

СБОРНИКЪ
ИНСТИТУТА ИНЖЕНЕРОВЪ ПУТЕЙ СООБЩЕНІЯ
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I.

ВЫПУСКЪ XII.

съ 22 листами чертежей.

СОДЕРЖАНІЕ.

стр.

1. М. Н. Герсегоновъ и С. М. Житковъ. Біографическій очеркъ
І. И. Стебннцкаго (съ портретомъ) 1 — 9
2. Матеріалы для постановки и исторіи учебнаго дѣла въ Ин-
ститутѣ Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Але-
ксандра I. Выпускъ III. М. Н. Герсегоновъ. Рѣчь произнесен-
ная 15-го Сентября 1895 года вновь поступившимъ студентамъ . 1 — 7
3. М. Н. Герсегоновъ. Общія понятія о портовыхъ сооружеііяхъ.
2-е изданіе. (Съ 4 листами чертежей) 1 — 50
4. Л. Н. Любимовъ. Пучины на желѣзныхъ дорогахъ и мѣры къ ихъ
устраненію. (съ 12 листами чертежей) 1 — 67
5. І. Р. Стецевичъ. Объ устойчивости желѣзнодорожнаго пути. (съ
6 листами чертежей) 1 — 73

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая, № 9.

1898.

СБОРНИКЪ

ИНСТИТУТА ИНЖЕНЕРОВЪ ПУТЕЙ СООБЩЕНІЯ

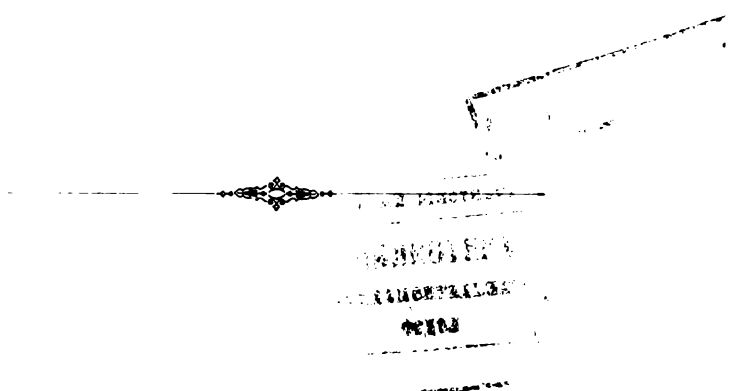
03

ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I.

38946

ВЫПУСКЪ ХІ.

Съ 22 листами чертежей.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая, № 9.

1898.

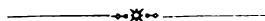
~~~~~  
Печатано по распоряженію Института инженеровъ путей сообщенія  
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I.  
~~~~~

Завѣдывающій изданіями Института Инженеровъ Путей Сооб-
щенія ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I, Секретарь Совѣта **В. Е. Тимоновъ.**

ОГЛАВЛЕНІЕ.

СТР.

1. **М. Н. Герсевановъ и С. М. Житковъ.** Біографическій очеркъ
Л. И. Стебницкаго (съ портретомъ) 1 — 9
2. **Матеріалы для постановки и исторіи учебнаго дѣла въ
Институтъ Инженеровъ Путей Сообщенія Императора
Александра І. Выпускъ III. М. Н. Герсевановъ.** Рѣчь
произнесенная 15-го Сентября 1895 года вновь посту-
пившимъ студентамъ 1 — 7
3. **М. Н. Герсевановъ.** Общія понятія о портовыхъ сооруже-
ніяхъ. 2-е изданіе. (Съ 4-мя листами чертежей) 1 — 50
4. **Л. Н. Любимовъ.** Пучины на желѣзныхъ дорогахъ и мѣры
къ ихъ устраненію. (Съ 12 листами чертежей) 1 — 67
5. **І. Р. Стецевичъ.** Объ устойчивости желѣзнодорожнаго пути.
(Съ 6 листами чертежей) 1 — 73



Іеронимъ Ивановичъ СТЕБНИЦКІЙ.

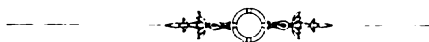


БІОГРАФИЧЕСКІЙ ОЧЕРКЪ

СОСТАВИЛЪ

подъ редакціей М. Н. Герсевича,

С. М. Житковъ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая, № 9.

1898.

~~~~~  
**Печатано по распоряженію Института инженеровъ путей сообщенія**  
**ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I.**  
~~~~~



Библиотека К. Н. Посьета.

Начальникъ Военно-Топографическаго Отдѣла Главнаго Штаба
Генераль-отъ-Инфантеріи
Іеронимъ Ивановичъ Стебницкій.



Іеронимъ Ивановичъ Стебницкій.

Іеронимъ Ивановичъ Стебницкій родился въ 1832 году; онъ происходилъ изъ дворянъ Волынской губерніи. Первоначально Іеронимъ Ивановичъ воспитывался въ Житомирской гимназіи, а въ 1844 году поступилъ въ младшій классъ Института корпуса инженеровъ Путей Сообщенія, гдѣ и окончилъ курсъ въ 1852 году съ чиномъ Инженеръ-Поручика. При этомъ имя его было занесено на мраморную доску.

Непосредственно за окончаніемъ курса І. И. былъ назначенъ на работы по постройкѣ С.-Петербургско-Варшавской желѣзной дороги, гдѣ занимался подъ руководствомъ Инженеръ-Генераль-Маіора Станислава Валеріановича Кербедза разработкой проектовъ желѣзныхъ мостовъ черезъ р.р. Лугу, Великую и Западную Двину, а въ 1853 г. Іерониму Ивановичу было поручено и самое производство работъ по постройкѣ моста черезъ р. Лугу.

Въ 1854 году при Военной Академіи (нынѣ Николаевская Академія Генеральнаго Штаба), было учреждено особое Геодезическое Отдѣленіе, куда принимались офицеры съ высшимъ математическимъ образованіемъ. Оставивъ инженерную службу, І. И. въ 1855 году поступилъ въ это Отдѣленіе и съ большимъ рвеніемъ сталъ заниматься геодезіей и астрономіей; не малое вліяніе на его научную подготовку оказалъ Академикъ Савичъ, читавшій въ Отдѣленіи лекціи по Астрономіи.

Ко времени пребыванія І. И. въ Академіи относится начало его литературной дѣятельности. Въ это время онъ пишетъ нѣсколько статей по практической механикѣ въ журналъ «Сельскій строитель» и переводить капитальный трудъ Фрейбургскаго профессора Вейсбаха по практической и теоретической механикѣ *).

*) Теоретическая и практическая механика Ю. Вейсбаха. Томъ I. С.-Петербургъ. 1859 г.

Окончивъ въ 1857 году курсъ Геодезическаго Отдѣленія, І. И. поступаетъ на 2 года на Пулковскую астрономическую обсерваторію, гдѣ практически изучаетъ астрономію и геодезію подъ руководствомъ профессора Деллена и, наконецъ, въ 1859 году начинается практическая дѣятельность І. И.: онъ производитъ рекогносцировку восточной Финляндіи и объѣзжаетъ для этой цѣли Выборгскую, С.-Михельскую и Куопіосскую губерніи.

Въ 1860 году въ службѣ І. И. происходитъ рѣшительный поворотъ: онъ назначается на Кавказъ Помощникомъ Начальника Триангуляціи Сѣвернаго Кавказа и здѣсь начинается его широкая научная работа по изученію Кавказа и сопредѣльныхъ съ нимъ странъ. І. И. попадаетъ подъ начальство знаменитаго геодезиста І. И. Ходзько и встрѣчаетъ съ его стороны полное сочувствіе и поддержку въ тѣхъ новыхъ научныхъ приѣмахъ и методахъ, которые старается внести въ свои геодезическія работы.

Въ періодъ времени съ 1860 по 1863 годъ включительно І. И. производитъ геодезическія работы въ разныхъ мѣстностяхъ Кавказа: въ Дагестанѣ, Терской и Кубанской областяхъ, гдѣ связываетъ Кавказскую триангуляцію съ Новороссійской, и впослѣдствіи и съ Крымской.

Въ 1864 году заканчивается многолѣтняя Кавказская война покореніемъ черкесовъ; непосредственно за окончаніемъ войны І. И. получаетъ опасное и отвѣтственное порученіе сдѣлать рекогносцировку той части Закубанскаго края, которая прилегаетъ къ Восточному берегу Чернаго моря.

І. И. съ успѣхомъ выполняетъ названныя работы, сопряженные съ опасными и полными всякихъ лишеній переѣздами по мало-заселенной странѣ, только что замиренной силою русскаго оружія. По разсказамъ Іеронима Ивановича, путешествіе по Закубанскому краю не смотря на свою опасность, возбудило въ немъ большой интересъ, тѣмъ болѣе что страна эта въ большей своей части никѣмъ изъ русскихъ не была еще посѣщена. Свои наблюденія падъ этимъ краемъ І. И. описалъ въ статьѣ «Географическія замѣтки о Восточной части Закубанскаго края»; къ ней приложена карта *).

*) Статья помѣщена въ Запискахъ Русскаго Географическаго Общества. Томъ I. С.-Петербургъ. 1867 г.

Въ 1865 году І. И. назначается Начальникомъ Военно-Топографическаго Отдѣла Кавказскаго Военнаго Округа, каковымъ и управляетъ до конца 1885 года. Эти 20 лѣтъ І. И. непрерывно проводить въ путешествіяхъ по Кавказу, Персіи, Азіатской Турціи и Закаспійскому краю и предпринимаетъ тѣ научныя работы, которыя поставили его на ряду съ лучшими Европейскими геодезистами.

Дѣятельность І. И. весьма разнообразна: онъ руководить всѣми геодезическими, топографическими и картографическими работами подчиненнаго ему персонала.

По его указаніямъ производятся съемки тѣхъ мѣстностей Кавказа и сопредѣльныхъ съ нимъ странъ, которыя до того времени не были съ достаточной точностью описаны или изображены на картахъ; подъ его руководствомъ издаются карты Кавказа, Персіи и Азіатской Турціи, причемъ во всѣ эти работы вносятся новые научные приемы и преслѣдуется все большая и большая точность.

Такъ, нельзя не указать на двадцати-верстныя карты Персіи и Азіатской Турціи, изданныя подъ ближайшимъ руководствомъ І. И., который, предварительно самаго изданія картъ собираетъ весьма обширный картографическій матеріалъ, разбросанный въ нашихъ архивахъ, иностранныхъ географическихъ журналахъ и сочиненіяхъ и критически разрабатываетъ всѣ эти данныя, изложивъ свои выводы въ особыхъ пояснительныхъ запискахъ, напечатанныхъ въ Запискахъ Императорскаго Русскаго Географическаго Общества.

Помянутая карта Персіи до сего времени считается одной изъ лучшихъ. Говоря о картографическихъ работахъ І. И., нельзя пройти молчаніемъ составленную подъ его руководствомъ большую рельефную карту Кавказа; карта эта была пожалована Императоромъ Александромъ II Императорскому Русскому Географическому Обществу гдѣ и доселѣ украшаетъ залъ засѣданій Общества.

Помимо своихъ ближайшихъ служебныхъ занятій І. И. принималъ участіе въ разработкѣ и въ обсужденіи во всѣхъ официальныхъ комиссіяхъ и совѣщаніяхъ, касающихся всѣхъ серьезныхъ вопросовъ относительно Кавказа: будь то вопросъ Закавказской желѣзной дороги, о Потійскомъ портѣ, о Персидскихъ желѣзныхъ дорогахъ и т. д.

На ряду съ своею должностью по военному вѣдомству І. И. въ продолженіи десяти слишкомъ лѣтъ исполнялъ обязанности Члена

Тифлисской Судебной Палаты и завѣдывать техничекою частью межеванія на Кавказѣ. И въ этой области дѣятельность І. И. является весьма плодотворной: при его участіи издается законъ о межеваніи на Кавказѣ, внесшій много порядку и урегулировавшій крайне спутанныя поземельныя отношенія. По почину Іеронима Ивановича, по плану имъ выработанному, при содѣйствіи Предсѣдателя Палаты Е. П. Старицкаго при организаціи межевой съемки Кавказскаго края принять строго научный методъ, состоящій въ томъ, что межевыми чинами, на основаніи триангуляціи военнаго вѣдомства, составлялась второстепенная межевая триангуляція, рассчитанная такимъ образомъ, что на каждый планшетъ межевой мензульной съемки приходилось три точки триангуляціонной.

Такимъ образомъ всѣ съемки межеваго вѣдомства на Кавказѣ были органически связаны съ основною триангуляціею военнаго вѣдомства и составляли съ военною съемкою одно стройное цѣлое.

Переходя за тѣмъ къ чисто научнымъ трудамъ Іеронима Ивановича, необходимо поставить на первый планъ его изслѣдованіе по новому и сложному геодезическому вопросу объ отклоненіи отвѣсной линіи притяженіемъ горъ. По этому предмету Іеронимъ Ивановичъ работалъ около трехъ лѣтъ и въ 1869 году представилъ нашей Императорской Академіи Наукъ свое изслѣдованіе «объ отклоненіи отвѣсныхъ линій притяженіемъ Кавказскихъ горъ *).

Названный трудъ, выяснившій этотъ мало обслѣдованный вопросъ, обратилъ на себя вниманіе Русскаго и Европейскаго ученаго міра: Императорская Академія Наукъ избрала І. И. за этотъ трудъ своимъ членомъ-корреспондентомъ, Географическое Общество присудило ему большую золотую Константиновскую медаль, многія русскія и иностранныя ученые Общества избрали его своимъ членомъ, а Международный Географическій Конгрессъ въ Парижѣ присудилъ ему медаль 1-го класса; при этомъ изслѣдованіе І. И. было переведено на французскій и нѣмецкій языки.

Продолжая свои работы по вопросамъ объ отклоненіи отвѣсной линіи и о распредѣленіи силы тяжести на земной поверхности, І. И. въ 1876 году произвелъ въ Тифлисѣ цѣлый рядъ наблюденій

*) Изслѣдованіе это напечатано, по распоряженію Академіи, въ приложеніи къ XII тому Записокъ ея. С.-Петербургъ. 1870 г.

надъ длиною секунднаго маятника и написаль нѣсколько мемуаровъ по этому предмету, напечатанныхъ въ нашихъ научныхъ повременныхъ изданіяхъ и большинство этихъ трудовъ переведено на иностранные языки.

Въ бытность свою на Кавказѣ І. И. долго занималъ должность Помощника Предсѣдательствующаго Кавказскаго Отдѣленія Географическаго Общества и былъ душою его, дѣлая частыя сообщенія и рефераты, организуя экспедиціи и всѣми способами помогая путешественникамъ по Кавказу. Всякій пріѣзжавшій въ Тифлисъ съ научною цѣлью считалъ долгомъ побывать у І. И., послушать его совѣтовъ и указаній этого глубокаго знатока Кавказа; всѣ находили у І. И. радушный пріемъ и каждому онъ старался помочь своими знаніями и опытомъ; объ этомъ ярко свидѣлствуютъ много десятковъ томовъ сочиненій о Кавказѣ, приславшихся авторами Іерониму Ивановичу. Словомъ, не было паучнаго вопроса и предпріятія по Кавказу, въ которомъ І. И. не сказалъ бы своего слова, не вложилъ бы частицы своего яснаго ума...

Служебное положеніе Іеронима Ивановича требовало постоянныхъ разъѣздовъ по Кавказу для осмотра и паблюденія за производившимися топографическими и геодезическими работами. Каждый годъ 3—4 мѣсяца І. И. разъѣзжалъ по Кавказу; смѣло можно сказать, что нѣтъ того мѣста, нѣтъ того уголка на Кавказѣ, гдѣ онъ не побывалъ бы. Результатами этихъ поѣздокъ обыкновенно бывалъ какой-либо рефератъ въ Географическомъ Обществѣ или же научная статья.

Изъ болѣе крупныхъ путешествій І. И. слѣдуетъ указать на слѣдующія: въ 1869 году на Восточномъ берегу Каспійскаго моря былъ занятъ нашими войсками Красноводскъ; предстояло изслѣдовать обширную, совсѣмъ неизвѣстную страну, населенную воинственными и разбойничьими туркменскими племенами (пынѣшняя Закаспійская область). Въ этихъ цѣляхъ съ 1870 г. начинаются военныя рекогносцировки въ этой мѣстности значительными военными отрядами; въ рекогносцировкахъ этихъ, происходившихъ въ 1870 и 1872 г.г., принимаетъ участіе и І. И. Не легки были эти путешествія; постоянный недостатокъ воды, отсутствіе свѣжей провизіи и военныя стычки съ хищниками-Туркменами постоянно преслѣдовавшими посылаемые отряды. Въ такихъ тяжелыхъ условіяхъ Іерониму Ивапо-

вичу приходилось проводить по нѣскольку мѣсяцевъ и производить астрономическія наблюденія, изслѣдовать страну и собирать о ней всякія свѣдѣнія.

Результатомъ двукратныхъ путешествій І. И. по Туркменіи было: опредѣленіе географическаго положенія (по широтѣ и долготѣ) 26 пунктовъ путемъ астрономическихъ наблюденій, изслѣдованіе Узбоя (сухого русла рѣки Аму-Дарьи—древній Оксусъ) отъ берега Каспійскаго моря до колодцевъ Игды на протяженіи 281¹/₂ верстъ; при этомъ І. И. былъ первымъ изслѣдователемъ этой части Узбоя. Результаты своихъ наблюденій и изслѣдованій въ новой странѣ І. И. изложилъ въ нѣсколькихъ статьяхъ, помѣщенныхъ въ запискахъ Кавказскаго Отдѣленія Русскаго Географическаго Общества; при этомъ одна изъ статей І. И. о путешествіи въ Туркменію въ 1872 г. была переведена въ Англійскомъ Географическомъ журналѣ.

26 ноября 1874 года должно было произойти важное астрономическое явленіе: планета Венера должна была пройти предъ дискомъ солнца.

Для наблюденія этого явленія І. И. былъ командированъ въ столицу Персіи — Тегеранъ, гдѣ и прожилъ нѣсколько мѣсяцевъ и успѣшно выполнилъ свою задачу, не смотря на свою тяжелую болѣзнь въ видѣ персидской лихорадки, отъ которой І. И. страдалъ всю жизнь.

Отчетъ о своемъ путешествіи и наблюденіяхъ І. И. напечаталъ въ запискахъ Военно-Топографическаго Отдѣла Главнаго Штаба (часть XXXVI, СІПБ. 1878 г.) и изъ этого изданія было сдѣлано извлеченіе и переводъ въ нѣмецкомъ Астрономическомъ журналѣ.

Въ теченіи Русско-Турецкой войны 1877 года І. И. въ качествѣ Начальника Топографической части провелъ все время въ дѣйствующемъ отрядѣ въ Азіатской Турціи; онъ участвовалъ въ сраженіяхъ на Аладжинскихъ высотахъ, при осадѣ крѣпости Карсъ и нѣкоторыхъ другихъ. На войнѣ І. И. развилъ примѣненіе большихъ подзорныхъ трубъ къ рекогносцировкамъ и при осадѣ Карса.

Вслѣдъ за окончаніемъ войны, подъ руководствомъ І. И. были произведены геодезическія работы въ занятой странѣ.

Въ концѣ 1878 года І. И. былъ назначенъ по Высочайшему повелѣнію делегатомъ по разграниченію Россіи и Турціи въ Малой Азіи на основаніи Берлинскаго трактата.

Надъ этимъ государственнымъ дѣломъ І. И. проработалъ почти три года; для совѣщанія по пограничнымъ вопросамъ съ Турецкими делегатами и властями ему приходилось два раза ѣздить въ Константинополь и выдерживать упорную борьбу съ хитростью восточныхъ и недоброжелательствомъ англійскихъ дипломатовъ, подъ сурдинку вредившихъ нашимъ интересамъ. І. И. съ честью вышелъ изъ этой борьбы, отстоялъ что было возможно и затѣмъ совмѣстно съ Турецкими делегатами на мѣстѣ въ Азіятской Турціи произвелъ разграничительныя работы.

Воспользовавшись своимъ пребываніемъ въ Константинополѣ, І. И. сдѣлалъ новое астрономическое опредѣленіе широты и долготы Царыграда, собралъ свѣдѣнія и изслѣдовалъ вопросъ о климатѣ этого города и о теченіяхъ воды въ Босфорѣ и написалъ по этимъ предметамъ двѣ статьи; проведенную же имъ границу описалъ въ журналѣ «Военный Сборникъ» (№ 12, 1881 года); описаніе это было переведено и перепечатано Нѣмецкимъ и Итальянскимъ Географическими журналами.

Въ 1883 году І. И. командируется Правительствомъ въ Сѣверную Америку въ качествѣ Русскаго делегата на международную конференцію, происходившую въ Вашингтонѣ по вопросамъ объ избраніи перваго меридіана и установленія универсальнаго (всеобщаго) времени. По возвращеніи изъ Америки І. И. сообщаетъ результаты своей поѣздки въ общемъ собраніи Географическаго Общества и печатаетъ по этому предмету особую статью.

Послѣ двадцатипятилѣтней службы на Кавказѣ І. И. въ концѣ 1885 года назначается на отвѣтственный и важный постъ Начальника Военно-Топографическаго Отдѣла Главнаго Штаба и Корпуса Военныхъ Топографовъ.

Отѣздъ Іеронима Ивановича съ Кавказа послужилъ поводомъ для выраженія общественнаго сочувствія къ дѣятельности отъѣзжающаго. Мѣстное Отдѣленіе Географическаго Общества отмѣтило дѣятельность Іеронима Ивановича по Кавказовѣдѣнію особою статьею въ своихъ «Извѣстіяхъ».

Торжественный прощальный обѣдъ былъ устроенъ Іерониму Ивановичу его почитателями, знакомыми, сослуживцами и представителями Городскаго Общественнаго Управленія. Послѣдніе вспоминали о плодотворной общественной дѣятельности Іеронима Ивановича

въ качествѣ гласнаго Тифлисской Городской Думы, при участіи котораго въ Тифлисъ былъ разрѣшенъ вопросъ о водопроводѣ и приняты многія другія мѣры по благоустройству города Тифлиса.

Вступивъ въ Управление Корпусомъ Военныхъ Топографовъ, І. И. проявляетъ ту же кипучую дѣятельность: подъ его руководствомъ и по его плану было выработано преобразование этого корпуса и Топографическаго училища, улучшившее подготовку топографовъ и внесшее большую правильность въ производство съемочныхъ работъ.

Въ 1886 году І. И. командированъ въ Берлинъ для участія въ восьмой международной геодезической конференціи, гдѣ сообщаетъ отчетъ о геодезическихъ работахъ въ Россіи; на конференціи же І. И. избирается членомъ постоянной международной геодезической коммиссіи. За симъ при живомъ участіи І. И. издается 13 томовъ Записокъ Военно-Топографическаго Отдѣла въ которыхъ, между прочими научными матеріалами, напечатанъ результатъ обширныхъ и сложныхъ геодезическихъ работъ по градусному измѣренію по паралелямъ 52° и $47\frac{1}{2}^{\circ}$ сѣверной широты (первая параллель отъ Хаверфордвеста на западномъ берегу Англіи около Пемброка до г. Орска на Уралѣ на протяженіи $63^{\circ} 31'$ по долготѣ, изъ которыхъ $39^{\circ} 24'$ въ предѣлахъ Россіи), а вторая отъ Кишинева до Астрахани на протяженіи $19^{\circ} 12'$ по долготѣ.

Этотъ обширный международный геодезическій трудъ, послужившій къ опредѣленію элементовъ земного сфероида изъ русскихъ измѣреній, не прошелъ безслѣдно для русской и заграничной печати и вызвалъ въ свое время большое количество рефератовъ, отзывовъ и одобрительныхъ статей въ русской и иностранной печати.

Въ числѣ послѣднихъ трудовъ и заслугъ І. И. нельзя не упомянуть объ организованныхъ имъ обширныхъ топографическихъ и астрономическихъ работахъ по направленію Сибирской желѣзной дороги.

Находясь въ Петербургѣ І. И. не прекращаетъ и своей научной дѣятельности, помѣщая отдѣльныя очерки и статьи по геодезическимъ и астрономическимъ вопросамъ въ Запискахъ Географическаго Общества и другихъ научныхъ изданіяхъ. Не прерываетъ своей связи и съ Географическимъ Обществомъ, гдѣ занимаетъ сначала должность Предсѣдательствующаго въ Отдѣленіи математической географіи, а за симъ до своей смерти исполняетъ обязанности Помощника Вице-Президента Общества. Въ 1889 году І. И. принимаетъ дѣя-

тельное участіе въ Коммисіи образованной при Императорскомъ Русскомъ Техническомъ Обществѣ—*о желѣзной дорогѣ чрезъ Сибирь*, въ которой онъ состоялъ Предсѣдателемъ Подкоммисіи *объ изысканіяхъ*, собиравшейся въ Институтъ Инженеровъ Путей Сообщенія 15 и 22 Апрѣля 1889 года.

Институтъ Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I, высоко почитая важныя заслуги, оказанныя русской геодезической наукѣ трудами Иеронима Ивановича, избралъ его въ 1896 году при празднованіи пятидесятилѣтія Императорскаго Географическаго Общества, своимъ Почетнымъ Членомъ. Послѣдній годъ своей жизни Иеронимъ Ивановичъ страдалъ тяжкимъ недугомъ, вслѣдствіе чего онъ былъ вынужденъ оставить государственную службу въ чинѣ генерала отъ инфантеріи. Кончина его 27 января 1897 года, въ С.-Петербургѣ, прекратила его страданія.

Добродушный, всегда искренній, обладавшій неизсякаемымъ юморомъ, Иеронимъ Ивановичъ оставилъ наилучшую память среди лицъ близко его знавшихъ.

Выдающейся чертой его характера была преданность своему долгу, преданность доходившая до суровости по отношенію къ себѣ и къ другимъ. Сознаніе долга влекло его въ знойныя безводныя степи Туркменіи и на снѣговыя вершины Кавказа; сознаніе это заставляло его большую часть года проводить вглубь семьи, среди нестерпимыхъ условій путешествія по мало извѣстнымъ странамъ.

Требовательный къ себѣ и къ другимъ І. И. былъ всегда примѣромъ для своихъ сослуживцевъ. Усталости въ работѣ І. И. не зналъ; его умъ былъ постоянно дѣятеленъ и всегда стремился къ рѣшенію возникавшихъ вопросовъ, чего онъ достигалъ благодаря своему трудолюбію, энергіи и таланту.

Авторитетъ по геодезическимъ работамъ и по математической географіи генераль-лейтенантъ А. А. Тилло, докладывая Императорскому Русскому Географическому Обществу о кончинѣ І. И. Стебницкаго, заявилъ, что «имя Стебницкаго въ исторіи геодезическихъ работъ въ Россіи всегда будетъ стоять на одной высотѣ съ именами Шуберта, Теннера, Ходзько и другихъ звѣздъ геодезической науки».

Житковъ.

Печатано по распоряж. Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I.

ТИП. Ю. М. ЗРИНЪ, САНКТА-ПЕТЕРБУРГЪ.

МАТЕРІАЛЫ
для
ПОСТАНОВКИ И ИСТОРИИ УЧЕБНАГО ДѢЛА
въ
Институтѣ Инженеровъ Путей Сообщенія
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I.

Выпускъ III.

М. Н. Герсевановъ.—Рѣчь, произнесенная
15-го Сентября 1895 года вновь посту-
пившимъ студентамъ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая, № 9.
1898.

~~~~~  
**Печатано по распоряженію Института инженеровъ путей сообщенія**  
**ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I.**  
~~~~~

М. Н. Герсевановъ.

Рѣчь произнесенная 15-го Сентября 1895 г. вновь поступившимъ студентамъ.

Г о с п о д а!

При первой встрѣчѣ я хотѣлъ бы сказать вамъ нѣсколько словъ, чтобы вы знали—чего мы, начальство Института, отъ васъ ожидаемъ и исполненіе чего для васъ обязательно, если вы имѣете твердое намѣреніе окончить курсъ въ Институтѣ, куда вы были приняты изъ числа множества молодыхъ людей, стремящихся въ это высшее учебное заведеніе. Вы должны помнить, что быть принятымъ въ Институтъ не значитъ еще окончить въ немъ курсъ и со временемъ, чрезъ пять лѣтъ, получить званіе инженера путей сообщенія.

Званіе это во всѣхъ странахъ пользуется большимъ уваженіемъ, но для достиженія его вамъ придется положить много труда. При этомъ долженъ сказать, что всякій трудъ облагораживаетъ человѣка, и можетъ быть не только легокъ, а даже пріятенъ, но лишь для тѣхъ, у кого есть любовь къ избранной профессіи или энергія и настойчивость, безъ которыхъ и самые способные изъ васъ никогда не достигнутъжелаемаго положенія.

Хотя почти всѣ вы имѣете хорошую учебную подготовку, но при извѣстной долѣ случайности, всегда неразлучной съ конкурснымъ экзаменомъ, вы не должны думать, что по развитію вашему и подготовкѣ вы выше многихъ, которые держали экзаменъ, по сюда не попали. Съ другой стороны не думайте, чтобы для окончанія курса въ Институтѣ достаточно выдерживать переходные экзамены изъ курса въ курсъ. У насъ, какъ вы можете видѣть изъ розданныхъ вамъ правилъ, самую важную роль, въ нашихъ глазахъ, для

ощѣнки вашихъ успѣховъ составляютъ ваши занятія въ теченіе учебнаго года, ваши графическія работы и результаты обязательныхъ для васъ репетицій. Но и этого мало: намъ недостаточно, чтобы студенты наши были только развитые и трудящіеся молодые люди, намъ нужно чтобы они были и вполне порядочные по своему поведенію юноши, съ честью поддерживающіе добрую славу Института, которою мы дорожимъ. На выпускномъ актѣ въ настоящемъ году, Г. Министръ Путей Сообщенія, въ рѣчи своей обращенной къ окончившимъ полный курсъ въ Институтѣ, совѣтовалъ имъ прежде всего быть скромными въ предстоящей имъ дѣятельности. Лучшаго совѣта и я вамъ дать не могу, при чемъ вамъ этотъ совѣтъ еще болѣе полезенъ, чѣмъ окончившимъ курсъ въ Институтѣ, имѣющимъ большій жизненный опытъ.

И такъ, будьте скромны, помните, что вы не болѣе какъ начинающіе. Скромность ваша должна главнымъ образомъ выражаться въ вѣжливомъ со всѣми обращеніи, то есть, не только со старшими, а и съ равными, и съ людьми ниже васъ стоящими. Затѣмъ считаю долгомъ напомнить вамъ о важности добрыхъ и честныхъ товарищескихъ отношеній, которыя, зародясь въ давшемъ вамъ приніютъ учебномъ заведеніи, послужатъ лучшимъ залогомъ благороднаго единенія столь желательнаго въ средѣ инженеровъ путей сообщенія, членами которой, при Божіей помощи и вашихъ стараніяхъ, современемъ вы будете.

Считаю необходимымъ остановиться на нѣкоторыхъ ошибочныхъ взглядахъ, преобладающихъ, какъ я замѣтилъ, среди студентовъ нашего Института.

Обыкновенно наши студенты думаютъ, что имъ важны только математика, механика и спеціальные предметы и что на остальные, преподающіеся въ Институтѣ предметы, можно не обращать вниманія. Взглядъ этотъ ошибоченъ. Въ математикѣ и въ теоретической механикѣ вы имѣете дѣло съ тѣлами несуществующими, идеальными, а всю жизнь придется вамъ имѣть дѣло съ тѣлами дѣйствительными. Лишь въ прикладной механикѣ указываются нѣкоторыя свойства тѣлъ дѣйствительно существующихъ, свойства,—которые излагаются подробно въ физикѣ, химіи, минералогіи, и т. д., и потому практическому дѣятелю невозможно игнорировать ихъ. Безспорно, чтобы быть хорошимъ инженеромъ надо хорошо изучить

спеціальные предметы, но эти послѣдніе въ свою очередь основаны не только на математикѣ, но и на естественныхъ наукахъ. Кромѣ того не забывайте, что вы должны быть не только хорошими инженерами, но по возможности и высоко образованными людьми. Хорошій инженеръ, стоящій во главѣ большого и отвѣтственнаго дѣла, если онъ не будетъ въ то же время и образованнымъ человекомъ, врядъ ли окажется на высотѣ своего положенія. А всякій опытный человекъ знаетъ, что многому тому, чему учатся въ школахъ, трудно потомъ научиться на службѣ. Совѣтую вамъ паравитъ со спеціальными и графическими предметами обращать не меньше вниманія и на изученіе иностранныхъ языковъ и естественныхъ наукъ, какъ-то физики, химіи, минералогіи, геологіи и пр. Значеніе этихъ наукъ весьма велико не только для желѣзнодорожнаго инженера, но особенно для инженера гидравлика, поприще котораго можно сказать только теперь возрождается въ Россіи отъ временнаго забытія; между тѣмъ какъ слава инженеровъ путей сообщенія создавалась въ Россіи въ началѣ нашего столѣтія главнымъ образомъ на водяныхъ путяхъ.

При этомъ прибавлю, что спеціальность водяного инженера, противъ которой также существуетъ предубѣжденіе въ пользу желѣзнодорожнаго дѣла, не рѣдко требуетъ не только не меньшаго, но часто высшаго спеціальнаго знанія и творческихъ способностей, чѣмъ многія задачи желѣзнодорожнаго инженера. Затѣмъ, при такъ сказать ежедневно увеличивающемся значеніи электротехники въ области инженернаго дѣла, основательное изученіе физики дѣлается необходимою принадлежностью инженера, а затѣмъ важность для инженера знанія физики и химіи доказывается паглядно существующими при Институтѣ лабораторіями и химической станціей, безъ которыхъ не производится приѣмки строительныхъ матеріаловъ на желѣзныя дороги и другія сооруженія.

Наконецъ, здѣсь, въ Институтѣ вы должны обращать особое вниманіе на ознакомленіе съ физическими и экономическими условіями той необъятной страны, нашей дорогой Россіи, въ которой вы будете призваны дѣйствовать въ свое время, какъ инженеры путей сообщенія.

Довольно упомянуть здѣсь о громадной окраинѣ нашей Сибири, въ которой сооружается теперь одинъ изъ замѣчательнѣйшихъ на

свѣтъ по своему протяженію и трудностямъ желѣзнодорожныхъ путей, о Сибири, въ которой до сихъ поръ обращалось весьма мало вниманія на водяныя сообщенія, долженствующія играть тамъ огромную роль, какъ подспорье желѣзнодорожному пути. Этотъ послѣдній ни въ какомъ случаѣ не можетъ удовлетворить потребностямъ обмѣна этой громадной страны, производящей главнымъ образомъ громоздкіе и дешевые грузы, особенно со времени принятыхъ правительствомъ мѣръ къ регулированію и облегченію стремящагося въ эту страну переселенія изъ Европейской Россіи.

По этому водяные пути имѣютъ большую будущность въ этомъ краѣ, вслѣдствіе выясненной въ послѣднее время возможности плаванія, какъ по громаднымъ Сибирскимъ рѣкамъ (Оби и Енисею), такъ и по возможности морского сообщенія изъ устьевъ этихъ водныхъ артерій съ сѣверомъ Россіи и Западной Европой. Вотъ огромное поприще для инженера путей сообщенія по одному только устройству водныхъ путей, не говоря уже о строящейся громадной желѣзной дорогѣ, которая конечно не ограничится соединеніемъ Челябинска съ Владивостокомъ.

Все это я говорю, чтобы показать вамъ важность изученія географіи и статистики Россіи.

Еще разъ указываю на Сибирь, на которую теперь обращено вниманіе Государя Императора,—Августѣйшаго Покровителя вновь созданнаго при Институтѣ нашемъ Николаевскаго Общежитія имени Августѣйшаго Предсѣдателя Комитета Сибирской желѣзной дороги.

По указанію въ Божѣ почившаго Императора Александра III, Сибирь изъ мѣста ссылки превращается теперь въ страну съ блестящимъ будущимъ, страну представляющую обширную арену для всякаго техника и промышленника и прежде всего для тѣхъ пионеровъ цивилизаціи, которыхъ называютъ инженерами путей сообщенія.

Возвращаясь къ началу моей рѣчи, продиктованной лучшими пожеланіями на пользу вашу, я долженъ сказать, что она служитъ лишь развитіемъ Высочайшихъ словъ усопшаго Императора Александра III, начертанныхъ у подножія портрета Его Величества, и которыми оканчивается телеграмма Государя Императора Министру Путей Сообщенія отъ 30 Августа 1890 г. Слова эти слѣдующія:

«Вполнѣ надѣюсь, что Институтъ дастъ Россіи дѣльныхъ инженеровъ, вполнѣ подготовленныхъ для приведенія въ исполненіе задачъ будущаго».

Я увѣренъ, что познакомившись съ правилами для студентовъ Института, розданными вамъ, вы будете строго имъ слѣдовать и избавите меня отъ необходимости дѣлать вамъ за упущенія замѣчанія, выговоры и налагать на васъ взысканія. Нечего и говорить, что съ нашей стороны будутъ, въ предѣлахъ возможнаго, приняты мѣры для облегченія вамъ прохожденія Институтскаго курса.

Тѣ изъ васъ, которые не будутъ заботиться о поддержаніи доброй славы Института, встрѣтять въ Институтскомъ начальствѣ учрежденіе, которое выше вашихъ личныхъ интересовъ и увлеченій, должно ставить интересы врученнаго ему знамени инженерной науки, отъ успѣховъ которой зависитъ въ будущемъ столь важное для нашего обширнаго отечества устройство путей сообщенія.

Въ заключеніе желаю вамъ всякаго благополучія и успѣха и не сомнѣваюсь, что вы оправдаете всѣ мои ожиданія.



Изданіе Института Инженеровъ путей сообщенія Императора Александра I.

М. Н. Герсевановъ.

ОБЩІЯ ПОНЯТІЯ О ПОРТОВЫХЪ СООРУЖЕНІЯХЪ.

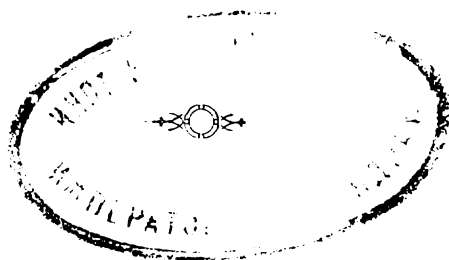
(ВТОРОЕ ИЗДАНІЕ).

ПО ПРОГРАММѢ

утвержденной Г. Министромъ путей сообщенія

4-го Апрѣля 1888 г.

ДЛЯ ЭКЗАМЕНА НА ЗВАНІЕ ТЕХНИКА ПУТЕЙ СООБЩЕНІЯ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая, № 9.

1897.

~~~~~  
**Печатано по распоряженію Института инженеровъ путей сообщенія**  
**ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА І.**  
~~~~~

Предисловіе къ первому изданію 1888 года.

Казалось бы съ перваго взгляда, что къ такому ничтожному труду, какъ предлагаемая «Обиція понятія», незачѣмъ писать и предисловія. Оправданіемъ однако же можетъ служить то обстоятельство, что это первый опытъ краткаго руководства для экзамена на вновь учрежденное званіе *техника путей сообщенія*, руководства хотя и по самой малой части утвержденной программы строительнаго искусства, но въ то же время и по наименѣе извѣстной большинству русскихъ людей, живущихъ вдалекѣ отъ омывающихъ наше отечество морей и, потому, мало знакомыхъ съ моремъ. Кромѣ того, предлагаемая «Обиція понятія» написаны между прочимъ съ цѣлью имѣть случай высказать наши мысли по новому и интересному дѣлу о составленіи руководствъ для *среднихъ техникувъ*.

О пользѣ для вѣдомства путей сообщенія учрежденія званія техникувъ не можетъ быть и рѣчи, какъ это признало и самимъ правительствомъ. Но новый законъ только тогда приноситъ желаемый результатъ, когда къ облегченію его исполненія приняты всѣ необходимыя мѣры со стороны людей, могущихъ этому содѣйствовать. По нашему глубокому убѣжденію, только тогда явятся у насъ лица съ знаніями, необходимыми для начатія вполнѣ практическаго поприща средняго техника, когда въ нашей технической литературѣ, наконецъ, будутъ краткія руководства, вполнѣ пригодныя для подготовленія къ экзамену на это званіе, а также для преподаванія спеціальныхъ предметовъ въ предполагаемыхъ къ открытію среднихъ техническихъ учебныхъ заведеній.

Можно даже думать, что изданіе при содѣйствіи правительства такихъ краткихъ удобопонятныхъ руководствъ и распространеніе ихъ въ средѣ людей, готовящихся къ практической профессіи средняго

техника, может принести почти такую же пользу, какъ и устройство для этого особыхъ учебныхъ заведеній, не говоря уже о томъ, что это можно сдѣлать гораздо скорѣе и будетъ стоить правительству очень дешево сравнительно съ устройствомъ такихъ заведеній, для которыхъ въ началѣ трудно пріискать и исполнѣе практическихъ руководителей, особенно имѣя въ виду существующее мнѣніе, что практическаго дѣятеля не можетъ создать никакая школа. Да и во всякомъ случаѣ безъ этого нельзя обойтись, предполагая даже, что всѣ средніе техники будутъ выходить изъ школъ.

Къ сожалѣнію, наша техническая литература теперь до крайности бѣдна именно такими руководствами, предназначенными для среднихъ дѣятелей по технической части. Можно смѣло сказать, что ея вовсе не существуетъ. И потому-то, въ созданіи такихъ краткихъ техническихъ руководствъ и лежитъ залогъ успѣха вновь учрежденнаго между прочимъ званія техника путей сообщенія. Руководства эти должны быть изданы по инициативѣ и на счетъ правительства и одобрены подлежащими спеціальными учрежденіями. О характерѣ такихъ руководствъ намъ и желательно сказать нѣсколько словъ.

По самому назначенію своему, техники путей сообщенія не призваны къ составленію техническихъ проектовъ, а лишь къ толковому и умѣлому исполненію проектовъ, составленныхъ инженерами, при полномъ однако пониманіи ихъ назначенія. Между тѣмъ, главная масса техническихъ знаній, сообщаемыхъ молодымъ людямъ курсами нашихъ высшихъ техническихъ заведеній, и относящаяся сюда руководства имѣютъ цѣлью сообщить имъ свѣдѣнія, главнымъ образомъ, необходимыя для умѣнья составлять *проекты*; *самое же исполненіе проектовъ*, или производство строительныхъ работъ, остается на второмъ планѣ, откуда между прочимъ и неизбежные промахи молодыхъ инженеровъ на первыхъ шагахъ практической дѣятельности, при неимѣнии у нихъ соотвѣствующихъ требованіямъ умѣлыхъ помощниковъ по исполненію работъ,—помощниковъ, которые должны явиться въ лицѣ вновь созданныхъ техниковъ, какъ въ вѣдомствѣ путей сообщенія, такъ можетъ быть и въ другихъ вѣдомствахъ, напримѣръ въ горномъ. Поэтому, при составленіи краткихъ руководствъ для подготовляющихся въ техники надо имѣть въ виду исключить все то, что относится къ *проектированію сооруженій* и ограничиться лишь тѣмъ, что относится *до ихъ исполненія*, т. е. до

производства разнаго рода работъ. При этомъ программа прикладныхъ знаній должна быть основана на знаніи лишь элементарной математики и элементарной механики и вообще на уровнѣ знаній соотвѣствующихъ среднему учебному заведенію. Все, что относится до высшей математики и до аналитической механики должно быть безусловно исключено изъ такихъ руководствъ. Во французской литературѣ до нѣкоторой степени могутъ служить образцами руководства для техниковъ путей сообщенія сочиненія «Endrès-Manuel du conducteur des ponts et chaussées» и «Guide du conducteur des ponts et chaussées et du Garde-Mines par debaue» (которое не надо смѣшивать съ обширнымъ сочиненіемъ того же автора, предназначеннымъ *для инженеровъ*) и тѣмъ болѣе, что во Франціи званіе conducteur des Ponts et Chaussées вполне соотвѣтствуетъ вновь установленному у насъ закономъ званію техника путей сообщенія. Можетъ быть, одною изъ причинъ извѣстнаго всѣмъ успѣшнаго хода инженерныхъ работъ во Франціи и служить то обстоятельство, что тамъ въ вѣдомствѣ путей сообщенія среднимъ числомъ приходится на каждаго инженера по крайней мѣрѣ шесть такихъ техниковъ или conducteurs des ponts et chaussées.

Вообще, какъ на образчики руководствъ для имѣемыхъ нами въ виду среднихъ техниковъ, призванныхъ къ исполнѣ практической дѣятельности, можно указать во французской литературѣ на коллекцію, извѣстную подъ названіемъ Collection des Manuels Roret, содержащую въ себѣ дешевыя, удобопонятныя и небольшого формата ($1/_{16}$) руководства почти по всѣмъ отраслямъ прикладныхъ знаній.

Въ нѣмецкой литературѣ можно указать на такую же коллекцію руководствъ и въ такомъ же родѣ, — это Weber's illustrirte Katechismen. Книжки эти изданы въ такомъ же маломъ форматѣ и также дешевы, какъ и предыдущія, но онѣ отличаются тѣмъ что нѣкоторые изъ нихъ изложены въ видѣ вопросовъ и отвѣтовъ — форма болѣе пригодная для низшихъ техническихъ агентовъ.

Но намъ кажется, что скорѣе чѣмъ у континентальныхъ учителей нашихъ по инженерному дѣлу, и всякой техники, т. е. скорѣе чѣмъ у французовъ и германцевъ, мы должны искать такихъ образцовъ въ англійской литературѣ, такъ какъ, по нашему убѣжденію, русскому складу ума въ прикладныхъ знаніяхъ болѣе всего соот-

вѣтствуетъ англійскій складъ ума, идущій прямо и непосредственно къ практическому осуществленію задачи.

Не будучи въ состояніи указать на вполне современные краткія руководства по инженерной части на англійскомъ языкѣ, мы можемъ, однако, сказать, что имѣемъ въ виду объемъ и характеръ, представляемый англійскою коллекціею, извѣстною подъ названіемъ «John Weale's series of rudimentary treatises», изданной около шестидесятихъ годовъ и куда относятся, напримѣръ, Rudimentary treatise on Civil Engineering by Henry Law (1859), R. T. on well-digging, boring and pump work, by Swindell (1860), R. T. on the blasting and quarrying of stone, by Sir John Burgoyne (1860) R. T. on warming and ventilation, by Charles Towlinson (1858) R. T. on land und engineering surveying by Raker (1859), R. T. on light-houses by Alan Stevenson (1850) R. T. on the shipbuilding, by James Peake (1855) и множество другихъ, которыя не мѣсто здѣсь перечислять и притомъ написанныхъ большею частью людьми, вполне практическими и пользующимися большою извѣстностью, каковы сэръ Джонъ Бургойнъ, Стивенсонъ, Пикъ и пр. и къ тому же въ весьма небольшомъ объемѣ, весьма популярнымъ языкомъ и весьма дешевыхъ по цѣнѣ. Вотъ, казалось бы, что такихъ-то именно руководствъ намъ и желательно побольше, если мы желаемъ, чтобы среднее техническое образованіе не осталось у насъ мертвою буквою. Такіе учебники необходимы не только для приготавлиющихся въ техники, по какой бы то ни было части, но и какъ руководства для самихъ экзаменаторовъ въ дополненіе къ программамъ, которыя, составляя лишь канву, могутъ быть сжимаемы и растягиваемы по усмотрѣнію экзаменаторовъ и тѣмъ порождать произволъ при экзаменѣ. Наконецъ, такія руководства необходимы для сформированія учителей для техническихъ школъ, если эти послѣднія у насъ разовьются, такъ какъ трудно указать—откуда же намъ достать такихъ учителей, вполне знакомыхъ съ *практическою стороною всякаго профессиональнаго дѣла*. Весьма справедлива мысль, высказанная въ предисловіи къ коллекціи Уилля «Людямъ, плавающимъ на *кораблѣ науки* (говорится тамъ), не слѣдовало бы забывать, что ученики и начинающіе не могутъ соединиться съ ними безъ помощи лодокъ. Популярныя руководства относятся къ наукѣ какъ лодки относятся къ кораблю: они даютъ возможность начинающимъ попасть на ко-

рабѣ науки, но какъ никто при этомъ не пожелаетъ довѣриться ненадежной лодкѣ, точно также никто не пожелаетъ начинать изученіе какой либо профессіи съ дурнымъ руководствомъ».

Но не переводовъ, хотя бы и вполне современныхъ руководствъ въ родѣ издаанныхъ гг. Роре, Веберомъ и Уиллемъ желали бы мы для нашей зарождающейся технической литературы, которая если и существуетъ, то въ наше время вполне размѣнялась и расплылась въ мелкую журнальную литературу, для пользованія которою необходимо имѣть подъ рукою не только всѣ журналы, но и весьма объемистые библіографическіе указатели. Какъ однако наша техническая литература ни бѣдна въ настоящее время, но во всякомъ случаѣ своего собственнаго технического матеріала и своего опыта у насъ въ Россіи достаточно. Если для Турціи и Персіи можно допустить буквальный переводъ лучшихъ техническихъ руководствъ, то въ Россіи, гдѣ, слава Богу, есть уже накопленный годами техническій опытъ и свѣдѣнія, разбросанныя въ разныхъ повременныхъ изданіяхъ и сосредоточенныя въ нашихъ техническихъ учрежденіяхъ, но не видяція до сихъ поръ свѣта, потому что они не собраны воедино и не изданы по разнымъ причинамъ, то у насъ, повторяемъ, *слѣдуетъ составлять* такія краткія практическія руководства, на основаніи нашего опыта и примѣнительно къ нашимъ отечественнымъ условіямъ, такъ какъ у насъ, напримѣръ, въ строительномъ дѣлѣ есть и такія обстоятельства, съ которыми нашимъ западнымъ собратьямъ не приходится считаться и въ числѣ которыхъ нельзя не указать на суровый климатъ и неразрывный съ нимъ разрушительный для инженерныхъ сооруженій *морозъ и ледъ*.

Но кто же и при какихъ условіяхъ будетъ писать такія практическія краткія руководства по технической части? Почти всѣ инженеры и техники большею частью или заняты своими частными дѣлами, или—люди служащіе. Изъ послѣднихъ наиболѣе опытные и пожилые занимаютъ высокія мѣста и имѣютъ столько обязательныхъ занятій, что имъ невозможно и думать о томъ, чтобы, путемъ печати, подѣлиться своею опытностію со своими младшими и неопытными собратьями. Остаются молодые, вообще неопытные инженеры и техники. У этихъ послѣднихъ часто больше энергіи и смѣлости, не говоря уже о томъ, что у нихъ вообще и больше времени. Вотъ этимъ-то послѣднимъ и слѣдуетъ заняться такими трудами подъ ру-

ководствомъ опытныхъ инженеровъ и техниковъ, роясь въ нашихъ журналахъ и чертежныхъ. Помимо того, что они этимъ помогутъ общему дѣлу распространенія техническихъ знаній въ нашемъ отечествѣ, они тѣмъ самымъ могутъ составить себѣ и хорошее имя. И такъ, для успѣха дѣла остается желать: 1) разрѣшенія, содѣйствія и руководства высшихъ и опытныхъ инженеровъ и техниковъ къ составленію такихъ руководствъ, 2) и привлеченія къ этому дѣлу молодыхъ людей, любящихъ свою профессію при непремѣнномъ условіи содѣйствія имъ въ руководствѣ со стороны опытныхъ техниковъ и при неизбѣжномъ поощреніи ихъ къ тому и соотвѣтственнымъ труду матеріальнымъ вознагражденіемъ, такъ какъ добросовѣстное составленіе такихъ руководствъ требуетъ напряженной и сосредоточенной дѣятельности.

Предлагаемая же здѣсь «общія понятія» написаны скорѣе для того, чтобы показать свой взглядъ на дѣло и чтобы узнать какъ на этотъ предметъ посмотрятъ наши собратья по профессіи. При этомъ считаю долгомъ напомнить, что избранный мною девятый отдѣлъ программы строительнаго искусства для техниковъ путей сообщенія—самый малый по объему и въ настоящемъ изложеніи является лишь какъ дополненіе тѣхъ свѣдѣній о производствѣ строительныхъ работъ, которыя, по утвержденной для техниковъ программѣ, излагаются въ первыхъ восьми отдѣлахъ строительнаго искусства, куда входятъ на примѣръ цементы, бетонъ, бойка свай и пр.

Просматривая настоящій трудъ, легко видѣть, что изъ него исключено все то, что будучи необходимо для портового инженера, не нужно для техника, какъ то: сравнительное расположеніе оградительныхъ сооружений въ разныхъ портахъ, вліяніе ихъ на удобство порта, расчетъ набережныхъ для погрузки товаровъ, механическія приспособленія, вопросы о приливѣ и отливѣ, о порождаемыхъ ими теченіяхъ, послѣдніе какъ не имѣющіе мѣсто въ большинствѣ нашихъ портовъ и т. п. Въ концѣ приложены чертежи главнѣйшихъ типовъ моловъ.

М. Герсевановъ.

1 іюня 1888 г.

ПУЧИНЫ
НА ЖЕЛѢЗНЫХЪ ДОРОГАХЪ
И
МѢРЫ КЪ ИХЪ УСТРАНЕНІЮ.

СОСТАВИЛЪ

Инженеръ Путей Сообщенія
Л. Любимовъ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Ю. Н. Эрляхъ, Садовая, № 9.
1897.

~~~~~  
**Печатано по распоряженію Института инженеровъ путей сообщенія**  
**ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА І.**  
~~~~~

О Г Л А В Л Е Н І Е.

	СТР.
<i>Введение</i>	1
§ 1. Пучины (опредѣленіе)	3
§ 2. Раздѣленіе пучинъ	3
§ 3. Время появленія и исчезновенія пучинъ	4
§ 4. Высота пучинъ	5
§ 5. Географическое распространеніе пучинъ	5
§ 6. Геологическій характеръ грунтовъ, свойственныхъ пучинамъ	6
§ 7. Опредѣленіе притока воды въ плавунъ	9
§ 8. Верховыя пучины	11
§ 9. Мостовыя пучины	11
§ 10. Глубина промерзанія грунта	14
§ 11. Зависимость между величиной пучинъ и горизонтомъ грунтовыхъ водъ	14
§ 12. Опредѣленіе уровня грунтовыхъ водъ	21
§ 13. Гигроскопичность, проницаемость, волосность и водоемкость почвы и связь таковыхъ съ пучинами	15
§ 14. Примѣненіе данныхъ о промерзаемости почвы, ея волосности и уровня грунтовыхъ водъ при предварительныхъ изысканіяхъ къ устраненію пучинъ	22
§ 15. Объясненіе образованія пучинъ	24
§ 16. Признаки пучинъ	26
§ 17. Производство наблюденій надъ пучинами	26
§ 18. Текущій ремонтъ пучинъ	28
§ 19. Отводка пучинъ	31
§ 20. Прикрѣпленіе подкладокъ и напальниковъ	31
§ 21. Матеріалъ для деревянныхъ подкладокъ	32
§ 22. Опредѣленіе требуемой толщины подкладокъ на мѣстѣ работъ	33
§ 23. Осадка пучинъ	33
§ 24. Мѣры предосторожности при пучинистомъ пути и работахъ на тако- вомъ	34

	СТР.
§ 25. Капитальный ремонтъ пучинъ	35
§ 26. Осушеніе полотна отведеніемъ воды	35
§ 27. Отводъ воды дренажами	46
§ 28. Различные виды дренажей и опытные данныя о нихъ	47
§ 29. Уменьшеніе пучинъ покрытіемъ полотна веществами свободно пропу- скающими воду и дурно проводящими тепло	51
§ 30. Устраненіе пучинъ въ насыпяхъ	54
§ 31. Уничтоженіе пучинъ способомъ замѣны грунта	55
§ 32. Различные способы смѣны грунта	58
§ 33. Способъ замѣны пучинистаго грунта глиною	62
§ 34. Стоимость различнаго рода работъ по капитальному ремонту пучинъ .	63
§ 35. Заключение	64
Приложеніе	65



ВВЕДЕНІЕ.

Однимъ изъ самыхъ жгучихъ вопросовъ въ русскомъ желѣзнодорожномъ хозяйствѣ является, послѣ борьбы со снѣжными заносами, безспорно изысканіе мѣръ къ устраненію *пучинъ*. Въ этомъ отношеніи наши желѣзные дороги находятся несомнѣнно въ гораздо худшихъ условіяхъ, нежели заграничныя, такъ какъ западная Европа, какъ по геологическому своему строенію, такъ и по болѣе умѣренному климатическому условіямъ не даетъ столь благодарной почвы для развитія пучинъ, какъ Россія, существенно отличающаяся въ томъ и другомъ отношеніи отъ прочей части Европы. Можно безъ преувеличенія сказать, что 95% всѣхъ нашихъ желѣзныхъ дорогъ въ болѣе или меньшей степени приходится считаться съ этимъ зломъ, такъ какъ, по собраннымъ Главною Инспекціею желѣзныхъ дорогъ свѣдѣніямъ, ¹⁾ во всей Россіи есть только 3 дороги: Баскунчакская, Владикавказская и Фастовскій участокъ Юго-Западныхъ дорогъ, на которыхъ нѣтъ совсѣмъ пучинъ. На всѣхъ же прочихъ дорогахъ насчитывается *болѣе милліона* саженой пучинъ. Цифру эту слѣдуетъ считать не преувеличенной, а даже скорѣе ниже действительности. Процентъ протяженія пучинистыхъ мѣстъ, падающихъ на отдѣльныя дороги, достигаетъ, какъ оказывается, для нѣкоторыхъ изъ нихъ до 27%. ²⁾ общаго протяженія! Процентъ же пучинистыхъ верстъ на отдѣльныхъ участкахъ таковыхъ достигаетъ иногда цифры 75% — 90%, какъ, напримѣръ, на 4 участкахъ Московско-Курской ж. дор., гдѣ изъ 73 верстъ общаго протяженія—58 верстъ

¹⁾ „Записка о пучинистыхъ мѣстахъ въ полотнѣ жел. дорогъ“. XIII совѣщательный сѣздъ Инженеровъ Службы Пути 1895 г.

²⁾ Орловско-Витебскій участокъ Риго-Орловской жел. дороги.

съ пучинами, а на 8 участкѣ Московско-Нижегородской ж. дор.—изъ 64 верстъ только 4 версты безъ пучинъ.

Само собою разумѣется, что и расходы, какъ по поддержанію пути въ пучинистыхъ мѣстахъ въ исправномъ состояніи, такъ и по полному устраниенію пучинъ—достигаютъ весьма значительной цифры: такъ, напримѣръ, ремонтъ пучинъ на Московско-Курской ж. д. обходится ежегодно въ среднемъ свыше 32.000 р. с. На Николаевской жел. дор.—свыше 27.000. На Уральской—свыше 20.000 р. с. По приблизительному подсчету, составленному Главной Инспекціей ж. дор.—стоимость работъ по устраниенію пучинъ на всѣхъ русскихъ желѣзныхъ дорогахъ обошлась бы болѣе чѣмъ въ 7.500.000 р. с.

Въ виду существеннаго вліянія пучинъ на исправное состояніе пути, понятно, крайне желательно, чтобы на борьбу съ ними было бы обращено должное вниманіе, причемъ, во избѣжаніе безполезныхъ затратъ, слѣдовало бы вести всѣ работы, по возможности, по строго и всесторонне обдуманному плану, не приступая къ работѣ на угадъ, такъ какъ такого рода попытки «ощупью» ведутъ только въ весьма рѣдкихъ случаяхъ къ сколько-нибудь удовлетворительнымъ результатамъ. Мало того, даже, сами по себѣ весьма цѣлесообразные способы часто не достигали своей цѣли на дѣлѣ лишь потому только, что производились безъ всякихъ предварительныхъ изысканій и обсужденія: *можетъ-ли* по мѣстнымъ условіямъ съ успѣхомъ быть примѣненъ тотъ или другой способъ или пѣтъ.

Попыткою къ постановкѣ вопроса о борьбѣ съ пучинами на возможно правильную почву — является и пастоящій нашъ скромный трудъ, въ который мы постарались, по возможности: собрать всѣ данныя по разсматриваемому вопросу, добытыя русскими инженерами, занимавшимися изслѣдованіемъ пучинъ, а также и внести лично нашу небольшую лепту. *Faciant meliora potentes!*

Пучины на желѣзныхъ дорогахъ и мѣры къ ихъ устраненію.

§ 1. **Пучиною** (foisonnement, Aufquellung или Frostbeule) называется, на желѣзнодорожномъ языкѣ, мѣстное поднятіе полотна, зависящее отъ присутствія подъ нимъ, въ предѣлахъ промерзанія, насыщенныхъ водою грунтовъ и вызывающее зимою и въ началѣ весны такого рода неправильности въ положеніи верхняго строенія желѣзнодорожнаго пути, которыя нарушаютъ спокойствіе и безопасность движенія поѣздовъ.

§ 2. **Раздѣленіе пучинъ.** Желѣзнодорожныя пучины по характеру ихъ проявленія можно раздѣлить на *коренныя*, *верховыя* и *мостовыя*, причемъ наиболѣе существенными являются пучины коренныя, представляющія собою разнообразнаго вида *горбы*, высотой до 0.15 — 0.25 саж., тогда какъ верховыя пучины рѣдко бываютъ больше 0.01—0.015 саж., а мостовыя пучины являются сплошнымъ, болѣе или менѣе однообразнымъ поднятіемъ значительнаго протяженія (иногда нѣсколькихъ верстъ) цѣлой выемки, а подчасъ и невысокой насыпи, причемъ устои мостовъ, лежащихъ на пути поднятія полотна, оставаясь неподвижными, оказываются, такимъ образомъ, ниже полотна. Отсюда и названіе «мостовая пучина».

Есть еще одинъ видъ желѣзнодорожныхъ пучинъ, свойственный лишь крайнему югу Россіи—Закавказской жел. дорогѣ: это *разбуханіе* грунта подъ путемъ, являющееся не послѣдствіемъ мороза, а въ слѣдствіе прониканія въ глинисто-песчаный грунтъ значительнаго количества влаги въ періодъ зимнихъ дождей.

Существенно отличными отъ желѣзнодорожныхъ пучинъ, какъ по времени появлепія, такъ и по характеру проявленія—являются такъ назыв. «шоссейныя» пучины. Первые появляются, какъ было упомянуто выше (§ 1) зимою и раннею весною, когда земля еще не оттаяла, и представляютъ собою повышенія полотна; вторыя же—позднею весною, когда щебеночная кора шоссе уже оттаяла, и представляютъ собою *размяченіе* этой коры, благодаря тому обстоятельству, что таковая, оттая раньше обочинъ, пропускаетъ воду сверху до грунтя подъ корою. При этомъ вода, не имѣя выхода, нарушаетъ надлежащую связь и плотность щебеночной коры—благодаря чему таковая легко прорѣзывается колесами.

Кромѣ вышеозначеннаго раздѣленія пучинъ—таковыя по своему вліянію на поднятіе верхняго строенія пути могутъ быть раздѣлены еще на *прямыя*, т. е. такія повышенія, при которыхъ равномерно поднимаются обѣ колеи пути и *перекосныя*, гдѣ горбъ пучины имѣетъ косое направленіе по отношенію къ обѣимъ колеямъ, причемъ, хотя обѣ колеи поднимаются, но несимметрично. Есть, наконецъ, еще *однoboкiя* пучины: когда одна колея поднимается, а другая остается въ нормальномъ положеніи.

