплоатации, тем ее финансовые результаты, действительно, лучше; но если в настоящем году коэфициент этот на данной дороге был ниже, чем в прошлом году, то это еще не значит, что ведение хозяйства в настоящем году было лучше, чем в прошлом, так как понижение коэфициента эксплоатации могло быть вызвано другими причинами, как например, более благоприятными условиями погоды, или если коэфициент эксплоатации на одной дороге был выше, чем на другой, то такие факторы, как например, характер профиля, климатические условия и т. п. могли быть причиной превышения коэфициента эксплоатации.

Мы видели выше, что помимо расходов эксплоатационных на величину себестоимости перевозок влияет и строительная стоимость дороги (нужно заметить, что все расходы по улучшению дороги и усилению ее пропускной и провозной способности присчитываются к расходам по сооружению железной дороги, хотя бы они были произведены уже после открытия движения по дороге).

7. Пропускная способность железных дорог

Помимо рассмотренной выше дешевизны перевозок одним из признаков, характеризующих движение по железной дороге, является интенсивность этого движения.

Интенсивность железнодорожного движения находится в тесной зависимости от так называемой пропускной и провозной способности железной дороги.

Всякая эксплоатируемая железная дорога, в зависимости от своего обустройства, может развить интенсивность движения по дороге лишь до определенного предела. Этот предел, выраженный тем наибольшим числом поездов, которые фактически могут ежедневно пройти по линии или по отдельным ее участкам, называется пропускной способностью железной дороги.

Указанный предел, выраженный наибольшим числом вагонов, которые могут быть ежедневно отправлены по линии, называется провозной способностью дороги. Таким образом провозная способность состоит из двух главных элементов—пропускной способности и перевозочных средств. Перевозочные средства определяются наличным количеством и мощностью годных для движения паровозов и количеством и вместимостью годных для движения вагонов. Пропускная способность зависит от целой серии факторов. В самом деле, одним из условий правильного железнодорожного движения, вытекающих из требования безопасности движения, является, как мы видели выше, условие, чтобы на перегоне между двумя станциями не находилось одновременно более одного поезда: если с данной станции вышел поезд, то с этой же станции вслед за ушедшим поездом может быть отправлен следующий лишь после того, как первый поезд придет на следующую станцию и, таким образом, перегон будет свободен. Поэтому, если расстояние между станциями велико, то времени для прохода поездом этого расстояния потребуется много и поезда будут отправляться один вслед за дру-

РГБ ДЕПУЖТ

гими редко, количество поездов пройдет в сутки малое и пропускная способность будет незначительная. Из вышеизложенного ясно, что пропускная способность дороги зависит от времени, необходимого для прохождения поездом наиболее трудного перегона; время зависит от расстояния между станциями и скорости движения, а эта скорость в свою очередь зависит от технических условий профиля и плана линии и от исправности пути, с одной стороны, и величины состава и мощности паровоза—с другой. Таким образом, пропускная способность является функцией перечисленных выше факторов.

Если бы в связи с указанными выше условиями на данной линии можно было пускать в одном направлении один поезд вслед за другим через каждые два часа, то всего в сутки можно было бы пропускать в каждом направлении 12 поездов и пропускная способность дороги в таком случае была бы 12 пар поездов. Определить пропускную способность железной дороги можно, составив график движения для полных суток. Часть графика движения—для четверти суток и для указанной выше пропускной спо-

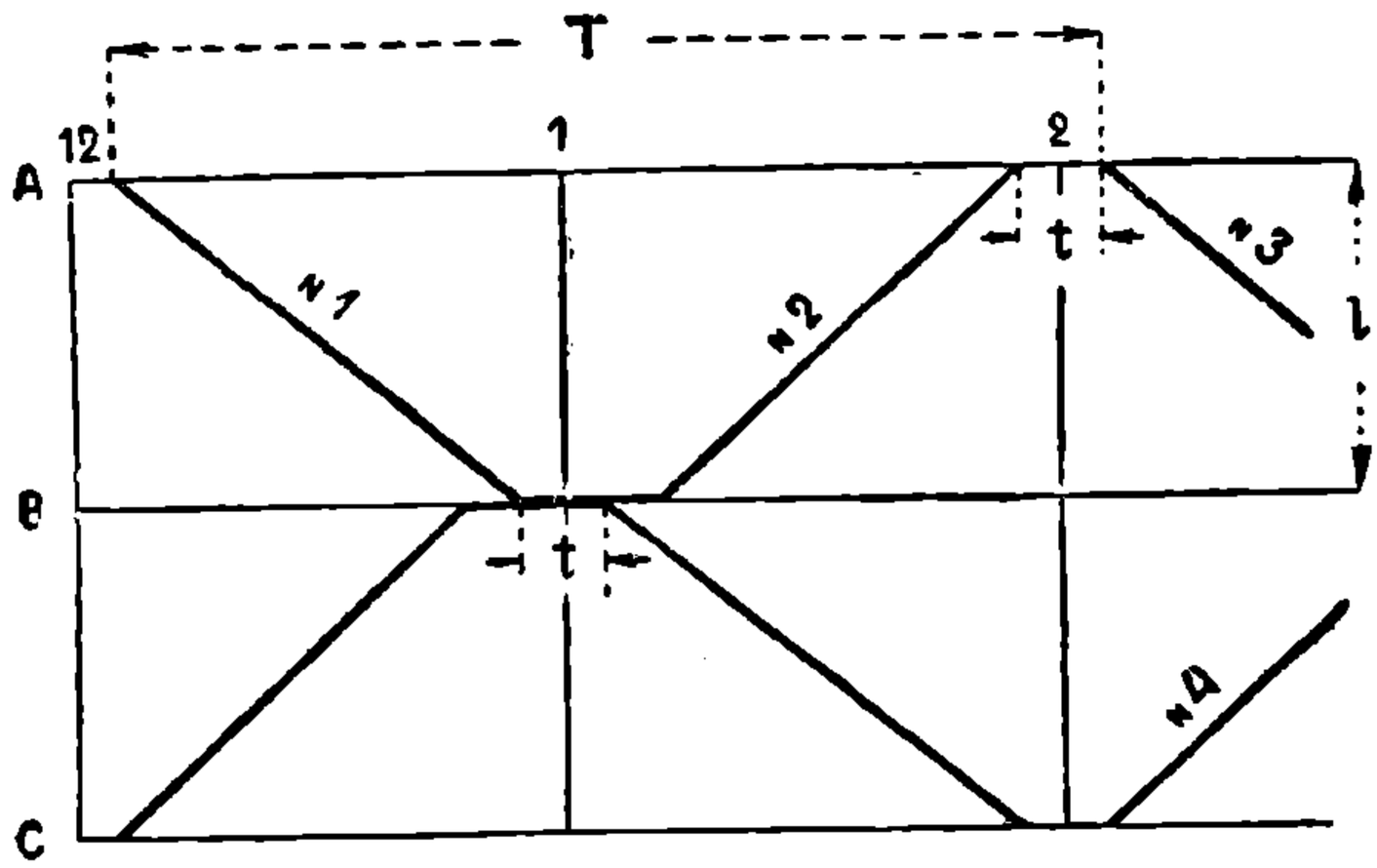


Рис. 451.

собности в 12 пар поездов для однопутной линии—показана на черт. 451. График составлен в предположении, что все поезда идут с одинаковой средней скоростью, почему все наклонные линии, изображающие ход поезда, параллельны, это так называемый параллельный график. Аналитически определение пропускной способности может быть сделано нижеследующим способом.

Если обозначить расстояние между станциями A и B, т. е. длину перегона через l (черт. 451); среднюю ходовую скорость нечетных поездов (№ 1, № 3 и т. д.) через v_1, а четных (№ 2, № 4 и т. д.) через v_2, причем скорости эти выражать километрами в час; промежуток времени с момента прибытия поезда с перегона AB на станцию A или на станцию B до момента отправления другого поезда на тот же перегон AB через t, причем t выражать в минутах, то время T, в течение которого одна пара поездов занимает перегон однопутной линии (в данном случае поезда № 1 и № 2 занимают перегон AB—см. черт. 451), выразится так:

$$T = \frac{l}{v_1} + \frac{l}{v_2} + \frac{2t}{60} \text{ час.}$$

Для того, чтобы однопутная линия могла пропустить n пар поездов в сутки, необходимо, чтобы $Tn < 24$ час, откуда число пар поездов, которое данная однопутная дорога может пропу-

НТБ ДИИЖТ

стить по своим путям в сутки, может быть определено из выражения:

$$n = \frac{24}{T},$$

или

$$n = \frac{24}{\frac{l}{v_1} + \frac{l}{v_2} + \frac{2t}{60}} \qquad (I)$$

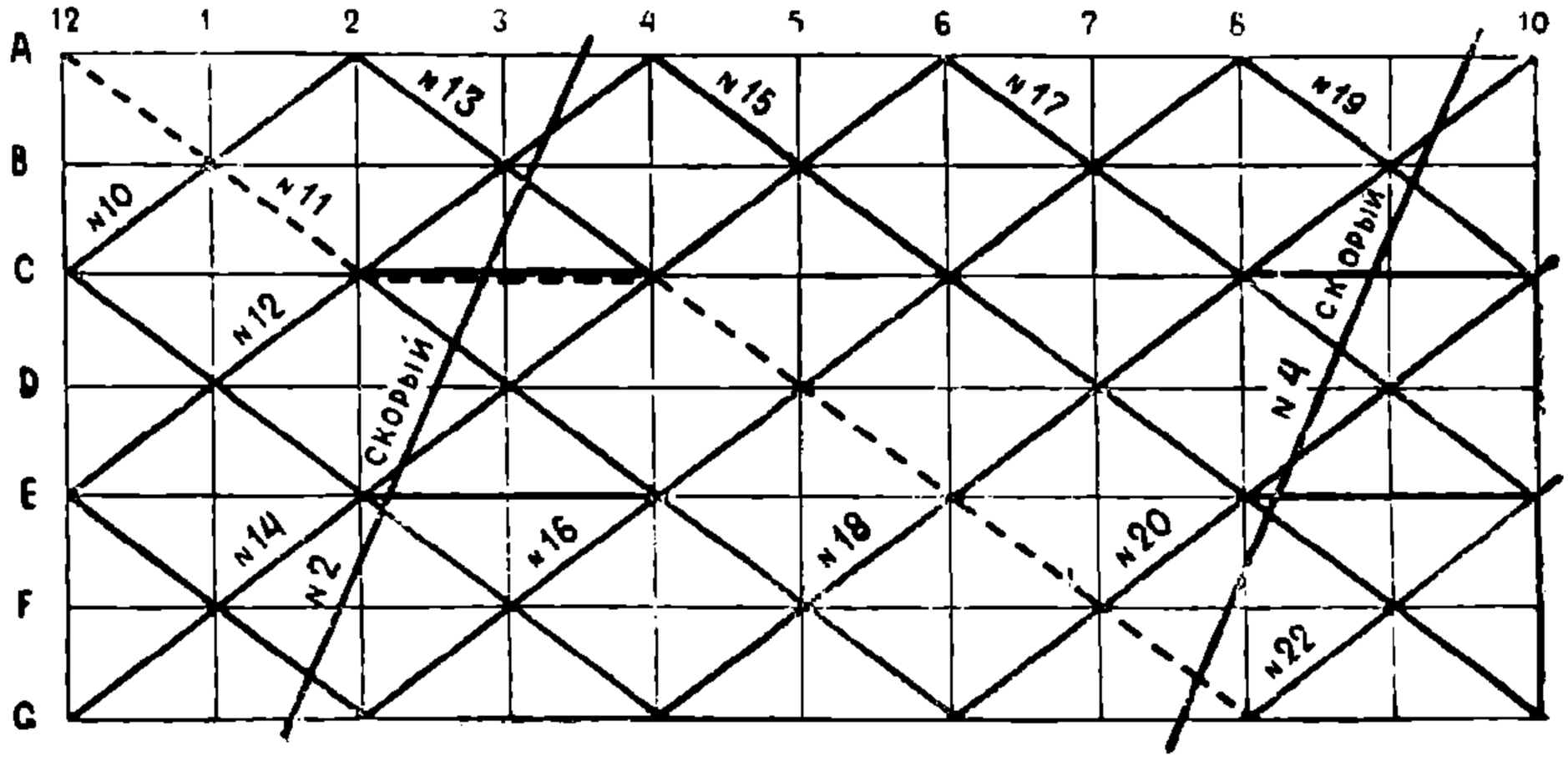
Для двухпутной линии мы получим подобным вышеизложенным способом такое выражение:

$$T = \frac{l}{v} + \frac{t}{60},$$

откуда:

$$n = \frac{24}{\frac{l}{v} + \frac{t}{60}}. \qquad (II)$$

Промежуток времени t в СССР для однопутных линий принимается в 5 минут, а для двухпутных линий—в 3 минуты; если же на станции происходит смена паровоза или набор воды, то t—8 минут.



Черт. 452.

Длины перегонов l для данной дороги известны; средние ходовые скорости v могут быть в зависимости от плана и профиля пути, состава поезда и типа паровоза определены по способу, изложенному выше в отделе общие сведения о подвижном составе и движущей силе.

Таким образом помощью указанных формул (I) и (II) может быть определена пропускная способность для однопутной и двухпутной линий в предположении, что все поезда идут с одинаковой средней скоростью (при параллельном графике движения).

Обычно на железных дорогах курсируют поезда с различными скоростями: товарные — медленно двигающиеся поезда и поезда скорые. Скорые обгоняют медленно идущие поезда и эти последние должны задерживаться на станциях для пропуска скорых поездов и тратить время на бесполезный простой. Указанное обстоятельство

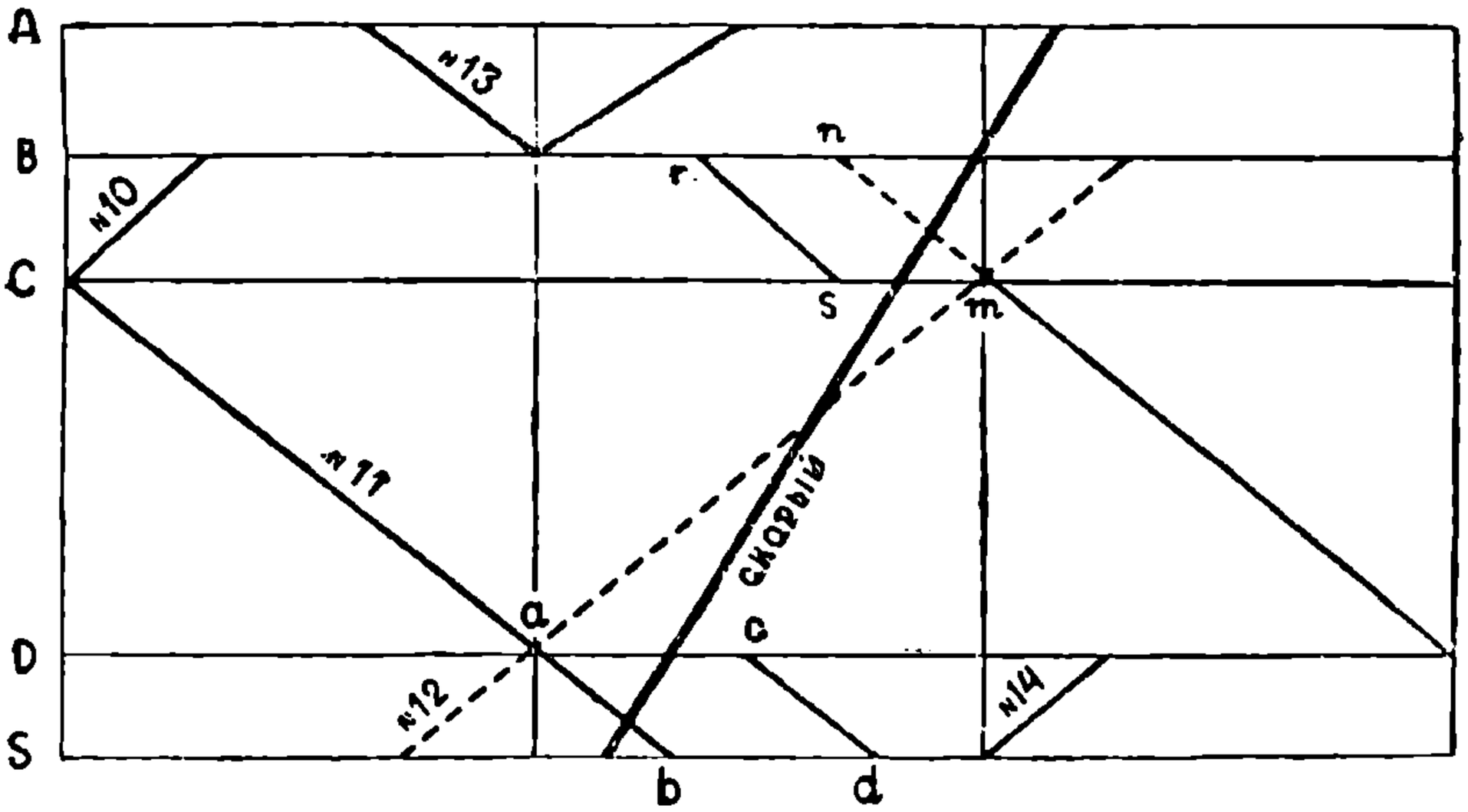
НТБ ДНУЖТ

весьма вредно отзывается на пропускной способности железных дорог, сильно понижая ее, что весьма наглядно усматривается из графика черт. 452.

Скорый поезд № 2 обгоняет товарный поезд № 14 на станции *E*. Для пропуска скорого поезда товарный поезд № 14 задерживается на станции *E* с двух часов до четырех и затем следует далее по расписанию поезда № 16.

Точно так же товарный № 12 задерживается на станции *C* и следует далее по расписанию поезда № 14 и т. д., т. е. благодаря указанному обгону выкидывается из графика один четный товарный поезд: № 16 совсем не будет отправлен, так как его место занято поездом № 14.

Затем вследствие пересечения поездом № 2 пути следования нечетного поезда № 13 этот последний задерживается на станции *B*



Черт. 453.

и следует далее по расписанию поезда № 15; поезд № 11 следует по расписанию поезда № 13 и так далее, т. е. из графика выкидывается один нечетный поезд. Таким образом скорый поезд № 2 выкидывает из графика одну пару товарных поездов. Из приведенного графика ясно усматривается, как другой скорый поезд № 4 точно так же выкидывает из графика пару товарных поездов. Таким образом на однопутной линии каждый скорый поезд выкидывает из графика одну пару товарных поездов.

Выведенное положение о числе выкидываемых из графика товарных поездов скорыми поездами относится, как это усматривается из вышеизложенного и из черт. 452, к случаю идентичности перегонов при условии полного заполнения графика и при отсутствии задержек поездов на промежуточных станциях, вызванных коммерческой работой с вагонами.

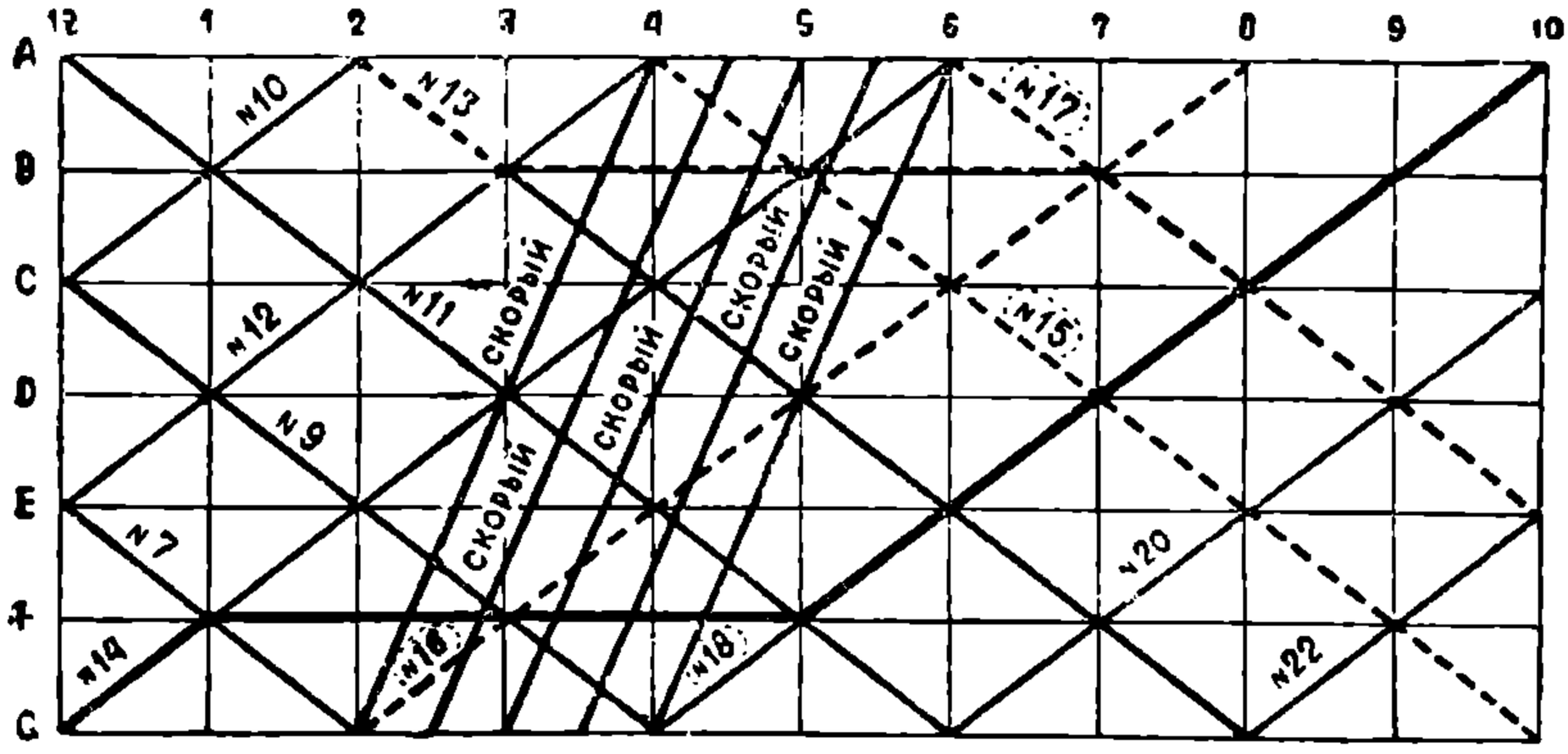
Если перегоны не идентичны, как например это изображено на черт. 453, то количество снимаемых скорым поездом товарных поездов может быть и другое, т. е. меньше одной пары. Так, при изображенном на черт. 453 соотношении длин перегонов и при указанных расположениях товарных поездов скорому поезду удается

НТБ ДНУЖТ

пройти по перегону *CD*, не выкидывая из графика нечетного поезда, соответственным образом сдвинув на графике нечетные поезда: нельзя было, разумеется, по перегону *DS* пустить поезд № 11 так, как это указано линией *ab*, а пришлось пустить так, как указано линией *cd*.

Таким образом в зависимости от степени идентичности перегонов в смысле влияния скорых поездов на проход товарных поездов могут встретиться самые различные комбинации. Если бы перегоны были даже идентичны, но график был бы неполный, то, сделав на графике определенную передвижку товарных поездов, пользуясь указанной незаполненностью графика, можно было бы также достигнуть в известных случаях уменьшения числа выкидываемых из графика поездов.

Всякого рода передвижкам поездов на графике может помешать необходимость задержки поезда на станции для коммерческой работы с вагонами: так, например, сдвижке поезда № 13 из пунктирного



Черт. 454.

положения *nm* (черт. 453) в положение *rs* может помешать необходимость задержки поезда № 13 на станции *B* на значительный промежуток времени для коммерческой работы с вагонами.

О влиянии указанных величин заполнения графика и задержек для коммерческой работы с вагонами на величину коммерческой скорости сказано выше при рассмотрении вопроса о коммерческой скорости.

Указанное число выкидываемых из графика поездов может быть уменьшено, если скорые поезда пускать пачками или пакетами (группами). В самом деле, из графика черт. 454 усматривается, что вследствие отправления со станции *G* пяти скорых поездов со станции *G* не будет отправлен поезд № 16, а также и поезд № 18, так как по его расписанию пойдет поезд № 14; таким образом из графика будут выкинуты два четных поезда. Точно так же со станции *A* не будут отправлены поезд № 15 и поезд № 17, так как по его расписанию пойдет поезд № 13, т. е. из графика будут выкинуты два нечетных поезда; всего пять скорых поездов выкидывают из графика две пары, а не пять пар поездов. При проектировании железной дороги для предварительных соображений можно исходить

РГБ ДНУЖТ

из параллельного графика, принимая каждую пару скорых поездов эквивалентной двум парам товарных поездов.

Мы видели выше, что пропускная способность зависит от целой серии различных факторов. Для того, чтобы увеличить пропускную способность, необходимо, следовательно, обратить внимание на указанные факторы и соответственным изменением их в ту или другую сторону, в зависимости от влияния их на пропускную способность, увеличить таковую.

Так, пропускная способность может быть увеличена помощью нижеследующих мероприятий:

1) помощью уменьшения длины перегонов;

2) помощью увеличения скорости движения поездов;

3) улучшением профиля и плана и усилением надзора за содержанием и ремонтом пути; помощью смягчения уклонов и уменьшения крутизны кривых, а следовательно помощью уменьшения сопротивления движению поездов достигается увеличение скорости движения, а следовательно и пропускной способности.

Определенная скорость движения для определенного подвижного состава может быть допущена лишь по верхнему строению пути определенного типа и определенного качества (по рельсам определенного калибра, уложенным на определенном числе шпал на определенного качества балласте и т. д.). Следовательно, желая увеличить пропускную способность дороги помощью увеличения скорости движения, мы должны улучшить верхнее строение пути, попутно усиливая надзор за содержанием и ремонтом пути, повышая квалификацию личного состава, наблюдающего за путем, и улучшая быт служащих;

4) отправлением скорых поездов пакетами.

