118

27/V

ИНЖЕНЕРНОЕ ИСКУССТВО.

ЛЕКЦІИ

проф. М. М. Черепашинскаго.

ПРОВЕРЕНО
1952

3.906г.

ИРКУТСКИЙ
1945

1896 г.

Прочел. 1935

БИБЛІОТЕКА
ИМПЕРАТОРСКАГО
Московскаго
ТЕХНИЧЕСКАГО УЧИЛИЩА.

БИБЛІОТЕКА

Изданіе лекціи разрѣшаю: А. Чере[illegible]ческій

Графостатика.

При расчетѣ мостовыхъ сооруженій намъ приходится принимать во вниманіе не только мертвыя, но и перемѣщающіяся нагрузки; по тому нахожденіе максимальныхъ моментовъ, а по нимъ и максимальныхъ напряженій различныхъ частей сооруженія иногда весьма сложно. Эта задача можетъ быть рѣшена двумя способами: 1) аналитическимъ и 2) графическимъ. Второй способъ имѣетъ передъ первымъ два важныя преимущества: онъ приводитъ скорѣе къ цѣли и отличается большею наглядностью, вслѣдствіи чего сдѣланная въ построеніи ошибка тутъ же и выказывается, между тѣмъ какъ при аналитическомъ рѣшеніи вопроса сдѣланная ошибка можетъ быть обнаружена только вторичнымъ вычисленіемъ; точность же результатовъ, полученныхъ графически, совершенно достаточна для практики.

При рѣшеніи статическихъ задачъ графическимъ способомъ — силы представляются по величинѣ и направленію прямыми линіями. Линія дѣйствія силы опредѣляется направленіемъ прямой, проходящей черезъ точку приложенія силы; а чтобы узнать сторону дѣйствія силы, снабжаютъ представляющую ее линію стрѣлкой. Напряженіе (величина) силы измѣряется длиною прямой. Для этого нѣкоторую длину принимаютъ за единицу силы, и на данной прямой отъ произвольно взятой точки откладываютъ взятую единицу столько разъ, сколько сила содержитъ единицъ. Такъ сила, представленная прямой АВ (чер. 1.) для которой длина ав принята за 1 тонну, дѣйствуетъ по направленію отъ А къ В и равна 5 тоннамъ.

Сложеніе непараллельныхъ силъ.

Если на матеріальную точку А дѣйствуютъ двѣ силы АВ и АС (чер. 2) то ихъ совмѣстное дѣйствіе можетъ быть замѣнено одною равнодѣйствующей, которая получится, какъ діагональ параллелограмма, построеннаго на линіяхъ АВ и АС. Замѣтимъ что равнодѣйствующая направлена отъ А къ D. Если вычертить верхнюю половину этого параллелограма, представляющую тр-къ АВD отдѣльно (чер. 3.) стороны котораго АВ и BD представляютъ по величинѣ и направленію данныя силы АВ и АС но обходя сторону дѣйствія ихъ стрѣлками, то вершина А не будетъ имѣть ни одной стрѣлки; вершина В имѣетъ одну стрѣлку, а вершина D имѣетъ двѣ стрѣлки, изъ которыхъ каждая принадлежитъ особой сторонѣ. Тр-къ АВD (чер. 3.) наз. динамическимъ треугольникомъ, сторона АВ котораго, соединяющая вершину, не имѣющую ни одной стрѣлки, съ вершиною имѣющей двѣ стрѣлки наз. основаніемъ динамическаго тр-ка, и есть равнодѣйствующая силъ, изображенныхъ двумя его другими сторонами. — Принявъ А за начальное положеніе точки, и возвращ...

что эта точка перемещается вдоль сторонъ треугольника по направленію дѣйствія силъ, мы увидимъ, что обойти треугольникъ кругомъ эта точка не можетъ, потомучто въ точкѣ D имѣется направленій дѣйствія силы. Такимъ образомъ: динамическій треугольникъ есть тр-къ прерывнаго движенія, въ которомъ одна сила есть равнодѣйствующая двухъ другихъ.

Если къ силамъ P и Q дѣйствующимъ на точку A, прибавимъ силу R (чер. 4.) равную ихъ равнодѣйствующей но направленную въ противоположную сторону, то три эти силы будутъ находится въ равновѣсіи Если на этихъ трехъ силахъ построимъ тр-къ ABD (чер 5.) то геометрически онъ будетъ равенъ динамическому треугольнику, но статически будетъ отъ него отличаться тѣмъ, что ни одна его вершина не имѣетъ двухъ стрѣлокъ. Этотъ треугольникъ наз. статическимъ. Чтобы изъ статическаго тр-ка получить динамическій, нужно только измѣнить въ первомъ направленіе стрѣлки его основанія. Поэтому, если принять вершину A статическаго тр-ка за начальное положеніе точки, то точка, перемѣщаясь по сторонамъ этого тр-ка по направленію дѣйствія силъ, можетъ обойти тр-къ кругомъ. Слѣд: Статическій треугольникъ есть тр-къ непрерывнаго движенія, въ которомъ одна сила уравновѣшиваетъ двухъ другихъ.

Пусть на точку A дѣйствуютъ 4 силы 1, 2, 3, 4, (чер. 6.) требуется найти пятую силу, уравновѣшивающую данную систему 4 хъ силъ. Мы здѣсь предполагаемъ, что всѣ силы расположены въ одной плоскости такъ какъ этотъ случай дѣйствія силъ на матеріальную точку наиболѣе встрѣчается на практикѣ. Возьмемъ въ плоскости чертежа произвольную точку m (чер. 7.) и проведемъ черезъ нее линію, равную и параллельную силѣ 1.; черезъ конецъ силы 1 проведемъ линію равную и параллельную силѣ 2; черезъ конецъ этой силы проводимъ линію равную и параллельную силѣ 3; черезъ конецъ силы 3 проводимъ линію равную и параллельную силѣ 4. Опредѣлимъ равнодѣйствующую силъ 1 и 2; по правилу нахожденія равнодѣйствующей двухъ силъ проводимъ линію mc, которую обозначимъ (1.2); можно теперь замѣнить силы 1 и 2 ихъ равнодѣйствующей (1,2) которую сложимъ съ слѣдующей силой 3 — получимъ равнодѣйствующую силъ 1, 2, 3 — md — которую сложимъ съ послѣдней оставшейся силой 4, получимъ равнодѣйствующую всѣхъ данныхъ 4 хъ силъ (1, 2 3 4) которая очевидно получится, соединивъ точки m и d. Многоугольникъ mbcdf наз. силовымъ многоугольникомъ. Такъ какъ равнодѣйствующая данныхъ силъ должна пройти черезъ точку A, то черезъ эту точку проводимъ силу равную и ‖ md; она будетъ искомая равнодѣйствующая.

Такимъ образомъ равнодѣйствующей является замыкающая сторона силового многоугольника, который въ этомъ случаѣ будетъ прерывнаго движенія, а если сдѣлать этотъ многоугольникъ непрерывнаго движенія, то надо перемѣнить направленіе

равнодействующей, тогда она является уравновешивающей системы сил. (чер. 8.). Таким образом можно определить равнодействующую произвольного числа сил. Порядок, в котором откладываются силы безразличен; здесь имеем дело с геометрическим сложением и $a+b+c+d = b+a+d+c$. Равнодействующая получится та же, если силы складывать в порядке, указанном чертежом 9, сохраняя только величины и углы наклонения сил к горизонту.

Сложение сил, действующих на различные точки.

Когда силы $P_1 P_2 P_3 P_4$ не пересекаются в одной точке, то их равнодействующую по величине и направлению получаются помощью многоугольника сил точно таким образом, как и в предыдущем случае (чер. 10, 11.) Положение этой равнодействующей определяется следующим образом: берем внутри силового многоугольника произвольную точку П (чер. 11.) и соединяем ее с вершинами прямыми линиями. К произвольной точке А, взятой на силе P_1 (чер. 10) прикладываем две силы I и II, уравновешивающия эту силу P_1. Величины и направления этих вспомогательных сил возьмем из статического тр-ка апв (чер. 11.) поэтому проводим Ав ∥ ап и Ав ∥ пв.
Далее продолжим силу II до пересечения с P_2 в точке В и приложим в В две силы уравновешивающия эту силу P_2. Из статического тр-ка впс мы получаем величину и направления этих сил, из которых одна Пв равна и противоположна силе вп, а другая определяется по величине и направлению третьей стороной ПС тр-ка Псв. Направление действия этих слагающих определяется стрелками 3 и 2'. Продолжая таким образом, получим равновесие в точке С, приложив к точке пересечения сил III и P_3 вспомогательныя силы: одну равную и противоположную силе III и другую, обозначенную числом IV, которой величина и направление определяется прямой пd. Точно таким образом прикладываем к точке D, в которой сила IV встречает P_4, две силы, уравновешивающие силу P_4, из которых одна равна и противоположна IV, а другая V = еп.
Продолжения сил V и I встречаются в точке Е. Если к этой точке приложим три силы: силу R и силы -I и -V равныя и противоположныя силам I и V, то из статического тр-ка апе узнаем что точка Е при действии на нее этих трех сил находится в равновесии. Каждая из точек А, В, С, D и Е находится теперь в равновесии под действием трех сил. Но из этих сил - равныя и противоположныя силы I и -I, действующия в А и Е, II и -II действующия в А и В, III и -III в В и С и т.д. взаимно уничтожаются, из чего следует, что сила R, проходящая через точку Е и имеющая направление Еп, уравновешивает силы $P_1 P_2 P_3 P_4$.
Можно себе представить, что многоугольник АВСДЕ образован

веревкой, на которую в точках A,B,C,D,E действуют силы $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3, \vec{P}_4$ и $\vec{R}$. Этот многоугольник называют поэтому часто: „веревочным многоугольником". Но такое названия его не совсем правильно потому что если бы силы $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3, \vec{P}_4$ сделались противоположными, то в сторонах AB, BC, CD, DE, EA действовали бы силы сжатия, и тогда стороны многоугольника не могли бы быть заменены веревкой. Прямые $\pi a, \pi b, \pi c, \pi d$... в многоугольнике сил называются веревочными лучами, а точка π – полюсом. Разстояние полюса от какой нибудь из сил, образующих очертание многоугольника сил наз. полюсным разстоянием. Из предыдущего получается для определения положения равнодействующей следующее правило:

На данных силах строим многоугольник сил, которого замыкающая, сторона дает величину и направление равнодействующей. Берем произвольный полюс, π, проводим веревочные лучи I, II, III... и строим веревочный многоугольник ABCD... таким образом, чтобы каждые две стороны встречались на той силе $\vec{P}$, которая в многоугольнике сил с лучами им параллельными образует тр-ки. Равнодействующая $\vec{R}$ проходит через точку, в которой пересекаются первая и последняя стороны полученного таким образом веревочного многоугольника. Первую и последнюю стороны веревочного многоугольника будем называть „крайними сторонами для данной группы сил.

Но не всегда можно систему сил привести к одной равнодействующей. На (чер 11.а) имеем четыре силы $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3, \vec{P}_4$. Построивши многоугольник сил – видно что они образуют замкнутый контур непрерывного движения. Из произвольного полюса π проводим лучи к вершинам многоугольника: $\pi a, \pi b, \pi c$ и πd. Строим веревочный многоугольник по вышеприведенному правилу. Рассматривая точки A, B, C, D и E, находим, что B, C и D находятся в равновесии под действием сил, направления, которых показано стрелками, а точки A и E под действием параллельных сил, направленных в обратные стороны. Таким образом совокупность сил $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3, \vec{P}_4$ приводится к паре, вращающей тело.

2.

Сложение параллельных сил.

Пусть на твердое тело действуют четыре параллельных силы (чер 12.) Найдем равнодействующую их по величине и направлению, и точку ея приложения. Строим силовой многоугольник; он в случае параллельных сил превратится в прямую, параллельную данным силам. Обозначим данные силы через $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$ и $\vec{P}_4$. Проводим прямую (чер 13.) параллельно направлению сил, и от какой либо точки этой прямой откладываем силу по величине равную и одинаково направленную с силой $\vec{P}_1$; пусть этот отрезок будет (0,1); от конца.

отложенной силы откладываемъ другую, равную следующей силе P_2 и въ ту же сторону направленную; пусть этотъ отрѣзокъ прямой будетъ $(\overline{1,2})$ потомъ откладываемъ отрѣзокъ $(\overline{2,3})$ но только соотвѣтственно берем направленіе его вверхъ; отъ точки 3 откладываемъ отрѣзокъ $(\overline{3,4})$ равной силѣ P_4; тогда величина отрѣзка $(\overline{0,4})$ и будетъ выражать величину равнодѣйствующей. Чтобы опредѣлить положеніе равнодѣйствующей, берем произвольный полюсъ и соединяемъ его съ точками 0, 1, 2, 3, 4 лучами; обозначимъ ихъ черезъ a, b, c, d, f.

Теперь построимъ веревочный многоугольникъ; на силѣ P_1 берем точку m_1 и черезъ нее проводимъ параллели a и b, изъ точки m_2 пересѣченія линіи b и силы P_2 проводимъ параллель c, потомъ изъ слѣдующей точки проводимъ параллель d и наконецъ параллель f. Продолжаемъ до взаимнаго пересѣченія первую и послѣднюю стороны веревочнаго многоугольника, получимъ точку q, черезъ которую и будетъ проходить равнодѣйствующая R; при равновѣсіи сила R должна пойти вверхъ.

Разложеніе силъ.

Пусть требуется разложить силу P на 2 слагающія, параллельныя прямымъ l и m (чер.14.). Строимъ на прямой выражающей силу R по величинѣ и направленію тр-къ, двѣ другія стороны котораго ∥ l и m. Искомыя слагающія вполнѣ опредѣлены прямыми ac и cb, направленіе ихъ дѣйствія даны стрѣлками, поставленными на сторонахъ такимъ образомъ, чтобъ онѣ образовали тр-къ правильнаго движенія. Если бы требовалось найти двѣ силы, параллельныя двумъ даннымъ прямымъ, уравновѣшивающія силу R, то было бы нужно построить треугольникъ непрерывнаго движенія. (чер 16)

Задача дѣлается неопредѣленной и допускаетъ безконечно большое число рѣшеній, когда число слагающихъ, параллельныхъ даннымъ направленіямъ — болѣе двухъ. ×

Теперь пусть требуется данную силу P разложить на 2 ей параллельныя слагающія A и B, проходящія черезъ точки a и b. (чер.16) Для рѣшенія этой задачи надо построить многоугольникъ силъ и веревочный многоугольникъ. Искомыя силы будутъ дѣйствовать вдоль прямыхъ aa, и bb, проведенныхъ черезъ a и b параллельно P. Чтобы получить ихъ величины, проводимъ прямую mn параллельно P и откладываемъ на ней mn = P. Берем произвольный полюсъ Π и проводимъ лучи I и II, и затѣмъ черезъ произвольную точку z на силѣ P проводимъ ∥ сторонамъ веревочнаго многоугольника, которыя пересѣкутъ aa, и bb, въ точкахъ c и d. Если затѣмъ соединить c и d и черезъ Π провести Πz ∥ cd до пересѣченія съ mn въ z то mz = A и nz = B.

Это становится яснымъ, если приполнимъ построеніе равнодѣйствующей параллельныхъ силъ (чер.12 и 13)

На чер.##, рѣшена такая задача для случая, когда обѣ слагающія находятся по одну сторону отъ равнодѣйствующей P. Какъ видно

Решимъ еще задачу встрѣчающую на практикѣ при опредѣленіи реакцій балки, т.е. при опредѣленіи давленія балки на данныя опоры. Пусть даны направленія двухъ параллельныхъ силъ А и В, опредѣлить напряженія этихъ силъ такимъ образомъ, чтобы онѣ уравновѣшивали данныя силы. $P_1, P_2 P_3 P_4$. (чер. 18.). Для рѣшенія этого вопроса, построимъ на данныхъ силахъ - многоугольникъ силъ (чер. 19.), затѣмъ помощью веревочнаго многоугольника опредѣляемъ (чер 18.) положеніе силы R - уравновѣшивающей всѣ данныя силы, далѣе остается эту R разложить на 2 ей параллельныя и проходящія черезъ А и В. Это выполняется какъ и въ предыдущемъ случаѣ. (см. чер. 16) Продолжимъ направленія А и В. до пересѣченія съ крайними сторонами веревочнаго многоугольника. въ точкахъ α и γ. Линіи $\alpha\gamma$ и $\beta\gamma \parallel \overline{0,1}$ и $\overline{4,1}$. Линія $\overline{0,4} = R$. Проводя изъ точки 1 линію $1z \parallel \alpha\beta$, по предыдущему величины напряженій слагающихъ А и В, проходящихъ черезъ точки А и В.

Опредѣленіе центра тяжести плоскихъ фигуръ.

Сложеніе параллельныхъ силъ употребляется для опредѣленія центра тяжести плоскостныхъ фигуръ. Возьмемъ фигуру F - произвольнаго очертанія, проводимъ горизонтальную линію, дѣлимъ ее на произвольное четное число равныхъ частей, проведемъ затѣмъ рядъ вертикальныхъ линій $\alpha\alpha_1, \beta\beta_1, \gamma\gamma_1 \ldots$ находящихся на равномъ разстояніи ℓ между собой, на столько маломъ, чтобы части кривой $\alpha\beta, \alpha_1\beta_1, \beta\gamma$ $\beta_1\gamma_1 \ldots$ можно было бы принять за прямыя линіи; проведя рядъ діагоналей $\alpha_1\beta; \beta\gamma_1; \gamma_1\delta; \ldots$ и т.д. мы разобьемъ нашу фигуру на четырехугольники $\alpha'\beta'\gamma\beta, \beta\gamma_1\delta\gamma \ldots$. Площади которыхъ назовемъ черезъ $w, w_1 w_2 \ldots$ Означая отрѣзки параллелей, заключенные внутри фигуры черезъ $y, y_1, y_2 \ldots$ можно выразить площадь каждаго четырехугольника (напр. заштрихованнаго на чер.) такъ $w_7 = \frac{y_7 \cdot \ell}{2} + \frac{y_7 \cdot \ell}{2} = y_7 \cdot \ell$.

Представимъ себѣ, что въ центрѣ тяжести каждаго четыреугольника дѣйствуетъ сила вѣса, пропорціональная его площади, мы получимъ рядъ вертикальныхъ силъ: $w_0 w, w_2 \ldots w_n$. Для удобства выполненія чертежа, мы можемъ эти силы уменьшить въ извѣстномъ масштабѣ посредствомъ пропорціональнаго циркуля или при помощи слѣдующаго построенія. (см чер. 21) Если мы хотимъ уменьшить силы въ m разъ, то отъ точки А откладываемъ прямую $AB = y$ произвольной длины, дѣлимъ ее на m равныхъ частей, изъ точки В описываемъ дугу радіуса y_n и проводимъ къ ней касательную АС. Теперь чтобы получить силу y_n въ взятомъ нами масштабѣ, надо отложить ее отъ точки А на сторонѣ АВ и подыскать радіусъ дуги, касательной къ прямой АС; полученный радіусъ и будетъ представлять силу въ данномъ масштабѣ $\frac{y_n}{m}$. Далѣе (чер. 20) проводимъ линію $\parallel$-ную направленію силъ и, откладывая отъ точки О векторы соотвѣтствующіе силамъ, взятымъ въ данномъ масштабѣ, строимъ многоугольникъ силъ. Взявъ полюсъ П и проведя

строимъ веревочный многоугольникъ, точка пересѣченія крайнихъ сторонъ котораго опредѣляетъ положеніе равнодѣйствующей q. Наконецъ, проведя рядъ параллельныхъ линій въ другомъ направленіи (напр. горизонтальномъ) и получивъ соотвѣтствующее положеніе равнодѣйствующей, мы найдемъ центръ тяжести въ точкѣ С пересѣченія обоихъ направленій равнодѣйствующей.

На чер. 22. таб. 2. представленъ примѣръ нахожденія центра тяжести сѣченія рельса. Такъ какъ данная фигура имѣетъ ось симметріи, то достаточно произвести разбивку одной половины въ горизонтальномъ направленіи (не совпадающемъ съ направленіемъ оси симметріи) и тогда точка пересѣченія полученной равнодѣйствующей q съ осью симметріи дастъ положеніе центра тяжести С.

Въ мостовыхъ сооруженіяхъ большею частью встрѣчаются формы поперечныхъ сѣченій, указанныхъ на чер. 23. замѣтивъ предварительно, что если мы разобьемъ данное сѣченіе на 2 части, то центръ тяжести всего сѣченія будетъ лежать на линіи соединяющей центры тяжести составляющихъ его частей.

1-е сѣченіе Равносторонній угольникъ abcdef. (чер. 24.) Это сѣченіе имѣетъ ось симметріи XY, дѣлящую уголъ af пополамъ, и слѣд. центръ тяжести сѣченія будетъ лежать на этой линіи XY. Съ другой стороны, если мы фигуру abcdef разобьемъ на два прямоугольника abdf и cdeg, центры тяжести которыхъ лежатъ въ Z и Z, то на основаніи сказаннаго выше центръ тяжести всего сѣченія долженъ находиться на линіи ZZ. Слѣд. центръ тяжести сѣсфитъ на пересѣченіи XY и ZZ, въ точкѣ O.

2-го Сѣченіе. Неравносторонній угольникъ. Дополнимъ угольникъ до полнаго прямоугольника-abef, а также раздѣлимъ угольникъ на два прямоугольника abdf и cdeg. Вѣсъ угольника можно разсматривать, какъ разность вѣсовъ прямоугольника abef и bhdc и потому центръ тяжести угольника долженъ лежать на прямой yy, соединяющей центры тяжести послѣднихъ; съ другой стороны центръ тяжести, какъ и въ предыдущемъ случаѣ, долженъ находится на прямой ZZ. (чер. 25.) Соединимъ теперь f съ e, тогда въ Δ fhc имѣемъ fy=yh и cy₁=y₁h, слѣдовательно yy₁ ∥ fc. Отсюда вытекаетъ второй способъ построенія центра тяжести; получивъ точку y, изъ нее проводимъ параллель линіи fc до пересѣченія съ прямой ZZ, въ точкѣ O. (чер. 26.)

3-е Сѣченіе. Корытообразное симметричное. Чер. 27. Разбиваемъ фигуру abcdefgh на двѣ... abcdmh и efgm, центры тяжести которыхъ будутъ въ Z и Z, тогда центръ тяжести полной фигуры будетъ въ O-точкѣ пересѣченія ZZ съ осью симметріи.

4-е сѣченіе. Корытообразное не симметричное. Чер. 28. Разобьемъ фигуру abcdefgh сначала на фигуры abcdmh и efgm, потомъ на фиг. hidefk и abck; центры тяжести этихъ фигуръ въ первомъ случаѣ y и y₁, а во второмъ Z и Z. Центръ тяжести полной фигуры abcdefgh лежитъ въ точкѣ O- пересѣченія прямыхъ yy. и ZZ,

Инженерное искусство

5ое сѣченіе. Тавровое. Ось симметріи (чер. 29.) линія XY. Линіей XY разбиваемъ фигуру на два угольника и опредѣляемъ по вышеописанному центръ тяжести угольника kcdek, который будетъ въ O_1. Понятно, что центръ тяжести полнаго сѣченія будетъ лежать на пересѣченіи XY съ проведенной изъ O_1 прямой, параллельной основанію, т.е. въ точкѣ O.

6ое сѣченіе Двутавровое съ двумя осями симметріи (чер.30) Центръ тяжести сѣченія лежитъ въ пересѣченіи осей симметріи XY и X'Y'.

7ое сѣченіе. Двутавровое съ одной осью симметріи (чер. 31) По вышесказанному отыскиваемъ центръ тяжести одной половины сѣченія cbdefgs, пусть онъ будетъ въ O_1, тогда центръ тяжести всей фигуры будетъ лежать на пересѣченіи XY съ прямой, проведенной изъ $O_1 \perp$къ XY, т.е. въ точкѣ O.

Рѣшимъ теперь задачу имѣющую мѣсто при разсчетѣ фермъ. Пусть имѣемъ ферму (чер. 32) состоящую изъ треугольниковъ. Принимаемъ что силы дѣйствующія на ферму $P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 P_6 P_7$ приложены въ узлахъ ея. Ферма лежитъ на двухъ опорахъ. Опредѣлимъ сначала помощью многоугольника силъ и веревочнаго многоугольника сопротивленія опоръ Q и Q_1 (чер. 32,33.) Опредѣлимъ силы дѣйствующія по стержнямъ BC, ZC и ZK? Обозначимъ ихъ черезъ X, Y и Z и разсѣчемъ ферму произвольнымъ сѣченіемъ II. Отбросивши правую часть ея, мы видимъ, что на оставшуюся часть будутъ дѣйствовать силы $P' P_2 P_7$, Q дѣйствію же правой части замѣнится силами X, Y и Z. Опредѣлимъ на силовомъ многоугольникѣ величину R равнодѣйствующей силъ $P_1 P_2 P_2$ и Q а также и помощью веревочнаго многоугольника положеніе ея OR. Такъ какъ система находится въ равновѣсіи то сила R должна уравновѣшивать силы X, Y и Z. Величина и положеніе первой извѣстно, остальныя заданы направленіями. Сила уравновѣшивающая двѣ изъ нихъ, равна и противуположна силѣ уравновѣшивающей двѣ остальныя. Если потому продолжимъ R и Z до пересѣченія въ N, то эта уравновѣшивающая сила F проходитъ какъ черезъ точку N, такъ и черезъ точку C пересѣченія двухъ другихъ силъ X и Y, слѣд. будетъ находится на прямой NC. Опредѣлимъ помощью статическаго тр-ка Nst силы Z и F. Затѣмъ помощью статическаго тр-ка Cmn раскладываемъ силу F на X и Y; слѣд. величины искомыхъ силъ будутъ $X = mn$, $Y = mC$, и $Z = St$. Провода сѣченіе II II можно бы такимъ образомъ опредѣлить силы X, Y, и Z_1 (необходимо чтобы только выбранное сѣченіе встрѣчало бы не болѣе 3 хъ стержней, иначе задача дѣлается неопредѣленною.

Статическіе моменты силъ.

Статическимъ моментомъ силы P, по отношенію къ точкѣ вращенія t (чер.34) называютъ произведеніе этой силы на ея разстояніе отъ данной точки p_1. Слѣд. статическій моментъ силы P_1 будетъ $M_1 = P_1 p_1$, моментъ силы P_2 $M_2 = P_2 p_2$ и т.д. Перпендикуляръ p наз. плечомъ силы. Если представить себѣ, что это плечо – твердый рычагъ, вращающійся около оси t, то сила P стремиться повернуть его около t, причемъ мы будемъ

считать моментъ положительнымъ, когда сила стремится вращать плечо слѣва вправо (по направленію часовой стрѣлки) и отрицательнымъ при противоположномъ направленіи.
Найдемъ моментъ силъ $P_1 P_2 P_3 P_4$ по отношенію къ точкѣ t. (чер. 35.)
Такъ какъ моментъ равнодѣйствующей равенъ суммѣ моментовъ слагающихъ, то задача будетъ рѣшена, если найдемъ моментъ равнодѣйствующей данныхъ силъ по отношенію къ точкѣ t.
Поэтому опредѣляемъ равнодѣйствующую данныхъ силъ, для чего строимъ многоугольникъ силъ 0,1,2,3,4 (чер. 36), Затѣмъ беремъ произвольный полюсъ П и строимъ веревочный многоугольникъ, перестѣчей крайнихъ сторонъ котораго I и V опредѣляетъ положеніе искомой равнодѣйствующей R. Проведемъ черезъ t прямую FJ параллельно R, до пересѣченія съ крайними сторонами веревочнаго многоугольника въ F и J и опустимъ изъ полюса П перпендикуляръ H на 0,4. Изъ подобія тр-ковъ FCJ и 0,П,4 получаемъ пропорцію $\frac{F.J}{04} = \frac{r}{R}$ Откуда, такъ какъ $\overline{04} = R$, то $H.FJ = R.r$; или означивъ моментъ Rr черезъ M, а отрѣзокъ FJ черезъ y, имѣемъ $M = Hy$. Послѣднее уравненіе даетъ слѣдующее правило:
Если черезъ центръ вращенія проведемъ прямую, параллельную равнодѣйствующей данныхъ силъ, то отрѣзокъ этой прямой, отсѣченный крайними сторонами веревочнаго многоугольника, умноженный на полюсное разстояніе H, равенъ статическому моменту этихъ силъ.
Въ произведеніи Rr нужно R выразить въ единицахъ силы (напр. въ килограммахъ) а r въ единицахъ длины (напр. въ метрахъ.
При опредѣленіи произведенія Hy можно H измѣрять по масштабу силъ, а y по масштабу длинъ или наоборотъ.
Чтобы получить моментъ силъ P_2 и P_3 по отношенію къ точкѣ t, нужно по предыдущему, провести въ многоугольникѣ силъ (чер 36) равнодѣйствующую $\overline{1,3}$ этихъ силъ, опустить изъ П на $\overline{1,3}$ перпендикуляръ h_1, провести черезъ t прямую $f_1 \parallel \overline{1,3}$, и опредѣлить ея пересѣченія f и i съ крайними сторонами веревочнаго многоугольника II и IV построеннаго на силахъ P_2 и P_3. Искомый моментъ $M_1 = f_1 \times H_1$.
Теперь найдемъ моментъ параллельныхъ силъ $P_1 P_2 P_3$ и P_4 (чер. 37) по отношенію къ точкѣ t. На данныхъ силахъ строимъ многоугольникъ силъ 0,1,2,3,4. Откладывая силы по правилу непрерывнаго движенія. Беремъ произвольный полюсъ П, проводимъ лучи a, b, c, d, e и строимъ веревочный многоугольникъ. Если черезъ точку t проведемъ прямую, параллельную даннымъ силамъ и означимъ точки пересѣченія ея съ крайними сторонами веревочнаго многоугольника черезъ J и F, а полюсное разстояніе черезъ H, то искомый моментъ $M = FJ \times H$.
Этотъ моментъ отрицательный, потому что равнодѣйствующая силъ $P_1 P_2 P_3 P_4$ проходитъ черезъ точку q пересѣченія крайнихъ веревочныхъ сторонъ a и e, которая получается въ данномъ случаѣ слѣва t, а такъ какъ равнодѣйствующая $\overline{0,4}$ будетъ направлена внизъ, то она стремится вращать противъ часовой стрѣлки.

Решим еще следующую задачу: На балку, уцепленную одним концом действуют параллельная силы $P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 P_6$, определить по отношению к какой бы то ни было точке на плоскости момент сил находящихся слева точки вращения. (чер. 39.). Строим, откладывая по порядку силы $P_1 P_2 \ldots$ многоугольник сил, затем в точке 6 восставим к $\overline{0,6}$ $\perp$ и на этом перпендикуляре возьмем полюс П, проведем лучи и построим веревочный многоугольник. Если продолжим крайнюю сторону $\overline{VII}$ этого многоугольника, то отрезок всякой прямой, параллельной $\overline{0,6}$, заключенный между веревочным многоугольником и этой продолженной стороной, умноженный на полюсное расстояние равен искомому моменту. Так произведение $ab \times H$ = моменту сил $P_6 P_5 P_4$ находящихся слева ab, взятому по отношению к какой нибудь точке, взятой на ab (напр. N.) потому что отрезок ab заключен между сторами $\overline{VII}$ и $\overline{IV}$, которыя для веревочнаго многоугольника, построеннаго на силах $P_4 P_5$ и P_6 суть крайния стороны.

Пусть на балку лежащую на двух опорах, действуют вертикальныя силы $P_1 P_2 P_3 P_4 P_5$. Найти сопротивления опор A и B, уравновешивающия данныя силы, и определить для какой нибудь точки, взятой на балке между к и о, момент сил, находящихся по одну сторону точки моментов? Строим силовой и веревочный многоугольники (чер. 40.) и определяем силы A и B, как было указано в статье о разложении сил. Если в полученном таким образом веревочном многоугольнике проведем параллель данным силам vv', и означим пересечение ея с веревочными сторонами через α и β, то произведение $\alpha\beta \times H$ = статическому моменту левых сил A, P_1 и P_2 взятому по отношению к какой нибудь точке на vv', потому что точки α и β находятся на крайних сторонах Σ и c веревочнаго многоугольника, построеннаго на силах A, P_1 и P_2. Но $\alpha\beta \times H$ равняется также моменту правых сил $B, P_3 P_4$ и P_5 взятому по отношению к той же точке, потому что Σ и c можно рассматривать как крайния стороны веревочнаго многоугольника, построеннаго на силах $B, P_3 P_4 P_5$.

Непрерывная нагрузка.

Когда поверхность тела покрыта однородной нагрузкой таким образом, что на очень малую часть ея $\Delta\Omega$, ограниченную замкнутой линией, действует нагрузка p, то частное $\frac{p}{\Delta\Omega}$ наз. **средней нагрузкой** на 1 кв. поверхности элемента $\Delta\Omega$.

При безконечно малом $\Delta\Omega$ эта часть поверхности превращается в точку $d\Omega$ и тогда $q = \frac{p}{d\Omega}$ выражает нагрузку в этой точке, отнесенную к единице площади. Величина q не означает потому силы, но отношение силы к площади.

Если нагрузка распределена непрерывно вдоль линии l и элементу Δl этой линии соответствует груз p, то частное $q = \frac{p}{dl}$ будет средняя нагрузка этого элемента на единицу длины или **единичная нагрузка точки**, соответствующей элементу Δl

Единичная нагрузка не означает потому силы, но отношение силы къ длинѣ. Положимъ что линія l – прямая и что нагрузка во всякой точкѣ ⊥ къ этой линіи Примемъ l за ось абсциссъ и на перпендикулярахъ, возставленныхъ къ ней въ различныхъ точкахъ, отложимъ ординаты aa, bb, ... равныя единичнымъ нагрузкамъ q этихъ точекъ. Полученная такимъ образомъ линія $\pi_1\pi_2$ (чер.41) наз. Линіей нагрузки. На всякій элементъ ds этой линіи дѣйствуетъ грузъ $p = q.ds$ и изъ фигуры видно, что $q.ds = mn \times \overline{\pi\pi}$, равняется площади полосы mnn_1m_1, соотвѣтствующей элементу mn. Изъ этого слѣдуетъ, что площадь ab_1a_1, соотвѣтствующая отрѣзку ab линіи MN равна нагрузкѣ этого отрѣзка, эта площадь потому наз. Площадью нагрузки. Если прямая MN нагружена равномѣрно, то линія $\pi_1\pi_2$, превращается въ прямую, параллельную MN, и площадь нагрузки имѣетъ видъ прямоугольника. Когда нагрузка перемѣнна, то въ нѣкоторыхъ точкахъ она можетъ быть положительной, а въ другихъ отрицательной; отрицательныя единичныя грузы q нужно откладывать отъ оси MN въ сторону противоположную положительнымъ q. Вертикальную нагрузку будемъ считать положительной, если направлена внизъ и отрицательной, если направлена вверхъ.

Чтобы построить веревочный многоугольникъ въ случаѣ непрерывной нагрузки (чер.42), площадь нагрузки $0\,m\,n\,6$ дѣлимъ прямыми $\overline{\pi_1 1}, \overline{\pi_2 2}$... на части $0\,m\,n\,1$, $1\,m\,2$.... Такъ какъ нагрузка каждой части $01, 12, 23$... равна соотвѣтствующей части площади, то замѣнимъ каждую часть равнодѣйствующей $R_1 R_2 R_3$.. равной ея площади и приложенной въ ея центрѣ тяжести. Строимъ на этихъ силахъ силовой и веревочный многоугольники. Точки $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ и ε – образующіяся пересѣченіемъ съ продолженными $\overline{\pi_1 1}$, $\overline{\pi_2 2}$... лягутъ на нѣкоторой веревочной линіи непрерывной нагрузки. Дѣйствительно сила $R_1 = y_1 l$; $R_2 = y_2 \cdot l$.. (такъ какъ площадь трапеціи равняется произведенію средней линіи на высоту). Моментъ силы находящихся слѣва отъ точки 1, d – M_1 въ случаѣ сосредоточенной нагрузки $= R_1 z_1$ или какъ мы видѣли раньше $M_1 = R_1 z_1 = H \times dd'$. Пусть въ случаѣ непрерывной нагрузки веревочная линія ея пересѣчетъ направленія $\pi_1 1$ въ точкѣ d_1' (допуская что она пойдетъ выше ad) тогда моментъ непрерывныхъ нагрузокъ слѣва $\pi_1 1$ будетъ $H\,d'd_1' = \int (y\,dx)\,\varphi = R_1 z_1$ (Мы разбиваемъ площадь $0\,m\,n\,1$ на полоски шириной dx, разстоянія центра тяжести которыхъ отъ $\pi_1 1$ наз. φ) Но мы имѣли раньше $M_1 = H.dd' = R_1 z_1 = H \cdot d'd_1'$. Слѣдовательно $d'd = d'd_1'$ и слѣд. точка d принадлежитъ искомой веревочной линіи. Тоже мы могли бы доказать и для β, γ, δ, и ε. Такъ какъ непрерывную нагрузку можно себѣ представить состоящей изъ сосредоточенныхъ грузовъ, находящихся на безконечно близкихъ другъ отъ друга разстояніяхъ, а вершины веревочнаго многоугольника лягутъ на линіяхъ дѣйствія его грузовъ, то слѣдуетъ, что вершины веревочнаго многоугольника для непрерывной нагрузки находятся тоже на безконечно близкихъ другъ отъ друга разстояніяхъ, т.е. многоугольникъ имѣетъ видъ кривой линіи.

Изъ предыдущаго заключаемъ: стороны веревочнаго многоугольника, построеннаго на равнодѣйствующихъ $R_1 R_2 R_3$... (чер.42) касательны

къ дѣйствительной веревочной линіи и точки касанія находятся на продолженіи дѣлящихъ прямыхъ. п,1; ч,2,...

Неудобство этого способа построенія веревочнаго многоугольника заключается въ томъ, что надо отыскивать точку приложенія К—центръ тяжести каждой части Отп1, 1пч2.... которую можно принимать за трапецію.

Можно бы было разбить фигуру площади нагрузки тпрч (чер. 43) такъ какъ мы разбивали площадь въ случаѣ опредѣленія центра тяжести (чер 20) на равнобедренные трки, тогда точки приложенія равнодѣйствующихъ $P_1 P_2 P_3$... заключающихъ соотвѣтствующія части площади извѣстны и мы можемъ строить веревочный многоугольникъ. Хотя въ этомъ случаѣ дѣйствительная веревочная линія не будетъ касательна къ построенной, но для практическихъ цѣлей можно этимъ пренебречь.

Положимъ теперь что мы имѣемъ равномѣрную непрерывную нагрузку, площадь которой въ этомъ случаѣ представится прямоугольникомъ АавВ (чер. 44.) Раздѣлимъ ее пополамъ прямой тп и замѣнимъ площади Аатп и тпвВ соотвѣтственными силами P_1 и P_2 дѣйствующими въ центрахъ тяжести Z_1 и Z_2 этихъ площадей. Очевидно, что направленіе этихъ силъ P_1 и P_2 раздѣлятъ Ап и пВ пополамъ.. Построимъ для P_1 и P_2 веревочный многоугольникъ A,1tB, его стороны A1, 1t, tB, по предыдущему касательны къ искомой веревочной кривой. въ точкахъ A, к и B, Такъ какъ тп проходитъ чрезъ средину разстоянія $Z_1 Z_2$ то къ дѣлитъ отрѣзокъ 1t пополамъ и изъ построенія слѣдуетъ что A,1 = 1C = Ct = tB. (крайніе лучи 0П и 2П силоваго многоугольника мы выбираемъ подъ равнымъ угломъ).

На чер. 45 нагрузка АаВВ раздѣлена вертикалями тк и рq на три равныя части, для которыхъ построенъ веревочный многоугольникъ $A_1 1 2_1 B_1$ Легко узнать, что продолженія сторонъ $1_1 1$ и $1 2_1$ дѣлятъ $A_1 C$ и CB_1 на три равныя части, для этого нужно только доказать, что точки 2 и 1_1 находятся точно такъ же, какъ и точки касанія $к_1$ и $к_2$ искомой веревочной кривой, на продолженіи дѣлящихъ вертикалей тк и рq. Построимъ равнодѣйствующую силъ P_2 и P_3. Для этого продолжимъ крайнія стороны многоугольника 1l и B2, для силъ P_2 и P_3. Равнодѣйствующая должна пройти черезъ точку пересѣченія этихъ сторонъ (1_1) а также черезъ вертикаль рq, потому что $P_2 = P_3$. Такимъ же образомъ можно доказать, что точки 2_1 $к_1$ и тп лежатъ на одной вертикали. Тогда очевидно, что $C1_1 = 1,2_1 = 2_1,B_1 = 2C = 12 = A_1 1$. Стороны $A_1 C$ и $B_1 C$ ∥ 0,П и 3,П выбираемъ также произвольно, но подъ равными углами.

Если поэтому раздѣлимъ $A_1 C$ и CB_1 на п равныхъ частей и обозначимъ точки дѣленія на $A_1 C$ отъ A_1 къ C и на CB_1 отъ C къ B, цифрами 1,2,3..., то соединивъ одноименныя точки дѣленія прямыми линіями, получимъ веревочный многоугольникъ, соотвѣтствующій какъ если бы мы раздѣлили площадь нагрузки на п—равныхъ частей и строили его при помощи многоугольника силъ. На чер. 46—п = 6. Вершины $\omega_1 \omega_2$... веревочнаго многоугольника находятся на вертикаляхъ точекъ дѣленій 1, 3, 5, 1_2... а точки касанія $к_0 к_1 к_2$ — на вертикаляхъ остальныхъ точекъ дѣленія прямыхъ $A_1 C$ и CB_1,

Как видно из вышеописанного построения, веревочная линия представляет в случаи непрерывной нагрузки параболу.

Определение момента инерции плоских фигур.

Чтобы получить момент инерции плоской фигуры (чер.47) относительно какой нибудь оси XX проводим перпендикулярную линию YY и делим фигуру на части одинаковой высоты e прямыми kl, mn, pr.... затем определяем площадь каждой фигуры $\Omega_1 = ex_1$; $\Omega_2 ex_2$; $\Omega_3 = ex_3$.... Момент инерции каждой части фигуры будет $f_1 = \Omega_1 \cdot y_1^2 = ex_1y_1^2$; $f_2 = \Omega_2 y_1^2 = ex_2y_1^2$..... Момент инерции всей фигуры $J = \sum f = \sum exy^2 = e\sum xy^2 = ne\sum \frac{x}{n}y^2 = neA$; (Обозначая $\sum \frac{x}{n}y^2$ через A) Определим графически величину A. Это определение делается двумя способами. По первому проводим линию $\overline{0,8} \parallel XX$ и откладываем в порядке величины $\frac{x_1}{n}, \frac{x_2}{n}, \frac{x_3}{n}$.. затем берем произвольный полюс π и строим первый веревочный многоугольник abcdefghi. На основании изложенного выше о моменте параллельных сил $\overline{01}.H = \frac{x_1}{n}y_1$; $\overline{1,2}.H = \frac{x_2}{n}y_2$; $\overline{2,3}.H = \frac{x_3}{n}y_3$ Взяв сумму всех частей имеем $\overline{08}.H = \sum \frac{x}{n}.y$. Возьмем затем полюс π' и на отрезках $\overline{01'}$, $\overline{1'2'}$... строим силовой многоугольник и при помощи его второй веревочный многоугольник a'b'c'd'e'f'g'h'i'. Отрезок $\overline{01'} = \frac{1}{H}\frac{x_1}{n}y_1$; $\overline{12'} = \frac{1}{H}\frac{x_2}{n}y_2$..... Тогда произведение $\overline{I\,II}.H' = \overline{01'}.y_1$; $\overline{II\,III}.H' = \overline{1'2'}y_2$; $\overline{III\,IV}.H' = \overline{2'3'}y_3$.... Умножим каждое произведение еще на H, тогда $\overline{II}.H.H' = H.\overline{01'}y_1 = H \cdot \frac{1}{H} \cdot \frac{x_1}{n}y_1 \cdot y_1 = \frac{x_1}{n}y_1^2$; аналогично $\overline{II\,III}.H.H' = \frac{x_2}{n}y_2^2$; $\overline{III\,IV}.H.H' = \frac{x_3}{n}y_3$... Взяв сумму имеем $\overline{I\,IX}.H.H' = \sum \frac{x}{n}y^2 = A$. Следовательно момент инерции $J = neA = n.e.\overline{I\,IX}.H.H'$

2° способ (Мора). Заметим что произведение $\overline{01'}y_1$ = площади тр-ка $01'\alpha$ (произведение основания на высоту) $\overline{1'2'}y_2$ = площади тр-ка $1'2'\beta$; $\overline{2'3'}y_3$ = пл. тр-ка $23'\gamma$... Умножив к себе произведение на H и взявши сумму имеем $\sum H \cdot \frac{1}{H}\frac{x}{n}y^2 = \sum \frac{x}{n}y^2 =$ = площади $0'\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta\eta\vartheta\tau$ – заключенной между веревочной линией, осью инерции XX и крайней стороной $a'x'H = A$. Обозначим эту площадь через Ω. Тогда $J = n.e.H.\Omega$

Центр тяжести площади фигуры есть точка приложения равнодействующей q. Определим момент инерции фигуры относительно оси Oq параллельной прежней но проходящей через центр тяжести O. Обозначив площадь фигуры F тогда: Момент $J_c = J - F.z^2$. Но по предыдущему площадь $F = \Omega_1 + \Omega_2 + \Omega_3 \ldots =$ $= n.e.\frac{x_1}{n} + n.e.\frac{x_2}{n} + ne\frac{x_3}{n} + \ldots = ne\left(\frac{x_1}{n} + \frac{x_2}{n} + \frac{x_3}{n}\right) = ne(\overline{0,1} + \overline{1,2} + \overline{2,3}) = ne\overline{0,8}$. Из подобия тр-ков $\varepsilon 0'8'$ и $\pi 08$ имеем $\frac{0,8}{H} = \frac{0'8'}{z}$ откуда $\overline{0,8} = \frac{\overline{0'8'}}{z}H$; $F = neH \cdot \frac{\overline{0'8'}}{z}$; а момент инерции относительно центра тяжести $J_c = neH.\Omega - ne.H \cdot \frac{\overline{0'8'}}{z} \cdot z^2 = neH\left(\Omega - \overline{0'8'}.z\right)$ Но произведение $\overline{0'8'}.z$ = площади тр-ка $0'8'\varepsilon$, а разность $\Omega - \overline{0'8'}.z$ = заштрихованной площади $\varepsilon\alpha\beta\gamma\zeta\eta\vartheta\tau$. Обозначим ее через Ω_1, тогда окончательно $J_c = n.e.H.\Omega_1$.

Из последнего ур-ия следует: Момент инерции произвольной фигуры по отношению к оси проходящей через центр тяжести равняется площади, заключенной между веревочной линией (соответствующей нагрузке, представленной площадью фигуры и уменьшенной в n раз) и крайними касательными к концам ея умноженной на n на H – полюсное расстояние и на e – общее основание прямоугольников. Эта площадь определяется всего проще по формуле Симпсона или помощью планиметра. Величины $x_1, x_2, x_3 \ldots$ мы уменьшали в n раз для удобства выполнения чертежа, если бы мы их

взяли непосредственно, то выражение момента инерции было бы $\varepsilon H\Omega$ где H новое полюсное разстояние.

Зависимость между моментами инерции относительно двух пересекающихся осей.

Если мы имеем для какого нибудь сечения Ω чер. 48. слеующия величины моментов инерции 1) относительно оси x – $J_x = \int y^2 d\Omega$ и 2) относительно осиу $J_y = \int x^2 d\Omega$ а центробежного момента инерции $Z_{xy} = \int xy\, d\Omega$; то в томъ случаъ когда координаты къ которомъ отнесено наше сечение повернутся на какой нибудь уголъ α, всъ эти величины изменяятся и примутъ видъ:

$$J_{x_1} = \int y_1^2 d\Omega;\quad J_{y_1} = \int x_1^2 d\Omega \text{ и } Z_{x_1y_1} = \int x_1 y_1\, d\Omega. \quad (I)$$

Формулы перехода отъ однихъ осей координатъ къ другимъ напишутся такъ: $x_1 = y.\sin\alpha + x.\cos\alpha$; $y_1 = y.\cos\alpha - x.\sin\alpha$.

Тогда послъ подстановки значений x_1 и y_1 моменты инерции относительно осей x_1 и y_1 будутъ:

$$J_{x_1} = \cos^2\alpha J_x + \sin^2\alpha J_y - \sin 2\alpha Z_{xy};\quad J_{y_1} = \sin^2\alpha J_x + \cos^2\alpha J_y + \sin 2\alpha Z_{xy};\quad Z_{x_1y_1} = \tfrac{1}{2}(J_x - J_y)\sin 2\alpha + Z_{xy}\cos 2\alpha; \quad (II)$$

Складывая два первыя изъ равенствъ (II) имъемъ $\underline{J_{x_1} + J_{y_1} = J_x + J_y}$;

Значитъ, можно сказать, что сумма моментовъ относительно прямоугольныхъ осей координатъ, имъющихъ общее начало О есть величина постоянная.

Изъ тъхъ же уравнений можно заключить что для оси z (чер. 48) наклоненной къ оси абсциссъ подъ $\alpha = 45°$ причемъ $\sin 45° = \cos 45° = \sqrt{\tfrac{1}{2}}$, моментъ инерции будетъ $J_z = \tfrac{1}{2}(J_x + J_y) - Z_{xy}$ откуда: $\underline{Z_{xy} = \tfrac{1}{2}(J_x + J_y) - J_z}$ (III)

Эта формула даетъ возможность опредълить всякий центробежный моментъ въ зависимости отъ соотвътствующихъ моментовъ инерции

Когда извъстны моменты J_x, J_y и Z_{xy} относительно осей x и y, то можно опредълить графически моменты J_{x_1}, J_{y_1} и $Z_{x_1y_1}$ для всякихъ другихъ осей x_1 и y_1. На чер. 49 на оси x отъ точки O откладываемъ $\overline{OJ_x} = J_x$ и $\overline{OJ_y} = J_y$. За ось x при этомъ принимается та изъ осей, которой соотвътствует больший моментъ инерции, т. е. $J_x > J_y$. Въ точкахъ J_x и J_y возставляемъ перпендикуляры J_yZ и J_xC и откладываемъ на нихъ величины моментовъ Z_{xy}, причемъ положительный $+Z_{xy} = J_yZ$ откладываемъ внизъ. Векторы, соотвътствующіе J_x, J_y и Z_{xy} берутся по слъдующимъ соображеніямъ. Если $J_x = n_x$ и $J_y = n_y$, то $Z_{xy} = \tfrac{1}{2}(n_x + n_y) - n_z$ (по форм. III) Затъмъ на линіи ZC, какъ на діаметръ, описываемъ окружность R, изъ точки Z проводимъ $ZD \parallel$ оси Ox_1 и изъ точки D опускаемъ перпендикуляръ $\overline{DJ_{x_1}}$ на линію Ox. Тогда линія DJ_{x_1} изобразитъ графически моментъ $Z_{x_1y_1}$, а отрѣзокъ OJ_{x_1} – моментъ инерціи J_{x_1}.

Изъ чертежа 49 видно что: $OJ_{x_1} = J_{x_1} = OF + FJ_{x_1} = OF + \mathfrak{D}9 = O\mathfrak{E}\cos\alpha + D\mathfrak{E}\sin\alpha$ (1)

$DJ_{x_1} = F\mathfrak{E} - 9\mathfrak{E} = O\mathfrak{E}\sin\alpha - D\mathfrak{E}\cos\alpha$; (2) Кромъ того $\mathfrak{E}D = MJ_y - NJ_y = J_y\sin\alpha - Z_{xy}\cos\alpha$;

$O\mathfrak{E} = OH - H\mathfrak{E} = OH - KJ_x = J_x\cos\alpha - Z_{xy}\sin\alpha$; Подставляемъ эти величины $O\mathfrak{E}$ и $\mathfrak{E}D$ въ ур-ія (1) и (2) получимъ $OJ_{x_1} = (J_x\cos\alpha - Z_{xy}\sin\alpha)\cos\alpha + (J_y\sin\alpha - Z_{xy}\cos\alpha)\sin\alpha = J_x\cos^2\alpha + J_y\sin^2\alpha - Z_{xy}\sin 2\alpha$

откуда заключаемъ по ур-ію II что дъйствительно $OJ_x = J_x$; точно такъже получимъ $J_{x_1}D = (J_x\cos\alpha - Z_{xy}\sin\alpha)\sin\alpha - (J_y\sin\alpha - Z_{xy}\cos\alpha)\cos\alpha = \tfrac{1}{2}(J_x - J_y)\sin 2\alpha + Z_{xy}\cos 2\alpha = Z_{x_1y_1}$.

Потому при прямоугольных осях координат будет существовать слѣдующее общее правило графическаго нахожденія моментовъ J_{x_1} и $Z_{x_1y_1}$.
Всякая прямая, проведенная черезъ точку $Z \parallel$ новой оси абсциссъ ox_1, пересѣкаетъ окружность, построенную на ZC - какъ на діаметрѣ, въ нѣкоторой точкѣ D, абсцисса которой равна новому моменту инерціи J_{x_1}, а ордината - центробѣжному моменту $Z_{x_1y_1}$. Моментъ относительно оси y_1 - J_{y_1} опредѣляется изъ уріа $J_x + J_y = J_{x_1} + J_{y_1}$; $J_{y_1} = J_x + J_y - J_{x_1}$;
Изъ чер. 49 легко видѣть, что наибольшей величинѣ момента J_{x_1} соотвѣтствуетъ отрѣзокъ $OJ_1 = J_1$ и наименьшему $J_{y_1} - OJ_2 = J_2$
Моменты J_1 и J_2 наз. главными моментами инерціи, а оси, параллельныя линіямъ ZJ_1 и ZJ_2 - главными осями. Изъ чертежа можно видѣть, что для такихъ осей центробѣжный моментъ инерціи $=0$.
Если сѣченіе симметрично, то каждому элементу dF, лежащему съ одной стороны оси симметріи, можно найти (чер. 50) соотвѣтствующій съ другой, такъ что произведенія $dF.xy$ будутъ одинаковы по противоположны по знаку, слѣд. $Z_{xy} = \int xy.dF$ - разложится на двѣ равныя, но съ противоположными знаками части, слѣд $\int dF.x_1y_1 = 0$
Отсюда заключаемъ что оси симметріи суть главныя оси сѣченія.
Для симметричнаго сѣченія: вышеизложенное графическое опредѣленій моментовъ инерціи сводится къ слѣдующему (чер. 50).
На той оси симметріи, которой соотвѣтствуетъ наибольшій моментъ J_1 откладываемъ въ какомъ либо масштабѣ отъ начала O - величины OJ_1 и OJ_2 - равныя J_1 и J_2, строимъ на отрѣзкѣ $\overline{OJ_1} - \overline{OJ_2}$ какъ на діаметрѣ окружность R, и черезъ точки J_1 и J_2 проводимъ параллели новымъ осямъ Ox_1 и Oy_1; тогда абсцисса точки Z будетъ равна J_x, а ордината - Z_{xy}; J_y можно по предыдущему легко опредѣлить. На окружности R лежатъ точки Z для всѣхъ возможныхъ осей координатъ, прямоугольныхъ и имѣющихъ съ осями симметріи общее начало.
Укажемъ также графическій способъ опредѣленія центробѣжнаго момента инерціи Z_{xy} не зависимо отъ моментовъ J_x и J_y.
Для этаго докажемъ слѣдующее: центробѣжный моментъ относительно двухъ взаимно перпендикулярныхъ осей равенъ центробѣжному моменту по отношенію къ имъ параллельнымъ осямъ, проходящимъ черезъ центръ тяжести, увеличенному на произведеніе изъ площади и разстояній этихъ паръ осей.
Пусть (чер. 51.) т. центръ тяжести; ξ_1 и η_1 разстоянія осей, т. е координаты центра тяжести относительно осей (x,y); изъ чертежа имѣемъ что $x = x_1 + \xi$ и $y = \eta_1 + \eta$. Центробѣжный моментъ инерціи относительно осей (x,y) - $Z_{xy} = \int x.y\, d\Omega$. Подставимъ величины x и y
$Z_{xy} = \int (\xi_1 + \xi)(\eta_1 + \eta) d\Omega = \xi_1\eta_1 \int d\Omega + \xi_1 \int \eta\, d\Omega + \eta_1 \int \xi\, d\Omega + \int \xi\eta\, d\Omega$; но такъ какъ выраженія $\int \eta\, d\Omega$ и $\int \xi\, d\Omega = 0$ (статическіе моменты относительно осей проходящихъ черезъ центръ тяжести); $\xi_1\eta_1 \int d\Omega = \xi_1\eta_1\Omega$; $\int \xi\eta\, d\Omega = Z_{\xi\eta}$ то-гда будетъ $Z_{xy} = Z_{\xi\eta} + \Omega\eta_1\xi_1$. Если оси ξ и η - главныя, то $Z_{\xi\eta} = 0$ и тогда $Z_{xy} = \Omega\eta_1\xi_1$

Воспользуемся последним ур-ием для определения центробежного момента фигуры, представленной на чер. 52. Для этого разобьем ее на прямоугольники одинаковой высоты e, и определяем их центры $Z_1 Z_2 Z_3 Z_4 Z_5$. Оси x и y берем параллельно сторонам прямоугольников, тогда параллельныя им и проходящія через центр тяжести каждаго прямоугольника будут главными, поэтому центробежный момент всей фигуры относительно осей x, y будет $Z_{xy} = \Omega_1 \eta_1 \zeta_1 + \Omega_2 \eta_2 \zeta_2 + \Omega_3 \eta_3 \zeta_3 + \Omega_4 \eta_4 \zeta_4 + \Omega_5 \eta_5 \zeta_5 \ldots$
Где в нашем случае Ω_1; $\Omega_2 = \Omega_3 = \Omega_4$; Ω_5 – площади прямоугольников, а $\zeta_1 \zeta_2 \zeta_3 \zeta_4 \zeta_5$ и $\eta_1; \eta_2 = \eta_3 = \eta_4$; η_5 – координаты центров тяжести Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 и Z_5, по отношению к осям x и y. Обозначим ширину каждаго прямоугольника чрез $x_1, x_2 \ldots$ тогда $\Omega_1 = e x_1$; $\Omega_2 = e x_2 \ldots$ Напишем общее выражение момента $Z_{xy} = \sum \Omega \eta \zeta = \sum e n \frac{x}{n} \eta \zeta = e n \sum \frac{x}{n} \eta \zeta$. Чтобы определить Z_{xy} надо построить выражение $\sum \frac{x}{n} \eta \zeta$. Для этого представим себе что в центр тяжести каждаго прямоугольника действуют силы $\parallel$ оси x и соответственно равныя $\frac{x_1}{n}, \frac{x_2}{n} \ldots$ строим на них силовой многоугольник 0,1,2,3,4,5, берем полюс Π, проводим лучи и строим веревочный многоугольник abcdef. Крайния стороны этого многоугольника пересекают ось x в точках 0' и 5'; тогда, как при определении момента инерции мы имеем $0'5' \cdot H = \sum \frac{x}{n} \cdot \eta = \frac{x_1}{n} \cdot \eta_1 + \frac{x_2}{n} \cdot \eta_2 + \ldots$ где $\frac{x_1}{n} \cdot \eta_1 = \overline{10'} \cdot H$; $\frac{x_2}{n} \cdot \eta_2 = \overline{1'2'} H$; $\frac{x_3}{n} \cdot \eta_3 = \overline{2'3'} H \ldots$ (I) Если затем представим себе, что в центрах тяжести каждаго прямоугольника $Z_1 Z_2 Z_3 \ldots$ действуют силы соответственно равныя $\overline{0'1}$, $\overline{1'2'}$, $\overline{2'3'} \ldots \parallel$ оси y. то, построивши на них силовой многоугольник 0,1,2,3,4,5, и взявши полюс Π' строим веревочный многоугольник a'b'c'd' (направления приложенных в центрах $Z_1 Z_2 Z_3 Z_4$ сил совпадают) Обозначив точки пересечения сторон a'b'c'd' с осью y чрез I II III IV имеем: $\overline{0'1'} \cdot \zeta_1 = \overline{\text{I II}} \cdot H'$; $\overline{1'2'} \cdot \zeta_2 = \overline{\text{II III}} \cdot H' \ldots$ Взяв ур-ия (I) и умножив первое на ζ_1 получим: $\frac{x_1}{n} \cdot \eta_1 \cdot \zeta_1 = \overline{0'1'} \cdot \zeta_1 H$; второе на ζ_2 — $\frac{x_2}{n} \cdot \eta_2 \zeta_2 = \overline{1'2'} \zeta_2 H \ldots$ Вторыя части каждаго ур-ия можно заменить $\frac{x_1}{n} \cdot \eta_1 \zeta_1 = \overline{\text{I II}} \cdot H H'$; $\frac{x_2}{n} \cdot \eta_2 \zeta_2 = \overline{\text{II III}} \cdot H \cdot H' \ldots$ Взявши сумму всех имеем $\sum \frac{x}{n} \cdot \eta \cdot \zeta = \overline{\text{I IV}} \cdot H \cdot H'$. Но момент $\underline{Z_{xy} = e n \sum \frac{x}{n} \eta \cdot \zeta = e n \cdot \overline{\text{I IV}} \cdot H \cdot H'}$.

Зависимость между внешними и внутренними силами.

Возьмем балку (чер. 53) лежащую на двух опорах и находящуюся под действием сил $P_1 P_2 P_3$ причем заметим:
1) Действующия на балку внешния силы имеют произвольное направление, следовательно, вообще непараллельны оси балки.
2) Внешния силы пересекают ось балки, т. е. скручивающий момент = 0.
3) Ось балки прямолинейна, и сама балка имеет неизменяемое положение в пространстве, допуская только такое перемещение точек ея, которое обусловлено упругостью материала (изменением длины ея волокон).

Пусть балка под действием сил $P_1 P_2 P_3$ из первоначальнаго положения CDEF переместится в C'D'E'F', при котором действие внешних сил уравновешивается внутренними силами напряжения материала. Прямолинейная ось балки получит криволинейную или изогнутую

видъ, и въ ея волокнахъ будутъ дѣйствовать сопротивленія изгибу.
Всѣ силы дѣйствующія какимъ нибудь образомъ - можно привести къ продольной силѣ и поперечному сдвигу. (см.гер.54). Здѣсь дѣйствіе внѣшнихъ силъ R уравновѣшивается внутренними сопротивленіями ч'ч'.; равнодѣйствующая всѣхъ этихъ сопротивленій будетъ R'-которую разложимъ на 2 перпендикулярныя слагающія N и T. Скалывающая сила T - должна пройти черезъ центръ тяжести сѣченія MN, ибо въ противномъ случаѣ происходило бы скручиваніе, слѣд. моменты ея относительно какихъ нибудь осей, проходящихъ черезъ центръ тяжести =0. Разсмотримъ продольное, нормальное къ данному поперечному сѣченію - усиліе N приложенное въ точкѣ к. Для этого возьмемъ произвольное поперечное сѣченіе балки (чер. 55.) MN и отнесемъ его къ системѣ координатъ (uv) съ началомъ въ центрѣ тяжести S. Поперечная сила T будетъ проходить черезъ точку к и центръ тяжести S; направленіе KS - называется силовою линіей и образуетъ съ осью u уголъ α. Замѣтимъ себѣ что послѣ изгиба плоскія сѣченія остаются плоскими и ⊥ къ оси. Возьмемъ сѣченіе пр. находящееся отъ MN на разстояніи ds. Пусть послѣ деформаціи сѣченіе MN займетъ положеніе M'N'. Тогда волокна лежащія выше mm' укоротятся, а лежащія ниже удлинятся. Волокна же лежащія на mm' останутся безъ перемѣны. Предположимъ что направленіе оси u выбрано ∥ mm'. Тогда чтобы знать положеніе нейтральной линіи mm' для даннаго сѣченія, надо опредѣлить Δα для ея съ силовой линіей и разстояніе v_0 - отъ центра тяжести.
Пусть волокно dc - первоначальная длина котораго ds послѣ деформаціи получило удлиненіе Δds. Напряженіе этого волокна б. Тогда по закону Гука $\frac{\Delta ds}{ds} = \frac{б}{E}$ (1). Пусть удлиненіе волокна проходящаго черезъ центръ тяжести $\Delta_0 ds$, а соотвѣтствующее напряженіе $б_0$. По предыдущему $\frac{\Delta_0 ds}{ds} = \frac{б_0}{E}$ (2); Дѣля первое на второе-имѣемъ $\frac{б}{б_0} = \frac{\Delta ds}{\Delta_0 ds}$
Тогда изъ тр-ковъ tce и tfq. $\frac{ce}{fg} = \frac{cm}{fm}$; или $\frac{\Delta ds}{\Delta_0 ds} = \frac{v+v_0}{v_0} = \frac{б}{б_0}$; слѣд. $б = б_0 + б_0 \frac{v}{v_0}$ (a)
Продольная сила $N = \int б\, d\Omega$. Подставляя сюда б изъ ур-ія (a). имѣемъ
$N = \int (б_0 + б_0 \frac{v}{v_0}) d\Omega = б_0 \int d\Omega + \frac{б_0}{v_0} \int d\Omega . v$; но $\int d\Omega v$ какъ выражающій статическій моментъ относит. оси u, проходящей черезъ центръ тяжести S=0
слѣд $N = б_0 \int d\Omega = б_0 \Omega$ и $б_0 = \frac{N}{\Omega}$.
Дальше пусть разстояніе точки приложенія силы N отъ точки S = q = Sк.
тогда моменты этой силы относительно осей u и v будутъ соотвѣтственно

$$M_u = \int б\, d\Omega . v = N . q . \sin\alpha \quad \text{и} \quad M_v = \int б . d\Omega\, u = N q . \cos\alpha \ldots (b)$$

Подставляя сюда б изъ ур-ія (a) б $\int (б_0 + \frac{б_0}{v_0} v) v d\Omega = \int б_0 v d\Omega + \int \frac{б_0}{v_0} v^2 d\Omega = б_0 \int v d\Omega + \frac{б_0}{v_0} \int v^2 d\Omega$,
но $\int v . d\Omega$ = стат. моменту относит. оси u = 0, а $\int v^2 d\Omega = J_u$ - моменту инерціи относительно оси u; слѣд. $M_u = \frac{б_0}{v_0} J_u = N q . \sin\alpha$; слѣдовательно $\frac{б_0}{v_0} = \frac{N q \cos\alpha}{J_u}$
$б = б_0 + \frac{б_0}{v_0} v = \frac{N}{\Omega} + \frac{N q . v . \sin\alpha}{J_u}$; Подставивъ эту величину во второе изъ уравненій (c) имѣемъ

$$\int \left(\frac{N v}{\Omega} + \frac{N q . v . \sin\alpha}{J_u} \right) d\Omega u = N q . \cos\alpha = \frac{N}{\Omega} \int d\Omega u + \frac{N q \sin\alpha}{J_u} \int u v\, d\Omega .$$

Но $\int d\Omega u$ = стат. моменту относительно оси v = 0; а $\int u v\, d\Omega = Z_{uv}$ - такъ наз. центробѣжному моменту инерціи сѣченія слѣд.: $N q . \cos\alpha = \frac{N q . \sin\alpha}{J_u} . Z_{uv}$ откуда
$\operatorname{tg}\alpha = \frac{J_u}{Z_{uv}}$ (1) Этимъ опредѣляется направленіе нейтральной линіи, разстояніе же ея отъ оси u - v_0 получится, полагая въ ур-іи (a) б = 0 и $v = v_0$, тогда

имѣемъ: $0 = \frac{N}{\Omega} + \frac{N \cdot v_0 \sin\alpha}{J_u}$; $v_0 = -\frac{J_u}{\Omega \cdot \sin\alpha}$; Обозначая $\frac{J_u}{\Omega} = i_u^2$ (гдѣ i_u такъ наз. радіусъ инерціи) а $\frac{i_u^2}{v_0}$ черезъ r $\underline{v_0 = -\frac{i_u^2}{r}}$ (II). Знакъ — указываетъ на то, что нейтральная линія и точка К приложенія продольной силы N лежатъ по разныя стороны оси u. Изъ разсмотрѣнія ур-ій (I) и (II) видно, что положеніе нейтральной линіи не зависитъ отъ величины продольной силы N, а только отъ точки ея приложенія. Величину v_0 весьма легко можно построить графически, разъ извѣстенъ моментъ инерціи J_u, а слѣд. и его радіусъ.

На чер. 56 на горизонталѣ, проходящей черезъ центръ тяжести, откладываемъ $\overline{S_1R} = i_u$ и $\overline{S_1K_1} = r$, соединяемъ R съ K_1 и возставляемъ къ этой линіи въ точкѣ R, которая и отсѣчетъ на линіи MN отрѣзокъ $S_1m_1' = v_0$

Что это построеніе справедливо доказываетъ слѣдующее равенство: $\overline{S_1R}^2 = \overline{S_1K_1} \cdot S_1m_1'$ или $i_u^2 = S_1m_1' \cdot r$, откуда $S_1m_1' = \frac{i_u^2}{r} = v_0$.

Выше былъ изложенъ аналитическій способъ опредѣленія положенія нейтральной оси брусьевъ, подверженныхъ дѣйствію изгибающихъ силъ плоскость которыхъ, не совпадаетъ съ плоскостью симметріи сѣченія, теперь укажемъ графическій способъ ея построенія. (чер. 57) Пусть для фигуры L — центръ тяжести будетъ Z; ZK — направленіе силовой линіи, опредѣлимъ уголъ α который образуетъ нейтральная линія съ силовой осью. Для этого нужно относительно произвольно взятыхъ, взаимно перпендикулярныхъ осей (xy) опредѣлить мом. J_x, J_y и J_{xy}; затѣмъ черезъ центръ тяжести сѣченія Z проводимъ линію $Zy' \parallel$ взятой нами y и откладываемъ на ней $\overline{ZJ_y} = Z_{xy}$. Черезъ J_y проводимъ $\overline{J_yx'} \perp ZJ_y$ и откладываемъ параллельно x, на ней $\overline{J_yO} = J_y$, $OJ_x = I_x$, далѣе $\overline{Z_1J_x} \perp OJ_x$ и $J_xZ_1 = Z_{xy}$. На діаметрѣ Z_1Z описывается окружность которая пересѣкаетъ силовую ось ZK въ точкѣ C. Соединимъ C съ O и продолжимъ OC до пересѣченія съ окружностью въ J и изъ J проводимъ $JD \perp Ox'$. Линія JD пересѣчетъ Ox' въ точкѣ J_u, а окружность въ точкѣ D, если соединимъ Z съ D то и получимъ направленіе нейтральной линіи. Чтобъ доказать что это справедливо, обратимся къ построенію моментовъ относительно пересѣкающихся осей (чер. 49). На чер. 57. OJ_u и JJ_u представляютъ моменты инерціи относительно оси u и центробѣжный моментъ Z_{uv} относительно оси u, и ей $\perp$ v. Докажемъ что уголъ $UZK = \Delta$ нейтральной съ силовой линіей, которая $\operatorname{ctg}\alpha = \frac{Z_{uv}}{J_u}$; $\sphericalangle UZK = 180 - \sphericalangle DZC = \sphericalangle CJD + \sphericalangle DZC = 180$; $\sphericalangle CJD = 180 - DZC$ слѣд. $\sphericalangle UZK = \sphericalangle CJD$; но $J_uJ = OJ_u \operatorname{ctg} CJD$ или $Z_{uv} = J_u \operatorname{ctg} CJD$; $\operatorname{ctg} CJD = \frac{Z_{uv}}{J_u} = \operatorname{ctg}\alpha$ слѣд. уголъ $CJD = \alpha = \sphericalangle UZK$. Слѣд. Z_u будетъ направленіе искомой нейтральной линіи; при опредѣленіи максимальныхъ напряженій не необходимо знать положеніе нейтральной линіи, достаточно знать ея направленіе. Пусть (чер. 57) — u_1 линія $\parallel$ нейтральной линіи и проходящая черезъ центръ тяжести; ZK — силовая линія. K — точка приложенія продольной силы N_1, тогда ур-іе напряженія будетъ $\sigma = \frac{N}{\Omega} \pm \frac{N_1 \cdot \sin\alpha \cdot v}{J_u}$; Обозначивъ $N_1 = M$ а $\frac{J_u}{\sin\alpha} = J$, имѣемъ $\sigma = \frac{N}{\Omega} \pm \frac{Mv}{J}$;

Чтобы получить наибольшія напряженія точки сѣченія L_1 и L_2, проводимъ къ сѣченію касательныя, параллельныя нейтральной линіи u_1'; обозначивъ разстоянія полученныхъ точекъ касанія L_1 и L_2 отъ u_1' черезъ e_1 и e_2 будемъ имѣть: $\sigma_1 = \frac{N}{\Omega} + \frac{N_1}{J} e_1$ и $\sigma_2 = \frac{N}{\Omega} - \frac{N_1}{J} e_2$.

Примѣръ: Представленное на чер. 58 – Z – образное желѣзо наклонено къ плоскости силъ ZK подъ угломъ 17°. Найти максимальныя напряженія $б_1$ и $б_2$ (Размѣры на чертежѣ даны въ сантиметрахъ.) Оси Ox и Oy всего проще взять параллельно высотѣ и шириѣ сѣченія, потому что тогда легко будетъ опредѣлить J_x J_y и Z_{xy}: За J_x нужно взять ту ось, которая даетъ большій моментъ инерціи. Имѣемъ $J_x = 1/12(6,5\times14^3 - 5,7\times12^3) = 666\,ст^4$. $J_y = 1/12\left[1,0(6,5+5,7)^3 + 13\times0,8^3\right] = 152\,ст^4$. Для опредѣленія Z_{xy} воспользуемся равенствомъ $Z_{xy} = \Omega_1 x_1 y_1 + \Omega_2 x_2 y_2 + \Omega_3 x_3 y_3 + \dots$ Разобьемъ данное сѣченіе на 3 прямоугольника, причемъ для средняго $\Omega_1 x_1 y_1 = 0$ потому что оси xx и yy для него суть оси симметріи, слѣд $Z_{xy} = 2(5,7\times1,0\times6,5\times3,25) = 241\,ст^4$. Для построенія взято $10\,ст^4 = 2/3\,\text{см}$, слѣд. $Z_{xy} = 2/3\,\frac{241}{10} = 16,1\,\text{см} = \overline{ZJ_y}$; $J_y = 2/3\,\frac{152}{10} = 10,1 = \overline{J_y O}$; $J_x = 2/3\,\frac{666}{10} = 44,4 = \overline{OJ_x}$ $J_x Z_1 = \overline{ZJ_y}$. Получено послѣ построенія $J = \overline{OJ} = 34,7\,\text{см} = 3/2\cdot10\cdot34,7 = 520,7\,ст^4$. $k_1 = k_2 = 6,49\,ст$. поэтому $б_1 = \frac{N}{22,6} + \frac{M\,6,49}{520}$; и $б_2 = \frac{N}{22,6} - \frac{M\cdot6,49}{520}$; Такое фасонное желѣзо употребляется для подкосинки при желѣзныхъ стропилахъ Здѣсь плоскость силъ ⊥ къ данному брусу; какъ мы знаемъ изъ теоріи сопротивленія матеріаловъ напряженія выражаются такъ $б' = \frac{Me'}{J}$ и $б_2 = \frac{Me_2}{J}$; (Гдѣ M – наибольшій слѣд. моментъ). Опредѣливши по предыдущему положеніе нейтральной оси – мы на чертежѣ получимъ величины $k_1 k_2$. Приведенное построеніе нейтральной линіи неприложимо въ томъ случаѣ, когда сѣченіе имѣетъ ось симметріи, ибо въ этомъ случаѣ Z_{xy} – центробѣжный моментъ = 0. Не приводя доказательства, укажемъ способъ построенія искомой оси въ этомъ случаѣ (стр. 59.) Пусть оси xx, yy проходятъ черезъ центръ Z даннаго симметричнаго сѣченія. На оси x вѣтво откладываемъ ZJ_2 = моменту инерціи относительно оси $y = J_2$, возставляемъ въ J_2 перпендикуляръ до пересѣченія съ направленіемъ силовой линіи ZK въ точкѣ t. Затѣмъ на оси y вверхъ откладываемъ ZJ_1 = мом. относ. оси $x = J_1$, возставляемъ въ J_1 ⊥ и на немъ откладываемъ $J_1 t_1 = J_2 t$. Точку t_1 соединяемъ съ Z. Полученная линія $t_1 N$ и будетъ нейтральная ось; k_1 и k_2 легко получить изъ чертежа.

Сочлененныя системы.

Сочлененной системой называется система прямолинейныхъ брусьевъ, соединенныхъ между собою только на концахъ посредствомъ шарнировъ. Такіе брусья наз. стержнями, а точки ихъ соединенія узлами. Мы будемъ предполагать:

1) Оси всѣхъ стержней, выходящихъ изъ одного узла, пересѣкаются въ центрѣ его шарнира, называемаго Узловой точкой.

2) Внѣшнія силы имѣютъ точки приложенія только въ узловыхъ точкахъ

Очевидно, раскладывая дѣйствующую извнѣ силу по направленію стержней, мы увидимъ, что при этихъ условіяхъ, стержни могутъ испытывать только растяженіе или сжатіе. Что касается до изгиба, то онъ производится только собственнымъ вѣсомъ стержня, который разлагается обыкновенно на два узла.

Неизмѣняемую сочлененную систему можно себѣ представить какъ систему матеріальныхъ точекъ, соединенныхъ между собой стержнями такимъ образомъ, что ихъ относительное разстояніе извѣстъ

нались не лежать. Стержни, необходимые для неизменяемости системы наз. нужными. Предположимъ, что всѣ точки системы находятся въ одной плоскости (чер. 60) Тогда точку 2 съ 1 можно соединить только однимъ стержнемъ $\overline{12}$; прибавляя еще точку 3, мы для полученія неизмѣняемой системы тремъ точкамъ должны соединить точку 3 съ 1 и 2 двумя стержнями $\overline{31}$ и $\overline{32}$; точно такъже каждая слѣдующая точка, для неизмѣняемаго ея соединенія съ предыдущими потребуетъ по крайней мѣрѣ по два стержня. Поэтому число нужныхъ стержней выразится такимъ образомъ $S = 1+2(n-2) = \underline{2n-3}$

Посмотримъ какое можетъ быть максимальное число стержней въ неизмѣняемой системѣ (чер. 61) Вторую точку съ первой мы можемъ соединить только однимъ стержнемъ, третью съ первой и со второй — двумя стержнями, четвертую съ первыми тремя — тремя стержнями ..... наконецъ n-ую съ предыдущими (n-1) точками — (n-1) стержнями. Такимъ образомъ наибольшее число стержней для n точекъ будетъ: $S_n = 1+2+3+\cdots\cdots+n-1$;

Это выраженіе представляетъ сумму членовъ ариѳметической прогрессіи, слѣдовательно: $S_n = \frac{n(n-1)}{2}$;

Лишніе стержни неизмѣняемой шарнирной системы наз. добавочными. Наибольшее число ихъ, очевидно, выразится такъ: $d = S_n - S = \frac{n(n-1)}{2} - (2n-3)$

Плоская система будетъ неизмѣняемой, когда ея стержни имѣютъ такое расположеніе, что каждый узелъ соединенъ съ системой остальныхъ не менѣе чѣмъ двумя стержнями.

Представленная на чер. 62 система имѣетъ 8 узловъ и 14 стержней. Такъ какъ $2\times8-3=13$, то она имѣетъ на одинъ стержень болѣе чѣмъ необходимо для неизмѣняемой системы. Но если будемъ распредѣлять стержни попарно между отдѣльными узлами, то увидимъ что въ четырехъ-угольникѣ 2564 одна точка (напр. 5) прикрѣплена къ системѣ предыдущихъ только однимъ стержнемъ, и что послѣ распредѣленія два стержня (напр. a и b останутся не принадлежащими ни къ какому узлу. Эта система не имѣетъ такому свойства неизмѣняемости, такъ какъ она вмѣсто 13 имѣетъ только 12 нужныхъ стержней, остающіеся два стержня a и b наз. добавочными. Дѣйствительно если мы выдѣлимъ одинъ изъ четыреугольниковъ 1234 или 5678 (чер. 63 a, b, c.) то очевидно одинъ изъ стержней будетъ добавочный и можетъ быть выбранъ какой стержень считать за добавочный, зависитъ отъ насъ поэтому, выкидывая стержень, на чер 63 a, b, и c. мы одинаково получимъ неизмѣняемую систему.

Въ неизмѣняемой системѣ относительное разстояніе между узловыми точками постоянно, но вся система можетъ двигаться въ плоскости. Чтобы закрѣпить неизмѣняемую систему, мы должны, какъ видно изъ чер. 64. прибавить 3 стержня, соединяющихъ ее съ какимъ нибудь неподвижнымъ основаніемъ; такимъ образомъ число всѣхъ нужныхъ стержней неподвижной неизмѣняемой системы $= S_1 = (2n-3)+3 = 2n$

Деформація сочлененной системы.

Положимъ, что къ узламъ сочлененной неподвижной системы приложены силы такого рода, что напряженія, вызываемыя ими въ стержняхъ системы, не превышаютъ предѣла упругости. Подъ дѣйствіемъ этихъ силъ длина каждаго стержня измѣнится на величину, пропорціональную его напряженію, и первоначальная форма системы перейдетъ въ другую, соотвѣтствующую новымъ длинамъ ея стержней. При этомъ узлы а слѣдовательно и концы стержней перемѣстятся на нѣкоторыя весьма малыя величины. Видъ системы послѣ деформаціи будетъ извѣстенъ, если будутъ извѣстны относительныя перемѣщенія узловъ. Пусть (чер. 64) стержень rs сочлененной системы AB вслѣдствіе деформаціи, происшедшей подъ дѣйствіемъ внѣшнихъ силъ, занялъ положеніе r's'. Выдѣлимъ его въ большемъ масштабѣ въ этихъ двухъ соотвѣтственныхъ положеніяхъ и отнесемъ къ взаимно-перпендикулярнымъ осямъ (x, y).

Пусть x, y и x1, y1 координаты точекъ r и s; l-длина стержня rs.
Ω площадь его поперечнаго сѣченія, E-модуль упругости его матеріала α и β-его углы съ осями OX, OY. Означимъ также перемѣщенія произведенныя ими по направленію осей координатъ для узла r черезъ ξ, η, а для узла s - ξ1, η1; сопротивленіе стержня rs-черезъ N, измѣненіе его длины l черезъ λ, а его углы съ осями координатъ послѣ деформаціи черезъ α' β'. По закону Гука имѣемъ $N = E\Omega\frac{\lambda}{l}$.
Если постоянное отношеніе $\frac{E\Omega}{l}$, зависящее отъ матеріала и размѣровъ стержня и независящее отъ дѣйствія внѣшнихъ силъ, означимъ для краткости черезъ C, то будемъ имѣть $N = \lambda C$.
Слѣд. чтобы опредѣлить сопротивленіе N стержня rs, надо опредѣлить его удлиненіе λ (которое можетъ быть положительно и отрицательно). Изъ тр-ка rst имѣемъ: $\overline{rs}^2 = \overline{st}^2 + \overline{tr}^2$; или $l^2 = (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2$; Дифференцируя получаемъ $2l\,dl = 2(x_1 - x)(dx_1 - dx) + 2(y_1 - y)(dy_1 - dy)$
Распространяя результатъ полученный для безконечно малыхъ величинъ dx, dy, dx_1, dy_1 на очень малыя величины $\xi\xi_1, \eta\eta_1$, имѣемъ:
$2l\lambda = 2(x_1 - x)(\xi_1 - \xi) + 2(y_1 - y)(\eta_1 - \eta)$; Отсюда: $\lambda = \frac{x_1 - x}{l}(\xi_1 - \xi) + \frac{y_1 - y}{l}(\eta_1 - \eta)$ или:
$\lambda = (\xi_1 - \xi)\cos\alpha + (\eta_1 - \eta)\cos\beta \ldots (1)$ Собственно, мы должны были выразить λ черезъ углы α, и β, но они такъ мало отличаются отъ α и β, что мы можемъ свободно въ ур-іи (1) вмѣсто α, и β, ввести α и β.

Условія равновѣсія сочлененныхъ системъ.

Когда система, подверженная дѣйствію внѣшнихъ силъ, измѣнила свою форму и пришла въ состояніе покоя, причемъ въ стержняхъ составляющихъ ее произошли только упругія деформаціи, то совокупность внѣшнихъ силъ и внутреннихъ сопротивленій находятся въ состояніи равновѣсія. Такъ напр. (чер. 66.) сила P - дѣйствующая на точку a, находится въ равновѣсіи съ сопротивленіями стержней a1, a2, a3, a4, выходящихъ изъ узла a. Если вырѣжемъ этотъ узелъ произвольнымъ сѣченіемъ II, и сопротивленіе стержней замѣнимъ

силами N_1 N_2 N_3 N_4, то въ состояніи равновѣсія узла ничего не измѣнится, изъ чего слѣдуетъ что мы можемъ для данныхъ силъ P, N_1 N_2 N_3 N_4 написать условія равновѣсія (сумма проекцій на ось x и y =0)
Если означимъ черезъ α_1 и β_1 – углы, образуемые сопротивленіемъ N_1 съ осями координатъ Ox и OY; α_2 β_2 – углы образ. N_2 съ Ox, OY . . . . .
X и Y – слагающія внѣшней силы P, взятыя по направленію этихъ осей, то урія выражающія вышеупомянутыя условія будутъ:
$X + N_1 \cos\alpha_1 + N_2 \cos\alpha_2 + N_3 \cos\alpha_3 + \cdots = 0$ и $Y + N_1 \cos\beta_1 + N_2 \cos\beta_2 + N_3 \cos\beta_3 + \cdots = 0$; или короче
$X + \Sigma N \cos\alpha = 0$; $Y + \Sigma N \cos\beta = 0$; (2)
Каждая изъ суммъ Σ содержитъ столько членовъ, сколько отъ соотвѣтственнаго узла выходитъ стержней. Для каждаго узла можно составить 2 уравненія подобнаго вида; когда система имѣетъ n узловъ, то условія равновѣсія дадутъ 2n такихъ уравненій и они могутъ служить для опредѣленія неизвѣстныхъ сопротивленій стержней.
Система называется статически опредѣленной, если при данныхъ внѣшнихъ силахъ и извѣстной формѣ системы по наступленіи равновѣсія, сопротивленія всѣхъ ея стержней и опоръ могутъ быть опредѣлены. Въ противномъ случаѣ система называется статически неопредѣленной.
Если число стержней, составляющихъ систему S, а число ея опорныхъ стержней – r, то въ случаѣ, когда форма равновѣсія системы извѣстна, т.е въ ур-іяхъ (2) извѣстны углы α, β то неизвѣстными въ ур-іяхъ (2) будутъ только сопротивленія N, число которыхъ очевидно равняется числу стержней $S+r$. Если при данномъ числѣ стержней система имѣетъ n узловъ и слѣд. можно составить 2n ур-й равновѣсія. Система будетъ потому статически опредѣленной если $S+r = 2n$. X,
Но исполненіе одного этого условія не достаточно для того, чтобы система была статически опредѣленной и необходимо, чтобы ур-й (2) число которыхъ 2n, были такого рода, чтобы $S+r$ неизвѣстныхъ могли изъ нихъ быть опредѣлены. Изслѣдованія показываютъ, что послѣднее условіе исполнено только тогда, когда система не имѣетъ ни одного добавочнаго стержня, т.е. не имѣетъ ни одного такого стержня, который могъ бы быть устраненъ, не нарушая той неизмѣняемости, которой обладала система передъ устраненіемъ его.
Такъ какъ число нужныхъ стержней неподвижной неизмѣняемой системы (включая опорные стержни) – 2n, то слѣдуетъ, что закрѣпленная неизмѣняемая система, не имѣющая добавочныхъ стержней – всегда статически опредѣленная.
Когда система при n – узлахъ имѣетъ менѣе чѣмъ 2n нужныхъ стержней, то какъ мы видѣли, она не имѣетъ свойства неизмѣняемости. Условія равновѣсія даютъ для такой системы 2n – ур-й; число ур-й будетъ потому болѣе числа неизвѣстныхъ сопротивленій стержней, число которыхъ $S+r$, которыя опредѣляются изъ $S+r$ ур-й. Остальныя $2n-S-r$ ур-ія должны удовлетворяться условіями положенія, опредѣляющими форму равновѣсія сис-

Положимъ имѣемъ четырехъ-угольникъ 1,2,3,4 не имѣющій діагоналей и не имѣющій потому свойства неизмѣняемости ибо $2\times4=8>4+3=7$. Подъ дѣйствительно подъ вліяніемъ внѣшней силы P система измѣнитъ свою форму и углы α β образуемые стержнями съ горизонтальнымъ и вертикальнымъ направленіемъ также измѣнятся, слѣд. въ ур-іяхъ (2) кромѣ неизвѣстныхъ N будутъ неизвѣстны α и β. (см. чер. 67)

Выраженіе работы деформаціи въ функціи внѣшнихъ силъ.

Опредѣлимъ сперва работу деформаціи. Предположимъ, что имѣемъ какую нибудь неизмѣняемую систему (обратимся къ чер. 64 и 65) на которую дѣйствуютъ внѣшнія силы, вслѣдствіе чего система измѣнила свое положеніе и стержень ab занялъ положеніе $a'b'$. Отнеся ее къ прямоугольнымъ осямъ координатъ, выдѣлимъ элементъ $dx\,dy\,dz$ въ видѣ прямоугольнаго параллелопипеда изъ стержня ab. Подъ вліяніемъ внѣшнихъ силъ, дѣйствующихъ въ узлахъ, въ стержняхъ возникаютъ продольныя напряженія σ. слѣд въ сѣченіи $d\Omega = dy.dz$ даннаго элемента будетъ дѣйствовать сила $d\Omega\sigma$. Такъ какъ всякая деформація требуетъ нѣкотораго времени, то послѣ приложенія внѣшнихъ силъ нормальное къ сѣченію $d\Omega$ напряженіе возрастало отъ 0 до σ, а измѣненіе элементарнаго параллелопипеда dx измѣнялось въ тоже время отъ dx до $dx+\Delta dx$. Въ безконечно малый промежутокъ времени приращеніе продольнаго измѣненія равно, очевидно, $d\Delta dx$; слѣдовательно работа нормальной силы $\sigma d\Omega$ за тотъ же промежутокъ времени равняется: $\sigma d\Omega d\Delta dx$. Можемъ написать по закону Гука $\frac{\Delta dx}{dx}=\frac{\sigma}{E}$, дифференцируя имѣемъ: $\frac{d\Delta dx}{dx}=\frac{d\sigma}{E}$ откуда $d\Delta dx=\frac{d\sigma}{E}dx$. Подставляя это выраженіе въ выраженіе элементарной работы имѣемъ $-\sigma d\Omega\frac{d\sigma}{E}dx$; или обозначая $d\Omega dx=dv$ и считая dv за постоянное имѣемъ $-\sigma dv\frac{d\sigma}{E}$. За все время деформаціи при измѣненіи σ отъ 0 до σ имѣемъ работа деформаціи параллелопипеда $dZ=\int_0^\sigma\frac{dv}{E}\sigma d\sigma=\frac{dv}{E}\int\sigma d\sigma=\frac{dv}{E}\frac{\sigma^2}{2}$, (1)
Для призматическаго стержня σ постоянно и равно $\frac{N}{\Omega}$ - продольной силѣ раздѣл. на площадь поперечнаго сѣченія, $dv=\Omega dx$, то обозначая длину стержня l и подставляя $d\sigma$ и dv въ ур-іе (1) имѣемъ dZ
$dZ=\frac{N^2}{2\Omega^2}\frac{\Omega dx}{E}=\frac{N^2dx}{2E\Omega}$: Чтобы получить полную работу деформаціи стержня надо взять $\int$ отъ dZ по x въ предѣлахъ отъ 0 до l $Z=\int_0^l\frac{N^2dx}{2E\Omega}=\frac{N^2l}{2E\Omega}$
Но $\frac{Nl}{E\Omega}=\lambda$ - удлиненію стержня, поэтому $Z=\frac{N\lambda}{2}$:(2)
Для величины удлиненія мы имѣли равенство $\lambda=(\xi_1-\xi)\cos\alpha+(\eta_1-\eta)\cos\beta$ ---(3)
Если α_1,β_1 углы образованные верхнимъ концомъ стержня съ осями координатъ (чер. 65.) то $\alpha_1=(180-\alpha)$ и $\beta_1=(180-\beta)$ и $\cos\alpha=-\cos\alpha_1$ и $\cos\beta=-\cos\beta_1$.
Ур-іе (3) потому можемъ написать $\lambda=-\xi_1\cos\alpha_1-\eta_1\cos\beta_1-\xi\cos\alpha-\eta\cos\beta$.
Подставивъ это выраженіе въ ур-іе (2) имѣемъ: $Z=\frac{N}{2}(-\xi_1\cos\alpha-\eta_1\cos\beta-\xi\cos\alpha-\eta\cos\beta)$ (4)
Если такія выраженія составимъ для всѣхъ стержней системы и сложимъ ихъ, то получимъ полную работу Z_0 деформаціи всей системы $Z_0=-\frac{1}{2}(\Sigma\xi N\cos\alpha+\Sigma\xi_1N\cos\alpha_1)-\frac{1}{2}(\Sigma\eta N\cos\beta+\Sigma\eta_1N\cos\beta_1$ (5)

Чтобы получить выражения $\sum\xi N\cos\alpha + \sum\xi_1 N\cos\alpha_1$ и $\sum\eta N\cos\beta + \sum\eta_1 N\cos\beta_1$, нужно перемещения верхних и нижних концов стержней, взятыя по направлению осей X и Y, умножить на слагающія дѣйствующих по стержнямъ силъ, взятыя по направлению той же оси, и полученныя такимъ образомъ для всѣхъ стержней выраженія вида $\sum N\cos\alpha$ и $\sum N\cos\beta$ сложить въ одну сумму. Такъ какъ концы всѣхъ стержней, выходящихъ изъ одного и того же узла, перемѣщаются на одинаковую величину, то обозначивъ перемѣщеніе узла m по направленію оси X черезъ ξ_m а по оси Y η_m; сумму слагающихъ напряженій стержней, выходящихъ изъ этаго узла, взятыхъ по оси X черезъ $\sum_m N\cos\alpha$ а по оси Y — $\sum_m N\cos\beta$. получимъ для системы, которой узлы обознач. буквами a, b, c... $\sum\xi N\cos\alpha + \sum\xi_1 N\cos\alpha_1 + \sum\eta N\cos\beta + \sum\eta_1 N\cos\beta_1 = \xi_a\sum_a N\cos\alpha + \eta_a\sum_a N\cos\beta + \xi_b\sum_b N\cos\alpha + \eta_b\sum_b N\cos\beta + \ldots + \xi_m\sum_m N\cos\alpha + \eta_m\sum_m N\cos\beta \ldots (6)$ Но мы имѣли раньше въ статьѣ о равновѣсіи сочиненныхъ системъ $X + \sum N\cos\alpha = 0$. откуда $\sum N\cos\alpha = -X$.

Примѣняя это ур-іе для каждаго нашего узла a, b, c ... m и обозначая $X_a X_b X_c \ldots X_m$ и $Y_a Y_b Y_c \ldots Y_n$ слагающія внѣшнихъ силъ каждаго узла по направленію соотвѣтствующей оси имѣемъ $\sum_a N\cos\alpha = -X_a$ $\sum_b N\cos\alpha = -X_b \ldots\ldots \sum_m N\cos\alpha = -X_m$ и $\sum_a N\cos\beta = -Y_a$, $\sum_b N\cos\beta = -Y_b \ldots\ldots \sum_m N\cos\beta = -Y_m$

Подставляя эти величины въ ур-іе (6) имѣемъ: $\sum\xi N\cos\alpha + \sum\xi_1 N\cos\alpha_1 + \sum\eta N\cos\beta + \sum\eta_1 N\cos\beta_1 = -\xi_a X_a - \eta_a Y_a - \xi_b X_b - \eta_b Y_b - \ldots\ldots - \xi_m X_m - \eta_m Y_m = -\sum X_\xi - \sum Y_\eta$. слѣд. полная работа деформаціи всей системы будетъ $T_0 = \frac{1}{2}(\sum X_\xi - \sum Y_\eta)$ (7)

Послѣднее уравненіе опредѣляетъ работу деформаціи въ функціи внѣшнихъ силъ, и оно показываетъ что деформація системы зависитъ только отъ конечныхъ значеній внѣшнихъ силъ. Если означимъ черезъ: P_m — равнодѣйствующая внѣшнихъ силъ, дѣйствующихъ на узелъ m, и μ, ν углы этой равнодѣйствующей съ осями координатъ π_m перемѣщеніе узла m и δ и ε углы образуемые перемѣщеніемъ π_m съ осями координатъ то:

$X_m = P_m\cos\mu$; $Y_m = P_m\cos\nu$; $\xi_m = \pi_m\cos\delta$ и $\eta_m = \pi_m\cos\varepsilon$: Слѣдовательно

$X_m\xi_m + Y_m\eta_m = P_m\pi_m(\cos\mu\cdot\cos\delta + \cos\nu\cos\varepsilon) = P_m\pi_m\cos\varphi$; гдѣ φ — уголъ образуемый P_m съ π_m; поэтому: $X_m\xi_m + Y_m\eta_m = P_m\pi_m\cos\varphi$. Если $\pi_m\cos\varphi$ — проэкція перемѣщенія π на направленіе силы P_m означимъ черезъ p_m то $X_m\xi_m + Y_m\eta_m = P_m p_m$

Если возьмемъ сумму подобныхъ произведеній для всѣхъ узловъ, то получимъ $\sum X_\xi + \sum Y_\eta = \sum P_p$. Теперь ур-іе 7 можно представить въ видѣ:

$$T_0 = \frac{1}{2}(\sum X_\xi + \sum Y_\eta) = \frac{1}{2}\sum P_p. \quad (8)$$

Проекцію перемѣщенія точки приложенія силы на направленіе этой силы будемъ для краткости называть относительнымъ перемѣщеніемъ. Когда $\varphi > 90°$ то $\cos\varphi$, а слѣдовательно и p, получаетъ отрицательный знакъ, изъ чего слѣдуетъ, что относительное перемѣщеніе должно быть взято съ положительнымъ или отрицательнымъ знакомъ, смотря потому, получается ли проекція перемѣщенія на направленіе силы или на ея продолженіе въ противоположную сторону (см. гер. 69.)

Изъ ур-ія 8) получаемъ слѣдующее правило: работа деформаціи упругой сочиненной системы равняется полусуммѣ произ-

ведений, которыя получатся, если каждую изъ дѣйствующихъ на систему внѣшнихъ силъ умножимъ на относительное перемѣщение ея точки приложенія.

Производная работы деформаціи.

Пусть мы имѣемъ неизмѣняемую систему ABCDMK находящуюся (гр. 70) подъ дѣйствіемъ внѣшнихъ силъ $P_1 P_2 P_3 P_4 P_m P_n$, причемъ вслѣдствіи этого дѣйствія точки приложенія силъ получили относительныя перемѣщенія $p_1 p_2 p_3 p_4 p_m p_n$. тогда работа деформаціи будетъ:

$$\zeta_0 = \tfrac{1}{2}\sum P_1 p = \tfrac{1}{2}(P_1 p_1 + P_2 p_2 + \dots + P_m p_m + P_n p_n \dots \quad (1)$$

Если одна изъ дѣйствующихъ на систему внѣшнихъ силъ, напр P_m измѣнится на безконечно малую величину dP_m, то система получитъ безконечно малое измѣненіе деформаціи, при которомъ относительныя перемѣщенія p-точекъ приложенія силъ P измѣнятся на безконечно малыя величины dp. Каждая изъ силъ P произведетъ во время этой безконечно малой деформаціи работу $P_1 dp_1$; поэтому полное измѣненіе деформаціи ζ_0, произведенное безконечно-малымъ измѣненіемъ силы P_m будетъ $\sum P_1 dp_1$ (2) Для того чтобы опредѣлить производную работы деформаціи ζ_0 произведенное измѣненіемъ силы P_m возьмемъ производную отъ выраженія $\zeta_0 = \tfrac{1}{2}\sum Pp$ по P_m. Получимъ:

$$\frac{d\zeta_0}{dP_m} = \tfrac{1}{2}\left[\sum P \frac{dp}{dP_m} + \sum p \frac{dP}{dP_m}\right] \quad (3)$$ (полагая P и p. перемѣнными.) Чтобы опредѣлить выраженіе $\sum p \frac{dP}{dP_m}$ возьмемъ производную по P_m отъ равенства (1) Такъ какъ $P_1 P_2 \dots P_n$ за исключеніемъ P_m – величины постоянныя и независимыя а также и перемѣщенія $p_1 p_2 p_3 p_4 p_m p_n$. то напишемъ $\tfrac{1}{2}\sum\left[p_1 \frac{dP}{dP_m} = \tfrac{1}{2}(0 + 0 + \dots + p_m + 0)\right.$ откуда $\sum p \frac{dP}{dP_m} = p_m$. и ур-ію (3) будетъ $\frac{d\zeta_0}{dP_m} = \tfrac{1}{2}\left[\sum P \frac{dp}{dP_m} + p_m\right]$. Но изъ ур-ія (2) мы можемъ написать производную работы деформаціи $\frac{d\zeta_0}{dP_m} = \sum P \frac{dp}{dP_m} \dots$ и слѣд. ур-ію 3-му будетъ $\frac{d\zeta_0}{dP_m} = \tfrac{1}{2}\left[\frac{d\zeta_0}{dP_m} + p_m\right]$ отсюда имѣемъ $\frac{d\zeta_0}{dP_m} = p_m$

Изъ послѣдняго уравненія получаемъ слѣдующую теорему:

Если будемъ разсматривать внѣшнія силы, какъ независимыя величины и выразимъ работу деформаціи въ функціи внѣшнихъ силъ, то производная этой работы, взятая по отношенію къ одной изъ внѣшнихъ силъ дастъ относительное перемѣщеніе p_m точки приложенія этой силы.

Приложеніе принципа производной работы деформаціи къ разсчету статически-неопредѣленныхъ системъ.

Когда неизмѣняемая система имѣетъ добавочные стержни, то устраненіе этихъ стержней не измѣняетъ геометрическаго вида системы, такъ какъ этотъ видъ вполнѣ опредѣленъ нужными стержнями. Отсюда слѣдуетъ, что если на мѣсто добавочныхъ стержней поставимъ силы, равныя ихъ напряженіямъ, то эти силы окажутъ такое же дѣйствіе на деформацію, а слѣд. и на сопротивленіе нужныхъ стержней, какое производятъ добавочные стержни, когда они находятся въ системѣ. Поэтому послѣ наступленія равновѣсія, сопротивленія добавочныхъ

стержней можно разсматривать, точно как и внѣшния силы за незави-
симыя величины. Это свойство добавочных стержней даетъ воз-
можность произвести разсчетъ статически неопредѣленных системъ
къ разсчету статически опредѣленных слѣдующимъ образомъ:
Изъ данной статически неопредѣленной системы устраняемъ всѣ
добавочные стержни и на ихъ мѣсто ставимъ силы, равныя сопро-
тивленіямъ этихъ стержней. Для краткости эти силы будемъ
называть добавочными силами. Добавочная сила состоитъ всегда
изъ двухъ равныхъ и противоположныхъ силъ, дѣйствующихъ по напра-
вленію прямой, соединяющей узлы устраненнаго стержня. Если
стержень сопротивляясь растягивается, то при деформаціи раз-
стояніе его узловъ увеличивается. Сопротивленіе стержня проти-
дѣйствуетъ этому увеличенію, и оно стремится привести
узлы въ первоначальное положеніе, изъ чего слѣдуетъ, что для то-
го, чтобы внѣшния силы, замѣняющія данный стержень, произ-
вели точно такое дѣйствіе, какое производитъ самъ стержень,
онѣ должны быть направлены отъ тѣхъ узловъ, которые со-
единяетъ этотъ добавочный стержень. (чер. 71. а.). Когда сопротивле-
ніе стержня сжатіе, то замѣняющія его внѣшния силы нап-
равлена въ сторону тѣхъ узловъ, на которыя онѣ дѣйствуютъ.
(стержень cd на чер. 71. в.). потому что въ этомъ случаѣ первонача-
льное разстояніе узловъ устраненнаго стержня уменьшалось, а силы
упругости стремятся его величину возстановить, т.е. стремятся
увеличить разстояніе увеличить. Когда добавочные стержни уд-
раненны и замѣнены добавочными силами, то вмѣсто данной
статически неопредѣленной системы получимъ статически оп-
редѣленную, на которую кромѣ данныхъ внѣшнихъ силъ, дѣй-
ствуютъ еще добавочныя. Если потомъ выразимъ работу де-
формаціи этой статически опредѣленной системы въ функціи
внѣшнихъ силъ, то полученное выраженіе будетъ функціей дан-
ныхъ внѣшнихъ и неизвѣстныхъ добавочныхъ силъ, въ кото-
рой какъ первыя такъ и послѣднія имѣютъ свойства независи-
мыхъ величинъ. Производная этой работы, взятая по отноше-
нію къ одной изъ внѣшнихъ силъ (къ которымъ принадлежатъ
и добавочныя силы) даетъ относительное перемѣщеніе точки при-
ложенія этой силы.
Если потомъ ав (чер. 71. а.) добавочный стержень и Д его сопротивленіе
(а слѣдовательно Д и Д замѣняющія его внѣшнія силы) то взявши
производную работы деформаціи по отношенію къ силѣ Д, дѣйст-
вующей въ а - получимъ относительное перемѣщеніе аа, точки а,
а производная этой же работы, взятая по отношенію къ силѣ
Д, дѣйствующей въ в, дастъ относительное перемѣщеніе вв, точки в.
Такъ какъ направленія этихъ обоихъ силъ совпадаютъ и опредѣ-
ляются прямой, соединяющей узлы а и в, на которые онѣ дѣй-
ствуютъ, то и относительныя перемѣщенія аа, и вв, будутъ

находится на этой прямой и их сумма aa_1+bb_1 будет иметь другой, как изменение расстояния узлов a и b, произведенное деформацией. Но в данной первоначально системе, содержащей вместо силы D стержень ab, которого сопротивление D, это изменение расстояния узлов a и b будет равно изменению длины стержня ab произведенному деформацией, которое по предыдущему равно $\frac{Dl}{EQ}$ (l-длина стержня, Q площадь поперечного сечения.) Перемещение $aa_1=-\frac{dz_0}{dD_a}$, перемещение $bb_1=-\frac{dz_0}{dD_b}$; $aa_1+bb_1=\frac{Dl}{EQ}=-\frac{dz_0}{dD_a}-\frac{dz_0}{dD_b}$; (1) Знак - производных $\frac{dz_0}{dD}$ происходит от того, что действующия в a и b сопротивления D направлены в стороны, противоположныя перемещениям точек a и b.