§ 3. Время появленія и исчезновенія пучинъ. Пучины, говоря, вообще, начинаютъ появляться, или выражаясь техническимъ языкомъ «подниматься», въ прямой зависимости отъ времени начала морозовъ въ данной мѣстности. Для средней полосы Россіи—время это—середина ноябрю. Впрочемъ существенное вліяніе оказывать въ данномъ случаѣ и то обстоятельство—паступили ли болѣе или менѣе ощутительные морозы уже *послѣ* выпаденія снѣга или *до* него. Въ послѣднемъ случаѣ пучины могутъ появляться и гораздо ранѣе. Ростъ пучинъ для той же средней полосы продолжается приблизительно до второй половины февраля, послѣ чего онѣ начинаютъ *садиться*, т. е. уменьшаться, причемъ окончательная осадка ихъ происходитъ въ срединѣ мая, а въ случаѣ поздней весны—въ концѣ мая и даже первой половинѣ іюня. Наибольшая напряженность пучинъ въ той же полосѣ падаетъ на январь и первую половину февраля. Въ нижеприлагаемой таблицѣ приведены данныя по этому вопросу для нѣкоторыхъ изъ нашихъ желѣзныхъ дорогъ: на сѣверѣ, въ средней полосѣ и на югѣ Россіи.

Районы.	Наименованіе дорогъ.	Время появленія пучинъ.	Время наибольшей высоты пучинъ.	Время осадки пучинъ.
Сѣверныя.	Балтійская	Начало Ноября.	Январь и Февраль.	Конецъ Мая и начало Юня.
	Варшавская (сѣвер. часть)	Средина Ноября.	Февраль и Мартъ.	Конецъ Мая.
	Николаевская . . .	Начало Ноября.	Январь и Февраль.	Конецъ Мая.
	Рыбинско - Бологовская	Начало Ноября.	Декабрь, Январь, Февраль.	Конецъ Мая и начало Юня.
	Московско-Ярославско Архангельскія	Начало Ноября.	Февраль и середина Марта.	Конецъ Мая и начало Юня.
Среднія.	Московско - Курская (сѣв. часть) . .	Средина Ноября.	Январь и Февраль.	Средина Мая.
	Московско - Нижегородская	Начало Ноября.	Декабрь, Январь и Февраль.	Конецъ Мая и начало Юня.
	Московско-Казанская	Средина Ноября.	Январь и Февраль.	Средина Мая.
	Сызрано-Вяземская.	Начало Ноября.	Январь и Февраль.	Конецъ Мая и середина Юня.
	Полтвская	Средина Ноября.	Январь и Февраль.	Апрѣль и середина Мая.
	Варшавская ¹⁾ . . .	Конецъ Декабря.	Февраль и Мартъ.	Конецъ Апрѣля.
Южныя.	Екатериненская ²⁾ .	Декабрь.	Январь.	Средина Февраля.
	Заваявская . . .	Декабрь.	Январь.	Средина Февраля.

§ 4. Высота пучинъ колеблется въ предѣлахъ отъ 0.001 , 0.01—0.015 сажени для верховыхъ пучинъ, достигая для коренныхъ пучинъ такой значительной величины, какъ 0.17 с. (Никласовская ж. д.), 0.20 с. (Оренбургскій участокъ Самаро-Златоустовской ж. д.) и даже 0.25 с. (Московско-Казанская ж. д.). За среднюю же максимальную цифру для большинства пучинистыхъ дорогъ слѣдуетъ принять 0.06—0.08 сажени.

§ 5. Географическое распространеніе пучинъ. По количеству пучинъ наши дороги могутъ быть раздѣлены на три разряда: а) дорогъ на которыхъ, благодаря ихъ географическому положенію и отчасти-

¹⁾ Около Двинска.

²⁾ На участкѣ Никитовка-Пантелеймоновка.

составу почвы полотна—вовсе нѣтъ пучинъ; б) дороги, на которыхъ, хотя и есть пучины, но въ общемъ не на особо великомъ протяженіи и в) дороги, гдѣ пучины, какъ по своему протяженію, такъ и по величинѣ, оказываютъ вліяніе не только на спокойствіе, но и на безопасность хода поѣздовъ.

Къ дорогамъ *первой* группы (протяженіе пучинъ=0) относятся: Баскунчакская, Владикавказская и Фастовская вѣтвь Юго-Западныхъ дорогъ. *Вторую* группу (количество пучинъ до 5% общаго протяженія линіи) образуютъ: Варшаво-Тереспольская, Донецкая, Екатерининская, Закавказская, Ивангородо-Домбровская, Кіево-Воронежская. Курско-Харьково-Лозовской участокъ Курско-Харьково-Севастопольской дороги, Лодзинская, Лозово-Севастопольскій участокъ Курско-Харьково-Севастопольской дороги, Московско-Ярославская и Шуйско-Ивановская, Муромская, Новгородская, Полѣвская, Самаро-Златоустовская, Харьково-Николаевская—Юго-Восточныя и Юго-Западные желѣзныя дороги.

Къ *третьему* разряду (протяженіе пучинъ отъ 6% до 20%) принадлежатъ дороги: Балтійская, Боровичская, Варшавско-Вѣпская ж. д.—Двинско-Витебская линія Риго-Орловской ж. д.; Либаво-Роменская, Митавскій участокъ Риго-Орловской ж. д.—Московско-Курская, Московско-Нижегородская, Московско-Брестская, Московско-Казанская, Николаевская, Новоторжская, Орловско-Грязская линія Юго-Восточныхъ желѣзныхъ дорогъ, Орловско-Витебская линія Риго-Орловской ж. д.—Привислинская, Псково-Рижская, Риго-Туккумская, Риго-Двинскій участокъ Риго-Орловской ж. д.—Рыбинско-Бологовская, Рязанско-Уральская, Сызрано-Вяземская, С.-Петербурго-Варшавская, Уральская, Царскосельская и Финляндская.

§ 6. Геологическій характеръ грунтовъ, свойственныхъ пучинамъ. Развѣдки и работы, произведенныя на различныхъ дорогахъ, коимъ присущи пучины, показали, что основнымъ грунтомъ, на которомъ появляются *коренныя пучины* слѣдуетъ считать почву изъ такихъ геологическихъ напластованій, при которыхъ водопроницаемый грунтъ залегаетъ на грунтѣ непроницающемъ воды, при томъ условіи, что водѣ изъ перваго нѣтъ подлежащаго стока. Въ этомъ случаѣ Россія, какъ страна съ характеромъ равнины, поверхность

которой, по крайней мѣрѣ на ея ббльшей части, покрыта валунными отложеніями (которыя отличаются именно вышеуказаннаго рода напластованіями)—представляетъ особо благодарную почву для развитія пучинъ, въ отличіе отъ Западной Европы, гдѣ преобладаютъ горныя породы съ совершенно инымъ характеромъ почвы.

Группами, благопріятствующими образованію пучинъ, являются прежде всего: хрящеватые водоносные пласты и особенно плывучій песокъ такъ назыв. «*пльвунъ*» или «*текунъ*», залегающіе на водонепроницаемомъ слоѣ, напримѣръ, глинѣ или скалѣ. Пльвунъ состоитъ изъ крайне мелкаго сѣроватаго песку или совсѣмъ чистаго или уже съ весьма небольшою примѣсью глины ¹⁾, въ томъ и другомъ случаѣ сильно насыщенная водою. По геологическому своему происхожденію—это какъ бы крайняя степень измельченія кварцевыхъ частицъ разрушеннхъ гранитныхъ породъ. Чѣмъ мельче этотъ песокъ, тѣмъ богаче онъ водою. Основная причина такого богатства кроется въ томъ обстоятельстве, что песчинки его имѣютъ почти совершенно правильную шарообразную форму, благодаря которой между ними остается большой запасъ свободнаго пространства, куда можетъ впитываться вода. Въ этомъ одно изъ его существенныхъ отличій отъ глины, частицы которой кристаллизуясь въ призмы *плотно* прилегаютъ одна къ другой и не позволяютъ волосности проявлять свое дѣйствіе. Пльвунъ настолько пластиченъ, что по наружному виду иногда до такой степени похожъ на сѣрую глину, что весьма часто принимается за таковую. Вотъ почему весьма важно знать тѣ отличительные признаки, по которымъ можно отличить его отъ глины.

Профессоръ Войславъ даетъ нижеслѣдующіе признаки такого отличія:

I. Смоченный комъ пльвуна *не издаетъ* никакого *запаха*, тогда какъ глина имѣетъ свой особый запахъ.

II. Пльвунъ *чертитъ* стекло—глина нѣтъ.

III Пльвунъ *хруститъ* на зубахъ—глина тянется.

IV. Разболтанный въ стаканѣ комъ пльвуна немедленно опускается на дно стакана—глина же, какъ болѣе легкая, плаваетъ сравнительно долго въ водѣ въ видѣ мути.

Другими признаками пльвуна могутъ служить еще слѣдующіе:

¹⁾ Около 4%.

V. Комокъ пльвуна, положенный на листъ пропускной бумаги *выдѣляетъ воду*, глина же нѣтъ.

VI. Пльвунъ замѣчательно *вязокъ*: если воткнуть въ него коль, ломъ или лопату и т. п., то въ скоромъ времени опущенный предметъ будетъ крайне трудно вытащить, такъ какъ онъ быстро засыхается пльвуномъ.

VII. Пльвунъ весьма значительно *расширяется* отъ *мороза*: расширяемость эта достигаетъ до 50/0 первоначальнаго объема и объясняется способностью пльвуна поглощать сравнительно весьма большое количество воды: въ среднемъ до 300/0. Кадку съ пльвуномъ насыщеннымъ водою, выставленную на морозъ, непременно разорветъ.

Слѣдующій типъ грунтовъ, на которыхъ образуются коренныя пучины—составляютъ попеременно чередующіеся слои глины разныхъ сортовъ, а иногда и торфа съ прослойками (жилами) водоноснаго песку, глина съ гнѣздами песку, плитнякъ съ прослойками водоноснаго песку и наконецъ торфянистый грунтъ на непроницаемомъ для воды пластѣ глины или скалѣ.

Расположеніе такого рода смѣшанныхъ напластованій чрезвычайно разнообразно: примѣрами могутъ служить нижеслѣдующія сочетанія.

1) Выемка 58 версты Московско-Нижегородской ж. д.: торфъ, мелкій бѣлый песокъ, сѣрый пльвунъ съ комьями желтой глины. Синяя плотная глина (черт. 1).

2) Выемка 38 версты Московско-Нижегородской ж. д.: торфъ, илистый песокъ съ ржавчиной, пльвунъ, сѣрая плотная глина (черт. 2).

3) Выемка 59 версты Московско-Нижегородской ж. д.: торфъ, илистый песокъ, тонкій слой торфа, сѣрая плотная глина (черт. 3).

4) Выемка 197 версты Московско-Курской ж. д.: сѣрая плотная глина, пльвунъ, зеленовато-синяя плотная глина (черт. 4).

5) Выемка 240 версты Московско-Курской ж. д.: желтая глина съ камнями, скала съ прослойками водоноснаго песку, плотная скала (черт. 5).

6) Сызрано-Вяземская ж. д.: черноземъ, желтая глина съ примѣсью песку, черная глина съ примѣсью песку (черт. 6).

7) Балтійская ж. д.: торфъ на скалѣ (черт. 7).

8) Сызрано-Вяземская ж. д. черноземъ, суглинокъ, глина съ водоносными прослойками и мѣшками (черт. 8), напитанными водою.

Въ сущности же всѣ вышеперечисленные сочетанія сводятся къ одной основной схемѣ: водопроницаемая или водоносная поверхность расположена на непроницаемой для воды основѣ.

§ 7. Опредѣленіе притока воды въ пливунѣ. Изъ предъидущаго видно, что главнымъ дѣятелемъ въ пучиистыхъ грунтахъ является песчанно водопроницаемый и главнымъ образомъ водоносный грунтъ. Въ каждомъ водоносномъ грунтѣ имѣется одна или нѣсколько водоносныхъ жилъ или водотоковъ, насыщающихъ его водою. Такія жилы идутъ или параллельно полотну дороги или перпендикулярно или же, наконецъ, подъ нѣкоторымъ угломъ. Направленіе и число жилъ лучше всего можно видѣть зимою, такъ какъ надъ ними именно и бываетъ больше всего вспученъ путь. Въ поперечномъ сѣченіи жила имѣетъ большею частью видъ глинистаго или скалистаго желоба—заполненнаго пливуномъ. Иногда бываетъ весьма важно знать притокъ воды по такой жилѣ. Это можно опредѣлить слѣдующимъ образомъ: прокопавъ поперекъ жилы канаву съ достаточнымъ уклономъ для непрерывнаго теченія воды, ставимъ поперекъ канавы преграду изъ доски съ прямоугольною вырѣзкою (черт. 9), такой ширины (обыкновенно $\frac{3}{4}$ всей ширины канавы) чтобы слой протекающей черезъ нее воды изъ водотока былъ бы не менѣе 0.02 саж. или около $1\frac{3}{4}$ " и, кромѣ того, за доскою образовался бы нѣкоторый небольшой подпоръ. Когда черезъ нѣкоторое время вода, дойдя до высоты полнаго сего подпора, успокоится и будетъ протекать черезъ отверстіе вырѣзки однообразнымъ слоемъ—измѣряемъ высоту h , слоя переливающегося черезъ ребро водослива. Тогда расходъ воды водотока опредѣлится по формулѣ:

$$Q = \frac{2}{3} \times 0.615 H l \sqrt{2gH} \text{ куб. дюйма въ секунду,}$$

причемъ l = ширинѣ водослива; g = 32,18 фута; H = 1,178 h .

Что же касается до горизонтальнаго передвиженія воды насыщающей пливунъ изъ водотоковъ—собственно въ *самомъ* пливунѣ, то оно крайне незначительно, такъ какъ почва, даже состоящая изъ болѣе или менѣе крупнозернистыхъ частицъ, представляетъ теченію подземной воды большія препятствія. Такъ по изслѣдованіямъ Бюрк-

ли ¹⁾, движеніе грунтовой воды въ хрящеватой почвѣ сѣверной Швейцаріи совершается со скоростью 1 километра въ 4 года. Въ плавунѣ же и въ глинистой почвѣ грунтовая вода движется еще медленнѣе,—иногда даже застаивается. Такъ по изслѣдованію г. Троицкаго ²⁾ падѣ грунтовыми водами въ Петербургѣ оказывается, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ онѣ находились въ совершенномъ покоѣ. Въ общемъ же можно сказать, что скорость движенія почвенной воды зависитъ: 1) отъ уклона того непроницаемаго пласта, по которому она течетъ и во 2-хъ) отъ проницаемости тѣхъ почвенныхъ слоевъ, которые ее вмѣщаютъ и которые представляютъ, какъ мы увидимъ ниже (§ 13), смотря по величинѣ своихъ поръ, очень большое препятствіе къ передвиженію воды.

§ 8. Верховыя пучины встрѣчаются чаще всего при томъ условіи, что на водонепроницаемомъ или плохо проницаемомъ грунтѣ, въ предѣлахъ промерзанія, балластъ образовалъ углубленія или такъ назыв. *корыта*, откуда дождевая вода, проникающая черезъ балластный слой—не имѣетъ надлежащаго выхода (черт. 10). Пучины эти свойственны насыпямъ. Происхожденіе балластныхъ корытъ можно объяснить, по мнѣнію Инженера Стецевича ³⁾, нижеслѣдующимъ образомъ: давленіе испытываемое шпалами передается черезъ балластный слой на поверхность земляного полотна и, если толщина балласта недостаточна, то давленіе это передается неравномѣрно, и земля, испытывая большее давленіе непосредственно подъ шпалами—образуетъ рядъ впадинъ, причемъ вся поверхность земляного полотна вдоль пути подъ балластнымъ слоемъ—принимаетъ волнообразный видъ. Вода, проходя сквозь балластный слой, застаивается въ этихъ углубленіяхъ и пропитываетъ земляное полотно, которое въ сыромъ видѣ еще менѣе способно выдерживать неравномѣрное давленіе балласта и продолжаетъ посему садиться. Сверхъ того подъемъ, придаваемый земляному полотну въ поперечномъ разрѣзѣ при устройствѣ насыпей, слишкомъ малъ и въ большинствѣ случаевъ, при неизбѣжной осадкѣ насыпи, не исчезаетъ, но принимаетъ обратный видъ, т. е. въ срединѣ образуется корыто. Изъ опы-

¹⁾ Эрисманъ. „Гигіена“, т. I, стр. 358.

²⁾ Троицкій. „О движеніи почвенной воды“, 1882.

³⁾ XIII Съѣздъ Инженеровъ Службы Пути, 1895.

товъ, произведенныхъ нѣмецкимъ инженеромъ Шубертомъ, оказывается, что профиль такихъ балластныхъ корытъ измѣняется въ зависимости отъ качества балласта, а именно изъ:

а) мелкаго балласта получается продольная профиль корыта указанного на чертежѣ 11 вида;

б) изъ крупнаго балласта—корыто типа черт. 12;

в) изъ каменноугольно-шлаковаго балласта—корыто вида черт. 13.

Изъ сравненія вышеозначенныхъ трехъ типовъ корытъ нетрудно выяснитъ, что: 1) наибольшую правильностью отличаются корыта крупнаго балласта и наименьшую—шлаковаго.

2) Отношеніе ширины корытъ къ ихъ глубинѣ:

$$\text{Для мелкаго балласта.} \quad \frac{\text{Ш}}{\Gamma} = 1.51$$

$$\text{» крупнаго »} \quad \frac{\text{Ш}}{\Gamma} = 1.37$$

$$\text{» каменноугольно-шлаковаго балласта.} \quad \frac{\text{Ш}}{\Gamma} = 0.88$$

Цифры эти характеризуютъ нѣкоторымъ образомъ достоинство всѣхъ трехъ сортовъ балласта и, между прочимъ, ясно указываютъ, что шлакъ самый плохой изъ нихъ.

Верховыя пучины образуются также и при условіи *недостаточной чистоты* балласта отъ примѣси глины или, наконецъ, и отъ *переработки* балласта [вслѣдствіе загрязненія и отсутствія свѣжей подсыпки]—въ землистую почву.

§ 9. Мостовыя пучины являются на болотистыхъ котловинахъ, откуда вода не имѣетъ совсѣмъ выпуска или же выходъ этотъ недостаточный.

§ 10. Глубина промерзанія грунта тѣхъ мѣстностей, гдѣ наблюдаются пучины, весьма разнообразна и зависитъ, прежде всего, отъ широты и долготы мѣста. Засимъ отъ бѣльшей или меньшей толщины снѣжнаго покрова въ данный годъ и, наконецъ, отъ качества самого грунта. Въ Россіи глубина эта, за исключеніемъ Сибири и Кавказа, колеблется въ предѣлахъ отъ 0.30 до 1 сажени, достигая въ исключительно безснѣжныя зимы при сильныхъ морозахъ: 1.20—1.50 саж. Въ нижеуказанной таблицѣ показаны такія глубины для нѣкоторыхъ изъ нашихъ желѣзныхъ дорогъ.

Районы.	Наименованіе дорогъ.	Глубина промерзанія почвы въ саженьяхъ.
Сѣверный	Валтійская и Ряго-Псковская	0.66—0.70
	Николаевская	0.90
	Рыбинско-Бологовская	0.80
	Московско - Ярославская (Вологодскій участокъ)	0.75
	Уральская	0.90
Средній	Варшавская ж. д. (около Двинска) . . .	0.90
	Московско-Брестская (Москва — Смоленскъ)	0.90
	Московско-Курская	0.80
	Московско-Нижегородская	0.75—1
	Московско-Казанская	0.70
Юго-Запад- ный и Южный	Сызрано-Вяземская	0.50—1
	Полѣвскія	0.50
	Юго-Западные	0.40
	Ивангородо-Домбровская	0.30
	Лодзинская	0.40
	Варшаво-Тереспольская	0.60
	Привислянская	0.45
	Закавказская	0.03

На большую или меньшую промерзаемость почвы имѣть, какъ мы говорили выше, вліяніе ея географическое положеніе. При прочихъ одинаковыхъ условіяхъ степень нагрѣванія почвы зависитъ отъ ея положенія относительно странъ свѣта: земля, обращенная къ югу, юго-востоку или юго-западу нагрѣвается сильнѣе и быстрѣе нежели почва, лежащая къ сѣверу, сѣверо-востоку или сѣверо-западу; по колебанія въ температурѣ почвы бываютъ значительнѣе и быстрѣе при южномъ направленіи, чѣмъ при сѣверномъ. Точно также много зависитъ промерзаемость почвы и отъ *толщины снѣжного покрова*: снѣгъ защищая землю отъ теплоиспусканія и служа въ то же время плохимъ проводникомъ тепла,—замѣтно уменьшаетъ степень промерзанія. Какъ велико значеніе снѣжного покрова можно видѣть изъ разсмотрѣнія слѣдующихъ данныхъ, указываемыхъ профессоромъ Воейковымъ ¹⁾: по наблюденіямъ Богодуховской метеорологической

¹⁾ Метеорологія. 1891. Спб.

станціи (въ Орловской губерніи) оказывается, что при температурѣ:

На поверхности снѣга:	Температура на глубинѣ 10 центим.	
	<i>Подъ снѣгомъ.</i>	<i>Безъ снѣга.</i>
— 0,9° Ц.	— 0,6	— 1,3
— 11,7° »	— 1,1	— 3,2
— 22,8° »	— 3,4	— 13,6
— 8,8° »	— 3	— 10,5
— 0,5° »	— 1,8	— 2,3
— 11,0° »	— 1,9	— 5,3
— 24,5° »	— 4,5	— 14,7
— 25,3° »	— 6,9	— 18,6

Сопоставляя эти данныя, не трудно видѣть, что при пониженіи за три первыхъ днѣй—температуры на поверхности снѣга на 21,9°—температура почвы *подъ снѣгомъ* на глубинѣ 10 центим. понизилась всего на 2,8°, а на такой же глубинѣ *безъ снѣга* на 12,3°, т. е. болѣе чѣмъ *въ пять разъ*.

Намъ памятенъ также случай изъ нашей личной практики: на станціи Раменское Московско-Рязанской ж. д. при устройствѣ въ 1886 г. новой водопроводной сѣти—трубы были нами заложены на глубинѣ 1—1,20 отъ поверхности земли, несмотря на увѣренія мѣстныхъ старожиловъ, что промерзаемости болѣе 0,80 сажени никогда не наблюдалось. Между тѣмъ въ безснѣжную зиму 1887 года, гдѣ поверхность земли долгое время при сильныхъ морозахъ оставалась безъ снѣга—грунтъ промерзъ настолько, что порвало не только вышеозначенныя трубы станціоннаго водоснабженія, но лопнули даже водопроводныя трубы противопожарнаго водопровода на сосѣдней фабриктъ братьевъ Малиютиныхъ, заложеныя мѣстами на глубинѣ до 1,50 саж., причемъ лопаніе сопровождалось звукомъ похожимъ на весьма сильный выстрѣлъ.

Промерзаемость почвы находится также въ нѣкоторой зависимости отъ механическаго строенія послѣдней: такъ крупнозернистый песокъ, гравій и щебень, въ которыхъ поры между отдѣльными частицами значительной величины и наполнены посему бѣльшимъ количествомъ воздуха, обладающаго малою теплопроводностью—сами являются болѣе худыми проводниками теплоты, нежели мелкій песокъ и глина, въ которыхъ промежутки между частицами значительно меньше.

§ 11. Зависимость между величиной пучинъ и горизонтомъ грунтовыхъ водъ. Изъ наблюдений, произведенныхъ надъ уровнемъ грунтовыхъ водъ въ подземныхъ водотокахъ оказывается, что таковой втеченіи года претерпѣваетъ значительныя колебанія. Амплитуда этихъ колебаній въ различныхъ мѣстахъ бываетъ весьма различна, иногда даже въ одной и той же мѣстности, въ мѣстахъ сравнительно очень близкихъ другъ отъ друга замѣчается весьма значительная разница въ уровнѣ подпочвенной воды. Профессоръ Эрисманъ ¹⁾ приводитъ нижеслѣдующій примѣръ: въ Мюнхенѣ и его окрестностяхъ годовая амплитуда колебаній почвенныхъ водъ мѣстами не превышаетъ 1,5—2 метровъ, мѣстами же доходитъ до 15—16 метровъ! Въ Берлинѣ наибольшая разница между высшимъ и низшимъ среднимъ стояніемъ (втеченіи мѣсяца) почвенной воды, въ одной и той же буровой скважинѣ не превышаетъ 1,26 метра, а та же разница въ среднемъ выводѣ изъ наблюдений надъ 314 буровыми скважинами достигаетъ лишь 0,5—0,7 метра. Въ Кропштадтѣ, по изслѣдованіямъ Архангельскаго, годовыя колебанія почвенной воды не превышаютъ 0,5—0,7 и рѣдко доходятъ до 1 метра. При этомъ оказывается, что почвенная вода стоитъ всего неизмѣннѣе тамъ, гдѣ *уровень ея находится ближе къ поверхности* и что, напротивъ, она подвергается наибольшимъ колебаніямъ тамъ, гдѣ уровень ея наиболѣе отдаленъ отъ поверхности. По наблюденіямъ, произведеннымъ надъ мѣсячными колебаніями уровня грунтовыхъ водъ профессоромъ Войславомъ — оказалось, что наиболѣе низкое положеніе таковыхъ падаетъ на октябрь; начиная съ этого мѣсяца горизонтъ грунтовыхъ водъ постепенно повышается и достигаетъ наибольшей величины *въ апрѣль*. Засимъ втеченіи слѣдующихъ мѣсяцевъ онъ снова медленно понижается. Имѣя же въ виду (§ 3), что и ростъ пучинъ совпадаетъ съ промежуткомъ между октябремъ и мартомъ—петрудно усмотрѣть несомнѣнную зависимость ихъ и отъ высоты грунтовыхъ водъ.

§ 12. Опредѣленіе уровня грунтовыхъ водъ производится путемъ устройства буровыхъ скважинъ или же наблюденіемъ такового въ близъ лежащихъ колодцахъ. По послѣдній способъ довольно не точенъ, такъ какъ уровень воды въ колодцахъ подвергается различ-

¹⁾ Гигіена. Т. I, 357.

нымъ имѣніямъ въ зависимости отъ: а) вычерпыванія воды и б) вліянія сосѣднихъ рѣкъ во время половодья и т. п. Буреніе слѣдуетъ производить ручнымъ буромъ съ осадною трубою длиною 1,5—2 сажень, діаметромъ до 1—1½". Трубу слѣдуетъ обязательно довести до дна водоноснаго слоя или, по крайней мѣрѣ, до мѣста наиболѣе низкаго стоянія почвенной воды, затѣмъ прикрыть сверху пробкою. Для измѣренія разстоянія грунтовыхъ водъ отъ поверхности земли удобнѣе всего пользоваться приборомъ Петтенкофера, состоящимъ изъ измѣрительной ленты, раздѣленной на сантиметры и наворачивающейся на деревянную катушку (черт. 14). Для того, чтобы лента висѣла отвѣсно и чтобы можно было въ точности опредѣлить ту точку, въ которой она прикасается къ поверхности воды и съ которой слѣдуетъ, такимъ образомъ, начать измѣреніе—къ нижнему концу ея прикрѣпляется латунная палочка *a* въ 30 см. длины, вдоль которой черезъ каждый 1 см. прикрѣплены 30 маленькихъ латунныхъ же чашечекъ, причемъ послѣдняя чашечка совпадаетъ съ *o* ленты. Опуская послѣднюю въ осадную трубу или колодезь, чувствуемъ когда чашечки доходятъ до воды и, опустивъ еще нѣсколько ниже, производимъ отсчетъ на томъ мѣстѣ рулетки, которое соотвѣтствуетъ поверхности земли. Затѣмъ осторожно наворачиваемъ ленту на катушку до тѣхъ поръ, пока не поднимется чашечный приборъ; по числу чашечекъ наполненныхъ водою, не трудно опредѣлить, какая часть нижняго конца рулетки была погружена въ воду. Вычтя изъ общаго отсчета число сантиметровъ, соотвѣтствующее числу наполненныхъ водою чашечекъ—получаемъ точную глубину уровня грунтовыхъ водъ по отношенію къ поверхности земли.

§ 13. Гигроскопичность, проникаемость, волосность и водоемкость почвы и связь таковыхъ съ пучинами. Въ дѣлѣ изслѣдованія пучинъ не маловажную роль играетъ отношеніе почвы, гдѣ проявляются таковыя, къ водѣ. Степень влажности поверхностныхъ слоевъ зависитъ, конечно, прежде всего отъ количества выпадающихъ на нее атмосферныхъ осадковъ: именно отъ той части таковыхъ, которая, не стекая и не испаряясь съ поверхности—проникаетъ въ почву и задерживается волосными порами, *не достигнувъ почвенной воды*. Поры такой почвы могутъ быть наполнены водою

лишь отчасти, такъ что почва остается еще болѣе или менѣе проходимою для воздуха. Это обыкновенно самые поверхностные слои, которые можно назвать: а) *слоями испаренія*. Это слои, въ которыхъ, въ зависимости отъ условій климата и погоды совершаются наибольшія колебанія влажности и наиболѣе подверженныя термическимъ вліяніямъ температуры. Но кромѣ того почва можетъ получать воду и снизу, какъ при колебаніяхъ уровня почвенной воды, такъ и при помощи поднимающихся изъ послѣдней водяныхъ паровъ. Слѣдующимъ слоемъ будетъ: б) слой *капиллярнаго* стоянія почвенной воды, степень влажности котораго обуславливается тѣмъ количествомъ почвенной воды, которое поднимается здѣсь въ силу волосности. Этотъ послѣдній лежитъ въ свою очередь непосредственно надъ в) *водоноснымъ* почвеннымъ *слоемъ* (§ 6).

Изъ вышесказаннаго нетрудно видѣть, что главными дѣятелями въ отношеніи почвы къ водѣ будутъ механическое строеніе почвы и ея геогностическій характеръ, такъ какъ этими двумя обстоятельствами опредѣляются:

1) *Гигроскопичность* почвы, т. е. способность сгущать въ себѣ водяные пары изъ соприкасающаго съ нею воздуха.

2) *Проницаемость* ея для воды.

3) *Волосность*, т. е. способность всасывать капиллярными порами почвенную воду.

4) *Водоемкость*, т. е. свойство задерживать воду въ себѣ.

Гигроскопичность почвы. Сгущеніе водяныхъ паровъ почвою происходитъ чаще всего тогда, когда теплый и влажный воздухъ проникаетъ въ *холодную* почву; въ этомъ случаѣ, вслѣдствіе разности температуръ, часть водянаго пара воздуха переходитъ въ капельно-жидкое состояніе, и этотъ переходъ будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше разница между температурою почвы и воздуха и чѣмъ больше послѣдній насыщенъ водяными парами. При прочихъ одинаковыхъ условіяхъ напряженность сгущенія зависитъ, какъ и всякое явленіе сдѣлленія или прилипанія, отъ величины поверхности соприкосновенія; поэтому въ мелкозернистой: *мелкой песчаной*, глинистой и перегнойной почвахъ — она будетъ несравненно *значительнѣе*, нежели въ крупнозернистой почвѣ хряща или крупнаго песку.

Для опредѣленія гигроскопичности той или другой почвы обра-

зещь ея просушиваютъ въ воздушной банѣ при 100° Ц. Затѣмъ равномерно разсыпають ее въ плоскій цинковый ящикъ и наблюдаютъ колебанія въ вѣсѣ ея, въ зависимости отъ измѣненія температуры и влажности воздуха.

Второе свойство почвы, какъ мы видѣли выше,—это ея *проницаемость*. Отъ проницаемости зависитъ *скорость просачиванія* воды сверху (дождевой и снѣговой), а равно и скорость *стока* этой воды въ горизонтальномъ направленіи: если на образецъ почвы, заключенный въ стеклянной трубчкѣ, имѣющей внизу свободный стокъ—наливать постепенно воду—то сначала вода удерживается почвою сполна; но какъ только всѣ доступныя для воды поры будутъ наполнены водою (т. е. почва *насыщена*),—то излишнее количество, которое уже не можетъ быть удерживаемо такою почвою будетъ просачиваться черезъ послѣднюю и начнетъ вытекать изъ нижняго отверстія трубочки; при этомъ оказывается, что *крупнозернистая почва не оказываетъ почти никакого сопротивленія просачиванію*, въ *мелкозернистой же* почвѣ вода просачивается значительно *труднѣе*.

Какъ велика разпица въ этомъ отношеніи между крупнозернистымъ и мелкозернистымъ грунтомъ видно изъ произведенныхъ съ этою цѣлью опытовъ Сеельгейма ¹⁾: оказывается, что при просачиваніи воды черезъ послѣдовательно чередующіеся слои мелкаго съ крупнымъ пескомъ, сей послѣдній не оказываетъ рѣшительно никакого вліянія на степень проницаемости такой почвы, какъ будто бы его совершенно и не было. — Отсюда слѣдуетъ, что при *различныхъ песчаныхъ слояхъ, лежащихъ другъ на другъ въ любой послѣдовательности, количество воды, просачивающейся черезъ нихъ* въ опредѣленную единицу времени *зависитъ единственно отъ толщины наиболѣе мелкозернистаго слоя*. Изъ своихъ наблюденій надъ песчаной, мѣловою и глинистою почвами Сеельгеймъ вывелъ нижеслѣдующіе два закона проницаемости почвы для воды.

I) *Количество просачивающейся въ опредѣленную единицу времени воды обратно пропорціонально высотъ слоя почвы.*

II) *Количество протекающей въ опредѣленную единицу времени воды прямо пропорціонально давленію.*

¹⁾ Эрисманъ „Гигіена“. Т. I, стр. 348.

Впрочемъ законы эти имѣютъ мѣсто только при однородномъ строеніи той или другой почвы, что въ природѣ конечно встрѣчается сравнительно рѣдко. Этими обстоятельствами изслѣдованіе проницаемости грунта для воды чрезвычайно усложняется и затрудняется,—тѣмъ болѣе, что легко-отмучивающіяся частицы почвы столь же легко приводятся въ движеніе проходящею черезъ послѣднюю водою, вслѣдствіе чего постоянно измѣняется взаимное расположеніе частицъ.

Вода по свойству *волосности* имѣетъ стремленіе подниматься въ тонкихъ трубкахъ на извѣстную высоту, подчиняясь особымъ законамъ. Свойствомъ такихъ же волосяныхъ трубочекъ обладаютъ тѣ скважины (поры), которыя находятся между частицами почвы, причемъ поры эти могутъ быть двоякаго рода:—весьма узкія, т. е. въ полномъ смыслѣ волосяныя, свойственныя мелкозернистымъ грунтамъ и поры нѣсколько большихъ размѣровъ въ крупнозернистыхъ почвахъ. Грунтовая вода, присасываемая тѣми и другими поднимаетъ общій уровень почвенныхъ водъ въ зависимости отъ меньшей или большей волосности грунта до такой высоты, гдѣ вода эта подвергается дѣйствію промерзанія и такимъ образомъ вызываетъ вспучиваніе лежащихъ поверхъ нея пластовъ.

Высота подъема воды въ почвѣ по закону волосности *обратно пропорціональна діаметру поръ*; отсюда слѣдуетъ, что, а) *въ мелкозернистой почвѣ вода должна подниматься выше*, чѣмъ въ крупнозернистой, б) *въ плотноутрамбованной почвѣ* (т. е. съ уменьшеннымъ діаметромъ поръ) — должно замѣчаться то же явленіе. Справедливость перваго положенія подтверждается и профессоромъ Эрисманомъ ¹⁾, удостовѣряющимъ, что въ крупнозернистой почвѣ вода поднимается на сравнительно весьма незначительную высоту — въ отличіе отъ мелкозернистой, гдѣ, по изслѣдованіямъ Гофмана ²⁾, высота подъема можетъ достигнуть 1—2 метровъ.

Справедливость втораго положенія находитъ себѣ подтвержденіе въ опытахъ нѣмецкаго ученаго Габерланда ³⁾, нашедшаго, что въ одинаковаго рода грунтѣ, но разнородномъ по плотности (просѣян-

¹⁾ Эрисманъ. Гигіена. Т. I, стр. 343.

²⁾ Archiv für Hygiene. 1883. Т. I, стр. 301.

³⁾ Энциклоп. Слов. Брокгауза. 12 полутомъ, стр. 744.

номъ сквозь сита разныхъ нумеровъ) высота поднятія далеко не одинакова, какъ можно видѣть изъ нижеприлагаемой таблички.

Время подъема.	Ч а с ы.				Д н и.				
Состояніе почвы.	$\frac{1}{4}$	1	4	8	1	6	12	24	84
		Вы	со	та	подъ	ема	въ	мм.	
Земля рыхлая	44	66	90	125	141	172	188	217	272
Земля средней плотности.	68	86	111	144	159	190	207	240	318
Земля плотная. . . .	88	158	266	403	456	550	598	639	792

По изслѣдованіямъ другихъ ученыхъ оказывается еще, что:

а) Чѣмъ *суше почва*, тѣмъ *медленнѣе* она присасываетъ воду. Это происходитъ оттого, что такія сухія почвы труднѣ смачиваются, нежели тѣ, поверхность которыхъ уже покрыта тонкой водяной оболочкой.

б) Если почва состоитъ изъ перемежающихся между собою слоевъ, различныхъ: по составу, величинѣ частицъ и степени плотности, то *движеніе воды* изъ одного слоя въ другой *тѣмъ затруднительнѣе*, чѣмъ болѣе *неравномерны свойства почвъ*: мелкозернистый грунтъ, расположенный на слоѣ крупнозернистомъ, отнимаетъ у послѣдняго влагу, тогда какъ, при обратномъ расположеніи, это происходитъ гораздо медленнѣе: такъ, напримѣръ, если *подъ сулиномъ лежитъ хряцъ*, то вода *быстро переходитъ* изъ *послѣдняго въ первый*, между тѣмъ какъ при обратномъ расположеніи подъемъ воды незначителенъ.

в) Такъ какъ въ природѣ промежутки между частицами одной и той же почвы не имѣютъ строго одинаковаго діаметра, то *уровень грунтовой воды*, присосанной порами одной и той же почвы *представляетъ* не прямую, а *нѣкоторую кривую*.

г) Болѣе крупныя поры (капиллярныя пустоты) легко и скоро теряютъ присосанную ими воду. Откуда, между прочимъ слѣдуетъ, что, если *предоставить капиллярной водѣ свободный стокъ* изъ почвы, то послѣдняя удержитъ въ себѣ преимущественно только воду, на-

ходящуюся въ самыхъ мелкихъ порахъ, тогда какъ изъ *болье крупныхъ* почти *вся вода утечетъ*.

Обращаясь къ тѣмъ способамъ, которыми можно опредѣлить высоту подъема въ различнаго рода грунтахъ — укажемъ на ниже слѣдующіе:

1) Приблизительный способъ: насыпаемъ въ тазъ кучку испытуемаго грунта, наливаемъ осторожно воды и вымѣряемъ ту высоту, на которую поднимается вода вслѣдствіе волосности, что можно будетъ легко видѣть по тому, что смоченная часть кучи будетъ значительно темнѣе не смоченной (черт. 15).

2) Точный способъ: беремъ стеклянную трубку (черт. 16) отъ 80 см. до 1 м. высоты, діаметромъ 2—3 см., раздѣленную по всей высотѣ на сантиметры. Нижнее отверстіе завязываемъ тонкою плотняною тряпчочкою, прикрѣпляя таковую помощью резинового кольца. Затѣмъ наполняемъ трубку испытуемою, предварительно просушенною и измельченною почвою, слегка постукивая дномъ трубки о столъ и опускаемъ нижній конецъ трубки на 1—2 см. въ воду. Чрезъ извѣстный промежутокъ времени производимъ отсчетъ высоты поднятія, — причемъ промежутки могутъ быть *часами* или же *днями*.

Кромѣ перечисленныхъ выше свойствъ почва имѣетъ еще одно свойство: это *водоємкость*, т. е. способность удерживать въ себѣ извѣстное количество влаги, какъ при орошеніи ея избыткомъ воды сверху (дождь, снѣговая вода), такъ и при пропитываніи ея водою снизу отъ волосности, [при условіи, однакоже свободнаго стока]. *Водоємкость зависитъ отъ количества содержанія въ почвѣ волосныхъ скважинъ и капиллярныхъ пустотъ*. Изъ опытовъ произведенныхъ нѣмецкимъ ученымъ Ренкомъ ¹⁾ оказывается, что 1) чѣмъ *крутнѣе* зерно почвы, тѣмъ *меньше* водоємкость почвы и чѣмъ мелкозернистѣе грунтъ, тѣмъ больше количество задерживаемой въ таковомъ воды. Отсюда между прочимъ видна причина насыщенія водою *плывуна*. 2) Одна и та же почва отъ *увлажненія снизу удерживаетъ* въ себѣ гораздо *больше* воды, чѣмъ *при орошеніи сверху*.

Отсюда слѣдуетъ, что *дождь никогда не промачиваетъ почву такъ основательно, какъ она увлажняется при поднятіи почвен ной воды*.

¹⁾ Эрисманъ. Гигіена. Т. I, стр. 345.

Въ своихъ опытахъ Ренкъ, изслѣдуя водоемкость различныхъ сортовъ почвъ, получилъ слѣдующіе результаты.

А) Водоемкость въ разныхъ мѣстахъ по высотѣ испытываемаго пласта.

		Качество грунта:	
		<i>хрящъ.</i>	<i>средній песокъ.</i>
Въ верхней части .	.	3,6 ⁰ /о воды	6 ⁰ /о воды
» средней »		4,5 ⁰ /о »	9,2 ⁰ /о »
» нижней »		7,8 ⁰ /о »	<u>20,2⁰/о »</u>

Б) Водоемкость въ зависимости отъ величины зеренъ почвы.

Средній хрящъ при поливкѣ сверху	6,6 ⁰ /о—при увлажн. снизу	12,6 ⁰ /о
Мелкій » » » »	7,8 ⁰ /о— » » »	16,9 ⁰ /о
Крупн. песокъ » » » »	23,6 ⁰ /о— » » »	30,2 ⁰ /о
Средній » » » »	47 ⁰ /о— » » »	68,1 ⁰ /о
Мелкій » » » »	65,1 ⁰ /о— » » »	<u>77,4⁰/о</u>

По изслѣдованіямъ профессора Эрисмана ¹⁾ разница въ водоемкости различныхъ почвъ въ зависимости отъ величины зерна такихъ подтверждается нижеслѣдующимъ весьма характернымъ опытомъ. Если взять двѣ бюретки и наполнить: 1-ю *глиной*, а 2-ю *пескомъ* и укрѣпить, какъ показано на чертежахъ 17 и 18, соединивъ предварительно нижній, вытянутый конецъ каждой бюретки помощью каучуковой трубки съ нижнимъ же концомъ другой бюретки, укрѣпленной на томъ же штативѣ и наполненной водою, то: 1) при постановкѣ бюретки съ водою *выше* бюретокъ съ пескомъ и глиною (причемъ каждая изъ бюретокъ съ почвою разъединяется отъ соотвѣтствующей бюретки съ водою предварительно зажимомъ *a* — вслѣдъ за открытіемъ зажима — вода находясь подъ извѣстнымъ давленіемъ поднимется въ соотвѣтственныхъ бюреткахъ съ почвами, но съ различною скоростью: *скорѣе въ песокъ и весьма медленно въ глину*; 2) Если затѣмъ, когда въ бюреткахъ съ почвою вода дойдетъ до извѣстной высоты — опустить бюретку съ водою, такъ, чтобы вода изъ почвы могла стекать обратно въ нее (черт. 18), то скорость, съ которою она будетъ стекать, окажется

¹⁾ Гигіена. Т. I. стр. 346.

весьма различною: такъ *глина удерживаетъ почти всё количество поглощенной* ею воды и съ нея почти ничего не стекаетъ, тогда какъ песокъ, въ особенности крупный, очень скоро теряетъ всю воду, за исключеніемъ той, которая удерживается въ силу его нормальной водоемкости.

Нетрудно видѣть, что при изысканіяхъ и работахъ съ пучинами приходится считаться со всѣми вышеупомянутыми свойствами грунтовъ: такъ, напримѣръ, почвенная вода присасываемая волосными порами, можетъ *поднять*, какъ мы уже говорили ранѣе (стр. 18), общій уровень почвенныхъ водъ, въ зависимости отъ меньшей или большей капиллярности почвы даннаго мѣста,—до такой высоты, гдѣ она соприкоснется или даже зайдетъ за предѣлы линіи промерзаемости и, такимъ образомъ, вызоветъ вспучиваніе выше лежащаго слоя почвы. Откуда слѣдуетъ, что *зная высоту капиллярности*—мы можемъ надлежащимъ отводомъ грунтовыхъ водъ—понизить эту высоту до такихъ предѣловъ, гдѣ промерзаемость почвы уже не будетъ имѣть на нее вліянія. Наоборотъ: покрытие почвы слоемъ вещества *проницаемаго* для воды и *неширокопачнаго* можетъ повысить линію промерзанія грунта настолько, что она не будетъ уже доходить до уровня грунтовыхъ водъ и, такимъ образомъ, вліяніе волосности на вспучиваніе будетъ или совсѣмъ устранено или же, по крайней мѣрѣ, значительно уменьшено.

§ 14. Примѣненіе данныхъ о промерзаемости почвы, ея волосности и уровнѣ грунтовыхъ водъ при предварительныхъ изысканіяхъ къ устраненію пучинъ. Изъ предъидущаго § видно, что для различныхъ работъ, имѣющихъ цѣлью уменьшеніе или уничтоженіе пучинъ, весьма важно знать ту глубину, за предѣлами которой будетъ устранено дѣйствіе промерзанія грунта на грунтовые воды и волосность почвы.

Пусть будетъ (черт. 19) H —горизонтъ грунтовыхъ водъ опредѣленный для даннаго мѣста (§ 12), H_n — глубина промерзанія въ данной мѣстности (§ 10) H_e — высота, на которой вода поднимается отъ волосности въ грунтъ той же мѣстности (§ 13). Называя черезъ x — разстояніе кривой промерзанія грунта до кривой волосности (т. е. уровня подъема воды отъ волосности), находимъ:

$$H = H_n + H_e - x$$

откуда

$$x = H_n + H_e - H \dots \dots \dots (I)$$

Изъ чертежа 19 и изъ формулы (I) нетрудно видѣть, что:

а) Увеличеніемъ H , т. е., другими словами, пониженіемъ уровня грунтовыхъ водъ мы во 1-хъ отдаляемъ его отъ кривой промерзанія и во 2-хъ уменьшаемъ x . Такъ при $H > H_n + H_e$, x уже отрицательно и, слѣдовательно, волосность не можетъ имѣть никакого вліянія.

б) При $H_n < H_e$ — достигается такое же устраненіе вліянія волосности.

Отсюда вытекаютъ два способа уменьшенія пучинъ:

а) *Пониженіе* уровня грунтовыхъ водъ отводомъ таковыхъ.

б) *Повышеніе* линіи промерзанія грунта за предѣлы грунтовыхъ водъ путемъ покрытія полотна добавочнымъ слоемъ плохопроводящаго теплоту вещества.

Зная для даннаго района H_n (§ 10), опредѣливъ (§ 12) H и (§ 13) H_e можетъ сказать, что:

1) Въ 1-мъ случаѣ рациональный отводъ воды будетъ достигнутъ при заложеніи водоотвода (черт. 19) на глубинѣ (отъ поверхности полотна):

$$y = H + x + h + a = H_n + H_e + h + a \dots \dots (II)$$

гдѣ a —нѣкоторый запасъ, зависящій отъ колебанія уровня грунтовыхъ водъ въ данномъ мѣстѣ (§ 11), а h —разстояніе поверхности воды въ проектируемомъ водоотводѣ до его дна. Дѣйствительно при пониженіи грунтовыхъ водъ на x , получается касаніе кривой волосности съ кривою промерзанія и для разьединенія этихъ кривыхъ требуется еще нѣкоторый запасъ, достаточный для того, чтобы случайныя колебанія горизонта водъ не повысили кривую волосности до соприкосновенія или даже за предѣлы кривой — промерзанія. Величина h —опредѣляется непосредственнымъ измѣреніемъ (§ 7).

2) Во 2-мъ случаѣ *толщина насытнаго* слоя опредѣляется изъ условія, чтобы (черт. 19)

$$y_1 = H + x + \delta = H_n + H_e + \delta \dots \dots (III)$$

гдѣ δ небольшой запасъ, дѣлаемый въ видахъ возможности случайнаго увеличенія промерзанія грунта отъ исключительно сильныхъ

морозовъ при малоснѣжной зимѣ. Если (черт. 19) отложимъ отъ искусственно повышеннаго полотна *внизъ* глубину H_n —то увидимъ, что при указанныхъ обстоятельствахъ она будетъ внѣ района дѣйствія волосности. Запасъ δ въ средней полосѣ Россіи достаточно брать въ 0,05—0,10 сажени.

§ 15. Объясненіе образованія пучинъ. Принимая во вниманіе высказанныя въ предъидущихъ §§ соображенія можно дать ниже-слующее объясненіе образованія пучинъ: съ наступленіемъ морозовъ грунтъ полотна надъ водоноснымъ слоемъ, и находящаяся въ верхнихъ слояхъ этого грунта вода начинаютъ замерзать, причемъ замерзаніе этой воды происходитъ, какъ показалъ опытъ тонкими до 2 мм. ледяными прослойками, раздѣляющими грунтъ выше водотока на отдѣльные мерзлые же тонкіе пласты. Замерзаніе начинается съ поверхности и идетъ вышеуказаннымъ путемъ до тѣхъ поръ пока не промерзнетъ такая часть грунта, которая соотвѣтствуетъ нѣкоторой данной температурѣ (силѣ мороза (—) t°). При дальнѣйшемъ пониженіи температуры до (—) t_1° вышеуказанныя ледяныя прослойки, *расширяясь*, приподнимутъ на нѣкоторую малую величину всѣ лежащіе поверхъ ихъ тонкіе слои грунта кончая самымъ верхнимъ, т. е. произойдетъ первое *поднятіе пучины*.

Ниже лежащая и еще незамерзшая часть полотна съ водотокомъ подъ нею будутъ заключены такимъ образомъ, какъ бы, въ ящикъ изъ замерзшей коры. При первомъ уменьшеніи мороза съ (—) t_1° до (—) t_2° —приподнятые замерзшіе пласты грунта, находящіеся между ледяными прослойками остаются въ прежнемъ положеніи, но сами ледяныя прослойки нѣсколько уменьшаются въ объемѣ, причемъ между ними и вышеозначенными тонкими пластами грунта образуются пустоты, а въ нихъ самихъ трещинки. Пустоты эти при существованіи притока воды изъ водоноснаго слоя и отъ дѣйствія волосности заполняются черезъ трещинки водою. Послѣдняя соприкасаясь съ замерзшимъ грунтомъ и ледяными прослойками *намерзаетъ* на нихъ. При послѣдующемъ пониженіи температуры увеличенный такимъ путемъ ледъ прослойковъ, расширяясь, заставляетъ пласты между прослойками еще подниматься, увеличивая тѣмъ самымъ и ростъ пучины.

Такимъ образомъ *образование коренныхъ пучинъ въ зимнее время* находится въ зависимости отъ двухъ дѣтелей: а) *пониженія температуры и сопряженнаго съ таковымъ увеличенія льда въ объемъ*; б) *притока воды изъ пльвунувъ или вообще водоносныхъ пластовъ во время послѣдующаго* повышения температуры *съ намерзаніемъ* полученнаго притока на прежній ледь.

Весною причиною роста пучинъ является еще третій дѣтель: *снѣговая вода*, образующаяся отъ дневнаго таянія снѣга подѣ дѣйствіемъ солнечныхъ лучей. Вода эта просачивается черезъ трещинки въ балластѣ до промерзшаго грунта, гдѣ задерживается и, замерзая въ свою очередь во время ночныхъ морозовъ, — способствуетъ, въ значительной мѣрѣ, росту пучинъ. Такое же явленіе произойдетъ, если послѣ одного или нѣсколькихъ дней оттепели снова наступаютъ морозы.

Причину же собственно *горба* (черт. 20) пучинъ, т. е. большей выпуклости пучины въ одномъ мѣстѣ сравнительно съ прочею частью своего протяженія слѣдуетъ искать въ томъ обстоятельствѣ, что расположеніе горба, приходится, по изслѣдованіямъ профессора Войслава ¹⁾ какъ разъ надъ *осью водотока* въ пльвунѣ—что объясняется въ свою очередь тѣмъ, что температура водотока выше 0° и вслѣдствіе сего ледяная кора *непосредственно надъ нимъ тоньше*, а слѣдовательно менѣе сопротивляется изгибу отъ давленія на нее пльвуна.

Верховыя пучины образуются путемъ схожимъ съ вышеописаннымъ, съ тою только разницею, что, благодаря отсутствію постоянного притока грунтовой воды—величина ихъ, какъ было указано выше (§ 4) вообще говоря невелика. Тѣ изъ верховыхъ пучинъ, кои образуются въ *самомъ* балластѣ, благодаря недостаточной чистотѣ такового — можно объяснить тѣмъ обстоятельствомъ, что задерживающаяся отъ осеннихъ дождей на грязевыхъ и глинистыхъ комьяхъ, примѣшанныхъ къ балласту вода, замерзая при заморозкахъ, при расширеніи ледяныхъ частицъ, коробитъ тѣмъ самымъ поверхность балластнаго слоя. Весною же черезъ трещинки въ балластѣ, образовавшіяся отъ вышеуказаннаго расширенія ледяныхъ кристалловъ, пластинокъ и т. п. частицъ—просачивается съ поверх-

¹⁾ Докладъ въ Собраніи Горныхъ Инженеровъ 21 декабря 1890 года.

ности тающая днемъ снѣговая вода и производитъ то же дѣйствіе, что и въ случаѣ коренныхъ пучинъ.

§ 16. Признаки пучинъ. Опредѣлить заблаговременно мѣсто выемки, гдѣ будутъ зимою пучины можно уже лѣтомъ: лучше всего въ концѣ іюня или въ началѣ іюля, когда кюветы выемки совершенно уже просохли послѣ стока весеннихъ водъ: тѣ мѣста, гдѣ, 1) *стѣнки* и *дно* кювета *сыроваты* при отсутствіи дождей и при самомъ правильномъ содержаніи продольной профили кювета, и 2) гдѣ въ запущенныхъ кюветахъ, при тѣхъ же условіяхъ погоды — *застаивается* вода — будутъ зимою непремѣнно изобиловать пучинами.

Зимою пучины *днемъ* лучше всего замѣчаются въ яркій солнечный день, при которомъ линія наката рельсъ въ пучинистомъ мѣстѣ является, для наблюдателя стоящаго между рельсовой колеей, волнообразною. Такое же опредѣленіе мѣстоположенія пучинъ можно сдѣлать и ночью при лунномъ свѣтѣ или свѣтѣ фонаря. Нахожденіе положенія *горба* пучины, т. е. высшей ея точки производится тѣмъ же путемъ, какъ опредѣленіе «толчка» или «просадки», т. е. наблюдатель ложится на путь и проглядывая вдоль рельсовой колеи можетъ въ точности опредѣлить въ какомъ звенѣ отъ него находится этотъ горбъ (черт. 20). Отъ сего послѣдняго пучина иногда весьма круто, иногда ступенькообразно, чаще же постепенно, понижается въ обѣ стороны до нормальнаго уровня полотна. Въ слѣдующей смежной пучинѣ повторяется то же самое явленіе, такъ что все полотно въ пучинистомъ мѣстѣ представляетъ собою рядъ поднятій, чередующихся съ нормальнымъ уровнемъ полотна (*кажущимся* посему *остывшимъ* между пучинами). Это кажущееся осѣданіе иногда совершенно неправильно называется даже опытными дорожными мастерами пучиною, тогда какъ нетрудно видѣть изъ вышеизложеннаго, что таковою служить въ дѣйствительности *горбъ*.

§ 17. Производство наблюденій надъ пучинами. Для точнаго опредѣленія мѣстъ пучинъ можно воспользоваться слѣдующимъ приемомъ: сдѣлавъ *до наступленія* морозовъ въ откосѣ пучинистой выемки, подлежащей наблюденію, въ началѣ и концѣ небольшія площадки *АВ* (черт. 21) и выкопавъ въ таковыхъ ямы ниже наи-

большей глубины промерзанія—сотыхъ на 25—вставляемъ въ такую сколоченные изъ досокъ ящики $аба_1b_1$, достаточно широкіе, чтобы забитый въ грунтъ ниже линіи промерзанія столбъ или лучше *рельсъ Р* не задѣвалъ бы за стѣнки ящика, еслибы послѣдній сталъ подниматься вспучивающимся грунтомъ. Верхній торецъ рельса, долженъ быть на одномъ уровнѣ съ первоначальнымъ положеніемъ верха головки рельса пути — до наступленія пучинъ. Установивъ такіе репера слѣдуетъ до наступленія *морозовъ* произвести между ними тщательную нивелировку пути по верхней постели шпаль, съ точностью отмѣтокъ до 0,005 сажени, нанося на чертежъ полученныя отмѣтки и соединяя ихъ затѣмъ линіею. Зимой, когда пучины достигнуть своего наивысшаго роста, слѣдуетъ произвести вторичную нивелировку и нанести ее на тотъ же чертежъ: получится новая кривая, дающая точное понятіе о положеніи уровня шпаль послѣ вспучиванія. Разность отмѣтокъ между первою и второю линіями дасть дѣйствительную высоту пучинъ. Если въ выемкѣ есть особо выдающіеся *горбы*, постепенный ростъ которыхъ желательно выяснитъ въ зависимости отъ того или другого измѣненія температуры, то измѣненіе каждаго такого горба можно наблюдать визируя ежедневно съ одного изъ вышеупомянутыхъ реперовъ (или, если таковые слишкомъ далеки отъ мѣстъ наблюденія, — то установивъ еще добавочный реперъ)—на верхъ постели шпаль въ мѣстѣ горба. На чертежѣ 22 указана нивелировка пучинъ выемки 58 версты Московско-Нижегородской желѣзной дороги; произведенная въ январѣ 1897 г., причемъ маасштабъ для высотъ взять тройной, дабы можно было яснѣ видѣть высоту пучинъ. Сплошная линія соединяющая отмѣтки соотвѣтствуетъ нормальному положенію верхней постели шпаль до наступленія періода вспучиванія. Пунктирная линія—положенію той же постели въ январѣ. Заштрихованныя площади между обѣими линіями—вспученныя мѣста полотна. Цифры поверхъ заштрихованныхъ площадей—высоты пучинъ въ сотыхъ и тысячныхъ доляхъ сажени. Линія, состоящая изъ тире, чередующихся съ пунктиромъ представляетъ собою первоначальное нормальное положеніе полотна по продольной нормальной профили. Чертежъ 22 показываетъ, между прочимъ и то: *какъ* путемъ досыпокъ, сдѣланныхъ разновременно съ цѣлью уменьшить вліяніе пучинъ—можно измѣнить первоначальный профиль: оказывается, что при *началѣ* и *концѣ* пер-

воначального уклона 0,0062 части полотна въ вышеозначенной выемкѣ,—отмѣтки первоначальной нормальной профили совпадаютъ съ отмѣтками измѣненной отъ досыпокъ,—но вмѣсто общаго уклона 0,0062 получились на томъ же протяженіи три разныхъ: 0,0086; 0,0046 и 0,0072.

Найденныя вышеуказанными способами величины пучинъ полезно заносить въ особый *журналъ* ¹⁾). Сопоставленіе цѣлаго ряда подобныхъ журналовъ за нѣсколько лѣтъ непрерывныхъ наблюдений дастъ наглядную картину: а) Дѣйствительнаго измѣненія пучинъ въ зависимости отъ температуры и мѣстныхъ условій; б) Цѣлесообразности тѣмъ мѣръ, кои были предприняты для уничтоженія или уменьшенія пучинъ.

Для практическихъ цѣлей весьма полезно бываетъ отмѣтить мѣста пучинъ какимъ либо знакомъ. На нѣкоторыхъ дорогахъ съ этою цѣлью употребляются дощечки, прибитыя къ кольямъ, воткнутымъ въ откосъ выемки или насыпи противъ горба пучины (черт. 23). причѣмъ на дощечкѣ пишется буква *П* и рядомъ съ ней цифра, показывающая высоту пучины въ сотыхъ доляхъ сажени. Такой способъ отмѣтки не всегда удобенъ, такъ какъ (особенно въ мѣстностяхъ бѣдныхъ лѣсомъ) — дощечки эти и кольца похищаются на топливо окрестными жителями. Поэтому мы лично употребляли слѣдующее указаніе мѣстъ пучинъ: *противъ горба* пучины на шейкѣ рельсъ съ внутренней стороны наружной колеи дѣлается отмѣтка масляною бѣлою краскою—высоты пучины: цифрами 1, 2, 3, 4, 5 и т. д. (причемъ 1 обозначаетъ, что высота горба пучины = 0,01 саж.; 2 = 0,02 сажени и т. д.), а на той же шейкѣ рельса *въ началѣ* и *концѣ* пучины ставятся стрѣлки (черт. 24), пространство между остріями которыхъ показываетъ полное протяженіе пучины.

§ 18. Текущій ремонтъ пучинъ. Пучины, образующіяся подъ путемъ, нарушая поперечный и продольный профиль полотна крайне вредно вліяютъ на спокойный и плавный ходъ поѣздовъ и могутъ быть посему причиною, какъ излома рельсъ и ходовыхъ частей подвижнаго состава, такъ и схода поѣздовъ съ рельсъ. Въ виду вышеизложеннаго, съ наступленіемъ морозовъ и, особенно, во время

¹⁾ Образецъ такого журнала прилагается въ концѣ настоящей статьи.

частыхъ переходовъ отъ морозовъ къ оттепели и обратно—необходимо обращать вниманіе на своевременное уменьшеніе вышеупомянутаго вреднаго вліянія пучинъ приведеніемъ покоробленнаго ими пути въ состояніе близко подходящее къ нормальному. Совокупность такихъ временныхъ мѣръ—носить названіе *текущаго ремонта* пучинъ, въ отличіе отъ *капитальнаго* ремонта, т. е. кореннаго устраниенія или же, по крайней мѣрѣ, значительнаго уменьшенія высоты таковыхъ.

Исправленіе пучинъ текущимъ рементомъ сводится, главнымъ образомъ, къ приведенію пути въ видъ вѣрный по *уровню* и состоитъ или изъ: 1) *опусканія* пути въ мѣстахъ горбовъ, путемъ а) выкировки изъ подъ шпалъ части балласта или б) *втапливанія* подошвы рельсъ въ шпалы, дѣлая въ таковыхъ вырубку или изъ: 2) *Выравниванія пучинныхъ* горбовъ и *сопряженія* нормальныхъ частей пути съ таковыми пологими переходами («*отводомъ*») посредствомъ желѣзныхъ или деревянныхъ подкладокъ.

Способъ выкировки балласта, какъ весьма дорогой по рабочей силѣ и потерѣ балласта, примѣняется въ исключительныхъ случаяхъ. *Подрубки* шпалъ, какъ портящей дорогой матеріаль слѣдуетъ безъ условно избѣгать, допуская подтеску лишь настолько, насколько это необходимо для плотнаго прилеганія подкладокъ и, въ крайнихъ случаяхъ, лишь на 0,02 сажени. Такимъ образомъ *наиболѣе цѣлесообразнымъ* ¹⁾ *текущимъ ремонтомъ* является способъ *подкладокъ*. Недостаткомъ этого способа слѣдуетъ признать то обстоятельство, что за путемъ отремонтированнымъ подкладками требуется неустанный надзоръ, такъ какъ при недостаточной устойчивости подкладокъ легко можетъ произойти уширеніе пути.

Текущій ремонтъ пучинъ бываетъ двоякій: *мелкій*—когда пучины не выше 0,03 сажени и *большой* при пучинахъ выше указанной величины.