5) применением более мощных паровозов, двойной тяги, подталкивающих паровозов или укладкой вторых путей на более трудных перегонах. Если на дороге имеются трудные перегоны—с более крутыми подъемами или более длинные перегоны, которые требуют для прохода их поездами большего времени, чем остальные легкие перегоны, то пропускная способность будет определяться именно указанными трудными перегонами. Для увеличения пропускной способности можно уменьшить время прохода пары поездов по трудным перегонам, или увеличивая мощность паровозов, или применяя двойную тягу, или подталкивающий паровоз на трудных перегонах, или, наконец, укладывая на этих перегонах вторые пути, и таким образом уменьшая время прохождения этого перегона парой поездов.

При применении более мощных паровозов или двойной тяги для увеличения составов нужно иметь в виду применяемые на дороге сцепные приборы. Увеличение веса поезда вне зависимости от мощности паровоза приходится часто ограничивать в виду слабости сцепных приборов.

Подталкивающие паровозы бывает выгодно применять тогда, когда небольшой перегон с особенно тяжелым профилем (с крутым подъемом) расположен на участке (между двумя деповскими станциями) с легким профилем. В таком случае вместо того, чтобы пускать по такому участку (между двумя станциями с депо) тяжелые поезда двойной тягой, так как с одиночной тягой тяжелые поезда не могли бы пройти по тому перегону, где профиль очень тяжел,

НТБ ДНУЖТ

бывает выгодно пускать все поезда одиночной тягой, но в том месте, где профиль тяжел, держать подталкивающий паровоз, который дежурит на специально устроенном близ указанного места тупичке, становится в хвост поезда при проходе его по указанному трудному участку и подталкивает его.

Что касается провозной способности дороги, то, как мы видели раньше, таковая зависит от перевозочных средств. Определенное задание по перевозке грузов может быть выполнено большим или меньшим количеством вагонов в зависимости от совершенства ведения вагонного хозяйства, именно — в зависимости от большей или меньшей утилизации подъемной силы вагонов. Необходимое количество товарных вагонов, рассчитанное по грузообороту за самый деятельный период, равняется:

$$N = \left(t + \frac{2L}{24v}\right)\frac{Q}{K},$$

где

Q — количество груза, подлежащего перевозке за сутки,
K — средняя нагрузка вагона,
L — расстояние между оконечными пунктами перевозки,
v — коммерческая скорость товарного поезда, выраженная в *км* в час,
t — число суток, простаиваемых вагонами в оконечных пунктах для погрузки, выгрузки, обмена и составления поезда.

Из начального пункта ежедневно нужно отправить $\frac{Q}{K}$ вагонов. Вагон из начального пункта дойдет до конечного в течение $\frac{L}{v}$ часов или в течение $\frac{L}{v \cdot 24}$ суток. Такое же количество времени вагон пройдет обратно, следовательно всего $\frac{2L}{v\ 24}$ суток. Таким образом в начальном пункте необходимо иметь такой запас вагонов, чтобы иметь возможность из этого запаса угонять ежедневно $\frac{Q}{K}$ вагонов до той поры, пока не возвратится обратно первая партия отправленных вагонов, т. е. в течение $\frac{2L}{24v}$ суток. Если же учесть и время на простой, то в течение $t + \frac{2L}{24v}$. Таким образом

$$N = \left(t + \frac{2L}{24v}\right)\frac{Q}{K}.$$

К определенному таким образом числу N нужно прибавить 10%, имея в виду, что часть вагонов находится в ремонте.

Из указанного выражения усматривается, что необходимое число вагонов N будет тем меньше, чем больше средняя нагрузка вагона K, чем больше коммерческая скорость v_k и чем меньше простой вагонов t. Посему наибольшая утилизация может быть достигнута путем:

1) увеличения средней нагрузки вагона (помощью улучшения сортировки грузов, премирования за наилучшую погрузку);

НТБ ДНУЖТ

2) увеличения коммерческой скорости движения вагона (помощью уменьшения простоя на станциях) и

3) использования вагонов при движении их в негрузовом направлении (разместить, например, склады шпал так, чтобы развозить их по линии в негрузовом направлении).

Что касается простоев вагонов на станциях, то влияние таковых на провозную и пропускную способность железных дорог можно усмотреть и из рассмотренного выражения:

$$v_к = \frac{1}{\frac{1}{v_x} + \vartheta},$$

из которого видно, что простои на станциях ϑ уменьшают коммерческую скорость $v_к$, а следовательно и пропускную и провозную способность дороги. Для уменьшения простоев необходимо выяснить те факторы, которые влияют на величину указанных простоев, и те мероприятия, помощью которых простои на станциях могут быть уменьшены.

Причинами простоев на станциях являются: на станциях промежуточных — прибытие сборных поездов не рассортированными по станциям на сортировочных станциях—нерациональное ведение сортировки, отсутствие заранее выработанной системы сортировки, недостаточность станционных обустройств (как-то сортировочных путей). Прибывший на станцию вагон благодаря бессистемной работе станции блуждает по станции из конца в конец, не находя себе приюта или бесполезно простаивая на станции многие сутки. Причиной простоев на малых станциях — ожидание приезда слесарей и рабочих для починки вагона, например, вследствие горения букс, исправления рессор. На деповских станциях—длительность передачи в мастерские. На товарных станциях—длительность погрузки и выгрузки. На пассажирских—смена паровозов, набор воды. Чем рациональнее ведется хозяйство на станции, чем лучше организована станционная работа, тем меньше простой вагонов на станциях. Величина простоев вагонов на станциях характеризует работу станции.

Мерами для улучшения сказанных простоев могут служить:

1) производство в сборных поездах группировки вагонов по станциям;

2) улучшение работы по сортировке поездов (введение строгой системы в работе); улучшение станционных обустройств, например устройство горок и т. п.;

3) уплотнение станционных работ (например единовременное производство коммерческого осмотра, технического осмотра и меловой разметки поезда);

4) ускорение работ по нагрузке и выгрузке вагонов;

5) ускорение обменных операций;

6) организация летучих бригад для ремонта вагонов без подачи их к депо при незначительных повреждениях (например для ремонта рессоры);

7) установление повышенных требований к состоянию вагонов на передаточных станциях;

8) премирование осмотрщиков и смазчиков вагонов в зависимости от отсутствия отцепок или наличия таковых;

НТБ ДНУЖТ

9) ускорение набора воды паровозами (увеличение диаметра водопроводных труб);

10) уменьшение времени на разгон пассажирских поездов помощью подталкивания отправляющихся поездов подталкивающим паровозом.

Необходимое количество вагонов для выполнения данного задания обычно определяется или исходя из пробега, или из оборота вагонов, именно если назвать сумму пробегов груженых вагонов через $\sum n_г l_г$, сумму пробегов порожних вагонов через $\sum n_п l_п$, средний суточный пробег рабочего парко-вагона через $l_с$, то необходимое число вагонов может быть выражено по пробегу так:

$$N = \frac{\sum n_г l_г + \sum n_п l_п}{l_с}, \qquad (1)$$

а по обороту так:

$$N = n_г y, \qquad (2)$$

где

$$y\text{—оборот вагона} = \frac{N}{n_г} = \frac{\sum n_г l_г + \sum n_п l_п}{n_г l_с}. \qquad (3)$$

Что касается величины $\sum n_г l_г$ (пробега груженых вагонов), $\sum n_п l_п$ (пробега порожняка), $l_с$ (среднего суточного пробега рабочего парка вагонов), то таковые берутся из статистических данных дороги (в отделениях службы эксплоатации составляются таблицы пробега груженых и порожних вагонов).

Положим для примера, что

$n_г = 348$ груж. ваг., $\sum n_г l_г = 34\,420$ вагоно-*км* (груж.),
$n_п = 49$ порожн. ваг., $\sum n_п l_п = 2\,395$ вагоно-*км* (порож.),
$l_с = 100$ *км*.

Тогда по формуле (1):

$$N = \frac{34\,420 + 2\,395}{100} = 368 \text{ вагонов.}$$

По формуле (3):

$$\text{оборот } y = \frac{34\,420 + 2\,395}{348 \cdot 100} = \frac{368}{348} = 1{,}06.$$

На основании статистических данных за несколько лет на участке устанавливается указанный выше оборот.

Имея таковой, например $y = 1{,}06$, число вагонов N по формуле (2) будет равно:

$$N = 348 \cdot 1{,}06 = 368.$$

Необходимое количество товарных паровозов может быть исчислено, исходя из среднего пробега паровоза. Если число поездо-километров в сутки равно S, средний суточный пробег товарного паровоза равен H *км*, то необходимое число паровозов $h = \frac{S}{H}$; к этому числу нужно прибавить около 15%, имея в виду, что часть паровозов находится в ремонте, и около 10%, имея в виду, что часть паровозов занята маневрами.

Из изложенного видно, каким образом может быть определено необходимое количество перевозочных средств для выпол-

РТБ ДНУЖТ

нения определенного задания, а также помощью каких мероприятий может быть увеличена паровозная способность железной дороги.

Выше было указано, что одной из мер для увеличения провозной и пропускной способности дороги является улучшение работы станции. Для того, чтобы уяснить себе, каким именно образом работа эта может быть улучшена, необходимо ясно представить себе те операции, которые на станциях совершаются. Описание этих операций сделано в задании „Станции".

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Чем характеризуется правильное железнодорожное движение?
2. Какие существуют способы движения на однопутных ж. д.?
3. Что такое график движения?
4. Что такое техническая скорость движения и что коммерческая или участковая скорость?
5. Что такое пропускная способность ж. д.?
6. Как влияет движение скорых поездов на величину пропускной способности?

НТБ ДНУЖТ

ЗАДАНИЕ XI

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕКОНСТРУКЦИИ ПУТИ

§ 51. Общие сведения о реконструкции пути

Бурный рост производительных сил народного хозяйства СССР вызвал к жизни небывалый до сего времени грузооборот. Развитие всех отраслей промышленности в связи с осуществлением индустриализации страны, постройка заводов-гигантов и мощных комбинатов, растущий подъем сельского хозяйства на базе его коллективизации и строительства совхозов, развитие новых районов с богатейшими месторождениями,—все это вызвало необычайный рост работы железнодорожного транспорта. За первые два года пятилетки грузооборот железных дорог СССР вырос со 156 млн тонн в 1929 г. до 238 млн тонн в 1930 г. против 132 млн тонн в 1913 г., превысив таким образом довоенный уровень на 80%.

Что касается пассажирских перевозок, то здесь также следует отметить бурный рост: в 1928 г. было перевезено 291 млн человек, в 1930 г. 557 млн человек. В 1913 г. было перевезено 185 млн человек.

По выполненной грузовой работе ж.-д. транспорт СССР занял второе место в мире после САСШ.

В 1930 г. железные дороги СССР выполнили 133 млрд тонно-километров против 61 млрд тонно-километров Германии, 29,2 млрд тонно-километров Англии и 565 млрд тонно-километров САСШ.

Грузонапряженность наших железных дорог в 1930 г. достигла 1,7 млн тонно-километров на километр против 1,6 млн тонно-километров на километр в САСШ.

К концу первого пятилетия у нас ожидается грузооборот около 600 млн тонн; работа пассажирских перевозок величиной около 100 млрд пассажиро-километров и грузонапряженность около 3,5 млн тонно-километров на километр.

При настоящей технической вооруженности овладеть указанными потоками наш транспорт не может; особенно отсталым является наш путь.

Проведенные на основе решения ЦК партии и СНК ликвидация обезличенной езды и замена ее спаренной, реорганизация управления ж.-д. транспорта, возвращение на транспорт квалифицированных кадров, повышение зарплаты работников решающих звеньев железнодорожного хозяйства уже дали свои результаты — привели к оздоровлению в железнодорожном хозяйстве.

Но этого еще недостаточно.

Указанный выше огромный рост перевозок за последние годы и перспективы дальнейшего значительного увеличения грузооборота в результате мощного развертывания социалистического строительства ставят задачу коренной реконструкции железнодорожного транспорта.

РГБ ДНУЖТ

В июне 1931 г. пленум Центрального комитета партии утвердил нижеследующие основные установки НКПС по реконструкции транспорта: электрификация ж. д., введение мощного подвижного состава (паровоз, электровоз и тепловоз); 50—60-тонные вагоны; автосцепка; автотормоза; автоблокировка; реконструкция верхнего строения пути; переоборудование тяговых устройств, водоснабжения, связи; механизация погрузо-разгрузочных работ и т. д.

Затем пленум утвердил распределение эксплоатируемых ж.-д. линий по реконструкции пути на три группы в зависимости от грузонапряженности.

1) Реконструкцию линий первого типа, где допускаются паровозы с нагрузкой в 23 тонны на ось, провести в течение 1932—33 гг. на следующих направлениях: Кузнецк — Челябинск; Челябинск — Магнитная; Ясиноватая—Долгинцево: Ясиноватая — Енакиево — Макеевский район; Грозный — Армавир, Курган — Свердловск; Валуйки — Лиски—Балашов—Пенза; Вятка — Буй—Ленинград; Прохладная—Беслан.

2) Реконструкцию линий второго типа, где допускаются паровозы $Э^{У}$ с нагрузкой на ось в 20 тонн, провести в течение 1932—33 гг. на линии Кинель—Оренбург—Казалинск — Урсатьевская.

3) К третьей группе отнести все остальные линии, усиление путевого хозяйства которых должно быть одной из главнейших задач технического их переоборудования.

Далее, пленум признал, что ведущим звеном реконструкции ж.-д. транспорта в перспективе его развития является электрификация ж. д. За период 1932—33 гг. электрификация должна быть проведена на линиях общим протяжением в 3 690 *км*; из них под грузовое движение — 3 215 *км* по следующим направлениям:

1) Пермская ж. д.: Кизел — Чусовая — Калино; Чусовая—Н. Тагил; Н. Тагил — Свердловск; Магнитогорск — Уфа; Магнитогорск — Карталы; 2) Томская ж. д.: Усяты — Белово—Полысаево; Топки—Кемерово; Усяты — Кузнецк; Топки — Кольчугино—Полысаево; Анжерка—Кемерово; 3) Екатерининская ж. д.: Долгинцево — Запорожье; Запорожье — Чаплино; 4) Южные ж. д.: Лиман — Основа; Дебальцево — Зверево; 5) Юго-Восточные ж. д.: Лихая — Сталинград; 6) Московско-Курская ж. д.: Москва — Ожерелье — Волово; 7) З.-К. ж. д.: Сталинск — Застафони; Навтлуг — Сталинск; Застафони — Самтреди; Навтлуг — Акстафа. Под пассажирское движение электрифицировать линии с наиболее густым движением на протяжении 475 *км*.

Ввести движение тепловозов в течение 1932—33 гг. на безводных линиях Красноводск — Чарджуй; Сальск — Батайск; Сталинград Тихорецкая.

Таковы основные установки намеченной реконструкции транспорта в целом. Останавливаться на всех деталях мы не будем. В соответственных главах этого труда даются некоторые сведения о предполагаемой реконструкции и отдельных обустройствах. Так например в задании о сигнализации и блокировке говорится о намеченной планом реконструкции автоблокировке.

§ 52. Реконструкция верхнего строения пути

Здесь же мы несколько подробнее рассмотрим лишь вопрос о реконструкции пути, который, как мы указывали выше, является особенно отсталым.

РГБ ДНУЖТ

Реконструкция нашего пути вызывается двумя основными причинами: необходимостью пропуска более тяжелого подвижного состава, с большей скоростью движения при большей интенсивности такового, с одной стороны и недостатками существующей конструкции пути, с другой. Что касается недостатков существующей у нас конструкции верхнего строения пути, то вопрос этот достаточно освещен в отделе верхнего строения пути, например недостатки фартуковых накладок; в этом же отделе изложены новейшие конструкции верхнего строения европейских и американских дорог и приведен, наконец, выработанный у нас тип конструкции верхнего строения, лишенный указанных выше недостатков и заимствовавший те усовершенствования из заграничной техники, которые являются экономически рациональными в наших условиях на данном этапе социалистического строительства. Что касается возможности пропуска тяжелых паровозов (серии T^{A} и $T^{Б}$ с давлением на ось 23 тонн) при большой грузонапряженности, то здесь помимо типа конструкции верхнего строения приходится решать вопрос о мощности отдельных элементов этой конструкции, причем здесь вес паровоза определяет прочность конструкции, а грузооборот — экономическую ее выгодность, которая обычно перекрывает требования прочности. В самом деле, для пропуска паровоза с давлением на ось в 23 *т* может оказаться достаточно мощным рельс типа IIa, но по условиям грузонапряженности, в виду быстрой изнашиваемости такого рельса, экономически более выгодным будет применение более мощного рельса. Грузооборот на отдельных участках на 1935 г. намечается у нас в 36 млн. тонно-*км* брутто. При таковой грузонапряженности рельс IIa прослужит на таких участках всего 3 или 4 года, а в кривых частях пути—1 или 2 года; подтверждением может служить практика Америки (см. статью К. П. Щукина, Конкретные задачи по реконструкции пути и перспективы 1931 г., журнал „Железнодорожное дело", 1931 г., № 6).

Несмотря однако на указанную экономическую целесообразность применения более мощного рельса в настоящее время при недостатке в металле, иногда нам приходится останавливаться на рельсе менее мощном, например $П^{а}$. Базируясь на указанных соображениях, планом реконструкции намечены следующие мероприятия.

I. В области рельсового хозяйства

Мощный рельс для линии с наибольшим грузооборотом и с движением паровозов с давлением на ось в 23 тонны. Проект такого рельса приведен в отделе верхнего строения пути. Там же приведен и новый проект скреплений для рельса IIa и IIIa. Поэтому здесь вторично останавливаться на этом вопросе не будем и укажем лишь, что при реконструкции нашего пути, кроме веса и типа рельса необходимо обратить внимание на нижеследующие моменты рельсового хозяйства.

1) Качество рельсовой стали должно быть во избежание преждевременной смены рельсов улучшено путем изготовления средне-марганцевистых рельсов и путем термической обработки (более подробное описание см. отдел верхнего строения).

2) Сбитые стыки должны исправляться путем газовой и электрической наплавки.

НТБ ДНУЖТ

3) Длина вновь прокатываемых рельсов для получения экономии в скреплениях должна быть увеличена до 25 *м*.

II. В области шпального хозяйства

1) Применение шпал стандартного типа (чертежи и размеры таких шпал приведены в задании верхего строения пути). Для уменьшения давления на балласт и уменьшения напряжения в рельсах:

а) увеличение числа шпал до 1 800 шт. на километр на линиях с большим грузооборотом и с движением паровозов с давлением на ось в 23 *т* и до 1 600 шт. на линиях с движением паровоза, с давлением на ось в 20 *т*;

б) укладка более мощных подкладок площадью 375 см на линиях с паровозами с давлением на ось в 23 *т*.

2) Расширение пропитки шпал креозотом. При цене непропитанной шпалы в 2,5 руб., пропитанной хлорцинком — 3 руб. и креозотом — 3,5 руб. и соответственных сроках службы 6, 10 и 14 лет, капитализированная стоимость получается:

непропитанной — 6,75 руб.
пропитанной хлор-цинком — 5,61 „
пропитанной креозотом — 5,01 „

Кроме того ежегодно приходится менять на 1 *км* пропитанных реозотом шпал 96 шт., а хлор-цинком—244 шт.

III. В области замены песчаного балласта щебнем и гравием

1) Проект замены песчаного балласта щебнем (поперечные профили) приведен в отделе верхнего строения.

2) Механизация заготовки щебня и гравия с применением мощных камнедробилок.

3) Перевозка щебня помощью саморазгружающихся составов.

4) Выбор карьеров и обеспечение надлежащего качества щебня.

§ 53. Оздоровление земляного полотна

Планом реконструкции пути, кроме реконструкции верхнего строения, предусмотрено также оздоровление земляного полотна, которое состоит главным образом в ликвидации пучин.

Общее протяжение пучинистых мест на наших железных дорогах составляет свыше 8 000 километров. Расходы по исправлению пучин зимой составляют ежегодно около 3 миллионов руб. Резкие изменения плавности пути, являющиеся результатом иногда совершенно внезапного появления пучин, представляют большую опасность для движения поездов. Поэтому совершенно своевременным является вопрос о ликвидации пучин на наших железных дорогах и особенно актуальным он становится в связи с реконструкцией наших железнодорожных путей.

§ 54. Сведения о способах ликвидации пучин

I. Верховые пучины. Верховыми пучинами, как это указывалось в отделе ремонта пути, называются пучины, появляющиеся в балластном слое.

НТБ ДНУЖТ

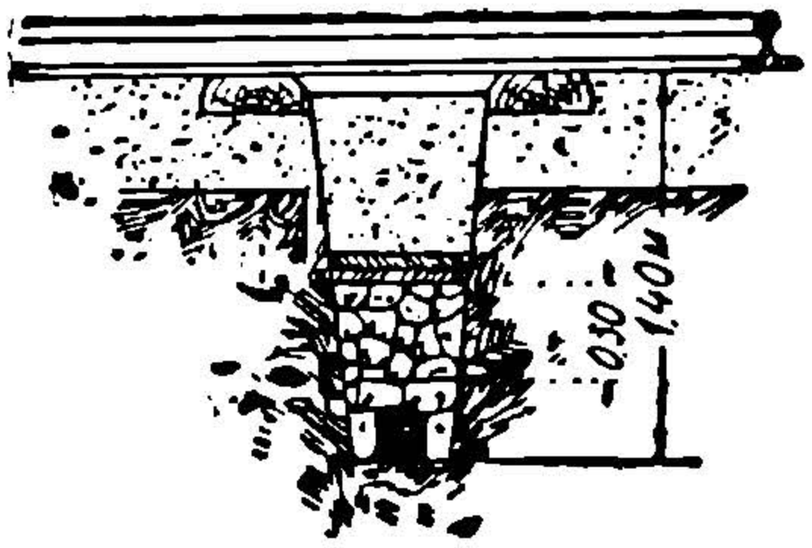
Ликвидация верховых пучин может быть получена надлежащим отводом воды, что может быть достигнуто следующими мерами.

1) Углублением кюветов и канав.

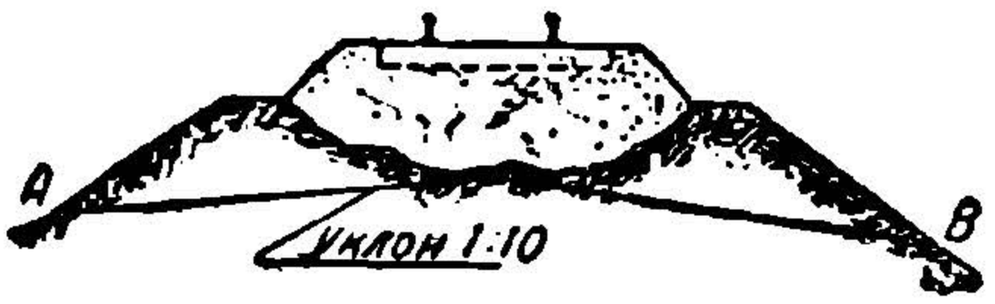
2) Устройством поперечных дренажей, закладываемых ниже самых низких точек дна балластных корыт.

Поперечные дренажи устраиваются через каждые 5—10—20 *м*. Тип такого дренажа изображен на черт. 455.

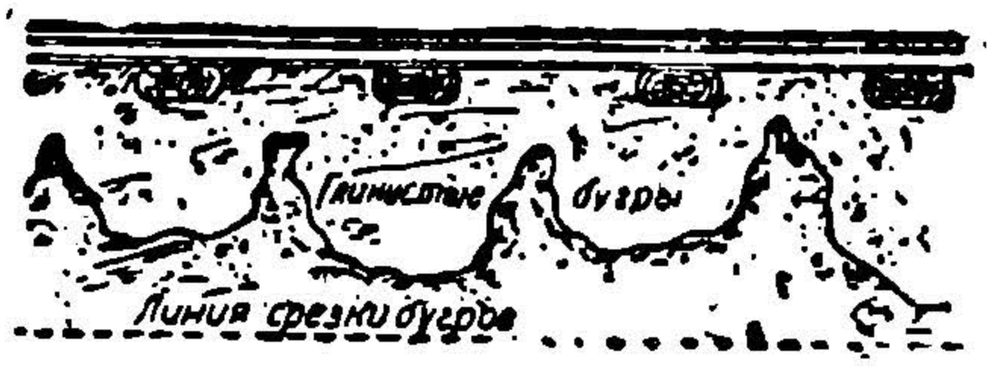
Он состоит из гончарных или цементных труб диаметром около 75 *мм*, уложенных в жолобе из плитного камня; сверху насыпается слой камня, который и покрывается двумя слоями дерна травой вниз, затем все засыпается песком.



Черт. 455.



Черт. 456.



Черт. 457.

3) Подрезкой земляных бровок, непропускающих воду, и засыпкой таковых крупным песком. Срезка земляных бровок должна производиться от самой пониженной точки балластного корыта с уклоном от $\frac{1}{20}$ до $\frac{1}{10}$ (см. черт. 456). Одновременно со срезкой земляных бровок желательно производить срезку глинистых бугров, изображенных на черт. 457.

4) Выемкой балласта из корыт и засыпкой последних грунтом, непропускающим воду.

5) Устройством в насыпях сквозных прорезей, засыпанных затем песком. Устройство сквозных прорезей производится следующим образом: поперек насыпи роются канавы шириной около 1,5 *м* с отвесными стенками, которые раскрепляются досками и распорками. Под прорезью рельсовый путь поддерживается мостиком из рельсовых пакетов; опорами для рельсов служат уложенные по обеим сторонам прорези шпалы или брусья (см. черт. 458).

Наиболее действительным средством с точки зрения уничтожения балластных корыт следует признать описанные выше сквозные прорези и срезку бровок. Что касается дренажей, то нужно отметить, что они часто засоряются и требуют прочистки и ремонта.