Мы можем написать на основании теоремы о полном дифференциале $dz_0=\frac{dz_0}{dD_a}D_a+\frac{dz_0}{dD_b}D_b$ и так как $D_a=D_b=D$, то имеем $\frac{dz_0}{dD}=\frac{dz_0}{dD_a}+\frac{dz_0}{dD_b}$

Уравнение (1) можно потому написать так $\frac{Dl}{EQ}=-\frac{dz_0}{dD}$ или $\frac{Dl}{EQ}+\frac{dz_0}{dD}=0$. Это уравнение имеет место всегда, когда и функция $z_0=\frac{1}{2}\Sigma Pp$, и таких ур-ний можно составить столько, сколько система имеет добавочных сил, или что одно и тоже, сколько она имеет добавочных стержней.

Если неизменяемая система имеет n узлов и S стержней (включая и воображаемые опорные стержни) и $S>2n$, то она имеет $S-2n$ добавочных стержней. Число неизвестных напряжений $=S$; для них определения дают условия равновесия $2n$, а условия нулевой работы деформации $=(S-2n)$ уравнений, число всех ур-ний для определения S неизвестных сопротивлений стержней поэтому $=2n+S-2n=S$. след. все неизвестныя из этих ур-ий могут быть определены.

Применим теорему работы деформации в случае сложной балки (чер. 72.) Мы получили раньше следующия выражения для работа деформации и производной от нея $z=\frac{1}{2E}\int\sigma^2 dv$ ... (1), и $\frac{dz}{dP_m}=p_m$ ... (2) Эти выражения, которыя мы вывели для сочиненных систем, можно распространить и на системы сложныя, предположив, что построения состоят из очень большого числа узлов, соединенных между собою стержнями очень малой величины. На чер. 72 мы имеем случай сложного изгиба, который как мы видели раньше для всякого сечения к продольной силе N и скалывающей T. Напряжение материала выразится формулой $\sigma=\frac{N}{\Omega}+\frac{Mv}{J}$ ... (3)

Дифференцируя выражение (1) имеем $\frac{dz}{dP_m}=\int\frac{2\sigma d\sigma dv}{2E\,dP_m}=\int\frac{\sigma d\sigma dv}{E\,dP_m}$ ... (4).

Дифференцируя ур-ие (3) получим $\frac{d\sigma}{dP_m}=\frac{dN}{\Omega dP_m}+\frac{v}{J}\frac{dM}{dP_m}$ (5) (Для выбранного сечения J и Ω постоянныя величины) Подставляя $\frac{d\sigma}{dP_m}$ из ур-ия (5) в (4) имеем:

$\frac{dz}{dP_m}=\int\left(\frac{N}{\Omega}+\frac{Mv}{J}\right)\left(\frac{dN}{dP_m}\cdot\frac{1}{\Omega}+\frac{dM}{dP_m}\cdot\frac{v}{J}\right)\frac{dv}{E}$. Раскрывая скобки и заменяя dv через $d\Omega dx$ имеем: $\frac{dz}{dP_m}=\int\left(\frac{N}{\Omega^2}\frac{dN}{dP_m}+\frac{Mv}{\Omega J}\frac{dN}{dP_m}+\frac{Nv}{\Omega J}\frac{dM}{dP_m}+\frac{Mv^2dM}{J^2dP_m}\right)\frac{d\Omega dx}{E}$ ... При первой интеграции по $d\Omega$, определенное сечение Ω остается неизменяемым, $\frac{dN}{dP_m}$ и $\frac{dM}{dP_m}$ будут для данного сечения постоянными, кроме этого $\int d\Omega=\Omega$, $\int v\,d\Omega=0$ $\int v^2 d\Omega=J$; $\frac{dz}{dP_m}=\frac{1}{\Omega^2}\int\frac{N}{E}\frac{d\Omega dN}{dP_m}dx+\int\frac{M}{\Omega J}\cdot\frac{dN}{dP_m}\cdot\frac{v\,d\Omega}{E}dx+\int\frac{N}{\Omega J}\frac{dM}{dP_m}\frac{v\,d\Omega}{E}dx+$
$+\int\frac{M}{J^2}\frac{dM}{dP_m}\frac{v^2 d\Omega}{E}dx=\int\frac{N}{\Omega E}\frac{dN}{dP_m}dx+\int\frac{M}{EJ}\frac{dM}{dP_m}dx$ ... (6) Сравнивая выражения (2) и (6) находим $p_m=\int\frac{N^2}{\Omega E}\frac{dN}{dP_m}dx+\int\frac{M}{EJ}\frac{dM}{dP_m}dx$ ... (7) Величины N и M - функции внешних сил P_1, P_2, P_3

получим наст выражения. Если в точке A (чер. 72.) действовала бы сила =1 то возбуждалась бы в сечении Ω внутренняя продольная сила = положим n_1, если бы в точке B действовала также только одна сила 1 и направленная как P_2 то возбуждалась бы сила n_2 .... Продольная сила N нормальная к данному сечению = сумма всех продольных сил, возбуждаемых внешними силами и будет $N = n_1 P_1 + n_2 P_2 + \dots + n_m P_m$ — Также можно получить что $M = m_1 P_1 + m_2 P_2 + \dots + m_m P_m + \dots$ Синд. M и N функций первой степени, и взявши от них произв. по P_m получим $\frac{dN}{dP_m} = n_m$ и $\frac{dM}{dP_m} = m_m$ — Перемещение точки M — p_m получим подставляя в ур-ие (7) величины $\frac{dN}{dP_m}$ и $\frac{dM}{dP_m}$ синд. $p_m = \int \frac{N n_m}{E\Omega} dx + \int \frac{M m_m}{EJ} dx$

Определить n и m мы можем полагая что все силы = 0, а сила $P_m = 1$. тогда продольная сила возбуждаемая в сеч Ω = n_m а момент соответ. силы = m_m.

Предположим что мы имеем балку, лежащую на 4 опорах и подверженную действию внешних сил $P_1 P_2 \dots$ (чер. 73.) Чтобы определить неизвестные сопротивления опор, мы напишем 2 ур-ия выражающия условия равновесия балки (проекция всех сил на горизонталь и вертикаль = 0.) Тогда мы получим 2 ур-ия с 4 неизвестными, и след. система будет статически неопределенная, и действительно из данных 4 опор мы можем выбрать 2 нужные и 2 остальные будут добавочные. Устранивши 2 добавочные опоры мы можем определить аналитическим или графическим способом сопротивления R_1 и R_2 опор A и C. Обозначивши сопротивления добавочных опор B и C — D_1 и D_2 мы можем на основании предыдущего написать для функций M и N — $N = N_0 + n_1 D_1 + n_2 D$ и $M = M_0 + m_1 D_1 + m_2 D_2$, где N_0 сумма внутренних продольных сил возбуждаемых в сечении силами $P_1 P_2 \dots$ и R_1 и R_2 (n_1 и m_1 можно определить полагая все силы = 0 а $D_1 = 1$, аналогично n_2 и m_2 а M_0 соответствующая сумма моментов. Относительное перемещение сечения $p_m = \int \frac{N n_m}{E\Omega} dx + \int \frac{M m_m}{EJ} dx$; напишем его по отношению сечениям взятым над опорами B и C. — $p_1 = \int \frac{N n_1}{E\Omega} dx + \int \frac{M m_1}{EJ} dx$ = очевидно нулю, так как опора предполагается несжимаемой. и $p_2 = \int \frac{N n_2}{E\Omega} dx + \int \frac{M m_2}{EJ} dx = 0$; подставляя в эти ур-ия выражения M и N получим 2 уравнения с двумя неизвестными D_1 и D_2 которая отсюда можно определить.

В частном случае для сочлененной системы, так как стержни подвергаются только растяжению или сжатию то $M_0 = 0$, и формула (7) примет вид $p_m = \int \frac{N n_m}{E\Omega} dx$.

В случае же действия сил ∥ плоскости сечения балки $N = 0$ и $p_m = \int \frac{M m_m}{EJ} dx$.

Инфлуентная линия.

Когда на сооружение действует подвижная нагрузка, то ея действие изменяется вместе с ея положением. Влияние подвижного груза на величину искомого неизвестного (которым может быть напряжение, момент, срезывающее усилие и т.д.) всего проще определяется помощью линий влияния или инфлуентных линий.

Пусть у насъ имѣется сооруженіе и на него дѣйствуетъ перемѣщающаяся сила $P=1$. (чер. 74.) Сила эта произведетъ въ разсматриваемой точкѣ M какое нибудь дѣйствіе (растяженіе, изгибъ, скалываніе и пр.). Пусть когда сила находится въ A: величина ея дѣйствія выразится отвлеченно по величинѣ $=y$; когда сила находится въ $A'-y'$; въ $A''-y''$..... Возмемъ оси координатъ и отложимъ на соотвѣтствующей ординатѣ проходящей черезъ точку приложенія A силы $P=1$ соотвѣтственную величину y, на ординатѣ проходящей черезъ $A'-y'$ на ординатѣ проходящей черезъ $A''-y''$. Очевидно, что при перемѣщеніи силы измѣняется и ея дѣйствіе на разсматриваемую точку M, въ нѣкоторыхъ положеніяхъ ея оно $=0$; въ нѣкоторыхъ оно можетъ быть противуположнымъ. Ординаты, представляющія противоположныя дѣйствія силы, нужно откладывать въ противоположныя стороны. Выбравши сразу нѣсколько положеній силы, мы повторяемъ вышеуказанное построеніе. Соединивши теперь концы полученныхъ ординатъ кривой, мы получимъ инфлуентную линію или линію вліянія для точки M.

Инфлуентная линія всегда относится къ опредѣленной точкѣ тѣла. Когда грузъ производитъ во всѣхъ точкахъ сѣченія одинаковое дѣйствіе, то инфлуентную линію относятъ къ сѣченію, а если дѣйствіе его во всѣхъ сѣченіяхъ стержня одинаково и постоянно, то ее относятъ къ стержню.

Когда разсматривается отдѣльный стержень или балка то направленіе оси x выбираютъ $\parallel$ оси балки. На чер. 75. представлена инфлуентная линія для балки, лежащей на $3^{хъ}$ опорахъ по отношенію къ точкѣ M. Сдѣлаемъ нѣсколько примѣровъ:

1) Построить инфлуентную линію напряженій сѣченія C прямолинейнаго стержня AB, произведенныхъ растягивающимъ грузомъ $=1$. За ось абсциссъ (чер. 76.) выбираемъ прямую $ox \parallel AB$. Если площадь сѣченія C обозначимъ Ω, то для всякаго положенія груза между A и C напряженіе въ C постоянно и равно $\frac{1}{\Omega}$, а для всякаго положенія точки приложенія груза вѣнѣ C напряженіе равно нулю. Инфлуентная линія поэтому будетъ прямая $ap \parallel ox$, отстоящая отъ ox на разстояніи $\frac{1}{\Omega}$.

2) Построить инфлуентную линію изгибающихъ моментовъ для точки p, или все равно для сѣченія Mr балки лежащей на двухъ опорахъ (чер. 79.) Пусть грузъ $=1$ вступаетъ на балку въ точкѣ B и движется справа на лѣво. Опоры оказываютъ реакціи, причемъ лѣвая опора въ A даетъ реакцію $\frac{l-x}{l}$, а потому сгибающій моментъ въ сѣченіи Mr будетъ $y=\frac{l-x}{l}a$ ....(1)

Этимъ уравненіемъ опредѣляется прямая $o'k$, для которой при $x=l$ будетъ $y=0$, а при $x=0$, будетъ $y=a$. Ур-ніемъ (1) сгибающій моментъ будетъ опредѣляться лишь до тѣхъ поръ, пока грузъ не перейдетъ сѣченія Mr; когда же онъ перейдетъ влѣво за сѣченіе Mr, то нужно будетъ брать другое уравненіе, а именно $y=\frac{x}{l}(l-a)$ ..(2) такъ какъ

сопротивлений опора $B = 1 \cdot \frac{x}{c}$. Изъ ур-ія (2) имѣемъ при $x=0$, $y=0$; при $x=l$, $y=l-a$. Уравненіе это намъ даетъ прямую Ok'. Эти линіи Ok и Ok' пересѣкаются въ точкѣ t въ плоскости разематриваемаго сѣченія MN, причемъ tm даетъ намъ величину изгибающаго момента въ сѣч. MN, когда грузъ $=1$ дѣйствуетъ въ плоскости этаго сѣченія.

Такъ какъ $Ot=Ok$ и $O't=O'k'$, то для построенія искомыхъ инфлуентныхъ линій слѣдуетъ только провести окружности изъ O радіусомъ $=a$ а изъ O'-радіусомъ $b-a$, какъ тотчасъ и опредѣлятся точки k и k', прямая Ok' и $O'k$ и линія моментовъ Oto'. Если бы требовалось построить въ данномъ случаѣ инфлуентную линію напряженій, то выраженіе напряженія въ точкѣ p разематриваемаго сѣченія будетъ $б = \frac{Me}{J}$, гдѣ e-есть разстояніе точки p отъ нейтральной линіи, а J-моментъ инерціи сѣч. MN. Такъ какъ для точки p даннаго сѣченія величина $\frac{e}{J} = const = c$, то $б = cM$. Отсюда видимъ что инфлуентная линія напряженій въ данномъ случаѣ будетъ такого же вида какъ и инфлуентная линія моментовъ. Разница въ томъ что соотвѣтственныя ординаты напряженій въ c разъ больше соотвѣтственныхъ ординатъ моментовъ, и въ первомъ случаѣ инфлуентная линія моментовъ относилась ко всему разсматриваемому сѣченію, а въ данномъ случаѣ къ опредѣленной его точкѣ p.

Такъ какъ въ фермахъ всѣ стержни подвергаются только растяженію или сжатію, то напряженія одинаковы во всѣмъ стержнямъ, и слѣд. можно строить инфлуентныя линіи для цѣлыхъ стержней системы. Пусть напр. (чер. 80.) имѣется у насъ какая нибудь ферма и ищется инфлуентная линія напряженій для стержня mn.

Если бы мы произвели построеніе, то оказалось бы, что когда грузъ находится справа стержня mn, онъ производитъ положительное напряженіе, т. е. растяженіе стержня mn, а когда слѣва, то отрицательное—сжатіе. Возьмемъ еще примѣръ:

3) Построить инфлуентную линію моментовъ для балки съ опорой на вѣсу (чер. 82.). Если бы мы взяли сѣч. N балки CD лежащей на концахъ AC и DF, то имѣли бы простой случай балки на двухъ опорахъ и при положеніяхъ груза между C и D инфлуентную линію мы легко могли построить. Если же грузъ переместится влѣво за C или вправо за D, то онъ не будетъ оказывать вліянія и слѣд. инфлуентная линія въ этомъ случаѣ будетъ $=0$. Совсѣмъ другое будетъ для сѣченія N' (между A и B или симметрично между E и F) Когда грузъ въ этомъ случаѣ будетъ перемѣщаться отъ A къ B. то мы опять имѣемъ балку на двухъ опорахъ и инфлуентная линія выразится прямыми Cs и Si ур-ія которыхъ по предыдущему будутъ: для Cs $y = \frac{l-a}{c}x$ а) для Si - $y = \frac{l-x}{c}a$. Когда же грузъ переместится за опору B между B и C, то обозначивши его разстояніе отъ A черезъ z сопротивленіе опоры A получимъ взявъ сумму моментовъ относительно B, $-Al+(z-l).1=0$, откуда $A = -\frac{(z-l)}{c}$ и ур-ія инфлуентной линіи между B и C будетъ $y = -\frac{a}{c}(z-l) = \frac{l-z}{c}a$ б) тождественное 2-му; слѣд. инфлуент-

ная линія между B и C выразится прямою uv, которая будетъ продолженіемъ 5u. Затѣмъ если грузъ помѣстится между C и D, то сопротивленіе конца C будетъ $C = \frac{(l+l_1+l_2-z_1)}{l_2}$; сопротивленіе опоры A при этомъ $A \cdot l + C l_1 = 0$ откуда $A = -\frac{Cl_1}{l}$ или $A = -\frac{(l+l_1+l_2-z_1)}{l \cdot l_2} \cdot l_1$ тогда ур-іе инфлуентной линіи между C и D будетъ $y = \frac{al_1}{l \cdot l_2}(z_1 - l - l_1 - l_2)$ (4) Откуда мы видимъ что при $z_1 = l+l_1+l_2$ $y=0$, а при $z_1 = l+l_1$ $y = -\frac{al_1 l_2}{l \cdot l_2} = -\frac{al_1}{l} = cv$ Если мы въ ур-іи 3-мъ положимъ $z = l+l_1$, то y будетъ $\frac{l(l-l_1)}{l}a = -\frac{al_1}{l}$ та же величина что и изъ ур-ія 4-го. Изъ этого мы получаемъ что инфлуентная линія выразится прямою vz. Если затѣмъ грузъ будетъ помѣщаться за D вправо, то онъ не будетъ оказывать вліянія относительно сѣченія N и слѣд. вся инфлуентная линія момента въ данномъ случаѣ относительно сѣченія N выразится ломанной линіей zsvz.

Сдѣлаемъ слѣдующее важное замѣчаніе: Если возьмемъ (чер. 81 ав) двѣ точки s и t и обозначимъ моментъ отъ дѣйствія силы P, приложенной въ точкѣ t, относительно сѣченія, проходящаго черезъ точку s черезъ M_{st} и моментъ отъ дѣйствія той же силы P, приложенной въ точкѣ s, относительно сѣченія, проходящаго черезъ точку t черезъ M_{ts}, то получимъ $M_{ts} = M_{st}$. Дѣйствительно реакція опоры въ первомъ случаѣ (чер. 81а) будетъ $R_1 = P\frac{l-x}{l}$ и моментъ $M_{st} = \frac{P(l-x)a}{l}$ (1) .... Реакція опоры A во второмъ случаѣ $R_1' = P\frac{l-a}{l}$ и моментъ $M_{ts} = R_1' x - P(x-a)$ слѣд $M_{ts} = \frac{P(l-a)x}{l} - P(x-a)$; или сдѣлавъ вычисленія находимъ $M_{ts} = \frac{P(l-x)a}{l}$ (2) Сравнивая выраженія (1) и (2) находимъ $M_{st} = M_{ts}$. Этимъ свойствомъ можно пользоваться при построеніи инфлуентныхъ линій.

Дѣйствіе производимое системой силъ.

Пусть балка (чер. 83) лежитъ на трехъ опорахъ пусть mnpq инфлуентная линія относящаяся къ какому нибудь сѣченію ея N.N. Требуется опредѣлить какое дѣйствіе производитъ на это сѣченіе система силъ $P_1 P_2 P_3 P_4$, когда они занимаютъ на брусѣ положенія указанныя на чертежѣ. Если бы грузъ P_1 равенъ былъ 1 и онъ дѣйствовалъ бы одинъ, то его дѣйствіе было бы η_1 (см. на чертежѣ) Но такъ какъ $P_1 \neq 1$ то дѣйствіе этого, груза очевидно будетъ $P_1\eta_1$ Дѣйствіе груза P_2 подобнымъ же образомъ будетъ $P_2\eta_2 - P_3 - P_3\eta_3$ .... Если же на брусъ дѣйствуютъ грузы $P_1 P_2 P_3 P_4$ одновременно, то общее ихъ дѣйствіе будетъ алгебраическая сумма отдѣльныхъ дѣйствій. $N = P_1\eta_1 + P_2\eta_2 - P_3\eta_3 - P_4\eta_4$ .... (4) Третій членъ здѣсь отрицательный ибо сила P_3 дѣйствуетъ въ противоположную сторону, четвертый тоже отрицательный ибо ордината η_4 соотвѣтствующая грузу P_4 направлена въ противоположную сторону.

И такъ, чтобы опредѣлить дѣйствіе, производимое произвольной системой силъ въ данномъ сѣченіи или стержнѣ, нужно измѣрить ординаты η_1, η_2 .... линій вліянія, соотвѣтствующія точкамъ приложенія силъ P_1, P_2 .... и составить алгебраическую сумму

Определимъ дѣйствія системы грузовъ можно также приложить въ случаѣ непрерывной нагрузки. Пусть пр. (чер. 76) инфлуентная линія относящаяся къ сѣченію t бруса AB закрѣпленнаго какимъ нибудь образомъ. На немъ неподвижно находится непрерывная нагрузка выражаемая кривой ab. Разобьемъ ее на безконечно узкія полоски шириною dx и будемъ разсматривать каждую такую полоску, какъ сосредоточенный грузъ. Дѣйствіе полоски $q_1 dx$ на сѣченіе t будетъ $q_1 dx y_1$, дѣйствіе полоски $q_2 dx$ — $q_2 dx y_2$. Дѣйствіе всей площади $Ab_1 a_1$ выражающей собою непрерывную нагрузку будетъ $\int_a^b q\,dx y$.
Въ случаѣ же равномѣрной нагрузки (чер. 77.) $q = const$ и дѣйствіе ея выразится $\int_a^b q\,dx y = q\int_a^b dx y$; но $\int_a^b dx y$ выражаетъ заштрихованную площадь инфлуентной кривой между пс и kd. $= \omega$ Слѣд. въ этомъ случаѣ дѣйствій выразится $N = q\omega$. т.е. дѣйствіе, производимое непрерывной равномѣрной нагрузкой, равняется площади инфлуентной линіи, заключенной между ординатами, соотвѣтствующими конечнымъ точкамъ нагрузки, умноженной на единичный грузъ р.

Опредѣленіе опаснаго положенія системы грузовъ.

При разсчетѣ мостовыхъ сооруженій разсматриваются часто такія системы грузовъ, которыхъ разстоянія между собою постоянны, но вся система перемѣщается по данному сооруженію. Напр. эта нагруженный поѣздъ представляетъ собою подобную систему грузовъ, состоящую изъ давленій колесъ. При перемѣщеніи подобной системы грузовъ — ея дѣйствіе очевидно будетъ измѣняться для даннаго сѣченія, увеличиваясь или уменьшаясь. Max. напряженія въ данномъ сѣченіи при извѣстномъ положеніи подвижныхъ грузовъ, характеризуетъ опасное положеніе ихъ. Опредѣленіе опаснаго положенія системы грузовъ производится при помощи инфлуентной линіи. Пусть (чер. 84.) $Oabcdefgk$ — инфлуентная линія для какого нибудь сѣченія N стержня AB принадлежащаго какой нибудь фермѣ; $P_0 P_1 P_2 P_3 P_4 P_5$ система подвижныхъ грузовъ, занимающая въ какой нибудь моментъ положеніе, указанное на чертежѣ. Означивъ черезъ $\eta_0 \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \eta_5$ ординаты инфлуентной линіи, соотвѣтствующія грузамъ $P_0 P_1 \ldots$ и черезъ N дѣйствіе системы этихъ грузовъ въ сѣченіи N, къ которому относится инфлуентная линія по вышеуказанному имѣемъ: $N = -P_0\eta_0 + P_1\eta_1 + P_2\eta_2 + P_3\eta_3 + P_4\eta_4 + P_5\eta_5$
При перемѣщеніи системы грузовъ величины $\eta_0 \eta_1 \eta_2 \ldots$ будутъ измѣняться, а слѣд. будетъ измѣняться и величина N. Пусть система переместилась далѣе на безконечно малую величину Δx причемъ величина N измѣнилась на ΔN. Величина N будетъ max при условіи $\frac{\Delta N}{\Delta x} = 0$. (такъ какъ $\eta_1 \eta_2 \eta_3 \ldots$ можно выразить черезъ X, то на основаніи теоремы Анализа при max ф-ціи производная ея $= 0$.)
Передвинемъ всю систему на Δx вправо такъ, чтобы ни одинъ грузъ не перешелъ черезъ вершины $c\,d\,f\,g\ldots$ инфлуентной линіи

и посмотримъ. Будетъ ли величина $\frac{\Delta N}{\Delta x}$ положительна или отрицательна? Производимое теперь дѣйствіе будетъ отличаться отъ прежняго на $\Delta N = -\Delta(-\eta_0)P_0 + \Delta\eta_1 P_1 + \Delta\eta_2 P_2 - \Delta\eta_3 P_3 - \Delta\eta_4 P_4 - \Delta\eta_5 P_5$. Если означимъ углы сторонъ bc, cd, df и т.д. (гр.84) съ Ox черезъ $\alpha, \alpha_2 \alpha_3 \ldots$ то $\Delta\eta_0 = \Delta x \operatorname{tg}\alpha_0$; $\Delta\eta_1 = \Delta x \operatorname{tg}\alpha_1$; $\Delta\eta_2 = \Delta x \operatorname{tg}\alpha_2$; $\Delta\eta_3 = \Delta x \operatorname{tg}\alpha_3$; $\Delta\eta_4 = \Delta x \operatorname{tg}\alpha_4$; $\Delta\eta_5 = \Delta x \operatorname{tg}\alpha_5$, а потому: $\Delta N = P_0 \Delta x \operatorname{tg}\alpha_0 + P_1 \Delta x \operatorname{tg}\alpha_1 + P_2 \Delta x \operatorname{tg}\alpha_2 - P_3 \Delta x \operatorname{tg}\alpha_3 - P_4 \Delta x \operatorname{tg}\alpha_4 - P_5 \Delta x \operatorname{tg}\alpha_5$; или $\frac{\Delta N}{\Delta x} = P_0 \operatorname{tg}\alpha_0 + P_1 \operatorname{tg}\alpha_1 + P_2 \operatorname{tg}\alpha_2 - (P_3 + P_4) \operatorname{tg}\alpha_3 - P_5 \operatorname{tg}\alpha_5$. (1) . . . . .

Если мы переместимъ систему такъ, что ни одинъ грузъ не перейдетъ черезъ вершины инфлуентной линіи, то изъ ур-ія 1 ясно что величина $\frac{\Delta N}{\Delta x}$ постоянна для всего передвиженія системы вправо, пока ни одинъ грузъ не перейдетъ черезъ вершину. Выраженіе (1) легко построить: На прямой O'x' (гр. 85) откладываемъ отъ O' вправо $O'O = P_0$; $\overline{O1} = P_1$; $\overline{1,2} = P_2$; $\overline{2,3} = P_3$; $\overline{3,4} = P_4$; $\overline{4,5} = P_5$ и строимъ вспомогательный многоугольникъ O'mprst такъ, чтобы стороны O'm, mp, ... надъ силами $P_0 P_1 \ldots$ были параллельны тѣмъ сторонамъ инфлуентной линіи, которая пересѣкается силами $P_0 P_1 \ldots$ т. е. O'm ∥ bc; mp ∥ cd; pr ∥ df; rs ∥ fg; st ∥ gh. Изъ построенія видно, что: $\overline{mO} = P_0 \operatorname{tg}\alpha_0$; $\overline{1p} = \overline{1m_1} + \overline{m_1 p} = P_0 \operatorname{tg}\alpha_0 + P_1 \operatorname{tg}\alpha_1$ $\overline{2r} = \overline{1p} + \overline{p_1 r} = P_0 \operatorname{tg}\alpha_0 + P_1 \operatorname{tg}\alpha_1 + P_2 \operatorname{tg}\alpha_2$; $\overline{4s} = \overline{2r} - \overline{s_1 r} = P_0 \operatorname{tg}\alpha + P_1 \operatorname{tg}\alpha_1 + P_2 \operatorname{tg}\alpha_2 - (P_3 + P_4) \operatorname{tg}\alpha_3$ и наконецъ $\overline{5t} = \overline{4s} - \overline{t_2 s_1} = P_0 \operatorname{tg}\alpha + P_1 \operatorname{tg}\alpha + P_2 \operatorname{tg}\alpha - (P_3 + P_4) \operatorname{tg}\alpha_3 - P_5 \operatorname{tg}\alpha_5 = \frac{\Delta N}{\Delta x}$.

Такъ какъ въ данномъ случаѣ отрѣзокъ $\overline{5t}$ положителенъ то и $\frac{\Delta N}{\Delta x}$ также положительна, и слѣд. при движеніи системы грузовъ вправо производимое ею дѣйствіе будетъ увеличиваться на соотвѣтственную величину $\Delta N = \overline{5t} \cdot \Delta x$; слѣд. N приближается къ наибольшему значенію. Пока ни одинъ грузъ не перейдетъ черезъ вершину инфлуентной линіи, до тѣхъ поръ величина $\overline{5t}$ при продолженіи движенія вправо останется неизмѣнной; пусть далѣе при передвиженіи вправо впереди всѣхъ въ нашемъ случаѣ перейдетъ вершину d грузъ P_1, и когда онъ будетъ справа отъ вершины d, то въ выраженіи (1) вмѣсто $P_1 \operatorname{tg}\alpha_1$ придется вставить $P_1 \operatorname{tg}\alpha_2$ тогда: въ этомъ случаѣ: $\frac{\Delta N}{\Delta x} = P_0 \operatorname{tg}\alpha_0 + (P_1 + P_2) \operatorname{tg}\alpha_2 - (P_3 + P_4) \operatorname{tg}\alpha_3 - P_5 \operatorname{tg}\alpha_5$. Измѣнится при этомъ также и видъ вспомогательнаго мн-ка, именно онъ обратится въ O'm'r's't', такъ что теперь получимъ $\Delta N = \overline{5t'} \Delta x$. Величина ΔN будетъ все еще положительна, а это показываетъ, что N продолжаетъ еще стремиться къ maximum'у. При передвиженіи далѣе грузъ P_2 встрѣчаетъ вершину f. и въ выраженіи (1) придется вмѣсто $P_2 \operatorname{tg}\alpha_2$ вставить $-P_2 \operatorname{tg}\alpha_3$. Вспомогательный

многоугольник обратится в отр"s"t", и из чертежа видно что ΔN получает теперь отрицательное значение: $\Delta N = -\overline{5t''} \cdot \Delta x$. и $\frac{\Delta N}{\Delta x} = -\overline{5t''}$ Так как $\overline{5t''}$ отрицательно, то следует, что в момент, когда груз P_2 переходил через вершину ϕ, производная $\frac{\Delta N}{\Delta x}$ и имевшая раньше положительное значение перешла через 0 и стала отрицательной, т. е. что N достигает max. значение, и система поэтому произведет наибольшее действие тогда, когда она имеет такое положение, что груз P_2 проходит через вершину инфлуентной линии. Если ординаты инфлуентной линии соответствующие грузам $P_0 P_1 \ldots$ при этом положении означим через $\eta_0' \eta_1' \ldots$ то: $N_{max} = -P_0\eta_0' + P_1\eta_1' + P_2\eta_2' + P_3\eta_3' + P_4\eta_4' + P_5\eta_5'$. Итак N может достигнуть своего наибольшего значения только тогда, когда один из грузов проходит через вершину инфлуентной линии.

Для определения опасного положения системы грузов получаем следующее правило: устанавливаем систему таким образом, чтобы наиболее тяжелым грузам соответствовали по возможности большия ординаты инфлуентной линии, и чтобы один из них, который означим через P_m находился непосредственно слева одной вершины. Строим для этого положения вспомогательный многоугольник. Затем ставим груз P_m непосредственно справа той же вершины и строим вспомогательный многоугольник для этого второго положения системы грузов. Если последния точки этих вспомогательных многоугольников получатся по разные стороны оси Ox, то действие N достигает maximum'a в момент, когда система имеет такое положение, что груз P_m проходит через рассматриваемую вершину. В противном случае, если напр. обе эти точки получаются выше оси абсцисс, то систему нужно двигать дальше вправо до тех пор, пока какой нибудь другой груз не встретит одну из вершин инфлуентной линии (при этом могут из сооружения сходить некоторые грузы или входить новые) и определить для этой вершины последния ординаты вспомогательных многоугольников при положении груза справа и слева ея. (Заметим что когда maximum'ов несколько, то надо выбрать наибольший.)

В случае если вместо сосредоточенных грузов мы имеем непрерывную нагрузку, состоящую из частей переменных длин и переменных взаимных расстояний, то опасное положение такой нагрузки определяется непосредственно формой инфлуентной линии. Очевидно, что наибольшее положительное действие будет тогда, когда ни одна из слагающих $p dx$ не будет отрицательной, т. е. когда, при положительных единичных грузах p, все y положительны; для наибольшого отрицательного

дѣйствія всѣ у должны быть отрицательны. Такъ, если (чер.86) инфлуентная линія имѣетъ видъ $\alpha\beta\varphi\gamma\delta\varepsilon\zeta$ то для положительнаго max. должны быть нагружены части bc и de, а для отрицательнаго - части ab, cd и ef. Тогда на основаніи правила указаннаго въ предыдущей статьѣ, наибольшее положительное дѣйствіе $\max(+N) = p.x$(площ $\beta\gamma\varphi$ + площ. $\delta\varepsilon\zeta$); наибольшее же отрицательное дѣйствіе будетъ $\max(-N) = px$(площ. $\alpha\beta$ + площ $\gamma\delta$ + площ $\zeta\eta$)

Разсчетъ фермъ.

При разсчетѣ фермъ. для опредѣленія напряженія частей фермы дѣлается слѣдующее предположеніе:
Ферма принимается за неизмѣняемую плоскую сочлененную систему, состоящую изъ стержней (связей) соединенныхъ на концахъ своихъ шарнирнымъ образомъ, причемъ внѣшнія силы дѣйствующія на ферму, принимаются вертикальными, лежащими въ плоскости системы и приложенными только въ узлахъ (точкахъ сочлененія связей) фермы. Внутреній напряженія стержней фермы приводятся къ силамъ или растягивающимъ или сжимающимъ, а потому опредѣливши каждую изъ этихъ внутреннихъ силъ P возбуждаемыхъ въ каждомъ стерженѣ, раздѣляя P на допускаемое напряженіе, получимъ площадь сѣченія стержня $\Omega = \frac{P}{\sigma}$.
Всѣ эти условія осуществляются болѣе или менѣе въ американскихъ фермахъ, въ которыхъ для соединенія стержней въ узлахъ примѣняются болты, но при заклепочныхъ соединеніяхъ стержней, которыя примѣняются у насъ, можно думать только о приблизительномъ осуществленіи этихъ условій.

Разсчетъ фермъ по способу Риттера.

Пусть у насъ имѣется ферма состоящая изъ треугольниковъ (чер.87) на которую дѣйствуютъ силы P, P_1, P_2, Q, Q_1 въ узлахъ 1, 2, 3, 4, 5. Прежде всего опредѣлимъ аналитическимъ, или графическимъ способомъ помощью веревочнаго многоугольника сопротивленія опоръ R_a и R_e.
Проводимъ произвольное сѣченіе II такимъ образомъ, чтобы оно пересѣкало не болѣе 3-хъ стержней фермы, отбрасываемъ лѣвую часть, замѣняя ея дѣйствіе на правую дѣйствіемъ равныхъ сопротивленію перерѣзанныхъ стержней. Выдѣливши такимъ образомъ правую часть фермы, мы видимъ что она находится въ равновѣсіи подъ дѣйствіемъ силъ R_e, P, X, Y и Z гдѣ P и R_e извѣстны. Аналитически условіе равновѣсія выражается тѣмъ что: сумма моментовъ дѣйствующихъ силъ относительно произвольной точки $=0$ и сумма ихъ проекцій относительно двухъ перпендикулярныхъ осей $=0$. Изъ этого условія мы получаемъ 3 уравненія изъ которыхъ можно опредѣлить три неизвѣстныхъ сопротивленія перерѣзанныхъ стержней x, y, и z.

Но при условіи равновѣсія силъ для опредѣленія силъ можно взять также три уравненія моментовъ относительно трехъ произвольныхъ точекъ; въ нашемъ случаѣ имѣемъ:

$$ax+by+cz-M=0\ ;\ a_1x+b_1y+c_1z-N=0 \text{ и } a_2x+b_2y+c_2z-K=0.$$

гдѣ a, b, c – плечи силъ X, Y, Z относительно 1ой точки моментовъ a_1, b_1, c_1 – соотвѣтственныя плечи относительно 2ой, $a_2b_2c_2$ относительно 3ей точки моментовъ; M – моментъ силъ R_6 и P относительно 1ой точки моментовъ, N – 2ой и K – третьей точки.

Для простоты вычисленія инженеръ Ritter предложилъ брать за точку моментовъ точку пересѣченія двухъ неизвѣстныхъ силъ, тогда въ уравненіи моментовъ, моменты этихъ силъ обращаются въ 0 и мы получимъ уравненіе, содержащее моментъ 3ей неизвѣстной силы и моментъ извѣстныхъ силъ, слѣд. мы получаемъ уравненіе съ однимъ неизвѣстнымъ, которое и можетъ быть опредѣлено.

Напр. въ нашемъ случаѣ проведя сѣченіе I–I для опредѣленія силы x беремъ сумму моментовъ относительно точки 4 пересѣченія y и z, при опредѣленіи z – сумму относительно точки 3 пересѣченія x и y, при опредѣленіи y – сумму относительно точки 2 – пересѣченія x и z. Далѣе проводимъ сѣченіе II–II; здѣсь по предыдущему можно найти напряженія X_1 и Y_1, взявъ сумму моментовъ силъ относительно точекъ 2 и 5, но при опредѣленіи z, силы должны быть были за начало моментовъ взять точку пересѣченія X_1 и Y_1, которыя дѣйствуютъ вдоль стержней $\overline{1,2}$ и $\overline{5,4}$ которыя какъ видно изъ чертежа параллельны и слѣд. точка пересѣченія X_1 и Y_1 находится въ безконечности. Здѣсь берется уравненіе выражающее условіе, что сумма проекцій на ось NN' перпендикулярную $\overline{1,2}$ и $\overline{5,4}$ = 0; проекціи X_1 и Y_1 = 0, получится одно ур-іе съ неизвѣстнымъ Z, которое и опредѣляется изъ него. Чтобы опредѣлить напряженія стержней X_2 и Y_2 проводимъ сѣченіе III–III и отбрасываемъ правую часть фермы; здѣсь сѣченіе пересѣкаетъ только два стержня и для опредѣленія X_2 надо брать сумму моментовъ силъ относительно какой нибудь точки K находящейся на y_2, а для опредѣленія y_2 на x_2.

Мы предполагаемъ сначала что всѣ стержни фермы растягиваются, и слѣд. чтобы удержать напряженіе разсматриваемаго стержня силой, послѣдняя должна дѣйствовать отъ узла. Опредѣливши по вышеизложенному способу величину напряженія, мы его получаемъ или съ + или съ –; понятно, что знакъ + указываетъ что данный стержень въ дѣйствительности растягивается, знакъ же – указываетъ на то, что въ дѣйствительности имѣетъ мѣсто сжатіе. Въ первомъ случаѣ сила, удерживающая дѣйствіе отброшенной части должна направлена отъ узла, во второмъ же случаѣ къ узлу.

— . —

Разсчетъ фермъ по способу Кремона.

Пусть имѣемъ ферму представленную на чер. 88. на которую дѣйствуютъ силы $P_1 P_2 P_3 P_5 P_6$. Первоначально опредѣлимъ реакціи опоръ R_a и R_b помощью веревочнаго многоугольника, затѣмъ обозначимъ узлы фермы цифрами 0,1,2,3,4,5,6 а стержни и напряженія стержней мы будемъ обозначать одними же и тѣми же буквами a, b, c, d, f, g, h, k, l, и m; треугольники же изъ которыхъ состоитъ ферма - цифрами I II III IV V. (Если бы въ узлахъ 0 и 4 также дѣйствовали силы, то онѣ бы уничтожались сопротивленіемъ опоръ и не оказывали бы никакого дѣйствія на ферму.)
Для опредѣленія напряженія стержней по способу Кремона дѣлаемъ слѣдующее построеніе, помощью котораго величины напряж. получаются графически.

1) Строимъ многоугольникъ силъ (чер. 89), въ которомъ силы откладываемъ въ круговомъ порядкѣ, т.е. взявши точку 0 откладываемъ сверху дѣйствующую въ узелъ 0 силу реакціи опоры $R_a = \overline{0,0}$, затѣмъ дѣйствующую въ слѣдующемъ узлѣ 1 силу $P_1 = \overline{1,1}$, затѣмъ $P_2 = \overline{2,2}$ далѣе $P_3 = \overline{3,3}$, далѣе $R_b = \overline{4,4}$ (снизу вверхъ); затѣмъ $P_5 = \overline{5,5}$ и наконецъ $P_6 = \overline{6,6}$
Такъ какъ силы $R_a R_b P_1 P_2 \ldots$ дѣйствующія на ферму, находятся въ равновѣсіи, то многоугольникъ силъ долженъ получится замкнутый и конецъ силы $\overline{7,7}$ $\overline{6,6}$ долженъ совпасть съ начальной точкой 0. (Каждую силу обозначаемъ цифрами ея узла, поставленными на ея концахъ, вслѣдствіе чего каждая точка многоугольника силъ будетъ обозначена двумя цифрами.)
2) Проводимъ параллели всѣмъ наружнымъ стержнямъ фермы черезъ точки имъ одноименныя. Такъ черезъ точку 1,0 проводимъ прямую ∥ стержню $\overline{1,0}$, т.е. стержню a, и обозначимъ ее также a; черезъ точку 1,2 прямую ∥ стержню $\overline{1,2}$, черезъ точку 2,3 прямую ∥ $\overline{2,3}$ и т.д. Такимъ образомъ мы на чертежѣ 89 получимъ прямыя a, b, c, d, f, g, h.
3) Остается еще провести прямыя ∥ внутреннимъ стержнямъ фермы. Для этого соблюдаемъ правило: на чер. 89 должны перѣсѣкаться въ одной точкѣ параллели тѣхъ 3-хъ стержней, которые на чер. 88 образуютъ треугольникъ. Будемъ эти точки обозначать цифрами I II ..... соотвѣтственнаго треугольника. Треугольникъ I образованъ a k и i поэтому черезъ точку пересѣченія направленій имѣющихся у насъ a и k, должна проходить параллель i стержню i. Поэтому продолжаемъ a и k до пересѣченія въ точкѣ, которую по предыдущему обозначимъ цифрой I, и черезъ точку I провод. прямую i ∥ стержню i. Треугольника II составляется стержнями i, b и k, поэтому на чер. 89 обозначаемъ пересѣченіе направленій i и b цифрой II, и черезъ точку II проводимъ ∥ параллельно стержню k. Далѣе треугольникъ III образованъ стержнями k, d и l, по предыдущему обозначая точку пересѣченія k и d цифрой III, черезъ точку III проводимъ l ∥ стержню l

Треугольникъ IV образованъ стержнями l, c и m; обозначивши потому точку пересѣченія l и c цифрой IV, мы черезъ эту точку проводимъ ‖ стержню m. Изъ треугольника V мы видимъ что стержни m d и должны пересѣчься въ точкѣ V (чер. 89.) слѣд. при правильномъ построеніи линія m проведенная ‖ стержню m черезъ точку IV должна образовать замкнутый многоугольникъ и пройти черезъ точку I. Отрѣзки a, b, c, d, f, g, h, i, k, l, m даютъ намъ напряженія соотвѣтствующихъ стержней въ томъ же масштабѣ, въ которомъ мы строили силовой многоугольникъ.

Дѣйствительно, если въ данной фермѣ возьмемъ произвольный узелъ, напр. 1 см. чер. 89 А. то онъ находится въ равновѣсіи подъ дѣйствіемъ силы P, и напряженій стержней a i и b. Эти силы должны образовать замкнутый многоугольникъ, причемъ стороны этого замкнутаго многоугольника должны слѣдовать въ томъ же порядкѣ, въ какомъ слѣдуютъ стержни въ узлѣ, т. е. послѣ силы P, по порядку должна слѣдовать сторона b, затѣмъ сторона i и затѣмъ сторона a.
Изъ чертежа 89 видно, что именно этому условію удовлетворяетъ многоугольникъ 12 III 1. Изъ чертежа легко видѣть будутъ ли напряженія a, i, b дѣйствовать растягивающимъ или сжимающимъ образомъ; для этого надо поставить въ многоугольникѣ стрѣлки обозначающія направленія силъ. Сила $\overline{12} = P_1$ будетъ направлена внизъ, и слѣд. надо поставить стрѣлку при вершинѣ 2. Затѣмъ по условію равновѣсія многоугольникъ 12 III 1 долженъ быть непрерывнаго движенія, и надо поставить стрѣлки какъ указано на чертежѣ 89. Отсюда видно, что если мы обозначимъ направленія a b и i на чер. 89 А то увидимъ что a и b будутъ дѣйствовать по направленію къ узлу и слѣд. сжимающимъ образомъ, i же все направленіе отъ узла, и будетъ дѣйствовать растягивающимъ образомъ. Если мы выдѣлимъ узелъ 2. находящійся въ равновѣсіи подъ дѣйствіемъ силъ P_2 c, l, k и b, то узлу 2 будетъ соотвѣтствовать многоугольникъ 2, 3, IV, III II 1. изъ котораго видно что стержни c, l, k и b – всѣ будутъ испытывать сжатіе

Сущность вопроса не измѣнится если въ нѣкоторыхъ узлахъ нѣтъ дѣйствующихъ силъ. На чер. 90 представлена треугольная ферма въ узлахъ 1 и 2 которой дѣйствуютъ силы P_1 и P_2. По предыдущему опредѣляемъ сопротивленія опоръ R_a и R_b дѣйствующія въ узлахъ 0 и 4 и строимъ (чер. 91) многоугольникъ силъ откладывая по порядку $\overline{00}$ (вверхъ) $= R_a$, $11 = P_1$, $22 = P_2$; въ узлѣ 3 силы не дѣйствуетъ, значитъ 33 совпадетъ съ конечной точкой 2 силы $P_2 = \overline{22}$. далѣе откладываемъ вверхъ $44 = R_b$, затѣмъ въ узлѣ 5 силы не дѣйствуютъ и 55 совпадетъ съ точкой 4 и должна совпасть при условіи равновѣсія съ начальной точкой 0. Далѣе строимъ многоугольникъ I II III IV – (Кр

Стропильныя фермы.

Сила дѣйствующія на стропильную ферму (нагрузка кровли, давленіе вѣтра, снѣга и т. п) распредѣляются по узламъ помощью переводовъ. Если на стержень тп дѣйствуютъ приложенныя между узлами силы p, p_1, p_2, p_3 и т. д. въ узлахъ т и п (чер. 94) развиваются нѣкоторыя давленія, которыя всегда можно разложить на параллельныя равнодѣйствующей R силы p и r, и на совпадающія съ направленіемъ стержня и равныя между собою силы N. Силы p и r можно опредѣлить, разложивъ по общимъ правиламъ графостатики, равнодѣйствующую R силъ p, p_1, p_2, p_3 на двѣ ей параллельныя и проходящія черезъ точки т и п. Разложивши такимъ образомъ всѣ силы дѣйствующія между узлами, по узламъ фермы мы можемъ легко опредѣлить напряженія сжатія или растяженія N для каждаго стержня фермы по способу Кремона.

Напряженіе въ любомъ сѣченіи A стержня тп будетъ слагаться изъ напряженія сжатія силой N и напряженія изгиба силами дѣйствующими между узлами. По извѣстной формулѣ слож. ная величина напряженія $\sigma = \frac{N}{\Omega} + \frac{Me}{J}$ (гдѣ Ω поперечное сѣченіе стержня) M изгибающій моментъ опредѣлится по силовому и веревочному многоугольнику (чер. 94) и въ сѣченіи A $M_A = y \cdot h$. Силы p, r и N не зависятъ отъ того, будетъ ли между узлами помѣщаться прямой стержень, или же какая нибудь болѣе сложная вспомогательная часть напр. фермочка, представленная на черт. 95 и употребляемая на практикѣ при разстояніи между узлами болѣе 5 mtr.

Здѣсь расчетъ будетъ производится такъже какъ и въ предыдущемъ случаѣ: сперва не обращая вниманія на вспомогательную фермочку, распредѣляемъ всѣ дѣйствующія силы на узлы и опредѣляемъ давленія N. для стержней главной фермы. Затѣмъ высѣкаемъ отдѣльно вспомогательную фермочку находящуюся подъ дѣйствіемъ силъ P, P_1, P_2, P_3, P_4 и по способу Кремона опредѣляемъ напряженія ея стержней причемъ напряженія стержней te, ef fg и gn будутъ слагаться окончательно такимъ образомъ $\sigma = \frac{N}{\Omega} + \frac{S}{\Omega} = \frac{S+N}{\Omega}$. гдѣ N — осевая сила всего стержня тп, получаемая изъ разсчета по способу Кремона для всей фермы, а S таковая же для каждаго стержня вспомогательной фермы te, ef, fg и gn — совпадающаго съ направленіемъ тп.

На чер. 92 и 93 представлена извѣстная система стропилъ Полонсо; на чер. 96 та же система съ усиленіемъ панелей вспомогательными фермами при большихъ пролетахъ. Опредѣленіе напряженій стержней такой фермы выполняется ука-

(сначала силы Р двигаем между узлами (чер. 97).

данным выше способом. Разложив все силы по узлам A, B C D и E, мы видим что в узлах B, C, D, будут действовать силы = $\frac{P}{4}$ а в узлах A и E силы = $\frac{P}{8}$. Определивши реакции опор, которая в нашем случае будут = $\frac{P}{2}$ (половине нагрузки строим) и направив их вверх, мы можем мысленно отрешится от опор, заменив их силами $\frac{P}{2}$. Так как тогда в узлах A и E будут действовать две противоположные силы — нагрузка в узле = $\frac{P}{8}$ и направленная вниз, и реакция опоры = $\frac{P}{2}$ и направленная вверх, то окончательно силы действующия в узлах A и E = $\frac{3}{8}$ P и направлены вверх. Вадвинем главную ферму ABCDEFG отдельно, обозначим узлы ея цифрами 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 (чер. 97) а стержни буквами a, b, c, d, e, f, g, h, i k, l. и определим (чер. 98) напряжения ея стержней по известному способу Кремона. Вадвинем затем вспомогательную ферму AMB отдельно, и означим узла ея цифрами 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (чер. 99) примем для нея узлы O и 4 за опоры и определим реакции в них. Силы действующия между узлами O и 4 — в узлах 1, 2, и 3 = $\frac{P}{16}$, реакции в O и 4 = $\frac{3}{32}$ P и будут очевидно направлены вверх. Строим на этих силах (чер. 100) силовой многоугольник и многоугольник Кремона которым и определяются напряжения стержней α, β, δ, ε, τ, λ, η, p, q, r, s, t вспомогательной фермы. Чтобы получить окончательно напряжение какого нибудь стержня совпадающего с направлением AC или CE, напр. mn (чер. 96) надо соответствующую силу N для всего стержня AB = a сложить с соответствующим напряжением γ вспомогательной фермы; след. напряжение стержня mn = a + γ. Аналогично напряжение стержня pq = b + β. Ферма обыкновенно закрепляется таким образом; одна из опор напр A (чер. 101) укрепляется шарнирным образом в A, другая же B лежит на катках. В этом случае, если на ферму будут действовать какия нибудь наклонныя силы (напр. давление ветра P) то определение реакции опор производится следующим образом действующия силы и реакции опор должны уравновешиваться; действие силы ветра по предыдущему = P, направление реакции опоры B вертикальное, обозначим неизвестную ея величину через R_b направление же и величина реакции опоры R_a неизвестны. Продадим направления P и R_b до пересечения в точке O, тогда при условии равновесия реакция опоры R_a должна пройти через точку O. Теперь надо силу P разложить по двум направлениям ∥ R_a и R_b, для чего строим статический тр-к OMN, из которого и получаем величины реакций опор R_a и R_b. Определение напряжения стержней фермы в этом случае легко получается построением Кремона. Обозначив узлы цифрами 0, 1, 2... будем (на чер. 102) откладывать действующия силы по порядку. Отложим силу R_a действующую в узле 0 = 5,0 затем силу действующую в узле 1 = ∥ (равно и параллельно P), далее в узлах 2, 3, силы не действуют, затем откладываем вверх силу 4,4 = R_a, в узлах 5 и 6 силы не действуют. Очев

что конец силы 44 должен совпасть с начальной точкой O. Далее выполняем построение Кремона определяющее напряжений всех стержней фермы a, b, c, d....

Если мы будем иметь сложную ферму Полонсо, показанную на чер. 104, то напряжения всех стержней такой фермы нельзя найти непосредственно по способу Кремона. Именно, дойдя до узла B, мы получим более неизвестных чем можно найти этим способом, если действовать в порядке указанном ранее. В этом случае определение напряжений стержней производится двояким способом:

1) Разъединяем ферму произвольным сечением II проходящим через узлы C и отбрасываем правую часть, заменяя ее действие на левую силами D и Z. Если мы определим D и Z то мы можем левую часть фермы рассматривать отдельно под действием сил R_a P, D и Z и определить для нея напряжения стержней по способу Кремона. Определение сил Z и D производится из условий что силы R_a, P, D и Z должны находится в равновесии, след. равнодействующая Z и D должна уравновешивать равнодействующую сил R_a и P = K. Потому продолжая направление K до пересечения с направлением силы Z в точке O, легко видеть что сила D также должна пройти через точку O. Раскладывая силу = −K по направлениям OC и OZ получим величины D и Z.

Если действующия на ферму силы вертикальны, то Z нельзя определить вышеупомянутым графическим способом, и употребляется аналитический способ. (чер. 107) Здесь берется сумма моментов действующих сил относительно точки C = 0 след. мы имеем $Rab - p_1 a_1 - p_2 a_2 - p_3 a_3 - Zb' = 0$ откуда $Z = \frac{-R_a b + p_1 a_1 + p_2 a_2 + p_3 a_3}{b'}$

2). Обозначим узлы фермы цифрами 0, 1, 2, 3, 4.... а стержни левой половины фермы буквами a, b, c, d.... (чер. 105). Строим (чер. 106) силовой многоугольник, откладывая силы по порядку, затем начинаем строить многоугольник Кремона. Через точки 0,1, 1,2, 2,3, 3,4, проводим параллели стержням a, b, c и d фермы и обозначим их теми же буквами a, b, c и d, Затем из точки 0 II 12 проводим 0I II стержню a и до пересечения с a в точке I. Далее по правилу Кремона из точки I проводим II стержню c до пересечения с b в точке II; из точки II параллель b до пересечения ее в точке III; далее непосредственно мы не можем продолжать построение по способу Кремона; тогда переходим к рассмотрению узла 3, в нем действует сила P/2 сила напряжения и разность напряжений стержней c и d, обозначим ее через c,d; 3,4 представляет собою силу P/2 действующую в узле 3, Поэтому если мы из точки 34 проведем II cd а из 3 II v, то получим по величине и направлению M2 = v и 4M = разности c,d Перейдем затем к узлу 13; Здесь действует сила напряжения

стержня v (известная уже), сила N и разность сил ΔP. Строим потом статический треугольник M2N для узла III и определяем из него напряжение стержня n. Найденную величину n переносим в положение IIIK, проводя из точки III параллель 2N и откладывая на ней величину 2N=n. Из полученной точки K проводим KV ∥ t до пересечения с c в точке V. Полученный отрезок t будет выражать собою напряжение стержня t. Перенесем t в положение IIIIV и n в положение IVV, соответствующий последовательному порядку. Теперь не трудно видеть что приведенное построение справедливо; возьмем узел 2. напряжения стержней выходящия из него будут b, c, n, t и S сила действующая на него $= \frac{P}{8} = \overline{22}$, все эти силы $\overline{22}$ b, c, n, t, S образуют замкнутый многоугольник и находятся в равновесии; поставив у $\overline{22}$ стрелки обозначающия направление силы $\frac{P}{8}$ мы на основании непрерывности движения можем определить направления сил b, c, n, t и S и узнать, испытывают ли соответственные стержни растяжение или сжатие. Далее из чертежа ясно что если из точки V проведем параллель v до пересечения с d в точке VI то полученный отрезок VIVII будет равняться 2M = v. Далее из точки 0, II проводим Z параллельно стержню Z; из тр-ка IV видно что он образован сторонами n, t и β, след. β надо провести параллельно стержню β из точки IV до пересечения с Z в точке J; тогда $\overline{IVJ}$ будет выражать напряжение стержня β. Чтобы определить напряжение стержня α надо из точки VI пересечения v и d провести параллель α стержню α, при правильности построения она должна совпасть с β и пересечься с Z в точке J, тогда отрезок VIJ будет выражать напряжение стержня α.
Далее напряжения стержней m и n будут соответственно выражаться отрезками $\overline{IO}$ и $\overline{IIIO}$.

Рассмотренная ферма с затяжками не дает горизонтального распора. В практике иногда применение затяжки неудобно, и тогда употребляют систему трехшарнирных стропил, дающих распор. (гер. 106) Подвижной опоры в таких фермах не имеется. Суть дела при расчете таких ферм сводится к определению реакций опор, которое делается следующим образом. Сперва положим, что силы действуют силы на одну левую половину и сводятся к равнодействующей R. При равновесии как равнодействующая всех сил R, так и реакции B, C и A, должны пересечься в одной точке O_1; след. Соединив C с B_1 и продолжив до пересечения в O_1, мы определим направление реакции A. Отбросив правую часть фермы и заменив ее действие на левую силой C, построившей на данной силе R, и направлениях AO и CO тр-ка равновесия, найдем величины сил C и A. Поступив точно также для правой половины, получим силы C_1 и B. Для всей фермы

реакцій получимъ, сложивъ попарно силы C_1 и A и C и B, тогда мы получимъ въ нашемъ случаѣ, 2 равныя силы R (чер. 107)

Графическіе способы опредѣленія деформацій.

Всякая ферма подъ вліяніемъ внѣшнихъ силъ получаетъ нѣкоторое измѣненіе формы. Такъ напр. система представленная на чер 108 подъ вліяніемъ силъ $P_1 P_2 P_3 P_4 P_5$ измѣнилась, принявши видъ показанный пунктиромъ; узлы $a, b, c \ldots$ соотвѣтственно переместятся въ $a_1, b_1, c_1 \ldots$. Перемѣщеніе узла q по направленію дѣйствія груза P_q назовемъ черезъ y_q. Раньше на стр. 30 мы видѣли что для сочлененой системы въ которой стержни подвергаются только растяженію или сжатію перемѣщеніе выражается такъ: $y_q = \int_0^l \frac{N n_q}{E\Omega} dx = \frac{N n_q l}{E\Omega}$. Это выраженіе получается для одного стержня, распространяя этотъ выводъ на всѣ стержни системы имѣемъ: $y_q = \Sigma N \frac{n_q l}{E\Omega} = \frac{1}{E} \Sigma \frac{N n_q l}{\Omega}$ (1)
гдѣ $N = n_1 P_1 + n_2 P_2 + n_3 P_3 + \cdots + n_q P_q$ — напряженія стержней фермы подъ вліяніемъ грузовъ $P_1 P_2 P_3 \ldots$, дѣйствующихъ на систему; n_q напряженія стержней, если на ферму дѣйствуетъ только грузъ $P_q = 1$, а l — длина соотвѣтствующаго стержня. Модуль упругости E можетъ быть вынесенъ за знакъ суммы въ случаѣ однородности матеріала, и далѣе лучше прогибъ нагруженнаго узла изображать въ видѣ $E y_q = \Sigma \frac{N n_q l}{\Omega}$, чтобы не имѣть дѣло съ слишкомъ малыми величинами.

Для полученія величины y_q необходимо знать предварительно, какъ напряженія N и n_q, такъ и размѣры l и Ω. Напряженія всегда можно опредѣлить по способу Кремона и полученныя величины сопоставить для удобства въ таблицѣ слѣдующаго типа

№ стержня	l	Ω	N	n_q	$\frac{E}{\Omega}$	$\frac{n_q l}{\Omega}$	$\frac{N n_q l}{\Omega}$
1	ct	a^2	tn ±	tn ±			
2							
3							
4							
⋮							$\Sigma \frac{N n_q l}{\Omega}$

Вычисленія, для скорости можно производить помощью счетной линейки, дающей достаточную точность.

Перемѣщенія любой точки данной системы, опредѣляемое формулой (1), можно весьма просто получить графически. Соотвѣтствующимъ образомъ. Пусть шарнирный треугольникъ abc (чер. III) измѣняетъ свое положеніе въ ABC причемъ его стороны ab и ac удлиняются на величины $+\Delta c$ и $+\Delta b$, а сторона bc — укорачивается на $-\Delta a$.

Измѣненіе положенія abc въ ABC происходитъ слѣдующимъ образомъ: каждая изъ сторонъ треугольника, положимъ $\bar{ab}$ сперва перемѣщается параллельно самой себѣ въ Ab_1, затѣмъ она удлиняется на величину $+\Delta c = \overline{b_1 b_2} = \frac{Nl}{E\Omega}$ и занимаетъ при этомъ положеніе Ab_2, наконецъ, вращаясь около точки A занимаетъ свое окончательное положеніе, описывая безконечно малую дугу, которую въ виду ея незначительной величины можно замѣнить перпендикуляромъ въ точкѣ b_2

Точно такое можно разсуждать и относительно стороны bc, но только ея удлинение будет отрицательно (-Δa), т.е укорочение. Слѣдовательно, истинное положение точки b после деформаціи, будет въ B – точкѣ пересѣченія ⊥-ровъ b_2B и $b_2'B$, а ея истинное перемѣщеніе выразится линіей bB.

Выдѣляя изъ чертежа заштрихованную фигуру (чер. 112) получимъ слѣдующее правило для опредѣленія истиннаго перемѣщенія какой либо точки фермы:

Взявъ произвольную точку b, соотвѣтствующую искомой точкѣ, проводимъ $m \# bb_1'$; $n \# bb_1'$; изъ точекъ b_1 и b_1' на линіяхъ 11 сторонъ, сходящимся въ данной точкѣ, откладываемъ ихъ удлиненія, причемъ положительныя по направленію Ab, отъ точки A, а отрицательныя по направленію $b_1'C$ къ точкѣ C (стрѣлки). Въ концахъ полученныхъ отрѣзковъ возставляемъ перпендикуляра b_2B и $b_2'B$, пересѣченіе которыхъ и будетъ истиннымъ положеніемъ точки b после деформаціи. Если бы у насъ былъ треугольникъ abc (чер. 109) отличающійся отъ предыдущаго характеромъ удлиненій сторонъ, то въ этомъ случаѣ предыдущее построеніе было бы слѣдующее (чер. 110). Пояснимъ все сказанное примѣромъ:

Положимъ что имѣется шарнирная система, прикрѣпленная къ неподвижной стѣнѣ (чер. 113.). Опредѣливъ напряженія отдѣльныхъ стержней системы по величинѣ и характеру (растяженіе или сжатіе) по извѣстному намъ способу Кремона, мы можемъ по формулѣ $\varepsilon\Delta = \frac{N\ell}{F}$ найти удлиненій каждаго стержня по величинѣ и по знаку. Знаки эти представимъ на чертежѣ. Такъ стержень 1 растягивается и его удлиненіе положительное, стержни 5 и 4 сжимаются и удлиненія ихъ отрицательныя. Затѣмъ, (чер. 114) выбираемъ произвольную точку O, соотвѣтствующую въ нашемъ случаѣ обѣимъ неподвижнымъ точкамъ a и c. Чтобы опредѣлить перемѣщеніе точки b (вершины тр-ка abc) мы замѣтимъ, что въ случаѣ неподвижной стѣны поступательныя перемѣщенія стержней 1 и 5 – $\bar{m}$ и $\bar{n}$ = 0, и слѣд. нужно по предыдущему провести отъ точки O линію Ob параллельную ab и равную его удлиненію, изъ конца B возставить перпендикуляръ, затѣмъ провести Od параллельно стержню 5 и отложить Od = его удлиненію, и также изъ точки d возставить перпендикуляръ къ Od; тогда истинное положеніе точки b после деформаціи будетъ въ b' и истинное перемѣщеніе точки b выразится линіей Ob'. Такъ какъ удлиненіе Ob положительно, то мы его откладывали въ сторону отъ a къ b, удлиненіе же Od-отрицательно и мы откладывали его по направленію Ob въ кз. Теперь, опредѣляя перемѣщеніе точки d (тр-ка bbd) мы должны провести Oj параллельную стержню 4 и равную его удлиненію, изъ конца B возставить ⊥; далѣе поступательное перемѣщеніе стержня 5

выражается линией Ob_1, слд. по предыдущему надо из точки b_1 провести линию $b_1\beta \parallel$ стержню 6 и равную его удлинению, и из конца β также возставить $\perp$, пересечение d_1 этих последних перпендикуляров и даст истинное положение точки d после деформации.

Определение перемещений точек

Поступательное перемещение точки в тр-ка bdc выражается линией $\overrightarrow{Ob_1} = m$, точки $d - Od_1 = n$, слъд. надо провести из точки b_1 линию $b_1\Sigma$ параллельно стержню 2 и равную его удлинению, из точки d_1 линию $d_1\delta$ параллельно стержню 3 и равную его удлинению и из концов Σ и δ возставить перпендикуляры которые пересекаются въ точке C; по предыдущему Oc будет выражать истинное перемещение точки C по величинѣ и направлению.

Построение измѣненнаго вида произвольной системы.

Въ предыдущемъ примѣрѣ была неподвижная опора (стѣна ae). Если же у насъ имѣется какая нибудь ферма безъ неподвижнаго стержня, напр. чер. 115, то за неподвижный элементъ можно принять любой ея стержень напримѣръ a, затѣмъ строимъ измѣненный вслѣдствіе деформаціи видъ системы (опредѣливши по предыдущему перемѣщеній каждаго ея узла по величинѣ и направленію при сдѣланномъ предположеніи) и, наконецъ, отрѣшаясь отъ условія неподвижности стержня, который на самомъ дѣлѣ повернется при деформаціи на $\angle\alpha$, мы приводимъ деформированную ферму къ ея дѣйствительному положенію, повернувъ ея на уголъ α около точки A обратно къ неизмѣнной плоскости опоры. Такимъ образомъ, построеніе вида измѣненной системы сводится во первыхъ 1), къ построенію упругихъ измѣненій ея частей, и во вторыхъ 2), къ вращенію всей системы около нѣкоторой точки. Такимъ образомъ перемѣщеній каждаго узла фермы является сложнымъ 1) изъ перемѣщенія вслѣдствіе упругой деформаціи и 2) изъ перемѣщенія вслѣдствіе поворота около нѣкоторой точки на очень малую дугу. Поэтому, абсолютное перемѣщеніе δ (чер. 116) выразится замыкающей сторо-
ной m_2 тр-ка, построеннаго на этихъ обоихъ перемѣщеніяхъ $\delta_1 = cm.$ (отъ упругой деформаціи) и δ_2 (отъ поворота)

Вслѣдствіе того, что при вращеніи происходитъ поворотъ на очень малыя дуги, мы можемъ принять при построеніи эти дуги за прямыя линіи.

Изъ механики намъ извѣстно, что всякое перемѣщеніе тѣла въ данной плоскости можетъ быть достигнуто однимъ вращеніемъ на нѣкоторый уголъ около нѣкотораго мгновеннаго центра. Чтобы найти мгновенный центръ, напр. для перемѣщенія тр-ка abc въ положеніе $a_1b_1c_1$ (чер. 117), надо раздѣлить пополамъ линій bb_1 и aa_1 и изъ средины ихъ возставить $\perp$-ры, точка пересѣченія этихъ перпендикуляровъ и будетъ искомымъ центромъ.

Если мы отъ какой нибудь точки O (чер. 118) отложимъ линіи одинаковыя по величинѣ и направленію съ перемѣщеніями (отъ вращенія) $Oa_2 = aa_1 = da$, $ob_2 = bb_1 = db$, $oc_2 = cc_1 = dc$ и соединимъ концы ихъ, то получимъ фигуру подобную данной (у насъ тр-къ) и повернутую относительно ея на 90°. Дѣйствительно: $aa_1 = V_a\alpha$, $bb_1 = V_b\alpha$, $cc_1 = V_c\alpha$; потому $aa_1 : bb_1 : cc_1 = V_a : V_b : V_c$ или $\frac{aa_1}{V_a} = \frac{bb_1}{V_b} = \frac{cc_1}{V_c}$ или $\frac{da}{V_a} = \frac{db}{V_b} = \frac{dc}{V_c}$ . . . . (1). принимая направленія aa, bb, cc за ⊥-ра къ радіусамъ V_a V_b и V_c мы видимъ, что тр-ки abf и a_2ob_2 подобны между собою, какъ имѣющіе по равному углу заключенному между пропорціональными сторонами, и повернуты одинъ относительно другого на то же самое относится къ тр-камъ bfc и b_2oc_2, afc и a_2oc_2. Итакъ, можемъ написать: $\frac{a_2b_2}{ab} = \frac{da}{V_a}$; $\frac{b_2c_2}{bc} = \frac{db}{V_b}$; $\frac{a_2c_2}{ac} = \frac{dc}{V_c}$ откуда имѣемъ по выраженію (1) $\frac{a_2b_2}{ab} = \frac{b_2c_2}{bc} = \frac{a_2c_2}{ac}$. слѣд. тр-ки abc и $a_2b_2c_2$ подобны. Весь этотъ выводъ можно пояснить слѣдующимъ примѣромъ: Имѣемъ ферму представленную на чер. 119. Принявъ стержень 8 за неподвижный и взявъ за начало произвольную точку O (чер. 120) находимъ извѣстнымъ образомъ положеніе точекъ c, f, a, и b, и слѣдовательно величина перемѣщеній 1го рода, т.е. отъ упругихъ удлиненій стержней, которые обозначимъ d1, d2, d3, d4 . . . . Эти перемѣщенія представятся векторами Od, Ob, Oc, Of, . . . Для нахожденія перемѣщеній 2го рода необходимо и достаточно положеній 2хъ точекъ a_2 и b_2. Такъ какъ на самомъ дѣлѣ точка a системы неподвижна, то очевидно, абсолютное ея перемѣщеніе a_1a_2 должно быть равно O и точка a_2 совпадаетъ съ точкой a_1. Положеніе точки b_2 опредѣляется двумя условіями: по предыдущему, при нахожденіи перемѣщеній 2го рода, получается вспомогательная фигура $a_2b_2c_2d_2f_2$ подобная данной и перпендикулярная къ ней, а сами перемѣщенія выразятся векторами Oa_2 Ob_2 Oc_2 и т. д. слѣдовательно точка b_2 должна лежать на линіи, проведенной изъ a_2 ⊥но къ направленію ab; съ другой стороны, абсолютное перемѣщеніе точки b, обусловливаемое опорой, должно происходить по линіи параллельной NN_1, а потому проведя изъ точки b_1 линію $b_1b_2 \parallel NN_1$, въ пересѣченіи этой линіи съ вышеупомянутымъ 1мъ родомъ, проведеннымъ изъ a_2 и получимъ точку b_2, такъ что тр-къ Ob_2b_1 даетъ намъ по величинѣ и направленію составляющія перемѣщенія Ob_1 — отъ упругихъ удлиненій, Ob_2 отъ поворота, и абсолютное перемѣщеніе b_1b_2 точки b. Для полученія остальныхъ точекъ c_2 d_2 и f_2 строимъ на линіи a_2b_2 фигуру, подобную фермѣ и къ ней, раздѣливъ линію a_2b_2 пополамъ и проводя линіи соотвѣтственно 1мъ къ стержнямъ фермы. Соединяя точки полученной вспомогательной фигуры $a_2g_2b_2f_2d_2c_2$ съ точкой O, получимъ тр-ки Of_2f_1, Od_2d_1, Oc_2c_1 и т.д. изъ которыхъ на основаніи предыдущаго получаемъ какъ составляющія такъ и абсолютныя перемѣщенія.

Найдя такимъ образомъ абсолютныя перемѣщенія всѣхъ узловъ системы, мы легко построимъ измѣненный видъ фермы.

перемѣстивъ всѣ узлы на величины, полученныя изъ построенныхъ нами треугольниковъ – ob_2b_1, Oc_2c_1 Od_2d_1 ....

Такъ напр. узелъ f_1 для котораго перемѣщенія перваго рода выражаются линіей of_1, а перемѣщенія втораго рода линіей Of_2, перемѣстится въ абсолютномъ движеніи на величину f_2f_1. (При построеніи подобной вспомогательной фигуры слѣдовало бы принять во вниманіе деформацію системы, но вслѣдствіе ея незначительности, пренебрегаемъ ими)

Взаимность силъ и перемѣщеній.

Если имѣется произвольнаго вида ферма (чер. 121), подверженная дѣйствію силъ P и Q, приложенныхъ въ точкахъ p и q, то въ стержняхъ фермы будутъ существовать вызванныя этими силами напряженія: n_p – при $P=1$ и $Q=0$ n_q – при $Q=1$ и $P=0$. Положивъ сначала $P=1$, получимъ для этого случая прогибъ точки q въ видѣ: $y_{qp} = \sum \frac{n_p \cdot n_q \cdot l}{E\Omega}$ (на основаніи равенства на стр. 45.) (въ данномъ случаѣ $N=n_p$) точно такожъ положивъ затѣмъ, силу $Q=1$, получимъ прогибъ точки $p = y_{pq} = \sum \frac{n_p \cdot n_q \cdot l}{E\Omega} = y_{qp}$ (первый значокъ y означаетъ точку прогиба, а второй – точку приложенія силы производящей прогибъ) Сѣд. можно сказать: всякая сила, приложенная къ фермѣ производитъ въ любой ея точкѣ такой же точно прогибъ, который получился бы въ точкѣ ея приложенія, если бы сама сила перемѣстилась въ эту точку. Основываясь на этомъ, можно весьма легко построить такъ наз. инфлуентную линію перемѣщеній для какой точки фермы. Возьмемъ ферму AB (чер. 122) и будемъ перемѣщать грузъ $q=1$ послѣдовательно во всѣ узлы нижняго пояса, начиная съ опора A; тогда инфлуентная линія перемѣщеній узла 2 получится откладывая на вертикаляхъ черезъ точки $1', 2', 3'$... величины y_{21}, y_{22}, y_{23}... и соединяя полученныя точки.

Форма инфлуентной линіи между узлами.

Доказано, что между узлами (чер. 123) того пояса, по которому движется грузъ, инфлуентная линія всегда прямая. Положимъ, что грузъ $=q=1$ приложенъ въ точкѣ a. Если длину между узлами 2 и 3 означимъ черезъ λ, а разстояніе точки a отъ ближайшаго праваго узла черезъ z, то этотъ грузъ произведетъ на узелъ 2, давленіе $\Delta_1 = \frac{z}{\lambda} \cdot 1$. а на узелъ 3 давленіе $\Delta_2 = \frac{(\lambda - z)}{\lambda} \cdot 1$. Когда, поэтому, въ точкѣ a дѣйствуетъ грузъ $=1$, то на ферму дѣйствуютъ два груза: одинъ въ узлѣ 2 равный $\Delta_1 = \frac{z}{\lambda}$ и другой въ узлѣ 3 – $\Delta_2 = \frac{\lambda - z}{\lambda}$. Положимъ что напряженіе, которое производилъ бы грузъ $q=1$ въ данномъ стержнѣ m, если бы онъ былъ приложенъ непосредственно къ узлу 2, было бы равно n_2, а если бы онъ былъ приложенъ къ узлу 3 n_3. Тогда грузъ Δ_1 произведетъ напряженіе $\Delta_1 n_2 = \frac{n_2 z}{\lambda}$; а грузъ Δ_2 – напряженіе $\Delta_2 n_3 = \frac{n_3 (\lambda - z)}{\lambda}$ Оба груза, дѣйствуя вмѣстѣ произведутъ потому въ стержнѣ m напряженіе $n_q = n_2 \frac{z}{\lambda} + n_3 \frac{\lambda - z}{\lambda}$ || Это будетъ очевидно, напряженіе, производимое грузомъ $q=1$, дѣйствующимъ въ точкѣ a, т. е n_q будетъ ордината линіи

груза, соотвѣтствующая положенію груза на сѣченіи a
Когда грузъ перемѣстится отъ 3, къ 2, то во все время въ выраженіи η_q - измѣняется только ζ. Слѣд. ур-іе I будетъ вида $y = ax + b$ и аналитически будетъ выражать собою прямую линію, которой предѣльныя ординаты суть: на узлѣ 2 ..... при $\zeta = \beta - \eta_q = \eta_2$; на узлѣ 3 ..... при $\zeta = 0 - \eta_q = \eta_3$
Изъ этого слѣдуетъ: между узлами того пояса по которому движется грузъ инфлуентная линія есть всегда прямая. Инфлуентная линія стержня m (чер. 123) при движеніи груза по $\alpha\beta$ имѣетъ потому видъ линіи многоугольника $\alpha, \beta, \gamma \delta \varepsilon \zeta \theta$ и для построенія ея нужно потому знать только ея ординаты въ узлахъ.

Разсчетъ статически-неопредѣленныхъ системъ.

Какъ извѣстно, всякая ферма, имѣющая добавочные стержни, будетъ статически неопредѣленная, но не всегда можно привести къ статически опредѣленному виду, устраняя эти стержни и замѣняя ихъ внѣшними силами, производящими на систему тоже вліяніе какъ и устраненные элементы. Напр. система изображенная на чер. 124a имѣетъ 2 добавочныхъ стержня D_1 и D_2. Если мы устранимъ оба стержня D_1 и D_2, то получимъ простую ферму, нагруженную силами $g_1 g_2 g_3$ и напряженія какого либо ея элемента обозначимъ черезъ N_0.
Устранивъ D_2 и положивъ силу $D_1 = 1$ (чер. 124b) получимъ напряженія элемента $= n_1$, а для силы $D_1 - n_1 D_1$. Точно также при $D_1 = 0$ и $D_2 = 1$ (чер 124c) напряженія будутъ n_2 и для сила $D_2 - n_2 D_2$. Слѣдовательно полное напряженій какого либо стержня первоначальной фермы (a) будетъ:
$N = N_0 + D_1 n_1 + D_2 n_2$. Перемѣщеніе любой точки подъ дѣйствіемъ внѣшнихъ $g_1 g_2 g_3$ и $D_1 D_2$ по предыдущему: $y_q = \sum \frac{N n_q \cdot l}{\varepsilon \Omega} = \sum (N_0 + D_1 n_1 + D_2 n_2) \frac{n_q \cdot l}{\varepsilon \Omega} = \sum \frac{N_0 n_q \cdot l}{\varepsilon \Omega} + D_1 \sum \frac{n_1 n_q l}{\varepsilon \Omega} + D_2 \sum \frac{n_2 n_q l}{\varepsilon \Omega}$ (1) Полагая въ равенство (1) $D_1 = D_2 = 0$, можно видѣть, что тогда оба вторые члена пропадутъ и мы будемъ имѣть $y_{q_0} = \sum \frac{N_0 n_q l}{\varepsilon \Omega}$
При $D_1 = 1$ и всѣхъ остальныхъ силахъ $g_1 = g_2 = g_3 = D_2 = 0$ получимъ $y_{q_1} = \sum \frac{n_1 n_q l}{\varepsilon \Omega}$
При $D_2 = 1$ и всѣхъ остальныхъ силахъ $g_1 = g_2 = g_3 = D_1 = 0$ ур (1) будетъ $y_{q_2} = \sum \frac{n_2 n_q l}{\varepsilon \Omega}$
Вводя величины $y_{q_0}\ y_{q_1}\ y_{q_2}$ въ ур-іе 1 получимъ $y_q = y_0 + D_1 y_1 + D_2 y_2$ (2)
По выраженію (2) можно опредѣлить величины D_1 и D_2, зная для двухъ какихъ нибудь узловъ фермы (представленной на чр. 124) ихъ перемѣщенія y_q, y_0, y_1, y_2; тогда изъ $2^{xъ}$ ур-ій можно опредѣлить 2 неизвѣстныхъ. Опредѣленіе же перемѣщеній всегда можно сдѣлать графически по вышеизложеннымъ правиламъ. Слѣдовательно при разсчетѣ какихъ либо статически неопредѣленныхъ системъ весь вопросъ заключается въ удачномъ выборѣ тѣхъ величинъ, которыя можно считать за добавочныя, а слѣдовательно отбрасывать, не измѣняя вида фермы.
Примѣръ 1. Дана двушарнирная арка (чер. 125a) требуется опредѣлить ея распоръ H. Взявъ проэкціи силъ на горизонталь и приравнивая ихъ сумму $= 0$, по условію равновѣсія получимъ $H - H_1 = 0$; $H = H_1$
Величину H примемъ за добавочную и поступаемъ по предыдущему, т. е. сперва полагаемъ $H = 0$, отчего неизмѣняемость системы не нарушается и ферма обращается въ обыкновенную серповидную (ср. 125

лежащую одним концом на подвижной опоре. Перемещение для такой системы определится $y_{q0}=\sum\frac{N_0 n_q l}{E\Omega}$. Затем полагаем $H=1$, а остальные силы приравниваем нулю (чер. 125в) и определяем в этом случае $y_{q1}=\sum\frac{n_1 n_q l}{E\Omega}$; Полное перемещение по предыдущему будет $y_q=y_{q0}+Hy_{q1}$, откуда $H=\frac{y_q-y_{q0}}{y_{q1}}$. Для точки опоры А прогиб $y_q=0$, а потому $H=-\frac{y_{q0}}{y_{q1}}$. Определивши таким образом распор и заменивши его действием силой H, можем найти напряжение для любого стержня $N=N_0+Hn_q$

Пример 2. Определить напряжения добавочных стержней $D_1D_2D_3D_4$ серповидной фермы, представленной на чер. 126. Перемещение произвольной точки по предыдущему будет $y_q=y_{q0}+D_1y_{q1}+D_2y_{q2}+D_3y_{q3}+D_4y_{q4}$ Благодаря симметричности как фермы, так и нагрузки $D_1=D_4$ и $D_2=D_3$. Поэтому предыдущее ур-ие будет $y_q=y_{q0}+2D_1y_{q1}+2D_2y_{q2}$ Полагая сперва все добавочные стержни отброшенными, а затем по-очередно равными 1-цу при нулевых значениях всех остальных сил, получим следующия уравнения 1) Для стержня D_1.... $y_q=\frac{D_1 l}{E\Omega}=y_{10}+2D_1y_{11}+2D_2y_{12}$

" " D_2.... $y_q=\frac{D_2 l}{E\Omega}=y_{20}+2D_1y_{21}+2D_2y_{22}$

Из этих двух ур-ий можно определить D_1 и D_2 зная перемещения y_{10} y_{11} и т.д. Но для определения этих последних необходимо знать площади поперечных сечений Ω и силы действующия по каждому стержню, поэтому сначала ферму разематривают как статически определимую, определяют для ея стержней по способу Кремона напряжения, по ним площади Ω и затем уже такия величины вводят в формулы, определяющия перемещения y. Следовательно, здесь приходится применять метод приближений. Затем, когда определены D_1 и D_2, определяют окончательныя величины напряжений в стержнях фермы, пользуясь формулой $N=N_0+2n_1D_1+2n_2D_2$

Пример 3. Если дана двухраскосная, параллельная ферма с вертикалями (чер. 127а) то число узлов ея $=26$ а число стержней $=50$. Число нужных стержней определится формулой $S=2n-3=52-3=49$ Следов. 1 стержень будет добавочный. Таким добавочным стержнем будет крайняя диагональ 1,25 напряжение D_1 которой следует найти. Устраняя ее и затем приравнивая $D_1=1$ при всех остальных силах $=0$ получим ея удлинение в виде: $y_q=\frac{D_1 l}{E\Omega}=y_{10}+D_1y_{11}$, откуда и найдем D_1. Затем напряжения найдется по формуле. $N=N_0+D_1n_1$

Точно также, как и в предыдущем случае, необходимо заранее определить площади поперечных сечений Ω так как величина перемещений определяется формулой $y=\frac{Nl}{E\Omega}$; поэтому сначала ферму рассчитывают, приводя ее к статически определенному виду и вносят полученныя величины в формулу определяющую перемещения y. В нашем случае, всего проще обратить двухраскосную, статически неопределенную ферму в статически определимую разбивши ее на 2 элементарныя однораскосныя фермы (чер. 127б) I и II и определить напряжения для каждой отдельно. Понятно, что напряжения крайних вертикалей будут для обоих ферм одинаковы, а напряжения поясов будут суммироваться из двух элементарных напряжений.

Построение упругой линии для сплошной балки.

Имѣемъ балку, нагруженную силами 1-ными къ оси (стр. 129) Мы знаемъ (см. стр. 30) что прогибъ балки въ точкѣ t будетъ $y_t = \int \frac{M_t m_{tq}}{EJ} dx$ (1) гдѣ M_t - моментъ относительно точки t силъ, дѣйствующихъ на балку, m_{tq} - моментъ относительно точки t силы = 1, приложенной въ какой нибудь точкѣ q. Построивъ веревочные многоугольники: ab для всѣхъ силъ дѣйствующихъ на балку, и αβ для силы = 1, приложенной въ точкѣ q, получимъ по общимъ правиламъ $M_t = \eta\pi$ и $m_{tq} = z.\pi_1$. Если матеріалъ балки постоянъ, то будетъ $y_t = \frac{\pi\pi_1}{E}\int \frac{\eta z}{J} dx$ или положивъ $\frac{\eta}{J} = \frac{z}{\ell}$, получимъ: $\frac{Ey_t}{\pi.\pi_1} = \int \frac{z}{\ell} z dx$; полагая $\frac{z}{\ell} z = u$, имѣемъ окончательно $\frac{Ey_t}{\pi.\pi_1} = \int u dx$ ..... (2) Интегралъ въ второй части ур-ія (2) можно принять за площадь кривой съ ординатами u. Тогда, раздѣливъ длину балки ℓ на четное число n равныхъ частей, получимъ длину одного дѣленія $\varepsilon = \frac{\ell}{n}$ и применяя формулу Симпсона, имѣемъ: $\frac{Ey_t}{\pi.\pi_1} = \frac{\ell}{3n}\left\{\frac{z}{\ell}_0 z_0 + \frac{z}{\ell}_n z_n + 4\left(\frac{z}{\ell}_1 z_1 + \frac{z}{\ell}_3 z_3 + \cdots\right) + 2\left(\frac{z}{\ell}_2 z_2 + \frac{z}{\ell}_4 z_4 + \cdots\right)\right\}$

Изъ этой формулы можно найти прогибъ y для даннаго сѣченія балки. Легче его можно опредѣлить изъ графическаго построенія такъ наз. упругой линіи, которая представляетъ собою линію прогибовъ, и при томъ сразу для всѣхъ точекъ балки.

Въ выраженіи прогиба (1) мы можемъ замѣнить на основаніи взаимности моментовъ $m_{tq} - m_{qt}$, тогда $y_q = \int \frac{M_t m_{qt}.dx}{EJ} = \frac{1}{EJ}\int M_t dx\, m_{qt}$. Все сводится къ графическому построенію въ извѣстномъ масштабѣ $\int (M_t dx) m_{qt}$. Для равномѣрно нагруженной балки AB (стр. 130) подвергнутой кромѣ того дѣйствію грузовъ $g_1 g_2 g_3$ строимъ веревочный многоугольникъ грузовъ. Сперва онъ построится въ видѣ a 1,2,3,4 показанномъ пунктиромъ, а затѣмъ, если отложимъ величины полученныхъ ординатъ $1_1', 2_2', 3_3'$ отъ горизонтальной оси ab, онъ займетъ положеніе a,1,2,3,b. Далѣе мы построимъ веревочную линію для равномѣрной нагрузки, которая представляетъ собою параболу a 2 b. Если мы возьмемъ сумму ординатъ веревочнаго многоугольника и веревочной линіи для точки t, то очевидно, эта общая ордината будетъ пропорціональна моменту M_t отъ всѣхъ силъ и равномѣрной нагрузки, дѣйствующему въ точкѣ t. Откладывая эти общія ординаты вверхъ отъ оси балки, мы получимъ площадь A a, b, B, которую можно принять за площадь непрерывной нагрузки, причемъ элементарная сила, дѣйствующая, напр. въ точкѣ t, будетъ равна $M_t dx$. Замѣтимъ, что моментъ, производимый въ точкѣ q - силой = 1, приложенной въ точкѣ t, равенъ m_{qt}, а моментъ отъ силы $M_t dx$ будетъ $(M_t dx) m_{qt}$. Если построимъ теперь веревочную линію MKN для непрерывной нагрузки A a, b, B, то ордината y_q, соотвѣтствующая данной точкѣ q, будетъ, очевидно, пропорціональна моменту нагрузки относительно взятой точки, ~~т.е. пропорціональна моменту нагрузки относительно взятой точки,~~ т.е. пропорціональна $\int (M_t dx) m_{qt}$. Но изъ выраженія (3) мы

видимъ, что $\int(M_t dx)m_{qt}$ пропорціональна величинѣ прогиба y_q, слѣдовательно ордината v_q пропорціональна прогибу y_q точки q, а слѣд линія МКN есть упругая линія балки построенная въ извѣстномъ масштабѣ. Дѣйствительно: $y_q = \frac{1}{EJ}\int M_t m_{qt} dx = \frac{1}{EJ}\int(\Pi\eta dx)m_{qt} = \frac{\Pi}{EJ}(\Pi_1 v_q)$
Обозначивъ постоянную величину $\frac{\Pi\Pi_1}{EJ}$ чрезъ c получимъ окончательно $y_q = cv_q$. Для любой точки s имѣемъ: $y_s = cv_s$. На основаніи предыдущаго можно написать, что прогибъ балки въ точкѣ t подъ дѣйствіемъ груза, равнаго 1-цѣ и приложеннаго въ точкѣ q будетъ одинаковъ съ прогибомъ въ точкѣ q подъ дѣйствіемъ груза = 1-цѣ и приложеннаго въ точкѣ t. Именно $y_{tq} = \int\frac{m_q m_t dx}{EJ}$; $y_{qt} = \int\frac{m_t \cdot m_q dx}{EJ}$; $y_{tq} = y_{qt}$
Поэтому можно сказать, что упругая линія для груза = 1-цѣ приложеннаго въ точкѣ q есть инфлуентная линія прогибовъ для той же точки. Полный прогибъ балки, нагруженной грузами $q_1 q_2$ и отчасти равномѣрной нагрузкой (чер. 128), на основаніи свойствъ инфлуентной линіи будетъ равенъ суммѣ прогибовъ отъ каждаго изъ этихъ факторовъ отдѣльно, и полученная въ слѣдующемъ видѣ: $y_q = q_1 v_1 + q_2 v_2 + q\Omega$ (4) гдѣ $q\Omega$ есть прогибъ производимый равномѣрной нагрузкой, при единичномъ грузѣ = q. Эти выводы примѣняются къ разсчету статически неопредѣленныхъ системъ.
Примѣръ 1. Возьмемъ 4-хъ опорную балку (чер. 132) За добавочныя величины можно принять реакціи опоръ 1 и 2. Разсчетъ распадается на 3 построенія a, b и c. Изъ общей формулы $y_q = \int\frac{M m_q dx}{EJ}$; $M = M_0 + D_1 m_1 + D_2 m_2$
поэтому $y_q = \int(M_0 + D_1 m_1 + D_2 m_2)\frac{m_q dx}{EJ}$; $y_q = \int\frac{M_0 m_q dx}{EJ} + D_1\int\frac{m_1 m_q dx}{EJ} + D_2\int\frac{m_2 m_q dx}{EJ}$ (1)
a) Полагаемъ $D_1 = D_2 = 0$, тогда $y_{q0} = \int\frac{M_0 m_q dx}{EJ}$
b) при $q_1 = q_2 = 0$, $D_2 = 0$ .. $D_1 = 1$; $y_{q1} = \int\frac{m_1 m_q dx}{EJ}$; c) при $q_1 = q_2 = D_1 = 0$; $D_2 = 1$; $y_{q2} = \int\frac{m_2 q_2 dx}{EJ}$.
Для каждаго изъ разсмотрѣнныхъ случаевъ должна быть построена по вышеприведеннымъ правиламъ, соотвѣтствующія упругія линіи, ординаты которыхъ будутъ: $y_{q0} = cv_q$; $y_{q1} = cw_q$ и $y_{q2} = cw'_q$
При этомъ для простоты помноженія разстояній π можно принимать равными 1-цѣ, т.е полагать $c = \frac{n}{EJ}$, гдѣ n — коэффиціентъ масштаба. Опредѣливъ ординаты упругихъ линій y_{q0}, y_{q1}, y_{q2}, мы получимъ полный прогибъ балки для точки q въ такомъ видѣ:
$y_q = y_{q0} + D_1 y_{q1} + D_2 y_{q2}$ .... (2). Принимая ур-іе (2) къ точкѣ 1, въ которой прогибъ будетъ равенъ нулю, такъ какъ опора считается неподвижной имѣемъ: $y_{10} + D_1 y_{11} + D_2 y_{12} = 0$.. Точно также для точки 2, получаемъ $y_{20} + D_1 y_{21} + D_2 y_{22} = 0$. Изъ этихъ двухъ ур-ій можно опредѣлить D_1 и D_2.
Повѣркою правильности построенія можетъ служить: взаимность прогибовъ въ двухъ послѣднихъ случаяхъ. Именно построивъ (въ одинаковыхъ масштабахъ) линіи прогибовъ для балки при $D_1 = 1$ и остальныхъ силахъ, равныхъ = 0, и при $D_2 = 1$ и остальныхъ силахъ равныхъ нулю, мы должны получить $y_{21} = y_{12}$
Примѣръ 2. Возьмемъ упругую арку съ двумя шарнирами въ пятахъ. Она можетъ быть или съ затяжкой Z (чер. 131) если стѣны непосредственно не могутъ выдержать распора, или же безъ нея. Принимаемъ распоръ H за добавочную величину; тогда разсчетъ

распадается на 2 построения, указанныя на (чер. 131)ав), при чемъ
дѣйствіе шарнира B замѣняемъ дѣйствіемъ силы H (распора)
тогда уже мы будемъ имѣть систему статически опредѣленную
а) При H=0 - опредѣляемъ $y_{1,0}$ - перемѣщеніе точки B по горизонталь-
ному направленію, подъ дѣйствіемъ грузовъ $q, q_2 \ldots$; если разсма-
ривать горизонтальныя перемѣщенія, какъ прогибы.
в) При $q_1 = q_2 = q_3 = \ldots = 0$ и H=1 находимъ y_{11} горизонтальное перемѣще-
ніе точки B подъ вліяніемъ лишь одной горизонтальной силы H=1.
Подъ дѣйствіемъ же силы H, произойдетъ перемѣщеніе, равное Hy_{11}
и такъ какъ оно равно и противоположно $y_{1,0}$, то при неподвиж-
ности точки B - $Hy_{11} + y_{1,0} = 0$, откуда находимъ величину H, при
отсутствіи затяжки $H = -\frac{y_{1,0}}{y_{11}}$
Если бы арка была стянута затяжкой $\mathcal{L}$, то удлиненіе этой
тяги подъ дѣйствіемъ силъ $q_1\ q_2\ q_3 \ldots$ и силы H будетъ
$\frac{Hl}{E\Omega} = y_{1,0} + Hy_{11}$ .. откуда $H\left(\frac{l}{E\Omega} - y_{11}\right) = y_{1,0}$ слѣдовательно $H = \frac{y_{1,0}}{\frac{l}{E\Omega} - y_{11}}$,
гдѣ l - длина затяжки и Ω площадь ея поперечнаго сѣченія.
Примѣръ 3. Если имѣемъ не одну, а нѣсколько затяжекъ (чер. 133)
то принимая общую формулу: $y_q = \int \frac{N n_q dx}{E\Omega} + \int \frac{M m_q dx}{EJ}$ (см. стр. 30) гдѣ
$N = N_0 + n_1 D_1 + n_2 D_2 + \ldots$ $M = M_0 + m_1 D_1 + m_2 D_2 + \ldots$ мы получимъ:
$y_q = \int \frac{N_0 n_q dx}{E\Omega} + \int \frac{M_0 m_q dx}{EJ} + D_1\left[\int \frac{n_1 n_q dx}{E\Omega} + \int \frac{m_1 m_q dx}{EJ}\right] + D_2\left[\int \frac{n_2 n_q dx}{E\Omega} + \int \frac{m_2 m_q dx}{EJ}\right] + D_3[\ldots]$
Полагая послѣдовательно сперва всѣ силы D=0, а затѣмъ всѣ осталь-
ныя равными 0, за исключеніемъ одной изъ добавочныхъ, кото-
рая =1, получимъ соотвѣтствующія прогибы (перемѣщенія) то-
чекъ арки y_{q0}, y_{q1} и т. д. Полное перемѣщеніе точки q подъ дѣй-
ствіемъ всѣхъ силъ будетъ $y_q = y_{q0} + D_1 y_{q1} + D_2 y_{q2} + D_3 y_{q3} + \ldots$ (II)
Если у насъ имѣется лишь одна затяжка (или все равно, рас-
поръ H) то ур-ie I даетъ $y_q = \int \frac{N_0 n_q ds}{E\Omega} + \int \frac{M_0 m_q ds}{EJ} + D_1\left[\int \frac{n_1 n_q ds}{E\Omega} + \int \frac{m_1 m_q ds}{EJ}\right]$
причемъ dx замѣненъ элементомъ дуги арки ds.
Кромѣ того удлиненіе затяжки будетъ равно y, откуда при
$n_q = n_1$ и $m_q = m_1$ имѣемъ $\frac{Dl}{\Omega} = \int \frac{N_0 n_1 ds}{E\Omega} + \int \frac{M_0 m_1 ds}{EJ} + D_1\left[\int \frac{n_1^2 ds}{\Omega} + \int \frac{m_1^2 ds}{J}\right]$ (III)
Взявъ произвольное сѣченіе арки mn (чер. 134) мы отнимаемъ лѣвую
часть и приводимъ всѣ силы къ равнодѣйствующей R. Эту
равнодѣйствующую всѣхъ силъ R, разлагаемъ на двѣ взаим-
но перпендикулярныя силы H и V (чер. 134) изображаемыя отрѣзками OK
и KH. Чтобы получить величину нормальнаго давленія N_0
обозначимъ уголъ наклона касательной къ аркѣ съ горизонтомъ
черезъ $-\varphi$. Тогда $N_0 = \overline{On} + \overline{nv} = H\cos\varphi + V.\sin\varphi$
При аркѣ достаточно пологой, когда $\delta\varphi$ весьма мало, можно
съ достаточной точностью положить $N_0 = H$ и принять при
разсчетѣ за добавочную величину D,
При H=1, очевидно, что $n_1 = 1.\cos\varphi$ и при достаточной пологости
арки (при $\cos\varphi = 1$) получимъ $n_1 = 1$; моментъ же m_1 будетъ равенъ
$H.y = 1.y$, гдѣ y ордината точки q (чер. 135) Поэтому ур-ie (III)
напишется такъ: $\frac{D_1 l}{\Omega} = \frac{D_1 S}{\Omega} + \frac{1}{J}\int M_0 y\,ds + D_1\left[\frac{S}{\Omega} + \frac{1}{J}\int y^2 ds\right]$. гдѣ $S = \int ds$;
$y = m_1$ и $N_0 = D_1$, Кромѣ того, такъ какъ $y = r\cos\varphi - r\cos\alpha$ и $ds = r.d\varphi$, то

имѣемъ $\int y^2 ds = \int r^2(\cos\varphi - \cos\alpha)^2 r\,d\varphi = r^3\int(\cos\varphi-\cos\alpha)^2 d\varphi$; $\int M_0 y\,ds$ мы можемъ опредѣлить тѣмъ же пріемомъ, что и для простой балки. Построеніе указано на чер. 137, откуда видно, что $\int M_0 y\,ds = П.\,ав$ легко опредѣлится изъ чертежа. При достаточной пологости арки, мы можемъ силы, дѣйствующіе на нее разсматривать, какъ равномѣрную нагрузку tt. Линія МКN будетъ линіей моментовъ M_0. Принявъ затѣмъ ординаты $z_1, z_2 z_3$ этой линіи за силы и построивъ по нимъ силовой и веревочной многоугольникъ, мы получимъ отрѣзокъ ав.

Интегралъ $\int y^2 ds$ можно написать въ видѣ $\int y y_0 ds$ и принявъ y_0 за силы поступить подобно предыдущему (чер 136) тогда получимъ $\int y^2 ds = \overline{a,e,П_1}$

Примѣръ 4. Возьмемъ деревянную балку, усиленную струнами. Такая система имѣетъ одинъ добавочный стержень, и потому статически - неопредѣленна. (чер. 138). За добавочный стержень примемъ подпорку D_1 (обыкновенно чугунную) и исключимъ ее, замѣнивъ эквивалентной силой D_1, которую и слѣдуетъ опредѣлить.

Прогибъ балки будетъ: $y_1 = \int \frac{N_0 n_1 dx}{E\Omega} + \int \frac{M_0 m_1 dx}{EJ} + D_1\left[\int \frac{n_1^2 dx}{E\Omega} + \int \frac{m_1^2 dx}{EJ}\right]$ .... (I)

Нормальное давленіе N_0 въ балкѣ будетъ равно нулю, благодаря перпендикулярности силъ къ оси балки, и слѣдовательно $\int \frac{N_0 n_1 dx}{E\Omega} = 0$.

Такъ какъ на стержни 3 и 4 внѣшнія силы не дѣйствуютъ, то для нихъ моментъ M_0 будетъ равенъ нулю. Какъ указано было выше для балки $M_0 = \pi\eta$ и $\int M_0 m_1 dx = \pi П_1 \xi$, гдѣ ξ представляетъ собою ординату инфлуентной линіи прогибовъ отъ грузовъ q. Наконецъ напряженія стержней n_1 опредѣляются въ зависимости отъ угла α. Всѣ эти величины сведемъ въ таблицу.

Стержни.	E	l	Ω	$\frac{l}{E\Omega}$	n_1	m_1	N_0	M_0	$\frac{N_0 n_1 l}{E\Omega}$	$\int \frac{n_1^2 dx}{E\Omega}$	$\int \frac{m_1^2 dx}{EJ}$
1	E_1 дерево	l_1	Ω_1	$\frac{l_1}{E_1\Omega_1}$	$-\frac{ctg\alpha}{2}$	$\frac{x}{2}$	0	$\pi\eta$	0	$\frac{ctg^2\alpha\, l_1}{4E_1\Omega_1}$	$\frac{l_1^3}{48E_1J_1}$
2	$E_2=E_1$ дерево	$l_2=l_1$	$\Omega_2=\Omega_1$	$\frac{l_1}{E_1\Omega_1}$	тоже	тоже	0	тоже	0	тоже	тоже
3	E_3 желѣзо	l_3	Ω_3	$\frac{l_3}{E_3\Omega_3}$	$+\frac{1}{2\sin\alpha}$	0	0	0	0	$\frac{l_3}{4\sin^2\alpha E_3\Omega_3}$	0
4.	$E_4=E_3$ желѣзо	$l_4=l_3$	$\Omega_4=\Omega_3$	$\frac{l_3}{E_3\Omega_3}$	тоже	0	0	0	0	тоже	0

n_1 опредѣляется слѣдующимъ образомъ (чер. 141) Полагая силу $D_1=1$, разсмотримъ узелъ d. Въ виду того, что подпорка реагируетъ на балку съ силой D_1, направленной вверхъ, очевидно, что сама подпорка будетъ находится подъ дѣйствіемъ сжимающей силы; поэтому разсматривая узелъ d_2 мы должны направленіе силы D_1 взять внизъ. Взявъ сумму вертикальныхъ слагающихъ силъ, выходящихъ изъ узла d_2, при $D_1=1$, получимъ $1-2S\sin\alpha=0$; откуда $S=+\frac{1}{2\sin\alpha}$

Далѣе находимъ t, взявъ сумму горизонтальныхъ слагающихъ

силъ, выходящихъ изъ узла a $t+S\cos\alpha=0$; $t=-S\cos\alpha=-\frac{1}{2\sin\alpha}\cos\alpha=-\frac{\cot\alpha}{2}$.
Теперь намъ остается опредѣлить m_1 и $\int m_1^2 dx$. При дѣйствіи силы $D=1$, реакціи опоръ будутъ $R=\frac{1}{2}$, слѣдовательно, для сѣченія взятаго на разстояніи $x \le \frac{l}{2}$ отъ опоры, получимъ моментъ $m_1=\frac{1}{2}x$. (слѣдовательно: $\int m_1^2 dx = 2\int_0^{\frac{l}{2}} \frac{x^2}{4} dx$, гдѣ верхній предѣлъ $\frac{l}{2}=l_1=l_2$ (½ длины на всей балки). Отсюда послѣ интегрированія находимъ $\int m_1^2 dx = \left[\frac{x^3}{6}\right]$ или $\int m_1^2 dx = \frac{l^3}{48}$; m_1 и $\int m_1^2 dx$ можно опредѣлить также графически, причемъ $m_1=\Pi_2 z$.
Опредѣливъ такимъ образомъ всѣ необходимыя величины, поставимъ ихъ въ ур-іе (I), принявъ предварительно, что прогибъ точки c будетъ равенъ упругому измѣненію сторѣнія D_1 подъ дѣйствіемъ сжимающей силы получимъ:

$$y_1=\frac{D_1 l}{E\Omega}=\frac{\Pi_1 \Pi_2 z}{E_1 J_1}+D_1\left\{\frac{d^2 l}{4 E_1 \Omega_1}+\frac{l_3}{4\sin^2\alpha\, E_3}\cdot\frac{2}{\Pi}+\frac{l^3}{48 E_1 J_1}\right\} \quad (II)$$

Отсюда опредѣлится D_1. Для балки нормальное напряженіе будетъ $N=n_1 D_1$, а моментъ $M=M_0+m_1 D_1=\Pi\eta+\frac{x}{2}D_1$, величина же допускаемаго напряженія:

$$\sigma \le \frac{N}{\Pi_1}+\frac{Me}{J}.$$

Въ случаѣ системы подвѣсной разница будетъ заключаться лишь въ томъ, что напряженія струнъ будутъ отрицательны (сжатіе), а подвѣски D_1 – положительно (растяженіе) (чер. 139)
Пролетъ такихъ усиленныхъ деревянныхъ балокъ AB достигается отъ 6 до 10 метровъ. Далѣе перейдемъ къ системамъ цѣпнымъ (чер. 140). Въ этомъ случаѣ удобнѣе принять за дополнительную величину горизонтальный распоръ H и затѣмъ поступить подобно предыдущему, опредѣляя прогибъ точки C а по немъ напряженія подкосовъ D.
Въ случаѣ балки, усиленной двумя подпорками и струнами (чер. 142.) удобнѣе принимать за добавочную величину сторѣнія D_1. Затѣмъ разсчетъ сводится, подобно предыдущему, къ двумъ указаннымъ на чер 142 I и II случаямъ. Поступая совершенно аналогично предыдущему примѣру балки съ одной подпоркой, получимъ формулу, подобную формулѣ (II).

Збм

МОСТЫ.

1

Мостъ есть сооруженіе, служащее для возстановленія сообщенія, прерваннаго какимъ нибудь препятствіемъ. Если это углубленіе безъ воды, то мостъ наз. віадукомъ; путепроводомъ наз. мостъ, служащій для возстановленія сообщенія, прерваннаго существующей дорогой, перетъзжающей насыпь или выемку строющейся дороги. Мостомъ, въ тѣсномъ смыслѣ слова, называется сооруженіе въ тѣхъ случаяхъ, когда имъ перекрываются углубленія съ водой.

По конструкціи мосты бываютъ подвижные и неподвижные. Подвижные устраиваются рѣдко, когда подъ мостомъ нѣтъ свободнаго прохода судамъ, или для стратегическихъ цѣлей при крѣпостяхъ; они бываютъ подъемные или вращающіе. Мосты бываютъ временные, устраиваемые на короткое сравнительно время и постоянные. По матеріалу мосты различаются:

1) деревянные, наименѣе долговѣчные, они строятся часто какъ временные на желѣзныхъ дорогахъ, они же и самые дешевые.

2) каменные - самые долговѣчные; нѣсколько мостовъ существуетъ со временъ Римлянъ, они требуютъ очень мало расхода на содержаніе и ремонтъ.