А) *Мелкій* ремонтъ производится обыкновенно или *желѣзными* подкладками или *деревянными* ²⁾. Первыя употребляются или существующаго на той или другой дорогѣ типа, если по ихъ толщинѣ можно ихъ такъ наложить одна на другую, чтобы получи-

¹⁾ По нашимъ климатическимъ условіямъ и сравнительной дешевизнѣ.

²⁾ Исключеніе составляетъ Закавказская желѣзная дорога, гдѣ сравненіе пути производится исключительно *на балластѣ*.

лась необходимая общая высота подкладки, или же спеціального образца. При послѣднемъ условіи толщина таковыхъ ¹⁾: $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{5}{8}$, $1\frac{3}{8}$, $1\frac{3}{4}$ и 2 дюйма, допускающая самыя разнообразныя сочетанія для полученія общей высоты требуемой подкладки. Общая толщина подкладыванія не должна превосходить $2\frac{1}{2}$ " (0,03 саж.) въ избрѣжаніе недостаточной устойчивости пути. Въ кривыхъ частяхъ пути радіусомъ менѣе 700 сажень и при толщинѣ подкладыванія болѣе $1\frac{1}{4}$ " слѣдуетъ употреблять *трехъ-дырныя* подкладки, причемъ два костыля должны быть забиты съ внутренней стороны колеи, а одинъ съ наружной.

Деревянные подкладки, употребляющіяся съ тою же цѣлью могутъ быть: а) *продольныя* (клинушки), толщиною до 0,005 саж. включительно, укладываемыя подъ подошвою рельса *вдоль* него. Онѣ должны имѣть ширину равную подошвѣ рельса или на четверть сотки большую, а длину равную верхней постели шпалы, дабы можно было пажать подкладку сбоку костылями.

б) *Поперечныя*, короткія, толщиною до 0,03 саж. включительно, укладываемыя на шпалѣ отдѣльно подъ каждый рельсъ. Такія подкладки носятъ названіе «*нашпальниковъ*».

в) *Сквозные нашпальники*, толщиною отъ 0,02 до 0,03 сажени, пропускаемые по шпалѣ подъ оба рельса. Ширина короткихъ нашпальниковъ не менѣе 0,08—0,09 сажени при длинѣ 0,25 сажени—съ надлежащимъ уклономъ верхней поверхности въ $\frac{1}{20}$. Ширина сквозныхъ нашпальниковъ равна ширинѣ шпалы при длинѣ отъ 1,15 до 1,25 сажени.

Наиболѣе употребительная толщина деревянныхъ нашпальниковъ: $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{2}$, $1\frac{3}{4}$ и 2 вершка.

Б) *Большой текущій ремонтъ*, т. е. исправленіе высокихъ пучинъ (отъ 0,03 до 0,06 сажени) производится исключительно при помощи *сквозныхъ* нашпальниковъ. Исправленіе же пучинъ *выше* 0,06 сажени дѣлается на нѣкоторыхъ дорогахъ подбивкою шпалъ на щебнѣ или шлакѣ, а на другихъ также сквозными нашпальниками, причемъ въ тѣхъ случаяхъ, когда шпалы пластинныя или вообще съ неправильнаго вида верхнею поверхностью (какъ это встрѣ-

¹⁾ Типъ спеціальныхъ подкладокъ Московско-Курской и Нижегородской желѣзныхъ дорогъ.

чается, напрімѣрь, у большей части дубовыхъ шпаль) — то эта верхняя плоскость нѣсколько оправляется подтеской (черт. 25); засимъ въ шпалахъ и въ нашпальникахъ продавливаются гнѣзда *г* и вставляется дубовый шипъ *ш*, на который уже посаживается затѣмъ нашпальникъ *н*. Вся система распирается распорками *р*, чѣмъ ей и придается достаточная благонадежность.

§ 19. Отводка пучинъ. Сопряженіе (или такъ пазываемая «отводка») вспученной части пути съ нормальной частью такового дѣлается съ приданіемъ скатамъ отвода, по возможности, пологого очертанія, причеиъ *длина сего послѣдняго не должна быть слишкомъ коротка*: иначе получается черезъ-чуръ рѣзкій переходъ и требуемая плавность не будетъ достигнута. Можно дать нижеслѣдующее практическое правило отводки: *Каждую сотку высоты пучины нужно отводить на протяженіи не менѣе трехъ звеньевъ 20 футовыхъ рельсъ или двухъ звеньевъ 28 футовыхъ* (черт. 26).

Если пучины образовались настолько близко другъ отъ друга, что между скатами указанной пологости оставалось бы не поднятымъ всего не болѣе двухъ звень рельсъ, — то приходится поднимать на подкладки подъ визирку весь путь между горбами пучинъ (черт. 27).

На тѣхъ дорогахъ, гдѣ ходятъ *скорые* поѣзда и, гдѣ между концами сопряженій, хотя бы совершенно плавно отведенныхъ сосѣднихъ двухъ пучинъ—разстояніе не превышаетъ 5—6 звень двадцати футовыхъ рельсъ или 4 звень—двадцати восьми футовыхъ рельсъ получается при проходѣ поѣзда впечатлѣніе *просадки* пути, и такіа мѣста неблагопріятно отзываются на подвижномъ составѣ, а потому лучше всего и эту неподнятую часть *поднять подъ визирку* или сдѣлать между концами отводки еще болѣе пологую подъему по нѣкоторой переходной кривой, какъ показано на чертежѣ 28.

§ 20. Прикрѣпленіе подкладокъ и нашпальниковъ. Желѣзные и деревянные подкладки и нашпальники прикрѣпляются къ шпаламъ костылями двухъ типовъ: обыкновенными длиною 6" и длинными или «полуторными длиною 9", иначе называемыми *пучинными* ¹⁾.

а) При высотѣ подкладки *до 0.01* сажени включительно и *продольномъ* расположеніи таковой—она пришивается вмѣстѣ съ рель-

¹⁾ На чертежахъ таковыя зачернены.

сомъ къ шпалѣ *обыкновенными* костылями безъ добавленія числа ихъ (черт. 29).

б) Тамъ, гдѣ рельсы лежатъ уже на металлическихъ подкладкахъ—вмѣсто продольныхъ—должны укладываться только поперечныя подкладки (черт. 30).

в) При высотѣ подкладокъ *до 0,01* сажени включительно и *поперечномъ* расположеніи—таковыя пришиваются вмѣстѣ съ рельсомъ *на стыковыхъ* и *черезъ 1 и 2* на промежуточныхъ шпалахъ подъ каждымъ рельсомъ *двумя пучинными костылями*, а на прочихъ промежуточныхъ шпалахъ двумя короткими (черт. 31).

г) При высотѣ подкладки *до 0,02* сажени включительно подкладки пришиваются вмѣстѣ съ рельсомъ *на стыковыхъ* и *черезъ одну* или *два* шпалы на *промежуточныхъ* *четырьмя* костылями, изъ коихъ два пучинныхъ и два обыкновенныхъ, а на прочихъ промежуточныхъ шпалахъ только двумя пучинными (черт. 32).

д) При высотѣ подкладки *до 0,03* сажени включитель но—на *стыковыхъ шпалахъ* и не менѣе, какъ *на двухъ промежуточныхъ* укладываются *сквозные* напальники, а на прочихъ короткіе и пришиваются, какъ показано на чертежѣ 33.

е) При высотѣ подкладокъ выше 0,03 сажени должны быть, какъ сказано выше (§ 18) *сквозные* напальники, прибиваемые къ каждой шпалѣ *семью* пучинными костылями, какъ показано на чертежѣ 34 (а, б, в).

§ 21. Матеріалъ для деревянныхъ подкладокъ. На нѣкоторыхъ дорогахъ ¹⁾ напальники изготовляются заблаговременно и въ исполнѣ готовомъ для укладки въ путь видѣ разсылаются за симъ по околodkaмъ по спеціальнымъ своимъ размѣрамъ, согласно дѣйствительной потребности въ томъ или другомъ сортѣ. Такіе напальники дѣлаются изъ *дуба* ²⁾, *березы* ¹⁾ и *осины* ³⁾. На другихъ дорогахъ съ тою же цѣлью употребляются простыя *березовыя* дрова или *сосновыя* и *еловыя* ⁴⁾ доски, изъ которыхъ дорожные мастера, по мѣрѣ надобности, заготавливаютъ подкладки требуемыхъ размѣровъ.

¹⁾ Московско-Курская и Нижегородская ж. д.

²⁾ Варшавская ж. д.

³⁾ Риго-Орловская ж. д.

⁴⁾ Николаевская ж. д.

Наконецъ есть дороги, которыя пользуются для изготовленія подкладокъ разнымъ случайнымъ старымъ годнымъ матеріаломъ:—напримѣръ, старыми годными шпалами, старыми годными переводными брусьями, старою дубовою клепкою ¹⁾, дубовыми вагонными швеллерами ²⁾ и мостовыми брусьями ³⁾. Особенно пригодны для пучинныхъ подкладокъ эти послѣдніе. Для этого (черт. 35) брусъ распиливается на части длиною 0,15—0,25 саж.; затѣмъ въ каждомъ кускѣ просверливаютъ полудюймовымъ сверломъ по два отверстія *к* для костылей, Мѣста отверстій размѣчаются предварительно по дырамъ желѣзной подкладки, принятаго на дорогѣ типа. Послѣ сего каждый кусокъ раскалывается на отдѣльные доски 1, 2, 3, 4, 5....., изъ которыхъ уже на мѣстѣ работъ вытесываются подкладки требуемой толщины. Замѣтимъ, что предварительно пробуриваніе дыръ для костылей необходимо во всякаго рода напильникахъ во избѣжаніе поколотія таковыхъ.

§ 22. Опредѣленіе требуемой толщины подкладокъ на мѣстѣ работъ. Для того, чтобы опредѣлить толщину подкладки, которую нужно выбрать для выравниванія пучины дорожный мастеръ или старшій рабочій смотрятъ по направленію одной колеи рельсъ на пучину и посылаютъ къ пучинѣ 3 рабочихъ, изъ которыхъ двое, расшивъ костыли поднимаютъ ломомъ рельсъ по указанію смотрящаго въ это время дорожнаго мастера или старшаго рабочаго, а третій рабочій измѣряетъ въ это время промежутокъ между шпалой и поднятымъ рельсомъ. По найденной такимъ путемъ толщинѣ, взятой съ нѣкоторымъ запасомъ (на $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{8}$ " больше)—подбирается соотвѣтствующій напильникъ. Послѣ вывѣрки указаннымъ способомъ одной колеи рельсъ выравниваютъ другую колею по уровню. Нѣкоторый запасъ въ толщинѣ подкладокъ необходимъ, особенно въ мягкихъ породахъ дерева, въ виду вдавливанія рельса уже послѣ перваго же прохода поѣзда въ подкладку.

§ 23. Осадка пучинъ. Съ наступленіемъ весеннихъ оттепелей пучины начинаютъ садиться, въ большинствѣ случаевъ *постепенно*, но иногда и *внезапно* подъ тяжестью поѣзда. Послѣдняго рода осадки

¹⁾ Николаевская ж. д.

²⁾ Варшавская ж. д.

³⁾ Балтійская ж. д.

особенно опасны на пучинахъ большой высоты. Поэтому съ приближительнымъ наступленіемъ времени осадки—на такія высокія пучины должно быть обращено особое вниманіе. Выравниваніе пути при осадкѣ пучинъ дѣлается постепеннымъ уменьшеніемъ толщины напальниковъ, т. е. другими словами, постепенною замѣною толстыхъ подкладокъ болѣе тонкими вплоть до наступленія полной осадки пути. Въ большинствѣ случаевъ *балластъ уже оттаялъ, но пучины подъ нимъ еще не съли. При такихъ условіяхъ слѣдуетъ остерегаться* исправлять просадки пути подбивкою на балластъ, такъ какъ по окончаніи осадки пучинъ такія мѣста потребуется снова опускать и затѣмъ долгое время работать на пути, прежде чѣмъ уничтожить образовавшіеся толчки и установить вполне спокойный путь. Послѣ полной осадки пучинъ лишнія дыры въ шпалахъ забиваются деревянными пробками, а снятые годные напальники сохраняются (въ тѣни или закрытомъ помѣщеніи во избѣжаніе трещинъ) для употребленія ихъ въ дѣло въ слѣдующую зиму.

§ 24. Мѣры предосторожности при пучинистомъ пути и работахъ на таковомъ. Съ наступленіемъ большихъ морозовъ и, особенно во время частыхъ переходовъ отъ оттепели къ морозу и обратно, а также во время весенней осадки пучинъ,—пучины такого характера, что на протяженіи ихъ, даже при сравнительно пологихъ отводахъ, рельсы не совсѣмъ плотно прилегаютъ ко всѣмъ шпаламъ—должны быть ограждены постоянными сигналами тихаго хода въ разстояніи не ближе 100 саж. отъ горба и выдачею предупрежденія о ходѣ не выше 15—20 верстъ въ часъ. Для пучинъ же съ особо крутыми горбами и рѣзкимъ неустойчивымъ характеромъ (особенно, если таковыя расположены въ такихъ мѣстахъ, какъ закругленія, сильные уклоны, подъ переѣздами и т. п.)—необходимъ, кромѣ огражденія сигналами и уменьшенія скорости ѣзды отъ 5 до 10 верстъ въ часъ—еще особый надзоръ въ видѣ *ежедневныхъ* двукратныхъ промѣровъ со стороны ближайшаго старшаго рабочаго. Во время же весенней осадки пучинъ, *завѣдомо* уже обнаружившихъ характеръ внезапнаго осѣданія—слѣдуетъ установить возлѣ нихъ особую стражу съ надлежащими сигналами, изъ числа наиболѣе опытныхъ ремонтныхъ рабочихъ.

При работахъ текущаго ремонта пучинъ не слѣдуетъ также пре-

небрегать подлежащимъ огражденіемъ мѣста работъ сигналами. Если же предстоитъ укладка сквозныхъ наплавниковъ—то, кромѣ огражденія сигналами, безусловно необходима выдача сосѣднимъ станціямъ соотвѣтствующаго предупрежденія.

§ 25. Капитальный ремонтъ пучинъ. Такой ремонтъ сводится къ производству работъ, коими можно или: 1) понизить высоту пучинъ до такихъ предѣловъ, при которыхъ онѣ уже не такъ опасны для движенія поѣздовъ или же 2) совершенно уничтожить пучины. Къ работамъ перваго рода можно отнести а) *осушеніе полотна дороги отведеніемъ воды отъ такового*; б) *покрытіе полотна веществами свободно пропускающими воду и въ то же время дурными проводниками тепла*.

Совершенное уничтоженіе пучинъ заключается въ работахъ или: а) *полнаго пресѣченія доступа воды къ полотну съ отводомъ мочущей заключаться въ немъ воды* или б) *сплошной замѣны пучинистаго грунта грунтомъ непучинистымъ*.

§ 26. Осушеніе полотна отведеніемъ воды. Примѣненіе этого способа возможно лишь тогда, когда по близости пучинистаго мѣста полотна есть низина, куда можно отвести воду (котловина, оврагъ, рѣка и т. п.). Кромѣ того предварительно пристуна къ работамъ необходимо произвести тщательную нивелировку, дабы опредѣлить получится ли для такого отвода достаточный уклонъ: на нѣкоторыхъ желѣзныхъ дорогахъ одною изъ причинъ образованія пучинъ является то обстоятельство, что кюветы слишкомъ понижены по отношенію къ ближайшимъ низинамъ, отчего образуется въ первыхъ подпоръ воды съ застоємъ. Такой же подпоръ въ кюветахъ можетъ образоваться и отъ слишкомъ высокаго поднятія дна лотковъ искусственныхъ сооружений (напримѣръ, дна чугунныхъ трубъ или сплошныхъ лотковъ, каменныхъ трубъ и открытыхъ мостиковъ) сравнительно съ дномъ кювета въ мѣстѣ подхода такового къ одному изъ перечисленныхъ сооружений. Вотъ почему особое вниманіе должно быть обращено на это обстоятельство *при самой постройкѣ* желѣзной дороги, такъ какъ въ это время работу отвода воды можно произвести гораздо дешевле, чѣмъ во время эксплуатаціи и безъ тѣхъ, часто весьма значительныхъ затрудненій, съ которыми, волею-неволею, приходится

мириться послѣ открытія движенія. Уклономъ обезпечивающимъ правильный стокъ водѣ въ низину слѣдуетъ считать скатъ не меньше 0,006 — 0,01 сажени, тѣмъ болѣе, если русло отвода — канава съ немогущимъ дномъ, быстро заростающая травой.

Главнѣйшими способами отвода служатъ: А) *Отводъ воды открытыми канавами* и Б) *Отводъ воды дренажами*.

А) Отводъ воды открытыми канавами.

Такой отводъ можетъ быть достигнутъ:

Г) *Приданіемъ правильнаго вида* поперечной и въ особенности продольной *профили кюветовъ*, въ тѣхъ случаяхъ, когда причиною образованія пучинъ является застой воды въ кюветахъ вдоль пополюта дороги, отъ плохой прочистки таковыхъ или отъ неправильнаго уклона. На большинствѣ нашихъ желѣзныхъ дорогъ, къ сожалѣнію, не обращалось и не обращается должнаго вниманія на правильную очистку кюветовъ, причемъ таковая возлагается или на путевую стражу или на ремонтныхъ рабочихъ или отдается, наконецъ, сдѣлано мелкимъ рядчикамъ. Въ первыхъ двухъ случаяхъ производится въ дѣйствительности одно лишь «ковыряніе» кювета безъ визирки лишь бы отбыть урокъ, заданный дорожнымъ мастеромъ. Въ послѣднемъ — мелкій рядчикъ плохо и самъ-то понимающій работу по визиркѣ — стремится лишь къ одному: выгнать побольше погонныхъ сажень въ день, довольствуясь въ самомъ благопріятномъ случаѣ лишь тѣмъ, чтобы точки, гдѣ онъ ставилъ визирку удовлетворяли бы общему уклону и нисколько не заботясь, что пространство *между* этими точками понижено или, наоборотъ, представляетъ бугоръ. Мало того, иногда очистка кювета ведется не откосомъ, а канавкою съ отвѣсными краями *вдоль* (черт. 36), причемъ части *а* и *б* при первыхъ же сколько-нибудь сильныхъ дождяхъ сплываютъ въ кюветъ. Какъ сторожа, такъ и рядчики стараются накидать вынутую изъ кювета грязь прямо на откосъ выемки, откуда таковая снова сплываетъ въ кюветъ. Кромѣ того одною изъ основныхъ причинъ нарушенія первоначально правильнаго вида кюветовъ является безобразное отношеніе нѣкоторыхъ дорожныхъ мастеровъ къ балласту, выгружаемому на путь для сплошной подѣмки: дорожному мастеру лѣнь вести крайне кропотливую работу

подъемки на надлежашую высоту и онъ, пользуясь обстоятельствами случайно недостаточнаго надзора, беретъ и планируетъ этотъ балластъ по бермѣ, ограничиваясь меньшей подъемкой; при этомъ балластъ наращивается ближайшій край кювета, мало-по-малу обростаетъ травой и частью съужаетъ сѣченія кювета, частью же засоряетъ дно такового. Засореніе кювета можетъ произойти и отъ небрежной выгрузки балласта, гдѣ таковой вмѣсто междупутья (въ случаѣ двойнаго пути) или вмѣсто запаснаго полотна (въ случаѣ одиночнаго пути)—выгружается прямо на бровку пути смежную съ кюветомъ, откуда онъ, отъ сотрясенія при проходѣ поѣздовъ, и сползаетъ въ кюветъ. Чертежъ 37 представляетъ въ планѣ такое ненормальное полотно, образовавшееся на 45 верстѣ Московско-Нижегородской ж. д. отъ вышеуказанныхъ причинъ (при нормальной ширинѣ въ 4,60 с.).

Такое же засореніе кювета можетъ произойти на дорогахъ, гдѣ есть верхнее покрытие щебнемъ—и оттого, что при зимней очисткѣ пути и лѣтнемъ раскрытіи щебня для ремонтныхъ работъ, часть щебня попадетъ въ кюветъ. Работу по исправленію подобнаго рода запущенныхъ кюветовъ слѣдуетъ обязательно производить *только* послѣ тщательной нивелировки и производство ея поручать, хотя бы и съ пѣкоторою переплатою денегъ лишь благонадежному землекопу подрядчику съ настоящими землекопами-рабочими, хорошо знакомыми съ визиркою, притомъ обязательно ставить для надзора своего добросовѣстнаго десятичника; принимать же работу отъ подрядчика—также послѣ тщательной провѣрки уклона нивелиромъ. Чертежъ 38 представляетъ часть продольной профили кювета 36 и 37 верстѣ Московско-Нижегородской жел. дороги, гдѣ основною причиною пучинъ является допущеніе вышеуказанныхъ неправильностей. Первоначально идеально, можно сказать, построенное французскими инженерами полотно и кюветы (большею частью мощеные) во время эксплуатаціи частнымъ Обществомъ—были настолько сильно запущены, что всецѣло утратили свою первоначально правильную профиль и являются теперь источниками весьма большихъ затратъ по ремонту пучинъ.

II) *Углубленіе кюветовъ*—настолько, чтобы дно таковыхъ лежало нѣсколько ниже дна водотоковъ, насыщающихъ полотно водою. Опредѣленіе притока воды дѣлается способомъ указаннымъ въ § 7. За-

ложение же дна углубленного кювета зависит, главнымъ образомъ, отъ двухъ обстоятельствъ: а) отъ уровня той низменности, куда предполагается отводъ воды и б) отъ глубины промерзанія грунта (§ 14).

Переходя къ описанію способовъ углубленія кюветовъ замѣтимъ прежде всего, что выборъ того или другого способа зависитъ: 1) отъ качества грунта, 2) протяженія отводнаго кювета, 3) отъ глубины осушаемой выемки.

При крѣпкихъ грунтахъ и неособенно глубокихъ выемкахъ можно примѣнять способъ:

а) *Непосредственного углубленія со срѣзкою откосовъ выемки* до болѣе пологого очертанія (напримѣръ, двойнаго откоса). При этомъ дно канавъ полезно вымостить камнемъ, откосы же на высоту 0,50—0,60 саж. сплошь дерномъ, а выше дерновкою крестами съ засыпкою растительною землею и засѣвкою травою. Въ обезпеченіе сползанія откосовъ дѣлаются въ таковыхъ дренажные выпуски указанныхъ на чертежахъ 39 и 40 а и 40 б типовъ, глубиною отъ 0,66 до 1 саж. и шириною 0,25 саж.¹⁾ Грунтовая вода изъ полотна выпускается въ углубленные кюветы поперечными дренажами, заложенными *въ серединѣ междупутья* (въ случаѣ двойнаго пути); *на границѣ бровки пути запаснаго полотна* (въ случаѣ одного пути при насыпи подъ два пути) и, наконецъ, *между рельсъ* (въ случаѣ полотна подъ одинъ путь) нѣсколько *ниже* (0,10 — 0,15 сажени) паиболѣе пониженной точки балластнаго корыта (черт. 39). Выходные же концы дренажей въ кюветахъ располагаются на нѣсколько сотокъ выше дна углубленного кювета. Такой способъ углубленія кюветовъ въ широкихъ размѣрахъ былъ употребленъ до 1894 года на Московско-Курской ж. д. ¹⁾, но будучи примѣненъ въ выемкахъ съ крайне неустойчивымъ грунтомъ давалъ хорошіе результаты лишь въ первое время существованія углубленныхъ кюветовъ. Засимъ въ сравнительно короткое время откосы снова сплывали, бока канавъ также, а мостовая выпучивалась: въ результатѣ являлась необходимость или новой срѣзки откосовъ, чистки и углубленія кюветовъ и перемачиванія мостовой или же перехода къ иному болѣе соотвѣтствующему мѣстнымъ условіямъ способу, другими словами, подтвер-

¹⁾ Напримѣръ, на 186, 197, 225, 226, 229, 248, 262 верстѣ и т. д.

дилось вышеуказанное положеніе: что устраивать отводъ подобнаго рода канавами можно лишь въ устойчивыхъ грунтахъ.

На Московско-Брестской желѣзной дорогѣ такого рода углубленія кюветовъ, благодаря лучшему качеству грунта (въ смыслѣ устойчивости) дало болѣе благоприятные результаты. Такъ, напримѣръ, осушеніе пучинистаго полотна на станціи Красное достигнуто углубленіемъ кюветовъ на 0,35 сажени съ укрѣпленіемъ дна и откосовъ кюветовъ сплошною одерновкою, а откосовъ выемки—крестами съ засыпкою растительною землею. Въ другихъ мѣстахъ той же дороги осушеніе полотна достигнуто углубленіемъ кюветовъ на нѣсколько большую глубину (до 0,57 саж.) съ увеличеніемъ общаго уклона кювета съ 0,008 до 0,01.

Въ болѣе неустойчивыхъ грунтахъ слѣдуетъ давать преимущество другимъ болѣе цѣлесообразнымъ приемамъ, а именно: б) *Способу углубленія со срѣзкою одного лишь откоса и укрѣпленіемъ его контръ-форсомъ*. При этомъ путевой откосъ кювета остается не тронутымъ, полевой же откосъ срѣзается и упирается подошвою въ контръ-форсъ. Такія работы произведены въ довольноширокихъ размѣрахъ на Московско-Курской ж. д. ¹⁾, гдѣ контръ-форсы устроены въ видѣ подпорныхъ стѣнокъ изъ крупнаго бутоваго камня на мху съ дренажными выпусками черезъ каждыя 5 — 10 саж. Такой же способъ примѣняется и на Риги-Двинской дорогѣ, гдѣ контръ-форсы также сухой кладки на мху.

Несмотря на относительную прочность каменныхъ контръ-форсовъ они черезъ нѣсколько лѣтъ или выпираются изъ-подъ откоса частями или же выдвигаются изъ-подъ него цѣлою стѣнкою *сплошью*, уменьшая сѣченіе кювета, вслѣдствіе чего приходится снять за такой сплывшею стѣнкою—часть откоса, разобрать стѣнку, сложить вновь и засыпать сзади землею для образованія искусственнаго откоса. Причиною разрушенія такихъ контръ-форсовъ служить, въ первомъ случаѣ, то обстоятельство, что пучинистый грунтъ откоса при замерзаніи вспучивается и давить на кладку; во второмъ то, что имѣющаяся за контръ-форсомъ грунтовая вода способствуетъ размягченію грунта у подошвы стѣнки, вслѣдствіе чего таковой подъ тяжестью кладки поддается и позволяетъ стѣнкѣ сползать.

¹⁾ Напримѣръ на 229, 238 и др. верстахъ.

Гораздо прочнѣе контръ-форсъ изъ каменной кладки на порландскомъ цементѣ ¹⁾ (черт. 41), причемъ для выпуска скопляющейся за нимъ воды устроены въ немъ поперечные выпуски *аа*. Работа эта, по своей дороговизнѣ, примѣняется лишь въ исключительныхъ случаяхъ.

в) *Способъ углубленія кюветовъ безъ сръзки откосовъ, но съ укрѣпленіемъ углубленной канавы деревянными вертикальными стѣнками* примѣняется въ особо плавучихъ грунтахъ, гдѣ нѣтъ возможности углубиться сколько-нибудь значительно безъ того, чтобы выкопанную канаву въ скоромъ времени не затягивало бы грязью, съ сползаниемъ прилегающихъ откосовъ. Изъ существующихъ способовъ можно отмѣтить слѣдующіе:

1) *Обдѣлку стѣнокъ углубленного кювета досками или старыми шпалами*, закладываемыми горизонтально за свайки (черт. 42) изъ старыхъ же шпалъ или телеграфныхъ старыхъ столбовъ (Либавскій участокъ Либаво-Роменской ж. д., Двинско-Витебская и Ригодвинская ж. д.). Такого рода огражденіе хорошо пропускаетъ просачивающуюся воду, но не особенно долговѣчно и можетъ быть съ успѣхомъ примѣнено въ слабомъ, по отнюдь не *жидкомъ* грунтѣ, такъ какъ въ послѣднемъ случаѣ просачивающаяся вмѣстѣ съ водою грязь скоро затягиваетъ кюветъ. Нѣсколько болѣе прочна обдѣлка углубленной канавы показанная на чертежѣ 43, изъ стоекъ съ распорками, вытесанными изъ старыхъ шпалъ, за которыя заложены горизонтально-плотно притесанныя по шнуру пластины. При устройствѣ подобнаго рода углубленного кювета на Рыбинско-Бологовской ж. д. высота пучинъ уменьшилась съ 0,05 до 0,03 сажени.

2) *Обдѣлку стѣнокъ углубленныхъ кюветовъ забойкою сплошныхъ рядовъ свай изъ старыхъ шпалъ съ устройствомъ распорныхъ рамъ* ²⁾. При этомъ поступаютъ такъ: углубляютъ кюветъ настолько, чтобы отвѣсныя бока углубленной части могли бы нѣкоторое время стоять безъ укрѣпленія, затѣмъ забиваютъ ручною бабою направляющія сваи изъ старыхъ шпалъ, черезъ каждыя 1,25 сажени, и къ нимъ прибавляютъ направляющую схватку изъ пластины, за которую тою же ручною бабою забиваютъ сплошной рядъ свай изъ старыхъ шпалъ. То же самое дѣлаютъ и съ противоположной стороны. Когда всѣ

¹⁾ Напримѣръ на 2 и 4 верстахъ Московско-Курской ж. д.

²⁾ Способъ Инженера Онуфровича.

сваи на протяженіи звена (1,25 саж.) забиты, то земля между ними вынимается и вставляются вверх и вниз (черт. 44) распорныя рамы из продольных схваток *сс* и распорокъ *рр* и стоек *π*. Рамы эти дѣлаются также из старых шпалъ, причемъ въ продольной схваткѣ *с* (цѣлая шпала длиною 1,25 саж.) дѣлается врубка въ полъ-дерева, а въ распоркѣ *р* (изъ куска шпалы $\frac{1,25}{4} = 0,31$ саж.) соответственно нарубается шипъ, который доходить только до половины вырубки схватки *с*. Въ получившееся гнѣздо вставляютъ шипъ, нарубленный на стойкѣ *π*. Порядокъ установки распорокъ такой: сначала укладываются нижнія схватки *с*, затѣмъ ихъ распираютъ распорками *р*, потомъ вставляютъ стойки *π* и въ такой же послѣдовательности укладываютъ верхнюю раму. Дно кювета между нижними распорками замащивается.

3) *Обдѣлку углубляемыхъ кюветовъ деревяннымъ рубленнымъ ряжевымъ лоткомъ изъ старыхъ годныхъ шпалъ* ¹⁾. Для этой цѣли полезно употреблять или старыя годныя пропитанныя или старыя годныя дубовыя шпалы. При этомъ до приступа къ земляной работѣ на полосѣ отчужденія, вдоль предположеннаго къ углубленію кювета, рубятся звеньями въ 1—1½ сажени длиною,—трехъ-сторонныя срубы (въ видѣ опрокинутой буквы *П* (черт. 45), причемъ всѣ три стороны дѣлаются каждая длиною въ полъ-шпалы и на вѣнецъ идетъ, такимъ образомъ, 1½ шпалы. Одновременно съ этимъ заготавливаются изъ 4-хъ верхковаго лѣсу распорныя рамы, длиною до 3 саж., состоящія изъ схватокъ *а* съ распорками *б*, врубленныхъ въ схватки лапою. Кромѣ того, приготавливаются также одинаковой длины наружныя схватки изъ пластинъ. Когда наготовлено достаточное количество такихъ срубовъ и распорныхъ рамъ—приступаютъ къ земляной работѣ, дѣлая сразу углубленіе на полную высоту ряжеваго ящика на протяженіи одного готоваго звена и вставляя такое готовое звено цѣликомъ въ углубленный кюветъ. Послѣ чего вставляется слѣдующее звено и т. д. до протяженія равнаго готовому звену распорной рамы (3 сажени), которая немедля и загоняется сверху въ ряжевой ящикъ. Когда вся работа установки лотковъ и распорныхъ рамъ готова, ихъ вывѣряютъ по шнуркѣ и отвѣсу, а дно по требуемому уклону. Затѣмъ закладываютъ сзади пластинныя

¹⁾ Способъ Инженера Любимова.

схватки *в* и сбалчиваютъ раму *а* съ первыми болтами изъ $\frac{3}{4}$ " — 1" круглаго желѣза.

Подверженная попеременному дѣйствию влаги и суши верхняя часть деревяннаго кювета осмаливается въ пропорціи 1 части жидкой смолы на 2 части пику. За стѣнками лотка насыпается съ плотною утрамбовкою земля. Поверхъ схватокъ бровокъ откоса придается полукруглый откосъ и таковая дернуется сплошь.

Преимущество сего способа заключается въ томъ, что онъ:

- а) Примѣнимъ въ самыхъ плавучихъ грунтахъ.
- б) Очистка лотка чрезвычайно удобна, такъ какъ онъ открытъ.
- в) На зиму лотокъ прикрывается старыми шпалами, и весною, слѣдовательно, не требуется расхода на его очистку.
- г) Полотно дороги, будучи прикрыто такою обдѣлкою, почти что *не промерзаетъ* съ боковъ и, кромѣ того повышается линія промерзанія грунта.

д) Если такого рода деревянная обдѣлка устроена съ обѣихъ сторонъ пути, то полотно на неустойчивомъ грунтѣ пріобрѣтаетъ полную устойчивость.

е) Позволяетъ, благодаря возможности опустить ряжевую обдѣлку довольно низко, *перехватить*, если не весь *водотокъ*, то по крайней мѣрѣ значительную часть его.

Изъ произведенныхъ нами по сему способу работъ большинство оказалось вполне цѣлесообразными и, если не достигнуто *во всѣхъ* случаяхъ абсолютнаго уничтоженія пучинъ — то, по крайней мѣрѣ, *уничтожено* каждый разъ весьма значительное количество такихъ, а высота оставшихся понижена отъ 3 до 5 разъ. Лучше всего производить заготовку деревянныхъ частей лотка зимою, когда рабочія руки дешевле, а самую установку — дѣлать въ концѣ августа, совпадающаго, обыкновенно, съ наиболѣе сухою погодою и уже значительнымъ пониженіемъ грунтовыхъ водъ.

Къ числу наиболѣе удачныхъ работъ, произведенныхъ нами по вышеописанному способу, относятся: осушеніе пучинистаго полотна на 197 верстѣ Московско-Курской жел. дороги и такая же работа на 58 верстѣ Московско-Нижегородской желѣзной дороги.

а) *Выемка 197 версты*, между станціями Ясенки и Козловская Засѣка, изобиловала такимъ значительнымъ количествомъ пучини-

стыхъ мѣстъ, что съ самаго основанія дороги не было почти года, гдѣ бы не производилось надъ нею различныхъ работъ, чтобы хоть отчасти уменьшить вліяніе пучинъ на путь. Выемка эта благодаря своимъ печальнымъ качествамъ пріобрѣла среди окрестныхъ жителей даже особое прозвище «грязной».

Топографическія условія выемки слѣдующія: расположена она по оси косогора, съ притокомъ воды къ обоимъ кюветамъ. Грунтъ слой синей плотной глины, засимъ плывунъ на толстомъ слоѣ такой же синей глины. Мѣстами попадались прослойки камня.

Путь (двойной) идетъ по закругленію $P = 750$ сажень и уклону 0,0086. Длина выемки почти 1 верста. Глубина 5,30 сажени. Высота пучинъ 0,07—0,085 сажени.

До наступленія 1894 года въ различное время въ выемкѣ были устроены: а) продольные дренажи по оси междупутья изъ гончарныхъ трубъ съ дренажными очистительными колодцами, числомъ 17, глубиною отъ 1,25 до 1,50 саж.; б) значительно уширены и углублены кюветы съ вымощеніемъ камнемъ на мху; в) утолщенъ слой балласта до 0,35—0,50 саж. Во избѣжаніе же ежегодно повторявшихся спливовъ откосовъ—таковымъ приданъ двойной уклонъ съ устройствомъ у подошвы бермы шириною до $1\frac{1}{2}$ сажени и многочисленными каменными дренажами по откосамъ. Мѣры эти однако, пользы не принесли, такъ какъ гончарныя трубы дренажей, а равно и самые колодцы быстро затягивались плывуномъ и, при такихъ условіяхъ, совершенно бездѣйствовали, причемъ эти 17 колодцевъ способствовали, вдобавокъ, еще большей неустойчивости пути, благодаря осадкамъ балласта вокругъ срубовъ и ослабленію поперечной профили семнадцатю сравнительно близко лежащими другъ отъ друга (10 сажень) глубокими отверстіями.

Мало того, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ по оси междупутья замѣчались даже продольныя трещины, а по краямъ кюветовъ выпираніе въ тѣхъ же мѣстахъ полотна, благодаря чему стужалось поперечное сѣченіе таковыхъ и образовывалось искусственное препятствіе стоку воды, а на пути происходили настолько ощутительныя просадки, что приходилось дѣлать новую подсыпку балласта. Понятно, что при такихъ условіяхъ въ мѣстахъ осадокъ получались значительныя балластные корыта, способствовавшія лишь усиленію пучинъ.

Лѣтомъ 1893 года была произведена новая очистка дренажныхъ

колодцевъ и трубъ, кои оказались почти сплошь затянутыми плывуномъ и служили лишь мѣстомъ пристанища лягушекъ и водяныхъ ящерицъ.

Въ виду сего въ 1894 году было начато осушеніе выемки по указанному выше способу, а въ 1895 и 1896 годахъ продолжены такія же работы въ той же выемкѣ, причемъ результаты получались каждый разъ весьма удовлетворительные, коренныя пучины на протяжении произведенныхъ работъ исчезли полностью, остались лишь однѣ верховыя, что обуславливается какъ плохимъ качествомъ самого балласта, такъ и тѣмъ обстоятельствомъ, что число дренажныхъ выпусковъ изъ балластныхъ корытъ недостаточно (сдѣлано по одному выпуску на каждомъ звенѣ 28' рельсъ).

Стоимость работъ по вышеуказанному способу выражается ниже слѣдующими цифрами:

Стоимость 150 пог. саж. лотка съ устройствомъ 38 поперечныхъ дренажей:

1) Земляныя работы и дерновка . . .	=	514 р. 68 к.
2) Устройство поперечныхъ дренажей . . .	=	66 » 70 »
3) Плотничныя работы (считая устройство сруба распорокъ, схватокъ, заболченіе болтовъ, осмолку и установку сруба) по 8 руб. пог. саж. . .	=	1.200 » — »
4) Нагрузка и выгрузка матеріаловъ . . .	=	76 » — »
5) Стоимость бутаваго камня . . .	=	150 » — »
6) Лѣсной матеріалъ:		
Бревенъ сосновыхъ длиною 9 арш., толщ. 4 вершка, штукъ 125 по 1 р. 20 к. . .	=	150 » — »
Пластины 9 арш. 2 ¹ / ₂ вершка, шт. 100. . .	=	120 » 80 »
Шпаль старыхъ дубовыхъ, шт. 444. . .	=	44 » 40 »
Тѣсу длины 3 арш., толщину 1" шт. 5. . .	=	2 » 45 »
7) Смолы густой и жидкой пудовъ 40 . . .	=	29 » 90 »
8) Желѣза круглаго діам. ⁷ / ₈ " пудовъ 7 . . .	=	13 » 30 »
» » » 1" » 1 . . .	=	1 » 80 »
» » » ⁵ / ₈ " 2 пуд. 19 фун. . .	=	5 » 57 »
» » » ³ / ₄ " 28 пуд. 22 фун. . .	=	64 » 24 »

9) Бетонныхъ дренажныхъ трубочекъ съ коль-
цами штукъ 38 = 15 р. 20 к.

Итого стоимость 150 п. с. . . = 2.455 р. 04 к.

Стоимость 1 пог. сажени . . = 16 » 37 »

б) *Выемка 58 версты Московско-Нижегородской жел. дороги* (черт. 22) *Топографическія условія*. Выемка расположена по оси косогора, гдѣ водотоки идутъ подъ весьма острымъ угломъ къ оси пути, съ общимъ уклономъ въ сторону рѣчки Вохонки (притока р. Клязьмы). Грунтъ подъ путемъ слой торфа (снятый при устройствѣ полотна), подторфяной мелкій илистый бѣлый песокъ, затѣмъ плывунъ съ гнѣздами желтой глины, расположенный на толстомъ пластѣ синевато-сѣрой плотной глины (черт. 1). *Состояніе выемки* до 1895 г. сплывшіе откосы, заплывшіе кюветы, распертыя распорками изъ шпаль, а мѣстами досками, забранными за шпальные свайки. Высота пучинъ до 0,14 сажени. Послѣ произведенныхъ лѣтомъ 1895 года указаннымъ выше способомъ работъ въ кюветѣ со стороны Московскаго пути (съ устройствомъ поперечныхъ выпусковъ изъ балластныхъ корытъ по срединѣ каждого звена рельсъ на протяженіи 200 пог. саж. — въ выемкѣ: 1) *уничтожились* на протяженіи 108 ¹⁾ пог. саж. пучины *совсѣмъ*, 2) на протяженіи 58 пог. саж. остались пучины величиною отъ 0,002 до 0,011 сажени, вмѣсто первоначальной высоты 0,14 сажени, и 3) на протяженіи 34 пог. саж. остались пучины высотой отъ 0,034 до 0,077 (см. черт. 22). Въ виду удовлетворительности результатовъ въ 1896 году работы продолжены съ Московской стороны еще на 50 пог. саж. и со стороны Нижегородскаго пути устроены такой же рубленый лотокъ въ соответствующемъ кюветѣ. По произведенной въ январѣ 1897 года нивелировкѣ Нижегородскаго пути результаты получились также весьма удовлетворительные, за исключеніемъ такого же бугра въ 0,077 сажени, какой видѣнъ (см. черт. 22) на профили Московскаго пути, что показываетъ, полагаемъ, что здѣсь проходитъ главный водотокъ плывуна, и что насыщеніе волосностью почвы подъ полотномъ слишкомъ велико для удовлетворительнаго

¹⁾ Часть выемки не помѣщена на чертежѣ.

отвода воды изъ балластныхъ, весьма глубокихъ корытъ поперечными дренажами по одному на каждомъ 28' звенѣ ¹⁾).

Б. Отводъ воды закрытыми канавами (дренажами).

§ 27. **Отводъ воды дренажами** имѣетъ цѣлью или перехватить всю воду водотоковъ или же, по крайней мѣрѣ, значительную часть ея и тѣмъ понизить уровень грунтовыхъ водъ. При опредѣленіи глубины закладки дренажей слѣдуетъ руководствоваться тѣми соображеніями, кои были уже высказаны въ п. II статьи объ отводѣ воды открытыми канавами. Въ частности же необходимо принять во вниманіе и нижеслѣдующія соображенія: *глубина укладки* зависитъ въ значительной степени и отъ рода грунта: такъ въ сильно насыщенныхъ водою плавункахъ, слѣдуетъ закладывать дренажныя трубы *подъ* ними въ непроницаемомъ пластѣ подошвы; въ торфянистыхъ грунтахъ—на непроницаемой подпочвѣ и т. д., въ томъ и другомъ случаѣ во избѣжаніе слишкомъ быстрого затягиванія плавункомъ или грязью. Такъ какъ такому обстоятельству болѣе всего подвержены дренажи малыхъ сѣченій—то, устраивая *дренажъ*, *нужно дѣлать* его сравнительно *большаго сѣченія* и, по возможности, легко доступнымъ періодической очисткѣ. Кроме того, сѣченіе его должно соотвѣтствовать количеству поступающей въ него воды или даже быть съ нѣкоторымъ запасомъ. Равнымъ образомъ *уклонъ долженъ быть такой величины*, чтобы *вода безъ застоя стекала* въ соотвѣтствующія низины. Въ большинствѣ случаевъ уклонъ этотъ находится въ зависимости отъ уклона продольнаго профиля полотна дороги и можетъ быть измѣняемъ лишь въ тѣхъ границахъ, кои возможны по мѣстнымъ условіямъ (положеніе низины, куда можно сдѣлать отводъ воды), а равно и отъ того матеріала, коимъ предполагается произвести дренажку. Такъ для дренажа изъ гончарныхъ или бетонныхъ трубъ уклонъ можетъ быть допущенъ въ 0,002, но лучше брать его болѣе; для каменныхъ же дренажей отнюдь не менѣе 0,006—0,08 и до 0,01 саж. Вообще чѣмъ скорость теченія въ дренажѣ больше, тѣмъ медленнѣе онъ будетъ засоряться.

¹⁾ Въ виду сего лѣтомъ 1898 года предположенъ добавочный отводъ воды въ этомъ мѣстѣ.

Зная уклонъ дренажа и задавшись сѣченіемъ дренажа не трудно опредѣлить и самую скорость теченія воды, а затѣмъ и секунднѣй ея расходъ ¹⁾. Пусть таковой равенъ Q . Если опредѣленный по § 7 расходъ воды водотока: Q_1 будетъ $\equiv Q$, то выбранное сѣченіе дренажа будетъ достаточно.

По мѣсту расположенія дренажи могутъ быть или подъ осяю полотна (черт. 46) или въ кюветахъ такового (черт. 47). Въ томъ и другомъ случаѣ черезъ извѣстные промежутки (отъ 10 до 30 саж.) необходимо устраивать *колодцы*, для возможности прочистки трубъ. Въ колодцахъ прикрѣпляются концы мѣдной отожженной проволоки, проходящей изъ одного колодца въ другой. Къ такой проволокѣ прикрѣпляется веревка съ мочалой, которой и прочищаютъ трубы (черт. 48 и 49). Иногда очистка трубъ производится при помощи промывки водою подъ сильнымъ напоромъ. Колодцы обыкновенно дѣлаются деревянные сѣченія $0,33 \times 0,33$ или $0,33 \times 0,50$ саж. съ проконопаткою вѣнцовъ мохомъ и устройствомъ двойныхъ люковъ, пространство между которыми заполняется на зиму навозомъ, соломой или сухимъ листомъ. Колодцы располагаются въ томъ случаѣ, если выемка на закругленіи—и во всѣхъ *улахъ поворота*, независимо отъ вышеуказаннаго взаимнаго разстоянія.

§ 28. Различные виды дренажей и опытные данныя о нихъ.

а) Дренажъ изъ *гончарныхъ трубъ* съ кольцами (муфтами) (черт. 39, 48 и 49). Діаметръ гончарныхъ трубъ обыкновенно $2\frac{1}{2}''$ — $3''$ — $4''$.

¹⁾ По формулѣ Дарси, гдѣ $v = \sqrt{\frac{Ri}{\varphi}} \dots (1)$ и $Q = \omega \cdot v \dots (2)$, но R —средній радіусъ $= \frac{\omega}{p}$ = отношенію площади поперечнаго сѣченія къ смачиваемому периметру. Тогда $p = 2\pi r$; $\omega = \pi r^2$. Изъ (1) имѣемъ:

$$v^2 = \frac{Ri}{\varphi} = \frac{\omega i}{p\varphi} = \frac{ri}{2\varphi}$$

или, имѣя въ виду (2):

$$\frac{Q^2}{\omega^2} = \frac{ri}{2\varphi} = \frac{Q^2}{\pi^2 r^4};$$

откуда

$$Q = \sqrt{\frac{r^5 i \pi^2}{2\varphi}} = \sqrt{\frac{\partial^5 \pi^2 i}{64\varphi}} \text{ футъ}$$

гдѣ φ — нѣкоторый численный коэффициентъ, зависящій отъ матеріала, діаметра и расхода и равный 0,0002.

Дренажъ по такому типу устроенъ на Сызрано-Вяземской ж. д. ¹⁾ *въ кюветъ* при грунтѣ съ напластованіями: желтая глина съ примѣсью песку, черная глина съ примѣсью песку и чистая черная глина, причѣмъ самое плотно подѣ путемъ расположено въ слоѣ желтой глины съ пескомъ. Глубина заложенія 1,05 с. ниже поверхности полотна дороги. Для укладки дно кювета съ 0,30 с. углублено до 1,10 сажени. Въ образовавшуюся канаву насыпанъ слой щебня 0,05, на которомъ уложены гончарныя $2\frac{1}{2}$ " трубы и засыпаны сверху также щебнемъ на высоту 0,20 саж. Затѣмъ вся канавка до дна кювета засыпана, съ плотною утрамбовкою, землею. Дно и откосы кювета вымощены камнемъ на мху на высоту 0,10, а далѣе одернованы. Результаты работъ: значительное пониженіе высоты пучинъ. На Московско-Брестской ж. д. подобнаго рода работы произведены въ весьма широкихъ размѣрахъ. Глубина укладки дренажей не менѣе 0,70 сажени. Трубы съ кольцами. Діаметръ трубы отъ 3" — 4". *Во избѣжаніе просадокъ подѣ трубами прокладывались сначала доски*, а подѣ стыки досокъ подкладки. Зазоръ между кольцами и трубами проконопачивался мхомъ. Трубы удерживались отъ сдвига съ досокъ засунутыми съ боковъ камнями. Поверхъ трубъ на высоту 0,30 саж. насыпали песокъ, затѣмъ мѣстный грунтъ съ плотною утрамбовкою (черт. 48). Результатъ получался каждый разъ удовлетворительный.

На Юго-Западныхъ дорогахъ гончарные дренажи изъ трубъ діаметромъ 2", съ кольцами, уложены на 316 верстѣ главной линіи. Глубина заложенія 0,65 саж. ниже дна кюветовъ. Сверху дренажи покрыты *фашинникомъ*. Первоначальное дѣйствіе было удовлетворительно, но вскорѣ случилось засореніе трубъ, благодаря малому діаметру таковыхъ.

б) *Дренажъ изъ цементныхъ трубъ* съ муфтами. Діаметръ трубъ отъ 2" до 4". На Московско-Брестской ж. д. удачно дѣйствуютъ такого рода дренажи во многихъ мѣстахъ. Такъ, напримѣръ, на 418 и 419 верстахъ уложенъ подѣ кюветомъ цементный дренажъ для осушенія пучинистаго полотна, расположеннаго на косогорѣ въ грунтѣ изъ твердой синей глины съ песчаными прослойками. Глубина заложенія дренажа 1,12 ниже подошвы рельсъ. Черезъ каждыя 30 сажень устроены очистительные колодцы сѣченія $0,33 \times$

¹⁾ На 1.238 верстѣ.

0,33 саж. съ двойными люками. Дренажны трубы въ виду значительнаго количества жидкой грязи въ выкапывавшихся для ихъ укладки канавахъ быстро затягивались сею послѣднею и, посему, во избѣжаніе упомянутаго обстоятельства, укладку пришлось вести такъ: трубы были уложены сначала *въ досчатый лотокъ*, сверху котораго положенъ ивовый хворостъ, а уже потомъ насыпалась, съ плотною утрамбовкою, земля до дна кювета. Уклонъ дренажа 0,008. Въ результатъ получилось почти полное прекращеніе пучинъ.

На Московско-Нижегородской жел. дорогѣ дренажи изъ цементныхъ 3" трубъ съ кольцами уложены въ выемкахъ 58 и 59 верстъ въ 1895 и 1896 годахъ для поперечнаго дренированія балластныхъ корытъ, съ выпускомъ въ деревянные ряжевые кюветные лотки описанаго выше устройства. Вокругъ трубъ сложены π -образные желоба изъ плитообразнаго камня, затѣмъ сверхъ нихъ насыпанъ слой камня 0,15 саж., покрытый, въ свою очередь, двумя рядами дерна травою внизъ. Дренажи дѣйствуютъ покуда удовлетворительно (черт. 50).

в) *Каменные дренажи*. Для этого *по оси* полотна или чаще *подъ кюветами* прорываютъ траншею до проектнаго уровня заложения дренажа. Затѣмъ насыпается слой камня или же сначала устраивается изъ плитняка каменный желобъ вида $\wedge$ или π , а потомъ уже дѣлается насыпка камня толщиною 0,15 — 0,30 саж., поверхъ котораго кладутъ плашмя дернъ, а затѣмъ засыпаютъ съ плотною утрамбовкою мѣстнымъ грунтомъ. Уклонъ и прочія условія дренажа опредѣляются, какъ и въ прочихъ случаяхъ. Относительно формы поперечнаго сѣченія такихъ трубочекъ можно думать, что π -образный видъ болѣе цѣлесообразенъ, особенно, если боковыя грани больше ширины сѣченія, такъ при такихъ условіяхъ трубочка будетъ дольше работать, ибо наносы будутъ складываться прежде всего на днѣ ея, не задѣвая за верхнюю полку.

Такого рода дренажи устроены, между прочимъ, на слѣдующихъ дорогахъ:

Юго-западные дороги. На 399 и 499 верстахъ заложены дренажи подъ кюветами. При этомъ въ кюветахъ вырывалась траншея глубиною отъ 0,70—0,90 саж. ниже дна кювета, съ уклономъ 0,005. На днѣ вырытой канавы прокладывался треугольный желобъ изъ плитняка съ засыпкою сверху на 0,30 сажени камнемъ. Сверхъ камня укладывался плашмя дернъ, травою внизъ, затѣмъ канава за-

сыпалась съ плотною утрамбовкою *глиною*. Дно кювета поверхъ этой засыпки замащивалось. Такой дренажъ дѣйствовалъ хорошо первыя 2—3 зимы, засимъ засорился.

На Балтійской жел. дорогѣ на 155 и 156 верстахъ на протяженіи 400 саж. устроены *щебеночный* дренажъ нижеслѣдующимъ путемъ. Посрединѣ полотна дороги вырыта траншея глубиною въ 1 сажень и затѣмъ засыпана щебнемъ до верху. Мѣра эта оказалась цѣлесообразною, такъ какъ пучины замѣтно уменьшились.

На Уральской жел. дорогѣ устраиваются π -образные каменные дренажи по оси кюветовъ, на глубинѣ 0,75 саж. отъ дна таковыхъ. Поверхъ каменнаго желоба—слой щебня въ 0,20 саж.; затѣмъ дернъ плашмя, глина и мощеніе кювета. Отстойные колодцы дѣлаются лишь въ длинныхъ выемкахъ. Дѣйствіе дренажей удовлетворительно.

На Юго-Восточныхъ дорогахъ дренажъ дѣлается изъ такихъ же плитныхъ π -образныхъ желобовъ, поверхъ которыхъ устраивается кладка изъ *камня на мху*, затѣмъ два ряда дерна плашмя, а остальное пространство заполняется глиною. Дренажъ дѣйствуетъ удовлетворительно, но не *устраняетъ совсѣмъ* пучинъ.

На Московско-Нижегородской жел. дорогѣ въ выемкахъ 38 и 39 версты устроены осенью 1896 г. каменные поперечные дренажные выпуски изъ балластныхъ корытъ въ углубленные кюветы при условіи заложения начального конца дренажа въ междупутьи на глубинѣ 0,66 саж., а съ выходнаго конца въ кюветѣ на глубинѣ 1,10 саж. Дренажъ на каждомъ звенѣ рельсъ въ ширину ящика между шпалами. Прокопавъ траншею между шпалами на днѣ таковой укладывался тесовый желобъ въ видѣ буквы π , причемъ крышка желоба снималась сначала, затѣмъ въ желобѣ выкладывалась каменная π -же образная трубочка изъ плитняка, прикрывавшаяся послѣ сего крышкою тесоваго желоба. Поверхъ сего послѣдняго насыпался слой булыжника въ 0,15 саж., сверхъ котораго располагались два ряда дерна плашмя затѣмъ сыпался до верху балластъ. Дѣйствіе дренажа 1896—1897 г. въ общемъ удовлетворительно, такъ какъ пучины понизились съ 0,08 саж. до 0,03 саж. (черт. 51). На Юго-Западныхъ дорогахъ на 244 верстѣ устроены дренажъ изъ Одесскаго штучнаго камня (песчаника), при общей длинѣ въ 400 п. саж. и съ отстойными колодцами черезъ каждыя 100 саж., съ глубиною заложения 0,80 ниже дна кювета. Сѣченіе трубки (черт. 52) 5 вер-

ковъ. Общая наружная высота каменной трубы 15 вершковъ. Съ устройствомъ вышеозначеннаго дренажа *пучины совершенно прекратились* ¹⁾).

Фашинные дренажи (черт. 53). Поперечное сѣченіе подобнаго рода дренажей видно изъ чертежа. Для фашинника употребляется *ивовый* или *ольховый* свѣжій хворостъ. Такого рода дренажъ, однако, весьма быстро затягивается и перестаетъ дѣйствовать. Фашинный дренажъ устроенъ на товарной станціи Рыбинско-Бологовской жел. дороги: ширина дренажей 0,30 саж. глубина 0,70 саж. Черезъ каждыя 5 сажень устроены такіе же поперечные выпуски до отводныхъ кюветовъ.

д) *Деревянные дренажи*. Такого рода дренажи могутъ быть устроены въ видѣ Δ или π —образныхъ желобовъ изъ досокъ или изъ пластинъ, сколоченныхъ несовсѣмъ плотно, дабы черезъ швы могла бы фильтровать вода въ самый желобъ. Трубы такого рода, находясь постоянно въ грунтѣ пропитанномъ водою весьма долговѣчны. Примѣромъ деревяннаго дренажа можетъ служить дренажъ устроенный на 1076 верстѣ Сызрано-Вяземской желѣзной дороги: для каждаго звена дренажныхъ трубъ употреблены по три старыхъ годныхъ шпалы, соединенныхъ въ стыкахъ: одно звено съ другимъ шпонками, при Δ сѣченіи желоба (черт. 54). Дренажъ этотъ работая въ общемъ удовлетворительно (и зиму и лѣтомъ идетъ черезъ него вода) — не былъ, однако же, въ состояніи оказать существеннаго вліянія на уменьшеніе пучинъ.

§ 29. Уменьшеніе пучинъ покрытіемъ полотна веществами свободно пропускающими воду и дурно проводящими тепло. Основная мысль вышеозначеннаго способа заключается въ томъ, чтобы покрытіемъ полотна веществами, обладающими вышеприведенными свойствами *добиться такого положенія линіи промерзанія, при которомъ она была бы искусственнымъ путемъ повышена до слоя свободного, какъ отъ вліянія дождевой воды, такъ и отъ дѣйствія грунтовыхъ водъ,* такъ какъ при такихъ обстоятельствахъ исключается возможность постепеннаго намерзанія воды,—а, слѣдовательно, и самыхъ пучинъ. Теоретическія данныя необходимыя для цѣлесообразнаго рѣшенія о

¹⁾ V Совѣщ. Съѣздъ Инженеровъ 1889 г.

Сл. Пути. Докладъ инженера С. Д. Карейши.

повышеніи линіи промерзанія грунта разсмотрѣны были нами выше (§ 14), что же касается до практическихъ данныхъ, то вышеозначеннаго рода работы могутъ быть сведены къ двумъ разрядамъ: 1) *къ увеличенію толщины балластнаго слоя* и 2) *къ оставленію на зиму пучинистыхъ мѣстъ подъ прикрытіемъ толстаго слоя снѣга*.

1) Обращаясь къ первому изъ названныхъ приѣмовъ отмѣтимъ то обстоятельство, что при выполненіи такой работы приходится мѣнять первоначальную профиль линіи и, посему, пользоваться такимъ способомъ можно только въ тѣхъ случаяхъ, *когда получающіеся новые уклоны не будутъ больше предѣльныхъ*, допускаемыхъ по техническимъ условіямъ для той или другой дороги. Насколько въ общемъ мѣняется профиль при примѣненіи сего способа — можно видѣть изъ профили 58 версты Московско-Нижегородской желѣзной дороги (черт. 22), обстоятельства измѣненія котораго были уже нами разсмотрѣны ¹⁾.

Величины досыпки балласта на различныхъ дорогахъ различны и находятся въ зависимости отъ мѣстныхъ условій: нѣкоторыя дороги увеличиваютъ толщину балластнаго слоя до 0,40; другія даже до 0,55 ²⁾. При этомъ оказывается, что тамъ, гдѣ глубина промерзанія и разстояніе таковой отъ поверхности было рассчитано болѣе или менѣе правильно, — результаты получались удовлетворительные, но *въ общемъ* можно лишь сказать, что способомъ этимъ покуда достигнуто лишь осязательное *уменьшеніе* высоты пучинъ, но отнюдь не уничтоженіе таковыхъ. По мнѣнію инженера Штукенберга ³⁾ неудовлетворительные результаты примѣненія вышеозначеннаго способа, наблюдавшіеся имъ на Николаевской желѣзной дорогѣ, указывали лишь на то обстоятельство, что высота досыпки не соотвѣтствовала надлежащему выведенію линіи промерзанія изъ раіона вліянія грунтовыхъ водъ. Самый способъ производства работъ заключается въ томъ, что, разровнявъ (черт. 55) старый балластъ изъ положенія a, b, c, d высоты h_1 въ положеніе a_1, b_1, c_1, d_1 , досыпаютъ необходимый слой до расчетной высоты h_2 . Во избѣжаніе спалзыванія балласта въ кюветъ откосъ балласта вымачи-

¹⁾ § 17.

²⁾ Орловско-Грязская линія Юго-Восточныхъ желѣзныхъ дорогъ.

³⁾ „Инженеръ“ 1885. Т. IV, кн. 10, стр. 89.

вается или же устраивается обдѣлка кюветовъ старыми шпалами по одному изъ разсмотрѣнныхъ выше способовъ.

Примѣрами работъ по этому способу, давшими удовлетворительные результаты, могутъ служить нижеслѣдующіе:

Самаро-Златоустовская желѣзная дорога. Увеличеніе толщины балластнаго слоя до 0,50 сажени на 3-хъ верстахъ пучинистаго перегона Симская-Кропачево достигнуто значительное уменьшеніе высоты пучинъ.

Юго-Западные желѣзные дороги. Увеличеніемъ балластнаго слоя на 0,10 сажени въ выемкахъ 117 и 118 верстъ Волочисской вѣтви пучины понижены съ 4 до $2\frac{1}{2}$ ".

Рыбинско-Бологовская желѣзная дорога. Въ выемкахъ 25, 34 и 35 верстъ доведеніемъ балластнаго слоя до 0,40 сажени—понижена высота пучинъ съ 0,06 до 0,02 сажени.

Орловско-Грязская линія Юго-Восточныхъ желѣзныхъ дорогъ. Съ 1893 года примѣняется мѣстами увеличеніе балластнаго слоя до высоты 0,45—0,55 сажени, причемъ получаютъ удовлетворительные результаты.

II) *Оставленіе пучинистыхъ мѣстъ подъ прикрытіемъ слоя снѣга* — одна изъ излюбленныхъ мѣръ, практикуемыхъ большинствомъ дорожныхъ мастеровъ на пучинистыхъ околodкахъ. Вліяніе снѣжнаго покрова на промерзаемость грунта выяснено нами въ § 10. На практикѣ поступаютъ такъ: не счищаютъ въ пучинистыхъ мѣстахъ снѣгъ съ кювета, а берму, бровку и путь чистятъ лишь настолько, насколько это не препятствуетъ свободному слѣдованію подвижнаго состава, наблюдая при этомъ лишь за тѣмъ, чтобы берма была немного ниже остальной части пути и сопрягалась бы съ таковымъ пологимъ откосомъ. Такимъ пріемомъ можно понизить высоту пучинъ на 0,02—0,03 сажени.

III) Есть еще одинъ способъ искусственнаго повышенія линіи промерзанія, практикуемый по словамъ профессора Карейши ¹⁾ на австрійскихъ желѣзныхъ дорогахъ и примѣненный въ видѣ опыта на 629 и 631 верстахъ главной линіи Юго-Западныхъ желѣзныхъ дорогъ. Способъ этотъ былъ предложенъ ремонтными рабочими чехами и заключается въ искусственномъ *подогрваніи* полотна *наво-*

¹⁾ V-й Совѣщательный Сѣздъ Инженеровъ Службы пути. 1889, стр. 144.