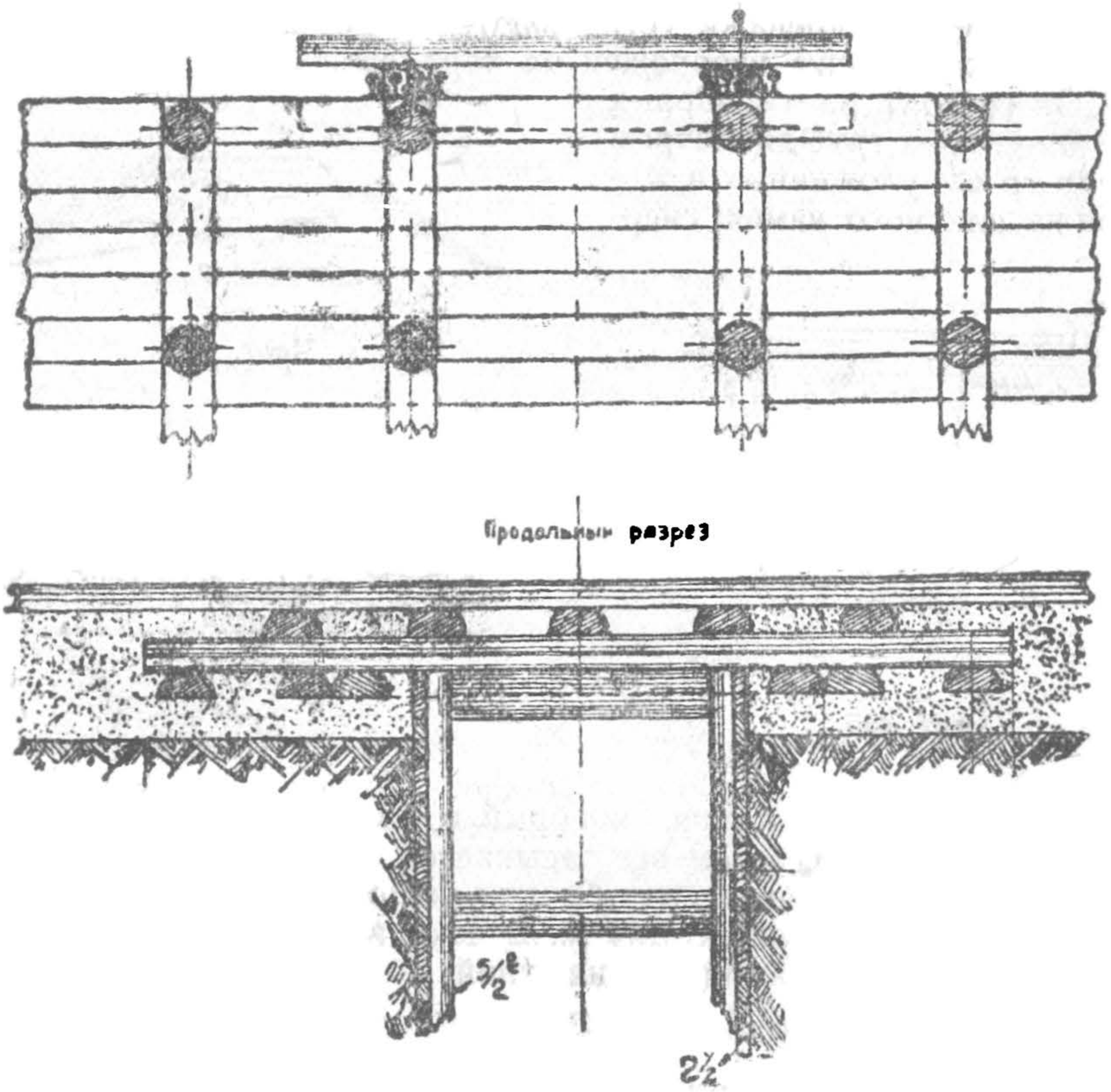
II. Коренные пучины. Ликвидация коренных пучин может быть осуществлена следующими способами.

1) Углублением кюветов (примерно на 20 *см* ниже дна водоносного слоя) со срезкой откосов выемки (см. черт. 459).

РГБ ДНУЖТ

2) Углублением кюветов без срезки откосов выемки, но с укреплением углубленных кюветов деревянными или каменными стенами (см. черт. 460, 461, 462 и 463).

Деревянные могут быть устроены:



Черт. 458.



Черт. 459.

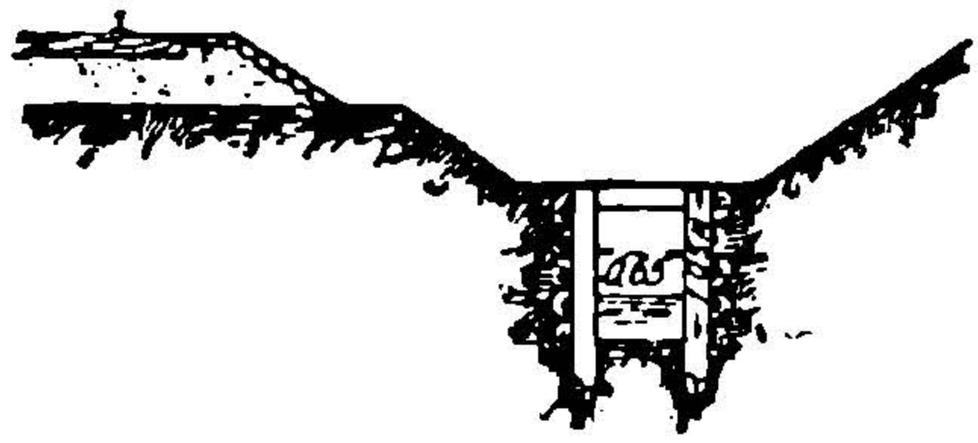
а) забивкой ручной бабой сваек из старых шпал с распорками сверху; за свайками закладываются пластины или старые шпалы (черт. 460);

б) установкой распорных рам на расстоянии 2,6 *м* одна от другой; за распорными рамами укладываются пластины или старые шпалы; дно лотка между нижними распорками замащивается;

НПБ ДНУЖТ

в) забивкой сплошного ряда свай из старых шпал с установкой распорных рам (см. черт. 462).

Недостатком деревянных лотков является их способность загнивать и затруднительность выхода воды в лоток через деревянные стенки.

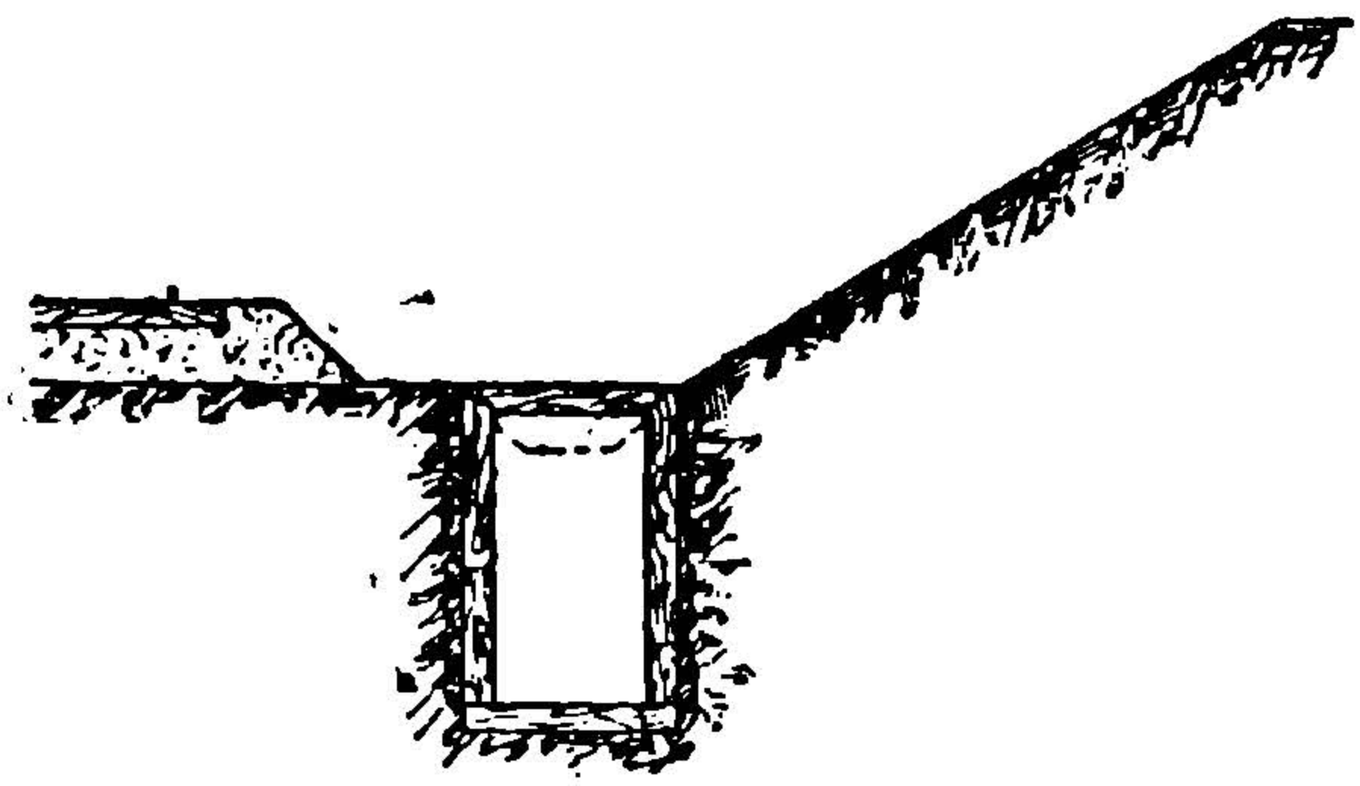


Черт. 460.

Еще менее доступен выход воды в лоток при каменных или железобетонных стенках.

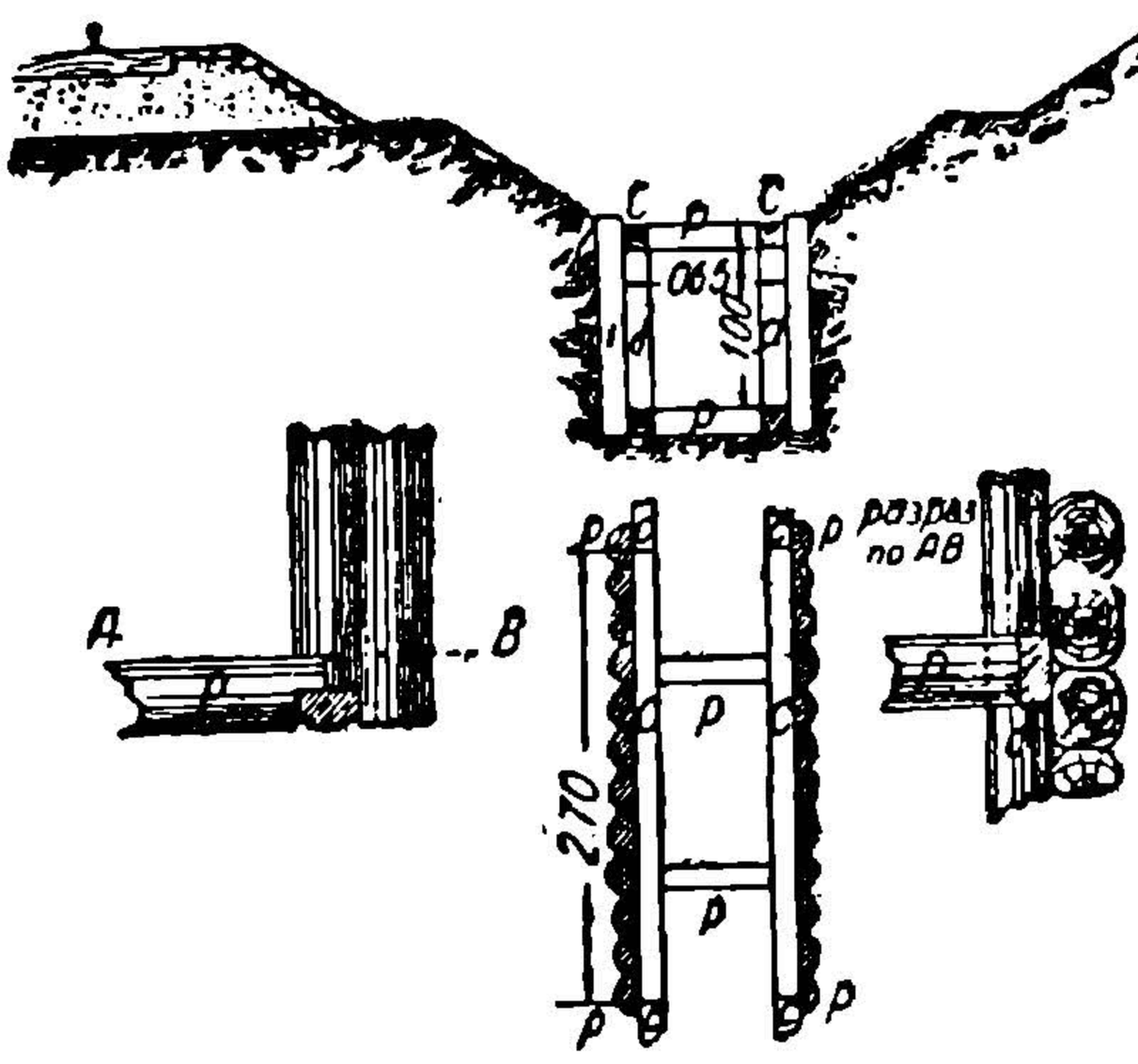
3) Отводом воды помощью продольных дренажей, которые могут быть устроены или под осью полотна, или под кюветами.

Дренажи из гончарных и цементных труб следует укладывать с уклоном не менее 0,002, а каменные—с уклоном не менее 0,008.



Черт. 461.

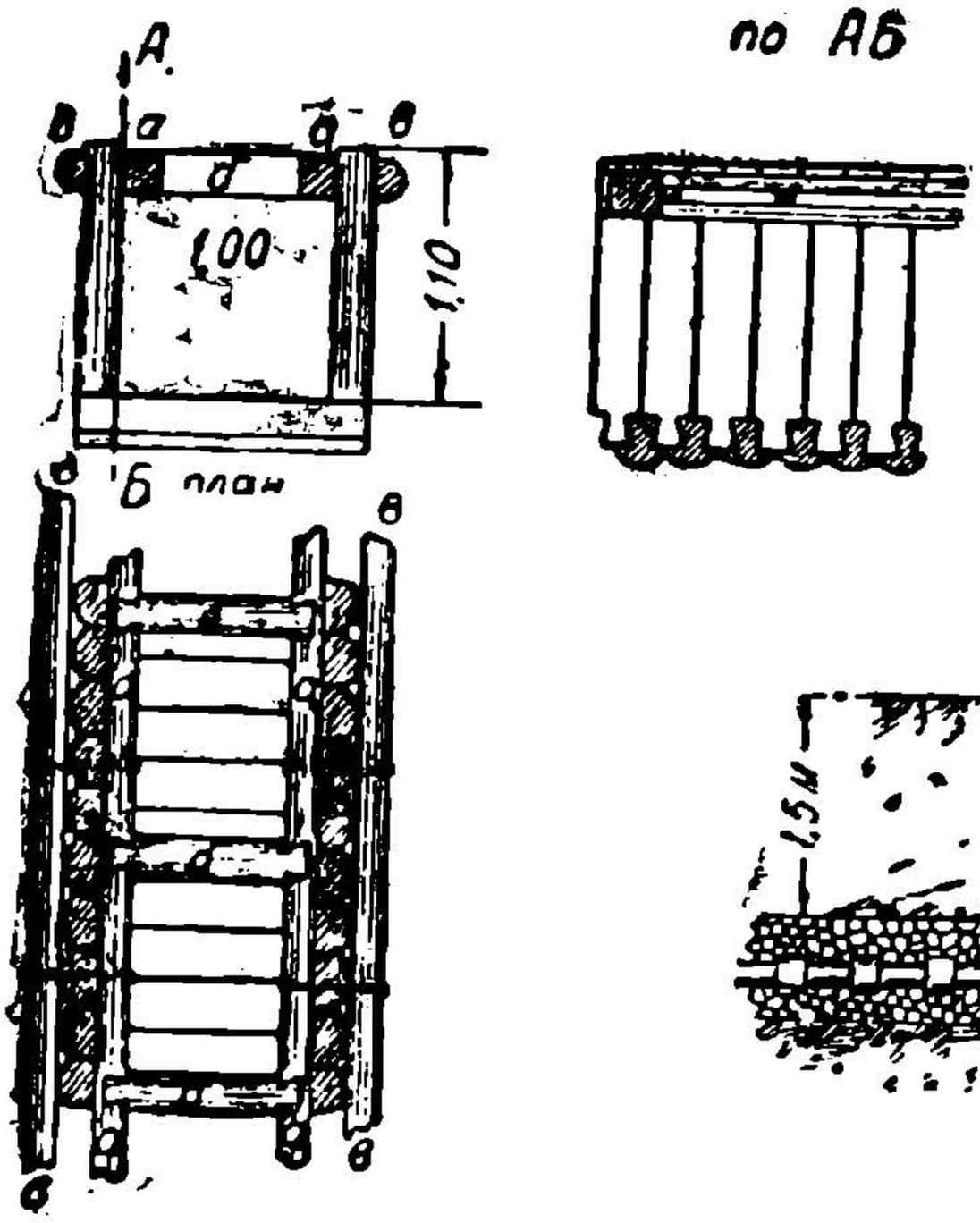
Диаметр труб колеблется от 6 до 15 *см*. Для прочистки дренажей устраиваются колодцы на расстоянии от 20 до 50 *м* один от



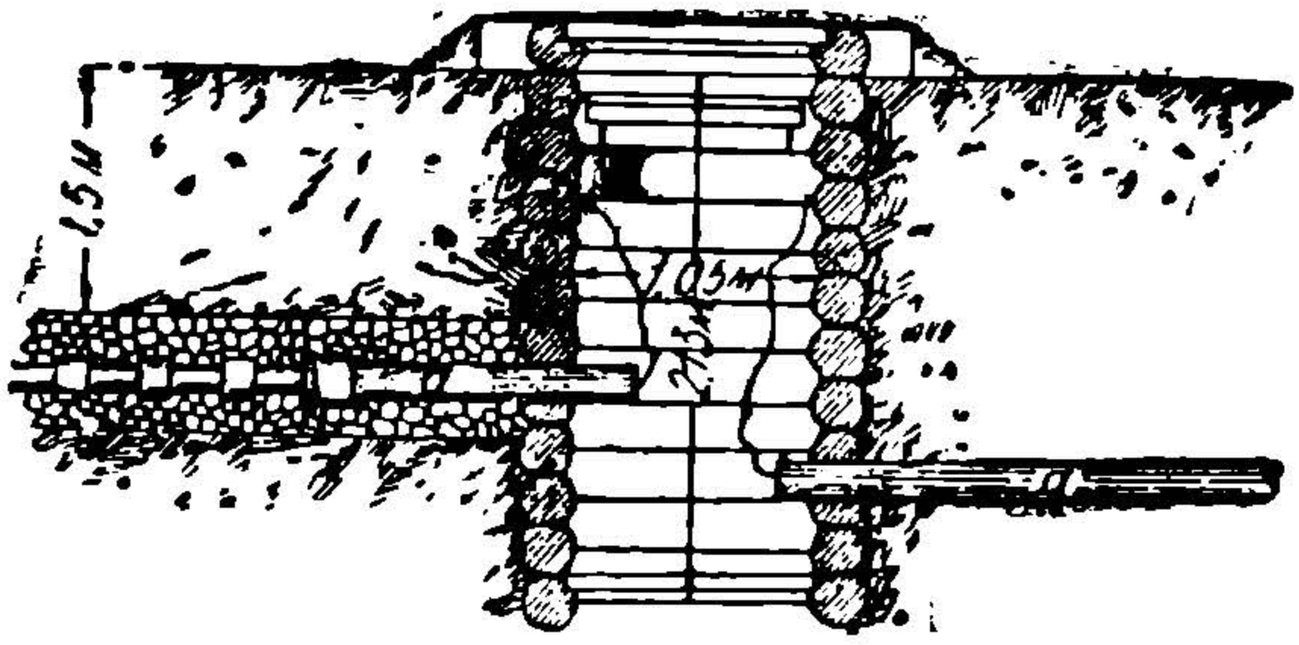
Черт. 462.

другого. Колодцы делаются круглые (диаметром около 1 *м*) или прямоугольного сечения (размерами 0,70 × 0,70 *м*).

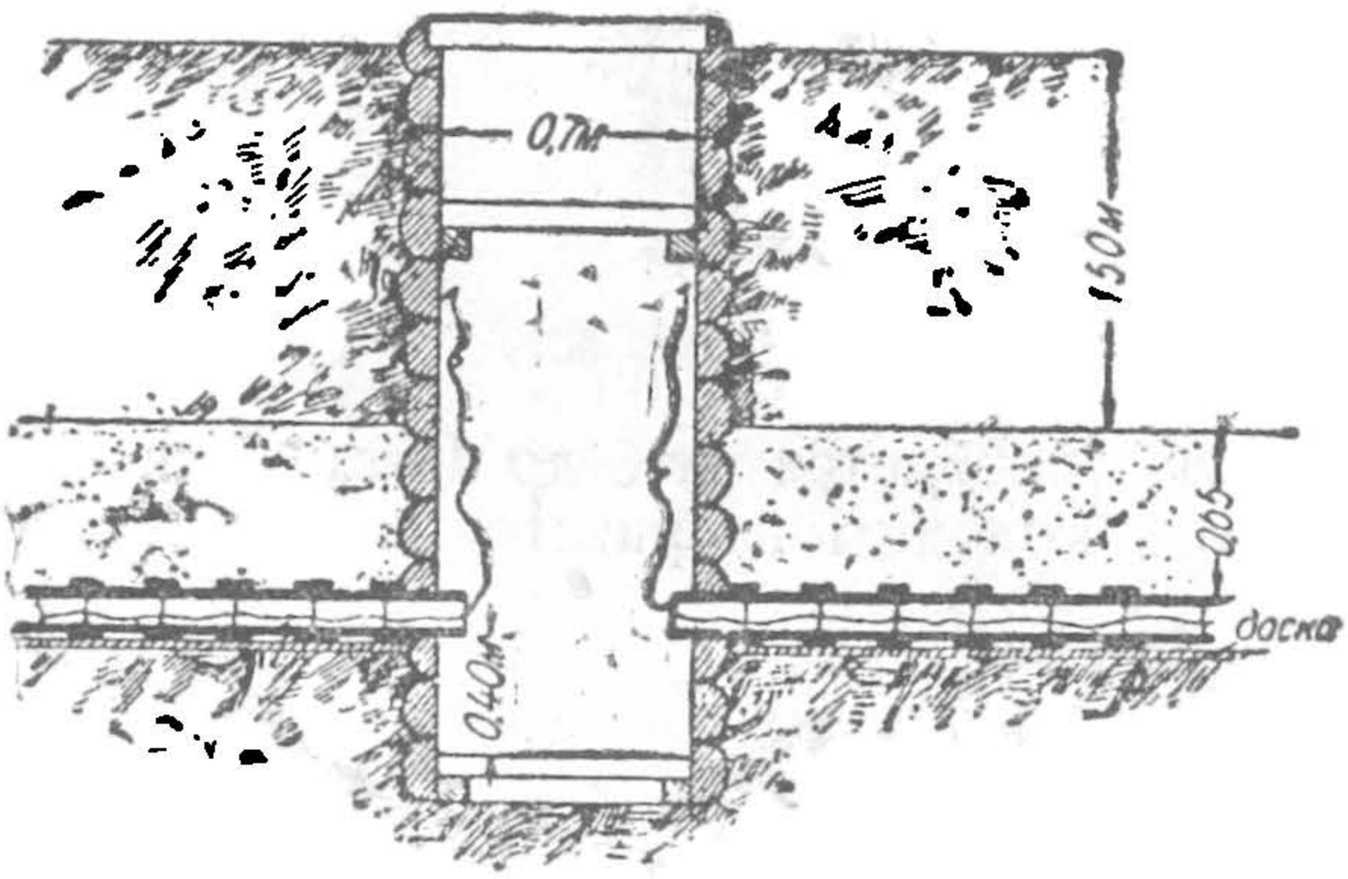
НТБ ДНУЖТ



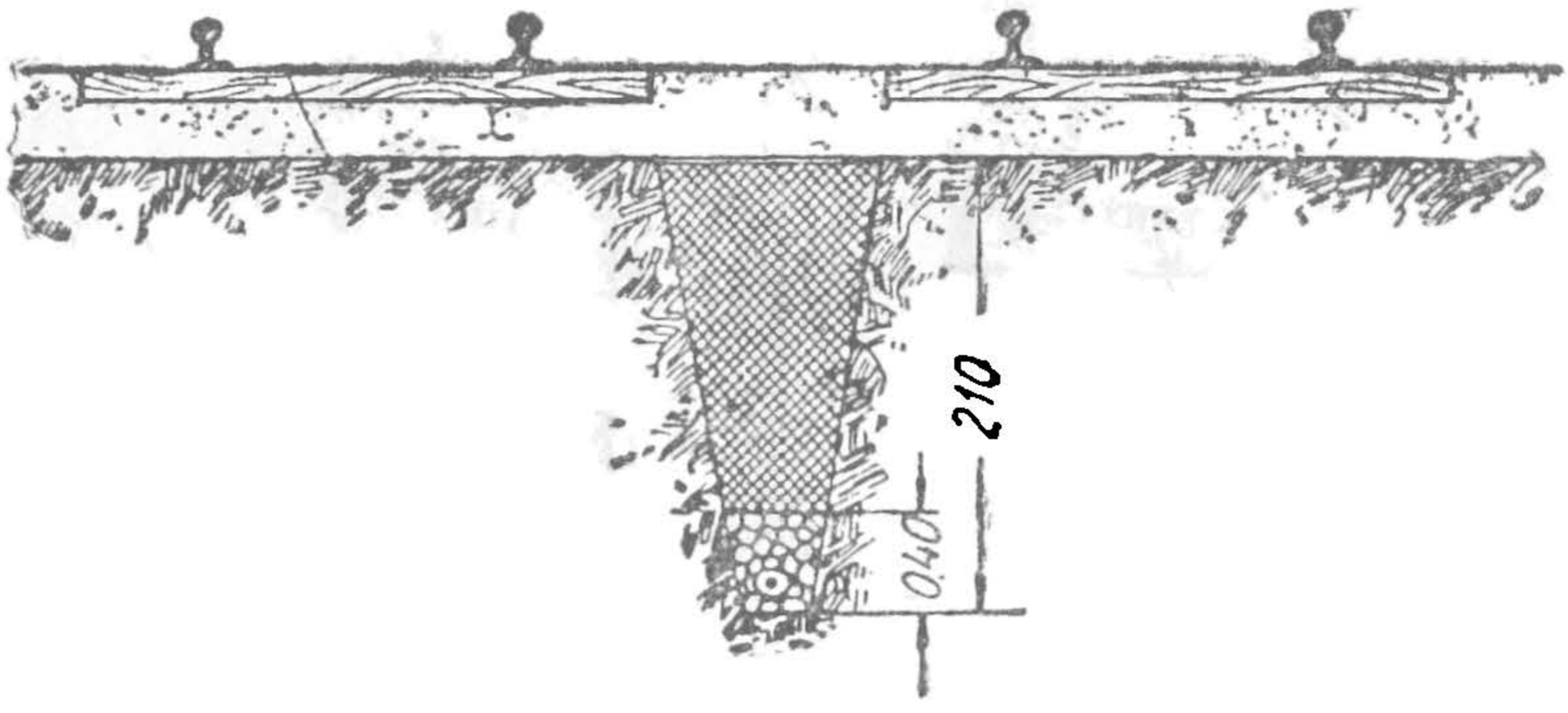
Черт. 463.