3) Желѣзные - ихъ долговѣчность не опредѣлена, такъ какъ они существуютъ недавно, предполагаютъ въ 100 лѣтъ; они дешевле каменныхъ по содержанію и ремонту. Системы мостовъ бываютъ слѣдующія:

1) Балочная (чер. 1) характеризуется тѣмъ, что она подвергается только изгибу; она можетъ быть горизонтальная и наклонная, но реакціи опоръ должны быть перпендикулярны оси балки.

2) Арочная система (чер. 2) подвергается только сжатію, реакціи опоръ наклонны и направлены къ серединѣ моста. Иногда ее называютъ шпренгельной.

3) Подвѣсная система (чер. 3) гдѣ фермы подвержены только растягивающимъ силамъ. Изъ этихъ трехъ простыхъ системъ комбинируются сложныя:

4) Шпренгельно-балочная (чер. 4) балка подвергается изгибу, арка и стойки сжимаются.

5) Подвѣсно-балочная (чер. 5) балка сгибается, арка и стержни растягиваются.

6) Арочно-подвѣсная (чер 6) верхняя дуга сжимается, нижняя дуга и стержни растягиваются, сама балка сгибается.

Въ мостахъ различаютъ три части: 1) опоры, поддерживаютъ нижнее строеніе, часть ихъ находящаяся въ грунтѣ наз. основаніемъ. 2) Нижнее строеніе - поддерживающее полотно моста и 3) верхнее строеніе - собственно полотно моста. Опоры бываютъ конечныя и промежуточныя. Если отверстіе не велико, то устраиваютъ только конечныя опоры. Въ случаѣ балочной системы (реакціи опоръ ⊥ къ оси) опоры подвергаются кромѣ сжатія опрокидывающему давленію грунта, онѣ и называются собственно опорами. (чер. 7) Промежуточныя опоры подвержены только сжатію, онѣ наз. быками (чер 7а) Въ другихъ системахъ опоры подвержены наклоннымъ силамъ, онѣ, наз. устоями.

Выборъ мѣста.

Положеніе моста опредѣляется пересѣченіемъ оси дороги съ осью рѣки, угломъ ко-

марый образуют эти оси, может быть или прямой, тогда и мост прямой, или все меньше прямого, тогда мост наз. косой (чер.8) Минимальная величина α для деревянного моста 20-25°, для железного 30°. Для каменного арочного при отношении стрелки дуги к отверстию = 0,1, α должно брать не меньше 35°, при отношении же = 0,5 - α > 70°, так как в этом случае, чем больше форма свода приближается к полукругу, тем труднее устроить косой мост. Вообще постройки косых мостов избегают, во первых потому что прямой мост дешевле, так как он короче косого, а во вторых, конструкция его проще. Если направление пути составляет угол с направлением углубления, то составляют два проекта пути: 1) прямого пути с косым мостом и 2) прямого моста, предполагая изменение пути и выбирают тот который дешевле. (чер. 9)

При выборе места надо принимать во внимание качество грунта. Если мост через реку, то берега выбирают более крутые, резко очерченные (чер 9) это потому что, тогда вода более свободно проходит через отверстие моста при уравнь высоких вод и меньше пространство затопляется во время разлива. Отлогие берега требуют устройства более длинного моста и устройства большой насыпи подходящей к мосту что удорожает путь. (чер. 9.а)

Положение полотна на мосту.

Оно может быть или горизонтальное или с уклоном. Максимальная величина уклонов для железных дорог в ровной местности $\frac{1}{200}-\frac{1}{300}$ 2) в холмистой $\frac{1}{100}$ и 3) в гористой $\frac{1}{60}-\frac{1}{40}$ и даже более. Закруглений в дорогах идет через мост непрерывно, но мост строится прямой (чер. 10) точки а и в получаются в пересечении оси дороги с опорами; очертание моста делается параллельно хорде ав. Как и в дорогах вообще, радиус закругления полотна не делают меньше установленной для дороги нормы в зависимости от условий местности. 1) Для железных дорог в гористой местности предельный радиус $R \geqslant 200$ в холмистой $R \geqslant 300$ и в ровной $R \geqslant 600$. Вообще избегают мостов на закруглениях и стараются ставить мост на прямом пути.

Мосту дают такую ширину, чтобы движение не стеснялось; ширина эта должна быть по крайней мере равна ширине пути, но ее по возможности стараются уменьшить. Определяют ширину моста проезжею дорогу. Самые громоздкие повозки будут иметь 2,5 mtr. ширина (возы с поклажей), так что самый узкий мост не может иметь менее 2,5 m ширины. Чтобы могли на мосту разъехаться две повозки, ширина моста делается равной 5 mtr. В нормальных мостах по краям делаются банкеты для пешеходов (чер 11) Ширина каждого равна 1,25 mtr. Таким образом полная ширина моста в этом случае = 2. 2,5 + 1,25. 2 = 7,5 mtr.

Иногда банкеты устраиваются на консолях (чер 12). Городские мосты делаются обыкновенно шир 7,5 mtr. Мост около Казанского собора в С Петербурге имеет более 20 саж. ширины, встречаются также мосты до 30 саж. ширины. При постройке моста для шоссе, мост часто имеет

меньшую ширину, чѣмъ мосса, тогда переходъ дѣлается слѣдующимъ образомъ: устои моста немного шире его, обратныя крылья идутъ по ребру насыпи (чер 13) переходъ прямолинейный. Иногда дѣлаютъ постепенный переходъ по вогнутой кривой (чер. 14) иногда по выпуклой.

Въ желѣзнодорожныхъ мостахъ надо различать мосты съ ѣздой по верху и по низу. Въ первомъ случаѣ ширина моста должна быть равна крайней мѣрѣ ширинѣ пути $b = 3 = 1,524$ mtr; иногда ее увеличиваютъ до 1,25 При большихъ пролетахъ, когда ширина моста мала, сравнительно съ ея высотой, мостъ подвергается опасности быть опрокинутымъ боковымъ давленіемъ (силой вѣтра W). Примемъ что бѣ фермы между собою связаны (чер. 15) тогда можно написать $W\frac{h}{2} \leqq M\frac{b}{2}$ откуда $b \geqq \frac{Wh}{M}$.

Когда ѣзда происходитъ по низу или по серединѣ, то ширина моста должна быть такой, чтобы ни одна часть поѣзда не задѣвала за части моста. Въ этомъ случаѣ ширина опредѣляется помощью свѣтлаго профиля дороги (габарита). Этотъ профиль долженъ свободно пройти по всей длинѣ моста, не задѣвая частей его. Чер. 16. слѣва даетъ свѣтлый профиль для желѣзныхъ мостовъ, справа для деревянныхъ. Разсматривая его мы замѣчаемъ три ступеньки: Нижняя для колесъ вагоновъ, средняя для корпуса вагоновъ и верхняя для корпуса съ открытыми дверцами. Свѣтлый профиль для деревянныхъ мостовъ вверху нѣсколько шире, чѣмъ для желѣзныхъ, потому что изъ дерева трудно выполнить точно требуемую форму, размѣры дерева сильно измѣняются отъ высыханія и деревянные мосты даютъ значительный прогибъ, сравнительно съ желѣзными. Если дорога въ два пути, то разстояніе между путями принимаютъ равнымъ 1 саж, а съ каждаго изъ боковъ должна пройти свободно половина свѣтлаго профиля. Если по мосту проходитъ закругленіе (чер. 16) тогда мостъ устраивается прямой, параллельной хордѣ ав. Ширина моста въ этомъ случаѣ будетъ = b (ширинѣ, опредѣленной по габариту) + f стрѣлка дуги. Пусть длина хорды l, а радіусъ закругленія r, тогда $\left(\frac{l}{2}\right)^2 = f(2r - f)$. Пренебрегая величиной f сравнительно съ $2r$, получимъ $\frac{l^2}{4} = 2fr$; $f = \frac{l^2}{8r}$; Ширина моста будетъ равна: $b + \frac{l^2}{8r}$

Нижняя часть моста должна по крайней мѣрѣ быть на 0,5 mtr. выше уровня высокихъ водъ, чтобы во время половодья могли проходить плавающія тѣла. Если же мостъ на судоходной рѣкѣ то высота его низшей точки, въ зависимости отъ прохода судовъ будетъ еще больше. Высота конструкціи есть разстояніе уровня полотна, отъ точки находящейся на высотѣ 0,5 mtr отъ уровня высокихъ водъ (чер 17.); -означимъ эту величину черезъ W. Пусть высота фермъ будетъ B. Тогда при $W > B$. мостъ можно устроить съ ѣздой по верху. (чер. 17); при $W < B$ нельзя устроить моста съ ѣздой по верху (чер. 18) Мосты съ ѣздой по верху выгоднѣе по устройству, чѣмъ съ ѣздой по низу или посрединѣ.

Нагрузка мостовъ.

Различаютъ двѣ нагрузки, постоянную и перемѣнную. Первая это собствен-

ный вѣсъ, его принимаютъ равномѣрно распредѣленнымъ по всей длинѣ мо
Случайная нагрузка для шоссейнаго моста, опредѣляется, разсматривая мостъ наполненнымъ людьми. На 1 кв. метръ могутъ помѣститься отъ 5 человѣкъ (свободно) до 7 человѣкъ. Считая вѣсъ одного человѣка 75 кдг., мы получимъ нагрузку на 1 кв. метръ отъ 375 до 525 кдг. Полный грузъ будетъ q.l.b, гдѣ l – длина, а b – ширина моста. Если мостъ съ банкетами (чер. 19), то $q_1 b + \frac{q_2 b}{2}$ будетъ нагрузка на 1 погонный метръ одной фермы моста, гдѣ q_1 нагрузка 1 кв. метра для банкета (принимается 300 кдг) а q_2 – для проѣзжей части моста (q_2 = 400–420 кдг).

Болѣе правильно разсчитывать шоссейные мосты на наибольшую тяжесть повозокъ. Повозки раздѣляются на лѣгкія, тяжелыя и очень тяжелыя. Лѣгкія двигаются одной парой лошадей, распредѣленіе силъ тяжести видно на чер. 20., причемъ для этого случая вѣсъ пары лошадей принятъ = 0,8 tn, давленіе на каждую ось 3 тонны (разстоянія выставлены въ метрахъ). Тяжелыя движутся двумя парами лошадей чер. 21, очень тяжелыя тремя (чер. 22). Обыкновенно разсчитываютъ, предполагая что на мосту движется 1 тяжелая и за ней нѣсколько лѣгкихъ повозокъ, и только въ исключительныхъ случаяхъ берутъ 1 очень тяжелую, а за ней болѣе лѣгкія. Въ желѣзнодорожныхъ мостахъ переѣзжая нагрузка, на которую онъ долженъ быть разсчитанъ – вѣсъ самаго тяжелаго поѣзда. Принимаютъ поѣздъ изъ трехъ паровозовъ съ тендерами, затѣмъ сильно нагруженныя вагоны (паровозы четырехъ осевые, тендера трехъ осевые) На чер. 25. видно распредѣленіе силъ для паровоза, тендера и вагона, принятое нашимъ Министерствомъ Путей Сообщенія, (разстоянія даны въ mt). Иногда при большихъ пролетахъ, гдѣ главное напряженіе производится собственнымъ вѣсомъ моста, а случайная нагрузка имѣетъ второстепенное значеніе, послѣднюю замѣняютъ равномѣрной, производящей тотъ же самый сгибающій моментъ, какъ тяжелый поѣздъ, поставленный въ самыя невыгодныя условія; пусть этотъ моментъ будетъ M, тогда $M_1 = \frac{q l^2}{8}$
Зная l, опредѣлимъ равномѣрную нагрузку на единицу длины.
Постоянною нагрузкой будетъ собственный вѣсъ моста. За сложностью вычисленій собственный вѣсъ моста не вычисляется для каждаго отдѣльнаго случая, а вводится въ разсчетъ приблизительно по сравненію проектированнаго моста съ существующимъ такого же типа. Послѣ составленія проекта, повѣряютъ вѣсъ моста, и если окажется, что разность между принятымъ и вычисленнымъ вѣсами больше 20% то разсчетъ передѣлывается сначала.

Желѣзные мосты

Мы будемъ разсматривать балочные мосты, т. е. расположенные на опорахъ съ силами, дѣйствующими перпендикулярно къ оси. Балочный мостъ состоитъ изъ двухъ горизонтальныхъ балокъ A, лежащихъ на опорахъ (чер. 24.). Балки эти связаны по ширинѣ поперечными бал-

ками B, которая наз. переводами. На переводы прямо полотно класть нельзя по значительности разстояния между ними; поэтому съ переводами соединяются продольныя балки, такъ наз. прогоны. С. Сверху и снизу главныя балки обыкновенно соединяются поперечными связями S, чтобы имъ дать большую устойчивость мосту, такъ какъ вертикальныя балки при малой ширинѣ имѣютъ большую высоту и легко могли бы опрокинуться. Продольныя или горизонтальныя связи R должны дать большую жесткость для сопротивленія давленію вѣтра, почему онѣ называются иногда вѣтровыми связями. Ихъ направленіе всегда діагональное. Балкамъ даютъ двутавровую форму, какъ самую выгодную въ смыслѣ распредѣленія матеріала. Ихъ дѣлаютъ или сплошными, или сквозными. (чер. 25) Сквозныя балки такъ: иногда къ вертикальному листу прикрѣпляютъ только 4 угольника, иногда же къ угольникамъ еще горизонтальныя полосы наз. ламелями. Верхняя и нижняя части такой клепаной балки наз. поясами, а средняя отвѣсной. Стѣнка можетъ быть или сплошной или рѣшетчатой (чер. 26. 27) т. е. состоящей изъ отдѣльныхъ стержней. Стержни называются раскосами, наклонныя наз. діагоналями, вертикальныя вертикалями. Такія балки, состоящія изъ отдѣльныхъ стержней, наз. фермами. Пояса фермъ бываютъ выпуклыя и параллельныя. Раскосныя балки или фермы дѣлаются при пролетахъ >15 мт. При меньшихъ пролетахъ балки дѣлаются сплошными. Точки пересѣченія раскосовъ съ поясами наз. узлами фермы, а часть пояса между двумя узлами наз. панелью. Смотря по расположенію частей рѣшетки, фермы могутъ отнесены къ двумъ типамъ къ типу съ вертикалями-рѣшетчатыя или голландскія фермы, и къ типу безъ вертикалей — раскосныя фермы. (чер. 26. 27) Рѣшетчатая и раскосная система наз. однораскосная, если образующія рѣшетку раскосы не пересѣкаются и образуютъ рядъ треугольниковъ (чер. 28). Чаще однако раскосы пересѣкаются и тогда получаются системы двураскосныя и многораскосныя. Такъ на (чер 29) представлена система двураскосная, потому что рѣшетка фермы составлена изъ двухъ системъ раскосовъ $abcdefi$ и $a'b'c'd'e'f'$; на чер. 30. показана многораскосная система, составленная изъ четырехъ системъ раскосовъ. Вообще же рѣшетчатыя и раскосныя фермы наз. треугольными. Размѣръ l (чер. 29) наз. длиной фермы, а размѣръ h — высотой. Очевидно, что высота будетъ наивыгоднѣйшая тогда, когда тратится наименьшее количество матеріала. Въ мостахъ съ прямолинейными параллельными поясами $h = \frac{1}{10} l$, а съ выпуклыми $h = \frac{1}{6} - \frac{1}{8} l$. Такъ какъ вслѣдствіе сотрясеній и толчковъ могутъ развиться наклонныя силы, то въ случаѣ если бы мостъ свободно лежалъ на двухъ опорахъ, то онъ могъ бы ими быть сдвинутъ; поэтому одинъ конецъ его кладется сво-

бодно на неподвижной каткэ. Балкэ на концэ придана форма дополнительная катку, и поэтому она можетэ вращатая около оси этого катка не имея въ тоже время возможности сдвинуться въ сторону (чер. 31). Другой конецъ моста можетъ свободно двигаться на каткэ. Въ этомъ случаэ, такъ какъ ферма можетъ свободно измѣнять свою длину, то напряженія въ стержняхъ меньше, чѣмъ въ томъ случаэ, если концы ея задѣланы наглухо; измѣненія эта длины фермы являются вслѣдствіе дѣйствія внѣшнихъ силъ и измѣненія температуры. Чтобы опредѣлить реакціи подвижной и неподвижной опоръ, мы должны опредѣлить направленія, напряженія и точки приложенія силъ выражающихъ ихъ. Въ данномъ случаэ. въ лѣвомъ концэ (чер 31) направленіе и напряженіе реакціи неизвѣстны, извѣстна только точка приложенія ея. Въ правомъ концэ извѣстно только напряженіе, направленіе эта реакціи извѣстно (вертикально). Слѣдовательно, зная внѣшнія дѣйствующія силы, мы можемъ опредѣлить ~~нѣтъ~~ величины реакцій, составивъ 3 ур-ія (два ур-ія проекцій силъ и одно моментовъ) изъ которыхъ три вышеозначенныя неизвѣстныя величины опредѣлятся непосредственно, не прибѣгая къ законамъ упругости, слѣд. такая ферма будетъ статически опредѣленная. Если одинъ конецъ фермы задѣланъ въ стѣну (чер 32) а другой лежитъ на подвижномъ каткэ, то въ лѣвомъ концэ неизвѣстны направленіе, напряженіе и точка приложенія силы, а въ правомъ неизвѣстно напряженіе. Имѣемъ 3 ур-ія при четырехъ неизвѣстныхъ, слѣд. система - статически неопредѣленная и мы должны составить четвертое ур-ie на основаніи закона упругости. Въ случаэ представленномъ на чер. 33 неизвѣстныхъ 4, въ обоихъ концахъ неизвѣстна напряженія и направленія реакцій. (система статически неопредѣленная) Также и въ случаэ фермы, задѣланной обѣими концами въ стѣну, мы имѣемъ статически-неопредѣленную систему (6 неизвѣстныхъ — напряженія, направленія и точки приложенія обѣихъ реакцій). Мы будемъ разсматривать только статически-опредѣленныя фермы.

Разсчетъ однораскосныхъ фермъ.

Пусть имѣется у насъ треугольная ферма, и нагрузка передается на плоскость соединенную съ нижнимъ поясомъ фермы въ узлахъ (чер. 34); требуется опредѣлить напряженія ея стержней. Чтобы найти напряженіе стержня ab надо разрѣзать ферму на 2 части сѣченіемъ II замѣнивъ предварительно опоры реакціями A и B. Отбросивши правую часть фермы мы должны замѣнить дѣйствіе ея на лѣвую силами равными напряженіямъ стержнями W, D и N. Она будетъ находится въ равновѣсіи подъ дѣйствіемъ силъ внѣшнихъ — A, P_1 и P_2 и силъ W, D и N. Силы A, P_1 и P_2 намъ извѣстны; чтобы опредѣлить силу N - равную напряженію стержня cd возьмемъ сумму моментовъ всѣхъ дѣйствующихъ силъ на лѣву-

часть фермы относительно точки в. пересечения ав и св, и при условии равновесия приравняем ее 0. Моменту внешних, действующих на левую часть ферма сил $A, P_1 P_2$ относительно точки в можно определить аналитическим или графическим способом; назовем его $M_в$: Моменту сил. W и D относительно точки в = 0; момент силы $N = \frac{M_в}{h_в}$. Напишем равенство $M_в - N \cdot h_в = 0$ откуда $N = \frac{M_в}{h_в}$ (1) (мом силы N по условию знаков моментов будет отрицательный). Удобно ввести в выражение (1) вместо $h_в$ длину вертикали вф, проведенную через в до пересечения со стержнем cd в точке f; обозначим ее $h_в$. Тогда из гр. 34 $h = h_в \cos\nu$ и следовательно $N = \frac{M_в}{h_в} \sec\nu$ (I) Подобным же образом определится напряжение стержня ав W; имеем, взяв сумму моментов относит. точки с $Wp + M_c = 0$ (где M_c момент внешних действующих на левую часть ферма сил относительно точки с). p - можно выразить аналогично h через h_c длину вертикали из точки с до встречи с стержнем ав $p = h_c \cos w$, откуда $W = -\frac{M_c}{p} = -\frac{M_c}{h_c} \sec w$ (II) Из выражений (I) и (II) видно, что когда нагрузка передается нижними узлами фермы, стержни верхнего пояса сжимаются (W - отрицательно) стержни же нижнего пояса растягиваются (N - положительно) Чтобы определить напряжение внутреннего стержня cв, следует взять сумму моментов относительно точки t пересечения стержней ав и cd, но часто эта точка не получается на чертежном листе, вследствии того что угол между ав и cd очень мал, а в некоторых системах ферм = 0. Тогда напишем условие равновесия в таком виде (проекции всех сил на горизонталь) $W \cos w + N \cos\nu + D \cdot \sin\alpha = 0$; отсюда $D = \frac{W \cos w + N \cos\nu}{\sin\alpha}$
Подставляя сюда выражения W и N из равенств (I) и (II) имеем:
$D = -\left(-\frac{M_c}{h_c} + \frac{M_в}{h_в}\right) \operatorname{cosec}\alpha$; ($\sec w \cdot \cos w = 1$ и $\sec\nu \cdot \cos\nu = 1$). $D = \left(\frac{M_c}{h_c} - \frac{M_в}{h_в}\right) \operatorname{cosec}\alpha$ (III)
Заменяя $M_в$ через M'; M_c через M'', $h_в$ через h', h_c через h'' тогда:
$D = \left(\frac{M''}{h''} - \frac{M'}{h'}\right) \operatorname{cosec}\alpha$. (3) Так выражается напряжение диагонали наклоненной вельво, т.е. которой нижний конец идет вельво; для диагонали наклоненной вправо условие равновесия напишется $W \cos w + N \cos\nu - D \sin\alpha = 0$ откуда $D = -\left(\frac{M''}{h''} - \frac{M'}{h'}\right) \operatorname{cosec}\alpha$. Вообще след. $D = \pm\left(\frac{M''}{h''} - \frac{M'}{h'}\right) \operatorname{cosec}\alpha$.
Если внутренний стержень св вертикальный то $\alpha = 0$; $\sin\alpha = 0$; $\operatorname{cosec}\alpha = \infty$
Поэтому для вертикалей формула (3) не годится.
Выведем другое выражение, причем для более общего случая, возьмем внутренний стержень св не вертикальный а наклонный.
Возьмем сумму моментов всех сил действующих на левую часть фермы относительно точки t. Мом. внешних сил $A P_1 P_{11}$ обозначим M_t; плечо силы D относительно точки t обозначим через d. Тогда условие равновесия напишется так $-Dd + M_t = 0$.
Называя равнодействующую внешних сил, приложенную в точке g через R_1 плечо ея через r имеем $M_t = -R_1 r$. (момент будет отрицательный) Тогда след. можно написать $-Dd - R_1 r = 0$
откуда $D = -\frac{R_1 r}{d}$ (4) Продолжим r до пересечения со стержнем св в точке v и назовем длину tv через e. Угол r с d равен

гиу составляемому стержнем св ст вертикаль, т. е. =α. Таким образом $\partial = e\cos\alpha$; $r = \ell - \varsigma v$: Момент $R_1 r$ будет $R_1 r = R_1(\ell - \varsigma v)$
$R_1 r = R_1 e - R_1 \varsigma v = R_1 e - M_v$, где M_v момент R_1 относительно точки v.
$\ell = tv$ выразим таким образом $mv = e_0 tg w$; $vn = e_0 tg v$; $mv + vn = h_v$
$h_v = e(tg w + tg v)$; след $R_1 r = \frac{R_1 h_v}{tg w + tg v} - Mv$: Подставляя величину $R_1 r$ в равенство (a) мы получим выражение $D = -\left[R_1 - \frac{Mv}{h_v}(tg w + tg v)\right]$
Это относится в нашем случае к диагонали св наклонен вельво, в случае же диагонали наклоненной вправо ур-ие моментов относительно точки t будет $+Dd - R_1 r = 0$ и окончател но $D = +\left[R_1 - \frac{Mv}{h_v}(tg w + tg v)\right]\sec\alpha$. (след. вообще $D = \pm\left[R_1 - \frac{Mv}{h_v}(tg w + tg v)\right]$
Так как в этом случае точка приложения ς силы R_1 м жет получиться справа стержня св, тогда момент $R_1 r = R_1(\ell + \varsigma v) =$
$= R_1 e + R_1 \varsigma v = R_1 e + M_v$, то тогда для диагоналей наклоненных в во $D = -[\ ]$; а для диагоналей наклоненных вправо $D = +[\ ]$
Вообще лучше вычислить абсолютную величину напряж D по формуле, а знак его определить непосредственно разсматривая равновесие сил каждого узла, при условии равности движения по многоугольнику сил.
Чтобы определить графически величины M' и M'' встречающи в формулах (I) (II) и (III) служащих для определения напряжени W, N и D — $W = -\frac{M''}{h''}\sec w$; $N = \frac{M'}{h'}\sec v$ и $D = \mp\left(\frac{M''}{h''} - \frac{M'}{h'}\right)\cos\alpha$ и не иметь дела с тригонометрическими величинами углов w, v Сделаем следующее построение (см. гер. 35) Предположим что нагрузка передается на верхние узлы фермы; определим внеш ния силы каждого узла и строим на них силовой многоугольник (гер. 35'a) помощью которого определяются реакции опор Ra и Re Затем строим (гер. 35) веревочный многоугольник 0, 1, 2, 3, 4, из которого видно что $M' = H.y'$ и $M'' = Hy''$. Чтобы определить выражение $-\frac{M''}{h''}\sec w$ построим $Z = \frac{M''}{h''} = \frac{Hy''}{h''}$ (построение видно на гер 36.) Затем по катету Z и острому углу w построим прямоугольный тр-к $\alpha\beta\gamma$; гипотенуза его и будет равна по абсолютной величине W; таким же путем можно построить и величину N. Для наклонной стержня вс будем иметь $D = \pm\left(\frac{M''}{h''} + \frac{M'}{h'}\right)$ след. $D = \pm\left(\frac{Hy''}{h''} - \frac{Hy'}{h'}\right)\cos\alpha = \pm H\left(\frac{y''}{h''} - \frac{y'}{h'}\right)\csc\alpha$. Это можно легко построить
Для определения напряжения вертикального стержня де мы имеем выражение $D' = \left[R_1 - \frac{Mv}{h_v}(tg w + tg v)\right]\sec\alpha$. Величина R_1 есть равнодействующая сил слева, сечения II II. она определяется на многоугольнике сил; h_v в этом случае длина вертикали де а $M_v = H y_n$. Подставив эти величины, можно определить напряжений D' - вертикали.
При расчете фермы мы полагали нагрузки передаваемыя узлами фермы постоянными и определенными. Так будет в случае постоянных нагрузок $q_1, q_2, q_3 \ldots$ и равномерной нагрузки $q = \frac{Q}{\ell}$; здесь мы можем на основании статики нагрузки в узлах легко определить, в случае же подвижной нагрузки maximal'ных напряжений стержней фермы

получаются при помощи инфлуентных линий напряжений. 5

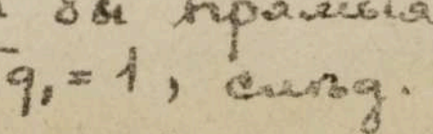
§ Инфлуентныя линіи напряженій для стержней фермы. §

Чтобы получить инфлуентную линію напряженій для стержня dt, перемѣщаемъ по линіи CD, соединенной съ верхними узлами фермы грузъ = 1, опредѣляемъ для разныхъ положеній его производимое имъ въ стержнѣ dt напряженіе, и откладываемъ это напряженіе какъ ординату вертикально подъ точкой приложенія груза. (чер. 37) Для опредѣленія напряженій находимъ сперва реакціи A и B, и изъ чер. получаемъ $A = \frac{l-x}{l}$ и $B = \frac{x}{l}$. Далѣе разрѣзаемъ ферму произвольнымъ сѣченіемъ II проходящимъ черезъ разсматриваемый стержень dt на двѣ части и отбросивъ одну изъ этихъ частей, примѣняемъ къ оставшейся части условіе равновѣсія моментовъ, принявъ для простоты за точку моментовъ ту точку, въ которой пересѣкаются направленія двухъ другихъ стержней, разрѣзанныхъ сѣченіемъ II. Это сѣченіе слѣдуетъ потому проводить такимъ образомъ, чтобы кромѣ стержня dt было перерѣзано не болѣе двухъ такихъ стержней, напряженія которыхъ неизвѣстны. Всего лучше ту часть отбросить, на которой находится грузъ = 1; такъ какъ самъ грузъ находится на правой части, напр. въ n, то отбрасываемъ правую часть (и наоборотъ); лѣвая часть находится въ этомъ случаѣ въ равновѣсіи подъ дѣйствіемъ силы A и напряженій dt, mt и mt. Принявъ m за точку моментовъ получимъ, обозначивъ плечо силы A черезъ a, а силы N – напряж. стержня dt черезъ η, тогда $Aa + N\eta = 0$. откуда, такъ какъ $A = \frac{l-x}{l}$ то абсолютная величина $N = \frac{l-x}{l} \cdot \frac{a}{\eta} = y$ (I) гдѣ y – ордината инфлуентной линіи. Давая x различныя значенія мы будемъ получать соотвѣтствующія величины y; слѣд. ур-іе (I) представляетъ собою ур-іе инфлуентной линіи, и такъ какъ оно первой степени то выражаетъ собою какъ извѣстно прямую линію. Это уравненіе дѣйствительно только до тѣхъ поръ, пока на лѣвую часть кромѣ реакціи A, не дѣйствуетъ никакой грузъ, предположимъ его будетъ узелъ t (потому что какъ скоро грузъ перейдетъ узелъ t и займетъ положеніе между dut, то онъ будетъ производить въ лѣвой части нѣкоторое давленіе Δ на узелъ d, которое можно легко опредѣлить, и разсматривать какъ внѣшнюю силу дѣйствующую въ лѣвой части фермы. Можно бы было внести это выраженіе въ ур-іе моментовъ и составить такимъ образомъ ур-іе инфлуентной линіи между узлами dut. для разсматриваемаго стержня dt. Но мы предположимъ что грузъ перешелъ узелъ t и узелъ d и находится въ лѣвой части гдѣ нибудь между dut тогда на правой части фермы не будетъ никакого груза. Поэтому отбросивъ лѣвую часть, получимъ для силъ дѣйствующихъ на правую по отношенію къ точкѣ m уравненіе $-N\eta - Bb = 0$, откуда такъ какъ $B = \frac{A}{l}$ и $b = l - a$ то $N = -\frac{l-a}{\eta}\frac{x}{l} = y$ (II). Это уравненіе дѣйствительно между узлами d и A'; при $x = 0$; $y = 0$; оно опредѣляетъ прямую Ad, которой ордината на лѣвой опорѣ = 0; эту линію будемъ называть линіей I.

Если затемъ въ ур-іи (I) $y=\frac{l-x}{l}\cdot\frac{a}{\eta}$ положить $x=l$ то $y=0$ и уравнен
инфлуентной линіи между узлами t и B' опредѣляетъ прямую лин
л.в. Эту прямую будемъ называть линіей Ф. Когда грузъ находи
ся между узлами d и t то опредѣлять ур-іе инфлуентной ли
между этими узлами нѣтъ надобности, такъ какъ мы знаемъ
между узлами ферма инфлуентная линія есть прямая. Сл
надо для полученія инфлуентной линіи между узлами d и t, пос
нюю точку линіи Σ соотвѣтствующей точкѣ d прямо соедини
съ послѣдней точкой линіи Ф соотвѣтствующей точкѣ t. Назов
эту послѣднюю прямую линіей δ.

Такимъ образомъ видимъ: что инфлуентная линія какого н
будь стержня простой фермы состоитъ изъ трехъ прямыхъ
δ и Ф, причемъ прямая δ заключена между узлами, кото-
рымъ передается дѣйствіе подвижнаго груза, ближайшими
къ разрѣзу kl фермы, а линіи Σ и Ф идутъ отъ этихъ узл
до правой и лѣвой опоры.

Точка пересѣченія линій Σ и Ф опредѣляется изъ ур-ій I и II
$\frac{l-x}{l}\frac{a}{\eta}=\frac{x}{l}\frac{(l-a)}{\eta}$ откуда $x=a$, т.е. линіи Σ и Ф пересѣкаются на верти
отъ точки моментовъ т. Вертикальныя разстоянія ad и βB этихъ
линій на вертикаляхъ опоръ A и B равны (см. чер. 38) полагая $x=0$ въ ур
$\overline{ad}=\frac{a}{\eta}$ и полагая въ ур-іи II $x=l$ $\overline{\beta B}=\frac{b}{\eta}=\frac{l-a}{\eta}$. Вертикальное разс
яніе cc_1 этихъ линій взятое на разстояніи = плечу η отъ точки
пересѣченія m, получается изъ уравненія $\frac{\overline{cc_1}}{\eta}=\frac{\left(\frac{a}{\eta}\right)}{a}$ откуда $cc_1=1$
Инфлуентную линію, на основаніи этихъ свойствъ можно по
роить слѣдующимъ образомъ: Черезъ произвольную точку
взятую на вертикали точки моментовъ т. проводимъ дв
прямыя ab и dβ такъ, чтобы ихъ вертикальное разстоян
взятое на горизонтальномъ разстояніи η отъ m было $=1$. Од
изъ этихъ линій обозначаемъ буквой Σ, а другую буквой Ф.
ектируемъ на Σ лѣвую опорную точку A и лѣвый нагружен
узелъ d пересѣченной панели dt, и точно такожде проектируем
правую опору B и правый нагруженный узелъ t на линію Ф.
Проекціи a и b опоръ соединяемъ прямой ab, а проекціи d и t, у
лов d и t прямой d_1t_1. Инфлуентная линія есть четырехуго
никъ ad_1t_1B, и прямая ab-ея ось абсциссъ
По этому способу построена на чер. 37 в) инфлуентная лин
для стержня dt, для чего проведено сѣченіе kl, точка мом
нтовъ будетъ узелъ т. Черезъ точку m, взятую на вертикали
подъ т, проведены прямыя ab и dβ (изъ нихъ ab проведена гор
зонтально) такъ что $cc_1=1$, гдѣ cc_1 отстоитъ отъ m на разс
яніи η (плечу стержня dt) Прямая ab принята за линію Σ,
dβ за линію Ф. На Σ спроектированы точки A и d, а на Ф-т
ки t и B. Линія $ad_1t_1\beta$ будетъ инфлуентная линія стержня dt
оси абсциссъ αβ. Такъ какъ нами взяты только ординаты инфлуен
ной линіи то чтобы получить эту ось горизонтальной, отло

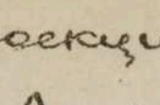
$t't_1 = t_2t_3$. и соединяем t_2 съ b и d_2 тогда ad_2t_2b будетъ инфлуентная линія стержня dt при оси ab. Въ этомъ нетрудно убѣдиться такъ какъ соотвѣтствующія ординаты линій $ad_1t_1\beta$ при оси $a\beta$ и ad_2t_2b при оси ab равны. Инфлуентная линія стержня di представлена на (гер. 37с) Разрѣзъ III ферма черезъ этотъ стержень дастъ точку моментовъ m. На перпендикулярѣ проведенномъ черезъ точку m по предыдущему возьмемъ точку m_1 и черезъ нее проведемъ двѣ прямыя m_1a и ma (изъ которыхъ m_1a горизонтальна) такъ что въ разстояніи η отъ m, $\overline{cc_1} = 1$. Точки A' и ϕ спроектируемъ на m_1a въ точки a и ϕ_1; точки B' и g спроектируемъ на dm_1 въ точки β и g_1. Соединивъ g_1 съ ϕ_1 получимъ инфлуентную линію стержня di въ видѣ линіи $a\phi_1g_1\beta$ при оси $a\beta$. Отнесемъ теперь инфлуентную линію $a\phi_1g_1\beta$ къ горизонтальной оси ab, для чего отложимъ $g_2g_3 = g'g_1$. Точка O_1 въ которой ордината инфлуентной линіи $=0$ спроектируется въ O_2, и $\phi_1\phi' = \phi_1\phi_2$ и слѣд. при оси ab инфлуентная линія стержня di будетъ $a\phi_2g_2b$. Относительно знаковъ мы въ предущемъ примѣрѣ можемъ замѣтить что вся инфлуентная линія ad_2d_2b для стержня верхняго пояса будетъ отрицательна, такъ какъ извѣстно, что при всякой нагрузкѣ стержни верхняго пояса сжимаются. Въ случаѣ же внутренняго наклоннаго стержня di, если бы мы опредѣляли напряженіе его для каждаго положенія груза изъ гр-ія инфлуентной линіи, которое можно составить для стержня di аналогично стержню dt, то получили бы для діагонали di наклоненной влѣво, лѣвую часть инфлуентной линіи $a\phi_2$ положительной, а правую O_2b отрицательной, слѣд. стержень наклоненный влѣво, при положеніяхъ груза слѣва растягивается а справа сжимается. Если бы діагональ di была бы наклонена вправо, то составивши гр-ію инфлуентной линіи и построивши ее по вышеприведенному способу мы увидѣли бы что въ этомъ случаѣ правая часть инфлуентной линіи будетъ положительна, а лѣвая отрицательна, слѣд. внутр. стержень наклоненный вправо при положеніяхъ груза справа растягивается а слѣва сжимается. Для памяти схематически это выражается такъ  . Иногда точка моментовъ m можетъ не помѣститься на чертежномъ листѣ, тогда построеніе инфлуентной линіи производится на основаніи слѣдующихъ соображеній:

Проведемъ черезъ n (гер. 37) линію nw горизонтально до пересѣченія съ разсматриваемымъ стержнемъ di въ точкѣ v, проводимъ черезъ v вертикаль до пересѣченія съ dm и im въ d и d_1, и означимъ dd_1 черезъ h. На разстояніи $= h$ проведемъ ~~между тѣми же~~ черезъ точки m и i прямыя dm и im вертикаль qq_1. Если затѣмъ обозначимъ уголъ образуемый стержнемъ di съ вертикалью черезъ α, то $\angle mv$ тоже $= \alpha$, и слѣд. $\overline{vm} = \frac{h}{\cos\alpha}$. Изъ чертежа имѣемъ $\frac{qq_1}{dd_1} = \frac{\overline{vm}}{n} = \frac{\frac{h}{\cos\alpha}}{h} = \frac{1}{\cos\alpha}$ откуда $qq_1 = \overline{dd_1}\cos\alpha = h\cdot\cos\alpha$. Если бы прямыя dm и im были приняты за линіи L и P, то было бы $\overline{qq_1} = 1$, слѣд. $h\cdot\cos\alpha = 1$. Это свойство даетъ простой способъ для построенія инфлуентныхъ линій въ тѣхъ случаяхъ, когда точка моментовъ не помѣ-

чается на чертежномъ листѣ. На чер. 38. построена инерционная линія стержня hi, для чего ферма разрѣзана черезъ этотъ стержень сѣченіемъ к Такъ какъ прямыя dh и ik проходятъ черезъ точку моментовъ, то прин чаемъ ихъ за линіи L и P, проектируемъ на L опорную точку A и н грузочный узелъ i, получаемъ точки d и i_1; а проекціи точекъ B и k_1 на ik (т.е. на P) дастъ точки b и k_2. db есть ось абсциссъ, а ki, средня линія S-искомой инерціонной линіи. Для опредѣленія единицы масштаба $1 = h.\operatorname{ctg}\alpha$, опредѣлена на разсматриваемомъ стержнѣ т ка b, черезъ которую проведена вертикаль Bb_1; проекція этой вер тикали на hi т.е. длина Bb_1, на основаніи доказаннаго выше = 1. Чтобы было возможно пользоваться для всѣхъ инерц. линій фермы однимъ общимъ масштабомъ, полезно привести ордина ты полученной такимъ образомъ инерціонной линіи къ одному масштабу. На чер. 38. Сила найдена приведенная къ общей еди ницѣ длина $d\delta_1$, ординаты $a\delta$ линіи P, для чего проведена черезъ a произвольно линія $d\overline{I}$ и на ней отложено: $\overline{d\Delta} = \overline{Bb_1}$, и $\overline{d\overline{I}} = 1$; точка Δ соединена съ a и черезъ $\overline{I}$ проведена $\overline{I\delta_1} \parallel \overline{\Delta a}$.

На чер. 38(б) сдѣлано $d_0d_1 = dd_1$, точка O_1 спроектирована на $d_0\beta_0$ въ d' соединяемъ съ β_0, получаемъ: на вертикали узла k точку k_1, про водимъ k_1i_1 и затѣмъ i_1d_0. Тогда $d_0i_1k_1\beta_0$ будетъ приведенная ин фиентная линія стержня hi. Схема ↑↓ показываетъ что площ d_0i_1o положительна, а площадь ok_1b_0 – отрицательна.

На чер. 39. построена по этому способу инерціонная линія для вертикали dt (замѣняющей вліяніе наклоненныхъ раскосъ $\left(\frac{2}{2}\right)$ при ѣздѣ по низу. Построеніе инерціонной линіи упрощается въ случаѣ фермъ съ параллельными поясами; въ этомъ случаѣ весьма удобно принять за единицу высоту h фермы. Линіи L и P въ этомъ случаѣ (чер. 40) общія для всѣхъ внутреннихъ стер жней, и представляются поясами dB и AB, а потому ось абс циссъ dB (или AB) общая. Опредѣливъ инерціонную линію вер тикали tp (чер 40.а) Слѣдуя общему правилу узнаемъ легко, что эта линія есть четырехугольникъ $d\tau pB$ при оси dB. На чер. (40а) эт линія отнесена къ горизонтальной оси ab. Далѣе опредѣливъ фиентную линію діагонали tp (чер. 40в) Эта линія есть четыр угольникъ $d\tau pB$, единица длины ея будетъ длина $p\delta$ (проекція в тикали на tp) Для приведенія ея къ общей единицѣ h, из нена ея ордината въ отношеніи $p\delta : h$. Построеніе для это видно справа чер. 40. $B\Delta = p\delta$; $B\overline{I} = 1 = h$; $\beta_1 I \parallel \beta\Delta$. Затѣмъ на чер откладываемъ $b_1\beta_2 = B\beta_1$, проектируемъ на $a_1\beta_2$ точку n, а на a_1b_1 то проводимъ линію np до встрѣчи съ вертикалью q_1p въ точкѣ p, и p. соединяемъ b_1. Линія q_1npb_1 будетъ инерціонная линія діагона tp. при оси a_1b_1. Чер (40 г) представляетъ инерціонную линію ра коса fg. Построимъ теперь инерціонную линію вертикали Vb. Эта вертикаль отличается отъ другихъ тѣмъ, что ее невоз но пересѣчь такъ, чтобы было разрѣзано не болѣе 3-хъ стержней

Мы вырезаем потому узелъ S съчеными Σh, и применяемъ къ нему условіе проекціи силъ.  Положимъ что въ S дѣйствуетъ внѣшній грузъ Δ, тогда взявъ сумму проекцій силъ по вертикальному направленію, получимъ $v-\Delta=0$, откуда $v=\Delta$. Если $\Delta=0$ то и $v=0$, т.е. эта вертикаль испытываетъ напряженіе только тогда, когда ея узелъ S нагруженъ. Когда грузъ=1 дѣйствуетъ на самомъ узлѣ S, то $\Delta=1$, и потому ордината инфлуентной линіи въ $S=1$; когда грузъ находится слѣва узла p или справа узла f, то $v=0$. Между узлами по общему правилу инфлуентная линія есть прямая линія. Такимъ образомъ, получаемъ, что инфлуентная линія вертикали VS есть треугольникъ pcf (чер.40.d.), котораго высота $VS=1$. Точно такимъ образомъ получимъ, вырѣзавъ узелъ B стр. 46 (чер 40), что инфлуентная линія вертикали BB. представляется треугольникомъ BdB Стержни Ac и Bd не испытываютъ отъ вертикальной нагрузки никакихъ напряженій.

Опредѣленіе тахітит'а и тінітит'а напряженій стержней.

Когда на ферму дѣйствуетъ подвижная нагрузка, то прежде всего, надо опредѣлить самое опасное положеніе этой нагрузки, оно, какъ было указано въ предыдущей статьѣ опредѣляется при помощи инфлуентныхъ линій. Опредѣливши опасное положеніе нагрузки, можно получить непосредственно при помощи инфлуентной линіи напряженій, тах. напряженіе вызываемое ею въ разсматриваемомъ стержнѣ. Напр. инфлуентная линія напряженій стержня S (чер.43) будетъ A, d, OB, B (предполагаемъ вездѣ по верху) Всякій грузъ, находящійся между O и B, производитъ положительное напряженіе, а находящійся между O и A, — отрицательное. Если на ферму дѣйствуетъ система подвижныхъ грузовъ $q_1 q_2 q_3 q_4$ то опредѣливши положенія этихъ грузовъ соотвѣтствующихъ положительному и отрицательному тахітит'амъ напряженіямъ N стержня S, самая величина N будетъ равняться суммѣ произведеній грузовъ на соотвѣтствующія ординаты инфлуентной линіи. $N=q_1y_1+q_2y_2+q_3y_3+q_4y_4$. Такимъ образомъ можно опредѣлить тах. положительныхъ напряженій (тах+N) и отрицательныхъ (тах−N). Напряженіе отъ постоянной нагрузки (собственнаго вѣса фермы) можно опредѣлить аналогично при помощи той же инфлуентной линіи напряженій, причемъ вѣсъ фермы распредѣляется въ видѣ силъ приложенныхъ въ узлахъ фермы назовемъ ихъ p. Тогда напряженія стержня S отъ собственнаго вѣса фермы = $N_0=p_1y_1'+p_2y_2'+p_3y_3'+\ldots\ldots$. Предѣльныя напряженія въ случаѣ возможности совмѣстнаго дѣйствія постоянной и подвижной нагрузки будутъ 1)(тах+N)+N_0 2)(тах−N)+N_0 и 3) N_0. (причемъ N_0 можетъ имѣть положительное или отрицательное значеніе) Въ этомъ случаѣ при опредѣленіи тах или тін. напряженій стержней

нижнего пояса надо разсматривать только 1-ый случай, так как они при всякой нагрузке растягиваются. Для стержней верхнего пояса применим 2-ой случай так как они при всякой нагрузке только сжимаются. Для внутренних же стержней надо принимать во внимание все три случая. Поясним все это числовыми примерами: пусть например стержня нижнего пояса $N_0 = 400$; $(max+N) = 600$ $(min-N) = 30$. Окончательно max в этом случае $= (max+N) + N_0 = 600+400 = 1000$. В случае стержня верхнего пояса напр. имеем $N_0 = 300$; $(max+N) = 25$ $(max-N) =$ Окончательно max $= (max-N) + N_0 = -500 - 300 = -800$. В случае діагонали $N_0 = +300$; $(max+N) = 800$ $(max-N) = 300$. Окончательно положительный max напряжения діагонали $= (max+N) + N_0 = 500 + 300 = 800$.; отрицат. $= (max-N) + N_0 = 900$ $= -1200$. Вертикали имеют свойства тех діагоналей, которыя они замыкают.

Параллельныя фермы.

Можно различить два главныя системы ферм: 1) ферма с равнобедренными треугольниками и 2) фермы с діагоналями и вертикалями. Вторая система устраивается так чтобы діагонали только растягивались и следовательно могли быть сделаны из полосового железа, вертикали же сжимаются и устраиваются из углового железа. Для ясности мы поймем, что діагонали состоят из веревок, т. е. что они вовсе не могут воспринимать сжатія, вертикали же из крепких стержней. (чер. 41)

Для діагонали ab и kt инерціентная линія вся положительная значит діагонали ab и kt при всякой нагрузке будут растягиваться и вообще они составляют как бы продолженіе нижнего пояса. Для всякой другой діагонали напр. hl на основаніи предыдущаго надо знать наибольшія ея напряженія от постоянной нагрузки A.; положительный max. напр. от подвижной нагрузки N_1 отрицательный max подвижной нагрузки $= N_2$ то предѣлы будут $N_{max} = N_1 + a$ и $N_{min} = N_2 + a$. Если N_{max} и N_{min} имеют положительныя значенія, то діагональ hl никогда не сжимается и тогда в панели достаточна только одна діагональ но если N_{max} получится отрицательно $= -c$, то на діагональ будет действовать и сжатіе, которому она, в силу своей гибкости (будучи по условію составлена из полосы) сопротивляться не может. Проведем 2-ую діагональ ik, тогда разсматривая напряженія діагоналей hl и ik и каждая из D_p и D_c при параллельных поясах имеем $D_p = \left(\frac{M''}{h} - \frac{M'}{h'}\right)$ cos. а $D_c = -\left(\frac{M''}{h} - \frac{M'}{h}\right)$ cos. т. е. они равны по напряженію и обратны по знаку; следовательно если ввести вторую діагональ ik, то когда на первую hl будет действовать сжатіе, вследствіе чего она, состоя из полоса, будет бездействовать, в тоже время вторая будет растягиваться. В панели имеющей две діагонали в каждый данный моментъ будет действовать только одна из них сопротивляясь растяженіем. На чер. 41 d и

представлены инфлуентныя линіи вправо и влѣво наклоненныхъ діагоналей hl и ik одной и той же панели; мы видимъ что онѣ обратны другъ другу но по очертанію одинаковы. Тѣ діагонали, которыя растягиваются подъ вліяніемъ постоянной нагрузки-собственнаго вѣса, называются главными, а другія контръ-діагоналями. На чер. 41 главныя діагонали сплошныя контръ діагонали начерчены пунктиромъ.

Низшій предѣлъ діагоналей такой фермы, т.е. N=? можно поставить =0, потому что она до тѣхъ поръ будетъ воспринимать сжатіе, производимое случайной нагрузкой, пока это сжатіе меньше растяженія вызываемое въ ней постоянной нагрузкой, и пока первое не сдѣлается равнымъ послѣднему, такъ что алгебраическая сумма этихъ напряженій станетъ равной нулю. При дальнѣйшемъ увеличеніи сжатія подвижнымъ грузомъ она еще нѣкоторое время будетъ сопротивляться, потому что и полоса имѣетъ небольшое сопротивленіе сжатію, въ діагонали потому будетъ дѣйствовать и небольшое сопротивленіе сжатію, поэтому будетъ дѣйствовать и небольшое отрицательное напряженіе; въ виду незначительности послѣдняго имъ можно для простоты разсчета пренебречь и считать за $\min N = 0$; maximum N для діагонали hl будетъ $N_1 + a$ а для діагонали ik $= -(-N_2 + a) = N_2 - a$. Вторая разность больше 0, слѣд. ik - дѣйствительно растягивается, ибо по предыдущему если бы a было бы больше N_2 то второй діагонали вовсе бы не требовалось. Слѣд. окончательно, предѣльныя напряженія будутъ для діагонали hl - $\max N = N_1 + a$, $\min N = 0$; для діагонали ik $\max N = N_2 - a$ и $\min N = 0$.

Ферма Кестлина.

Для уменьшенія вѣса фермы съ параллельными поясами Кестлинъ оканчиваетъ верхній поясъ прямыми линіями (чер. 42); ферма такого вида больше подходитъ къ тому равнаго сопротивленія, чѣмъ обыкновенныя параллельныя фермы. При такомъ устройствѣ фермы крайнія діагонали отпадаютъ. Положимъ что въ cefd имѣются двѣ діагонали cd и ef; отъ дѣйствія собственнаго вѣса діагональ ef. растягивается слѣд. cd бездѣйствуетъ, затѣмъ при нагрузкѣ сила происходитъ тоже самое. Теперь пусть грузъ будетъ справа узла d (гдѣ происходитъ по низу) тогда проведя сѣченіе mn и отбросивъ правую часть фермы моментъ взявъ за начало моментовъ точку A напряженіе сжатія cd $y = 0$.; слѣд. діагональ cd бездѣйствуетъ при всякой нагрузкѣ и потому отпадаетъ. Инфлуентная линія діагонали d будетъ

Параболическія фермы

Построимъ теперь ферму, въ которой напряженія діагоналей отъ

постоянной нагрузки-собственнаго вѣса фермы = 0. Нагрузку принимаемъ распредѣленной равномѣрно по длинѣ фермы. Назовемъ нагрузку на единицу длины черезъ q. Тогда полная нагрузка собст. вѣса на всей длинѣ $= ql$. Реакціи опоръ въ этомъ случаѣ $= \frac{ql}{2}$ (чер 44)
Напряженіе стержня $\mathfrak{D}$ опредѣлится разсѣкая форму произвольнымъ сѣченіемъ, тогда напряженіе діагонали $\mathfrak{D} = \left(\frac{M_2}{h_2} - \frac{M_1}{h_1}\right)\sec\delta$ (1)
Здѣсь M_2 - моментъ реакціи опоры A и нагрузки лѣвой части фермы, относит. точки 2.; M_1 - моментъ реакціи опоры A и нагрузки части фермы слѣва точки 1. относительно точки 1; $M_1 = \frac{ql}{2}x - qx\frac{x}{2} = \frac{qx(l-x)}{2}$
Чтобы напряженіе $\mathfrak{D} = 0$ - разность въ скобкахъ $\frac{M_2}{h_2} - \frac{M_1}{h_1} = 0$, откуда $\frac{M_2}{h_2} = \frac{M_1}{h_1}$ слѣд. тогда отношеніе $\frac{M}{h}$ = постоянной величинѣ (такъ какъ по условію напряженія всѣхъ діагоналей $\mathfrak{D} = 0$)
Для средины фермы въ точкѣ m_2 $x = \frac{l}{2}$ и $M_2 = \frac{ql^2}{8}$. Назвавъ высоту фермы въ точкѣ 1 черезъ h_1 а въ точкѣ 2 (въ срединѣ фермы) h_0 ($h_0 = \frac{1}{6} - \frac{1}{8}l$) имѣемъ $\frac{qx(l-x)}{2h} = \frac{ql}{8h_0}$; $h = \frac{4h_0}{l^2}x(l-x)$ (2)
Вотъ связь между высотами h и ихъ разстояніемъ x отъ лѣвой опоры A.; это есть ур-іе параболы съ вертикальной осью, отнесенное къ лѣвой опорѣ A, какъ къ началу координатъ. Поэтому въ параболическихъ фермахъ діагонали при дѣйствіи одного собственнаго вѣса не испытываютъ никакого напряженія. При разсчетѣ параболической фермы прежде всего выбираютъ высоту въ срединѣ въ зависимости отъ пролета l; разстояніе между панелями опредѣляется изъ условія, чтобы наклонъ діагоналей былъ около 45°. Высоту h каждой вертикали легко опредѣлить аналитически по формулѣ (2) Предѣльныя напряженія главной діагонали по предыдущему $+a + N_1 + a$ и $-N_2 + a$, но a (напряженія отъ собственнаго вѣса) для параболическихъ фермъ = 0, поэтому предѣлы будутъ $+N_1$ и $-N_2$ и это для всѣхъ діагоналей поэтому каждая діагональ будетъ растягиваться и сжиматься. Если эти діагонали устраиваютъ изъ простыхъ полосъ, то онѣ не имѣютъ для сжатія достаточной жесткости, и тогда нужно помѣстить въ каждой панели двѣ діагонали, причемъ предѣльныя напряженія одной изъ нихъ будутъ N_1 и 0 а другой N_2 и 0.
Параболическую ферму можно построить также графически, и при этомъ слѣдуетъ различать два случая: Въ первомъ случаѣ число панелей четное $= 2n$, тогда вертикаль h_0 проходитъ посрединѣ фермы (чер. 45). Раздѣлимъ длину на равныя части, высоту на столько же равныхъ частей и соединимъ какъ указано на чертежѣ. Во второмъ случаѣ число панелей нечетное (чер. 46) Пусть разстояніи h_1 отъ лѣвой опоры - x_1, вычислимъ $h_1 = \frac{4h_0x_1(l-x_1)}{l^2}$; затѣмъ раздѣлимъ x_1 на равныя панели, ихъ число положимъ 4, а высоту h_1 раздѣлимъ сверху внизъ въ отношеніи 1:2:3:4, получимъ точки 9, 7, 5, 6, 10, черезъ которыя проводимъ параллели оси x до встрѣчи съ соотвѣтственными ординатами въ точкахъ a, b,

Точки a, b, c. d будутъ принадлежать искомому очертанію параболическаго пояса. Параболическія фермы могутъ быть устроены также съ поздой по срединѣ (чер 47) и по верху (чер. 48). Главный недостатокъ параболическихъ фермъ состоитъ въ томъ, что въ каждой панели необходимо устроить по двѣ діагонали, а также въ виду незначительной высоты фермы вблизи опоръ нельзя устроить около опоръ поперечныхъ связей. Эти недостатки параболическихъ фермъ устраняются въ фермахъ полупараболическихъ.

Полупараболическія фермы.

Въ полупараболическихъ фермахъ (чер 49.) парабола начинается не отъ точки опоры, а на нѣкоторой высотѣ h_a надъ ней. Эта величина h_a вполнѣ произвольна; стрѣлку выгиба f дѣлаютъ $h_0 - h_a$ гдѣ h_0 высота фермы въ срединѣ. Обыкновенно $h_0 = \frac{1}{6}$ до $\frac{1}{9} l$. Одинъ поясъ параболическій, а другой можетъ быть параболическій или прямолинейный. Эти фермы суть средніе между параллельными и параболическими., онѣ имѣютъ (какъ и параллельныя) по краямъ панели, въ которыхъ діагоналями только растягиваются, т.е. въ которыхъ можно устроить только по одной діагонали, но число такихъ панелей въ полупараболической фермѣ бываетъ менѣе, чѣмъ въ параллельной, и оно тѣмъ менѣе, чѣмъ менѣе высота h_a фермы надъ опорами. Построеніе криволинейнаго пояса т.е. опредѣленіе величины h, производится точно такимъ образомъ, какъ для параболической фермы. Высота фермы въ каждомъ узлѣ будетъ $h_1 = h + h_a$. На чер 49. показана ферма для позды по низу, на чер. 50 – ферма для позды по верху. Полупараболическія фермы могутъ при достаточной высотѣ h_a быть соединены поперечными связями даже на самыхъ концахъ фермы.

Гиперболическія фермы (Шведлера).

Параболическія фермы требуютъ во всякой панели по двѣ діагонали. Шведлеръ задался цѣлью устроить ферму, въ панеляхъ которой не требуется болѣе одной гибкой діагонали, и получилъ очертаніе выпуклаго пояса въ видѣ двухъ симметричныхъ гиперболъ (чер. 52) Возьмемъ въ такой фермѣ діагональ D; по условію, максимальное отрицательное напряженіе ея отъ дѣйствія постоянной и перемѣнной подвижной нагрузки $= 0$. Мы знаемъ что напряженіе діагонали выражается такъ: $D = \left(\frac{M_e}{h_2} - \frac{M_1}{h_1}\right) \sec \alpha$; оно по условію $= 0$ Вмѣсто мы назовемъ моменты внѣшнихъ силъ по отношенію къ нижнему (правому) и верхнему (лѣвому) концу діагонали D произведенные постоянной нагрузкой и случайной нагрузкой, соотвѣтствующей отрицательному максимуму напряженія діагонали D черезъ M_2 и M_1 то ур-ie фермы Шведлера будетъ $\frac{M_2}{h_2} - \frac{M_1}{h_1} = 0$ (при этомъ $\min D = 0$) или отсюда $h_1 = h_2 \frac{M_1}{M_2}$ (I) Моменты M_1 и M_2 состоящіе

как было упомянуто. изъ m_1 и m_2 моментовъ отъ постоянной равномѣрной нагрузки (вѣса моста) и изъ M_1 и M_2 моментовъ отъ случайной нагрузки, всего проще опредѣляются графическимъ путемъ. Высота фермы въ срединѣ опредѣляется въ зависимости отъ пролета, $h_2 = \frac{1}{6} - \frac{1}{9}l$. Задаемся далѣе длиною панелей и отмѣчаемъ точки 1, 2, 3 ..., черезъ которыя пройдутъ вертикали; нагрузки узловъ, соотвѣтствующія вѣсу моста, пусть будутъ $g_1, g_2 g_3 \ldots$ и $q_1, q_2 q_3 \ldots$ они приложены въ узлахъ и опредѣляются по общему правилу. Строимъ веревочный многоугольникъ для постоянной нагрузки (гр. 52 в и с). По вертикали I дѣйствуетъ грузъ $g_1 + g_1$, по вертикали II грузъ $g_2 + g_2$ и т. д. На гр. 52 с откладываемъ $\overline{01} = g_1$, $\overline{12} = g_2 + g_2 \ldots$ Беремъ произвольный полюсъ O, проводимъ лучи a, b, c и строимъ на гр. 52 в веревочный многоугольникъ, замыкающая сторона его Zf. Далѣе опредѣляемъ помощью инфлуентной линіи напряженій, то положеніе подвижной системы грузовъ, которому соотвѣтствуетъ отрицательный максимумъ напряженія діагонали D. Изъ формы инфлуентной линіи мы видимъ что всякій грузъ справа діагонали D производитъ растяженіе, а слѣва производитъ сжатіе ея, потому, для отрицательнаго maximum'а должна быть нагружена лѣвая часть фермы. Если мостъ назначается подъ уѣздную дорогу, то случайной нагрузкой будетъ самый тяжелый поѣздъ. Предположимъ что поѣздъ идетъ слѣва направо. На гр. 52 d отложены по порядку давленія колесъ этого поѣзда, причемъ для простоты построенія предположено, что на мосту помѣщаются только 3 оси (разстоянія между осями построены въ томъ же масштабѣ, въ которомъ построена сама ферма. Строимъ на гр. 52 е веревочный многоугольникъ для этой подвижной нагрузки. Максимальное отрицательное напряженіе діагонали D произойдетъ вообще только тогда, когда первая ось перваго паровоза (грузъ 1 = 7,5 tn) будетъ находиться на узлѣ 3. тогда правая опора будетъ находиться вправо на разстояніи $\overline{1B_1} = \overline{3B}$ въ B_1, а лѣвая опора A влѣво на разстояніи $\overline{1A_1} = \overline{3A}$ въ A_1. (грузы всѣ расположатся слѣва діагонали). Замыкающая линія веревочнаго многоугольника подвижной нагрузки соотвѣтствующая отрицательному max. напряженія діагонали D будетъ $\alpha_1 \beta_1$. Изъ веревочнаго многоугольника постоянной нагрузки (гр 52 в) можно опредѣлить моменты m_1 и m_2 по извѣстному правилу графостатики $m_1 = \Pi y_3$ и $m_2 = \Pi y_4 \ldots$ Изъ веревочнаго мн-ка случайной нагрузки (гр. 52 d) можно опредѣлить M_1 и M_2 $M_1 = \Pi_1 \eta_1$ $M_2 = \Pi_1 \eta_2 \ldots$ поэтому $M_1 = m_1 + M_1 = \Pi y_3 + \Pi_1 \eta_1$ $M_2 = m_2 + M_2 = \Pi y_4 + \Pi_1 \eta_2$ а слѣд. вставивъ эти значенія въ ур-ие (I) имѣемъ $h_1 = h_2 \frac{\Pi y_3 + \Pi_1 \eta_1}{\Pi y_4 + \Pi_1 \eta_2}$; Если было взято $\Pi = \Pi_1$ то $h_1 = h_2 \frac{y_3 + \eta_1}{y_4 + \eta_2}$. (II)
h_2 опредѣляется въ зависимости отъ пролета, изъ ур-ія (II) можно опредѣлить h_1, затѣмъ переходимъ къ діагонали D, и при помощи нея все дѣйствій опредѣляемъ h — длину слѣдующей вертикали въ

зависимости отъ h_1 и т.д. Полученныя такимъ образомъ высоты будутъ вообще сначала возрастать отъ концовъ фермы къ срединѣ и потомъ дойдя до нѣкоторой наибольшей величины h къ срединѣ фермы будутъ опять убывать, такъ что лѣвая половина верхняго пояса будетъ представлять собою какъ оказывается, довольно точно гиперболу съ вертикальной осью. Такъ какъ ферма симметрична, то правая половина пояса будетъ симметрична лѣвой и ее можно начертить непосредственно. Такая ферма представленная на чер. 52 некрасива на видъ, ее обыкновенно выполняютъ такъ какъ указано на чер. 53. Здѣсь за высоту средней части выбираютъ наибольшую высоту h, такъ что средняя часть фермы выполняется съ параллельными поясами, и въ силу того что мы отступили отъ теоретическаго очертанія, въ средней части фермы въ каждой панели надо устроить по двѣ діагонали.

Эллиптическія фермы.

Ферму Шведлера иногда замѣняютъ эллиптической фермой, такъ какъ она близко подходитъ къ ней, но пріятнѣй на глазъ и разсчетъ ея проще. (чер. 54.) Ур-іе эллиптическаго пояса отнесеннаго къ центру эллипса будетъ $\frac{z^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$ (a и b полуоси.) Положимъ $a=\frac{l}{2}$ — половинѣ пролета и $b=h$ (берутъ $\frac{1}{7}-\frac{1}{9}l$) тогда ур-іе I будетъ $\frac{z^2}{\frac{l^2}{4}}+\frac{y^2}{h^2}=1$. Перенесемъ начало координатъ въ вершину A полагая $x=\frac{l}{2}-z$; $z=\frac{l}{2}-x$; получимъ ур-іе эллипса примѣнительно къ разсчету. $\frac{(\frac{l}{2}-x)^2}{\frac{l^2}{4}}+\frac{y^2}{h_1^2}=1$ или $y=2\frac{h_1}{l}\sqrt{(l-x)x}$ Откладывая длину горизонтальныхъ панелей, мы для соотвѣтственныхъ X будемъ получать соотвѣтственныя величины h для y. И здѣсь крайнія панели будутъ имѣть одну діагональ, но въ эллиптическихъ фермахъ такихъ панелей будетъ меньше чѣмъ въ фермахъ Шведлера. (чер. 55)

Фермы Паули.

Паули предложилъ такого рода ферму, въ которой максимальныя напряженія поясовъ постоянны. Если M_1 и M_2 максимальные моменты (сумма моментовъ т отъ собственнаго вѣса + максимальный моментъ такіе μ отъ случайной нагрузки), взятые по отношенію къ вертикалямъ 1, 2; h_1 и h_2 высоты фермы въ этихъ точкахъ (чер 51) то $W=\frac{\max M_2}{h_2}\sec\omega$; $N_1=\frac{\max M_2}{h_2}\sec\gamma_1$ ....(a) Максимальныя напряженія въ поясахъ происходятъ при полной нагрузкѣ фермы, а при такой нагрузкѣ въ лѣвой половинѣ растягиваются вправо наклоненныя діагонали, а въ правой влѣво наклоненныя, т.е. при полной нагрузкѣ ферма будетъ симметрична относительно вертикальной оси. По условію равенства напряженій поясовъ имѣемъ $W=N_1$, отсюда $\frac{\max M_2}{h_2}\sec\omega=\frac{\max M_2}{h_2}\sec\gamma_1$, откуда получаемъ $\omega=\gamma_1$, т.е. верхній и нижній стержни поясовъ должны быть симметричны черезъ панель

Для простоты их однако делают симметричными по отношению к линии МК фермы ($w = v$, $w_1 = v_1 \cdots$), максимальные напряжения стержней нижнего пояса не будут в этом случае равны максимальным напряжениям верхнего пояса, но разница эта незначительна.

Для определения формы поясов нужно знать максимальные моменты, соответствующие узлам фермы; эти моменты опять всего проще определяются графически, помощью веревочных многоугольников постоянной и случайной нагрузки.

Условие фермы Паули аналитически выражается таким образом: $W = \frac{M}{h} \sec\omega = \text{const.}$ (в) Если напишем это выражение для средней панели, момент соответствующий которой назовем через M_0 а высоту через h_0 ($h_0 = \frac{1}{7} - \frac{1}{9} l$); так как в этом случае пояса средней панели горизонтальны (в середине нет вертикали) или почти горизонтальны (как указано на чер. 56) то z совпадает или почти совпадает с h, и след $\omega = 0$ и $\sec\omega = 1$. и W выразится так: $W = \frac{M_0}{h_0}$ Из чер. 56 имеем для какого нибудь стержня $h = z \cdot \sec\omega$ или подставляя в рав. (в) имеем $W = \frac{M}{z} = \frac{M_0}{h}$ откуда $z = \frac{h_0 M}{M_0}$ .. (с)

z – есть плечо соответствующее разсматриваемому стержню пояса. Для определения плеч нужно потому знать максимальные моменты по отношению к вертикалям. Моменты постоянной нагрузки можно определить построивши на чер. 56 и 56(в) веревочную линию постоянной нагрузки, считая ее приложенной в узлах. Когда мост назначается под железную дорогу, то за случайную нагрузку нужно принять поезд, состоящий 3 паровозов и тендеров и вагонов, причем в этом случае первые два паровоза обращены друг к другу трубами, (первый паровоз идет задом) Эта нагрузка и соответствующая ей веревочная линия и силовой многоугольник представлены на чер. 57 и 57(в). (поезд движется справа влево) Моменты случайной нагрузки p могут быть определены помощью инфлуентных линий, но несколько проще они получаются помощью веревочной линии (чер 57) пробным путем. Из свойств инфлуентных линий известно что в данном сечении произойдет наибольшее действие тогда, когда один из тяжелых грузов лежит на самом сечении а другие расположатся вблизи его. Чтобы потому найти M_0 для какого нибудь сечения (или точки), будем последовательно ставить на это сечение тяжелый груз, определять происходящие при этих положениях моменты, и затем выберем наибольший момент $= \max p$. Не будем передвигать нагрузку по ферме, а будем – перемещать саму ферму относительно нагрузки (чер 57), помещая сечение (узел фермы) на соответственные грузы. Возьмем сечение V. Максимальный момент может произойти когда через эту вертикаль проходит один из грузов 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. Ставим груз 5 на вертикаль V, или, что все равно, вертикаль V ставим на груз 5. От точки V, (чер. 57) соответствующ

грузу 5, откладываем вильво $\overline{V}, 5_0 = a_5 A$ и вправо $\overline{V}, 5_0 = a_5 B$; через 5_0 и 5_0 проводим вертикали до пересечения с веревочной линией в 5_1 и 5_1 и соединяем точки 5_1 и 5_1 прямою линией. Линия $5_1 5_1$ будет замыкающей линией веревочного многоугольника при таком положении подвижной нагрузки, и чтобы получить момент ея происходящий в вертикали $\overline{V}$ надо взять произведение $(\overline{5})(\overline{5}).\Pi_1 = \eta_5 \Pi_1 = \mu$. Этот момент будет происходить тогда, когда через вертикаль $\overline{V}$ проходит грузъ 5; чтобы получить моменть происходящий в вертикали $\overline{V}$ тогда, когда через нее проходит грузъ 6, откладываем отъ точки $\overline{VI}$, соответствующей грузу 6, вильво $\overline{VI}, 6_0 = a_5 A$ и вправо $\overline{VI}, 6_0 = a_5 B$. (такъ что $\overline{6_0 6_0} = AB = l$) Затемъ через 6_0 и 6_0 проводимъ вертикали до пересечения съ веревочной линией въ 6_1 и 6_1 соединяемъ 6_1 и 6_1 прямой $6_1 6_1$. Отрезокъ на вертикали груза 6 между веревочной линией и замыкающей линией $6_1 6$ обозначимъ черезъ η_6 тогда $\mu_2 = \Pi_1 \eta_6$. Такимъ же образомъ найдемъ η_7 η_8, η_9, η_{10}, η_{11} для грузовъ 7, 8, 9, 10, 11. Такъ: η_{10} между этими η имѣетъ наибольшую величину, то $\mu_{max} = \Pi_1 \eta_{10}$. Такимъ образомъ получимъ μ_{max} и для другихъ вертикалей $\overline{IV}$ $\overline{III}$. $\overline{II}$ и $\overline{I}$. Максимальный моментъ въ точкѣ q, отъ дѣйствія постоянной и случайной нагрузки будетъ $M_0 = \Pi y_5 + \Pi_1 \eta_{10}$; а въ любой точкѣ $M = \Pi y + \Pi_1 \eta$. Подставляя M_0 и M въ равенство (c) имѣемъ $Z = \frac{h_0(\Pi y + \Pi_1 \eta)}{\Pi y_5 + \Pi_1 \eta_{10}} = A(\Pi y + \Pi_1 \eta)$ гдѣ A величина для всей фермы постоянна $A = \frac{h_0}{\Pi y_5 + \Pi_1 \eta_{10}}$.

Такимъ образомъ мы можемъ опредѣлить Z для любой точки. Чтобы построить ферму намѣчаемъ длину панелей Aa, ab, bc.... (стр. 58); въ точкахъ a, b, c.. ось фермы пересѣкаетъ вертикали, опредѣленныя для этихъ точекъ Z_1, Z_2 Z.... и начинаемъ строить ферму отъ опоры, описывая дуги α_1 α_2 α_3... Затемъ проводимъ изъ A касательную AI къ дугѣ α_1 до пересѣченія съ вертикалью aI въ точкѣ $\overline{I}$; изъ точки I касательную $I\overline{II}$ къ дугѣ α_2 до пересѣченія съ $b\overline{II}$ въ точкѣ $\overline{II}$; изъ точки $\overline{II}$ касательную $\overline{II}\overline{III}$ и т.д. такимъ образомъ получаемъ верхнюю половину фермы и строимъ съ ней симметричную нижнюю.

Діагонали въ фермахъ Паули устраиваются по тѣмъ же правиламъ, какъ діагонали другихъ фермъ, не имѣющія достаточнаго сопротивленія для сжимающихъ усилій (такъ какъ ферма Паули по формѣ приближается къ параболической, то въ каждой панели будутъ вообще по двѣ діагонали).

Фермы съ вспомогательными раскосами.

При большихъ пролетахъ въ зависимости отъ угла наклона раскосовъ панели выходятъ очень длинными; это особенно неудобно въ сжимаемыхъ поясахъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ размѣры поперечнаго сѣченія возрастаютъ въ зависимости отъ длины, кромѣ того, прогоны получая значительную длину (во избѣжаніе изгиба ихъ) выходятъ тяжелыми. Для уменьшенія этихъ неудобствъ

кладутъ поперечныя балки не только въ узлахъ, но и между узла
чтобы стержни нагруженнаго пояса не подвергались изгибу, подв
ливаютъ его къ діагонали стержнемъ W_0, а чтобы не прогибала
діагональ, то ее соединяютъ съ узломъ у верхняго пояса стержн
D_3. (чер. 59) (ферма для езды по низу) Опредѣленіе напряженія стер
жней такой фермы отъ дѣйствія постоянной нагрузки (соб
веннаго вѣса фермы) можно выполнить аналитическимъ способо
ми графически, по способу Кремона; поэтому мы выяснимъ опр
дѣленіе напряженій отъ случайной нагрузки, которое мы мож
произвести по извѣстнымъ правиламъ непосредственно, если
имѣются для каждаго стержня инфлуентныя линіи н
пряженій. Выдѣлимъ какую либо панель фермы, въ ней им
ются (чер. 59) W (верхній поясъ), N и N_1 (нижній поясъ), D_1 и D_2 (д
нали), D_3 (вспомогательный діагональный раскосъ) W_0 (вспомог
ная вертикаль) и v (вертикаль); нѣкоторую особенность предс
ляетъ средняя вертикаль v_1. Построимъ инфл. линіи для стержн
1) Стержень W. Проводимъ сѣченіе II черезъ W, D_1 и N_1, точка момент
пересѣченіе D_1 и N_1, точно также какъ и для простыхъ фермъ; пр
дѣленія будутъ узлы β и γ; инфлуентная линія строится обыкн
нымъ образомъ (чер 59 с); β проектируется на лѣвую вѣтвь въ β_1,
γ на правую вѣтвь въ γ_1; инфлуентная линія $W\beta_1\gamma_1 W_1$
2) Для стержня N_1 беремъ за начало моментовъ пересѣченіе D_1 и
построеній инфлуентной линіи (чер. 59 в) останется тоже, как
ано было при отсутствіи стержней D_3 и W_0, но предѣлы будутъ
линіямъ v и W_0. Въ нашемъ случаѣ это не произведетъ измѣне
(такъ какъ начало моментовъ совпадаетъ съ однимъ изъ предѣ
3) Для стержня D_1 инфлуентная линія (чер 59 а) строит
такъ же, какъ для простой фермы (сѣченіе пересѣкаетъ т
стержня, но предѣлы будутъ по линіямъ v и W_0 въ β_0 и γ_0.
видимъ, что положительныя напряженія нѣсколько увел
чились, а отрицательныя уменьшились (между узлами
чѣмъ если бы стержня W_0 не было, такъ какъ инфлуентная л
нія въ этомъ послѣднемъ случаѣ была бы вмѣсто $D_1\beta_0\gamma_0 4 - D_1\beta_0$
(обозначена на чертежѣ пунктиромъ) Для остальныхъ ст
жней описанные способы не приложимы: сѣченіе пересѣкаетъ
болѣе чѣмъ три стержня. Проводимъ сѣченіе III черезъ стер
ни N, W_0, N_1 т.е. вырѣзаемъ узелъ γ.
4) Для стержня N_1 беремъ сумму проекцій на горизонталь
линію (чер. 60) $N - N_1 + 0 = 0$; $N = N_1$, т.е. напряженія N и N_1 всегда
равны и инфлуентныя линіи для N и N_1 одинаковы.
5) Для стержня W_0 инфлуентная линія получается слѣд
ющимъ образомъ. Когда грузъ справа и слѣва стержня
(чер. 59), напряженія въ стержнѣ не будетъ, оно равно нулю;
если же грузъ 1 на разстояніи z отъ стержня W_0 то напряженіе
его $W_0 - X' = 0$ (чер. 61. проекція на вертикаль) X давленіе отъ груза $= 1$ в

$\chi = \frac{\lambda}{\lambda} z = 0$ (λ разстояніе стержней W_0 и v_1) Тогда $W_0 - \frac{\lambda - z}{\lambda} = 0$ и $W_0 = \frac{\lambda - z}{\lambda}$ при $z = \lambda \ldots W_0 = 0$; при $z = 0 \ldots W_0 = 1$. Инфлуентная линія представ. ся на гер. 59d линіей $\beta_2 \gamma_2 d_2$. Ея ординаты въ $\gamma = 1$, а въ α и $\beta = 0$

Для опредѣленія инфлуентной линіи стержней D_2 и D_3 проводимъ сѣченіе III–III, т. е. вырѣзаемъ узелъ m; вырѣзанная часть представ. на на гер. 62. Предполагая, что узелъ m въ равновѣсіи, пишемъ два условія равновѣсія: $D_1 \cos\alpha + D_2 \cos\beta - D_2 \cos\alpha - W_0 = 0$ и $(D_1 - D_2)\sin\alpha - D_3 \sin\beta = 0$ отсюда $(D_1 - D_2) = D_3 \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$ (a) далѣе $D_3 \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}\cos\alpha + D_3 \cos\beta - W_0 = 0$ отсюда: $D_3\left(\frac{\sin\beta \cdot \cos\alpha + \cos\beta \cdot \sin\alpha}{\sin\alpha}\right) = W_0$; $D_3 = \frac{W_0 \sin\alpha}{\sin\beta \cdot \cos\alpha + \cos\beta \cdot \sin\alpha} = \frac{W_0 \sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}$ (b) Подставляя D_3 въ ур-іе a получимъ $D_2 = D_1 - \frac{W_0 \sin\beta}{\sin\alpha+\beta}$ (c)

Изъ ур-ія (b) мы видимъ, что ординаты инфлуентной линіи пропорціональны W_0, значитъ, гдѣ $W_0 = 0$, тамъ и $D_3 = 0$; и намъ достаточно построить только ординату средней точки, дѣлаемъ это графически (гер 63) Проводимъ къ ас линію подъ угломъ α на ней откладываемъ $ab = W_0 = 1$ и изъ в проводимъ линію вс подъ угломъ $(\alpha+\beta)$, получимъ $\frac{bc}{\sin\alpha} = \frac{W_0}{\sin(\alpha+\beta)}$ или $bc = \frac{W_0 \sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)} = D_3$ и при $W_0 = 1$ $D_3 = bc = \frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}$; Инфлуентная линія представлена на гер. 59e въ которомъ $rs = bc$.

Для стержня D_2 имѣемъ по ур-ію (c) $D_2 = D_1 - \frac{W_0 \sin\beta}{\sin(\alpha+\beta}$; Означимъ второй членъ черезъ δ и построимъ прежде его. (гер 64 и 59f). Построеніе инфлуентной линіи (гер. 59g) сведется къ тому что изъ соотвѣтствующихъ ординатъ инфлуентной линіи стержня D_1 вычесть ординаты линіи a (представляющей второй членъ); на протяженіи mn и lp вычитать не придется ничего; точки b и d останутся; въ точкѣ e отложимъ внизъ $ep = qf = d_1$ и полученную точку p. соединимъ съ b и d.

б) Для стержня V проводимъ сѣченіе IV IV и беремъ сумму вертикальныхъ слагающихъ $= 0$. $V + D_2 \cos\alpha = 0$; $V = -D_2 \cos\alpha$; видимъ что ординаты инфлуентной линіи стержня V пропорціональны ординатамъ D_2 но обратны по знаку. Слѣдовательно, точки перелома одной будутъ точками перелома и другой инфлуентной линіи. Надо построить только ординаты точекъ перелома (гер 59 k) Построимъ для примѣра ординату въ точкѣ d_1 (гер. 59 g); проводимъ линію подъ угломъ α къ вертикали, изъ d опустимъ на эту линію перпендикуляръ, тогда $d_1 m = D_2 \cos\alpha$ и откладываемъ въ точкѣ δ (гер. 59 k $\delta x = d_1 m$); точно такъ же строимъ ординаты и остальныхъ точекъ ($\overline{Bv} = \overline{bb_1} \cos\alpha$); всѣ ординаты откладываемъ обратно ординатамъ D_2.

Если бы дѣло производится по верху то въ стержнѣ W_0 было бы сжатіе. Разсчетъ тотъ же аналогиченъ; видъ фермы для послѣдняго случая представленъ на гер. 65.

Моск. Инж. Строит. Ин-т БИБЛІОТЕКА им. В. В. Куйбышева

Многораскосныя фермы.

Изъ выраженія напряженія стержней поясовъ видно, что съ увеличеніемъ высоты фермы h эти напряженія уменьшаются. Въ

тоже время увеличивается длина раскосовъ. Если раскосы безъ вер
камей, и діагонали наклонены подъ угломъ въ 45°, то въ порта
мильныхъ фермахъ при высотѣ фермы h, длина панелей $l = 2h$
(чер. 66); т.е разстояніе узловъ фермы было бы 2h. Чтобы l
не было бы очень большимъ, вводятъ въ ферму новые раскосы
которые называютъ раскосами второй, третьей системы и т.д
и ферму тогда называютъ двураскосной, трехраскосной и т.д и
вообще многораскосной. Для разсчета такой фермы разбива-
ютъ ее на нѣсколько однораскосныхъ. На чер. 68 представлен
двухраскосная ферма. Для разсчета такой фермы разбива
ютъ ее на двѣ однораскосныхъ (чер. 68 (a) и (b)) если объ послѣдни
наложимъ другъ на друга, то получимъ данную ферму.
Въ трехраскосныхъ фермахъ длину l дѣлятъ на 3 части; така
ферма представлена на чер. 66. Бываютъ многораскосныя ферм
мы и съ вертикалями (чер. 69 представляетъ двураскосную ф
му съ вертикалями. Точный разсчетъ такихъ фермъ помощ
условій равновѣсія невозможенъ, такъ какъ стержней больш
чѣмъ эти условія даютъ уравненій, для опредѣленія неизвѣст
ныхъ напряженій ихъ. Его можно бы было воспользоваться, пользу
ясь законами упругости, но это очень сложно. Обыкновенно
довольствуются приближеннымъ разсчетомъ, а именно разби
ютъ ферму на простыя и разсчитываютъ ихъ отдѣльно
Въ примѣрѣ представленномъ на чер. 68. разсчитываютъ
напряженія стержней ея отъ дѣйствія постоянной нагрузки
приложенной въ узлахъ ея такимъ образомъ: разбиваютъ ее
на двѣ однораскосныхъ фермы съ грузами приложенными въ со
вѣтственныхъ узлахъ ихъ, и опредѣляютъ по извѣстному спосо
Кремона напряженія $a'b' \ldots$ всѣхъ стержней I-ой элементарной ф
мы и напряженія всѣхъ стержней $n'm' \ldots$ II элементарной ферм
При этомъ раскосы, какъ было сказано, находятся въ обѣихъ
простыхъ фермахъ только одинъ разъ, слѣд. полученныя
ихъ напряженія и будутъ дѣйствительныя: Крайнія вер
тикали и стержни поясовъ по два раза (по разу въ одной и
другой фермѣ) напряженія ихъ опредѣляются слѣдующимъ обра
Если напряженіе стержня 1,2 (чер. 68 a) наз. a', стержня $2,4$ черезъ b', с
жня $4,1'$ черезъ h' а во второй фермѣ (чер. 68 b) напряженіе стержня 1,3
наз n_1, стержня $3,5$ — m', стержня $1,1'$ — h_2 то напряженія стержн
данной двураскосной фермы будутъ (чер. 68) напряж. $1,2 = a = a' + n_1$
напряж. $2,3 = b = b' + n_1$; напряж. $3,4 = c = b' + m_1$; напряж $1,1' = h = h' + h''$, и
Въ случаѣ подвижной нагрузки опредѣленіе напряженій произв
дится помощью инфлуентныхъ линій. Построимъ для ка
го нибудь стержня фермы (чер 68) напр. $2,3'$ инфлуентную лин
Она строится по общимъ правиламъ, но для опредѣленія предѣл
Замѣтимъ, что въ узлахъ $2'\,4'\,6'$ главной фермы (чер. 68) ближай
шихъ къ узламъ $1', 3', 5',$ и $7'$ фермы (чер. 68 a) напряженія $= 0$, такъ ка

узлы 2'4'6' подвешены к другой системе раскосов и давления воспринимающей ими. Инфлуентная линия представится рядом треугольников (чер. 68 с).

Пусть имеем трехраскосную ферму (чер. 67.) Разобьем ее на три простые. Возьмем (непунктированный контур) часть этой фермы и строим инфлуентную линию для стержня ав; строим сначала как для обыкновенных ферм: Предполы, в которых напряжение стержня ав равно нулю, определяемая точками c, d, c_1, d_1, c'', d'', потому что, при положении груза в этих точках, напряжение передается стержнями других простых ферм. Инфлуентная линия представится рядом заштрихованных треугольников. Предполагая постоянную нагрузку распределенной равномерно, случайную же нагрузку в случае больших пролетов можно также предполагать распределенной равномерно, и называя площади вышеупомянутых заштрихованных тр-ков через φ, ϕ_1 и ϕ_2 имеем:

напряжение от собственного веса $N = g(\phi_1 + \phi_2 - \varphi)$; от случайной нагрузки $N_{max} = p(\phi_1 + \phi_2)$; (предполагая нагрузку распределенной по правой части фермы. $N_{min} = -q\varphi$ (нагружена только левая часть фермы)

Если имеем систему сосредоточенных грузов, то употребляют следующий способ: положим например, что случайной нагрузкой служит поезда железной дороги, устанавливаем систему грузов (давления колес) так, чтобы самые тяжелые приходились над вершиною инфлуентной линии и рядом с нею, и определим непосредственно напряжение вызываемое ею. (Для положительного max. в нашем случае должна быть нагружена правая часть фермы, для отрицательного левая) Взявши другое и даже третье положение грузов, и определяя из инфлуентной линии, напряжение вызываемое ими, можно видеть какое расположение грузов дает max. напряжения стержня. Гораздо удобнее построение инфлуентных линий стержней верхнего и нижнего пояса, Построим ее для ав (чер. 66.). Разбивши данную ферму на 3 однораскосные, мы видим что напряжение стержня ав будет составляться соответственно из напряжений полученных для таких простых ферм. Инфлуентная линия для стержня ав первой системы представится рядом треугольников; инфлуентная линия второй системы тоже рядом других тр-ков, точно также и инфлуентная линия третьей системы (на чертеже они оштрихованы вертикально). Действительная инфлуентная линия равна сумме; прибавочные части от II системы к III оштрихованы горизонтальными штрихами, от I к III наклонными. Действительная инфлуентная линия будет: $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon i\theta k l m n o p r s t$. Максимум случайной нагрузки определяется подобно предыдущему.

Многоопорные фермы.

устраиваются при очень больших пролетах; в этом случае между конечными опорами устраиваются промежуточные, и в этом случае каждое отверстие покрывают отдельными фермами; этот способ

инженерное искусство

удобна въ томъ отношеніи, что достаточно разсчитать только одинъ про
(чер. 70) или 2) Опоры покрываютъ общей фермой (чер. 71) Второй способъ гаст
употребляется въ Франціи. Неудобство его, во первыхъ въ томъ, что эта
ферма статически неопредѣленная, что сильно затрудняетъ разсчетъ,
во вторыхъ въ томъ, что всякія осадки опоръ, измѣненія ихъ отно
тельнаго вертикальнаго положенія и измѣненія температуры вызы
ютъ значительныя напряженія въ стержняхъ. Разсчетъ непрерывной м
гоопорной фермы сводится къ опредѣленію реакцій опоръ.
Когда число неизвѣстныхъ опредѣляющихъ реакціи опоръ 3 (случай прост
фермы закрѣпленной на одномъ концѣ шарниромъ и другимъ концомъ своб
но лежащей на каткахъ) то они могутъ быть непосредственно опре
лены изъ $3^{ур}$ условій равновѣсія, когда же число неизвѣстныхъ $n>3$ т
система имѣетъ $n-3$ добавочныхъ величинъ. За добавочныя величи
можно считать произвольныя изъ n неизвѣстныхъ, необходимо то
чтобы оставшіяся величины нужныя для сооруженія для дѣйст
вующихъ на него силъ, вполнѣ устойчивыми. Такъ напр. въ балкѣ
(чер 72) имѣющей одну неподвижную опору и H подвижныхъ c, d, f, g, h
ется всего 6 неизвѣстныхъ, поэтому число добавочныхъ величинъ $n-3=6$
За нужныя величины можно считать произвольныя 3 изъ всѣхъ 6
неизвѣстныхъ, но одной изъ нихъ обязательно должно быть горизон
ное сопротивленіе H, потому что, если бы H было устранено, то
ка 5 могла бы сдвинуть балку вдоль опоръ ея, т.е. балка не имѣла б
устойчиваго положенія.
Пусть балка AB (чер. 73) имѣетъ неподвижную опору O и подвижны
1, 2, 3, 4 ... находящіяся на высотахъ c_1 c_2 c_3 относительно горизонтал
проходящей черезъ неподвижную опору O. Обозначимъ: 1) дѣйствит
ныя сопротивленія опоръ, вызванныя дѣйствующими на балку внѣшн
ми силами черезъ R_0, R_1, R_2 2) сопротивленіе опоры m, производим
силой $=1$ приложенной въ точкѣ q балки, имѣющихъ добавочны
величинъ, черезъ z_{mq}, т.е. буквой z съ двойнымъ показателемъ, изъ
торыхъ первый означаетъ точку (или опору) которой принад
житъ z, а второй точку, въ которой приложена сила производ
щая дѣйствіе z, такъ напр. z_{35} означаетъ сопротивленіе опоры
произведенное силой $=1$, приложенной къ точкѣ 5.
Будемъ считать въ этой балкѣ O и 5 нужными опорами, тогда
1, 2, 3.. будутъ добавочными. Если устранимъ всѣ добавочныя опор
то получимъ балку (чер. 74), это будетъ простая двухъ опорна
балка. Сопротивленія ея опоръ означимъ черезъ S_0 и S_5. Балка (чер.
отличается отъ балки (чер. 73) тѣмъ, что на первую въ точкахъ
1, 2, 3, 4 не дѣйствуютъ никакія силы, а на послѣднюю въ этихъ т
какъ дѣйствуютъ силы R_1, R_2 R_3 .... Чтобы получить реакцію R_0
нужно очевидно къ реакціи S_0 произведенной въ O грузами q, q'
прибавить тѣ, которыя производятъ въ ней силы R_1 R_2... Если въ
точкѣ 1 дѣйствуетъ сила $=1$, то по предыдущему она произведе
въ O, реакцію $z_{0,1}$, а если въ точкѣ 1 дѣйствуетъ сила R_1, содержа

щая R_1 единицу, то она произведетъ въ О дѣйствіе $R_1 \cdot z_{01}$. Такимъ же образомъ получимъ, что сила R_2 произведетъ въ О дѣйствіе $R_2 \cdot z_{02}$ и т. д. Такъ какъ дѣйствія отдѣльныхъ силъ слагаются, то слѣдуетъ, что когда на балку дѣйствуютъ одновременно грузы q производящія въ О дѣйствіе S_0 и силы $R_1, R_2 \ldots$, производящія въ той же точкѣ О дѣйствіе $z_{01} R_1$, $z_2 R_2 \ldots$) то полное дѣйствіе въ точкѣ О т. е. дѣйствительное сопротивленіе опоры О будетъ: $R_0 = S_0 + z_{01} R_1 + z_{02} R_2 + z_{03} R_3 + \ldots$ и точно такъ же: $R_5 = S_5 + z_{51} R_1 + z_{52} R_2 + z_{53} R_3 + \ldots$ (I) Величина $z_{01} z_{02} \ldots$ легко опредѣлить. Такъ напр. чтобы получить z_{53} и z_{03} прикладываемъ къ балкѣ, представленной на гер. 74, т. е. не имѣющей добавочныхъ величинъ, въ точкѣ 3 силу $=1$ и опредѣляемъ реакціи, произведенныя ею въ точкахъ О и 5.

Если положимъ, что $l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 = Z$, то сумма моментовъ по отношенію къ точкѣ 5 будетъ (гер. 75) $z_{03} Z - 1(l_4 + l_5 = 0)$; откуда $z_{03} = \frac{l_4 + l_5}{Z}$ и такимъ же образомъ $z_{35} = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{Z}$. Остается опредѣлить теперь $R_1 R_2$ и т. д. Пусть OM5N (гер. 74) упругая линія (форма оси послѣ изгиба) балки, имѣющей добавочныхъ величинъ R_1, R_2 и f_q = прогибъ произвольной точки q. Обозначимъ черезъ y_q — дѣйствительный прогибъ этой точки, и черезъ η_{qr} — прогибъ точки q, произведенный силой $=1$ приложенной къ точкѣ r балки, имѣющей добавочныя величины, тогда помощью подобнаго разсужденія, какъ и прежде (на основаніи закона сложенія дѣйствія силъ) получимъ: $y_q = f_q + \eta_{q1} R_1 + \eta_{q2} R_2 + \eta_{q3} R_3 + \ldots$

Если законъ, выраженный послѣднимъ ур-ніемъ, приложимъ къ точкамъ 1, 2, 3 ... то получимъ, принимая во вниманіе, что по гер. 73. $y_1 = c_1$ $y_2 = c_2$; $y_3 = c_3$; $y_4 = -c_4$; $c_1 = f_1 + \eta_{11} R_1 + \eta_{12} R_2 + \eta_{13} R_3 + \ldots$; $c_2 = f_2 + \eta_{21} R_1 + \eta_{22} R_2 + \eta_{23} R_3 + \ldots$ $c_3 = f_3 + \eta_{31} R_1 + \eta_{32} R_2 + \eta_{33} R_3 + \ldots$ (II) Въ этихъ ур-ніяхъ $c_1 c_2 c_3 \ldots$ данныя величины, а величины f и η получаются построеніемъ упругихъ линій для простой балки на двухъ опорахъ. Неизвѣстныя суть только $R_1 R_2 R_3 \ldots$, а такъ какъ число ур-ій равно числу неизвѣстныхъ, то всѣ неизвѣстныя могутъ быть легко опредѣлены.

Опредѣливши реакціи опоръ $R_1 R_2 R_3$ мы можемъ замѣнить ихъ силами $R_1 R_2 R_3 \ldots$ тогда разсчетъ фермы не представитъ никакихъ затрудненій. Помощью ур-ій (I) получаются величины R_0 и R_5 и моментъ внѣшнихъ дѣйствующихъ на балку или ферму силъ относительно точки напр. q (гер. 76) будетъ $M_q = R_0 x - g_1(g_1 + g_2 + z) + R_1(x - l_1) - g_2(g_2 + z) + R_2(x - l_1 - l_2) - g_3 z$ (полагая всѣ силы $\perp$ къ балкѣ)

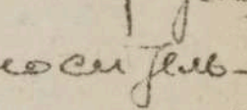
Въ послѣднее время стали употреблять непрерывныя балки съ опорами на вѣсу; такіе мосты строятся въ Англіи и Америкѣ. Такъ въ 1890 году оконченъ мостъ черезъ заливъ Forth (гер. 78) Длина моста 2471 mt. съ тремя пролетами въ 72 mt. Въ томъ же году составленъ проектъ моста черезъ Ламаншъ, гдѣ крайніе пролеты 500 mt, среднее 500 mt. и разстояніе между консолями 125 mt. (гер. 77); его длина 38 километровъ; система съ діагональными раскосами, внутри которыхъ помѣщаются треугольныя вспомогательныя раскосы.

13. Вычисление полезной площади поперечного сечения.

При определении площади поперечного сечения стержня фермы надо различать два случая действия сил на стержень 1) растяжение стержня, и 2) сжатие стержня.

1) Определение площади поперечного сечения стержня, подверженного растяжению. Пусть сила растягивающая стержень Fmax, наименьшая площадь поперечного сечения его (т.е. где стержень ослаблен отверстиями для болта или для заклепок) — Ω тогда наибольшее напряжение в стержне как известно из курса сопротивления материалов будет $\sigma_{max} = \frac{P_{max}}{\Omega}$. Если безопасное напряжение обозначим через k то должно быть $k \geq \sigma_{max} = \frac{P_{max}}{\Omega}$ откуда зная P_{max} можно определить Ω. Следует обратить внимание на величину k допускаемого безопасного напряжения материала. При определении силы F действующей вдоль стержня, мы различаем нагрузки постоянную и переменную. Допускаемым напряжением материала называется такая сила, которую может безопасно выдерживать единица площади поперечного сечения стержня. Прежде полагали, что величина k для данного сооружения есть величина постоянная, т.е. безразлично, действует ли сила постоянно или прерывно (т.е. так, что некоторое время сила действует, а потом ее действие прекращается) если же действие данной силы на ферму сопровождалось ударами и сотрясениями, то данную силу уменьшали на некоторый коэффициент u. Так как постоянная нагрузка не сопровождается ударами и толчками, то сказанное относится к сопротивлению δ стержня действию переменной нагрузки и в расчет вместо величины δ_{max} надо вносить $u\delta_{max}$ где u — для обыкновенных мостов = 1,2 а для железнодорожных! Сложив $u\delta_{max}$ с δ_0 — сопротивлением постоянной нагрузки мы получим расчетную силу F_{max} (если бы стержень подвергался сжатию то расчетная сила F_{min} составилась бы из δ_0 и $u\delta_{min}$). Новейшие опыты показали, что крепость сооружения уменьшается не только от ударов, но также и от повторения действия силы. Опыты по изследованию сопротивления удара и стали при действии повторяющейся силы производились Вёлером обстоятельно Вёлером в течении 12 лет. Результаты своих опытов Вёлер выразил следующим законом: Излом стержня может произойти от напряжения значительно меньшего его крепости, если это напряжение повторяется достаточное число раз, и число нужных для излома повторений будет тем меньше, чем больше разность между наибольшим и наименьшим напряжением. В мостовых сооружениях эта разность, а следовательно отношение наименьшего напряжения к наибольшему бывает для различных стержней различно, из чего следует, что

допускаемое напряжение не должно быть, как принимали прежде для всех стержней фермы одинаковым. Если означим через: $\min P$ – наименьшее напряжение стержня, $\max P$ – наибольшее. и k допускаемое напряжение материала, то для железа $K=\frac{7}{1-0{,}4\frac{\min P}{\max P}}$; для мягкой стали $K=\frac{10}{1-0{,}5\frac{\min P}{\max P}}$. Эти формулы дают напряжение k в кг на $\frac{1}{2}$ □ m/m. Величины $\min P$ и $\max P$ в этих формулах должны быть взяты со соответственными знаками. Так напр. если $\min P$ и $\max P$ оба положительны (для обоих растяжение) или оба отрицательны (для обоих сжатий) то $K=\frac{a}{1-b\frac{\min P}{\max P}}$; если знаки при $\min P$ и $\max P$ различны (растяжение сжатие, или сжатие растяжение) то $K=\frac{1{,}2a}{1+b\frac{\min P}{\max P}}$, где a следует подразумевать, смотря по материалу 7 или 10 кг, а b – 0,4 или 0,5. Определяемые из этих формул величины K действительны для растягиваемых стержней, для сжимаемых же действительны при незначительной длине их. Возьмем числовой пример растягиваемого стержня и выразим определение площади сечения в следующей таблице.

№ стержня	S_0 (напр. пост. нагр.)	S_{max} (напр. перем. нагр.)	S_{min}	$1{,}2 \cdot S_{max}$	S_{min}	$\max P =$	$\min P$	$K=\frac{7}{1-0{,}4\frac{\min P}{\max P}}$	$\Omega=\frac{\max P}{K}$	принятая форма сечения
16	+ 30	+650	+ 20	+780	+24	+810	+ 54	8	$\frac{810}{8}=101$	

Определение площади поперечного сечения стержня, подверженного сжатию. В случае длинного стержня в виду возможности продольного изгиба, вычисленную по предыдущему способу величину площади Ω следует повторять по наибольшей сжимающей силе, причем напряжение в этом случае берется по эмпирической формуле, предложенной Ранкином $K_S=\frac{K}{1+\frac{\alpha\Omega l^2}{J}}$. И если при этом для площади получается большая величина то ее следует увеличить. В этой формуле Ω значит площадь поперечного сечения стержня, l длину стержня, J момент инерции поперечного сечения стержня относительно оси, параллельной наибольшему размеру поперечного сечения, или что все равно, перпендикулярной наименьшему. Величина α зависит от материала и способа укрепления концов стержней. Укрепление концов производится при помощи заклепок и стало быть соединение получается крепкое, но с течением времени оно ослабевает, и получается соединение подходящее к шарнирному. Для железа принимают $\alpha=0{,}0001$ и величина K_S будет для этого случая $K_S=\frac{K}{1+\frac{0{,}0001 l^2\Omega}{J}}$. Неудобство этой формулы заключается в том, что при вычислениях приходится пользоваться методом приближений. Так если определили по этой формуле K_S, и определили в зависимости от него по наибольшей сжимающей силе $\Omega_1=\frac{\max S}{K_S}$, причем площадь $\Omega_1>\Omega$ то величину Ω_1 следует еще несколько увеличить и подставить в формулу Ранкина, получить напряжение K'_S; по величине K'_S из зависимости от наибольшей сжимающей силы, определить $\Omega_2=\frac{\max S}{K'_S}$, если

. Ω_2 получится $< \Omega_1'$ то слѣд. величина площади стержня Ω_1' удовлетворительна. Поясним всѣ сказанное числовымъ примѣромъ

№№ стержн.	S_0	S_{max}	S_{min}	US_{max}	US_{min}	$max P$	$min P$	$k=\frac{7}{1-0{,}1\frac{min P}{max P}}$	Ω	Принятая форма сѣченія.	J_1	$K_3=\frac{k}{1+\frac{\alpha l^2}{r J_1}\Omega}$	$\Omega_1=\frac{US}{K_3}$	Исполненіе стѣнки
17	+20	+300	−450	360	−540	−520	+380	$k=6$	$\Omega=\frac{520}{6}=86$	90	J_1-изв.	$K_3=4$.	$\Omega_1=\frac{540}{4}=135$	Нужна увелич.
18	−60	+400	+20	+480	+24	+420	−36	$k=6$	$\Omega=\frac{420}{6}=70$	70	J_1-изв.	$K_3=4$	$\Omega_1=\frac{-60}{4}=15$	Принятую площадь достаточ.

Изъ этой таблицы видно, что первоначально разсчетъ ведется и для растягиваемыхъ и для сжатыхъ стержней одинаково; разница заключается въ томъ что во второмъ случаѣ принятую площадь слѣдуетъ повѣрить по формулѣ Ранкина по наибольшей сжимающей силѣ. и если потребуется то увеличить принятую площадь сѣченія. Для стержней поясовъ фермы увеличенія площади сѣченія производится накладываніемъ лямелей; для діагоналей и раскосовъ можно измѣнять поперечную форму сѣченія такимъ образомъ, что отношеніе его размѣровъ осталось тѣмъ же. Въ этомъ случаѣ при разсчетѣ можно избѣгнуть метода приближеній. Собственно говоря мы въ формулу Ранкина должны были ввести не Ω и J а Ω_1 и J_1 которыя неизвѣстны. Можно поступить: $J=\Omega^2 r$. гдѣ r коэффиціентъ пропорціональности, зависящій только отъ отношеній размѣровъ. Въ этомъ случаѣ формула для K_3 представится въ видѣ: $K_3=\frac{k}{1+\frac{\alpha l^2}{r\Omega_1^2}}$ и формула для опредѣленія Ω_1 будетъ $\Omega_1^2=\frac{N}{K_3}=\frac{N(1+\frac{\alpha l^2}{r\Omega_1^2})}{k}$ (гдѣ N — наибольшая сжимающая сила). Раскрывъ скобки и перенеся всѣ члены въ первую часть получимъ: $k r \Omega_1^4 - N r \Omega_1^2 - N\alpha l^2 = 0$, откуда $\Omega_1^2 - \frac{N}{k}\Omega_1 - \frac{N\alpha l^2}{kr}=0$. Опредѣливъ отсюда Ω_1, получимъ: $\Omega_1=\frac{N}{2k}\pm\sqrt{\frac{N^2}{4k^2}+\frac{N\alpha l^2}{kr}}$ $\Omega_1=\frac{N}{k}\left[\frac{1}{2}+\sqrt{\frac{\alpha l^2}{r}\frac{N}{k}+\frac{1}{4}}\right]$ (1) Знакъ — мы должны отбросить, ибо въ этомъ случаѣ получается $\Omega_1<0$, что для насъ не имѣетъ значенія. Такъ какъ $\frac{N}{k}=\Omega$ то формула (1) будетъ $\Omega_1=\Omega\left[0{,}5+\sqrt{\frac{\alpha l^2}{r\Omega}+0{,}25}\right]$. Величина $r=\frac{J}{\Omega^2}$ можно опредѣлить это есть число отвлеченное, l — длина стержня также извѣстна слѣд. во второй части формулы всѣ величины извѣстны и можно легко опредѣлить.

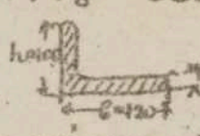
Матеріалъ желѣзныхъ мостовъ.

Верхнія строенія желѣзныхъ мостовъ составляются обыкновенно изъ элементовъ имѣющихъ видъ полосъ и стержней, которые соединяются между собою посредствомъ заклепокъ или болтовъ въ одно цѣлое такимъ образомъ что крѣпость соединенія во всякомъ мѣстѣ равна или болѣе крѣпости необходимой для выдерживанія дѣйствующихъ на соединеніе усилій. Матеріаломъ желѣзныхъ мостовъ служатъ желѣзо и сталь, чугунъ же употребляется только для второстепенныхъ частей моста, какъ напр. для подушекъ на опорахъ. Элементы желѣзныхъ мостовъ изготовляются способомъ прокатки. Всѣ чаще употребляются слѣдующіе сорты желѣза.