зомъ. Съ этою цѣлью (черт. 56) въ срединѣ междупутья [полотно въ вышеозначенныхъ мѣстахъ — подъ два пути, но уложенъ лишь одинъ путь] — вырыты каналы глубиною 0,50 сажени и шириною 0,30 сажени; въ первой выемкѣ — длиною 8 сажень, а во второй — 75 сажень. Дно канавъ имѣло небольшой уклонъ и изъ нихъ были сдѣланы выпуски за нулевые точки выемокъ. Канавы были заполнены до верху конскимъ навозомъ, и для усиленія горѣнія такового черезъ каждыя 2 — 3 сажени были сдѣланы продушины, состоявшія изъ небольшихъ сноповъ соломы, постановленныхъ отвѣсно. Отъ согрѣванія полотна указаннымъ выше путемъ пучины почти совсѣмъ уничтожились, хотя высота таковыхъ ранѣ доходила до 0,06 сажени.

§ 30. Устраненіе пучинъ въ насыпяхъ. До сихъ поръ мы разсматривали способы борьбы съ пучинами въ выемкахъ. Переходя къ разсмотрѣнію работъ по уменьшенію или даже совершенному устраненію пучинъ *въ насыпяхъ* и обративъ вниманіе (§ 8) на причину образованія таковыхъ — не трудно видѣть, что мѣры борьбы противъ этого рода пучинъ могутъ быть сведены къ двумъ работамъ:

а) *Къ достиженію равномерной передачи давленія шпалами на полотно.*

б) *Къ отводу поступающей въ корыта воды.*

Первое обстоятельство возможно лишь при надлежащей толщинѣ балластного слоя: по мнѣнію весьма авторитетнаго нѣмецкаго инженера Шуберта — необходимо въ предупрежденіе образованія балластныхъ корытъ *увеличивать толщину балластного слоя на величину равную разстоянію между сосѣдними шпалами*. По постановленію XIII съѣзда Инженеровъ Службы Пути толщина эта должна быть никакъ не меньше 0,20 сажени ¹⁾ при наилучшихъ условіяхъ грунта; въ случаѣ же насыпей, состоящихъ изъ жирныхъ глинистыхъ породъ, толщину балласта слѣдуетъ увеличивать до 0,30 — 0,40 сажени.

Отводъ воды, попадающей и застаивающейся въ балластныхъ корытахъ можетъ быть достигнутъ нижеслѣдующими тремя способами:

а) Устройствомъ *поперечныхъ выпусковъ* изъ балластныхъ корытъ

¹⁾ XIII Совѣщ. Съѣздъ Инженеровъ Сл. Пути. Стр. 66.

(по срединѣ каждаго звена рельсъ или же еще чаще), причемъ выпускъ долженъ быть заложенъ обязательно на 0,05 — 0,10 сажени *ниже* *дна* балластнаго корыта и имѣть достаточный уклонъ въ сторону отъ пути.

б) Устройствомъ *продольныхъ дренажей* по оси междупутья съ поперечными выпусками такого же рода, какъ указано въ п. а.

Послѣдній способъ при правильномъ заложеніи дренажей можетъ дѣйствовать безъ перекладки трубъ 4 — 5 лѣтъ, засимъ большею частью трубы засоряются, и является необходимость въ перекладкѣ таковыхъ, что сопряжено съ большими неудобствами, особенно на дорогахъ съ бойкимъ движеніемъ. Въ томъ и другомъ способѣ рѣдко когда удается достигнуть полнаго уничтоженія пучинъ. Вотъ почему гораздо цѣлесообразнѣе:

в) *Пріемъ замѣны грунта наружныхъ краевъ* корытъ: балластомъ, гравіемъ или вообще *водопронускающимъ веществомъ*, но при непремѣнномъ соблюденіи условія, чтобы самыя пониженныя точки корытъ являлись бы самыми высокими точками полотна въ поперечномъ его профилѣ (черт. 57). Нагляднымъ примѣромъ уничтоженія подобнаго рода пучинъ можетъ служить работа произведенная нами въ 1893 году на Плавской насыпи Московско-Курской ж. д., гдѣ зимою приходилось имѣть постоянно дѣло съ верховыми пучинами въ 0,015 саж. высотой, а въ 1893 году сползла на протяженіи около 125 сажень вся правая часть насыпи (Московского пути) и немного тронулся и Курскій путь. Буреніе показало присутствіе на глубинѣ 0,60—0,80 саж. балластныхъ корытъ, низъ которыхъ былъ пропитанъ водою. Вслѣдствіе сего пришлось снять всю сползшую часть насыпи и сдѣлать новую присыпку изъ растительной земли: къ старой насыпи, обдѣланной уступами. Въ виду же того обстоятельства, что насыпь и балластныя корыта подъ Курскимъ путемъ оставлены были безъ измѣненія — пришлось верхъ новой присыпки на глубинѣ дна балластныхъ корытъ Курскаго пути скосить по *аб* съ замѣною земли на этомъ пространствѣ хорошимъ балластомъ и сдѣлать, кромѣ того, поперечные дренажные каменные выпуски, послѣ чего новая присыпка за три года осѣла всего на 0,025 сажени, и *совершенно* прекратились всякія пучины.

§ 31. Уничтоженіе пучинъ способомъ замѣны грунта составляетъ наиболѣе дѣйствительный пріемъ капитальнаго ремонта пучинъ въ

томъ случаѣ, когда полное прегражденіе доступа воды къ полотну невозможно ¹⁾. Такъ какъ основная мысль этого способа заключается въ томъ, чтобы грунтъ пучинистый замѣнить грунтомъ, исключаящимъ возможность образованія пучинъ при условіи *оставленія линіи* промерзанія грунта въ нормальномъ для данной мѣстности *положеніи*, то, очевидно, замѣну грунта приходится дѣлать на полную глубину промерзанія, иначе нижніе слои оставленной пучинистой почвы, въ предѣлахъ промерзанія, будутъ приподнимать слои смѣшеннаго надъ нею грунта. Такимъ образомъ, прежде чѣмъ приступать къ работамъ по этому способу нужно:

I. Внимательно ознакомиться (§ 10) съ глубиною *промерзанія* грунта въ данной мѣстности.

II. Въ виду значительной дороговизны работъ этого рода — *въ точности опредѣлить* (§ 17) *мѣста* пучинъ, дабы ограничиться, по возможности, замѣною грунта не всей выемки, а лишь отдѣльныхъ участковъ таковой.

III. *Переходъ* отъ замѣненнаго грунта къ мѣстному, въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ таковой еще пучинистъ (въ томъ случаѣ, напримѣръ, если работа замѣны распределена на нѣсколько лѣтъ), дѣлать постепеннымъ пологимъ откосомъ ²⁾, иначе на границѣ участка замѣненнаго грунта съ оставленнымъ мѣстнымъ высота пучинъ изъ относительной дѣлается абсолютной и можетъ даже увеличиться противъ прежней: такъ не рѣдко на такой границѣ появляются пучины въ два или три раза большей высоты, противъ прежней. Инженеру Климчицкому ³⁾ приходилось наблюдать пучины въ 0,11 сажени, тамъ, гдѣ раньше высота относительно вспучиванія не превышала 0,035 саж.

Подобнаго же рода явленіе пришлось намъ наблюдать на 59 верстѣ Московско-Нижегородской ж. д. на границѣ вполне хорошо осушеннаго отводомъ воды полотна съ частью не осушеннаго, причемъ величина пучинъ съ 0,03 саж. въ означенномъ мѣстѣ возрасла до 0,072.

¹⁾ Въ этомъ смыслѣ высказался и XIII Совѣщательный Сѣздъ Инженеровъ Сл. Пути.

²⁾ На Николаевской ж. д. разгонъ котлована вынутаго грунта на „нѣтъ“ дѣлается на протяженіи 10 пог. саж.

³⁾ XIII Совѣщательный Сѣздъ Инженеровъ Сл. Пути. Стр. 41.

IV. Въ случаѣ если есть хоть какая-либо возможность *отвести грунтовую воду* и понизить такимъ путемъ уровень почвенныхъ водъ (на днѣ образовавшагося при замѣнѣ грунта котлована) *не слѣдуетъ пренебрегать* этою мѣрою, такъ какъ хотя на нѣкоторыхъ дорогахъ ¹⁾ и получались удовлетворительные результаты и *безъ* добавочнаго отвода воды, но это можно объяснить лишь болѣе или менѣе благопріятными какими-либо мѣстными обстоятельствами, и не дѣланіе отвода воды изъ котловановъ не должно служить общимъ правиломъ, ибо при производствѣ работъ замѣны грунта возможны и такіе случаи:

а) По вынугиіи плывуна или другого пучистаго грунта на днѣ котлована грунтовая вода иногда стоитъ на довольно высокомъ уровнѣ (0,30 — 0,40 сажени), и если уровень этотъ не понизить, то путемъ волосности (§ 13) вода можетъ подняться еще выше, и вся часть *промоченнаго* песку, находясь въ предѣлахъ замерзанія, дастъ возможность образоваться ледянымъ прослойкамъ, причѣмъ таковыя, особенно, если песокъ еще вдобавокъ мелокъ, не имѣя возможности свободно расширяться могутъ служить причиною, хотя и меньшихъ, противъ прежняго, пучинъ; другими словами, при данныхъ условіяхъ, мы возвратились бы къ случаю *верховыхъ пучинъ отъ балластныхъ корытъ*.

б) Если уже никоимъ образомъ не возможно устраивать добавочнаго отвода воды, то слѣдуетъ, по крайней мѣрѣ, замѣну грунта на высоту стоянія грунтовыхъ водъ — высоту подъема отъ волосности, производить *крупнозернистыми* матеріалами, при которыхъ образующіеся ледяные кристаллы имѣли бы достаточно мѣста для своего расширенія, напримѣръ, щебнемъ или булыжнымъ камнемъ, а уже остальную часть гравіемъ или крупнозернистымъ балластомъ.

V. *Ширина котлована* для замѣны пучинистаго грунта, какъ показалъ опытъ ²⁾, должна выступать, по меньшей мѣрѣ, на 0,10 сажени за концы шпаль, т. е. быть *не меньше 1,45 сажени*, такъ какъ въ противномъ случаѣ, т. е. когда шпалы, хотя немного проектируются на пучистые края стѣнокъ котлована, бываютъ случаи *новыхъ пучинъ*.

¹⁾ С.-Петербургско-Варшавская и Николаевская.

²⁾ Стр. 41, XII Совѣщ. Съѣздъ Инженеровъ Службы Пути. 1894.

VI. Что же касается до того, слѣдуетъ ли мѣнять сплошь весь грунтъ въ пучинистой выемкѣ или ограничиться замѣною лишь отдѣльныхъ участковъ, то очевидно, *мѣстная* замѣна грунта предпочтительнѣе тамъ, гдѣ въ длинной выемкѣ существуетъ небольшое количество хотя и значительныхъ по высотѣ, но разбросанныхъ по всему протяженію выемки пучинъ. Къ *сплошной* же замѣнѣ слѣдуетъ прибѣгать, наоборотъ, въ томъ случаѣ, гдѣ между пучинами небольшіе перерывы. Вотъ почему такъ важно обратить вниманіе до приступа къ работамъ на точное опредѣленіе пучинъ путемъ nivelировки (§ 17).

Глубина замѣны грунта находится, какъ было сказано выше, въ зависимости отъ глубины промерзанія въ данной мѣстности. Нѣкоторыя величины для этой глубины были нами указаны въ таблицѣ § 10.

Способъ производства работъ по замѣнѣ грунта:

а) *Дорога въ два пути*. Одинъ изъ кюветовъ засыпается щебнемъ или покрывается сплошною настилкою изъ старыхъ годныхъ шпалъ, затѣмъ ближайшій къ вышеозначенному кювету путь передвигается на приготовленное такимъ образомъ полотно. Послѣ сего снимается съ освободившейся половины двупутнаго полотна сначала балластъ, засыпъ и пучинистый грунтъ до проектной глубины. Образовавшійся котлованъ засыпаютъ непучинистымъ грунтомъ и передвигаютъ путь на прежнее мѣсто. Точно также поступаютъ и съ другимъ путемъ. Такой способъ примѣняется на дорогахъ съ настолько бойкимъ движеніемъ, что нежелательно тормазить таковое устройствомъ однопутнаго движенія даже на самомъ короткомъ протяженіи; въ противномъ случаѣ устраивается телеграфный постъ и на пространствѣ смѣны грунта движеніе производится по одному пути.

б) *Дорога въ одинъ путь съ полотномъ подъ одинъ путь*. Порядокъ производства работъ тотъ же, что и въ предыдущемъ пунктѣ.

в) *Дорога въ одинъ путь, но съ полотномъ подъ два пути*. Мѣняется сначала грунтъ подъ свободною частью полотна; путь засыпъ передвигается на новое полотно и производится смѣна грунта на освободившемся пространствѣ и т. д.

§ 32. Различные способы смѣны грунта. Способы замѣны грунта можно раздѣлить на два главныхъ отдѣла: а) *Углубленіе всей вы-*

емки съ кюветами и откосами; б) *Выниманіе грунта только подъ полотномъ*. Всѣ же прочіе приемы составляютъ лишь видоизмѣненія въ нѣкоторыхъ частностяхъ тѣхъ же вышеозначенныхъ двухъ способовъ. Первый изъ сихъ послѣднихъ заключается, въ общихъ чертахъ, въ слѣдующемъ: полотно въ существующей пучинистой выемкѣ даннаго поперечнаго профиля срѣзается на глубину промерзанія грунта, причемъ одновременно срѣзаются и откосы выемки и кюветы до соотвѣтствія съ новою профилею, затѣмъ вынутае пучинистое полотно замѣняется хорошимъ балластомъ или гравіемъ или же насыпается сначала снизу на нѣкоторую высоту щебенъ или булыжникъ, а сверху досыпается до полной профили пескомъ.

Такого рода работы, стоящія весьма дорого, стараются въ видахъ удешевленія нѣсколько видоизмѣнять: не срѣзаютъ, напримѣръ, откоса выемки, а устраиваютъ подпорную стѣнку изъ сухой кладки. Типъ послѣдняго рода приема представляетъ собою работа устраненія пучинъ въ выемкахъ 5 и 8 верстъ Московско-Казанской ж. д. на подъемѣ къ станціи Сортировочной (черт. 58). Плывучій грунтъ подъ балластомъ замѣненъ на глубину 0,35 саж. крупнымъ пескомъ, и углублены соотвѣтственно кюветы. Подъ новымъ полотномъ черезъ каждыя *три* сажени сдѣланы поперечные дренажные каменные выпуски. Откосный бокъ кюветовъ сдѣланъ въ видѣ подпорной стѣнки изъ сухой кладки. Мы были лично очевидцами этой работы въ 1885 году и въ послѣдующую зиму не замѣчали болѣе пучинъ на замѣненной части полотна. Дальнѣйшее удовлетворительное дѣйствіе вышеозначеннаго способа подтвердилось и слишкомъ 9 лѣтъ спустя ¹⁾. Стоимость способа (около 50 рублей за 1 пог. саж. двупутнаго полотна), однако, настолько велика, что едвали можно предсказать ему приобрѣтеніе особо широкихъ правъ гражданства на нашихъ желѣзныхъ дорогахъ.

Нѣкоторое видоизмѣненіе сего способа представляетъ работа на 78 верстѣ Волочисской вѣтви Юго-Западныхъ желѣзныхъ дорогъ. Грунтъ былъ вынутъ подъ путемъ и въ кюветахъ на глубину 1,20 сажени и замѣненъ щебенемъ, послѣ чего профиль приняла нижеслѣдующій видъ (черт. 59). Пучины прекратились совершенно.

Болѣе употребителенъ второй способъ: *замѣны грунта только подъ путемъ* съ различными видоизмѣненіями:

¹⁾ См. XII Совѣщательный Свѣздъ Инженеровъ Службы Пути, стр. 41.

а) Выемка пучинистаго грунта *во всю ширину* полотна и до глубины кюветовъ. Примѣромъ такого приѣма служить работа, произведенная на 57 верстѣ Краматорской вѣтви бывшей Донецкой ж. дор., гдѣ подѣ путемъ былъ выбранъ до дна кюветовъ грунтъ и замѣненъ щебнемъ. Результатъ работъ получился удовлетворительный.

б) Выемка пучинистаго грунта *не во всю ширину* полотна, съ устройствомъ поперечныхъ выпусковъ въ кюветы. Такой способъ приименъ, между прочимъ, на нижеслѣдующихъ дорогахъ:

1. Сызрано-Вяземская ж. д. на 27 верстѣ отъ Ряжска въ выемкѣ глубиною 1,60 с. Здѣсь были углублены кюветы. Пучинистый грунтъ вынуть котлованомъ шириною 1,30 сажени на глубину 0,65 ниже подошвы рельсъ (черт. 60) и замѣненъ каменноугольнымъ шлакомъ, съ устройствомъ черезъ стѣнки котлована до кюветовъ выпусковъ изъ сухой бутовой кладки. Результатъ работъ получился удовлетворительный.

2. Сызрано-Вяземская ж. дор. Въ выемкѣ 1076 версты (между станціями Сызрань и Батраки). Выемка среднею глубиною въ 1 пог. сажень. На глубину 0,85 (черт. 61) ниже подошвы рельсъ и на ширину 1,50 былъ выбранъ котлованомъ весь пучинистый грунтъ и замѣненъ хорошимъ балластомъ. Правый кюветъ углубленъ до глубины 0,90 ниже подошвы рельсъ и изъ котлована сдѣланы черезъ каждыя 5 сажень дренажные выпуски шириною 0,50 с. изъ крупнозернистаго балласта. Въ лѣвомъ кюветѣ (со стороны притока водъ) былъ устроенъ дренажъ указаннаго на чертежѣ 54 типа. Весь кюветъ былъ вымощенъ камнемъ. Результатъ получился удовлетворительный.

3. Юго-Восточная ж. дор. Кюветы углубляются. Замѣна грунта производится на глубину около 0,80 сажень отъ подошвы рельсъ при ширинѣ котлована въ 1,45 сажени, причемъ *со дна такового дѣлаются поперечные дренажные выпуски въ углубленные кюветы.*

4. С.-Петербургско-Варшавская ж. дор. При глубинѣ кюветовъ въ 0,90 отъ подошвы рельсъ, пучинистый грунтъ вынимается до той же глубины, *съ оставленіемъ* призмъ грунта на бровкахъ полотна и посрединѣ полотна, но при этомъ дѣлаются прорѣзы въ кюветы черезъ каждыя 2 сажени. При глубинѣ кюветовъ 0,95 грунтъ вынимается лишь до глубины 0,90 и изъ котлована дѣлаются та-

кіе же выпуски, какъ и въ предыдущемъ случаѣ. По отзыву инженеровъ вышеозначенной дороги ¹⁾ оставленіе такихъ призмъ не оказываетъ вреднаго вліянія. Въ тѣхъ случаяхъ, когда глубина кювета была незначительна и имѣлись бермы въ откосѣ—кюветы углублялись до самой пониженной точки выпусковъ; если же бермъ не было, то углубляли кюветъ, устраивали досчатые дренажи, а затѣмъ насыпали поверхъ таковыхъ щебнемъ.

5. Варшаво-Тереспольская ж. д. Кюветы углубляются. Грунтъ замѣняется на 0,80 сажени хорошимъ пескомъ и дѣлаются выпуски въ кюветы.

6. Ивангородо-Домбровская ж. д. Тотъ же способъ, но съ замѣною лишь на глубину 0,50 сажени.

7. Привислянская ж. д. Тоже—на глубину 0,65 сажени.

в) *Выемка грунта подъ путемъ не во всю ширину полотна и безъ устройства какого-либо отвода воды* (въ тѣсномъ смыслѣ способъ *котловановъ*) производится, главнымъ образомъ, на Николаевской, а также и на С.-Петербургско-Варшавской ж. д.

Николаевская ж. д. Начало примѣненія способа относится къ 1891 году, гдѣ такія работы произведены были на 6 и 7 участкахъ, отличающихся своими пучинами. При этомъ оказалось, что въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ пучинистый грунтъ былъ замѣненъ балластомъ—пучины прекратились, но на границѣ замѣненного грунта и стараго увеличились. Вслѣдствіе этого при послѣдующихъ работахъ рѣзкой границы между замѣненнымъ и прежнимъ не оставлялось, что дало хорошіе результаты. Съ тѣхъ поръ продолжаетъ примѣняться этотъ же способъ во всѣхъ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ пучины болѣе значительны. При этомъ дно котлована въ полотнѣ *ниже* дна кюветовъ, выпусковъ же для воды изъ котлована не дѣлается. Результатъ работъ, согласно отзыва инженеровъ дороги, по 6-лѣтнему опыту, получался каждый разъ вполне удовлетворительный, т. е. пучины устранены совсѣмъ (черт. 62) ²⁾.

С.-Петербургско-Варшавская ж. д. примѣняетъ вышеозначенный способъ въ тѣхъ случаяхъ, когда глубина кюветовъ не превосходитъ 0,75 сажени отъ подошвы рельсъ и не представляется никакой воз-

¹⁾ См. Протоколы Сѣздовъ Инженеровъ Службы Пути. XII и XIII. 1894 и 1895 гг.

²⁾ Выемка грунта на 504 верстѣ.

возможности углубить таковые. Тогда грунтъ выпимается на глубину 0,15 с. *ниже дна* кюветовъ (т. е. въ общемъ на 0,90 с.), но зато во *всю* ширину полотна.

§ 33. Способъ замѣны пучинистаго грунта глиною. Во всѣхъ разсмотрѣнныхъ нами случаяхъ замѣны пучинистаго полотна пучинистымъ грунтомъ — матеріаломъ замѣны служилъ преимущественно крупнозернистый песокъ, гравій, иногда щебень или булыжники и, наконецъ, каменноугольный шлакъ. Но еще въ 1891—1893 гг. инженеръ Боровскій предложилъ производить эту замѣну *глиною*, обосновывая свой взглядъ тѣмъ, что: 1) если полотно въ выемкѣ состоитъ изъ однороднаго грунта, то въ немъ пучинъ—горбовъ не можетъ быть, ибо тогда полотно на протяженіи цѣлыхъ верстъ одинаково измѣняется отъ мороза; 2) глина разъ навсегда не допуститъ подъ полотно воды—единственной виновницы пучинъ.

Инженеръ Боровскій подтверждаетъ свой взглядъ нижеслѣдующимъ случаемъ изъ своей практики: на крайне пучинистомъ участкѣ, гдѣ онъ служилъ—въ *одной* лишь той выемкѣ, которая вся состояла изъ плотной однородной глины — и не было только пучинъ, тогда какъ во всѣхъ прочихъ выемкахъ со смѣшанными грунтами, особенно въ присутствіи плывуновъ вездѣ наблюдались пучины. Глина вышеуказанной выемки была настолько плотна, что поддавалась лишь дѣйствию лома.

Въ виду крайняго интереса, представляемаго предлагаемымъ способомъ, мы обращались съ запросомъ ко всѣмъ главнѣйшимъ желѣзнодорожнымъ линіямъ, съ просьбою сообщенія: не дѣлалось ли гдѣ либо опытовъ замѣны пучинистаго грунта глиною, но отовсюду получили отрицательный отвѣтъ, причемъ одинъ лишь авторъ способа сообщилъ намъ, что Варшавско-Вѣнская дорога въ техническомъ своемъ засѣданіи рѣшила сдѣлать этотъ опытъ, но засимъ, по другимъ соображеніямъ—не произвела его еще и до сего времени. Не имѣя посему, къ сожалѣнію, достаточнаго матеріала, чтобы судить о цѣлесообразности разсмотрѣннаго способа на практикѣ, можно тѣмъ не менѣе полагать, что при *безусловной чистотѣ, однородности* и одинаковой *плотности* глины, такой способъ можетъ привести къ удовлетворительнымъ результатамъ, такъ какъ атомы такой глины кристаллизуются въ призмы, плотно прилегающія одна къ другой,

почему такая глина или совѣтъ не будетъ вбирать въ себя воду или же (§ 13) весьма медленно и, слѣдовательно, особенно при сколько нибудь достаточномъ отводѣ главнаго притока воды — возможность такой глины сведется почти къ нулю, а вмѣстѣ съ тѣмъ и устранится опасность вспучиванія нижнихъ слоевъ въ предѣлахъ замерзанія грунта. Къ сожалѣнію, такую идеально чистую, однородную глину вообще найти можно сравнительно рѣдко, а вблизи желѣзныхъ дорогъ, гдѣ сильно развита промышленность—такая глина цѣнится на вѣсъ золота. Вотъ почему, едвали ошибемся, если скажемъ, что способу этому, съ теоретической точки зрѣнія весьма интересному, нельзя предсказать широкаго распространенія.

§ 34. Стоимость различнаго рода работъ по капитальному ремонту пучинъ видна изъ прилагаемой таблицы:

Наименованіе способа.	Стоимость одной погон. сажени.				Наименованіе способа.	Стоимость одной погон. сажени.			
	Отъ:		До:			Отъ:		До:	
	Р.	К.	Р.	К.		Р.	К.	Р.	К.
I. Отводъ воды открытыми канавами.					II. Отводъ воды дренажами.				
1. Углубленіе кюветовъ до 0с .33 съ дерновкою . .	—	75	1	50	1. Гончарными дренажами съ засыпкою сверху щебенемъ, при діаметрѣ трубъ 2½"—4"	3	—	—	—
2. Углубленіе кюветовъ до 0с .50 со срѣзкою откосовъ выемки, съ дерновкою кювета, а откосовъ выемки—въ ленту	2	—	3	50	2. Цементными съ отстойными колодцами.	3	50	—	—
3. Тоже до 0с .70 съ замощеніемъ дна кювета на мху	8	—	—	—	3. Гончарными дренажами обложенными фашинами . .	3	—	—	—
4. Углубленіе кюветовъ со срѣзкою одного лишь откоса и укрѣпленіемъ его контръ-форсомъ изъ сухой кладки	8	28	—	—	4. Гончарными дренаж. уложенными въ досчатый лотокъ съ покрытіемъ такового фашинникомъ и устройствомъ отстойныхъ колодцевъ.	—	—	6	—
5. Углубленіе кюветовъ безъ срѣзки откосовъ, съ укрѣпленіемъ боковъ кювета досчатою заборкою за свайки изъ старыхъ телеграфныхъ столбовъ	2	69	—	—	5. Каменные дренажи ¹⁾ съ платными трубочками . .	4	—	5	—
6. Тоже съ обдѣлкою кювета деревянными ряжевymi лоткомъ	15	—	16	50	6. Каменные дренажи изъ штучнаго камня	6	—	—	—
					7. Фашинные дренажи . . .	2	—	2	50
					8. Деревянные дренажи изъ треугольных трубочекъ изъ старыхъ шпалъ . . .	1	—	2	—

¹⁾ На стоимость въ значительной степени вліяетъ конечно мѣстная цѣна камня

¹⁾ На стоимость въ значительной степени вліяетъ конечно мѣстная цѣна камня (отъ 5 р. до 25 р. кубъ).

Наименованіе способа.	Стоимость одной погон. сажени.				Наименованіе способа.	Стоимость одной погон. сажени.			
	Отъ:		До:			Отъ:		До:	
	Р.	К.	Р.	К.		Р.	К.	Р.	К.
III. Покрытіе пло- хими проводниками тепла.					IV. Заѣмка пучинистаго грунта не пучинистымъ.				
1. Увеличеніе слоя балласта	2	25	—	—	1. Заѣмка ¹⁾ безъ устройства дрена- жей и отвода	³⁾ 10	—	²⁾ 40	—
2. Подогрѣваніе по- лотна на возомъ .	—	25	—	—	2. Тоже съ поперечными дренажами и каменною подпорною стѣнкою . .	²⁾ 50	—	—	—
					3. Тоже съ заѣмкою пучинистаго грун- та пескомъ, съ поперечными вы- пусками и продольнымъ дренажемъ въ кюветъ	9	—	—	—
					4. Тоже съ заѣмкою пучинистаго грун- та угольнымъ шлакомъ и попереч- ными дренажами изъ сухой кладки .	7	—	—	—

¹⁾ Пѣна балласта [отъ 2 р. 50 в. до 8 р. (Юго-Восточныя), (Никол. ж. д.) кубъ].
²⁾ Два пути.
³⁾ Оливъ путь [пѣна балласта 2 р. 50 в.—3 р. (Юго-Восточныя)].

¹⁾ Цѣна балласта [отъ 2 р. 50 к. до 8 р. (Юго-Восточныя), (Никол. ж. д.) кубъ].

²⁾ Два пути.

³⁾ Одинъ путь [цѣна балласта 2 р. 50 к.—3 р. (Юго-Восточныя)].

§ 34. **Заключение.** Изъ сопоставленія какъ научныхъ данныхъ, раз-
смотрѣнныхъ нами выше, такъ и практическихъ результатовъ капиталь-
наго ремонта пучинъ различными способами, обзоръ коихъ былъ толь-
ко что нами сдѣланъ—можно придти къ слѣдующимъ положеніямъ:

I. *Высота пучины въ каждомъ данномъ случаѣ можетъ быть всегда
значительно понижена* надлежащимъ выборомъ въ примѣненіи къ
мѣстнымъ условіямъ одного изъ вышеперечисленныхъ способовъ:
отвода воды или покрытія слоємъ плохо проводящимъ тепло, но
проницаемымъ для воды.

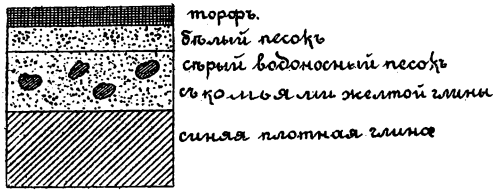
II. *Пучины могутъ быть уничтожны* совсѣмъ только лишь или
полнымъ отводомъ воды изъ полотна съ одновременнымъ преграж-
деніемъ ей доступа къ таковому въ предѣлахъ промерзаемости грунта
или замѣною пучинистаго грунта на глубину промерзанія грунтомъ
не пучинистымъ.

III. Если *отводъ воды* со дна котловановъ, дѣлаемыхъ при за-
мѣнѣ грунта, *возможенъ—то не слѣдуетъ пренебрегать и имъ.*

IV. При *невозможности полного отвода* воды изъ полотна *един-
ственнойю* цѣлесообразною *мѣрою слѣдуетъ признать замѣну* пучи-
нистаго грунта непучинистымъ на глубину промерзанія грунта.

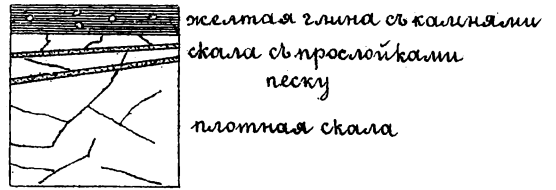
Инженеръ Л. Любимовъ.

Чер.1.



высика 58 в. Моск. Ниж.
ж.д.

Чер.5.



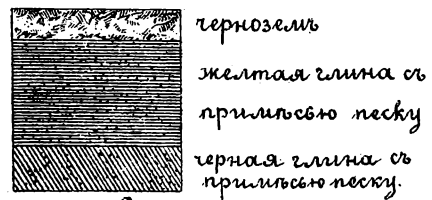
высика 240 в. Моск. Кур.
ж.д.

Чер.2.



высика 38 в. Моск. Ниж.
ж.д.

Чер.6.



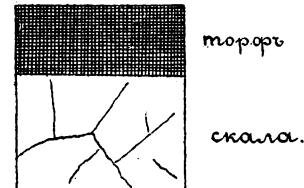
сызрано - Вазелинская
ж.д.

Чер.3.



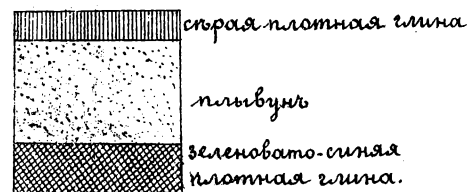
высика 59 в. Моск. Ниж.
ж.д.

Чер.7



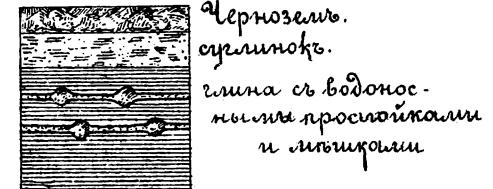
Балтийская ж.д.

Чер.4.



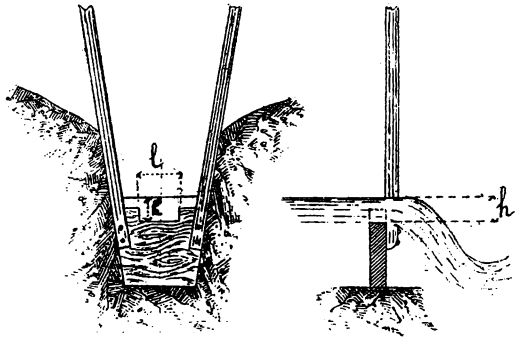
высика 197 в. Мос. Кур.
ж.д.

Чер.8.

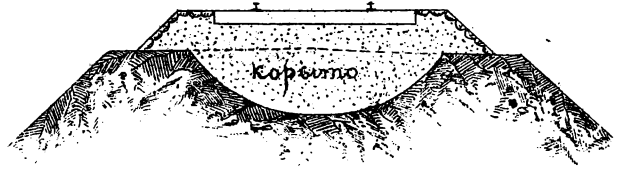


сызрано - Вазелинская
ж.д.

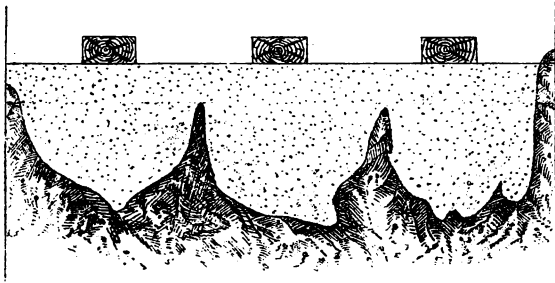
Чер. 9.
по А.Б



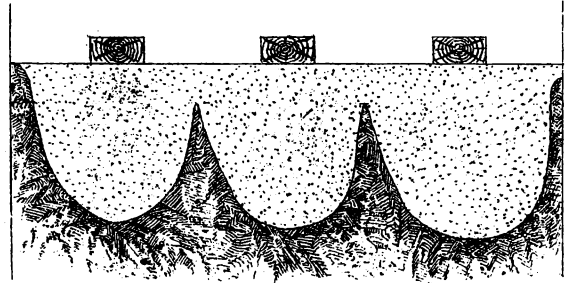
Чер. 10.



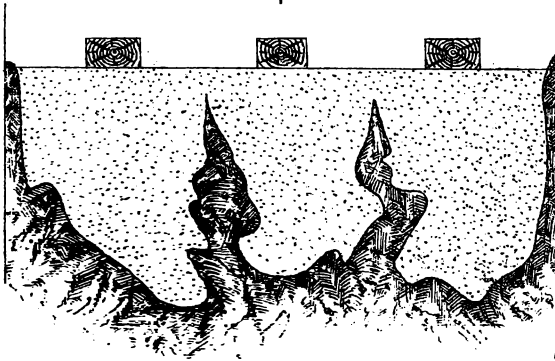
Чер. 11.



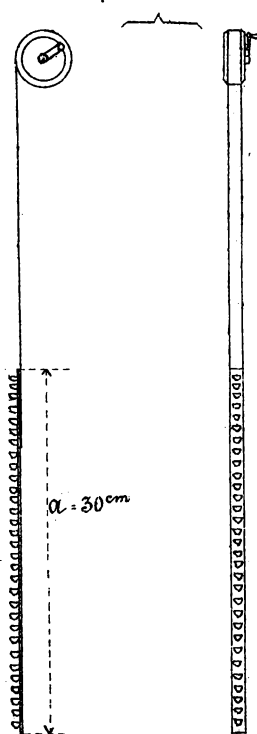
Чер. 12



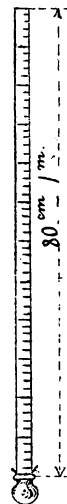
Чер. 13.



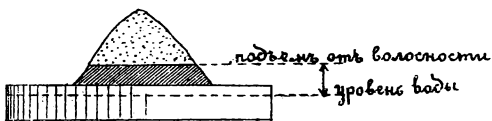
Чер. 14.



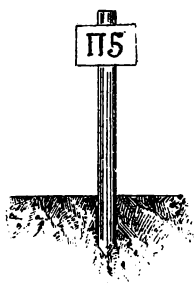
Чер. 16.



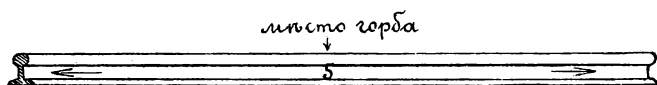
Чер. 15



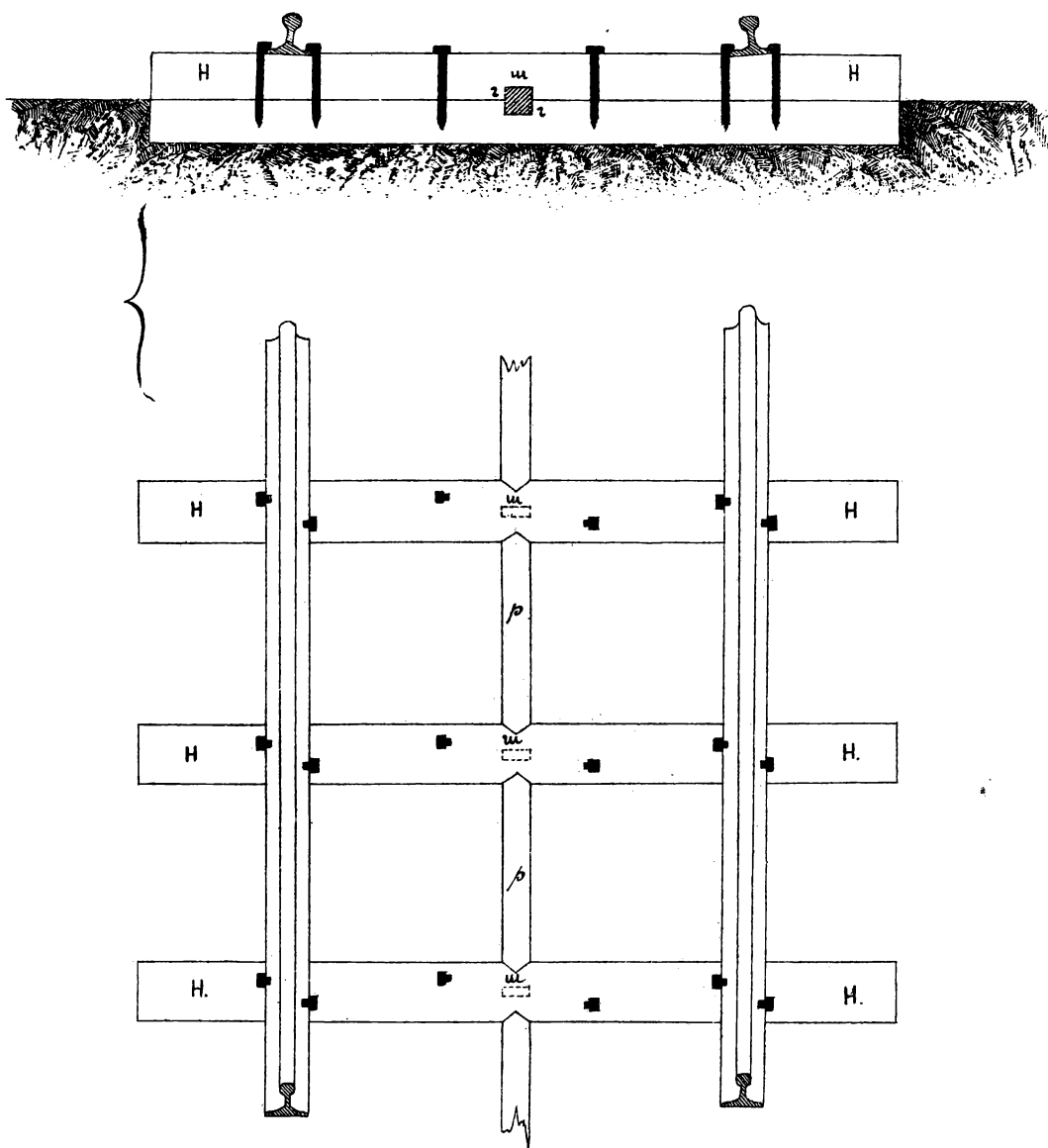
Чер. 23.



Чер. 24.

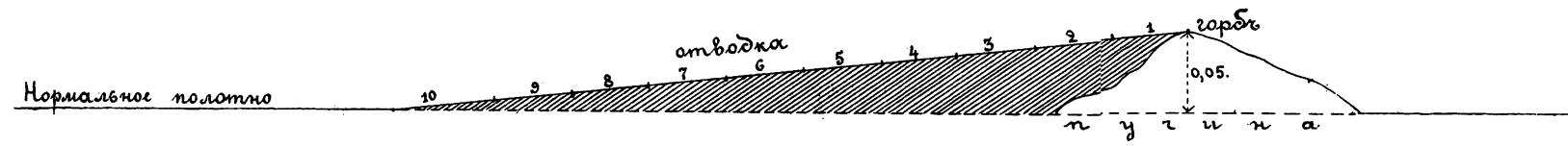


Чер. 25.



Чер. 26.

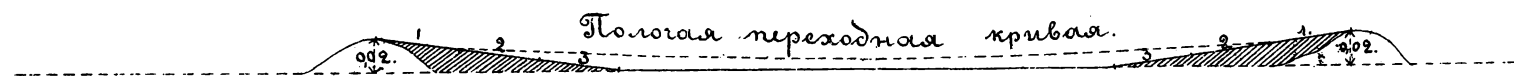
Схема отводки тупина



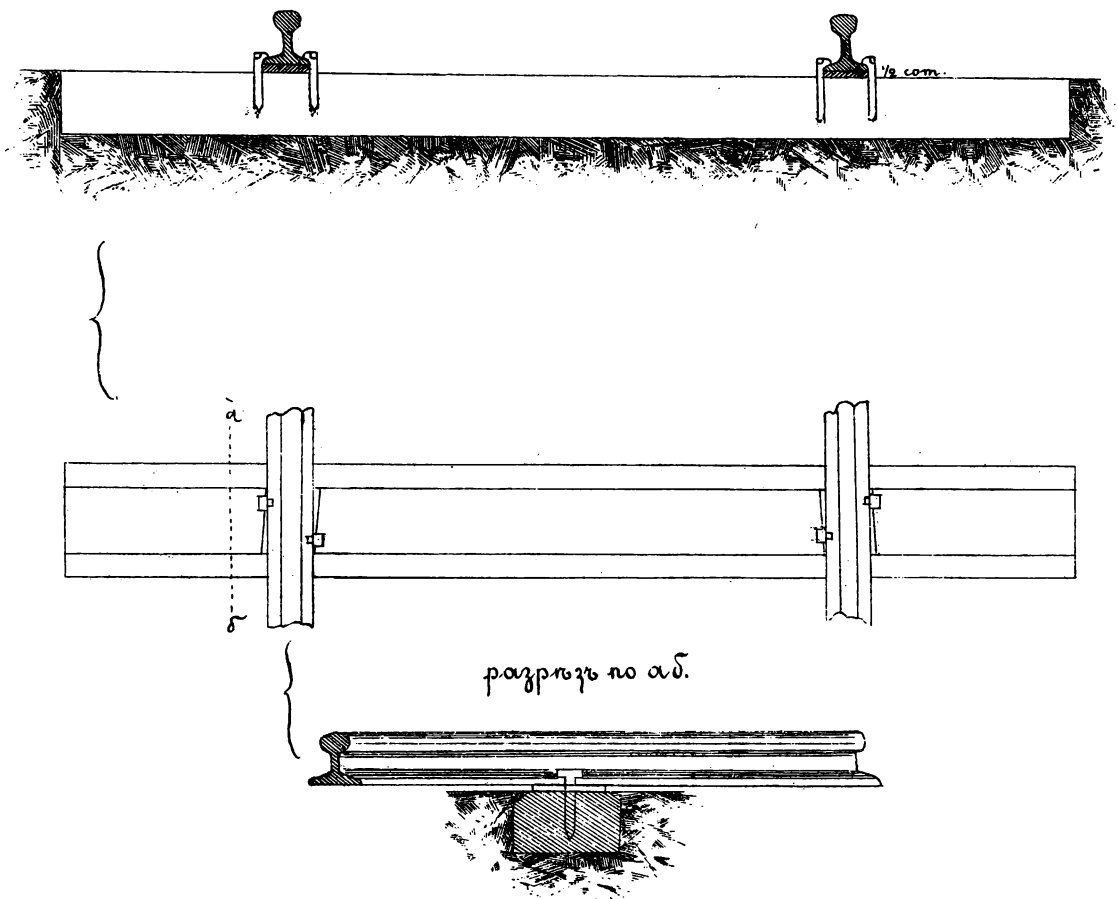
Чер. 27.



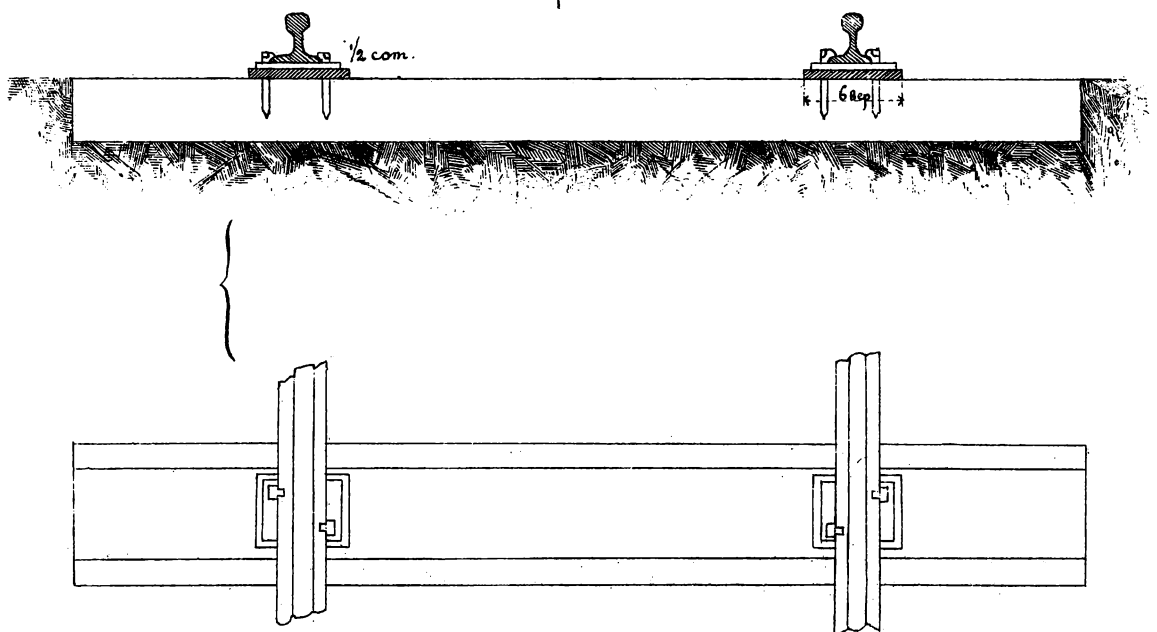
Чер. 28.



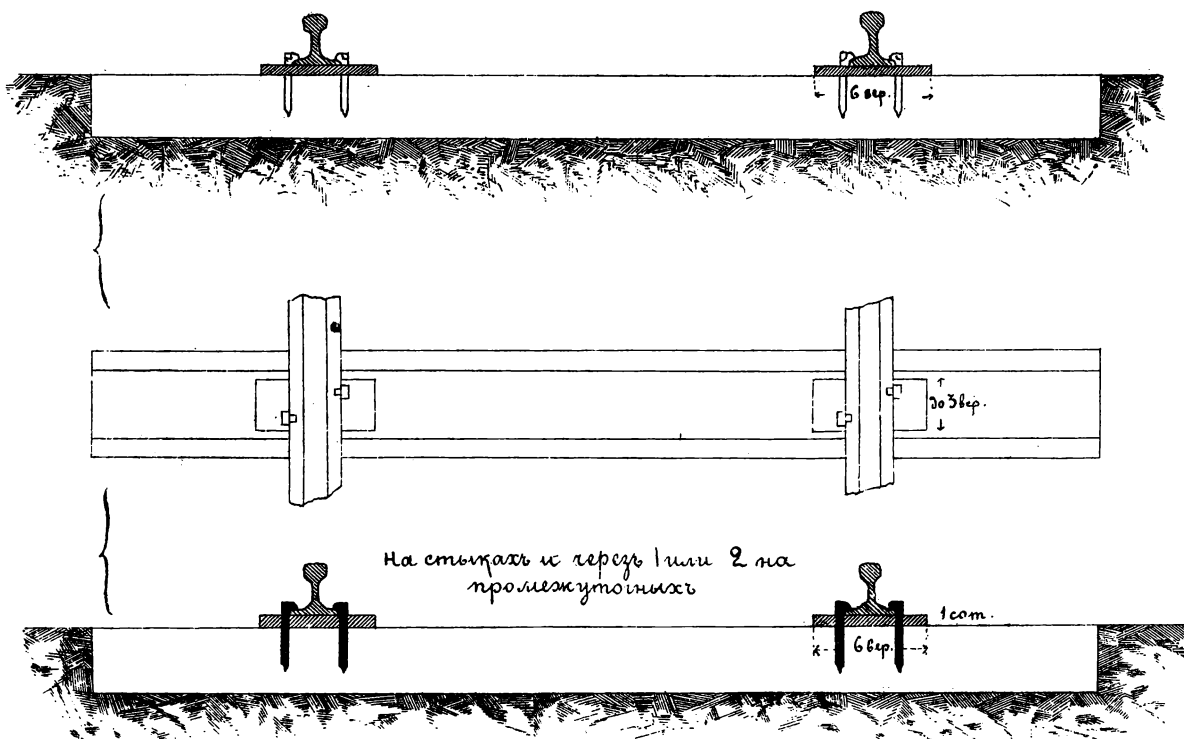
Чер. 29.



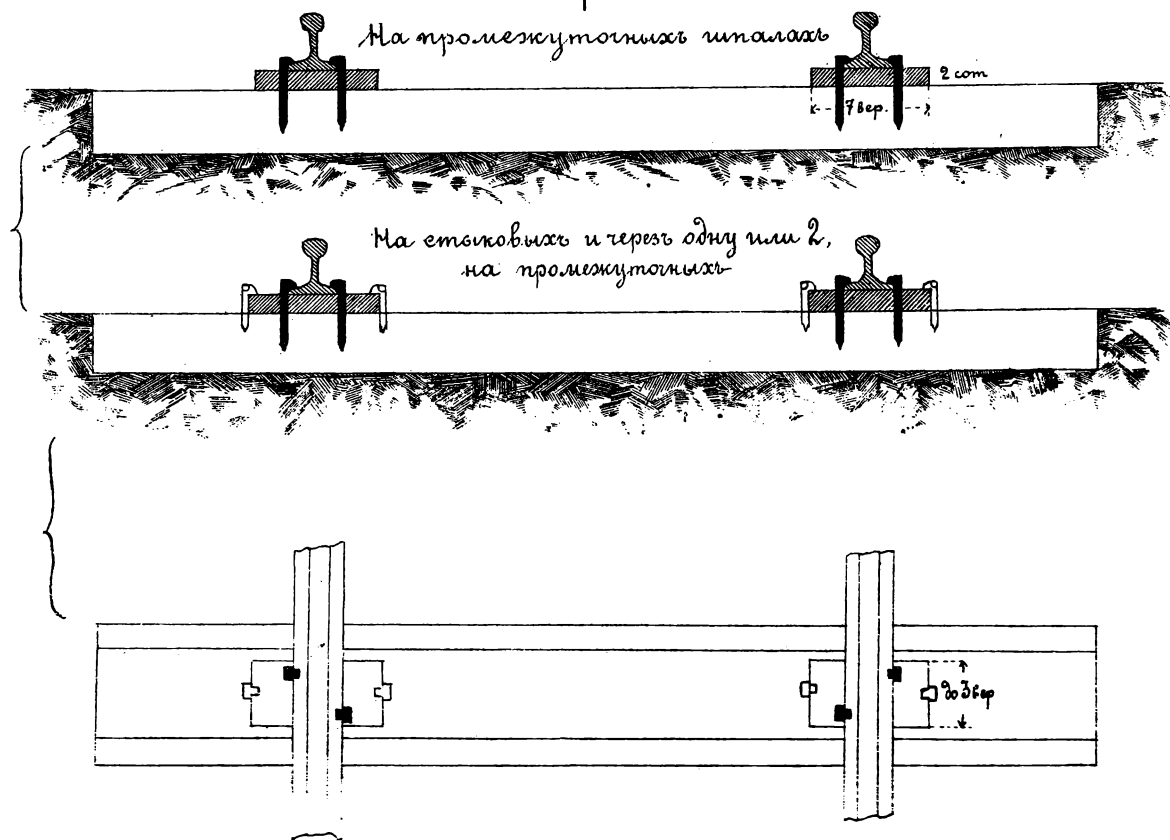
Чер. 30.



Чер. 31.

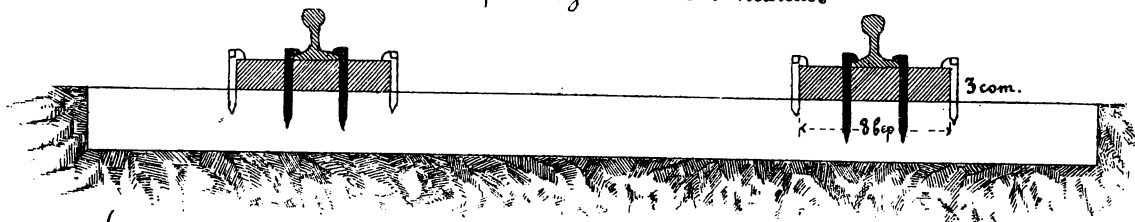


Чер. 32.

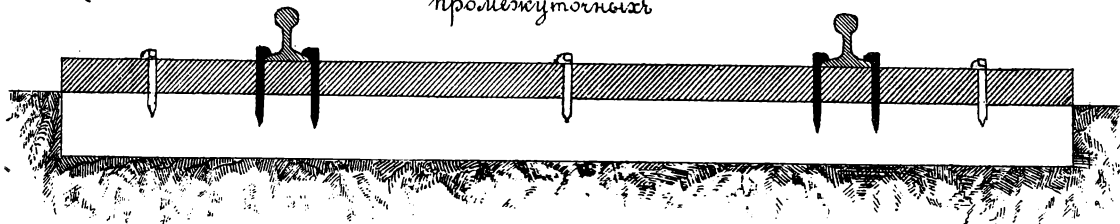


Чер. 33.

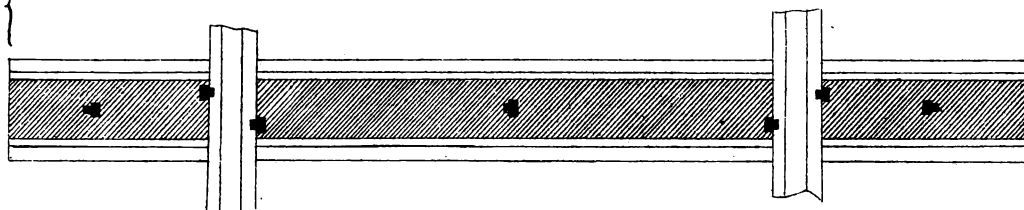
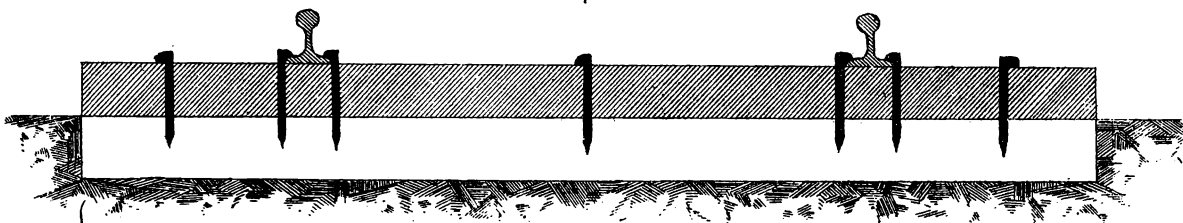
На промежуточных шпалах



На стыковых шпалах и на 2^х
промежуточных

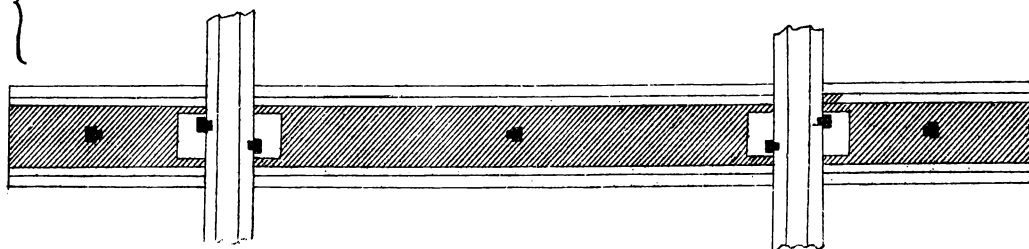
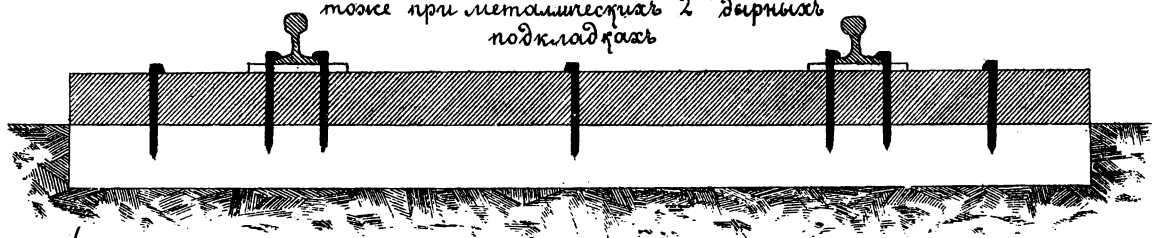


Чер. 34.^а

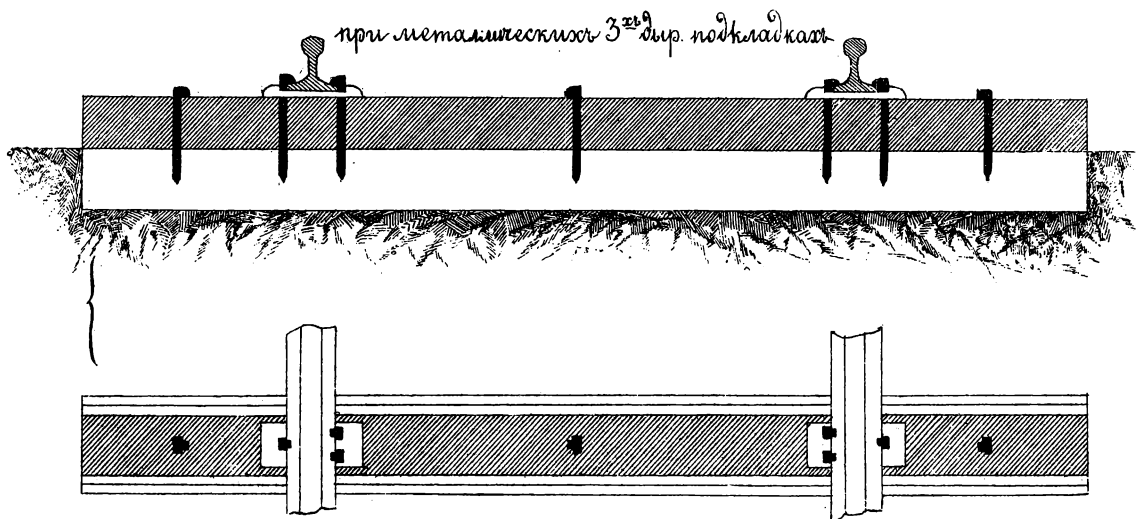


Чер. 34.^б

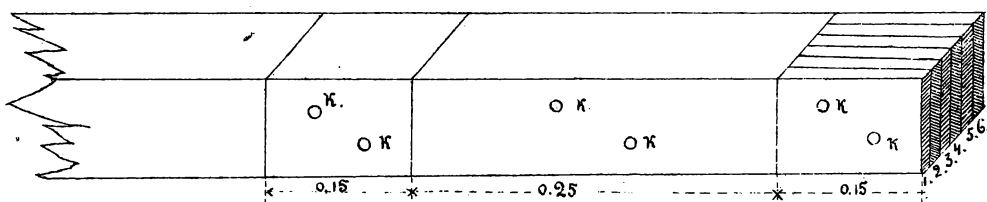
тоже при металлических 2^х дырках
подкладках



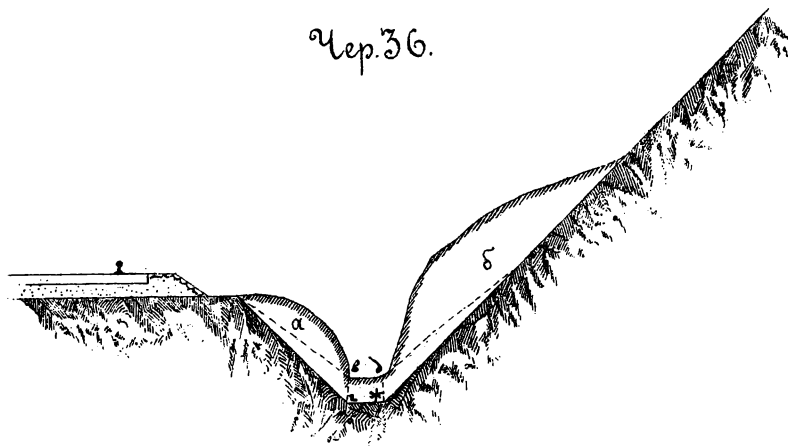
Чер. 34^б



Черт. 35.

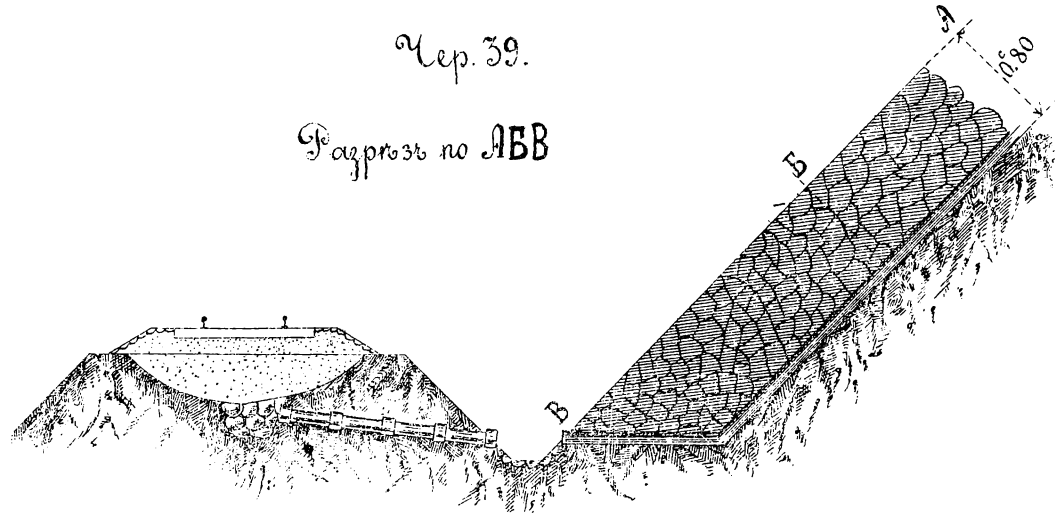


Чер. 36.