Черт. 464.



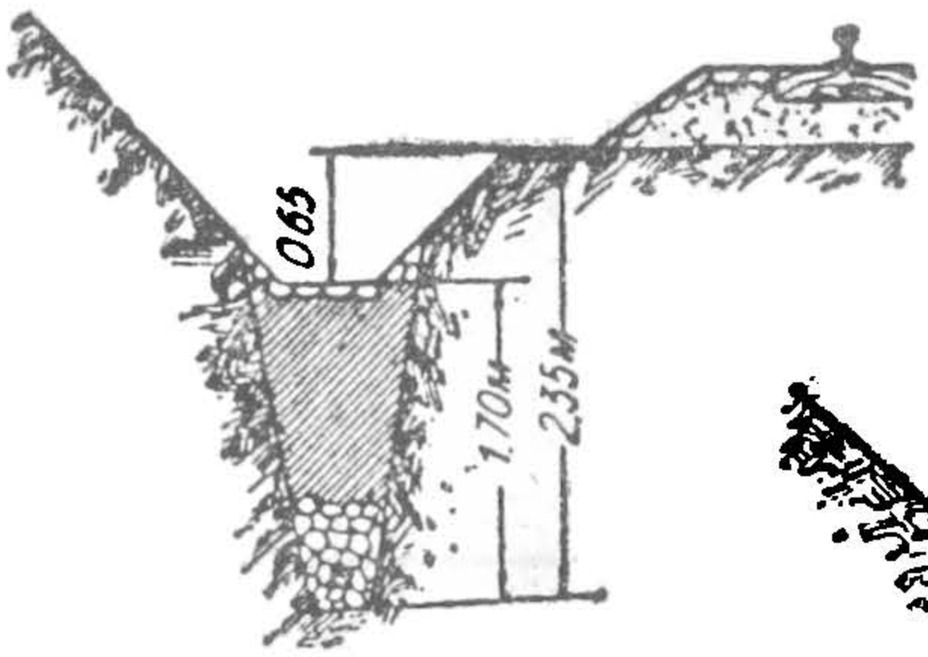
Черт. 465.



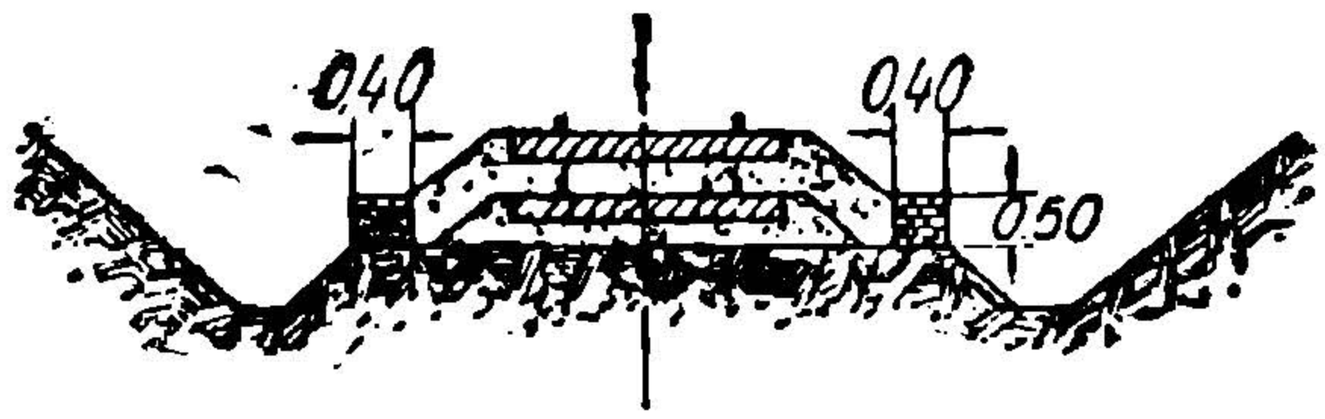
Черт. 466.

НТБ
ДНУЖТ

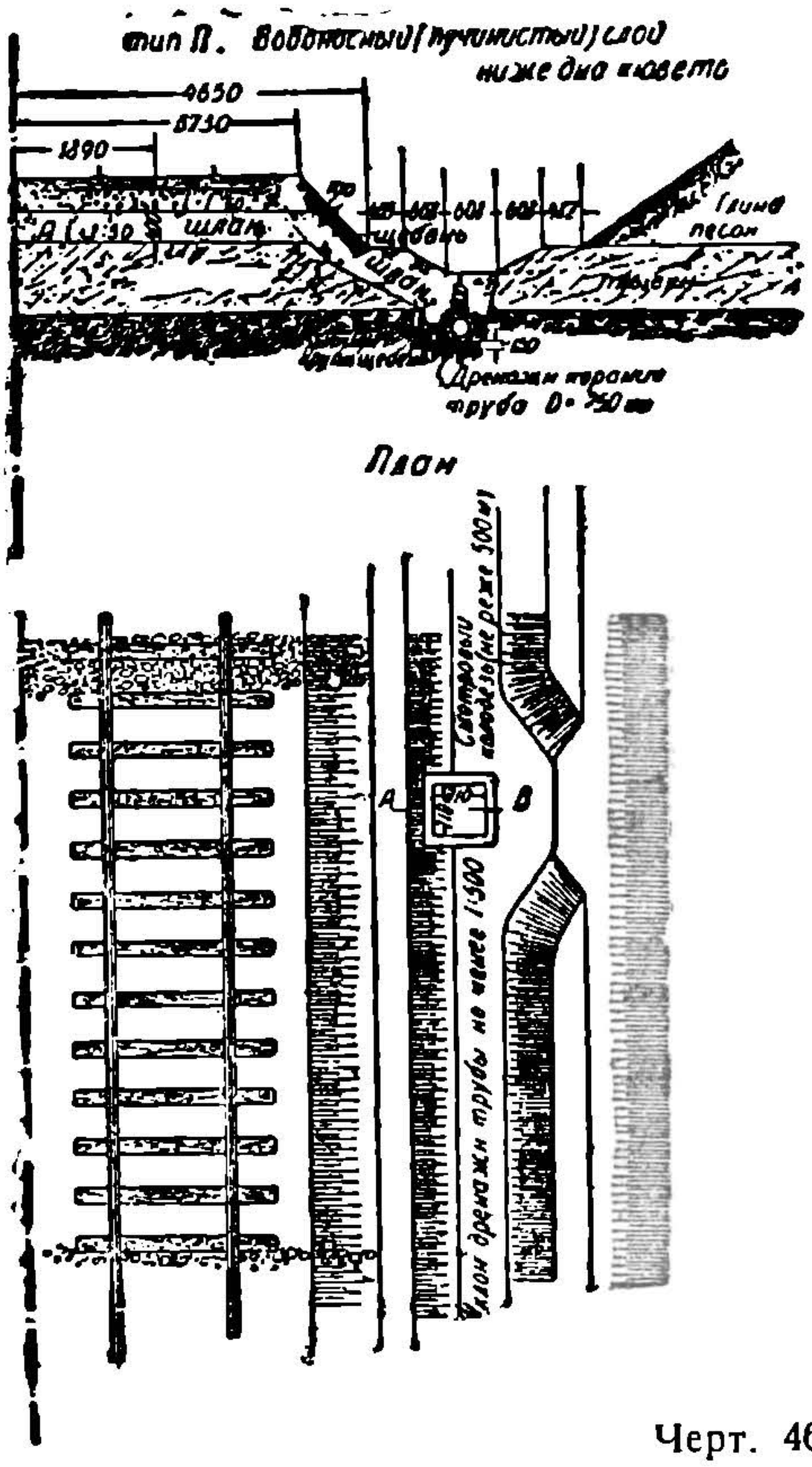
Для защиты колодцев от промерзания в них устраиваются двойные люки, промежуток между которыми зимой закрывается сухими листьями, навозом.



Черт. 467.



Черт. 468.



Черт. 469.

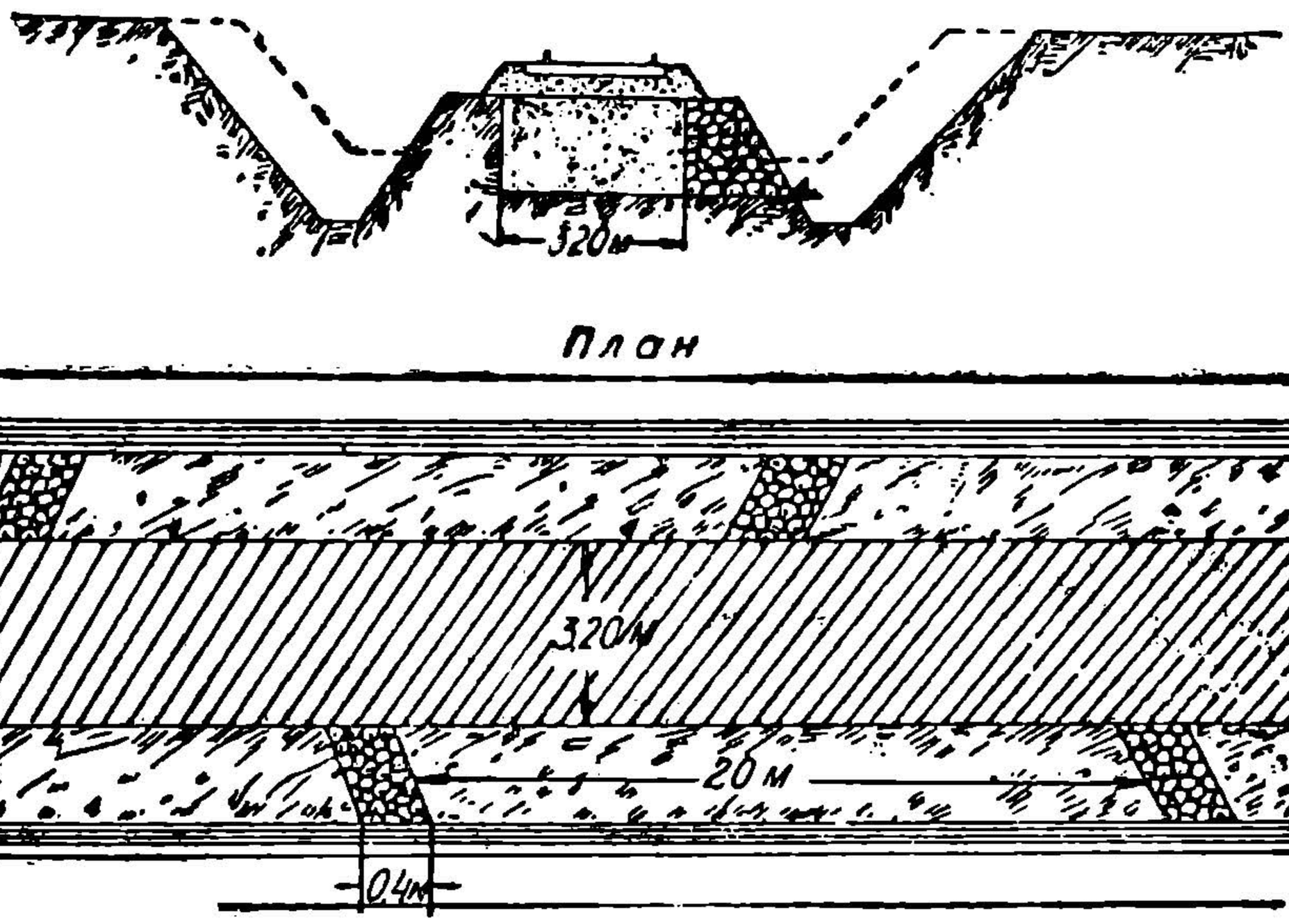
Для прочистки трубы через нее из одного конца колодца до другого протягивается медная отожженная проволока, к которой прикрепляется веревка с мочалкой. Протаскиванием проволоки производится прочистка трубы. Дренаж и смотровой колодец показаны на черт. 464, 465, 466 и 467.

ПГТБ ДНУЖКТ

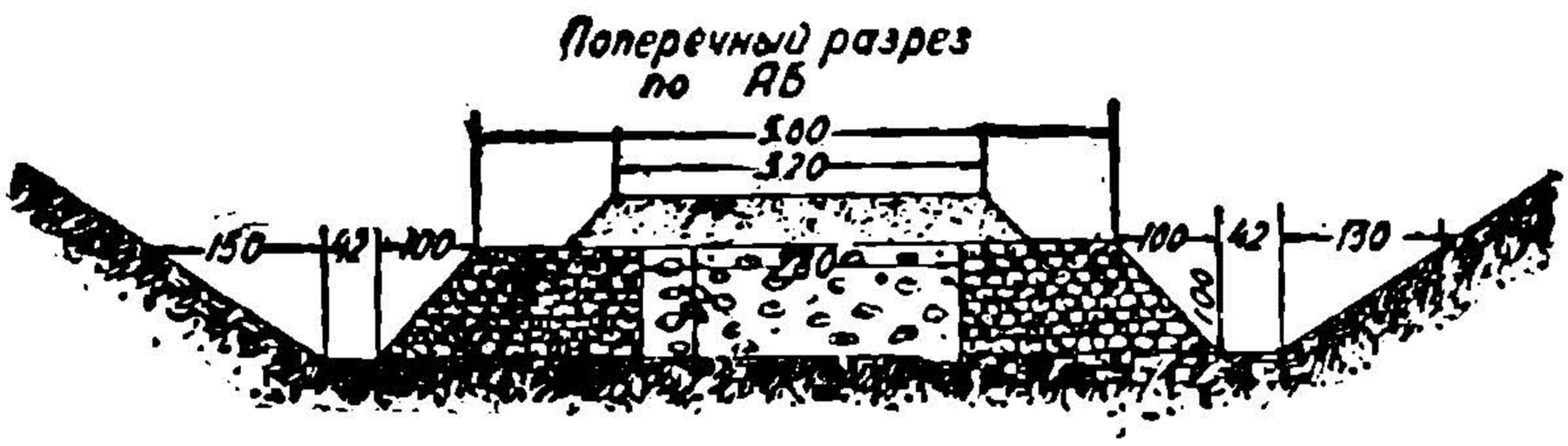
Трубы укладываются в слое щебня, а поверх укладывается глина с утрамбовкой для того, чтобы в трубу не попадала вода из кювета.

Иногда вместо щебня труба укладывается на доску.

Иногда дренажи устраиваются из плиты, камня, щебня или фашин.



Черт. 470.



Черт. 471.

4) Устройством подушки из песка или шлака для предохранения грунта от промерзания путем:

а) увеличения толщины балластного слоя (см. черт. 468).

б) замены части пучинистого грунта материалом, плохо проводящим тепло, но пропускающим воду (шлаком).

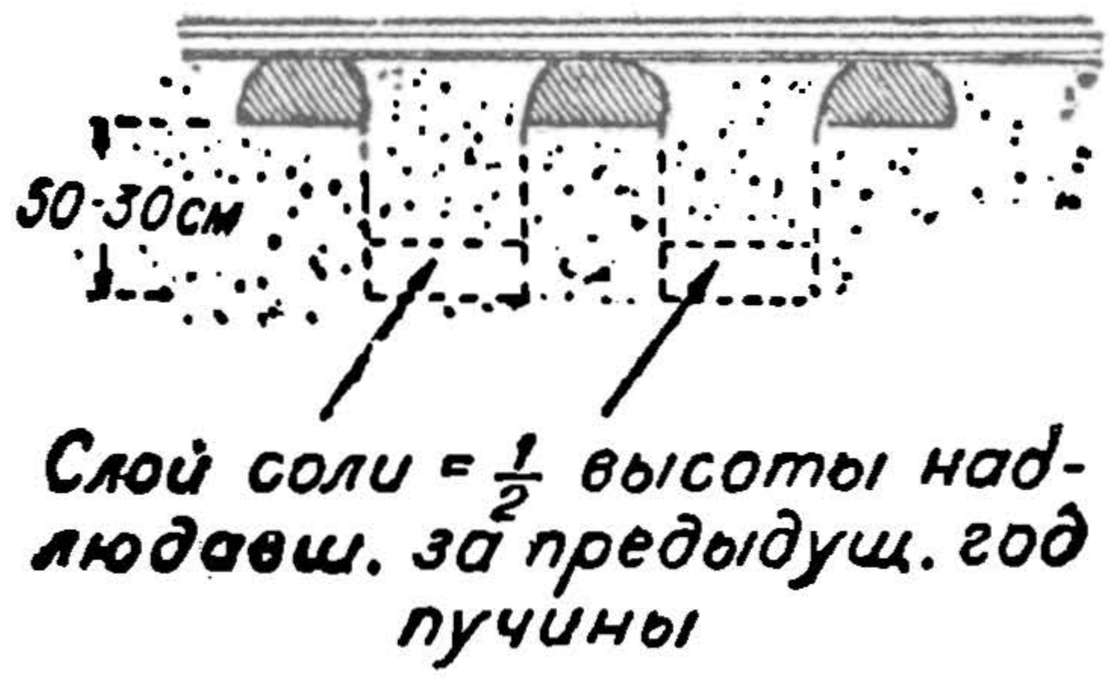
НТБ ДНУЖТ

Примером такого устройства может служить шлаковая подушка, устроенная на Октябрьской ж. д. и изображенная на черт. 469.

5) Замены пучинистого грунта на всю глубину промерзания крупным песком (или гравием, щебнем, хрящем, шлаком).

Котлован для замены грунта обычно делается шириной 3,10 *м*.

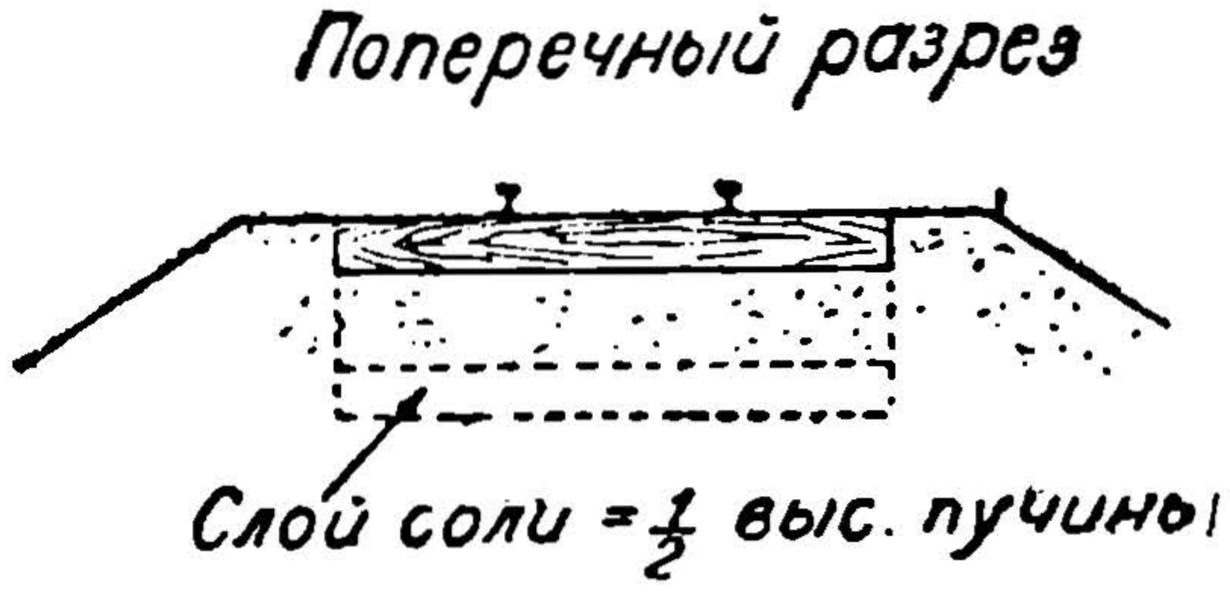
Переход от замененного грунта к местному в продольном направлении должен быть постепенный — на протяжении от 30 до 40 *м*.



Черт. 472.

На черт. 470 и 471 показаны примеры замены грунта с выпуском воды из котлована (черт. 471) на Сызрано-Вяземской ж. д. и без выпуска (черт. 470).

Необходимо упомянуть еще о способе ликвидации пучин путем „засолки пучин солью". Способ этот применяется на американских



Черт. 473.

жел. дорогах и дал хорошие результаты. Заключается он в том, что в балластном слое между шпалами на протяжении горба пучины вырываются ящики, глубиной 40—50 *см*, которые заполняются каменной (непереваренной солью) на высоту, равную примерно половине высоты горба пучины (см. черт. 472 и 473).

Поваренная соль растворяемая в воде, понижает температуру замерзания последней, согласно нижеследующей таблице:

Процент поваренной соли	— 2,	6,	12,	18,	22
Температура замерзания воды по Ц	— 1°,	4°,	—5°,	5—8°,	9°—13°, до 50°

(Материал и чертежи для данного приложения заимствованы из курса, составленного для Политехнического заочного института транспорта П. Я. Чекмаревым, именно—„Железнодорожный путь", ч. III, Нижнее строение. Пучины).

РГБ ДНУЖТ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какой величины достиг грузооборот железных дорог СССР за первые два года пятилетки?
2. Как выросли пассажирские перевозки в 1930 г. по сравнению с 1913 г.?
3. Какой грузонапряженности достигли наши дороги в 1930 г. и какой величины достигают в САСШ?
4. Какая величина пассажирских перевозок и грузонапряженности ожидается у нас к концу пятилетки?
5. Какие основные установки НКПС по реконструкции транспорта утверждены в июне 1931 г. пленумом ЦК партии?
6. На какие группы в зависимости от грузонапряженности распределены эксплоатируемые железнодорожные линии по реконструкции пути?
7. По каким направлениям намечается у нас электрификация?
8. Где предполагается ввести движение тепловозов?
9. Какие преимущества достигаются при автоблокировке, автосцепке и автотормозах?
10. Какими основными причинами вызывается реконструкция нашего пути?
11. Для пропуска какого паровоза у нас вводится тяжелый рельс?
12. Какой вес и основные размеры этого тяжелого рельса?
13. Какими особенностями отличаются новые стандартные скрепления для рельса II-а?
14. Какие намечаются мероприятия по улучшению рельсовой стали?
15. Как предполагается исправлять сбитые стыки?
16. Какие типы шпал намечаются планом реконструкции пути?
17. Какое увеличение числа шпал, какое увеличение площади подкладок и какие мероприятия по пропитке намечаются планом реконструкции?
18. Какие мероприятия намечаются в области замены песчаного балласта щебеночным?
19. Какие намечаются меры по оздоровлению нижнего строения пути?
20. Какие применяются способы ликвидации верховых пучин?
21. Как устраиваются поперечные дренажи?
22. Какие условия должны соблюдаться при подрезке земляных бровок?
23. В чем заключается недостаток коротких дренажей из балластных корыт?
24. Как устраиваются сквозные прорези? Какой применяется метод работ?
25. Какие меры применяются к коренным пучинам?
26. На какую величину необходимо производить углубление кюветов?
27. В чем заключается недостаток обделки углубленных кюветов деревянными стенками и стенками из кладки на растворе?
28. Какими мероприятиями обеспечивается возможность периодической очистки продольного дренажа?
29. Как обеспечить колодцы, устроенные по линии дренажей, от промерзания?
30. Как устраиваются дренажи из гончарных труб?
31. На каком принципе основан употребляемый для уничтожения пучин способ „отепления“?
32. В чем заключается употребляемый для уничтожения пучин способ „замены грунта“ и на каком принципе он основан?
33. На какую глубину следует производить замену грунта и как производится эта замена?
34. Как устраивается переход от замененного грунта к местному?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Начертите нормальный поперечный профиль выемки глубиной 2 *м*; покажите на нем водоносный слой толщиной 0,40 *м*, расположенный на слое глины, верхняя поверхность коего находится на глубине 1 *м*, считая от бровки полотна. Покажите на этом чертеже, как должно быть произведено углубление кюветов в целях отвода и осушения полотна.
2. На поперечном профиле выемки глубиной в 4 *м* покажите устройства подкюветного дренажа из гончарных труб при условии, что выемка устроена в плывучем грунте, залегающем на глине, которая находится на глубине 2,2 *м* от бровки полотна.
3. Начертите поперечный профиль выемки под один путь глубиной 2 *м*. Балластный слой 0,40 *м*. Водоносный слой находится на глубине 0,5 *м* от земляной

НТБ ДИИЖТ

бровки полотна. Глубина промерзания 1,1 *м*. Покажите на чертеже, как избавиться от пучин в этой выемке путем увеличения толщины балластного слоя.