1) Листы — толщиною 6–20 ‰, въ рѣдкихъ случаяхъ до 26 ‰, шириною 800–1000 ‰; maxim. 1300 ‰. Длина листовъ опредѣляется условіемъ, что

вѣсъ листа не долженъ быть больше 350–450 кгр. Удѣльный вѣсъ желѣза принимается 7,7. Цѣна листа зависитъ отъ рода матеріала, фабрикаціи, вѣса и размѣровъ, а также и отъ спроса. Тонкіе листы (менѣе 8 м/м) дороже среднихъ, такъ какъ ихъ прокатка труднѣе, и они требуютъ больше хорошаго матеріала. Листы тоньше 6 м/м и толще 25 м/м въ мостовыхъ сооруженіяхъ вообще не употребляются, потому что первые легко могутъ прогнивать, а послѣдніе могутъ имѣть внутри пороки, незамѣтные снаружи.

2) <u>Полосовое желѣзо.</u> Для мостовъ употребляется полосовое желѣзо, шириною 60–600 м/м, толщиною 6–25 м/м и длиною до 10 мт.; въ исключительныхъ случаяхъ длина доходитъ даже до 20 мт. Всего чаще употребляются полосы толщиною 10–16 м/м. Наибольшая длина опредѣляется условіемъ, чтобы вѣсъ полосы не превышалъ 400 кгр. Вѣсъ 1 кв. мт. полосы – $q = 7{,}7 \cdot t$ кгр, гдѣ t толщина полосы въ ст.

3) <u>Угольники.</u> Наиболѣе употребительныя формы угольниковъ приведены на чер 82, 83, 84, 85 и 86. Угольники бываютъ равнобедренные съ равною шириною полокъ b, и неравнобедренные $h \neq b$. Ширина полокъ колеблется между 60 – 200 м/м, а толщина между 6–20 м/м. Размѣры угольниковъ пишутся обыкновенно въ видѣ дроби, такимъ образомъ, что въ числителѣ пишутъ ширины полокъ, а въ знаменателѣ ихъ среднюю толщину; напр.  $\frac{120.100}{10}$. Отношеніе толщины t къ ширинѣ b = min $\frac{1}{11}$ и max = $\frac{1}{6}$. Толщина полокъ угольниковъ обыкновенно равна или больше толщины соединяемыхъ листовъ.

Вѣсъ 1 пог. метра угольника $q = 0{,}77(b+h-\delta)\delta$ кгр, причемъ b, h и δ въ ст. Длина угольниковъ до 10 мт и больше. Цѣна угольниковъ увеличивается съ длиною полокъ, и съ длиною угольниковъ. Очень тонкіе угольники дороже угольниковъ средней толщины.

Для равнобедренныхъ угольниковъ моментъ инерціи получается изъ ур-ія (приблизительно) $J = 0{,}093 F h^2$; гдѣ F – площадь поперечнаго сѣченія и h – ширина полки.

В слѣдующихъ таблицахъ приведены: площадь поперечнаго сѣченія, вѣсъ, разстоянія центра тяжести x и y (чер. 87) отъ внѣшнихъ граней полокъ, и моменты инерціи по отношенію къ осямъ центра тяжести для угольниковъ различныхъ измѣреній. Въ первой таблицѣ, такъ какъ угольники равнобедренные, то $b=h$, $x=y$; и

равнобедренные угольники

Размѣры попер. сѣченія.		Площадь поперечнаго сѣченія въ кв. ст.	Вѣсъ 1 погонн. метра, въ кгр.	Разстоянія центра тяжести x и y въ ст.	Моменты инерціи относительно осей центра тяжести въ ст⁴
b и h въ м/м.	δ въ м/м				
60, 60	7	7,91	6,09	1,75	26,20
	8	8,96.	6,90	1,79	29,69
70. 70	7	9,31	7,17	2,00	43,51
	8.	10,56	8,13	2,04	42,41
80, 80	8.	12,16	9,36	2,29.	73,73
	10	15,00	11,55	2,37	88,98
90, 90	9	16,39.	11,85	2,58.	118,10
	10	17,00	13,09.	2,62	129,12
100, 100	10	19,00	14,63.	2,87	180,00
	12	22,56	17,37	2,94	210,01
120, 120	12	27,36	21,07	3,44.	373,75
	15	33,75.	25,99.	3,55	450,50.

Неравнобедренные уголки.

Размеры поперечн. сечения		Площ. поперечн. сеч.	Вес 1 п. м.	Разстояния центра тяжести		Моменты инерции по отнош. к осям ц. т.	
b и в m/m	δ в m/m	F в кв. ст.	в kgz.	y в ст.	x в ст.	yy (J_y) в ст	xx (J_x) в ст
100–80	10	17,00	13,09.	2,15	3,15.	95,12	167,02.
	12	20,16	15,52.	2,21	3,21	111,48	196,25
120–90	12	23,76	18,29.	2,37	3,87	164,30	339,77
	15	29,25	22,52	2,48	3,98	194,40	409,10
150–100	15.	35,25	27,14	2,56	5,05.	284,29	798,19

и моменты по отно
шению к осям х
$y - J_x = J_y$. Во вт
ром же табл
неравнобедренных
ников $x > y$ и м
менты инерции от
сительно оси XX J_x
больше момента
относительно оси
$J_x > J_y$.

4. Тавровое железо. (Сер. 88) Ширина $b = 100 - 160$ m/m. Высота $h = 60 - 120$ m/m. Средняя толщина δ и $\delta' = 8 - 20$ m/m. По Винклеру удобны слѣдующія отношенія: $b = h\delta'$; $h = 8\delta'$; $\delta = 1{,}5\delta'$; причемъ толщиною δ - задаются. Длина тавровыхъ полосъ доходитъ до 10 mt. Вѣсъ погонн. mt $= 0{,}77(b\delta + (h-\delta)\delta')$ kgz. (Разм

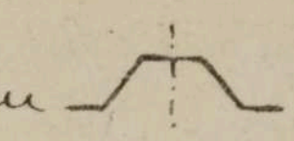
5. Двутавровое железо. (Сер. 89.) Высота $h = 160 - 400$ m/m. Ширина $b = 80 - 150$ m/m. Толщина $\delta = 8 - 20$ m/m. Наиболѣе удобныя отношенія размѣровъ суть: $b = 10\delta'$; $h = 20\delta'$; $\delta = 1{,}5\delta'$. Для этихъ отношеній будетъ площадь по
речнаго сѣченія $= 47\delta'^2$; моментъ инерціи $= 2983\delta'^4$ (по отношенію къ ос
центра тяжести параллельной в.) Длина двутавровыхъ полосъ дохо
до 14 mt. Вѣсъ 1го погоннаго метра $= 0{,}77\left(2b\delta + (h+2\delta)\delta'\right]$ kgz, причемъ ра
ры указаны въ ст. Эта форма употребляется въ малыхъ мостах
какъ главныя балки, въ большихъ - для переводовъ и прогоновъ, ин
и для эксплоатабельныхъ раскосовъ; въ американскихъ мостахъ для эксплоатаго поя

6. Корытообразное железо (Сер. 90). Соотвѣтствуетъ двутавров
въ которомъ полки устроены съ одной стороны. Въ мостовыхъ
сооруженіяхъ употребляются преимущественно слѣдующіе размѣры:
Высота $h = 100 - 300$ m/m; ширина $b = 60 - 100$ m/m. толщина δ и $\delta' = 8 - 20$ m/m. $\delta = 1{,}$
Длина до 14 mtъ. Употребляется для эксплоатабельныхъ раскосовъ, въ амер
канскихъ мостахъ также для эксплоатабельныхъ поясовъ.

7) Фениксъ - железо (сер. 91 - 92) представляетъ секторы, которые с
диняются въ колонны. Сѣченіе такихъ колонны представлено на сер.
Внутренній діаметръ колонны 92 - 365 m/m. Толщина стѣнокъ секто
3 - 32 m/m. Длина секторовъ до 12 mtъ. Колонны составляются изъ 4,
5, 7, до 8 секторовъ. Употребляются въ американскихъ мостахъ д
эксплоатабельныхъ частей. Данная форма сѣченія наивыгоднѣйшая в
смыслѣ сопротивленія продольному изгибу, но представляетъ за
трудненія при составленіи колонны.

8) Сорта железа, употребляемыя для сооруженія полотна
а) Уголъ железо (сер. 95) Ширина $b = 110 - 310$ m/m. Высота $h = 42-$
Толщина боковыхъ стѣнокъ $\delta = 3 - 12$ m/m. Толщина нижняго фланца
ка δ_1 и $\delta_2 = 4 - 14{,}5$ m/m. Удобны слѣдующія соотношенія:
$h = 0{,}38\,b$; $b_1 = 0{,}15\,b$; $b_2 = 0{,}3\,b$; $\delta_1 = 0{,}04\,b$; $\delta_2 = 0{,}035\,b$; $\delta = 0{,}025\,b$.
Если разстояніе центра отъ основанія $c = 0{,}013\,b$, то при указа
ныхъ соотношеніяхъ между размѣрами будетъ имѣть

площадь поперечнаго сѣченія $\delta = 0{,}043 в^2$; моментъ инерціи сѣченія по отношенію къ горизонтальной оси центра тяжести $J = 0{,}000849\ в^4$; а разстояніе центра тяжести отъ основанія $= 0{,}198 в$.

в) Шпалы Вотеренъ. (Vautherin) Сѣченіе въ видѣ трапеціи  Онѣ употребляются какъ желѣзныя шпалы. Размѣры тѣже, что для Цоресъ-жел.

с) Волнистое желѣзо. Встрѣчается въ видѣ листовъ: шириною до 1 mtr., длиною ... до 3 mtr и толщиною 1–6 m/m. Волны въ поперечномъ сѣченіи представляютъ дуги круга, которыхъ центральный уголъ α бываетъ отъ 120 до 180. (чер. 96). Ширина волны $\ell = 130 - 250$ m/m. Высота волны $h = 27 - 125$ m/m. Моментъ инерціи волны съ достаточною приближенностью — $J = \delta h^2 \delta (0{,}11 + 0{,}16 \frac{h}{6})$. Вѣсъ одного кв. метра $= 102.\delta$ kgr, гдѣ δ – толщина въ m/m. Въ послѣднее время изготовляютъ волны вида (чер. 97). Для этихъ волнъ: толщина листа $\delta = 1–5$ m/m. Ширина волны $b = 90 - 100$ m/m. Высота волна $h = 50 - 100$ m/m. Моментъ инерціи одной волны – $J = \frac{1}{6}\delta h_1^3 + \frac{\pi}{4}(r^2 - r_1^2)(r^2 + r_1^2 + h_1^2) + \frac{h}{3}h_1(r^3 - r_1^3)$. Вѣсъ одного квадратнаго метра $= 77(0{,}57 + 2(\frac{h}{6} - \frac{\delta}{6}))\delta$ kgr, гдѣ δ выражено въ ст.

d) Висячіе листы. Висячіе листы суть листы цилиндрически изогнутые (чер. 98.) abcdf, имѣющія по краямъ узкія плоскія кромки ab и df, которыми они приклепываются къ балкамъ. Длина ихъ-ℓ бываетъ до 2 mtr., стрѣлка $h = 0{,}08\ell$ до $0{,}18\ell$.

e) Выпуклые листы. Они имѣютъ прямоугольное или квадратное основаніе. Длина стороны основанія 0,7 – 1,6 mtr., (чер. 99) представляетъ планъ листа и разрѣзъ его по mn. Средняя часть этихъ листовъ куполообразная, (въ видѣ сомкнутаго свода), края плоскіе. Высота f листовъ $= \frac{1}{8} - \frac{1}{18}$ меньшей стороны основанія. Ширина краевъ должна имѣть такую величину, чтобы листы можно было прикрѣплять къ балкамъ; она равна 40 – 80 m/m. Толщина листовъ равна 6 – 10 m/m. Выпуклые листы выдавливаются изъ плоскихъ, которымъ въ горячемъ состояніи придается выпуклая форма.

Средства соединенія отдѣльныхъ частей моста между собою.

Заклепки. Въ Европѣ для соединенія листовъ и стержней употребляютъ почти исключительно заклепки. Мосты съ шарнирами строятъ только въ Америкѣ, да и тамъ сжимаемый поясъ дѣлается непрерывнымъ (чер. 79). При соединеніи заклепками углы, образуемые стержнями не могутъ измѣняться (какъ въ шарнирныхъ соединеніяхъ), то стержни примутъ при дѣйствіи внѣшнихъ силъ видъ указанный на чер. 80; они будутъ изгибаться и напряженіе отъ изгиба увеличитъ дѣйствительное напряженіе. Если стержни бы были соединены шарнирнымъ образомъ то при дѣйствіи внѣшнихъ силъ тр-къ авт представленный на чер. 81 приметъ видъ a'b'c' и стержни останутся прямыми. Но шарнирныя соединенія требуютъ большой тщательности пригонки, въ противномъ случаѣ такое соединеніе является мало надежнымъ, и выгоднымъ Инженерное искусство.

устраивать заклепочныя соединенія. Въ мостовыхъ сооруженіяхъ употребляются заклепки діаметра d=18–26 м/м. Высота головки у перимитра стержня (чер. 100) $h=0{,}5d$; діаметръ головки $1{,}5d$. Длина стержня заклепки $l_{max}=4d$; такъ какъ заклепки вдъ̀ваются въ раскаленномъ состояніи, то охлаждаясь онѣ сжимаются, но листы не допускают этого, вызывая напряженіе растяженія. При длинѣ $l>4d$ это напряженіе могло бы быть столь значительнымъ, что заклепка не имѣла бы достаточнаго сопротивленія.

Діаметръ головки опредѣляется на основаніи слѣдующихъ соображеній: головка сопротивляется смятію площадью $\frac{\pi D^2}{4}-\frac{\pi d^2}{4}$, если безопасное напряженіе для смятія означимъ k, а для среза черезъ δ_1, то прочность будетъ одинакова, когда: $\delta\frac{\pi d^2}{4}=k\frac{\pi}{4}(D^2-d^2)$. Сжати производится опорной поверхностью головки заклепки на соединяемые ею листы или полосы; въ виду лучшаго качества заклепочнаго металла сравнительно съ полосовымъ примемъ напряженіе среза перваго = напряженію сжатія для втораго, т.е. $\delta=k$; тогда $\frac{\pi d^2}{4}=\frac{\pi}{4}(D^2-d^2)$ откуда $D=d\sqrt{2}$ или $D=1{,}41d$. Поверхность среза головки $=\pi d h_1$, напряженіе среза головки δ_1; площадь среза стержня $=\frac{\pi}{4}d^2$. напряженіе стержня при условіи одинаковой прочности имѣемъ $\delta\frac{\pi}{4}d^2=\delta_1\pi d h_1$; полагая $\frac{\delta}{\delta_1}=5$ имѣемъ $h_1=\frac{\delta d}{4\delta_1}=\frac{5}{16}d\approx\frac{1}{3}d$. Обыкновенно принимаютъ $h_1=0{,}5d$.

Опыты показали, что заклепки съ погруженными отчасти головками имѣютъ большую крѣпость и получаютъ меньше трещинъ, чѣмъ безъ погруженія, вслѣдствіе отсутствія рѣзкаго перехода формъ; глубина погруженія $r=\frac{1}{10}-\frac{1}{8}d$ (иногда больше); уголъ конуса погруженія 60°–80°. (чер.

Употребляемыя въ мостовыхъ сооруженіяхъ формы головокъ слѣдующія:

1) Шаровой сегментъ. Если головка безъ погруженія, то ея объемъ $=V$ $V=\frac{\pi}{6}(\frac{3}{4}D^2+H^2)H$. (чер. 101). Здѣсь D – діаметръ головки а H – наибольшая высота. При обозначеніяхъ разм. (чер. 102) $V=0{,}601d^3$ (d въ ст); вѣсъ ея $q=0{,}046d^3$ кгр (d также въ ст). Если $H=\frac{2}{3}d$, $h_1=0{,}5d$ (высота головки у диаметра стержня), то $D=1{,}632d$.

2) Эллиптическая головка. (чер. 103) Уравненіе эллипса $\frac{d^2}{D^2}+\frac{h^2}{H^2}=1$; полагая $D=1{,}5d$ и $H=\frac{2}{3}d$; $h=0{,}497d$ и объемъ ея $V=0{,}785d^3$ (d въ ст).

3) Совсѣмъ погруженная головка (чер. 104.) Здѣсь $V=H=0{,}4$–$0{,}5d$; $D=1{,}5d$.

4) Полупогруженная головка (чер. 105.)

5) Корововая головка, очерченная по дугамъ круга (чер. 106) имѣетъ $V=0{,}$ и $q=0{,}0045d^3$ (d въ ст).

Если діаметръ заклепокъ <10 м/м, то склепывать можно и въ горячемъ и въ холодномъ состояніи; но столь тонкія заклепки въ мостовыхъ сооруженіяхъ не употребляются, поэтому склепываніе всегда производится въ горячемъ состояніи. Величина λ свободно-высовывающейся части стержня (чер. 107), нужная для заполненія зазора отверстія и образованія головки $\lambda=0{,}1a+\frac{4}{3}d$. (Ко[illegible] толщина соединяемыхъ листовъ $a>4{,}5d$, то соединяютъ не заклепками, но болтами).

Обыкновенно отверстія пробиваются, причемъ получается коническія отверстія; затѣмъ листы накладываютъ другъ на друга (какъ указано

затымъ разсверливаютъ. Пробиваніе увеличиваетъ крѣпость, но только если пишется одно отверстіе; это объясняется тѣмъ, что матерьялъ вдавливается въ стѣнки отверстія и образуется тонкое кольцо съ уплотненнымъ матеріаломъ, такъ что при равной площади сѣченія съ однимъ пробитымъ отверстіемъ выдерживаетъ большій грузъ чѣмъ сплошной (чер 109). Но при пробиваніи нѣсколькихъ отверстій прочность значительно понижается и матеріалъ ухудшается (чер. 110). Поэтому отверстія пробиваются съ нѣсколько меньшимъ діаметромъ, и затымъ пробитыя отверстія разсверливаютъ или выпиливаютъ, гдѣ поврежденная часть уничтожается.

Если соединяются нѣсколько листовъ, то при сверленіи они складываются вмѣстѣ; при непосредственномъ сверленіи отверстій, вслѣдствіе неоднородности матеріала часто сверло нѣсколько изгибаясь, идетъ по наиболѣе слабому мѣсту и дыра получаетъ видъ, указанный на чер. III. Въ этомъ случаѣ лучше всего было бы сначала пробить отверстія въ каждомъ листѣ отдѣльно, а потомъ сложивъ листы выпилить.

Разсчетъ заклепочныхъ соединеній.

Когда два или болѣе листовъ соединяются, то при сокращеніи стержня являются сильное прижатіе листовъ другъ къ другу и хотя между отверстіемъ листа и стержнемъ остается зазоръ, но вслѣдствіе сильнаго трѣнія скольженіе становится невозможнымъ. Опыты показали, что сила этого прижатія достигаетъ величины $N = 3775$ кгр на 1 кв ст. Сила трѣнія $fN = 0{,}2 \cdot 3775 = 775$ кгр на 1 кв ст. Но такое сближеніе происходитъ только при тщательной клепкѣ и равныхъ листахъ, да и оно съ теченіемъ времени ослабѣваетъ, поэтому трѣніе при разсчетѣ не принимается во вниманіе; и принимаютъ, что заклепки сопротивляются срѣзыванію. Для заклепокъ вообще берется лучшее желѣзо, чѣмъ для листовъ и полосъ; среднимъ числомъ сопротивленіе листоваго желѣза при разрываніи листовъ $k = 3200$ кгр на 1 □ ст. для заклепочнаго же желѣза сопротивленіе разрыву $k_2 = 4000$ кгр на 1 кв. ст. Слѣд. $\frac{k}{k_2} = \frac{4}{5}$; Означимъ сопротивленіе срѣзыванію заклепокъ черезъ δ, тогда будемъ имѣть $\delta = \frac{4}{5} k_2$, но $k_2 = \frac{5}{4} k$, слѣдовательно $\delta = \frac{4}{5} \cdot \frac{5}{4} k = k$; т. е. сопротивленіе заклепокъ срѣзыванію равно сопротивленію листовъ разрыву.

Обозначимъ число заклепокъ образующихъ соединеніе n (чер. 112); діаметръ ихъ d и сила дѣйствующая на соединеніе P то должно быть $\frac{n \pi d^2}{4} \delta \geq P$. (1) Такъ какъ усиліе распредѣляется на всѣ заклепки неравномѣрно, то вмѣсто n берутъ $1{,}2n = n_1$.

Стержень заклепки производитъ давленіе на боковую поверхность, что составляетъ 2-е условіе которому должно удовлетворять соединеніе, чтобы не вызывалось напряженіе сжатія болѣе допускаемаго. Если k — напряженіе сжатію, то должно быть $P \leq k \cdot 1{,}5 \cdot d \cdot \delta \cdot n$ ... (2) гдѣ δ — толщина листа, n — число заклепокъ, d ихъ діаметръ,

1,5k взято потому, что согласно опытам сопротивление смя
отнесенное къ проекціи отверстія, въ 1,5-2 раза больше сопроти
нія сжатію. Сравнивая формулы 1 и 2 имѣемъ $P = \frac{\pi}{4} d^2 \sigma n = k.1,5 d \delta$
откуда $d = \frac{1,5 \delta . k.}{\frac{\pi}{4} . \sigma}$. Принимая $k=\sigma$ и полагая $\pi = 3$ $d = \sim 2\delta$; т.е. ко
да діаметръ заклепки = удвоенной толщинѣ листа то формулы
1 и 2 даютъ одинаковое число заклепокъ.
Положимъ, что $d \neq 2\delta$, тогда опредѣляя число заклепокъ по фор
мулѣ (1) получимъ $n = \frac{4P}{\pi d^2 \sigma}$; по формулѣ (2) получимъ число за
клепокъ $m = \frac{P}{k.1,5 d \delta}$; въ обоихъ случаяхъ $P = \frac{\pi d^2 \sigma}{4} n = k.1,5 d \delta m$ ....(
при $k=\sigma$, получимъ $n = 2\frac{\delta}{d} . m$; или $\frac{n}{m} = \frac{2\delta}{d}$ т.е. при $d > 2\delta$ — $m > n$
а при $d < 2\delta$ $m < n$. Для исполненія нужно брать большее изъ
чиселъ n и m. Такъ, что если $d > 2\delta$, то нужно разсчитывать
2^ой формулы на смятіе, а если $d < 2\delta$, то нужно разсчитывать
1^ой формулы на срѣзываніе.
Найдемъ теперь, на какомъ минимальномъ разстояніи от
края листа надо пробивать дырки. Если предположимъ что
листъ срѣзается по параллельнымъ плоскостямъ, тогда (гер. 11
площадь срѣзыванія для каждой заклепки $= 2(l - \frac{d}{2})\delta$. Сила срѣзы
ющая приходящаяся на каждую заклепку $= P = 2(l - \frac{d}{2})\delta S$... гд
S — напряженіе листа при срѣзываніи. Съ другой стороны по
условію сопротивленія стержня заклепки срѣзыванію $P = \sigma \frac{\pi d^2}{4}$.
Приравнявъ сопротивленій срѣзу листа и заклепки
$2(l - \frac{d}{2})\delta S = \sigma \pi \frac{d^2}{4}$. Но $\frac{\sigma}{S} = \frac{5}{4}$ (на томъ же основаніи, на которо
вомъ положено $\frac{K_2}{k} = \frac{5}{4}$). Если примемъ $\pi = 3$ и $d = 2\delta$ то:
$2(l - \frac{d}{2}) = \frac{15}{18} d$; откуда $l = \sim 1,5 d$. Обыкновенно l берутъ $\geq 1,5 d$.
Опредѣлимъ 2t — разстояніе между заклепками. Полоса мож
разорвется по линіи ав. Подобно предыдущему $P = \frac{\sigma \pi d^2}{4} = k.2t.\delta$
но $k=\sigma$, при $d = 2\delta$ и $\pi = 3$; $2t = \frac{3}{2} d$ (гер. 113, 114. 115). Разстояніе за
клепки отъ боковой кромки $= t = \frac{3}{4} d$ слѣд (гер. 113) $t' = \frac{3}{4} d + \frac{d}{2} = 1\frac{1}{4} d$
Обыкновенно дѣлаютъ $\underline{t' = 1,5 d}$. Наименьшее разстояніе между р
дами $\varepsilon' = 3d$.; при шашечномъ расположеніи заклепокъ можн
брать $\varepsilon' = 2d$ (гер. 112).
Склепываніе широкихъ растягиваемыхъ листовъ. (гер. 11
Заклепки располагаютъ по линіямъ, перпендикулярнымъ оси с
тра (т.е. къ дѣйствующему на него усилію); совокупность зак
локъ на одной такой линіи называютъ рядомъ. За первый ря
будемъ принимать тотъ, который наиболѣе удаленъ отъ конца
ста. Прикрываемый листъ обозначимъ буквой A, а тотъ, къ
торому его прикрываемъ — буквою B. Число заклепокъ како
либудь p^го ряда означимъ черезъ C_p. Разстояніе заклепки
чтобы отъ края прикрываемой полосы до заклепокъ послѣдня
ряда, разстояніе было не менѣе 1,5 d, а разстоянія между
ними рядами отъ 2 до 4 d. Пусть при такомъ размѣщ
получилось n рядовъ, причемъ въ первомъ ряду помѣстим
C_1 заклепокъ, и ширина листа A въ этомъ сѣченіи $= l_1$

второмъ ряду c_2 заклепокъ, ширина листа b_2, въ p-омъ ряду c_p заклепокъ ширина листа b_p; въ n-омъ ряду – послѣднемъ – число заклепокъ c_n, ширина листа b_n. Сопротивленіе соединенія въ сѣченіи по 1-му ряду заклепокъ – $\delta'(l-c_1 d)k$ во второмъ при одинаковомъ числѣ заклепокъ въ рядахъ, будетъ больше, такъ какъ разрушеніе соединенія при разрывѣ полосы черезъ какой нибудь p-ый рядъ, произойдетъ только тогда, когда въ тоже время будутъ срѣзаны заклепки всѣхъ предыдущихъ $p-1$ рядовъ. Такимъ образомъ сопротивленіе сѣч. по 2-му ряду будетъ равно сопротивленію площади сѣченія по 2-му ряду + сопротивленіе c_1 заклепокъ 1-го ряда, сопротивленіе сѣч. по 3-му ряду = сопротивленію площади сѣч. по 3-му ряду + сопротивленіе c_1 заклепокъ 1-го ряда + сопротивл. c_2 заклепокъ 2-го ряда. Соединеніе можно поэтому построить такъ, что его опаснымъ мѣстомъ будетъ сѣченіе перваго ряда, а чтобы это сѣченіе было прочно, должно быть исполнено условіе: $\delta(l_1 - c_1 d)k = P_{max}$. Очевидно что 1-ое сѣченіе будетъ всего менѣе ослаблено, если помѣстимъ въ 1-ый рядъ одну только заклепку. Пусть ширина листа къ которому приклепывается полоса A, l въ сѣченіяхъ по 1-му ряду – m_1; по второму ряду – m_2 ..... по p-му ряду m_p по n-му ряду m_n; толщина листа δ.

Полное число заклепокъ, необходимое для прочнаго соединенія A съ B опредѣляется изъ формулы $P_{max} = n\frac{\pi d^2}{4}\sigma$ (Полагая что $d = 2\delta$)

Слѣд. $n\frac{\pi d^2}{4}\sigma = (l_1 - c_1 d)\delta k$. 1,2 (Множитель 1,2 введенъ потому что обыкновенно число n увеличиваютъ на 20%). Діаметръ заклепокъ сохраняютъ одинаковымъ во всѣхъ рядахъ. Для опредѣленія числа заклепокъ въ какомъ нибудь ряду служитъ такая формула $c_p = c_1 + 2\sum_1^{p-1} c + \frac{l_p - l_1}{d}$ – II (См. журналъ Мин. Путей Сообщеній за 1882 г. статья „Вычисленіе склепанныхъ соединеній.") Здѣсь c_p означаетъ число заклепокъ p-го ряда, $\sum_1^{p-1} c = c_1 + c_2 + c_3 + \cdots c_{p-1}$ = Суммѣ заклепокъ предыдущихъ рядовъ, $B = \frac{\pi}{4} = 0{,}785$. (При этомъ принималось $\sigma = k$)

При такомъ разсчетѣ наиболѣе слабое сѣченіе листа A будетъ 1-ое. Чтобы соединеніе было прочно, необходимо также, чтобы ни одно сѣченіе листа B не было бы слабѣе перваго сѣченія листа A. Это условіе будетъ исполнено, когда число заклепокъ $c_p - p^{го}$ ряда будетъ удовлетворять слѣдующему выраженію $c_p \leq \frac{m_p q - B d^2 \sum_1^{p-1} c}{d(q + Bd) + Oq}$ ... (III).

Здѣсь $q = \frac{\Gamma}{\delta}$, членъ Oq – выражаетъ зависимость c_p отъ разности діаметра отверстія листа и заклепки (O = около 1%) что обыкновенно пренебрегаютъ; B по предыдущему $= \frac{0{,}785}{\delta}$.

Первое сѣченіе листа B будетъ тѣмъ прочнѣе, чѣмъ менѣе его ослаблено заклепками, т.е. чѣмъ менѣе c_1'; наиболѣе прочно оно будетъ, если $c_1' = 1$.; n-ый рядъ относительно листа A есть 1-ый рядъ относительно листа B – т.е. для него самый опасный; и поэтому слѣдовало бы помѣстить одну (вообще немного) заклепку; но если B значительно крѣпче листа A, то число заклепокъ въ n-ряду, т.е. въ 1-мъ для листа B можно дѣлать больше числа заклепокъ 1-го ряда листа A и даже вообще не обращать вниманія на формулу (III), а разсчитывать только по формулѣ II, по которой число заклепокъ будетъ

идти увеличиваясь от первого ряда листа А до последнего
Вообще же из двух величин C_p и C'_p полученных соответственно из формул (II) и (III) нужно брать для исполнения меньшую, т.е. поставить в $p^{тый}$ ряду C_p заклепок если $C_p < C'_p$ и C'_p если $C_p > C'_p$.
Для первых рядов всегда $C_p < C'_p$. поэтому рассчитывать начинать по формуле (II). Из (II) формулы видно, что с увеличением p, C_p увеличивается, а из III что C'_p – уменьшается. Продолжаем определять число заклепок в каждом ряду до тех пор, пока в каком нибудь ряду $r - C_r$ не сделается больше C'_r, тогда уже продолжаем расчет, пользуясь формулой (III) Этот $V^{ый}$ ряд определяется поэтому условием $C_1 + D\sum_1^{r-1} c + \frac{l_r - l_1}{d} \geqq \frac{m_r q - Bd\sum_1^{r-1} c}{d(q+Bd)}$
откуда $\sum_1^{r-1} c = \frac{q m_r d - (l_r - l_1 + C_1 d)dq + Bd^2}{B(Bd^2 + (q+1)d)}$ ... (IV)
Расчет фактически ведется так: намечают форму прикрываемого листа обусловливаемую конструкцией, из чертежа определяют линию центров предельных заклепок, затем на расстоянии 3d по длине прикрываемой полосы намечают ряд заклепок, – ширина l и т того и другого листа в каждом намеченном ряду заклепок, будет изв. из чертежа известна. Выбираем теперь $d \geqq 25$ и соответственно этому пользуемся для определения числа n заклепок соединения данными ранее формулами (см. стр. 92.): Затем задаемся числом c_1, приняв если возможно = 1 затем определяем c_2, по c_2 и c_1 – c_3 и т. д. до тех пор пока не будет удовлетворяться условие (IV), после чего ведем расчет по формуле III пока не будет удовлетворено ур-ие (IV). Если размеры склепываемых полос или листов не позволяют поместить нужного числа заклепок, то приходится вводить промежуточные листы (чер. 118.
Если же $l_p = l_n = l_1$, то расчет упрощается так как тогда член $\frac{l_p - l_1}{d} = 0$ и если при этом ширина листа B значительно более листа A (что имеет место при прикреплении раскосов к поясу, то число заклепок определяется непосредственно из формулы (II) которая в этом случае принимает вид $C_p \geqq C_1 + D\sum_1^{p-1} c$. (a)
Пример (чер 117) Скрепление пояса с раскосом $l = 300^{м/м}$; $\delta = 15^{м/м}$. $d = 25^{м/м}$.
Сим. $d < 2\delta$ поэтому для определения числа заклепок пользуемся формулою (I) $\frac{\pi n d^2 k}{4} \geqq (l_1 - c_1 d)\delta . k . 1,2 . (\delta = k)$ При $c_1 = 1$: $\frac{\pi . n\, 25^2}{4} = (300 - 25).15.1,2$
Отсюда $n = 6$.
Сопротивление листа B на разрыв значительно более сопротивления листа A. Ведем расчет по формуле (a). В первом ряду поставим одну заклепку. $D = 0,785\frac{d}{\delta} = 0,785\frac{25}{15} = 1,2$, сим. во втором ряду будет число заклепок $= C_2 = 1 + 1,2.1 = 2,2 = 2$ (Если получается в ряду дробное число заклепок, то всегда берем меньшее число а не большее.) В третьем ряду $C_3 = 1 + 1,2(2+1) = 4,6$. Так как требуется поставить всего 6 заклепок то берем $C_3 = 3$, тогда $C_1 + C_2 + C_3 = 1 + 2 + 3 = 6$ – достаточно.
Заклепки на соединяемых листах стараются располагать

симметрично относительно оси листа, тогда $\sigma = \frac{P}{\Omega}$ (чер 117). Въ противномъ случаѣ (чер. 119) сила $\vec{P}$ дѣйствующая по этой оси, будетъ стремиться повернуть листъ около заклепки (сила $\vec{P}$ дѣйствуетъ на листъ А и заклепка расположена на разстояніи e отъ оси листа; прикладывая въ центрѣ заклепки два равныя и противоположенныя силы $+\vec{P}$ и $-\vec{P}$ получимъ силу растягивающую и пару $+\vec{P}$ и $-\vec{P}$) Листъ будетъ испытывать сложное напряженіе $\sigma_1 = \frac{P}{\Omega} + \frac{Me}{J}$; которое $> \sigma = \frac{P}{\Omega}$. (На чер. 120 показанъ случай несимметрично расположенныхъ заклепокъ). Если бы мы въ этомъ случаѣ стали бы размѣщать заклепки симметрично, то данное число ихъ не помѣстилось бы (чер. 120) и пришлось бы вводить въ соединеніе промежуточный узловой листъ. Вслѣдствіи этого, несимметричное расположеніе заклепокъ въ мостовыхъ сооруженіяхъ употребляется довольно часто, благодаря тому что выгадывается мѣсто.

Склепываніе сжимаемыхъ листовъ. (чер. 121)

При сжимающемъ дѣйствіи, наиболѣе напряжены будутъ заклепки 1го ряда, слѣд. въ этомъ ряду надо помѣстить какъ можно болѣе заклепокъ. Число рядовъ не должно быть большое и вообще не > 4, потому что заклепки дѣйствуютъ тѣмъ меньше, чѣмъ болѣе онѣ удалены отъ 1го ряда.

Въ мостовыхъ сооруженіяхъ склепываніе двухъ листовъ или полосъ производится обыкновенно при помощи промежуточнаго листа-накладки. Такъ какъ накладка должна выдерживать силу, дѣйствующую на соединяемые листы, то крѣпость ея должна быть не менѣе крѣпости листа (чер. 122); сила N дѣйствуетъ по оси соединяемыхъ листовъ и черезъ заклепки передается отъ одного листа черезъ накладку и заклепки къ другому, причемъ ось накладки ляжетъ выше осей листовъ на величину δ (толщина листа) На накладку будетъ дѣйствовать вслѣдствіе этого сила N изгибающимъ образомъ (моментъ ея будетъ $N\delta$) и соединяемые листы примутъ видъ, указанный на чер. 123. Напряженіе, вызываемое этимъ будетъ, слѣдовательно: $\sigma = \frac{N}{\Omega} + \frac{Mv}{J}$, гдѣ N – сопротивленіе въ 1мъ ряду заклепокъ; во всѣхъ остальныхъ рядахъ, какъ извѣстно, сопротивленіе больше. $N = (b - c_1 d)\delta k$; $\Omega = (b - c_1 d)\delta$; слѣдовательно $\sigma = \frac{(b - c_1 d)\delta k}{(b - c_1 d)\delta} + \frac{N\delta \frac{\delta}{2}}{\frac{1}{12}\delta^3 (b - c_1 d)}$ слѣд. $\sigma = k + 6k = 7k$; т. е. при соединеніи съ одной накладкой напряженія въ соединяемыхъ листахъ могутъ увеличиваться въ 7 разъ.

Если же мы прибавимъ еще накладку внизу, то центръ тяжести всей этой системы не измѣнится, и слѣдовательно изгиба не будетъ. Обыкновенно въ этомъ случаѣ и употребляютъ двѣ накладки (чер. 124), если же соединяемые листы лежатъ среди нѣсколькихъ другихъ, то можно употреблять и одну накладку, такъ какъ вліяніе ея на положеніе центра тяжести въ этомъ случаѣ незначительно. (чер. 125.)

Толщина накладки опредѣляется изъ условія, что накладка должна испытывать тоже сопротивленіе, а слѣдовательно, и ту же

нагрузку, что и листъ. Слѣдовательно: $(l-2d)\delta k = (l_1-3d)\Sigma k$; гдѣ $l-2$ (примѣръ чер.126) · полезная ширина листа въ сѣченіи $A A'$, а $l-3d$ — на ладка въ сѣченіи $B.B'$. Отсюда опредѣляется толщина накладки Пусть имѣемъ двѣ накладки (чер. 124), тогда если происходит разрывъ, то каждая заклепка срѣзывается въ двухъ сѣченіяхъ, т. е. сопротивленіе заклепокъ въ этомъ случаѣ вдвое больше, чѣ но, имѣемъ: $\frac{\pi d^2 n}{4} \delta . 2 = (l - c_1 d)\, \delta . k$. ($\delta = k$.) Отсюда получаемъ ч ло заклепокъ n на половинѣ накладки; на всей длинѣ $2n$. Толщина накладки δ опредѣлится изъ условія $2(l_1 - c_1 d)\delta . k = P$ откуда $\delta = \frac{P}{(l_1 - c_1 d)\, 2k}$; гдѣ c_1 число заклепокъ въ первомъ рядѣ накладки, т.е. нанб лѣе удаленномъ отъ кромки накладки. Отсюда и опредѣлится Обыкновенно δ дѣлается нѣсколько толще, чѣмъ получается изъ ф мулы; вообще P берутъ такъ, чтобы суммарная толщина обѣихъ накладокъ была бы больше толщины листа, при сжимаемомъ ст жен тоже 2.5δ, чтобы не было продольнаго изгиба. Въ случаѣ ра гиваемыхъ полосъ δ — также слѣдуетъ увеличить въ виду эксцентр наго растяженія (въ случаѣ одной накладки)

Форма поперечнаго сѣченія поясовъ.

Растягиваемый поясъ можетъ состоять изъ однихъ полосъ наложе ныхъ одна на другую съ поперемѣнными стыками (чер. 127) Такую форму употребляютъ часто для растягиваемаго пояса ферм Паули, но практически она не совсѣмъ удобна, такъ затруднѣ етъ прикрѣпленіе раскосовъ. Всего чаще употребляютъ какъ для сжимаемаго, такъ и растягиваемаго пояса форму тавр для чего при малыхъ пролетахъ берутъ фасонное желѣзо, при болѣе значительныхъ его составляютъ изъ угольниковъ и полосъ. Обыкновенно она состоитъ изъ одиночнаго или двойнаго вертикальнаго листа t и двухъ угольниковъ и; когда этого соединенія недостаточно, то его усиливаютъ полосами или ламелями l (чер. 128). При выборѣ этого сѣченія можно пользоваться слѣдующими эмпирическими формулами въ которыхъ l означаетъ величину пролета въ метрахъ. Тол на уголкахъ: для желѣзныхъ дорогъ въ 1 путь $\delta^m/_m = 10 + 0{,}06l$ для жс. дороги въ два пути, или мостъ подъ шоссе — $\delta^m/_m = 10 + 0{,}08l$. Ширина полокъ угольниковъ $c = 6\delta$ до 11δ. Ширина ламели $b^m/_m = 150 + 4l$ (1 путь) и $b^m/_m = 150 + 8l$ (2 пути или шоссе). Свободная ширина t - вертикальнаго листа зависитъ отъ числа заклепокъ нужнаго для прикрѣпленія раскосовъ; для ея опредѣ ленія проектируютъ соединеніе болѣе крѣпкихъ раскосовъ. Въ сжимаемомъ поясѣ толщина вертикальнаго листа не до жна быть менѣе $\frac{1}{15}t$. Полезно употреблять двойной вертик лей листъ, потому что пороки одного листа не совпадаютъ вообще съ пороками другого. Тавровый поясъ можно употреблять въ параллельныхъ ферм

Взять у Дрейзе ст. 12 кн. 12 кн.

пролетовъ 80 mt, а въ параболическихъ до 100 mt. Для мостовъ подъ 2 пути рекомендуются эти предѣлы считать 50 и 60 mtr. На чер. 130 представлена ферма пояса шоссейнаго моста, ферма которого имѣютъ видъ указанный на чер. 129.

Жесткость пояса тавровой формы иногда увеличиваютъ полосами, перекрывающими на узлахъ (чер 131) или уголками (чер. 132.)

Двойной тавровый и многотавровый поясъ. Онъ получается отъ расположенія двухъ или болѣе однотавровыхъ, одинъ возлѣ другого, которые соединяются общими горизонтальными полосами. На концахъ фермы, гдѣ эти полосы оказываются излишними, замѣняютъ иногда ихъ раскосами. Размѣры опредѣляются по правиламъ, данными для однотаврового сѣченія. Разстояніе вертикальныхъ листовъ (приблизительно) — 0,02 h, гдѣ h — высота фермы. Двойной поясъ особенно пригоденъ для большихъ пролетовъ, такъ какъ при немъ легко увеличивать площадь сѣченія, а также употреблять двутавровыя сжимаемыя раскосы, и кромѣ того онъ представляетъ большее сопротивленіе сжатію. Образцы этого рода поясовъ чер. 133 и 134.

Двутавровый поясъ. Онъ употребляется рѣдко, такъ какъ къ нему трудно прикрѣплять раскосы.

Лежачій двутавровый или H-образный. Онъ можетъ быть употребленъ для поясовъ съ постояннымъ поперечнымъ сѣченіемъ (Паули) такъ какъ измѣненіе сѣченія при этой формѣ затруднительно (чер. 135 и 136). Среднюю горизонтальную полку фермы H обыкновенно замѣняютъ раскосами.

Крестообразный поясъ. Онъ составляется изъ четырехъ или болѣе угольниковъ съ горизонтальными прокладками или безъ прокладокъ и съ вертикальными листами. (чер. 137 и 138.) Эта форма отличается большою жесткостью и потому особенно удобна для сжимаемыхъ поясовъ. Площадь ея сѣченія можно измѣнять, соотвѣтственно измѣняя размѣры и число угольниковъ. Для сѣченій по разсчету получающихся малыхъ, тамъ можно устроить только два угольника, и можно ихъ дѣлать горизонтальныхъ и вертикальныхъ полосъ. Какъ предѣлъ употребленія этой формы можно принять: для параллельныхъ фермъ ... до 100 mtr пролета; и для параболическихъ ... 120 mtr. пролета. Для желѣзнодорожныхъ мостовъ подъ два пути или широкихъ мостовъ проѣзжихъ дорогъ этотъ предѣлъ (приблизительно) = 60% предыдущихъ. Въ американскихъ шарнирныхъ мостахъ употребляютъ преимущественно фениксъ-эллиптическую и двойную или многотавровую форму.

Соединеніе частей, составляющихъ поясъ.

Заклепки горизонтальныхъ полокъ угольниковъ, соединяющія угольники съ горизонтальными полосами располагаются обыкновенно другъ противъ друга въ одномъ и томъ же сѣченіи; заклепки вертикальныхъ полокъ, соединяющія угольники съ вертикальнымъ листомъ, нахо-

дятся всегда посредине между вертикальными (чер. 139). Следует заме
тить, что горизонтальныя заклепки дают большее ослабление сече
нія, чѣмъ вертикальная. Когда ширина выступающихъ краевъ гориз
тальныхъ полосъ ≥ 60 m/m, то прибавляютъ заклепки ζ (чер 139); их
располагаютъ между заклепками угольниковъ, такъ что въ одном
сѣченіи поясъ имѣетъ не болѣе двухъ отверстій.
Если l – длина пролета въ mtr., то d – діаметръ заклепокъ для
ясовъ можетъ быть опредѣленъ по формулѣ $d = (20 + 0{,}05l)$ m/m.
Разстояніе заклепокъ въ сжимаемомъ поясѣ должно быть нас
ко малымъ, чтобы часть между двумя рядами заклепокъ не мог
прогнуться. При толщинѣ полосъ δ это разстояніе можетъ доходи
до 20δ. Обыкновенно берутъ разстояніе заклепокъ $V = 5d$ до $7d$ (d – діа
заклепокъ), среднее $V = 6d$. Разстояніе крайнихъ заклепокъ ζ, не про
дящихъ сквозь угольники, можетъ быть вдвое больше, т.е – $12d$. (чр
При прикрѣпленіи концовъ горизонтальныхъ полосъ (ламелей), чтоб
уменьшить по возможности длину накладокъ D, распола
нужныя для ихъ прикрѣпленія заклепки на меньшемъ разстоя
чѣмъ заклепки остальной части пояса. Это разстояніе – обыкн
венно $= 3d$. Въ большинствѣ же случаевъ и эти заклепки рас
гаютъ на нормальномъ разстояніи $6d$ (чер. 140)
Примѣръ. Ширина полосы = 32,8 ct, толщина 1,1 ct, діаметръ заклепо
$d = 2{,}4$ m/m. Полезное сѣченіе полосы въ растягиваемомъ поясѣ:
$(32{,}8 - 2{,}24)1{,}1 = 31{,}02$ кв. ct. Поперечное сѣченіе заклепки $= \frac{3{,}14}{4} 2{,}4^2 = 4{,}52$ кв. ct
Слѣдовательно, число заклепокъ: $\frac{31{,}02}{4{,}52} = 6{,}65$. или съ прибавкою 20% –
Въ каждомъ сѣченіи не должно быть болѣе 2^{xx} заклепокъ, поэто
число рядовъ $= \frac{8}{2} = 4$. Теоретически накладка можетъ кончиться в
(чер) изъ чертежа видно, что для помѣщенія этихъ 8 заклепо
(которыя на чер. заштрихованы) надо удлинить верхнюю полосу
величину: $D = (3d).3 + 1{,}5d = 10{,}5d = 10{,}5 . 2{,}4 = 25{,}2$ ct.
Длина одного листа имѣетъ извѣстные предѣлы въ зависимости от
вѣса (не болѣе 400 kgr.) Поэтому въ большинствѣ случаевъ быв
етъ необходимо составлять поясъ изъ полосъ, длина которыя
меньше длины пролета. На мѣстахъ гдѣ полосы стыкаются
ченіе пояса уменьшается на сѣченіе стыкаемыхъ полосъ и дл
возстановленія непрерывности, необходимо стыки покрывать
накладками. (Если полная поперечная площадь пояса будетъ
а площадь стыкаемаго листа ω, то въ каждомъ листѣ ст
будетъ сопротивляться $\Omega - \omega$, а потому необходимо усили
сопротивленіе, введя накладку, сопротивленіе которой было бы
го ω.

Распредѣленіе стыковъ въ поясѣ.

Возьмемъ тавровый поясъ, составленный изъ вертикальнаго ли
двухъ угольниковъ и нѣсколькихъ ламелей (чер 141) Напряженіе
между каждыми двумя узлами постоянно, но отлично отъ
пряженія между двумя другими узлами (чер 141). Съ увеличе

же напряжения должно соответственно увеличиваться сечение пояса. Рассмотрим, как распределяются стыки в поясе, сперва стыки лямелей, затем вертикальных листов и наконец угольников.

Стыки лямелей. Существуют два способа распределения стыков лямелей. По первому стыки распределяются равномерно по следующим правилам: а) расстояния стыков в тех частях в которых площадь сечения не изменяется, должны быть постоянны. в) длины отдельных частей не должны значительно отличаться от нормальных и с) изгибать на концах малых длин. Этот способ особенно удобно в сжимаемых поясах. Когда стык получается вблизи узла или над ним, то очень удобно удлинить верхнюю лямель, чтобы она перекрыла стык, так что сама верхняя лямель будет служить накладкой. Второй способ распределения стыков - это способ сосредоточенных стыков, т.е. сосредоточенных в одном месте. Стыки расположенные близко друг от друга, значительно ослабляют жесткость сечения, но для растягиваемых поясов это не имеет значения, поэтому там может применяться 2ой способ. При равномерном распределении стыков, для каждого стыка, нужна особая накладка длиною = 2λ, но если мы сосредоточим стыки на одном месте, делая расстояние их равным тому расстоянию λ, которое необходимо для помещения заклепок, соединяющих лист с накладкой (λ = ½ обычной длины накладки.), то потребуется меньшая длина накладок. В этом случае (чер. 142) стыки всех полос могут быть покрыты одной общей накладкой, длина которой = (n+1)λ. В случае равномерного распределения стыков, общая длина накладок = 2n (n-число стыков)

Стыки вертикальнаго листа. Их удобно располагать около узлов (чер 143.), потому что увеличивая величину накладки и подводя их под сжимаемые раскосы, можно избегнуть выгиба посредине по линии nn'. Выгиб этот может повлечь за собою нежелательныя последствия скалывания, изгиб заклепок (чер 143а) Потому необходимо устройство в этом случае особой подкладки, что можно избежать, пользуясь накладкой для соединения вертикальных листов. Для определения места стыка последних, сперва разыскивают положение раскосов. узлов., в зависимости от которых и распределяются стыки. Для жесткости у стыка MN можно приклепать угольник (чер.)

(Сжимаемый стержень всегда должен быть доведен до полки угольника)

Стыки угольников. Стыки угольников покрываются угольниками же, или полосами (чер. 144 и 145.) Покрытие угольником возможно только при некоторой длине полок; надо, чтобы центры отверстий для заклепок находились от полки на расстоянии полутора диаметров. Стыки угольников лучше всего располагать между узлами, чтобы не стеснять других соединений, но в сжимаемом поясе выгодно располагать стыки вблизи узлов, так

как в этих местах пояс имеет вообще большую жесткость, чем в уз
ду узлами. Пример стыков обыкн. уголников в тп и рд на гр. 142. Сверху стыки покр
общей накладкой

Графическое распределение материала пояса.

Правильное распределение стыков и расположение накладок в поясах
проще получается графическим образом, к которому приступают
после того, когда не только теоретическая, но и действительная
чения всех стержней окончательно определены и узлы вычерчены.
Способ графического распределения материала поясним примером
Пусть получили по расчету следующия величины площадей:
1-ая панель - $a_1 = 40$ ст; 2-ая " ... $a_2 = 90$ ст. 3-ья " .. $a_3 = 120$ ст. 4-ая " .. $a_4 = 160$ ст. 5-ая " .. $a_5 = 16$
6-ая ... $a_6 = 120$ ст; 7-ая ... $a_7 = 90$ ст и 8-ая .. $a_8 = 40$ ст. Это суть разсчетныя, пол
площади, в них. не входят площади заклепочных отверстий,
потому действительныя площади будут больше (это, вообще,
площади, которыя получаются от раздел. максимальнаго
на допускаемое напряжение). Положим (чер. 146.), мы построим
пояса 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 полупараболической фермы в известном
бе, и первую половину пояса раздел. на 4 части (панели), та
что точки 1, 2 ... 8 суть узловыя точки (2-ая половина симмет
на 1-ой, хотя по отношению к стыкам она может быть
несимметричной). Затем берем какой нибудь масштаб пло
(не очень малый, напр. 1 cm = 50 q.m.m) и откладываем в этом
штабе вычетныя величины площадей в виде линейных элем
$11' = a_1$; $22' = a_2$; $33' = a_3$ ..... проводим через 1', 2', 3' ... прямыя пар
лельныя оси пояса, тогда получим обозначенный пунктиром
ступенчатый многоугольник теоретических полезных площад
Теперь задаемся известной формой сечения пояса. Возьмем нап
форму сечения из вертикальнаго листа и двух уголников (
ламелей) и пусть высота листа (чер. 146 а) от вычета отверст
как для одной заклепки в уголниках, так и для других за
пок, могущих встретиться, уменьшится до 90%. (Замечаем
что расположение стержней, размеры, число заклепок и их рас
ложение на вертикальном листе определено до этого граф
кого разсчета). Откладываем $kk' =$ полезной площади вертикаль
го листа; затем $k'k_1 = k_1 d =$ полезной площади каждого уголка;
$d_2 d_3$, $d_3 B$ .... полезных площ. ламелей, и через полученныя точки
$\beta_2 \gamma$ и δ проводим прямыя параллельныя оси 1, 2, 3, 4 ... 9 пояса.
Пусть в выбранном нами примере (см. чер. 146 а) площадь верт
ного листа = 90.15 = 13,5 ст; площадь уголника (диаметр заклепки = 2
Будет 8,0.1,0 + 9,0.1,0 = 17 ст. Вся площадь сечения = kd = 13,5 + 17.2 = 47,5
Из графы разсчетных площадей мы имеем $a_1 = 40$, след. выбран
ное сечение γa - удовлетворительно для первой панели. Переходя
ко второй панели мы видим что $a_2 = 90$; следовательно нужно
чить усилить ламелями. Возьмем две полосы шириною в 3
Но 300 - 215 (чер) = 85; следовательно полоса выступает с каж

дой стороны только на $\frac{35}{2} = 42{,}5$ m/m, так что помещаемых не больше 6 заклепок на полосу. $300 - 2.20 = 260$ m/m. $2w_1 = 26 \cdot 1{,}0 = 26$ q.ct. = пол. пр. лам.
Площадь всего сѣченія пояса 2ой панели будетъ $47{,}5 + 2.26 = 99{,}5$ ct.^{2} = F и
2'и = излишку площади = $99{,}5 - 90 = 9{,}5$ ct.^{2} Черезъ точку и проводимъ параллельно оси пояса. и т. д. Находимъ ломанный многоугольникъ $\alpha\alpha_2\beta\beta_3\gamma\gamma_4\delta\ldots$ принятыхъ нами полезныхъ площадей.
Затѣмъ, сообразуясь съ указаннымъ выше правиломъ помѣщаемъ линіи стыковъ p, p_1, s - вертикальнаго листа, угольниковъ и ламелей.
Стыки вертикальнаго листа дѣлаемъ у узловъ. Стыки угольниковъ посрединѣ между узлами, наблюдая, чтобы въ одномъ сѣченіи не встрѣчалось два стыка. Ограничивающія ламели удлиняемъ на величину $\frac{B_1}{2}$ = половинѣ накладки.
Вертикальный листъ покрываемъ двумя накладками, полезныя площади которыхъ откладываемъ противъ стыковъ внизу. Стыки угольниковъ v покрываемъ угольниками же, площади ихъ причерчиваемъ на верху, причемъ длина = длинѣ накладываемаго угольника, а ордината = площади поперечнаго сѣченія.
Точно такое же причерчиваемъ на верху и площади накладокъ для стыковъ ламелей. Подобнымъ же образомъ вычерчивается распредѣленіе матеріала нижняго пояса. Разница въ томъ, что стыки ламелей могутъ быть сосредоточены и покрыты общей накладкой.

Форма поперечнаго сѣченія раскосовъ.

Для растягиваемыхъ раскосовъ (подвергаемыхъ только одному растяженію) употребляютъ обыкновенно полосовое или листовое желѣзо. — шириною до 700 m/m — толщиною до 20 m/m.; въ исключительныхъ же случаяхъ: — толщиною до 30 m/m. — длиною до 11 mt.
Когда длина раскоса болѣе 11 mt., тогда его составляютъ изъ половинъ, соединенныхъ накладками. Когда раскосъ выходитъ слишкомъ широкимъ или слишкомъ толстымъ, то его дѣлаютъ двойнымъ, и тогда онъ прикрѣпляется къ вертикальному листу съ обѣихъ сторонъ. (чер. 147.) Въ большихъ листахъ, которыхъ пояса имѣютъ двойное тавровое сѣченіе, раскосъ состоитъ изъ 2хъ или 4хъ полосъ (чер. 148.)
Чтобы уменьшить дрожаніе длинныхъ раскосовъ, происходящее во время движенія груза по листу, соединяютъ ихъ въ слугу, когда они двойные, заклепками со втулками или прокладками, сохраняющими постоянными ихъ разстоянія другъ отъ друга (чер. 149.)
Разстоянія v этихъ заклепокъ по направленію оси раскоса равны 15δ и болѣе, гдѣ δ - толщина листа, т. е. v = отъ 300 m/m до 50 m/m.
Съ тою же цѣлью увеличиваютъ иногда въ растягиваемыхъ раскосахъ уже во время сборки моментъ инерціи; для этого вставляютъ въ средину полосъ прокладки, которыхъ толщина болѣе разстоянія полосъ (чер. 150). Если l - длина раскоса, δ - толщина раскоса и c - стрѣлка прогиба то c можетъ быть опредѣлена

из выражения $c \geq \frac{l-60\delta}{360}$.

Для сжимаемых раскосов употребляют всего чаще следующия формы сечения:

1) Сечение в виде L оно может быть употребляемо для малых поперечных сечений, особенно для сжимаемых раскосов горизонтальных и вертикальных связей.

2) Тавровое сечение T. Цельное прокатное употребляется редко и только для малых мостов. Оно может быть составлено из двух угольников ⊤, двух угольников и вертикальнаго листа (вместо одного могут быть взяты два вертикальных листа ⊤⊤ и из двух угольников, вертикальнаго листа и одной или двух полос, приклепанных к угольникам ⊤⊤. Относительно склепывания этих форм действительны правила, данныя для однотаврового пояса.

3) Крестообразное сечение (чер.151). Всего чаще это сечение составляется: а) из двух угольников; угольники соединяются прокладками шириною около 70 m/m, перекрещивающимися в горизонтальной проекции; разстояние прокладок друг от друга не больше 120δ, где δ — толщина полок угольников. На концах это разстояние следует брать меньше; к середине раскоса оно может быть больше. в) к угольникам прикрепляются листы, к каждому по одному или по два (чер.152) с) четыре угольника без прокладок листов а и δ (чер.153); с листами δ (чер.154) с листами а (чер.155) и с листами а и δ (чер.156). Уменьшая или увеличивая толщину листов и размеры угольников, можно получить различныя площади сечения.

4) Двутавровое сечение. (может быть употреблено при ⊤⊤-образном сечении поясов.) Составляется из вертикальнаго листа и угольников ⌶. В случае надобности к угольникам могут быть приклепаны горизонтальные полосы (ламели) ⌶. Вертикальную стенку заменяют иногда раскосами, причем минимальная ширина этих полос раскосов = 60 m/m.; толщина ея не рассчитывается и берется малой. На (чер.157) горизонтальныя полки угольников обращены наружу, вертикальныя примыкают друг к другу, раскосы наклонные прикреплены к угольникам извне. На (чер.158) горизонтальныя полки угольников обращены внутрь, раскосы вертикальные и наклонные, последние наклонены поперемянно, то в одну, то в другую сторону и укреплены между угольниками. На (чер.159) наклонные раскосы перекаются между собою и укреплены между угольниками к которым приклепаны полосы р. Угол раскосов с вертикалью бывает от 45° до 60°.

В американских мостах очень часто употребляют трубчатые сжимаемые раскосы, составленные из фенических желез. Эта форма весьма выгодна, но имеет то неудобство, что

что внутри ея трудно возобновлять окраску. Возобновление производят иногда слѣдующимъ образомъ: черезъ верхнее отверстіе раскоса наливаютъ краски въ достаточномъ количествѣ; излишекъ ея вытекающій черезъ нижнее отверстіе собираютъ для дальнѣйшаго употребленія.

Конструкція узла.

Къ построенію узловъ приступаютъ только тогда, когда окончены всѣ разсчеты, извѣстны размѣры и положеніе стержней а также числа заклепокъ. Положимъ имѣемъ поясъ (чер 160); (чер.160а) представляетъ сѣченіе верхняго пояса; (чер.160б) сѣченіе вертикали (чер.160г) сѣченіе діагоналями. Приступаемъ къ построенію самого узла; для чего строимъ осевыя линіи верхняго пояса, діагонали и вертикали. (намѣчены на чер. пунктиромъ). Осевыя линіи проходятъ черезъ центры тяжести соотвѣтственныхъ сѣченій; поэтому вычерчиваемъ относительно осевыхъ линій; очертаніе пояса, діагонали и вертикали. Вертикаль слѣдуетъ продолжить до вертикальной полки уголника, лучше, если она продолжена до горизонтальной. Вертикалямъ слѣдуетъ давать вообще, гдѣ возможно симметричное сѣченіе по отношенію къ поясу. Если стыкъ вертикальнаго листа (чер 160) далеко около узла, тогда накладка, нужная для соединенія, можетъ служить дополненіемъ подкладки подъ вертикаль. (чер. 160д) представляетъ вертикальный уголникъ, доведенный до верхней полки, изгибая его вслѣдствіе отсутствія подкладки; на (чер.160в) подъ вертикальнымъ уголникомъ находится подкладка, которая можетъ служить накладкой для стыка вертикальныхъ листовъ пояса. Заклепки располагаемъ имѣя очертанія соединяемыхъ полосъ по указаннымъ выше правиламъ, причемъ заклепки, поставленныя въ концѣ вертикали на вычнутой ея части не идутъ въ счетъ нужныхъ для прочности скрѣпленія. Возьмемъ теперь ферму только съ діагоналями (чер170) Построеніе останется тоже. Ряды заклепокъ ставятся перпендикулярно къ оси діагонали. Растягиваемые раскосы можно не доводить до уголниковъ пояса; сжимаемые обязательно должно доводить до вертикальной или лучше до горизонтальной полки уголника!

Прикрѣпленіе раскосовъ къ поясамъ помощію узловыхъ листовъ.

Если поясъ не имѣетъ вертикальнаго листа, или когда ширина его не достаточна для непосредственнаго прикрѣпленія раскосовъ для помѣщенія всѣхъ нужныхъ заклепокъ то употребляютъ на узлахъ особые листы, прикрѣпляемые къ поясу; къ этимъ листамъ раскосы прикрѣпляютъ непосредственно или при помощи накладокъ. Ав (чер 161) представленъ верхній, а на (чер.162) нижній узелъ фермы, въ которой раскосы прикрѣплены помощію узловаго листа, такъ какъ оба

пояса не имеют вертикальных листов. Форма узлового листа определяется соединением раскосов с листом и листа с поясом. Наименьшее число заклепок, которыми прикрепляется этот лист определяется максимальной равнодействующей этого узла, обыкновенно его делают равным числу тех заклепок, которыми прикрепляются раскосы к листу. Иногда употребляют узловые листы как накладки для покрытия стыков некоторых частей пояса. В этом случае число необходимых для этого покрытия заклепок нужно прибавить к предыдущему числу. Для того, чтобы получить заклепки двусрезные и тем уменьшить их число, устраивают иногда узловые листы из двух листов, между которыми проходит раскос. Если ширина вертикального листа недостаточна для помещения всех заклепок, то вертикальные листы срезывают на узлах по ab и hg (чер.) и стыкуют с ними узловой лист abcdefgh. Стыки ab и gh покрываются накладками по общим правилам. Иногда устраивают узкий вертикальный лист из двух параллельных листов и помещают узловые листы между ними. Иногда также делают вертикальный лист из одного только листа, который идет непрерывно во всю длину пояса, а узловые листы делают двойными, и располагают их с обеих сторон вертикального листа.

Узловые листы вместе с вертикальным листом приходится часто употреблять для конечных раскосов параллельных ферм потому что эти раскосы требуют обыкновенно такое значительное число заклепок, что было бы не экономично в смысле затрачивания материала, определять ширину вертикального листа в зависимости от числа заклепок этих раскосов. В многоугольных фермах, не имеющих опорных вертикалей образования опорного узла параболической фермы представлен на чер. 16 Общий вид параболической фермы представлен на чер. 169.

20.

Перекрещивание раскосов.

Чтобы раскосы не встретились в одной плоскости, нужно раскосы наклоненные вправо, прикрепить с одной, а наклоненные влево с другой стороны вертикального листа. Это всегда возможно, если раскос составлен из одной только половины, но если он составлен из двух половин, прикрепляемых с обеих сторон вертикального листа, то встреча пересекающихся раскосов неизбежна. Если как на чер. 167 сжимаемый раскос (который в этом примере состоит из двух одинаковых сторон N и N_1) лежит на подкладках, а двойная диагональ, состоящая из полос D и D_1, может

будет пройти между половинами сжимаемого раскоса и вертикальным листом пояса. На местах перекрещивания раскосы всегда соединяются между собою заклепками, впрочем эти заклепки не разсчитываются и в соображение не принимаются, они ставятся только для того, чтобы иметь мнимую точку опоры.

Если раскосы не лежат непосредственно один на другом то между ними вставляются втулки или прокладки. Если диагонали длинныя и не могут быть устроены из одной цѣльной части, то для стыки устраиваютъ на местах перекрестка и употребляютъ прокладку, какъ накладку для покрытия стыковъ. На чер. 164. прокладка покрываетъ два стыка тт и рр обѣихъ полосъ діагоналей. Здѣсь предположено, что обѣ половины діагоналей могутъ свободно пройти между половинами вертикали. На чер. 165 указаны стыки двойной діагонали въ случаѣ двойного тавроваго пояса (вида П). Вертикаль имѣетъ двутавровое поперечное сѣченіе. Такъ какъ первый рядъ содержитъ здѣсь двѣ заклепки; то соединеніе это нельзя назвать образцовымъ. Стыки въ такихъ случаяхъ слѣдуетъ покрывать двумя накладками.

Если встрѣчаются два сжимаемыхъ раскоса, то тотъ изъ нихъ котораго т. напряженій больше, идетъ непрерывно, а другой срѣзаютъ и покрываютъ образовавшійся стыкъ одной общей накладкой. (чер. 166). Такъ какъ жесткое соединеніе раскосовъ въ местахъ ихъ перекрестка уменьшаетъ ихъ напряженіе, то дѣлаютъ иногда отверстія для заклепокъ немного больше ихъ діаметра, такъ какъ самое соединеніе дѣлается съ цѣлью уменьшить дрожаніе длинныхъ раскосовъ при дѣйствіи на ферму перемѣнной нагрузки.

Конструкція полотна.

Полотно моста можетъ быть расположено по верху, по низу и по средине (см. чер. 171, 172 и 173.) Въ второмъ и третьемъ случаяхъ ширина желѣзнодорожнаго моста опредѣляется габаритомъ. Въ случаѣ моста съ ѣздой по верху ширина моста можетъ быть доведена до ширины пути и даже нѣсколько менѣе, лишь бы соблюдалось условіе устойчивости отъ боковыхъ давленій. Поэтому желѣзнодорожные мосты до пролетовъ 60 mt. выходятъ дешевле, съ ѣздой по верху чѣмъ по средине и по низу; при пролетахъ отъ 60 до 80 mtr. мосты съ ѣздой по верху и по низу одинаковы выгодны, а при пролетахъ отъ 80 mt. и болѣе, мосты съ ѣздой по верху дороже. (Въ случаѣ моста подъ два пути это правило не применимо, такъ какъ при необходимой ширинѣ моста въ этомъ случаѣ условіе устойчивости будетъ удовлетворяться и для большихъ пролетовъ). Также мостъ съ ѣздой по верху возможно устроить лишь при достаточной высотѣ конструкціи. На чер. 174. изображено устройство моста съ полотномъ подъ шоссе, ѣзда по середине.

Для поддержания полотна и соединения обоих ферм в поперечном направлении, фермы соединяются поперечными балками-переводами. Переводы устраиваваются всегда перпендикулярно к фермам, и обыкновенно только на узлах фермы, поэтому их расстояние между собою равно длине панелей. Переводы можно рассматривать как свободно лежащие фермы малых размеров, нагрузка на них передается помощью продольных балок соединенных с нижними поясами прогонов. На прогонах уже непосредственно располагают полотно моста. Переводы при малой ширине моста устраиваются из прокатного двутаврового железа. При более значительной ширине моста переводы составляются или клепанные, из вертикального листа, 4 уголников и горизонтальных ламелей (чер. 177) или в виде небольших раскосных ферм. (В последнем случае прогоны соединяются с переводами на их узлах).

Расчет переводов.

Переводы рассчитываются обыкновенно как балки лежащие свободно на опорах. Хотя переводы прикрепляются к фермам жестким образом, но переводы нельзя рассматривать как защемленную балку, так как от действия нагрузки, фермы прогибаются внутрь и опорные точки в которых переводы соединены с фермами приближаются друг к другу, даже если фермы кроме переводов соединены поперечными связями.

Для определения высоты h-переводов пользуются следующими формулами. Если означим через: D - наибольшее давление (весом полотна и случайной нагрузкой) на перевод в тоннах; b - длину перевода в метрах; c - расстояние средних прогонов друг от друга (чер. 176.); a - расстояние крайних прогонов от ферм в mtr. S - расстояние переводов между собою в mtr (длина прогонов); δ - толщину вертикального листа в m/m и k - допускаемое напряжение в тоннах на 1 □ c/m; то наиболее выгодная высота перевода в mtr определяется приблизительно из выражений:

1. Железнодорожные мосты.		
	Перевод составлен как простая листовая балка	Перевод раскосной системы
Дорога в 1 путь	$h^{mtr} = \frac{0{,}615\sqrt{Da(b+c)}}{\sqrt{k(bS+46)}}$	$h^{mtr} = \sqrt{Da\,\frac{2{,}05a+1{,}29(b+c)}{4{,}1D+125k}}$
Дорога в 2 пути	$h^{mtr} = 0{,}489\sqrt{\frac{D(b^2-5{,}6c^2)}{k(bS+65)}}$	$h^{mtr} = \sqrt{D-\frac{1{,}43b^2-7{,}17c^2}{2{,}7D+190k}}$
2. Мосты под проезжую дорогу.		
Легкая повозки ..... $h^{mtr} = (0{,}08+0{,}013\lambda)(1+0{,}19c)b$		
Тяжелая повозки ... $h^{mtr} = (0{,}10+0{,}013\lambda)(1+0{,}19c)b$		
Очень тяжелые повозки. $h^{mtr} = (0{,}12+0{,}013\lambda)(1+0{,}19c)b$		

Толщина вертикальной стенки δ в сплошной листовой балки может быть получена из формулы: $\delta^{c/m} = (0{,}8 + 0{,}015b)^{c/m}$ где b - длина перевода в метрах. Уголники берутся равнобедренные, ширина полок в c/m приблизительно определяется по формуле $\Pi = 6 + 0{,}2b$. (b - в метрах).

Определимъ наибольшее давление D въ случаѣ желѣзнодорожнаго моста; тогда въ выраженіяхъ предыдущей таблицы всѣ величины будутъ извѣстны и мы можемъ опредѣлить главные размѣры перевода. На (чер 175) изображенъ продольный разрѣзъ желѣзнодорожнаго моста; $p_1 p_2 p_3$ – переводы, $\Pi, \Pi_1 \ldots \Pi_3$ – прогоны, S – шпалы, RR – рельсъ. При движеніи колеса по рельсу измѣняется давленіе передаваемое прогонами на точки прикрѣпленія ихъ къ переводу. Для опредѣленія наибольшаго давленія D_1 отъ случайной нагрузки (давленій колесъ паровоза) надо начертить инфлуентную линію давленій на переводъ p_2. Предположимъ что грузъ = 1 движется по рельсу V; когда онъ будетъ находится надъ p_1 то давленіе на переводъ p_2 равно нулю; тоже самое будетъ когда онъ находится надъ p_3; когда грузъ находится непосредственно надъ p_2 то все давленіе передается на p_2; слѣд. ордината инфлуентной линіи давленій въ точкѣ $p''=1$, а въ точкахъ p' и $p''=0$, и инфлуентная линія выразится ломаной $p' dp''$. Для опредѣленія max. давленія D_1 отъ случайной нагрузки, слѣдуетъ опредѣлить опасное положеніе системы грузовъ (въ нашемъ случаѣ давленій колесъ паровоза чер.175а) и по извѣстнымъ правиламъ max. давленіе D_1 можетъ быть легко опредѣлено изъ инфлуентной линіи. Полное наибольшее давленіе $D = D_1 + D_2$ гдѣ D_2 – давленіе вѣса полотна и прогоновъ. Вѣсъ одного погоннаго метра полотна вмѣстѣ съ переводами и прогонами принимаютъ = 650 кгр, слѣд. на 1 переводъ приходится 650λ кгр – гдѣ λ = разстояніе между переводами = длинѣ панели. Если вѣсъ перевода g (въ кгр) то отъ вѣса полотна давленіе извнѣ передаваемое прогонами на двѣ точки M и N перевода (чер 176.) будетъ $650\lambda - g$. Давленіе въ каждой точкѣ $D_2 = \frac{650\lambda - g}{2}$ (слѣд. на (чер 176) давленія D будутъ $= D_1 + D_2$. Реакціи на опорахъ (точкахъ прикрѣпленія переводовъ къ фермамъ) будутъ: $R = D + \frac{1}{2}g$ (g – собств. вѣсъ перевода). Собственный вѣсъ перевода опредѣляется изъ слѣдующихъ выраженій, гдѣ g_0 – означаетъ давленіе одного колеса въ тоннахъ, λ, b и c имѣютъ прежнія значенія. 1) Для желѣзныхъ дорогъ. а) 1 путь: $g = (55 + 5{,}3\, g_0 + 1{,}31\, g_0 \lambda) b$. б) Мостъ подъ 2 пути $g = (94 + 9{,}1\, g_0 + 2{,}26\, g_0 \lambda) b$ кгр. 2) Для проѣзжихъ дорогъ.

	переводъ съ сплошной	переводъ раскосный
Легкія повозки	$g = (8{,}3 + 1{,}4\lambda)\left(1 + \frac{0{,}38}{c}\right) b^2$	$g = (2{,}6 + 1{,}9\lambda)\left(1 + 0{,}115\frac{b}{c}\right) b^2$
Тяжелыя повозки	$g = (10{,}4 + 1{,}4\lambda)\left(1 + \frac{0{,}38}{c}\right) b^2$	$g = (3{,}4 + 2{,}6\lambda)\left(1 + 0{,}115\frac{b}{c}\right) b^2$
Отъ тяж. повозки	$g = (12{,}5 + 1{,}4\lambda)\left(1 + \frac{0{,}38}{c}\right) b^2$	$g = (6{,}8 + 2{,}3\lambda)\left(1 + 0{,}115\frac{b}{c}\right) b^2$

Слѣд. на переводъ, дѣйствуютъ потому слѣд. (чер.176.) 1) реакціи опоръ R; давленія переводовъ D въ точкахъ M и N и 3) Собственный вѣсъ переводовъ g. Въ случаѣ раскосной перевода (чер. 178) легко опредѣлить по этимъ силамъ напряженія стержней по способу Кремона (полагая собст. вѣсъ распредѣленнымъ по узламъ равномѣрно). Въ случаѣ же сплошного перевода изъ моделя I, то размѣры листа и уголниковъ опредѣлены уже по предыдущимъ формуламъ (h, δ и п.) и въ зависимости отъ дѣйствующихъ на переводъ силъ R D и g его стѣ

чение следует повторить на изгиб, и если оно окажется недостаточным то усилить лямелями. Наибольший сгибающий момент в нашем случае (гер. 176) будет в точках M и N (см. линию моментов). Если вес перевода g, то вес одного погонного метра будет $\frac{g}{c}$, поэтому момент в $N = M_{max} = Ra - \frac{g}{c}\frac{a^2}{2}$; $M_{max} = (D - \frac{1}{2}g)a - \frac{g}{c}\frac{a^2}{2} = Da + \frac{1}{2}\cdot\frac{ga}{c}(b-a)$ (1) Так как в рав. 1 второй член относительно первого, сравнительно мал, то можно взять $M_{max} = Da$. Если означим J_1 – полезный момент инерции определенного по эмпирическим формулам сечения, состоящего из вертикального листа и $4^{\frac{x}{2}}$ угольников, f – полезное сечение растянутых лямелей (одного пояса) и k – допускаемое напряжение; то момент инерции сечения вместе с необходимыми лямелями чтобы выдержать сгибающий момент M_{max} должен быть $M_{max} = \frac{kJ}{\frac{h}{2}}$; откуда необходимый мом. инерции $J = \frac{M_{max}\,h}{2k} = \frac{Dah}{2k}$. Если получится $J > J_1$, то из выражения $J = J_1 + \frac{fh}{2}$ отсюда можно определить f площадь лямелей одного пояса.

Если число заклепок в одном сечении 2 и означим через β – шаг и через τ толщину лямелей одного пояса, то полезное сечение лямелей $f = \beta\tau - 2d\tau$; откуда $\tau = \frac{f}{\beta - 2d}$. Если отсюда полученная величина больше 20 м/м то лучше сделать две лямели. Диаметр заклепок, обыкновенно, $d = 20$ м/м; их расстояние в угольниках и лямелях средним числом $= 6d = 120$ м/м.

Мосты проезжих дорог. Для этих мостов можно принять, что случайная нагрузка распределена равномерно по мосту. Пусть на гер. 179 мы имеем перевод проезжей дороги, давление нагрузки на него передается тремя прогонами – 1, 2, 3. Ширина моста b, расстояние средних прогонов между собою c, расстояние крайних от ферм – a. Если расстояние переводов λ в м то случайная нагрузка соответствующая 1 погонному метру перевода в тоннах может быть определена из выражений:

Легкая повозка .... $q^{tn} = 0{,}59 + 0{,}41\lambda^{mt}$.
Тяжелая " .... $q^{tn} = 1{,}02 + 0{,}57\lambda$
Ос. тяжелая " .... $q^{tn} = 1{,}29 + 0{,}56\lambda$

Поэтому из гер. 179. имеем: $D' = \frac{1}{2}(a+c)q$; $D_1 = qc$; $R = \frac{1}{2}qb$. Это давления от случайной нагрузки; определим давления от веса полотна. Вес одного погонного метра полотна для мостов проезжих дорог (приблизительно) 1) при деревянной настилке $p = \frac{1300 \cdot b}{7{,}5}$ кг (b – ширина моста в метрах); 2) если полотно из камня или хряща то $p = \frac{3600\,b}{7{,}5}$. Поэтому давления и реакции от веса полотна (см. гер.) $d' = p\lambda\frac{(a+c)}{2c}$ (для крайних прогонов) $d_1 = \frac{p\lambda c}{c}$ (для среднего прогона) реакции опор в этом случае $V_1 = \frac{2d' + d_1}{2} = \frac{p\lambda 1}{2}$. Кроме того в точках опоры т и п действуют реакции от собственного веса перевода: $\frac{g}{2}$. Полная реакция R от случайной нагрузки веса полотна и собственного веса будет $R = \frac{1}{2}qb + \frac{p\lambda}{2} + \frac{g}{2}$. На перевод действуют поэтому силы: 1) На мостах при крепления его к фермам (в точках т и п) реакции R.

21.

2) Въ точкахъ 1 и 3 соотвѣтствующихъ крайнимъ прогонамъ давленія $D_0 = D' + d' = \frac{1}{2}(a+c)q + \frac{pl\cdot(a+c)}{2b}$. 3) Въ точкѣ 2 → давленіе $D = d_1 + D_1 = qc + \frac{pl\,c}{b}$. и 4) собственный вѣсъ перевода распредѣленный равномѣрно.

Моментъ M въ какомъ нибудь сѣченіи S, отстоящемъ отъ лѣвой фермы на разстояніи x $M = Rx - D_0(x-a) - D[x-(a+c)] - \frac{q}{c}\frac{x^2}{2}$

Если переводъ сплошной листовой, то онъ провѣряется по наибольшему сгибающему моменту; если же раскосный, то разсчитывается по правиламъ данными для раскосныхъ фермъ.

Соединеніе переводовъ съ фермами.

Когда ферма имѣетъ вертикали, то переводы прикрѣпляются къ вертикалямъ обыкновенно помощью листовъ и угольниковъ которые кромѣ того также увеличатъ жесткость листа въ поперечномъ направленіи. Такъ на гер. 180 листъ ABCD входитъ между угольниками, образующими вертикаль, и соединенъ съ ними заклепками. Къ его сторонѣ AB примыкаетъ вертикальная стѣнка (въ нашемъ случаѣ листоваго перевода) Стыкъ AB покрытъ съ обѣихъ сторонъ накладками. Угольники образующіе верхній и нижній поясъ перевода продолжены до полки угольника EF и склепываются также съ листомъ ABCD. Листъ ABCD имѣющій форму трапеціи доведенъ до верхняго пояса фермы для придачи фермѣ большей жесткости въ поперечномъ направленіи, такъ какъ въ нашемъ случаѣ по недостаточной высотѣ фермы нельзя получить вверху поперечнаго соединенія. Если такое соединеніе возможно, тогда не нужно доводить листъ прикрѣпляющій переводъ до верхняго пояса. На гер. 184 указано соединеніе перевода раскосной системы съ вертикальною фермы, На гер. 181 видно расположеніе перевода, когда онъ устроенъ по верху. Переводъ расположенъ на верхнемъ поясѣ фермы и прикрѣпленъ къ нему заклепками.

Когда ферма не имѣетъ вертикалей, то листы прикрѣпляющіе переводъ къ фермамъ, могутъ скрѣпляться съ вертикальнымъ листомъ пояса съ мѣстомъ перекрещиванія раскосовъ. Часто при этомъ промежуточные листы вовсе не вводятся и листовой переводъ непосредственно прикрѣпляется къ вертикальному листу пояса. (см. гер. 182) Въ этомъ примѣрѣ поясъ двойной тавровый; оба вертикальныя листа пояса въ мѣстѣ прикрѣпленія перевода для большей жесткости соединяются между собою поперечнымъ листомъ, приклепаннымъ къ вертикальнымъ листамъ помощью угольниковъ. Иногда устраиваютъ для прикрѣпленія переводовъ особыя вертикали изъ угольниковъ. При ѣздѣ по верху переводы въ случаѣ отсутствія вертикалей располагаются всегда сверху фермы. Заклепки прикрѣпляющія переводы къ фермамъ должны быть разсчитаны по силѣ R на срѣзъ.

Сумма сопротивлений обвих накладок стыка вертикального листа перевода с листом прикрепляющим переводъ къ фермамъ должена равняться сопротивлению вертикальнаго листа у стыка (чер. 180.)

Прогоны.

22.

Прогоны суть короткія балки (длина ихъ = длинѣ панелей фермъ), параллельныя фермамъ, опирающіяся на переводы. Въ эксплоатированныхъ мостахъ на нихъ лежатъ или шпалы или лежни, на которыхъ располагаются рельсы, (чер 191, 192) а въ мостахъ подъ шоссе — полотно. Длина прогоновъ бываетъ отъ 2^м до 8^м метровъ. Для короткихъ прогоновъ удобно употреблять двутавровое прокатное железо, а болѣе длинныхъ прогоновъ употребляютъ форму составленную изъ полосъ и угольниковъ. Прогоны прикрѣпляются къ вертикальнымъ стѣнкамъ переводовъ помощью угольниковъ (чер 190); рѣже ихъ располагаютъ сверху переводовъ. Разстоянія между прогонами для эксплоатированныхъ мостовъ иногда = ширинѣ пути, такъ что рельсы лежатъ надъ самыми прогонами, но лучше брать это разстояніе не много болѣе. Если S' — ширина пути и e — разстояніе прогоновъ, то можно брать $e = 1{,}25' - 1{,}35'$. Для $S' = 1{,}524$ mt. $e = 1{,}83 - 1{,}98$.

Эксплоатированныя дороги	$h = 0{,}19 + 0{,}187\lambda$ mt.	для главныхъ путей
	$h = 0{,}11 + 0{,}164\lambda$	для второстепенныхъ пу
Мосты пропускныя дороги	$h = 0{,}197(1+0{,}24c)(1+0{,}47\lambda)$..	. легкія повозки
	$h = 0{,}146(1+0{,}35c)(1+0{,}47\lambda)$..	.. тяжелыя повозки
	$h = 0{,}125(1+0{,}37c)(1+0{,}47\lambda)$	. очень тяжелыя повозки.

Наивыгоднѣйшая высота прогона опредѣлится изъ слѣдующей таблицы, гдѣ λ — длина прогона въ mtr (разстояніе прогоновъ с въ случаѣ мостовъ пропускныхъ дорогъ опредѣляется

Родъ балки прогона	Родъ повозокъ.	Девіація ск.	Разстоянія прогоновъ с, когда полотно состоитъ изъ:		
			Цорес - желѣза	Волнист. желѣза	Высок. мет
Изъ листоваго желѣза	Легкія.	1,5	$0{,}86 + 0{,}104\lambda$	$0{,}69 + 0{,}084\lambda$	$1{,}26 + 0{,}152$
	Тяжелыя	3.	$0{,}67 + 0{,}081\lambda$	$0{,}54 + 0{,}069\lambda$	$0{,}98 + 0{,}118$
	Оч. тяжел.	5	$0{,}57 + 0{,}069\lambda$	$0{,}46 + 0{,}056\lambda$	$0{,}84 + 0{,}102$
Изъ фасоннаго прокатнаго желѣза	Легкія	1,5	$1{,}09 + 0{,}068\lambda$	$0{,}88 + 0{,}081\lambda$	$1{,}60 + 0{,}093$
	Тяжелыя	3	$0{,}79 + 0{,}058\lambda$	$0{,}64 + 0{,}047\lambda$	$1{,}60 + 0{,}08$
	Оч. Тяжелыя	5	$0{,}62 + 0{,}066\lambda$	$0{,}50 + 0{,}054\lambda$	$0{,}91 + 0{,}09$

Если мостъ пропускной дороги покрытъ деревомъ то разстояніе прогоновъ с не болѣе 1,5 mtr.

Если изъ первой таблицы мы получимъ для $h < 400^{mm}$ то беремъ фасонное желѣзо; а если $h > 400$, то клепанную балку. Если беремъ фасонное желѣзо, то по высотѣ h опредѣляется № балки, а слѣд. и всѣ ея остальные размѣры. Если же беремъ клепанную, то задавшись толщиной вертикальнаго листа и размѣрами угольниковъ, повѣряютъ сѣченіе по наибольшему слѣдующему моменту по формулѣ $kW = M_{max}$ (гдѣ $k = 700$ кгр/1 кв. ст). Итакъ надо опредѣлить M_{max}.

Въ случаѣ прогона эксплоатированнаго моста онъ составляется изъ моментовъ отъ случайной нагрузки и момента отъ постоянной нагрузки (вѣса полотна и собственнаго вѣса прогона. Собственный вѣсъ прогона для эксплоатированнаго

Родъ дороги.	Прогонъ изъ мягк. жел	Изгиб
Главныя дороги.	$p = 15 + 15{,}0\lambda$.	30λ
Второстеп. съ нормальн. шириной	$p = 14 + 13{,}1\lambda$	26λ
" съ шириной 1 mt.	$p = 2 \ldots 12{,}8\lambda$	22λ

моста надлежит брать из следующей таблицы (p – вес 1 погонного метра прогона, l^{mt} – длина прогона, c^{mt} – расстояние прогонов)

Прогон рассматриваем как балку, свободно лежащую на переводах. Пусть имеем (чер 189) прогон П, лежащий на двух переводах p_1 и p_2. На прогоне расположены шпалы, на которых укладываются рельсы. Для простоты можно принять, что случайная нагрузка действует на прогон непосредственно. Инфлуентная линия сгибающих моментов для сечения NN (по середине прогона) будет совокупность двух прямых $\alpha\beta\gamma$. (чер 189); теперь для определения max. момента от случайной нагрузки берем два паровоза обращенные друг к другу трубами (расположение грузов видно на чер. (189 а.)). и определяем опасное положение. Тогда момент от случайной нагрузки может быть легко определен.

$M'_{max} = \Sigma P y$ = сумме произведений из давлений колес на соответственные ординаты инфлуентной линии.

Постоянную нагрузку предполагаем распределенной равномерно. Она будет состоять из 1) веса прогона p_1, 2) веса шпал w, 3) веса рельс v и 4) веса досчатой настилки приходящейся на один прогон n. Сгибающий момент постоянной нагрузки $M_0 = \frac{(p+w+v+n)\lambda}{8}$.

Полный момент по которому должен быть рассчитан прогон $M_{max} = M'_{max} + M_0$. Реакция опор от действия постоянной нагрузки $R = \frac{p}{2} + \frac{w}{2} + \frac{v}{2} + \frac{n}{2}$. По силе реакции рассчитывается число заклепок прикрепляющих прогон к переводам причем так как мы не принимали во внимание реакции от случайной нагрузки, то полученное отсюда число следует увеличить на 50%. Ур-ие для этого случая будет $\frac{2\pi d^2}{4} 6.n = 1,5R$.

В случае моста проезжей дороги то расчет прогона делается аналогично расчету перевода. В этом случае; случайная нагрузка заменяется равномерной, наибольший момент ее будет посредине $= M_1$. Момент от веса полотна будет M_{II}. Собственный вес прогона p для проезжего моста определяется из следующей таблицы. Момент от собственного веса $= M_{III}$. Полный расчетный момент которому должно удовлетворять сечение $M = M_1 + M_2 + M_3$.

род повозок	Прогона мостового ремня	Прогоны фасонного ремня.
Легкая	$p = 11,0(1+0,23c)(1+0,37\lambda)$	$21 + (2,9 + 2,1c)\lambda$
Тяжелая.	$p = 13,4(1+0,28c)(1+0,37\lambda)$	$21 + (4,2 + 4,0c)\lambda$
Очень тяжелая ...	$p = 16,5(1+0,26c)(1+0,37\lambda)$	$21 + (6,6 + 5,2c)\lambda$.

Прикрепление прогонов к переводам.

Прогоны прикрепляются к переводам помощью двух угольников таким образом, что вертикальная стенка прогона помещается между полками угольников (чер. 185) которые оканчиваются на поясах прогона, или же как на (чер. 186) продолжаются до поясов переводов. В последнем случае нужно горизонтальные полки прогона на концах срезать, чтобы

пропустить угольники. Въ первомъ случаѣ (чер. 185) нужно въ виду то
что переводъ ослабляется заклепками, подложить подъ угольники
подкладки а, оканчивающіяся на поясахъ перевода; подъ прогонами
располагаются иногда короткіе угольники d, образующіе длинный
родъ опоръ. Иногда соотвѣтственно по длинѣ прогона подъ
каждой балкой прикрѣпляютъ къ вертикальной стѣнкѣ про-
на угольники к поперечно съ одной и другой стороны (чер. 188)
Если прогонъ устроенъ высоко надъ нижнимъ поясомъ перевод
то устраиваютъ иногда подъ нимъ консоли изъ треугольны
листовъ (чер. 187), которые прикрѣпляются какъ къ прогону, та
и къ переводу помощью угольниковъ. Если прогоны лежатъ св
переводовъ, то для сохраненія ихъ вертикальнаго положенія
подпираютъ ихъ консолями, какъ на (чер 183); или если они на-
дятся вблизи главныхъ фермъ, ихъ прикрѣпляютъ къ листа
скрѣпляющимъ переводы съ главными фермами. (чер. 184.)

24. Полъ полотна мостовъ для проѣзжихъ дорогъ.

Полъ полотна служитъ для поддерживанія тѣла полотна,
которому происходитъ ѣзда. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ полъ по
лотна имѣетъ значеніе самого полотна, такъ что по нему
происходитъ ѣзда непосредственно. Полъ полотна изготовля
ется изъ дерева, чугуна, желѣза и камня.

I. Дерево. Деревянная настилка употребляется для мостовъ
небольшимъ движеніемъ. Брусья кладутся перпендикулярно къ на
правленію ѣзды, ихъ толщина 10–16 ст. При большомъ движеніи
настилку дѣлаютъ двойную: верхнюю толщиною 5–7 ст, а нижнюю
ю – 10–16 ст. Нижняя настилка кладется параллельно или пер
пендикулярно, а верхняя всегда перпендикулярно къ направленію
ѣзды. Для стока воды между нижними брусьями оставляютъ
промежутокъ 2–3 ст. Для верхней настилки можно брать тя
дое дерево, всего лучше букъ, нижняя можетъ быть изъ мягка
Брусья настилаются или а) на самыхъ фермахъ, или в) н
переводахъ, параллельно фермамъ или с) на желѣзныхъ или дер
ныхъ прогонахъ. Толстыя брусья настилаются безъ всяка
прикрѣпленія менѣе толстыя должны быть прикрѣплены д
предупрежденія ихъ передвиженій во время ѣзды и снятія
сильнымъ вѣтромъ. При двойной настилкѣ верхніе брусья пр
крѣпляются къ нижнимъ гвоздями. Если ѣзда не происхо
дитъ непосредственно по настилкѣ, то между брусьями оста
ляютъ всегда промежутки 1–3 ст. При томъ удобно для увел
ченія долговѣчности смазывать ихъ дегтемъ или пропитывать
Если настилка лежитъ на деревянныхъ прогонахъ, то она прикр
пляется къ нимъ крѣпкими гвоздями, а если на желѣзныхъ,
болтами толщиною 16–18 м/м съ погруженными вверху головками
(чер. 194.). Болтъ проходитъ черезъ поясъ балки. Для избѣжан

изготовления нужныхъ для этого отверстій въ поясѣ употребляютъ костыли (чер. 193.), вбиваемыя въ брусья съ одной стороны. Если настилка сверху покрывается хрящемъ или другимъ матеріаломъ, то прикрѣпляютъ только нѣкоторые брусья, а другіе оставляютъ не прикрѣпленными. Если настилка не покрыта, то и тогда можно прикрѣплять только нѣкоторые брусья; другіе придерживаются асфальтовыми полосами шириною около 40 m/m и толщиною 5 m/m, которыя прикрѣпляются къ ихъ краямъ. Также употребляютъ деревянныя накосныя брусья, окаймляющіе настилку съ обѣихъ сторонъ, и прикрѣпляемые къ ней и къ балкамъ болтами.

II Чугунъ. Чугунъ употребляется въ видѣ плитъ, имѣющихъ для жесткости нѣсколько вертикальныхъ реберъ. (чер. 195) Они лежатъ параллельными концами на балкахъ; длина плитъ (смѣд. нужное для ихъ укладки разстояніе балокъ) — 0,5-2 mtr. Высота реберъ обыкновенно увеличивается отъ краевъ къ срединѣ, соотвѣтственно балкѣ наибольшаго сопротивленія. Плиты кладутся часто ребрами вверхъ, иногда внизъ, безъ всякаго прикрѣпленія. Сверху насыпаютъ песокъ, гравій или хрящъ, выбирая для нижнихъ слоевъ болѣе мелкій матеріалъ. Плиты разсчитываются какъ балки на изломъ. За допускаемое напряженіе чугуна можно брать: для растяженія K=240 kgr на 1 kv. ct; для сжатія 600 kgr на 1 kv. ct. Толщина реберъ и плитъ отъ 15 до 20 m/m.

III Желѣзо. Всего чаще употребляютъ для пола полотна Цоресъ и Ватернъ-желѣзо, которое укладываютъ поперегъ мостана фермы или прогоны, или по продольному направленію на переводы. Достаточно прикрѣпить каждое фасонное желѣзо къ каждой балкѣ одной заклепкой. Между двумя рядами желѣза оставляютъ промежутки - 2-3 ct, которые покрываютъ камнями, чтобы черезъ нихъ не выпадалъ мелкій хрящъ. На чер. 196. указана часть полотна изъ Ватернъ-желѣза. Также употребляютъ для пола полотна однотавровое ⊥ желѣзо, рельсы Вачлова, Вчипева и пр. Разсчетъ фасонныхъ желѣзъ производится по извѣстной формулѣ излома. Jx=Me

Волнообразное желѣзо. Длина листовъ по направленію волнъ 1-3 mt. Если напр. разстояніе балокъ 1,5 mtr., то можно класть 1 листъ на 3 балки, такъ что онъ будетъ лежать на 3^{хъ} опорахъ. Волны кладутъ обыкновенно перпендикулярно къ направленію моста. Каждая волна прикрѣпляется къ балкѣ тонкой заклепкой. Края отдѣльныхъ волнъ перекрываются взаимно на ширину =¼ ширины волнъ. И соединяются нѣсколькими заклепками. На чер. 197. волны расположены параллельно, а на чер. 198. перпендикулярно къ оси моста.

Висячіе мосты - лежатъ непосредственно на фермахъ, прогонахъ или переводахъ выпуклою стороною внизъ, и прикрѣпляются къ нимъ заклепками. Они производятъ на балки, къ которымъ

они прикрѣплены, горизонтальные силы, возникающіе отъ этихъ балокъ должны быть скрѣплены между собою распорками. Концы отдѣльныхъ листовъ перекрываютъ другъ друга на 40 m/m (чер. 199.) Углубленія листовъ заполняютъ бетономъ, иногда, что менѣе хорошо, сухимъ матеріаломъ, и тогда для отведенія воды сдѣлаютъ на нижнихъ листахъ въ листахъ отверстія.

Выпуклые листы. Эти листы имѣютъ обыкновенно видъ сомкнутаго свода на квадратномъ основаніи (см. раньше чер. 99.), они прикрѣпляются къ балкамъ всѣми 4 мя краями, для чего пояса балокъ не должны имѣть сверху выступовъ. Края перпендикулярныя къ оси моста часто подпираютъ упругими поперечными балочками изъ угольниковъ или Ш-образнаго желѣза (чер. 200) и покрываютъ ихъ сверху еще L-желѣзами, приклепанными къ краямъ листовъ и этимъ балочкамъ.

Пазухи между выпуклостями заполняютъ бетономъ, поверхность котораго даютъ поперечный скатъ для стока воды.

Въ новѣйшее время начинаютъ употреблять выпуклые листы, укладывая ихъ выпуклою стороною внизъ. При такомъ расположеніи они выходятъ тоньше и слѣд. обходятся дешевле.

IV Камень. Кирпичъ употребляется въ видѣ сводиковъ, толщиною въ ½ кирпича; для уменьшенія вѣса берутъ иногда пустотѣлый кирпичъ. Также дѣлаютъ сводики изъ бетона.

Пяты сводиковъ находятся на переводахъ или прогонахъ, при малыхъ мостахъ на фермахъ, причемъ для уничтоженія горизонтальнаго распора нужны поперечныя связи. На чер. 2[illegible] пяты устроены на прогонахъ. Пазухи заполняются кладкой или бетономъ. Забутка покрывается цементомъ толщиною 2,5–4 ст. или слоемъ асфальта толщиною 1,5–2 ст для отведенія воды. Забутка получаетъ поперечные скаты къ фермамъ, причемъ надо смотрѣть, чтобы желѣзо было защищено отъ воды.

Стрѣлка свода дѣлается отъ 1/8 до 1/18 пролета. Пролетъ = разстоянію между прогонами = 2–3 mtr. Max. горизонтальный распоръ свода на единицу длины приблизительно равенъ $H = \gamma r z$, гдѣ z высота нагрузки въ вершинѣ, r – радіусъ свода, γ – плотность кладки. Горизонтальная сила H – стремится опрокинуть прогонъ. Чтобы укрѣпить прогоны ихъ соединяютъ тягами, разстоящими другъ отъ друга на разстояніи l. На длину l будетъ дѣйствовать сила Hl и на эту силу должны быть разсчитаны тяги.

Правда, что на каждый прогонъ дѣйствуетъ сила H съ двухъ противоположныхъ сторонъ, но при ѣздѣ по мосту не весь мостъ нагружается сразу (отъ случайной нагрузки), такъ что сила можетъ дѣйствовать только съ одной стороны. При мостѣ не съ равномѣрной случайной нагрузкой и равныхъ разстояніяхъ прогоновъ будетъ дѣйствовать только на крайніе прогоны.

Иногда устраиваютъ полъ полотна изъ каменныхъ прямоугол[illegible]

мить, лежащих другиз или всѣми четырьмя краями на балкахъ. При такомъ устройствѣ горизонтальнаго распора не будетъ, но потребуется устройство второстепенныхъ балокъ между прогонами.

Банкеты.

Полъ полотна для боковыхъ банкетовъ получаетъ вообще такое устройство, какъ и полотно проѣзжей дороги, только онъ здѣсь можетъ быть слабѣе, и сверху часто получаетъ болѣе гладкую мостовку. Для отдѣленія банкета отъ проѣзжей части его устраиваютъ на 12-20 ct. выше. На мѣстѣ, гдѣ проѣзжая часть примыкаетъ къ банкету, устраиваютъ часто лотки для отведенія воды.

Полотно.

25

Полотномъ, по которому непосредственно происходитъ ѣзда, служитъ при досчатой настилкѣ часто уже сама настилка. Важнѣйшія изъ другихъ устройствъ слѣдующія:

Деревянная мостовка. (чер. 202) Она состоитъ изъ призматическихъ брусковъ прямоугольнаго или многоугольнаго сѣченія, укладываемыхъ торцомъ плотно другъ возлѣ друга. Основаніемъ ему служитъ деревянный или асфальтовый полъ. Напримѣръ на вполнѣ асфальтовый полъ сперва кладутъ деревянные брусья на которые укладываютъ полотно. По системѣ Nicolson'a весьма распространенной въ Америкѣ, (см. чер. 203) призматическіе брусья составляющіе полотно укладываются рядами на брусчатую настилку толщиною 3 ct. Между брусками помѣщаются рѣшетина толщиною 2,5 ct. Каждый призматическій брусъ прикрѣпляется къ настилкѣ наклонно вбитымъ гвоздемъ, проходящимъ сквозь рѣшетину и брусъ. Готовая мостовка покрывается горячимъ дегтемъ и на нее насыпается гравій.

Для Дунайскаго моста въ Вѣнѣ полъ полотна покрытъ бетономъ, на него насыпанъ слой смѣси изъ глины и песку, толщиною въ 7 ct; поверхъ этого слоя устроена двойная перекрещивающаяся досчатая настилка, толщиною въ 2 ct каждая и на этой настилкѣ - мостовка изъ призм. брусьевъ высотою - 13 ct.

Полотно изъ гравія. Употребляется очень часто. Толщина слоя на наивысшемъ мѣстѣ полотна 12-18 ct. Для отвода воды поверхности даютъ поперечный скатъ 1/60. Большая толщина полотна чрезмѣрно увеличиваетъ вѣсъ а маленькая скоро изнашивается. Образецъ полотна изъ гравія виденъ на чер. 204.

Полотно изъ бетона бываетъ а) изъ асфальтоваго бетона, т.е. смѣси асфальта и гравія; его толщина 12-20 ct; в) изъ смѣси каменноугольнаго дегтя, гравія и песку; для увеличенія плотности массы берутъ вмѣсто дегтя смолу-пикъ. Толщина слоя 10-18 ct; его покрываютъ иногда слоемъ асфальта толщиною 2 ct. с) изъ цементнаго бетона, толщиною 12-18 ct. Слой этого

бетона покрываютъ асфальтомъ толщиною 2,5-4 ct. или слоемъ битумозной извести въ 7 ct. толщиною.

Каменная мостовка. Она употребляется рѣдко вслѣдствіе большаго вѣса, и производимыхъ ею большихъ сотрясеній во время движенія. Камни, высотою 16-20 ct кладутся на слой песку или гравія, толщиною 6-15

Полотно желѣзнодорожныхъ мостовъ.

Рельсы располагаютъ на мосту, на поперечинахъ или шпалахъ, какъ и въ остальной части пути. (Чер. 171-173) Рѣдко употребляютъ балки продольныя лежни (чер. 191), на которыхъ рельсы лежатъ всей своей длиной; также существуютъ мосты въ которыхъ рельсы положены непосредственно на поясахъ фермъ или прогоновъ, или переводы расположены такъ часто другъ возлѣ друга, что рельсы ложатъ на нихъ непосредственно. Размѣры поперечныхъ шпалъ слѣдующіе: если а-

для а	5	10	15	20	25	ct
Высота шпалы h=	13	18	21	24	27.	ct

разстояніе середины рельса отъ оси фермы, то при ширинѣ шпалы = 25 ct, высоту ея слѣдуетъ брать изъ прилагаемой таблицы. Разстояніе шпалъ между собою 65-85 Стыки рельсовъ получаютъ на мосту такое же устройство, какъ и въ остальной части пути, т.е. они могутъ быть неподвижные и на вѣсу. Шпалы прикрѣпляются къ фермамъ или прогонамъ болтами. Эти болты проходятъ черезъ отверстія въ поясахъ. (какъ на чер. 194.); вмѣсто болтовъ употребляютъ также костыли. Для предупрежденія вращенія костыли они получаютъ вмѣсто головки четырехгранное сѣченіе. (чер. 205) Толщина болтовъ d = 18-22 m/m.

Для предупрежденія боковыхъ передвиженій, шпалы получаютъ на тѣхъ мѣстахъ, которыми лежатъ на балкахъ вырѣзки 1-3 ct глубина. Для головокъ заклепокъ дѣлаются особыя углубленія a.

Мостъ покрываютъ настилкой изъ досокъ толщиною 6-7 ct и шириною около 25 ct. Между досками оставляютъ промежутки въ 2 ct для стока воды. (см. чер. 171-173). Доски прикрѣпляются къ шпаламъ гвоздями (чер. 183) Возлѣ рельсовъ оставляютъ такой промежутокъ, чтобы ихъ можно было прикрѣплять къ шпаламъ не устраняя доски; для этого достаточно 6 ct. Для безопасности чтобы колеса не могли сойти съ рельсовъ, прикрѣпляютъ часть между рельсами, на разстояніи отъ нихъ приблизительно 6-7 ct толстыя брусья (чер. 171-173).

Если на мосту идетъ кривая то внѣшній рельсъ устраивается выше внутренняго. Возвышеніе внѣшняго рельса относительно внутренняго можно вычислить по формулѣ $h = \frac{S \cdot v^2}{gR}$ (S-ширина пу v-максимальная скорость, R-радіусъ закругленія, g-ускореніе тяжес ти). Если g въ mtr. то и все остальное берется въ mt, въ ниѣ получается и h. Возвышеніе внѣшняго рельса въ кривыхъ устра иваютъ различнымъ образомъ: Весьма часто подкладываютъ подъ шпалу (подъ внѣшнимъ рельсомъ) деревянную подкладку p (чер.

или подкладку устраиваютъ подъ самимъ рельсомъ (чер. 207)

Поперечныя связи.

26

Боковыя давленія (вѣтеръ и пр.), дѣйствуя на фермы, стремятся ихъ опрокинуть, вращая около точекъ опоръ а, в. (чер. 208). Чтобы такое опрокидываніе было невозможно, нужно устроить поперечныя соединенія, соединяющія обѣ фермы въ одно цѣлое. Разсмотримъ устройство поперечныхъ связей въ мостахъ съ ѣздой по верху и по низу.

1) Ѣзда по верху. При высотѣ балокъ не болѣе 0,2 mtr, достаточно соединить обѣ фермы, состоящія въ данномъ случаѣ непосредственно изъ I прокатнаго желѣза, для сохраненія взаимнаго разстоянія ихъ; распорными болтами (см. чер. 209.)