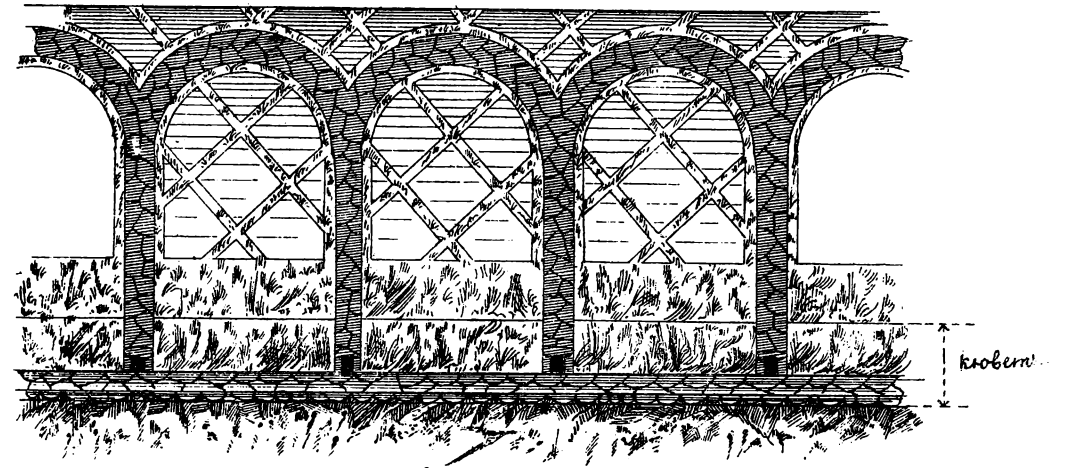
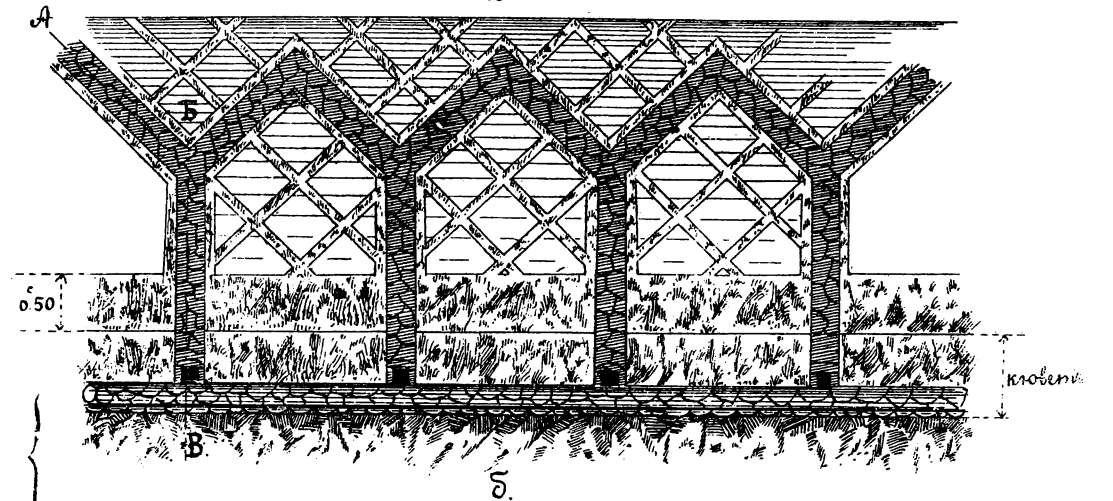


Чер. 39.

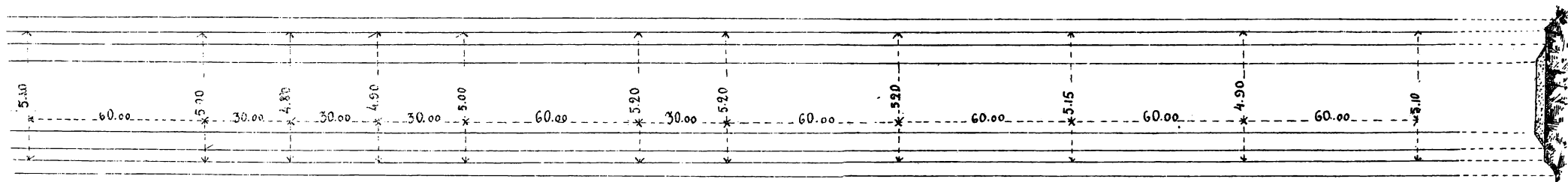
Разрез по АВВ



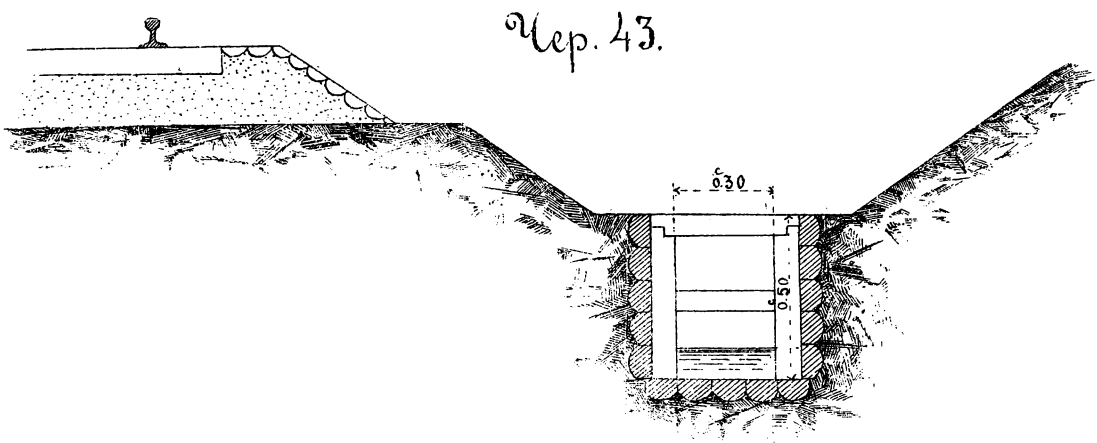
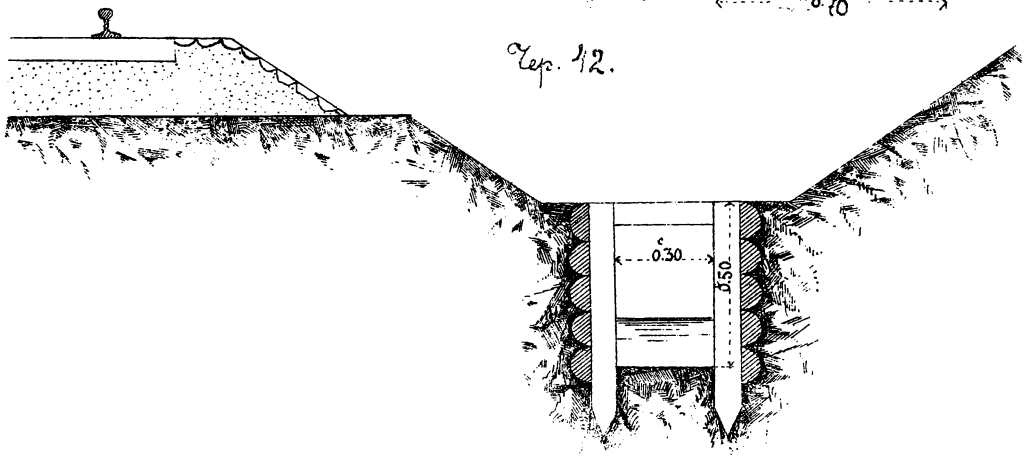
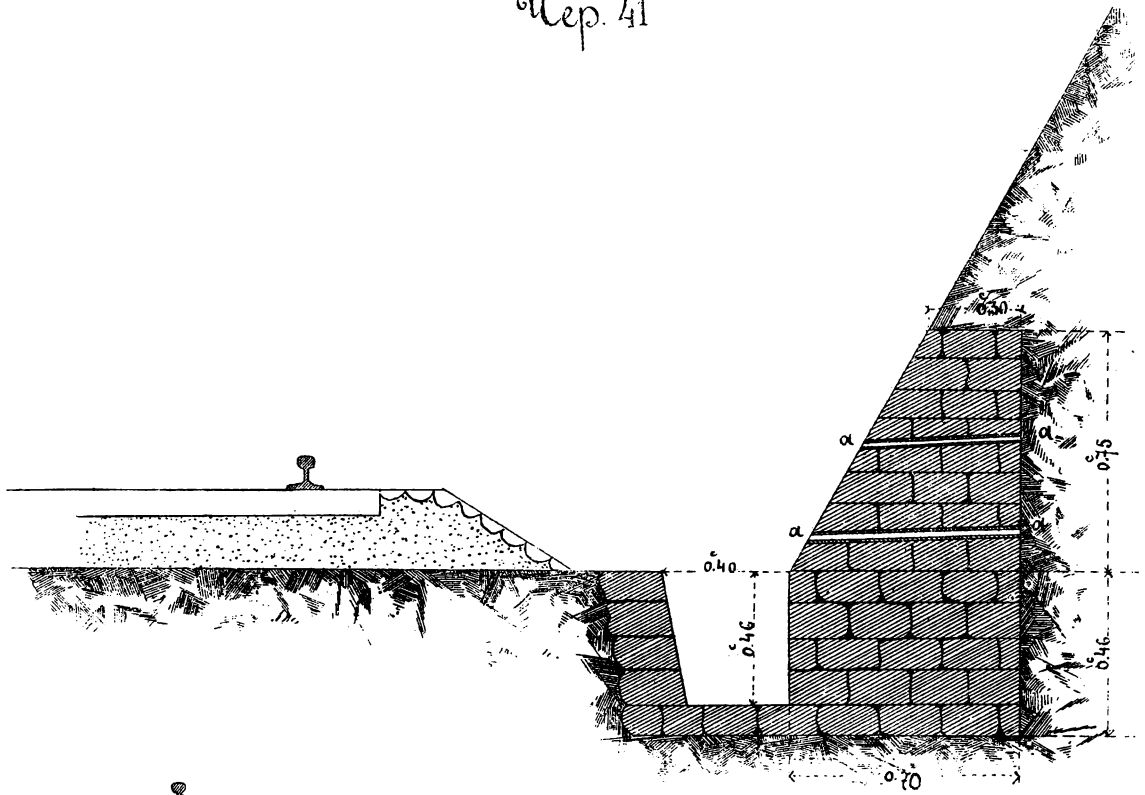
Чер. 40.
а



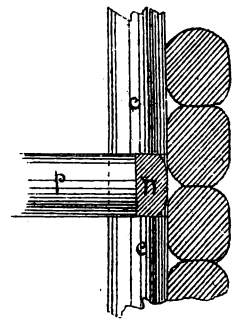
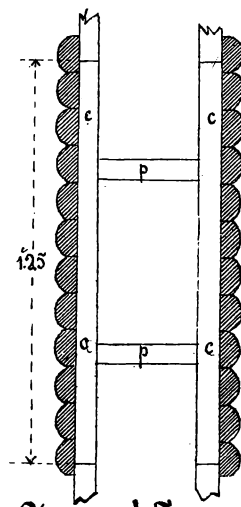
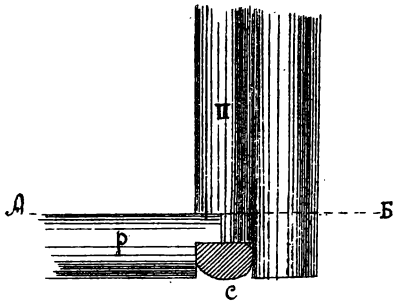
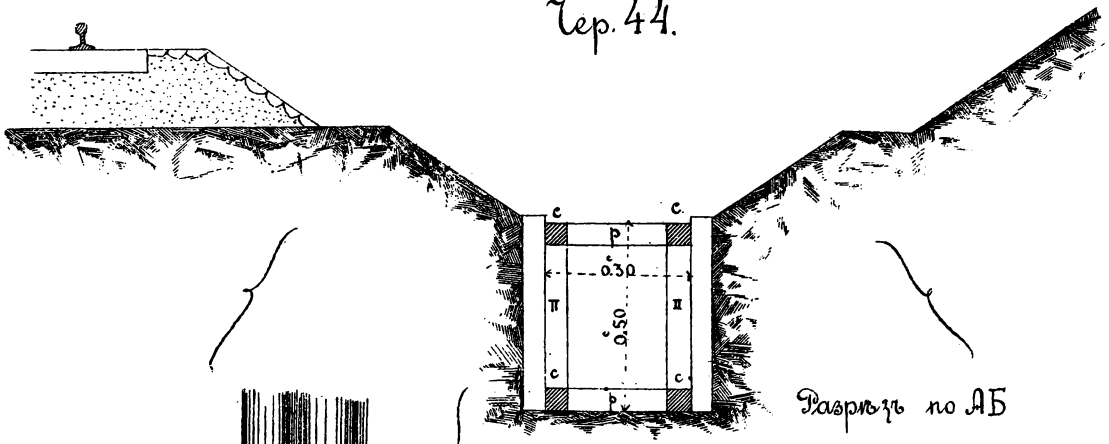
Чер. 37



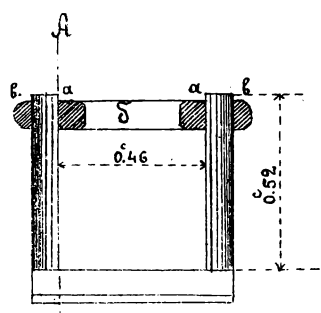
Чер. 41



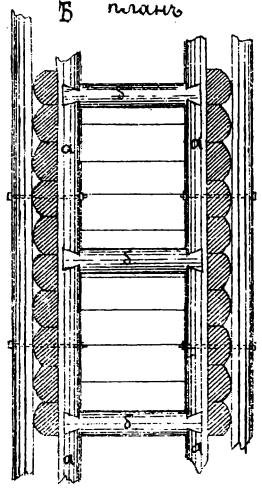
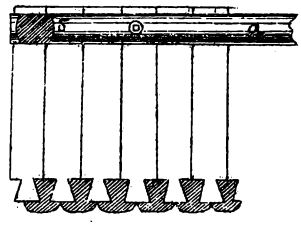
Чер. 44.



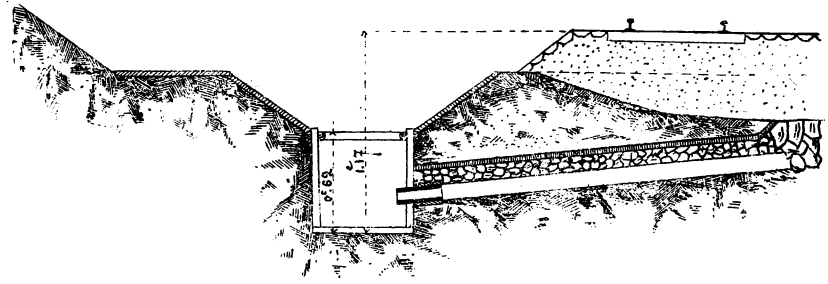
Чер. 45



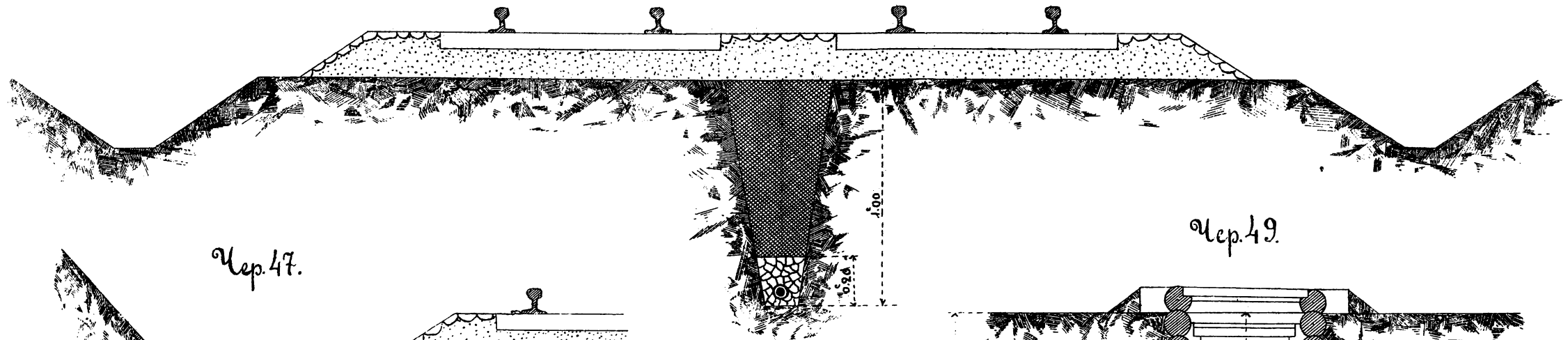
Разрѣзъ по АБ



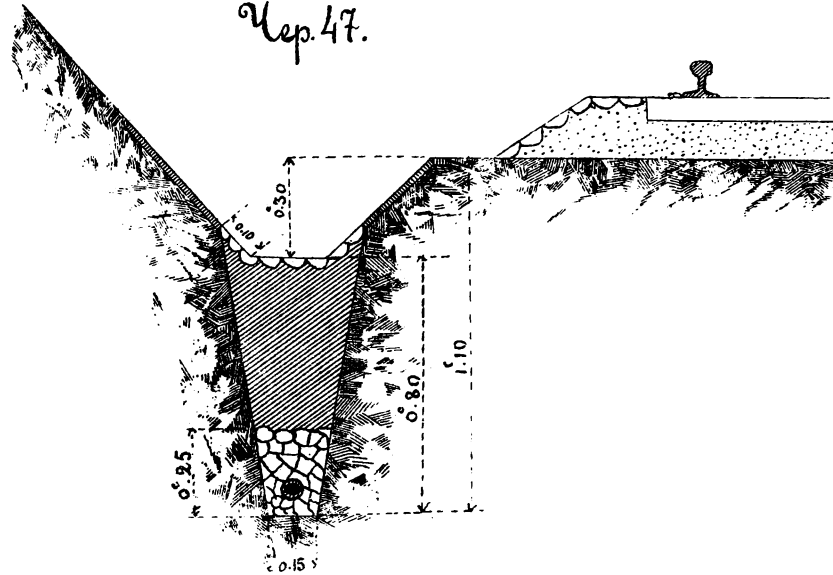
Кровель въ вышкѣ 197 вер.



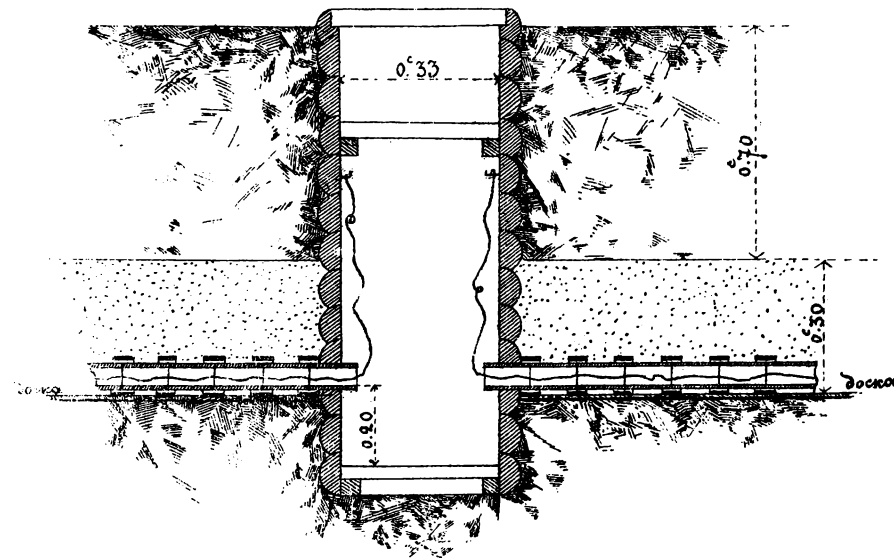
Чер.46.



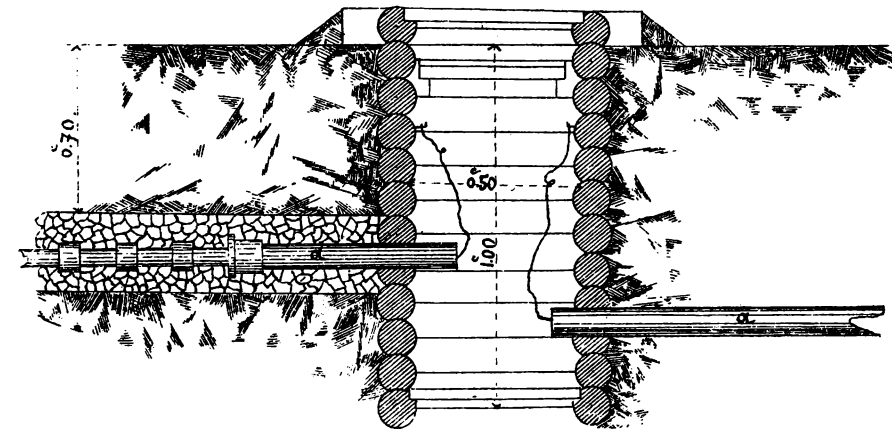
Чер.47.



Чер.48.

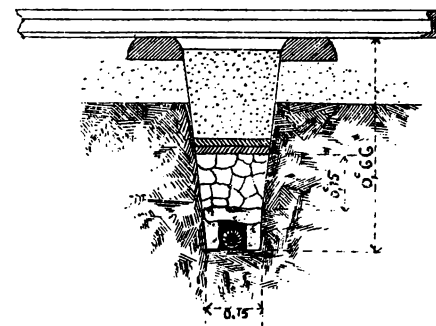


Чер.49.

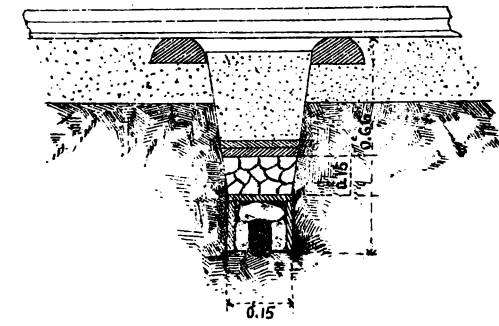


а а - старая чугунная труба.

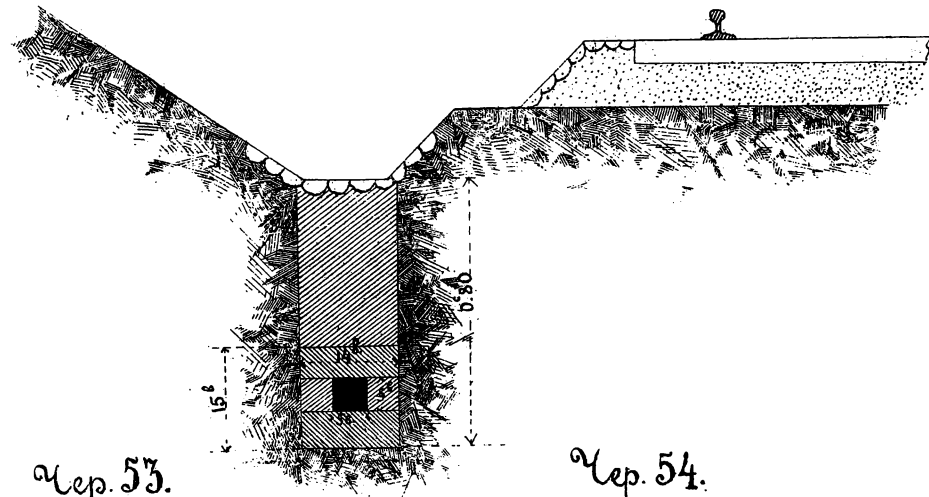
Чер.50.



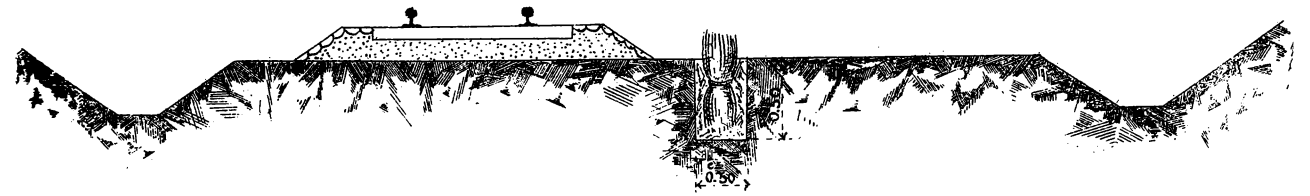
Чер.51.



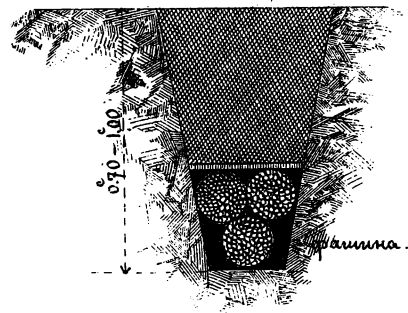
Чер. 52.



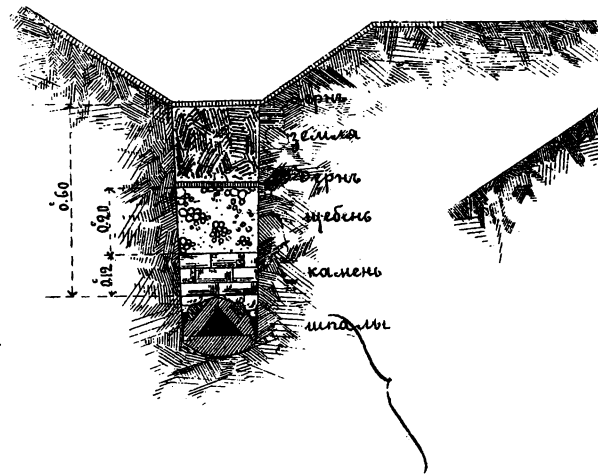
Чер. 56.



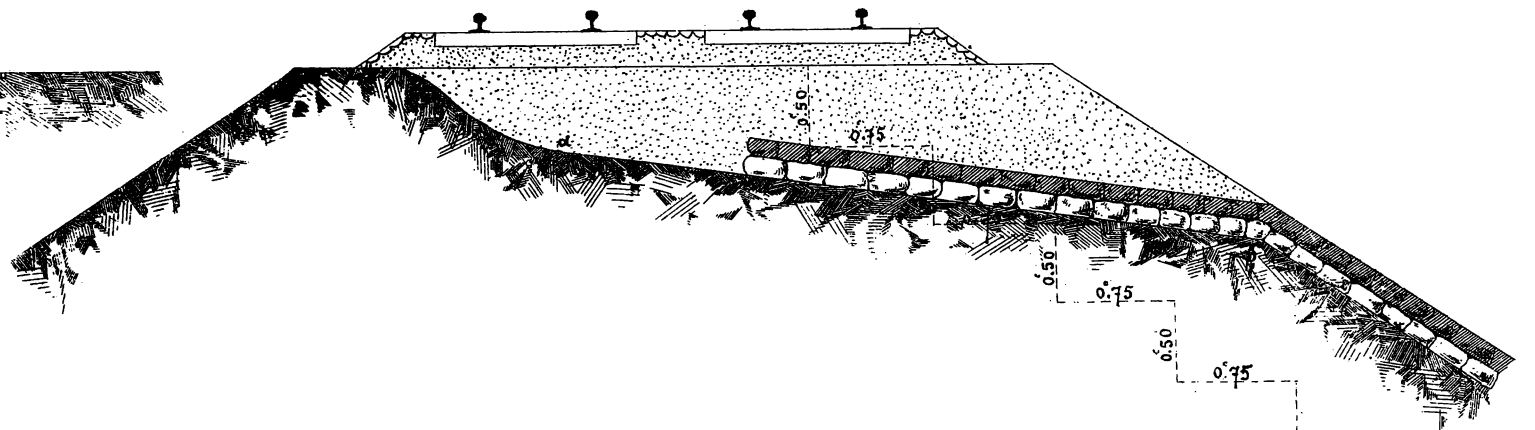
Чер. 53.



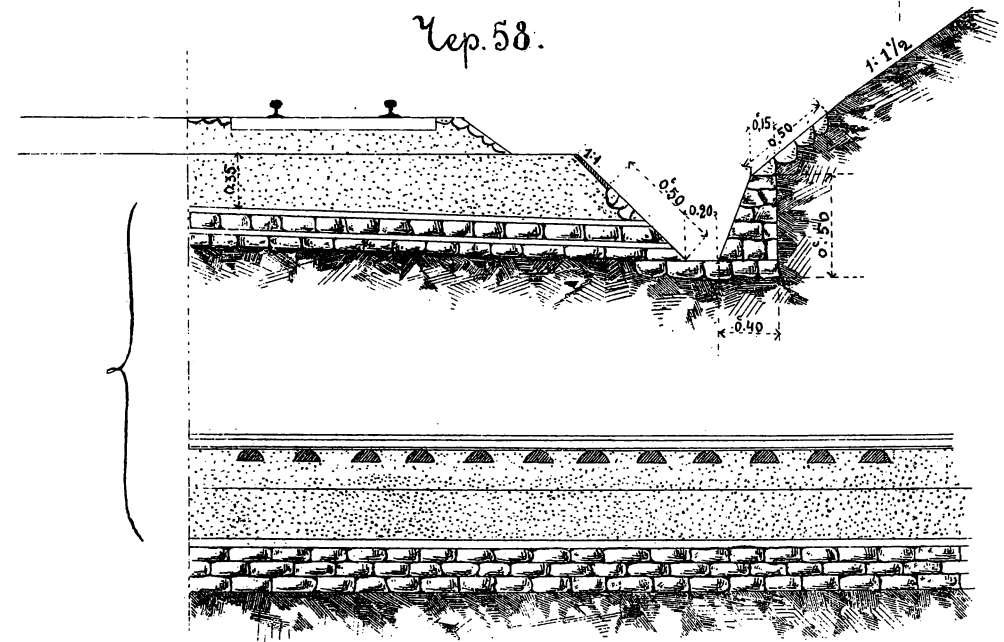
Чер. 54.



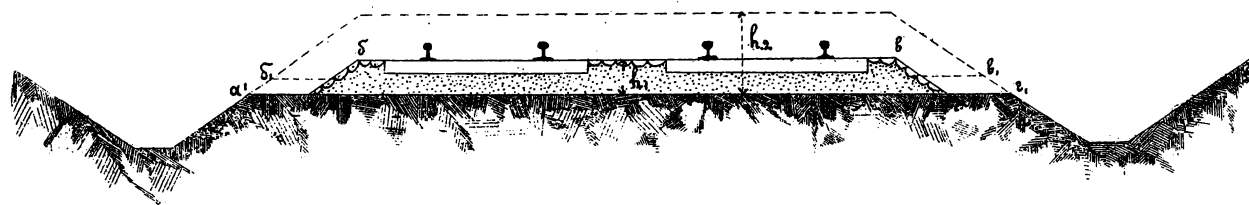
Чер. 57.

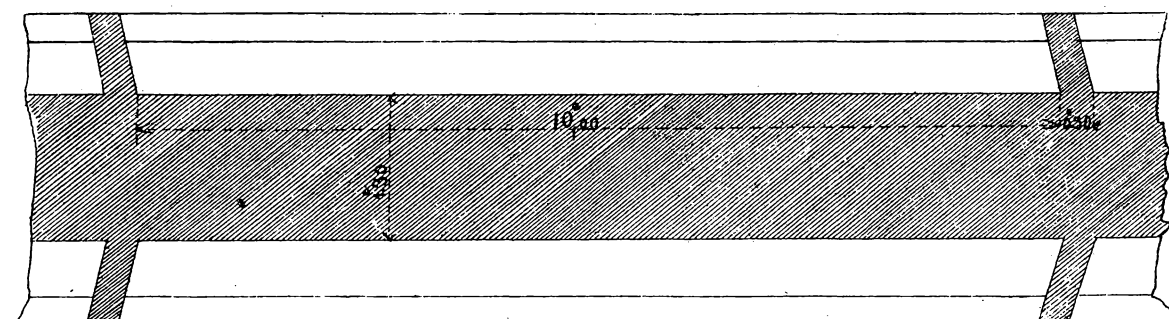
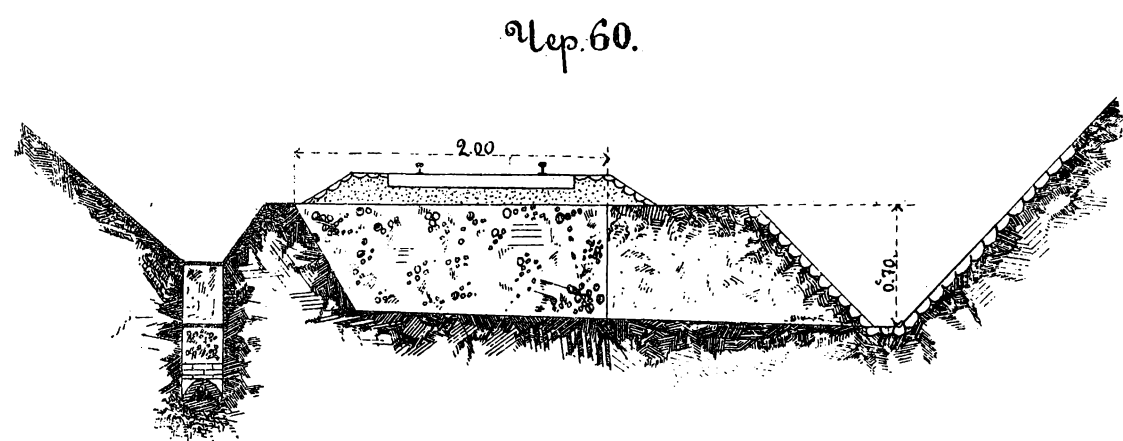
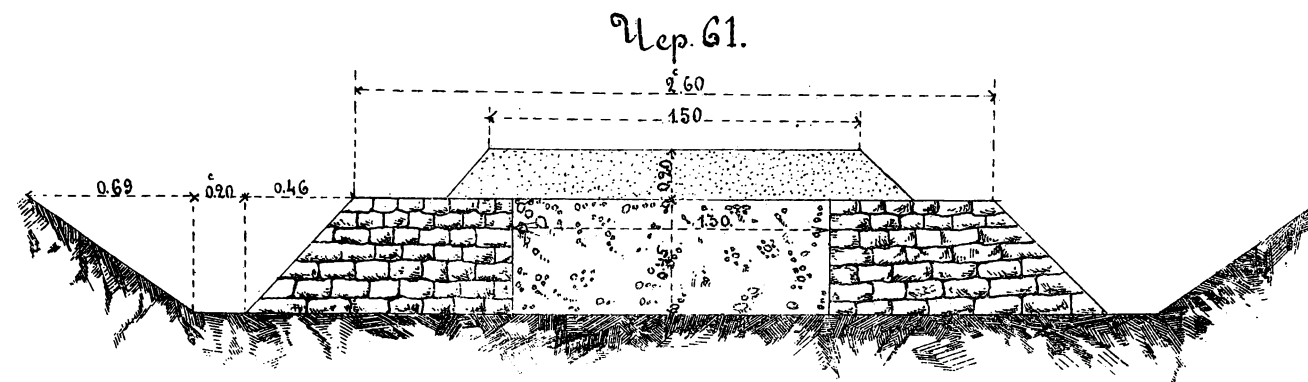
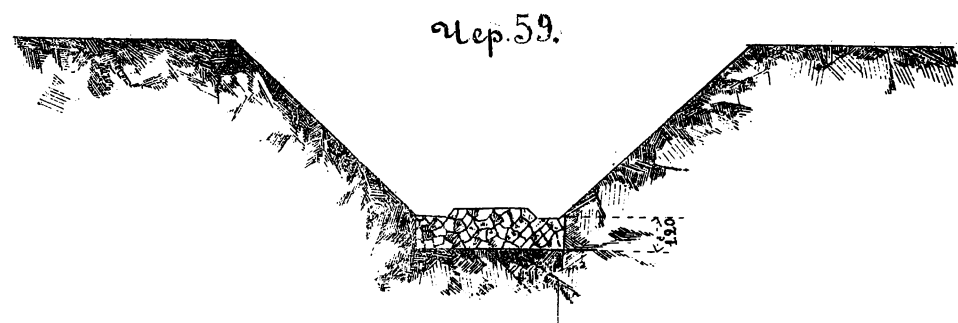


Чер. 58.



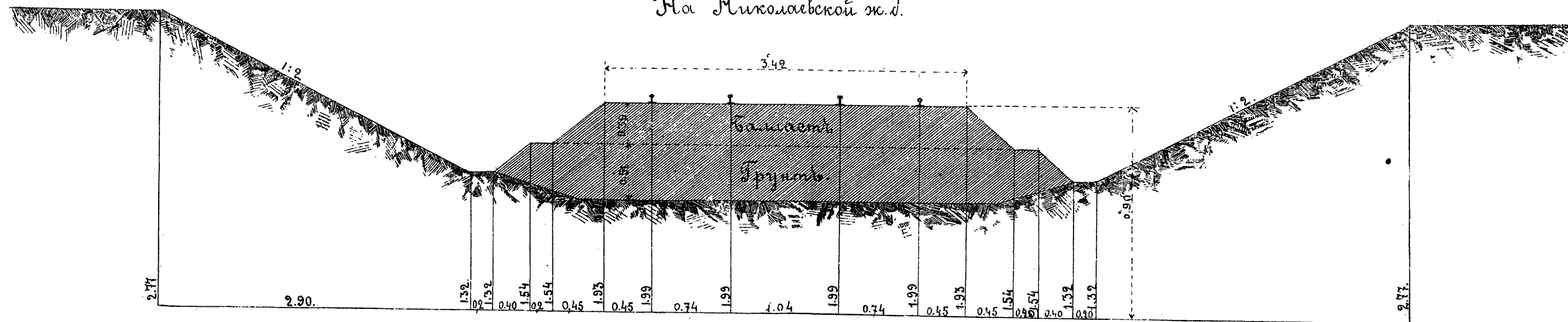
Чер. 55.





Чер. 62

Поперечный профиль выемки пугинистого грунта
На Николаевской ж.д.



Инженеръ I. Стецевичъ.

ОБЪ УСТОЙЧИВОСТИ
ЖЕЛѢЗНОДОРОЖНАГО ПУТИ.

Съ 6-ю листами чертежей



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая, № 9.

1897.

Печатано по распоряженію Института Инженеровъ путей сообщенія
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

	стр.
Объ устойчивости желѣзнодорожнаго пути	5
Желѣзнодорожное полотно	9
Балласть	18
Шпалы	41
Рельсы	51

Объ устойчивости желѣзнодорожнаго пути.

Необычайный прогрессъ въ конструкціи паровозовъ, какъ по отношенію скорости ихъ хода, такъ и увеличенія силы тяги, а слѣдовательно собственнаго вѣса, возбудилъ за послѣдній десятокъ лѣтъ живой интересъ къ вопросамъ о сопротивленіи желѣзнодорожнаго пути и международные желѣзнодорожные конгрессы, начиная съ Миланскаго, представляютъ обильный матеріалъ для изученія этихъ многосложныхъ вопросовъ. Послѣдними трудами въ этой области выяснена зависимость, существующая между подвижнымъ составомъ и путемъ,—зависимость, можетъ быть, теоретически никогда неоспариваемая, но къ сожалѣнію весьма часто совершенно упускаемая изъ виду въ практическомъ примѣненіи. Изъ двухъ факторовъ вліяющихъ другъ на друга—подвижнаго состава и пути, по которому онъ катится, всѣ устройства пути являются инертными благодаря громадности затратъ при какихъ либо его улучшеніяхъ. Вслѣдствіе сего когда конструкція пути въ теченіи періодовъ десятка и болѣе лѣтъ оставалась почти безъ существеннаго измѣненія, подвижной составъ, по вѣсу своему и скорости передвиженія, прогрессировалъ быстро, вызывая въ пути чрезмѣрные напряженія. Однакожъ стало очевиднымъ, что идти въ этомъ направленіи слишкомъ далеко не позволяетъ заботливость о безопасности движенія, а равно объ уменьшеніи расходовъ по содержанію пути и его возобновленію. Вслѣдствіе громаднаго развитія сѣти желѣзныхъ дорогъ во всѣхъ странахъ и всевозрастающихъ требованій по увеличенію скорости движенія, вопросы относящіеся къ возвышенію сопротивленія верхняго строенія, имѣютъ большое экономическое значеніе,

но выясненіе размѣра тѣхъ усилій, коимъ подвергаются отдѣльныя части пути и въ какой мѣрѣ каждая составная часть подлежитъ усиленію, для того, чтобы существовало гармоническое соотвѣтствіе въ работѣ всѣхъ составныхъ частей пути, встрѣчаетъ значительныя, едва преодолимыя затрудненія.

Желѣзнодорожный путь состоитъ изъ рельсовой колеи, поперечинъ, поддерживающихъ рельсы и передающихъ давленіе на балластъ, и изъ балласта передающаго давленіе на полотно. Этотъ разнородный составъ пути, разсматриваемаго какъ одно цѣлое, а равно и разнородныя предѣльныя напряженія имѣли послѣдствіемъ тщательную разработку и развитіе его отдѣльныхъ частей, независимо другъ отъ друга.

Первоначально всѣ усилія были направлены къ тому, чтобы создать возможно рациональный типъ рельсовъ по отношенію внѣшнихъ силъ, дѣйствующихъ на него въ вертикальной плоскости, укрѣпить рельсы неизмѣняемо на поперечинахъ и затѣмъ примѣнить балластный слой, хорошо отводящій воду, для предохраненія шпалъ отъ гніенія и погруженія въ сырую почву; что же касается напряженій, проявляющихся въ шпалахъ, балластѣ и полотнѣ, то о нихъ мало заботились; а priori предполагалось, что таковыя слишкомъ велики, что предѣльныя величины превзойдены и что помочь дѣлу можно только постоянными исправленіями и пополненіями новыми матеріалами.

Взглядъ этотъ можно считать отчасти вѣрнымъ и по настоящее время, но неправильнымъ нужно считать игнорированіе размѣра проявляющихся напряженій. Еще 25 лѣтъ тому назадъ Веберъ высказалъ свое полное изумленіе, что, одновременно съ развитіемъ всей желѣзнодорожной техники и съ усовершенствованіями отдѣльныхъ частей верхняго строенія, почти вполнѣ упускается изъ виду устройство пути въ своей совокупности, между тѣмъ и въ настоящее время имѣется не мало примѣровъ, что для возвышенія сопротивленія пути усиливались лишь нѣкоторыя его части, мало заботясь объ остальныхъ элементахъ, но такъ какъ усовершенствованіе верхняго строенія приводилось въ исполненіе не людьми кабинета и теоріи, а практиками, близко стоящими къ дѣлу, то, на основаніи наблюденій, частью ощупью, были выработаны типы, на столько отвѣчающіе предъявляемымъ имъ требованіямъ, что случаи крушенія

поѣздовъ, вслѣдствіе неудовлетворительной конструкціи верхняго строенія, почти не существуютъ или крайне рѣдки, но зато выработанныя практикою правила съ трудомъ обобщаются для примѣненія при разнородныхъ мѣстныхъ условіяхъ. Такимъ образомъ по сложности вопроса, не оказывается съ одной стороны возможнымъ ориентироваться безъ теоретическихъ обобщеній, но съ другой стороны теоретическое опредѣленіе усилій, появляющихся въ верхнемъ строеніи, встрѣчаетъ непреодолимые препятствія и едва ли можно ожидать когда либо созданія вполне точной теоріи верхняго строенія, такъ какъ въ силу колебанія рессоръ подвижнаго состава, работы поршней, вліянія противовѣсовъ колесъ паровоза, силы, дѣйствующія на данную точку рельса, постоянно мѣняются въ широкихъ размѣрахъ, при чемъ и распредѣленіе этихъ силъ, по отношенію отдѣльныхъ частей пути, при его податливости, врядъ-ли можетъ быть точно опредѣлено; въ помощь теоріи должны служить опытные данныя, и изслѣдованія, относящіяся къ работѣ колеи во время прохода подвижнаго состава.

Первыя наблюденія надъ колебаніемъ рельсовъ и шпалъ во время движенія поѣздовъ производилъ англійскій инженеръ П. Барловъ на дорогѣ Лондонъ-Бирмингемъ въ 1835 году *) посредствомъ придуманнаго имъ прибора, дефлектометра. Наблюденія эти послужили къ ложнымъ выводамъ вслѣдствіе конструктивныхъ недостатковъ самаго инструмента, состоящаго изъ чувствительнаго и длиннаго рычага.

Впослѣдствіи, въ концѣ 50 и началѣ 60 годовъ, фонъ-Веберъ предпринялъ рядъ знаменитыхъ изслѣдованій касательно сопротивленія верхняго строенія при неподвижной или искусственной нагрузкѣ; изслѣдованія же, производившіяся во время движенія по рельсамъ паровозовъ, сводились къ опредѣленію величины прогиба рельсовъ и вдавливанія шпалъ, посредствомъ короткихъ, весьма туго вращающихся рычаговъ, прикрѣпленныхъ къ свайкамъ, вбитымъ въ грунтъ возлѣ шпалы или рельса, а равно къ полученію діаграммы колебаній во всѣхъ направленіяхъ рельса на свинцовыхъ листахъ, укрѣпленныхъ извѣстнымъ образомъ. При этомъ получались максимальныя величины колебаній рельса и шпалы за извѣстный періодъ—проходъ одного или нѣсколькихъ поѣздовъ безъ вы-

*) Die Stabilität d. G. d. E. G. von Weber, стр. 92.

ясненія по времени величины и направленія колебаній. Неудивительно, что полученныя такимъ путемъ діаграммы представили фонъ-Веберу опасности при движеніи подвижного состава въ такомъ ужасающемъ видѣ, который противорѣчитъ результатамъ, получаемымъ въ дѣйствительности.

Затѣмъ, въ восьмидесятыхъ годахъ въ Бельгіи и Франціи были предприняты изслѣдованія по новому и раціональному пути. Гг. Флямапъ и Губерти, инженеры казенныхъ бельгійскихъ желѣзныхъ дорогъ, представили на Миланскомъ конгрессѣ діаграммы прогибовъ рельсовъ типа 38 кил. и 50 кил., полученныя на вращающемся цилиндрѣ, утвержденномъ въ балластѣ, а во Франціи инженеръ Коюаръ предпринялъ рядъ знаменитыхъ опытовъ по сопротивленію шпаль, рельсовъ и скрѣпленій, и наконецъ инженеръ-механикъ Гентшель (Häntschel)*) на правительственныхъ дорогахъ въ Германіи предпринялъ опыты по опредѣленію коэффиціента упругости балластнаго слоя (Bettungsziffer) посредствомъ изобрѣтеннаго имъ особаго прибора.

Это стремленіе изслѣдователей добиться отъ самаго пути, во время дѣйствительной его работы, указаній на возбуждаемыя въ немъ напряженія, не осталось безплоднымъ по выясненію разныхъ вопросовъ, касающихся сопротивленія отдѣльныхъ частей верхняго строенія и въ будущемъ, нужно надѣяться, послужить для дальнѣйшаго ихъ освѣщенія. На русскихъ желѣзныхъ дорогахъ нами были произведены изслѣдованія и наблюденія надъ устойчивостью желѣзнодорожнаго пути, причемъ изслѣдованія эти относились къ пути находящемуся по возможности въ нормальныхъ условіяхъ его работы.

Посвятивъ настоящій трудъ описанію произведенныхъ нами изслѣдованій и сравненію таковыхъ съ данными другихъ изслѣдованій, мы рассмотримъ отдѣльно вопросы о сопротивленіи полотна, балласта, шпаль, рельсовъ и его скрѣпленій и общаго сопротивленія пути, устраняя изъ такового разсмотрѣнія всѣ исключительные случаи, для коихъ должны вырабатываться особыя мѣры.

*) Organ 1888 г., стр. 184, статья Dr. Zimmermann'a.

Желѣзнодорожное полотно.

Давленіе отъ подвижнаго состава черезъ рельсы, шпалы и балластъ передается земляному полотну, которое подъ вліяніемъ этого давленія перетерпѣваетъ деформациі упругія или же сверхъ сего и неупругія. Послѣднія деформациі обязательно имѣютъ мѣсто на свѣжемъ неслежавшемся полотнѣ, но затѣмъ, если полотно устойчивое, таковыя прекращаются и остаются однѣ упругія; если бы это не было вѣрнымъ мы бы не имѣли вполне устойчиваго полотна, существующаго однакожь мѣстами десятки лѣтъ безъ измѣненія. Конечно подъ сопротивленіемъ полотна подразумѣвается исключительно сопротивленіе верхней его части, непосредственно воспринимающей давленіе; что же касается вопросовъ о неустойчивости тѣла насыпи или его подошвы, то таковыя не будутъ приняты во вниманіе, какъ неимѣющіе непосредственнаго отношенія къ сопротивленію верхней части полотна. Приведемъ нѣсколько данныхъ, касающихся упругихъ пониженій полотна, полученныхъ на основаніи непосредственныхъ измѣреній на б. Козлово-Саратовской жел. дорогѣ въ 1890 году.

У самаго рельса забивался столбъ на глубину въ 0,50 саж. отъ поверхности балласта,—къ нему болтомъ прикрѣплялась рейка, опирающаяся, посредствомъ стальной призмы, на верхушку другого столба, вбитаго въ землю на запасномъ полотнѣ на разстояніи 0,75 саж. отъ рельсовъ. На другомъ концѣ рейки, въ 1,5 раза болѣе длинномъ, помѣщался чувствительный уровень съ маленькими дѣленіями. Отклоненію пузырька на одно дѣленіе отвѣчало $\frac{1}{64}$ дюйма или 0,397 миллим., а отклоненію на одно дѣленіе на рейкѣ отвѣчало пониженіе столба въ $\frac{0,397}{1,5} = 0,264$ милл.

Средніе выводы получились слѣдующіе:

Въ нулевыхъ мѣстахъ и насыпяхъ: отъ прохода 4-осныхъ паровозовъ отклоненіе на 1 дѣленіе = 0,26 мм., отъ прохода трехъ-осныхъ паровозовъ отклоненіе на $\frac{3}{4}$ дѣленія = 0,2 мм.

Въ выемкахъ: отъ прохода 4-осныхъ паровозовъ — на $\frac{3}{4}$ дѣленія = 0,2 милл., отъ прохода 3-хъ осныхъ паровозовъ на $\frac{1}{2}$ дѣленія = 0,13 милл.

При этомъ сжатіе полотна обнаруживалось только подъ паровозомъ, уменьшалось подъ тендеровъ и уже исчезало для наблюда-

теля подъ первымъ вагономъ; при большихъ скоростяхъ пониженіе было нѣсколько больше, но колебанія эти достигали ничтожныхъ, едва уловимыхъ величинъ.

Пониженія полотна бываютъ и не упругія и если мы рассмотримъ двѣ смежныя шпалы, то давленіе отъ нихъ въ балластѣ будетъ распространяться по нѣкоторой кривой, форма коей находится въ зависимости отъ свойствъ балласта; если представить уровень полотна черт. № 1-й листъ I по линіи $a — a$, то части полотна непосредственно подъ шпалою будутъ сильно нагружены, а между шпалами безъ нагрузки, послѣдствіемъ чего явится стремленіе выпирать грунтъ полотна кверху и перемѣшивать его съ балластомъ; напротивъ, если полотно будетъ на уровнѣ $b — b$, гдѣ означенныя кривыя пересекаются, то давленіе на полотно будетъ равномерное и значительно меньшее, а причина выпирания полотна исчезнетъ. Слѣдовательно при расположеніи полотна на уровнѣ $a — a$ если въ нагруженной части давленіе будетъ по свойствамъ грунта чрезмѣрное, то равновѣсіе будетъ нарушено и грунтъ будетъ выпираться кверху.

Инженеръ Шубертъ, на основаніи произведенныхъ имъ изслѣдованій, даетъ общее правило, что толщина балластнаго слоя должна быть равною разстоянію между центрами шпалъ, на эксплуатируемыхъ же дорогахъ въ достаточности толщины балластнаго слоя убѣдиться очень легко; если при откапываніи мѣсто соприкасанія балластнаго слоя къ полотну представляетъ линію очерченную неясно, трудно различаемую, то это служить признакомъ постепеннаго смѣшиванія балласта съ грунтомъ и тогда качество балластнаго слоя быстро ухудшается; наоборотъ же, если соприкасаніе балластнаго слоя къ полотну представляетъ линію ясно очерченную, то это служить не сомнѣннымъ признакомъ удовлетворительной степени сопротивленія полотна. Такъ какъ при обыкновенныхъ нагрузкахъ давленіе при проходѣ паровоза на 1 кв. сант. балласта доходитъ до 1,5 килогр. или до 0,6 пуда на 1 кв. дюймъ, то оно является чрезмѣрнымъ для большинства ничѣмъ не ограниченныхъ грунтовъ, особенно при моментальности появленія давленія; если же принять разстояніе между шпалами въ 0,30 саж. и такую же толщину балластнаго слоя, то давленіе на 1 кв. дюймъ грунта передастся въ $\frac{10'' \times 0,6}{25} = 0,24$ пуда, т. е. почти въ три раза уменьшенное.

По тѣмъ же опытамъ инженера Шуберта сопротивленіе глины, употребленной при его опытахъ, равнялось давленію 0,6 килограммъ на квадрат. сантиметръ подошвы шпалы при толщинѣ балласта подъ подошвою шпалы въ 0,20 метра, т. е. почти той величинѣ, которая въ дѣйствительности передается полотну при толщинѣ балластного слоя въ 0,30 сажени.

Для того, чтобы верхняя поверхность полотна не претерпѣвала остающихся деформаций, измѣняющихъ ея видъ, необходимо слѣдовательно, чтобы давленіе передаваемое балластомъ было равномерно распределено по всей поверхности полотна или же, чтобы въ случаѣ неравномернаго давленія, а именно большаго подъ шпалами, чѣмъ между шпалами, абсолютная величина давленія не превосходила степени сопротивленія даннаго грунта. Но такъ какъ степень сопротивленія большинства грунтовъ зависитъ отъ степени ихъ сухости, а на поверхности полотна скопляется вода, просачивающаяся черезъ балластъ, то неразлучно связанъ съ вопросомъ о предѣльныхъ напряженіяхъ полотна вопросъ и о возможно-совершенномъ отводѣ воды отъ него.

При принятыхъ у насъ поперечномъ профили пути и толщинѣ балластного слоя большинства нашихъ дорогъ передача давленія на полотно является неравномерной, а отводъ воды несовершеннымъ, послѣдствіемъ чего являются углубленія въ полотно въ видѣ корытъ заполненныхъ балластомъ. Очевидно, такія корыта образуются рѣдко въ выемкахъ, гдѣ материкъ вообще хорошо сопротивляется давленію, и чѣще въ насыпяхъ, гдѣ рыхлая земля садится и способствуетъ этимъ образованію впадинъ по поверхности полотна, а если къ этому присоединить неравномерное и чрезмѣрное давленіе, то этимъ ускоряется образованіе впадинъ, способствующихъ скопленію воды, проникающей въ тѣло высокихъ насыпей иногда на значительную глубину.

О существованіи этихъ корытъ въ желѣзнодорожномъ полотнѣ инженерамъ Службы пути давно извѣстно, но подробныхъ измѣреній не было произведено до 1896 года, въ которомъ Юго-Западные дороги, Риго-Орловская и Уральская жел. дороги произвели рядъ промѣровъ въ пути. Промѣры эти *) указали, что сплошныя корыта

*) Объ образованіи балластныхъ корытъ въ желѣзнодорожномъ полотнѣ, І. Стецевича. Изв. Собр. Инж. П. С. 1897 г. № 6.

заполненные балластом достигают глубины въ 0,95 саж., что такія имѣютъ иногда форму клина и что появляются преимущественно въ насыпяхъ, но имѣютъ мѣсто тоже и въ сырыхъ выемкахъ. Какъ на примѣры можемъ указать на профиль пути на 253 верстѣ Юго-Западныхъ жел. дорогъ, на 83 вер. Дунаевской вѣтви, на 131 вер. Риги-Орловской жел. дор. и на 416 вер. той же дороги. Чертежи №№ 2, 3, 4 и 5 листъ I.

Не останавливаясь на вопросѣ объ опасности, которую представляютъ балластные корыта, равно насколько эти корыта распространены на дорогахъ, можно однакожъ съ увѣренностью утверждать, что полотно русскихъ жел. дорогъ поставлено въ такія условія, при которыхъ возможно образованіе явленій, вредъ коихъ не можетъ быть рассматриваемъ съ точки зрѣнія лишь опасностей, представляемыхъ осыреніемъ большихъ насыпей; — корыта, разъ такія образовались, уменьшаютъ вообще устойчивость пути, дѣлая его въ неблагопріятныхъ случаяхъ небезопаснымъ для движенія. Мы имѣемъ передъ глазами пока единственный фактическій матеріалъ—это вышепоименованные измѣренія, произведенныя на Юго-Западныхъ, Риги-Орловской и Уральской жел. дорогахъ, которыя указываютъ, особенно измѣренія первой изъ этихъ дорогъ, что балластъ дѣйствуетъ прямо какъ клинъ на влажную почву полотна; легко себѣ представить, что при такой формѣ балластного тѣла послѣднее, достигнувъ и большей, чѣмъ указываетъ Шубертъ, толщины по срединѣ пути, не перестанетъ дальше углубляться,—напримѣръ одно измѣреніе на Дунайской вѣтви, указываетъ глубину балласта по срединѣ пути въ 0,80 саж., при толщинѣ съ краю въ 0,30 саж. Гдѣ полотно обладаетъ большою степенью сопротивленія, тамъ клинообразная форма мало замѣтна, но со временемъ и тамъ ухудшеніе устойчивости балластного слоя можетъ послѣдовать, особенно послѣ дождливыхъ годовъ.

Въ настоящее время существуетъ общее стремленіе къ увеличенію скорости движенія на желѣзныхъ дорогахъ, но едвали могутъ быть достигнуты серьезные въ этомъ направленіи результаты, пока основаніе пути, принимающее давленіе отъ верхняго строенія, не будетъ прочнымъ.

Слѣдовательно, казалось бы вполне своевременнымъ поставить вопросъ—почему принятые на нашихъ дорогахъ типы поперечнаго сѣченія землянаго полотна являются неудовлетворительными и какъ

слѣдуетъ возводить полотно и устраивать верхнее строеніе желѣзныхъ дорогъ, чтобы избѣжать образованія въ полотнѣ углубленій, въ видѣ отдѣльныхъ ямъ, расположенныхъ какъ въ поперечной, такъ и въ продольной профилахъ полотна. Во-первыхъ, казалось бы не вполне правильнымъ устанавливать профиль поперечнаго сѣченія полотна со скошенными поверхностями одного и того же уклона для всѣхъ грунтовъ; если небольшой уклонъ для песчаныхъ, щебенистыхъ и суглинистыхъ сухихъ грунтовъ можетъ быть достаточнымъ, то для всѣхъ родовъ жирныхъ глинъ и растительной земли долженъ быть примѣненъ такой уклонъ, чтобы вода быстро скатывалась.

Во-вторыхъ, разсужденіе объ уклонахъ полотна въ поперечномъ сѣченіи, согласно утверждаемыхъ при сооруженіи дороги профилей полотна, въ большинствѣ случаевъ является чисто академическимъ: боковые скосы полотна въ дѣйствительности не существуютъ и существовать не могутъ, потому что на практикѣ исполненіе проектной поперечной профили является дѣломъ невыполнимымъ. При постройкѣ дорогъ временное рабочее движеніе открывается по пути небалластированному, что имѣетъ ту хорошую сторону, что полотно дороги въ значительной мѣрѣ уплотняется раньше покрытія его балластнымъ слоемъ; по отдаленности балластныхъ карьеровъ въ большинствѣ случаевъ другого способа балластированія, какъ посредствомъ подвозки балласта поѣздами, примѣнить нельзя, но при этомъ сама подъемка пути на балласть производится, засыпая поверхность полотна неправильнаго очертанія, представляющую площадку ширины, равной длинѣ шпаль.

Съ фактомъ этимъ считаться необходимо, и казалось бы правильнымъ не требовать при проектированіи поперечныхъ профилей полотна того, чего на дѣлѣ выполнить нельзя, а, напротивъ, положить въ основу проектированія поперечной профили дѣйствительное выполнимое на практикѣ очертаніе ея и принять затѣмъ возможные мѣры для ослабленія нѣкоторыхъ вредныхъ послѣдствій такого мѣропріятія.

Слѣдуя этому взгляду, полотно подъ одинъ путь слѣдовало бы сверху ограничить площадкою, шириною равною длинѣ шпаль и отъ краевъ этой площадки дѣлать рѣзкіе скосы, установивъ ихъ уклоны въ зависимости отъ качества грунта: при супесчаныхъ грунтахъ казалось бы возможнымъ ограничиться уклономъ въ 0,10, а при глинистыхъ довести его до 0,20.

По такому полотну возможно открыть временное движеніе безъ балласта и происшедшія при движеніи поѣздовъ деформаціи полотна исправить передъ балластировкой, не прекращая движенія. Точно также является возможнымъ, поддерживая это движеніе, передъ балластировкой принять дополнительныя мѣры къ лучшему отводу воды съ поверхности полотна въ тѣхъ его мѣстахъ, гдѣ можно ожидать большаго скопленія влаги. Изъ данныхъ, сообщенныхъ вышеуказанными дорогами, усматривается, что вообще продольный уклонъ корытъ является параллельнымъ общему уклону пути, изъ чего можно заключить, что и при ограниченіи полотна по верху площадкой, вода, проникающая черезъ балласть, двигалась бы по уклонамъ и собиралась бы въ болѣе значительномъ количествѣ при переходѣ изъ уклона на прямые участки или изъ значительнаго уклона къ болѣе пологому. Въ этихъ мѣстахъ является возможнымъ, для лучшаго отвода подземной воды, полотно, ограниченное площадкою на протяженіе между шпалами, обдѣлать пологими скосами, начиная отъ середины пути до линіи конца шпаль, каковыя скосы за означенною линією перешли бы въ общіе рѣзкіе скосы всего полотна.

Для двупутныхъ участковъ является возможнымъ сдѣлать возвышенное междупутье со скосами къ площадкамъ каждой колеи; площадки эти къ краямъ полотна отъ линіи концовъ шпаль должны бы быть ограничены указанными выше для однопутныхъ участковъ скосами при уклонахъ въ $\frac{1}{10}$ и $\frac{1}{5}$. Черт. №№ 6 и 7 листъ I.

Допуская такіе нормальные профили, мы бы приблизились къ тому, что въ дѣйствительности имѣется на самомъ дѣлѣ при устройствѣ полотна, съ тѣмъ лишь улучшеніемъ, что рѣзкіе скосы отъ линіи концовъ шпаль способствовали бы лучшему осушенію полотна.

Въ Америкѣ установлены поперечные профили полотна для движенія безъ балласта*), почти тождественныя съ вышеуказанными предположеніями; отъ конца шпаль идутъ скосы полотна въ $\frac{1}{6}$, полотно же между шпалами обдѣлано овальнымъ очертаніемъ, такъ что шпалы лежатъ въ углубленіяхъ въ полотнѣ, что едва ли можетъ быть желательнымъ, когда при послѣдующей подъемкѣ на балласть останутся гнѣзда, мѣшающія движенію влаги по полотну на укло-

*) Сѣверо-Американскія желѣзныя дороги, С. Д. Карейша, изданіе 1896 г. См. листъ 1, чертежи 1—14.