4. Выемка глубиной 4 *м* под два пути. Глубина промерзания 1,5 *м*. Покажите на поперечном профиле этой выемки, а также и в плане, и в продольном профиле способ замены пучинистого грунта под путем без отвода и с отводом воды до дна котлована.

Масштаб всех чертежей $^1/_{100}$ натуральной величины.

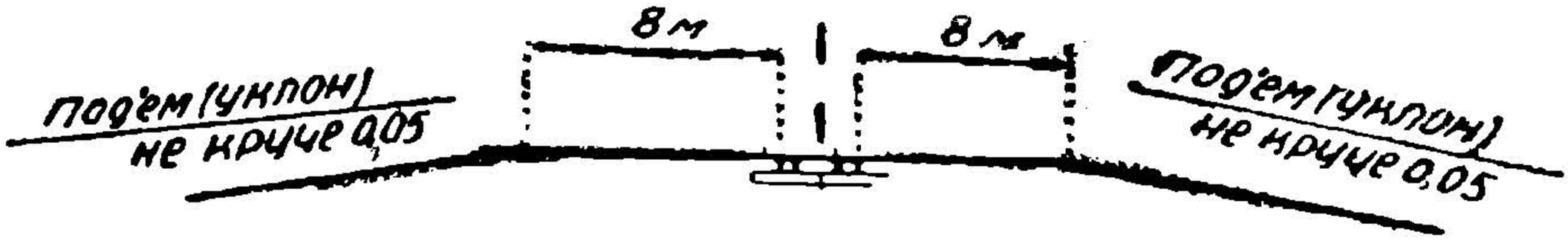
НТБ ДНУЖТ

ЗАДАНИЕ XII

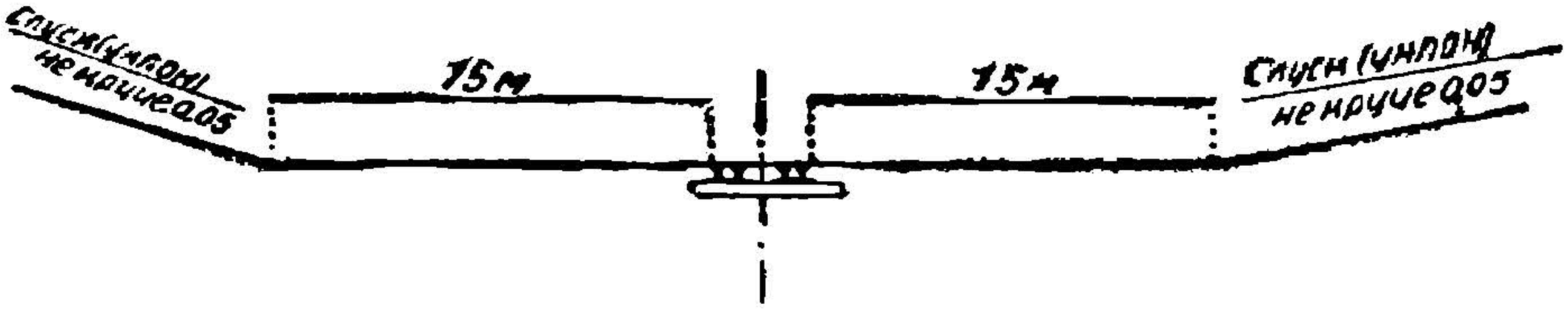
ПЕРЕЕЗДЫ и ПУТЕВЫЕ ЗНАКИ

§ 55. Переезды

Пересечение железных дорог с другими железными дорогами или с безрельсовыми дорогами (грунтовыми, шоссейными мощеными) может происходить или в разных уровнях—помощью путепроводов, или в одном уровне. В месте пересечения железной дороги с безрельсовой в одном уровне устраивается переезд, причем этот пос-



Черт. 474.



Черт. 475.

ледний при интенсивном движении по пересекаемой шоссейной или городской дороге во избежание несчастных случаев проектируется охраняемым; при слабом движении, например по полевой или грунтовой дороге, устраивается неохраняемым. Переезды желательно устраивать в полевых местах. При пересечении безрельсовой дороги с железной в том месте, где железная дорога проходит выемкой или насыпью выше 6 *м*, следует устраивать путепровод.

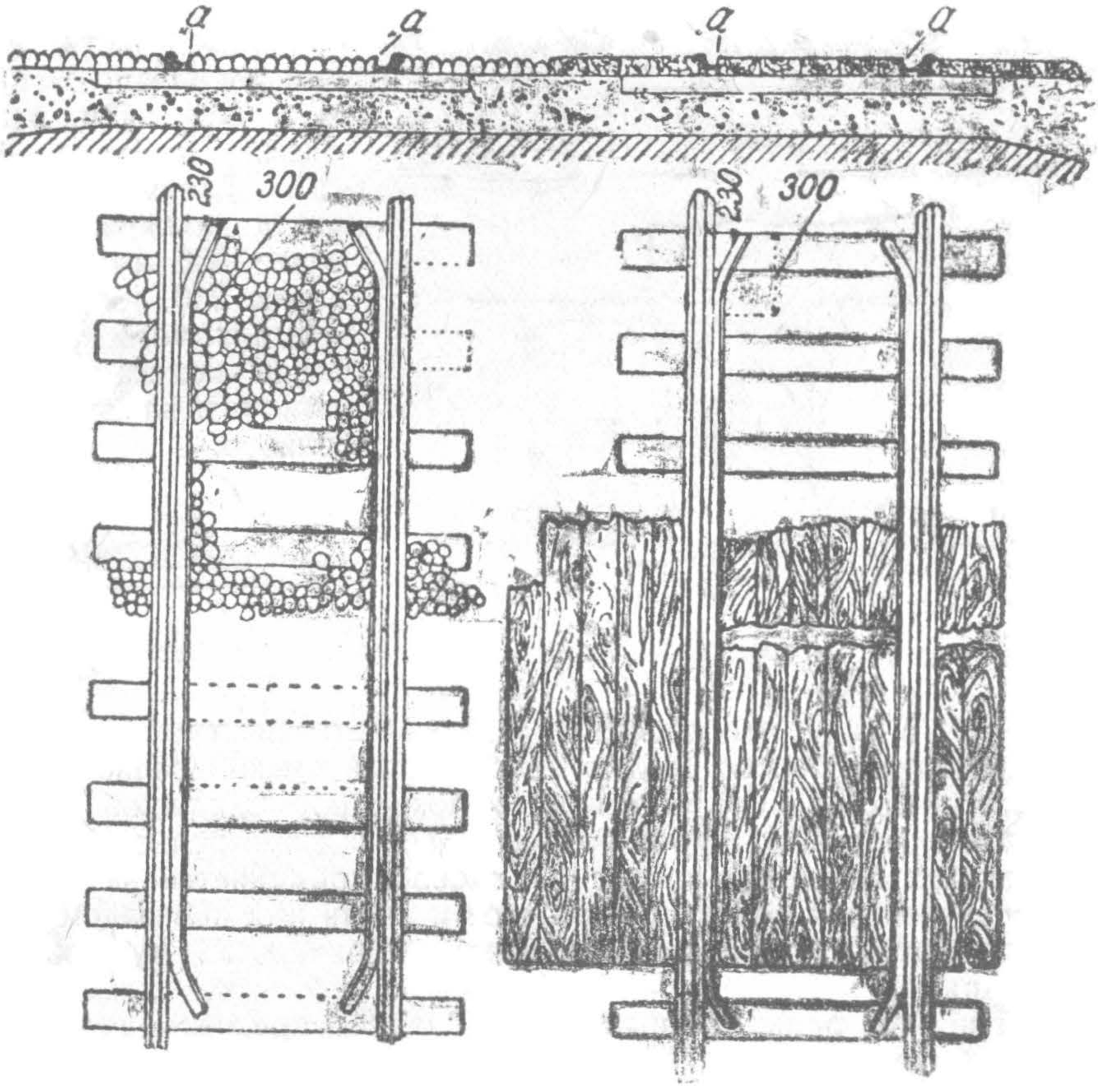
Ширина проезда в пределах переезда устраивается на шоссе и мощеных дорогах не менее ширины последних; в прочих случаях—в зависимости от интенсивности движения, но не менее 3 *м*. Нормальной шириной обыкновенного одиночного переезда можно считать 4 *м* (иногда 5 *м*). Если такая ширина является недостаточной для пропуска полевых машин или для значительного скотопрогона, то устраиваются двойные переезды шириной от 6 до 10 *м*.

Угол пересечения дорог между собой должен быть возможно ближе к 90° и во всяком случае быть не менее 60° для магистральных железных дорог, не менее 45° для промышленных ветвей нормальной колеи и не менее 30° для ветвей узкой колеи.

НТБ ДНУЖТ

Предельный уклон проезжей дороги, пересекающей магистральную железную дорогу при подходах к переезду, т. е. на въездах и спусках к нему, должен быть вообще не круче 0,05, а на городских улицах — не круче 0,03. При пересечении грунтовых дорог с железнодорожными ветвями допускается предельный уклон подходов к переезду в 0,08.

Самый переезд устраивается на площадке, которая продолжается в обе стороны за пределами рельсовой колеи на расстоянии не



Черт. 477.

Черт. 476.

менее 8 *м*, если проезжая дорога подходит к переезду с подъемом, и не менее 15 *м*, если подходит со спуском (см. черт. 474 и 475).

Поверхность переезда в пределах площадки покрывается одеждой, которая бывает или деревянная (настил из пластин или старых шпал, прикрепляемых к путевым шпалам) или каменная мостовая (см. черт. 476 и 477).

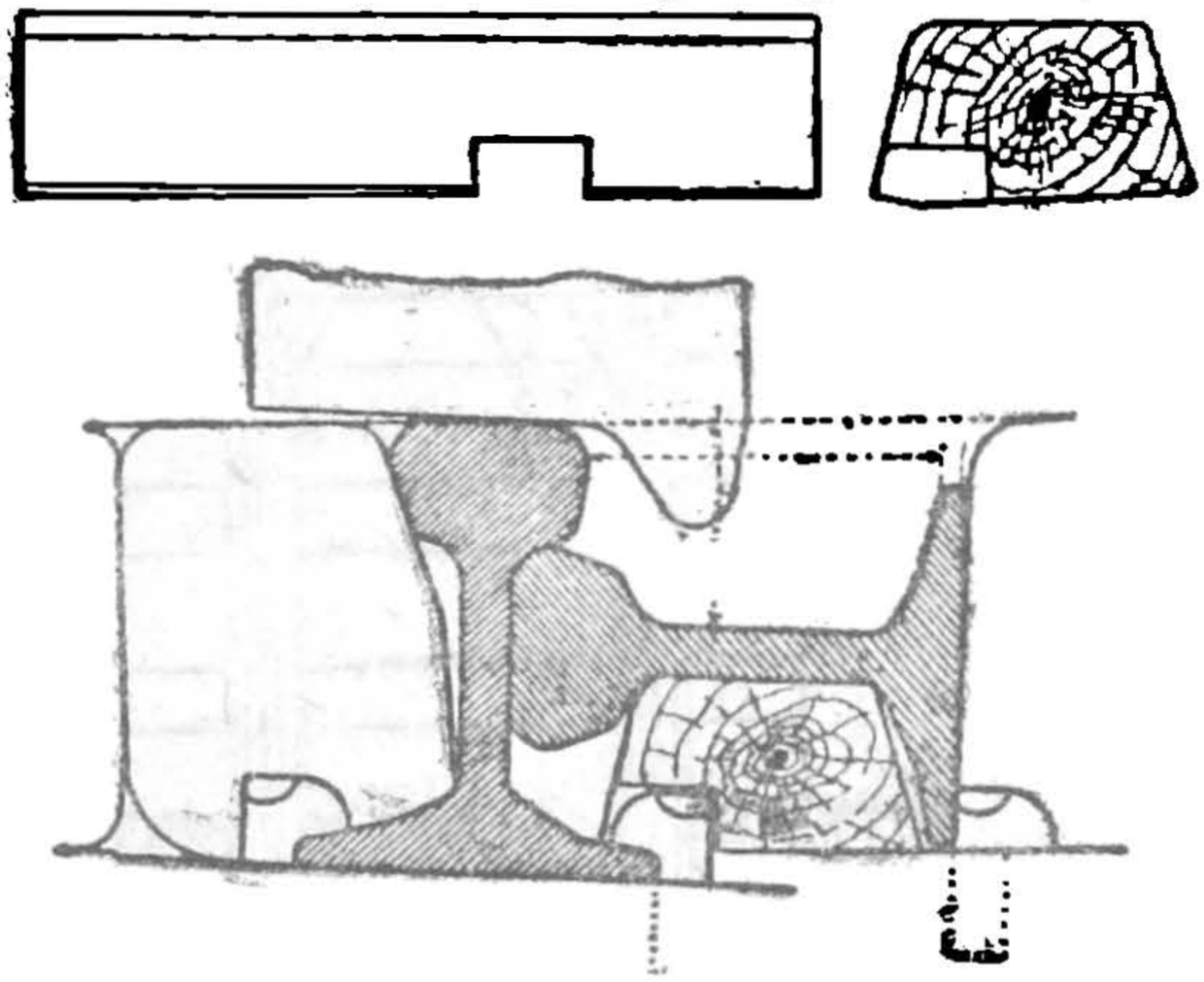
Внутри колеи укладываются контррельсы, образующие жолоб для беспрепятственного прохождения реборд колес подвижного состава (см. черт. 476 и 477). Контррельсы укладываются или на подошву, т. е. так же как и путевые рельсы (см. черт. 479) или на бок (см. черт. 478).

НТБ ДНУЖТ

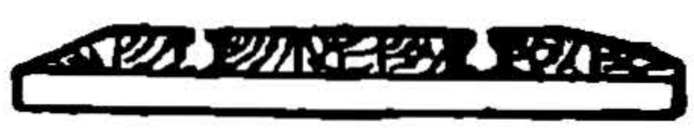
Ширина жолоба для широкой колеи делается равной 65 *мм*, а для узкой колеи в 750—51 *мм*.

Глубина жолоба при укладке контррельсов на бок для нормальной колеи делается от 42 до 65 *мм* и для узкой колеи в 750 *мм* от 40 до 45 *мм*.

При укладке контррельсов на подошву обычно для того, чтобы копыта лошадей не вязли в жолобе, между рельсом и контррельсом укладываются деревянные рейки такой толщины, чтобы верх реек отстоял от верха рельса не менее, чем на 36 *мм*, т. е. на высоту реборды бандажа. Концевые части контррельсов плавно отгибаются к оси пути, как это указано на черт. 476 и 477. Длина отогнутого конца должна быть не менее 300 *мм*. Величина загиба 230 *мм*. Делается это для того, чтобы реборда колеса не могла наскочить на торцы контррельсов.



Черт. 478.



Черт. 479.

Имея в виду, что переезд представляет известные препятствия для ремонта пути, не следует располагать стыков рельса на переезде, что может быть достигнуто некоторой сдвижкой переезда, укладкой рельсовых рубок или, наконец, сваркой рельсовых стыков в пределах переезда; последний способ применяется за границей. При пересечении переездом кюветов и канав под переездом обычно укладываются трубы железобетонные, гончарные, чугунные или деревянные.

Наиболее рациональным типом следует признать полукруглые железобетонные трубы шириной—0,70 *м* и высотой—0,35 *м*.

При применении гончарных труб над ними вследствие их ломкости для смягчения ударов необходимо устраивать насыпь не менее 0,25 *м*.

Причисление переезда к охраняемому или неохраняемому делается в зависимости от работы и от условий видимости переезда. Работа переезда определяется по нижеследующей формуле: $Р = П \cdot Э$, где $Р$ равно работе переезда в поездо-экипажах в сутки,

$П$ — число поездов и паровозов, прошедших через переезд в сутки,

$Э$ — число экипажей, прошедших через переезд в сутки.

Условия видимости диктуются требованием, чтобы поезд и экипаж могли быть своевременно остановлены для прохода поезда по переезду без наезда на экипаж.

НТБ ДНУЖТ

Видимость считается удовлетворительной, если: 1) машинисту приближающегося поезда видна середина переезда на расстоянии 700 *м* на спусках, 500 *м* на площадках и 300 *м*—на подъемах, причем спуски и подъемы в 0,002 и положе принимаются за площадки; 2) экипажу, приблизившемуся к переезду с той или другой стороны на 20 *м*, считая от наружного рельса, поезд виден на расстоянии не менее 200 *м* с любой стороны движения поезда.

Охраняемыми переезды обычно устраиваются: 1) при работе свыше двадцати тысяч поездо-экипажей в сутки ($P = П \cdot Э > 2000$), если видимость переезда удовлетворительная, и 2) при работе равной двум тысячам поездо-экипажей в сутки ($P = ПЭ = 2000$), если видимость переезда неудовлетворительная.

На магистральных линиях СССР переезды разделяются на нижеследующие разряды: переезды охраняемые — на I и II разряды, переезды неохраняемые относятся к III разряду.

Переезды I разряда обслуживаются трехсменным дежурством с подсменной; барьеры (о которых говорится ниже) держатся постоянно (и днем и ночью) открытыми; закрываются и запираются они замком заблаговременно, перед проходом поезда, вагончика или дрезины.

Переезды II разряда обслуживаются одним сторожем с подсменной. Барьеры держатся днем и ночью закрытыми и запертыми на замок; открываются лишь для пропуска экипажей или скота.

Переездная стража обязана: 1) на переездах I разряда постоянно безотлучно находиться при барьерах и встречать все поезда и днем и ночью; 2) на переездах II разряда находиться безотлучно при барьерах, когда таковые открыты и встречать только днем и только пассажирские поезда. Переезды кроме разрядов разделяются на переезды, открытые для общего пользования, которыми могут пользоваться все проезжающие, и открытые не для общего пользования, именно переезды, открытые для отдельных предприятий или обществ, с которыми на этот счет составлено дирекцией дороги специальное соглашение. Такие переезды должны иметь барьеры обычно закрытыми и запертыми на замок; ключ от замка хранится у предприятия или общества.

Переходы через железную дорогу для пешеходов устраиваются или у переездов или вне их и обычно никогда не закрываются. При интенсивности движения и при пересечении ряда путей (на станциях) для безопасности прохода желательно устраивать пешеходные мосты над путями или тоннели под путями.

Барьеры или шлагбаумы, служащие для закрытия проезда через переезд, располагаются на расстояние 8 *м* от путевого рельса.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие существуют способы пересечения дорог?
2. Из каких частей состоит переезд?
3. Какая должна быть ширина проезда на переезде?
4. Какие допускаются продольные уклоны проезжих дорог при подходе их переезду?
5. Какие существуют способы укладки контррельсов на переездах? Какие существуют нормы ширины, глубины жолоба и величины сгиба концов контррельсов?
6. Как устраивается водоотвод на переезде?
7. Какие бывают типы барьеров на переезде?

НТБ ДНУЖТ

8. Какие измерители определяют работу переезда?
9. Какие нормы приняты для установления видимости переезда?
10. Какое основание принимается при отнесении переезда к числу неохраняемых и охраняемых?
11. Какая разница в правилах охраны переездов разных разрядов?
12. Назначение и род путевых знаков и правила их установки?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Подсчитайте работу переезда, если через него проходит в сутки 350 экипажей, 30 поездов и 10 паровозов.
2. Каковы будут условия видимости переезда, если со стороны спуска переезд виден машинисту на расстоянии 300 *м*, а со стороны подъема 150 *м*?
3. Должен ли данный переезд быть охраняем, если железная дорога будет магистралью и если подъездным путем?

НТБ ДНУЖТ

ПРИКАЗ НАРОДНОГО КОМИССАРИАТА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР

№ 2255 от 12 июня 1931 г.

О расчете железнодорожного пути

В отмену приказа НКПС № 7921 от 24/XI-1925 г., брошюры № 349 и таблицы стандартных скоростей, приложенной к приказу НКПС № 1081 от 21/IX-1929 г., настоящим п р и к а з ы в а ю принять к руководству способ расчета пути, разработанный Центральным институтом научных исследований и реконструкции жел. дор. пути, изложенный в рассылаемом одновременно с настоящим приказом „Кратком наставлении для расчетов железнодорожного пути и определения условий обращения подвижного состава", утвержденным ЦЧ и ЦР Лизаревым 19/V-1931 г.

При пользовании означенным наставлением необходимо руководствоваться следующими указаниями.

1) Входящие в расчетные формулы коэфициенты, выведенные на основании ряда практических наблюдений, подлежат дальнейшему уточнению для получения возможной увязки данных теории и практики.

В соответствии с этим, дирекциям дорог надлежит, пользуясь преподанными „Кратким наставлением" формулами, произвести поверочные расчеты для обращающегося на дороге подвижного состава, сообщив результаты в Центральное управление пути, без разрешения которого не допускается какое-либо снижение существующих на данный момент скоростей, утвержденных дирекцией.

2) Предельные скорости, устанавливаемые для паровозов разных серий, ни в коем случае не должны превышать конструкционных скоростей таковых.

3) Наибольшие скорости движения, определенные расчетом для прямого пути при прохождении по кривым должны быть уменьшаемы до размеров, указанных в нижеследующей таблице:

Радиус кривой в *м*	Уменьшения скорости при прохождении кривой %
500	10
400	20
300	30
200	40

П р и м е ч а н и е. Ограничение скоростей, установленное п. 3, должно применяться лишь при прохождении кривых и должно быть указано в соответствующем перечне, помещенном в инструкции и расписаниях; снижение скоростей по всему перегону или участку до пределов, соответствующих наименьшему радиусу кривой, не допускается.

4) На кривых участках пути с радиусом менее 600 *м* скорости свыше 85 *км* допускаются лишь при условии устройства переходных кривых.

5) При отсутствии подкладок скорость движения свыше 60 *км* не допускается.

Зам. народного комиссара путей сообщения Миронов.

Начальник Центрального управления делами НКПС Парейшвили.

НТБ ДНУЖТ

Утверждено:
ЦЧ и ЦР Лизаревым
19/V 1931 г.

КРАТКОЕ НАСТАВЛЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСЛОВИЙ ОБРАЩЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

1. Расчетные формулы

Для расчета верхнего строения ж.-д. пути устанавливаются следующие формулы.

1. Напряжение в рельсах от изгиба:

а) при статической нагрузке:

$$\sigma_{cm} = \frac{M}{W} = \frac{\Sigma \mu P}{4 W k}, \tag{1а}$$

б) при динамической нагрузке:

$$\sigma_{\partial} = m \quad n \quad \sigma_{cm} \tag{1б}$$

2. Давление рельса на шпалу:

а) при статической нагрузке:

$$Q_{cm} = \frac{1}{2} \Sigma \eta P \cdot k \cdot l, \tag{2а}$$

б) при динамической нагрузке:

$$Q_{\partial} = m_1 \quad n \quad Q_{cm}. \tag{2б}$$

3. Давление на 1 $см^2$ поверхности шпалы под рельсом или прокладкой:

а) при статической нагрузке:

$$q_{cm} = \frac{Q_{cm}}{\omega}, \tag{3а}$$

б) при динамической нагрузке:

$$q_{\partial} = \frac{Q_{\partial}}{\omega}. \tag{3б}$$

4. Среднее давление на 1 $см^2$ поверхности баласта под шпалой:

а) при статической нагрузке:

$$p_{бcm} = \frac{Q_{cm}}{a \cdot \frac{ab}{2}}, \tag{4а}$$

б) с учетом динамики подвижноto состава:

$$p_{б\partial} = n \quad p_{бcm}. \tag{4б}$$

5. Наибольшее давление на 1 $см^2$ поверхности земляного полотна (при статической нагрузке):

при $h \leqslant l_0$

$$p_э = \frac{2 \cdot p_{бcm}}{1 + \frac{h^2}{b l_0}} \tag{5а}$$

при $l_0 \leqslant h \leqslant l$

$$p_э = p_б \quad \frac{b + 1 - h}{l}, \tag{5б}$$

при $h > l$ давление на земляное полотно принимается постоянным:

$$p_э = \frac{b}{l} \quad p_{бcm} \tag{5в}$$

НТБ ДНУЖТ

Примечание. При применении типовых шпал, предусмотренных ТУ проверки шпал на изгиб не требуется. В случае применения шпал, отличающихся от установленных, напряжения от изгиба определяются по формулам и таблицам Циммермана.

Обозначения:

M — изгибающий момент в рельсе (в $кг \cdot см$);

W — момент сопротивления рельса ($см^3$);

I — момент инерции рельса ($см^4$);

l — расстояние между осями шпал ($см$);

m — динамический коэфициент, оценивающий влияние, оказываемое неровностями пути и бандажей на напряжения в рельсах;

m_1 — динамический коэфициент, оценивающий влияние, оказываемое неровностями пути и бандажей на напряжения в шпалах и балласте;

n — динамический коэфициент, оценивающий влияние конструкции подвижного состава на напряжения в рельсах, шпалах, балласте и земляном полотне;

$k = \sqrt[4]{\frac{u}{4EI}}$ — коэфициент относительной жесткости основания и рельса ($см^{-1}$);

E — модуль упругости рельсовой стали. Принимается $E = 2 \quad 10^6$ $кг/см^2$;

u — модуль упругости основания рельса $\left(\frac{кг}{см^2}\right)$;

ω — площадь подкладки или при отсутствии подкладок—площадь опорной поверхности рельса на шпале ($см^2$);

α—коэфициент, оценивающий изгиб шпалы (отношение средней осадки шпалы к осадке подрельсового сечения);

a — длина шпалы ($см$);

b — ширина опорной площади шпалы ($см$);

$l_0 = l - b$ — расстояние между шпалами в свету ($см$);

h — толщина слоя балласта (в соответствующих случаях—также и земляного полотна) под основанием шпалы;

$\Sigma \mu P$ — эквивалентный груз, заменяющий данную систему грузов в отношении напряжений в рельсе на изгиб;

$\Sigma \eta P$ — эквивалентный груз, заменяющий данную систему грузов в отношении давления на шпалу, балласт и земляное полотно.