Если пролетъ моста не болѣе 6 mtr, то можно употреблять распорки, составленныя, смотря по высотѣ балки. изъ одного уголника, нѣсколькихъ угольниковъ (склепанныхъ какъ указано на чер. 210) а также нѣсколькихъ угольниковъ, тавровъ и полосъ (чер. 210)

Разстояніе въ продольномъ направленіи заклепокъ въ подобныхъ распоркахъ можно принимать = 20d, гдѣ d – діаметръ заклепокъ.

На чер. 211 указанъ способъ прикрѣпленія этого рода распорокъ къ балкѣ. Между двумя вертикальными угольниками 3, 3 прикрѣпленными къ балкѣ помѣщенъ треугольный листъ 1, къ которому прикрѣплены угольники 4, составляющіе распорку. Эти угольники оканчиваются на полкахъ вертикальныхъ угольниковъ 3.

При пролетахъ 4–6 mtr употребляютъ иногда 2 перекрещивающіяся распорки изъ ⊣ или [–образнаго желѣза, безъ горизонтальныхъ распорокъ внизу балки. На чер. 212 распорки изъ [образнаго желѣза соединены съ балкой посредствомъ двухъ вертикальныхъ угольниковъ. При высотѣ балокъ фермъ до 0,8 mtr. удобно употреблять распорки, составленныя изъ двухъ поясовъ, соединенныхъ между собою раскосами. Пояса могутъ состоять изъ одиночныхъ или двойныхъ угольниковъ, а раскосы – изъ полосоваго желѣза. Къ балкѣ пояса такой распорки прикрѣпляются помощью вертикальныхъ угольниковъ и угловыхъ листовъ (чер. 213), или они соединяются непосредственно съ поясами балки.

Всѣ перечисленныя выше формы поперечныхъ связей встрѣчаются преимущественно въ мостахъ, фермы которыхъ представляютъ собою по незначительности пролета сплошныя балки. Въ раскосныхъ мостахъ и вообще въ мостахъ большихъ пролетовъ составляютъ поперечныя связи изъ двухъ поясовъ и діагоналей (см. чер. 214). Если уголъ діагоналей съ поясомъ получится болѣе 45°, то устраиваютъ двѣ и болѣе такихъ связей одну надъ другой (см. чер. 171 и 215). На чер. 215 верхній поясъ горизонтальныхъ связей замѣняетъ переводъ ф. Пояса и діагонали этихъ горизонтальныхъ связей составляютъ изъ углового, полосоваго, таврового и прочихъ сортовъ желѣза. (см. чер. 210) При нѣкоторыхъ большихъ пролетахъ

діагонали поперечных связей состоят непосредственно из поясов. Поперечныя связи устраиваются в плоскостях переводов и прикрепляются к вертикалям ферм помощію особых соединительных листов р и q (чер. 216.) Вертикальный лист р прикрепляется непосредственно к вертикали фермы, а в случае когда ферма вертикалей не имеет - к вертикальному листу пояса помощью особых угольников т, а горизонтальный соединительный лист q - к ламелям пояса. Часто можно обойтись безъ этого листа q, и тогда его не устраивают.

2) Езда по низу. При езде по низу поперечныя связи могут быть устроены только тогда, когда высота фермы больше высоты нужного для езды свѣтлаго пространства. Въ этомъ случае употребляют, смотря по высоте:

а) распорки из фасоннаго железа или из угольников и полосъ.

б) распорки имеют вид клепанной или раскосной балки (чер. 218 и 219), которымъ иногда для увеличенія свободной высоты нужной для проезда подъ ними, придают изогнутую форму.

с) Косые кресты из горизонтальных распорокъ и діагоналей в один и больше рядов, один выше другого (чер. 220) смотря по высоте фермы в зависимости отъ свѣтлаго пространства. На чер. 220 устроены 2 косых креста. Пояса а а этих крестов могут представлять собою также раскосныя балки. Для увеличенія жесткости соединенія слѣдует въ углах устраивать особые угловые листы в. или консоли. Прикрѣпленіе этих связей къ фермам производится точно такимъ образомъ, какъ и въ предыдущемъ случае, когда езда устроена по верху.

Горизонтальныя связи.

Горизонтальныя связи соединяют фермы между собою по продольному направленію и они устраиваются въ плоскостях или поверхностях, опредѣленных верхними или нижними поясами соединяемых ферм. Между тѣмъ какъ цѣлью поперечных связей есть предупрежденіе опрокидыванія ферм; горизонтальныя связи должны сдѣлать их изгибъ въ горизонтальной плоскости невозможнымъ. При езде по верху стараются устроить обыкновенно горизонтальныя связи вверху и внизу ферм.

При езде по низу и при достаточной высоте ферм устраивают горизонтальныя связи: одну между нижними и одну между верхними поясами. Когда одинъ поясъ многоугольный, то бываетъ возможно только въ средней части фермы устроить связь. При езде по низу или по серединѣ, когда верхніе пояса, вслѣдствіе недостаточной высоты ферм не могут быть между собою соединены, можно устроить горизонтальныя связи только въ поверхности нижних поясов. Жесткость строенія должна въ этомъ случае быть увеличена особыми консольными (угловыми ли

устраивать въ плоскостяхъ переводовъ.
Горизонтальныя связи составляютъ съ поясами, между которыми они расположены и съ поперечными связями горизонтальную раскосную ферму. Пояса или этой фермы - суть пояса обыкновенныхъ фермъ моста, вертикалями поперечныя связи или переводы, а діагоналями - самыя горизонтальныя связи. Эта ферма отличается отъ обыкновенной. тѣмъ, что въ случаѣ вертикальной фермы, какъ постоянная, такъ и случайная нагрузка для нея дѣйствуетъ вертикально внизъ по одному направленію, въ случаѣ же горизонтальной фермы, нагрузка, воспринимаемая ею, - ловя давленія вѣтра W, (чер. 227), можетъ дѣйствовать по противоположнымъ направленіямъ, смотря съ которой стороны дуетъ вѣтеръ. Діагоналямъ такой горизонтальной фермы - собственно горизонтальнымъ связямъ, стараются дать такое положеніе, чтобы ихъ уголъ съ вертикалями какъ можно болѣе приближался къ 45°. При широкихъ мостахъ бываетъ для этого должна быть нужно горизонтальную ферму - многораскосной.
Такъ какъ нагрузка можетъ дѣйствовать какъ съ одной, такъ и съ другой стороны фермы, то въ каждой панели устраиваютъ по 2 діагонали и тогда ихъ можно изготовлять изъ полосоваго желѣза. Дѣйствительно, тогда, когда вѣтеръ дѣйствуетъ съ одной стороны (давленіе вѣтра распредѣляется по узламъ равномѣрно) будутъ въ случаѣ двухъ діагоналей въ каждой панели растягиваться лишь одни діагонали въ то время, какъ другія бездѣйствуютъ, при обратномъ же направленіи вѣтра, дѣйствовать вторыя діагонали, а первыя бездѣйствовать. Когда діагоналямъ даютъ жесткое поперечное сѣченіе, такъ что они могутъ сопротивляться и сжатію, или даютъ діагоналямъ изъ полосоваго желѣза во время сборки такое натяженіе, что въ случаѣ ея сжиманія, она только теряетъ это натяженіе. На чер. 221. указано устройство горизонтальныхъ связей въ случаѣ косого моста. AA' и BB' пояса обѣихъ вертикальныхъ фермъ; Ab, aa, и bb, - поперечныя связи; ab, a,b bd и bc - горизонтальныя связи; pp, и 99, - прогоны; mm - поперечныя связи прогоновъ. На чер. 222 горизонтальныя связи образуютъ двухъ раскосную ферму, имѣющую по 2 перекрещивающіяся діагонали въ каждой панели. (Мостъ устроенъ подъ два пути, поэтому имѣетъ 2 пары прогоновъ.). По той же причинѣ, что для главныхъ фермъ, должны и прогоны быть связаны между собою горизонтальными связями. Ихъ устраиваютъ обыкновенно только тогда, когда длина прогоновъ превышаетъ 4 mtr.
Въ мостахъ подъ-шоссе, когда ѣзда производится по верху или понизу, соотвѣтственно вверху или внизу, на томъ мѣстѣ гдѣ находится полотно, горизонтальныхъ связей дѣлать нѣтъ надобности, такъ какъ ихъ вполнѣ замѣняетъ жесткость полотна.

Всего чаще употребляется полосовое железо одиночное и двойное, уг
лики соединенные въ Т форму, Т-железо и [-образное железо: для
горизонтальныхъ связей. Горизонтальныя связи иногда прикрепля
непосредственно къ ламелямъ пояса (чер. 223.) но въ большинстве
случаевъ употребляютъ для этого особые соединительные листы, при
пляемые къ поясамъ. Такъ на чер. 217 соединительный листъ авсд.
крепитъ къ поясу фермы и перевода Ф-замыкающаго уссе попер
ную связь, и къ нему прикреплены стержни 5 и 5₁ — горизонта
ной связи. На чер. 224. для каждаго изъ стержней 5 и 5₁ ук
даютъ особый соединительный листъ. Когда фермы имеют
шую высоту, то стержни горизонтальныхъ св
лаютъ иногда не къ поясамъ фермъ, но къ пояс
или поперечныхъ связей. Такой случай представ сер. 2
На местахъ перекрестка горизонтальныхъ св съ переводам
прогонами, или поперечными связями ихъ соединяютъ съ ни
одной или нѣсколькими заклепками, чтобы избѣгать дрожания
длинныхъ связей при дѣйствіи перемѣнной нагрузки. Лучше вм
заклепокъ употреблять хомуты или подвѣски какъ на чер. 22

28

Разсчетъ горизонтальныхъ фермъ

Горизонтальная ферма, составленная изъ поясовъ главныхъ фер
изъ поперечныхъ и горизонтальныхъ связей разсчитывается по
щимъ правиламъ фермъ. На чер. 227 представлена двухъ-раскос
ферма этого рода. Если діагонали не жесткія, то каждая
дѣйствуютъ только тѣ, которыя растягиваются. При на
лении бокового сил указанномъ на чер. 227 (въ плане свер
внизъ) растягиваются въ лѣвой половине фермы вправо на
нныя, а въ правой влѣво наклоненныя діагоналями. Собственный
тяжелый принимается=0, а давленіе вѣтра на ферму распредѣлено на
длину фермы равномѣрно. Растягиваемыя діагоналями въ этом
случаѣ построены на чер. 227, II. При противоположномъ дѣй
нагрузки будутъ дѣйствовать противоположныя діагоналямъ
которыхъ на фиг. II нѣтъ, и предѣльное напряженіе діаг
напр. 2,4' будетъ = предѣльному напряженію діагонали 2'4, так
что объ перекрещивающіяся діагонали, заключенныя между один
ковыми вертикалями получаютъ одинаковое поперечное сѣченіе.
Слѣдовательно, разсчетъ фермы представленной на чер. 227 фиг
сводится къ разсчету фермы представленной на фиг II. Для
разсчета двухраскосной фермы II разлагаемъ ее на двѣ одно
раскосныя фермы фиг. III и IV. Въ обоихъ этихъ фермахъ, каждая
діагональ и каждая вертикаль, за исключеніемъ опорныхъ входитъ
только по одному разу, а стержни поясовъ — два раза. Если разсѣ
леніе узловъ данной фермы (фиг I) = λ и φ — единичная равномѣрная
нагрузка, то нагрузка узловъ 1, 3, 5, 7, 9 фермы (фиг III) и узловъ 2, 4, 6, 8 — фер
мы IV = φλ, а узловъ 0 и 10 = ½ φλ. Если теперь предѣльныя измѣненія

Зразомъ напряженія стержней обѣихъ фермъ III и IV то напряженія діагоналей и вертикалей фермы II которыя намъ требовалось опредѣлить, будутъ соотвѣтственныя напряженія діагоналей и вертикалей фермъ III и IV (см. разсчетъ многораскосныхъ фермъ). Чтобы получить напряженія стержней пояса фермы II и опорныхъ вертикалей 00' и 10'10' нужно сложить соотвѣтственныя для нихъ напряженія въ фермахъ III и IV.

Когда фермы моста параллельны, слѣд. пояса ихъ горизонтальны, то ... ныя помощью этаго разсчета напряженія суть ихъ дѣйствительныя напряженія, когда же фермы непараллельны, то они суть ихъ горизонтальныя слагающія. Если γ — уголъ наклона къ горизонту стержня, котораго напряженіе получено = N, то его дѣйствительное напряженіе = $N_1 = N \sec \gamma$ (чер. 228).

Нагрузка горизонтальныхъ фермъ. На ферму дѣйствуютъ слѣдующія горизонтальныя силы: 1) Давленіе вѣтра на ферма. Эта нагрузка постоянна и распредѣлена равномѣрно на всю длину фермы. Ея единичный грузъ означимъ черезъ f. 2) Давленіе на поѣздъ, движущійся по мосту. Эта нагрузка подвижна, но можетъ быть разсматриваема какъ равномѣрно распредѣленная на поѣздъ: ея единичный грузъ означимъ черезъ p. (на 1 погон. метръ фермы). 3) Когда мостъ находится въ кривой, то кромѣ этихъ двухъ нагрузокъ дѣйствуетъ еще центробѣжная сила. Эту силу вводятъ въ разсчетъ, ... приложенной къ переднему концу нагрузки p. Мы будемъ ... ать черезъ Z.

... онтальныя связи разсчитываются обыкновенно для двухъ случаевъ: ... принимаютъ давленіе вѣтра 250 кдг. на боковую поверхность фермъ на 1 кв. метръ, но предполагаютъ что на мосту нѣтъ поѣзда. Въ этомъ случаѣ ферма разсчитывается на одну постоянную, равномѣрно распредѣленную по всей длинѣ фермы нагрузку f.

Въ этомъ случаѣ величину f можно брать по слѣдующимъ формуламъ:

1) Горизонтальныя связи только вверху или только внизу поѣзда по верху или по низу, здѣсь $f = (0{,}08 + 0{,}12h)$ тонн. на 1 погон. метръ. (h — высота главныхъ фермъ въ метрахъ.

2) Горизонтальныя связи сверху и снизу фермъ. Здѣсь при ѣздѣ по-верху слѣдуетъ брать для верхнихъ связей. $f = (0{,}043 + 0{,}067h)$ tn на погонн. метръ, а для нижнихъ $f = (0{,}037 + 0{,}053h)$ tn на 1 пог. mt. При ѣздѣ же по низу для верхнихъ связей $f = 0{,}037 + 0{,}053h$) а для нижнихъ $f = (0{,}043 + 0{,}067h)$

б) Принимаютъ давленіе вѣтра = 150 кдг на 1 кв mtr. и предполагаютъ что по мосту движется поѣздъ. Въ этомъ случаѣ для разсчета можно брать слѣдующія значенія единичныхъ грузовъ f и p и груза Z (см. таблицу). Эта таблица даетъ нагрузки f и p въ тоннахъ на 1 погон-

Горизонтальныя связи устроены						
	Постоянная нагрузка f	Подвиж. нагр. p.	Z	f.	p.	z.
Только внизу или только вверху фермы (тамъ гдѣ полотно)	$0{,}048 + 0{,}072h$	0,48	$\frac{924}{r}$	$0{,}048 + 0{,}072h$	Если $h < 6$ mtr. $0{,}5 - 0{,}23h$ Если $h > 6$ mt, $p = 0{,}36$	$\frac{924}{r}$
Вверху и внизу	$0{,}026 + 0{,}04h$	0,48.	$\frac{924}{r}$	$0{,}022 + 0{,}32h$	0	0
	$0{,}022 + 0{,}032h$	0	0	$0{,}026 + 0{,}04h$	Если $h < 6$ mt, $p = 0{,}5 - 0{,}23h$, если $h > 6$ mt, $p = 0{,}36$	$\frac{924}{r}$

ный метръ длины горизонтальной фермы, Z такуся въ тоннахъ, h въ ней означаетъ высоту главныхъ фермъ въ mtr. $\sqrt{}^{mt.}$ — радіусъ кривой пути въ mtr. Кромѣ вышеприведенной величины Z, представляющей сосредоточенный грузъ находящійся впереди поезда, слѣдуетъ въ кривыхъ брать вмѣсто р данное въ предыдущей таблицѣ $p + \frac{47}{\sqrt{}}$.

Для мостовъ желѣзныхъ дорогъ въ 2 пути и для мостовъ подъ шоссе шириною болѣе 7,5 mtr, нужно увеличить (приблизительно) f на 10 а р на 25%

Напряженія поясовъ главныхъ фермъ полученныя при данныхъ горизонтальныхъ связей (т. е. произведенія горизонтальныхъ должны быть прибавлены къ наибольшимъ напряженіямъ вертикальной нагрузкой. Часто пренебрегаютъ ...ра... ніями, предполагая что наибольшія давленія вѣтра не происходятъ одновременно съ наибольшими напряженіями фермы и что для тѣхъ несчастныхъ случаевъ, когда такое совпаденіе имѣетъ мѣсто ферма, вслѣдствіе ея почти трехкратной надежности, имѣетъ достаточную прочность.

Площади поперечныхъ сѣченій стержней горизонтальной фермы, когда наибольшее напряженіе опредѣлено, получаются обыкновеннымъ образомъ. Допускаемое напряженіе здѣсь можетъ быть принято большимъ чѣмъ для вертикальныхъ фермъ, такъ какъ наибольшія напряженія отъ вѣтра происходятъ вообще довольно рѣдко, и изломъ конструкціи стержня не представляетъ такой опасности какъ стержня вертикальной фермы. Для растягиваемыхъ стержней изъ полосового желѣза допускаемое напряженіе к=950 кдг на 1 кв. ct.; для стержней двутавроваго поперечнаго сѣченія к=720 кдг на 1 кв. ct. Стержни подверженные сжатію разсчитываются обыкновенно по формуламъ для сжимаемыхъ стержней.

Примѣчанія. Техническо инспекторскій комитетъ издалъ 5 го января 1... слѣдующее постановленіе:

Усилія въ связяхъ зависящія отъ давленія вѣтра на боковую поверхность пролетныхъ частей, разсчитываются при двухъ предположеніяхъ выбираемыхъ наивыгоднѣйшее. а) При отсутствіи поѣзда на мосту, принимая давленіе вѣтра въ 1½ пуда на 1 кв. футъ боковой поверхности (255,1 кдг на 1 кв. mtr.). б) Въ случаѣ нагруженія моста поѣздомъ, принимая давленіе вѣтра въ ¾ пуда на 1 кв. футъ поверхности (145 кдг на 1 кв. mtr.)

а да Въ первомъ случаѣ за боковую поверхность, подвергающуюся дѣйствію вѣтра, слѣдуетъ брать, кромѣ дѣйствительной боковой поверхности одной фермы, еще часть поверхности другой фермы, такъ какъ при наклонномъ или косомъ направленіи вѣтра обѣ фермы не будутъ взаимно покрывать одна другую. Подверженную дѣйствію вѣтра поверхность двухъ фермъ одного пролета можно принимать приблизительно для прямоугольныхъ фермъ въ 0,60 отъ сплошной площади, ограниченной наружнымъ очертаніемъ одной фермы, а для косыхъ въ 0,50, предполагая при этомъ, что уменьшеніе будетъ частью помѣщается между поясами. Давленіе вѣт...

на боковую поверхность фермы распределяется въ этомъ случаѣ поровну между верхними и нижними горизонтальными связями. Если же всѣ это строеніе проѣзжей части помѣщается не между поясами фермъ, а надъ поясами, то слѣдуетъ еще взять въ разсчетъ давленіе вѣтра на сплошную боковую поверхность строенія проѣзжей части, относя такое добавочное давленіе полностію на верхнія или нижнія связи, смотря по расположенію проѣзжей части.

а) б). Во второмъ случаѣ, при нахожденіи на мосту поѣзда, полная боковая поверхность, подверженная давленію вѣтра получается отъ прибавленія къ исчисленной, согласно вышеизложенному, поверхности фермы: а 10 кв. футъ на погонный футъ моста (3,05 кв mtr на 1 пог. метръ) въ мостахъ, имѣющихъ поѣзду по верху, относя при этомъ по $\frac{3}{5}$ давленія, принимаемаго боковой поверхностью поѣзда, какъ на верхнія, такъ и на нижнія связи. б. въ мостахъ съ поѣздой по низу отъ 7,5 до 10 кв. футъ на 1 погонный футъ моста (2,29 — 3,05 кв. мет. на 1 погон. метръ) (соотвѣтственно высотѣ фермъ, измѣняющейся отъ 0,5 саж. до 3 саженъ (1,07 mtr до 6,4 mtr) и болѣе, причемъ все давленіе на эту добавочную площадь относится на нижнія связи. Величины добавочной площади въ 10 и 7,5 кв. футъ (3,05 и 2,29 кв. мет.) получаются изъ полной боковой поверхности поѣзда на пог. футъ (пог. метръ) моста, за вычетомъ промежутковъ между смежными вагонами и между головкой рельса и поломъ вагона; причемъ первая величина — 10 кв. ф. относится къ тому случаю, когда поверхность поѣзда не прикрыта фермой во всю высоту, вторая — предполагаетъ поверхность поѣзда, прикрытую во всю высоту фермой, что будетъ имѣть мѣсто въ мостахъ съ поѣздою по низу при фермахъ съ высотою болѣе 3 саж (6,4. metr.)

Поперечныя сѣченія поясовъ главныхъ фермъ и поперечныхъ балокъ (переводовъ) если послѣднія замѣняютъ собою поперечныя связи и являются вертикалями горизонтальной фермы опредѣляются по слѣдующимъ формуламъ I) для поясовъ — $S = \frac{\max P + 0{,}6 \max P'}{K}$.

II) для поперечныхъ балокъ $K_1 = \frac{Me}{J} + \frac{0{,}5 P''}{S'}$. Здѣсь K и K_1 допускаемыя напряженія для поясовъ главныхъ фермъ и поперечныхъ балокъ (K_1 = 600 кг на 1 кв. ст); $\max P$ — наибольшее усиліе, принимаемое поясомъ отъ вертикальной нагрузки; $\max P'$ — наибольшее усиліе въ поясѣ отъ дѣйствія вѣтра; S — площадь сѣченія пояса; M — наибольшій сгибающій моментъ отъ вертикальной нагрузки на поперечную балку (переводъ); P'' — наибольшее усиліе, принимаемое поперечной балкой, какъ вертикалью горизонтальной фермы; $\frac{J}{e}$ — Модуль сопротивленія сѣченія поперечной балки; и S' — площадь сѣченія поперечной балки, принимающей на себя сдвигающее усиліе. Численные коэффиціенты 0,6 и 0,5 въ этихъ формулахъ представляютъ: первый — отношеніе $\frac{750}{1200}$, а второй $\frac{600}{1200}$, т. е. отношеніе напряженій, допускаемыхъ соотвѣтственно въ поясѣ главной фермы и въ поясѣ поперечной балки (перевода), для вертикальной нагрузки и для вѣтра.

Устройство мостовъ на опорахъ.

Железнодорожные мосты. обыкновенно стѣнкой, лежащей Земля насыпи и балластный слой ограничиваются на опорѣ, устроенной позади фермы. Стѣнка покрывается сверху рядомъ камней; толщина ея, смотря по высотѣ, 0,5–1 mtr.

Переходъ полотна отъ пути къ мосту устраивается слѣдующимъ образомъ:
1) На стѣнку кладутъ смотря по ея верхней толщинѣ, 1 или два шпалы, на которыхъ непосредственно лежатъ рельсы (чер. 229) Если шпалы на мосту лежатъ на прогонахъ, а первый переводъ (считая отъ опоры) находится отъ стѣнки на разстояніи большемъ разстоянію шпалъ между собою, то продолжаютъ прогоны въ видѣ консолъ, и кладутъ первую шпалу на эти консоли. (чер. 233) Часто вмѣсто консолъ продолжаютъ прогоны до самой стѣнки и укладываютъ ихъ концами на чугунныхъ подушкахъ расположенныхъ на полкахъ опоръ, такимъ же образомъ, какъ и главныя фермы (чер. 230) При этомъ устройствѣ первый переводъ можетъ быть удаленъ отъ опоръ, что облегчаетъ его прикрѣпленіе къ фермѣ.
2) При описанномъ устройствѣ сотрясенія производятъ весьма дурное вліяніе на стѣнку, поэтому часто избѣгаютъ класть на нее шпалы. На чер. 231 опора, оконченна въ верху весьма тонкой стѣнкой, посредствомъ шпала находится передъ этой стѣнкой; рельсы переходятъ на мостъ не прикасаясь къ ней. Подобное устройство видно также на чер. 233 Устройство на промежуточной опорѣ указано на чер. 232. Здѣсь средняя часть опоры между фермами продолжена вверхъ и на ней лежитъ шпала.

Мосты подъ шоссе. Земляное тѣло получаетъ окончаніе какъ и въ желѣзнодорожныхъ мостахъ, вертикальной стѣнкой опоры. Относительно перехода полотна изъ пути на мостъ слѣдуетъ разсматривать опору съ неподвижной и подвижной подушкой.
1) Опора съ неподвижной подушкой. Когда полотно деревянное, то покрываютъ промежутокъ между опорой и желѣзнымъ строеніемъ-деревяннымъ брусомъ. (чер. 234) На чер. 235. указанъ переходъ для полотна изъ Ҷорея желѣза.
Подобнымъ же образомъ устраиваютъ переходъ, когда полотно состоитъ изъ выпуклыхъ листовъ или волнистаго желѣза. При употребленіи выгнутыхъ листовъ оканчиваютъ ихъ плотно передъ стѣнкой опоры, или они покрываютъ немножко самую стѣнку, но не лежатъ на ней (чер. 239.)
2) Опора съ подвижной подушкой. Здѣсь употребляютъ часто такое же устройство, какъ и на опорѣ съ неподвижной подушкой. На чер. 236 указанъ способъ употребляемый Гербертомъ. Полотно полотна составленъ изъ волнистаго желѣза. На нѣсколькихъ мѣстахъ прикрѣплена къ опорѣ желѣзная полоса помощью загнутыхъ болтовъ в съ погруженной головкой. Ко этой полосѣ скользитъ другая полоса П – къ которой прикрѣплено волнистое желѣзо. На чер. 237. показано подобное же устройство для полотна Ҷорея-желѣза. На чер. 238. полотно моста состоитъ изъ деревянныхъ призмъ и висячихъ листовъ; шоссе мощеное камнемъ. Полотно на мосту окончено вертикальнымъ мѣстомъ т, а земляное тѣло пути поперечной двутавровой балкой. Вмѣсто желѣзной балки можно было употребить деревянную поперечину. На поперечинѣ укрѣпленъ горизонтальный листъ, по которому можетъ скользить чугунная плита т, соединенная съ полотномъ

Подушки.

Балки не укладываются непосредственно на опоры, но сначала кладутся на опоры подкладки или подушки, и на них располагаются фермы. Цель подушек есть: 1) Распределение давления на большую плоскость поддерживающего камня. При непосредственной укладке могло бы произойти его раздробление. Наибольшее давление на 1 кв. ст. не должно превышать: для гранита-60 кгр. для песчаника-20 кгр.; известняка-30; кирпича — от 6 до 10 кгр.; цементного раствора-15 кгр. и воздушного раствора-4 кгр.

2) Выравнение нижней поверхности пояса от выпуклостей, произведенных головками заклепок или выступающими ребрами.

3) Облегчение передвижений концов балок, происходящих от удлинений производимых переменной температуры.

4) Придать точке приложения опорного давления определенное положение.

Подушки бывают: а). <u>неподвижная</u>. недопускающия передвижения конца балки; в) <u>скользящия</u>, в которых это передвижение возможно. только после уничтожения трения скольжения, и с) <u>катучия</u>, обеспечивающий перемещения помощью катков. Наибольшее перемещений концов балки, в зависимости от перемены температуры, можно определить из формулы $\Delta = \alpha t l$, где l — длина балки, t — перемена температуры, Δ — соответствующее этой температуре удлинение, α — коэффициент линейного расширения железа. Для градусов Цельсия $\alpha = 0{,}000018$; для $t = 30°$; $l = 200$ mtr. получим из этого выражения $\Delta = 70$ mm. На такую величину передвинется один конец этой балки, если другой конец ея неподвижен. Из этого примера видим что передвижение концов балок, производимыя переменами температуры вообще весьма малы.

<u>Неподвижныя и скользящия подушки.</u> Эти подушки употребляются для мостов малых пролетов ($l < 20$ mtr.) Для строительных ферм такия подушки могут быть употребляемы до пролетов 25 mtr.

Неподвижная подушка состоит из чугунной плиты. (гер. 242) окаймленной обыкновенно выступающими продольными ребрами, отстоящими от поясов на 1,0 до 2,5 m. Эти ребра делаются низкими и узкими; если они мешают прикреплению связей или переводов к концам фермы то их вовсе не устраивают. Их цель есть устранить поперечныя перемещения балки на подушке. Если пояс снизу негладкий, но имеет выступающия головки заклепок, то для них устраивают в плите углубления как на гер. 244. Вместо отдельных углублений для каждой заклепки дают им часто вид желобков, простирающихся во всю длину подушки, или снизу пояса прикрепляют к нему промежуточную плиту толщиною не менее высоты головок заклепок, в которой для этих головок устроены соответствующия углубления.

Часто пояс лежит на неподвижной подушке без всякого соединения. При этом предполагают, что трения между поясами и подушкой вполне достаточно для устранения всякого перемещения пояса вдоль подушки. Лучше их соединять между собою неизменяемо. Такое соединение см. на гер (240.)

Скользящія подушки - состоятъ изъ двухъ частей: 1) Изъ промежуточной пли
ты a (чер. 244). 2) Изъ нижней плиты b, расположенной на подферменно
камнѣ. Для облегченія скольженія промежуточной плиты по нижней
ихъ соприкасающіяся поверхности дѣлаютъ по возможности глад
кими. Промежуточная плита a изготовляется изъ литого желѣза или изъ чу
на. Въ первомъ случаѣ она прикрѣпляется къ поясу заклепками, а во
второмъ - болтами съ погруженными головками въ обоихъ случаяхъ
Для устраненія поперечныхъ перемѣщеній балки промежуточная пли
ты получаютъ часто выступающія внизъ ребра (чер. 243.).

Размѣры неподвижныхъ и скользящихъ подушекъ.

Если ширину нижней плиты подушки означимъ черезъ p, а ширину
пояса черезъ p_1, то для одиночнаго пояса - $p = 1{,}5\,p_1$; для двойного тавро
ваго $p = 1{,}25\,p_1$; для двутавроваго $p = 1{,}0 - 1{,}75\,p_1$. Если наибольшее опорное
давленіе = $D = \frac{1}{2}$(постоянной + случайной нагрузки моста); допускаемое давле
ніе подферменнаго камня k и l - длина подушки, то l получается изъ
условія к. р. $l = D$. Величина k для различныхъ сортовъ камня дана
выше. Для мостовъ большихъ пролетовъ можно вслѣдствіе мень
шихъ ударовъ брать k большіе, чѣмъ для малыхъ мостовъ.
Если l - длина пролета въ метрахъ, l - длина подушки въ mtr, то l
можно опредѣлять изъ слѣдующихъ эмпирическихъ формулъ: Двухъ
опорныя балки $l = 0{,}32 + 0{,}007\,l$; многоопорныя на концахъ $l = 0{,}24 + 0{,}006\,l$;
промежуточныхъ опорахъ $l = 0{,}45 + 0{,}01\,l$.
Толщина нижней плиты въ m/m. $t = 40 + 0{,}9\,l$; гдѣ l пролетъ моста въ метр
По краямъ толщина плиты можетъ быть немного менѣе. Высота
окаймляющихъ реберъ 0,3t до 0,4t. Толщина промежуточной плиты: для желѣзной
$t_1 = 0{,}33\,t$, а чугунной $= 0{,}67\,t$. Въ случаѣ поясовъ, немѣющихъ снизу фор
ной поверхностей форма подушекъ въ этомъ случаѣ опредѣляется обык
новенно соотвѣтственно формѣ нижней части балки. Одинъ при
этого рода подушекъ для балки составленной изъ двухъ рельсовъ по
занъ на чер. 245. Вся подушка отлита одной чугунной частью: ниж
поверхность, на которой лежитъ головка рельса, хорошо обработа
чтобы прилеганіе было плотное; балка прикрѣплена къ подушкѣ 4
болтами съ клиньями. Если высота рельса h, то можно брать
ширину подушекъ внизу - 2,5h, длину ея 2,0h, толщину подъ головкой рельса 0
Соединеніе подушекъ съ опорами.

Въ малыхъ мостахъ прик
пляютъ часто подушки къ опорамъ фундаментными или „каменными
болтами, входящими въ кладку. Эти болты проходятъ только сквоз
нижнюю плиту, или также черезъ накладки, прилегающія поясу
Число болтовъ обыкновенно 4, рѣже 2 или 6. Ихъ діаметръ $d = 0{,}66\,t$
гдѣ t - толщина плиты. Въ большихъ мостахъ болтовъ не употр
бляютъ. Вмѣсто болтовъ лучше соединять нижнюю плиту съ
опорой поперечными ребрами, входящими въ подферменный кам
(чер. 241, 242) Высота реберъ - 0,8t; толщина въ серединѣ ихъ высоты 0,6t
(t - толщина плиты). Малыя подушки получаютъ 1 поперечное ре
на ихъ заднемъ концѣ; длинныя 2 ребра, - одно на концѣ, другое посерединѣ

Чтобы плита лучше прилегала къ подферменному камню подкладываютъ подъ нее свинцовый листъ толщиною 4-7 м/м, или асфальтовый толь. Теперь укладываютъ ихъ въ цементъ, толщиною 10,5 м/м. Между поясомъ и промежуточной плитой помѣщаютъ иногда тоже свинцовый листъ. Наибольшему давленію подвергается передній конецъ плиты, онъ поэтому не долженъ доходить до крайняго ребра подферменнаго камня на величину 0,1 l до 0,2 l, гдѣ l - длина подушки. Для малыхъ мостовъ употребляли прежде часто подкладки изъ дерева для уменьшенія ударовъ, происходящихъ при переходѣ изъ пути на мостъ.

Часто подушки устраиваютъ горизонтально, такъ что въ ненагруженномъ состояніи происходитъ болѣе или менѣе полное соприкасаніе балки съ подушкой. Но это соприкасаніе не будетъ имѣть мѣсто, когда балка, вслѣдствіе нагруженія, получитъ изгибъ. Въ этомъ случаѣ точка приложенія опорнаго давленія переѣзжаетъ къ переднему концу подушки, вслѣдствіе чего подферменный камень подвергается на одномъ мѣстѣ чрезмѣрному давленію. Поэтому оказывается полезнымъ дать подушкѣ такой уклонъ, чтобы полное соприкасаніе происходило въ нагруженномъ состояніи балки. Въ ненагруженномъ состояніи будетъ тогда задняя часть подушки испытывать большее давленіе, чѣмъ передняя, что однако менѣе вредно, чѣмъ сосредоточеніе давленія нагруженной балки. Наклонъ подушки не дѣлается болѣе $\frac{1}{400}$.

Подвижныя катучія подушки. Когда при измѣненіи температуры конецъ балки не можетъ перемѣщаться, то въ балкѣ возбуждается добавочное напряженіе, пропорціональное уничтоженному измѣненію длины. Если одна подушка скользящая и означимъ коэффиціентъ тренія желѣза по желѣзу черезъ f, то при опорномъ давленіи D сопротивленіе тренія на подушкѣ будетъ fD.

Если l - пролетъ балки, t - измѣненіе температуры противъ нормальной, α - коэффиціентъ линейнаго расширенія желѣза, то удлиненіе балки $\Delta = \alpha . t . l$ и соотвѣтствующее ему напряженіе $= \frac{\Delta E . 3}{l}$, гдѣ E - коэффиціентъ упругости и F - площадь сѣченія пояса, лежащаго на подушкѣ. Если $N > fD$, то балка получитъ удлиненіе, соотвѣтствующее только разности $N - fD$, а напряженіе пояса измѣнится на fD. Для скользящаго тренія $f = 0,2$; если будетъ $D = 15$ тонн.; то $fD = 0,2 . 15 = 3$ тон.; т. е. напряженіе пояса могло бы увеличиться, вслѣдствіе перемѣны температуры на 3 тонны; для этого было бы нужно, при допускаемомъ напряженіи = 700 кгр. на кв. ст. увеличить площадь сѣченія пояса на $\frac{3,0}{0,7} = 5$ кв. ст.

Для уменьшенія этого неудобства располагаютъ одинъ конецъ балки на каткахъ. Если діаметръ катковъ = d м/м, то приблизительно $f_1 = \frac{1,5}{d}$. Поэтому для $D = 15$ тон. $d = 150$ м/м будетъ $f_1 D = 0,15$ тон. т. е. измѣненіе напряженія будетъ въ 20 разъ меньше, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ при простой скользящей подушкѣ. На стр. 247.

представлено употребляемое прежде устройство катучей подушки. Она состоит из чугунной плиты a, прикрепленной болтами к подферменному камню. На этой плите расположены катки, соединенные между собою эксцентрической рамой VV, а на катках лежит конец фермы. Такое устройство имело то неудобство, что во время движения нагрузки давление распределяется весьма неравномерно на катки вследствие изгиба балки; обращенной к средине балки крайний каток т прижимается в это время почти полным опорным давлением D, а противоположный крайний не испытывает никакого давления. Поэтому в новейшее время балку не кладут непосредственно на катки, но на них располагают другую чугунную плиту mn (чер. 2), в средине которой устроен цилиндрический шип S. На этом шипе расположена третья чугунная плита cd, прикрепленная болтами к поясу балки. Шип S прикреплен к верхней плите cd или к нижней mn. Плита cd должна таким образом свободно кататься около оси шипа S. Когда балка изгибается, то ея пояс, а с ним и плита cd получают наклонное положение; но так как последняя поворачивается только около оси S, то линия действия опорного давления проходит постоянно через центр шипа S, вследствие чего это давление распределяется равномерно на все катки.

Размеры и число катков. (Чер. 24б). Вследствие вертикального давления P приходящагося на каждый каток, происходит упругая деформация, каток несколько сплющится, и круговая дуга aeb получит более плоский вид adb, и в тоже время плоская часть плиты ab получит углубление adb. Положим, что в точке p, отстоящей от оси симметрии на расстоянии $= x$ плита сжата на величину η, а каток на величину η_1. Предполагая что предел упругости не превзойден, можно принять сжатия пропорциональными давлениям; если поэтому напряжение давления, т.е. давление отнесенное к единице горизонтальной площади для точки p означим через δ, а через A и A_1 - постоянные (опытные) коэффициенты, зависящие от материала, то: $\eta = A\delta$; $\eta_1 = A_1\delta$; $\eta + \eta_1 = (A + A_1)\delta$ (по закону Гука).

Пусть r - радиус катка, $s = ae = eb =$ длине полухорды $\frac{ab}{2}$, то с достаточной точностью $x^2 = 2r \cdot \overline{ef} = 2r(ef - mn) = 2r \cdot ef - 2r(\eta + \eta_1)\delta$; а так как бесконечно $2r \cdot ef = s^2$, то $x^2 = s^2 - 2r(\eta + \eta_1)\delta$; откуда $\delta = \frac{s^2 - x^2}{2r(\eta + \eta_1)}$ ..... (I)

Если полное давление на каток $= P$, а его длина t, то $P = \int_{-s}^{+s} \delta t \cdot dx$

$P = \frac{t}{2(A+A_1)r} \int_{-s}^{+s} (s^2 - x^2)\,dx = \frac{2ts^3}{3(A+A_1)r}$; отсюда $s = \sqrt[3]{\frac{3(A+A_1)Pr}{2t}}$ .... (II)

Из уравнения (I) получаем, что наибольшее напряжение δ происходит в точке для которой $x = 0$, т.е. $\max \delta = \frac{s^2}{2r(A+A_1)}$ и подставив сюда для s значение из ур-ия (II) - $\max \delta = \sqrt[3]{\frac{P(A+A_1)^2 P^2 r^2}{4t^2[2r(A+A_1)]^3}}$; делая приведение и сокращения имеем $\max \delta = \sqrt[3]{\frac{PP^2}{32(A+A_1)t^2 r}}$ ... (III).

Если допускаемое напряжение сжатию обозначим через K, то должно быть $\max \delta \leqq K$. Пусть D - полное опорное давление, n - число катков, d - диаметр, тогда $P = \frac{D}{n}$ и $\frac{d}{2} = r$. Подставив эти значения в ур-ие (III) получим $K = \sqrt[3]{\frac{9D^2}{16(A+A_1)n^2 t^2 d}}$ .. (IV) Обыкновенно величинами t и d задаются и определяют из формулы IV число катков $n = \frac{3D}{4t\sqrt{(A+A_1)K^3 d}}$.

Подставивъ для A и A_1 значения выведенныя изъ практики, получаемъ среднимъ числомъ для чугуна и желѣза $n = \frac{160D}{tVkD}$; въ этой формулѣ должно быть выражено: D – въ тоннахъ, k – въ тоннахъ на 1 кв. ст (k = 0,73 – 0,78), а t и d въ миллиметрахъ.
Часто опредѣляютъ n по формуламъ: а) катки желѣзные – $n = \frac{24D}{td}$; в) Катки чугунные: $n = \frac{30D}{td}$, гдѣ D – максимальное давленіе въ тоннахъ, а t и d въ сант.
По Френкелю $ntd = 4200D$ – до $5000D$; (t и d въ м/м) – для чугуна, и $ntd = 2800D - 3300D$ (для желѣза). Діаметръ катковъ выбирается въ зависимости отъ слѣд. эмпирическихъ формулъ: для дороги въ 1 путь – $d = (100 + 1,0l)$ м/м.; полотно въ 2 пути – $d = (100 + 1,3l)$ м/м
Здѣсь l пролетъ моста въ метрахъ; d – не дѣлаютъ болѣе 200 м/м.
Длина t катковъ зависитъ отъ ширины пояса; для тавровыхъ поясовъ можно брать: 1 путь – $t = (100 + 7l)$ м/м.; 2 пути $t = (100 + 11l)$ м/м. (l въ метрахъ)
Иногда катки бываютъ внутри пустые; тогда толщина стѣнокъ не должна быть менѣе 0,2d.

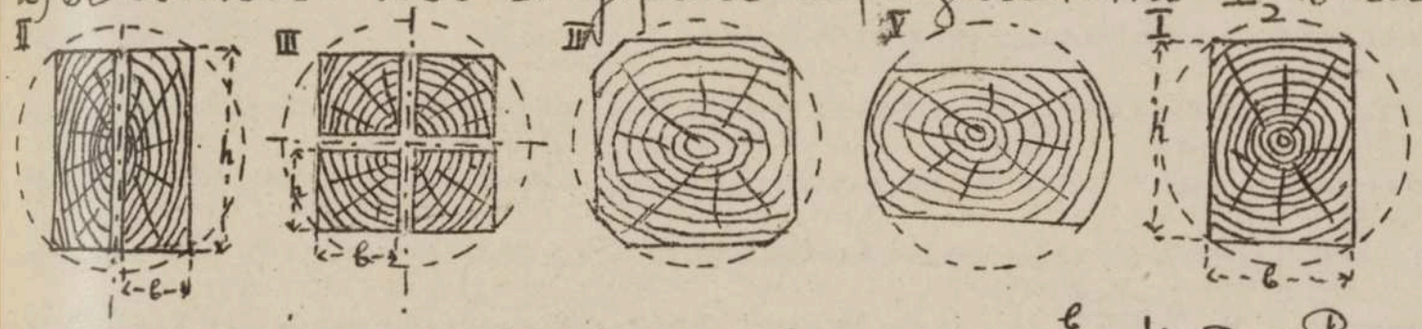
Полукатки. Катки поворачиваются на дугу небольшую наибольшаго удлиненія балки. Эта длина весьма мала и не превышаетъ (какъ напр. получено выше для балки длиною 200 mtr) — 70 м/м. Поэтому наибольшая длина на которую катокъ повернется при повышеніи температуры вправо, или при пониженіи ея влѣво, (чер. 259) будетъ 7 м/м. Если поэтому отложимъ $ab = ab_1 = cd = dc_1 = 70$ м/м, то для этой балки будутъ дѣйствовать только дуги bab_1 и cdc_1, поэтому дѣйствіе катка вовсе не измѣнится, если вертикальными плоскостями bc и b_1c_1 отрѣжемъ отъ него сегменты btc и $b_1t_1c_1$. Катокъ будетъ имѣть теперь видъ bab_1c_1dc и онъ вполнѣ замѣнитъ полный катокъ. Такой катокъ съ отрѣзанными боковыми поверхностями наз. полукаткомъ. Употребленіе полукатковъ дѣлаетъ возможнымъ увеличить діаметръ и число ихъ не увеличивая длину подушки. Недостатокъ полукатковъ заключается въ томъ что если въ то время какъ онъ напр. повернулся при повышеніи температуры вправо, а сѣкира около него попадетъ напр. камешекъ, препятствующій обратному движенію при пониженіи температуры, то балка, сокращаясь будетъ скользить по немъ, и затѣмъ при новомъ повышеніи t°, продолжая далѣе поворачивать полукатокъ вправо, можетъ его опрокинуть. На чер. 254 представлено устройство катучей подушки съ полукатками; здѣсь полукатки соединяются рамами; на чер. 256 представленъ отдѣльно разрѣзъ полукатковъ по линіи M N. (середины полукатковъ).
Ширина b полукатковъ опредѣляется длиной красной дуги bab_1, которая $= 2\Delta = 2\alpha t°l$
Обыкновенно берутъ: $b = 2\Delta + 25$ м/м. или b м/м $= 32 + 0,35l$ (l – пролетъ въ метрахъ)
Эту ширину полукатку обыкновенно по всей высотѣ не даютъ. На чер. 251 а, в, указана часто употребляемыя форма поперечнаго сѣченія полукатковъ
Діаметръ полукатковъ или ихъ высота можетъ быть получена изъ формулъ: для дороги въ 1 путь – $d = (150 + 1,5l)$ м/м; въ 2 пути – $d = (150 + 2,0l)$ м/м. (l – длина балки въ mtr). Число полукатковъ: для дороги въ 1 путь – $n = 3,0 + 0,045l$; для дороги въ 2 пути $n = 4,5 + 0,045l$; (l – длина балки въ mtr).
Толщина полукатка въ серединѣ $\delta = 0,16d$ (d – діаметръ его)
Вѣнцы катки соединяются между собою рамой, имѣющей отверстія для шиповъ m – полукатковъ (чер. 251). Шипы отливаются цѣльною частью

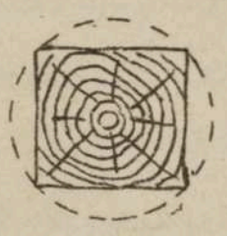
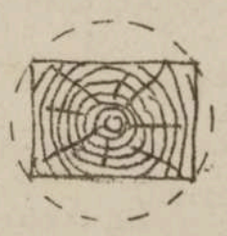
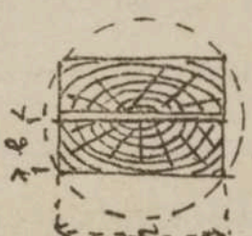
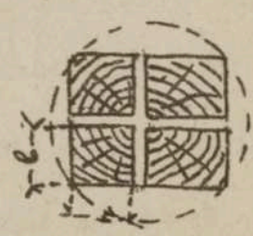
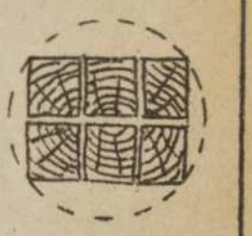
съ катками, или катки получаютъ въ центрахъ углубленія, въ которыя вставляются шип (чер. 254) Рама состоитъ изъ двухъ желѣзныхъ полосъ, соединенныхъ обыкновенно двумя поперечными полосами, параллельными оси полукатковъ, посредствомъ болтовъ (чер 249), или рама составлена изъ угольниковъ соединенныхъ по угламъ заклепками (чер. 250).
Размѣры рамы приблизительно слѣдующія: 1) изъ полосъ – толщина шиповъ $=0,16d$; высота полосъ рамы $=0,32d$; толщина ихъ $=0,10d$; 2) рама изъ угольниковъ – ширина угольниковъ $=0,32d$; діаметръ болтовъ т соединяющихъ продольныя полосы рамы, заклепающихъ въ первомъ случаѣ поперечныя полосы (чер. 256) $=0,16d$. (d – діаметръ полукатковъ).
Обыкновенно устраиваютъ двѣ рамы на двухъ различныхъ высотахъ (чер. 254).
Для предупрежденія перемѣщенія полукатковъ по направленію ихъ осей придаютъ имъ часто на концахъ фланцы или ушренія, которыя обхватываютъ края нижней и промежуточной плиты; иногда съ той же цѣлью закраинъ получаютъ верхняя и нижняя плита (чер. 254). По той же причинѣ шипъ S имѣетъ тоже на концахъ фланцы. Опредѣлимъ размѣры шипа, нижней, верхней и промежуточной пл
Длина нижней плиты зависитъ очевидно отъ числа катковъ и ширины ихъ. Если n – число полукатковъ, b – ихъ ширина и l – длина нижней плиты, то $l=1,3\,n.b.$
Ширина B – нижней плиты немного болѣе длины катковъ t; обыкновенно $B=1,4t$.
Толщина нижней плиты $t=0,4d$ (гдѣ d – діаметръ полукатковъ)
Относительно соединенія этой плиты съ опорами дѣйствительно все то, что было сказано для неподвижныхъ подушекъ.
Промежуточная плита изготовляется всего чаще изъ чугуна, иногда изъ желѣза и стали. Длина ея $=1,2nb$ (n – число полукатковъ, b – ихъ ширина); толщина ея $=0,3d$ (d – діам. полукатка), и ширина ея = длинѣ полукатка.
Верхняя плита получаетъ обыкновенно тѣже размѣра, что и промежуточная; длина ея можетъ быть и меньше длины промежуточной.
Толщина шипа. Вслѣдствіе нагрузки поверхность fmg (чер. 252) шипа и поверхность fng подшипника получаютъ видъ fAg. Сжатія въ точкѣ p, взятыя по нормальному направленію, положимъ $\overline{vp}=Ab=\eta$ и $\overline{pq}=\eta_1=A_1b$ (гдѣ b – нормальное давленіе въ p отнесенное къ единицѣ площади, а A и A_1 – практическіе коэффиціенты, зависящіе отъ матеріала. Если $vS \parallel AC$ и $\angle ACP=\varphi$, то $\overline{vq}=\overline{vS}.\cos\varphi$; если положимъ $vS=\eta_0$, то $\overline{vq}=\eta+\eta_1=\eta_0\cos\varphi$ или $(A+A_1)b=\eta_0\cos\varphi$, откуда $b=\frac{\eta_0\cos\varphi}{A+A_1}$ ....(I). Если r – радіусъ шипа, и t – его длина, то предполагая, что соприкасаніе происходитъ по полуокружности, получимъ, что опорное давленіе $D=t\int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} br\,d\varphi\cos\varphi=\frac{\eta_0 rt}{A+A_1}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}}\cos^2\varphi\,d\varphi=\frac{\eta_0 rt}{A+A_1}\cdot\frac{\pi}{2}$; отсюда $\eta_0=\frac{2(A+A_1)D}{\pi rt}$.
Подставляя η_0 въ ур-іе (I) и имѣемъ: $b=\frac{2(A+A_1)D}{\pi rt}\cdot\frac{\cos\varphi}{A+A_1}=\frac{2D.\cos\varphi}{\pi rt}$.
b – будетъ max. для $\varphi=0$, поэтому $b_{max}=\frac{2D}{\pi rt}$. Это max b не должно превышать допускаемаго напряженія k; если поставимъ $\max b=k$, то будетъ $k=\frac{2D}{\pi rt}$, откуда $r=\frac{2D}{\pi kt}=0,636\frac{D}{kt}$. Такъ какъ эта формула даетъ для r слишкомъ малые размѣры то r опредѣляютъ обыкновенно изъ ур-ій: $r=\frac{2D}{kt}$ ($k=0,73-0,78$ tn на $\square$ кв. ст. – усеченный шипъ) и $r=\frac{1,5D}{k_1t}$ ($k_1=$ около 1 тонны на $\square$ кв. ст. – стальной шипъ).
Подушка съ катками устраивается только на одной опорѣ; другая же въ этомъ случаѣ устраивается безъ катковъ (чер. 255). Нижняя и верхняя плита и шипъ получаютъ тѣже размѣры что и соотвѣтственныя части подушки съ катками.
Чер. 257 и 258 представляютъ устройство шипа на плоскости; части A и B изготовляются изъ стали. Радіусъ дуги abc $r=\frac{4D^2}{k^{tn}t}$ (D^{tn} – опорное давленіе; k^{tn} допускаемое давленіе на $\square$ кв. ст. и t^{m} – длина шипа). Ширина S въ этомъ случаѣ $=b=(70+4l)^{m}/_{m}$ (l – пролетъ моста въ mtr). Толщина $B=0,36S$ (среднимъ числомъ

Деревянные мосты.

Деревянные мосты, как и всякие другие мосты состоят вообще из трех главных частей: полотна, балок и опор. Относительно конструкции деревянных мостов можно различать системы: 1) балочная, 2) подвесная, 3) шпренгельная, 4) ръшетчатая, 5) арочная и 6) слоеная. Для мостовых сооружений вообще употребляются след. сорта дерева: 1) Бревенчатое или круглое дерево. Оно подразделяется на а) весьма толстое (толщиною 35-45 ст на тонком конце, длина 12-16 mtr.) Употребляется для крупных балок. б) толстое, (толщиною 30-35 ст. на тонком конце, длиною 12-15 mtr). Употребляется для средне-крупных балок, свай и проч. с) средне-толстое, (25-30 ст. на тонком конце, длиною 8-12 mtr.) Употребляется для более слабых частей сооружения. Диаметр бревна измъняется приблизительно на 1 mtr. длины: у ели, сосны и проч. на 6-2 %; у дуба - 3-4 %.

2) Балки. Из 1 дерева вырезывают 1, 2 или 4 балки. Наиболее выгодно отношение основания к высоте $\frac{b}{h} = \frac{1}{2}\sqrt{2} = 0{,}707$ (в смысле тах. модуля сопротивления изгибу) см. фиг. I. На фиг. II такая балка распиливается пополам; отношение основания к высоте = $\frac{b}{h} = \frac{1}{4}\sqrt{2}$. Вследствие большой обтески, которая нужна при этих отношениях берут обыкновенно: для I - $b:h = 3/4$; для II - $b:h = 3/8$. Тъже отношения оказываются выгодны и для брусьев настилки. Для III (четыре балки) берут отношений - $\frac{h}{b} = 1$. Для уменьшения стоимости обтески употребляют часто балки с полугистой IV и полукруглой V обтеской. Из следующей таблицы даны размъры наиболее употребительных сортов балок и нужные для этого диаметры бревен. Размъры даны в сантиметрах.



Диаметр на тонком конце: частой обтески	Диаметр на тонком конце: полной обтески	Сорт балок	Широкое	Род балок
45	36	32	32	$b:h = 1$ 
42	34	30	30	
40	32	28	28	
37	29.	26	26	
34	27	24	24	
31	25	22	22	
28	23	20.	20	
25	20.	18	18:	
45	36	36	27	$b:h = 3/4$. 
40	32	32	24	
35	28	28	21	
30	24	24	18	
25	20	20	15	
20	16	16	12.	
40	32	32	12	$b:h = 3/8$ 
35	28	28	10,5	
30	24.	24	9	
25	20	20	7,5	
20	16.	16.	6	
41	37	16	12	$b:h = 3/4$ и 1 
46	41	16	16.	
41	37	14	14	
35	32	12	12	
29.	26	10	10	
49	44	16	12	$b:h = 3/4$ и 1 
51	46	14	14	
44	41	12	12	
37	33.	10.	10	

3) Брусья. Подразделяются на: а) брусья толщиною 5-15 ст, шириною 20-35 ст. б) доски - толщиною 1½ - 4½ ст, шириною - 20-32 ст и с) рътетины - шириною - 2½ - 5 ст. высотою 5-10 ст.

Вѣсъ дерева. Среднимъ числомъ можно принять, что удѣльный вѣсъ: см. табл.

Упругость и крѣпость дерева.

Родъ дерева	Высушенное: уд. в.	Не сырое	средняя	Сырое.
Хвойное	0,46	0,54	0,72.	0,87
Дубовое	0,66	0,78	0,90.	1,00

Коэффициентъ крѣпости дерева измѣняется въ очень большихъ предѣлахъ, отъ 20-180 tn, но среднимъ числомъ можно принять $E = 114$ tn на 1 кв. ст. Крѣпость (сопротивление при разрушении) дерева, определяется следующими

	Хвойное дерево.	Дубовое
Растяженіе	820	965
Давленіе	410	487
Изгибъ прямоугол. сѣч.	615	724.
" круглаго "	665	784.
Срѣзываніе ‖ волокнамъ	76	86
" ⊥ "	125	125

ординатами числами въ кгч на 1 кв. ст. Прочное сопротивленіе получается отъ раздѣленія этихъ чиселъ на коэф-тъ прочности, причемъ слѣдуетъ принимать для мостовъ подъ желѣзную дорогу за коэф-тъ прочности въ случаѣ временнаго усилія – 7-8, а въ случаѣ постояннаго 8,5–11. Для мостовъ же проѣзжихъ дорогъ въ случаѣ временнаго усилія 6,5-7 а въ случаѣ постояннаго 7,5–9. Меньшія числа слѣдуетъ брать для тѣхъ частей, которыя подвергаются болѣе или менѣе постояннымъ напряженіямъ одинаковаго рода, а большія для частей, испытывающихъ противоположныя напряженія, т.е. перемѣнно растяженіе и сжатіе. Площадь поперечнаго сѣченія получается отъ раздѣленія наибольшаго напряженія на прочное сопротивленіе. Если означимъ: F – искомую площадь поперечнаго сѣченія, K – крѣпость дерева, p – коэффиціентъ прочности, l – длину стержня, J – его наименьшій моментъ инерціи, N_{max} – наибольшее напряженіе, то будутъ существовать слѣдующія соотношенія: 1) для растягиваемыхъ частей $F = \frac{N_{max}}{(\frac{K}{p})}$ 2) для сжимаемыхъ: а) оба конца свободны и закруглены: $F = \frac{N_{max}}{K}\left(p\left(1 + 0{,}0003\frac{Fl^2}{J}\right)\right)$. Эта формула даетъ: α) когда сѣченіе прямоугольное съ высотою h $F = \frac{N_{max}}{Kh^2}\left\{p\left(h^2 + 0{,}0036l^2\right)\right\}$ β) когда сѣченіе круглое діаметра d, то $F = \frac{N_{max}}{Kd^2}\left\{p\left(d^2 + 0{,}0048l^2\right)\right\}$. b) когда концы плоскіе, то для хвойнаго дерева: $F = \frac{N_{max}}{K}\left\{p\left(1 + 0{,}00015\frac{Fl^2}{J}\right)\right\}$; для дубоваго $F = \frac{N_{max}}{K}\left\{p\left(1 + 0{,}000135\right.\right.$ c) Нижній конецъ укрѣпленъ вертикально, а верхній свободенъ, но можетъ перемѣщаться только по вертикальному направленію, какъ напр. въ желѣзномъ опорѣ. Въ этомъ случаѣ, когда сѣченіе круглое, діаметра d, то если α) конецъ закругленъ, то $F = \frac{N_{max}}{Kd^2}\left(p\left(d^2 + 0{,}0024l^2\right)\right\}$ и β) конецъ плоскій $F = \frac{N_{max}}{Kd^2}\left\{p\left(d^2 + 0{,}0012l^2\right)\right\}$ d) Когда оба конца укрѣплены такимъ образомъ, что направленіе оси стержня на концахъ измѣняться не можетъ, то: α) для прямоугольника $F = \frac{N_{max}}{Kh^2}\left\{p\left(h^2 + 0{,}0009\right.\right.$ и β) для круга: $F = \frac{N_{max}}{Kd^2}\left\{p\left(d^2 + 0{,}0012l^2\right)\right\}$

Деревянныя соединенія.

Мы будемъ разсматривать только тѣ деревянныя соединенія, которыя употребляются при сооруженіи мостовъ. Для лучшаго соединенія деревянныхъ частей между собою употребляютъ часто желѣзо въ слѣдующихъ видахъ:

1) Гвозди. Для прикрѣпленія настилки употребляютъ гвозди длиною 12-30 квадратнаго или круглаго сѣченія, съ 8-гранной или круглой головкой. 1000 штукъ гвоздей вѣсятъ около $0{,}0145l^2$ кгр., гдѣ l – длина гвоздя въ сант. Для тонкихъ досокъ берутъ гвозди длиною 7-11 ct (1000 шт. вѣсятъ $0{,}012l^2$ кгр)

2) Болты. Употребляются чаще, чѣмъ гвозди. Головка болта обыкновенно 4-гранная, иногда 6-гранная. Подъ гайку всегда кладутъ подкладку. На гер. 1 и 2 (таб. 41) подкладки желѣзныя, на гер. 3 – чугунная. Шагъ нарѣзки $= (0{,}1 + 0{,}08d)$ ct. Глубина хода $= (0{,}065 + 0{,}052d)$ ct. Иногда прямоугольный стержень оканчивается винтовой нарѣзкой. Подобное устройство указано на гер. 4. Если ширина стержня b, а толщина $= 0{,}15b$, то діаметръ нарѣзки $= b/2$.

Сопротивление винтоваю болта должно быть въ этомъ случаѣ равно сопротивленію въ остальной части стержня.

3) Накладки. Употребляются преимущественно для частей подвергаемыхъ растяженію. Накладки прикрѣпляются къ дереву при очень слабомъ усиліи гвоздями; при болтѣ же сильномъ на концахъ употребляются болты (чер. 5) Иногда конецъ накладки выгибаютъ вверхъ и укрѣпляютъ его скобкой (чр. 6) или конецъ накладки погружается въ дерево и на концахъ накладку прикрѣпляютъ болтами (чр. 7) При еще большихъ усиліяхъ кладутъ передъ этимъ концомъ желѣзную полосу (чер. 8); длина такой накладки, считая отъ стыка дерева до конца ея по чр. 7ому для хвойнаго дерева -22вер. для дуба -16вер. На чр. 8. для хвойнаго -9,3в. для дуба 6,7в (гдѣ в-ширина накладки)

4) Скобы. (чр. 9.) Употребляются преимущественно при временныхъ сооруженіяхъ, но иногда также и въ постоянныхъ мостахъ. Обыкновенно дѣлаютъ $l = 20-35ct$; $h = 5-8ct$; $\delta = 11-16\%_m$.

5) Башмаки. Башмаки бываютъ желѣзные и чугунные; употребляются въ слѣдующихъ случаяхъ: а) для удобнаго и прочнаго соединенія различныхъ деревянныхъ частей между собою, потому что башмаку всегда легко придать такой видъ что каждая часть съ нимъ соединится легко.

в). когда дерево А входитъ въ дерево В и требуется предупредить перемѣщеніе дерева А вдоль дерева В. посредствомъ башмака, входящаго нѣсколькими ребрами въ дерево, которымъ и распредѣляется, какъ срѣзывающее усиліе, такъ и давленіе на большую плоскость. с) Когда два дерева соприкасаются концами или конецъ одного лежитъ на другомъ, то предупреждается вдавливаніе волоконъ одного въ другое. и d) когда дерево соединяется съ кладкой чтобы недопустить сырости изъ кладки въ дерево.

Чтобы разсмотрѣть соединенія различныхъ деревянныхъ частей удобнѣе ихъ подраздѣлить на нѣсколько случаевъ.

I. Соединяемыя части имѣютъ одну ось. Когда на дерево не дѣйствуютъ никакія силы, стремящіяся ихъ разъединить, то можно употреблять простой прямой замокъ (чр. 10. (1)) Оба дерева примыкаютъ концами. Когда на дерево дѣйствуютъ силы S по направленію 1 къ его оси, то употребляютъ замокъ прямой прирубной (чр. 10 (2)) и замокъ косой прирубной (чр 10 (3)) Устройство (3) имѣетъ большую прочность чѣмъ (2). Когда на дерева дѣйствуютъ малыя силы по продольному направленію, стремящіяся ихъ разъединить то употребляется замокъ прямой зубомъ (чр. 11 (1)) и замокъ косой зубомъ (чр 11 (2)) Если кромѣ того дѣйствуютъ небольшія силы по перпендикулярному направленію, то нужно стягиваніе болтами. Если продольныя силы больше перпендикулярныхъ, то прочнѣе прямой, въ противномъ же случаѣ косой замокъ. Для лучшаго примыканія употребляютъ также клинья (чр. 11. (1)) Прочные замка съ зубомъ - соединеніе скобами (чр. 12 (1)) и соединеніе шипами (чр. 12 (2)). Смотря по надобности употребляютъ одну, двѣ и даже четыре скобы или шипа.

Употребляется также соединеніе желѣзными или чугунными накладками, (чр 13, 14) которыя входятъ ребрами въ дерево и соединяются болтами. При желѣзной накладкѣ ребра приклепываются.

Если P – действующая сила, l – длина скалываемой части, δ толщина и b – ширина накладки, K – допускаемое напряжение растяжения железа, K' – тоже – сжатия дерева, то $2K\delta b = P$ и $2K_1 lb = P$ (две накладки); слѣдовательно $\delta = \frac{P}{2Kb}$ и $l = \frac{P}{2K_1 b}$. Если Kd – допускаемое напряженіе дерева при растяженіи, b – ширина, h – высота балки и если напряженіе дерева достигаетъ его допускаемаго напряженія, то $P = Kdbh$; поэтому по предыдущему $l = \frac{Kdh}{2K_1}$ и среднимъ числомъ $K_1 = 12Kd$ а слѣд. $l = 6h$. Эта длина для практическаго исполненія обыкновенно слишкомъ значительна, и въ такомъ случаѣ это соединеніе невозможно. Толщина чугунныхъ накладокъ – $0{,}06b$ до $0{,}07b$.

II Соединеніе между собою параллельныхъ частей. Когда дѣйствующія на части силы не стремятся сдвинуть одну вдоль другой, то можно употреблять соединеніе болтами. Въ противномъ случаѣ, вслѣдствіе мягкости дерева болты могутъ выгнуться какъ на чер. 15. Головки болтовъ покрываются иногда пластинками изъ жести или асфальта, чтобы вода не могла проникнуть въ дерево. Въ этомъ же случаѣ можно производить соединеніе хомутами. Хомуты часто предпочитаютъ болтамъ, потому что они не ослабляютъ дерева, и при употребленіи ихъ не образуется отверстій задерживающихъ воду, но они требуютъ болѣе желѣза, и не соединяютъ части такъ крѣпко какъ болты. На чер. 16. (1) поперечина составлена изъ полосоваго, на чер. 16 (2) изъ таврового желѣза.

Когда сила стремится перемѣстить части по продольному направленію употребляется соединеніе зубьями (чер. 17) Для случая примыканія и чтобы зубья не вдавливались другъ въ друга, вставляются иногда шпонки изъ твердаго дерева или жести и балки стягиваются между собою болтами. Болты цѣлесообразно тѣмъ соединеніе зубьями-соединеніе шпонками, такъ какъ оно не уменьшаетъ высоты балки и не требуетъ такой тщательной работы, какъ зубья. Шпонки (чер. 18) въ этомъ случаѣ бываютъ прямыя (α) и наклонныя (β). При прямыхъ шпонкахъ балки стягиваютъ болтами расположенными близъ шпонокъ, которыя проходятъ черезъ досчатыя прокладки, помѣщенные между балками. Сдвигу одной балки вдоль другой препятствуетъ кромѣ шпонокъ, еще треніе этихъ прокладокъ съ балками. При наклонныхъ шпонкахъ болты проходятъ сквозь шпонки. Шпонки бываютъ одиночная (чер 19 (α)) или двойныя (чер. 19 (β)), онѣ всегда имѣютъ клинообразный видъ; двойными шпонками достигается лучше смыканіе, поэтому онѣ заслуживаютъ предпочтеніе. Если высота одной балки h, то высота шпонки $\alpha = 0{,}3h$, а ширина $\beta = 0{,}5h$. Промежутокъ между балками. На чер. 20 изображено соединеніе чугунными прокладками, предупреждающими продольныя и поперечныя перемѣщенія. Дерева стягиваются болтами проходящими сквозь прокладку. Въ Америкѣ, гдѣ это соединеніе часто употребляется, дѣлаютъ ребра прокладки настолько острыми, что они врѣзываются въ дерево, и болты обыкновенно помѣщаются возлѣ прокладокъ.

III. Соединеніе между собою перекрещивающихся частей. Въ этомъ случаѣ употребляется а) полное карандашеніе въ тѣло дерева. Объ части получаютъ въ полдерева врубку, такъ что поверхности ихъ находятся въ одной плоскости; подобное соединеніе можно употреблять тамъ

ть произведенное врубками ослабление не вредно для сооружения.
b) Полное наращивание съ накладками. (чер. 21.) Когда ослабленіе дерева врубкой не-
допускается, то возстановляютъ сопротивленіе желѣзными или чугунны-
ми накладками abcd и efgh. c). Когда нетребуется, чтобы поверхности
взятыхъ частей находились въ одной плоскости, то можно употреблять
неполное наращиваніе, при которомъ каждое дерево получаетъ врубку не болѣе 0,06-0,08
d) Когда сѣченіе одного дерева должно остаться цѣлымъ и когда возмож-
ность его продольнаго перемѣщенія устранена, то употребляется по-
лунаращиваніе; въ этомъ случаѣ врубку получаетъ только одно дерево.
(см. чер. 22.) . e). Замокъ потемочный (чер. 23) одиночный (a) или двойной (b).
Употребляется, какъ и предыдущее соединеніе, когда требуется, чтобы дере-
во A по возможности мало ослаблялось. Дерево B ослабляется здѣсь
настолько же, какъ и при полунаращиваніи. Способъ (a) употребляет-
ся и тогда, когда часть B подвергается небольшому растяженію.
f) Замокъ потемочный съ одиночнымъ, или двойнымъ уступомъ (чер. 24)
Когда A прижимается къ B по направленію его оси, то A получаетъ трех-
угольные уступы acc, въ которые дерево B можетъ упираться такъ,
что скольженіе одного вдоль другаго бываетъ невозможно. Когда сжи-
мающія усилія дѣйствуютъ только съ одной стороны, то употребля-
ютъ одиночный (чер. 25 c.) а когда съ 2^мя — двойной уступъ (чер. 25 d.)

II Конечныя соединенія. (которыхъ поверхности не находятся въ одной плоскости.)

a) Полунаращиваніе. (чер. 26). Употребляется когда требу-
ется предупредить перемѣщеніе A вдоль B, или наоборотъ B вдоль A.
b) Неполное наращиваніе (чер. 27.) чтобы предупредить односторонее пере-
мѣщеніе A вдоль B и односторонее перемѣщеніе B вдоль A. c) Замокъ по-
темочной (чер. 28); перемѣщеніе по направленію дерева A и по направле-
нію дерева B невозможно. Вслѣдствіе малой длины ab, A можетъ вы-
держивать только небольшія растяженія. d) Сковородникъ потемочный,
(чер. 29). Употребляется въ тѣхъ же случаяхъ что и замокъ потемочный,
но онъ можетъ выдерживать большія растягивающія усилія,
чѣмъ послѣдній, а также въ случаѣ, когда обѣ части получаютъ
движеніе по направленію дерева A. e) Плоскій шипъ (чер. 30.) отлича-
ется отъ полунаращиванія и неполнаго наращиванія только
болѣе глубокой врубкой дерева A. Всего чаще употребляется способъ
c) (полунаращиваніе). f) Плоскій шипъ съ уступомъ (чер. 31). Употребля-
ется когда части наклонены другъ къ другу и давленіе, дѣйствующее
на A, стремится передвинуть A вдоль B.

III Соединенія наклонныхъ частей. a) Простой шипъ. Если обѣ
части прижимаются другъ къ другу, то употребляютъ короткій
шипъ безъ всякаго соединенія; при дѣйствіи небольшихъ, случайныхъ
усилій, стремящихся снять B съ A, проводятъ черезъ шипъ дере-
вянный гвоздь (чер. 32) Когда эти усилія болѣе значительны, то упот-
ребляютъ сквозной шипъ (чер. 33) съ болтомъ или клиномъ (чер. 34)
При еще большихъ усиліяхъ соединяютъ оба дерева болтами (чер. 35 B)
или хомутами (чер. 35 E). b) Косой шипъ съ врубкой (чер. 36) Употребля-
ется когда части наклонены другъ къ другу и одна изъ

нижъ подвергается значительному давленію. Врубка ав препятствуетъ перемѣщенію А вдоль В, 16с бываетъ иногд. перпендикулярно къ ав. При одинаковой ширинѣ обѣихъ частей дѣлается открытая (гр.36), при неодинаковой - потайная врубка. (37) с) Наклонная врубка съ болтомъ. При сооруженіяхъ, подвергаемыхъ сотрясеніямъ, какъ мосты, полезно части прижимать крѣпко другъ къ другу и эта цѣль достигается всего лучше болтомъ. Болтъ можетъ сопротивляться и небольшимъ растяженіямъ, которымъ подвергается иногда часть А и въ такихъ случаяхъ ему дадутъ соотвѣтственное положеніе. Когда уголъ образуемый деревянными частями очень малъ, или дерево А имѣетъ большую ширину то дѣлаютъ сложенную врубку (гр. 39. 40.) Для лучшаго прилеганія, а также чтобы одна часть входила въ другую, вгоняютъ иногда въ мѣстахъ ве ade клинья изъ твердаго дерева. d.) Наклонный плоскій шипъ, (гр. 41) - лучше чѣмъ простой шипъ съ гвоздемъ. Дѣйствуетъ противъ растяженія части А. е) Чугунный башмакъ (гр. 42) Онъ состоитъ изъ плиты ав имѣющей 1 или 2 ребра, входящія въ дерево. Всѣ части соединяются при малыхъ размѣрахъ однимъ болтомъ; большіе башмаки прикрѣпляются къ В еще особыми болтами.

Соединеніе дерева съ кладкой.

Горизонтальныя балки, подвергающіяся вертикальнымъ усиліямъ, укладываются на деревянныя лежни, расположенные на кладкѣ (мауерверкѣ), чтобы балка не измѣняла своего положенія по вертикальному направленію и чтобы распредѣлить давленіе на большую площадь и отвести отъ балокъ воду. Лежни кладутъ иногда на самомъ краю кладки (гр 43. а), но при большихъ давленіяхъ полезно удалить ихъ немного отъ края (гр. 43. в) Часто дѣлаютъ поверхность кладки на которой расположены лежни наклонной сѣчкѣ, чтобы лучше отвести воду, и сдѣлать возможнымъ притокъ воздуха къ лежню. Въ такомъ случаѣ лежни лежатъ на отдѣльныхъ, выступающихъ камняхъ. Въ случаѣ наклонныхъ балокъ, балки или упираются непосредственно на кладку, (гр. 44 и 45) или по той же причинѣ какъ и горизонтальныя балки подкладываютъ лежни. Съ тою же цѣлью, употребляются чугунные башмаки. Башмакъ входитъ въ камень ребромъ, или вдѣлывается въ кладку или прикрѣпляется къ кладкѣ плоскостью (фундаментными болтами) (гр. 46, 47 и 48.) Въ случаѣ вертикальныхъ частей (столбовъ), послѣдніе если находятся въ одномъ ряду, входятъ въ лежни шипами. Лежни располагаются или прямо на кладку, или для отведенія воды на поперечныя балочки. Для одиноко стоящихъ столбовъ, всего лучше употреблять чугунные башмаки (гр. 49) Когда столбъ подвергается большому давленію, и если растяженіе на него никогда не дѣйствуетъ, то нѣтъ надобности прикрѣплять башмакъ болтами.

Устройство деревянныхъ мостовъ.

Деревянные мосты, вслѣдствіе своей недолговѣчности не имѣютъ того значенія, которое они имѣли тогда, когда хорошо для мостовъ

не употребляли. Во многих странах, как в Германии, Франции, деревянные мосты допускают только для провозных дорог меньшей важности; в странах же богатых деревом, как в Америке, России и пр. еще до недавнего времени строили деревянные мосты даже на главных железных дорогах, но в настоящее время и в этих странах заменяют дерево железом; деревянные мосты же ныне имеют значение лишь как временныя сооружения с целью уменьшить первоначальный основной капитал, вкладываемый в предприятие. Правила, которыя должно соблюдать при проектировании деревянных мостов суть:

1) Система должна быть по возможности простая, не состоящая из различных систем.
2) Соединения должны быть просты, ослаблять сопротивление балок врубками и срезываниями следует как можно реже и, где это окажется выгодным, надо заменять срезывание — не увеличивающим стоимости моста употребимым болтов.
3) Вода должна стекать скоро и легко, не задерживаясь.
4) Отдельныя части должны быть доступны воздуху и свету.
5) Относительно нужных исправлений и возобновлений отдельных частей должно иметь возможность выполнять их скоро, без затруднений и перерыва движения.

Балочные мосты.

Можно различать следующия системы балочных мостов:
1) Мосты из простых балок. 2) Мосты из сложных балок. Последния могут быть с горизонтальными шпонками, с наклонными шпонками и с зубьями.
3) Раскосные мосты и 4) Шпренгельные (шпренгельно-балочные.) мосты.

Простые балочные мосты.

Простые балочные мосты состоят из балок, лежащих концами на опорах. Когда мост имеет деревянныя опоры из свай, то балки укладывают на насадки опор непосредственно, или сначала кладут на насадки короткия балочки, называемыя подбалками, и затем уже на эти подбалки укладывают балки. (Гер. 50. представляет поперечный, а гер. 51 — продольный разрез балочного моста без подбалок.) Когда мост имеет промежуточныя опоры, то балки обыкновенно на них опираются концами, сверху покрываются, где нужно подбалками. При каменных опорах кладут сначала на одиночныя или двойныя мауерлатныя брусья, расположенныя на полках опор. Для предупреждения боковых перемещений балки врубаются в мауерлаты на 2,5 ст. Мауерлаты кладут обыкновенно на выступающия камни, между которыми они находятся обыкновенно на вяжущем, полки между этими камнями делают наклонными для облегчения стока воды. Концы балок должны лежать в сухом месте и открыто для доступа воздуха, их торцевыя поверхности покрываются часто досточками. Когда толщина каменной кладки достаточна, то позади концов балок выводят подкарнизную стенку; между этой стенкой и концами балок должен быть оставлен свободный промежуток. На промежуточных каменных опорах кладут на опору двойныя мауерлаты, на которых располагаются подбалки. Последния соединя-

ся съ балками болтами. Разстояніе балокъ между собою отъ середины до середины берутъ - 0,8 - 1 mtr. Длина балокъ обыкновенно не больше 10 mtr. потому что болѣе длинныя балки обходятся очень дорого. Вообще же мостовыя изъ простыхъ балокъ употребляются на проѣзжихъ дорогахъ при отверстіяхъ до 5 mtr. а на желѣзныхъ до 3 mtr. Всѣ балки по ширинѣ моста укладываются обыкновенно на одинаковомъ другъ отъ друга разстояніи но иногда балки подъ тротуарами помѣщаютъ немного большимъ разстояніемъ подъ проѣзжей частью.

Если обозначимъ черезъ: K - допускаемое напряженіе дерева, n - число балокъ, J - моментъ инерціи всѣхъ балокъ вмѣстѣ, M - наибольшій сгибающій моментъ, e - разстояніе крайнихъ волоконъ сѣченія балки отъ его нейтральной оси, то для разсчета балокъ, подвергаемыхъ изгибу имѣется формула. $KJ = M.e.$ Если b - ширина, а h - высота балки, то $J = \frac{1}{12}$ $e = \frac{h}{2}$; поэтому $K\frac{nbh^2}{6} = M.$ (I) Сгибающій моментъ составляется изъ сгибающаго момента M_0 - постоянной нагрузки, и максимальнаго момента случайной нагрузки. $M_0 = (q+q_1)\frac{l}{8}$. Здѣсь q и q_1 нагрузки на единицу длины собственнаго вѣса и отъ вѣса верхняго строенія, l - пролетъ. Сгибающій моментъ случайной нагрузки опредѣляется построеніемъ инерціонную линію моментовъ балки. Помощью формулы I можно опредѣлить для принятыхъ b и h число n балокъ.

Въ случаѣ балочныхъ мостовъ съ подбалками, подбалки устраиваются и промѣжуточныхъ, а иногда и на крайнихъ опорахъ; они увеличиваютъ сопротивленіе балокъ, уменьшая ихъ выгибаніе. Можно различить два случая 1) На подбалкахъ стыкаются два бруса. Въ этомъ случаѣ подбалка возстановляетъ непрерывность балки и имѣетъ подобное значеніе, какъ накладка въ желѣзныхъ мостахъ, покрывающая стыкъ листовъ. Подбалка соединяется съ балкой болтами со шпонками и безъ шпонокъ (чер. 52) Число болтовъ обыкновенно равно 4, изъ которыхъ два вблизи концовъ, а два вблизи середины подбалки. Подбалки укладываются на одиночныхъ или двойныхъ насадкахъ опоръ. 2) Балка идетъ непрерывно надъ опорой (чер. 53) Подбалки устраиваются такъ же, какъ и въ предыдущемъ случаѣ, разница состоитъ въ томъ, что они имѣютъ значеніе уменьшить лишь выгибаніе балокъ.

Подбалки на конечныхъ опорахъ могутъ быть полезны только тогда, когда ихъ концы прикрѣплены къ опорѣ.

Когда одиночной подбалки недостаточно, то подкладываютъ подъ нее другую подбалку, которую дѣлаютъ немного короче верхней. Эта подбалка соединяется съ верхней и съ самой балкой болтами, а иногда кромѣ того еще шпонками. Конечныя и промѣжуточныя опоры для этихъ балокъ дѣлаютъ деревянныя, которыя при малыхъ отверстіяхъ и небольшихъ грузахъ состоятъ обыкновенно изъ одного ряда свай съ насадкой. Конечная опора помѣщаетъ одиночный лежень. Такъ какъ деревянныя конечныя опоры отъ сырости скоро сгниваютъ, то при постоянныхъ сооруженіяхъ слѣдуетъ гдѣ это возможно, дѣлать ихъ опоры изъ камня.

Мосты съ подкосами.

Подкосы устраиваютъ на конечныхъ опорахъ и съ обѣихъ сторонъ проме

двуточнаго опора. (чер. 54). Они уменьшают свободное отверстие моста. Наиболее выгодный угол подкосов 45°. Этим углом и нужным под мостом свободным пространством определяется иногда длина подкосов. Подкосы соединяются с балками или подбалками и сваями одним из следующих способов: 1) Посредством косого шипа с врубкой и деревянным болтом или посредством наклонной врубки с болтом, головка которого входит немного в подкосы (чер. 34). 2) Посредством башмака в Т-образной форме. Башмак прикрепляется к балке и свае не менее чем 2-мя болтами. Подкосы опираются на эти башмаки нижними и верхними концами. 3) Если опорныя сваи соединены между собою схватками, то последния располагают на высоте нижних концов подкосов и опирают на них эти концы. Схватки соединяются со сваями непременным нарощиванием с болтом (чер. 54)

Когда опоры каменныя, то нижние концы подкосов вкускают в кладку или упирают их на мауерлата, расположенныя на поверхности опоры или же употребляют чугунныя подушки, которыя для стока воды имеют небольшия отверстия. Концы балок располагают на дубовых мауерлатах. Иногда промежуточныя каменныя опоры не доводят до высоты балок, но оканчивают их на высоте нижних подкосов (чер. 55.) На опору кладут 2 мауерлата, а на них чугунные башмаки. В башмаки упираются подкосы p и вертикальныя стойки b, служащия продолжением опоры. Стойки соединяются вверху насадками n, на которых располагаются подбалки соединяющиеся с балками болтами.

Мосты с подбалками и подкосами устраиваются в следующих случаях: 1) Когда подкосы и подбалки слишком ослабляются шипами и врубками. 2) Когда балки и подбалки слишком ослабляются отверстиями для болтов и шпонками. 3) Когда подбалки имеют малую длину. 4) Когда подкосы без подбалок оканчиваясь на слишком низких балках. Размеры балок определяются по формуле изгиба: $KJ = Ml$, где $K = 30-40$ кг на 1 кв. см. Если балки соединены крепко с подбалками, то означив через q — полную нагрузку (от собственного веса и случайной нагрузки, предполагая ее распределенной равномерно) на 1 пог. метр можно брать (чер. 56) для средних отверстий $M = 0{,}0939\, l^2 q$; для крайних $M_1 = 0{,}135\, q l_1^2$, $l_1 = \frac{5}{6} l$. Когда балка соединена с подбалкой только на концах последняя то для средних пролетов: $M = \frac{1}{8} q l^2$ а для крайних $M_1 = \frac{1}{8} q l_1^2$

Длина a подбалки около $0{,}1 l$. Высота $ha = 0{,}8-0{,}9\, h$, где h — высота балки.

Подкос рассчитывается предполагая, что он выдерживает все давление балки, которое будет: $D = \frac{1}{2} q l_0$ (чер. 56). По длине его сжатия действует сила $P = D \cdot \sec \alpha$ (α — угол наклона подкоса с горизонтом) на которую он и рассчитывается. $P = \frac{1}{2} q l_0 \sec \alpha$. Мосты с подбалками и подкосами можно употреблять на проезжих дорогах для отверстий до 10 mtr.

Мосты из составных балок.

Мосты из составных балок употребляются для отверстий: на проезжих дорогах от 5 mtr до 20 mtr, а для железных от 3 mtr до 16 mtr.

Всего рациональнее соединять балки (чер 57) между собою прямыми шпонками

Каждая шпонка состоитъ обыкновенно изъ двухъ клиньевъ a и b, которые должны прилегать плотно къ вырѣзкамъ балокъ. Чтобы увеличить высоту балки, а также чтобы между балками могъ свободно проходить воздухъ, оставляютъ между ними небольшіе промежутки, а для устраненія смятія волоконъ, при e помѣщаютъ дощечки ed черезъ которыя проходятъ стягивающіе болты. Обыкновенно эти дощечки находятся только съ одной стороны шпонки, но лучше устраивать ихъ съ обѣихъ сторонъ. Когда поперечины или переводы, поддерживающіе настилъ, расположены по верху балокъ, то послѣднія должны быть внизу соединены между собою поперечными связями изъ брусьевъ. Когда разстояніе балокъ между собою > 3 mtr., то кромѣ поперечныхъ связей нужны и горизонтальныя. Послѣднія устраиваютъ изъ брусьевъ толщиною отъ 6-10 ct. шириною до 10-12 ct. и они образуютъ между поперечными связями двѣ перекрещивающіяся діагонали; одинъ брусъ идетъ выше другого и на мѣстѣ перекрестка оба соединяются болтами или гвоздями (чер. 58). Эти діагонали соединяются съ балками или подбалками посредствомъ наклонной врубки (чер. 59.), а съ поперечными связями, на которыхъ онѣ располагаются болтомъ t (чер. 58 и 59) На мѣстахъ перекрестка онѣ поддерживаются особыми поперечинами. Для шпонокъ берутъ всегда твердое дерево. Когда число балокъ, находящихся одна подъ другой, болѣе, то шпонки располагаются такимъ образомъ, чтобы въ одномъ сѣченіи не было болѣе одной шпонки. Болты, соединяющіе между собою балки, можно употреблять также для прикрѣпленія поперечинъ s (чер. 60) на которыхъ лежитъ полотно. Иногда балки снаружи помазываютъ обшивку, отчасти для защиты непогоды, а отчасти и для красоты. Стыки балокъ при большой длинѣ моста устраиваютъ только на мѣстахъ, подвергаемыхъ давленію. Поэтому на опорахъ можно давать стыки только нижнимъ балкамъ, а въ серединѣ пролета, только верхнимъ. Иногда устраиваютъ нѣсколько стыковъ на опорѣ и увеличиваютъ сѣченіе подбалками. Чтобы высокія балки (состоящія изъ 4^хъ или болѣе балокъ) имѣли устойчивое положеніе, соединяютъ ихъ между собою также діагональными связями · bb, въ плоскостяхъ переводовъ (чер. 61) Концы этихъ діагоналей прикрѣпляютъ обыкновенно слабыми болтами къ вертикальнымъ стойкамъ q; эти стойки обхватываютъ балки съ двухъ сторонъ и каждая соединяется съ ними болтомъ. Поперечныя связи p и переводы P соединяются съ этими стойками тоже болтами. Иногда не устраиваютъ стоекъ q, и прикрѣпляютъ діагонали b, къ поперечинамъ R и p помощью плоскаго шипа. На опорахъ всегда слѣдуетъ устраивать стойки для предупрежденія боковаго перемѣщенія балокъ. Кромѣ внутреннихъ діагоналей b употребляютъ иногда еще снаружи подкосы u (пунктиромъ чер. 61), упирающіеся въ продолженіе поперечины p. На мостахъ для проѣзжихъ дорогъ бываетъ обыкновенно достаточно устраивать діагональныя поперечныя связи только на опорахъ; на экономныхъ дорогахъ, при отверстіяхъ, большихъ 4 mtr. эти связи нужны на разстояніяхъ 2-4 mtr. другъ отъ друга. Переводы R (чер. 61) соединяются съ балками потемочными балкомъ, глубина

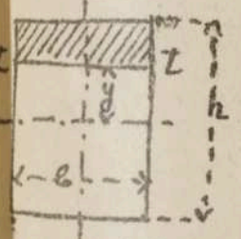
отъ 3-5ст.; поперечныя связи р съ балками и подбалками соединяются неполнымъ нарощиваніемъ въ 5ст.; врубки въ главныхъ балкахъ не дѣлаютъ болѣе 1ст. Когда на переводахъ лежатъ продольные лежни М (чер. 60), къ которымъ прикрѣпляются рельсы, то соединяютъ К съ М неполнымъ нарощиваніемъ въ 3ст. причемъ врубка въ переводъ не должна превышать 1ст. Составныя балки кладутся на мостахъ проѣзжихъ дорогъ на разстояніи отъ 1,0 — 1,3мт.; но иногда это разстояніе доходитъ до 3мтр.

Въ мостахъ желѣзнодорожныхъ употребляютъ слѣдующія устройства: Когда мостъ состоитъ изъ $2^{хъ}$ балокъ, то ихъ кладутъ прямо подъ рельсы; но если на балкахъ лежатъ шпалы, то берутъ разстояніе балокъ немного большимъ ширины пути, чтобы рельсы не мѣшали соединенію отдѣльныхъ частей болтами. При употребленіи $3^{хъ}$ балокъ разстояніе балокъ $l=1,13S$, гдѣ S — ширина пути; при такомъ разстояніи всѣ три балки будутъ испытывать одинаковое давленіе; обыкновенно же дѣлаютъ это разстояніе большимъ.

Разсчетъ составныхъ балокъ. Главныя балки разсчитываются по формулѣ изгиба $KJ=\frac{1}{2}Mh$. Если вставимъ для J значеніе то получимъ, когда вся балка составлена 1) изъ $2^{хъ}$ балокъ: $h=2,66\sqrt[3]{\frac{M}{K}}$ 2) изъ $3^{хъ}$ балокъ: $h=3,11\sqrt[3]{\frac{M}{K}}$ и 3) изъ $4^{хъ}$ балокъ: $h=3,41\sqrt[3]{\frac{M}{K}}$.

Высота подбалки въ случаѣ неразрѣзной балки $h'=1,0h$ (h — высота главной балки (чер. 62) Наименьшая длина a подбалки отъ середины опоры до крайней шпонки 1) при $2^{хъ}$ балкахъ $a=0,056l$ (l — отверстіе), 2) при $3^{хъ}$ балкахъ $a=0,027l$ и 3) при $4^{хъ}$ балкахъ $a=0,015l$.

Разстояніе шпонокъ между собою опредѣляется изъ слѣдующихъ соображеній:



Если v — равнодѣйствующая всѣхъ силъ, дѣйствующихъ на балку по одну сторону сѣченія $v=R-g_1-g_2$ (чер. 63); если S_y — статическій моментъ той части того же сѣченія (заштрихованной), которая заключена между крайнимъ волокномъ и волокномъ tt, отстоящимъ отъ нейтральной оси на разстояніи y; J — моментъ инерціи сѣченія, то горизонтальное срѣзывающее усиліе, дѣйствующее въ волокнѣ tt, на единицу его длины, будетъ: $H=\frac{v.S_y}{J_b}$. Такъ какъ v — увеличивается отъ середины балки къ опорамъ, а S_y отъ крайнихъ волоконъ къ нейтральной оси, то наибольшія срѣзывающія усилія проявляются на концахъ балки въ ея нейтральной оси. Можно написать: $S_y=\alpha bh^2$ и $J=\beta bh^3$, гдѣ α и β коэффиціенты, зависящіе отъ числа балокъ, слѣдовательно: $H=\frac{v\alpha bh^2}{\beta bh^3}=\frac{v\alpha}{h\beta}$; или если положимъ: $\frac{\alpha}{\beta}=\lambda$, то $H=\lambda\frac{v}{h}$ (I) (чер. 63) Если обозначимъ черезъ: e — разстояніе шпонокъ, n — число болтовъ между $2^{мя}$ шпонками; R — трепіе, произведенное однимъ болтомъ; f — коэф-тъ трепія дерево о дерево; d — діаметръ болта, K — наибольшее допускаемое давленіе для дерева; z — растягивающій желѣзо, то, чтобы дерево не могло быть смято имѣемъ: $He-nR=Kbd$. (II) Если болты такъ затянуты, что ихъ напряженіе = допускаемому напряженію z, то $R=f\frac{z\pi d^2}{4}$, слѣдовательно подставляя R въ ур-іе (II) имѣемъ $He-nf\frac{z\pi d^2}{4}=Kbd$. Подставляя отсюда изъ ур-ія I величину H, можно опредѣлить $e=\frac{h}{\lambda v}\left[Kbd-nfz\frac{\pi d^2}{4}\right]$ ...(A)

f — для временныхъ мостовъ $=0,5$, для постоянныхъ $=0,3$. Для мостовъ подъ проѣзжія дороги $n=\frac{1}{2}$, подъ желѣзныя дороги $n=1$. $d=\frac{1}{10}$в.

Чтобы разложение шпонки не было возможно, должно удовлетворяться равенство $He - nR = K_s \beta b$. (K_s - допускаемое напряжение дерева срезыванию по направлению $\perp$ къ волокнамъ. Слѣдовательно $He - nR = K b \delta = K_s \beta b$ (гер. 63) (b - ширина балки). Отсюда $\frac{K}{K_s}\delta$; для $\frac{K}{K_s} = \frac{480}{80}$ получимъ $\beta = 6\delta$. Чтобы разложеніе балки не было возможно, должно: $He - nR = K_s(e - \beta)b$. Вставивъ сюда для H и R ихъ значенія: $e = \frac{h}{nv - K_s b h}\left\{n\frac{Fz\pi d^2}{4} - K_s b \beta\right\}$; или если поставимъ: $He - nR = K b \delta$, то $(e-\beta)bK_s = Kb\delta$, откуда имѣемъ: $e = \beta + \frac{K}{K_s}\delta$; для $\frac{K}{K_s} = 8$, $e = \beta + 8\delta$. Часто δ и β получаютъ постоянныя величины, обыкновенно $\delta = \frac{1}{10}h$ а $e = 1{,}5h$.

Когда дѣлаютъ e перемѣннымъ, то поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Опредѣляютъ e для сѣченій, отстоящихъ другъ отъ друга на разстояніи $\frac{1}{10}$ пролета и откладываютъ ихъ отъ средней горизонтали ав (гер. 64) на этихъ сѣченіяхъ половину вверхъ и половину внизъ, получаются линіи $\alpha\beta$ и $\gamma\delta$, между которыми проводятъ рядъ вертикалей и наклонныхъ, подъ угломъ въ 45° линій. Число балокъ для временныхъ эксплоатационныхъ мостовъ можетъ быть опредѣлено изъ таблицы:

Примѣръ

Для $l = 8$ mtr. мосты могутъ состоять:
1) Изъ 4^{x3} прогоновъ, состоящихъ каждый изъ 2^{x3} балокъ. 2) Изъ 3^{x3} прогон. каждый изъ 2^{x2} балокъ. 3) Изъ 2^{x2} прогоновъ, изъ 4^{x1} балокъ каждый. Числа балокъ будутъ въ $1^{мъ}$ случаѣ $= 4.2 = 8$; во второмъ случаѣ $= 3.2 = 6$, и въ третьемъ случаѣ $2.4 = 8$. (Случай $2^{мъ}$ требуетъ наименѣе балокъ, слѣд. онъ будетъ поэтому наиболѣе выгоденъ).

Число прогоновъ	2	3	4	6
Число балокъ составляющихъ 1 прогонъ	Пролетъ въ mtr.			
2	3,0 – 3,4	5,9 – 6,7	7,8 – 8,6	9,0 – 10,3	13,5 – 14,8
3	5,0 – 5,7	10,2 – 11,5	12,6 – 13,8	14,1 – 15,9	16,7 – 19,4
4	7,1 – 8,0	14,2 – 16,0	17,4 – 19,2	18,4 – 22,1	19,8 – 24,3

Собственный вѣсъ. а) Проѣзжей дороги. Можно принять для составныхъ балокъ со шпонками, состоящихъ изъ 2^{x3} балокъ, при ихъ разстояніи другъ отъ друга въ 1,2 mtr, для собственнаго вѣса прогоновъ: при легкихъ повозкахъ $g_1 = (\text{въ кдг на 1 кв. mtr.}) = 9{,}7$, при тяжелыхъ повозкахъ $g_1 = 10l$, и при очень тяжелыхъ $g_1 = 11l$. б) Рельсовыя дороги. Въ этомъ случаѣ собственный вѣсъ одного погоннаго mtr балки (безъ различія ихъ числа), приходящійся на 1 путь для главныхъ дорогъ $g_1 = 60l$. Для второстепенныхъ съ нормальной шириной пути $g_1 = 54l$; при ширинѣ пути въ 1 mtr. $g_1 = 48l$; при ширинѣ 0,75 mtr, $g_1 = 43l$. (въ кдг на погонный метръ). Для вѣса поперечныхъ и продольныхъ связей, которыя въ эти формулы не включены, можно брать: для главныхъ дорогъ $g_1 = 90 + 8{,}5l$; для второстепенныхъ съ нормальной шириной пути $g_1 = 90 + 8{,}5l$; при ширинѣ пути въ 1 mtr. $g_1 = 50 + 5{,}5l$; при ширинѣ пути въ 0,75 mtr – $g_1 = 40 + 4l$. (въ кдг

Шпренгельныя системы.

При простой шпренгельной системѣ (гер. 65) балка AB подперта въ серединѣ подкосами CD и EC. Пяты подкосовъ упираются въ опоры, а ихъ верхнія части примыкаютъ другъ къ другу (гер. 66a), или опираются (гер. 66b) на деревянныя поперечныя балки, или на чугунные башмаки. (гер. 67 c и d). Балки соединяются съ подкосами простымъ притыкомъ. Подкосовъ и короткими наклонными шпонами, или поперечной балкой, или чугунными башмаками. При каменныхъ опорахъ, концы балокъ укладываются на мауерлаты, а при деревянныхъ на насадки свай.

Наиболее употребительныя соединенія подкосовъ съ опорами представлены на гер. 68–72 для каменныхъ, а на гер. 73–76 для деревянныхъ опоръ.

Двойная шпренгельная ферма. Балка подпирается въ двухъ точкахъ (гер. 77 α и β) между опорами. Она состоитъ обыкновенно изъ распорки α β, подкосовъ p, висячихъ схватокъ m, и поперечныхъ связей d. Наиболее употребительныя соединенія распорки съ балкой и подкосами представлены на гер. 78–82. Подкосы соединяются съ опорами точно такимъ же образомъ, какъ при простой системѣ, при чемъ не слѣдуетъ упускать изъ вида свободный доступъ воздуха и легкій стокъ воды у пятъ подкосовъ.

Ложныя шпренгельныя фермы. Онѣ получаются соединеніемъ балки съ подкосами съ простой или двойной шпренгельной системой (гер. 83 соединеніемъ простой шпренгельной системы съ двойной (гер. 84), которая кромѣ того можетъ имѣть еще подкосы, или же соединеніе изъ нѣсколькихъ двойныхъ системъ (гер. 85). Здѣсь балка подпирается болѣе чѣмъ въ 2^{x_2} точкахъ. Въ настоящее время такія системы употребляются рѣдко.

Разсчетъ шпренгельныхъ системъ. Въ случаѣ простой шпренгельной системы (гер. 86) состоящей изъ балки AB, подпертой въ серединѣ подкосами EC и DE, балку AB разсчитываютъ какъ непрерывную балку, лежащую на трехъ опорахъ; въ этомъ случаѣ кривая моментовъ представится въ видѣ AK1MB или представляютъ эту балку разрѣзной въ точкѣ E и кривыя моментовъ будутъ AK, E и EM, B; для каждой изъ нихъ $M_{max} = \frac{1}{8}ql$.

Если K наибольшее давленіе въ E, α – уголъ подкосовъ съ горизонтальной балкой и P – давленіе на 1 подкосъ, то не принимая во вниманіе собственнаго вѣса подкоса, получимъ $P = \frac{K}{2\cos\alpha}$. Площадь сѣченія подкоса получается отъ раздѣленія P на допускаемое напряженіе (по формулѣ сжатія) Въ E подкосы давятъ другъ на друга съ силою $H = P.\cos\alpha = \frac{1}{2}K\operatorname{ctg}\alpha$.

У пятъ C и D давленіе подкосовъ передается опорѣ; вертикальная и горизонтальная слагающія этого давленія суть: $V = \frac{1}{2}K$ и $H = \frac{1}{2}K.\operatorname{ctg}\alpha$.

Такъ какъ мостъ состоитъ изъ нѣсколькихъ шпренгельныхъ фермъ параллельныхъ между собою, на которыхъ и лежитъ полотно, то принимаютъ при разсчетѣ каменной опоры, что ихъ давленія распредѣляются на опору равномѣрно. Наиболѣе выгодный уголъ α это 45°, но вслѣдствіе недостаточной высоты часто дѣлаютъ его меньше (но не менѣе 30°)

Для уменьшенія свободной длины употребляютъ часто схватки F и K.

При употребленіи этой системы слѣдуетъ по возможности избѣгать ослабленія сѣченія въ E врубками употребленіемъ чугунныхъ башмаковъ.

При двойной шпренгельной системѣ (гер. 87) балка AB подперта подкосами въ 2^{x_2} точкахъ C и D; она разсчитывается какъ непрерывная балка о 4^{x_2} опорахъ (если состоитъ изъ одной неразрѣзной балки.) Если наибольшія давленія въ C и D означимъ чрезъ K и K_1 то соотвѣтственныя давленія подкосовъ CE и DF будутъ: $P = \frac{K}{\cos\alpha}$ и $P_1 = \frac{K_1}{\cos\alpha}$. Распорка CD подпираетъ балку AB между C и D непрерывно; при разсчетѣ балки AB обыкновенно увеличеніе ея сѣченія балкой CD не принимаютъ во вниманіе. Распорка CD получаетъ давленія: въ C: $H = K.\operatorname{ctg}\alpha$; въ D: $H_1 = K_1\operatorname{ctg}\alpha$. Чтобы разность этихъ давленій не могла передаваться отъ одного подкоса къ другому, соединяютъ балку AB съ распоркой CD – шпонками и болтами. Это со-

жение должно быть разсчитано на наибольшую разность: S=H-H, Продольная сила S увеличивает напряжение балки AB, но она не принимается при разсчете во внимание, вследствие увеличения сжатия балки распоркой CD. Эта сила стремится передвинуть балку на опорах; но она всегда так незначительна, что сопротивления трения на опорах всегда достаточно для противодействия этому перемещению.

На опору в А действуют от моста: 1) вертикальное давление Ra в A, 2) вертикальное давление K в E и 3) горизонтальное H в E. Для определения наибольших давлений на опорах от подвижной нагрузки обыкновенно принимают, что балка в D и C разрезана, и что следовательно она состоит из балок AC, CD и DB. Наибольшия давления получаются всего проще помощью линиментных линий давлений для точек A и C (гер. 87). (Также получаются в случае простой интегральной системы давления подвижной нагрузки на опоры, только балка предполагается разрезной на 2 части). Так как подпорки C и D при действии груза понижаются, то предположение, что все 3 опоры находятся на одной горизонтали, и что балка состоит из трех разрезных балок, не соответствует действительности. Но вследствие большой степени надежности, предполагаемой при разсчете этих систем, этим можно пренебрегать. При больших мостах этот расчет должен быть проверен по точному методу. Когда пяты подкосов упираются в чугунный башмак, то для того, чтобы распределить давление подкосов на большую площадь, увеличивают основание башмака и размеры подбашмачного камня. У временных мостов подкосы соединяют с распоркой и балкой посредством косого шипа с врубкой или посредством простой или двойной врубки с болтами; между подкосами и подпорками помещают часть горизонтальную, поперечную балку. У постоянных мостов они соединяются посредством чугунного башмака, который прикрепляют к горизонтальной части двумя болтами. Подбашмак, распорки и балки соединяются между собою шпонками и болтами.

Разстояния интегральных балок берут: 1) при мостах для проездных дорог - 2-2,5 mtr. 2) при мостах электрических дорог - 1,6 - 2 mtr. Разстояния подошвенных точек 3-5 mtr. Число пар подкосов следующее: при пролетах 6-10 mtr - 1 пара подкосов. (гер. 77); при пролетах 10-20 mtr 1-2 пары подкосов (гер. 83); при пролетах 20-30 mtr - 2-3 пары подкосов. (гер. 85). Между концами средней пары подкосов всегда помещают распорку.

Висячия системы.

Простая висячая система имеет одну (гер. 88), а двойная - две висячия стойки. (гер. 89.) Балка подвешена к стойкам посредством хомутов F. Стойка поддерживается в простой системе одними подкосами, а в двойной - подкосами b и распоркой d. Балка соединяется с подкосами одинарной или двойной врубкой, болтом, или посредством чугунного башмака d, который соединяется с балкой ребрами c (гер. 90) и болтами b; или же посредством деревяннаго отрубка O, прикрепленнаго к балке болтами. Оси подкосов и стойки должны пересекаться в одной точке

Соединения одиночной стойки съ подкосами указаны на чер. 92 a, b, c, d, e, а двойной съ подкосами и распоркой на чер. 93 a, b, c. Стойки строятъ обыкновенно изъ дубоваго дерева, ихъ замѣняютъ иногда желѣзными стержнями, которые соединяются съ подкосами помощью чугунныхъ башмаковъ (чер. 94 a и b) Распорка соединяется съ стойкой, посредствомъ врубки съ шипомъ (чер. 93 a) или угловымъ желѣзомъ (чер. 93 a.) или чугуннымъ башмакомъ. (чер. 93 b) Соединенія балки съ висячими стойками представлены на чер. 94. a, b, c, d, e, изъ которыхъ видно, что стыкъ балки, когда онъ бываетъ нуженъ, устраиваютъ подъ стойкой.

Сложныя висячія системы. На чер. 95 представлено соединеніе простой съ двойной висячей системой. На чер. 96 представлена система, состоящая изъ простой и двойной висячей системы въ соединеніи съ двумя двойными инженерными системами; первыя подпираютъ балки въ точкѣ B, а вторыя въ точкахъ a, b, c d.

Разсчетъ висячихъ системъ.