нахъ. Нормальные профили полотна для балласта на нѣкоторыхъ американскихъ дорогахъ ограничены рѣзкими уклонами, на другихъ—пологими, а на одной дорогѣ для 2-хъ, 3-хъ и 4-хъ путныхъ участковъ—горизонтальными площадками съ рѣзкими въ $\frac{1}{6}$ скосами, начиная не отъ линіи концовъ шпаль, а отъ нижней грани скосовъ балластнаго слоя.

Указанныя мѣры по отношенію приданія очертаній въ поперечной профили полотна могутъ однакожъ служить лишь для отвода воды отъ полотна, а не для полного предохраненія его отъ деформаций.

Для достиженія послѣдняго условія является необходимою такая толщина балластнаго слоя, чтобы передача давленія при слабыхъ грунтахъ полотна была равномерной, или чтобы давленіе при неравномерной передачѣ не превосходило предѣла неупругаго пониженія даннаго рода грунта.

Но разъ, согласно вышеизложенному, полное отведеніе воды отъ полотна является труднымъ, и слѣдовательно въ большинствѣ случаевъ, благодаря присутствію сырости въ верхней части полотна, послѣднее, особенно въ насыпяхъ, не обладаетъ значительною степенью сопротивленія, то при такихъ условіяхъ приданіе незначительной толщины нормальному балластному слою при сооруженіи дорогъ, руководствуясь финансовыми соображеніями для пониженія строительной стоимости дорогъ, съ тѣмъ, что таковая толщина будетъ увеличена затѣмъ во время эксплуатаціи дороги, въ большинствѣ случаевъ является мѣрою обусловленной лишь тѣмъ обстоятельствомъ, что взглядъ на балластный слой, какъ на факторъ не только предохраняющій шпалы отъ чрезмѣрнаго погруженія въ сырой грунтъ полотна, но и играющій первостепенную роль въ способѣ передачи давленія, недостаточно укоренился, благодаря преимущественно дедуктивному характеру большинства выводовъ.

Ссылка на американскія дороги, гдѣ количество балласта на версту дороги иногда бываетъ дѣйствительно незначительнымъ, едвали требуетъ серьезнаго опроверженія. По американскимъ желѣзнымъ дорогамъ можно ѣздить безъ балласта или при незначительной толщинѣ слоя балласта, потому что давленіе на единицу площади балласта значительно меньше, чѣмъ на нашихъ дорогахъ, Чѣмъ типъ рельса тяжелѣе и разстояніе между шпалами меньше,

тъмъ давленіе, приходящееся на площадь опоры шпалы и на балластъ, меньше.

Число шпалъ на версту дороги на главной линіи разныхъ желѣзныхъ дорогъ равняется 1.627 шт. (лишь на одной), 1.742, 1.975 и 2.091 шт. *).

Типы рельсовъ разнообразны отъ 14,₇₇ до 36,₉₂ фунтовъ въ погонномъ футѣ, но на указанныхъ въ сочиненіи линіяхъ желѣзныхъ дорогъ преобладаютъ типы вѣсомъ отъ 25 до 30 фунт. въ пог. футѣ, а напряженія въ рельсахъ, служащія лучшею характеристикой, колеблются отъ 3,₉₀ до 9,₈₆ кил. на квадр. миллим., между тѣмъ какъ означенныя высшія напряженія для нашихъ дорогъ являются чуть ли не низшими.

Указанное число шпалъ до 2.091 штуки на версту очевидно не дозволило бы производить подбивку шпалъ балластомъ, т. е. такимъ матеріаломъ, который подразумѣвается у насъ подъ этимъ названіемъ. Въ Соединенныхъ Штатахъ Америки признаются только за балластъ каменный щебень, гравій или щебень изъ обожженной глины, какъ вещества отлично пропускающія воду, и хотя количество такого балласта на версту пути дѣйствительно небольшое, благодаря тому, что ширина по верху балластной профили равняется во многихъ случаяхъ только длинѣ шпалъ, но зато толщина балласта подъ шпалой по оси пути равняется преимущественно 0,10 до 0,143 саж., а на нѣкоторыхъ дорогахъ достигаетъ мощнаго слоя въ 0,286 саж. толщины, при количествѣ свыше 200 куб. саж. на версту главнаго пути.

На русскихъ дорогахъ, сообразуясь съ качествомъ балласта, съ результатами промѣровъ на Риго-Орловской и Юго-Западныхъ жел. дорогахъ, съ опытами Шуберта и съ личными изслѣдованіями и наблюденіями, балластному слою слѣдовало бы придать нижеуказанные размѣры, съ подраздѣленіемъ каждой дороги, по отношенію толщины балластнаго слоя, на разные участки.

При супескахъ и сухихъ глинистыхъ грунтахъ въ выемкахъ толщина балластнаго слоя подъ шпалой, казалось бы, является достаточной въ 0,15—0,20 саж., при сырыхъ глинистыхъ грунтахъ въ выемкахъ или при возведеніи насыпей изъ жирныхъ глинистыхъ

*) Стр. 103, 108, 109, 97 и 98. Сочиненіе Инженера С. Д. Карейша „Сѣверо-Американскія жел. дороги“.

породъ, съ незначительною степенью сцѣпленія частицъ во влажномъ состояніи, толщина эта должна быть доведена до 0,30 саж., а при тѣхъ же условіяхъ грунта и насыпяхъ свыше 5,00 саж. до 0,40 саж. Послѣдняя мѣра обусловливается тѣмъ соображеніемъ, что при высокихъ насыпяхъ изъ плохихъ грунтовъ вполне устранить образованіе балластныхъ ямъ является невозможнымъ, но при большой толщинѣ балластнаго слоя очертанія этихъ ямъ или корыть примутъ пологую форму, а не клинообразную. При этомъ для избѣжанія чрезмѣрнаго уширенія полотна слѣдовало бы, оставляя нормальную толщину балластнаго слоя въ 0,20 саж., возводить самую верхнюю часть насыпи изъ песчаныхъ водопроницаемыхъ грунтовъ. Единовременный расходъ, вызываемый приданіемъ балластному слою значительной толщины, съ избыткомъ окупится, такъ какъ при эксплуатаціи приходится расходовать ежегодно значительное количество балласта, бѣльшее, чѣмъ было бы потребнымъ для пополненія убыли отъ выдуванія балласта вѣтромъ или размыва дождемъ; балластъ уходитъ во внутрь полотна, какъ показываютъ вышеупомянутые промѣры, не только безъ пользы для устойчивости пути, но во многихъ случаяхъ прямо ухудшая состояніе, пока явленія угрожающаго характера не принудятъ къ производству дорожныхъ работъ. Приданіе балластному слою незначительной толщины при сооруженіи дороги имѣло бы однакожъ свое основаніе изъ-за финансовыхъ соображеній, такъ какъ балластировка послѣ открытія эксплуатаціи обходится значительно дешевле, еслибы послѣдующее утолщеніе балластнаго слоя было произведено въ первые же годы эксплуатаціи, пока полотно дороги не успѣло принять значительныя деформаціи, и если бы не было другихъ затрудненій для приведенія этой мѣры. Для сплошнаго поднятія пути на балласть нужно имѣть достаточной ширины полотно, размѣровъ, рассчитанныхъ на такое поднятіе, хотя тамъ, гдѣ полотно проектировано для малой толщины балластнаго слоя, является возможнымъ, вмѣсто увеличенія толщины балластнаго слоя, устроить верхнюю часть полотна изъ песчаныхъ водопускающихъ слоевъ, обезпечивъ предварительно отводъ воды съ верха нижней его части.

Независимо сего затрудненія, болѣе важнымъ препятствіемъ къ поднятію пути служатъ искусственныя сооруженія, повышеніе пути на коихъ является труднымъ или во всякомъ случаѣ весьма доро-

гимъ. Для облегченнаго типа дорогъ, гдѣ большинство мостовъ построено изъ дерева, это соображеніе не имѣетъ значенія, такъ какъ при ихъ перестройкѣ постояннымъ сооруженіямъ можетъ быть придана надлежащая высота, и особенныхъ препятствій для сплошнаго поднятія пути не встрѣтилось бы, еслибы къ этой мѣрѣ было рѣшено приступить въ первые же годы эксплуатаціи.

Балластъ.

При движеніи подвижнаго состава по рельсамъ, послѣдніе изгибаются на пролетѣ между двумя подпорами и сверхъ того понижаются вмѣстѣ съ ними, причемъ величина пониженія опоръ рѣзко вліяетъ на внутреннія напряженія, проявляющіяся въ рельсовой колеѣ и знаніе абсолютнаго значенія этой величины необходимо для расчета верхняго строенія какъ поперечинъ, такъ и самыхъ рельсовъ. Вдавливанія поперечинъ могутъ быть упругія и неупругія. Если мы возьмемъ нѣкоторый промежутокъ времени службы какой-либо поперечины, то въ дѣйствительности явятся пониженія перваго и втораго рода, иначе хорошо подбитый путь не разстраивался бы вовсе, что противорѣчитъ практикѣ. Съ уругой стороны, если балластъ такого свойства, что не размывается дождями и не уносится вѣтромъ, или если приняты мѣры для предохраненія балласта отъ этихъ двухъ факторовъ, тщательно подбитыя поперечины, послѣ нѣкотораго промежутка времени, перетерпѣваютъ довольно долго лишь однѣ упругія пониженія и нами будутъ разсматриваться исключительно эти послѣднія,—слѣдовательно пониженіе шпалы при одинаковомъ внѣшнемъ давленіи будетъ зависѣть отъ свойствъ балласта.

Исходя изъ высказаннаго Винклеромъ принципа, что величина упругаго пониженія балласта прямо пропорціональна давленію на единицу площади и обозначая буквою C (какъ принято нѣмецкими изслѣдователями) то давленіе въ килограммахъ на квадратный сантиметръ балласта, подъ вліяніемъ котораго послѣдній перетерпѣваетъ упругое пониженіе на 1 сантиметръ, мы получимъ при разныхъ значеніяхъ C , для разныхъ сортовъ балласта, характеристику его свойствъ, т. е. большей или меньшей его упругости, причемъ величина C можетъ быть опредѣлена лишь на основаніи непосредственныхъ опытовъ и измѣреній.

Первое опредѣленіе для C мы находимъ у Вебера *); онъ наблюдалъ вдавливаніе шпалы подъ давленіемъ медленно передвигаемаго паровоза, съ давленіемъ (P) на ось въ 12 тоннъ; — полагая, что во время нахождения паровозной оси надъ шпалой все давленіе передается на послѣднюю и что шпала не изгибается подъ давленіемъ пары грузовъ и слѣдовательно давленіе на нижнюю подошву шпалы распредѣляется равномѣрно, имъ было опредѣлено, при длинѣ шпалы (l) въ 250 сантиметровъ и ширинѣ (b) въ 21,4 сантиметровъ, давленіе (d) на 1 кв. сантиметръ:

$$d = \frac{P}{l \times b} = \frac{12.000}{250 \times 21,4} = 2,24 \text{ кил.}$$

Изъ опредѣленія значенія C ясно, что:

1) $Cy = d$, гдѣ y есть величина вдавливанія шпалы и для $y = 1$ сант., $C = d$, т. е. при пониженіи равномъ единицѣ

C равняется давленію.

Веберъ, наблюдая максимумъ вдавливанія шпалы, нашелъ величины отъ 0,05 сантиметра до 0,6 сант. и опредѣлилъ

$$C = \frac{2,24}{0,05} = 44,8 \text{ и } C = \frac{2,24}{0,6} = 3,7 \text{ киллогр.}$$

Не подлежитъ сомнѣнію, что величина C у Вебера опредѣлена слишкомъ приблизительно, — она несомнѣнно велика и погрѣшности при опредѣленіи этой величины явились вслѣдствіе принятія полнаго груза подвижнаго состава какъ давленія на шпалу и предположенія, что давленіе по подошвѣ шпалы распредѣляется равномѣрно.

Затѣмъ въ Германіи въ концѣ 80-тыхъ годовъ инженеръ-механикомъ Гентшелемъ были произведены опыты на правительственныхъ желѣзныхъ дорогахъ, спеціально съ цѣлью опредѣленія коэффиціента упругости балластнаго слоя. Опыты производились посредствомъ особаго, для сего придуманнаго, прибора.

Къ рельсу придѣлывался угольникъ, надавливающій при пониженіи на короткое плечо рычага (отношеніе длиннаго плеча къ короткому 1 : 10), длинное плечо коего, снабженное карандашемъ, вычерчивало діаграмму съ ординатами, въ десять разъ увеличенными,

*) Weber. Die Stabilität des Gefüges der Eisenbahngeleise, стр. 162.

на бумагѣ цилиндра *), вращающагося посредствомъ часового механизма. Отличительная черта этого прибора заключается въ томъ, что рычагъ и цилиндръ укрѣплены на горизонтальной штангѣ, поддерживаемой стоящимъ сбоку пути солиднымъ рѣшатчатымъ металлическимъ столбомъ, съ цѣлью достиженія независимости показаній отъ осадки самага полотна. Первоначальные опыты въ широкихъ размѣрахъ были произведены для пути на продольныхъ лежняхъ, а затѣмъ и на шпалахъ, но такъ какъ путь на первыхъ мало представляетъ интереса, то мы остановимся болѣе подробно на опытахъ, касающихся пути на поперечинахъ.

При производствѣ опытовъ съ этимъ приборомъ пришлось ввести поправку невѣрности показаній отъ опрокидыванія рельса и сверхъ того было обнаружено, **) что при скоромъ передвиженіи паровоза, вслѣдствіе инерціи тяжелаго рычага, показанія были преувеличены, а потому скорость при опытахъ была ограничена 5—6 вер. въ часъ, ведущія оси разъединены и паровозъ, тендеръ или вагонъ были подталкиваемы по пути, избранному для опытовъ, каждый изъ нихъ отдѣльно.

При этомъ подвижной составъ предварительно былъ тщательно взвѣшенъ и выбранъ такого типа (тендеръ-паровозъ Юно), чтобы разстояніе между осями 1,80 мм. составляло двойной пролетъ между поперечинами и слѣдовательно, чтобы условія нагрузки приближались къ вышепоименованнымъ теоретическимъ заданіямъ.

Способъ опредѣленія коэффиціента упругости балластнаго слоя заключался въ слѣдующемъ:

Получивъ діаграмму, ординаты коей, внизъ отъ линіи нуля, указываютъ пониженіе пути, вверхъ—повышеніе, а максимальные прогибы соотвѣтствуютъ поочередному положенію грузовъ на поперечинахъ, инженеръ-механикъ Гентшель наносилъ на діаграмму, въ соотвѣтственномъ ей масштабѣ поперечины, въ такомъ разстояніи, какъ онѣ размѣщены въ пути, и дѣлалъ выводъ, что полное давленіе паровоза или вагона распределяется на то число поперечинъ, которое входитъ въ предѣлы діаграммы, въ данномъ случаѣ, согласно чертежу № 8, лис. II равное десяти; полагая всѣ эти шпалы одинаково под-

*) Скорость вращенія цилиндра 2 сант. въ 1 сек.

**) Organ für die Fortschritte des Eisenb. 1888 и 1889 г.

битыми, одинаковой длины и ширины, получалъ всю площадь опоръ, передающихъ давленіе паровоза на балластъ, равною площади опоры изслѣдуемой шпалы, напримѣръ 26×250 сантим., умноженной на $10 = 26 \times 250 \times 10$; тогда при всѣхъ тендеро-паровоза въ 36.600 кил., среднее давленіе на 1 кв. сан. опоры получилось

$$d/cp = \frac{36.600}{65.000} = 0,56 \text{ кил.}$$

Затѣмъ, опредѣливъ площадь діаграммы F и раздѣливъ на ея длину L , получимъ среднее вдавливаніе $\frac{F}{L} = \frac{19,9}{91} = 0,22$ сан.

Согласно вышеприведенному понятію о значеніи коэффиціента балластнаго слоя C , слѣдуетъ, что для пониженія (y), равнаго единицѣ, $C = d$, т. е. давленію на единицу поверхности или вообще $C = \frac{d}{y} = \frac{d/cp}{y/cp}$ или въ данномъ случаѣ $C = \frac{0,56}{0,22} = 2,5$ килогр. Эта величина C однако же не вполне вѣрна потому, что пониженіе шпалы было опредѣлено въ мѣстѣ опоры рельса, слѣдовательно нужно еще принять во вниманіе изгибъ шпалы по ея длинѣ и опредѣлить среднее пониженіе всей шпалы. Съ этою цѣлью Гентшель устанавливалъ одно колесо паровоза надъ шпалою и посредствомъ очень точнаго нивеллира и чувствительнаго уровня нашель, что шпалы понижаются въ мѣстѣ опоры рельса больше всего, концы же и середина находятся выше, какъ это изображено на чертежѣ, рядомъ съ чертежемъ діаграммъ; исправивъ на основаніи этихъ опытовъ среднее вдавливаніе, нашель $C = 3,7$ килогр., т. е. C отъ принятія во вниманіе изгиба шпалы измѣнилось на значительную величину.

Такимъ образомъ почти во всѣхъ случаяхъ наблюденныя повышенія концовъ шпалъ противорѣчатъ теоріи, согласно коей концы шпалъ, длиною 2,40 и 2,50 метра, должны опускаться больше чѣмъ мѣсто опоры рельса. Впрочемъ, Гентшель тутъ же дѣлая этотъ выводъ, оговаривается, что имъ были дѣланы набюденія при очень сильной подбивкѣ концовъ, а на практикѣ вообще замѣчено пониженіе этихъ послѣднихъ, по при очень короткихъ шпалахъ, и малой ихъ толщинѣ, даже непосредственнымъ измѣреніемъ, Гентшелемъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, было обнаружено большее пониженіе концовъ, чѣмъ мѣста опоры.

Описанный способъ опредѣленія величины C для пути на попе-

речинахъ, полагаю, нельзя найти вполне удовлетворительнымъ въ виду дополнительныхъ измѣреній по поверхности шпалы уровнемъ и при статической нагрузкѣ, чѣмъ и объясняется вышеупомянутое преувеличенное вліяніе изгиба шпалы; но такъ какъ большинство опытовъ производилось на пути на продольныхъ лежняхъ, гдѣ (C) опредѣляется по имѣющейся діаграммѣ очень просто, а именно площадь діаграммы дѣленная на длину ея даетъ среднее вдавливаніе d/cp и половина вѣса паровоза, дѣленная на длину діаграммы, даетъ среднее давленіе или $C = \frac{d/cp}{y/cp}$, безъ дополнительныхъ измѣреній, то результаты въ среднихъ выводахъ получились вполне надежные, а вѣрность опредѣленія коэффиціента балластнаго слоя колебалась около 29⁰/₀. Вообще же изъ опытовъ выяснилось, что по діаграммамъ, получаемымъ отъ груза вагоновъ, C получало меньшія значенія, чѣмъ по діаграммамъ отъ паровоза и тендера, а кромѣ того при пути на поперечинахъ, что при меньшей ширинѣ шпаль величина C получается нѣсколько больше. Профессоръ Engesser въ Organ'ѣ за 1888 г. даетъ опредѣленіе $C = \alpha + \frac{\beta}{b}$, гдѣ b = ширинѣ шпалы, и находитъ

$$b = 30; C = 3; b = 30; C = 9$$

$$b = 24; C = 4; b = 24; C = 15.$$

Опытами Гентшеля установлены слѣдующія среднія величины коэффиціента балластнаго слоя;

Для балласта изъ гравія	$C = 3$
» » » мелкаго щебня	$C = 5$
» » » гравія поверхъ ка- менной наброски	$C = 8.$

Этими опытами заканчиваются за границею изслѣдованія по опредѣленію коэффиціента упругости (C) балластнаго слоя.

На русскихъ дорогахъ были нами предприняты изслѣдованія по опредѣленію означеннаго коэффиціента по новому методу и посредствомъ нарочно для сей цѣли придуманнаго аппарата. При производствѣ означенныхъ изслѣдованій руководящей нитью служила новая теорія верхняго строенія, изложенная въ сочиненіи Zimmerman'a Die Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues.

Сознавая недостатки новой теоріи мы однакожъ не пытались

разработать таковую съ теоретической точки зрѣнія, а приняли ее для руководства въ виду того, что эта теорія впервые устанавливала тѣсную зависимость между отдѣльными частями верхняго строенія.

Придуманый нами аппаратъ состоитъ изъ такового устройства, которое давало бы въ большемъ масштабѣ изображеніе діаграммъ, получаемыхъ при проходѣ не только паровоза, но и цѣлаго поѣзда и сверхъ того діаграммъ движенія разныхъ частей верхняго строенія, какъ въ вертикальной, такъ и горизонтальной плоскостяхъ. Требованіе это привело къ примѣненію, вмѣсто бумаги на цилиндрѣ, широкой бумажной длинной ленты, движущейся съ значительной скоростью отъ 10 до 14 сан. въ 1 сек. (у Коюара и Гентшеля скорость по окружности цилиндра 2 сан. въ 1 сек.), на которой посредствомъ карандаша должны были вычерчиваться діаграммы, что въ свою очередь заставило прибѣгнуть къ дальней гидравлической передачѣ, такъ какъ оказалось, что передача воздушная не могла преодолѣть тренія карандаша, безъ значительныхъ погрѣшностей въ показаніяхъ.

Устройство этого аппарата вкратцѣ слѣдующее:

Приборъ въ настоящемъ его видѣ состоитъ изъ небольшого стола, на которомъ (черт. № 9 листъ II) помѣщается часовой механизмъ особой конструкціи, приводящійся въ движеніе посредствомъ гири; съ одной изъ осей часоваго механизма соединена ось ведущаго вала, сверхъ котораго лежитъ другой валъ; между обоими валами просовывается телеграфная лента шириною въ 237 миллиметровъ, которая передвигается при движеніи валовъ. Такъ какъ передвигаемая бумажная лента назначена для вычерчиванія на ней кривыхъ прогибовъ рельса или шпалы, то должно быть ровное мѣсто для движенія карандашей на лентѣ и лента должна двигаться съ опредѣленно извѣстною скоростью.

Для достиженія первой цѣли передъ валомъ помѣщается металлическій столикъ въ горизонтальной плоскости, проходящей по верхней грани ведущаго вала. Первоначально лента наматывается на цилиндръ помѣщаемый въ ящикъ стола и попадаетъ между ведущимъ валомъ и нажимнымъ; конецъ ленты, подаваемой впередъ, наматывается на особый цилиндръ и получается ходъ ленты съ совершенно автоматическимъ наматываніемъ и сматываніемъ ея.

При этомъ лента, особенно вслѣдствіе весьма быстрого хода не можетъ идти постоянно съ одинаковою, строго опредѣленною скоростью и математическою правильностью, а потому предусмотрѣны мѣры для опредѣленія неправильностей ея хода.

Лента можетъ имѣть боковое перемѣщеніе, т. е. перпендикулярно къ своему ходу и для исключенія этого фактора устроены карандашъ, наглухо укрѣпленный къ стойкѣ; карандашъ этотъ чертитъ постоянную основную линію, параллельно коей вычерчивается впослѣдствіи при вычисленіи діаграммъ линія нуля, отъ которой отсчитываются ординаты діаграммъ.

Затѣмъ лента мѣняетъ скорость хода: когда часовой механизмъ пускается въ ходъ, то въ первые моменты скорость хода сильно возрастаетъ, а дальше, если лента намотана на валъ правильно, то она идетъ ровно съ небольшими колебаніями по величинѣ скорости; для точнаго опредѣленія въ каждый моментъ величины этой скорости примѣненъ извѣстный законъ изохронности качанія маятника, при углѣ двойной амплитуды качанія не превосходящемъ отъ 2—3 градусовъ. Для этой цѣли сбоку стола устроенъ родъ шкафчика, гдѣ помѣщается тяжелый три четверти секунднй маятникъ; качается онъ на стальнѣйшій призъмъ и имѣетъ на стержнѣ выступъ, которымъ задѣваетъ за тоненькую стальную пластинку, врѣзанную въ дерево стола; какъ пластинка, такъ и стержень маятника соединены проводами съ небольшою батареею элементовъ Барбье. При каждомъ качаніи маятника и соприкасаніи съ пластинкою токъ замыкается, проходитъ чрезъ катушки съ электромагнитами и притягиваетъ пластинку, къ которой прикрѣпленъ стержень, снабженный обыкновеннымъ рейсфедеромъ, который при каждомъ качаніи маятника, прикасаясь къ движущейся лентѣ, ставитъ на ней точку. Вслѣдствіе несовершенства выдѣлки пластинки легче изгибающейся въ одномъ направленіи, время качаній впередъ нѣсколько разнится отъ времени качанія назадъ; для полученія точнаго измѣренія нужно брать двойныя качанія, равныя по времени 1,5 секунды, и мѣрить на лентѣ чрезъ точку. Такимъ образомъ, при каждомъ измѣненіи скорости хода ленты, получаются каждыя 1,5 секунды разной длины протяженія ленты, что и вводится впослѣдствіи въ расчетъ. Изъ изложеннаго видно, что безразлично, какъ идетъ лента, лишь бы она только не задерживалась и не рвалась; всегда имѣется дѣло

съ точными величинами, и неравномѣрный ходъ ленты увеличиваетъ лишь трудъ по вычисленію. Сверхъ того въ шкафчикѣ, около маятника, помѣщенъ коммутаторъ для полнаго разъединенія тока, для соединенія тока во время работы аппарата и для вычерчиванія масштаба.

Передача собственно прогиба или вдавливанія частей верхняго строенія пути основана на принципѣ гидравлической передачи, при чемъ жидкостью служить спиртъ съ 50% воды, для возможности производства наблюденій зимою въ морозы. Приспособленія для передачи состоятъ изъ большого цилиндра, укрѣпленнаго на столбѣ, къ которому придѣланъ рычагъ съ плечами одинаковой длины; одинъ конецъ рычага помѣщается, напримѣръ, подъ подошвой рельса, а другой нажимаетъ на поршень большого цилиндра; при пониженіи рельса одинъ конецъ рычага тоже понижается, другой, повышаясь, вдавлиываетъ поршень въ цилиндръ и вытѣсняетъ находящуюся въ немъ жидкость. Изъ цилиндра вытѣсняется жидкость сначала по мѣдной, а затѣмъ по желѣзной гибкой трубкѣ одинаковаго внутренняго діаметра и поступаетъ въ малый цилиндръ, укрѣпленный на столбѣ прибора. Когда отъ пониженія рельса поршень большого цилиндра вытѣсняетъ жидкость, послѣдняя, поступая въ малый цилиндръ, выдавливаетъ оттуда поршень, къ концу котораго прикрѣпленъ стержень, соединяющійся съ рычагомъ, снабженнымъ на концѣ пишущимъ карандашомъ.

При діаметрѣ большого цилиндра въ 70 миллиметровъ, а ма-
лого въ 50 миллиметровъ, объемъ жидкости, поступающій въ малый цилиндръ, и слѣдовательно ходъ его поршня почти въ два раза больше хода поршня большого цилиндра, а такъ какъ стержень, соединяющійся съ пишущимъ рычагомъ, укрѣпленъ на $\frac{1}{1,5}$ его длины, то увеличеніе показаній должно было бы быть равнымъ около 15-ти, но это увеличеніе неравномѣрно и колеблется отъ 10 до 12 разъ, кромѣ того оно зависитъ отъ того, насколько при наполненіи удалось выгнать воздухъ; при этомъ отношеніе плечъ рычага и слѣдовательно степени увеличенія могутъ быть измѣняемы. Для опредѣленія степени увеличенія служитъ контрольный аппаратъ, заимствованный изъ приборовъ инженера Коюара.

На дощечкѣ этого аппарата укрѣпляется большой цилиндръ такъ, чтобы пластинка поршня приходилась противъ горизонтальнаго винта,

вращающагося въ подвижной рамкѣ и имѣющаго опредѣленный ходъ, равный у насъ $\frac{1}{16}$ дюйма, такъ что полъ-оборота соотвѣтствуетъ $\frac{1}{32}$ дюйма; передвигая винтъ посредствомъ рукоятки на $\frac{1}{2}$ оборота, отмѣчается на лентѣ положеніе пишущаго рычага и при постепенномъ передвиженіи винта вычерчивается величина масштаба, служащаго для опредѣленія ординатъ діаграммы, получаемой при проходѣ поѣзда. Масштабъ этотъ вычерчивается автоматически, посредствомъ замыканія электрическаго тока при каждомъ полуоборотѣ винта, для чего коммутаторъ ставится на особое дѣленіе, а контрольный аппаратъ соединяется проводами съ электромагнитами, поддерживающими пишущіе рычажки; во время вычерчиванія масштаба поочередно каждый карандашъ снимается и замѣняется рейсфедеромъ.

Имѣя столбъ жидкости, замкнутый герметически и сжатый пружинами, получается моментальная и непрерывная передача; лишь при скорости поѣзда около 50 верстъ въ часъ карандашъ вычерчиваетъ кривую частями пунктиромъ, не успѣвая чертить сплошную линію и нужно полагать, что точность передачи весьма большая, но опредѣлить ее можно къ сожаленію въ иныхъ условіяхъ, чѣмъ происходитъ сама передача движенія рельса — она непрерывна, между тѣмъ при вычерчиваніи масштаба непрерывность нарушается при каждомъ полуоборотѣ, и если сдѣлать, напримѣръ, 10 оборотовъ винта впередъ и 10 назадъ, то карандашъ не станетъ на тоже самое мѣсто, а отклоняется на нѣкоторую величину въ плюсъ или минусъ и эта величина доходитъ въ дѣйствительности отъ $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{5}$ миллиметра, что и составляетъ точность передачи.

Наконецъ, для опредѣленія скорости проходящихъ поѣздовъ имѣются двѣ пластинки, каждая снабженная рейсфедеромъ. При проходѣ электрическаго пока черезъ катушки съ электромагнитами пластинки притягиваются, и рейсфедеры ставятъ точки на движущейся лентѣ. Для замыканія тока движущимися колесами подвижнаго состава служатъ замыкатели Паже*), устанавливаемые по обѣ стороны аппарата на разстояніи около 10 сажень другъ отъ друга.

Скорость поѣзда опредѣляется слѣдующимъ образомъ: первое

*) Журн. М. п. с. за 1889 г. кн. 4 ст. «Опыты надъ устойчивостью рельсоваго пути» и «Revue générale de chemins de fer» 1887 г. № 4, Octobre, стр. 231.

колесо паровоза, понижая стержень замыкателя находящагося передъ аппаратомъ, считая по направленію движенія поѣзда, и соединяя этимъ токъ, сомкнетъ токъ въ другомъ замыкателѣ, лишь пройдя извѣстное и по возможности точно измѣренное разстояніе между замыкателями; въ это же время на лентѣ, находящейся въ движеніи, каждымъ изъ рейсфедеровъ, соединеннымъ проводами съ замыкателями, ставятся точки, разстояніе между которыми на лентѣ можно выразить секундами и ихъ долями, имѣя точки каждыя 1,5 секунды отъ рейсфедера, приводимаго въ движеніе качаніями маятника. Но не только одно колесо паровоза замыкаетъ токъ посредствомъ замыкателей Паже, но и всѣ колеса поѣзда, такъ что получаются двѣ параллельныя линіи съ рядомъ точекъ, гдѣ обозначаются точки отъ колесъ паровоза, тендера и вагоновъ. Зная разстояніе между послѣдними, имѣется провѣрка правильности сдѣланнаго вычисленія, полагая, конечно, что поѣздъ въ промежуткѣ между замыкателями не измѣняетъ своей скорости, что несомнѣнно не всегда имѣетъ мѣсто.

Изъ приведеннаго описанія прибора видно, что разъ таковой установленъ на мѣстѣ, цилиндры наполнены жидкостью, лента намотана на валы, часовой механизмъ заведенъ и всѣ остальные части прибора дѣйствуютъ исправно; то во время прохода поѣзда всѣ нужныя опредѣленія получаются сами собой безъ участія наблюдателя, которому только остается, въ виду поѣзда, заставивъ маятникъ качаться и пустить посредствомъ рукоятки часовой механизмъ въ ходъ. При этомъ необходимо имѣть только нѣкоторый навыкъ для опредѣленія, на какомъ растояніи, смотря по скорости поѣзда, отъ перваго замыкателя пустить въ ходъ часовой механизмъ; пуская преждевременно, получается непроизводительно большой расходъ ленты, въ противномъ случаѣ опредѣленіе на лентѣ получается въ моментъ неравномѣрнаго и быстро увеличивающагося ея хода. Всѣ части аппарата сдѣланы несоразмѣрно прочно для избѣжанія изгиба отдѣльных частей при перевозкахъ и сотрясеній при проходѣ поѣздовъ; въ дѣйствительности послѣднія ощущаются въ незначительной степени.

Затѣмъ допущена погрѣшность въ опредѣленіи постоянной точки, укрѣпленіемъ большого цилиндра на столбѣ, забитомъ въ землю, возлѣ рельса и для опредѣленія размѣра пониженія столба, въ каж-

домъ данномъ мѣстѣ производства опытовъ, необходимо измѣрить посредствомъ чувствительнаго уровня и длинной рейки, способомъ вышеописаннымъ, означенное пониженіе и вводить таковое какъ поправку въ расчетъ.

Переходя затѣмъ къ опредѣленію коэффиціента упругости балластнаго слоя, мы можемъ шпалу представить какъ брусъ, длиною $= (2l)$, шириною (b) , нагруженный двумя равными силами P, P , покоящийся на упругой однородной массѣ (черт. № 10 лис. II).

Тогда уравненіе упругой линіи:

$$E' I' \frac{d^4 y}{dx^4} = - b (d)$$

можемъ написать, подставляя вмѣсто d равную величину Cy , гдѣ y = величинѣ вдавливанія, тогда:

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = - 4y \frac{Cb}{4E'I'} ,$$

или:

$$1) \quad \frac{d^4 y}{dx^4} = - 4K^4 y^*)$$

гдѣ

$$K = \sqrt[4]{\frac{Cb}{4E'I'}} ,$$

гдѣ E' = модулю и I' = моменту инерціи шпалы.

Интегрируя дифференціальное уравненіе 2), послѣ соответственныхъ выкладокъ, получимъ выраженіе для величины вдавливанія шпалы:

$$2) \quad y = \frac{KP}{Cb} \{ [\gamma_0] \cos \beta \xi \cos \xi - [\mu_0] \sin \xi \sin \xi \}^*) ,$$

гдѣ:

P = давленію отъ колеса подвижнаго состава

l = половинѣ длины шпалы

r = половинѣ ширины междупутья.

$$Kl = \lambda ,$$

$$Kx = \xi ,$$

$$Kr = \rho$$

*) Dr. Zimmermann. Die Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues, стр. 11.

**) Dr. Zimmermann, Die Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues, стр. 74 и слѣд.

причемъ:

$$[\eta_0] = \eta_p + u_p; [\mu_0] = \mu_p - v_p;$$

$$а) \quad \eta_p = e^{-\rho} (\cos \rho = \sin \rho),$$

$$б) \quad \mu_p = e^{-\rho} (\cos \rho = \sin \rho);$$

$$в) \quad u_p = u \operatorname{Co} \beta_p \cos \rho + v \operatorname{Sin} \rho \sin \varsigma,$$

$$г) \quad v_p = v \operatorname{Co} \beta_p \cos \rho + w \operatorname{Sin} \rho \sin \varsigma;$$

наконецъ величины u , v и w получатся какъ функціи отъ λ :

$$д) \quad u = \frac{2 + \cos 2\lambda - \sin 2\lambda + e^{-2\lambda}}{\operatorname{Sin} 2\lambda + \sin 2\lambda};$$

$$е) \quad v = \frac{\cos 2\lambda + \sin 2\lambda - e^{-2\lambda}}{\operatorname{Sin} 2\lambda + \sin 2\lambda},$$

$$ж) \quad w = \frac{2 - \cos 2\lambda + \sin 2\lambda - e^{-2\lambda}}{\operatorname{Sin} 2\lambda + \sin 2\lambda}.$$

Уравненіе 3) служить для опредѣленія (y) на протяженіи между рельсами—оно упрощается для y_r въ точкѣ укрѣпленія рельса или приложенія силы въ виду того, что тогда:

$$x = r \text{ и } \xi = Kr = \rho,$$

$$3) \quad y_r = \frac{KP}{Cb} [\eta_p].$$

Для середины $x = 0$ и $\xi = 0$.

$$4) \quad y_o = \frac{KP}{Cb} [\eta_0].$$

Для части шпалы между рельсомъ и концомъ ея, для опредѣленія (y) служить слѣдующее уравненіе:

$$5) \quad y = \frac{PK}{Cb} \{ \frac{1}{2} \Sigma \eta + u_p \operatorname{Co} \beta \xi \cos \xi + v_p \operatorname{Sin} \xi \sin \xi \},$$

гдѣ

$$\Sigma \eta = 2\eta_p \operatorname{Co} \beta \xi \cos \xi - 2\mu_p \operatorname{Sin} \xi \sin \xi.$$

Уравненіе 5) упрощается для самаго конца шпалы, тогда:

$$x = l, \text{ и } \xi = Kl = \lambda,$$

и 6)
$$y_l = \frac{KP}{cb} (\eta_\lambda).$$

Величина вдавливанія (y) для данной колеи, шпалы и для извѣстнаго балласта есть функція отъ x , т. е. шпала изгибается и давленіе распредѣляется не равномерно по ея длинѣ. Самое большое внѣшнее давленіе имѣемъ въ точкѣ приложенія груза, а максимум (y) при переменномъ l можетъ быть и не въ точкѣ приложенія груза. Шпала можетъ изгибаться, какъ показываетъ черт. № 11 лис. П причемъ самый конецъ шпалы осядетъ меньше, одинаково или больше.

Наблюдая вдавливаніе шпалы въ точкѣ приложенія груза, имѣемъ въ уравненіи 4) $y_r = \frac{KP}{cb} (\eta_r)$, получивъ (y_r) изъ наблюденій, двѣ неизвѣстныя P и C .

Предполагая, что внѣшнее давленіе P опредѣлилось, имѣемъ тогда уравненіе съ одною неизвѣстною C , которая входитъ въ знаменатель правой стороны уравненія, но сверхъ того въ числитель входитъ K и величина (η_r), функція отъ K ; съ своей стороны K есть функція отъ C , причемъ C входитъ въ выраженіе для K подъ четвертымъ корнемъ, поэтому, опредѣливъ C въ предположеніи, что шпала не изгибается, и подставляя въ формулу для (y), у точки приложенія груза, таковую величину въ выраженіе для K , можемъ уравненіе (4) рѣшить по C и, повторяя этотъ пріемъ съ новымъ значеніемъ для C , можемъ добиться желаемой точности.

Наконецъ, для опредѣленія величины P , т. е. давленія, передаваемого рельсомъ на шпалу, имѣются формулы, которыя являются тоже функціями отъ C , и для изслѣдованія, цѣлью котораго есть опредѣленіе именно величины C , не пригодны. Ниже будетъ указанъ иной способъ опредѣленія величины P .

Таковой способъ опредѣленія величины C съ математической точки зрѣнія нельзя назвать изящнымъ, но онъ является для практическихъ вычисленій вполне пригоднымъ. Намъ остается слѣдовательно опредѣлить величину вдавливанія и соотвѣтственное ей давленіе.

Величина C , какъ выше было указано, равняется $C = \frac{d}{y}$ и точно также можно сказать $C = \frac{d/cp}{y/cp}$; если мы возьмемъ какую-либо діаграмму чер. № 12 отъ прохода поѣзда, изображающую непрерывность вдавливанія шпалы въ балластъ въ мѣстѣ опоры рельса подъ влияніемъ прохода подвижнаго состава, и затѣмъ вычисливъ площадь этой діаграммы F раздѣлимъ на ея длину (l), то равняется $y/cp = \frac{F}{l}$, среднее же давленіе можетъ быть опредѣлено на основаній слѣдующихъ соображеній. Если мы возьмемъ, напримѣръ, діаграмму отъ прохода паровоза и предположимъ шпалу, какъ брусъ неизгибаемый и подверженный дѣйствію двухъ равныхъ грузовъ, чер. № 13 лис. II, т. е. давленій отъ колесъ подвижнаго состава, то, наблюдая движеніе любой точки по длинѣ шпалы, получимъ на діаграммѣ изображенія величинъ вдавливанія подъ дѣйствіемъ груза, напримѣръ, всего паровоза, сконцентрированнаго въ его осяхъ, причемъ нагрузки на ось пропорціональны отношенію максимальныхъ ординатъ діаграммы, т. е. если вѣсъ паровоза равенъ 36 тоннамъ, максимумъ ординатъ $a'—b'$, $a''—b''$ и $a'''—b'''$ равны 6, 4 и 8 или относятся какъ 3:2:4, то и нагрузки будутъ не по 12 тоннъ, а соответственно 12 тоннъ;—8 и 16 т. При этомъ мѣсто расположенія на діаграммѣ грузовъ отвѣчаетъ тоже максимальнымъ вдавливаніемъ, а потому если въ этихъ точкахъ нанести найденныя давленія и построить по длинѣ діаграммы многоугольникъ давленія, то, опредѣливъ его площадь и затѣмъ раздѣливъ на длину, получится среднее давленіе и затѣмъ значеніе для величины C , чер. № 14 листъ III.

Однако же такое опредѣленіе C было бы вѣрно, еслибы шпала не изгибалась по своей длинѣ, но такъ какъ она изгибается и видъ упругой линіи можетъ представлять разнородныя кривыя, то необходимо ввести поправку и опредѣляя вдавливаніе шпалы (y) путемъ опыта, необходимо знать мѣсто (X) измѣренія по отношенію длины ея. Такъ какъ величины x и y получаются непосредственно путемъ измѣренія x въ натурѣ, а y изъ діаграммы, то подставляя таковыя въ раньше приведенную формулу и замѣняя P величиною средняго давленія d/cp получимъ значеніе для C .

Для опредѣленія такимъ путемъ коэффиціента упругости балластнаго слоя былъ произведенъ нами на б. Козлово-Саратовской жел. дорогѣ рядъ опытовъ сопоставленныхъ въ таблицахъ, приложенныхъ

къ статьѣ «о колебаніи верхняго строенія*). Приведемъ примѣръ въ числахъ:

Проходъ поѣзда по 180 вер. отъ Тамбова.

Прехосный паровозъ серіи А, вѣсомъ съ тендеромъ вмѣстѣ въ 58,70 тоннъ; площадь діаграммы вдавливанія 51.176 кв. мм.; длина (l) діаграммы 13.153, отсюда y -среднее вдавливаніе $= \frac{51.176}{13.153} = 3,89$; площадь многоугольника давленія, построеннаго, принявъ за основаніе длину діаграммы, 122.215 и среднее давленіе въ тоннахъ $\frac{122\ 215}{13.153} = 9,29$.

Площадь нижней опоры шпалы, вдавливаніе которой опредѣлялось, равнялась 7.112 кв. сантим. Изъ этихъ величинъ опредѣлилось $C = \frac{9.290}{7.112 \times 0,389} = 3,36$ въ предположеніи, что шпала не изгибается и давленіе распредѣляется равномѣрно по площади подошвы шпалы.

Наблюденія производились въ разныхъ мѣстахъ дороги, при чемъ принимался вѣсъ подвижнаго состава: паровоза и тендера согласно взвѣшиванію въ мастерскихъ съ полнымъ грузомъ воды и топлива, классные вагоны согласно тары плюсъ вѣсъ 20 человѣкъ, багажный вагонъ — тара плюсъ 300 пуд., груженные вагоны — тара плюсъ 600 пуд., цистерны Нобеля — тара плюсъ 700 пуд. и цистерны Саратовской дороги — тара плюсъ 600 пудовъ.

Такимъ образомъ опредѣленіе нагрузки на ось подвижнаго состава является далеко не точнымъ и несомнѣнно подѣ вліяніемъ этого при проходѣ поѣзда получались самыя большія абсолютныя значенія для C отъ діаграммы паровоза, меньшія для тендера и довольно неопредѣленныя для вагоновъ, что и понятно, такъ какъ для паровоза и тендера меньше могло быть погрѣшности въ опредѣленіи вѣса, чѣмъ для вагоновъ; C при проходѣ груженныхъ вагоновъ получало почти тождественныя значенія какъ для паровоза и тендера, при проходѣ цистернъ бѣльшія значенія, а класныхъ вагоновъ вообще меньшія. Во всякомъ случаѣ наибѣль довѣрія возбуждаетъ опредѣленіе C по діаграммѣ паровоза и тендера вмѣстѣ. Однакожъ нѣкоторая неувѣренность въ опредѣленіи C изъ діаграммы относится къ установленію абсолютнаго значенія, но оно отнюдѣ не указываетъ на невѣрность самаго метода опредѣленія. Если дѣлать наблюденія

*) Журн. Мин. Пут. Сообщ. Январь 1892 г.

надъ одной шпалой при проходѣ разныхъ поѣздовъ, то значеніе для *C* должно получаться весьма близкимъ, точно также на однородныхъ участкахъ пути должны получаться величины близкія, такъ какъ *C* не можетъ рѣзко мѣняться.

Въ дѣйствительности получились слѣдующія данныя, указанныя въ таблицѣ № 1, составленной нами на основаніи данныхъ, помѣщенныхъ въ вышеупомянутой статьѣ о колебаніи верхняго строенія.

Т А Б Л И Ц А I.

№№ по порядку.	Время наблюдений.	Мѣсто наблюденія.	Мѣсто прогиба по длинѣ шпалы.	Величина <i>C</i> упругости балластного слоя.						Примѣчания.
				При проходѣ паровоза.	Тендера.	Паровоза и тендера вмѣстѣ.	Батignaго вагона.	Класснаго вагона.	Товарнаго груженнаго.	
1	20 Октября п. № 3.	180 вер. отъ Тамбова, нулевое мѣсто, почва средней плотности, балластъ мелкій, но чистый песокъ. Рельсы 20 фунт.	Въ мѣстѣ опоры рельса; шпала 1,19 саж. дл., 0,13 саж. шириною.	3,65	3,02	3,36	2,91	2,71	—	
2	20 Сентября п. № 6.		Площадь опоры 7112 кв. саж.	3,32	2,99	3,15	—	—	3,11	
3	20 Сентября п. № 105.	—	—	3,71	3,32	3,52	—	—	3,50	
4	20 Сентября п. № 22.	—	—	3,71	3,45	3,58	—	—	3,58	
5	19 Сентября п. № 104.	—	—	3,50	2,74	3,14	—	—	2,93	
Среднія значенія				3,58	3,10	3,50	—	—	3,28	

1	8 Октября п. № 3.	171 вер. отъ Тамбова, нулевое мѣсто, условія почвы тѣ же, рельсы 21 ³ / ₄ фунт. въ погон. футѣ.	Въ мѣстѣ опоры рельса; шпала площадью 6,578 кв. сантим.; стыков. шпала.	3,29	2,97	3,15	—	3,84	—	
2	8 Октября п. № 6.			3,82	3,21	3,55	—	—	—	
3	6 Октября п. № 6.	—	—	3,55	3,89	3,68	—	—	—	Двойная тяга.
	—	—	—	4,44	4,27	4,36	—	—	—	
4	8 Октября п. № 107.	—	—	3,23	—	—	—	—	—	
5	8 Октября п. № 22.	—	—	3,88	3,78	3,83	—	—	4,35	Цистерна.
Среднія значенія				3,70	3,62	3,71	—	—	—	

№ по порядку.	Время наблюдений.	Мѣсто наблюдений.	Мѣсто прогиба по длинѣ шпалы.	Величина <i>C</i> упругости балластного слоя.						Примѣчанія.
				При прохлѣ паровоза.	Тендера.	Паровоза и тендера вмѣстѣ.	Багажного вагона.	Класснаго вагона.	Товарнаго грузнаго.	
1	п. № 3 Отъ 5 Октября.	171 вер. отъ Тамбова, на нулевомъ мѣстѣ.	Въ мѣстѣ опоры рельса; шпала площадью 6552 кв. сант.; средняя шпала въ звѣнѣ.	2,67	2,46	2,58	—	3,03	—	
2	п. № 61 Отъ 4 Октября.			3,53	2,76	3,18	—	—	—	
3	п. № 3 Отъ 3 Октября.			3,75	3,13	3,48	—	2,76	—	
4	п. № 6 Отъ 3 Октября.	—	—	3,76	3,36	3,58	—	—	3,43	
5	п. № 5 Отъ 4 Октября.	—	—	3,41	2,84	3,14	—	—	—	
6	п. № 5 Отъ 3 Октября.	—	—	3,29	3,41	3,35	—	—	—	
7	п. № 61 Отъ 3 Октября.	—	—	3,77	4,39	4,01	—	—	—	
Среднія значенія				3,45	3,19	3,33	—	2,89	—	

1	п. № 4 Отъ 26 Окт.	156 вер. отъ Тамбова въ выемкѣ съ глинистою плотною почвою.	Въ мѣстѣ опоры рельса средняя шпала въ звѣнѣ.; 6723 кв. сант. площадь нижней опоры.	3,70	3,82	3,74	—	3,15	—	Цистерна гружен.
2	п. № 6 Отъ 26 Окт.			4,79	4,36	4,61	—	—	—	
3	п. № 5 Отъ 26 Окт.			4,81	4,97	4,88	—	—	—	
4	п. № 100 Отъ 26 Окт.	—	—	4,72	5,07	4,89	—	—	—	
Среднія значенія				4,50	4,55	4,52	—	—	—	

1	п. № 4 Отъ 24 Окт.	Тѣ же условія, но наблюденія по вдавливанію конца той же шпалы длиною въ 1,18 саж.	3,59	3,26	3,18	—	—	—	Цистерна.	
2	п. № 3 Отъ 24 Окт.		—	—	3,22	—	{ 2,58 2,75	—		
3	п. № 4 Отъ 25 Окт.		—	—	3,56	—	3,51 и 3,48	—		
4	п. № 5 Отъ 24 Окт.		—	3,65	3,64	3,64	—	—		
5	п. № 5 Отъ 25 Окт.		—	4,20	3,18	3,69	—	—		
6	п. № 100 Отъ 25 Окт.		—	3,78	3,98	3,83	—	—		4,54
Среднія значенія			3,80	3,51	3,52	—	3,33	—		

Изъ таблицы I усматривается, что C для одной шпалы на 171 вер. на нулевомъ мѣстѣ, какъ среднее изъ 5 наблюдений изъ діаграммы паровоза и тендера получилось 3,71, на той же верстѣ для другой шпалы среднее изъ 7 наблюдений—3,33, а въ 9 верстахъ отъ сего мѣста, тоже на нулевомъ мѣстѣ пути, на 180 верстѣ, $C = 3,50$. Затѣмъ въ выемкѣ изъ плотной глины надъ одной и той же шпалой C опредѣлилось при измѣреніи въ мѣстѣ опоры рельса въ 4,52, а въ концѣ шпалы въ 3,52. Затѣмъ изъ опытовъ выяснился, впрочемъ уже извѣстный, законъ поднятія шпалы передъ приближающимся грузомъ—величина эта измѣняется отъ 0,1 до 0,8 миллиметра; причемъ тотъ фактъ, что поднятіе шпалы на столь ничтожную величину все-таки вычерчивалось аппаратомъ, указываетъ на его чувствительность и на то, что точность его въ работѣ превосходитъ таковую, опредѣленную нами при вычерчиваніи масштаба и равную въ 0,2 миллиметра. Дѣйствительно, еслибы точность передачи не превосходила 0,2 миллиметра, то величины въ 0,1 и 0,2 миллиметра при поднятіи шпалы откладывались бы отъ линіи нуля, то въ плюсь, то въ минусъ, но между тѣмъ не только на кривой вдавливанія чертежъ № 12 листъ III, но при всѣхъ произведенныхъ нами опытахъ, числомъ болѣе ста, сюда не включенныхъ, за неправильнымъ дѣйствіемъ замыкателей при дождливой погодѣ, не было ни одного случая прохода поѣзда безъ предварительной подъёмки шпалы.

Что касается отношенія балласта къ исчезновенію послѣдняго груза, то здѣсь значеніе скорости прохода груза играетъ значительную роль—при малыхъ скоростяхъ замѣтно временно остающееся пониженіе шпалы, при большихъ скоростяхъ, напротивъ, является поднятіе, иногда въ видѣ скачка, съ немедленнымъ пониженіемъ—величина поднятія доходитъ до 1,6 миллиметра; что же касается маленькихъ величинъ 0,1 до 0,2, то здѣсь дѣйствіе аппарата ненадежно, такъ какъ восстановление первоначальнаго состоянія балласта происходитъ такъ медленно по времени, что карандашъ не можетъ слѣдить за этимъ движеніемъ и нужно болѣе рѣзкое нажатія на поршень цилиндра (напримѣръ рукою), чтобы онъ сталъ на правильное мѣсто.

Вліяніе скорости не выступаетъ ни при разсмотрѣніи максимальныхъ прогибовъ, ни среднихъ; оно отчасти и понятно, такъ

какъ на 28 наблюдений имѣются не только разный балластъ, но и нагрузки, движущіеся въ разныхъ направленіяхъ, и для выясненія этого вопроса нужны бы были иначе направленные опыты и въ большемъ числѣ.

Наконецъ, опредѣляя нагрузку по вышеизложенному способу на оси подвижнаго состава, мы нашли максимальную нагрузку для трехъ-осныхъ паровозовъ серіи А въ 14,35 тоннъ, или перегрузку, въ сравненіи съ давленіемъ на ось при равномерно распределенной тяжести паровоза, въ 21%.

Нагрузку для серіи Б въ 15,74 тоннъ или перегрузку въ 26% (3-хъ осн.)

» » » Д » 15,57 » » » 28% (4-хъ осн.)

» » » Г » 14,67 » » » 23% (4-хъ осн.)

» осей гружен. вагона въ 8,6 тон., перегрузку » 5%

» » груженой цист. » 9,43 » » 3%

» » класснаго ваг. » 7,61 » » 35%

Величины эти нашлись преимущественно при большихъ скоростяхъ, свыше 30 верстъ въ часъ, а класснаго вагона при 48 верст., но изъ этого не слѣдуетъ, чтобы абсолютная величина прогиба была больше, чѣмъ при меньшихъ скоростяхъ, и здѣсь не приняты во вниманіе перегрузки отдѣльныхъ колесъ, а лишь осей.

Возвращаясь къ полученнымъ результатамъ опредѣленія величины C , мы имѣемъ средніе выводы: на нулевыхъ мѣстахъ средніе выводы 3,50 и на 156 верстѣ $\left\{ \begin{array}{l} C=4,52 \\ C=3,52 \end{array} \right\}$ — конецъ шпалы.

Для всѣхъ этихъ данныхъ есть общая неточность, а именно пониженіе столба, поддерживающаго цилиндръ и рычагъ, соприкасающійся къ шпалѣ, отъ сжатія полотна дороги при проходѣ поѣзда.

Величины сжатія опредѣленные изъ опытовъ были приведены выше и таковыя нужно принять въ расчетъ, выдѣливъ отдѣльно 4-хъ осные паровозы сжатіе подъ которыми больше.

Приведемъ расчетъ для шпалы лежащей въ пути на 156 вер.

1) Вдавливаніе шпалы въ мѣстѣ укрѣпленія рельса:

а) Для 3-хъ осныхъ паровозовъ среднее значеніе:

$$C = \frac{9082}{6723 \times 0,307} = 4,44 \text{ (изъ 4 наблюдений).}$$

Увеличивая среднее вдавливаніе на 0,013 сант., величину сжа-

тія полотна получимъ:

$$C = \frac{9082}{6723 \times 0,32} = 4,22 \text{ кил.}$$

б) Для 4-хъ осныхъ паровозовъ среднее значеніе:

$$C = \frac{10670}{6723 \times 0,324} = 4,89 \text{ (изъ наблюденія).}$$

Увеличивая среднее вдавливаніе на 0,02 получимъ:

$$C = \frac{10670}{6723 \times 0,344} = 4,61 \text{ кил.}$$

2) Вдавливаніе конца шпалы:

а) Для 3-хъ осныхъ паровозовъ среднее значеніе:

$$C = \frac{9038}{6723 \times 0,380} = 3,53 \text{ кил. (изъ наблюд.).}$$

Увеличивая вдавливаніе на 0,013 сант., получимъ:

$$C = \frac{9038}{6723 \times 0,393} = 3,42 \text{ кил.}$$

б) Для 3-хъ осныхъ паровозовъ среднее значеніе:

$$C = \frac{10650}{6723 \times 0,413} = 3,83 \text{ (изъ 1 наблюденія).}$$

увеличивая вдавливаніе на 0,020 сант., получимъ:

$$C = \frac{10650}{6723 \times 0,433} = 3,65 \text{ килогр.}$$

Среднее значеніе для наблюденій на 156 верстѣ для шпалы въ мѣстѣ укрѣпленія рельса

$$C = \frac{4,22 \times 4 + 4,61 \times 1}{5} = 4,29 \text{ килогр.}$$

Всѣ эти данныя получились въ предположеніи, что шпала не изгибается, а понижается отъ дѣйствія двухъ равныхъ силъ на извѣстную величину, принимая же во вниманіе изгибъ шпалъ, мы должны прибѣгнуть къ вышеописанному способу.

Выключивъ 4-хъ осные паровозы, по коимъ было мало наблюдений, получимъ для мѣста опоры рельса:

$$C = 4,22, \text{ тогда } P \times 4541.$$

При размѣрахъ шпалы:

$$1,165 \text{ саж.} \times 0,125 \times 0,065,$$

или:

$$249 \times 27 \times 14 \text{ саят.}$$

получимъ:

$$I = \frac{27 \times 14^3}{13} = 6174:$$

и

$$\begin{aligned} K &= \sqrt[4]{\frac{Cb}{4E'I}} = \sqrt[4]{\frac{4,22 \times 27}{4 \times 120.000 \times 6174}} = \\ &= \sqrt[4]{\frac{113,94}{2963520000}} = \sqrt[4]{0,0000000384} = \\ &= \frac{1}{4} \left\{ \log 0,0000000384 \right\} = \frac{1}{4} \left\{ 0,58433 - 8 \right\} = \\ &= 0,14608 - 2, \end{aligned}$$

и

$$\text{num } \log 0,01400,$$

или

$$K = 0,0140,$$

тогда пользуясь для вычисленія таблицами Zimmermann'a

$$\rho = K \cdot r = 79 \times 0,0140 = 1,1$$

$$\lambda = K \cdot l = 124,5 \times 0,0140 = 1,7;$$

тогда, поступая какъ выше, получимъ $[\eta_\rho] = 0,6678,$

$$C = \frac{0,014 \times 4541}{27 \times 0,320} \times 0,6678 = \frac{63,570}{8,64} \times 0,6678 = 4,908,$$

закругляя, $C = 4,9$ и, повторяя расчетъ съ новымъ C :

$$K = \sqrt[4]{\frac{4,9 \times 27}{2963520000}} = \sqrt[4]{0,0000000446} = \\ = \frac{1}{4} \log 0,0000000446 = \frac{1}{4} \left\{ 0,64933 - 8 \right\} = 0,16233 - 2,$$

и

$$\text{num } \log = 0,01453 = K,$$

закругляя $K = 0,0145$, гдѣ:

$$\rho = 79 \times 0,0145 = 1,15 = 1,2;$$

$$\lambda = 124,5 \times 0,0145 = 1,81 = 1,8;$$

$$[\eta_p] = 0,663;$$

$$C = \frac{0,0145 \times 4541}{27 \times 0,320} \times 0,663 = \frac{65,845}{8,64} \times 0,663 = 5,05 \text{ кил.}$$

закругляя $C = 5,0$ килогр., на чемъ можно остановиться.

Для вычисленія для середины шпалы получимъ $[\eta_0] = 0,34$, и величину вдавливанія:

$$y_0 = \frac{0,0145 \times 4541}{27 \times 5,0} \times 0,34 = 0,49 \times 0,34 = 0,167 \text{ сант.}$$

а по вычисленію для конца шпалы

$$[\eta_i] = 0,7998; y_i = 0,49 \times 0,7998 = 0,392 \text{ сант.}$$

Для этой же самой шпалы по наблюденіямъ для средняго вывода вдавливанія конца получилось 0,393 сант. и такимъ образомъ имѣемъ совпаденіе теоретическаго расчета съ дѣйствительно наблюденною величиною.

Затѣмъ были произведены опыты въ 1894 году на Ораніенбаумскомъ участкѣ (4 вер. отъ Ораніенбаума) Балтійской желѣзной дороги по опредѣленію величины C , причемъ получился совершенно неожиданный результатъ. Оказалось, что нѣкоторыя шпалы не вдавливаются вовсе, а нѣкоторыя, рядомъ лежащія, погружались въ балластъ, хотя и не на значительную среднюю величину въ

1,2 мм. и максимальную въ 1,75 мм. Такое сопротивленіе шпаль въдавливанію нужно приписать исключительно благопріятнымъ условіямъ пути у Ораніенбаума, а именно: полотну въ выемкѣ, глубиною 1,33 саж., состоящему изъ весьма плотной глины, чистому и крупному балласту, при толщинѣ сего слоя въ 0,22 саж., длиннымъ въ 1,28 саж. и широкимъ свыше 6 верстъ шпаламъ, рельсамъ 24 фунт. въ пог. футѣ, легкому подвижному составу и хотя бойкому движенію, но почти исключительно однихъ пассажирскихъ поѣздовъ. Балластъ съ содержаніемъ песку и гравія 94,1% (послѣ отмучиванія) просѣянный черезъ сита: № 1 въ 225 отверстій на 1 кв. сантим. далъ 29%, черезъ № 2, въ 144 отверстія—17,6%, черезъ № 3, 81 отверстіе 17,6% и остатокъ гравія 35,4%.

При изслѣдованіи балластнаго слоя мѣсто соприкасанія его съ полотномъ представляло рѣзко опредѣленную линію, свидѣтельствующую, что балластъ не дѣйствовалъ разрушающимъ образомъ на полотно.

Среднее давленіе изъ многоугольника давленія, опредѣлилось въ $p = 7960$ килогр. или среднее давленіе на 1 кв. сантим. опоры шпалы въ $\frac{7960}{7868} = 1,01$ килогр. Затѣмъ $C = 8,41$ опредѣлилось изъ въдавливанія конца шпалы.

Прогибъ конца шпалы

$$y_i = \frac{K \cdot p}{Cb} (n_i); \quad K = \sqrt[4]{\frac{Cb}{4E'F'}};$$

подставляя числовыя значенія $K =$

$$= \sqrt[4]{\frac{8,41 \times 28,8}{4 \times 120.000 \times \frac{28,8 \times 17^3}{12}}} = \sqrt[4]{0,0000000428};$$

$$\log. 0,0000000428 = \frac{1}{4} \left\{ \text{num log } 0,63144 - 8 \right\} = \\ = 0,15786 - 2$$

и

$$K = 0,01436; \quad l = \frac{273,2}{2} = 136,6; \quad r = 79; \quad K \cdot l = \lambda = \\ = 0,01436 \times 136,6 = 1,96 \text{ и } Kr = \rho = 79 \times 0,01436 = \\ = 1,13;$$

$$\eta_i = 0,4685 \text{ и } C = \frac{K \cdot p_{1/2}}{y_i \cdot b} \eta_i = \frac{0,01436 \times 3980 \times 0,4685}{28,8 \times 0,12} = 7,75 \text{ килогр.}$$

или меньше на 7,8⁰/₀, чѣмъ въ предположеніи шпалы неизгибаемой.