II. Основные предпосылки расчета

При выводе расчетных формул рассматривается изгиб рельса под действием системы грузов, работающий как брус, лежащий на сплошном упругом основании.

Упругость основания рельса оценивается модулем u и зависит от многих причин: качества земляного полотна, балластного слоя, типа шпал, частоты их расположения и т. п.

Жесткость рельса определяется величиною его момента инерции I и зависит от типа рельса и его износа.

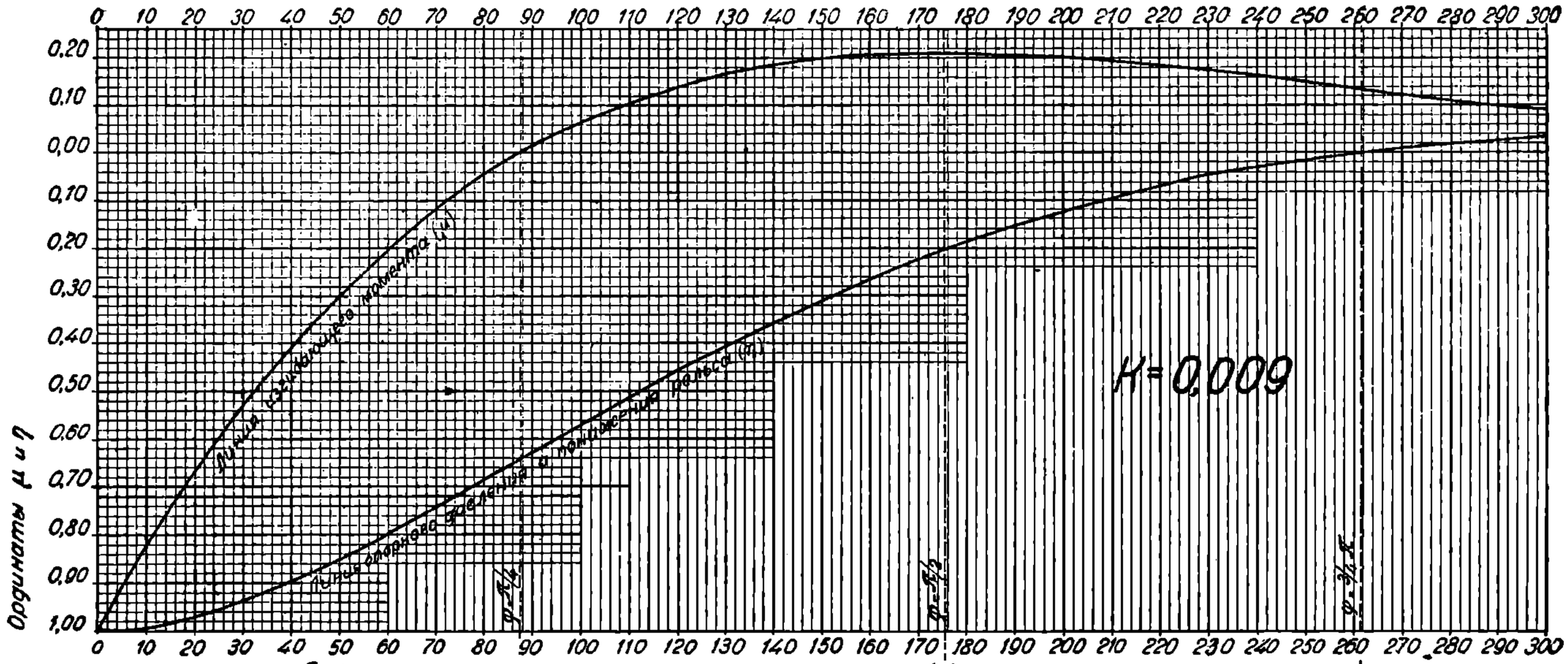
Соотношением этих величин (упругость основания и жесткости рельса) определяется вид кривой изгиба рельса. Под давлением одного груза рельс, прогибаясь, принимает криволинейное очертание, причем его просадка распространяется по длине рельса на пять-шесть междушпальных пролетов.

Чем мягче земляное полотно и чем тяжелее тип шпалы, тем больше длина рельса, оседающая под грузом:

$$L = \frac{3}{2} \cdot \pi \sqrt[4]{\frac{4EI}{u}} = \frac{3}{2k}.$$

Зная примерно степень жесткости основания пути, тип шпал и число их на 1 $км$ можно по таблице 1 определить модуль u, а зная тип рельсов и их износ по таблице 2—величину k.

НТБ ДНУЖТ



Ординаты μ	0,829	0,674	0,534	0,409	0,299	0,202	0,118	0,046	0,015	0,066	0,106	0,1397	0,164	0,182	0,195	0,203	0,207	0,207	0,204	0,198	0,191	0,181	0,171	0,160	0,148	0,136	0,124	0,112	0,101	0,089
Ординаты η	0,992	0,9702	0,938	0,898	0,851	0,799	0,744	0,687	0,629	0,571	0,515	0,459	0,407	0,357	0,310	0,266	0,225	0,188	0,154	0,123	0,096	0,072	0,051	0,032	0,016	0,002	0,009	0,018	0,026	0,032

x_1 = 87,2 см — x_2 = 87,2 см — x_3 = 87,2 см

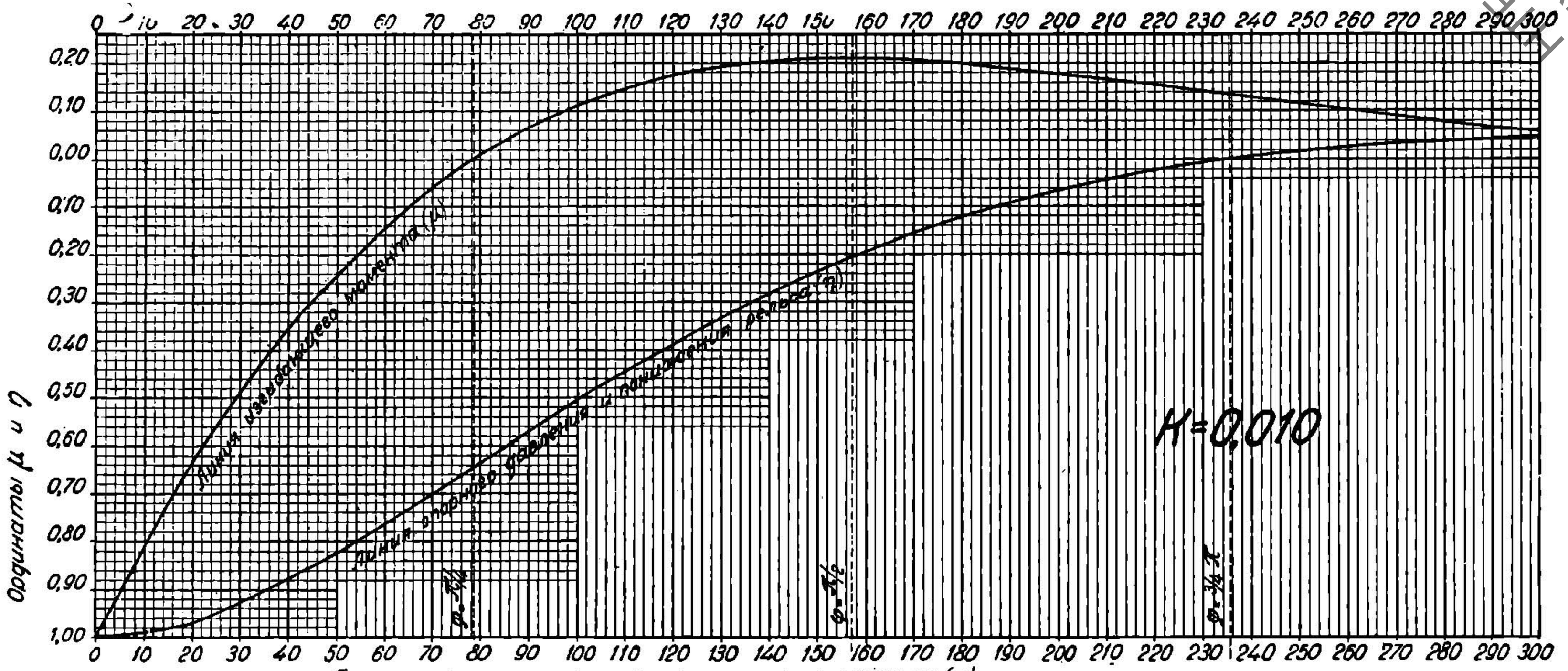
Область положительных моментов — Область отрицательных моментов — Область отрицат. давлений и понижений рельса.

Область положительных давлений и понижений рельса

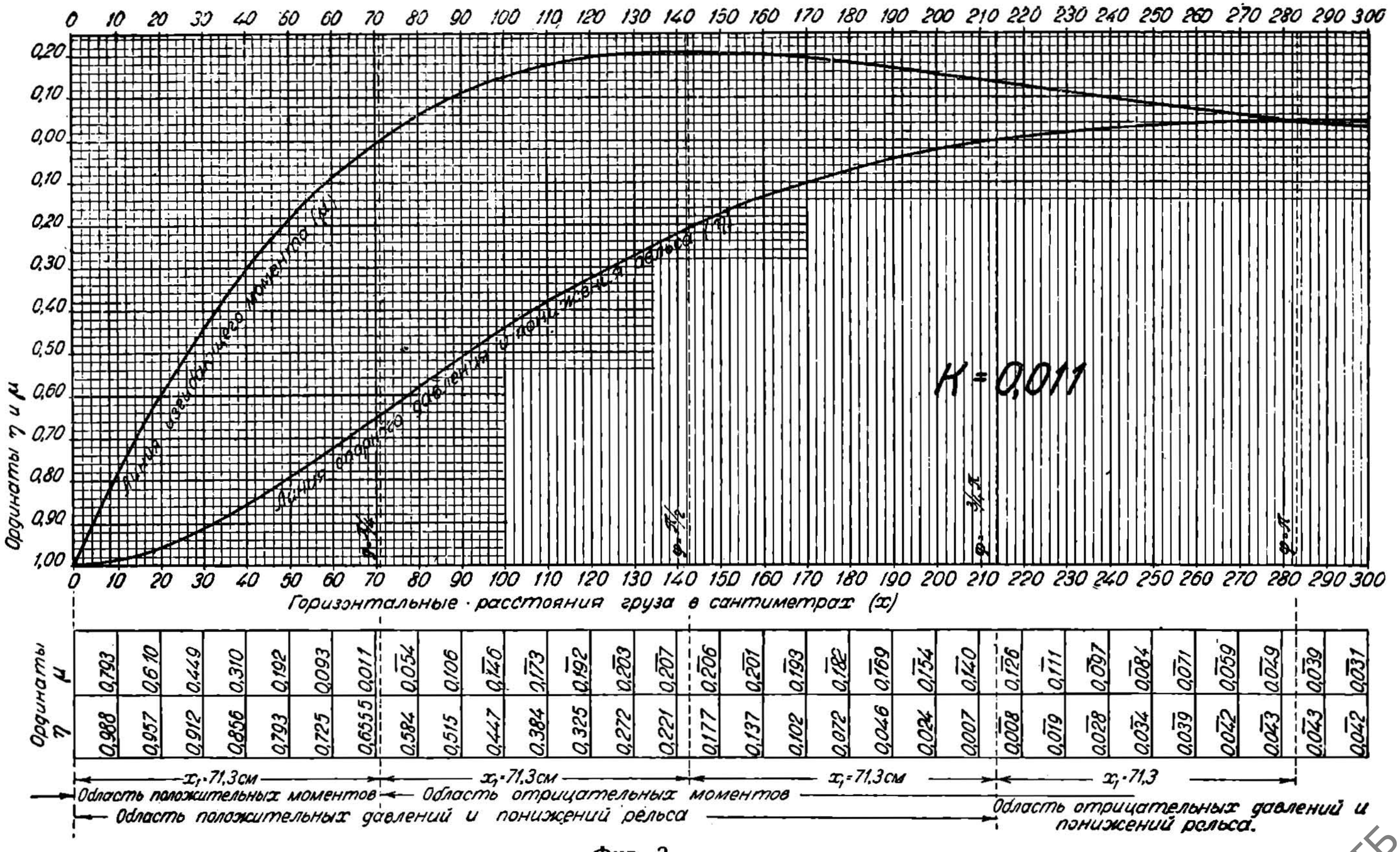
Фиг. 1.

НТБ ДНУЖТ

РЕПОЗИТОРИЙ ГГТУ им. П.О. Сухого



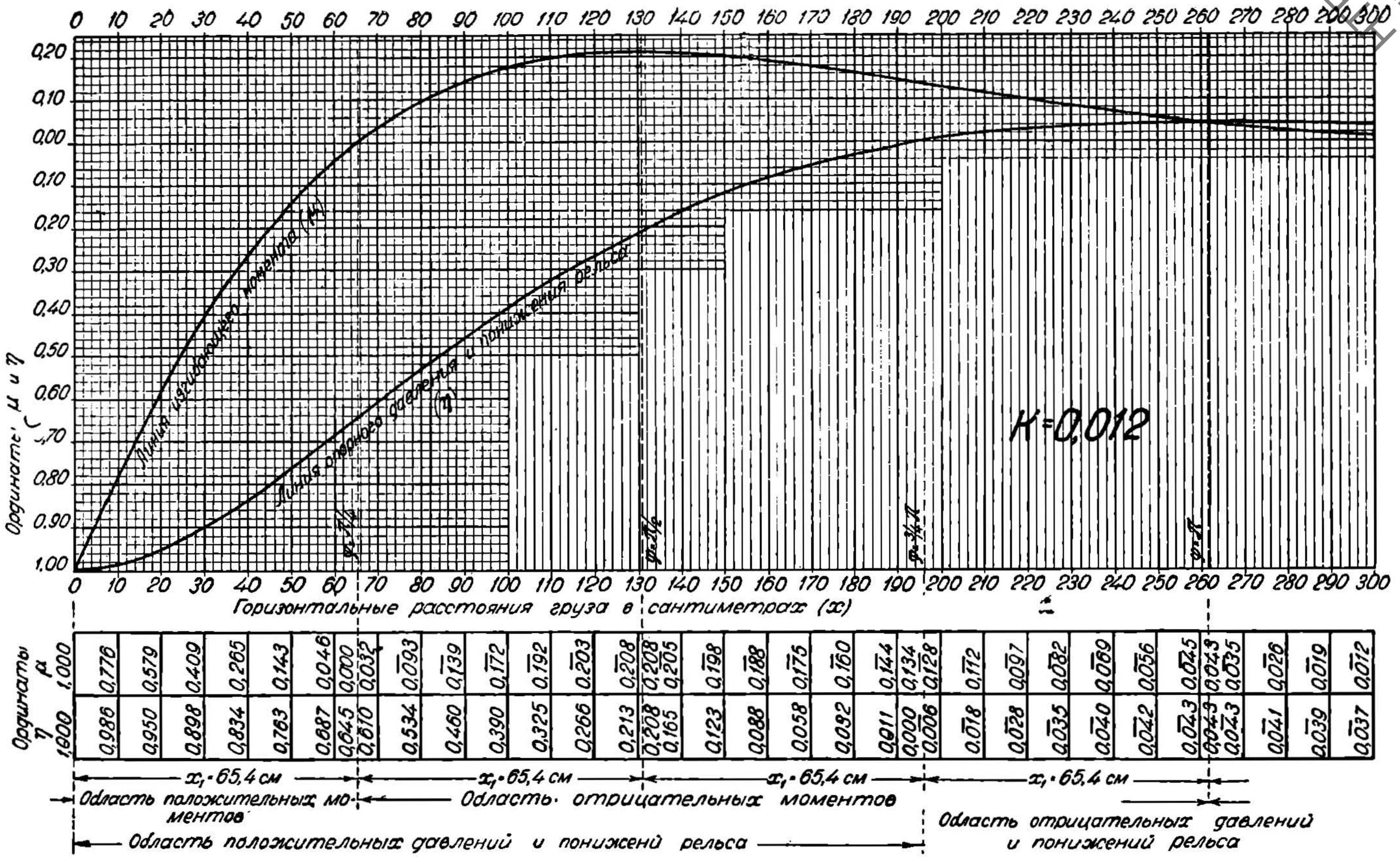
Фиг. 2.



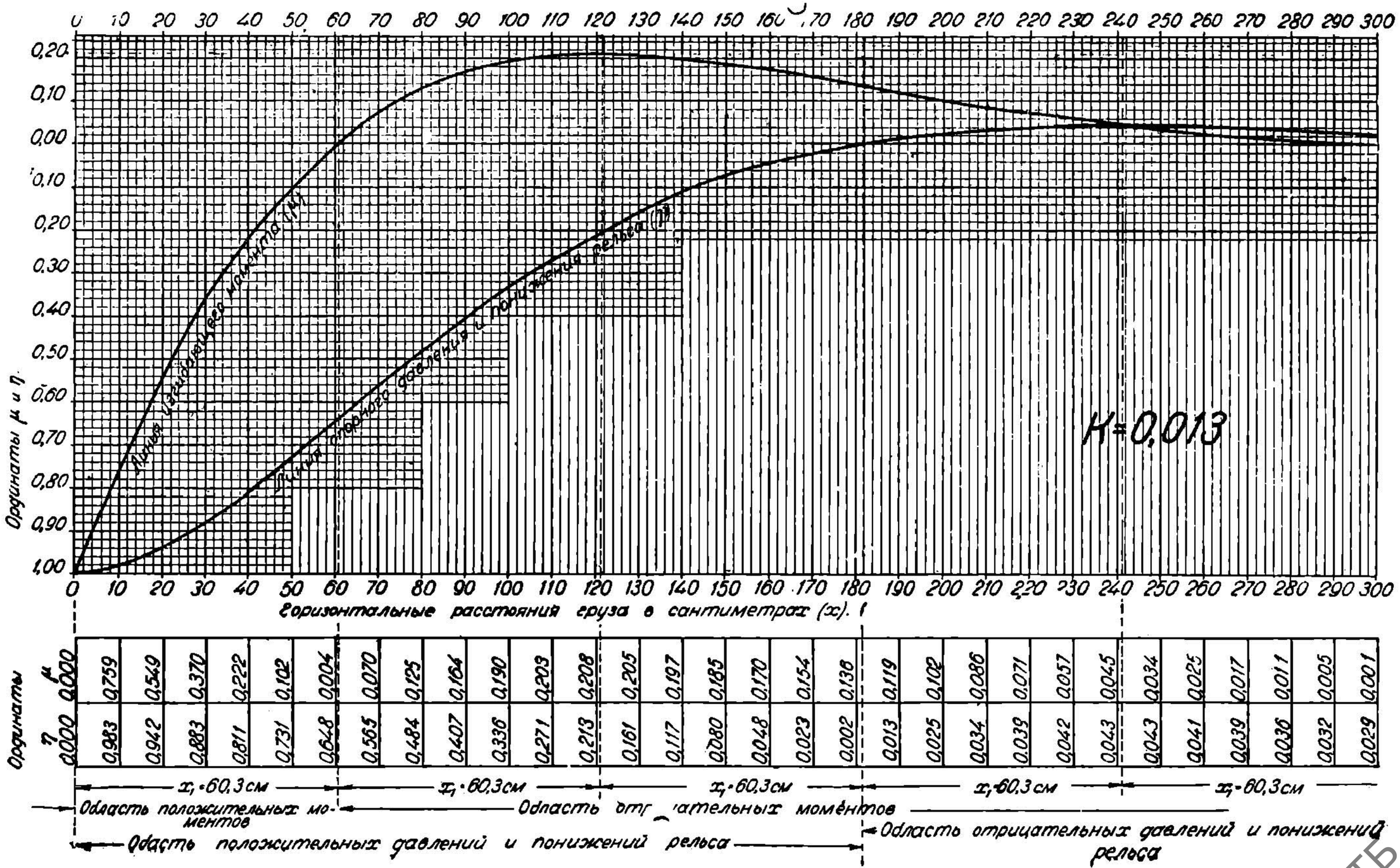
Фиг. 3.

НТБ ДНУЖТ

РЕПОЗИТОРИЙ ДНУЖТ

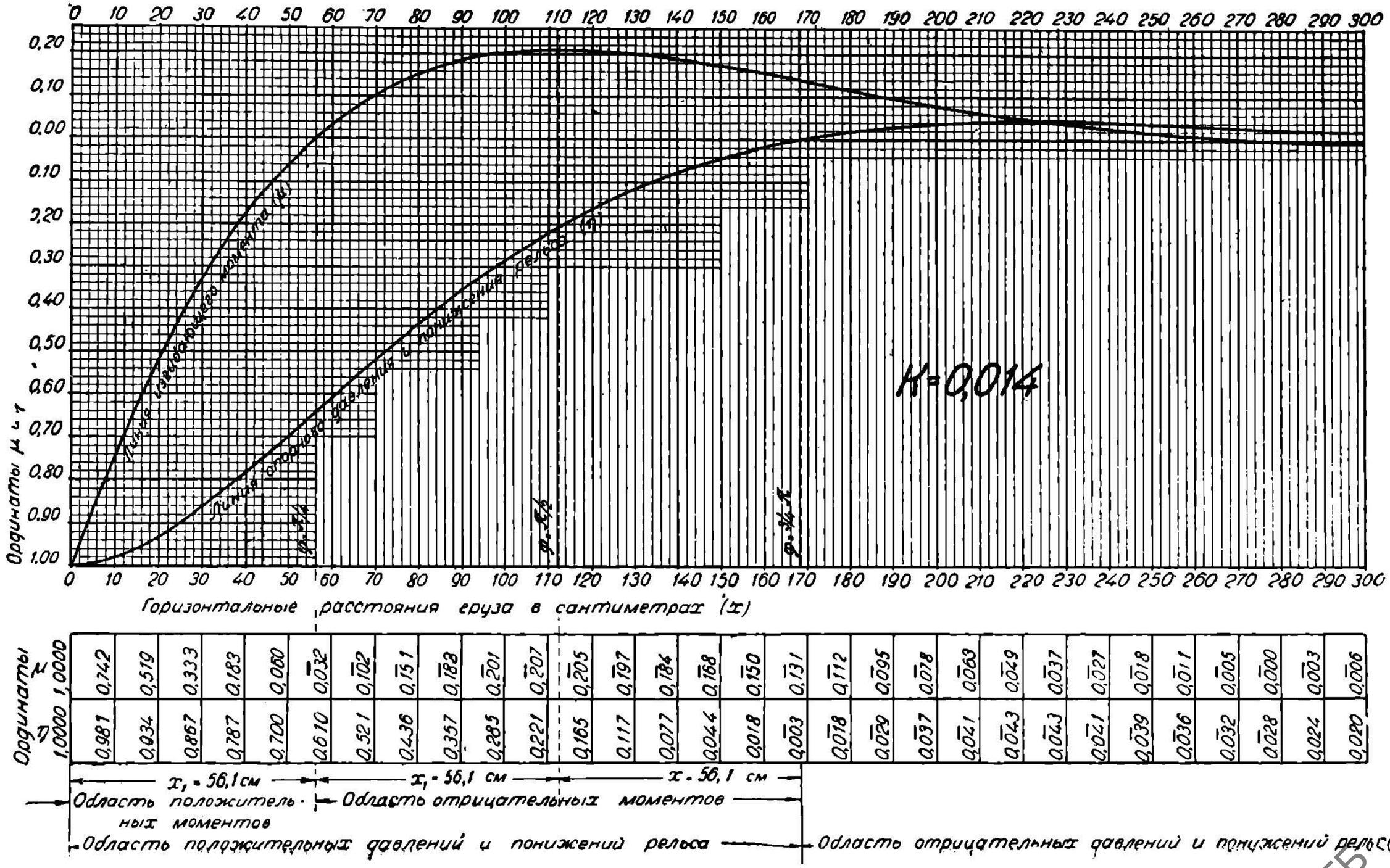


Фиг. 4.



Фиг. 5.

НТБ ДНУЖТ



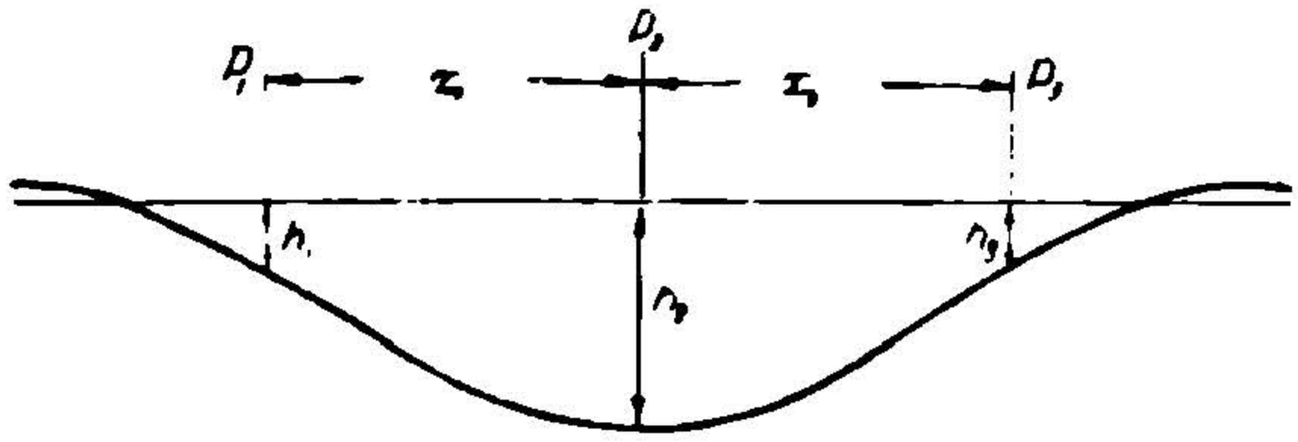
Фиг. 6.