Въ случаѣ простой висячей системы (чер. 97), балка AC разсчитывается какъ непрерывная балка лежащая на трехъ опорахъ A, B, C. При разсчетѣ наибольшаго давленія въ B отъ случайной нагрузки иногда принимаютъ, что балка въ B разрѣзана, или выдаляютъ узелъ B и пишутъ условіе равновѣсія для линіи BD: $S_1 - ql = 0$; откуда $S_1 = ql = Rl$. Если прочное сопротивленіе разрыву матеріала висячей стойки DB обозначимъ черезъ K, то полезная площадь сѣченія ея будетъ $F = \frac{R}{K}$. Обыкновенно дѣлаютъ это сѣченіе для безопасности значительно большимъ. Конецъ стойки отстоитъ отъ балки на разстояніи 3 ct. (чер. 98), чтобы при односторонней нагрузкѣ балка не дѣйствовала невыгодно на стойку. Если стойка соединена съ балкой хомутомъ съ двумя болтами, то полезное сѣченіе хомута (чер. 98), $F_1 = \frac{1}{2}\frac{Rl}{K_1}$. (гдѣ K_1 – допускаемое напряженіе желѣза разрыву)

Если d – діаметръ болта пронизывающаго хомутъ, а β и t ширина и толщина сѣченія хомута: $F_1 = (\beta - d)t$. Діаметръ болта получается изъ условія: $4\frac{\pi d^2}{4} K_1' = Rl$. (2 болта – 4 плоскости срѣза, K_1 – допускаемое напряженіе срѣзыванію желѣза.) Разстояніе верхняго конца стойки отъ концовъ подкосовъ опредѣляется изъ ур'я крѣпости на срѣзываніе $C.b.K_2 = \frac{1}{2}R$; $C = \frac{R}{2bK_2}$

Давленіе въ подкосѣ $S = \frac{1}{2}\frac{Rl}{\sin\alpha}$. Подкосъ разсчитывается на смятіе и на сжатіе. Горизонтальная слагающая давленія подкоса на балку $H = S.\cos\alpha = \frac{1}{2}Rl\,\mathrm{ctg}\,\alpha$. Разстояніе C_1 конца балки отъ пята подкоса $C_1.b.K_2 = \frac{1}{2}Rl\,\mathrm{ctg}\,\alpha$ (b – ширина балки). Балка подвергается изгибу отъ нагрузки и растяженію силой H отъ подкоса. если M – наибольшій сгибающій моментъ, то для разчета балки имѣемъ уравненій: $K = \frac{Me}{J} + \frac{H}{F}$ (гдѣ $H = \frac{1}{2}Rl\,\mathrm{ctg}\,\alpha$, F – площадь сѣченія и J – моментъ инерціи балки. Чтобы точки A, B и C въ нагруженномъ состояніи находились на горизонталяхъ, даютъ балкѣ иногда небольшой изгибъ вверхъ.

Подобнымъ же образомъ разсчитывается двойная висячая система (чер. 100) Балка AD принимается непрерывной и имѣющей четыре опоры въ A, B_1, C и D. Вырѣзавъ узелъ M получимъ изъ условій равновѣсія: $H = S.\cos\alpha = -\frac{1}{2}Rl.\,\mathrm{ctg}\,\alpha$ = напряженію распорки MK. При несимметричной нагрузкѣ Rc + Rl и напряженія подкосовъ будутъ $S = \frac{Rl}{\sin\alpha}$ и $S_1 = \frac{Rc}{\sin\alpha}$.

Изъ действія на распорку: $H = R_c \operatorname{ctg}\alpha$. $H_1 = R_c \operatorname{ctg}\alpha$. Разность $H - H$ будетъ действовать, какъ горизонтальная сила на тотъ изъ узловъ M и N, котораго H меньше. Если $R_c \neq R_c$, то напряженіе S, подкоса ND увеличивается на $\frac{H - H'}{\sin\alpha}$ и система стремится принять видъ $\Delta mn DC_1 B$. Чтобы избѣжать этого, устраиваютъ иногда діагонали MC и BN, но тогда шпренгельная система дѣлается фермой и разсчитывается по правиламъ разсчета фермъ.

Деревянныя фермы.

Изъ различныхъ видовъ деревянныхъ фермъ въ настоящее время употребляется только система Гау, поэтому мы ее только и разсмотримъ.

Ферма системы Гау состоитъ изъ нижней балки AB (чер. 101) верхней балки CD, вертикалей изъ круглаго желѣза, и деревянныхъ діагоналей, по 2 въ каждой панели. (Главныя діагонали изображены на чер. двойной линіей) Высота фермы $h = \frac{1}{8} - \frac{1}{10} l$, длина панели l обыкновенно = высотѣ, такъ что діагонали имѣютъ уклонъ въ 45°. Часто дѣлаютъ крайнія панели $= \frac{1}{2} l$.

Оси поясовъ, вертикалей и діагоналей, выходящихъ изъ одного узла должны пересѣкаться въ одной точкѣ, но вслѣдствіе трудности исполненія условій это выполняется только приблизительно. Раскосы соединяются съ поясами посредствомъ деревянныхъ подкладокъ соотвѣтственной формы или чугунныхъ башмаковъ. На нижній или верхній поясъ, смотря по тому, гдѣ находится полотно, располагаютъ поперечныя балки, симметрично по отношенію къ вертикалямъ, и по возможности близко къ нимъ, чтобы поясъ не подвергался изгибу; затѣмъ уже располагаютъ полотно. Устройство при ѣздѣ по низу указано на чер. 102, гдѣ для соединенія раскосовъ съ поясами употреблены дубовыя подкладки. На чер. 103 представлено устройство при ѣздѣ по верху (соединеніе посредствомъ чугунныхъ башмаковъ. Если подкосъ состоитъ изъ одной только балки, то діагонали на мѣстѣ перекрещиванія соединяютъ посредствомъ нарощенія въ полу-дерева, но когда не желаютъ ослаблять главныя діагонали то примыкаютъ къ нимъ контръ діагонали посредствомъ врубки (чер. 104) или просто въ притыкъ (чер. 105); въ послѣднемъ случаѣ соединяютъ ихъ между собою желѣзными накладками съ болтами. Вертикали, состоящія изъ круглыхъ желѣзныхъ стержней, проходятъ черезъ балки поясовъ. Когда одинарной фермы не достаточно, то употребляютъ двойныя и тройныя фермы. При двойной фермѣ каждый поясъ состоитъ изъ двухъ другъ возлѣ друга расположенныхъ балокъ, каждая главная діагональ изъ двухъ стержней, а контръ діагональ изъ одного, проходящаго между этими главной діагонали. Вертикали въ этомъ случаѣ дѣлаются одинарными и они проходятъ между балками поясовъ, которыя отстоятъ другъ отъ друга на разстояніи = діаметру вертикали. Вертикали проходятъ черезъ дубовыя или чугунные башмаки и черезъ подкладку находящуюся между поясомъ и головкой болта. Балки поясовъ соединяются между собою башмаками и болтами d. Между балками пояса помѣщаютъ на мѣстахъ а прокладки f. Устройство такой фермы видно изъ чер. 106 (деревянные башмаки) и изъ чер. 107 (чугунные башмаки). При тройной фермѣ каждый поясъ состоитъ изъ трехъ балокъ, каждая главная діагональ изъ двухъ а контръ діагональ изъ одного стержня

каждая вертикаль изъ двухъ · эксентрныхъ болтовъ, проходящихъ черезъ промежутки, равные діаметру болта (4–5 ст), на которыхъ отстоятъ другъ отъ друга балки пояса, какъ это видно изъ чер. 108–109. Стыки балокъ должны быть устроены въ черезку, такъ чтобы въ каждой панели не было болѣе одного стыка. Стыки покрываютъ эксентрными или чугунными накладками (чер. 110) Длина накладокъ 60–70 ст. Устройство сдвоенныхъ и тройныхъ фермъ легче, чѣмъ простыхъ, почему послѣднія рѣдко употребляются. При значительныхъ пролетахъ употребляются многораскосныя тройныя фермы; въ n-раскосной фермѣ вертикали пересѣкаются діагоналями на n – частей. На чер. 111 представлена двухъ-раскосная, а на чер. 112 – трехраскосная · тройная ферма · Эти фермы устраиваются также, какъ и однораскосныя · Каждый поясъ состоитъ изъ 3^{x2} балокъ, отстоящихъ другъ отъ друга на разстояніи равномъ діаметру болтовъ, составляющихъ вертикаль; между двойными діагоналями проходятъ одиночныя контръ діагонали; вертикали (двойныя) проходятъ черезъ промежутки между діагоналями и между балками пояса. На чер. 113, представлены вертикальный и горизонтальный видъ и поперечный разрѣзъ тройной 2^{x2} раскосной фермы. Ее можно представить себѣ составленной изъ трехъ однораскосныхъ фермъ. Встрѣчающіяся посрединѣ фермы главныя діагонали соединяются врубкой (съ эксентрными накладками) или наращиваніемъ. Балки пояса соединяются между собою болтами a (чер. 113); разстоянія послѣднихъ между собою 0,75–1 mtr. Для сохраненія разстоянія балокъ между собою помѣщаютъ между ними на мѣстахъ болтовъ деревянныя прокладки.

Фермы системы Гау строятся такимъ образомъ, чтобы діагонали испытывали одно сжатіе (потому онѣ могутъ своими концами примыкать къ подушкамъ безъ всякаго соединенія) Разсмотримъ, какъ выполнить это требованіе. Пусть линія груза діагонали ab (чер. 114) есть dhkf, а діагонали cd – линія тягъ. Когда система центрированныхъ грузовъ расположена на части hkf, то діагональ ab испытываетъ растяженіе, наибольшая величина котораго пусть будетъ A; въ это же время діагональ cd, какъ видно изъ положенія ея линіи груза испытываетъ сжатіе = A. Для того, чтобы уничтожить растяженіе діагонали ab, придадимъ вертикалямъ нѣкоторое напряженіе; такимъ образомъ напряженіе діагоналей, подобныхъ ab, при той же нагрузкѣ, которая въ нихъ вызываетъ въ свободномъ состояніи наибольшее напряженіе, теперь будетъ +A – A = 0, при всякой же другой нагрузкѣ они будутъ испытывать сжатіе. Напряженіе же діагоналей, подобныхъ cd, которыя въ свободномъ состояніи испытываютъ отъ нагрузки сжатіе, увеличивается и въ данномъ случаѣ будетъ = 2A. Такія діагонали испытывающія большія напряженія, чѣмъ въ свободной фермѣ, наз. главными.

Поэтому фермы Гау разсчитываются по правиламъ, данными при разсчетѣ деревянныхъ фермъ, опредѣляются напряженія S_1, S_2 поясовъ и напряженія A – діагоналей. Затѣмъ опредѣляется сила V натяженія вертикалей – болтовъ (предварительной затяжки), чтобы діагонали испытывали одно сжатіе. Для опредѣленія натяженія болта V

(въ фермѣ представленной на чер. 113 а), дѣлаемъ сѣченіе помощи II. Назвавъ силы напряженія болтовъ отъ предварительной затяжки напряженія діагоналей вызванныя этимъ = A; возьмемъ ур-іе равновѣсія силъ по вертикали $\frac{n}{2}v + nA.\cos\alpha = 0$ ..(I) гдѣ n – число діагоналей, попавшихъ въ сѣченіе (постороннія силы на ферму не дѣйствуютъ). Отсюда $v = -2A.\cos\alpha$. (#45) Если положительное максимальное напряженіе діагонали = +A, то болту слѣдуетъ дать предварительную затяжку $v = 2A.\cos\alpha$, тогда положительное максимальное напряженіе діагонали = 0. Болтъ же надо разсчитать по силѣ. Напряженія S' поясовъ отъ предварительной затяжки болтовъ слѣдуетъ прибавить къ напряженіямъ отъ нагрузки; чтобы опредѣлить ихъ проведемъ сѣченіе III, тогда взявъ проекцію силъ на горизонталь, имѣемъ $2S' + nA\sin\alpha = 0$; $S' = -\frac{nA}{2}\sin\alpha$. (II) Такъ какъ v – напряженіе болта положительно (растяженіе) то изъ I урія видимъ что A всегда отрицательно, а изъ (II), что S' наоборотъ всегда положительно.

Опоры деревянныхъ мостовъ

Чтобы полотно было хорошо связано съ насыпью, оно должно входить въ нее по крайней мѣрѣ на 2 м. (чер. 115) При низкихъ насыпяхъ или въ выемкахъ, находящихся въ грунтѣ, часть полотна должна быть подперта поперечными балками, уложенными въ водопроницаемый матеріалъ (гравій и пр.) При высокихъ насыпяхъ кладутъ балки на особыя опоры, погруженныя въ насыпь.

А) Деревянныя опоры. Деревянныя опоры состоятъ обыкновенно изъ одного или болѣе рядовъ свай, соединенныхъ вверху насадкой (чер. 117). Глубина на которую вбиваютъ сваи, зависитъ отъ крѣпости грунта; находящаяся въ грунтѣ часть свай не бываетъ вообще менѣе 1/3 всей длины ея. Чтобы увеличить сопротивленіе опоры бокового усиліямъ (ударамъ повозокъ, ледоходу) часто даютъ крайнимъ сваямъ наклонное положеніе. Въ рѣкахъ съ большимъ ледоходомъ одиночной наклонной сваи не бываетъ достаточно, и тогда вбиваютъ наклонно 2, 3 и болѣе свай, одну возлѣ другой (чер. 118). Иногда всѣ сваи, образующія опору, получаютъ наклонное положеніе такимъ образомъ, что ихъ оси сходятся въ одной точкѣ (чер. Насадки соединяются со сваями шипами съ болтомъ (чер. 120). Чтобы удары льдинъ и пр. распредѣлить по возможности равномѣрно на всѣ сваи, соединяютъ ихъ, соотвѣтственно, ихъ высотѣ одной или двумя схватками, обыкновенно одну подъ горизонтомъ низкихъ водъ, а другую подъ горизонтомъ высокихъ водъ (чер. 121). Часто сваи между собою схватками обдѣлываютъ обшивкой изъ досокъ, чтобы льдины не могли попадать между сваями. Между отдѣльными досками, которыя прикрѣпляютъ къ сваямъ гвоздями или болтами, оставляютъ промежутки 2-3 ст. для свободнаго доступа воздуха. Когда опора надъ горизонтомъ высокихъ водъ имѣетъ большую высоту, то скрѣпляютъ ихъ также одной или двумя діагоналями хв. Въ рѣкахъ съ большими ледоходами скрѣпляютъ перекрестныя сваи часто такимъ образомъ, что къ нимъ привинчиваютъ особый брусъ, къ которому иногда прикрѣпляютъ еще желѣзную шину

прямоугольнаго, . углового и другаго вида (чер. 122)
При большихъ пролетахъ мостовъ проѣзжихъ дорогъ, и для мостовъ желѣзныхъ дорогъ составляютъ опоры изъ двухъ рядовъ свай, на крайнія сваи и въ этомъ случаѣ дѣлаютъ одиночными (чер. 123) Сваи забиваютъ при проѣзжихъ дорогахъ вертикально, а при желѣзныхъ часто подъ уклономъ $\frac{1}{10} - \frac{1}{20}$ (чер. 124) Оба ряда свай соединяютъ между собою горизонтальными брусьями S, а иногда кромѣ того діагональными d (чер 123) которые помѣщаютъ между сваями. Обшивка находится между горизонтомъ низкихъ и высокихъ водъ. Балки укладываютъ на опоры двоякимъ образомъ: 1) на каждый рядъ свай кладутъ насадки n (чер. 123), а на нихъ балки b непосредственно или посредствомъ балокъ p; 2) каждыя двѣ противуположныя сваи соединяютъ короткими поперечинами q (чер. 125) на которыя кладутъ 1 или 2 насадки n и на послѣднія помѣщаютъ балки или подбалки. Когда опоры высокія, то соединяютъ отдѣльныя опоры между собою иногда схватками b (чер. 125). Когда опора имѣетъ 2 насадка n (чер. 123.) то они обхватываютъ крайнія (одиночныя) сваи K съ обѣихъ сторонъ (чер. 126) а ежели она получаетъ только одинъ насадокъ, то она соединяется съ K посредствомъ шипа и болта (чер. 127). Особенно прочно слѣдуетъ укрѣплять переднюю часть опоры для защиты отъ льдинъ. Это достигается или посредствомъ обшивки, для которой на этихъ мѣстахъ употребляютъ иногда листовое желѣзо съ желѣзной шпонкой Z (чер. 128) или безъ шпонъ (чер. 129) или особые ледорѣзы.
Въ подкосныхъ и шпренгельныхъ системахъ мостовъ на опоры дѣйствуетъ горизонтальное давленіе. Промежуточныя опоры въ мостахъ проѣзжихъ дорогъ могутъ состоять изъ одного ряда свай. На чер. 130. указана опора подкоснаго, а на чер. (131) шпренгельнаго моста.
При желѣзнодорожныхъ мостахъ употребляютъ обыкновенно 2, (чер. 132), а иногда даже 3 ряда свай (чер. 133); въ послѣднемъ случаѣ крайніе ряды часто вбиваютъ наклонно и оканчиваютъ ихъ на высотѣ пятъ подкосовъ, такъ что всѣ пять опора состоитъ только изъ одного ряда свай. Средній вертикальный рядъ свай назначается въ этомъ случаѣ для вертикальнаго, а крайніе наклонные ряды для горизонтальнаго давленія.
Деревянныя опоры послѣ болѣе или менѣе продолжительнаго срока приходятъ въ негодность, причемъ прежде всего разрушается только верхняя часть, находящаяся надъ горизонтомъ низкихъ водъ, тогда какъ нижняя остается почти неповрежденной. Возобновленіе опоръ въ этомъ случаѣ производится однимъ изъ слѣдующихъ способовъ: 1) Вбиваютъ новыя сваи возлѣ старыхъ. 2) Нижнюю, находящуюся подъ горизонтомъ низкихъ водъ часть опоръ оставляютъ и на нее насаживаютъ верхнюю. 3) Часто уже сначала при построеніи моста, составляютъ опору изъ двухъ частей: нижней и верхней, при чемъ нижняя называется основной и оканчивается на горизонтѣ низкихъ водъ. Нижняя часть опоры должна быть соединена съ верхней такимъ образомъ, чтобы объ части имѣли свойство непрерывной опоры. Такого соединенія очень трудно достигнуть. Объ части соединяются при одномъ

рядъ свай слѣдующимъ образомъ: а) На сваи кладутъ насадку n (чер. 134) и въ нее входятъ, какъ верхнія, такъ и нижнія сваи своими шипами и укрѣпляются болтомъ. Верхнія части соединяются кромѣ того схватками S. Шипъ верхней сваи можетъ не имѣть болта и тогда соединяютъ схватки S съ насадкой n посредствомъ поперечины q и вертикальнаго болта (чер. 135.) Верхняя свая можетъ составлять продолженіе нижней (чер. 134), или она можетъ быть поставлена сбоку ея (чер. Этотъ же способъ употребляютъ такимъ образомъ, что вмѣсто насадки n устраиваютъ схватки S (чер. 136).

в) Насадку составляютъ изъ двойной балки со шпонками, нижняя свая соединена шипомъ и болтомъ съ нижней, а верхняя съ верхней балкой насадки (чер. 137). Способъ а лучше способа в. Когда глубина воды большая или теченіе значительно, то и нижнія сваи соединяютъ между собою схватками в. Полезно соединять нижнюю часть опоры съ верхней діагональными схватками.

Подобнымъ образомъ насаживаютъ опоры, въ случаѣ когда онѣ состоятъ болѣе чѣмъ изъ одного ряда свай. На чер. 138. представлена опора, состоящая изъ $2^{1/2}$ рядовъ свай. На нижнихъ сваяхъ расположена насадка n, съ которыми верхнія и нижнія сваи соединяются шипами и болтами. Нижнія сваи соединены въ поперечномъ направленіи схватками б, а верхнія схватками S_1; верхнія сваи соединены между собою въ продольномъ направленіи схватками S. Насаженныя сваи употребляются всегда, когда ихъ высота болѣе 7 mtr.

Опоры съ каменнымъ основаніемъ.

Въ деревянныхъ опорахъ надуковъ находящіяся въ грунтѣ части свай скоро сгниваютъ; если онѣ должны имѣть большую долговѣчность, то нижнюю часть опоры дѣлаютъ обыкновенно изъ кладки. Это устройство употребляютъ иногда и для опоръ, находящихся въ водѣ, въ какомъ случаѣ каменную опору оканчиваютъ на горизонтѣ высокихъ водъ. Соединеніе деревянной части съ каменной производится слѣдующимъ образомъ: на кладку располагаютъ поперечный брусъ, въ который стойки входятъ шипами (чер. 139), или кладутъ два бруса, обхватывающіе концы стоекъ вродѣ схватокъ (чер. 140) Эти брусья в скоро сгниваютъ, ихъ часто приходится возобновлять, что довольно затруднительно. Поэтому лучше укладывать на кладку короткія деревянныя подкладки а (чер. 141) и на нихъ располагать брусья в посредствомъ нѣкотораго нарощиванія. Между стойками оканчиваютъ кладку двумя наклонными плоскостями т т и пр. для стока воды.

Конечныя опоры.

Деревянный мостъ можетъ быть оконченъ двоякимъ образомъ: 1) устраиваютъ деревянную опору изъ свай съ обшивкой, имѣющую такой видъ, какъ каменная опора съ откосными крыльями (чер. 142) Такъ какъ сваи не имѣютъ достаточнаго сопротивленія напору грунта, то ихъ скрѣпляютъ анкерами d, погруженными въ насыпь, а при нешироких мостахъ иногда кромѣ того горизонталь-

ными распорками, идущими отъ одной опоры къ другой. Обшивку устраиваютъ съ задней стороны; для охраны свай отъ ледохода ихъ обшиваютъ иногда и съ напорной стороны. Такія опоры скоро сгниваютъ, поэтому ихъ рѣдко устраиваютъ. Обыкновенно продолжаютъ мостъ непрерывно до грунта, такъ что онъ входитъ на длину $\frac{2}{3}$ mtr. и болѣе въ грунтъ. Въ выемкахъ устраиваютъ часто небольшую опору (чер. 143.), или устраиваютъ опору вблизи конца балокъ, или погруженную въ грунтъ опору, какъ на чер. 144. Въ насыпяхъ въ этомъ случаѣ всегда нужна погруженная опора (чер. 144) которая какъ окруженная со всѣхъ сторонъ грунтомъ, можетъ быть нѣсколько слабѣе другихъ находящихся внѣ грунта опоръ; однако не слѣдуетъ такія опоры дѣлать слишкомъ слабыми, такъ какъ погруженныя опоры скоро сгниваютъ. Находящіяся въ грунтѣ части балокъ должны быть окружены легко отводящимъ воду матеріаломъ. При употребленіи погруженныхъ опоръ устраиваютъ обыкновенно послѣдную опору на мысѣ подошвы откоса (чер. 146 и 147) а въ большихъ мостахъ для уменьшенія пролета вблизи начала насыпи (чер. 148) Послѣднее устройство особенно пригодно для временныхъ эксплоатированныхъ мостовъ.

Часть насыпи, внутри которой находятся опоры, должна быть хорошо утрамбована и по крайней мѣрѣ подошву ея необходимо вымостить камнемъ. Число свай опредѣляется наибольшимъ давленіемъ на опору. Сваи должны быть распредѣлены такимъ образомъ, чтобы нагрузка на нихъ распредѣлялась по возможности равномѣрно. Нагрузка сваи вбитой бабой, вѣсомъ 250—500 kgr. не должна превышать 12 tn. Основныя сваи должны быть срѣзаны на глубинѣ около 0,6 mtr. ниже горизонта низкихъ водъ, а насадки верхнихъ свай должны находиться подъ горизонтомъ высокихъ водъ, по крайней мѣрѣ на 0,25 mtr.

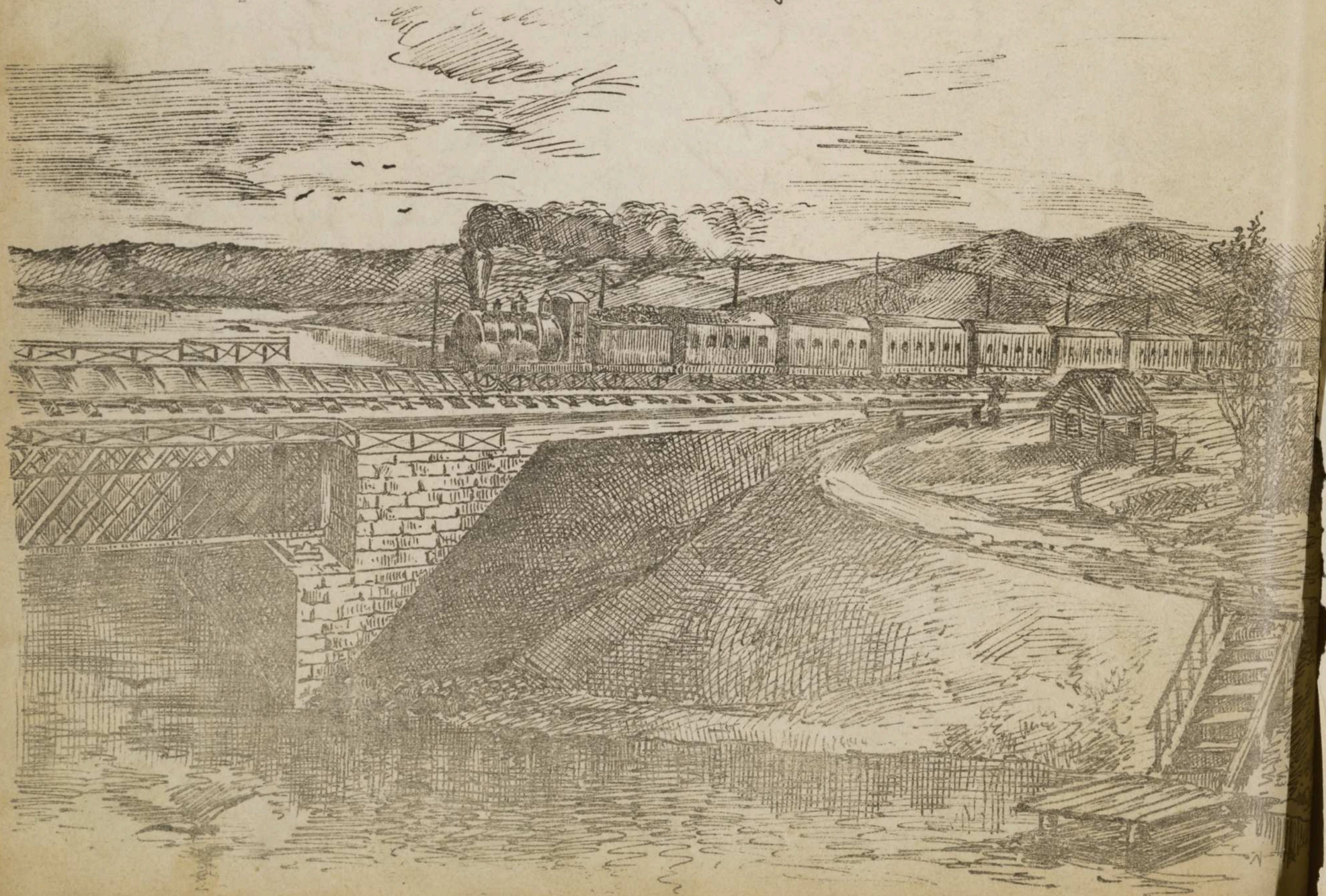
Если означимъ черезъ: Q — вѣсъ бабы въ kgr.; h — высота ея паденія въ cm.; q — вѣсъ сваи въ kgr.; P — приходящійся на сваю наибольшій грузъ; n — число свай; e — глубина, на которую должна погрузиться свая отъ послѣдняго удара; m — коэффиціентъ безопасности, обыкновенно = 4; тогда допускаемая на одну сваю нагрузка $P = \frac{hQ^2 a}{me(Q+q)^2}$: Слѣдовательно если наибольшее опорное давленіе будетъ D, то число свай $n = \frac{D}{P} = \frac{Dme(Q+q)^2}{hQ^2 a}$.)

При опредѣленіи числа крайнихъ свай давленіе на 1 q.ct. не должно превышать 30 kgr).

Расчетъ свайныхъ опоръ. Возьмемъ опору состоящую изъ двухъ свай или изъ двухъ группъ свай. Означимъ черезъ: D — наибольшее вертикальное давленіе приходящееся на 1 сваю, W — давленіе вѣтра. Тогда (чер. 152) имѣемъ $D + S.\cos\delta = 0$; и $W + S\sin\alpha + H = 0$; отсюда $S = -D\sec\delta$; $H = D.\operatorname{tg}\delta \mp W$. Сваи разсчитываются на осаніе какъ стойки, которыхъ одинъ конецъ закрѣпленъ неподвижно, а другой свободенъ. Стойка ab эксплоатируется силой D; сила D производитъ въ подкосѣ ac напряженіе: $D\sec\delta = D\frac{h_1}{h}$, а въ распоркѣ bc напряженіе $D\sec\delta.\sin\delta = D.\operatorname{tg}\delta$. Давленіе вѣтра производитъ въ ac давленіе $\frac{W}{\sin\alpha}$, въ горизонтальной распоркѣ давленіе W; поэтому напряженіе наклонной сваи $ac = D\frac{h_1}{h} + \frac{W}{\sin\alpha}$; напряженіе горизонтальной распорки $= W + D.\operatorname{tg}\delta$. Напряженіе діагонали $= \frac{W + D\operatorname{tg}\delta}{\cos\beta}$.

Ледорѣзы. Въ рѣкахъ съ сильнымъ теченіемъ и большимъ ледоходомъ съ верхней стороны опоры для защиты ея устраиваютъ ледорѣзы. Малые ледорѣзы состоятъ изъ крѣпкой сваи, вбитой въ грунтъ подъ угломъ 20-35° къ которой прикрѣплена 1 или 2 желѣзныя шины. (чер. 149) Эта свая поддерживается на нѣсколькихъ мѣстахъ вертикальными одиночными или наклонными двойными подпорками, съ которыми она соединена помощью шинъ и желѣзныхъ хомутовъ. Высокіе ледорѣзы скрѣпляютъ на различныхъ высотахъ горизонтальными поясами ав, между которыми устраиваютъ косые кресты. Насадки соединяютъ со сваями шинами и болтами. Когда разстояніе опоръ болѣе 6 мтр. то для равномѣрнаго распредѣленія давленія на сваю устраиваютъ двойные насадки и въ такомъ случаѣ соединяютъ сваи одной опоры находящіяся на прямой параллельной оси моста короткими схватками или подбалками р (чер. 151), соединенными со сваями клинообразными винтами и кладутъ насадки W на эти подбалки посредствомъ клиньевъ.

При отверстіи ≯12 мтр. употребляютъ дубовыя насадки. Когда длина свай недостаточна для достиженія твердаго грунта, то ихъ наращиваютъ. Для этого концы ихъ тщательно выравниваютъ и соединяютъ широкими крѣпкими желѣзными хомутами. Верхняя свая должна быть погружена на достаточную глубину въ грунтъ. Если сваи наращиваютъ вблизи поверхности грунта, то онѣ не должны соприкасаться непосредственно. Для конечныхъ опоръ находящихся отчасти въ насыпи берутъ болѣе толстыя сваи, такъ какъ онѣ легко сгниваютъ. Чтобы по возможности уменьшить на нихъ давленіе земли, не слѣдуетъ соединять ихъ въ грунтѣ между собою. Для лучшаго противодѣйствія этому давленію, крайнія сваи съ стороны рѣки должны быть вбиты всегда наклонно.



КАМЕННЫЯ СООРУЖЕНІЯ.

Подпорныя стѣны.

Различныя тѣла, будучи предоставлены дѣйствію силы тяжести, принимаютъ различное поверхностное очертаніе; извѣстно, что свободная поверхность жидкости есть горизонтальная плоскость. Тѣла твердыя могутъ удерживаться и съ наклонными поверхностями въ зависимости отъ сцѣпленія частицъ, а также отъ трѣнія между собою. Въ зависимости отъ этихъ двухъ находится уголъ трѣнія или естественнаго откоса для даннаго тѣла. Если рыхлый грунтъ ограниченъ какой нибудь поверхностью ABC (чер. 1 таб. 53) то онъ не можетъ оставаться въ равновѣсіи; нѣкоторая его часть осыпается и онъ остается ограниченнымъ иною поверхностью и подъ меньшимъ угломъ къ горизонту. Далѣе, подъ дѣйствіемъ дождя и другихъ атмосферныхъ вліяній, грунтъ продолжаетъ еще болѣе осыпаться и эта работа продолжается до тѣхъ поръ, пока поверхность грунта не обратится въ плоскость AF, наклоненную къ горизонту AH подъ угломъ $FAH=\varphi$, называемымъ угломъ естественнаго откоса. Въ такомъ положеніи грунтъ уже будетъ находиться въ равновѣсіи подъ дѣйствіемъ силъ тяжести отдѣльныхъ частицъ, трѣнія и сцѣпленія между собою. Въ дальнѣйшемъ для полученія болѣе надежныхъ результатовъ, силой сцѣпленія частицъ мы будемъ пренебрегать. Въ такомъ случаѣ уголъ естественнаго откоса равенъ углу трѣнія грунта о грунтъ. Въ самомъ дѣлѣ, всѣ какой нибудь частицы, лежащей на поверхности AF, можно разложить на силу $N \perp AF$ не производящую движенія и силу $N \cdot tg\varphi$ параллельную AF; эта послѣдняя могла бы заставить частицу двигаться, не будь силы трѣнія fN. Такъ какъ частица находится въ равновѣсіи, то $N \cdot tg\varphi = fN$, или $f = tg\varphi$. Но коэффиціентъ трѣнія $f = tg\varphi$, гдѣ φ есть уголъ трѣнія грунта о грунтъ. Слѣд. $tg\varphi = tg\varphi$ и $\varphi = \varphi$ – уголъ естественнаго откоса = углу трѣнія. Этотъ уголъ измѣняется для различныхъ грунтовъ – $\varphi = 30-35°$.

Иногда приходится ограничивать рыхлый грунтъ поверхностью болѣе крутою, нежели естественный откосъ. Въ такомъ случаѣ необходимо построить подпорную стѣнку. Для ея расчета необходимо знать величину, направленіе и точку приложенія дѣйствующихъ на нее силъ. Очевидно, что эти силы прямо пропорціональны длинѣ стѣнки, а поэтому всѣ дальнѣйшіе разсмотрѣнія будемъ относить къ стѣнѣ, длина которой = 1. Если рыхлый грунтъ подпертъ стѣной AB, то обвалъ можетъ произойти по откосу AG, болѣе крутому, нежели естеств. откосъ AF. Въ самомъ дѣлѣ при неподпертомъ грунтѣ обвалу сопротивляется только трѣніе плоскости обвала AF, въ случаѣ же подпорной стѣнки къ нему прибавляется трѣніе грунта о стѣнку въ плоскости AB, уравновѣшивающее напоръ части GAF, и поэтому уголъ обвала въ этомъ случаѣ будетъ

...инъ BAQ, возбуждая сопротивленіе въ плоскости AB, которое и называемъ ...ромъ земли на стѣнку (по принципу дѣйствія равно противодѣйствію)
...слѣд. клинъ BAQ будетъ находиться въ равновѣсіи подъ дѣйствіемъ слѣдующ...
...лъ: 1) вѣса Q клина BAQ приложеннаго въ его центрѣ тяжести O; 2) сопр...
...ивленія въ плоскости обвала W и 3) сопротивленіе въ плоскости AB;
...напоръ земли на стѣнку = E). При условіи равновѣсія эти три силы дол...
...ны пересѣкаться въ одной точкѣ O, и образовать статическій тр-къ.
...правленіе вѣса Q ⊥ горизонту; опредѣлимъ направленіе силъ E и W въ са...
...ый моментъ разрушенія, когда равновѣсіе всетаки еще существуетъ.
...въ этотъ моментъ сила W образуетъ съ нормалью къ плоскости обв...
Q уголъ тренія грунта о грунтъ. $\varphi = \angle NOM$. Въ самомъ дѣлѣ, назовем...
...лагающую силы W, нормальную къ AQ черезъ N, а ея уголъ съ W черезъ
...гда въ моментъ разрушенія, но еще при существованіи равновѣсія
...К. $tg\varphi = f$; но мы видѣли, что $f = tg\rho$; слѣд. $\varphi = \rho$. Тоже самое нуж...
...о сказать и о силѣ E; уголъ $Etn = \rho$, при чемъ $tn \perp AB$. Собственно
...говоря, слѣдовало бы написать другое обозначеніе для угла $Etn - \rho_1$
...такъ какъ тренія грунта о стѣнку болѣе, чѣмъ грунта о грунтъ. Н...
...ъ наблюденій надъ обваливавшимися стѣнками выяснилось, что здѣс...
...гдѣе происходитъ треніе грунта о грунтъ, а не треніе грунта о ст...
...у, такъ какъ задняя поверхность стѣнки послѣ обвала была обмаз...
...ена землей, а въ такомъ случаѣ можно считать $\rho_1 = \rho$. Далѣе $\angle NO$
$\angle QAH = \delta$, какъ углы съ взаимноперпендикулярными сторонами. Есл...
...ровести $tp \parallel OQ$ или $\perp AH$ то $\angle ntp = \angle BAH = \beta$, какъ углы съ взаимноперп...
...икулярными сторонами. Уголъ между силами W и Q = $\delta - \rho$. Уголъ меж...
...лами E и Q = $\angle Etp = \beta + \rho$.

Графическое опредѣленіе величины напора E. Отложивъ въ ...акомъ нибудь масштабѣ силу вѣса Q ∥ направленію OQ (чер. 3) Пусть ...на выразится линіей CD, далѣе при этой линіи строимъ тр-къ CDE ...ъ углами $(\delta - \rho)$ и $(\beta + \rho)$. Ясно, что этотъ треугольникъ есть треугольникъ ...ъ сторона CE выражаетъ силу W, а сторона DE есть ...напоръ E. Уголъ $\rho = 30 - 35°$, уголъ β = углу образуемому задней ...стѣнки съ горизонтомъ; вопросъ рѣшается такимъ ...а просто, когда извѣстенъ δ т.е. когда извѣстно положеніе ...обвала AQ. Сдѣлаемъ слѣдующее замѣчаніе: если рыхлый ...граниченный естественнымъ откосомъ AF (чер. 4) покроет... ...но очевидно она не будетъ испытывать никакого напор... для него E = 0. Равнымъ образомъ, если вообразимъ грунтъ, подпертый ...тикальной стѣнкой (чер. 5), и такого свойства что плоскость излома ...обва вертикальна, то и тутъ напоръ $E = 0$, ибо напоръ пол...гает... ...клиновидной призмы, заключенной между плоскос... о... ...положенію вертикальной, и задней поверхностью стѣнки, пол... ...льной. Такимъ образомъ мы нашли два положенія плоскости ...излома для которыхъ напоръ $E = 0$; это положеніе плоскости естест... ...а, откоса и вертикальной плоскости. При переходѣ между эт... ...айними положеніями очевидно найдемъ такое положеніе AQ плоско... ...лома при углѣ δ, когда напоръ E достигнетъ максимальной

чины. Очевидно, въ этомъ только послѣднемъ случаѣ можетъ произойти обвалъ стѣнки. Въ этотъ же самый моментъ $\angle NOM$ (чер. 2), который вообще перемѣнный и который поэтому мы назовемъ φ, достигнетъ своей максимальной величины φ. Уголъ φ есть максимумъ для φ потому, что достаточно углу φ безконечно мало увеличиться $(\varphi+d\varphi)$, чтобы началось движеніе; съ другой стороны φ можетъ достигнуть этого значенія только въ моментъ разрушенія, т.е. при томъ положеніи плоскости $A9$, когда напоръ E достигнетъ своего максимума. Итакъ мы устанавливаемъ положеніе, что въ разсматриваемый нами моментъ разрушенія положеніе плоскости обвала $A9$ таково, что напоръ E, а вмѣстѣ съ нимъ и уголъ φ достигаютъ своихъ максимальныхъ значеній. Разсмотримъ моментъ безконечно близкій къ моменту разрушенія, когда плоскость $A9$ займетъ положеніе $A9'$ (чер. 2) Разсматривая положеніе плоскости $A9$, отмѣтимъ $\angle 9AF$, равный въ моментъ обрушенія $(\delta-\varphi)$, какъ перемѣнный уголъ ψ; тогда безконечно малый уголъ $9'A9 = d\psi$. Отложимъ на линіи CD (чер. 3) отрѣзокъ CC' равный вѣсу призмы $9'A9$ въ томъ же масштабѣ въ которомъ мы и откладывали $CD = 9 =$ вѣсу призмы $BA9$. Вѣсъ призмы $9'A9 =$ пл. $9'A9.1.\gamma = CC'$ (длина стѣнки – высота призмы $= 1$). Мы разсматриваемъ моментъ безконечно близкій къ моменту тахіти'а E, поэтому въ двухъ смежныхъ значеніяхъ можемъ считать E неизмѣннымъ. Тогда силу $C'E$ можно разсматривать какъ силу сопротивленія въ плоскости излома $A9'$ (какъ новую силу W). Назовемъ безконечно малый уголъ CEC черезъ $d\varphi$, и этотъ уголъ можемъ разсматривать какъ уголъ, выражающій измѣненіе направленія силы $W = CE$, вслѣдствіе перемѣщенія плоскости $A9$. Въ самомъ дѣлѣ, построимъ линію CK подъ угломъ $\varphi_{max} = \varphi$ къ CE; эта линія представляетъ направленіе нормали къ плоскости $A9$. Равнымъ образомъ проводимъ линію $C'K$ нормально къ $A9'$. Собственно говоря $\angle ECK$ и $\angle EC'K$ не равны, но вслѣдствіе того, что второй моментъ безконечно близокъ къ моменту тахіти'а угла φ, ихъ можно считать равными и измѣненіе направленія силы W (EC и EC') выразится только $d\varphi$. Съ другой стороны $\angle CKC' = d\psi$, какъ уголъ между нормалями къ $A9$ и $A9'$. Изъ чертежа видно: изъ тр-ка $\gamma KC - \angle E\gamma K = \varphi + d\varphi$; изъ тр-ка $\gamma C'E - \angle E\gamma K = \varphi_1 + d\psi$. Какъ выше сказано $\varphi = \varphi_1$, слѣд $d\varphi = d\psi$. Замѣтимъ такимъ образомъ что уголъ $9'A9 = \angle CEC' = d\varphi$, разсматриваемъ тр-ки $9A9'$ и CEC' какъ секторы опирающіеся на безконечно малыя дуги, углы которыхъ $= d\varphi$. Извѣстно, что площади секторовъ, соотвѣтствующихъ равнымъ угламъ, относятся какъ квадраты радіусовъ; поэтому имѣемъ $\frac{\text{площ. } A99'}{\text{площ. } CEC'} = \frac{A9^2}{CE^2}$ (I). Далѣе треугольники CED и CEC' имѣютъ общую высоту; поэтому ихъ площади относятся какъ основанія. При этомъ замѣтимъ, что по построенію $CD = \gamma.$ площ. $AB9$ и $CC' = \gamma.$ площ. $A9.9'$ слѣдовательно: $\frac{\text{площ } CEC'}{\text{площ } CED} = \frac{CC'}{CD}$. Но $CC' =$ уд. $A99'$, а $CD =$ уд. $AB9$. Слѣд. $\frac{\text{площ } CEC'}{\text{площ } CED} = \frac{\text{площ. } A9'9}{\text{площ. } AB9}$. (II) Наконецъ проведемъ линію $9Z$ такъ, чтобы $\angle 9ZF = \beta + \varphi$. Тогда легко видѣть, что $\angle 9AZ = \delta - \varphi = DCE$ (чер. 2 и 3) и вмѣстѣ углы $9ZF = 9DC = \beta + \varphi$, слѣд. $\Delta A9Z \sim \Delta CED$. Отсюда имѣемъ $\frac{\text{площ } A9Z}{\text{площ } CED} = \frac{A9^2}{CE^2}$ (III) (площади подобныхъ тр-ковъ относятся какъ квадраты сходственныхъ сторонъ). Изъ ур-ія II имѣемъ $\frac{\text{площ } A99'}{\text{площ } A9Z} = \frac{\text{площ. } AB9}{\text{площ. } ECD} = \frac{A9^2}{CE^2}$ (по ур-ію I). Но по ур-ію (III) $\frac{\text{площ } A9Z}{\text{площ } CED} = \frac{A9^2}{CE^2} = \frac{\text{площ. } AB9}{\text{площ. } ECD}$ (A)

Изъ выраженія (A) имѣемъ: площ. ABJ = площ. ABZ. т.е. въ моментъ обвала линія обвала AJ дѣлитъ площадь ABJZA. пополамъ. Теперь можно будетъ опредѣлить величину напора ε. Изъ Δ CεD имѣемъ $\frac{D\varepsilon}{DC} = \frac{\varepsilon}{g} = \frac{\varepsilon}{\gamma . пл. ABJ}$ слѣд. $\varepsilon = \gamma . пл ABJ \cdot \frac{D\varepsilon}{DC}$; но изъ подобныхъ тр-ковъ DεC и AJZ имѣемъ пропорцію $\frac{D\varepsilon}{DC} = \frac{JZ}{AZ}$; слѣд $\varepsilon = \gamma . пл . ABJ . \frac{JZ}{AZ}$ (III) Если радіусомъ JZ засѣчь точку K (чер. 2) и соединить J и K то ZK = JZ и потому изъ (III) $\varepsilon = \gamma . пл . ABJ . \frac{ZK}{AZ}$ (IV); кромѣ того тр-ки AJZ и KJZ имѣютъ общую вы соту. Слѣд. можно написать: $\frac{площ\ KJZ}{площ\ AJZ} = \frac{ZK}{AZ}$. Подставляя это значеніе $\frac{ZK}{AZ}$ въ ур-іе (IV) имѣемъ $\varepsilon = \gamma . пл\ ABJ \frac{пл\ KJZ}{пл . AJZ}$ или $\varepsilon = \gamma . пл . KJZ \frac{пл . ABJ}{пл . AJZ}$. Но по доказанному выше пл. ABJ = пл. AJZ. и Слѣд. $\varepsilon = \gamma . пл . KJZ . 1.$

т. е. напоръ на единицу длины стѣны равенъ вѣсу земляной призмы, высота которой равна единицѣ, а основаніе равно треугольнику KJZ.

Графическое опредѣленіе положенія плоскости сползанія (обвала)

Опредѣлимъ положеніе плоскости обвала AC, когда поверхность земли BD неправильна (чер. 6). Возьмемъ на линіи BD произвольную точку C_1 и проведемъ $C_1\alpha_1 \parallel Ba$ (которая проведена подъ угломъ $\varphi - \beta'$ къ нормали Bx или же все равно подъ угломъ $\beta + \varphi$ къ линіи AD) опредѣлимъ разность площадей $ABC_1 - AC_1\alpha_1$ и откладываемъ полученную разность, какъ ординату въ выбранномъ нами масштабѣ отъ соотвѣтственной точки a взятой на произвольной горизонтальной оси xy (Положительныя разности откладываемъ вверхъ, а отрицательныя внизъ) Такимъ образомъ получимъ точку m_1. Для другой произвольной точки C_2 полученную разность $ABC_2 - AC_2\alpha_2$ откладываемъ въ видѣ ординаты bm_2 отъ той же горизонтальной оси xy. и т. д. Найденныя точки $m_1\ m_2\ m_3 \ldots$ соединяемъ кривой, которая пересѣкаетъ проведенную горизонталь въ точкѣ O; построенныя для этой точки тр-ки ABC_0 и $AC_0\alpha_0$ имѣютъ одинаковыя площади, потому что ордината выражающая разность изъ площадей равна нулю. Такъ опредѣляется положеніе плоскости обвала AC_0 при неправильной поверхности BD.

Частные случаи. 1) Поверхность BD плоская съ уклономъ γ къ горизонту (чер. 7) По предыдущему изъ B опустимъ на AD перпендикуляръ Bm и подъ угломъ $\varphi - \beta'$ къ Bm проведемъ линію BF. Если AC плоскость излома, то проведя черезъ C линію $CK \parallel FB$ до пересѣченія съ линіей естественнаго откоса въ точкѣ K получимъ по предыдущему $\Delta ABC = ACK$; а если проводимъ $KC_1 \parallel AC$ и соединяемъ C_1 съ A. Тр-къ ACK = тр-ку ACC_1 (общее основаніе AC и высота) Но $\Delta ACK = \Delta ABC$, слѣд. $\Delta ACK = \Delta ACC_1$. Площадь тр-ка ACB = произв. основанія BC на ⊥ опущенный изъ A на направленіе BD. Площадь тр-ка ACC_1 = произв. основанія CC' на длину того же перпендикуляра. Изъ равенства ΔACK и ΔACC_1 имѣемъ слѣд. $BC = CC_1$. Изъ подобныхъ тр-ковъ BFD и CKD имѣемъ: $\frac{BD}{CD} = \frac{FD}{KD}$ или $\frac{BD - CD}{CD} = \frac{FD - KD}{KD}$. и отсюда $BC : CD = FK : KD$. (1)

Изъ подобныхъ тр-ковъ ACD и KC_1D имѣемъ: $AK : AD = CC_1 : CD = BC : CD$.. (2)

На основаніи отношеній (1 и 2) имѣемъ $FK : KD = AK : AD$, а изъ этого отношенія замѣтивъ, что $FK = AK - AF$ и $KD = AD - AK$, получаемъ: $\frac{AK}{AD} = \frac{AK - AF}{AD - AK}$ или $AK \cdot AD - AK^2 = AK \cdot AD - AF \cdot AD$; окончательно $AK^2 = AF \cdot AD$

Этимъ уравненіемъ можно въ данномъ случаѣ воспользоваться для графическаго опредѣленія плоскости сползанія AC. (чер. 7) Отложимъ на BD полуокружность, возставимъ изъ точки F перпендикуляръ къ линіи

Пусть имѣется подпорная стѣнка (чер. 15.) для общности разсмотрѣнія имѣющая видъ несимметричной трапеціи. Положимъ что мы опредѣлили согласно вышеизложенному Е равнодѣйствующую напора на стѣнку, приложенную на 1/3 высоты и направленную подъ угломъ φ къ нормали N къ задней поверхности стѣнки. Далѣе Q вѣсъ стѣнки которой длина = 1.

Подъ вліяніемъ силъ E и Q въ опорной плоскости вызывается сопротивленіе R, которое равно и прямо противоположно равнодѣйствующей силъ E и Q. Чтобы стѣнка имѣла достаточную прочность и устойчивость, она должна удовлетворять во всѣхъ своихъ сѣченіяхъ слѣдующимъ тремъ условіямъ: 1) Давленіе ни на какомъ мѣстѣ не должно быть больше безопаснаго давленія допускаемаго на данную кладку (предполагая, что низъ подошвы Mn основаній имѣетъ $\geqq$ сопротивленій сѣченію, чѣмъ сама стѣнка). 2) Не должно быть возможнымъ скольженіе по швамъ кладки и 3) Стѣнка должна имѣть достаточное сопротивленіе для силъ, стремящихся ее опрокинуть.

1ое условіе. Равнодѣйствующая вообще наклонной силы напора E и вертикальной силы вѣса Q, выразится вообще наклонной силой R, встрѣчающей подошву въ точкѣ Z. Сопротивленіе основанія будетъ сила равнопротивоположная R и приложенная въ точкѣ Z. Вертикальная слагающая R будетъ N. Тогда наибольшее напряженіе отъ давленія въ плоскости Mn будетъ $\sigma = \frac{N}{\Omega} + \frac{M v}{J}$; гдѣ $v = b/2$, $J = 1/12 \cdot 1 \cdot b^3$, $\Omega = b.1$ (площадь подошвы стѣнки длина которой = 1, а ширина $b = b.1$) $M = N\xi$ гдѣ ξ разстояніе N отъ оси сѣченія стѣнки. Давленіе на точкѣ, находящейся на той же сторонѣ, что и точка приложенія равнодѣйствующей $\sigma_1 = \frac{N}{b} + \frac{N.\xi \frac{b}{2}}{1/12\, b^3} = \frac{N}{b}\left(1 + \frac{6\xi}{b}\right) \ldots (A)$ а для другой стороны $\sigma_2 = \frac{N}{b}\left(1 - \frac{6\xi}{b}\right)$

Растяженія не будетъ, когда σ_2 больше нуля, слѣдовательно $\sigma_2 \geqq 0$.

$1 - \frac{6\xi}{b} \geqq 0$; $\xi \leqq \frac{b}{6}$. Когда $\xi = \frac{b}{6}$; $M\xi = \frac{b}{3}$ и $\sigma_1 = \frac{N}{b}\left(1 + \frac{6\xi}{b}\right) = \frac{2N}{b}$ слѣд. стѣнка будетъ безопасна относительно растяженія, когда разстояніе точки приложенія равнодѣйствующей вѣса и напора отъ середины поперечнаго сѣченія равно или меньше 1/6 ширины сѣченія. (предыдущее разсужденіе примыкается ко всякому сѣченію проходящему черезъ швы кладки, такъ какъ съ вліяніемъ раствора въ швахъ въ дальнѣйшихъ разсужденіяхъ мы пренебрегаемъ и растяженія не должно существовать. Наиболѣе выгодный тотъ случай, когда равнодѣйствующая напора и вѣса стѣнки проходитъ черезъ середину сѣченія; тогда $\xi = 0$, $\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{N}{b}$

На гр. 16 представленъ законъ измѣненія напряженія по ширинѣ сѣченія когда N проходитъ черезъ точку d. При перенесеніи силы вѣсъ увеличеніи ξ, напряженіе въ a увеличивается, а въ n становится отрицательнымъ. При уменьшеніи ξ напряженіе въ a уменьшается, а въ n при бываетъ и когда $\xi = -1/6\, b$; напряженіе въ a = 0 а въ $n = \frac{2N}{b}$. При дальнѣйшемъ перенесеніи точки d приложенія силы N, напряженія въ n увеличиваются, а въ a становится отрицательнымъ. Точка d наз. ядровой точкой. Величина наибольшаго напряженія не должна быть больше

R.

дельно слагающее T (чер. 15). Скольжению сопротивляется сила трения fN, по этому должно быть $T \leqq Nf$. $T = N \cdot \operatorname{tg}\alpha$; f по предыдущему $= \operatorname{tg}\varphi$. Слѣдовательно $N \operatorname{tg}\alpha \leqq N \operatorname{tg}\varphi$; $\operatorname{tg}\varphi \geqq \operatorname{tg}\alpha$; $\alpha \leqq \varphi$, т.е. равнодѣйствующая должна образовать съ нормалью къ откосу уголъ меньшій угла трѣнія (для камня менѣе 30°)

Чтобы сдѣлать α меньше, даютъ основанію AM (чер. 15) наклонъ къ горизонту обратнымъ условіемъ будетъ невозможность опрокидыванія стѣнки. Примемъ за ось вращенія горизонтальную ось, проходящую черезъ O. Тогда ур-іе моментовъ дастъ $Nz \geqq Qe - Pd$. Выразимъ теперь силы Q, P и R черезъ размѣры стѣнки, для чего разсмотримъ подпорную стѣнку, общій видъ которой пусть будетъ трапеція $ABCD$ (чер. 14 и 17а)

Возьмемъ часто встрѣчающійся на практикѣ случай наклона откоса къ горизонту, уголъ этого наклона обозначимъ черезъ δ. Обозначимъ кромѣ того ширину AB нижняго основанія трапеціи черезъ b, высоту черезъ h, величину откоса D_1A черезъ $a = mh$ и BC черезъ $m_1 h_1 = a_1$; тогда верхнее основаніе CD выразится черезъ $b - a - a_1$. На BC дѣйствуетъ напоръ E, приложенный въ точкѣ K, которая отстоитъ отъ B на $\frac{1}{3}BC$. Въ центрѣ тяжести Z трапеціи дѣйствуетъ вѣсъ стѣны P, направленный по вертикали. Равнодѣйствующая R этихъ силъ, положимъ проходитъ черезъ точку n, которая лежитъ на разстояніи $\frac{1}{3}b$ отъ точки A. Въ такомъ случаѣ всѣ сѣченія AB (по вышедоказанному подвергаются одному только сжатію, при чемъ въ точкѣ A будетъ наибольшее напряженіе матеріала сжатію $\sigma_{max} = \frac{2N}{b}$; а въ точкѣ B оно равно нулю. Участвуютъ на стѣнку силы E и P, и сопротивленіе R, которыя находятся въ равновѣсіи. Примемъ точку n за центръ моментовъ, тогда при равновѣсіи силъ E, P и R тогда условіе равновѣсія выразится равенствомъ: $Pd - Qe = 0$: (мом $R = 0$). Опредѣлимъ моментъ Pd. Раздѣлимъ трапецію, опустивъ изъ точекъ C и D перпендикуляры на AB, получимъ два тр-ка AD_1D и BCC_1 и прямоугольникъ CDC_1D_1 (чер. 17)

Силы тяжести этихъ частей AD_1D, BCC_1 и CDD_1C_1 — P_1, P_2 P_3 будутъ дѣйствовать въ точкахъ Z_1 Z_2 Z_3 при чемъ Z_1 и Z_3 лежатъ на $\frac{1}{3}Dd$ и C соединяющихъ середины основаній треугольниковъ съ вершинами C а Z_2 — на пересѣченіи діагоналей прямоугольника DD_1C_1C. Разложимъ P_1 P_2 P_3 по направленіямъ перпендикулярному и параллельному AB, тогда моментъ Pd выразится такъ Pd = мом. P_1' + мом. P_1'' + мом P_2' + мом. P_2'' + мом. P_3' + мом. P_3''. Опредѣлимъ плечи силъ $P_1' = P_1 \cos\delta$; $P_1'' = P_1 \sin\delta$; $P_2' = P_2 \cos\delta$; $P_2'' = P_2 \sin\delta$; $P_3' = P_3 \cos\delta$; $P_3'' = P_3 \sin\delta$. 1) Плечо силы ($P_1 \cos\delta$) будетъ An, но An по условію равно $\frac{1}{3}b$, а $Af_1 = Ad + df_1$; $df_1 = \frac{1}{3}dD = \frac{1}{3}\frac{a}{2} = \frac{1}{6}a$; $Ad = \frac{a}{2}$, поэтому $af = \frac{a}{2} + \frac{1}{6}a = \frac{2}{3}a$. Слѣдовательно, плечо $P_1 \cos\delta$ будетъ $\frac{1}{3}b - \frac{2}{3}a$, при чемъ мом. $P_1 \cos\delta$ будетъ отрицательнымъ. 2) Плечо силы ($P_1 \sin\delta$) $= \frac{h}{3}$ (h — an). 3) Для силы ($P_2 \cos\delta$) плечо силы будетъ $AD_1 + D_1f_2 - An =$ $= \frac{b}{3} - \frac{a}{2} - b$ " 4) Плечо для силы ($P_2 \sin\delta$) $= \frac{h}{2}$

Матеріалы.	кгр. на □ см	
	Сжатіе.	Растяженіе.
Гранитъ	45	5–6
Известнякъ	25	3
Песчаникъ	15–30	2–4.
Кирпичная кладка на возд. раствор.	7	0–0,5
" " " цемент. раств.	11	1,3
" " " лучшая.	14	1,8–2
" " лучшій клинкеръ.	12–14	
Каменная на воздушномъ раствор.	5	
Хорошій грунтъ	1,5–2,5.	

5) Плечо для силы $(q_3 \cos\delta) = Bn - Bf_3$; $Bf_3 = Be + Cf_3 = \frac{a_1}{2} + \frac{a_1}{2}\cdot\frac{1}{3} = \frac{a_1}{2} + \frac{a_1}{6} = \frac{2}{3}a_1$; $Bn = \frac{2}{3}b$ этому $Bn - Bf_3 = \frac{2}{3}b - \frac{2}{3}a$, 6) Наконецъ плечо силы $(q_3 \sin\delta)$ будетъ $h/3$.

Подставляя эти величины получимъ:

$$\mathcal{E}e = q_g = -q_1\cos\delta(\tfrac{1}{3}b - \tfrac{2}{3}a) + q_1\sin\delta\tfrac{h}{3} + q_2(\tfrac{a-a_1}{2} + \tfrac{b}{6})\cos\delta + q_2\sin\delta\tfrac{h}{2} + q_3\cos\delta(\tfrac{2}{3}b - \tfrac{2}{3}a_1) + q_3\sin\delta\tfrac{h}{3} \ldots\ldots$$

При постройкѣ матеріалъ стѣны долженъ быть извѣстенъ, слѣдовательно данъ и его удѣльный вѣсъ, который обозначимъ черезъ γ. Можно выразить поэтому величины q_1 q_2 q_3 черезъ γ и размѣры стѣнки: $q_1 = \frac{a+a_1}{2}\cdot\gamma$; $q_2 = \frac{a+a_1}{2}h\gamma$ и $q_3 = \frac{a_1 h}{2}\gamma$.; длину стѣнки принимаемъ $= 1$. Подставивъ эти величины въ формулу (α) получимъ послѣ упрощенія и приведенія формулу, въ которую войдутъ величины b, h, m, m_1 и a и a_1; но h, m и m_1 извѣстны, слѣдовательно будетъ отсюда найти величину b, которая удовлетворитъ условію давленій на AB, такъ какъ самое уравненіе было составлено при соблюденіи этого условія. Формула, которая получилась изъ ур-ія (α) будетъ представлять самый общій случай, изъ которой нѣкоторыя упрощенія можно получить частные случаи:

1) $a = 0$. (чер. 18) т.е передняя часть стѣнки перпендикулярна къ основанію.
2) $a = a_1$ (чер. 20); сѣченіе стѣнки симметричное.
3) $a = 0$ и $\delta = 90 - \delta$ (чер. 22) Задняя часть стѣнки вертикальна, а передняя перпендикулярна къ основанію.
4) $a_1 = 0$. (чер. 19) Задняя часть стѣнки перпендикулярна къ основанію
5) $a = a_1 = 0$ (чер. 21) Обѣ части перпендикулярны къ основанію.
6) Положимъ теперь, что уголъ $\delta = 0$, т.е. линія горизонтальна; стѣнка получитъ видъ, какъ на чер. 25.
7) Положимъ что откосы одинаковы, т.е. $a = a_1$ и стѣнка получитъ симметричный видъ (чер. 26)
8) Откосъ a_1 — отрицательный (чер. 24). Этотъ случай самый невыгодный потому что можетъ получиться размѣръ $CB > AD$, т.е. стѣнка толще.
9) Откосъ $a = 0$; передняя часть стѣнки вертикальна (чер. 28)
10) Откосъ $a_1 = 0$; задняя часть стѣнки вертикальна (чер. 27)
11) $a_1 = a = 0$. Передняя и задняя части вертикальны (чер. 28)

Прилагаемая таблицу вѣсовъ 1 куб. мтр и величины φ для различныхъ матер

Названіе матеріала		Вѣсъ 1 куб. мтр въ кгр.	Величина угла φ
Тощая глина	сухая	1500	40° – 45°
	мокрая	1900	20° – 25°
Жирная глина	сухая	1600	40° – 50°
	мокрая	1950	20° – 25°
Черноземъ влажный		1650	30 – 35°
Песокъ, гравій		1600 – 1800	30°

Прочность каменнаго сооруженія зависитъ отъ породы камней изъ кот обычъ дѣлается кладка. При разсчетѣ такого сооруженія принимаютъ сцѣпленіемъ раствора въ швахъ, ибо послѣднее, сотрясеніемъ ударами и другими причинами можетъ быть совсѣмъ уничтожено

условіе, чтобы направленіе силы R лежало внутри угла трения (чер. 29), т.е. равнодействующая R должена образовать съ нормалью nt къ плоскости ива уголъ φ не больший угла трения ρ. Если сила R выйдетъ изъ конуса трения, то верхній слой кладки можетъ быть сдвинутъ вдоль ива и можетъ произойти разрушеніе стѣны не смотря на достаточную ея массивность. Въ такомъ случаѣ для уменьшенія угла φ, дѣлаютъ ива наклонными къ горизонту. Изъ только что сказаннаго видно, что знаніе направленія силы R внутри кладки очень важно. На практикѣ это провѣряется такъ: разбиваютъ сѣченіе стѣны АВСД (чер.) на нѣсколько частей съ равными высотами, придерживаясь если возможно ивовъ и опредѣляютъ направленія R для каждой части, по которымъ и будутъ судить о крѣпости сооруженія. Получаемая ломанная линія $RR_1R_2R_3R_4$ называется линіей давленія, она по смыслу высказаннаго ранѣе, не должна выходить изъ ядра стѣны (ея средней трети) и направленія $R_1 R_2 R_3 \dots$ должны не выходить изъ конуса трения (уголъ ихъ съ нормалью къ плоскости соотвѣтствующаго ива долженъ быть не болѣе угла ρ). Кривая 1,2,3,4 соединяющая точки пересѣченія силъ $R, R_1, R_2 \dots$ съ линіями раздѣла B_1C_1 B_2C_2 носитъ названіе опорной линіи.

Для примѣра разсмотримъ береговой устой (чер. 32). Положимъ что ивы устоя горизонтальные и высота H для простоты раздѣлена на 4 равныя части. На данное сооруженіе дѣйствуетъ извѣстной величины нагрузка P (вѣсъ моста и поѣзда, сила напора земли E и вѣсъ самой кладки). Вѣсъ каждой части кладки будетъ приложенъ въ центрѣ тяжести, который въ случаѣ правильныхъ фигуръ находится извѣстнымъ образомъ (см. чер.) Пусть вѣсъ части СВтп – q_1; части СВор – q_2; части СВQг – q_3; части СВАД – q_4; напоръ на Вп – E_1, Вр – E_2; на Вг – E_3; на Вд – E_4 (опредѣлимъ величину и точку приложенія по указаннымъ выше правиламъ); часть СВтп будетъ находится подъ дѣйствіемъ силъ $\vec{P}$, $\vec{q}_1$ и $\vec{E}_1$; сложимъ сначала силы $\vec{P}$, $\vec{q}_1$ посредствомъ веревочнаго многоугольника; полученную равнодѣйствующую $\vec{Q}_1$ сложимъ съ $\vec{E}_1$ по правилу параллелограмма. Тогда R_1 будетъ равнодѣйствующей $\vec{P}$, $\vec{q}_1$ и $\vec{E}_1$. Точку пересѣченія Q_1 и E_1 наз. d. (построеніе видно на чер. 31.) Далѣе слѣдовало бы сложить силы дѣйствующія на часть СВор – $\vec{P}$, $\vec{q}_2$ и $\vec{E}_2$. получимъ направленіе равнодѣйствующей R_2, затѣмъ складываемъ силы $\vec{P}$, $\vec{q}_3$ и $\vec{E}_3$, получимъ направленіе R_3 ..... Направленія $R_1 R_2 R_3 R_4$ дадутъ положеніе линіи давленія d, n, l, y. Покажемъ какъ дѣлается это сложеніе силъ въ общемъ видѣ для всѣхъ трапецій; предварительно же сдѣлаемъ слѣдующее замѣчаніе. Обратимъ площади трапецій въ прямоугольники съ общимъ основаніемъ = c; высота ихъ прямоугольниковъ будутъ соотвѣтственно = h_1 h_2 h_3 h_4.

кромѣ того обозначимъ трапеціи mnCB черезъ (1); opBC черезъ (2) и т.д.
Силы q_1 q_2 q_3 q_4 т.е вѣса кладки частей BCmn, BCop, BCqr мы можемъ
Замѣнить теперь черезъ произведеніе γ на объемы параллелипедовъ,
у которыхъ одинъ размѣръ (перпендикулярный плоскости чертежа) = 1
$q_1 = \gamma ch_1$ $q_2 = \gamma ch_2$, $q_3 = \gamma ch_3$ и $q_4 = \gamma ch_4$ (см табл. a) Опредѣлимъ давленія грун
та E_1 E_2 E_3 E_4 на плоскости Bn, Bp, Bq и Bt и превратимъ получен
ные треугольники въ прямоугольники съ общимъ основаніемъ c.
Обозначимъ высоты этихъ прямоугольниковъ черезъ W_1, W_2 W_3 и W_4
получимъ $E_1 = \gamma_1 cW_1$; $E_2 = \gamma_1 cW_2$ ..... Замѣтимъ теперь γ черезъ γ_1; оче
видно, что при этомъ, чтобы величины $q_1 = \gamma ch_1$, $q_2 = \gamma ch_2$ .....

Табл. a

№	q = I	II	E =
1	γch_1 =	$\gamma_1 ch_1'$	$\gamma_1 cW_1$
2	γch_2	$\gamma_1 ch_2'$	$\gamma_1 cW_2$
3	γch_3	$\gamma_1 ch_3'$	$\gamma_3 cW_3$
4	γch_4	$\gamma_1 ch_4'$	$\gamma_4 cW_4$

останемъ соотвѣтственно равными слѣдуетъ
положить $h_1' = \frac{h_1\gamma}{\gamma_1}$; $h_2' = \frac{h_2\gamma}{\gamma_1}$ (Это ясно изъ рав.
$q_1 = \gamma ch_1 = \gamma_1 ch_1'$; $q_2 = \gamma ch_2 = \gamma_1 ch_2'$ .....) (см таблицу)
Опредѣленіе h_1' h_2' .... можно сдѣлать простымъ
геометрическимъ построеніемъ (см. чер. 34)
На сторонахъ угла AOB откладываемъ $OC = \gamma$,
$OD = \gamma_1$, $OA = h_1$; если проведемъ черезъ точку A
линію $AB \parallel CD$, то отрѣзокъ OB и будетъ пред-
ставлять искомую величину h_1'; такимъ
найдемъ h_2' h_3' и h_4'. Замѣтимъ еще, что грузъ P разсматрива-
ется въ данномъ случаѣ, какъ постоянный, притомъ, какъ
минимальное давленіе на опору отъ верхняго строенія.
Если его представимъ въ видѣ параллелипеда землею (плотность
γ_1) съ размѣрами C и 1, то высота его выразится нѣкоторой
величиной которую обозначимъ черезъ h_p: $\gamma_1 c h_p = P$. $h_p = \frac{P}{\gamma_1 c}$.
Такъ какъ положеніе и направленіе равнодѣйствующей какого
нибудь числа силъ не измѣняется, если всѣ слагающія увели-
чимъ или уменьшимъ въ какое нибудь число разъ, то для
построенія опорной линіи и линіи давленія, мы можемъ
силы P, q_1 E_1 замѣнить пропорціональными ихъ величинами
h_p, W_1 и h_p. Проведемъ Of (чер. 33) вертикально и на ней отложимъ
въ извѣстномъ масштабѣ $Oa = h_p$, $ab = h_1'$, $ac = h_2'$, $ad = h_3'$ и $af = h_4'$.
Черезъ точку O проводимъ $Oy \parallel$ направленію напора E и на ней
откладываемъ $Ok = W_1$; $Ol = W_2$; $Ox = W_3$ и $Oy = W_4$. Теперь складываемъ
$h_p + h_1' + W_1$ — равнодѣйствующая ихъ будетъ ak_1, обозначимъ ее для
краткости черезъ I, она опредѣлитъ намъ направленіе R_1. Далѣе
соединимъ l съ c. и обозначимъ lc черезъ II, она опредѣлитъ направле-
ніе силы R_2 — равнодѣйствующей P q_2 и E; далѣе соединяя x съ d полу-
чимъ dx — III соотвѣтствующей R_3; наконецъ соединяя y и f получа-
емъ fy — IV соотвѣтственно R_4. Точки окс d_1 d_2 d_3 .... приложенія силъ
R_1 R_2 R_3 ..... находятся весьма просто; для этого складываютъ сна-
чала силу P поочередно съ каждой изъ силъ q_1 q_2 q_3 .... обозначивши
какъ было выше равнодѣйствующую силъ P, и q_1 черезъ Q_1; P и q_2 черезъ
Q_2; P и q_3 черезъ Q_3. Если затѣмъ продолженія соотвѣтственно
направленія Q_1 и E_1; Q_2 и E_2; Q_3 и E_3 .... до пересѣченія, получимъ искомыя точ
ки d_1 d_2 d_3 .... проводя черезъ которыя параллели I, II, III .... получимъ линію давленія

Каменныя стѣны.

На гр. 35 показаны разные виды каменныхъ стѣнъ въ двухъ видахъ (вертикальномъ и горизонтальномъ разрѣзѣ). Если стѣна небольшой высоты то она большей частію ограничивается двумя вертикальными плоскостями, параллельными другъ другу (прямыя стѣны) когда высота постоянна по длинѣ стѣны и непараллельными (косыя стѣны) если высота стѣны перемѣнна (гр. 35 А и В) Если стѣны большой высоты, то она ограничиваетъ двумя наклонными другъ къ другу плоскостями (наклонныя стѣны), такъ что вертикальный разрѣзъ стѣны будетъ трапеція (гр. 35 С и D) По горизонтальнымъ разрѣзамъ стѣны, можемъ кромѣ того заключить, постоянна ли высота стѣны или нѣтъ; такъ на гр. 35 С показана стѣна постоянной высоты – прямая наклонная стѣна (въ горизонтальной проекціи прямоугольникъ); на гр. 35 D показана стѣна перемѣнной высоты (въ горизонтальной проекціи-трапеція) – косая наклонная стѣна. Уклонъ боковыхъ поверхностей стѣны опредѣляется тангенсомъ угла между ними и вертикальной плоскостью (гр. 35 D) $tg\alpha = \frac{e}{h}$ (h-высота). Уклонъ обыкновенно дѣлаютъ равнымъ 1/10, такъ что $tg\alpha = \frac{e}{h} = 1/10$: $e = \frac{1}{10}h$.

Кромѣ плоскихъ стѣнъ приходится употреблять еще иногда стѣны ограниченныя другими какими нибудь поверхностями, чаще всего цилиндрическими и коническими. При этомъ ось цилиндра можетъ быть или горизонтальная или вертикальная (гр. 35 Е и F) Цилиндрическія стѣны могутъ быть или прямыя или косыя (гр. 35 G). Эти стѣны кладутся въ виду экономіи матеріала, но зато самая работа кладки обходится дороже, въ виду трудности исполненія. Для кладки стѣнъ можно употреблять кирпичъ или естественный камень; кладка изъ камня употребляется для облицовки, а также для покрытія стѣнъ. Способы кладки камня излагаются въ курсѣ Инженернаго искусства, кирпичъ же кладется по правиламъ, изложеннымъ въ Строительномъ искусствѣ.

Каждая изъ стѣнъ вверху ограничивается горизонтальною или наклонною плоскостью, въ послѣднемъ случаѣ стѣна наз. косою. Если стѣны, тонкою въ 1 камень сходятся подъ угломъ, то кладку производятъ такъ, чтобы въ ребрѣ этого угла не приходился вертикальный шовъ; для чего употребляются особаго вида угловые камни. Если стѣны сходятся подъ прямымъ угломъ, то угловой камень имѣетъ видъ представленный на гр. 36; пунктиромъ здѣсь показано положеніе камня во второмъ ряду кладки, въ третьемъ камень опять займетъ положеніе abmde и т.д. Камни кладутся то длинною своею сторо-ною по cd, то короткою. Если стѣны сходятся подъ тупымъ угломъ, то угловой камень имѣетъ видъ, представленный на гр. 37. Кладка производится также какъ и выше, т.е. то длинная, то короткая грань угловаго камня приходится по линіи h_2. Если стѣна толста, то приведенный выше способъ кладки

въ углахъ не годится, ибо камни будутъ черезъ чуръ тяжелы. Для уменьшенія размѣровъ камня и для удобства пригонки ива въ углахъ употребляютъ кладку, представленную на чер. 38, состоящую изъ двухъ рядовъ камня. Для полученія угловаго камня берутъ отъ угла a на разстояніи ma = ½b, гдѣ b ширина камня, точку m, и черезъ точку m проводимъ mm' перпендикулярно къ поверхности стѣны. Эта линія будетъ ивой, величину mm' берутъ немного менѣе b. Шовъ nn' получится, если на разстояніи an = b проведемъ къ an перпендикуляръ nn' = b. Такимъ образомъ очертаніе камня будетъ mm'm'1. Остальные камни размѣромъ (b × 2b) кладутся по правиламъ кирпичной кладки, т.е. по одной сторонѣ угла камни кладутся тычкомъ, а по другую ложкомъ. Второй слой камней кладется такъ, какъ изображено на чертежѣ пунктиромъ, при этомъ угловой камень занимаетъ положеніе $m_0'k H_0' K_0$; вообще второй слой располагаютъ такимъ образомъ, чтобы не было вертикальныхъ сквозныхъ ивовъ. Для ясности, нужно вообразить себѣ, что первый слой повернутъ на 90°, тогда и получимъ второй слой кладки. Далѣе 3-й слой располагается какъ 1-й и т. д.

Каменная кладка косыхъ стѣнъ производится слѣдующимъ образомъ: 1) Если уголъ между направленіями стѣнъ менѣе 10° (чер. 39), то ивы каменной кладки идутъ перпендикулярно одной изъ стѣнъ, а съ другой же образуютъ острые углы, впрочемъ мало отличающіеся отъ прямого. Углы < 80° при тесовой кладкѣ надо избѣгать, потому что они отламываются не только при изготовленіи, но и послѣ въ теченіе времени.

2) При углѣ большемъ 10°, но меньшемъ 15°, проводятъ линію, дѣлящую уголъ между стѣнами пополамъ, и къ этой линіи ивы кладки должны быть перпендикулярны; очевидно, что при этомъ углѣ ива съ поверхностью стѣны будетъ ближе къ 90° чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ (чер. 40)

3) Если наконецъ уголъ между плоскостями стѣны больше 15°, то ивы идутъ перпендикулярно къ поверхности обѣихъ стѣнъ и камень принимаетъ видъ, представленный на чер. 41, т. е. имѣетъ прямые и тупые углы, причемъ послѣдніе лежатъ на средней, дѣлящей уголъ пополамъ линіи.

Этотъ способъ кладки стѣнъ употребляютъ только при незначительной толщинѣ ея, въ противномъ случаѣ камни выйдутъ черезчуръ тяжелы и обтеска ихъ представитъ затрудненія. Въ такомъ случаѣ употребляютъ способъ кладки представленной на чер. 42 и 43. Онъ состоитъ въ томъ, что берутъ камни двухъ родовъ: прямоугольные abcd (чер. 42) и пятиугольные abdfl. Очертаніе этихъ камней получится, если изъ точекъ a, d, a'd' пересѣченія средней линіи со швами, идущими перпендикулярно къ поверхности стѣнъ, опустимъ перпендикуляры ab, d'b'... къ линіи bd, a'f' и т.д. причемъ прямоугольные камни могутъ ложиться по одну сторону средней линіи, какъ на чер. 43 или же въ перемежку съ

пятницальными (чер. 42)

При большой толщине стены иногда только наружную ее часть облицовывают из камня тесового, а внутрь кладут бутовый кам
Тут правила кладки остаются тоже, т.е. выступающие ив должны идти нормально к наружной поверхности стены
Если стена кладутся из кирпича, то наружная сторон необтесывается, обтеска же производится только внутр при стыках ав, где пострадавшая вследствие обтески ст фока кирпича защищена от внешних влияний. (чер 44)
Разсмотрим расположение горизонтальных ивов в наклонн стенах. Статическія соображенія заставляют утонять стену книзу, так как тогда нагрузка каждого из ив кладки будет одинакова; стена приблизится к форм равнаго сопротивленія. Если уклон стены менше 10°, наклонныя стены получают горизонтальные ивы.
При углах больших 10° наружные ивы делают перпендикуля ными к наружной поверхности стены и форма камней облицовки получает вид представленный на чер. 45; для поступают так: на разстояніи равном 10-20 ст проводя линію md, параллельную наружной поверхности стены, точек пересеченія этой линіи с горизонтальными ивам опускаем перпендикуляры к наружной поверхности ст Это будут наружные ивы. Разстояніем h между горизон тальными ивами задаемся; оно зависит от размера ней, также как и величины am, a'm', b'm" ...; линіи mm', вертикальны. Нужно замѣтить что при кладкѣ камен стѣнъ не употребляется камни ⟩ 3 куб mtr. ибо при бол ших размѣрах камень очень тяжелъ. Для низенях ня употребляют или форму d'fgg'd, (пунктиром) или эт форму d,'lfgg'd,'; первый вид употребляется при малых нагрузка Вышеописанная кладка и обтеска камней употребляется т когда лицевая поверхность стены должна быть ровная. Е лицевая поверхность может быть неровная, то употр бляют другой способ (чер. 46); именно из точек пересѣчен поверхности стѣны со ивами 1, 2, 3... возставляем перпен куляры к горизонтальному направленію ивов, и отклады ем на них величины 1'1, 2'2, 3'3'.... равные ⅓-½h, где h да са в зависимости от величины камней. Точки 1', 2', 3' Соединяем соответственно с 0, 1, 2, 3... и таким образом получаем форму камня. Этот способ удобен тем вси камни имеют одинаковый вид, между тем как предыдущем способѣ каждый камень отличается от сос ных, и кроме того здесь избѣгается обтеска входящих уго Когда вся стѣна делается из кирпича, то тогда кладка наружнаго имеет слѣдующій вид (чер. 47) Кладку де лают ценную, и каждая ступень имеет 3 или 4 кирпича, а ну

ные слои кладутся нормально к наружной поверхности стены; в подоконь кладут особой формы камень для большей устойчивости. Иногда делают кладку, представленную на чертеже 48. при которой кладка горизонтальных и наклонных слоев производится одновременно. Внизу сначала укладывают опорный камень и затем ряда 2 кирпича горизонтально; затем кладут наклонные ряды кирпича (4 или 5 слоев) затем горизонтальные ряды до тех пор, пока слой ав не будет равняться 20 ст, тогда кладут наклонные опять, и таким образом кладка горизонтальных и наклонных слоев чередуется.
Кладку иногда делают так, как представлено на чер. 48 а; здесь в наружном слое кирпич кладется вдоль, нормально к наружной поверхности стены. Обе кладки связи не имеют, употребляются в малых постройках.

Подпорные стены.

Это тоже каменная или кирпичная стена, о которых мы уже говорили раньше. Чертеж 49 представляет некоторые виды подпорных стен в вертикальном разрезе. Для предохранения от атмосферных влияний стена покрывается плитами от 10 ст до 30 ст. толщиною; для стока воды им дают некоторый уклон (чер. 50). Недостаток такого рода покрытия подпорных стен заключается в том, что верхние камни (плита), от давления земли могут быть сдвинуты. Для предупреждения этого делается соединение плит с остальной кладкой помощью зуба (чер. 51) или желобного штыря (чер 52). Верхние камни получают обыкновенно фигурную форму.
На чертежах 51, 52, 53 показаны различные виды таких камней. Профили камней представленных на чер. 52, 53 имеют то преимущество, что стекающая вода не может попасть в первый, наиболее слабый шов под карнизный камень, а дойдя до выкружки S будет прямо стекать вниз. Часто надпорной стеной поднимается еще откос, тогда во избежание вымывания земли над карнизной плитой верхнюю плоскость камня приходится делать ломанной (чер. 54), причем наружная плоскость рг составляет как бы начало откоса. Линия тт' (чер. 54, 55, 56, 57) проводится параллельно откосу на расстоянии от 10 до 20 ст, что конечно зависит от размера камней. Задняя сторона камней большею частью необтесывается и остается необделанной. При значительной высоте подпорная стена сверху снабжается столбиками, которые поддерживают карниз. Укрепление столбиков указано на чер. 58.

Крылья.

Если приходится делать сооружение выше естественной повер

сооружением; насыпь в поперечном разрезе определяется необходимой высотой, шириной и углом естественного откоса. Для земляной насыпи угол естественного откоса берется приблизительно равным 30° (чер. 59) Откос этот наз. полугранным так как $b = h \cdot \operatorname{ctg} \varphi = 1\frac{1}{2}h$. Если же сооружение приходится делать ниже естественной поверхности, то это достигается выемкой грунта (чер. 60) При производстве выемки угол откоса принимается в зависимости от свойств грунта более чем в случае насыпи, именно от 36 до 45°.

Представим себе насыпь прерванной (чер. 61), при чем будем в дальнейшем будем принимать, что она сооружена на горизонтальной плоскости, а потому нижняя плоскость CK параллельна верхней AM. Из чертежа видим, что насыпь можно рассматривать состоящей из трех частей, средней 4-хгранной, и двух боковых 5-хгранных призм. В способах прерывания насыпи можно быть несколько случаев: 1) Пусть C, A, AC' (чер. 61) вертикальная плоскость прерыва насыпи. Очевидно земля будет держаться только в том случае, если проведем плоскость прерыва C, D, DC под углом естественного откоса. В проекциях насыпь представлена на чер. 62. В том случае, как это и бывает, если продолжением прерванной насыпи служит мостовое сооружение, то конечно, надо устроить опору, которая в этом случае не будет служить ограждением насыпи, (которая удерживается боковыми гранями) а имеет целью только поддерживать мост (чер. 62). Этот способ прерывания насыпи называется американским. В нем достигается большая экономия в стоимости каменной кладки, но за то пролет моста выходит больше, чем в том случае если бы насыпь была ограничена вертикальной плоскостью прерыва. В этом случае (чер. 63) насыпь приходится ограждать вертикальной подпорной стенкой, при чем средняя часть A, A C, D заданной высоты, в то же время служит опорой мостового сооружения, боковые же части B, A, C, и DCB переменной высоты исключительно поддерживают насыпь, и наз. откосными крыльями. Так как высота крыльев переменна, то в плане толщина крыльев непостоянна, а постепенно сужается от средины к краю. На чер. 64 представлены различные конструкции крыльев: 1) Наружная плоскость крыла вертикальна и перпендикулярна к оси XY. 2) Наружная плоскость крыла вертикальна, но наклонна к оси XY под некоторым углом. 3 и 4) Тоже, что 1 и 2, но средняя часть стены выступает вперед относительно крыльев. 5 и 6) Косое и цилиндрическое крыло. При устройстве цилиндрических крыльев получается некоторая экономия в объеме кладки, но за то производство кладки дороже; так что в общем цилиндрические крыла обходятся дороже прямых. Наиболее часто практикуемый способ ограничения насыпи следующий (чер. 65). Средняя часть так же, как и в предыдущем.

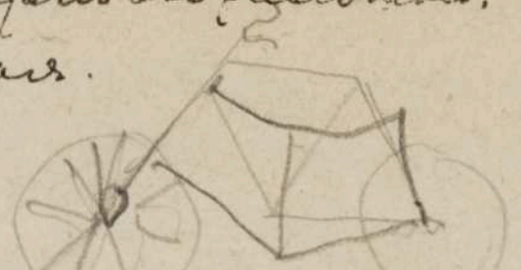
ющую вертикальная плоскость, а пересекающими горизонтальной плоскостью горизонтальной проекции будет ось SC и поэтому масштаб будет действителен собою; но здесь теперь обнаружились две вертикальные плоскости масштаба AC S и A, C, S как указано выше обращенные или параллельные краевыми AS и A, S,. Это две прямые линии, идущие до вершины плоскостей S и S, и параллельные оси масштаба (чер 66) Средней части плоскости AA, C, C при большой высоте можно дать плоскостную поверхность уменьшая ее кверху. Иногда плоскость BC проводят круче, чем под углом естественного откоса; тогда ость покрывают каменной отсыпкой или деревянной. Самый объем пирамиды SC 13 13' 3' вычислить не трудно, если знать коэф.-ты откосов m и n, для SB' и SC или когда проведя S'13' // CB (чер 65) получим S'B' = n l = CB; S'C = m, l = AS, где в общем случае m и n, неравные в частном же случае могут быть равны. Чтобы избежать угла CB B' го бруствера SB, его обыкновенно закругляют (чер 66) кривой касательной к CC, и BN и производящей SC (или S, C, описывают конус. Если откосы SC и CB' равны (чер. 65) (т.е m = n), то кривая CB' на горизонтальной проекции будет представлена четвертью окружности; если же n ≠ m, то это будет часть эллипса, причем при большом круглых откосах бокового вала поверхность ухудшают отсыпкой. Есть еще способ крепления насыпи (чер. 67.) состоящий из соединения двух предыдущих способов, именно средняя часть ограждается обыкновенной откосной и боковые откосными кривыми, которые доходят до конца т.е. нижнюю дорогу траншеи. Остающуюся часть каждой из пересекающих плоскостей укрепляют обратными кривыми и отсыпными конусами (с вершиной S). Обращения кривых это подпорные стенки отличающиеся от последних только тем, что снаружи бранных кривых также насыпается земля под естественным откосом и меньшей высоты, чем само крыло, так что обращение дало сэкономить между двух земляных стенок и потому оно сооружение сравнительно тоньше, чем подпорная стенка той же высоты.

Конструкция крыльев. Откосные крылья, которые собственно не составляют опоры для системного сооружения, но только защищают насыпь откосы, могут, смотря по надобности защищать земляное полотно или от боковых или наклонного поверхностями также цилиндрическими и коническими поверхностями. Различные откосные крылья указаны на чер 66 в проекциях на вертикальную плоскость (верхний ряд) и на горизонтальную (нижний ряд) имеем A представляет прямое вертикальное крыло стенка которая вертикальна к оси проекции. Черт 3 только для одной ветви, когда средняя опорная стенка, а потому и площадь прямого крыла в стенной плоскости вид m m' n' n. Черт 4 дает косое вертикальное крыло, идущее под углом к оси проекций

Черепанов Инж.

Въ томъ случаѣ, если вертикальное сѣченіе цилиндрической поверхности съ вертикальной плоскостью проэкцій, не параллельное съ горизонтальной. Чертежи Ги Ғ представляютъ косыя наклонныя крыши.

Своды.



Въ конструктивномъ отношеніи наибольшее распространеніе получили цилиндрическіе своды съ горизонтальною осью, или поэтому разсмотрѣніе простѣйшихъ цилиндрическихъ сводовъ. Въ инженерномъ искусствѣ они употребляются при сооруженіи каменныхъ мостовъ, которые состоятъ изъ свода, составленнаго изъ возможно крѣпкаго матеріала и изъ надсыпки: состоящей изъ щебня, гальки, песку, хрящя и пр. вообще изъ матеріала большею или меньше рыхлаго, обладающаго малымъ сопротивленіемъ. Эта надсыпка назначена служить образованіемъ верху свода плоскости на которой движется нагрузка. Линія послѣдней состоитъ обыкновенно изъ двухъ сопредѣльныхъ горизонтовъ (давленіе колесъ и пр.), но своду она будетъ передаваться посредствомъ надсыпки какъ нагрузка, распредѣленная на нѣкоторую плоскость. Если бы между сводомъ и его верхней плоскостью находилась вода, то эта нагрузка распредѣлялась бы на сводъ равномѣрно; вслѣдствіи того, что надсыпка передается на каждый, по твердой рыхлой массой распредѣленіе будетъ только приближаться къ равномѣрному. Нагрузка свода состоитъ изъ постоянной и переменной или случайной. Постоянною нагрузку образуютъ весь самый сводъ весь его наполненіе и весь расположенные на немъ постоянныя сооруженія (какъ напр. отмостки, перила и пр.) Случайная нагрузка зависитъ отъ назначенія свода. Если конструкція свода и его нагрузка по всей его протяженіи его одинакова, то всякая часть свода заключенная между двумя вертикальными плоскостями параллельными его осямъ, находится въ одинаковыхъ условіяхъ и могутъ достаточно подвергнуться разсмотрѣнію одну такую часть. Длину этой части будемъ принимать = 1. Такъ какъ силы дѣйствующія на эту часть расположены по отношенію къ ея средней вертикальной плоскости симметрично, то ихъ равнодѣйствующія находятся въ этой плоскости, потому при насыпныхъ устойчивостяхъ цилиндрическихъ сводовъ продольная линія ихъ можетъ дѣлать только въ этой плоскости. Если проведемъ черезъ ось свода вертикальную плоскость то его нагрузка можетъ быть расположена по отношенію къ этой плоскости симметрично или произвольно. Когда случайная нагрузка подвижная, то во время, когда она въ движеніи или въ покоѣ, она занимаетъ только нѣкоторую часть длины, слѣдовательно она расположена къ средней плоскости не симметрично. Постоянная нагрузка представляетъ обыкновенно симметричную нагрузку. Мы будемъ разсматривать симметрическій сводъ съ симметрической или несимметрической нагрузкой.

Своды нагруженные симметрично.

Общія условія равновѣсія. На черт. 70 представлена половина симметрично нагруженнаго цилиндрическаго свода. Въ немъ изображены a b m m – сводъ, b m f e – пяточную его, e f g h – случайную нагрузку, представленную слоемъ тяжелаго матеріала, что и высота пятниковой пяточной высоту, что его вѣсъ = данной случайной нагрузкѣ. Если величину послѣдней отнесемъ къ единицѣ площади горизонтальной проекціи свода, означимъ черезъ q, площадку df, соотвѣтствующую ей слоя e f g h черезъ d, а вѣсъ одной кубической единицы пяточной черезъ W то d получится изъ условія: $1 \times 1 \times d \times W = q$; откуда $d = \frac{q}{W}$. Чтобы находящійся между черт. пяточными плоскостями b c m f тяжелый матеріалъ пяточной со свода не сползалъ представляемъ себѣ, что къ b c и f прилагаемъ крѣпкія стѣнки, на которыя дѣйствуютъ горизонтальныя силы E и E равныя и противоположныя напорамъ земляной массы m f b e (или собственно горизонтальнымъ составляющимъ этихъ напоровъ) на эти стѣнки. Такъ какъ вѣсами b c и f не равны, то будетъ $E > E_1$, и разность $E - E_1$ передается посредствомъ матеріала пяточной своду. Но изъ этой разности такая значительная часть уничтожается трѣніемъ частицъ пяточной между собою, что отъ нея передается дѣйствительно своду обыкновенно столь малая величина, что ею можно пренебречь. Только при возвышенныхъ сводахъ недостаточныхъ очертаній (гдѣ разность вѣсовъ b c и f значительна) должно указать на надлежащія предосторожности принимать силу $E - E_1$ въ расчетъ. Мы будемъ обозначать черезъ: g – половину вѣса свода съ его нагрузкой; K – давленіе дѣйствующее въ какомъ нибудь швѣ свода; H – горизонтальную и V – вертикальную составляющую этого давленія, Составляющую H будемъ называть распоромъ свода. Доказанныя слѣдующія важныя законы: (чер. 69) 1) Когда на сводъ дѣйствуетъ симметричная нагрузка, то давленіе въ вершинѣ свода горизонтально. 2) Когда на сводъ дѣйствуетъ только вертикальная нагрузка, то горизонтальная составляющая давленія для всякаго шва свода величина постоянная т. е. всѣ швы подвергаются одинаковому горизонтальному распору. Пусть a c и C, в чер 69 дадутъ половины (частью развинутыя) симметричнаго и симметрично нагруженнаго свода g полная нагрузка одной половины, K – давленіе въ вершинѣ для лѣвой и K_1 для правой половины (которыя предполагаемъ наклонными къ горизонту) A и B – сопротивленія опоръ. Разложимъ K_1 на составляющія H и V и K, на H_1 и V_1. Лѣвая половина свода находится въ равновѣсіи подъ дѣйствіемъ силъ A, g, H и V, поэтому сумма ихъ моментовъ по отношенію къ произвольной точкѣ должна = 0 Возьмемъ за точку моментовъ вѣсъ точку a, взятую на пятѣ A то получимъ: $Gg - Hh - Vv = 0$..... (1) и для правой половины, принявъ за точку моментовъ точку b (вѣсъ отъ симметричности нагрузки силы A и B будутъ равны и симметричны) получимъ: $-Gg + H_1 k - V_1 v = 0$..... (2) Сложивъ оба уравненія и принимая во вниманіе что $H = H_1$, $V = V_1$ (такъ какъ K_1 равно и прямопротивоположно K) полу-

чимъ: $-2V_1 v = 0$, а такъ какъ $v \neq 0$, то изъ послѣдняго уравненія слѣдуетъ $V_1 = V = 0$ т.е. что давленія K въ вершинѣ горизонтальны. 2) чер 69. Сумма горизонтальныхъ составляющихъ силъ, дѣйствующихъ на какую нибудь часть свода, необходимо должна равняться = 0. Если ав (чер 70) произвольный простѣйшій шовъ и т.т шовъ въ вершинѣ, то (пренебрегая разностью $E - E_1$) получаемъ изъ условій равновѣсія (чер. 296) $v - g = 0$ ... (a); $H_1 - H = 0$... (b): $gg - Hh = 0$.... (c) Изъ ур.авненія (b) имѣемъ $H_1 = H$... (т.е горизонтальный распоръ какого нибудь = распору въ вершинѣ; при вертикальной нагрузкѣ всѣ шовы испытываютъ одинаковое горизонтальное давленіе. Изъ (a) слѣдуетъ $v = g$ .... (2) т.е вертикальное давленіе на шовъ другъ, слѣдующій на сводъ слѣдуетъ за вершиной и равенъ шву слѣва. Изъ ур-нія (c) $H = \frac{n \cdot g}{h}$ .... (3). Помощью послѣдняго ур-нія было бы возможно опредѣлить H если бы были извѣстны точки приложенія K и g давленій K и распора H въ вершинѣ.

Положеніе точекъ приложенія давленій въ швахъ. Линія давленій. Положеніе точекъ приложенія силъ K и H неопредѣленно, но извѣстно что точка p должна находиться между точками a и b, а точка q между m и n (чер. 70) потому что только въ ab и mn давленія встрѣчаютъ материалъ свода оказывать сопротивленіе, допускающій возможность равновѣсія. Изъ ур-нія (3) $H = \frac{gg}{h}$ видно, что 1) H зависитъ отъ g и въ т.е. отъ положенія точекъ приложенія g и p принадлежащихъ шву ос. Въ дальнѣйшемъ будемъ подъ пятой свода понимать всегда нижнюю, и 2) H достигаетъ наибольшаго значенія когда g будетъ имѣть наибольшую, а h наименьшую величину т.е H проходитъ черезъ m, - K черезъ b (чер. 71) и H будетъ имѣть наименьшее значеніе когда K проходитъ черезъ a, а H черезъ n (чер. 72) потому что въ этомъ случаѣ h достигаетъ наибольшаго, а g наименьшаго значенія. Распоръ въ первомъ случаѣ называютъ отвлекающимъ или во второмъ оттискивающимъ. Въ этомъ смыслѣ говорятъ о наибольшемъ и наименьшемъ распорахъ въ архитектурныхъ сооруженіяхъ; въ нижеприведенныхъ же постройкахъ требуется, чтобы точки приложенія силъ K и H не выходили изъ средней трети сѣченія, поэтому надо найти и опредѣлить H опредѣляются слѣдующими указаніями на чер. 73 и 74. Въ архитектурныхъ постройкахъ считаютъ сводъ достаточно прочнымъ и тогда, когда точка приложенія выходитъ изъ средней трети и находится въ и или т но предполагаютъ что при соблюденіи условія, чтобы она не выходила изъ средней трети получаются для толщины сводовъ сѣченія большія величины. Возьмемъ произвольное вертикальное сѣченіе Kk (чер. 75) между вершиной $\frac{1}{4}$ т.т и пятой ab свода и приведемъ отбрасываемую часть свода въ состояніе свободнаго равновѣсія. Давленіе K на сѣченіе Kk разложимъ на горизонтальную составляющую H, а вертикальную V, а давленіе K въ пятѣ на составляющія N и A; вѣсъ отбрасываемой части свода съ нагрузкой возьмемъ черезъ Q. Изъ условія равновѣсія будетъ имѣть $A = Q + V$; сумм. моментовъ $H, y = Qq + V$

откуда $y = \frac{Qq \pm Px}{H}$ ..... I. Придавши точкам приложения и P давления $1q$ и H въ плитѣ и въ вершинѣ свода легко найти, а также величины Q, q, P и x совершенно определенными по самой плитѣ ординаты y ур.-нія I совершенно определятся, а слѣдовательно вмѣстѣ опредѣленно положеніе равнод. въ разсматриваемомъ сѣченіи. Такимъ образомъ получаемъ, что точка приложенія давленія $1q$ есть во всякомъ сѣченіи совершенно опредѣленная точка а такъ какъ линія, соединяющая эти точки, называется нейтр. линіей, можемъ сказать: Заданіемъ точки приложенія равнод. H въ вершинѣ и давленія $1q$ въ плитѣ, получаемъ заданной параболу только одну нейтральную линію или точнѣе, только одну линію давленія. Но такъ какъ такихъ точекъ въ средникъ простыхъ сводовъ можно взять очень много и въ сложныхъ очень большое число, то можемъ построить очень много такихъ линій давленія.

Особыя условія равновѣсія и безопасности. Для разсѣченія свода въ кривыхъ брусьевъ вообще можно воспользоваться сравнительно съ радіусомъ кривизны плеча, употребляемою нами при изслѣдованіи прямыхъ балокъ: $R = \frac{N}{\Omega} \pm \frac{Mv}{J}$ (см. гл. о нейтр. линіяхъ) изъ которой получается, что плечо v можетъ быть $= 0$ т. е. M въ такой точкѣ его не будетъ, когда точка приложенія равнодѣйствующей не выйдетъ изъ средней трети ядра, такъ напр. точка приложенія равнод. H не должна находиться внѣ pq; если она будетъ въ p или q, напр. Z то напряженіе въ m будетъ вдвое больше, чѣмъ оно было бы при равномѣрномъ распредѣленіи давленія на сѣченіе (что имѣло бы мѣсто тогда, когда H проходило бы черезъ центръ тяжести Z сѣченія 1) а напряженіе въ m тогда $= 0$. Для прочности свода необходимо чтобы давленіе ни въ какомъ сѣченіи не было больше безопаснаго допускаемаго давленія на матеріалъ свода для того, чтобы камни не могли быть раздавлены. Вторымъ условіемъ будетъ отсутствіе растяженія въ швахъ, т. е. чтобы напряженіе давленія $1q$ на плечо не выходило изъ концовъ средней трети

Опредѣленіе толщины свода.

Если обозначимъ черезъ t толщину свода въ плитѣ, k допускаемое напряженіе при сжатіи, то въ случаѣ, когда H дѣйствуетъ въ центрѣ тяжести сѣченія (стр 76) $H = k.\Omega.1$; откуда $t = \frac{H}{k}$, (a) а когда въ одной точкѣ, то по предыдущему $t = \frac{2H}{k}$ (a) Для опредѣленія толщины свода нужно знать распоръ H, но для опредѣленія послѣдняго надо знать толщину свода, вслѣдствіе чего формулы (2) для употребленія неудобны. Въ настоящее время пользуются очень многими сводами, конструкція которыхъ основана на эмпирическихъ соображеніяхъ и опытныхъ данныхъ объ нихъ конструкціи выведены эмпирическія фор-

ющими, капитальными пользующимся для изготовления сводов для определения его толщины. Приведем важнейшие из этих формул: в них означают: t - толщину свода в замке; r - радиус внутренней поверхности свода. l - отверстие (расстояние между опорами) Lesguillier дает: $t = 0,2\sqrt{r} + 0,1$ mtr; Rankine: для кругового свода $t = 0,346\sqrt{r}$. Для плоских коробовых $t = 0,412\sqrt{r}$, По Weyerbeed $t = \frac{r(\gamma_0 p)}{2K - (\gamma_0 p)}$ $\gamma_0 = \frac{\gamma + \gamma'}{2}$; $K = 2,6\,l + 32,2\,f$; γ - удельн. вес кладки свода; γ_1 удельный вес кладки

p интенсивность постоянной нагрузки (отнесенной к единице длины) в вершине свода. S случайная нагрузка (на единицу площади) L - отверстие свода в сантиметрах; f - стрелка (высота) внутренней поверхности. K - допускаемое напряжение в кгм на 1 кв сантиметр. Planerling составил таблицу для t при различных высотах насыпей над сводом и для различных материалов. Пример. Даны: отверстие $l = 24$ mtr; высота (стрелка) $f = 4,7$ есть по Вейербеду. $\frac{r}{t} = 5,76$ Полагаем $x = 2,6 \times 240 \times 32,3 \times 3,76 = 746$ клг на кв. с дюйм Если $h = 1,8$ mt. $\gamma = 2,5$ клг. $\gamma_1 = 8 = 8$. Случайная нагрузка $W = 3$ клг на кв. дюйм. Диаметр по $t = \frac{2 \cdot 176,7\,(2,5 \cdot 1,8 + 3)}{2 \cdot 746 - (1,8 \cdot 2,5 + 3)} =$ $= 12$ дюйм. $= 1,2$ mtr По Lesguillier: $t = 1,04$ mtr По Rankine $t = 1,45$ mtr По Steinerling для кирпича при $h > 1,5$ m $t = 1,09$.

	Толщина свода в замке при высоте h - насыпи над сводом		
	$h < 1,5$ mtr	h 1,5 – 15 mtr	$h > 15$ mtr
Хороший тесовый камень	$t = 0,4 + 0,025\,r$	$t = 0,45 + 0,03\,r$	При отверстиях от 1 до 10 mtr для нормальных дорог (сплошная дорога): $t_1 = t\sqrt{1 + \frac{h-1}{4,5}}$ (плоск. своды): $t_1 = t\sqrt{1 + \frac{h-1}{4}}$
хорошая кирпичная кладка	$t = 0,43 + 0,028\,r$	$t = 0,51 + 0,033\,r$	
хорошая бутовая кладка	$t = 0,48 + 0,031\,r$	$t = 0,55 + 0,037\,r$	

Толщина свода в пятах.

Мы предполагаем, что давление в пяте (гер. 77. проходит через центр тяжести пяты и вообще не выходит из средней трети. Если b некоторая длина пяты пяты, длина свода = 1 и α - угол в пяте то вертикальное, что означает нормальное давление в пяте через N. $N = \frac{M}{\cos\alpha}$ ..... (4) Для безопасности должно $N = K b$. 1, где K - допускаемое давление. Предполагая, что давление (отнесенное к единице) должно быть не более в пяте, чем в кладке, имеем: $N = K' s$, а соответственно подставив в (4) для K и N эти значения, получим: $K b = \frac{K'}{\cos\alpha}$, откуда $b = \frac{1}{\cos\alpha}$. Если в A по вертикали отложить $AC = f$ и провести через C горизонталь до пересечения с направлением пяты в B, то a будет некоторая площадка. Перпендикулярно направляющую кривую теперь определить, как дугу круга, проходящую через точки b и n, которой центр находится на продолжении оси (как своды симметричные). Для получения свода дана кладка, для пяты должно быть большую площадь.

По Croizette Desnoyx (f - подъем, l - отверстие свода)

t - Толщина свода въ замкѣ.

А) для мостовъ проѣзжихъ дорогъ

$\frac{f}{l}$	$\frac{1}{2} - \frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{12}$
t	$0,15+0,15\sqrt{2r}$	$0,15+0,14\sqrt{2r}$	$0,15+0,13\sqrt{2r}$	$0,15+0,12\sqrt{2r}$	$0,15+0,11\sqrt{2r}$

В) для мостовъ желѣзныхъ дорогъ.