Для другихъ шпаль величины вдавливанія получились еще меньше и C соотвѣтственно больше, въ среднемъ около 9 килогр., нѣкоторыя же шпалы не погружались вовсе, или вѣрнѣе погружались на величину не поддающуюся измѣренію путемъ примѣненныхъ способовъ; діаграммы вдавливанія такихъ шпаль представляютъ на лентѣ прямую линію.

На основаніи первоначальныхъ, весьма приблизительныхъ опредѣленій величины C по опытамъ Вебера, таковая колебалась въ предѣлахъ отъ 4 до 45 килогр., но Леве и другіе инженеры принимали при расчетахъ 12—16 килограммъ, а уже послѣ опытовъ Гентшеля эти величины установлены въ 3,5 и 8 килогр., какъ это раньше было указано. Величинѣ 45 килогр. въ данномъ случаѣ на Балтійской желѣзной дорогѣ соотвѣтствуетъ вдавливаніе шпалы на величину около 0,02 сант., т. е. равняющую почти предѣльной точности аппарата.

Такимъ образомъ, на Балтійской дорогѣ, въ мѣстѣ, на которомъ производились изслѣдованія, C измѣнялось у двухъ рядомъ лежащихъ шпаль весьма значительно и объяснить это явленіе весьма трудно, и такъ какъ по діаграммамъ получено среднее значеніе для $C = 9$ килогр., то при дальнѣйшихъ расчетахъ по отношенію Ораніенбаумскаго участка будетъ приниматься $C = 9$ килогр. Слѣдовательно, не принимая во вниманіе исключительныхъ условій полной неподатливости шпаль, нами получены почти тѣ же величины для C , какъ и у Гентшеля: 3,5, 5 и 9 килогр.

Ш п а л ы.

Опредѣленіе коэффиціента балластнаго слоя неразрывно связано съ разсмотрѣніемъ условій работы шпаль, какъ это было изложено въ предыдущемъ отдѣлѣ, а потому основываясь на этихъ данныхъ мы бы полагали необходимымъ разсмотрѣть вопросъ—чего нужно

придерживаться для опредѣленія размѣровъ шпалы. Игнорируя пока вопросъ о стоимости дерева, нельзя о шпалахъ сказать, чтобы въ максимальныхъ размѣрахъ шпаль не слѣдовало бы стѣсняться—слишкомъ большая длина шпаль бесполезна для сопротивленія въ пути, а слишкомъ большая ширина нижней подошвы не дозволила бы дѣлать подбивку достаточно плотно, а слѣдовательно, такая ширина могла бы оказаться скорѣе вредной, чѣмъ полезной. Размѣры шпаль вообще устанавливались на основаніи практическихъ соображеній и вопросъ объ опредѣленіи расчетомъ размѣровъ шпаль могъ только возникнуть съ возникновеніемъ новой теоріи верхняго строенія. Особое вниманіе было обращено на тотъ фактъ, что по выводамъ новой теоріи шпалы слишкомъ короткія принимали подъ нагрузкою поѣзда видъ дуги, т. е. концы опускались ниже, чѣмъ мѣсто приложенія рельса. Какъ выше было указано по опытамъ Гентшеля, выводы теоріи какъ будто бы не вполне подтвердились, но при нашихъ опытахъ на б. Саратовской жел. дорогѣ шпалы, нормальной длины въ 1,15, а равно и попадавшіяся въ пути длиною въ 1,16 и даже 1,19 прогибались на концахъ больше другихъ мѣстъ по длинѣ шпалы. Фактъ этотъ имѣетъ большое практическое значеніе и вліяетъ на продолжительность службы шпаль, на устойчивость пути и на трудность его содержанія въ исправности. Это станетъ тѣмъ болѣе яснымъ, если мы вспомнимъ, что исходя изъ принципа пропорціональности величины вдавливанія величинѣ давленія, мы получаемъ давленіе на единицу площади опоры самое большое на концахъ шпаль, слѣдовательно шпала упирается преимущественно на концы, большая часть груза поѣзда передается на балластъ внѣ рельсовой колеи, подъ концомъ шпалы скорѣе всего образуются неупругія вдавливанія, послѣдствіемъ которыхъ увеличивается изгибъ шпалы, являются уширенія пути, выворачиванія рельсовъ въ наружу, однимъ словомъ, масса мелкихъ, но постоянно возобновляющихся деформаций, требующихъ постоянныхъ исправленій, какъ подбивки толчковъ, осаживанія внутреннихъ костылей и перешивки пути, при соотвѣтствующей же длинѣ осадка шпаль не будетъ сопровождаться столь вредными послѣдствіями и если на второстепенныхъ дорогахъ съ слабымъ движеніемъ, затрачивая много труда, возможно держать путь въ исправности и при короткихъ шпалахъ, то при большемъ движеніи, даже при большей

рабочей силѣ, добиться хорошаго пути можетъ оказаться весьма затруднительнымъ, слѣдовательно для практики важно соразмѣрить длину шпалы съ бойкостью движенія на дорогѣ. Чтобы вопросъ этотъ представить болѣе рельефно, выразимъ числами давленіе на балластъ въ разныхъ мѣстахъ по длинѣ шпалы.

По уравненію $d = Cy$ мы видимъ, что съ измѣненіемъ (y) при постоянномъ C измѣняется и d . Возьмемъ для примѣра шпалу на 156 верстѣ; изъ діаграммы мы имѣемъ вдавливаніе конца шпалы 0,392, въ точкѣ опоры рельса 0,320, а по вычисленію по серединѣ 0,167, тогда:

давленіе по серединѣ

$$d_0 = 5,0 \times 0,167 = 0,835 \text{ кил.},$$

давленіе въ точкѣ опоры

$$d_r = 5,0 \times 0,320 = 1,60 \text{ кил.},$$

давленіе въ концѣ

$$d_l = 5,0 \times 0,392 = 1,96 \text{ кил.}$$

Эти величины представляютъ давленія на единицу площади — если умножить на b , ширину шпалы, то получимъ давленіе на единицу длины, а если раздѣлить на внѣшнюю силу P , то получимъ давленіе, производимое единицею силы, напр. тонною:

$$\frac{d_0 b}{P} = \frac{0,835 \times 27}{4,541} = 4,96 \text{ кил.},$$

$$\frac{d_r b}{P} = 1,60 \times 5,94 = 9,50 \text{ кил.},$$

$$\frac{d_l b}{P} = 1,96 \times 5,94 = 11,64 \text{ кил.}$$

по по уравненіямъ 3), 4) и 6):

$$\text{I) } \frac{d_0 b}{P} = K [\eta_0]; \quad \text{II) } \frac{d_r b}{P} = K [\eta_p]; \quad \text{III) } \frac{d_l b}{P} = K [\eta_\lambda];$$

очевидно при данномъ (K) и (r), т. е. при данной ширинѣ пути, шпалѣ, балластѣ и внѣшней нагрузкѣ распределеніе давленія по длинѣ шпалы есть функція λ или отъ $2l$ длины шпалы.

Для устойчивости пути нужно требовать, или, чтобы давленія въ концахъ шпалы были одинаковы съ таковыми по серединѣ, а максимумъ давленія былъ въ точкѣ приложенія груза, для исполненія чего уравненіе I можетъ быть приравнено уравненію III или, по меньшей мѣрѣ, чтобы давленіе въ точкѣ приложенія силы было равно давленію въ концѣ шпалы, для чего уравненіе II можетъ быть приравнено уравненію III и оба равенства рѣшены по l .

Задача эта рѣшается просто графическимъ путемъ, указаннымъ Циммерманомъ; если нанести какъ ординаты $\frac{db}{P}$ по всѣмъ тремъ уравненіямъ въ килограммахъ, а какъ абсциссы разныя величины l , а именно:

$$l = 120, 130, 140 \text{ и } 150$$

тогда точки пересѣченія кривыхъ дадутъ намъ требуемую длину (черт. № 15 листъ III).

Для даннаго случая на 156 верстѣ $K=0,0145$; $\rho=1,2$, а λ поочередно: $\lambda' = 120 \times 0,0145 = 1,74$; $\lambda'' = 130 \times 0,0145 = 1,89$; $\lambda''' = 140 \times 0,0145 = 2,04$; $\lambda'''' = 150 \times 0,0145 = 2,18$.

Для давленія по серединѣ

$$[K\eta_0]' = 0,0145 \times 0,3332 \times 1000 = 4,83;$$

$$[K\eta_0]'' = 0,0145 \times 0,3519 \times 1000 = 5,1;$$

$$[K\eta_0]''' = 0,0145 \times 0,3714 \times 1000 = 5,39;$$

$$[K\eta_0]'''' = 0,0145 \times 0,3867 \times 1000 = 5,61.$$

Для давленія въ мѣстѣ приложенія внѣшней силы:

$$K[\eta_r]' = 0,0145 \times 0,7084 \times 1000 = 10,27;$$

$$K[\eta_r]'' = 0,0145 \times 0,6145 \times 1000 = 8,91;$$

$$K[\eta_r]''' = 0,0145 \times 0,5713 \times 1000 = 8,28;$$

$$K[\eta_r]'''' = 0,0145 \times 0,5367 \times 1000 = 7,78;$$

Для давленія въ концѣ шпалы:

$$K[\eta_l]' = 0,0145 \times 0,8831 \times 1000 = 12,81;$$

$$K[\eta_l]'' = 0,0145 \times 0,6808 \times 1000 = 9,87;$$

$$K[\eta_l]''' = 0,0145 \times 0,4998 \times 1000 = 7,24;$$

$$K[\eta_l]'''' = 0,0145 \times 0,3525 \times 1000 = 5,11.$$

Для первого случая пересѣченіе кривыхъ $\frac{d_0 b}{P}$ и $\frac{d_r b}{P}$ получаемъ при длинѣ $l=147,5$ или длинѣ шпалы $147,5 \times 2 = 295$ сан. = 1,39 саж.

Для второго случая пересѣченіе кривыхъ получаемъ при длинѣ $l=135$ или длинѣ шпалы $135 \times 2 = 2,76$ м. = 1,27 с.

Для шпалы на нулевыхъ мѣстахъ бывшей Саратовской ж. дороги при $C=3,50$ получилась соотвѣтственно длина шпалы въ 1,34 саж. и въ 1,25 саж.

Изъ сопоставленія обоихъ случаевъ усматривается вліяніе свойствъ балласта и поперечныхъ размѣровъ шпалы. При болѣе податливомъ балластѣ и большихъ размѣрахъ поперечнаго сѣченія шпалы, длина ея можетъ быть меньше, но вліяніе поперечныхъ размѣровъ не такъ велико, какъ это будетъ указано ниже.

Такимъ образомъ оказывается, что принятыя на нашихъ дорогахъ длины шпалъ въ 1,15 и 1,25 въ большинствѣ случаевъ едвали могутъ быть признаны достаточными. При минимальномъ требованіи, чтобы конецъ шпалы не опускался ниже мѣста опоры рельса мы получили для двухъ разныхъ случаевъ длину шпалы въ 1,25 и 1,27 саж. Но такъ какъ мы не имѣемъ дѣла съ абсолютно точными величинами и запасъ въ смыслѣ удлиненія шпалъ для устойчивости пути является желательнымъ, а удлиненіе шпалы до 1,34—1,39 саж. для означенныхъ случаевъ приноситъ еще пользу, то длину въ 1,30 саж. нужно казалось бы считать нормальной для русскихъ первоклассныхъ желѣзныхъ дорогъ.

Заграницею максимальная длина въ 2,75 метра встрѣчается въ Англіи, Германіи и Франціи; если къ этой длинѣ, равняющейся 1,29 саж., прибавить еще 3" на болѣшую ширину нашей колеи, получимъ длину шпалы въ 1,33 саж.

Затѣмъ важное значеніе имѣетъ поперечное сѣченіе шпалы, а именно моментъ сопротивленія, ширина нижней подошвы и вообще вѣсъ всей шпалы.

Шпалы изнашиваются вслѣдствіе гніенія и механическаго разстройства отъ частыхъ перешивокъ и перерѣзыванія подошвою рельса, — слѣдовательно первому фактору при всѣхъ другихъ условіяхъ будутъ болѣе продолжительное время сопротивляться въ пути болѣе толстыя шпалы, второму болѣе устойчивыя.

Такимъ образомъ необходимо остановиться на нѣкоторой мини-

мальной толщинѣ шпалы, — она указывается уже тѣмъ соображеніемъ, что таковая должна быть не меньше длины принятаго типа костылей, а именно 3 вершка, каковой минимумъ и установленъ для нашихъ дорогъ. Эта величина для сѣверныхъ и сѣверо-западныхъ дорогъ является достаточной, для южныхъ и юго-восточныхъ дорогъ въ степной мѣстности, желательно ее увеличить въ виду глубокихъ, иногда сквозныхъ трещинъ при высыханіи шпалъ въ пути. Приданіе такой толщины шпалъ мотивируется соображеніями чисто практическаго свойства, съ теоретической же стороны, въ смыслъ значенія устойчивости пути, толщина шпалы выдающагося значенія не имѣетъ, а напротивъ, первостепенную роль играетъ величина площади опоры шпалы. Давленіе въ любомъ мѣстѣ по длинѣ шпалы на единицу площади равняется

$$d_x = \frac{P \cdot K \cdot (\eta_x)}{b}$$

или это уравненіе можемъ представить въ другомъ видѣ:

$$d_x = \frac{P \sqrt[4]{C \cdot b}}{b \sqrt[4]{4E'I'}} \cdot f(L)$$

гдѣ $f(L)$ нѣкоторая функція отъ длины шпалы, уменьшающаяся съ уменьшеніемъ l , а E' и I' относятся къ шпалѣ. Такимъ образомъ давленіе на нижнюю подошву шпалы пропорціонально внѣшней силѣ, обратно пропорціонально ширинѣ шпалы, тоже длинѣ шпалы и обратно пропорціонально четвертому корню изъ момента инерціи шпалы. Слѣдовательно для того, чтобы уменьшить давленіе на единицу опоры шпалы нужно преимущественно увеличить ея площадь, послѣдствія чего весьма важны — являются меньшее общес пониженіе пути, и какъ мы увидимъ ниже меньшее напряженіе въ рельсахъ и меньшее давленіе на верхнюю постель шпалы.

Относительно размѣровъ верхней постели шпалы слѣдуетъ указать, что если рельсы уложены на подкладкахъ, то верхняя постель должна равняться ширинѣ подкладки, а бѣльшая ширина почти бесполезна и во всякомъ случаѣ нераціональна по отношенію утилизациі матеріала шпалы; если рельсы на промежуточныхъ шпалахъ уложены безъ подкладокъ, то слѣдовало бы ширину верхней постели увеличить, но такъ какъ изъ даннаго сѣченія бревна это

можетъ быть достигнуто вообще за счетъ уменьшенія ширины нижней постели, то на основаніи изложеннаго идти дальше съ шириною верхней постели противъ ширины подкладки нежелательно.

Если по условіямъ лѣсной торговли и возможныхъ средствъ на приобрѣтеніе шпалъ задаться нѣкоторымъ діаметромъ бревна, изъ котораго должны выдѣлываться шпалы, то приходится рѣшить вопросъ—какую форму придать поперечному сѣченію шпалы—или приближающуюся къ прямоугольнику или къ пластинѣ.

Въ соотвѣтствіи съ вышеизложенными принципами нужно стремиться къ возможно постелистой шпалѣ, т. е. приближаться къ пластинной формѣ, а такъ какъ абсолютное значеніе вѣса шпалы имѣть не маловажное значеніе для устойчивости верхняго строенія, то для достиженія сего слѣдовало бы взамѣнъ увеличенія площади поперечнаго сѣченія лучше удлинить шпалу, что едвали можетъ быть значительно дороже, потому что при формѣ шпалы приближающейся къ пластинѣ получаютъ крупные обрѣзки, имѣющіе цѣнность въ лѣсной торговлѣ.

Заграницею держатся по сему предмету разныхъ взглядовъ—пластинная шпала почти исключительно употребляется въ Бельгій и въ Англіи точно также преобладаетъ длинная и тонкая, но постелистая шпала. Въ Германіи, Австріи и Франціи, напротивъ, шпалы болѣе толстыя и прямоугольнаго сѣченія, а самыя толстыя шпалы укладываются въ Америкѣ.

Въ разрѣзъ съ высказанными нами взглядами знаменитый инженеръ Коюаръ въ іюльскомъ номерѣ 1897 г. *Revue generale des chemins de fer*, основываясь на произведенныхъ имъ наблюденіяхъ надъ прогибами шпалъ по ихъ длинѣ приходитъ къ выводу, что шпала находится въ нѣкоторыхъ пунктахъ на вѣсу и подъ вліяніемъ прохода подвижнаго состава она опускается и уже только съ момента соприкосновенія съ балластомъ пониженія шпалы становятся пропорціональны давленію. Основываясь на семъ онъ считаетъ, что необходимо придать моменту сопротивленія шпалы возможно высокое значеніе, соображаясь къ сожалѣнію съ нѣкоторыми определенными размѣрами шпалы для облегченія ихъ поставки. Англійскія шпалы шириною 0,254 и толщиною 0,127 м. имѣютъ моментъ сопротивленія 682, а шпалы дороги *P. L. M.* шириною въ 0,21 имѣютъ толщину 0,14 м. и моментъ сопротивленія 686 и слѣдова-

тельно шпалы *P. L. M.*, по мнѣнію инженера Коюара, такъ же хороши, если не лучше англійскихъ въ смыслѣ обезпеченія меньшаго прогиба шпалы, а слѣдовательно и рельса.

Выводъ этотъ на нашъ взглядъ не вполне правильный; измѣненіе момента сопротивленія шпалы на 4 (въ сан.) не можетъ оказывать существеннаго вліянія и большаго, чѣмъ уменьшеніе площади нижней опоры на $(25,4 - 21,0) \times 270 =$ кругло 1200 квадр. сантим. Въ доказательство сего имѣется на лицо много данныхъ — во-первыхъ очень рѣзкія колебанія въ моментахъ сопротивленія шпалъ безъ выдающагося различія въ сопротивленіи пути указываютъ на относительно незначительное вліяніе момента сопротивленія на устойчивость пути. По вычисленіямъ инженера Васютинскаго, приложеннымъ къ докладу его совѣщательному съѣзду инженеровъ службы пути въ 1895 году, на нашихъ дорогахъ моментъ сопротивленія шпалъ равняется 1.080 (см.³) и 9.250 мом. инерціи (на Фастовской, Сызрано-Вяземской и Николаевской) и понижается для пластинныхъ шпалъ до 550 (см.³) и 4.040 мом. инерціи на многихъ дорогахъ.

На заграничныхъ дорогахъ крайніе предѣлы еще больше разнятся. По даннымъ, помѣщеннымъ въ статьѣ Blumm'a *) на Прусскихъ и Австрійскихъ дорогахъ моментъ инерціи 8.034—8.800, на Голландскихъ дорогахъ (1891 г.) 5.945, на Paris-Lyon-Mediter. 5.625 и на Бельгійскихъ дорогахъ 3.482 (см.⁴).

Во-вторыхъ, мы имѣемъ доказательство изъ практики службы шпалъ, что уменьшеніе момента сопротивленія шпалы выдающейся роли не играетъ. Сосновыя шпалы, выбывающія послѣ 4 лѣтъ изъ главнаго пути, вообще обезпечиваютъ въ моментъ ихъ смѣны безопасность движенія и вообще на практикѣ дерево шпалы, пока держится костыль въ верхней хотя бы части, является для службы годнымъ; однакожъ много шпалъ послѣ смѣны и просушки на воздухѣ получаютъ если не гнилой, то дряблый видъ на значительную глубину, считая отъ подошвы; при такихъ условіяхъ сопротивленіе шпалы изгибу было незначительное, а однакожъ шпала служила безопасно. Инженеръ Ast въ своемъ докладѣ Петербургскому конгрессу указываетъ на измѣняемость момента сопротивленія деревян-

*) Fortschritte der Technik. Organ für d. F. d. E. 1894 г.

ныхъ шпаль, какъ на отрицательную сторону пути на деревянныхъ шпалахъ и выставляетъ на видъ большую гарантію прочности въ желѣзныхъ шпалахъ. Однакожъ, полагаю, русскія дороги едвали когда нибудь бросятъ этотъ прекрасный типъ упругихъ поперечинъ, какими являются деревянные шпалы, а пропиткою, употребленіемъ хорошаго балласта и другими мѣрами будутъ стремиться къ увеличенію ихъ долговѣчности.

Приведемъ нѣсколько данныхъ о шпалахъ, употребляемыхъ за-границею (размѣры въ вершкахъ и саженьяхъ).

Наименованіе странъ.	Длина шпалъ въ саж.	Ширина	Толщина.	Форма попереч- наго сѣ- ченія.	Примѣчаніе.
		нижн. пост.			
		въ вершкахъ.			
Англія	1,29 (1,32)	5,7	2,9	Прямоуг. и пласт.	Въ скобкахъ указана длина, которая соотвѣт- ствовала бы рус- ской колеѣ.
Австрія	1,13 (1,16)	5,6—6,8	3,6—3,8	То же.	
Бельгія	1,22 (1,25) —	6,3 5,4—5,9	3,15 2,7—2,9	Прямоуг. и пласт.	
Данія	—	5,7	2,9	—	
Франція (Р. Л. М.)	1,22—1,29 —	4,7 6,3	3,2 3,2	Прямоуг. и пласт.	
Америка С. Шт. .	1,14—1,29	4,6—5,7	3,4—4	—	

Такимъ образомъ въ Англіи, Бельгіи и Даніи толщина шпалы менѣ трехъ вершковъ, во Франціи, Австріи и Германіи она больше и сѣченіе преимущественно прямоугольное. Коюаръ изслѣдуя прогибы шпалъ имѣлъ дѣло съ слишкомъ короткими шпалами въ 2,530 метра или 1,19 саж. и если одинъ конецъ шпалы сильно прогибался нѣ мѣстѣ опоры рельса, то другой конецъ хотя вообще мало изгибался, но принималъ характерный видъ дуги — очевидно въ пути при бойкомъ движеніи толчковъ нельзя было избѣжать и вмѣсто того, чтобы помочь дѣлу уменьшеніемъ давленія или увеличеніемъ опорной площади шпалы Коюаръ желаетъ сопоставить большую жесткость поперечинъ. Однакожъ шпалъ столь жесткихъ, которыя бы не принимали очертаній балласта по площади прилеганія къ нему,

въ путь укладывать едвали было бы возможнымъ вслѣдствіе дороговизны этой мѣры.

Напротивъ въ Германіи, гдѣ преобладаютъ шпалы прямоугольнаго сѣченія, въ послѣднее время замѣчается реакція въ пользу пластинныхъ шпалъ. Въ стаѣ О. Шретера *) высчитывается жесткость шпалы въ соотвѣтствіи съ нижнею площадью опоры шпалы и ея длиною, причемъ по его мнѣнію для достиженія одинаковой жесткости при примѣненіи пластинныхъ Бельгійскихъ шпалъ требуется (кругло) 20% меньше матеріала, чѣмъ при примѣненіи прямоугольныхъ прусскихъ типовъ. Такъ какъ полукруглыя шпалы дешевле, чѣмъ прямоугольныя, то по мнѣнію Шретера первыя заслуживаютъ большаго вниманія, чѣмъ онѣ пользуются въ Пруссіи. Здѣсь однакожъ слѣдуетъ оговорить, что изслѣдованія Шретера относятся къ упругимъ сопротивленіямъ балласта и основаны на теоретическихъ выкладкахъ, Коюаръ же принимаетъ въ расчетъ, на основаніи практическихъ указаній, и неупругія пониженія и едвали можно отрицать пользу толстой, а главнымъ образомъ тяжелой шпалы; но если поставить вопросъ, какъ при данномъ объемѣ дерева распределить массу дерева по длинѣ шпалы и по поперечному сѣченію ея, надлежитъ, задавшись минимальной, практически необходимой толщиной шпалы и шириною верхней постели, остальной матеріалъ распределить на увеличеніе нижней постели и длины шпалы, игнорируя моментъ ея сопротивленія. Идя по такому пути мы бы приблизились, если не къ типу пластинной или полукруглой шпалы, то къ формѣ близко къ полукруглой подходящей, примѣрныхъ слѣдующихъ соотношеній:

Называя толщину шпалы, т. е. разстояніе между верхнею и нижнею постелью (h), получимъ ширину верхней постели около 1,15 h , а ширину нижней постели 1,7 до 1,9 h , между тѣмъ, какъ у насъ имѣются типы, гдѣ ширина верхней постели 0,85 h , а ширина нижней постели $h = h$. Однакожъ послѣдній типъ могъ бы быть годнымъ лишь тамъ, гдѣ имѣется движеніе одной или двухъ паръ поѣздовъ и слѣдовательно нужно было бы главнымъ образомъ стремиться къ типу шпалы лучше противостоящей гніенію.

*) Organ f. d. For. d. E. 1894 г. Die Leistungsfähigkeit der gebräuchlichen Oberbauarten.

Р е л ь с ы.

Для прогибовъ рельсовъ, внѣшней дѣйствующей силы на рельсъ и момента внѣшнихъ силъ по новой теоріи верхняго строенія имѣется рядъ формулъ, въ коихъ для опредѣленія этихъ величинъ заключается вліяніе всѣхъ составныхъ частей верхняго строенія, что впервые позволило разсматривать работу верхняго строенія во всей своей совокупности.

Согласно этой теоріи принимается, что невѣсомая безконечной длины балка, лежащая на опорахъ, находящихся на равномъ разстояніи другъ отъ друга и покоящихся на упругой однородной массѣ, понижается подѣ дѣйствіемъ внѣшнихъ силъ, причемъ разсматриваются главнымъ образомъ три случая: I сл. Балка лежитъ на 3-хъ опорахъ, при дѣйствіи одного груза на средней опорѣ. II сл. Безконечное число грузовъ, расположенныхъ на опорахъ черезъ одну и III сл. Балка лежитъ на 4-хъ опорахъ, при дѣйствіи одного груза на пролетѣ по срединѣ между поперечинами, предполагая, что во время прохода первой оси паровоза вторая является вполне разгруженной и не оказываетъ уменьшающаго вліянія на величину напряженія въ среднемъ сѣченіи. Черт. № 16 листъ IV.

Для приданія формуламъ болѣе простаго вида вводятся вспомогательныя величины B и D , изъ которыхъ первая служитъ характеристикой сопротивленія рельса, а вторая сопротивленія шпалы и балластнаго слоя.

B есть та сила въ килограммахъ, которая въ состояніи вызвать въ свободнолежащемъ на двухъ опорахъ кускѣ рельса, равномъ двойной величинѣ пролета, прогибъ въ 1 сантиметръ $B = \frac{CEI}{a^3}$, гдѣ E —модулю, I —моменту инерціи рельза, a —растоянію между шпалами.

D есть да сила въ килограммахъ, которая въ состояніи погрузить опору, состоящую изъ шпалы половиной длины, на 1 сант. $D = Cbl$, гдѣ C = коэффиціенту упругости балластнаго слоя, b = ширинѣ шпалы, l = половинѣ ея длины.

Такое выраженіе для D вѣрно въ томъ случаѣ, если шпала не изгибается, въ тротивномъ случаѣ $D = \varphi Cbl$, гдѣ φ есть функція отъ размѣровъ шпалы, качества ея лѣса и свойствъ балласта. Если возникаетъ вопросъ о вліяніи длины шпалы на устойчивость пути,

то точное вычисленіе для φ является необходимымъ, вообще же для упрощенія расчета можно принять приблизительную величину, полученную нами какъ среднюю для нѣкоторыхъ типовъ русскихъ жел. дорогъ, $\varphi =$ отъ 0,87 до 0,91, въ среднемъ $\varphi = 0,89$, тогда

$$D = 0,89 \text{ } mC.$$

Называя затѣмъ отношеніе $\frac{B}{D} = \gamma$, получимъ рядъ простого вида формулъ для опредѣленія величины внѣшней силы P , момента внѣшнихъ силъ M , прогиба рельса f и величины общаго пониженія рельса на опорахъ и на пролетѣ между шпалами y_0 и y_1 , причемъ послѣдняя величина служитъ характеристикой общаго сопротивленія или жесткости пути. Всѣ эти выраженія, очевидно, стоятъ въ зависимости отъ размѣщенія нагрузки, согласно приведеннымъ выше тремъ случаямъ:

I случай — грузъ находится надъ шпалой — внѣшняя дѣйствующая сила

$$P_1 = \left(\frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2} \right) G \text{ (формула Шведлера) . . (1)}$$

моментъ внѣшнихъ силъ

$$M_1 = \left(\frac{\gamma}{3\gamma + 2} \right) G a \text{ (2)}$$

гдѣ G = нагрузкѣ на колесо; осадка шпалы

$$y_1 = \left(\frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2} \right) \frac{G}{D} \text{ (3)}$$

и прогибъ рельса

$$f = \frac{\gamma}{3\gamma + 2} \frac{G}{B} \text{ (4)}$$

II случай — равные грузы находятся надъ шпалами, черезъ одну

$$P_2 = \left(\frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} \right) G \text{ (формула Гофмана) . . . (5)}$$

III случай — грузъ находится посерединѣ между шпалами

$$P_3 = \frac{4\gamma + 23}{8(2\gamma + 5)} G \text{ (6)}$$

$$M_2 = \frac{8\gamma + 7}{8(2\gamma + 5)} G a \text{ (формула Циммермана). . (7)}$$

$$y = \left(\frac{16\gamma^2 + 112\gamma + 11}{32\gamma(2\gamma + 5)} \right) \frac{G}{D} \quad " \quad " \quad . . (8)$$

и прогибъ рельса

$$f = y - \frac{(y_0 + y_1)}{2} = \left(\frac{20\gamma + 11}{32(2\gamma + 5)} \right) \frac{G}{B} \quad " \quad " \quad . . (9)$$

Первые два случая нагрузки даютъ выраженія для опорныхъ давленій P_1 и P_3 согласно формуламъ (1) и (5), причемъ въ зависимости отъ качества пути максимумъ P получается, то по формулѣ (1), то по формулѣ (5).

Для опредѣленія максимальной осадки пути, прогиба рельса и момента внѣшнихъ силъ служатъ выраженія, получаемыя при третьемъ случаѣ нагрузки, согласно формуламъ (7), (8) и (9).

Приведенныя выраженія даютъ опредѣленія весьма близкія къ дѣйствительнымъ, но анализируя таковыя, необходимо отмѣтить слѣдующіе недостатки:

1) Новая теорія обнимаетъ лишь напряженія, проявляющіяся отъ вертикальныхъ нагрузокъ, умалчивая о горизонтальныхъ и косыхъ усиліяхъ, выворачивающихъ и скручивающихъ рельсы, одновременно при дѣйствіи вертикальныхъ силъ—послѣдствіемъ можетъ явиться, что значительно усиленный путь для вертикальныхъ внѣшнихъ силъ можетъ остаться безъ одновременнаго усиленія въ горизонтальномъ направленіи.

2) Новая теорія рассматриваетъ невѣсомую балку и хотя вѣсъ рельса въ сравненіи съ вѣсомъ подвижнаго состава весьма малъ, но въ виду волнообразнаго движенія рельса и поднятія съ нимъ вмѣстѣ шпаль, вѣсъ послѣднихъ входитъ въ расчетъ и вслѣдствіе этого приведенныя формулы даютъ нѣкоторый запасъ прочности. По вычисленіямъ инженера Холодецкого *), этотъ запасъ прочности, смотря по вѣсу рельса и податливости балласта, равняется отъ 0,8% до 13%.

3) Новая теорія игнорируетъ вліяніе сжимаемости деревянныхъ шпаль и скрѣпленія рельса съ ними, и наконецъ

*) Кіевскій Инженеръ за 1894 г.

4) Вводить зависимость отъ нормальной нагрузки на колесо, между тѣмъ какъ таковая во время хода поѣзда постоянно и въ значительныхъ размѣрахъ мѣняется.

Однакожь, хотя нельзя надѣяться на созданіе точной теоріи верхняго строенія, но ее можно пополнить и сдѣлать удобопримѣнимою путемъ введенія практическихъ коэффиціентовъ, опредѣляя одновременно посредствомъ особыхъ вычисленій и опытныхъ данныхъ размѣры горизонтальныхъ усилій.

На Саратовской желѣзной дорогѣ въ 1891 г. въ разныхъ мѣстахъ линіи и въ 1894 г. на Ораніенбаумскомъ участкѣ Балтійской желѣзной дороги производились опредѣленія полной осадки пути на пролетѣ между шпалами, прогиба рельса и вдавливанія рельса въ шпалу, причемъ на первой дорогѣ получились одновременно на лентѣ 3 діаграммы, чертежъ № 17 листъ IV, изъ коихъ верхняя изображаетъ вдавливаніе шпалы въ балластъ и служитъ для опредѣленія коэффиціента балластнаго слоя, вторая даетъ полный прогибъ рельса и третья вдавливаніе рельса въ шпалу; на Балтійской желѣзной дорогѣ производились измѣренія по описанному способу на Ораніенбаумскомъ пути, чертежъ № 18 листъ V, а сверхъ того (на Петербургскомъ пути) опредѣлялось одновременно пониженіе рельса по срединѣ между шпалами. Изъ послѣднихъ измѣреній выяснилась ничтожная разниа между осадкою рельса по срединѣ между шпалами и надъ ними, выражающаяся долями миллиметра, изъ чего слѣдуетъ заключить, что колеса подвижнаго состава, приводя рельсъ въ волнообразное движеніе въ вертикальной плоскости, сами двигаются по пути почти горизонтальному и параллельному первоначальному уровню рельсовъ, по пониженному на величину общей осадки пути, причемъ передъ переднимъ колесомъ паровоза, а отчасти и каждаго вагона образуется наклонная плоскость, на которую колесо стремится войти, но не входитъ, потому, что она понижается или, такъ сказать, бѣжить передъ колесомъ, чертежъ № 19 листъ VI. Несомнѣнно чѣмъ (y), т. е. полная осадка пути больше и наклонная плоскость круче, тѣмъ больше сопротивленія представляетъ путь передвиженію подвижнаго состава и опредѣленіе этого сопротивленія должно быть поставлено въ связи съ податливостью пути; точно также, чѣмъ осадки больше, тѣмъ большія проявляются напряженія въ рельсахъ и шпалахъ.

На всѣхъ діаграммахъ полной осадки рельсовъ, имѣющихся въ большомъ количествѣ по Саратовской дорогѣ, а равно и на такихъ же по Балтійской дорогѣ наблюдались максимальные прогибы подъ осями паровоза, и ни одного случая не было большаго прогиба подъ колесами тормазныхъ осей тендера или вагоновъ и въ этомъ заключается противорѣчіе съ опытами Коюара, а особенно Фламаша; искать объясненія въ нечувствительности прибора на толчки не имѣется основанія, такъ какъ, напротивъ, именно въ этомъ направленіи можетъ быть скорѣе сдѣланъ упрекъ прибору, а равно и вслѣдствіе того, что аппаратъ отмѣчаетъ даже легкія поднятія пути въ доляхъ миллиметра; въ виду сего полученный результатъ слѣдуетъ приписать избранному методу наблюденій, устраняющему самый приборъ и его части отъ сотрясеній, хотя однакожъ необходимо замѣтить, что опредѣленія были сдѣланы при максимальныхъ скоростяхъ въ 50 верстъ въ часъ, меньшихъ, чѣмъ у Коюара и Фламаша.

Затѣмъ по діаграммѣ прохода цѣлыхъ пассажирскихъ поѣздовъ на Балтійской дорогѣ выяснилось, что первая ось какъ паровоза, такъ и каждаго вагона перегружены, среднія же оси вагоновъ разгружены, такъ какъ затѣмъ при обратномъ движеніи тѣхъ же вагоновъ опять получились перегрузки переднихъ осей, тогда какъ заднія оси сдѣлались передними, то, очевидно, явленіе большихъ прогибовъ отъ переднихъ осей нужно приписать динамическому ихъ дѣйствию, наоборотъ же, разгрузка среднихъ осей, постоянна во всѣхъ случаяхъ, является результатомъ соотвѣтственной конструкціи вагоновъ. Переходя къ числовымъ опредѣленіямъ, полная осадка пути (y) и прогибъ рельса (f) получаются прямо изъ діаграммъ, при опредѣленномъ значеніи C , имѣя же эту послѣднюю величину можно изъ приведенныхъ формулъ 8-й и 9-й получить y' и f' и сравнить ихъ съ наблюденными величинами.

Изъ діаграммы отъ прохода поѣзда № 25 отъ 30 сентября, на Балтійской желѣзной дорогѣ максимумъ $y = 3,3$ мм. посрединѣ пролета и прогибъ собственно рельса $f = 0,65$ мил.

Затѣмъ по формулѣ

$$y = \frac{16\gamma^2 + 112\gamma + 11}{32\gamma(2\gamma + 5)} \times \frac{G}{D}$$

можемъ вычислить теоретическую величину осадки, для чего у насъ

имѣются всѣ данныя; $B = \frac{6EI}{\alpha^3}$, гдѣ α = разстоянію между шпалами, E, I —модулю и моменту инерціи рельса; подставляя числовыя данныя

$$B = \frac{6 \times 2.000.000 \times 7086}{81^3} = 16.000 \text{ влгр.}$$

$$D = \frac{Cb}{\eta\rho} \sqrt[4]{\frac{4E'F'}{Cb}} = \frac{Cb}{\eta\rho} \cdot \frac{1}{k} = \frac{C \cdot b \cdot 70}{0,5613} = C \cdot b \cdot 124,60 =$$

$$= D = C \cdot b \cdot l \times 0,912 = 0,912 \times 9 \times 136,6 \times 28,8 = 32.292 \text{ влгр.}$$

и

$$\gamma = \frac{16.000}{32.292} = 0,486,$$

тогда

$$y = \frac{16 \times 0,49^2 + 112 \times 0,49 + 11}{32 \times 0,49 (2 \times 0,49 + 5)} \times \frac{G'}{32.292} = 0,000023 G' =$$

$$= 0,000023 + 5.750 = 0,13 \text{ саят.}$$

Для теоретическаго опредѣленія прогиба f имѣемъ формулу

$$f = \left(\frac{20\gamma + 11}{32(2\gamma + 5)} \right) \frac{G}{B}.$$

Подставляя цифровыя величины получимъ $f = 0,04$ саят.

Въ дѣйствительности $y = 0,33$ и тогда

$$G' = \frac{0,33}{0,000023} = 14.348 \text{ вил.} = 2,49 G.$$

Точно также

$$f = \frac{20 \times 0,49 + 11}{32(2 \times 0,49 + 5)} \times \frac{G'}{16.000} = 0,00000679 \times G = 0,04 \text{ саят.}$$

Въ дѣйствительности $f = 0,065$ и

$$G' = \frac{0,065}{0,00000679} = 9,572 \text{ вил.} = 1,66 G.$$

$$f = y_1 - \left(\frac{y_2 + y_3}{2} \right) = 0,33 - 0,265 = 0,065 \text{ саят.}$$

На томъ же самомъ мѣстѣ, но на Ораніенбаумскомъ пути, гдѣ поѣзда проходятъ съ небольшими скоростями, около 30 верстъ въ часъ, были произведены такіе же опыты, но по нѣсколько другой системѣ. Полная осадка пути получилась однакоже больше, не смотря на меньшую скорость и нагрузку на ось и явленіе это объясняется неплотнымъ прилеганіемъ рельса къ шпалѣ, особенно на шпалѣ, находящейся въ пониженномъ положеніи, а именно той, у которой не было измѣренія. Замѣчательнымъ въ этомъ случаѣ является тотъ фактъ, что при малой скорости поѣзда, абсолютная величина пониженія пути больше, хотя и по случайной причинѣ, но колебанія въ величинѣ нагрузки отдѣльныхъ колесъ меньше, а равно и меньше разгрузка между отдѣльными вагонами.

Аналогичные опыты производились и на Саратовской желѣзной дорогѣ въ 1891 г. Для примѣра возьмемъ поѣздъ № 6 отъ 26-го августа въ составѣ трехъ-оснаго паровоза серія Б. Верхняя діаграмма, черт. № 17 листъ IV, показываетъ вдавливаніе шпалы въ балласть, средняя—полный прогибъ рельса, а послѣдняя—вдавливаніе рельса въ шпалу. Наблюденіе на прямой, рельсы 20-ти фунтовые, шпалы нормальной длины въ 1,15, въ пути нѣсколько длиннѣе, рельсы уложены безъ подкладокъ. Повторяя расчетъ, на основаніи выше-поименованныхъ методовъ *), получимъ $C = 3,5$ кил., полное пониженіе пути и прогибъ рельса изъ діаграммъ $y = 0,94$ сант. и $f = 0,13$ сант., по расчету же $y' = 0,37$ сант. < наблюденнаго въ 2,54 раза и $f = 0,08$ сант. < наблюденнаго въ 1,62 раза.

Такимъ образомъ не смотря на коренное различіе въ элементахъ

*) Длина шпалъ 1,17 саж., ширина нижней подошвы 0,13 саж., площадь опоры 6.750 кв. саж. Среднее вдавливаніе шпалы изъ діаграммы въ 4,2 мм. должно быть увеличено на 0,2 мм., вслѣдствіе осадки самого столба, поддерживающаго цилиндръ (эта величина при опытахъ на Балтійской дорогѣ = 0). Всѣ паровоза въ рабочемъ состояніи 37,29 тоннъ или на ось 12,43 тоннъ и тендерную 7,75 тоннъ. Среднее давленіе для паровоза и тендера 9,1 тоннъ; среднее давленіе на площадь опоры шпалы $\frac{9100}{6750} = 1,45$ кил. и $C = \frac{1,45}{0,44} = 3,29$ кил., а принявъ изгибъ шпалы, послѣ соответственныхъ выкладокъ $C = 3,50$ кил. Рельсы 20 фунт., изношенные на 1,92 мм., тогда

$$B = \frac{6 \cdot EI}{\alpha^3} = \frac{6 \times 2.000.000 \times 489,5}{81^3} = 11.053 \text{ кил.}$$

$D = \varphi \cdot C \cdot b \cdot l$, гдѣ φ на основаніи данныхъ, помѣщенныхъ въ журналѣ Мини-

устойчивости пути Ораніенбаумскаго участка Балтійской желѣзной дороги и Саратовской дороги, отношенія наблюденныхъ величинъ къ вычисленнымъ остаются однѣ и тѣ же.

Приведенныя вычисленія, съ одной стороны, указываютъ на возможность примѣненія выводовъ новой теории верхняго строенія, съ другой же стороны—на невѣрное построеніе нѣкоторыхъ выраженій; если бы формулы, которыми мы пользовались, были точны, то опредѣленіе нагрузки, дѣйствительно вызвавшее данный прогибъ рельса и данную осадку пути, должно бы было дать одну и ту же величину, между тѣмъ, послѣдовательно для Балтійской и Саратовской линій мы имѣемъ $G' = 2,49$ и $2,55 G$ въ среднемъ $G' = 2,5 G$, гдѣ G = статической нагрузкѣ на колею, а G' получилось, исходя изъ опредѣленной опытомъ осадки пути. Точно также $G' = 1,66$ и $1,63 G$, въ среднемъ $G' = 1,65 G$, гдѣ G' получилось изъ формулы по опредѣленію прогиба собственно рельса. Однако же весьма просто рѣшается вопросъ, которому изъ этихъ опредѣленій отдать преимущество; если обратиться только къ построенію формулы, выражающей полную осадку пути $y = f(B, D, G)$, какъ функции отъ размѣровъ рельса, шпаль, разстоянія между ними и свойствъ балласта, то формула эта ничѣмъ не выражаетъ зависимости отъ сжимаемости дерева

стерства Путей Сообщенія за 1892 г., опредѣлилось въ среднемъ въ 0,87.

$$D = 0,87 \times 3,5 \times 27 \times 125 = 10277$$

и

$$\gamma = \frac{B}{D} = \frac{11053}{10277} = 1,07, \quad y = \frac{16\gamma^2 + 112\gamma + 11}{32\gamma(2\gamma + 5)} \times \frac{G}{D} = 0,0000593 \cdot G =$$

$$= 0,0000593 \times 6215 = 0,37 \text{ сан.}$$

въ дѣйствительности $y = 0,94$ сан. и тогда

$$G' = \frac{0,94}{0,0000593} = 15851 \text{ кил.} = 2,55 G.$$

Точно также

$$f = \frac{20\gamma + 11}{32(2\gamma + 5)} \times \frac{G}{B} = \frac{20 \times 1,07 + 11}{32(2 \times 1,07 + 5)} \times \frac{G}{11053} = 0,0000128 G = 0,08 \text{ сант.}$$

По наблюденіямъ $f = 0,94 - (0,47 + 0,34) = 0,13$ сант., гдѣ 0,47 погруженіе въ данный моментъ шпалы въ балластъ, а 0,34—рельса въ шпалу. Тогда

$$G = \frac{0,13}{0,0000128} = 10156 \text{ кил.} = 1,63 G.$$

и неплотнаго прилегания рельса къ шпалѣ, несомнѣнно въ значительной мѣрѣ вліяющихъ на общую величину пониженія рельса, а потому необходимо признать болѣе правильнымъ выводъ $G' = 1,65 G$, на результатъ коего упомянутые факторы почти никакого вліянія не производятъ. Выводъ этотъ почти тождественный съ выводомъ инженера Резаль, опредѣлившаго это отношеніе въ 1,7 для среднихъ скоростей въ 54 килом. въ часъ.

Зная, однакоже, недостатки формулы для опредѣленія осадки пути, можно ей придать нѣсколько другое выраженіе: называя $\pm \Delta G$ разницу между динамической и статической нагрузками α — величину сжатія дерева шпалы на каждый килограммъ груза въ сантиметрахъ и β — величину неплотнаго прилегания рельса къ шпалѣ, получимъ приближенное выраженіе:

$$y = \left(\frac{16 \gamma^2 + 112 \gamma + 11}{32 \gamma (2 \gamma + 5) D} + \alpha \right) (G + \Delta G) + \beta.$$

Въ опредѣленіи численныхъ значеній α и β особенныхъ затрудненій во всякомъ данномъ случаѣ встрѣтятся не можетъ и вѣрность этихъ соображеній подтверждается произведенными опытами.

Согласно вышеизложенному, на Саратовской дорогѣ $y = 0,94$, погруженіе же рельса въ шпалу, включая неплотное прилегание рельса къ шпалѣ, $\alpha + \beta = 0,34$ или осадка пути безъ этого фактора, какъ требуетъ формула Циммермана $0,94 - 0,34 = 0,60$, $y = 0,60 = 0,0000592 G'$; $G' = 10117$ кил. $= 1,62 G$; та же величина по формулѣ для f получилась $S' = 1,63$ — почти тождественная.

Такимъ образомъ получилось увеличеніе нагрузки вслѣдствіе динамическихъ усилій всего въ 1,65 раза, что представляетъ значительно меньшую величину, чѣмъ полученныя по опытамъ Коюара и Фламаша, но у этихъ послѣднихъ изслѣдователей чрезмѣрно высокія величины получились лишь подъ вліяніемъ ударовъ изношенныхъ бандажей и казалось бы не могутъ считаться правильными. Съ другой стороны нами получены результаты для нормальнаго пути, на прямой и сверхъ того на Саратовской дорогѣ для малыхъ скоростей, такъ что эти величины могутъ еще въ другихъ менѣе благоприятныхъ случаяхъ значительно возрасти.

Придерживаясь величины $G' = 1,65 G$ и подставляя такую въ формулу для момента внѣшнихъ силъ $M = \frac{8B + 7D}{4B + 10D} \times \frac{a}{4} G'$ полу-

чимъ напряженіе въ рельсѣ на Балтійской дорогѣ *) 14,22 килогр. на кв. мил., а на Саратовской дорогѣ **) 24,26 килогр. на кв. мил.

Затѣмъ производились опредѣленія боковыхъ передвиженій рельсовъ помощью цилиндра, укрѣпленнаго сбоку на шпалѣ или на столбѣ, поршень коего надавливалъ на боковую поверхность шейки рельса, вслѣдствіе чего на діаграммахъ кривыя внизъ отъ линіи нуля обозначаютъ уширеніе пути или опрокидываніе рельса наружу, кривыя вверхъ отъ линіи нуля, наоборотъ—сѣуженіе или опрокидываніе рельсовъ внутрь.

Какъ выше было изложено, точка рельсовой колеи въ вертикальной плоскости описываетъ волнообразную кривую во время прохода подвижного состава, колеса коего, напротивъ, движутся по горизонтали; въ горизонтальной же плоскости, наоборотъ, подвижной составъ движется по волнообразной линіи, вслѣдствіе чего производить боковые удары въ рельсы; длина волнъ зависитъ отъ размѣровъ подвижного состава и скорости движенія и довольно рельефно выдѣляется на діаграммѣ, полученной при проходѣ поѣзда № 25 отъ 1 октября на Петербургскомъ пути Ораніенбаумскаго участка, причемъ паровозъ шелъ съ уклона съ закрытымъ регуляторомъ, чертежъ № 20 листъ VI. На діаграммѣ уширеніе максимумъ подъ первыми колесами паровоза 1,25, въ дѣйствительности въ два раза больше, т. е. 2,5 мил.—при дальнѣйшемъ ходѣ поѣзда рельсъ опрокидывался, то въ наружную сторону на величину максимумъ $2 \times 0,35 = 0,7$, то во внутрь на 0,5 мил. При этомъ замѣчается періодичность ударовъ, а именно, число волнъ равняется числу вагоновъ и длина волнъ для вагоновъ тарою 650 — 720 пуд. равна 10,3 — 10,6 метровъ, возрастая только при трехъ вагонахъ тарою 780 — 1130 пудовъ до 12,1 мет.

Если при опредѣленіи вертикальныхъ усилій встрѣчаются затрудненія, то, имѣя дѣло съ горизонтальными перемѣщеніями рельса, еще

$$*) M = \frac{8 \times 16000 + 7 \times 32292}{4 \times 16000 + 10 \times 32292} \times \frac{81}{4} \times 9572 = 176349; \quad R = \frac{M}{W} = \frac{176349}{123,49} =$$

= 14,22 кил. для 1 кв. мил.

$$**) M = \frac{8 \times 11053 + 7 \times 10277}{4 \times 11053 + 10 \times 10277} \times \frac{81}{4} \times 10156 = 224366; \quad R = \frac{M}{W} = \frac{224366}{92,46} =$$

= 24,26 кил. на 1 кв. мил.

труднѣе опредѣлить величину дѣйствующей силы и такъ какъ новая теорія верхняго строенія не касается этого вопроса, то приходится, пользуясь данными діаграммъ, на основаніи условій равновѣсія рельса, вывести размѣръ этихъ усилій, которыя произвели означенную деформацию рельсовой колеи, оставивъ однакоже совершенно въ сторонѣ, чтобы не усложнять разсчета, силы, дѣйствующія скручивающимъ образомъ на рельсъ. Сила горизонтальная можетъ передвигать рельсъ по шпалѣ или опрокидывать его около наружной или внутренней грани. Сопротивляется горизонтальному перемѣщенію даннаго рельса треніе по шпалѣ и треніе бандажа по головкѣ другого рельса $H_1 = P(f + f_1)$, гдѣ коэффициентъ тренія желѣза по дереву $f = 0,50$ и желѣза по желѣзу $f_1 = 0,25$, причемъ послѣдняя величина измѣняется въ зависимости отъ влажности воздуха. Усиліе, перемѣщающее рельсъ внутрь, можетъ достигнуть величины максимумъ $H_2 = 0,25 P$, а усиліе, перемѣщающее рельсъ наружу, происходящее отъ удара бандажей колесъ, получится изъ слѣдующаго равновѣсія, разъ горизонтальное перемѣщеніе не имѣетъ мѣста, а лишь одно опрокидываніе наружу. Предполагая, что костыли не сопротивляются $H_2 = P\left(\frac{x}{h} + f_1\right)$, черт. № 21 лист. VI. Зная изъ діаграммы величину перемѣщенія рельса можно опредѣлить x и затѣмъ вычислить P по формулѣ $P = \left(\frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2}\right) G$, гдѣ вмѣсто G нужно подставить раньше найденную величину G' . Принимая же во вниманіе самыя неблагопріятныя условія, что ударъ совпадаетъ съ разгрузкою колеса, нужно G' уменьшить въ отношеніи максимальнаго прогиба къ минимальному по діаграммѣ прогиба рельса въ вертикальной плоскости и подставивъ вмѣсто G величину G'' рѣшить уравненіе по H_2 . При укладкѣ рельсовъ на шпалѣ безъ подкладокъ, головки костылей мало или совсѣмъ не препятствуютъ опрокидыванію, такъ какъ передъ опрокидываніемъ рельсъ погрузится въ тѣло шпалы. Предполагая, что костыль сопротивляется усилію, дѣйствующему на него, при извѣстномъ H_2 , будетъ $H_2 \times h = vb + Px$, гдѣ v —силѣ, выдергивающей костыль, а b —ширинѣ подошвы рельса $v = \frac{H_2 \cdot h}{b} - \frac{Px}{b}$. Сила сопротивленія костыля выдергиванію по продольной оси въ сосновомъ деревѣ $25 F$ килогр., гдѣ F —площади костыля, соприкасающейся къ дереву; противъ горизонтальнаго отжимающаго усилія, сопротивленіе костыля равно $19 F$, а при дѣйствіи этихъ силъ одновременно по опытамъ Вебера равно $12,5 F$.

Для обыкновеннаго костыля правительственнаго типа 14×14 , $F = 69,02$ кв. сант. и соотвѣтственная сила сопротивленія 1725, 1311 и 863 килограммъ. Числовыя опредѣленія, приведенныя на Балтійской желѣзной дорогѣ, дали слѣдующіе результаты:

Такъ какъ діаграммы бокового колебанія представляютъ полное боковое перемѣщеніе рельсовъ, то, чтобы выдѣлить горизонтальное передвиженіе рельсовъ, къ шпалѣ была привинчена свинцовая пластинка съ острыми краями, обхватывающая рельсы,—при этомъ обнаружилось горизонтальное перемѣщеніе рельса внутрь на $\frac{1}{2}$ мм., наружу же его не было, а только одно опрокидываніе на основаніи діаграммы. Тогда

$$P = \frac{0,49 + 2}{3 \times 0,49 + 2} G'' = 0,717 \cdot G''; G' = 9572,$$

а отношеніе максимальной осадки къ минимальной $2,45: 3,25 = 0,75$ и $G'' = 0,75 \times 9572 = 7179$ килогр. и $P = 0,717 \times 7179 = 5147$ килограммъ и при $h = 118$ мм. и $x = 52,5$ мм.

$$H_2 = 5147 \left(\frac{5,25}{11,8} + 0,25 \right) = 5147 \times 0,695 = 3577 \text{ килогр.}$$

Могло ли при этомъ горизонтальномъ усилии произойти горизонтальное перемѣщеніе наружу рельса по шпаламъ? На этотъ вопросъ получится отвѣтъ отрицательный, такъ какъ сила сопротивляющаяся

$$H_1 = (f + f_1) P = 5147 \times 0,75 > 3577 \text{ килогр.}$$

Усиліе, выдерживающее костыль

$$v = \frac{3577 \times 11,8}{10} - \frac{5147 \times 5,25}{10} = 1519 \text{ килогр.}$$

При проходѣ поѣзда на Балтійской жел. дорогѣ со скоростью 47,5 верстъ въ часъ, но безъ работы поршней, величина горизонтальнаго усилія, изъ условія равновѣсія, при опрокидываніи рельса наружу, у первой оси паровоза получилась въ 3577 килогр. или $0,62 G$ нормальной нагрузки на колесо. Усиліе выдерживающее костыль въ 1519 килогр., между тѣмъ какъ его сопротивленіе достигаетъ максимальной величины при дѣйствіи усилія по оси костыля въ 1725 и падаетъ до 863 килогр. при одновременномъ дѣйствіи

горизонтальнаго усилія на костыль, что въ данномъ случаѣ имѣло мѣсто. Такимъ образомъ усматривается, что рельсъ опрокидывается во все время прохода поѣзда, то внутрь, то наружу, а костыли, ослабленные проходомъ первой оси паровоза, не могутъ въ достаточной мѣрѣ этому сопротивляться. Этимъ явленіемъ только можно и объяснить полукруглую форму шпальныхъ зарубокъ на пути безъ подкладокъ и на прямой, измѣренныхъ и описанныхъ инженеромъ Бреунингъ въ *Zeitschrift für Bauwesen* за 1892 годъ.

Опыты по боковому перемѣщенію рельсовъ на Саратовской дорогѣ въ 1891 году производились одновременно на двухъ противоположныхъ точкахъ рельсовой колеи, но такъ какъ не было выдѣлено горизонтальное перемѣщеніе рельсовъ, то нельзя точно опредѣлить размѣры опрокидыванія рельсовъ, хотя однако же неточность при этомъ выходитъ не такъ велика, такъ какъ поршень находился вблизи головки рельса и ординаты діаграммъ, при укрѣпленіи цилиндра на шпалѣ, должны быть умножены на 1,3, а при укрѣпленіи его бокомъ на отдѣльномъ столбѣ на 2.

Изъ діаграммъ на прямой, черт. № 22 листъ VI, усматривается, что одна колея опрокидывается наружу, другая же увлекается колесами внутрь, но всетаки первая ось паровоза и на прямой производила моментальное уширеніе пути. На кривой *) радіусомъ въ 500 саж. опрокидывалась наружу болѣе внутренняя колея, но максимумъ моментальныхъ уширеній являлся на наружной колѣѣ у первой оси паровоза. Хотя опыты эти недостаточно обстоятельны, однакоже можно вывести заключеніе, что первое колесо паровоза болѣе всего разстраиваетъ путь въ горизонтальной плоскости и что вслѣдствіе этого въ паровозахъ первая ось не должна быть спаренною осью, такъ что конструкція американскихъ паровозовъ, съ тѣлѣжкой впереди, или, по крайней мѣрѣ, какъ нынѣ на многихъ паровозахъ дѣлается, съ первою неспаренною осью, является самою раціональною.

Чтобы рельефнѣе представить элементы устойчивости верхняго строенія обѣихъ линій, на коихъ производились опыты, Ораніен-

*) Поѣздъ № 22 отъ 10 августа. Паровозъ 4-хъ-осный серіи D; $v=20,4$ вер. въ час. Максимальное уширеніе подъ паровозомъ $(1,7 + 0,8) 1,3 = 3,3$ мм. и подъ вагонами $(0,8 + 0,4) 1,3 = 1,6$ мм.

баумскаго участка Балтійской и Козлово-Саратовской жел. дорогъ, составлены слѣдующія сравнительныя таблицы:

Наименованіе дороги.	Коэффициентъ упругости бал- ластнаго слоя <i>C</i> килогр.	<i>B</i> килогр.	<i>D</i> килогр.	Нагрузка на ось <i>G'</i> килогр.	Осадка пути <i>у</i> .	Пробѣгъ рельса <i>f</i> .	Напряженіе рельса въ ки- лограммахъ на кв. мм.	Уширеніе пути.	Скорость поѣзда <i>V</i> .
Ораніенбаумскій участокъ Балтій- ской ж. дороги . .	9	16.000	32.292	1,69 <i>G</i> (9.572)	3,3	0,65	14,22	2,5	> 50 вер.
Козлово - Сара- товской ж. дор. .	пост. 3,5	11.053	10.277	1,63 <i>G</i> (10.156)	9,4	1,3	24,26	5,00	> 30 вер.

Разсматривая эту таблицу, весьма рельефно выступаетъ превосходство пути Ораніенбаумскаго участка, особенно по отношенію величины *D*, на которую слагаются размѣры шпалы и качество балласта; отчасти таковой устойчивости способствуетъ движеніе однихъ пассажирскихъ поѣздовъ, хотя и доходящее до 70 поѣздовъ въ сутки, но легкій, одинаковый по тяжести и конструкціи подвижной составъ скользить по пути, оставляя слабые слѣды своего пробѣга. Одно лишь обстоятельство является неблагопріятнымъ для этого пути — это непостоянство величины *C* и слѣдовательно нѣкоторая неровность пути; оно однакоже умалется какъ незначительностью абсолютной величины вдавливанія, такъ и укладкою рельсовъ безъ подкладокъ, которыя въ данномъ случаѣ, при введеніи ихъ на всѣхъ шпалахъ, ухудшими бы общее состояніе пути, но отношенію сопротивленій въ вертикальной плоскости, сдѣлавъ его еще болѣе жесткимъ и увеличивъ реакцію пути на подвижной составъ, и наоборотъ.

Совершенно другую картину представляетъ б. Саратовская дорога, на которой всѣ элементы пути напряжены до крайнихъ предѣловъ, особенно же выдѣляется низкое значеніе величины *D* и если, не смотря на такое слабое сопротивленіе пути, поѣзда ходили на этой дорогѣ съ большими скоростями и благополучно, то это нужно приписать постоянству коэффициента *C*, а равно и тому, что въ силу мѣстныхъ топографическихъ условій максимальныя скорости достигались съ большихъ уклоновъ безъ работы машинъ. Однакоже содержаніе такого пути не можетъ не обходиться дорого

и не может не вызывать большого расхода по силѣ тяги паровозовъ, въ виду чего одинъ экономическій расчетъ долженъ былъ заставить уменьшить по возможности величину общей осадки пути. Съ этою цѣлью Управленіе названной дороги, кромѣ подведенія 9-й шпалы подъ 20 фунтовое звено, въ 91 и 92 годахъ начало вводить укладку шпаль длиною въ 1,25 саж.

Переходя къ вопросу какими способами можетъ быть увеличена устойчивость пути, необходимо замѣтить, что такъ какъ согласно вышеизложенному устойчивость пути зависитъ отъ разныхъ факторовъ, то и увеличить таковую можно разными способами, а именно:

1) Примѣненіемъ болѣе тяжелаго типа рельса.

2) Уменьшеніемъ разстоянія между шпалами; способъ этотъ былъ у насъ впервые примѣненъ на Козлово-Саратовской и Харьковско-Николаевской жел. дорогахъ, укладкою 9 шпаль вмѣсто 8 подъ 20-фут. рельсы, съ цѣлью уменьшенія напряженія въ послѣднихъ; въ настоящее же время примѣняется на Николаевской дорогѣ, укладкою 13 шпаль подъ 28 фут. рельсы или 17 шпаль подъ 35 фут. рельсы.

3) Увеличеніемъ площади опоры шпалы путемъ уширенія нижней подошвы шпалы и увеличенія длины ея.

4) Увеличеніемъ величины C коэффиціента упругости балластнаго слоя.

По отношенію этихъ двухъ послѣднихъ факторовъ устойчивости у насъ или ничего не дѣлалось или дѣлалось ощупью, безъ опредѣленнаго расчета. Какому вообще фактору отдать преимущество, при усиленіи верхняго строенія, во всякомъ данномъ случаѣ рѣшаютъ экономическія соображенія. Въ странѣ обладающей высоко развитымъ металлургическимъ производствомъ увеличеніе тяжести рельса является однимъ изъ первыхъ средствъ усиленія пути, напротивъ же, гдѣ оно стоитъ невысоко должны быть раньше сего изысканы другіе, болѣе доступные способы усиленія верхняго строенія пути.

По расчету самымъ могучимъ факторомъ увеличенія сопротивленія пути является уменьшеніе разстоянія между шпалами, такъ какъ въ выраженіи $B = \frac{CEI}{a^3}$, величина a входитъ въ кубъ, а кромѣ того усиливается путь и въ горизонтальномъ отношеніи, на практикѣ же однакожъ значеніе этого фактора умалется

ухудшеніемъ подбивки очень близко расположенныхъ шпаль, а сверхъ того и тѣмъ, что этою мѣрою достигается большая устойчивость всего звена, кромѣ стыка, осадка котораго относительно будетъ еще больше и, слѣдовательно, примѣняя эту мѣру необходимо позаботиться объ одновременномъ усиленіи стыка. Между тѣмъ увеличеніе площади опоры шпалы и улучшение балласта всегда и по всей длинѣ звена выступать въ положительномъ смыслѣ. Несомнѣнно однакоже, что улучшить балластный слой весьма трудно, если онъ въ данной мѣстности плохой, такъ какъ промывка его обходится очень дорого, и тогда остается лишь увеличить его толщину настолько, чтобы онъ не могъ перемѣшиваться съ грунтомъ и тѣмъ ухудшаться въ пути.