НТБ ДНУЖТ

Определив величину $k = \sqrt{\frac{u}{4EI}}$ с точностью до третьего десятичного знака (0,009; 0,010; 0,011 и т. д.), можно на соответствующих графиках фиг. 1, 2, 3, 4, 5 и 6 видеть изображение изогнутого рельса, начиная от точки его наибольшей просадки (линия упругих понижений рельса.)

Если влияние колеса на просадку рельса в точке непосредственно под грузом обозначить через единицу, то легко видеть по графику, что влияние этого же груза для более удаленных от него точек рельса будет постепенно убывать. Практическое значение могут иметь лишь колеса, находящиеся от рассматриваемого сечения рельса на длине $2^1/_2$—3 *м*. Кривая упругих понижений рельса будет в то же время так называемой „линией влияния".

График дает возможность судить о том, как велико влияние, оказываемое на осадку рельса грузом, находящимся от рассматриваемого сечения на расстоянии *x см*. Коэфициенты влияния выписаны в нижней графе под графиком.



Фиг. 7.

Когда рельс лежит в пути, на него действуют одновременно несколько колес; для того чтобы определить результаты их совместного влияния на какое-либо поперечное сечение рельса, определяют прежде всего, сколько колес помещается на длине 3 *м* в ту и другую сторону от рассматриваемого сечения. Для этого очень удобно положить на график, построенный для данного значения *k* восковку с изображением на ней схемы паровозных осей в том же масштабе. Затем определяют по графику влияния каждого колеса.

При расчете посадок рельса в какой-либо точке при данном положении паровоза (а также давлений на шпалу, балласт и полотно) определяется влияние каждого колеса ηP, где η коэфициент влияния и P—нагрузка на колесо, а затем определяется сумма влияний всех колес паровоза (фиг. 7).

Величина $\Sigma \eta P$ представляет собою так называемый „эквивалентный груз", т. е. такой одиночный груз, который будучи приложен в данном сечении рельса произвел бы такую же осадку рельса, какая получается в действительности под совместным действием всех грузов, принятых в расчет при определении суммы $\Sigma \eta P$.

Соответствующим способом при помощи линии влияния изгибающего момента, показанной на том же графике, определяется напряжение в рельсе от его изгиба.

Линия влияния для изгибающего момента, а также и для напряжечий в рельсе, имеет более резкое очертание (фиг. 2), причем при действии одиночного груза протяжение рельса, на котором происходит изгиб выпуклостью вниз, составляет фиг. 8.

$$L_1 = \frac{\pi}{2} \sqrt[4]{\frac{4EI}{u}} = \frac{\pi}{2k},$$

т. е.

$$L_1 = \frac{1}{3} L.$$

Поэтому при установке паровоза одним из средних колес над рассматриваемым сечением рельса соседние колеса обычно выходят за пределы средней части рельса, изгибаемой выпуклостью вниз длиною L_1, и потому оказывают отрицательное влияние на напряжения, т. е. как бы разгружают рельс от напряжений, вызванных средним колесом. Влияние соседних колес на напряжения оценивается коэфициентом μ, знаки и численные значения которого также показаны на графике.

Влияние каждого колеса на напряжения в рельсе определяется величиной $P\mu$, где P—нагрузка на колесо, μ—коэфициент влияния, определяемый по графику для данного положения колеса.

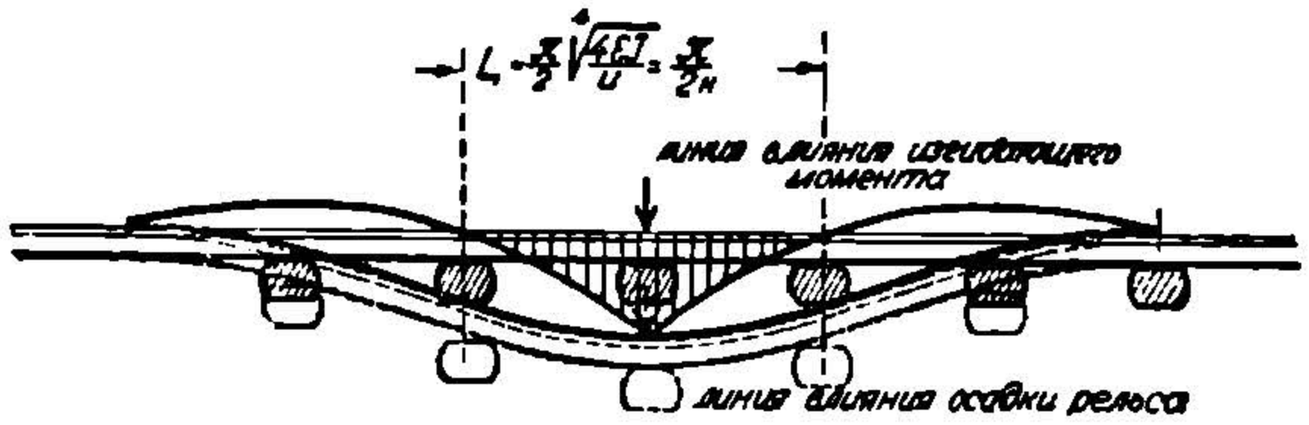
ГПБ ДНУЖТ

Совместное влияние всех колес паровоза, находящихся не далее 3 *м* от рассматриваемого сечения рельса, определяется суммой влияний отдельных колес:

$$\Sigma\mu P = 1 \quad P + \mu_1 \quad P_1 + \mu_2 P_2.$$

Величина $\Sigma\mu P$ представляет собою „эквивалентный груз", заменяющий собою одновременное действие всех колес, принятых во внимание при определении суммы $\Sigma\mu P$.

Расчетные формулы, выведенные на основании теории изгиба бруса на сплошном упругом основании, дают возможность, определив величины u, $a \cdot \frac{ab}{2}$ из таблицы 1, и величину $k = \sqrt[4]{\frac{u}{4EI}}$ из таблицы 2, а также эквивалентные грузы $\Sigma\eta P$ и $\Sigma\mu P$ по соответствующему графику (см. фиг. 1, 2, 3, 4, 5 и 6), найти напряжения в рельсе и давление на шпалу, балласт и земляное полотно при статическом действии нагрузки. Для земляного полотна динамика не учитывается. Для балласта динамика учитывается лишь частично, умножением статических напряжений на коэфициент динамики подвижного состава *n*. Но для рельса, непосредственно воспринимающего удары колес, и для шпалы необходимо учесть полностью динамические напряжения. Вводя в расчетные формулы два динамических коэфициента: динамический коэфициент пути *m* или m_1 и динамический коэфициент подвижного состава *n*, по данным соответствующих таблиц, получаем напряжения в рельсе и давление на шпалу при динамическом действии нагрузки.



Фиг. 8.

Таблица 1

Таблица значений модуля упругости основания рельса u, а также $a = \frac{ab}{2}$

для пути на обыкновенных грунтах

Тип шпал	IP	I	II	III	IV	V
Опорная площадь полушпалы $\frac{ab}{2} =$.	2 903	3 443	4 185	3 173	2 938	3 915	3 625	2 750
Коэфициент изгиба шпалы $a =$	0,74	0,70	0,66	0,68	0,66	0,66	0,65	0,62
Опорная площадь полушпалы с поправкой на изгиб $a \cdot \frac{ab}{2} =$.	2 150	2 409	2 762	2 160	1 940	2 583	2 358	1 704
Длина шпалы $a =$ . . .	270	270	270	270	250	270	250	250
Ширина шпалы $b =$ . . .	21,5	25,5	31	23,5	23,5	29	29	22

НТБ ДНУЖТ

Число шпал на 1 *км*	Расстояние между шпал в *см*	Значение модуля *u* *кг/см²*							
2 000	50	137	—	—	—	—	—	—	—
1 900	53	130	145	—	—	—	—	—	—
1 800	56	123	138	—	123	111	—	—	—
1 600	63	109	122	141	109	99	131	120	87
1 440	70	98	110	127	99	89	118	108	78
1 330	75	—	102	117	91	82	109	100	72

Примечания: 1) Для пути на очень жестком основании (скала) значения модуля *u* принимаются с увеличением против табличных на 40% (1,40 *u*).

2) Для пути на очень податливом основании (высокие зыбкие насыпи, болотистое основание) значения модуля *u* принимаются с уменьшением против табличных на 40% (0,60 *u*).

III. Порядок расчета

Для упрощения и ускорения расчетов при решении практических вопросов для существующих типов верхнего строения составлены сводные таблицы и графики.

Порядок расчета рекомендуется следующий.

1) По характеру земляного полотна, типу и числу шпал определяются по таблице 1 следующие величины: опорная площадь полушпалы с поправкой на изгиб $a \cdot \frac{ab}{2}$, модуль основания рельса *u*.

2) В зависимости от величины модуля *u*, типа рельсов и степени их износа определяется по таблице 2 значение коэфициента относительной жесткости основания и рельса:

$$k = \sqrt[4]{\frac{u}{4EI}}.$$

По той же таблице 2 определяется момент инерции рельса *I* и момент сопротивления *W* при данном износе рельса.

3) Для определения влияния соседних грузов, находящихся от рассматриваемого сечения рельса на расстояниях x_1, x_2 и т. д., при помощи линий влияния, построенных для найденного значения, определяются соответствующие значения коэфициентов μ_1 и η_1; μ_2 и η_2 . . . , после чего вычисляются эквивалентные сосредоточенные грузы $\Sigma\mu P = P + \mu_1 P_1 + \mu_2 P_2 + \ldots\ldots$

$$\Sigma\eta P = P + \eta_1 P_1 + \eta_2 P_2 + \ldots\ldots$$

Значения статических давлений колес P, P_1, P_2..... берутся по расчетной схеме данного паровоза или вагона, при его наиболее невыгодном положении по отношению к рассматриваемому сечению.

4) По найденным значениям $\Sigma\mu P$, $\Sigma\eta P$, k, W, l, $a \cdot \frac{ab}{2}$ определяются расчетные давления на поверхность балласта под шпалой $p_{бд}$ (с учетом динамики подвижного состава, оцениваемый коэфициентом n) и на поверхность земляного полотна $p_з$.

Сопоставление этих величин с допускаемыми давлениями показывает, имеются ли перенапряжения в балласте и земляном полотне; в зависимости от величины этих перенапряжений находятся по таблице соответствующие значения динамических коэфициентов m и m_1.

5) Для учета влияния скорости, степени уравновешенности данного паровоза или вагона, жесткости рессор и т. п. обстоятельств, а также местных посадок шпал, возможных при перенапряжениях балласта и земляного полотна, вводится динамический коэфициент в виде произведения:

для напряжений в рельсах — $m \cdot n$;

для напряжений в шпалах — $m_1 \cdot n$;

НТБ ДНУЖТ

для напряжений в баласте—n;
для напряжений в земляном полотне динамика не учитывается.

А. Величина коэфициентов m и m_1 определяется в зависимости от конструкции и состояния пути.

Б. Величина коэфициента n назначается в зависимости от конструкции паровоза, тендера или вагона применительно к следующему:

1. *Для ведущих осей паровозов*:

а) для хорощо уравновешенных пассажирских паровозов за исключением ФЛ $n = 1{,}4$;

б) для всех товарных паровозов за исключением ЕФ и Э всех серий и двухцилиндровых пассажирских паровозов и ФЛ $n = 1{,}6$;

в) для ЕФ и Э всех серий $n = 2{,}0$.

Характеристика пути	Для одиночных вагонных колес и поддерживающих осей паровоза, если ближайшие оси расположены не ближе 2 *м*	Для колес двухосных тележек и крайних осей паровоза	Для средних колес в системе трех и более колес
а) для пути, обеспеченного от резких нарушений однородности (давление на балласт и давление на грунт не превышают допускаемых пределов, отсутствие гнилых шпал, сбитых рельсовых концов или пучин)	$m=1+0{,}0024\,v$ $m_1 = m$	$m=1+0{,}0030\,v$ $m_1=1+0{,}0018\,v$	$m=1+0{,}004\,v$ $m_1=1+0{,}0015\,v$
б) для пути, не имеющего резко выраженных дефектов (гнилых шпал, сбитых стыков или пучин, но не вполне обеспеченного от однородности (перенапряжение баласта или земляного полотна в пределах до 50%)	$m=1+0{,}0036\,v$ $m_1 = m$	$m=1+0{,}0045\,v$ $m_1=1+0{,}0027\,v$	$m=1+0{,}006\,v$ $m_1=1+0{,}0023\,v$
в) для пути, необеспеченного от резких нарушений однородности (пучины, сбитые стыки, одиночные гнилые шпалы, превышение допускаемых давлений на балласт или земляное полотно более, чем на 50%)	$m=1+0{,}0048\,v$ $m_1 = m$	$m=1+0{,}006\,v$ $m_1=1+0{,}0036\,v$	$m=1+0{,}008\,v$ $m_1=1+0{,}003\,v$

Примечание. Назначение коэфициентов m и m_1 по пункту „а“ допускается лишь при условии надлежащего содержания ходовых частей подвижного состава и недопущения к обращению паровозов и вагонов с неправильной (эксцентричной) обточкой бандажей, неравномерным или увеличенным прокатом, ползунами, неправильным распределением давлений на оси и т. п. дефектами.

2. *Для спаренных осей паровозов*:
а) для всех паровозов кроме Щ, V, О и Ы $n = 1{,}35$;
б) для паровозов серий Щ, V, О и Ы $n = 1{,}50$.
3. *Для паровозных бегунков и поддерживающих колес* $n = 1{,}2$.
4. *Для тендерных и вагонных колес* $n = 1{,}3$.

Примечание. Динамический коэфициент n берется применительно к колесу, производящему непосредственное воздействие.

НТБ ДНУЖТ

Таблица значений коэфициента относительной

Тип рельса	Износ головки на высоту h *мм*	Площадь сечения рельса F *см*^{2}	Момент инерции рельса I *см*^{4}	Наименьший момент сопротивления рельса W *см*^{3}	З н а				
					$u = 50$	$u = 60$	$u = 70$	$u = 80$	$u = 90$
Ia	0	55,64	1 476	210	0,0081	0,0084	0,0088	0,0091	0,0094
	3	53,34	1 372	196	0,0082	0,0085	0,0089	0,0092	0,0095
	6	51,44	1 270	182	0,0084	0,0087	0,0091	0,0094	0,0097
	9	49,34	1 167	167	0,0085	0,0089	0,0093	0,0096	0,0099
IIa	0	49,06	1 223	180	0,0084	0,0088	0,0092	0,0095	0,0098
	3	47,02	1 128	169	0,0086	0,0090	0,0094	0,0097	0,0100
	6	45,00	1 039	155	0,0088	0,0092	0,0096	0,0099	0,0102
	9	42,94	947	141	0,0090	0,0094	0,0098	0,0101	0,0104
IIIa	0	42,76	968	147	0,0090	0,0094	0,0097	0,0101	0,0104
	3	40,96	890	135	0,0092	0,0096	0,0099	0,0103	0,0106
	6	39,16	812	124	0,0094	0,0098	0,0102	0,0105	0,0108
	9	37,36	735	112	0,0096	0,0100	0,0104	0,0107	0,0111
IVa	0	39,45	751	123	0,0096	0,0100	0,0104	0,0107	0,0111
	3	37,85	691	114	0,0097	0,0102	0,0106	0,0109	0,0113
	6	36,24	632	105	0,0100	0,0104	0,0108	0,0112	0,0116
	9	34,63	574	95	0,0102	0,0106	0,0111	0,0114	0,0118
$22^1/_2$ ф/ф = = 30,2 *кг/м*	0	38,1	707	118	0,0097	0,0101	0,0105	0,0108	0,0112
	3	36,5	650	110	0,0099	0,0104	0,0108	0,0111	0,0115
	6	34,9	594	101	0,0102	0,0106	0,0110	0,0113	0,0117
	9	33,3	539	92	0,0104	0,0108	0,0113	0,0116	0,0120
18 ф/ф = = 24,2 *к/гм*	0	30,67	469	87	0,0108	0,0112	0,0117	0,0121	0,0125
	3	29,14	425	80	0,0110	0,0115	0,0120	0,0124	0,0128
	6	27,61	382	72	0,0113	0,0118	0,0123	0,0127	0,0131
	9	26,08	393	64	0,0116	0,0121	0,0126	0,0130	0,0134

НТБ ДНУЖТ

Таблица 2

жесткости основания и рельса $k = \sqrt[4]{\frac{u}{4EI}}$

ч е н и я $k = \sqrt[4]{\frac{u}{4EI}}$ **п р и:**

$u = 100$	$u = 110$	$u = 120$	$u = 130$	$u = 140$	$u = 150$	$u = 160$	$u = 170$	$u = 180$	$u = 190$	$u = 200$
0,0096	0,0098	0,0100	0,0102	0,0104	0,0106	0,0108	0,0109	0,0111	0,0112	0,0114
0,0098	0,0100	0,0102	0,0104	0,0106	0,0108	0,0110	0,0111	0,0113	0,0114	0,0116
0,0100	0,0102	0,0104	0,0106	0,0108	0,0110	0,0112	0,0113	0,0115	0,0117	0,0119
0,0101	0,0104	0,0106	0,0109	0,0111	0,0113	0,0114	0,0114	0,0117	0,0119	0,0121
0,0100	0,0102	0,0105	0,0107	0,0109	0,0111	0,0112	0,0113	0,0115	0,0117	0,0119
0,0103	0,0105	0,0107	0,0109	0,0111	0,0113	0,0114	0,0115	0,0117	0,0119	0,0121
0,0105	0,0107	0,0110	0,0112	0,0114	0,0116	0,0118	0,0119	0,0121	0,0123	0,0125
0,0107	0,0110	0,0113	0,0115	0,0117	0,0119	0,0121	0,0122	0,0124	0,0126	0,0128
0,0107	0,0110	0,0112	0,0114	0,0116	0,0118	0,0120	0,0121	0,0123	0,0125	0,0127
0,0109	0,0112	0,0115	0,0117	0,0119	0,0121	0,0123	0,0124	0,0125	0,0128	0,0130
0,0111	0,0114	0,0117	0,0119	0,0121	0,0123	0,0125	0,0127	0,0129	0,0130	0,0132
0,0114	0,0117	0,0120	0,0122	0,0124	0,0126	0,0128	0,0130	0,0132	0,0143	0,0135
0,0114	0,0117	0,0120	0,0122	0,0124	0,0126	0,0128	0,0130	0,0132	0,0133	0,0135
0,0116	0,0119	0,0122	0,0124	0,0126	0,0128	0,0130	0,0132	0,0134	0,0135	0,0137
0,0119	0,0122	0,0125	0,0127	0,0129	0,0131	0,0133	0,0135	0,0137	0,0138	0,0140
0,0121	0,0124	0,0126	0,0129	0,0131	0,0134	0,0136	0,0138	0,0140	0,0142	0,0144
0,0115	0,0118	0,0121	0,0123	0,0125	0,0128	0,0130	0,0131	0,0133	0,0135	0,0137
0,0118	0,0121	0,0124	0,0126	0,0128	0,0130	0,0132	0,0134	0,0136	0,0138	0,0140
0,0120	0,0123	0,0125	0,0128	0,0130	0,0133	0,0135	0,0137	0,0139	0,0141	0,0143
0,0123	0,0126	0,0129	0,0131	0,0134	0,0137	0,0139	0,0141	0,0143	0,0145	0,0147
0,0128	0,0131	0,0134	0,0136	0,0139	0,0142	0,0144	0,0146	0,0148	0,0150	0,0152
0,0131	0,0134	0,0137	0,0139	0,0142	0,0145	0,0147	0,0149	0,0151	0,0153	0,0155
0,0135	0,0138	0,0141	0,0143	0,0146	0,0149	0,0151	0,0153	0,0155	0,0157	0,0159
0,0138	0,0141	0,0144	0,0147	0,0150	0,0153	0,0155	0,0157	0,0160	0,0162	0,0164

НТБ ДНУЖТ

IV. Допускаемые предельные напряжения

При помощи указанных выше динамических коэфициентов m, m_1 и n определяются соответствующие значения: 1) наибольшего напряжения в изгибаемом рельсе σ и давления на шпалу q при динамическом действии нагрузки с коэфициентами m n и m_1 n, а также 2) среднее давление на баласт $p_б$ с учетом лишь динамики подвижного состава (коэфициент n) и давление на земляное полотно $p_з$ при статическом действии той же нагрузки. Затем производят сравнение вычисленных напряжений с допускаемыми напряжениями, которые для принятого способа расчета устанавливаются следующие.

1. Допускаемые давления на земляное полотно ($кг/см^2$):

Виды грунтов	Насыпи	Сухие выемки	Мокрые выемки
Щебень	6	8	—
Гравий	5	6	—
Чистый крупный песок	3	4	—
Мелкий песок	2	3	1,5
Глинистые грунты	3	4	1,0
Песчано-глинистые и растительные грунты	3	3	1,0

При общих соображениях, относящихся к целым линиям, следует принимать допускаемые напряжения по графе второй для насыпей. Отдельные участки пути, пролегающие в мокрых выемках, должны быть улучшены и приведены в порядок посредством устройства водоотвода, увеличения толщины балластного слоя (щебня или гравия), увеличения числа шпал и т. п. мерами.

2. Нормальные средние давления на поверхность балласта в $кг/см^2$ (с учетом динамики подвижного состава при помощи коэфициента n) не должны превышать: на щебень—6 $кг/см^2$; на гравий—4 $кг/см^2$; на песок—2,4 $кг/см^2$; на мелкий легко размываемый песок – 1,6 $кг/см^2$.

Примечание. Превышение нормальных давлений в пределах до 50% допускается, но в таких случаях динамические коэфициенты n, m, m_1 должны быть приняты не менее чем по п. „б“ (как для пути, не вполне обеспеченного от нарушений однородности; в случаях превышения нормальных давлений более, чем на 50%, динамические коэфициенты должны быть приняты по п. „в“), как для пути не обеспеченного от нарушений однородности.

3. Допускаемые давления на шпалу ($кг/см^2$) при динамической нагрузке (с введением произведения $m \cdot n$): на дубовую шпалу—50 $кг/см^2$; на буковую или грабовую шпалу—40 $кг/см^2$; на сосновую или грабовую шпалу—25 $кг/см^2$; на еловую (пихтовую или кедровую шпалу)—22 $кг/см^2$.

4. Допускаемые напряжения на рельсах ($кг/см^2$) при динамической нагрузке: с введением произведения m n.

а) При проектировании новых стандартных рельсов для обеспечения нормальной службы рельсов при большой интенсивности движения напряжения в рельсах не должны превышать 2000 $кг/см^2$.

б) При расчете прочности существующего пути, с учетом необходимости интенсификации работы пути, расчетные напряжения в рельсах повышаются на 25%, т. е. не должны превышать 2500 $кг/см^2$.

в) В исключительных случаях (при необходимости пропуска тяжелой нагрузки ограниченное число раз, но нерегулярно), при крайнем использовании старых рельсов допускается повышение расчетных напряжений на 50%, т. е. до 3000 $кг/см^2$.

Превышение установленных норм для допускаемых напряжений в рельсах при расчете на динамическую нагрузку не разрешается.

Расчетные давления на шпалу, а также статическое давление на балласт и земляное полотно при необходимости разрешается допускать и выше установленных норм; однако во избежание преждевременного износа элементов верхнего строения и увеличения расходов по содержанию пути дирекции железных дорог должны принимать все доступные меры к устранению в будущем перенапряжений и обеспечению нормальной работы верхнего строения.

НТБ ДНУЖТ

ГОСТРАНСИЗДАТ
КНИГОТОРГОВОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ:

ВЕНЕДИКТОВ М.—Курс железнодорожного водоснабжения (Серия „Руководства и пособия для транспортных техникумов"). Стр. 240. Т. 7 000 Ц. 2 р. 65 к., пер. 35 к.

ГИБШМАН Е.—Железные дороги. Пропускная способность. Участковые станции. Стр. 336. Т. 7 000. Ц. 4 р., пер. 35 к.

ОППЕНГЕЙМ К.—Проектирование железных дорог. Тяговые расчеты с 56 фигур. в тексте и 31 в прилож. 3-е изд., значит. перераб. и доп. (Руководство для транспортных втузов). Стр. 239. Т. 7225 Ц. 2 р. 65 к., пер. 40 к.

О'РУРК А. – Безопасность движения. Руководство для студентов транспортных втузов, техникумов и пособие для агентов железных дорог. Стр. 161. Т. 8 205. Ц. 3 р. 20 к.

Тяговые расчеты—Практическое пособие при проектировании железных дорог. Сборник разработан в секторе проектирования ЦИС инж. А. М. Массан, при участии инж. Н. Г Лапкина (НКПСстрой—Центральный научно-исследовательский институт транспортн. строительства). Стр. 99. Т. 3000. Ц. 2 р. 50 к., пер. 30 к.

ЩУКИН К. и ЛАНИН С.—Путевое хозяйство железных дорог Северной Америки. (Серия „Американские железные дороги"). Стр. 332. Т. 8 250. Ц. 5 р., пер. 60 к.

С заказами обращаться во все отделения и магазины Книготоргового объединения на местах. Высылку единичных экземпляров наложенным платежом производит „Книга-почтой"—Москва, 64.