$\frac{f}{l}$	$\frac{1}{2} - \frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{12}$
t	$0,20+0,17\sqrt{2r}$	$0,20+0,16\sqrt{2r}$	$0,20+0,15\sqrt{2r}$	$0,20+0,14\sqrt{2r}$	$0,20+0,13\sqrt{2r}$

t_1 - Толщина свода въ пятахъ. (для проѣзж. и желѣ. дорогъ)

Круговые своды

$\frac{f}{l}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{12}$
t	$t_1 = 2t$	$t_1 = 1,8t$	$t_1 = 1,4t$	$t_1 = 1,25t$	$t_1 = 1,15t$	$t_1 = 1,10t$

Эллиптическіе своды

$\frac{f}{l}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$
t	$t_1 = 1,8t$	$t_1 = 1,6t$	$t_1 = 1,4t$

...ческая свода въ ...ятахъ опредѣляется по следующимъ эмпирич. формуламъ. Къ своду ...исленію послѣ ...ую часть его хорды, находящейся ...дъ пятами ав ...ложенными къ горизонту ...ду подъ угломъ ...его 30°. Эти своды ...вѣсятъ двоякимъ ...особомъ: 1) чер. 78, ...ая часть свода, которая находится ...ше пяты, наклонена къ горизонту ...ъ подъ угломъ 36° полагаютъ по правиламъ ...ода и тогда наружную направляющую опредѣляютъ по предыдущему. ...кладку пятъ арокъ мостовъ принимаютъ къ опорамъ и ведутъ ее ...жновѣсными образомъ съ горизонтальными пятами или по правильнымъ радіальнымъ пятамъ. 2) чер 79. Направляющая наружной поверхности концентрическая съ внутренней. Сводъ въ этомъ случаѣ ...полняютъ правильной кладкой АВГД, называемой забутной, которая оканчивается продолженіемъ внизъ вверхъ и оканчивается плоскостью б. касательной къ своду, наклоненной къ горизонту подъ угломъ $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$ ($tg\,\delta = \frac{1}{3} - \frac{1}{4}$). Когда по предыдущему размѣрамъ свода опредѣленія, что правильно ...ложенная пята будетъ недостаточна для линіи давленія и опорной линіи. Согласно ...шесказанному сводъ будетъ имѣть удовлетворительную прочность, ...ли: 1) опорная линія въ архитектурныхъ подраздѣленіяхъ каждаго ...ья внутри полосы, ограниченной внутренней и внѣшней направляющими ...ода, а въ сложныхъ сооруженіяхъ внутри средней трети полосы ...ы и если 2) линія давленія ни въ какомъ случаѣ не образуетъ въ ...ряженномъ сводѣ прилежащаго къ пятѣ угла большаго угла внутренняго ...ія, который при двукратной прочности имѣетъ тангенсъ = 17. (практическій ...ъ тренія кладки по кладкѣ = 34.) $tg\,17° = 0,3$

Построеніе линіи давленія для симмет. нагрузки.

По данному своду: отверстію, подъему (стрѣлкѣ) и нагрузкѣ опредѣляемъ по эмпирическимъ формуламъ его толщину въ замкѣ и пятахъ. Посредствомъ этихъ данныхъ строимъ половину свода въ выбранномъ большомъ масштабѣ (не менѣе 1:50) при чемъ замковую нагрузку изображаемъ сосредоточенной силой одинаковой величины съ нагрузкой

(чер. 80(а)) м н а в - свод, АВ поверхность части СД - сводчатой кладки.) Внешняя часть + внешняя сводчатой нагрузки приводится на плоскости кладки свода (а м н) посредством линии М N. Вместо площадь нагрузки на вертикальную полосу шириной 1 ед. длины $\frac{1}{50}$ будем $\frac{50}{50}$ = 1 см) Проводим в кладкой полосе среднюю линию 1, 2, 3. Кладочный принимаемся за линии тяжести отдельных полос (помощью всегда линией ширины последних плоскостью принимаем бесконечно малой). Если обозначим через P_1, P_2 веса, ограниченные последовательно м N м н, н н, v, v ..., которые ширины = b, а плечи $z z_1 - h$; $s s_1 = h_2$ .... то $P = P_1 + P_2 + \dots$ $P_1 \cdot P$; $P_2 : P$: .... $= \gamma b h : \gamma b h_2 : \gamma b h : \dots\dots - h_2 : h : h_1 \dots\dots$ или тоже $= \frac{h_2}{n} : \frac{h}{n} : \frac{h_1}{n} \dots$ Берем тоже $\frac{1}{n}$ часть этих h, h_2, h_3 .... для того чтобы уменьшить величину составляемой нами фигуры. Принимаем $\frac{h}{n}, \frac{h_2}{n}, \frac{h_3}{n} \dots$ .... $\frac{h_1}{n}$ как вертикальные линии дробления по вертикальным 1, 2, 3 ... 6 и откладываем последовательно правильного полигона · 0 (плечо 0 взяли на перпендикуляре АО к оси Ас) и замыкаем веревочный многоугольник [0 I I II III IV V VI VII 0). Если продолжение крайней стороны 0 t и 0 VII до пересечения в f. то через f проводим горизонтальную fo. (На чертеже в вертикали) принимаем произвольную точку K и от нее откладываем отрезки, и на них от точки i — от точки приложения давления на плиту (точки K и i на чертеже взяли на оси свода м н ав). Проводим через K — горизонтальную Kk до пересечения с P в k соединяем k с i и через точку b в свободной стороне многоугольника проводим 6 0 ∥ ti до пересечения с Ao в o, получ. вода H = $A\bar{O}_1$. Доказать это: применим i за точку опрокидывания и обозначим моменты H и P по отношению к этой точке через δ и δ_p то по предыдущему $H = \frac{\delta_p}{\delta}$. Если через i проведем вертикаль и продолжим KA до пересечения с этой вертикалью в c и продолжим KA до пересечения с этой вертикалью в c, то Δ ick $\sim$ Δ A O, 6, и их подобия находим: $AO_1 : A6 = \overline{ci} : \overline{ci}$, или $\overline{A6} = P$; $\overline{cA} = p$; $\overline{ci} = \delta$ откуда окончательно $AO_1 = P\frac{\delta}{p} = H$. Из последнего ур-ния видно, что для нахождения линии давления P достаточно построить только один многоугольник, который будет удовлетворять для нахождения линии давления P. Принимаем 0, за любой полюс, и который соединяем с точками 1, 2, 3 .... 6 силового плана (чер. 80в) и строим новый веревочный многоугольник $K, 1_1, 2_1, 3_1$ .... 6_1 i (чер. 80а) которого первая сторона проходит через K, а последняя должна пройти через i. Этот последний многоугольник есть искомая линия давления.

Примечание. Так как в плане силы P_1, P_2 .... были силами h_1, h_2 .... которые в γb раз меньше их то и $\overline{AO_1}$ H = γbh построенная нами вспомогательная сила в γb раз меньше равнодействующей P. Принявши вместо точек K и i другие точки K_1 и i_1, на них и мы получили бы другую линию давления. Так что задаваясь этими точками можно построить очень много линий давления не выходя

ных полосы свода нели (въ сводахъ моста) въ средней трети. Если въ данномъ сводѣ возможна хотя одна опытная линія удовлетворяющая этому условію то можно быть увѣреннымъ въ его устойчивости. Если эта линія не есть наиболѣе выгодная, т.е. не совпадаетъ съ осью свода, то на основаніи принципа наименьшаго сопротивленія можно утверждать, что въ каждомъ конкретномъ матеріалѣ дѣйствительная линія давленія будетъ болѣе выгодна, чѣмъ та, которая получена построеніемъ (при которомъ упругія деформаціи кладки всегда или совершенно не принимались во вниманіе). Если въ данномъ сводѣ не возможно построить одной линіи давленія, которая бы не выходила изъ него, нельзя въ средней трети, то принятые размѣры свода надо считать неудовлетворяющими условію устойчивости и тогда надо измѣнить форму линіи давленія посредствомъ увеличенія или уменьшенія нагрузки или посредствомъ измѣненія формы свода или достигнуть требуемой устойчивости увеличеніемъ его толщины. Наконецъ можно измѣнить его размѣры или вмѣстѣ съ подъемомъ подъема къ пролету.

Примѣръ: Данъ пролетъ $l = 15$ mt.; подъемъ $f = 3$ mt; Вѣсъ 1 куб mt кладки $\gamma = 2400$ klgr.; Вѣсъ 1 куб mt насыпи $\gamma_1 = 1800$ klgr. и высота насыпи въ вершинѣ $h = 1,8$ mt; случайная нагрузка $q = 600$ klgr на □ mt. Получаемъ: радіусъ $r = 10,87$ mt. $\frac{r}{f} = 3,62$; высота нагрузки $= \frac{600}{1800} = \frac{1}{3}$ mt по Винклеру получаемъ: $x = 2,6 \cdot 150 + 32,3 \cdot 3,62 = 507$ на 1 □ decim. или $x = 50700$ на 1 □ mt; $t = 0,98$ mt. Помощью этихъ данныхъ построенъ чертежъ 81 въ масштабѣ $\frac{1}{100}$ Приведенная высота нагрузки опредѣлена помощью чер. 82 такъ какъ $\frac{\gamma_1}{\gamma} = \frac{1800}{2400} = \frac{3}{4}$ то весь средній высоты уменьшенъ въ $3\frac{1}{4}$ раза. Для этого взятъ произвольный уголъ cd (чер 82) на одной изъ сторонъ отложено $\overline{cb} = 4$, а на другой $a = 3$. Высоты ac, MS.... откладываемъ отъ c на cb и полученныя параллели къ ab получаемъ на ca изъ приведенныя высоты. Эти послѣднія уменьшены въ 5 разъ помощью пропорціональной прямой mns (чер 83) въ которой $mn = 5$ и $ms = 1, h_1, h_2$.... отложенныя отъ m на ms, а $\frac{h_1}{5}, \frac{h_2}{5}$..... получаются на ms помощью параллелей къ ns) Эти уменьшенныя высоты отложены на прямой AB (чер 84) какъ ординаты; помощью произвольнаго полюса O построена веревочная многоугольникъ (I II III IV V VI VII VIII) которой предѣльная точка A равно дѣйствующей P. Замѣнивъ помощью прямой $\overline{AO}$, которая дана AO (чер 84) пропорціональная радіусу, а полюсъ O, какъ полюса построена линія давленія $H_p, 2_0, 3_0, \ldots i$, которая показываетъ что она невыходитъ изъ средней трети. Послѣдняя полюса нагрузки принята на чер. 81 ограниченной вертикалью M. Часто ее ограничиваютъ вертикалью черезъ b, а часть нагрузки лежащей на пятѣ ab, прикладываютъ къ опорѣ) Вычисленіемъ найдено $AO = 4,4$ mt. Такъ какъ $b = 1,05$; $\gamma = 2400$. $n = 5$ то $n = 6\gamma$ $AO = 1,05 \cdot 2400 \cdot 5 \cdot 4,4 = 55440$ klgr. Слѣдовательно $t = \frac{H}{K} = \frac{55440}{50700} = 1,09$ mt Разница сравнительно съ принятой полюсной $1,09 - 0,98 = 0,11$ mt.

Свод достигнет полному поперечнику 1,09 mt. Вторичной поправки поперечника линии давления при толщине 1,09 не будем делать, так как дуга уменьшит данную весьма близкую к этому числу толщину. По Lesguillier: $t = 0,875$ mtr; Rankine: $t = 1,14$ mtr. Heinzerling при $h > 1,5$ mt для камня $t = 0,78$ m для кирпича $t = 0,87$ mtr. Среднею толщиной 0,78 получим как средней арифметическое $\frac{0,875 + 1,14 + 0,87}{3} = 0,97$ т.е. много весьма близкое к 0,98

Опорная линія.

В предыдущих исследованіях было принято действіе свода за клинообразныя плоскости имеющіе ихъ как онъ всегда раздѣлены плоскостями перпендикулярными къ внутренней направляющей (правильнѣе было бы дѣленіе плоскостями перпендикулярными къ линіи давленія) При изслѣдованіи устойчивости опоръ по нимъ нужно брать дѣйствительное дѣленіе швами и опорная линія должна быть построена для этого послѣдняго дѣленія. Линію давленія нужно въ слѣдующій для каждаго шва исправить слѣдующимъ образомъ

Пусть Ze (чер 81) вертикальная плоскость проходящая $\gamma\delta$. Для полученія правильной линіи давленія для шва $\gamma\delta$ нужно сечь $5-0$ (равнодѣйствующую отъ 1 до 5) плоскостью $\alpha\beta\varepsilon\delta\gamma$. Для этого проводимъ черезъ центръ тяжести фигуры $\alpha\beta\varepsilon\delta\gamma$ вертикаль zz_1; превращаемъ эту фигуру въ прямоугольникъ, которого основаніе = ширинѣ полосы кладки (на $1 m$) и накладываемъ въ симметрію многоугольника (чер. 84) $5d = \frac{1}{n}$ высоты этого прямоугольника (въ данномъ случаѣ $n = 5$), проводимъ xd и замѣтимъ черезъ точку x, въ которой линія давленія пересѣкаетъ (чер 81) zz проводимъ $z_1\zeta \parallel dq$ до пересѣченія съ $\gamma\delta$ въ ζ то ζ будетъ точка внѣшней линіи. Подобнымъ образомъ опредѣляемъ эти точки для другихъ швовъ. При достаточномъ числѣ дѣленій при первоначальномъ построеніи объ линіи подходятъ весьма близко другъ къ другу. Чтобы не было сомнѣнія, узокъ ζ, который сосѣдняя ζ со параллельно къ шву $\gamma\delta$, должна быть сжатія узка трещ при двойной прочности должна $\gtrless 170$) Продолженіе линіи давленія спрашивается точно такимъ же способомъ

Аналитическое уравненіе линіи давленія

Пусть mn вертикальная свода, nv (чер 85 по вертикальное (прямое) сѣченіе, ks – линія приведенной нагрузки и Sf – линія давленія. Давленіе въ E, которое касательно къ Ef, означимъ черезъ R, уголъ этой касательной съ горизонтальною черезъ α. Возьмемъ прямоугольныя оси координатъ такимъ образомъ, чтобы ихъ начало было въ S ось абсциссъ горизонтальная, а ось ординатъ вертикальная. Ординаты кривой линіи будемъ обозначать

y, а высота любой нагрузки через z. Разложимъ φ на горизонтальную составляющую H и на вертикальную V, тогда получимъ $\operatorname{tg}\alpha = \frac{V}{H}$ .... (1) Это есть частное уравненіе цѣпной линіи. Для точки опорной линіи, которой абсцисса x, а ордината y $\operatorname{tg}\alpha = \frac{dy}{dx}$ а слѣдовательно соотвѣтствующая ей вертикальная нагрузка: $V = \gamma \int z\,dx$, гдѣ γ вѣсъ 1 куб. сдѣланной кладки свода. Подставивъ эти значенія въ уравненіе (1) получимъ: $\frac{dy}{dx} = \frac{\gamma \int z\,dx}{H}$ а продифференцированное послѣдовательно ур-нія $\frac{d\left(\frac{dy}{dx}\right)}{dx} = \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\gamma z}{H}$ .... 2) Если ρ - радіусъ кривизны цѣпной линіи, то: $\rho = \frac{\left\{1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right\}^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}}$ или такъ какъ $\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg}\alpha$, а $1+\operatorname{tg}^2\alpha = \sec^2\alpha$ то $\rho = \frac{\sec^3\alpha}{\frac{d^2y}{dx^2}}$ и подставивъ для $\frac{d^2y}{dx^2}$ значеніе изъ (2) $\rho = \frac{H\sec^3\alpha}{\gamma z}$ ..... (3)

Для вершины $\alpha = 0$; если радіусъ кривизны опорной линіи въ вершинѣ обозначимъ черезъ ρ_0, а высоту нагрузки въ томъ же сѣченіи черезъ z_0 то такъ какъ $\sec 0 = 1$. $H = \gamma \cdot \rho_0 \cdot z_0$ ..... (4) т.е въ симметрическихъ сводахъ въ вершинѣ нагрузкой горизонтальный распоръ = вѣсу каменной призмы, которой высота = радіусу опорной линіи въ вершинѣ и основаніе прямоугольникъ, имѣющій одной сторона произведеніе высоты нагрузки въ вершинѣ, а другую сторону = 1. Если опорная линія дуга круга радіуса r, то $\rho = r = \rho$ и тогда изъ (3) и (4) получимъ: $r = \frac{H \cdot \sec^3\alpha}{\gamma z} = \frac{H}{\gamma z}$ откуда $z = z_0 \sec^3\alpha$. Помощью этого уравненія можно при данномъ z_0 для всякаго угла α получить высоту нагрузки z, а слѣдовательно опредѣлить такую нагрузку, при которой опорная линія будетъ дуга круга. Въ круговомъ сводѣ эта линія будетъ совпадать съ осью свода. Когда сводъ полукруга, то для пятъ $\alpha = 90°$ (ч. 86) и такъ какъ $\sec 90° = \infty$, тогда и $z = \infty$, т.е. чтобы опорная линія пятъ имѣла видъ полукруга нагрузка должна имѣть безконечную высоту. Внѣшняя линія такого свода дуга AC и bd (сомкнутая трехцентровая приблизительно дугу 30°) считаютъ не принадлежащей своду, такъ какъ сводовъ считаютъ только верхнюю дугу cd, имѣющую центральный уголъ около 120°. Помощью требованія круговой линіи можно опредѣлить высоту нагрузки z, относящуюся только къ дугѣ съ угломъ не $> 120°$. Нагрузка данной круговой опорной линіи получается весьма просто графически (чр 87а). Пусть AC - данная опорная линія и требуется найти линію соотвѣтствующей ей нагрузки т.е. линію $0\,1\,2\,3\,4\,5\,6$. Проведемъ къ AC касательныя къ опорной линіи AC до пересѣченія въ D, то изъ свойства опорной линіи слѣдуетъ, что черезъ D пройдетъ равнодѣйствующая всѣхъ нагрузокъ. Возьмемъ на вертикали (чр 87б) произвольную длину AD и примемъ ее за величину данной нагрузки. Если проведемъ черезъ A - $A0 \parallel cd$ и черезъ D - $D0 \parallel dd$ то обудетъ полюсъ силового многоугольника, которого вѣнчающій многоугольникъ есть кривая AC. Раздѣлимъ дугу AC въ точкахъ $1', 2', 3'$..... на части пропорціональныя одинаковому горизонтальному отрѣзку b и черезъ середины этихъ частей проведемъ вертикали $1, 2, 3$..... Изъ 0 (чр. 87б) проведемъ лучи $01, 02, 03$..... параллельныя касательнымъ къ дугѣ AC въ $1', 2', 3'$..... до пересѣченія съ AD въ $1_0, 2_0, 3_0$..... получимъ на AD отрѣзки $A1_0, 1_0 2_0, 2_0 3_0$ ... которые

пропорціональная ширинѣ дѣйствующихъ по вертикалямъ F_1, F_2 ... Помощью линіи $f\ 1 + A1$; $g\ 2 \cdot 12$; $h\ 3 = 2_0 3_0$ ... получимъ линіи напружки 0, 1 2 3 4 .... Кромѣ этихъ линій давленій будемъ имѣть дугу arc. Проведемъ горизонталь $a\ b$ (чер. 87а) и радіусы $z\,c\ z1'$, $z2'$, $z3'$ ... и означимъ точки пересѣченія этихъ радіусовъ съ ab черезъ $b\ \underline{I}$, $\underline{II}$, $\underline{III}$ .... Такъ какъ по построенію $z\,c \perp ab$; $z1' \perp 1_0 0$; $z2' \perp 2_0 0$ ... то $A 0 1 \sim b\ z\ \underline{I}$; $1_0 0 2 \sim \underline{I}\ z\ \underline{II}$; $2_0 0 3_0 \sim \underline{II}\ z\ \underline{III}$ .... Если дана AD была ѣдиница, такъ, что $AD = ab$ то $b\ \underline{I} = A 1_0$; $\underline{I}\ \underline{II} = 1_0 2_0$, $\underline{II}\ \underline{III} = 2_0 3_0$ .... и слѣдовательно $f\ 1 = b\ \underline{I}$; $g\ 2 = \underline{I}\ \underline{II}$; $h\ 3\ \underline{II}\ \underline{III}$ .... Изъ этого слѣдуетъ, что для построенія линій напружки 0 1 2 3 4 .... нѣтъ надобности строить силовой многоугольникъ AOD и достаточно провести радіусы $01'$, $02'$ чтобы получить напряжки $b\ \underline{1}$, $\underline{II}$, $\underline{III}$ ....

Возвышенные своды.

При расчетѣ возвышенныхъ сводовъ принимаютъ во вниманіе величину напора нагими b, который въ этомъ случаѣ можетъ быть довольно значительнымъ. Раздѣлимъ сводъ (чер. 88) съ приверенной напружкой ограниченной линіей ея, вертикальными плоскостями на части равной ширины b, ширину крайней части акти означимъ черезъ b. Пусть e, e_2, e_3, e_4 будутъ напоры на полученныя такимъ образомъ части ab, bc и df свода. (Напоръ e проходитъ черезъ точку d Пе находящуюся отъ a на разстояніи $\frac{1}{3}\ ab$; точки d_2 d_3 и пред. находятся приблизительно на средняхъ bc, cd ....) Всѣ напряженія авто. обозначимъ черезъ g_1, g_2 .... Распоръ въ замкѣ выразимъ черезъ H распоръ въ пятѣ черезъ H_1. Замкнемъ линіи e и g_1, e_2 и g_2, e_3 и g_3 и т. равнодѣйствующими r_1, r_2 .... Каждая изъ силъ напоровъ e_1, e_2, e_3 e_4 выразится площадью треугольника напора умноженнаго на γ и на $\frac{1}{2}$; $e = \text{пл } \Delta\ 8.1$ Приводимъ каждый треугольникъ въ равновеликій прямоугольникъ съ данными основаніемъ b: получимъ $b\ h_1 \frac{\delta}{2}$; $e_2 = b\ h_2 \frac{\delta}{2}$; $e_3 = b\ h_3 \frac{\delta}{2}$ .... гдѣ $h_1 = h_2$ .... высоты полученныхъ прямоугольниковъ. Вертикальныя силы т. е. всѣхъ частей свода съ напружкой $g = (\text{акти})\ 1.8_1$ $g_2 = r_2 (\text{пл } m)\ 1.8_1$. Проведемъ средніе линіи $11'$, $22'$ ... и означимъ ихъ длины черезъ W_1, W_2 .... $g_1 = b_1 W_1 \delta \gamma$ гдѣ ν — высота прямоугольника съ основаніемъ b равновеликаго трапеціи акти; $g_2 = b\ W_2\ \delta \gamma$; $g_3 = b\ W_3\ \delta_1 \gamma$ .... Площади напружковъ свода превращаемъ въ прямоугольники съ основаніемъ γ и положимъ замкнемъ плотностью γ. Можемъ написать $e_1 = \frac{h_1 \cdot \delta}{\delta_1} \cdot \delta_1 \gamma$; $e_2 = b\ h_2 \frac{\delta}{\delta_1} \gamma$; $e_3 = b\ h_3 \frac{\delta}{\delta_1} \gamma$ .... Высоты h_1, h_2 .... въ точкахъ $\frac{\delta}{\delta_1}$ (гдѣ $\frac{\delta}{\delta_1}$ проще построить прямоугольника угла) построимъ: $h_1 \frac{\delta}{\delta_1} = H_1$; $h_2 \frac{\delta}{\delta_1} = H_2$ .... то будемъ имѣть $e_1 = b \delta_1 H_1$; $e_2 = b \delta_1 H_2$; $e_3 = b \delta_1 H_3$ .... и притомъ $g_1 = b \delta_1 \nu_1$; $g_2 = b \delta_1 W_2$; $g_3 = b \delta_1 W_3$ .... и всѣ силы будутъ пропорціональны высотамъ H и W ихъ плотность линіи давленія опредѣлено эти высоты или изъ n-угольника можно откладывать какъ силы. Направленія равнодѣйствующихъ — ихъ можно не измѣняя а ихъ величины получаемъ въ γ и разомъ

откладываемъ на прямыхъ параллельныхъ соотвѣтственно
силамъ (чер. 89). $\overline{Oa_1} = \frac{1}{n} v_1$; $\overline{a b_1} = \frac{1}{n} w_1$; $\overline{bc} = \frac{1}{n} w_2$; $\overline{aa_1} = \frac{1}{n} H$;
$\overline{b} = \frac{1}{n} H_2$; $\overline{cc} = \frac{1}{n} H_3$; и проводимъ прямыя $\underline{I}$, $\underline{II}$, $\underline{III}$ ... которыя
будутъ параллельны и пропорціональны равнодѣйствующимъ r_1,
силъ k_1 и g_1, k_2 и g_2. Прямая od соединяющая c съ d параллель-
на многоугольника равнодѣйствующихъ силъ $\underline{I}$, $\underline{II}$, $\underline{III}$, $\underline{IV}$. Изъ произ-
вольнаго полюса Π проводимъ лучи Πo, Πa, Πb ....; черезъ точки
$1, 2 \ldots$ въ которыхъ пересѣкаются $k g_1$, $k_2 g_2 \ldots$ проводимъ
прямыя r_1, $r_2 \ldots$ параллельныя прямымъ $\underline{I}$, $\underline{II}$ соотвѣтственно
тѣмъ сторонамъ веревочнаго многоугольника W и продолжаемъ равно-
дѣйствующую R силъ r_1 и $r_2 \ldots$. Задавшись точками Φ и Γ сторонъ
линій въ верхнихъ и нижнихъ сводахъ (чер. 89) проводимъ черезъ Φ горизонталь
до пересѣченія съ R въ B и отрѣзокъ B съ Γ черезъ O (чер 89) проводимъ $O\Pi_1$
параллельно Bb; черезъ d $d\Pi_1 \parallel cB$ получимъ полюсъ Π_1. Проводимъ
лучи $\Pi_1 0$, $\Pi_1 a$, $\Pi_1 b$ .... и отрѣзокъ вертикали линіи, которой вер-
шины будутъ находиться на силахъ r_1, r_2 а крайній отрѣзокъ
найдутъ черезъ δ и Φ распора свода получится $= d\Pi_1 \ell_\Phi, n$. Если
опорная линія выходитъ изъ средней пятки и никогда не образуетъ
съ нормалью соотвѣтственнаго пяты уголъ δ большій 170, то свода
можетъ считаться вполнѣ прочной и устойчивой.

Трещинка. Устойчивость трещинки (чер 90) производится совершенно
такимъ же образомъ какъ устойчивость свода (тѣмъ арокъ, ко-
торыя включаютъ направляющую касательную къ верхней линіи
кл, а внутреннія проходятъ черезъ точки a и b.

Несимметрично нагруженные своды.

Мы предполагаемъ, что нагруженіе любого правой половины
свода (чер 91 а) el_1 - линія послѣдней нагрузки, hg - крайній
W и f W' линій приведенныхъ нагрузокъ для лѣвой и правой по-
ловинъ. Разбиваемъ нагрузку, какъ и въ предыдущихъ слу-
чаяхъ на полосы одинаковой ширины b, проводимъ ихъ среднія ли-
ніи aa_1, $\beta\beta_1$, ... въ лѣвой и kk_1, ll_1 .... въ правой половинѣ. Дѣле-
ніе на полосы принимаемъ такъ, что средняя линія крайнихъ полосъ
проходитъ черезъ точки A и A' пятъ. Π-ая часть опорныхъ линій
откладываемъ на вертикаляхъ (чер. 91 б) отъ точки A для
правой половины вверхъ, а для лѣвой - внизъ. $\overline{AT'} = n kk_1$; $\overline{1'2'} = \frac{1}{n} ll_1$;
$\overline{2'3'} = \frac{1}{n} mm_1$; $\overline{A1} = \frac{1}{n} aa_1$; $\overline{12} = \frac{1}{n} \beta\beta_1$ ....
Проводимъ черезъ A горизонталь, беремъ на ней произвольный по-
люсъ O', проводимъ лучи $O'1'$, $O'2'$, ... $O'1$, $O'2$ .... и отрѣзокъ ве-
ревочнаго многоугольника $M\mathfrak{D}\,\underline{III}\,\underline{II}\,I\,\underline{I}'\,\underline{II}'\,\underline{III}'\,\mathfrak{E}N$. Равнодѣйствующая
нагрузки всего свода проходитъ черезъ точку пересѣченія J
крайнихъ сторонъ $M\mathfrak{D}$ и $\mathfrak{E}N$ равнодѣйствующая Q_2 нагрузки правой
половины свода - черезъ точку пересѣченія 6 стороны $11'$ и $8N$, а лѣвой
- черезъ точку пересѣченія Π стороны II' и $M\mathfrak{D}$. Крайнія стороны
$M\mathfrak{D}$ и $N\mathfrak{E}$ 6 отрѣзываемъ вертикалями крайнихъ точекъ a и a'

нять въ D и E. Если проведемъ за плакающую сторону DE и через послѣ $O'-O'_1 \parallel DE$, то получимъ вертикальныя давленія въ a и a' $A=\overline{C'4}$; $B=\overline{C4'}$. Такъ какъ вѣсъ слѣвой нагрузки $g_1=\overline{A4}$ (гер 91 б) а правой $g_2=\overline{A'4'}$. то A больше g на величину AC, а B меньше g_2 на ту же величину AC. Для равновѣсія необходимо (гер. 92) чтобы сумма вертикальныхъ сопротивленій для каждой полосы нагрузки = 0. Такъ какъ $A-g_1=0$, то для равновѣсія слѣвой полосы нагрузки на другомъ ея концѣ т.е. въ вершинѣ пр. приложена такая сила x, чтобы $A-g_1+x=0$; (здѣсь слѣдовательно + x такъ какъ еще не знаемъ направленія силы x) отсюда $x=A-g_1$, т.е. $x=-AC$ (по посылкѣ $g_1<A$) и такъ x меньше полнаго знака что и g_1, т.е. его направленіе книзу. Такимъ же образомъ получается, что для равновѣсія правой части должна въ ея вершинѣ дѣйствовать вертикальная сила $x=AC$ вверхъ. Давленіе въ вершинѣ въ этомъ случаѣ слѣдовательно не горизонтально, а есть равнодѣйствующая изъ H и x. Если будемъ разсматривать правую полосу свода то она находится въ равновѣсіи подъ дѣйствіемъ слѣдующихъ силъ (гер. 93): горизонтальная распора H и вертикальной силы x въ вершинѣ направленной вверхъ вѣса слѣвой полосы g_2 дѣйствующаго въ t и сопротивленія опоры R_b. Опредѣленное положеніе равнодѣйствующей S для силъ x и g_2 (послѣдняя вертикальная многоугольника) принимая за точку силы-ую точку i на R_b, получимъ: $Hh+xv-g_2 z=0$, откуда $H=(g_2 z-xv):h$ или $Hh-Ss=0$; $H=\frac{3}{h}$. Для построенія линіи давленія заданныя точки i_0 и i (гер. 91а) въ вершинѣ и на вертикали a'i (точка i должна находиться внутри средней трети) через которыя проходитъ соотвѣтствующія давленія R_0 и R_i. Такъ какъ силы H, S и R_b (эта горизонтальная H проходитъ черезъ точку i_0, а R - черезъ B) находятся въ равновѣсіи то R_b проходитъ черезъ точку t, въ которой H пересѣкается съ S. Построивъ соединяемъ i съ t, продолженную ti до пересѣченія съ g въ f и соединяемъ f съ точкой q. Точка q есть пересѣченіе распора H съ равнодѣйствующей силы g_1 и x дѣйствующихъ на слѣдующую полосу свода. Fq вертикаль вертикаль da въ точкѣ i'. На гер. 91(в) проводимъ $\overline{4'0} \parallel fi$ и $\overline{46} \parallel fi'$; точка O, въ которой объ эти прямыя пересѣкаются есть полюсъ силъ давленія. Проводимъ лучи O4', O5'... и строимъ соотвѣтствующій имъ веревочный многоугольникъ. Въ точкѣ 1_0 (въ вершинѣ) дѣйствуетъ равнодѣйствующая (гер. 91) изъ H и x (гдѣ $x=AC$ по этому проводимъ $i_0 d_0 \parallel A0$ до пересѣченія съ KK, въ 1_0; слагаемъ геометрически $\overline{A0}$ съ $\overline{A1'}$, получаемъ $\overline{1'0}$, проводимъ черезъ $\underline{1}_0$, $1_0 2_0 \parallel \overline{1'0}$ затѣмъ $\overline{2_0 3_0} \parallel \overline{2'0}$ и т.д. Такимъ же образомъ строимъ линію давленія для слѣдующей полосы свода ($d_1 d_2 \parallel \overline{10}$, $d_2 d_2 \parallel \overline{20}$...) Полученная такимъ образомъ линія давленія должна проходить черезъ точки i и i' и прежде всего быть параллельна CO, что служитъ хорошей провѣркой правильности построенія. Точки второй линіи на новой полосѣ свода опредѣляются такимъ же образомъ какъ это было указано для многоугольника свода. Сводъ по крайней мѣрѣ удовлетворительно прученъ, если 1) въ немъ возможна

линія бы одна линія давленія не выходящая изъ средней трети, если
ледовательно и опорная линія не выходитъ изъ этой трети.
Если линія давленія ни на какомъ участкѣ не соприкасается съ подош-
вою соотвѣтственнаго ряда угловъ ломаной угла тренія.
Если давленіе ни въ какомъ участкѣ не превышаетъ безопаснаго давленія

Устойчивость опоръ (устоевъ)

ной пяты опоръ опредѣляется по способу, указанному въ каждомъ
одныхъ случаяхъ. Пусть (чер. 94) l – ширина опоры; H – распор-
ода; Q – вѣсъ свода съ нагрузкой. R равнодѣйствующая изъ Q и H
давленіе въ пятѣ) Q – вѣсъ опоры безъ нагрузки и R_1 – равнодѣйству-
щая изъ R и Q; R_1 должна встрѣчать плоскость JK въ ея средней трети
угломъ ея B съ перпендикуляромъ JK не долженъ быть больше 17°. Прини-
мая O за точку вращенія получаемъ: $Q.\overline{Oa} - H.\overline{OJ} + q.\overline{Os} = 0$ . . . . (A)
сли W средняя величина опоры (съ ея нагрузкой) то $q = \gamma W$ (полагая
ину опоры = 1) тогда принимая $\overline{JO} = \frac{l}{3}$ получимъ слѣдующее уравне-
ніе относительно величины: $Q\left(g + \frac{2}{3}e\right) - Hh + \gamma e W \frac{l}{2} = 0$ или $e^2 + \frac{4g}{\gamma W} \cdot l = \frac{6}{\gamma W}$
$Hh - Qg_0$), откуда: $e = \frac{2g}{\gamma W} + \sqrt{\frac{(2g)^2}{W\gamma} = \frac{6}{W\gamma}(Hh - Qg_0)}$ чтобы не было слишкомъ
большого смѣщенія вдоль ребра $L L_1$, достаточно $H \leq \frac{1}{2}(Q + q)$
17° (принимая уголъ тренія камня = 17°) гдѣ Q – вѣсъ кладки и пяты
ежащей подъ $L L_1$

Примѣчаніе: если позади опоры находится земля, то на опору
авить еще пригрузъ грунта, который противодѣйствуетъ распору
; для большей прочности этотъ пригрузъ при плоской сводовой и
ской уступами пренебрегаютъ, но при значительной высотѣ устоевъ
его пренебрегать нельзя и нужно бываетъ провѣрить, нельзя ли
какой достаточное сопротивленіе для противодѣйствія этому
пригрузу грунта. Устойчивость опоръ производятся по формуламъ
ыхъ давленій и опорной линіи совершенно такимъ же образомъ
какъ было указано выше для подпорныхъ стѣнокъ. Имѣя кладку
линія ведутъ по правиламъ свода. Для этого давленіе пригруз-
ленія посылаютъ продолженіе и въ опору. На черт. 96 а
ображенъ $\overline{EF}$ – пята опоры $E'F'$ – линію приведенной нагруз-
и. R – давленіе свода въ пятѣ. Ширина пояса $E'd$, $\alpha\beta$ . . . . принята
b, какъ и въ сводѣ. Вертикали $\overline{11'}$, $\overline{22'}$ . . . . проходятъ черезъ цен-
тяжести площадей. Продолженіе R до пересѣченія съ $11'$ въ a гдѣ
съ площадью сверху нагрузки $JEda$ пропорціональна усилію
; его его измѣнія черезъ P_1, то: $P_1 = \gamma b \cdot \overline{a1}$ (γ – вѣсъ кубическ.
диницы кладки). Проводимъ $J'K' \parallel RJ$ (чер. 95 b) откладываемъ $J'K'$
$\frac{1}{n} R$ и на вертикали черезъ $J' - J'1 = \frac{1}{n}\overline{a1}$; равнодѣйствующая
нихъ обѣихъ силъ = $1K'$, которой слѣдующая сторона давленія
давленія проходитъ черезъ $a \parallel CK$ т.е. проводимъ черезъ a прямую
раллельную CK' до пересѣченія съ $22'$ въ b. Вѣсъ слѣдующей пло-
и $a\alpha_1 \beta_1 \beta = \gamma . b \overline{\gamma b}$ которой откладываемъ $\overline{12} = \frac{2b}{n}$ соединяемъ
точку 2 съ K' и проводимъ черезъ b $bc \parallel 2K'$ до пересѣченія съ верти-

какою $\overline{33'}$ въ а; замѣнивъ откладываніе $\overline{25} = \frac{3c}{n}$ и проводимъ ея до пересѣченія съ 44 въ точкѣ Δ и т.д. Швы кладки равномѣрно перпендикулярно къ линіи давленія и ширина давленія распредѣлялось на швахъ равномѣрно принимаемъ изъ центра тяжести на линіи давленія. Если R – нормальное давленіе на шовъ l-го теченія и K безопасное давленіе то l получается изъ уравненія: $Kl = R$; откуда $l = \frac{R}{K}$. Для шва тип $R = \gamma b$ и $1R'$; Для шва 2 $R_2 = \gamma b$ и $2K_1$. Частныя $\frac{1R'}{K}$, $\frac{2R_3}{K}$ .... опредѣляютъ всего-лишь положеніе центра давленія: Верхняя часть кладки сложенъ получитъ горизонтальныя швы; толщина нижнихъ кладки должна быть взята такая, чтобъ какъ она ни какого трудно не имѣла. Такъ какъ нижній шовъ N^1 – горизонтальный по линіи давленія къ нему нажатія. Чтобы не было скольженія, нужно стараться Σ съ нормалью къ $1N$ не должень было болѣе $17°$ въ противномъ случаѣ и шовъ N^1 долженъ получить уклонъ. Часто придаютъ кладку въ формѣ свода для большей подвижки основанія. Для построенія линіи давленія взятъ, какъ полосы наружи фигуры Ee dd, kk, ll BB..... между тѣми какъ сосѣдовали брали MC aa и mm, ww и mm..... пересѣкающія ихъ около центровъ тяжестей линіи давленія вообще не останавливаются и въ случаѣ надобности можно было взять вышеприведенныя построенія. Толщину устоя сомкнутаго свода можно приблизительно опредѣлить по эмпирической формулѣ: $l = 0{,}3 + \frac{l}{\gamma} \cdot \frac{3b - s}{2 + 3} + 0{,}17k$ mtr, гдѣ l – отверстіе свода; S толщина (у ключа) b – высота опоры до пятъ.

Устойчивость промежуточныхъ опоръ.

На опору дѣйствуютъ (чер. 96) 1) реакціи N и N опирающіяся на нее сводовъ, 2) вѣса P и P_1 половинъ этихъ сводовъ и ихъ нагрузокъ, 3) вѣсъ Q опоры съ ея нагрузкой. Въ архитектурныхъ постройкахъ обыкновенно $N = N_1$ и $P = P_1$, такъ какъ своды симметричные и симметрично нагруженные. Если W – полная площадь опоры съ нагрузкой, c – ея толщина, то: $Q = \gamma . W . c$. 1 и для l – центральныхъ ур-ній $Kl = 2P_1 + Q = 2P_1 + \gamma . W . c$ откуда $l = \frac{2P}{K - \gamma W}$. Наименьшая толщина будетъ при $l = 2d$, гдѣ d – горизонтальная проекція пятъ свода. Въ сводчатыхъ сооруженіяхъ N и N слагутся быть не равными и самый невыгодный случай будетъ тамъ (чер. 97), гдѣ одинъ сводъ нагр. сильной нагрузкой, а правый и опора не нагружены. Равнодѣйствующая въ сводѣ дѣйствующихъ силъ на опору не должна выходить изъ средней трети, если помнимъ $OC = \frac{b}{3}$, то принимая, что равнодѣйствующая силъ N, N_1, P, P_1 и Q проходитъ черезъ точку O, будемъ имѣть (для O какъ центра моментовъ): $P_1\left(p + \frac{b}{3}\right) - N_1 h_1 - Q\frac{b}{6} - P\left(p + \frac{2}{3}l\right) + Nh = 0$ откуда такъ какъ $Q = \gamma W c$; $l^2 + \frac{(2p - p_1)}{\gamma W} l = \frac{6}{\gamma W}(Nh + P_{p1} - N_1 h_1 - P_p)$ (слагаемое часто сокращается $\frac{1}{6} - \frac{1}{9}$ отверстія) Устойчивость опоры можно и въ этомъ случаѣ построеніемъ линіи давленія провѣр

Ни верхніе слои сводовъ не могли быть сдвинуты рамфорсомъ (въ которыя должны быть горизонтальны и потому въ сводахъ, когда въ замкѣ имѣемъ равнодѣйствующую всѣхъ силъ находящихся на (половинѣ пролета) они ограничиваются плоскостями, какъ указано на стр. 97.

Косой сводъ.

Разсматриваемъ теперь косой сводъ употребляющійся на всякихъ мѣстахъ. Косой сводъ разсматривается, какъ цѣлый либо его часть, имѣющій безконечно узкія полосы, въ которыхъ плоскости перпендикулярны къ ребрамъ прямого свода. Швы въ такихъ сводахъ располагаются въ вертикальныхъ плоскостяхъ, изъ которыхъ одна параллельна пятовой плоскости свода другія перпендикулярны къ первымъ и къ цилиндрической поверхности свода. Опишемъ сводъ къ прямоугольнымъ плоскостямъ проекцій и обозначимъ его плоскостями параллельными вертикальной плоскости проекцій на узкія полосы, тогда оси свода на вертикальной плоскости изобразятся полуокружностями, а на горизонтальной прямой || оси проекцій. Обозначимъ эти горизонтальныя проекціи (проекціи линій) буквами I, II, III .... (черт 98), а соотвѣтствующія вертикальныя проекціи полуокружностей, центры которыхъ будутъ 1', 2', 3' буквами I', II', III'. Построимъ теперь проекціи швовъ. Такъ какъ вышележащая проекція прямого угла, которыхъ одна сторона параллельна вертикальной плоскости проекцій есть тоже прямой уголъ, то въ вертикальной проекціи продолженный шовъ будетъ перпендикуляренъ къ I', II' III'.... Чтобы напримѣръ его получить на полуокружности центромъ 0 берется точку a', принадлежащую линіи шва, соединяемъ ее съ центромъ 1', линія a'1' пересѣчетъ пряную полуокружности въ точкѣ b' соединивъ которую съ центромъ 2' получимъ прямую 2'перпендикулярную полуокружности II' въ точкѣ c' проводимъ радіусъ C'3', находящій точку d' и точку e'; соединивъ эти точки получимъ линію a'b'c'd'e' выражающую вертикальную проекцію продолженнаго шва свода; соотвѣтствующая горизонтальная проекція его шва будетъ abcde. Такимъ образомъ можно получить и продолженіе швовъ, если не параллельны между собою и опредѣлить ихъ двумя или тремя положеніями плоскостей. Интересно, какъ знаемъ, продолженіе было параллельно къ цилиндрической поверхности и было въ перевязку, или между собой параллельныя плоскости проекцій могутъ пересѣкать прямую, въ которыхъ легко было бы судить о напряженіи величинѣ ихъ. Способъ этотъ, самый случайный въ практическомъ отношеніи, трудно примѣнимъ на практикѣ всѣдствіе того что каждый камень приходилось обтесывать по новому шаблону.

Способъ этотъ называется французскимъ и иногда употребляется во Франціи. Употребительнѣе. Англійскій способъ, въ которомъ камни называются одинаковыми фигурами.

Интересно посмотрѣть

Листъ 24.

Косой свод по английскому способу.

Правила ко
вания сред уклона. 1) пересечение плоскости перпендикулярной ко
внутренней поверхности свода есть дуга круга. 2) сечет — —
на развертках суть прямыя линіи 1 -ыя ко линіи A. B, кото
рая есть развернутое основаніе свода (чер. 99) 3) Относи
тельно ||-ныя щеки и 1-ыя ко сечениям и въ развертки и въ мате
рь; следовательно въ развертках они представляются прямы
ми, а въ натуре вместо прямыхъ линій, углы наклона кото
рыхъ должны имѣть углы наклона сечений плоскостей - до 90°
4) плоскости, какъ сѣкущія такъ и относящія плоскости образа
вами ескольких прямой 1 ой къ поверхности свода по сопря
женным линіям. При такихъ условіях сторона каждо
каждаго свода, образующая внутри получает искривление пря
головье и всѣ каждыя смогутъ быть одинаковы по одному и тому
же шаблону. Единственный недостаток этой каждки
тель, что сечение плит не 1 ыми и потому каждый свода
принадлежащей къ данному типу особую форму - треугольную
Пусть имѣем косой свод (чер. 99) Сначала определяем
развертку $A_0 C_0 D B$ внутренней поверхности свода. Для этого
проводим сѣчение BE ⊥ къ оси свода, дугу этого сѣчения дѣлим
на нѣсколько равныхъ частей, черезъ точки дѣленія 1, 2, 3. . . про
водим образующія поверхности I, II, III,..... Для построенія напр.
положенія образующей XI на развертке откладываем на прод
женіи линіи BE отъ точки B величину вычерченной дуги B1
до 1 черезъ эту точку ∥ BD найдем образующую XI въ новом по
ложеніи на развертке. Для нахожденія развертки направляю
свода BA замѣчаем точки пересѣченій горизонтальных проекцій
образующих съ горизонтальной проекціей направляющей (BA) и чер
эти точки проводим линіи ⊥ къ оси вращенія BD до пересѣчения
съ соотвѣтственными образующими въ их новыхъ положеніях
развертке. Чрезъ кон получим линію BA_0 которая будет слу
жить основаніем для кривой BA_0. Лекальная линія на развертке изобр
зится кривой ⊥-ыя къ линіи $A_0 B$, а относящія изобразятся пря
ми ⊥ ыя къ линіям лекальной линіи. Такимъ образомъ получ
на развертке вида внутренней каждки свода; всѣ каждки, как
видно прямоугольныя, за исключеніем прилегающих къ бокам
которыя 3-угольныя. Теперь не трудно начертить линіи въ про
ціи. Для примѣра укажем, как находятся проекціи линій
Замѣчаем точки пересѣченія этой линіи съ образующими на раз
вертке I, II. Эти точки соотвѣтственно будут т.е. Горизо
тальной одной изъ этих точек напр. e. Точка e на развертке
лежит на образующей II, и потому и ея проекціи должны на
ходиться на проекціях этой образующей: горизонтальную проекцію найдем
проводя черезъ точку e линію ∥ къ B до пересѣченія съ горизонтальной проекціей обра
ей, а по горизонтальной находим вертикальную. Найдя проекціи точекъ d, e, m, c и соедин
их получим, то горизонтальная проекція линіи будет dkme, и вертикальная d'k'm'c'. –

Каменные мосты.

Постоянныя сооруженія малаго отверстія, покрытыя сверху насыпью, называются въ практикѣ трубами. Трубы чаще всего устраиваются для пропуска малыхъ водотоковъ, перекрывая сравнительно узкое дно долины или русло. Онѣ употребляются какъ и всякое стационарное сооруженіе изъ камня, кирпича, бетона и железобетона.

Величина отверстія трубы.

Отверстіе водопровода опредѣляется наибольшимъ расходомъ потребляемыхъ въ данномъ мѣстѣ количествъ воды. Для практическихъ наблюденій достаточна ширина трубы 1,2 mtr и высота въ 2,1 mtr; воды пускаемъ высота въ 4,5 mtr и ширина въ 3,1 mtr. Гораздо труднѣе опредѣлить размѣры трубы, служащей для пропуска воды. Размѣры ея должны быть опредѣлены по расходу воды. Если мы имѣемъ опредѣленное русло, то обозначивъ черезъ F площадь живого сѣченія, черезъ v среднюю скорость, для опредѣленія расхода Q можно будемъ воспользоваться формулой. $Q = Fv$

Площадь живого сѣченія F можетъ быть опредѣлена весьма легко, вся трудность заключается въ опредѣленіи средней скорости. Для опредѣленія площади живого сѣченія F разобьемъ ее на нѣсколько элементарныхъ прямыхъ частей и обозначимъ полученныхъ частей черезъ f_1, $f_2 = f_3 \ldots$, тогда $f = f_1 + f_2 + f_3 + \ldots =$ откуда $v = \frac{\Sigma f v}{\Sigma f}$ ..... (1) Мы должны всегда разсчитывать по наименьшему расходу воды въ рѣкѣ, т.е. по наименьшей глубинѣ, опредѣляя воды въ рѣкѣ, помощью въ формулу для опредѣленія средней скорости или должны опредѣлить площади $f_1, f_2, f_3 \ldots$ и скорости $v_1, v_2, v_3 \ldots$ при помощи частныхъ водъ. Опредѣленіе $f_1, f_2, f_3 \ldots$ не представляетъ затрудненія, а опредѣленіе скоростей $v_1, v_2, v_3 \ldots$ требуетъ большой точности. Для опредѣленія средней скорости теченія воды въ рѣкѣ при всякомъ горизонтѣ воды можно воспользоваться выводящей эмпирической формулой $v = 50,93 \sqrt{t} - t$, гдѣ t уклонъ паденія (выраженное въ $^0/_{00}$); t средняя глубина живого сѣченія. Если площадь живого сѣченія въ данномъ мѣстѣ рѣки есть, снимая горизонтъ воды, есть b то высота h прямоугольника паденія, равновеликаго данному ($bh = F$) есть средняя глубина живого сѣченія въ данномъ мѣстѣ. Для опредѣленія расхода въ такомъ случаѣ, когда рѣка не имѣетъ опредѣленнаго русла нужно опредѣлить площадь бассейна, заключающей воду. Для этого необходимо прежде всего найти водоразводную линію т.е. линію соединяющую одинъ бассейнъ съ другимъ. Зная площадь бассейна и количество падающей воды на площади въ данное время можно опредѣлить ея коэффиціентъ

которое можетъ собираться въ долинѣ. Но не все количество падающей воды собирается въ долинѣ, такъ какъ значительная ея часть испаряется и поглощается растеніями. Поглощеніе въ нѣкоторыхъ мѣстахъ достигаетъ до 50%. Въ среднемъ можно принимать поглощеніе слѣдующимъ образомъ не больше 30% Если R площадь бассейна и S количество всей воды, падающей во время ливней или сосредоточивающейся отъ внезапнаго таянія снѣговъ, то количество воды вливающей въ весь бассейнъ RS Если коэффиціентъ поглощенія обозначимъ черезъ δ, то въ долину попадетъ количество $(1-\delta)RS$ Если дождь продолжается нѣкоторое время t, то количество упавшей воды, отнесенное къ единицѣ времени будетъ $Q = \frac{(1-\delta)RS}{t}$. Если выпала долгій непродолжительный, то сначала долина будетъ принимать воду всѣми своими частями, но затѣмъ вода начнетъ собираться только въ нижней части долины. Положеніе Q можно опредѣлить слѣдующимъ образомъ: обозначимъ черезъ Ω площадь бассейна, лежащаго выше трубы (по направленію теченія) черезъ R черезъ Q – количество воды собирающейся въ немъ черезъ $\mathfrak{R}$ площадь бассейна, лежащаго ниже трубы и черезъ Q_1 – расходъ воды въ этомъ же, гдѣ рѣка принимаетъ суженное русло. Оба бассейна R и $\mathfrak{R}$ питаютъ рѣку, расходъ которой есть Q_1 (его можно опредѣлить на основаніи вышеизложеннаго; слѣдовательно можемъ допустить (хотя приблизительно) слѣдующую пропорціональность: $\frac{Q_1}{Q} = \frac{\Omega+\Delta\Omega}{\Omega}$ или $Q_1 = Q \cdot \frac{\Omega+R}{\Omega}$. По этой формулѣ зная площади бассейновъ R и $\mathfrak{R}$ и расходъ воды въ рѣкѣ Q_1 можно вычислить количество воды Q пропускаемое трубой, и слѣдовательно и размѣры трубы. Если труба пропускаетъ мало рѣкой, имѣющей суженное русло, то средняя скорость теченія воды въ трубѣ принимается равной средней скорости въ рѣкѣ. Если величина рѣки неизвѣстна, то скорость воды въ трубѣ опредѣляется, какъ было сказано выше, при этомъ не забываютъ, чтобы не имѣло вредныхъ послѣдствій трубы.

При очень большой скорости теченія воды можетъ разрушить основаніе трубы при слишкомъ малой скорости теченія воды можетъ давать осадки въ трубѣ и тѣмъ уменьшать площадь живого сѣченія. Для приведенной таблицы даны величины наименьшихъ скоростей въ зависимости отъ свойствъ грунта. Ил. . . $v = 0,076$ mtr въ сек. Глина $v = 0,609$ mtr Обыкновенная глина $v = 0,152$ mtr въ сек. Галька $v = 0,914$ mtr. Обыкновенная глина $v = 0,209$ mtr въ сек. Валуны $v = 1,22$ mtr. Песокъ средній $v =$ mtr въ сек. Слоистая скала $v = 1,84$ mtr Твердая скала $v = 3,05$ Отверстіе трубы должно имѣть такіе размѣры, чтобы оно было достаточно не только для пропуска высшихъ водъ, но также и для пропуска увлекаемаго водою предметовъ. Недостаточность отверстія накопившаяся вода должна имѣть подземный и прорвать плотину (какъ это случилось съ Кужневской плотиной) и быть причиной большихъ несчастій.

Устройство труб.

По сложности изъ капитальныхъ приготовляемыя трубы, имъ могутъ быть разделены на деревянныя, каменныя, бетонныя, чугунныя и каменныя

Деревянныя трубы. встречаются какъ временныя сооружения при устройствѣ дорогъ. Эти трубы подвержены скорой порчѣ отъ гніенія, только подъ водою онѣ сохраняются долгое время. Дѣленія трубы дѣлаются изъ досокъ обыкновенно квадратными или досокъ составляющія трубу скрѣпляются для прочности деревянными рамками.

Каменныя трубы имѣютъ діаметръ отъ 0,1 до 0,32 mtr и употребляются при высокихъ насыпяхъ, когда напряженія не доходятъ до трубы. Иногда онѣ приготовляются изъ половинокъ, каждая половинка при кладкѣ цементомъ, діаметръ половинокъ трубъ доходитъ иногда до 0,5 mtr. Толщина стѣнокъ каменной трубы равна 0,04 mtr длина ихъ 0,42 mtr. Для увеличенія отверстія трубы между половинками не вкладываютъ кирпичи (черт.

Бетонныя трубы отличаются отъ дренажныхъ тѣмъ, что стѣнки ихъ не пористы пускаютъ, какъ дренажныя трубы.

Бетонныя трубы также употребляются при высокихъ насыпяхъ, устраиваются изъ бетона съ небольшимъ количествомъ щебня діаметръ въ свѣтѣ круглыхъ бетонныхъ трубъ бываетъ отъ до 0,2 mtr, толщина стѣнокъ 0,09 mtr. Бетонныя и бетонныя трубы требующія бетонированія изслѣдованію не сложны 42 mtr или железобетонныя со стѣнокъ бетона на вересу. Иногда бетонныя трубы получаютъ прямоугольную форму и состоятъ изъ двухъ половинокъ соединеніе половинокъ показано на

Чугунныя трубы употребляются при высокихъ насыпяхъ малыхъ расходовъ водяи воды. Діаметръ ихъ не должен быть больше 0,7 mt. Главное преимущество чугунныхъ включается въ прочности и быстротѣ укладки. Чугунныя трубы прямо кладутъ на грунтъ, не смотря на вересной слой, плохо поэтому трубы плотно укладываются. Для дурныхъ грунтовъ употребляются стыковыя, железныя обыкновенно отъ 0,5 mt до 1 mt или кладутъ трубы на деревянныя поперечины, которыя употребляются на стыкахъ высокихъ насыпяхъ укладка трубъ на поперечинахъ оказывается невыгодною, но въ такихъ случаяхъ чугунныя трубы не должны вообще употребляться. Части трубъ между собою обыкновенно раструбами, которыя направляются въ сторону подгара. Стыки заливаются досокъ, или заносятся какой заливающей смѣсью (см. „Водоснабженіе") Для предохраненія отъ просачиванія и слѣдовательно произойти износа рабочаго стыки труб

каменъ слоемъ сырой земли и плотно трамбуютъ землю вокругъ трубы. Для предохраненія отмостокъ отъ подмыва протекающей водой, отмостки вблизи трубы иногда дѣлаютъ каменными - обдѣлываютъ каменной кладкой съ отмостками или обрамляютъ кирпичомъ. Подошву отмостокъ дѣлаютъ слоемъ по крайней мѣрѣ на 1 mt въ обѣ стороны отъ края трубы и на протяженіи 4 mt отъ подошвы откоса. Ширина отмостокъ должна постепенно увеличиваться вплоть вертикальной края трубы на 1 mt и должна имѣть ширину отъ 1,5 до 2 mt (чер 102). Трубы должны быть прочищаемы для устраненія засоренія особенно время весенней воды. Часто укладываютъ трубы не въ самомъ дѣлѣ отъ дѣлѣ, но немного въ сторону, помощью чего при посадкѣ устраняютъ появленіе щели прилегающей къ наружи въ сторонѣ трубы а помощью ими щели засоренія трубы. Сущность и устройства трубы отличается тѣмъ такъ, какъ показано на чер 102 менѣе какъ на чер. 103 т.е. полнымъ каменнымъ перекрытіемъ слѣдующей съ отмостками или обрамленіемъ кирпичемъ, что уменьшаетъ длину трубы.

Каменныя трубы бываютъ двоякія: 1) покрытыя плитами
2) покрытыя сводомъ.

1) Трубы покрытыя плитами полнымъ шириной отъ 0,25 м до 1 mt при большей ширинѣ получаются очень тяжелыя трубы какъ загружающія своды; высота въ свѣтѣ отъ 0,25 до mt. Отмостки или устои трубы обыкновенно дѣлаются прямоугольнаго сѣченія (чер 104). Если грунтъ подъ трубой слабый то для устраненія перегружанія основанія дѣлаютъ обыкновенно подъ обѣими устоями (чер. 105) если твердый, то раздѣленные (чер При этомъ надо имѣть въ вниманіе величину груза распространяемаго подъ трубой. При отдѣльныхъ основаніяхъ, въ особенности когда грунтъ не очень проченъ, основанія въ началѣ и концѣ трубы соединяются поперечными стяжками, обыкновенно квадратнаго сѣченія (чер. 108 б, 108 (в), разстояніе 0,5 - 0,9 mtr, при слабомъ грунтѣ такихъ поперечинъ дѣлаютъ три: на концахъ трубы и по срединѣ. Стѣна дѣйствующая на устои, будетъ эксцентрическая помощью для равномѣрной передачи давленія на грунтъ нужно въ внутренней отмостки въ отдѣльныхъ основаніяхъ дѣлать уширенія, или такъ называемые обрѣзы. Ширина обрѣзовъ чер. 110 обыкновенно берется равной 15 cmt. При большихъ трубахъ присоединяютъ 2 или 3 обрѣза, чтобы давленіе не выходило изъ ядра (чер. 340 d) почти всегда обрѣзы располагаются симметрично, какъ съ внутренней, такъ и съ наружной отмостки. Основаній трубы при слабомъ грунтѣ углубляется для большей плотности его слоевъ; если нижній слой расположенъ глубоко то прибѣгаютъ къ помощи ряжевика. Отверстіе трубы плитами обыкновенно квадратную форму ($b = h$). Отверстіе

производят забутку съ ужатіемъ $\frac{1}{3}-\frac{1}{4}$; ее покрываютъ слоемъ ще
ка отъ 2-3 cmt, а иногда покрываютъ просто мелкимъ щебнемъ
мощностью въ 1 cm. Толщина устоевъ t берется отъ 0,4-0,6 mtr
и иногда опредѣляютъ по слѣдующей эмпирической формулѣ
= 0,4 mtr + 0,3 h. Толщина пятки разсчитывается въ зависимо
отъ дѣйствующихъ силъ, каковыя зависятъ отъ постоянныхъ
и случайныхъ нагрузокъ. Предполагаютъ, что дѣйствующими
явятся сопротивленія средней части пятки равныя
A и b (чер 104) Постоянная нагрузка будетъ вѣсъ земляной от
сѣченія призмы, основаніе которой будетъ abcd, а высота l;
мая эти величины найдемъ объемъ V куб. метр., а умножив
го на 1,5-1,7 (вѣсъ 1 куб. метра грунта въ тонныхъ) получи
постоянную нагрузку Q тонны. Предполагаютъ, что нагруз
Q сосредоточена на одномъ погонномъ футѣ A (разстояніе между бе
ковыми плоскостями, проходящими черезъ ребра пятки);
акъ что $q=\frac{Q}{l}$ будетъ нагрузка на 1 погонный футъ при длин
l. Пятка, слѣдовательно будетъ представлять балку, сво
вящуюся на опорахъ и равномѣрно нагруженную. Случайна
нагрузка заполнитъ отъ пролета l; если l 1 mtr то каждо
ъ на пятку окажетъ дѣйствовать часть всего нарового
ли вѣсомаго, передаваясь только одною осью, ибо разстояніе ме
ду ними не бываетъ менѣе 1,3 mt; предполагаютъ, что случайная на
а будетъ q и дѣйствуетъ на среднюю пятки. Тогда сво
йствующій на пятку будетъ: $M=\frac{ql^2}{4}+\frac{gl^2}{8}$ ..... (1) сопро
ую пятки по среднимъ назовемъ черезъ e, то $J=\frac{1}{12}e^3k$ .... (2
огда подставляя въ выраженіе $M=k\frac{J}{e}$ вмѣсто M и J
ченія изъ (1) и (2) получимъ: $\frac{ql^2}{4}+\frac{gl^2}{8}=\frac{k\cdot e^2\cdot A}{6}$ ..... (3)
ъ этого уравненія можно найти или e по l или l по e:
$=-g+\sqrt{\frac{4k}{3q}e^2A+\left(\frac{g}{q}\right)^2}$; $l=\sqrt{\frac{3e}{5Ak}(g+\frac{ql}{2}}$; Въ нашихъ формулахъ
$=6,5\ t$ тон (давленіе одного колеса парового) $g=1,3$ тон (для нижнего
ояса новаго) Для величины K принимаютъ для кварца 8 кгд
$\square$ c/m; Для величины k. прим. для балласта 6,5 кгд на 6 $\square$ c/m. Для
личины K принимаютъ для гранита 4,5 кгд на 6 $\square$ c/m; Для вел. K прим. для пес
ка 2 кгд на 1 $\square$ c/m; Для велич. K принимаютъ для известняка 4,
ли площадка сама велика надъ трубой $H>1$ mtr, то формулу
ля расчета слѣдующій видъ (слѣдующую нагрузку слѣдуетъ
ть распредѣленной равномѣрно: $(q+g)\frac{l^2}{8}=\frac{k\cdot l\cdot e^2}{6}$ и
$=\frac{l}{2}\cdot\sqrt{\frac{3(q+g)}{kA}}$, а; $l=2e\sqrt{\frac{kA}{q(q+g)}}$. Для опредѣленія l иногда пр
требляютъ эмпирическія формулы: $l^{mt}=0,1+0,2\,l\,mt$ ....
при $H<1,5$ mt; $l=0,12+0,24\,l$ .... при $H>1,5$ mt, гдѣ H обыкн
площадку сама велика надъ трубой (чер 104). Напр. при $H<$
3 mt и при $l=1$ mtr будетъ имѣть: $l=0,1^{mt}+0,2\,l=0,1+0,2$
площадка H не должна быть менѣе $0,5^{mt}$ поэтому въ
ѣдствіе этихъ случаяхъ давленія вредно дѣйствующаго не мож
ъ имѣть, но также и на самую кладку усто[illegible] Когда

длина палец не достаточна для нахождения отверстия трубы по указательным жроизведениям, когда и это средство не дает отверстия, то указываются две и более труб отверстия разыскивать, задав такие отверстия центрально-пищевой пищей содержимое в хранилищах. На черт. 108 и 109. представлены одиночная и двойная трубы с хранилищами. Величина вместимостей в таких хранилищах бывает от $\frac{1}{10}$ l до $\frac{1}{8}$ Длина конусов, которыми пищи оканчиваются на отверстии 0,25 l - 1,3 l, тогда как длина пищи а будет от 1,5 l до 1,6 l. Пищи двойных труб нахождения забудутся, поэтому сечения желобка от 2 до 3 c/m, а иногда поперечно-цилиндрическая форма толщиной в 1 c/m.

Дно трубы, по которому течет вода, получает плоскую или вогнутую поверхность с падением в $\frac{1}{100}$; оно покрывается глиной (черт 106, 111, 114). толщиной от 12 до 20 c/m. При обязательном основании для устройства глиной хорошо расположенных на основании непосредственно. Вогнутая форма дна трубы выгоднее плоской, так как скорость течения воды по каналу пропорциональна выражению $\frac{f^2}{p}$ т.е. она увеличивается с увеличением f и уменьшается с увеличением p (см. журнал „Водоснабжение") где f^2 есть площадь живого сечения а p смачивающий периметр, то очевидно, бывают выгодно придавать такую форму, которая при данной площади f давала бы наименьшую величину p. Этому удовлетворяет полукруглое дно.

Устройство крыльев. Пищи входят трубы, находятся из земли покрывающей хранилище. Устройство нижних крыльев показано на черт. 113 слева, а устройство верхних крыльев в зависимости конструкции на черт. (113) справа. Отношения крыльев удовлетворительно: на фиг. А внутренняя поверхность крыла смыкающаяся трубой пищи, толщина крыла на конце должна быть 0,4 на фиг. Б внутренняя поверхность крыла показана отвесно под углом от 10° до 20°, на фиг. С крыло показано с отвесной и образует уступ, это недостаточно для подачи и отбрасывает пищи конусом; на фиг. Д крыло еще хорошее, чем на фиг. С это отбрасывает отвесный, параллельный отвесной трубе, но конструкция крыльев Пищи нижних крыльев вверху утолщается до 0, свода крыла покрывающей пищей толщиной от 10 до 12 c/m. Верхние крылья должны иметь одинаковую толщину, равную толщине отвесной трубы. Так как при отбрасывании конуса очень вероятно нахождение пищи конца крыла к отверстию трубы то передняя крыло соединяется со стенкой трубы посредством

лаженной стенки А (чер 113) На табельях чер. 121 указано устройство трубы одна часть которой находится в выемке, а другая в насыпи. Переходим теперь к рассмотрению устройства каменных труб крытых сводами.

Трубы покрытыя сводомъ.

Эти трубы употребляются для больших отверстий. При больших внешних трубы служат двоякие своды полукруглые (чер. 110) и прямолинейные — стрельчатые т.е. прямоугольные по дуге круга (чер 111.). Опоры въ очертаніи обыкновенно прямоугольныя. Основаніе опоръ дѣлаются изъ бетона, или бетонныя. При скалистомъ грунтѣ и при непрочномъ грунтѣ устраивается и здѣсь сплошное основаніе (чер. 121, но большею частью кладутся опоры полныя отдѣльное основаніе (чер. 110). При непрочномъ грунтѣ и большой ширинѣ устраиваютъ сплошныя основанія въ видѣ обратнаго свода (чер. 339 пунктиръ ав) Въ поперечномъ разрѣзѣ полукруглые своды представляютъ двѣ концентрическія окружности съ центромъ въ точкѣ О (чер. 110) толщина этихъ сводовъ бываетъ отъ 0,35 до 0,5 метра внѣшней стороны этихъ сводовъ для увеличенія прочности полукруглую кладутъ изъ камня, поклатую сверху цементомъ (2-3 с/м и асфальтомъ (1 с/м); ужатіе забутки = $\frac{1}{3}$. Забутка при стрѣльчатыхъ сводахъ не дѣлается, а покрываютъ ихъ для предохраненія отъ протеканія воды слоемъ цемента толщиной отъ 2-3 см. или слоемъ изъ кирпича на цементѣ, прилегающимъ плашмя къ кладкѣ основанія. Кромѣ того во многихъ случаяхъ наносятъ еще сверху слой асфальта толщиною въ 1 с/м. Толщина свода трубъ въ замкѣ опредѣляется по тѣмъ формуламъ, которыя даны ниже указаніи въ статьѣ о сводахъ

Толщина опоръ. Опоры здѣсь называются устоями, они имѣютъ кромѣ вертикальныхъ стѣнъ называютъ еще другія стѣны наклонныя (фасадныя своды и задняя стѣна) Если пролетъ круглаго свода обозначимъ черезъ S, ширину трубы черезъ b и высоту опоръ трубы черезъ h, то для опредѣленія толщины опоръ t можно воспользоваться формулой: $t = 0,3\sqrt{mt} + \frac{b}{6}$ $\frac{Sl - S}{l + S} + 0,17h$ ..... (1) 2) Толщина опоръ полукруглаго свода опредѣляется по той же формулѣ (1), если въ ней положить $S = \frac{l}{2}$. Для этого случая формула (1) упрощается и принимаетъ видъ: $t = 0,3\sqrt{mt} + 0,2l + 0,17h$ .... (2). По этимъ же формуламъ можно разсчитывать каменныя опоры, если только пролетъ l не болѣе 10 метр.

Основаніе. Часть опоръ трубы находящаяся въ землѣ и называемая основаніемъ, дѣлается обыкновенно съ обрѣзами и какъ они уже ранѣе упоминалось, обрѣзы находятся по большей части съ внутренней стороны. Ширина подошвы опредѣляется

[illegible] прочность грунта при сооружении.

Зная вес земли надъ трубою и вес самой каменной трубы получаемъ уменьшивъ объемъ кладки трубы въ ней на 2,6 (вес въ тонныхъ 1 куб мет кладки) сколько будетъ опредѣляющая постоянную нагрузку N_1, а вся нагрузка на грунтъ будетъ $N = N_1 +$ случайная нагрузка. Назовемъ черезъ R площадь основанія, черезъ K допускаемое напряженіе на сжатіе грунта, который для крѣпкой глины берется отъ 1 до 1,5 кгр на □ с/м получимъ $2xs\,K = N_1$, гдѣ s - длина трубы $x = \frac{N_1}{2Ks}$, если x получится весьма сравнительно съ t площадью опоры, то основаніе будетъ общее, тогда $R_1 = 2x + b$; если выше вычисленная величина R получается больше R то здѣсь уже придется искусственно увеличить прочность грунта забивкой свай.

Дно.

Дно дѣлается обыкновенно плоскообразнымъ, со продольнымъ уклономъ бываетъ не менѣе $\frac{1}{100}$. Дно состоитъ изъ каменной отмостки (одежда на цементномъ раствор) толщиною отъ 12 до 20 с/м; которую при слабомъ основаніи кладутъ непосредственно на основаніе, а въ другихъ случаяхъ на сплошной грунтъ. Въ послѣднемъ случаѣ устраиваются поперечныя на верхнемъ и нижнемъ концахъ трубы а при большой длинѣ ея иногда такія и въ среднихъ поперечныя основанія, которыхъ ширина и высота бываетъ отъ 0,5 до 0,90 мет. Эти поперечныя стѣнки называются иногда боковое давленіе опоръ или грунта. По продольной оси каменной трубы, похранной сводомъ, представлено на черт. 112. На черт. 112 представленъ разрѣзъ трубы плоскостью перпендикулярной ея оси. Черты (б) и (с) представляютъ видъ сверху на незасыпанную трубу и разрѣзъ горизонтальной плоскостью; на черт. 112 поперечный разрѣзъ трубы; а черт. 120 (а) боковой видъ со стороны обращенной крыльевъ; на черт. 120 (б) разрѣзъ трубы. На концахъ трубы т.е. въ ея дверяхъ выхода сухъ земли надъ сводомъ бываетъ два поперечныхъ стѣнки (черт. 103) параллельныя оси дороги высь этихъ стѣнокъ выше, чѣмъ короче должна быть труба. Для трубъ съ крыльями поперечныя, продольную рѣзку подводятъ. Для большей устойчивости задняго бокового сопротивленія засыпаемаго грунта продольная стѣнка упирается въ откосъ и слѣдственно ея сводъ не она дѣлается уступами. Высота продольной стѣнки зависитъ отъ высоты трубы, отъ высоты насыпи, а также отъ ширины трубы, послѣдняя ея на верху не должна имѣть менѣе 0,4 ея. Сама высота продольной стѣнки должна быть не менѣе площади надо разсчитывать какъ площадь подпорной стѣнки высь. Длина продольной стѣнки L (черт. 116) при обыкновенныхъ крыльяхъ опредѣляется формулой $L = l + 2R$. Къ этой формулѣ часть

кроется трубы, а величина h зависит отъ того, спускается ли
для отвода дождевой воды или ручья. Если труба перваго ро
то $h = mh + a$, гдѣ h - высота конуса, а величина a берется отъ 0
0,5 метр. При трубѣ втораго рода, для ручья (черт. 117) $h = b + m_2 h_2 +$
$+ m_1 h_1$, гдѣ h_2 - глубина ручья и m_2 коэффиціентъ откоса берегов
ручья; b - конусъ берется равнымъ 0; a, m_1 и h_1 такіе величи
то и прежніе. Для верхней отмостки откидываемой каменной
кладки каменнаго цилиндра выступаютъ въ плоскости отмо
стки, какъ они должны быть относительно откоса (Каменн
ная кладка, имѣющая различныя очертанія, смотря по условіямъ
въ которыхъ они находятся. Къ подкарнизнымъ отмосткамъ
относятся обыкновенныя или откосныя крылья (черт. 112(с) чер.
и). При употребленіи обратныхъ крыльевъ отмостки ихъ
ваются конусами. Обратныя крылья суть продолженіе
подкарнизной отмостки. Откосныя крылья дѣлаются или ка
продолженіе моря или наклонно къ опорамъ подъ угломъ
угломъ (черт. 112(б)). Наружная поверхность какъ обратныхъ
такъ и откосныхъ крыльевъ дѣлается при малой высот
кладки вертикальной; при большей же получаетъ откосъ отъ 1/10 д
1/20. При неправильномъ крутомъ концѣ откосныхъ крыльевъ следу
ютъ между собою поперечными основаніями или обратными от
носомъ. Обратныя крылья получаютъ высоту подкарнизной
отмостки: сверху ихъ покрываютъ карнизными плитами
толщиною отъ 15 до 30 см такими же плитами мостятъ
верхъ карнизовъ покрывающихъ откосныя крылья. При употребле
обратныхъ крыльевъ подкарнизная отмостка обыкновенно по
мѣщаютъ послѣдніе крыльевъ наверху. Карнизныя плиты кладу
на цементѣ и скрѣпляютъ между собою желѣзными
горнобами S (черт. 115). Концы скобъ заливаются свинцомъ.
Для Германіи для заливки употребляютъ расплавленную
112, ру съ нѣкоторой, а для предупрежденія расплавленныя скобы
подчасъ. Карнизныя трубы въ частяхъ, подверженныхъ дѣ
ствію воды, обыкновенно иногда отбарабаниваютъ бутовымъ и
бывшимъ будетъ дорогъ неправильно расположенными жирными ра
ковыми, и часть свода берутъ изъ твердой плотной каменной
ломки и только въ случаѣ необходимости отесываютъ
ваются по жирнику. Основаніе дѣлается изъ бутоваго на цемѣ
ческомъ раствора или бетона. Для трубъ получаетъ
толщину отъ 0,01 до 0,002 первоначально ее сокращаютъ указанную до
жимая или ударяя на поперечныя выведенныя трубы; для
малыхъ трубъ это получаетъ отвѣтственную
Откосныя крылья до земли обыкновенно не доводятся а
оканчиваются круглыми или эллиптическими конусами
B (черт. 113)

Кранъ со стороны насоса долженъ получить кривошипный очертаніе, либо движеніе насоса на кранъ канализ-разсчетъ по придать такую форму кранъ очень затруднительно, поэтому его со стороны насоса должно ограничивать или ограничивать показаній прямой линіей, площадка крана на которую бываетъ не менѣе 0,6 mm. Когда вода входитъ въ трубу не по направленію ея оси, а ея направленіе и механическій уголъ, по крану со стороны которого входитъ вода въ трубу, должно направленіе предполагаемое течетъ воды. На чер 118 (а и в) представленъ путеводъ со сводчатыхъ поперечныхъ и продольныхъ крановъ. Размѣры путеводовъ находятся по числу фарфоровъ которыя были даны для трубъ, пропускающихъ воду.

Каскадныя трубы.

Когда уклонъ поверхности очень значителенъ (какъ это бываетъ при поступленіяхъ, посупленіяхъ.), то при перпендикулярномъ сводъ стоянъ оказывается очень большая разница въ высотахъ трубы при входѣ ея въ насосъ и при выходѣ предполагая, что для трубы слѣдующей уклону поверхности. Для избѣганія этого неудобства трубу должно по длинѣ на нѣсколько частей и расположить ее уступами (какъ дно, такъ и сводъ.) Уступленіе водится уступовъ раз сопоставляемъ стыкахъ (дно); хорошо было бы слабомъ уступѣ расположеніе трубы каскадами стыкать бываетъ весьма неравномѣрную осадку ея каждый стыкъ часть В такихъ случаяхъ предпочитаютъ устраивать наклонныя трубы съ наклоннымъ расположеніемъ колодки, при чемъ для удержанія трубы отъ скольженія по оси наклонно ея часть т. е. при выходѣ стыкаются одинъ съ другимъ перпендикулярно А (чер. 114). Ось трубы небольшого расположенія перпендикулярно ея дарии, но это не всегда бываетъ возможно, поэтому и центрированія трубы. Такъ какъ колодка хотя трубъ фундамента, то для стыкованія избѣгать и для возможно выгоднаго направленія перехъ каменнаго русла. Иногда каждая трубы устраиваютъ уступами въ видѣ отдѣльныхъ арокъ. Лучше должно въ такихъ случаяхъ трубы для большаго безъ уступовъ. Такъ какъ устройство всегда соединено съ большими расходами, то бываетъ иногда выгоднѣе отвести воду отъ насоса въ сторону посредствомъ открытыхъ каналовъ. Наличіе въ старомъ оказавшемся большой выгодности замѣнить русло и устроить новое русло. При этомъ нужно предусмотрѣть какое устройство будетъ дешевле, для чего необходимо составить два проекта: одинъ для предполагаемаго устройства трубъ и другой для отведенія воды, при чемъ расчетъ обоихъ проектовъ, принимая во вниманіе всѣ обстоятельства и выбрать для исполненія

почвъ капитальной будетъ дешевле. При отведеніи русла надлежитъ наблюдать за тѣмъ, чтобы на всемъ протяженіи русла не было уклоненій, чтобы на такомъ основаніи должно отказаться, а тамъ ускорялось теченіе воды. Поэтому отведеніе воды не допускается. Въ такомъ случаѣ необходимо устраивать трубу косо, наклонно къ оси дороги подъ извѣстнымъ угломъ. Уголъ наклона не долженъ быть менѣе 50°. Неудобство наклонныхъ трубъ заключается въ слѣдующемъ: 1) Если поперечную трубу, служащую для пропуска воды, расположить наклонно къ оси дороги т. е. если ихъ входное отверстіе будетъ отстоять далеко отъ насыпи, а другіе два будутъ находиться въ насыпи, что очевидно неудобно. 2) Если же служащую для трубы расположить параллельно оси дороги, то труба въ горизонтальной проекціи принимаетъ видъ параллелограмма, а потому все ея ядро свода очень затруднительно. Поэтому всѣми силами стараются устраивать косыя трубы.

Засыпка трубы.

При производствѣ засыпки трубы, для болѣе скораго удаленія воды изъ свода устоевъ и крыльевъ, открываютъ сперва каменной кладки толщиною въ 0,5 арш. Засыпку всѣхъ частей должно производить въ одинаковомъ горизонтѣ и по всей длинѣ трубы, постепенно слоями, каждый слой тщательно утрамбовывая до тѣхъ поръ, пока засыпка не будетъ доведена на 1 арш. выше свода. Далѣе засыпка можетъ производиться безъ трамбованія. Трамбованіе должно производиться не очень тяжелыми тѣлами, чтобы удары не производили сотрясенія свода сооруженія. Послѣ производить трамбовку до начала движенія грунтовъ.

Разбивка оси трубы.

Разбивка оси трубы производится посредствомъ натянутой тонкой веревки оси трубы съ обѣихъ сторонъ насыпи. Для опредѣленія направленія оси трубы (линіи) производятъ нивелировку по направленію ея оси вверхъ и внизъ. Поверхность линіи опредѣляютъ колышками, которые на вершинѣ должны обозначать ось трубы. Разбивка и повѣрка расположенія насыпей трубы производятся по отношенію ея оси

Какимъ числомъ обѣихъ трубъ задаваться на всякомъ относительно каждаго повѣренія закладка всѣхъ частей трубы, шелонь, пятъ, свода и пр.) Крупность устанавливается на основаніи

Для опредѣленія стоимости трубы нужно вычислить объемъ кладки. Объемъ тѣла надо вычислять по всѣмъ измѣреніямъ его большой стоимости. При проектированіи порожнаго тѣла трубы (т.е. трубы стоимость кладки сводятъ

съ данной площадью живого сѣченія поступаютъ самымъ упомянутымъ образомъ. Въ зависимости отъ величины пролета трубы вычисляютъ объемъ ея кромки. На оси абсциссъ (чер. 119) откладываютъ величины пролета, а на соотвѣтственныхъ ординатахъ кромки трубы. Кромки получаютъ кривую линію AB. Пусть $\overline{01} = 1$ mtr; $\overline{02} = 2$ mtr; $\overline{03} = 3$ mtr; $\overline{04} = 4$ mtr. Соотвѣтственныя кромки будутъ 1a, 2b, 3c, 4d; изъ чертежа видно, что наибольшая выгодная будетъ та, которой пролетъ - OK и кромка K, которой = Ky, потому что кромка Ky есть тѣ кромкой, представленной кривой AB. Въ заключеніе приведемъ расчетъ каменныхъ опоръ съ

Расчетъ каменной опоры.

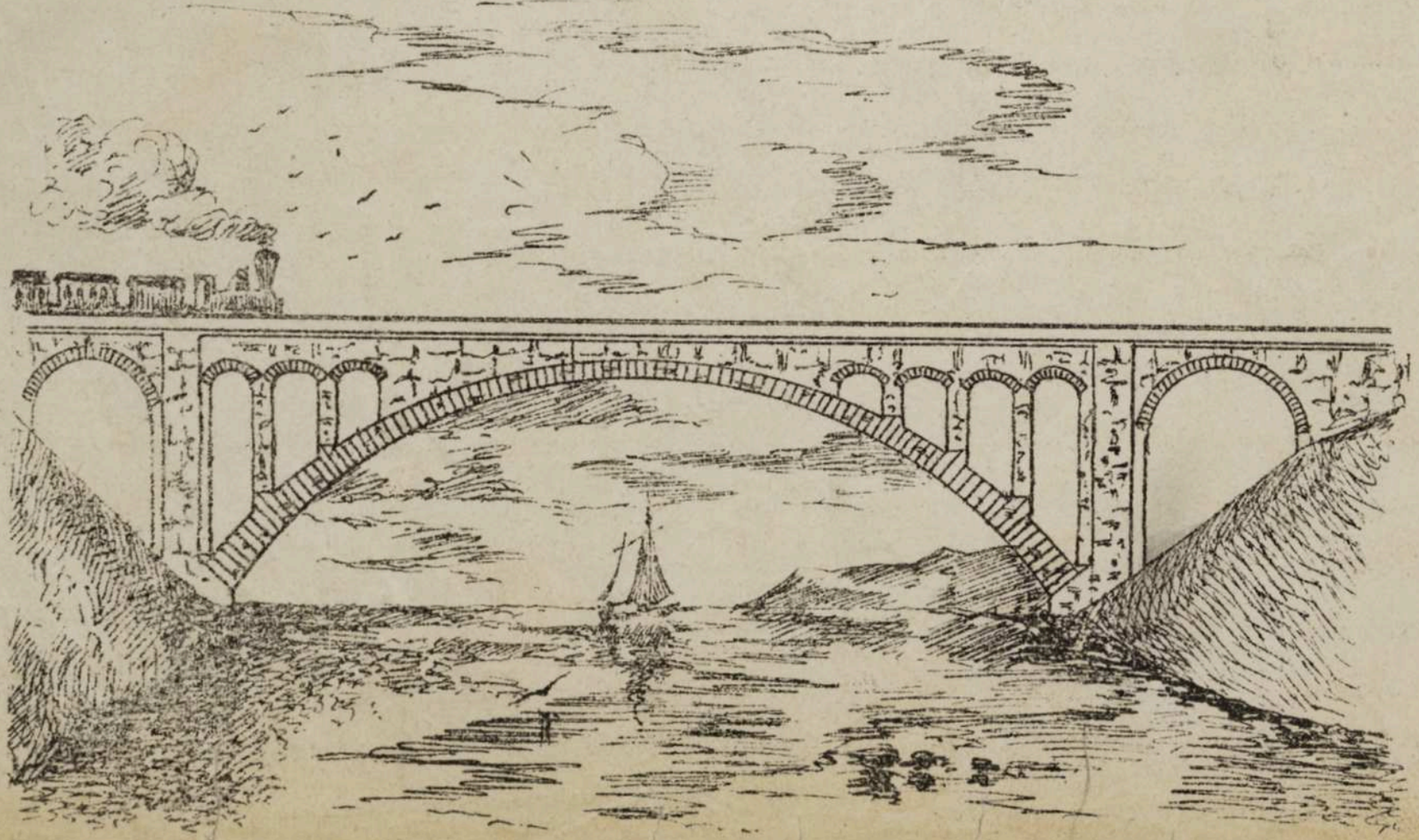
Пусть AD (чер. 122) произвольный шовъ опоры, въ которомъ ея находящейся надъ AD. площадь = 1. Давленіе груза на поверхность AB и K равнодѣйствующая ихъ D и p K будетъ давленіе на AD. Положимъ, что K встрѣчаетъ AD въ точкѣ S и разложимъ S на составляющія N_1 AP и S совпадающую съ AD. Чтобы вдоль AD не могло произойти скольженіе должно быть, когда наименьшая бы сила была не менѣе силы трѣнія, которой среднимъ числомъ = 35°. Если къ центру тяжести живого (чер. 123) приложимъ двѣ равныя и противоположныя силы N и означимъ через e разстояніе точки S отъ m точки въ AD дѣйствуютъ моментъ $M = Ne$, нормальное давленіе N въ точкѣ m. Давленіе въ какой нибудь точкѣ сѣченія опредѣляется изъ формулы. $K = \frac{N}{F} + \frac{My}{J}$ гдѣ N нормальное давленіе сѣченія, F - площадь его поперечнаго сѣченія, M - его слагающій моментъ, y - разстояніе точки отъ центра тяжести, J - моментъ инерціи сѣченія по отношенію къ оси центровъ тяжести, перпендикулярной къ плоскости слагающаго момента. Въ данномъ случаѣ будетъ для точки D: $K_1 = \frac{N}{F} + M\frac{\frac{d}{2}}{J}$ для точки A: $K_1 = \frac{N}{F} - M\frac{\frac{d}{2}}{J}$. Для стѣны, которой длина = 1^{mt}, толщина AD = d будетъ: $F = d.1$; $J = \frac{1}{12}d^3$, $mD - mA = \frac{d}{2}$ потому $K_1 = \frac{N}{d}\left(1 + \frac{6e}{d}\right)$ ..... (α) $K_2 = \frac{N}{d}\left(1 - \frac{6e}{d}\right)$ .... (β) Если бы точка S была справа m, то въ этихъ формулахъ должно получить отрицательный знакъ. Чтобы K не могло дать растяженіе получаемъ изъ (β) условіе: $1 > \frac{6e}{d}$ или $e > \frac{1}{6}d$ ... (γ) Точка S называется центромъ давленія, а геометрическое мѣсто этихъ точекъ въ различныхъ кривой давленія. Точки L и K, отстоящія отъ m на разстояніи $= \frac{1}{6}d$ называются ядровыми, ихъ геометрическое мѣсто образуетъ предѣлы ядра и заключенная между предѣлами площадь - центральное ядромъ. Если K_1 и K_2 должно быть всегда сжатіе необходимо чтобы точка приложенія S находилась всегда между ядрами L и K т.е. эта точка должна находиться всегда въ средней третичной. Когда $e = \frac{d}{6}$, то $K_2 = 0$ и тогда давленіе въ D, $K_2 = \frac{2N}{d}$ ..... (δ) Пренебрегая сопротивленіемъ растяженію раствора и предполагая, что кладка устроена насухо, будемъ имѣть, что въ случаѣ, когда $e > \frac{d}{6}$ на всю площадь ряда нормальное давленіе N не будетъ распространяться. Въ этомъ случаѣ (чер. 124) въ ближнемъ D находящіеся элементы ряда, которые должны подвергаться растяженію, вслѣдствіе отсутствія сцѣпленія не испытываютъ никакого напряженія. За длину ряда DA нужно тогда принять только ту длину, которая испытываетъ давленіе. Если положимъ, что въ точкѣ A' давленіе = 0 и означимъ AA' черезъ x, то принимая во вниманіе, что для x будетъ только кромка AA' = z, получимъ изъ (β), поставивъ d - x и $e = \frac{x}{2} - z$, гдѣ z разстояніе точки S отъ A для ядра $1 - \frac{6\left(\frac{x}{2} - z\right)}{x} = 0$, $x = 3z = AA_1$. Наибольшее давленіе дѣйствующее въ A получимъ по (δ) $K_1 = \frac{2N}{3z}$, откуда $z = \frac{2N}{3K_1}$ .... (ε) Формула (ε) даетъ наибольшее разстояніе центра давленія S отъ наиболѣе напряженной точки A, если величина допускаемаго напряженія K_1 должна быть извѣстна.

Каменная опора Мы предполагаемъ, что задняя сторона опоры наклонена и коэффициентъ наклона - n. Толщина опоры B и свободная высота h (чер. 125). На единицу длины опоры дѣйствуютъ: 1) Давленіе груза G, состоящее изъ давленія земли и давленія нагрузки. Послѣднее можетъ

...произведено эквивалентным повышением уровня воды. Если давление отнести на 1 qmt будем ℒ и означить вес 1 cbm груза через γ, то для определения a напишем ... (γa = вес земляной призмы высотой a, которой основание - qmt) откуда: $a = \frac{\mathcal{L}}{\gamma}$. Давление полезно ... уравнением и равенством: $E = \frac{1}{2}(h+a)\frac{\mathcal{L}}{\gamma} tg^2(45-\frac{\varphi}{2})$ qmt φ-угол трения груза (приближенно $\frac{1}{2} tg^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) = \frac{1}{4}$ или $E = \frac{1}{4}(h+a)\mathcal{L}$. Расстояние сводочки приложения точки наименьшего сжатия опоры ... Вес опоры $B + (B - mh)hg$ где g - вес 1 cb. mtr кладки 3) Давление ℒ неизвестного числа. Из ... равновесия получим для ядровой точки R уравнение моментов $\{Bh(\frac{1}{2}B - \mathcal{Z}) - mh\frac{1}{2}(B - \frac{1}{3}mh) - \mathcal{L}D(\delta - \mathcal{Z}) = 0$ где $\mathcal{Z} = \frac{1}{3}B$. Наименьшее значение для $\mathcal{Z} = \frac{2N}{3K} - \frac{2\{B + (B-mh)\frac{1}{2}\}\frac{1}{2}}{3K}$ (K - допускаемое напряжение ... материала) Если для безопасности пренебрежением величиной $D\delta$, то получим из сего следующее ... ние: $\{Bh(\frac{B}{2} - \mathcal{Z}) - \frac{mh^2}{2}(B - \frac{1}{3}mh) - \mathcal{Z}\}g - \mathcal{L}$ тогда ищу B. Наклонная линия ... с уравнением получаемой a b c d e f g h i (чер. 126) Для проверки правильности величин ... линию L_g, проходящую через центр тяжести сечения опоры, продолжаем E_g до ... S_g в m и откладываем от m на $S_g - m_g$ = вес tm длины опоры и на E_m, m E_1 = давление ... средственно равнодействующую тр-ник двух сил, которая пересекает основание опоры ... g. Величины Δz в точках r и t на здравый косяк: $\Delta r = \Delta t = \Delta z$. Если точка d находится в средине ... между r и t, то ширина B достаточна, а если она упадет между t и z, то ее нужно увеличить ... чтобы она подошла к t. Точки r и t суть ядровые точки сечения, когда равнодействующая ... находится между ними, то во всех точках сечения действуют одно только давление, а ... сжимать в противоположной стороне кладки действует растяжение, которое ... проявляется весьма слабо. Для более точной проверки следовало бы равнодействующую ... давлением ветра D. Можно принимать в кг на 1 qm для простой бутовой кладки K = 5, ... цементной кладки на воздушном растворе K = 7, для той же кладки на цементном растворе K = 10.

Более точный расчет опоры. Заметим, что сжатая цементная недостаточно ... быстро увеличивается площадью FD (чер. 127) как это заштриховано часть острого цементного ... находящаяся под водой отбрасывая давлением груза, действующим на плоскость Cf. М ... предполагать, что поверхность FD плоская и будем пренебрегать сцеплением раствора О ... ров: v - толщину слоев на расстоянии x от поверхности (будем пренебрегать напором), который ... находится на ярусе, как давление верхнего сечения шир. для данной прочности. Если R давление ... отнесенное к единице площади поверхности, то в E, R = 0 центр давления S будет на расстоя ... $e = \frac{2N}{3K}$ (по S) Поэтому $Af = 3\mathcal{Z}$ (N нормальное давление на Af. При определении опрокидыва ... момента будем принимать, что весь груз, лежащий на задних оборотах кладки ... кладки) Момент всей кладки объема, которого площадь ABCDFA, а отсюда = 1, ... Если вес 1 cbm кладки обозначим через $8k$ $M = 8k\,y\,h(\frac{y}{2} - \mathcal{Z}) - 8k\,\frac{(y-3\mathcal{Z})(h-x)}{2}\{\frac{2}{3}(y-3\mathcal{Z}) + 2$ ... $k\,y^2\frac{x}{2} - 8k\,\mathcal{Z}xy$. Так как давление E груза горизонтально, то нормальное у ... на Af = весу кладки объема A.B.C.D.F.A. Поэтому: $3\mathcal{Z}_x = 2N = 2\{8k\,yh - 8k\,\frac{(y-3\mathcal{Z})(h-x)}{2}\}$ откуда $x = \frac{1}{3}$ ... $\frac{1}{3}\frac{8k\,y^2}{8k\,yh - 8k}$ Если это значение вставить в M то получим $M = \frac{8k\,y^3}{6} + \frac{R(h+2x) - 8kh(3k\,rh)}{R + 8k\,x - 8k\,h}$ Дав ... груза $E = \frac{1}{2}8x^2 tg^2(45 - \frac{\varphi}{2})$ где 8 - вес 1 cbm груза и φ коэффициент трения. Момент ... ного давления. $M' = E(h - \frac{2}{3}x)$ Из условия $M = M'$ имеем: $y = 2ctg(45^\circ - \frac{\varphi}{2})\sqrt{\frac{3R}{8}\frac{(3h-x)(h+x)}{R(h+2x) - 8x}}$ ... (A) Помощью этой формулы можно построить нужную площадь на глубине x. Если ... нагружена нагрузкой p на единицу поверхности, то эту нагрузку можно заменить ... вышележащей землей высотой груза и примем, что высота h сжатия увеличена на высоту ... такой груза. Чтобы груза не имела скольжения вдоль Af нужно чтобы площадь ... удовлетворяла условию $l\,6\,h\,8k, - \frac{1}{2}8h^2 tg^2(45 - \frac{\varphi}{2})$ где φ коэффициент трения кладки О ... можно получить $b - \frac{8h}{28-7} tg^2(45 - \frac{\varphi}{2})$ ..... (B) Положено принять $\delta a = 0,7$ Если кла ... нагрузка на горизонтальную грунть, которого допускаемое давление на единицу

; толщина C оборвая получится с достаточной точностью по уравнению $8 к 6 к$
$C - Z') = \frac{1}{2} 8 H tg^2 (45 - \frac{P}{2}) \frac{H}{3}$ где Z' есть расстояние точки S через которую проходит
вновь образующая отъ конца аморы. Въ этой формулѣ пренебрегая давленіемъ
образована кладку. Величина Z' получается изъ выраженія: $Z' \frac{2 N}{3 K_1} = \frac{2 8 к 6 H}{5 л}$, слѣдовательно $C = \frac{1}{6} \frac{8}{8 p} - \frac{H^2}{6} tg^2 (45^\circ \frac{P}{2}) + \frac{2 8 к, 6 H}{5 л} - \frac{6}{2} \ldots C$
Требуется чер. 128 высота аморы = 9 mt.; $8 = 8 к = 1,8$ ton. на 1 cbm Верхнюю нагрузку
считаемъ слоемъ грунта толщиною въ 1 mt позрому $12 = 10$ mt. Для кладки на
воздушномъ растворѣ допускаемъ $K = 10$ t на 1 qm и принимаемъ, что уголъ $\rho =$
27° слѣдовательно $tg (45 - \frac{P}{2}) = \frac{1}{2}$ По уравненію A найдемъ $v = \frac{1}{2} x \sqrt{\frac{406 - 13x - 0,8x^2}{135 + 23x}}$
Изъ этой формулы получимъ: для $x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$ mt; $y = 0,76; 2,43; 0,97; 2,42; 2,79; 3,0$
3,28; 3,42; 3,49; 3,46 mt. Построивъ по этимъ данныхъ теоретическій профиль
получимъ кривую abc (чер. 12 8) которую замѣнимъ ломаной линіей или плавной
кривой проведенной H. Наибольшая толщина круглымъ числомъ = 3,5 mt Глубину
основанія примемъ = 1 mt позрому будемъ имѣть $H = 11$ mt Предполагая осно-
ваніе грунтъ слѣдуетъ допустить $K_1 = 3,45$ t на 1 qm. По формулѣ C будетъ
имѣть $C = \frac{1}{6} \frac{11^2}{3,5} \cdot \frac{1}{4} + \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 3,5 \cdot 1}{3 \cdot 3 \cdot 45} - \frac{3,5}{2} = 0,6$ mt. Это надо проверить, не будетъ
ли фундаментъ скользить по основанію его. Полный напоръ грунта на
опору: $E = \frac{1}{2} 8 H^2 tg^2 (45 - \frac{P}{2}) = 0,5 \cdot 1,6 \cdot 11^2 \frac{1}{4} = 24,2$ t. Вѣсъ кладки, пренебрегая
находящейся на ней нагрузкой: $A = 1,6 (3,5 \cdot 10 + 0,6 \cdot 10) = 56,96$ t. Коэффициентъ
трения принимаютъ когда кладка цементъ на землѣ ... $f = 0,60$; когда кладка на
цементѣ на скалѣ ... $f = 0,78$; когда кладка цементъ на бетонѣ .... $f = 0,70$.
Принимая $f = 0,6$ найдемъ: сопротивленіе трения $0,6 P = 0,6 \cdot 56,96 = 34,18$ tm
Сопротивляющійся напоръ земли (чер 129) $E_1 = \frac{1}{2} 8 h_1^2 tg^2 (45^\circ + \frac{P}{2})$ Въ этой формулѣ
уголъ трения ρ взятъ со знакомъ +, такъ какъ сила трения грунта въ этомъ
случаѣ противоположна направленію движенія. (h_1 – глубина фундамента
для $\rho = 27^\circ$ – $tg (45 + \frac{P}{2}) = 2$; позрому $E_1 = \frac{1}{2} 1,6 \cdot 1,0^2 = 3,2$ t Слѣдовательно сопро-
тивленіе скольженію = $34,18 + 3,2 = 37,38$ tm, позрому коэффициентъ прочности
$\frac{37,38}{24,2} = 1,56$ что достаточно (этотъ коэффициентъ долженъ быть не менѣе
1,25). Если бы мы приняли во вниманіе давленіе боковаго строенія слѣва
на опору, то получили бы этотъ коэффициентъ нѣсколько большимъ.



√ ДОРОГИ.

1.

Дорогами называются сооружения, служащия для сообщения между двумя пунктами местности. Дороги бываютъ двухъ родовъ: 1) сухопутныя, каковы грунтовыя и шоссейныя и 2) водныя каковы каналы; послѣднихъ мы не будемъ разсматривать. Всякой дороги двѣ главныя части: верхнее и низкое строеніе. Верхнее строеніе служитъ для самаго движенія и сооружается изъ прочнаго матеріала, хорошо пропускающаго воду, каковъ песокъ, или совсѣмъ непропускающаго каковъ асфальтъ, щебенка (послѣдняя почти не пропускаетъ воду) Нижнее строеніе служитъ основаніемъ для верхняго. Песокъ, по которой происходитъ движеніе наз. полотномъ. При проэктированіи грунтовыхъ и шоссейныхъ дорогъ надо выбирать направленіе, принимая во вниманіе техническія и экономическія условія. Техническія условія таковы, что дорога не проходила черезъ горы, овраги, озера и т. п. - экономическія чтобы дорога прошла черезъ тѣ мѣста, гдѣ существуетъ большая торговля или промышленность. Мы будемъ разсматривать дороги только съ технической стороны. Пусть А и В (чер. 1 тб) будутъ двѣ точки между которыми надо установить сообщеніе. Выбираютъ общее направленіе дороги. Положеніе оси дороги внутри всѣхъ городовъ С и Д и обходитъ озеро К. Когда вся карта, черезъ которую должна пройти дорога, покрыта сѣтью (обыкновенно военную топографическую) и отмѣчаютъ на ней послѣдующія А В С Д въ предѣлахъ которой должна идти дорога. Ширина этой полосы въ равнинахъ равна около 400 мт, а въ горныхъ около 200 мт, такъ какъ въ горахъ уменьшеніе положенія средней линіи дороги - оси возможно только на малое разстояніе. Въ предѣлахъ полосы инженеръ намѣчаетъ нѣсколько болѣе выгодныхъ направленій дороги и изъ нихъ выбираетъ самое лучшее. Инженеръ ходитъ съ картой по этой полосѣ и производитъ изысканія т. е. изучаетъ въ натурѣ намѣченную линію для того, чтобы опредѣлить наиболѣе выгодное направленіе дороги. При этомъ исправляетъ на картѣ неточности, погрѣшности и пропуски и намѣчаетъ, гдѣ есть хорошій, пригодный для сооруженія матеріалъ, указанія наблюденія относительно высоты горъ, ширины и глубины овраговъ, рѣкъ и т. п. Результаты изысканій заносятъ въ особый пикетажъ. Движеніе изысканій поручается опытнымъ инженерамъ. Когда линія хорошо изучена начинаетъ требуется довольно продолжительное время, на карту наносятъ ось дороги. Осью дороги наз. ломаная линія постоянно. Если черезъ ось дороги провести вертикальную поверхность (въ случаѣ прямой оси - плоскость) то пересѣченіе этой плоскости съ поверхностью земли называется продольнымъ профилемъ дорожной полосы. Пересѣченіе плоскости 1 къ оси съ поверхностью земли наз. поперечнымъ профилемъ. Если мѣстность особенно ровная, то для составленія продольнаго профиля пользуются горизонталями. Горизонталями наз. линіи пересѣченія горизонтальныхъ плоскостей, взятыхъ на равныхъ другъ отъ друга разстояніяхъ обыкновенно отъ 1-10 мт съ поверхностью земли (чер. 2) отмѣчая горизонталей берутъ чтобы имѣть ихъ отрицательныхъ отмѣтокъ, на нижнюю точку смотря, обыкновенно свободный уровень воды, высотуюторой принимаютъ - 0 далѣе проводятся горизонтали 1, 2 и т. д. (на нашемъ чер. они взяты на разстояніи 1 мт. другъ отъ друга.

√ Построеніе горизонталей.

Выбираютъ на данной мѣстности наиболѣе характерныя [illegible], на нашемъ разстояніи

друг от друга, чтобы пересечение вертикальной плоскости, проходящей через каждые
две выбранные точки, с поверхностью земли можно было принять за прямую линию. Затем
нивелировкой определяются высоты точек. Пусть высоты соответственно будут
(чер. 2 т6(5)) для точки A – 0,5 mA; B – 1,2 mA; C – 1,1 mA; D – 0,3; E – 2,5; F – 1,4; S – 0,1 mA; O – 4,8 mA и т.
Найдем промежуточную точку между A и B лежащую на первой горизонтали нивели-
ная находящаяся на линии AB. Точка A лежит ниже первой горизонтали, а B – выше пер-
вой горизонтали, определить ее положение на этой линии не трудно. Отложим сна-
чала точку, лежащую на первой горизонтали. Относительная высота промежуточных
тех исключается по закону прямой линии, поэтому берем горизонталь MN (чер 2a) проходящую
через точку A откладываем в каком-нибудь масштабе расстояние AB между горизон-
талями проходящими точек A и B строим точку B, далее откладываем в том же ма-
штабе от вертикальное расстояние от B в данном случае 1,2 – 0,5 = 0,7 mA; на BB берем точ-
ку a на расстоянии 1 mA от уровня чем на 0,5 mA от B и проводим ab ∥ AB тогда b будет
горизонтальная проекция промежуточной точки между A и B лежащей на первой горизонта-
ли т.е. точки b. Очевидно $\frac{ab}{AB} = \frac{05}{07}$. Чтобы получить такое же соотношение для Ab на чер. 2 через
точку A проводим произвольную прямую AK откладываем на ней точки d и E соответ-
ственно высотам 1 mA и 1,2 mA соединяем Bc с B а из A проводим ab ∥ BB тогда в
будет промежуточная точка между A и B лежащая на первой горизонтали действи-
тельно $\frac{Ab}{AB} = \frac{Aa}{AB} = \frac{0,5}{0,7}$. Таким построением для всех точек и точки одной горизонтали со-
единяем непрерывной кривой. В горизонтальной проекции горизонтали выразятся
не параллельными и не пересекающимися кривыми, так как пересечение горизон-
тей выразить отрицательный меняющийся уклон а касание-отвесы, что бывает ред-
ко в скалистых горах. Чем круче скаты склона, тем меньше расстояние горизонталей
на плане, вследствие этого в горных местностях, чтобы удобно было черчение
вертикальное расстояние между горизонталями надо брать больше, чем в более ров-
ных. Кривые могут пересекаться замыкаться и разомкнуться в зависимости от того
ходит ли выходит скат склона за пределы листа бумаги, по какой проходит до-
рога. Для определения высоты промежуточных точек местности напр. точки m
(чер 2), которая выше двух и ниже трех метров над горизонтальной плоскостью
нах. Через m проводим прямую Tm пересекающую 2 и 3 горизонтали в точках l и
вспомогательную в и перпендикулярно к ln, откладываем на ней в каком-нибудь
масштабе ng = 1 метру (расстояние между горизонталями) соединяем точку f с точкой l
и через m проводим mp ∥ ng; величина mp и выразит высоту точки m над горизон-
талью 2^м. Положим, что из точки A в точку D (чер 3) требуется провести дорогу с уклоном
не превышающим $\frac{1}{20}$, это значит построить дорогу так, чтобы угол ее с плоскостью го-
ризонта α был таков, tg α которого не превышал бы $\frac{1}{20}$. Для построения такой дороги
из точки A (чер 3) на горизонтали 1^м радиусом 4 mA (в масштабе плана напр $\frac{1}{1000}$) засечем
горизонталь 2 – в точках I и I. Прямые AI и AI будут линиями пути, на которых не пре-
будется при данном условии ($tg\alpha = \frac{1}{20}$) никаких насыпей или выемок, так как уклон дан-
ной линии совпадает с уклоном местности, по которой они проходят. Если бы далее требовалось
провести из точки I на поверхности линию, имеющую уклон $\frac{1}{25}$, то было бы нужно из точки I
радиусом = 25 mA засечь на горизонтали 3 точку II и соединить II с I. Придерживаясь кратчайшего
направления AD можно не задевать (на плане черчения) на горизонталь 4 – и всюду дорогу от II к III между горизонталями 3 и 4, далее спускаться к IV с уклоном $\frac{1}{20}$ и к V с
уклоном $\frac{1}{25}$; также [illegible] от II^1 к III^1 и IV^1. Ввиду того, что поворотные дороги

не могутъ встрѣтиться, углы $A\,I\,II$, $I\,II\,III$ .... закругляемъ кривыми (обыкновенно дугами круга) касающимися къ прямымъ $A\,I$, $I\,II$ ...