Постараемся выяснитъ изложенное числовыми примѣрами. Предполагая, что при сохраненіи совокупности условій верхняго строенія Ораніенбаумскаго участка будутъ замѣнены рельсы на 18-фунтовые, а, наоборотъ, на Саратовской дорогѣ, тоже при сохраненіи всѣхъ другихъ условій будетъ произведена замѣна рельсовъ на 24-фунтовые, тогда степень устойчивости пути на каждой изъ дорогъ выяснится изъ слѣдующей таблицы: *)

Наименованіе дороги.	<i>C</i> коэффициентъ упругости бал- ластного слоя.	<i>l</i> пролетъ между серединами шпаль сантим.	<i>B</i> —килограммъ.	<i>D</i> —килограммъ.	Нагрузка на ко- лесо <i>S</i> .	Осадка пути <i>y</i> .	Напряженіе въ рельсахъ на 1 кв. мм.	Примѣчанія.
Ораніенбаумскій участокъ Балт. ж. д. (18 фунт. рельсы).	9	81	10.581	32.292	9.572	0,25	18,9	<i>C, D</i> и <i>G'</i> оста- лись безъ измѣ- ненія.
Козлово-Саратов- ская жел. дорога . . (24 фунт. рельсы).	3,5	81	16.000	10.277	10.156	0,54	19,7	<i>y</i> определено. теоретически.

*) Для Балтійской дороги

$$B = \frac{6IE}{\alpha^3} = \frac{6 \times 2.000.000 \times 468,6}{81^3} = 10181 \text{ кил.}; \quad \frac{B}{D} = \frac{10581}{32292} = 0,33.$$

Для Саратовской дороги

$$B = \frac{6 \times 2.000.000 \times 708,6}{81^3} = 16000 \text{ кил.}; \quad \frac{B}{D} = \frac{16000}{10277} = 1,56.$$

Таблица эта указываетъ, что путь Балтійской дороги, при 18 фунт. рельсахъ не только значительно устойчивѣе въ вертикальномъ отношеніи, чѣмъ на Саратовской дорогѣ при 24 фунт. рельсахъ, но и что напряженія въ рельсахъ типа 18 фунт. въ погон. футѣ меньше, чѣмъ въ рельсахъ 24 футн., уложенныхъ на Саратовской дорогѣ, при одинаковыхъ пролетахъ между шпалами, хотя при нѣсколько большей, всего на 5⁰/_о, нагрузкѣ на послѣдней дорогѣ, чѣмъ на Балтійской.

Въ виду такого результата любопытно изслѣдовать какими другими еще средствами, кромѣ увеличенія вѣса рельса, можно было бы возвысить устойчивость пути Саратовской линіи. Предполагая, что въ пути оставлены старые 20 фунтовые, изношенные по высотѣ на 1,92 мм. рельсы, можно, во первыхъ, увеличеніемъ толщины балластнаго слоя возвысить *C* до 5 килогр. (величина эта была найдена въ выемкахъ, слѣдовательно отвѣчаетъ болѣе чистому мѣстному балласту), во вторыхъ, сближеніемъ шпалъ до 70 сант. или укладкою 9 штукъ подъ 20 футовое звено и увеличеніемъ длины шпалъ до 1,25 саж. или еще лучше примѣненіемъ шпалъ встрѣченныхъ при опытахъ на Балтійской жел. дорогѣ, длиною въ 1,28 саж., уменьшить давленіе на единицу площади балласта.

Предполагая затѣмъ, что, кромѣ означенныхъ мѣръ, замѣнены

Тогда по формулѣ Циммермана, не вводя дополненія на сжатіе дерева

$$y = \frac{16\gamma^2 + 112\gamma + 11}{32\gamma(2\gamma + 5)} = \frac{G}{D};$$

$$y = \frac{16 \times 0,33^2 + 112 \times 0,33 + 11}{32 \times 0,33(2 \times 0,33 + 5)} \times \frac{9572}{32292} = 0,25 \text{ сант. для Балтійской дороги.}$$

$$y = \frac{16 \times 1,56^2 + 112 \times 1,56 + 11}{32 \times 1,56(2 \times 1,56 + 5)} \times \frac{10156}{10277} = 0,54 \text{ сантим. для Саратовской дор.}$$

$$\text{Напряженія въ рельсахъ } R = \frac{M}{W}, \text{ гдѣ } M = \frac{8B + 7D}{4B + 10D} \times \frac{\alpha}{4} \cdot G,$$

$$M = \frac{8 \times 10581 + 7 \times 32292}{4 \times 10581 + 10 \times 32292} \times \frac{81}{4} \times 9572 = 164877;$$

$$R = \frac{164877}{87,4} = 18,86 \text{ кил. на кв. мм.}$$

$$M = \frac{8 \times 16000 + 7 \times 10277}{4 \times 16000 + 10 \times 10277} \times \frac{81}{4} \times 10156 = 244759;$$

$$R = \frac{244759}{123,99} = 19,73 \text{ кил. на кв. мм.}$$

еще и старые рельсы на 24 фунтовые, то сопоставленіе устойчивости существовавшего въ 1891 г. пути Саратовской линіи, съ таковой послѣ примѣненія мѣръ вышеизложенныхъ для всѣхъ трехъ случаевъ усматривается въ слѣдующей таблицѣ *).

Описание устройства пути Саратовской линіи.	Исклина <i>C</i> въ килогр.	<i>l</i> — пролѣтъ между шпалами въ сант.	<i>B.</i>	<i>D.</i>	Нагрузка на ко- лесо <i>G'</i> .	Осадка пути <i>y</i> .	Напряженіе въ рель- сахъ въ килограм- махъ.	Примѣчанія.
			въ килогр.					
I случай. Существо- вавшій путь — рельсы 20 фунт. Крупна, изно- шенные на 1,92 мм. Шпалы длиною 1,17 с. .	3,5	81	10.053	10.277	10.156	0,60 сан.	24,26	Рельсы старые.
II случай — тѣ же условія, но рельсы 24 фунт.	3,5	81	16.000	10.277	—	0,54 сан.	19,7	Рельсы 24 фунт.
III. Рельсы какъ въ I случаѣ, но увеличенъ слой балласта до 70 сант. и шпалы уложены типа Балтійской дороги .	5	70	17.125	17.113	—	0,36 сан.	20,5	Рельсы старые.
IV. Всѣ условія какъ въ случаѣ III, но рель- сы 24 фунт.	5	70	24.791	17.113	—	0,33 сан.	16,7	Рельсы 24 фунт.

*) Случай III.

$$B = \frac{6 EI}{\alpha^3} = \frac{6 \times 2.000.000 \times 489,5}{70^3} = 17125; D = \varphi. C. \times b. l =$$

$$= 0,86 \times 5 \times 136,6 \times 28,8 = 17113 \text{ килогр. } \frac{B}{D} = 1.$$

$$y = \frac{16\gamma^2 + 112\gamma + 11}{32\gamma(2\gamma + 5)} \times \frac{G}{D} = \frac{0,6205 \times 10156}{17113} = 0,36 \text{ саж. } M = \frac{8B + 7D}{4B + 10D} \times$$

$$\times \frac{\alpha}{4}. G' = 189917; R = \frac{M}{W} = \frac{189917}{92,49} = 20,5 \text{ к.}$$

Случай IV.

$$B = \frac{6 \times 2.000.000 \times 708,6}{70^3} = 24791; D = 17113; \frac{B}{D} = 1,45$$

$$y = \frac{16 \times 1,45^2 + 112 \times 1,45 + 11}{32 \times 1,45(2 \times 1,45 + 5)} \times \frac{10156}{17113} = 0,564 \times \frac{10156}{17113} = 0,33 \text{ сантим.}$$

$$M = \frac{8 \times 24791 + 7 \times 17113}{4 \times 24791 + 10 \times 17113} \times \frac{70}{4} \times G'.$$

$$M = 207944; R = \frac{M}{W} = \frac{207944}{123,99} = 16,7 \text{ килогр. на 1 кв. мм.}$$

Согласно даннымъ этой таблицы небольшое даже улучшеніе балластнаго слоя, увеличеніе длины шпалъ и увеличеніе ихъ числа на одну на звено обусловливаетъ бѣльшую устойчивость пути, чѣмъ одна замѣна рельсовъ 24 фунтовыми; въ послѣднемъ случаѣ даже напряженія въ изношенныхъ 20 фунтовыхъ рельсахъ почти равнялись бы напряженіямъ въ 24 фунтовыхъ рельсахъ.

Приведенными расчетами имѣлось въ виду выяснитъ преобладающее вліяніе на устойчивость верхняго строенія пути размѣра упругихъ пониженій полотна и балластнаго слоя, но при этомъ необходимо оговориться, что всѣ приведенные сравнительные выводы являются отчасти односторонними, такъ какъ при этомъ не было принято во вниманіе измѣненіе устойчивости пути въ горизонтальномъ отношеніи при разныхъ предположенныхъ способахъ его усиленія, для чего однако же у насъ не имѣется достаточно опытныхъ данныхъ. Вѣроятно, принявъ во вниманіе горизонтальныя усилія, результаты укладки тяжелыхъ рельсовъ явились бы болѣе благоприятными.

На основаніи изложенныхъ нами элементовъ устойчивости желѣзнодорожнаго полотна мы приходимъ къ слѣдующимъ выводамъ и положеніямъ:

1. Принятая форма поперечнаго сѣченія полотна на русскихъ дорогахъ не обезпечиваетъ въ большинствѣ случаевъ отводъ отъ него воды, просачивающейся черезъ балластъ, а толщина балластнаго слоя опредѣляется преимущественно внѣ зависимости отъ типа рельсовъ и шпалъ и степени сопротивленія полотна, въ виду чего слѣдуетъ:

1) Чтобы при грунтахъ рыхлыхъ и вообще малаго сопротивленія толщина балластнаго слоя ниже подошвы шпалы была не менѣе той толщины, которая обусловливаетъ равномерную передачу давленія на полотно пути; для принятыхъ на русскихъ дорогахъ типовъ верхняго строенія толщина балластнаго слоя должна быть не менѣе 0,15 саж. подошвы шпалы, при чемъ слѣдуетъ имѣть въ виду, чтобы при облегченныхъ типахъ рельсовъ и шпалъ толщина балластнаго слоя не была уменьшаема противъ указанной величины, а напротивъ была увеличиваема, если только число шпалъ въ облегченномъ типѣ укладки пути не увеличено противъ нормальнаго.

2) Въ выемкахъ и на нулевыхъ мѣстахъ при плотныхъ и сухихъ

грунтах можетъ быть допущена толщина балласта не обезпечивающая равномерную передачу давленія на полотно, но съ тѣмъ, чтобы абсолютное значеніе этого давленія не превосходило степени упругаго сопротивленія грунта.

3) Приданіе большей толщины балластному слою, чѣмъ это нужно для равномерной передачи давленія отъ шпаль на полотно является безцѣльнымъ въ выемкахъ и на малыхъ насыпяхъ, наоборотъ же на большихъ насыпяхъ, гдѣ вслѣдствіе осадки грунта нельзя избѣжать корытообразныхъ углубленій по верху полотна, увеличеніе толщины балластнаго слоя обезпечиваетъ болѣе пологую форму образующагося корыта.

4) Для болѣе полного обезпеченія отвода воды отъ полотна и сообразуясь съ возможностью въ дѣйствительности выполнить очертаніе поперечной профили полотна, послѣднее должно быть ограничено сверху площадкою шириною равною длинѣ шпалы при рѣзкихъ боковыхъ скосахъ въ $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{5}$, смотря по качеству матеріала, изъ коего сдѣлана насыпь.

II. 1) Упругія пониженія шпаль состоятъ изъ упругихъ пониженій полотна, наблюденныхъ нами исключительно подъ паровозами, и равными, смотря по вѣсу паровоза, 0,2 — 0,26 мм. въ нулевыхъ мѣстахъ и насыпяхъ и 0,13—0,20 мм. въ выемкахъ, и изъ упругихъ пониженій балласта, пропорціональных давленію, вслѣдствіе чего при изгибѣ шпалы, пониженія ея неравномѣрны по длинѣ шпалы.

2) Коэффициентъ упругости балластнаго слоя C , при невысокихъ его абсолютныхъ значеніяхъ, является постояннымъ и колеблется въ незначительныхъ размѣрахъ (около 10%) для даннаго участка пути при разныхъ нагрузкахъ и разныхъ шпалахъ.

3) Принятый нами способъ опредѣленія коэффициента упругости балластнаго слоя даетъ результаты достаточно точные для практическаго примѣненія; коэффициентъ этотъ равняется для нулевыхъ мѣстъ и насыпей около 3,5 килограм. на кв. сантиметръ, около 5 килогр. въ сухихъ выемкахъ и около 9 килогр. при особо высокихъ качествахъ балласта и особенно благоприятныхъ условіяхъ работы шпаль въ пути.

4) Передъ наступленіемъ груза является всегда поднятіе балласта, тѣмъ большее, чѣмъ больше величина абсолютнаго, слѣдующаго за симъ, пониженія.

5) Такъ какъ давленіе, передаваемое шпалою на балластъ прямо пропорціонально величинѣ внѣшней силы и обратно пропорціонально: ширинѣ шпалы, нѣкоторой функціи отъ ея длины и четвертому корню изъ момента инерціи шпалы, то площадь нижней постели шпалы является для ея устойчивости первостепеннымъ факторомъ.

6) Вслѣдствіе изгиба шпалы неравномѣрное давленіе является наибольшимъ или въ концѣ шпалы или въ мѣстѣ приложенія внѣшней силы; при шпалахъ короче 1,20 саж. найденныя нами въ пути наибольшія величины прогибовъ и давленій на балластъ находятся внѣ предѣловъ рельсовой колеи.

7) Практикуемый приѣмъ болѣе сильной подбивки концовъ короткихъ шпалъ является паліативомъ, примѣняемымъ по необходимости, но вредно отзывающимся на сопротивленіи верхней поверхности полотна дороги; — давленіе передаваемое всей поверхностью шпалы превосходить въ большинствѣ случаевъ на нашихъ дорогахъ предѣлы упругаго пониженія полотна, тѣмъ болѣе при подбивкѣ преимущественно концовъ шпалъ, поверхность полотна будетъ постепенно разрушаться отъ вдавливанія балласта въ тѣло насыпи.

III. 1) При данномъ объемѣ дерева опредѣленіе размѣровъ шпалы, ея поперечнаго сѣченія и длины должно обусловливаться стремленіемъ достигнуть возможно большей площади опоры шпалы; слѣдовательно, задавшись наименьшею толщиною (h), необходимой по практическимъ соображеніямъ и во всякомъ случаѣ не меньшей нормальной длины костылей, не считая головки, ширину верхней постели слѣдуетъ дѣлать около $1,15 h$, а нижней $1,7$ до $1,9 h$, а остальной затѣмъ матеріаль утилизировать на увеличеніе длины шпалы.

2) Для типовъ верхняго строенія нашихъ дорогъ нормальная длина шпалы должна быть не менѣе $1,25$ — $1,30$ саж., приближаясь къ послѣдней величинѣ на дорогахъ первостепеннаго значенія. Облегченіе размѣровъ шпалъ на второстепенныхъ дорогахъ не должно имѣть мѣста исключительно за счетъ длины шпалы, а напротивъ предпочтительнѣе уменьшать нѣсколько поперечные размѣры; значительное уменьшеніе длины шпалы до $1,15$ саж. нежелательно, такъ какъ при этой длинѣ линія изгиба шпалы принимаетъ видъ дуги.

3) Увеличеніе длины шпалы, кромѣ увеличенія площади опоры, вліяетъ на устойчивость пути въ горизонтальномъ направленіи, уменьшая опрокидываніе рельса.

и VI. 1) Общее сопротивление пути увеличивается уменьшением давления на единицу площади балласта, что в высокой мере может быть достигнуто уменьшением расстояния между шпалами и увеличением площади опоры шпалы, преимущественно ее длины.

2) Величина полной осадки пути, характеризующая его жесткость, определенная по формуле Циммермана $y = F(BD) \times G$ дает результаты несогласные с наблюдениями, вследствие непринятого во внимание влияния сжатия дерева и неплотного прилегания рельса к поперечинке, потому выражение для (y) должно получить следующий вид $y = [F(BD) + \alpha](G + \Delta G) + \beta$.

3) Величина полной осадки пути не только влияет на размеры напряжений всех элементов верхнего строения, но находится в соотношении с сопротивлением движению поездов и, вероятно, с расходами по тяге их.

4) Максимальная осадка пути и максимальный прогиб рельсов, при скоростях до 50 вер. в час, имеет место под нагрузкою колес паровоза, а не под влиянием ударов изношенных бандажей, тендерных или вагонных колес.

В виду сего максимальны динамическія нагрузки определенны Коюаромъ и Фламахомъ, на основаніи прогиба рельсовъ подъ влияніемъ ударовъ изношенных бандажей, соответственно в 2,4 и 3,2 разъ больше статическихъ, нужно считать преувеличенными.

5) Найденное нами соотношение динамической нагрузки къ статической в 1,65, почти тождественное съ данными инженера Резаль в 1,7, нужно считать болѣе правильнымъ, хотя и требующемъ проверки для неблагоприятныхъ условий в пути и для большихъ, чѣмъ 50 верстъ в часъ, скоростей.

6) Подвижной составъ движется в вертикальной плоскости почти по прямой линіи, пониженной, но параллельной рельсовой колеѣ в состояніи покоя, в горизонтальной же плоскости подвижной составъ описываетъ волны, длина коихъ стоитъ в зависимости отъ его конструкции и скорости движенія.

7) Рельсы в вертикальной плоскости претерпѣваютъ волнообразное движеніе, в горизонтальной же плоскости не только перемѣщаются горизонтально, но и непрерывно опрокидываются, то во внутрь, то во наружу колеи.

8) В горизонтальной плоскости, какъ на прямой, такъ и на

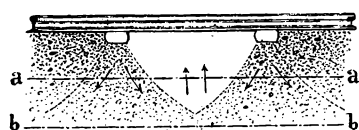
кривой преимущественно первое колесо паровоза разстраиваетъ путь, а потому во всѣхъ паровозахъ первая ось не должна быть спаренная.

9) Измѣренія прогибовъ отдѣльныхъ частей верхняго строенія, при посредствѣ аппаратовъ, автоматически вычерчивающихъ діаграммы, служа для опредѣленія величины напряженій, могутъ сверхъ того найти практическое примѣненіе для сравнительной и наглядной оцѣнки вліянія на путь вновь вводимаго типа подвижнаго состава или сопротивленія новыхъ типовъ верхняго строенія.

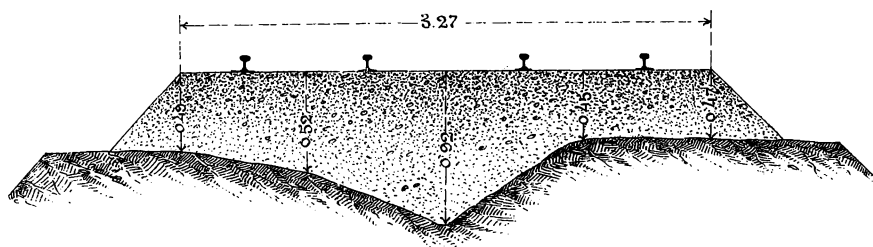
І. Стецевичъ.

С.-Петербургъ
12 Сентября 1897 г.

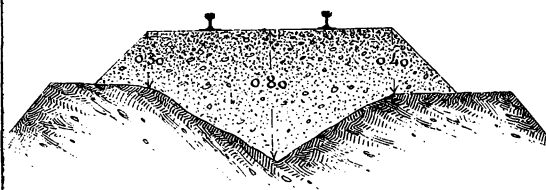
Чер. 1



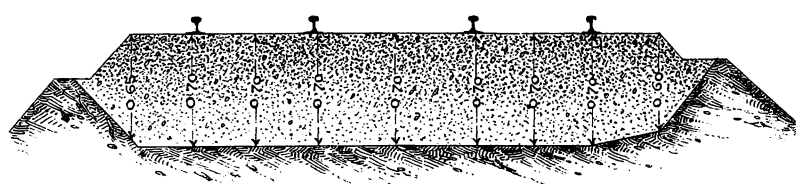
Чер. 2 Главная линия Юго-Западныхъ дорогъ
253 в.



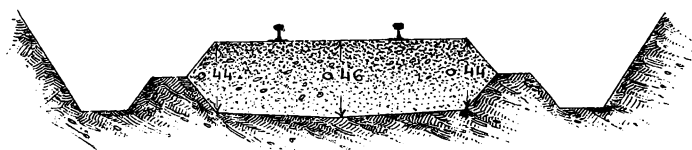
Чер. 3 Дунаевская вѣтвь 83 вер.



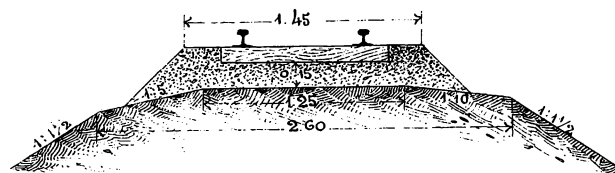
Чер. 4 Риги-Орловская жел. дор. 131 вер. участка Рига-Двинскъ



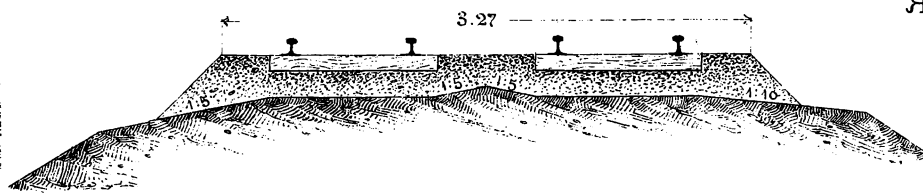
Чер. 5. Риги-Орловская ж. д. Учас. Двинскъ-Витебскъ 416 вер. отъ Риги



Чер. 6

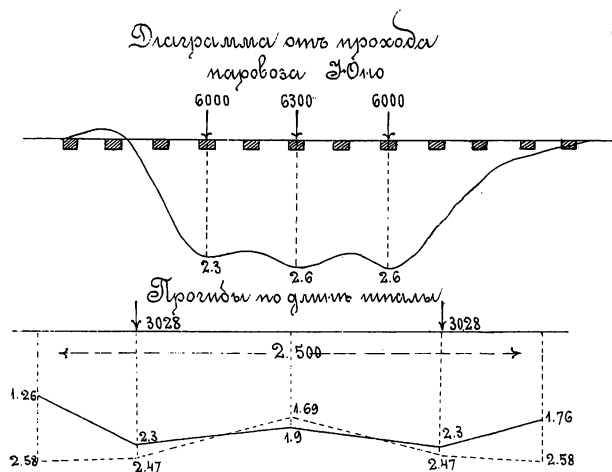


Чер. 7.



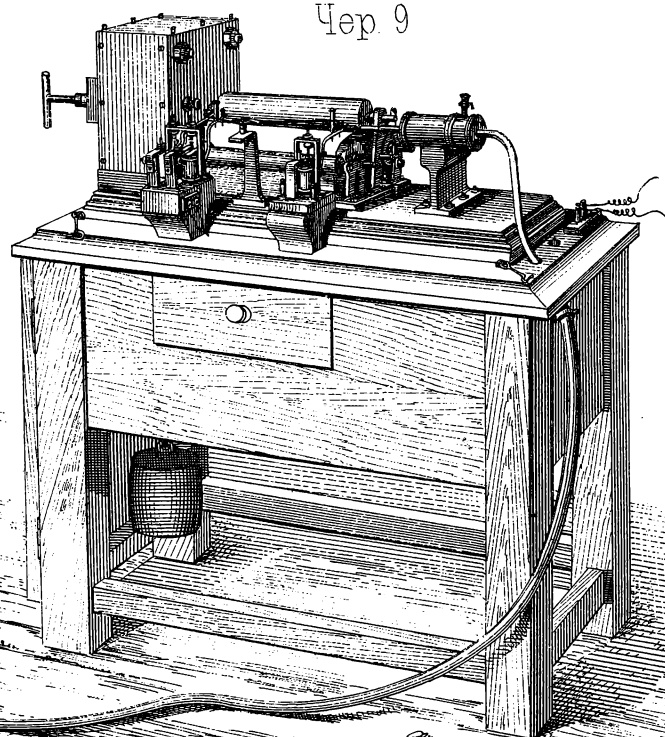
Отдѣлъ
желѣзнодорожное
полотно

Чер. 8



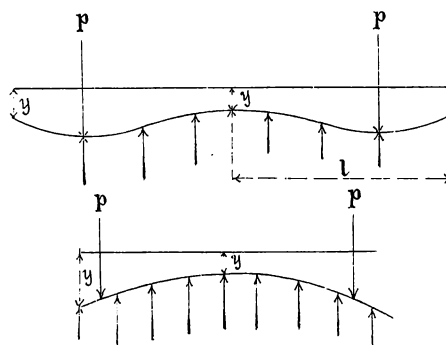
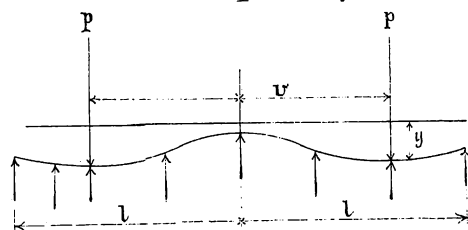
Отдѣлы: балласть и шпалы.

Чер. 9

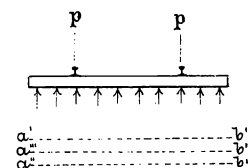


Чер. 11

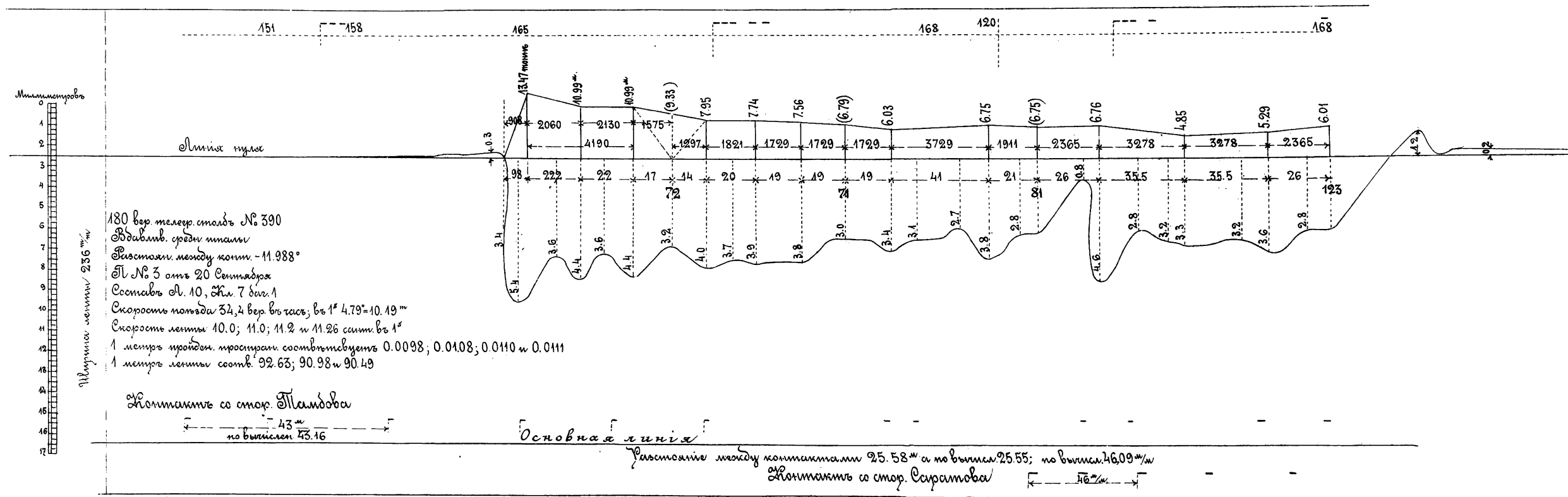
Чер. 10



Чер. 13

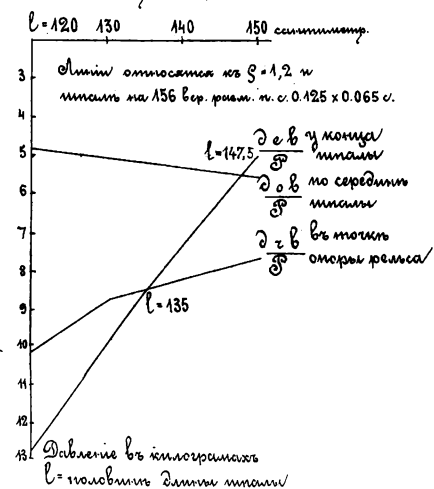


Чер. 12. Копія части лѣнты съ кривою вдавливанія и съ точками
отъ контактовъ на 180 вер.

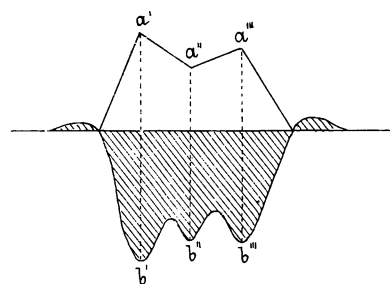


Чер. 15

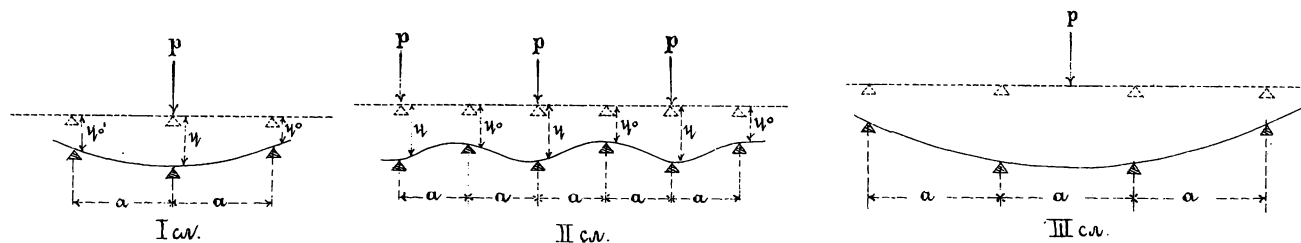
Определение длины тпалы



Чер. 14



Чер. 16



Отдѣлъ рельсы

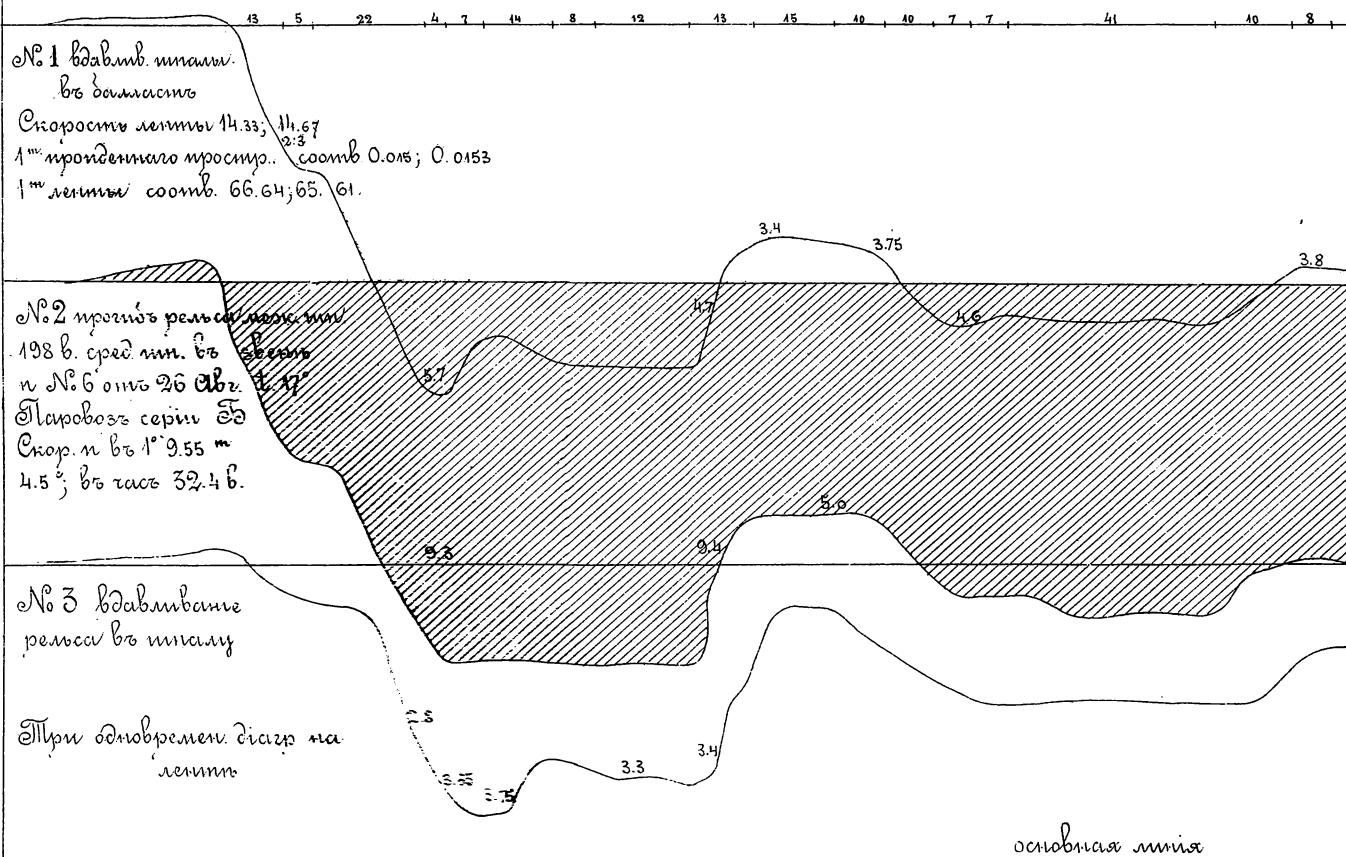
Чер. 17

Козлово-Саратовская жел. дор.

— ОПЫТЫ 1891 г.

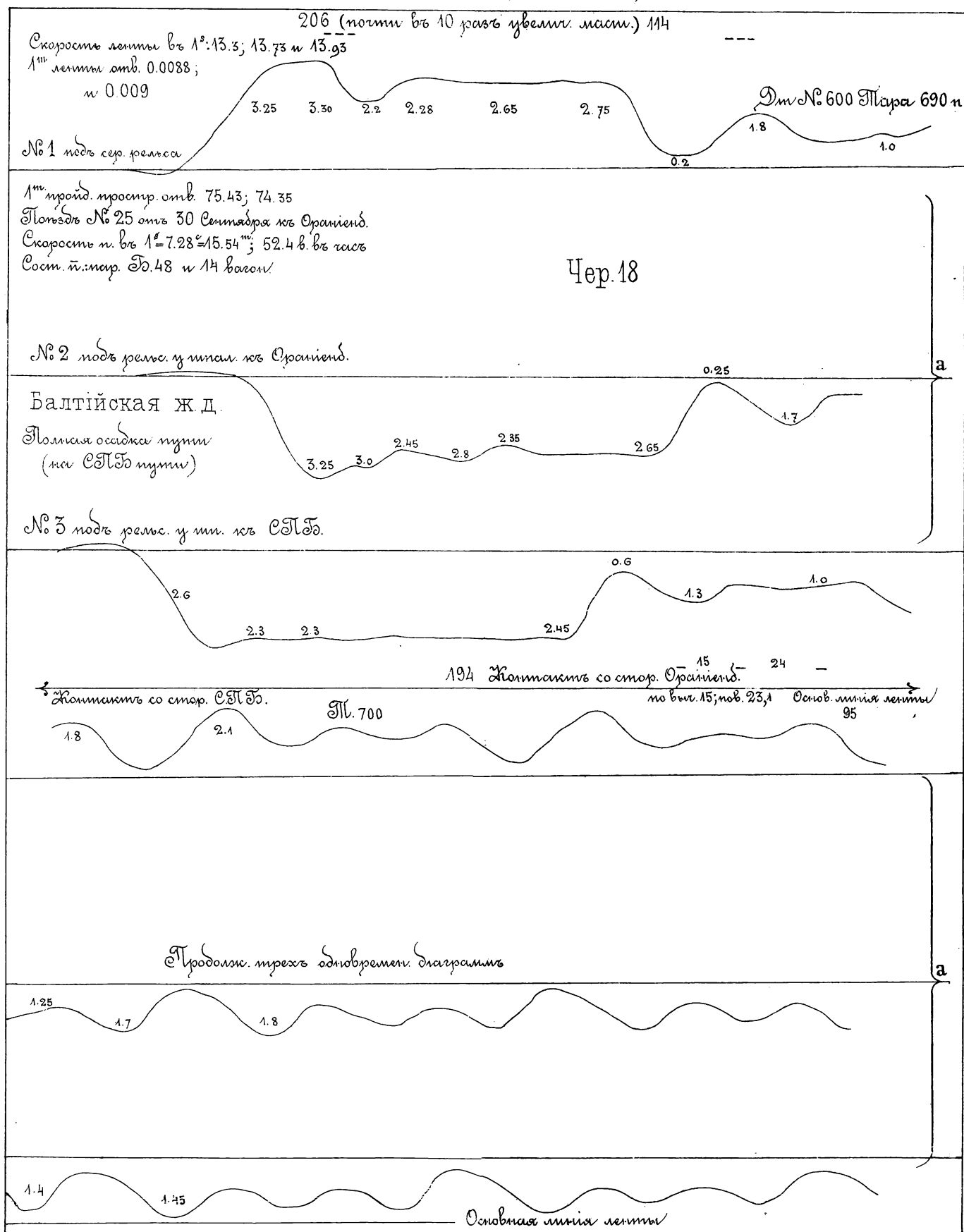
215

220



207 Разст. между к. тп. 22.56 м 10.6 саж.

135



Чер. 20

Балтійская ж. дор. Ораніенбаумскій уч.

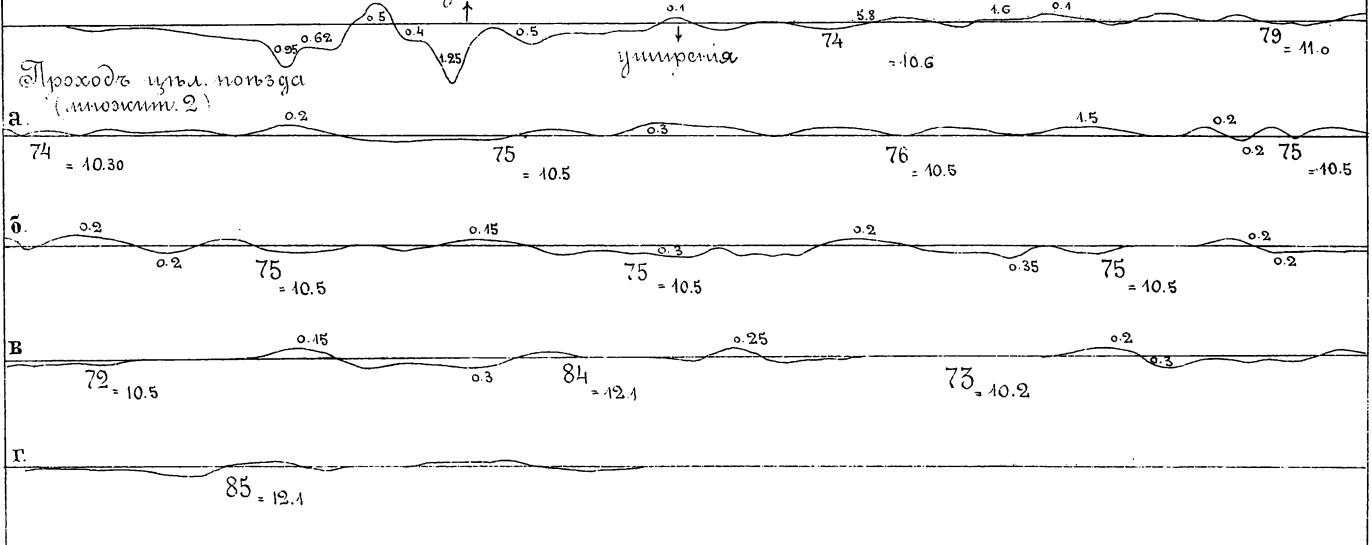
Пл. № 25 отъ 10 Окт. къ Ораніенб. скор. п. 47.5 в. въ гасъ. Сост. п. Пар. Тр. 20 и 13 ваг.

Божовое колебаніе рельса.

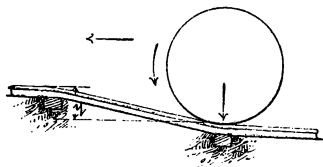
свуженія

уширения

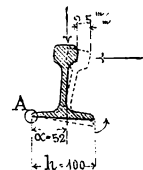
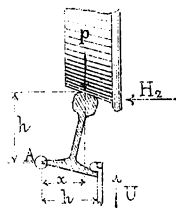
Проходъ цѣл. поезда
(мощности 2)



Чер. 19



Чер. 21



Чер. 22

Козлово-Саратовская ж. д.

Отъ Саратова
прав. колея

№ 1; 1^{ая} линия отв. 57.3

свуженія

уширения

186 в. Прямая

Пл. № 105 отъ 17 августа

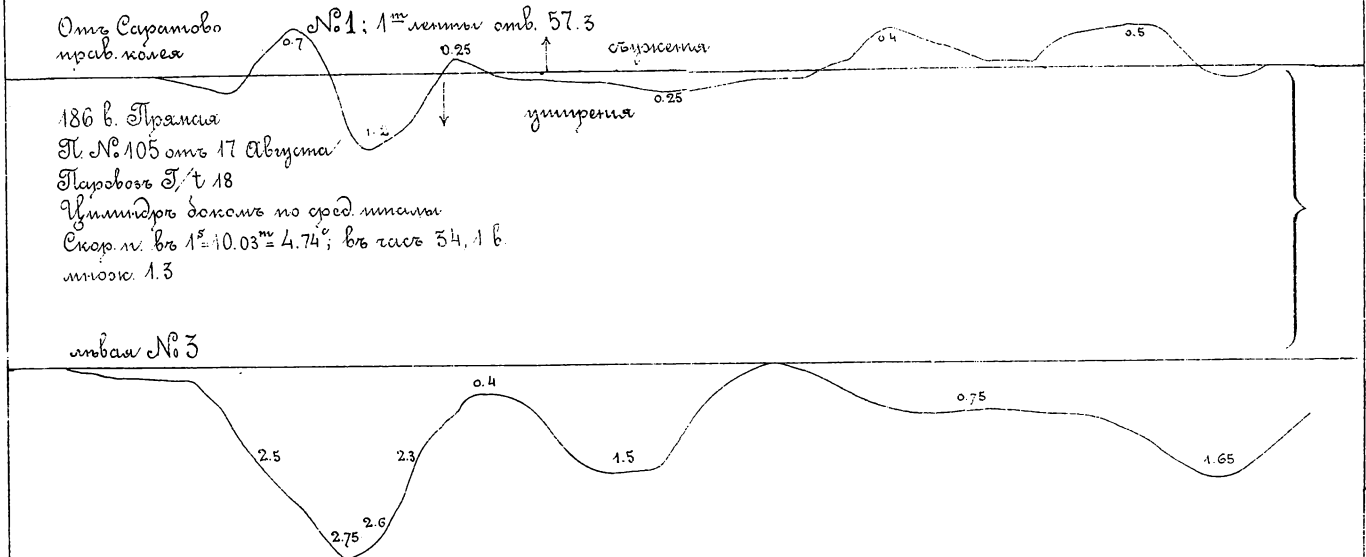
Паровозъ Т, т 18

Уширили доканъ по сред. линии

Скор. п. въ 1^ю = 40.03 = 4.74; въ гасъ 34.1 в.

мощн. 1.3

лѣвая № 3



СОДЕРЖАНІЕ ОТДѢЛЬНЫХЪ ВЫПУСКОВЪ

Сборника Института инженеровъ путей сообщенія Императора Александра I.

Выпускъ I. Отчеты учащихся о практическихъ занятіяхъ. Спб. 1884 г. Содержаніе: а) Работы на Ивангородско-Домбровской ж. д., *И. Каннелисера*; б) тоже *А. Васютинскаго*; в) Работы на Курско-Харьково-Азовской ж. д., *В. Самурскаго*; г) Производство работъ въ желѣзнодорожныхъ мастерскихъ, *В. Самурскаго*; д) Работы по надстройкѣ устоевъ на Рязско-Вяземской дорогѣ, *А. Розенталя*; е) Испытаніе и осмотръ мостовъ Московско-Нижегородской дороги, *К. Пентковскаго*; ж) Постройка моста черезъ Днѣпръ въ Екатеринославлѣ, *Д. Дьячевскаго*; з) Матко-Озерской обходный каналъ Маріинскаго воднаго пути, *С. Дейчма*; и) Канализація Спб. городскихъ боенъ, *И. Цикеля*; к) водоснабженіе города Варшавы, *М. Бобинскаго*; л) Плывуны по Оренбургской ж. д., *Е. Зенкевича*.

Выпускъ II. Труды преподавателей и матеріалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1885 г. Содержаніе: а) О предѣлахъ примѣнимости нѣкоторыхъ формулъ теоріи изгиба, профессора *Ф. Максименко*; б) О варіаціонномъ исчисленіи и приложеніяхъ его къ геометріи и механикѣ, профессора *Н. Богуславскаго*; в) Второстепенныя напряженія въ фермахъ желѣзныхъ мостовъ, репетитора *С. Куницкаго*; г) Основанія желѣзнодорожной экономіи, репетитора *Я. Гордѣнко*.

Выпускъ III. Каталогъ минералогической и петрографической коллекціи музеума Института, Спб. 1885.

Выпускъ IV. Труды учащихся. Спб. 1885. Содержаніе: а) Перемѣненіе фермъ на новые устои на мосту чрезъ рѣку Пселъ, *С. Сусарева* и *С. Арциша*; б) Съ Екатеринбургско-Тюменской ж. д., *С. Травчкова* и *С. Власевскаго*; в) О производствѣ работъ по постройкѣ моста чрезъ р. Вислу у Ивангорода, *А. Хонскаго*; г) Ремонтъ Константиновскаго моста на Донецкой желѣзной дорогѣ, *М. Малышевскаго*.

Выпускъ V. Труды преподавателей и матеріалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1886. Содержаніе: а) Методъ изометрическихъ проекцій, репетитора *В. Курдюмова*; б) Курсъ статики, профессора *Н. Богуславскаго*; в) Объ опредѣленіи напряженія въ цилиндрической круглой трубѣ, подверженной сплющиванію, профессора *Л. Николаи*; г) Кулиса Джоя, репетитора *А. Брандта*; д) Расчетъ сооружений, подвергающихся дѣйствію перемѣнной нагрузки; опыты Велера и Шпангенберга; выборъ прочнаго сопротивленія при перемѣнныхъ напряженіяхъ, профессора *Н. Былелюбскаго*; е) О погрѣшностяхъ, являющихся при употребленіи приближительной формулы изгиба $\pm M = EJ \frac{d^2 y}{dx^2}$, профессора *Ф. Максименко*; ж) Курсъ земледѣльской гидравлики, репетитора *М. Шистовскаго*.

Выпускъ VI. Чтеніе въ Институтѣ инженера полковника *Вендрихъ*. Эксплоатація желѣзныхъ дорогъ въ военномъ отношеніи. Спб. 1886.

Выпускъ VII. Механическая лабораторія Института инженеровъ путей сообщенія Императора Александра I. Спб. 1886.

Выпускъ VIII. Труды преподавателей и матеріалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1887. Содержаніе: а) Объ опредѣленіи расхода воды въ Невѣ и въ Морскомъ каналѣ, профессора *Н. Богуславскаго*; б) Къ вопросу о давленіи земли, заключенной между двумя подпорными стѣнками, профессора *Л. Ни-*

колаи; в) Выправительныя работы на р. Вислѣ, въ предѣлахъ Царства Польскаго, репетитора *М. Шистовскаго*; г) Объ успѣхахъ теоріи движенія жидкостей за послѣднія 30 лѣтъ, профессора *Д. Бобылева*; д) Элементарное разсмотрѣніе складывающихся силъ при изгибѣ, профессора *Ф. Максименко*.

Выпускъ IX. Волга, какъ путь сообщенія, профессора *Н. Бопулавскаго*. Спб. 1887.

Выпускъ X. Каталогъ приборовъ физическаго кабинета и гидравлической лабораторіи Института, съ краткимъ обзоромъ физическихъ явленій, репетитора *Г. Мерцима*. Спб. 1887.

Выпускъ XI. Матеріалы для институтскихъ курсовъ. Переводъ сочиненія Вагнера: „Приложеніе геологіи къ инженерному дѣлу“, подъ редакцію профессора *И. Мушкетова*. Спб. 1887.

Выпускъ XII. Чтеніе въ Институтѣ инженера *И. В. Журухина*. Механическіе снаряды, служащіе для производства выемки грунта и послѣдующей его транспортировки къ мѣстамъ свалки. Спб. 1887.

Выпускъ XIII. Труды преподавателей и матеріалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1888. Содержаніе: а) Опредѣленіе абсолютнаго максимума сгибающаго момента при дѣйствіи на разрывную балку системы неизмѣнно связанныхъ сосредоточенныхъ подвижныхъ грузовъ и сплошной нагрузки, профессора *Л. Николаи*; б) Изслѣдованіе значеній внѣшнихъ силъ отъ сосредоточенныхъ грузовъ въ прямыхъ балкахъ, репетитора *Л. Проскурякова*; в) По вопросу о вычисленіи вертикальныхъ силъ и моментовъ отъ неизмѣнно связанныхъ грузовъ, движущихся по разрывной балкѣ, репетитора *С. Куницкаго*; г) Курсъ практической механики. Передаточные механизмы. Отдѣлъ I. Передаточные механизмы съ гибкою связью, репетитора *Л. Ландицера*; д) Опредѣленіе отверстій искусственныхъ сооружений, профессора *Л. Николаи*; е) Курсъ гидравлики, вып. I, профессора *Ф. Максименко*.

Выпускъ XIV. Чтеніе въ Институтѣ инженера-судостроителя *А. Борискаго*. Основныя условія для постройки судовъ. Спб. 1888.

Выпускъ XV. Труды преподавателей и матеріалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1888. Содержаніе: а) О механическихъ средствахъ для тяги по рельсовымъ путямъ, профессора *А. Романова*; б) Осушеніе и орошеніе земель, инженера *Ө. Зброжека*; в) Гребной винтъ Торникрофта для мелкосидящихъ пароходовъ, репетитора *А. Брандта*; г) О зависимости сопротивленія и удлиненія листового литаго желѣза отъ толщины и обработки листовъ, репетиторовъ *А. Брандта* и *М. Лажницкаго*; д) Курсъ практической механики. Передаточные механизмы. Отдѣлъ II. Передаточные механизмы съ непосредственнымъ соприкосновеніемъ, репетитора *Л. Ландицера*; е) Курсъ гидравлики, выпускъ II, профессора *Ф. Максименко*.

Выпускъ XVI. Труды преподавателей и матеріалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1889. Содержаніе: а) Курсъ практической механики. Передаточные механизмы. Отдѣлъ III. Передаточные механизмы съ твердою связью, репетитора *Л. Ландицера*; б) Курсъ практической механики. Объ измѣреніи силъ и механич. работъ, репетитора *Л. Ландицера*; в) Расчетъ заклепочныхъ соединеній, профессора *Ф. Максименко*; г) Курсъ гидравлики, выпускъ III, профессора *Ф. Максименко*; д) О желѣзнодорожныхъ тарифахъ въ Россіи; публичныя лекціи, читанныя въ Институтѣ инженерами *М. фонъ-Эссенъ*.

Выпускъ XVII. Труды преподавателей и матеріалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1890. Содержаніе: а) Угледоѣмы. Механическія приспособленія для нагрузки судовъ каменнымъ углемъ, профессора *А. Нюберга* и репетитора *Н. Вознесенскаго*; б) Курсъ внутреннихъ водныхъ сообщеній. Выпускъ I. Преподавателя Института *Ө. Зброжека*; в) Переводъ съ англійскаго (съ дополненіями) сочиненія Р. Н. Рунеберга: „О пароходахъ для зимняго плаванія и о ледоколахъ“, профессора *А. Нюберга*; г) Практическія замѣтки по изысканіямъ для желѣзныхъ дорогъ и каналовъ, *Н. Тиханова*; д) Курсъ гидравлики, выпускъ IV, профессора *Ф. Максименко*; е) О вывѣтриваніи каменныхъ строительныхъ матеріаловъ, инженера *Н. Лажтина*.

Выпускъ XVIII. Труды комиссіи по вопросу о заготовленіи, поставкѣ и испытаніи порландъ-цемента для портовыхъ работъ. Спб. 1890.

Выпускъ XIX. Труды преподавателей и матеріалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1891. Содержаніе: а) Руководство къ курсу введенія въ теоретическую механику. I. Кинематика, профессора *Д. Бобылева*; б) Курсъ гидравлики, выпускъ V, профессора *Ф. Максименко*; в) Изслѣдованіе вопроса объ устройствѣ и поддержаніи порта на песчаномъ побережьи въ примѣненіи къ условіямъ Лябавы, инж. *В. Тимонова*; г) О движеніи жидкостей — воды, керосина и нефти въ трубахъ, репетитора *Г. Мерчина*; д) Практическія указанія при устройствѣ громоздководовъ, репетитора *Г. Мерчина*. Приложение Очеркъ микротографіи, инженера *Н. Лаштина*.

Выпускъ XX. Курсъ интегральнаго исчисленія, профессора *К. Лоссе*. Спб. 1891.

Выпускъ XXI. Труды преподавателей и матеріалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1892. Содержаніе: а) Курсъ внутреннихъ водяныхъ сообщеній. Выпускъ II. Преподавателя Института *Θ. Зброжска*; б) Краткое руководство по кристаллографіи, горнаго инженера *Е. Федорова*; в) Руководство къ курсу введенія въ теоретическую механику. II. Кинетика. Профессора *Д. Бобылева*; г) О движеніи жидкостей — воды, керосина и нефти въ трубахъ. Репетитора *Г. Мерчина*.

Выпускъ XXII. Труды преподавателей и матеріалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1892. Содержаніе: а) Краткій историческій очеркъ открытія основныхъ принциповъ и общихъ законовъ теоретической механики, профессора *Д. Бобылева*; б) Портовые бассейны, адъюнкта *Н. Вознесенскаго*; в) Изъ гидротехнической практики. Первые морскія землесосныя работы въ Россіи, исполненныя въ Лябавскомъ и Виндавскомъ портахъ въ 1889 и 1890 гг. и т. д., адъюнкта *В. Тимонова*.

Выпускъ XXIII. Труды преподавателей и матеріалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1892. Содержаніе: а) Очеркъ исторіи паровой машины и примѣненія паровыхъ двигателей въ Россіи, профессора *А. Брандта*; б) Аксонометрія въ прямоугольныхъ и косоугольныхъ проекціяхъ. Выпускъ I. Отдѣлы I, II и III, профессора *В. Курдюмова*; в) Историческій очеркъ внутреннихъ водяныхъ сообщеній, инженера *Э. Гершельмана*; г) Краткій историческій очеркъ развитія строительной механики, *М. Черепашинскаго*; д) Землесосы съ поршневыми помпами и ихъ дѣятельность въ илистыхъ грунтахъ Сень-Назера и Бремергафена, адъюнкта *В. Тимонова*.

Выпускъ XXIV. Труды преподавателей и матеріалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1893. Содержаніе: а) Курсъ внутреннихъ водяныхъ сообщеній. Выпускъ III. Преподавателя Института *Θ. Зброжска*; б) О землесосныхъ работахъ въ С. Американскихъ портѣ Оаклэндъ, адъюнкта *В. Тимонова*; в) Краткій историческій обзоръ геодезическихъ работъ по вѣдомству путей сообщенія, профессора *Н. Богуславскаго*; г) Историческій очеркъ развитія путей сообщенія въ XIX вѣкѣ, профессора *П. Георгиевскаго*; д) Портовые набережныя на илистыхъ и плавучихъ грунтахъ, профессора *А. Нюберга*; е) Стѣверо-Германскій морской каналъ, адъюнкта *В. Тимонова*.

Выпускъ XXV. Труды преподавателей и матеріалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1894. Содержаніе: а) Матеріалы для курса строительныхъ работъ. Выпускъ I. Дерево, профессора *В. Курдюмова*; б) Краткое обзорѣніе историческаго развитія морскаго строительнаго дѣла, адъюнкта *В. Тимонова*; в) Основанія графическихъ способовъ расчета мостовъ простыхъ системъ, адъюнкта *С. Куницкаго*; г) Паровыя машины съ двумя жидкостями (бинарныя) и примѣненіе къ нимъ хлористаго этила, адъюнкта *П. Янковскаго*; д) О времени, потребномъ для введенія судна въ шлюзовоіа каналъ, профессора *Д. Бобылева*; е) Водоподъемныя плотины съ подвижными частями, адъюнкта *В. Тимонова*.

Выпускъ XXVI. Труды преподавателей и матеріалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1894. Содержаніе: а) О сопротивленіи продольному изгибу,

адъюнкта *Ф. Ясинскаго*; б) Землесось съ часовою производительностью въ 250 куб. саж., адъюнкта *В. Тимонова*.

Выпускъ XXVII. Труды преподавателей и материалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1894. Содержаніе: а) Матеріалы для курса строительныхъ работъ. Выпускъ II. Земляныя работы на мѣстности не покрытой водою, профессора *В. Курдюмова*; б) Курсъ начертательной геометріи. Отдѣлъ II. Проекція съ числовыми отмѣтками, профессора *В. Курдюмова*; в) Матеріалы для курса строительныхъ работъ. Выпускъ III. Свайныя работы, профессора *В. Курдюмова*.

Выпускъ XXVIII. Курсъ портовыхъ сооружений, профессора *А. Нюберга*. Второе пересмотрѣнное и дополненное изданіе. Томъ I. Спб. 1895.

Выпускъ XXIX. Руководство къ курсу теоретической механики, профессора *Д. Бобылева*. Спб. 1895.

Выпускъ XXX. Краткій курсъ петрографіи, профессора *И. Мушкетова*. Спб. 1895.

Выпускъ XXXI. Труды преподавателей и материалы для институтскихъ курсовъ. Спб. 1895. Содержаніе: а) О центральныхъ устройствахъ по управленію стрѣлками и сигналами на русскихъ желѣзныхъ дорогахъ, адъюнкта *С. Карейша*; б) Основанія графическихъ способовъ расчета сооружений, адъюнкта *С. Куницкаго*; в) Подпорныя стѣны, профессора *М. Ляшницкаго*; г) Курсъ передачи работъ на разстояніе, выпускъ I, адъюнкта *Г. Мерчина*; д) Преподаваніе механики и механическія коллекція въ нѣкоторыхъ высшихъ учебныхъ заведеніяхъ Италіи, Франціи, Швейцаріи и Германіи, приватъ-доцента Спб. университета *И. Меццерскаго*.

Выпускъ XXXII. Курсъ начертательной геометріи. Отдѣлъ I: Введеніе. Проекція ортогональныя. Часть I: Проекція точекъ, прямыхъ линій и плоскостей, профессора *В. Курдюмова*. Спб. 1895.

Выпускъ XXXIII. Курсъ портовыхъ сооружений, профессора *А. Нюберга*. Второе пересмотрѣнное и дополненное изданіе. Томъ II. Спб. 1896.

Выпускъ XXXIV. Курсъ интегральнаго исчисленія. Профессора *К. Поссе*. Изданіе 2-е. Спб. 1896.

Выпускъ XXXV. Труды преподавателей и материалы для Институтскихъ курсовъ. Спб. 1896. Содержаніе: а) Объ изслѣдованіи пропорцій цементныхъ растворовъ, инженера *Б. Васенко*. б) Объ орошеніи въ Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатахъ, инженера *Д. Головкина*.

Выпускъ XXXVI. Труды преподавателей и материалы для Институтскихъ курсовъ. Спб. 1897. Содержаніе: а) Очеркъ теоріи водяныхъ теченій, выработанной Буссинекомъ. Выпускъ I: Главныя уравненія теоріи теченій. Теченія установившіяся, ординарнаго профессора *Д. Бобылева*; б) Матеріалы для курса водостоковъ, профессора *В. Е. Тимонова*. (Съ 217 чертежами въ текстѣ).

Выпускъ XXXVII. Матеріалы для постановки и исторіи учебнаго дѣла въ Институтѣ Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I. Выпускъ I.—Введеніе. *М. Н. Герсееановъ*. Общій взглядъ на измѣненія происшедшія въ Инст. И. П. С. въ періодъ 1890—96 гг. —Практическія занятія студентовъ Инст. И. П. С. въ періодъ 1890—96 гг. (подъ редакціей *В. Е. Тимонова*). Основанія термодинамики въ примѣненіи къ паровымъ машинамъ, профессора *А. А. Брандта*. Основы механики. Выпускъ I. Введеніе, *А. С. Домогарова*. Геометрическое доказательство теоремы Коріолиса, профессора *Ф. С. Ясинскаго*.

Выпускъ XXXVIII. Курсъ геодезіи и приложенія ея къ техническимъ изысканіямъ путей сообщенія. Пособіе для студентовъ, учениковъ техническихъ учебныхъ заведеній и техникумовъ путей сообщенія. Профессора *Н. А. Боуславскаго*. Изданіе 2-е. Спб. 1897.

Выпускъ XXXIX. Матеріалы для постановки и исторіи учебнаго дѣла въ Институтѣ Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I.

Выпускъ II. — Отчетъ Директора Института Инженеровъ путей сообщенія о состояніи сего Института съ 1 Іюня 1895 г. по 1 Іюля 1896 г. Курсъ внутреннихъ водныхъ сообщеній. Выпускъ 4-й. (Съ атласомъ изъ 46 лист. чертежей). *Ө. Г. Зброжека*. Къ вопросу объ опредѣленіи сопротивленій движенію рѣчныхъ судовъ. (Съ 3-мя графическими таблицами въ текстѣ). *Б. Н. Кандиба*. Разбивка переходныхъ кривыхъ въ закругленіяхъ на желѣзныхъ дорогахъ строящихся и существующихъ. (Съ 1 лист. чертежей). *Н. А. Авринскаго*.

Выпускъ XL. Курсъ начертательной геометріи. Ортогональныя проекціи кривыхъ линій и поверхностей, профессора *В. И. Курдюмова*.



СБОРНИКЪ

Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I выходитъ съ 1884 года въ числѣ нѣсколькихъ выпусковъ въ годъ и заключаетъ въ себѣ ученыя работы профессоровъ, адъюнктовъ и преподавателей Института, учебные курсы по разнымъ предметамъ и матеріалы для этихъ курсовъ. Содержаніе вышедшихъ до сего времени—40 выпусковъ Сборника см. въ особомъ приложеніи къ настоящему экземпляру.

Желающіе получить тѣ или другіе выпуски Сборника могутъ обращаться или непосредственно въ Институтъ Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I, адресуясь въ „Книжный складъ Института“, или къ книгопродавческимъ фирмамъ г. С.-Петербурга.

Завѣдывающій изданіями Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I, Секретарь Совѣта **В. Е. Тимоновъ.**