НТБ ДИУЖТ

ГОСТРАНСИЗДАТ
КНИГОТОРГОВОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

ПЕЧАТАЮТСЯ

БОНДАЛЕТОВ К.—Руководство для низовых работников пути (в вопросах и ответах). Под редакцией Крачковского. 20 л. Т. 15000.

ГЕРЛИВАНОВ Г — Подвижной состав электрических железных дорог. Под ред. Гортенштейна. (Центральный заочный политехнический институт). 10 л. Т. 2000.

ЗУБАРЕВ В.—Влияние скорости охлаждения при термической обработке на качество рельсовой стали. 3¹/ л., 102 черт. Т. 5000.

МАРТИ и ВИНОГРАД—Ртутные выпрямители электротяговых подстанций. Пер. с англ. Альбац. 25 л. Т. 5000.

МИХАЛЬЦЕВ Е. — Издержки железнодорожных перевозок. Изд. 2-е. 21 л. Т. 7000.

ХАЛЬФИН В.—Использование перевозочных средств железных дорог и организация перевозок. Изд. 4-е. Под ред. проф. Гордеенко П. Я. 21 л. Т. 10 000.

С ЗАКАЗАМИ ОБРАЩАТЬСЯ во все отделения и магазины Книготоргового объединения на местах. Высылку единичных экземпляров наложенным платежом производит „Книга-почтой"—Москва, 64.

Редактор А. Борщевский Техред. О. И. Подобедова

Уполн. Главлита Б-14872 ОГИЗ 1288 Т 42 Заказ тип. 3192

Тираж 20 250 экз. Размер бум. 62×94 30¹/₄ п. л. ¹/₁₆ 53 424 зн. в печ. листе.

Сдано в набор 6/XII—1931 г. Подписано к печати 10/V—1932 г.

РГБ ДНУЖТ

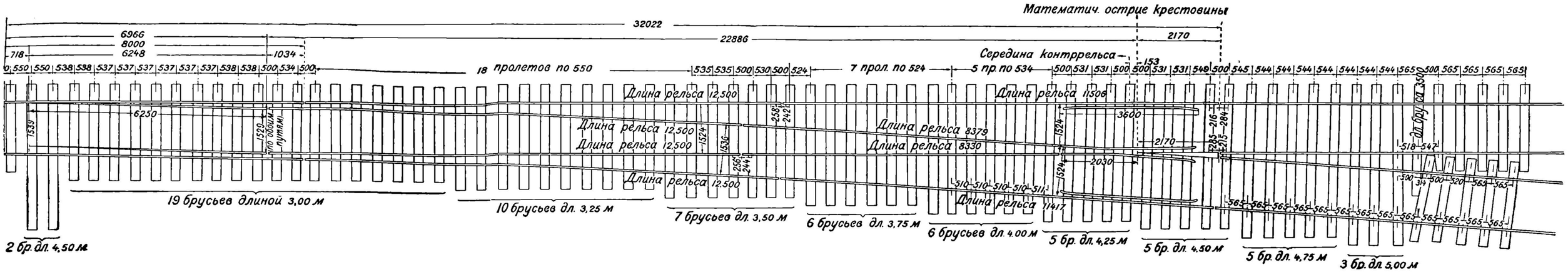
Опытный проект

ЭПЮРЫ УКЛАДКИ ПЕРЕВОДОВ МАРКИ 1/11 К РЕЛЬСАМ ТИПА II-а

Эпюра № 1

для пропуска паровозов с нагрузкой на ось до 23 тонн.

Стрелка типа № 1 (с немецкой стружкой остряков) или типа № 2 (с американской стружкой остряков,
Крестовина с литым сердечником или сборная из рельсов



Эпюра № 2

для пропуска паровозов с нагрузкой на ось до 18 тонн

Стрелка типа № 1 (с немецкой стружкой остряков) или типа № 2 (с американской стружкой остряков)
Крестовина с литым сердечником или сборная из рельсов

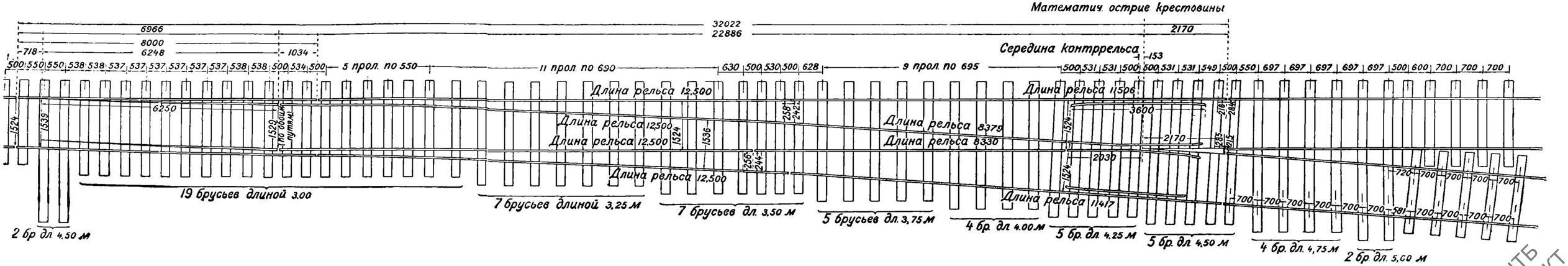


Рис. 253.

См. на обороте.

НТБ ДНУЖТ

Продолжение рисунка 253.

Комплекты переводных брусьев

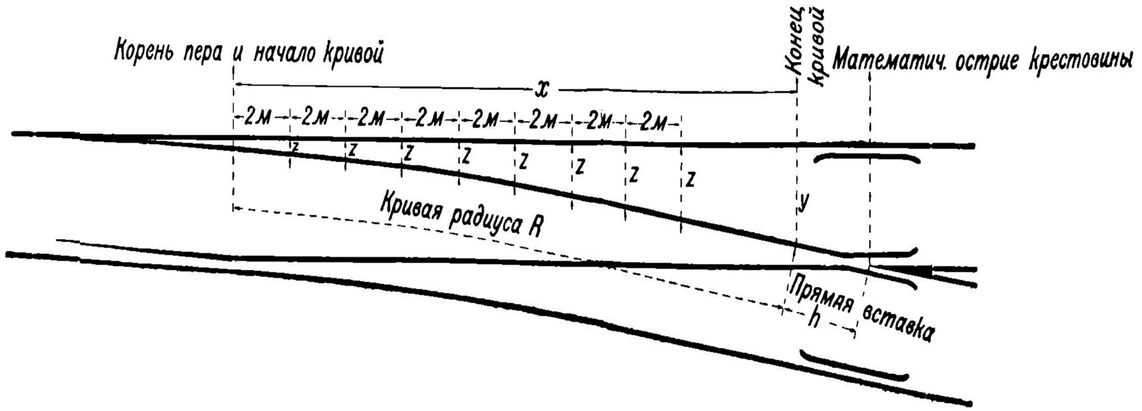
Длина брусьев в метрах	Количество брусьев штук	
	Эпюра № 1	Эпюра № 2
3,00	19	19
3,25	10	7
3,50	8	7
3,75	6	5
4,00	6	4
4,25	5	5
4,50	7	7
4,75	5	4
5,00	3	2
Всего брусьев шт.	69	60
Всего погонных метров	255,50	220,75

ПРИМЕЧВНИЕ. В эпюре № 1 все брусья должны иметь верхнюю постель шириною 250 мм (тип 0).

В эпюре № 2 брусья отмеченные крестом (X) должны иметь верхние постели шириною 250 мм (типа 2) а остальные 150—165 мм (тип. 1).

Схема разборки кривого пути между стрелами и крестовинами

(См. таблицу)



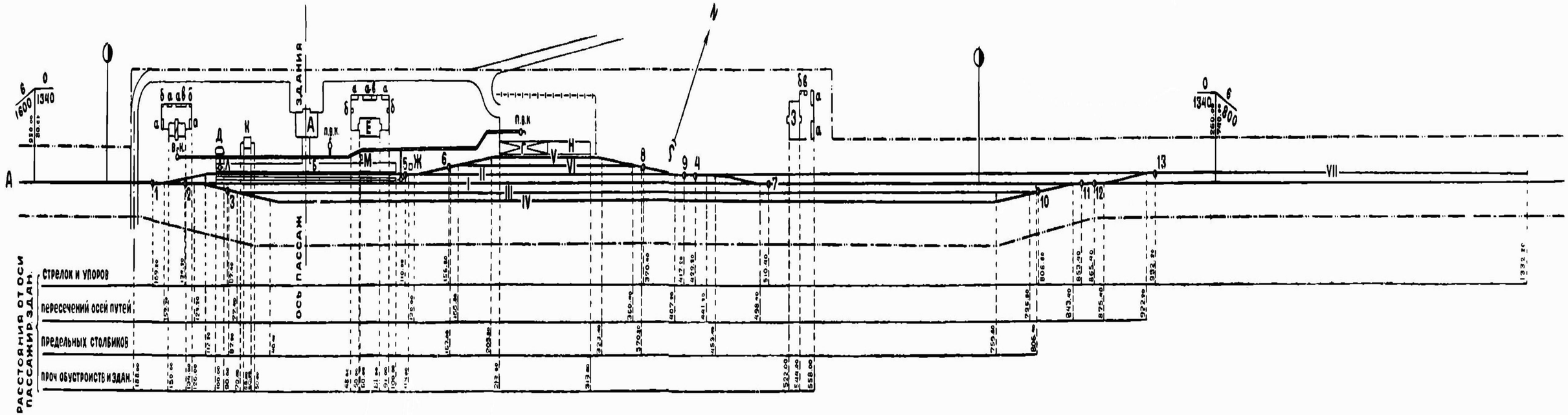
Элементы разбивки кривого пути между стрелкой и крестовиной (в миллиметрах)

№№ эпюр и типы стрелок	Радиус стрелочной кривой по оси пути	Прямая вставка перед остряком крестовины	Расстояние от внутренней грани наружного рельса стрелочной кривой до внутренней грани прямого пути											Рассекающие по прямому пути от корня пера до конца кривой
			В корне пера	На расстоянии от корня пера по прямому пути (метров)									В корне кривой	
				2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
	R	h	k	z									y	x
Эпюры № 1 и № 2 при укладке стрелки № 1 (с остружкой остряков по немецкому типу)	297087	2603	140	192	256	335	427	532	651	784	929	1089	1262	1288	20294
Эпюры № 1 и № 2 при укладке стрелки № 2 (с остружкой остряков по американскому типу)	288396	2899	140	190	254	331	422	527	646	779	926	1087	—	1262	19999

	Фамилия		Подпись	Центральный институт научных исследований и реконструкции пути Н.К.П.С
Проект	*Кехли А.*			
Чертил	*Лонский Е.*			
Копировал	*Зимин Д.*			
Проверял	*Кехли А.*			

М	Проект стрелочного перевода марки 1/11 к рельсам т. IIа. Разбивка переводов	Дир. и-та
1:50		
	(Размеры в миллим.)	Взамен
		Заменен

НТБ ДНУЖТ



условные знаки

- путь
- граница отчуждения
- железо-бетонный забор
- строения
- водопровод
- п.в.к. — пожарно-водопроводный кран
- в.к. — водоразборный кран

Рис. 277.

НТБ ДНУЖТ

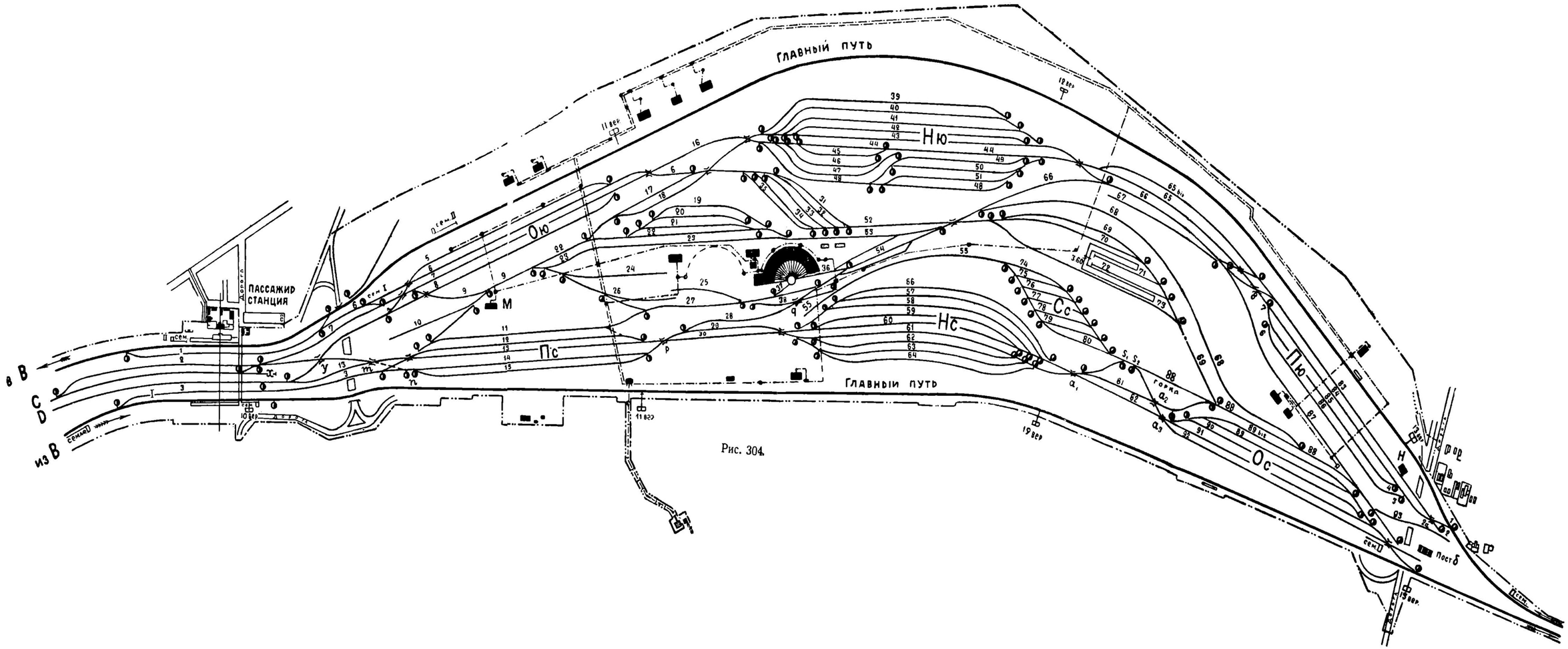
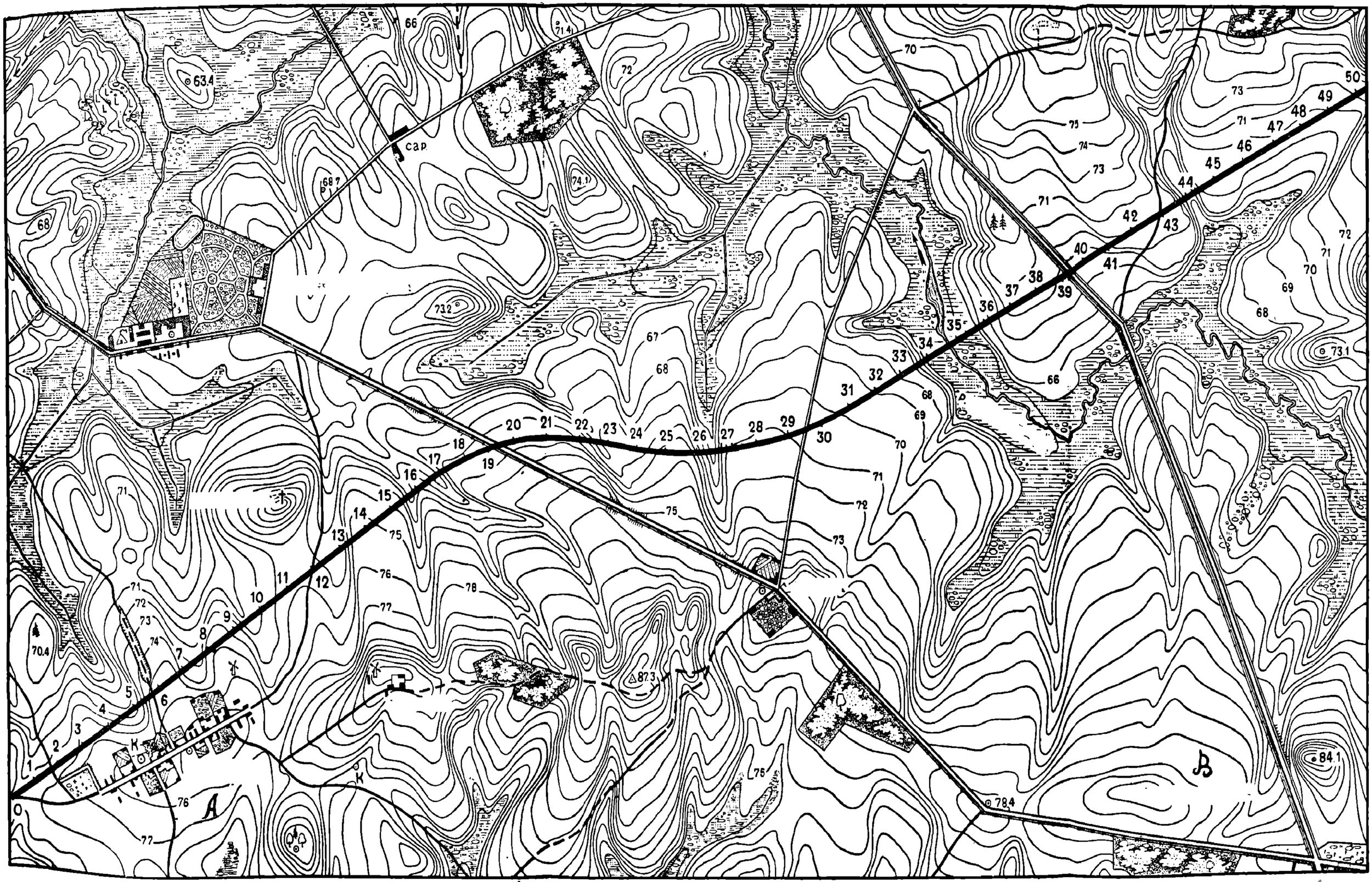


Рис. 304.

НТБ
ДНУЖТ



Черт. 340.

РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ГОРИЗОНТАЛЯМИ = 1 МЕТРУ

НТБ ДНУЖТ

ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

ст. КАМИОН — КТ № 5 от 1.070 м. — КТ № 9 + 55 — КТ № 1 — КТ № 25 + 33 — Ж.М. № 4 + 40 — ЖТ № 40 + 90 — ЖТ от 1.60 № 43 + 80 — КРЖИШЕВ

Дорога в село — Полевая дорога — Река Вологеса — Большак — Овраг

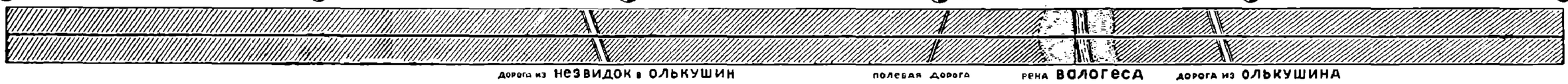
Пр = 1648 м — Пр: 201 м. — Пр = 1949 м

уг = 43°30'; Кр = 601,25; R = 800 м.; tg = 319,36; 2tg - К = 30,96

уг = 37°30'; tg = 322,48; 2tg - К = 23,19; Кр = 621,75; R = 950 м.

Н.К — К.К. — Н.К — К.К.

№0 — №1 — №2 — №3 — №4 — №5



МАСШТАБ
для горизонтальных расстояний
в 1 см 100 м

100 0 100 200 300 400 500 600 700 800

МАСШТАБ
для вертикальных расстояний
в 1 см 10 м

10 0 10 20 30 40 50 60 70 80

ОБЫЧНО ПРИМЕНЯЕМЫЕ УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ

СТАНЦИИ
Больш. знач. — с депо для подталк. пар — с корен. депо — с оборот. депо — с водоснабжением (из реки, из озера, из пруда, из колодца) — станция вообще

РАЗЪЕЗДЫ
коммерческий — воинский

ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ
Мосты: деревянные (д.м. д.м.) — железные (ж.м. ж.м. ж.м.) — камен. арочные (к.а.м. к.а.м.) — жел.-бетон (ж.б.м. ж.б.м.)

ПЕРЕЕЗДЫ
неохраняемые: одиночн. — двойной; охраняемые: одиночн. — двойной

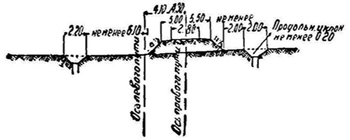
ПУТЕВЫЕ ЗДАНИЯ
казарма — полуказар. — сторожевые дома: одиночн. — двойной

ТРУБЫ
каменные к.т — жел.-бет. ж.б.т — чугунные ч.т

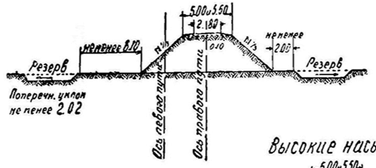
ПУТЕПРОВОДЫ
пут.

НТБ ДИУЖТ

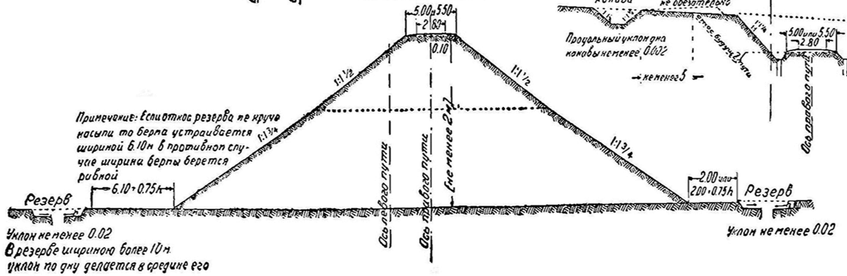
Насыпь низкой высоты и без резервов



Насыпь высотой до 6.00 м с резервами



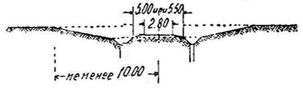
Высокие насыпи



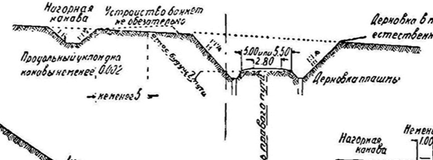
Насыпь на пологом косогоре



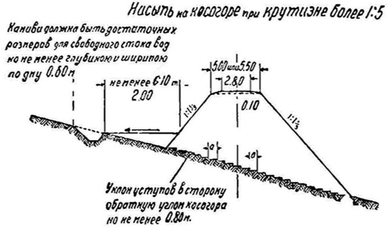
Выемка без кавальеров глубиною до 2 м



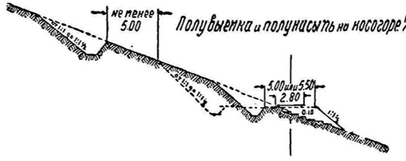
Выемка без кавальеров глубиною более 2 м



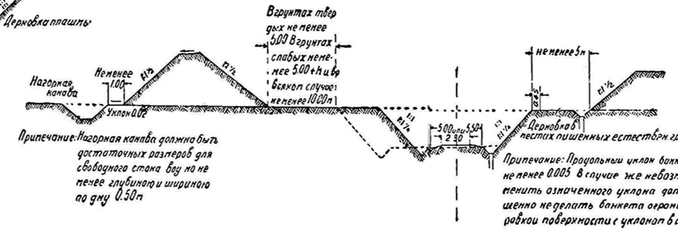
Насыпь на косогоре при крутизне более 1:5



Полувыемка и полунасыпь на косогоре ½ и круче

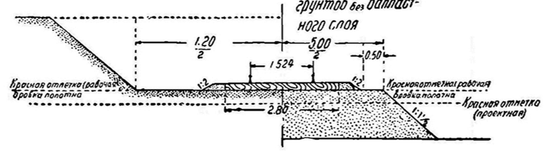


Выемка с кавальером



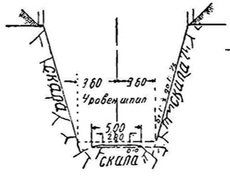
Выемка в песчаных грунтах без балластного слоя

Насыпь из песчаных грунтов без балластного слоя

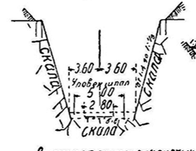


Примечание: В песчаных грунтах выемка не добавляется до красной отметки на глубину равнующие банкетной призмы насыпи не спускаются выше красной отметки на туже выемку

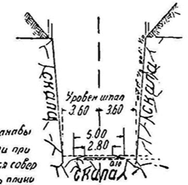
Выемки в слабо выветривающейся скале



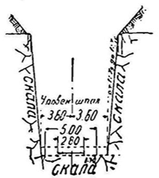
Выемка в слабо выветривающем скале в местностях с малым количеством атмосферных осадков в не заносимых снегом



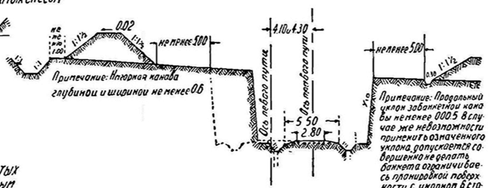
Выемка в плотных не выветривающ скалистых грунтах



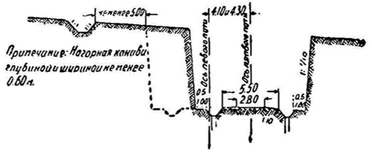
Выемка в плотных скалистых грунтах в местностях с малым количеством атм осадков и не заносимых снегом



Выемка в лесовых грунтах с кавальером



Выемка в лесовых грунтах без кавальера



НТБ ДНУЖТ

5 р., пер. 50 к.



Издания Гострансиздата
продаются в магазинах
Книгообъединения
ОГИЗа.
Единичные экземпляры
высылает наложенным
платежом
„Книга-почтой".
Москва, 64.

НТБ
ДНУЖТ

Сканировала Петренко Е.А.