Построеніе продольнаго профиля по горизонталямъ. Положимъ требуется 2
построить продольный профиль для данной направленія дороги (см. чер. 3). Для этого пересѣчемъ горизонталями 1, 2, 3, 4 на вертикальную плоскость (чер 4) т.е. спроэктируемъ на вертикальную проэкцію (масштабъ разстояній по вертикальному направленію обыкновенно для этого берется въ 10 разъ болѣе разстояній по горизонталямъ.) затѣмъ опускаемъ изъ точки A на прямую восьмой горизонтали B разстояніе $A\,I$; $I\,II$ взятыя циркулемъ по масштабу изъ плана; изъ точекъ $A_2\,I$ .... возстановленныхъ перпендикуляровъ, пересѣченія которыхъ съ горизонталью 1-й дадутъ точку профиля A съ горизонталью 2 й точку I и т.д. и соединивъ прямыми линіями A съ I, I со II ... Затѣмъ проводимъ подъ требуемымъ уклономъ вертикальную проэкцію оси дороги (линія $l\,m$) и видимъ, гдѣ на-
родомъ землю, гдѣ выемку. Вычерченную на планѣ ось дороги накалываемъ на циркуль по
способу изложенному, который подлежитъ въ модели (см. пробочныя работы) Въ это
же время производится продольная нивеллировка оси и поперечныя для построенія более
точнаго продольнаго и поперечныхъ профилей. Объ этихъ работахъ будемъ говорить подроб-
но въ главѣ о нивеллированіи. Наконецъ, вычисляютъ объемы земляныхъ работъ
составляютъ смѣту этихъ работъ, которая представляется въ министерство. Послѣ
высочайшаго утвержденія можно приступить къ составленію подробнаго проекта
Проектъ подлежитъ въ числу прочей будетъ, кромѣ другого документа не упомя-
нутаго. Съ проведеніемъ железныхъ дорогъ введено въ министерствѣ путей сообщенія
особое управленіе, коему подвѣдомственъ железно. Познакомимся и съ нимъ при помощи
проэктированія. Здѣсь будемъ требовать того же. Во время производства кабинетныхъ
работъ производятся изысканія на мѣстности. Грунтъ узнается
или буреніемъ или рытьемъ колодцевъ, такъ какъ здѣсь земля вынимается
лопатами, тогда какъ при буреніи она остается только на концѣ бура
но выходитъ правильно цилиндрами, они (колодцы) вырываются только на большихъ раз-
стояніяхъ другъ отъ друга, а въ промежуточныхъ точкахъ грунтъ изслѣдуется буре-
ніемъ. Для построенія подробнаго плана дороги довольно съемку полосы шириною
около 400 сж по средине которой проходитъ дорога. Такая ширина годна для того
чтобы въ случаѣ надобности можно было передвинуть дорогу вправо или влѣво, и чтобы
изслѣдованіе грунтовъ и выемокъ съ ихъ добавочными сооруженіями не выходили за пре
дѣлы чертежа. Ведутъ переговоры объ отчужденіи земли, опредѣляютъ положеніе
столбовъ, снесши и перенесши ихъ особой комиссіи. Когда переговоры окончены и земля
отчуждается, приступаютъ къ постройкѣ дороги. Въ гористыхъ сооруженіяхъ
длина весьма часто превосходитъ высоту (напр. дороги, каналы, плотины и
потому продольный профиль подлежитъ и высоты строятъ въ одномъ масштабѣ
неудобно. Масштабъ для высотъ продольнаго профиля берется въ 10 разъ большій
чѣмъ для длины. Поперечные профили по длинѣ и высотѣ строятся въ одномъ
масштабѣ. При проэктированіи дороги слѣдуетъ руководствоваться слѣдующими
правилами. 1) Въ ровной мѣстности дорогу надо вести по прямой, сколько
можно длинной и только, когда такое вліяніе необходимо обходить, слѣдуетъ употреблять
закругленія. 2) Въ гористыхъ мѣстностяхъ слѣдуетъ стараться провести дорогу
около горизонтальными линіями, такъ какъ въ такомъ случаѣ земляныя работы по-
требуются менѣе. 3) Крутые горы слѣдуетъ переѣзжать по возможности перпенди-

дикулярно къ ихъ осямъ. Для железныхъ дорогъ иногда выгоднымъ бываетъ сдѣлать тоннель, чѣмъ перекапывать горы черезъ ущелье; для проѣзжихъ дорогъ наоборотъ выгоднѣе не дѣлать 4) Если въ центральную точку А впадаютъ боковыя В и С (чт I чер 6) то въ такихъ случаяхъ выгодно дорогу вести зигзагомъ, держась по возможности одной изъ горизонталей. 5) Черезъ овраги надо стараться провести дорогу по наиболѣе узкому мѣсту и пересѣкать какъ овраги, такъ и рѣки по возможности перпендикулярно. 6) Если конечная точка находится на горѣ, то дорогу ведутъ зигзагомъ, не превышающимъ допускаемаго для данной дороги предѣла подъема (чт 2. чер 7). Справа по прямой изъ точки В подъѣзжаемъ къ горизонтали 1ой въ точку В', изъ В' ѣдемъ по горизонтали 1ой въ В" отсюда въ В''' на горизонталь 3ю большимъ отрѣзкомъ насколько саженъ по горизонтали 2ой и далѣе такимъ подъемомъ на горизонталь 3ю и т.д. На желѣзныхъ дорогахъ иногда дѣлаютъ такъ (чт 2 чер 7). Изъ точки А подъѣзжаютъ къ А' горизонтали 1ой, изъ А' поднимаются на горизонталь 2ю въ точку А'' съ предѣльнымъ уклономъ; затѣмъ перекапываютъ горизонтально перпендикулярно къ осямъ хребта, давая обходящимъ путемъ подниматься и входятъ въ горы опять тоннелемъ, находящимся выше предыдущаго и т.д.

Нижнее строеніе.

Форма земляного тѣла при выемкѣ или насыпи. Если поверхность пути ниже поверхности земли (чер. 8) то приходится дѣлать выемку. Вода стекающая съ откосовъ можетъ быть отводима въ канавы по сторонамъ полотна (ширина полотна на русскихъ дорогахъ въ одинъ путь 2,6 сажн). Когда полотно находится выше поверхности, то дѣлаютъ насыпь (чер. 9). Если дорога идетъ по косогору, то приходится съ одной стороны дѣлать насыпь, а съ другой выемку, такой профиль называется „полунасыпь, полувыемка" (чер. 10) Работа по проведенію нижняго строенія состоитъ изъ работъ въ полѣ и кабинетныхъ работъ.

а) *Работы, производимыя въ полѣ.* Сюда принадлежатъ: нивелированіе или выборочныя линіи. Инженеръ при помощи топографической карты подробно знакомится съ мѣстностью, проводитъ по картѣ одну или нѣсколько линій, какъ было указано выше; затѣмъ производитъ приблизительный расчетъ для каждой линіи, останавливается на болѣе удобной и разрабатываетъ ее окончательно 2) Нивелированіе продольныхъ и поперечныхъ профилей. 3) Нивелировка т.е. снятіе данныхъ для составленія продольныхъ и поперечныхъ профилей по избраннымъ для сооруженія проекта.

в) *Кабинетныя работы.* 1) чертежныя работы: составленіе ситуаціоннаго плана продольнаго профиля и необходимыхъ поперечныхъ профилей. 2) Вычисленіе объема выемокъ и насыпей. 3) Распредѣленіе земляныхъ работъ т.е. опредѣленіе среднихъ разстояній, на которыя должно перемѣщаться земли (дабываемой въ выемкахъ и добытой для насыпей. 4) Составленіе сметъ. Кромѣ этого къ числу предварительныхъ работъ относятся изысканія, касающіяся качества почвъ отчуждаемой земли, а также переговоры съ мѣстными владѣльцами и т.д.

Работы въ полѣ.

1) Изысканія 2) Нивелированіе нѣсколькихъ линій. Когда ось дороги на планѣ намѣчена

...ломанной прямой части до пересечения въ точках 1, 2, 3 и т.д. (чер. 11) эти точки называются угловыми (угловыми) точками. Провешивание линий начинается съ нанесения на местности этих угловых точекъ. Ихъ наносятъ на въ вспомогат... вычисляютъ геодезич по ситуационному плану, руководствуясь при этомъ положением... соседних неприступных точекъ. Когда изыскания сдѣлано по плану горизонталей то весьма полезно провешивая линію, имѣть въ виду съемку горизонталей. Лучше всего обозначать вершины угловъ вѣхами длиною: отъ 3-4 мят къ вершинамъ ихъ прибивать нахрестъ подъ прямымъ угломъ двѣ доски длиною 30-40 см, а посредине отъ 12-16 см и на нихъ подписывать номера угловыхъ точекъ (т.у. 1. т.у. 2 и т.д.). Если угловая точка недоступна, то вѣхами на сторонахъ пересѣкающихся прямыхъ или на ихъ продолженіяхъ наносятъ по одной посторонней точкѣ (такова на чер. 11 т. в) Для снятія отъ вершинъ эти точки удобно обозначать вѣхами съ одной сторонъ. Для того чтобы при удаленіи угловъ удобно было снимать вѣхи и ставить ихъ снова на место и чтобы положение точки не терялось, если вѣха будетъ украдена, зарываютъ въ землю круглую или еще лучше квадратную трубку длиною въ 45-60 см. Когда вѣха стоящая въ вершинѣ угла не видна на достаточномъ протяженіи или когда она не удобно прочно укрѣплена или когда углы при центрѣ весьма велики, оказывается весьма целесообразнымъ нанести на местности, кромѣ угловыхъ еще и другія точки. Вѣха, поставленная на прямой и заключающая угловую вѣху, должна имѣть номеръ соответствующаго угла и обозначается такъ: т 2а, т 2 в и т.д.

3) Определеніе угла между тангенсами. Уголъ (а 2 в чер 11) между направленіями двухъ смежныхъ прямыхъ наз. угломъ между тангенсами, такъ какъ прямыя, образующія этотъ уголъ, представляютъ касательныя къ кривой соединяющей прямыя. Если вершина угла доступна, то поставивъ въ этой точкѣ какой нибудь угломѣрный инструментъ, можно измѣрить уголъ непосредственно. Если же вершиною угла нанесенъ лишь два другія точки С и Д (чер 12) находящіяся на прямыхъ, то приходится измѣрить углы а и В образуемые СД съ направленіями разсматриваемыхъ прямыхъ. При этихъ условіяхъ уголъ Б между тангенсами опредѣлится изъ зависимости: $Б + (180-А) + (180-В) = 180$ или $Б = А + В - 180°$

Весьма полезно измѣрять углы теодолитомъ или универсалью двумя пріемами въ градусахъ и его частяхъ

4) Нанесеніе точекъ сопряженія. Радіусъ закругленія (R) выражается обыкновенно въ круглыхъ числахъ. Уголъ при центрѣ AMB (чер 12) равенъ $180° - Б$ поэтому длина ($Ф = AW = BW$) обѣихъ касательныхъ равенъ: $Т = R \operatorname{tg} \frac{180-Б}{2}$ или $Т = R \operatorname{ctg} \frac{Б}{2}$. При этой формулѣ можно опредѣлить длину касательной Т и отложивъ ее отъ точки W по направленію WA получить точку касанія А. Отложеніе производится помощью эккера. Изъ опыта получено, что при этомъ ошибка въ самомъ невыгодномъ случаѣ (съ теодолитомъ повтор., цѣна вершая и работа тщательная) бываетъ $\frac{1}{1000}$, что на практикѣ допустимо. Спрашивается, какова должна быть точность въ опредѣленіи угла между тангенсами, чтобы длина касательной была опредѣлена съ требуемой точностью. Продифференцировавъ послѣднее выраженіе ($Т = R \operatorname{ctg} \frac{Б}{2}$) получимъ: $dT = \frac{\frac{1}{2} R\, dБ}{\sin^2 \frac{Б}{2}}$ откуда $\frac{dT}{T} = \frac{\frac{1}{2} R\, dБ}{R \sin^2 \frac{Б}{2} \operatorname{ctg} \frac{Б}{2}} = \frac{dБ}{\sin Б}$ Такимъ образомъ, если при измѣреніи угла ея слѣдана ошибка $\Delta Б$ и при этомъ въ длинѣ касательной получилась ошибка ΔT, то безъ большой погрѣшности можно

ражать: $\text{arc}\,\Delta\mathcal{C} = \frac{\Delta t}{t}\sin\mathcal{C}$ Числа переходя отъ линейнаго измѣренія угловъ къ минутамъ получимъ: $\Delta\mathcal{C} = 3433\frac{\Delta t}{t}\sin\mathcal{C}$ минутъ. Если мы пожелаемъ точность измѣренія угловъ равную $\frac{1}{1000}$, то соотвѣтственная ошибка въ углѣ выразится такъ: $(3438\frac{1}{1000}\sin\mathcal{C})' = (1{,}7\sin\mathcal{C})'$ откуда при величинѣ угла въ 90° ошибка въ немъ будетъ 1', а потому точность измѣренія угла до 1' будетъ вполнѣ достаточна. Если вершина угла W (чер 12) доступна то длину касательной откладываютъ цѣпью отъ этой точки вдоль обѣихъ прямыхъ если же вершина угла недоступна, то приходится измѣрить длину C прямой CD. Такъ какъ $CW\frac{C\sin\mathcal{B}}{\sin\mathcal{C}}$; $DW = \frac{C\sin\mathcal{A}}{\sin\mathcal{C}}$, то зная CD = C получимъ: $CA = A\frac{C\sin\mathcal{B}}{\sin\mathcal{C}}$; $DB = A - \frac{C\sin\mathcal{A}}{\sin\mathcal{C}}$

Начало и конецъ закругленія (точки сопряженій кривой съ прямыми) обыкновенно обозначаются полевыми отношеніями съ надписью НК и КК (начало кривой, конецъ кривой) рѣдко линейными въ хозяйственныхъ изысканіяхъ.

5) *Нанесеніе середины закругленія.* Если закругленіе велико, то весьма полезно нанести на мѣстность середину или вершину его $\mathcal{C}$ (чер. 13) Если вершина угла доступна, то для этого лучше всего раздѣлить пополамъ уголъ измѣреніемъ или спрямленіемъ угломѣрнымъ между касательными и отложить на биссектрисѣ длину $WC = C$ Такъ какъ $MW = \frac{AM}{\sin\angle AWM} = \frac{r}{\sin\frac{\gamma}{2}} = r\cdot\text{cosec}\,\frac{\gamma}{2}$ слѣдовательно $C = r\left(\text{cosec}\,\frac{\mathcal{C}}{2} - 1\right)$ Если точка W не нанесена на мѣстности, то лучше всего провѣшивъ положеніе точки $\mathcal{C}$ для этого нужно отложить прямыя AF и BS и раздѣлить FS пополамъ, причемъ $AF = BS = \Gamma\mathcal{E} = S\mathcal{E}$. Если обозначимъ эти длины черезъ δ то $\delta = r\,\text{tg}\,\frac{1}{4}\angle AMB$ или $\delta = r\,\text{Ag}\,(45°)$ Чтобы нанести вершины закругленія слѣдуетъ раздѣлить хорду AB пополамъ и возставить къ ней перпендикуляръ, равный стрѣлкѣ $K\mathcal{C} = r\left(1 - \sin\frac{\mathcal{C}}{2}\right)$; слѣдуетъ опредѣлить положеніе этой точки кромѣ того посредствомъ ординаты LC и абсциссы AL но эти пріемы не могутъ удобны. Если уголъ при центрѣ закругленія великъ (напр болѣе 90°), то лучше всего провѣшивать середину хорды по плану, взявъ величину главнаго угла W вспомогательные углы I и J (чер 13). При описи въ одной сторонѣ не приходящуюся удлинять пронумеровавъ сначала длины касательныхъ, а съ другой стороны должно имѣть большую точность въ нанесеніи на мѣстности спроектированной линіи. Середину закругленія обозначаютъ столбикомъ съ надписью СК. Если закругленіе (обозначенное) велико то иногда наносятъ на мѣстность и середины К и І дуги АС и ДВ.

6) *Пикетажъ.* Пикетажъ (Das stationiren; le piquettement, the setting out) состоитъ въ нанесеніи на мѣстность точекъ оси дороги съ помощью пикетныхъ колышковъ (Das Pfahl, le piquet, the picket, ther number -peg-) забитыхъ въ землю на равныхъ другъ отъ друга разстояніяхъ, называемыхъ пикетами. Точки въ которыхъ забиты пикетные колья называются пикетными или пикетными отсѣчками и должны быть занумерованы по порядку. Равномѣрно пикетовъ облегчаетъ нанесеніе оси на мѣстность, вычисленіе объемовъ выемокъ и насыпей и опредѣленіе прохожденій между данными точками. Для составленія проекта, кромѣ главныхъ точекъ закругленія пикетомъ, необходимы еще и промежуточныя, по которымъ производится нивелированіе самимъ большое число промежуточныхъ точекъ, не слѣдуетъ чрезмѣрно увеличивать длину пикетовъ, но съ другой стороны не слѣдуетъ ее чрезмѣрно уменьшать, что бы отношеніе точекъ не увеличило безполезно работы. Въ разныхъ государствахъ принимаютъ до настоящаго времени различная длина пикетовъ и она зависитъ отъ принятой въ каждомъ изъ нихъ единицы длины. Въ государствахъ въ которыхъ введена десятичная система какъ

Во Франціи, Германіи, Австріи, въ настоящее время принято, чтобы длина пикетовъ 100 мт. Во Россіи принято, чтобы длина пикета равнялась 50 саж., такимъ образомъ одной верстѣ, которая немного отличается отъ километра (1 километръ = 3280,9 русскихъ футовъ, а одна верста 3500 русс. фут.) будетъ такъ же десять пикетовъ. Про метръ пикетовъ производится цѣлому, длина которой заключается цѣлое число разъ въ одномъ пикетѣ. При длинѣ пикета равной 100 мт. лучше всего, если длина ихъ равна 20 или 25 мт. При такомъ условіи длина пикетовъ сажени всего лучше употреблять цѣлыя длиною въ 10 саж. Способы употребленія цѣпи на горизонтальной наклонной плоскости излагаются въ низшей геодезіи. Пикетныя колья длиною въ поперечникѣ около 5, а длиною отъ 45-60 см. Въ верхней части кола длается зарубка, на которой подписывается его номеръ. Въ дальнѣйшемъ ходѣ изложенія предполагается, что въ дорогѣ состоитъ только изъ прямыхъ частей и изъ дугъ окружностей.

Разбивка кривыхъ вообще.

На кривыхъ длина пикетовъ должна быть такая же, какъ и на прямыхъ, но если кривая описана слишкомъ радіусомъ, то приходится, кромѣ того, вставлять болѣе частые промежуточные точки. Въ большинствѣ пріемовъ разбивки кривой значительно облегчается, если разстоянія между точками одинаковы и равны цѣлымъ числамъ. Спрашивается, на какомъ разстояніи надо брать точки въ кривой, чтобы разница между дугой (которую мы собственно только имѣемъ) и соотвѣтствующей ей дугой была такова, какую можно допустить на практикѣ? Обозначимъ хорду и дугу соотвѣтствующія длину одного пикета черезъ S и черезъ b, а соотвѣтствующій уголъ при центрѣ черезъ α тогда: $\frac{S}{b} = \frac{2R\sin\frac{\alpha}{2}}{2R\frac{\alpha}{2}} = \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}}$ но $\sin\alpha = \alpha - \frac{\alpha^3}{2.3} + \frac{\alpha^5}{2.3.4.5} \ldots\ldots$ синусовъ $\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha}{2} - \frac{(\frac{\alpha}{2})^3}{6} + \ldots$ беремъ только два члена разложенія тогда: $\frac{S}{b} = \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} = 1 - \frac{a^2}{24} = 1 - \frac{b^2}{24R^2}$ Пользуясь полученнымъ, что вмѣсто дуги b опредѣлена хорда S равна разности $b - S$ а точность Δ съ которой можно сдѣлать кривую $= \frac{b-S}{b} = 1 - \frac{S}{b} = 1 - 1 + \frac{b^2}{24R^2}$ отсюда $\Delta = \frac{b^2}{24R^2}$ отсюда: $b = R\sqrt{24\Delta}$. На ровной мѣстности точность измѣренія цѣпью равна, приблизительно $\frac{1}{1000}$, поэтому достаточно принять $\Delta = \frac{1}{2000}$; въ этомъ случаѣ $b = R\sqrt{0,012}$, т.е. безъ большой погрѣшности $b = 0,1R$. И такъ при радіусахъ въ 200, 300, 400, 500, 600 мтр. разстоянія между точками въ кривой должны быть соотвѣтственно = 20, 30, 40, 50, 60 мт.; отсюда же слѣдуетъ что при радіусахъ 1000 мт. большая, разбивка кривой по длинѣ пикетовъ сводится къ разбивкѣ прямой; если радіусъ кривой равенъ или менѣе 200 мт. то достаточно чтобы разстоянія между точками были равны длинѣ цѣпи. Если длина пикетовъ равна 100 мт. то достаточно забивать колья при радіусахъ отъ 200 до 500 мт. черезъ каждые 25 мт.; при радіусахъ отъ 500-1000 черезъ каждые 50 мт.; при большихъ радіусахъ черезъ каждые 100 мт. Промежуточныя точки обозначаются буквами. Когда послѣдняя точка (пикетъ) прямой нанесена на плоскость, то нужно измѣрить цѣпью разстояніе ея отъ начала кривой и затѣмъ опредѣлить разстояніе первой точки кривой отъ начала ея. Обыкновенно разбиваютъ дугу съ двухъ ея концовъ въ такомъ случаѣ необходимо опредѣлить, кромѣ того, разстояніе отъ послѣдней точки дуги до конца дуги. Чтобы получить это разстояніе надо сперва вычислить при помощи радіуса закругленія и угла при центрѣ длину дуги и вычесть ее изъ

какъ весь посмый пикетъ, какъ и разстояніе 1-ой точки отъ начала дуги. Послѣднее разстояніе отъ послѣдняго пикета (напр. №12) въ прямой до начала кривой = 45 м. длина кривой = 625 м.; тогда 1-ый пикетъ (№13.) въ кривой будетъ отстоять отъ начала кривой на 52 м., послѣдній пикетъ въ кривой (№18) будетъ отстоять отъ конца кривой на 625 − (52 + 500) = 73 м.; всѣхъ полныхъ пикетовъ въ кривой будетъ 5 и пикетъ №19 (будетъ уже въ прямой) отстоитъ отъ конца кривой на 27 м. Существуетъ нѣсколько пріемовъ разбивки кривыхъ; важнѣйшіе изъ нихъ слѣдующіе:

1) **Разбивка по координатамъ отъ тангенса.** Этотъ пріемъ (чер. 14) состоитъ въ томъ, что отмѣчаютъ натурѣ, начиная отъ точекъ касанія кривой НК и КК абсциссы НКС = ККС' = x и соотвѣтствующіе ординаты СД = С'Д' = y. На основаніи теоремы, перпендикуляръ, опущенный изъ точки, лежащей на окружности на діаметръ есть средняя пропорціональная между отрѣзками діаметра или $x^2 = y(2R - y)$ или $x^2 = 2Ry$. откуда съ достаточной точностью: $y = \frac{x^2}{2R}$. Въ справочныхъ книгахъ (Hankwitz und Waldner, Kröhnke) есть таблицы ординатъ y для различныхъ абсциссъ x и радіусовъ R помощью этихъ таблицъ разбивка производится безъ вычисленій. Абсциссы откладываются цѣпью, а ординаты рейкою. Короткія ординаты не длиннѣе 3 м., слѣдовательно возставлять ихъ легко. Длинныя ординаты лучше всего возставлять зеркальнымъ эккеромъ или призмой, но при этомъ длина координатъ все таки не должна превышать 20 м. Для того чтобы ординаты не выходили слишкомъ длинны, провѣшиваютъ абсолютно прямолинейную касательную. Въ этомъ отношеніи средняя касательная изъ вершинъ М (чер. 15) кривой удобнѣе другихъ: она разбиваетъ ее на двѣ равныя части, оси абсциссъ этихъ частей кривой будутъ: AF, MF, MG и BG и разбивка въ этомъ случаѣ можетъ быть произведена почти параллельными.

2) **Разбивка по координатамъ отъ хорды.** Имѣемъ точки А и Б касанія находимъ середину М кривой указаннымъ уже способомъ и вычисляемъ стрѣлку Возьмемъ на кривой точку d (чер 16) и отнесемъ ее къ координатамъ, изъ коихъ одна въ N-ѣ абсцисса x ордината y. $y = F - y'$ гдѣ y' ордината d относительно касательной; какъ извѣстно $y' = \frac{x^2}{2R}$, слѣдовательно $y = F - \frac{x^2}{2R}$; величины y берутъ при помощи таблицъ составленныхъ для разбивки кривыхъ по методу координатъ отъ касательной (по Кröhnke); какъ видимъ ординаты отъ хорды получаются простымъ вычитаніемъ изъ стрѣлки F соотвѣтствующихъ значеній y'. Работы ведутся такъ же какъ и въ предыдущемъ способѣ: идутъ по хордѣ отъ точекъ А и Б пока отъ точки N отложивъ цѣпью разстояніе x или x не возстановятся изъ хотя какихъ точекъ перпендикуляры длины y. Этотъ способъ разбивки рѣдко употребляется самостоятельно по неудобству возстановленія длинныхъ ординатъ, а всегда въ соединеніи съ предыдущимъ методомъ. Обыкновенно ведутъ разбивку по первому способу до такихъ поръ, пока ординаты Аа и Сс не сдѣлаются слишкомъ длинными (чер. 17) и тогда переходятъ ко второму. Области методовъ отмѣчаются отъ послѣдующихъ такъ что каждая послѣдняя точка кривой не заѣзжаетъ отъ предыдущей и ошибка слѣдующая случиться не можетъ. Работа идетъ слѣдовательно, съ тѣми преимуществами слѣдующими способами, но зато съ большою точностью.

3) **Методъ стрѣлокъ.** Сперва находятъ у нихъ точки а и в (чер. 18) по слѣдующ

координатъ отъ касательной; первая точка а часто определяется предыдущимъ
инжеромъ, а длину ав берутъ равную длинѣ цѣпи (к-точка касанія); ав продол
жаютъ до точки д, такъ что вд = ав = s. и въ д закрѣпляютъ длину дс радіусомъ
$x = \frac{s\,x}{r} = \frac{ab^2}{r}$. Дѣйствительно, проведемъ вс соединимъ а, в, с съ центромъ О. Треуголь
ники авс и свд равнобедренные и $\angle cbd = 180 - 2\varepsilon = \angle boc$ слѣдовательно $\Delta bdc \sim obc$;
обозначивъ уголъ $boc = \angle cbd = \alpha$, $ab = bc = bd = s$, $ab = oc = r$, получаемъ изъ подобія треуголь
никовъ $x : s = s : r$, $x = \frac{s^2}{r}$. Изъ этого слѣдуетъ, что отложивъ отъ точки д длину
$dc = \frac{s^2}{r}$ мы получимъ точку с кривой. Точность способа заключается въ томъ
что ошибка получается при нанесеніи одной изъ точекъ кривой проходитъ черезъ
всю разбивку, увеличиваясь. Можетъ произойти, что мы вмѣсто кривой АВ
разобьемъ кривую АС (черт. 19) тогда ошибку И разносятъ на всѣ точки кривой
равномѣрно. Если напр. всѣхъ точекъ будетъ 10, то первую точку берутъ въ $\frac{9}{10}$
слѣдующую на $\frac{9}{10}$ отложенной прямой кривой, третью на $\frac{9}{10}$ и т. д.; въ
среднемъ на $\frac{n}{2}$. Полученная кривая не будетъ точно дугою круга, но это не важно
только, чтобы кривая была непрерывна. Иногда разбивку этимъ способомъ ве-
дутъ съ двухъ сторонъ, ошибка получается мѣньше (черт. 20)

4) **Методъ полярныхъ координатъ.** Этотъ способъ основанъ на томъ,
что вписанные углы опирающіеся на равныя дуги, равны между собою. Пусть намѣчен
(черт 21) кривую и какія точки а, в, с и т. д. А есть положеніе инжера на прямой.
$ab = ac = cd = \ldots$ обозначимъ уголъ а $AW = \varepsilon$; $\angle a\,Ab = \angle b\,Ac = cA\,d = \ldots = \varepsilon$, $Aa = z_0$, $ab = bc = cd = \ldots$
$= z$. Изъ пропорціи $\varepsilon_0 : \varepsilon = z_0 : z$ опредѣлимъ ε_0, $\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon z_0}{z}$; гдѣ выраженіе ε въ минутахъ
$= \frac{360 \cdot 60 \cdot z}{2 \cdot 2\pi r} = \frac{3438\,x}{r}$; опредѣливъ ε приступаемъ къ работамъ на мѣстности. Угломѣр-
ный инструментъ устанавливающійся въ точкѣ А; наводятъ алидаду на пер-
вый знакъ, направляютъ трубу по линіи AW и закрѣпляютъ знакъ, затѣмъ
отвинчиваютъ алидаду на уголъ ε_0, направляютъ рабочаго съ концомъ цѣпи по
выбранной линіи и закладываютъ на разстояніи $Aa = z$ отъ точки А шпильку. Далѣе
устанавливаютъ алидаду на уголъ $\varepsilon_0 + \varepsilon$, переносятъ одинъ конецъ цѣпи въ точку
а, а другой направляютъ по выбранной линіи и закладываютъ вторую шпильку и т. д.
Работа идетъ быстро, но способъ отличается тѣмъ же недостаткомъ, какъ и преды-
дущій. Обыкновенно стараются выбирать всѣ точки кривой изъ одной стоянки
инструмента, но можетъ случиться, что какое нибудь препятствіе помѣшаетъ
видѣть съ одной или даже съ нѣсколькихъ стоянокъ, всѣ точки кривой (черт. 22)
тогда переносятъ инструментъ въ послѣднюю провизированную изъ стоянки А
точку D. Уголъ, образуемый въ точкѣ D касательной Dx съ направленіемъ AD равенъ
углу WAD, а потому установивъ угломѣрный инструментъ въ D ставятъ
алидаду на нуль, направляютъ трубу на точку А, закрѣпляютъ знакъ и повер-
нувъ трубу черезъ зенитъ, ставятъ алидаду на уголъ $\varepsilon = \gamma Dx = \angle DA$, послѣ чего про-
должаютъ разбивку кривой, какъ въ началѣ. Этотъ методъ часто употребляется на прак-

5) **Разбивка кривой зеркальнымъ угломѣромъ.** Методъ основанъ на томъ
что вписанные углы, опирающіеся на одну и ту же хорду, равны. Основаніе
этого (черт 23) $\angle A\,aC = \angle A\,bc = \angle A\,cC \ldots = BAC = 90° + \frac{\varepsilon}{2}$ (выражается одной дугой. Работы
производятся помощью зеркальныхъ инструментовъ. Зеркальный уголъ-
ный архографъ, состоитъ изъ двухъ неизмѣняемыхъ подъ угломъ, зеркалъ,
обращенныхъ зеркальными поверхностями другъ къ другу и снабженныхъ

визирующими трубами. Одно из зеркал неподвижно и проходит через центр данной линейки, по которому второе может перемещаться. Прибор насаживается на линейку. Положим, что есть данные два зеркала под каким-либо углом ε и две точки A и B (черт 23 (a)). Спрашивается, под каким углом должны быть установлены зеркала, чтобы, получив $\angle E$ между AF и BF, прибор стоял в F т.е. чтобы изображения точки B от второго зеркала совпало с точкой A, видимою через визирующую трубу в F? Из $\triangle OL$ для которого $\angle 2\alpha$ внешний имеем $2\alpha = 2\beta + \varepsilon$ .... (1) С другой стороны продолжив перпендикуляры к зеркалам в точках O и L до пересечения, получим $\angle LDK = \varphi$. Угол α для $\triangle LOD$ так же внешний, $\alpha = \beta + \varepsilon$; отсюда: $\beta = \alpha - \varepsilon$. Подставляя 2е в 1е имеем $\varepsilon = \frac{\varphi}{2}$. Следовательно, зеркала должны быть поставлены на угол, необходимый для производства работ на данной станции прибор в точку A и направляют трубу неподвижного зеркала на точку B линии AB, а подвижное зеркало вращают до тех пор, пока изображение точки C не совпадет с точкой B. Этого же можно достигнуть вычислив угол BAC по ε ($\angle BAC = 90 + \frac{\varepsilon}{2}$) и повернув зеркала на угол $= \frac{1}{2}\angle BAC$. Далее идут в точке ... и описанные предыдущие манипуляции, закрепляют в A линейкой один конец цепи, устанавливают прибор и проводят сквозь соответствующее кольцо штативную палку прибора, перекинутую за цепь до тех пор, пока изображение C не будет совпадать с точкой B. Для нанесения следующих точек поступают подобным же образом.

Сравнение различных методов.

Чем способ разбивки точнее и дешевле, тем он лучше. Если длина ординат незначительна, то относительно точности, первые можно предпочесть способам разбивки по ординатам от хордальной и от хорды затем следующий способ разбивки по полярным координатам с помощью зеркальных инструментов. Менее всех точен способ разбивки с помощью сетки. Что касается простоты, то способ ординат от хордальной и от хорды уступает всем прочим в том и заключается главная причина, что они не дают удовлетворительных контрольных измерений. Дешевле всех способ сетки и способ разбивки зеркальным прибором, но принимая во внимание, что способ полярных координат и посредственных зеркальных инструментов, работает весьма скоро удаляется от направления линий. Если

свободный горизонтъ зрѣнія весьма ограниченъ, какъ напр. въ лѣсахъ, получившихъ способность оказывать способъ скрещиванія. И такъ въ большинствѣ случаевъ разбивку производятъ или по способу полярныхъ координатъ или по способу скрещиванія. Выборъ между двумя этими пріемами зависитъ отъ навыка инженера.

Нивелировка.

Когда пикетажъ окончен приступаютъ къ нивелировкѣ сперва продольной, затѣмъ поперечной. Первая даетъ данныя для построенія продольнаго, а послѣдняя поперечныхъ профилей. Продольная нивелировка состоитъ въ нивелированіи всѣхъ важнѣйшихъ точекъ оси дороги. Къ этимъ точкамъ принадлежатъ: 1) Пикетныя точки т. е. всѣ важнѣйшія переломныя поверхности, имѣющія вліяніе на продольный профиль. 3) Всѣ точки въ тѣхъ сѣченіяхъ, въ которыхъ впослѣдствіи придется снимать поперечные профили для вычисленія объемовъ насыпей и выемокъ. Кромѣ того нивелируются слѣдующія точки внѣ оси: 1) Постоянныя точки или реперы не находящіяся на оси дороги, а на небольшомъ отъ нея разстояніи. Такими точками могутъ служить мостовыя каменныя, верстовые столбы, порогъ дверей каменныхъ строеній и т.д. Если выборъ одной изъ нѣсколькихъ постоянныхъ точекъ затруднителенъ, то надо нивелировать всѣ нѣсколько точекъ, чтобы впослѣдствіи удостовѣриться. Цѣль реперовъ опредѣлить высоту положенія во время сооруженія дороги, независимо отъ предъидущихъ участковъ. 2) Всѣ точки предварительно нивелированныя при предварительной нивелировкѣ (при изысканіяхъ) для поверки. 3) Горизонтали высокихъ и низкихъ водъ, имѣющія вліяніе на проектъ. Всѣ эти точки получаются на пересѣченіи двухъ касательныхъ (черт 24); находятъ ихъ другой вбиваемой до уровня земли и на него отвѣсно ставятъ рейку, или нивелируютъ. Измѣненіе разстоянія каждой промежуточной точки отъ предъидущаго пикета и весь, такимъ образомъ опредѣленныя точки, нивелируютъ. Практическое выполненіе нивелировки достаточно быть знакомо изъ курса геодезіи. Для ускоренія работъ нивелирующій изъ одного положенія нивелира по возможности большое число точекъ; для этого въ сосѣднихъ или горизонтальныхъ плоскостяхъ производятъ инструментомъ устанавливаютъ часто вѣхи оси дороги. Всѣ нивелированныя точки относятъ къ одному опредѣленному горизонту въ каждомъ государствѣ: въ Россіи за постоянный горизонтъ принимаютъ уровень Чернаго моря. Черт 25 изображена нивелировка при двухъ положеніяхъ нивелира. Точка А нивелировалась здѣсь два раза: разъ изъ положенія нивелира I, а другой разъ изъ I. Такая точка наз. точкой связи нивелировки. Высоты точекъ связи должны быть опредѣлены наиболѣе тщательно, потому что ошибка въ нивелировкѣ такой точки отразится всѣмъ послѣдующимъ точкамъ (ошибка въ нивелировкѣ промежуточныхъ точекъ не такъ важна такъ какъ она на высотѣ другихъ точекъ не имѣетъ вліянія). Постоянно иногда употребляютъ, вмѣсто одной, двѣ точки связи и отдаютъ послѣдній пріемъ особенно рекомендуется мелкомѣрнымъ нивелировщикамъ. При двухъ точкахъ связи разность высотъ получается два раза: если оба результата не согласуются, то разность распредѣляется равномѣрно между 4^мя высотами двухъ связи.

Такъ показано, что на чер. 26 а и в суть точки ея дороги; превышения
высоты соответственно, изъ столовъ I и I, точекъ уклона и точки d и
точки связки. Изъ столовъ уравненныя высоты: d = 1,968; B = 1,847; b = 1,633.
а изъ I: a = 1,125; d = 0,906; B = 0,794. Следовательно, разность высотъ то-
чекъ а и в помощью точки связки d будетъ 1,125 - 0,906 + 1,968 - 1,633 = 0,554.
а помощью связки B: 1,125 - 0,794 + 1,847 - 1,633 = 0,545. Следовательно, разница въ обо-
случаяхъ = 0.554 - 0.545 = 0,009. Наиболее вероятная разность высотъ то-
чекъ а и в будетъ: $\frac{0.554+0.545}{2}$ = 0.550. Точка связки d даетъ поправку на 0.004 высо-
та точка B на 0.005 имеющую высоту. Чтобы въ обоихъ случаяхъ получить од-
нуюсно 0,906 увеличить, а 1,968 уменьшить каждое на 0,002 и точно такъ же
нужно 0,794 увеличить на 0,003, а 1,847 увеличить на 0,003. Уравненныя от-
метки видны изъ чертежа 27. Въ журналъ нивелировки должны быть
записаны исправленныя отметки. Журналъ нивелировки ведется въ со-
бихъ заменныхъ книжкахъ и бываетъ удобенъ весьма различно. Наибо-
употребительнейшій образчикъ журнала при одной точкѣ связки приведенъ
здѣсь:

Журналъ при простыхъ запискахъ: Этотъ журналъ составленъ
чер. 25. Каждый взглядъ записывается здѣсь въ 4го графу.

Точки	Разстоянія	Показанія рейки		Высоты надъ горизонтомъ		Примѣчанія и наблюденія
		Точекъ связки	Мысленныя	Плоскости визированія	Мысленныя	
1	2	3	4	5	6	7
К.К	38,0	1,683	"	24,331	22,648	
46	50,0	"	0,978	"	23,353	
a	11,2	"	0,994	"	23,337	
в	15,4	"	0,842	"	23,489	
c	20,8	"	1,023	"	23,308	
d	31,3	"	1,023	"	23,308	
		1,167				
α	"	2,213	1,046	25,498	"	точка связки.
f	36,6	"	2,110	"	23,388	
47	50	"	1,648	"	23,850	
i	12,6	"	1,213	"	24,285	
A	"	"	1,432	"	24,066	
в	16,8	"	1,504	"	23,994	
c	19,2	"	2,600	"	22,898	
НК	23,5	"	2,970	"	22,528	

Для точки связки запи-
вается послѣдній взглядъ
съ одной станціи въ
ра въ графу 4, а первый
съ слѣдующей станціи
графу 3го той же горизон-
той линіи. Въ графу 5
ницей высоты плоскости
визированія надъ данной
горизонтомъ, а въ графу
6го вычисленныя отдѣль-
точекъ. Чтобы для точки
связки т. с. новаго поло-
нія нивеллира получить
новую высоту плоскости
визированія, нужно раз-
обоихъ взглядовъ точки
прибавить къ предыду-
высоту плоскости визи-
нія или вычесть съ нея.
Такъ въ данномъ случа
высота плоскости ви-
данія въ точкѣ α будет
2,213 - 1,046 + 24,331 = 25,498.
графѣ 6го получаемъ в
читаніемъ числа графы
4ой съ высоты плоскости

жировки: Такъ ордината точки K = 24,331 – 1,683 = 22,648; точки 46 = 24,331 - 0,998 = = 23,333 точки 47 = 23,498 - 1,648 = 23,850, точки A = 23,498 - 1,432 = 24,066 и т. д. Имея подъ руками журналъ продольной нивеллировки, приступаютъ къ вычерчиванію продольнаго профиля пути. За основаніе вообразимъ прямую линію, вдоль которой надъ произвольно горизонтосъ для удобства черченія принимается сначала низшей точки нивеллированной линіи и выражается нѣкоторымъ круглымъ числа 10, напр. въ данномъ случаѣ столетнимъ 20, подписать ея ординаты соотвѣтствующія продольныя разстоянія: 38, 50, 42 и т.д., изъ точекъ дѣленія восставляютъ перпендикуляры (чер. 28 и по нимъ откладываютъ 4,331, 2,648; 3.333, 3,337 и т.д. и находятся точки лежащія на высотѣ надъ принятымъ горизонтосъ т.е. 24,331, 22,648, —. Полученныя точки соединяютъ прямыми. Для большей ясности единицы вертикальнаго масштаба принимаются въ 10 и 20 разъ большія единицы горизонтальнаго, такъ напр. если для горизонтальныхъ разстояній принятъ масштабъ = $\frac{1}{1000}$, то высоты откладываютъ на масштабѣ $\frac{1}{100}$ или $\frac{1}{50}$

Разбивка и нивеллировка поперечныхъ профилей.

Разбивка поперечныхъ профилей состоитъ въ опредѣленіи магистрали въ данныхъ точкахъ оси дороги прямыхъ перпендикуляровъ къ горизонтальной проекціи этой оси. Разбивка производится экеромъ, напр. эккеромъ, зеркальнымъ экеромъ или приэмомъ. Зеркальный экеръ удобнѣе прочаго, но въ гористыхъ мѣстностяхъ, на косогорахъ онъ бываетъ трудно пользоваться, и нерѣдко приходится употреблять нивеллиръ съ перпендикулярными сѣчками. Чтобы въ точкѣ A прямолинейной оси MN (чер 29.) опредѣлить направленіе поперечнаго профиля, укрѣпляютъ одинъ конецъ цѣпи въ A и помощью экера устанавливаютъ вѣхи вертикально въ A, направляютъ рабочаго съ другимъ концомъ цѣпи въ B такъ чтобы было AB ⊥ MN. Часть AB нивеллируютъ, закрѣпляютъ установленную въ B вѣху и направляютъ рабочаго съ другимъ концомъ цѣпи B въ точку B' находящуюся на продолженіи прямой BA послѣ нивеллированную B'A. При закругленіяхъ, чтобы восстановить перпендикуляръ безъ помощи центра кривой, поступаютъ слѣдующимъ образомъ (чер 30) Если K - точка, въ которой нужно разбить поперечный профиль то изъ этой точки откладываютъ разстоянія L или берутъ на кривую точку L принимаютъ KL = x за прямую можно допустить: $KM = Z = \frac{x^2}{2R}$; отступаютъ отъ K въ экеромъ къ центру кривой на разстояніе $KM = Z = \frac{x^2}{2R}$, вставляютъ въ M къ ML перпендикуляръ MB или отступаютъ отъ точки L въ сторону противоположную къ центру на разстояніе $NL = Z = \frac{x^2}{2R}$, восставляютъ въ K перпендикуляръ KB къ прямой KN. Нивеллировка производится слѣдующимъ образомъ: кладутъ одинъ конецъ цѣпи укрѣпленный въ точкѣ профиля A (чер 29) а другой въ B нивеллированной нѣсколько удаленной въ такой точкѣ J изъ которой можно бы производить безъ затрудненія нивеллировку возможно большаго числа точекъ. Помощникъ стоитъ въ рейкой въ A и отмѣчаетъ предварительно точкахъ пересѣченія поверхности

находящаяся на прямой АВ читаемъ по ней расстояніе этой точки отъ точки оси А и говоримъ громко нивелиру, который въ это время наводитъ нивелиръ, читаетъ показаніе рейки, при этомъ въ нивелируемыхъ точкахъ не нужно далее забивать колья. Въ равнинной странѣ отъ одной станціи иногда можно нивелировать по нѣсколько поперечныхъ профилей, въ неровностяхъ приходится нерѣдко для одного и того же профиля дѣлать нѣсколько станцій. Въ горахъ нивелированіе ведется на столько продольно, какъ это показано на чер. 31 или даже иногда на разстояніе, которое можетъ быть сокращено по сѣкущимъ образомъ

№ точки профиля	Назначено							Ось дороги	Насыпано					
	Разр.				18,3	10.0	9.2	0	14 2	18.4	22.1	24.2	29.6	
204	высот				0.63	0.88	1.24	1,32	1.50	2.24	2.30	2.16	2.14	
	Отм.				0.64	0.44	0.08	0	0.18	0.92	0.98	0.84	0.82	
	Разр.		3.2	24,8	15,7	2,3	4,6	0	2,6	12,0	23,2			
205	высота							1,8						
	Отм.													

Полученныя данныя вычерчиваютъ на миллиметровой бумагѣ профили слѣдующимъ образомъ: проводятъ (черт. 32) прямую линію, принимаютъ ее за горизонталь, проводятъ другую черезъ ось дороги, перпендикулярно къ ней АВ-ось дороги. Отъ точки А откладываютъ вправо всѣ разстоянія 0... 10.... и влѣво 14.2, 18.4..... всѣ высотныя въ послѣдующихъ точкахъ перпендикуляровъ, которые откладываютъ вверхъ, а отрицательныя внизъ. Полученныя точки соединяютъ прямыми и получаютъ поперечный профиль мѣстности. Затѣмъ наносятъ искусственный профиль МNРQ для чего на разстояніи АВ отъ оси откладываютъ ширину полотна и проводятъ откосныя линіи МN и PQ. Каждый поперечникъ профиля начинается пусперомъ пикета и точки перелома. Въ большинствѣ случаевъ иногда употребляютъ зеркальный эклиметръ (чер. 33.) Онъ состоитъ изъ плоскаго зеркала, подвѣшеннаго въ 6 такимъ образомъ что его плоскость всегда вертикальное положеніе. Въ зеркалѣ имѣется приборомъ соединенъ діоптръ, вращающійся около горизонтальной оси. Если мы въ зеркалѣ видимъ наши глаза, то прямая, соединяющая глазъ съ его изображеніемъ т.е. съ лучъ зрѣнія, будетъ перпендикулярна къ поверхности зеркала. Эта прямая будетъ слѣдовательно, горизонтальна, если зеркало имѣетъ вертикальное положеніе. Зеркало устроено такимъ образомъ, что смотря въ діоптръ мы непосредственно видимъ изображеніе глазъ въ зеркалѣ, видимъ показаніе В рейки, установленной позади зеркала. Это показаніе рейки будетъ соотвѣтствовать горизонтальному лучу зрѣнія д. При крутыхъ косогорахъ употребленіе нивелира затруднительно, потому что приходится часто переносить его съ одного склона на другое. Въ такихъ случаяхъ нивелируютъ при помощи другихъ образовъ.

Окончательная нивелировка производится послѣдующимъ

горизонтальной и вертикальной (чер 34). Рейка АВ устанавливается горизонтально по цилиндрическому уровню W, а рейка CD вертикально посредством отвеса f. Горизонтальные расстояния измеряются по рейке АВ, а вертикальные по CD. Начерт 35 числа въ скобкахъ суть отсчеты полевого журнала, относительно горизонтальной прямой ОХ, проходящей въ А черезъ ось дороги. Удобнее производится съемка поперечныхъ профилей въ крупномъ масштабѣ помощью угловъ наклоненія. Для этого употребляется угломѣрный инструментъ съ вертикальнымъ отвесомъ, такъ напр. кипрегель (Теодолитъ здѣсь неудобенъ вслѣдствіе его сложности и происходящей отъ этого медленности работы.) Вмѣстное пересѣченіе угломѣрнаго инструмента должно состоять изъ одного діоптра, крестъ діоптра вращающагося въ вертикальной плоскости инструмента имѣетъ иногда еще одинъ неподвижный діоптръ, перпендикулярный къ вертикальной плоскости первато, чтобы было легче привести вертикальную плоскость первато въ положеніе перпендикулярное къ направленію дороги. Діоптръ АВ (чер 36) вращается около оси О, прикрѣпленной къ вертикальному отвѣсу MN. Вѣсъ отвѣса съ діоптромъ вращается вертикальный отвѣсъ LL, на которомъ помощью винтуса и гаекъ можно измѣнять углы его плоскости до 10° (Иногда отвѣсъ неподвиженъ, а винтусъ устроенъ на LL) Правая часть отвѣса сдѣлана для измѣренія угловъ наклоненія, когда поверхность поднимается. Помощью маленькаго винта W можно укрѣпить діоптръ въ вертикальномъ положеніи. Ось вращенія О устроена такъ что ея продолженіе проходитъ черезъ линію визированія АВ. Инструментъ ставится въ точкѣ А пересѣченія профиля съ осью дороги (чер 37) Изъ рейки установленной вдоль точно въ высоту АК = высотѣ инструмента, рейку ставятъ записывая послѣдовательно въ точки B, C, D, F, и визируя ее, записываютъ углы наклоненія d B'RK, C'RK, D'RL... Если изъ точки А изъ рейки, поставленной въ точкѣ N, не видна по какой нибудь причинѣ бываетъ подвинуть и измѣрить высоту ея подъ діоптромъ расположеннымъ горизонтально. Если поверхность волнистая какъ ADF (чер 37) то измѣряютъ хорды AD, AF, если же поверхность выпуклая, какъ DFL то измѣряютъ вспомогательныя разстоянія FS DF. Профиль наносятъ на бумагу помощью геометрическаго построенія основываясь на слѣдующемъ: такъ какъ BB' = CC' = DD' = FF = ... = AR то AB ∥ RD', AC ∥ RC', AG ∥ RG', AM ∥ RM' (Если MN есть величина, на которую въ точкѣ N нужно было поднять рейку) Для нанесенія профиля на бумагу поступаютъ слѣдующимъ образомъ: изъ точки A (чер. 38) проводятъ прямыя AB, AC, AD .... подъ ∠ B'RK, C'RK, D'RL къ горизонтали KL и откладываютъ на нихъ разстоянія AB, AC, AD ...., получаютъ точки B, C, D профиля. Чтобы получить точку M проводятъ изъ A AM подъ угломъ MAL, отложивъ изъ предварительно построенной шкалы точки J радіусомъ равнымъ JM точку M и откладываютъ на вертикали, проведенной черезъ M, вниз длину MN. 3) Иногда откосамъ дороги бываетъ иногда невозможно устанавливать инструментъ, въ такомъ случаѣ нивелируютъ откосы профиля

помощью так называемых шахтенных деревянных вехов, состоящих из двенадцати частей каждая. Для наблюдения за равномерным продвижением работ по сооружению земляного полотна дороги, а также для определения объемов земляных работ, необходимо периодически производить нивелировку земляного полотна дороги. Нивелировка производится по поперечникам, расположенным на расстоянии 100 м друг от друга. Поперечники нумеруются по порядку, начиная от начала трассы. Для каждого поперечника составляется продольный профиль, на котором показываются отметки земли и проектные отметки. Разность между ними дает величину насыпи или выемки. Для определения объемов земляных работ необходимо вычислить площади поперечных сечений насыпи и выемки.

Вычисление площадей.

Для определения стоимости проектируемой железной дороги надо знать площадь отчуждаемой полосы земли, необходимую под сооружение дороги, а также и под площади отвалов насыпей и выемок, нужных для определения стоимости обделки их площади поперечных профилей для вычисления объемов насыпей и выемок.

1) Вычисление площади земли необходимой под сооружение дороги. Так как ширина какого-нибудь участка определяется не величиной его поверхности, а площадью его горизонтальной проекции, то они и занимают прежде всего составление горизонтальной проекции дороги. Пусть линия kdm (чер 40) представляет продольный профиль оси дороги, а линия kbc полотна дороги, соответственно скосам насыпи будет иметь вид, а справа выемку; пусть показаны поперечные нивелировки двух смежных поперечных профилей a, b, c, d. Чтобы для построения гор. проекции d, к поперечному профилю откосов проводимых через d вертикаль на оси откладывают вниз величину насыпи k и отмечают точку d' в обе стороны по половине ширины полотна дороги по точкам b, b' через концы проводят линию откосов. Для построения горизонтальной проекции дороги проводим ось, отмечаем на расстоянии $= \frac{1}{2}$ ширины полотна проводим $\parallel$ линию - таким образом получили границу полотна дороги; далее надо спроектировать откосы, для чего на оси полотна откладывают величины $d'e, d'e', f_3 f_3', 8, 8'\delta, \delta'$ причем надо следить, чтобы величины соответствующей линии откосов приходились на одну сторону, а правая на правую; полученные точки соединяем прямыми. Заложим насыпь на плане линию перелома 0, т.е. линию перехода насыпи в выемку которая здесь принята $1^{го}$ к оси дороги; края насыпей и выемок должны сходиться на линию перелома подсоединяя к соответствующему. Далее строим горизонтальную проекцию канавы, для чего от оси откладываем расстояние $d'x'$ и проводим линию параллельную краю откоса; остальные ребра канавы построим на глаз. Так канава находится в выемке, то она идет параллельно линии для определения в этом случае места, где кончится канава продольным профилем проводим линию $3x \parallel$ полотну на расстоянии от него равном глубине канавы и замечаем точку пересечения этой линии с линией продольного профиля откоса δ; точка и отмечаем $0'$, проводим на плане расстояние от точки $0'$ линию $\delta' f_3. 1^{го}$ к оси дороги. На этой линии фиксируем ширину канавы (с этой линии она отводится обыкновенно немного в сторону). К канавам надо прибавить полосу земли шириной в $\frac{1}{2}$ ши-

границ всей этой полосы с выносом на поперечный профиль d точки d, которая обозначается красной чертой. По горизонтальной проекции определяется площадь для отчуждения под дорогу; она определяется как сумма отдельных площадей между двумя профилями; площадь между профилями = полусумме длин обоих профилей, умноженной на расстояние между профилями. Полученная площадь записывается в особую ведомость, схема которой настолько проста что не требует для себя какой либо определенной формы, а может быть составлена по усмотрению производящего вычисления.

2) Вычисление площадей откосов. При этом вычислению длина откосов берется с чертежа по поперечным профилям. Для определения площади откоса заключающейся между двумя поперечными профилями достаточно умножить среднее арифметическое длин откоса на расстояние между профилями. В тех случаях, где откосы представляют собой треугольники длину которых можно взять по плану. При вычислении площадей откосов нужно принимать во внимание, для чего откос назначается, а потому приходится вычислять следующие поверхности: 1) назначенные для планирования (в насыпях и выемках) 2 назначенные для откосов и 3) назн. для обсыпки. Каждый ряд площадей необходимо записать в особую статью и также образом для каждой такой категории составить особую ведомость цен: составить для нескольких категорий одну общую ведомость с подразделениями. Эта ведомость может быть вида, представленного на стр 218. В графу „средняя ширина" пишется полусумма ширин двух профилей; числа графы „площадь" получаются от перемножения соответственных чисел двух предыдущих граф. (средняя ширина и длина) в графу „сумма" пишется сумма всех чисел графы „площадь", заключенных между горизонтальными чертами. Иногда, чтобы не вычислять сразу средних ширин пишут в отдельную графу ширины, в таком случае ведомость может быть представленной на стр 218(в). Поверхности земляных и каменных конусов укрепления при устье откосов и глубь вычисляются отдельно. Если каменных много, то насыпь в этом случае должна быть укреплена 1) Каменной стенкой (чер 41) в которую она упирается, кроме этой срезы под откосами крепления. 2) Другой способ укрепления насыпи устройства производится с помощью земляного конуса (чер. 42) при этом основание конуса должно быть или $\frac{1}{4}$ круга радиуса - горизонтальной проекции откоса или $\frac{1}{4}$ эллипса; в том и другом вершины (C и S) конусов должны быть ровно, каменные крылья (наз. в этом случае обратными) для укрепления боковой части полотна, необходимой конусов, будут при земляном основании короче, чем при круговом. В земляном конусе призмой - образующей, по которой производится, его откос становится круче естественного откоса потому его откос надо осыпать защищать от обвала, надо вымостить его до некоторой высоты снизу вверх. Поверхность $\frac{1}{4}$ конуса равняется: $\frac{2\pi r^2}{4} \cdot \frac{1}{2}$; Чтобы не брать

Названіе пѣвн.	Лѣвая сторона.							Правая сторона							Примѣчанія
	точка	длина	ширина	сред. ширина	площадь	сумма		точка	длина	ширина	сред. ширина	площадь	сумма		
	76	"	"	"	"										Труба №5 поверхность земляного конуса 1,5,4 и 18,2
	a	20													
	b	25,0													
	c	19													
	d	20													
	77	16					Насыпь 1834,92								
	a	28													
	b	14													
	нк	20													
	точка перехода	12,6													
	c	3,2													
	d	13,2													
	78	9,6					Выемка 1336,37								
	a	23													
	b														
	c														
	79														Перегон 892 надземной ноги съѣзда ко двору

Названіе пѣвн.	Лѣвая сторона.							Правая сторона							Примѣчанія
	точка	длина	ширина	сред. ширина	площадь	сумма		точка	длина	ширина	сред. ширина	площадь	сумма		
	76	"	"	"	"										
	a	20,00	2,2	44											
	b	25,0	3,75	93,75											
	c	19	6,25	118,75			Насыпь 723,65								
	d	20	7,7	154											
	77	16	6,9	110,4											
	a	28	5,3	148,4											
	b	14	3,7	51,8											
	н.к	20	1,45	39,0											
	точка перехода	15,8	0,5	3,15											
	c	13,2	21	3,78											
	d	9.	26,2	34,98			Выемка 678,94								
	78	9,6	9,1	27,9											
	a	23	3,0	29,57											
	b	23	3,2	73,6											
	c.	25	3,9	97,5											
	79	42,4	3,7	156,88											

Если откосы трапеціи имѣютъ различные углы наклона къ горизонту, то площадь поперечнаго сѣченія можетъ быть вычислена по формулѣ $S = \frac{2b+(m+n)h}{2} \cdot h$, гдѣ m и n — величины откосовъ.

Если откосы трапеціи имѣютъ одинаковые углы наклона къ горизонту, то $m = n$, и формула принимаетъ видъ $S = \frac{2b+2mh}{2} \cdot h = (b+mh)h = bh + mh^2$.

Если откосы трапеціи имѣютъ различные углы наклона къ горизонту, то $m \neq n$, и формула принимаетъ видъ $S = \frac{2b+(m+n)h}{2} \cdot h$

$y = ax - mx^2$ (b и m постоянныя числа). Разсматривая x и y как переменныя, видимъ, что формула представляетъ уравненіе параболы съ вершиною въ началѣ координатъ, ибо при $x = 0$ и $y = 0$. Построивъ (чер 43) параболу, абсциссы которой x суть не что иное, какъ высота трапецевидныхъ профилей, а ординаты - площади этихъ профилей, если можемъ пользоваться ею для опредѣленія площадей такимъ образ. отложивъ отъ O высоту профиля h, какъ абсциссу $x = Oa = h$, и проведя черезъ a ординату параболы ac, если имѣемъ самый опредѣленный площадь трапеціи при данной ея высотѣ и такихъ постоянныхъ b и m. 2й способъ. Основываясь на предъидущихъ соображеніяхъ можно построить масштабъ площадей. Для этого на линіи AB (чер 44) откладываемъ въ масштабѣ высотъ поперечныя профилей равныя длины A1, 12, 23 и т.д. равныя 1, и изъ точекъ дѣленія. Теперь составимъ таблицу по уравненію $y = bx + mx^2$, давая различныя значенія x (при опредѣленныхъ b и m).

x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	...	...	1
y	0,67	1,10	1,70	...	...	...	...	...	6,70.

На масштабѣ подъ соотвѣтствующими дѣленіями x. имѣемъ значенія y. Еще лучше такъ составить масштабъ: задаемся значеніями y и опредѣляемъ x. $x = \frac{b}{2m} + \sqrt{\left(\frac{b}{2m}\right)^2 + \frac{y}{m}}$. Если ширина полотна (смотря по условіямъ перевозки грузовъ для машины) = 2.6 саж и m. = 1½, то вычисленіемъ получимъ слѣдующую таблицу.

y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12...
x	0,30	0,56	0,78	0,97	1,14	1,30	1,45	1,59	1,72	185	1,97	2,08...

Масштабъ для этой таблицы построенъ на чер. 45. въ которомъ за единицу принята сажень тр. Соединяемъ откладываемъ высоты x, какъ абсциссы на MN, а насоотвѣтствующіяся высотахъ площади y. Такимъ же образомъ наносятся черточки для площадей 0,1, 0.2, 0.3..... а также же 0,01, 0,02, 0.03. Единицу масштаба удобно брать по возможности большой, что составляетъ нѣкоторое неудобство этого способа. Если этимъ масштабомъ будемъ измѣрять высоты, то тѣмъ самымъ и высоты и величины соотвѣтственныхъ площадей. Если продольный профиль MN представляетъ кривую, но основаніе поперечныхъ профилей въ аф и вд горизонтально, то онъ также послужитъ правильною проекціею (чер. 46). Если y - площадь для высоты x, и y_2 для высоты x^2, то $y = bx + mx^2$; $y_2 = bx_2 + mx_2^2$; $y_1 - y_2 = b(x_1 - x_2) + m(x^2 - x^2)$. Когда разность $x_1 - x_2$ очень мала, то разность $(x^2 - x_2^2)$ можно пренебречь и приближенно $y_1 - y_2 = b(x - x_2)$ т.е разность площадей - пропорціональна разности высотъ. Благодаря этому самый дѣленія масштаба (чер 45) они можемъ получить просто пропорціональными дѣленіями.

3й способъ. Вычисленіе площадей обычно въ и прак производится весьма скоро и съ достаточной точностью помощью логарифмической линейки. Она строится подобно предыдущему масштабу причемъ откладываются логарифмы чиселъ откладываются какъ длины, а получаемыя черточки обозначаются самими соотвѣтствующими имъ числами. Возьмемъ lg натуральныхъ чиселъ отъ 1-10 Изъ таблицы видно, что lg 10 = 1. Отъ точки A въ произвольномъ масштабѣ

откладываем сначала длину АВ, как log 10. Эту единицу делим на 1000 равных частей (справа на 10, потом каждую 1/10 еще на 10 и т.д. потом 4-ю единица разделена на 100 частей). Так как log 1=0, поэтому черточку 0 ставим сначала; подле черточки 301 ставим 2; далее так как log 3 = 0,477, откладываем 0,477 и вниз ставим 3 и т.д. Затем снова (1-2) вставляем log чисел 1.1, 1.2; 1.3; 1.4; 1.5..... так что расстояние (1-2) разделится на 10 неравных частей соответственно убывающихся соответственно значениям мантисс. Затем потом мантиссы чисел 1,12; 1,13; 1,14; и получаем дальнейшие подразделения. Положим теперь требуется найти логарифм 432; сам логарифмика его нам всегда известна, нужно отыскать мантиссу, а она равна мантиссе числа 4.32, которую нетрудно отыскать, справа такого числа и надо числа читаем мантиссу; она 0,642, прибавляя к ней характеристику числа 432, именно log 432 = 2,642; но и обратно можно отыскать по log числа. Пусть дано умножить 2 на 4; ясно знаем, что log произведения = log 2 + log 4; поэтому придавая к дуге, выражающей log 2 дугу соответствующую log 4, читаем log произведения, по которому видим, что число находится 8. Гораздо удобнее, когда имеем две подобные линейки, скользящих одна по другой. Если нужно число шесть разделить на три, то log частного = log 6 - log 3; устанавливаем одну линейку так, чтобы деление log 6 и log 3 совпадали и читаем на верхней линейке число соответствующее 0 нижней линейки.

б) Когда поверхность земли не горизонтальна, но скаты ее не имеют переломов, в этом случае построение производится точно таким же образом, как и в этом случае (по плану) (четной линейкой) только нужно предварительно этого придумать превратить в трапецию. Чтобы четырехугольник ABCD (чер 48) превратить в трапецию, проведем через середину S прямой AB линию St ⊥ AB, через точку пересечения t проведем St и CD продолжим линию ta ∥ AB до пересечения с AD в точке a соединим a с и через D проводим Dδ ∥ AC до пересечения с BC (или ее продолжение) в точке δ. Тогда четырехугольник Aδcd будет практически достаточно) трапеция, равновеликая четырехугольнику ABCD (потому что Δ acd равновелик Δ cad). Если St пересекается с dc в точке t, то берут по масштабу для определения площади длину St. Если профиль имеет вид, указанный на чер. 49, то для превращения его в равновеликий четырехугольник уничтожают постепенно по одной вершине. Для этого соединяем H с F через G проводим линию GI ∥ HF и соединяем H с I. Получаются ABCDEIH будет равновелик восьмиугольнику ABCDEFGH (или Δ HFI равновелик Δ HFG. Далее соединяем H с E через I проводим линию IK ∥ HE до пересечения с продолжением DE в точке K и K соединяем с H. Тогда получим четырехугольник ABCDKH, равновеликий восьмиугольнику ABCDEFGH так как Δ HEI равновелик Δ - ку HEK. Уничтожая таким образом по одной вершине, сами, наконец, дойдем до четырехугольника, который будет равновелик данной фигуре ABCDEFGH. На черт. 49. указано уничтожение только двух вер-

Для F уничтожение других производится совершенно аналогично. Иногда бывает возможно данный профиль обратить прямо в равновеликую ему трапецию. Пусть данный профиль имеет вид, указанный на чер. 50, а A B C D E F G. Проводим линию xy ∥ AB, так чтобы было приблизительно (на глаз) выполнено условие. x G F m + n D q = m n E + q y C. Проектируем линию xy или полагаем, принявъ точку x за одну изъ вершинъ искомой трапеции и отрезокъ y-x-угольникъ A B C D E F G въ 4 угольникъ. Для этого соединяем точку x съ вершинами: F, E, D, C линиями (1), (2), (3), (4) затемъ черезъ G проводимъ Ga ∥ (1) до пересѣченія съ EF въ a черезъ a ... ab ∥ (2) до пересѣченія съ ED въ b черезъ b ... bc ∥ (3) до пересѣченія въ DC въ c и наконецъ черезъ c ... cd ∥ (4) до пересѣченія съ CD въ d и соединяем d съ x. Построеніе какъ видно аналогично предыдущему, такъ какъ отъ фигуры A B C D E F G переходимъ къ A B C D E ax, затемъ къ A B C D bx и т.д. Такимъ образомъ получимъ 4 угольникъ A B dx Если точки y и d совпадаютъ, то это значитъ, что линія xy ∥ AB выбрана предварительно совершенно точно. Когда профиль имѣетъ видъ 4 угольника, то его площадь легко получается еще слѣдующимъ образомъ Изъ одной вершины профиля, напр A опишемъ дугу изъ AB радіусомъ AR = r (чер 51), который долженъ быть менѣе діагонали AC, проведенной изъ той же точки A; къ дугѣ KB изъ C проводимъ касательную CK, а изъ вершинъ B и D прямыя DF и BF, параллельныя діагонали AC до пересѣченія съ касательной CK. Изъ чертежа видно, что Δ ACD равновеликъ Δ-ку ACF и Δ ACB равновеликъ Δ-ку ACF поэтому 4-угольникъ ABCD равновеликъ треугольнику AFF и площадь ABCD = FF $\frac{2r}{2}$. Если взять радіусъ AR = 2, то площадь ABCD = FF, Такъ какъ всегда AR = AC потому что въ противоположныхъ случаяхъ было бы не возможно провести изъ C касательную къ KB то во всѣхъ случаяхъ AR можетъ равняться двумъ. Если положимъ AR = r то ABCD = FF $\frac{r}{2}$. Если построимъ масштабъ для FF, который будетъ меньше масштаба для поперечныхъ профилей въ $\frac{r}{2}$ раза, и возьмемъ по немъ FF, то полученная площадь профиля ABCD. Единица масштаба для FF по единицѣ масштаба для поперечныхъ профилей получится слѣдующимъ образомъ. Берем прямой (или прямоугольный) уголъ Yo X (чер 52) и откладываем на oX oR = r и o1 = 1 = единицѣ масштаба поперечныхъ профилей; на oy откладываем o2 = 2 = двумъ единицамъ масштаба поперечныхъ профилей; соединяем R съ 2 и черезъ (1) проводимъ 1x ∥ R 2, величина ox будетъ длина единицы масштаба для построенія FF. Изъ чер 52 видно что $\frac{ox}{o2} = \frac{o1}{oR}$ или $\frac{x_1}{2} = \frac{1}{r}$ откуда $x_1 = 1 : \frac{r}{2}$ т е x въ $\frac{r}{2}$ раз меньше единицы масштаба поперечныхъ профилей. При употребленіи логарифмической линейки превращаютъ всѣ многоугольные профили въ трапеціи и составляютъ слѣдующую таблицу. Для полученія площадей нужно числа графы 3 перемножить съ числами графы 4, что можетъ быть очень быстро сдѣлано логарифмической линейкой.

N.	b	h	a = b + h	Ω	l	V

c) Профиль полунасыпь-полувыемка. Въ этомъ случаѣ площади насыпи и выемки опредѣляются отдѣльно. Изъ точекъ (чер 53)

радіусомъ смѣнными AC описываютъ дугу $\alpha\beta$; къ этой дугѣ изъ C проводятъ касательную tR и изъ D, B и G проводятъ прямыя Bg, Dt, Gf, параллельныя прямой AC. Тогда $\Delta BCG = \frac{q.S.}{2}$, $\Delta AGD = \frac{q.S.AR}{2}$ Въ самомъ дѣлѣ: $\Delta BCG = \Delta ABC - \Delta AGC$. $\Delta ABC = \Delta AqC$; $\Delta AGC = \Delta ASC$; слѣдовательно: $\Delta BCG = \Delta AqC - \Delta ASC = \Delta AqS = \frac{q.S.AR}{2}$; $\Delta ADG = \Delta ADC - \Delta ASC$; $\Delta ADC = \Delta Atc$; $\Delta ASC = \Delta ASC$ слѣдовательно $\Delta ADS = \Delta Atc - \Delta ASC = \Delta Ats = \frac{As.AR}{2}$.

d) Профиль съ берегами. Если на откосѣ есть извѣстное число уступовъ (черт 54) то вычисленіе начинаютъ съ проведенія gh, проведеннаго на глазъ черезъ середину берега ad, ср. Всего удобнѣе опредѣлять площади поперечныхъ профилей посредствомъ планиметра. Прежде чѣмъ бумага должна быть ровно натянута на доскѣ, чтобы ея поверхность не имѣла ни возвышеній, ни углубленій. Площади получаются съ точностью отъ 0,5% до 0,1%. При употребленіи планиметра надо замѣтить, чтобы чертежъ находился внѣ фигуры, потому что въ противномъ случаѣ получится площадь съ меньшей точностью. При опредѣленіи площадей поперечныхъ профилей помощью непосредственнаго вычисленія изъ данныхъ откосовъ получаются нѣсколько болѣе точные результаты, но такое вычисленіе требуетъ такъ много времени, что въ послѣдующее время оно почти не употребляется. Вполнѣ достаточная точность при вычисленіи будетъ только тогда, когда вычисленіе производится помощью чисель, которыя при разбивкѣ и нивелированіи были опредѣлены съ совсѣмъ точно. Вслѣдствіе этого получаемыя изъ этихъ вычисленій площади слѣдуетъ тогда брать даже нѣсколько точнѣе, чѣмъ площади, опредѣленныя посредствомъ. При опредѣленіи площадей поперечныхъ профилей слѣдуетъ стараться по возможности ошибки въ числахъ сдѣлать какъ можно уничтожающимися ошибками построенія. Площадь профиля балластнаго слоя не должна включаться въ площадь выемки или насыпи, такъ что верхней границей площади слѣдуетъ считать подошву балластнаго слоя. При вычисленіи площади профиля выемки графическимъ способомъ проводятъ прямую MN ср. 55 такъ чтобы части расположенныя надъ ней и части ограниченныя съ одной стороны подошвой балластнаго слоя, а съ другой откосами канавокъ (водоотводныхъ канавъ) были другъ другу равны и принимаютъ MN за прямую, ограничивающую опредѣляемую площадь. Линію MN нужно слѣдовательно, провести такъ, чтобы для насыпи (черт 55) было удовлетворено условіе $Mac + fNk = cdf$, а для выемки (черт 56) $k\beta\delta\varepsilon = Ma\zeta\varepsilon$. Во выемкахъ иногда берутъ площадь ограниченную прямой M, N прибавляя ее площади канавъ.

e) Опредѣленіе площадей поверхности откосовъ. Площади эти необходимо знать, когда поверхность откосовъ подвергается отдѣлкѣ, напр. штукатуренію, вымощенію, облицовкѣ: Пусть ab будетъ часть выемки или выемка (черт 56 a) aba въ поверхность откоса между двумя поперечными профилями, которую приблизительно считаютъ плоской ab и a,b боковыя ребра поперечныхъ профилей и разстояніе между ними, тогда площадь поверхности aba, будетъ: $f = \frac{ab + a,b}{2} l$ Длины ребръ опредѣленій и результаты заносятъ въ таблицу слѣдующаго вида:

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
o	0,301	0,477	0,602	0,699	0,778	0,845	0,903	0,954	1,000

№	Ширина откоса		длина l	площадь откоса F	
	справа	слева		справа	слева.
- - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -
- - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -

$\alpha\beta\alpha'\beta'$ суть полосы земли, ограниченные по бокам дорогой.

Вычисление объемов.

При определении объемов насыпей и выемок чаще всего приходится встречаться с следующими геометрическими телами, усеченной призмой, наклонной пирамидой и призматоидом.

Объем усеченной призмы. Извѣстно, что объемъ усѣченной призмы равенъ произведенію изъ площади ея нормальнаго поперечнаго сѣченія F (черт 57) на длину ея оси т.е. на разстояніе центровъ тяжестей Z и U ея основаній. Объемъ треугольной призмы кромѣ того равенъ произведенію изъ площади нормальнаго поперечнаго сѣченія на среднее ариѳметическое изъ длинъ всѣхъ трехъ реберъ $V = F\frac{a+b+c}{3}$ (черт 58) Весьма часто при опредѣленіи объема многогранной призмы, чтобы избѣжать опредѣленія центровъ тяжестей основаній, разбиваютъ многогранную призму на треугольныя

Объемъ пирамиды. Возьмемъ произвольную треугольную пирамиду ACDB (черт 59) и ея нижнее вертикальное ребро AB. Черезъ точку A проведемъ плоскость 1 къ ребру AB и опустимъ изъ точекъ C, D перпендикуляры CC' и DD' на эту плоскость. Очевидно, что площадь ABC = Δ ABC'. Если примемъ за основанія пирамидъ ABCD и ABC'D' треугольники ABC и ABC', то окажется, что эти пирамиды имѣютъ равновеликія основанія и равныя высоты т.е. что объемы ихъ равны, а потому объемъ пирамиды ACDB = $\frac{1}{3}$ Δ AC'D' AB. Если дана многогранная пирамида, то разбивъ ее на треугольныя помощію вертикальныхъ плоскостей проведенныхъ черезъ вершину, получимъ, что объемъ ея равенъ одной трети произведенія изъ площади ортогональной проекціи основанія на вертикальное разстояніе вершины отъ основанія. Отъ многогранной пирамиды легко перейти къ конусу, разсматривая его, какъ предѣлъ многогранной пирамиды.

Объемъ призматоида. Призматоидъ (черт 60) есть геометрическое тѣло ограниченное съ двухъ сторонъ многоугольниками, расположенными въ двухъ параллельныхъ плоскостяхъ граней равно сущихъ числу сторонъ многоугольниковъ основаній, при чемъ два смежные треугольника имѣютъ общую вершину, если соотвѣтственныя стороны верхняго и нижняго основаній параллельны. Для опредѣленія объема этого тѣла проведемъ черезъ средину перпендикуляра къ основаніямъ т.е. черезъ средину высоты, какую-нибудь плоскость, параллельную основаніямъ. Пересѣченія этой плоскости съ призматоидомъ наз. среднимъ сѣченіемъ. Возьмемъ на среднемъ сѣченіи произвольную точку A и соединимъ ее какъ съ вершинами средняго сѣченія (прямыми AB, AC и т.д.) такъ съ вершинами многоугольниковъ основаній (прямыми AB, AE, A F и т.д. Такимъ образомъ тѣло будетъ разбито на двѣ пирамиды основаніе которыхъ будутъ верхнее и нижнее основаніе даннаго тѣла, а вершины будутъ въ точкѣ A и наряду пирамидъ, основанія которыхъ будутъ боковыя грани тѣла, а вершины въ точкѣ A. Опредѣленіе

сперва объемъ одной изъ последнихъ пирамидъ напр. $DEFA$. Если высоту ея тоже обозначимъ черезъ h, то объемъ пирамиды $ABCD = \frac{1}{3} \Delta ABC \cdot h$ $= \frac{1}{6} \Delta ABC \cdot h$. Проведемъ черезъ точку A плоскость AHJ перпендикулярную къ ребрамъ BC и EF эта плоскость пересечетъ прямыя BC и EF въ точкахъ H и J. Разсмотримъ тѣло $EFCBA$ какъ призму, усѣченную не параллельно основанію, параллельныя ребра коей будутъ EF, BC и нуль, поэтому, что объемъ этой призмы будетъ $= \Delta AJH \ldots \frac{EF+BC+0}{3}$, или такъ какъ $EF = 2BC$ этотъ объемъ $= \Delta AJH . BC$ но $AJH = \frac{1}{2} AH \frac{h}{2} = \frac{1}{4} AH \cdot h$ поэтому объемъ призмы $EFCBA = \frac{1}{4} AH . h . BC = \frac{1}{2} \Delta ABC \cdot h$. Слѣдовательно, объемъ пирамиды $DEFA = (\frac{1}{6} + \frac{1}{12}) \Delta ABC . h = \frac{2}{3} ABC . h$. И такъ сумма объемовъ пирамидъ, основанія коихъ суть боковыя грани призматоида, равна $\frac{2}{3} Fh$ гдѣ F есть площадь средняго сѣченія. Обозначимъ площади основаній остающихся двухъ пирамидъ черезъ F_1 и F_2 тогда объемы ихъ будутъ $\frac{1}{3} F_1 \cdot \frac{h}{2} = \frac{1}{6} F_1 \cdot h$ и $\frac{1}{3} F_2 \cdot \frac{h}{2} = \frac{1}{6} F_2 \cdot h$. И такъ объемъ V всего тѣла: $V = \frac{1}{6} (F_1 + 4F + F_2) \cdot h$. Эта формула примѣнима весьма часто сама по себѣ, или въ связи съ формулами для пирамидъ для призмъ, къ вычисленію объемовъ земляныхъ работъ. Такъ же формула приложима и въ тѣхъ случаяхъ, когда числа сторонъ будутъ увеличено до ∞ тогда будетъ имѣть тѣло вершины и ширина основаній которыхъ будутъ кривыя находящіяся въ параллельныхъ плоскостяхъ. Для практики эта формула не совсѣмъ удобна, потому что прежде употребленія нужно знать площадь средняго сѣченія, но для этого надо случая она можетъ быть упрощена.

16. Частный случай призматоида. Положимъ что (чер 61) 1) тѣло ограничено съ двухъ сторонъ кривыми F_1 и F_2 находящимися въ параллельныхъ плоскостяхъ. Образованіе кривыхъ можетъ быть произвольное, лишь только, чтобы онѣ были касательныя къ двумъ параллельнымъ прямымъ MN и M_1N_1, и что 2) боковая поверхность тѣла образована движеніемъ прямой скользящей по этимъ кривымъ такъ что во все время движенія она остается параллельной плоскостямъ MN M_1N_1. Это тѣло можно разсматривать какъ призматоидъ съ безконечно узкими треугольными боковыми гранями. Если проведемъ какую нибудь плоскость параллельно плоскостямъ MN и M_1N_1 то ходъ, которую она образуетъ въ среднемъ сѣченіи будетъ средняя арифметическая изъ ходъ, заключающихся въ обоихъ основаніяхъ. Самое же среднее сѣченіе можно разсматривать какъ состоящее изъ суммы ходъ средняго сѣченія (принимая эти ходы за элементарныя линіи и очень малой величины) т. е. будетъ площадь: $F = \frac{F_1 + F_2}{2}$ Обозначимъ перпендикулярное разстояніе между основаніями черезъ h, тогда по формулѣ $V = \frac{1}{6} \{F_1 + 4F + F_2\} h$ получимъ $V = \frac{1}{6} \{F_1 + F_2 + 4 \frac{F_1+F_2}{2}\} h$ или $V = \frac{2}{6} \cdot 3 (F_1 + F_2) \frac{1}{2} = \frac{1}{4} (F_1 + F_2) h$ т. е объемъ равенъ произведенію изъ средней арифметической обоихъ основаній на длину. Эта формула для вычисленій весьма удобна поэтому при опредѣленіи объемовъ земляныхъ тѣлъ будемъ стремиться къ полученію такихъ призматоидовъ. Теперь перейдемъ къ опредѣленію объемовъ земляныхъ тѣлъ, при какихъ различныхъ сѣченіяхъ. а) Плоскія (чер 62) Опредѣленіе двухъ вершинъ

ными плоскостями, параллельными оси дороги, два пирамидальных объема: $CIKF$ и $DLMK$. Можно допустить, что поверхность земли, заключающейся между этими вертикальными плоскостями произведена движением прямой параллельной вертикальной плоскости. Обозначим поперечные сечения профилей, между которыми заключается рассматриваемый объем через F_1 и F_2, расстояние между ними через l, а площади CIK и DLM через $\mathcal{C}_1$ и $\mathcal{C}_2$; тогда объем заключающейся между этими вертикальными плоскостями будет равен: $\frac{1}{2}(F_1 - \mathcal{C}_1 - \mathcal{C}_2 + F_2)\,l$. Объемы обоих пирамидальных тел можно принять приблизительно равными $\frac{1}{3}\mathcal{C}_1 l$ и $\frac{1}{3}\mathcal{C}_2 l$ откуда: $V = \frac{1}{2}(F_1 + F_2 - \mathcal{C}_1 - \mathcal{C}_2)\,l + \frac{1}{3}\mathcal{C}_1 l + \frac{1}{3}\mathcal{C}_2 l$ или: $V = \left(\frac{F_1+F_2}{2} - \frac{\mathcal{C}_1+\mathcal{C}_2}{6}\right)\cdot l$ Если $\mathcal{C}$-малы, то ими можно пренебречь. Перевернув тело насыпи, получим выемку, к которой вполне относительно, относится все, что сказано о насыпи.

б) Полувыемка-полунасыпь (ф 63). В полувыемках полунасыпях нужно вычислять объемы выемки и отдельно объемы насыпи. Положим что имеются два профиля ac $A\,i\,g$ и $b\,d$ $B\,f\,h$ Определим сначала объем выемки. Проведем через a и A вертикальные плоскости, они пересекут объем выемки по треугольниках $a\,x\,y$ и $A\,z$ и. Отнимая от объема выемки получается тело: 1 пирамида $a\,b\,x\,y$ 2) пирам. $A\,i\,z\,B$ 3 призмы с основ. $A\,e\,a$ и $z\,d\,x\,y$. Удерживая такие обозначения площадей, как в насыпи, для объема выемки получим выражение: $V = \frac{1}{2}(F_1 + F_2 - \mathcal{C}_1 - \mathcal{C}_2)\,l + \frac{1}{3}\mathcal{C}_1 l + \frac{1}{3}\mathcal{C}_2 l = \left(\frac{F_1+F_2}{2} - \frac{\mathcal{C}_1+\mathcal{C}_2}{6}\right) l$. Для определения объема насыпи ее придется разделить двумя вертикальными плоскостями, проведенными через b и h, как показано на черт 63 определение же объема насыпи можно произвести подобно определению объема выемки. Если профили имеют одинаковую форму (черт 63а) так, что их оси совпадают, то площади $\mathcal{C}$ получаются весьма легко - стоит только через подходящие точки (a, A и пр.) провести вертикали, которые и отсекут от другого профиля площадь $\mathcal{C}$.

в) Земляное тело в точке перехода из выемки в насыпь (черт 64). Земляное тело ограниченное с одной конца сечением, представляющим профиль насыпи, а с другой - сечением, изображающим профиль выемки называется переходным земляным телом или земляным телом в точке перехода. Определение сначала объем насыпи. Если провести через $A\,E$ и $B\,F$ две вертикальные плоскости: $E\,A\,S$ и $F\,B\,H$ то получим следующие три тела: 1) пирамиду $E\,A\,C\,S$ 2) пирамиду $F\,B\,H\,D$ 3. клин $E\,F\,A\,B\,S\,H$. Если обозначить через F площадь профиля $C\,A\,B\,D$ через $\mathcal{C}$, и $\mathcal{C}_2$ соответственно площади треугольников $A\,C\,S$ и $B\,H\,D$ и через b, длину насыпи, то объемы этих трех тел будут: об. $E\,F\,A\,B\,S\,H$ = $\frac{F-\mathcal{C}_1-\mathcal{C}_2+0}{2}\,l$ (так как призматоид, принимая что об. $E\,A\,C\,S = \frac{1}{3}\mathcal{C}_1 l$ об. $F\,B\,H\,D = \frac{1}{3}\mathcal{C}_2 \cdot l$ Объем всего тела насыпи будет: $V = \frac{F}{2}l_1 - \frac{l}{6}(\mathcal{C}_1 + \mathcal{C}_2)$ Определение объема выемки можно произвести подобно предыдущему, а именно: проведя два вертикальных плоскости через $E\,S$ и $F\,K$, мы получим две пирамиды $P\,L\,Q\,K$ и $G\,M\,S\,I$ и среднюю часть $L\,M\,S\,I\,K\,Q$ так же как и при насыпи. Заметим, что вышеуказанное боковое

ханавъ ширина вышки K H бываетъ всегда больше ширины пути E F т.е. K H = E F.

d. Сложное земляное тѣло въ точкѣ перехода: (гер 65) Если съ одной стороны земляное тѣло представляетъ продольн насыпи, а съ другой профиль полувыемки-полунасыпи, то такое тѣло наз. сложнымъ земляным тѣломъ въ точкѣ перехода. Проведемъ поперечный профиль черезъ линію перехода a b; тѣло онъ будетъ a b c. Обозначимъ длину всего тѣла черезъ l, длину насыпи черезъ l_1, длину полувыемки-полунасыпи черезъ l_2, такъ что $l = l_1 + l_2$; площадь продольн полувыемки-полунасыпи черезъ F, площадь просѣкнутаго продольн черезъ F_2 и площадь профиля насыпи черезъ F_3. Для опредѣленія объема насыпи разобьемъ этотъ объемъ двумя ||ми вертикальными плоскостями, проведенными черезъ линію l a и черезъ точку c на слѣдующія 3 объема: 1) пирамиду abca (площ. осн. = f_1, выс = l_1) 2) призматоидъ abccfBg a (пл. осн. = f_2 и f_3 - l_1 - l_2; выс l_2) 3) пирамиду c B g f (пл. осн. l_2, выс. l_1) Для опредѣленія объема насыпи въ полунасыпи-полувыемкѣ, разобьемъ этотъ объемъ двумя параллельными вертикальными плоскостями проведенными черезъ прямую AS и черезъ точку O, на слѣдующія 3 объема. 1) пирамиду Aasr (пл. осн l_3 выс l_2) 2) призматоидъ Amosrbpq (пл. осн $f_2 + l_3 - l_4$ и $f_1 - l_3$ и выс l_2) 3 пирамиду O p q c (пл. осн. l_4, выс l_2) Объемъ выемки можно опредѣлить, какъ объемъ пирамиды съ пл. осн. = l_5 и высотой = l_2 (приблизительно). Такимъ образомъ все земляное тѣло будетъ разбито въ данномъ случаѣ на: 3 пирамиды ($l_1 l_1$; $l_2 l_1$; $l_3 l_2$; $l_4 l_2$; $l_5 l_2$; и 2 призматоида ($f_3 - l_1 - l_2$ и f_2, l_1; $f_2 - l_4$ и $f_1 - l_3 l_2$)

2) Земляныя тѣла съ многоугольными площадями основанія (гер 66) Мѣстныя обстоятельства принуждаютъ нерѣдко устраивать канавы въ многоугольныхъ основаніяхъ, служащія для складки нужн матеріала, или резервы съ такимъ же основаніемъ т.е. выемки въ сторонѣ отъ пути, дающія матеріалъ для насыпи. Вертикальными плоскостями, проведенными черезъ стороны AB, BC, CA - внутреннее основаніе, опять называемъ среднюю призматическую часть тѣла. Если площадь ABCDE обозначимъ черезъ p и высоту внутренней части, проходящую черезъ центръ тяжести S этой площади - черезъ W то объемъ внутренней части будетъ $O = pW$. Затѣмъ проведемъ діагональныя вертикальныя плоскости KB, BM, MD, DO, EK которыми основаніе тѣла разобьется на: 1) усѣченныя призмы съ основаніями KA, $B_1 = F_1$, KA, $E_1 = F_2$, $OE_1D_1 = F_3$, $D_1C_1M = F_4$, $MC_1B_1 = F_5$ гдѣ площади F_1, F_2... суть почти такія, какъ горизонт. сѣченія прежнихъ треугольниковъ ABK, AKE... (на гер. 67 вмѣсто призмы съ основаніемъ KA_1B_1, $AB B_1 A$ есть сложная призма съ вертикальною плоскостью, проведенною черезъ AB и $KB B$ - съ сѣченіемъ діагональной плоскостью KB) и 2) на пирамидѣ съ основаніемъ $K B_1 I = Q$, $KPE_1 = C_2$; $OD_1N = C_3$, $D_1NM = C_4$) $MLB_1 = C_5$ и $DOE_1 = C_6$ гдѣ опять C_1, C_2 суть почти такія какъ горизонт. сѣченія $\Delta\Delta^{ов}$ KBL, KPE... Если вышину тѣла въ точкѣ A обозначимъ черезъ W_1 въ E черезъ W_2 въ D черезъ W_3... то полный объемъ призматическихъ тѣлъ будетъ: $Q = \frac{1}{3}\{F_1(W_1 + W_5) +$

$+ F_2(W_1+W_2) + F_3(W_2+W_3) + F_4(W_3+W_4) + \frac{F}{5}(W_4+W_5)\}$, а сумма объемов пирамид:
$P = \frac{1}{3}\{(C_1+C_5)W_5 + (C_2+C_4)W_2 + (C_3+C_4)W_3\}$ и следовательно, полный объем всего тела будет $U = C + Q + P$. Если нижнее основание параллельно верхнему и $W_1 = W_2 = W_3 \ldots$, то тогда $U = \frac{W}{3}(3p + 2\Sigma f + \Sigma\varphi)$. Въ этой формулѣ заключается въ скобкахъ удвоенное: на единицу - относится въ тѣлахъ ограниченныхъ въ верхнемъ основаніи тѣломъ (пирамиды) на 2 - относятся къ тѣламъ огран. въ верхнемъ основаніи трехгран. усѣченныя призмы на 3 - отн. къ тѣламъ огран. въ верх. основ. четырехуг. (средн. тѣло). Если поверхность земли задана нѣсколькими горизонталями (черт 68) то чтобы вычислить объемъ средняго тѣла, заключеннаго между поверхностью земли и какой нибудь заданной плоскостью, нужно вычислить объемы отдѣльныхъ призмъ расположенныхъ надъ поверхностью земли заключающейся между двумя горизонталями. Для этого нужно вычислить горизонтальныя проэкціи этихъ тѣлъ и средніе высоты этихъ призмъ. За среднюю высоту такой призмы принимается обыкновенно среднее ариѳметическое высотъ надъ соотвѣтственными горизонталями, и только въ исключительныхъ случаяхъ приходится опредѣлять высоту вычисленіемъ. Для опредѣленія высотъ призмъ (f_1, f_6 и т. д.), заключенныхъ между горизонталями, на плоскости горизонтальной проэкціи f_1 f_2 берутъ точку S и измѣряютъ ея высоту по тому способу, который былъ предложенъ въ началѣ курса для опредѣленія высотъ точки, когда ея горизонтальная проэкція дана и на плоскости горизонталей находится между двумя поверхностями горизонталей. Положимъ для примѣра, что объемъ предполагаемый на черт. 68 ограниченъ сверху горизонтальной поверхностью возвышающейся надъ горизонталью на 12,6 и обозначимъ частныя тѣла заключающіяся между горизонталями, черезъ F_1, F_2, F_3 .... тогда: $U = F_1(12,6 - 4,85) + F_2(12,6 - 5,75) + F_3(12,6 - 7) + F_4(12,6 - 8) + F_5(12,6 - 8,815) + F_6(12,6 - 9,26) = 12,6F - (4,85F_1 + 5,75F_2 + 7F_3 + 8F_4 + 8,815F_5 + 9,26F_6)$. Въ этой формулѣ F выражаетъ всю площадь верхняго основанія. Результатъ, конечно, будетъ приближенный.

9) Вычисленіе откосовыхъ долговъ прилегающихъ къ насыпи (черт 69). Такъ какъ плоскость ABCD ∥ EFH то тѣло ABCDHFE есть наклонная призма. Если ширина банкета = a, высота = h коэффиціентъ откоса = m, длина банкета = b, то площадь перпендикулярнаго сѣченія K-LMN = (a + mh).h, а слѣдовательно объемъ банкета будетъ: $V = ABCDHFE = (a + mh)h.b$. Если поверхность земли по направленію поперечнаго профиля желѣзной дороги имѣетъ уклонъ (черт. 70) то для опредѣленія объема банкета нужно себѣ представить банкетъ раздѣленнымъ посредствомъ плоскости ABHG на двѣ усѣченныя призмы одну съ перпендикулярнымъ сѣченіемъ LBb и ребрами AB, EF и GH (черт 69) и другую съ перпендикулярнымъ сѣченіемъ Bgb и ребрами AB DC и GH. Объемъ банкета V будетъ равенъ суммѣ этихъ объемовъ призмъ. $V = \frac{1}{3}\Delta LBb(AB + EF + GH) + \frac{1}{3}\Delta Bgb(AB + DC + GH)$. Если высота банкета надъ DC будетъ h, а надъ GH - h, то $\Delta LBb = \frac{bh}{2}$; (полагаемъ LB ∥ gb

соответственно площадь $\Delta\gamma\delta\mathfrak{B}$ = площ $\Delta\gamma\delta\alpha$) $\mathfrak{AB} = \mathfrak{EF} = a$, $\mathfrak{GH} = a+2mh$ $\mathfrak{DC} = a+2mh$.

h) **Взять объем.** (чер 71) Как переходить через полотно насыпной дороги в горизонтальной части приходится делать выемки. Допустим сперва, что продольная дорога пересекает полотно же насыпной дороги подъ прямымъ угломъ. Положимъ, что на протяженіи $\mathfrak{KA} = a$ отъ полотна насыпной дороги продольная дорога горизонтальна (въ выемкѣ эта горизонтальная площадка обязательна) и заложенія откосовъ $\delta = l$ тангенсъ угла. Пусть высота насыпи $= h$, ширина продольной дороги $\mathfrak{AB} = b$, коэффиціентъ откосовъ для этой дороги $= m$, а для продольной $= n$. Разсуждая такъ же какъ въ предыдущемъ параграфѣ получимъ:

1) съ перпендикулярными сѣченіями $\alpha\mathfrak{B}\delta$ и основаніями $\mathfrak{AB}$, $\mathfrak{KL}$, $\mathfrak{EF}$
2 " " " " $\alpha\varepsilon\delta$ " " $\mathfrak{AB}$ $\mathfrak{CD}$, $\mathfrak{EF}$
3 " " " " $\mathfrak{B}\gamma\delta$ " " $\mathfrak{KL}$, $\mathfrak{EF}$, $\mathfrak{GH}$.

Объемъ тѣла выемки подъ дорогой будетъ: $V = \frac{1}{3}\Delta\alpha\mathfrak{B}\delta(\mathfrak{AB}+\mathfrak{KL}+\mathfrak{EF}) + \frac{1}{3}\Delta\alpha\varepsilon\delta(\mathfrak{AB}+\mathfrak{CD}+\mathfrak{EF}) + \frac{1}{3}\Delta\mathfrak{B}\gamma\delta(\mathfrak{KL}+\mathfrak{EF}+\mathfrak{GH})$. Изъ чертежа 71 видно что: $\Delta\alpha\mathfrak{B}\delta = \frac{ch}{2}$; $\Delta\alpha\varepsilon\delta = \frac{\delta_2 h}{2} = (a-mh)\frac{h}{2}$; $\Delta\mathfrak{B}\gamma\delta = \frac{lh}{2}$ $\mathfrak{AB} = \mathfrak{KL} = \mathfrak{GH} = b$, $\mathfrak{CD} = b+2nh$, $\mathfrak{EF} = b+2mh$. Если поверхность земли подъ выемкой не горизонтальна, то объемъ его слѣдуетъ вычислять, какъ объемъ всякой другой насыпи или выемки, по частямъ, помощью поперечныхъ профилей. Если въ одномъ изъ сѣченій продольной дороги съ насыпной находится банкетъ для стороннаго дома (чер 72), то объемъ этого банкета можно принять равнымъ произведенію изъ площади $abcd = F$ его верхняго основанія на высоту, такъ что объемъ $\mathfrak{B} = F.h$, гдѣ h берется изъ поперечнаго профиля и F изъ плана. Если поверхность покатая, то діагональною плоскостью разбиваемъ объемъ банкета на двѣ трехгранныя призмы и извѣстнымъ способомъ опредѣляемъ объемъ каждой.

Объемъ насыпи, прерывающей сплошность. Какъ уже сказано ранѣе, откосы сопрягаются съ поперечными стѣнками или съ устоями сводовъ и каменныхъ трубъ послѣдствіемъ конусовъ причемъ основаніе конуса есть $\frac{1}{4}$ круга радіуса равнаго ширинѣ откоса или $\frac{1}{4}$ эллипса, малая ось котораго $\parallel$ оси дороги. Для опредѣленія объема возьмемъ болѣе общій случай, когда насыпь пересѣкается по наклонной прямой (73). Сопрягаемъ два горизонтальныхъ сѣченія I и II черезъ вершины конусовъ. Для сѣченія I объемъ насыпи вычисляется по общему способу, сверхъ того, къ нему слѣдуетъ прибавить нѣкоторый добавочный объемъ: $V = V_1 + V_2 + K_1 + K_2$. Объемъ призмы между сѣченіями II v = $F_1 . x$ объемъ призмы между хордами $V_2 = F_2 h$; объемъ конуса съ круговымъ основаніемъ $K_1 = K_2 = \frac{1}{4}\frac{\pi b^2}{3}\frac{h}{3}$ Объемъ конуса при эллиптическомъ основаніи $K_1 = K_2 = \frac{1}{4}\frac{\pi ab.h}{3}$. Если коэффиціентъ откоса для круговаго конуса $= m$: $r = mh$ слѣдовательно: $K_1 = K_2 = \frac{\pi(mh)^2}{4}\cdot\frac{h}{3} = \frac{\pi m^2 h^3}{12}$ Обозначая коэффиціентъ откосовъ эллиптическаго конуса черезъ m и n въ плоскости поперечнаго профиля и въ плоскости стѣнки полагаемъ $a = mh$ и $b = nh$ тогда $K_1 = K_2 = \frac{1}{4}\frac{\pi mh.nh.h}{3} = \frac{\pi mn.h^3}{12}$

Вычисление объемов каменных труб. На чер 74(а) изображен продольный разрез трубы т.е разрез по плоскости поперечного профиля тела дороги; (чер 74)(б) представляет разрез по плоскости параллельно продольному дороги; чер. 74 (с) представляет поперечный разрез трубы по оси дороги и чер 74 (d) – боковой вид трубы. Отдельные каменные трубы бывают или отдельные (во всю ширину в трубе) или же отдельные, как показано на чер 74 (с) Продольный разрез трубы может быть или параллельно продольному дороги чер 74 (а) или же составлять некоторый угол. Стандартная труба изображенная картиной (а d) чер 74 (а). Сооружения в земляных работах обусловливающие устройство трубы, могут быть выполнены различным образом. Лучше всего ограничить земляное тело, расположенное по обеим сторонам трубы, продольными плоскостями (чер 74) (б и с), совпадающими с внутренними стенками устройств. Обозначим обозначим этих тел через V и V_1. Чтобы вычислить объем земли расположенной на трубе, проведем в поперечном разрезе трубы спрямляющую прямую K l (чер 74 с) а в продольном линию K l (чер 74 а); тогда искомый объем определится через усеченную пирамиду A B l_1 K_1 (чер 74 а) на расстояние tt (чер 74 с) При таком вычислении выпадают в земляных работах обусловливающий отношение крайних труб E F и E F (чер 74 б) уравновешивающиеся до некоторой степени увеличением земляных работ при устройстве конусов около обратных краев трубы d B и g b чер 74 б так что объем земли, который можно будет вычислить определяется по формуле $V + V_1 + об\{ABC, K, tt,\} \ldots (1)$ Если экономию происходящую от устройства откосных крыльев требуется ввести в расчет особо, то нужно прибавить объем тела tt JJ и вычесть объем тела E E, F, F (чер 74 б). Следовательно к прежде найденному объему земли (формула (1) надо прибавить разность двух теперь определенных объемов т.е будет надо: $V + V_1 + об\{ABl, x, tt,\} - \{об\ EE, FF - об.\ tt, J, J\} \ldots (2)$ Если сопряжение произведено конусами, то кроме того надо прибавить объем тела r, J, J, вычесть объем тела F' E' E, F, и прибавить объем этих конусов т.е. окончательно получим: $V + V_1 + \{ABl, x, tt,\} - \{EE, FF - tt, JJ\} - \{F'E'F\ E - r r, J, J'\} + об.2^{xx}$ конусов .... (3)

Способ планиметра моментов.

Инженер-майор Амслера сложен быть применен к вычислению объемов масс в выемках. Этот прием дает довольно точные результаты, когда откосы в поперечном направлении горизонтальны т.е. когда поперечные профили дороги суть прямые (чер 75) Проведем два ряда бесконечно близких плоскостей перпендикулярных к плоскости чертежа из которых одни вертикальны а другой горизонтальны. Такими делениями они разобьют земляное тело дороги на ряд элементарных призм перпендикулярных к

плоскости чертежа. Обозначимъ поперечное сѣченіе элементарной призмы черезъ dF а длину призмы Yl черезъ c: тогда весь объемъ тѣла будетъ $V = \int c \cdot dF$. Если, далѣе, обозначимъ коэф-тъ сжатія черезъ m, а разстояніе OI-ой элементарной призмы отъ точки пересѣченія оси откоса AD и BC черезъ y то будетъ напишемъ $c = 2my$ и $V = 2m\int y\, dF$. Проведемъ ли продолженіемъ продольнаго черезъ точки O_1 и O_2 (полученныя подобно точкѣ O) оси O, O_2 и обозначимъ разстояніе между данной элементарной призмы и данной прямой черезъ z. Если уголъ наклона оси O, O_2 къ горизонту есть ε, то: $y = z \sin\varepsilon$. И такъ должно найти сжатіе ε постоянно т. е. найти центръ тяжести горизонтальной плоскости) $V = 2m \sin\varepsilon \int z\, dF$. Разсматриваемое выраженіе, мы видимъ что $\int z\, dF$ представляетъ статическій моментъ площади $E, F, E_2 F_2$ относительно прямой O, O_2. Планиметръ Амслера даетъ прямо величину статическаго момента площади продольнаго профиля: обозначимъ его черезъ p, тогда объемъ земляного тѣла опредѣлится по формулѣ $V = 2m \cdot \sin\varepsilon \cdot E \cdot S$. Масштабъ сокращенія для перехода отъ показанія планиметра къ объему тѣла будетъ: $\Delta = 1000 \cdot 100 \cdot 100$. если масштабъ длинъ Δ_1 у 1000, масштабъ высотъ $\Delta_2 = 100$ и масштабъ величинъ (z) $\Delta_3 = 100$. Чтобы при опредѣленіи объемовъ по продольнымъ профилямъ, планиметръ не приходилось переносить въ разныя сѣченія (вслѣдствіе точекъ перелома) послѣдовательно такую образомъ: проводятъ линію O, O_2 которая представляетъ линію пересѣченія плоскостей откосовъ земляного тѣла; линіи проводятъ для всѣхъ насыпей и выемокъ (чер 76). Проводятъ прямую AB и измѣряютъ планиметромъ такія, чтобы линіи $O, O_2, O_3, O_4, O_5 \ldots$ совпадали съ AB, а линіи хотъ насыпей такъ и выемокъ, которыя для опредѣленія другъ отъ друга проводятъ разными красками, ограничивались по одну сторону прямой AB. Такимъ образомъ получаемъ профили I to $\underline{II}$ a c .... Установивъ инструментъ по AB обводятъ сперва поочередно по инструментомъ площади a m b a, d a $\underline{III}$ d. Такимъ образомъ для каждой площади продольнаго профиля будетъ опредѣлена величина статическаго момента $S = \int z\, dF$; установивъ эту величину на 2m sin ε и на масштабъ сжатія получимъ объемы земляныхъ тѣлъ по всѣмъ продольнымъ профилямъ. При употребленіи планиметровъ для вычисленія объемовъ поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Если въ соотвѣтственныхъ точкахъ оси дороги A, B, C ... нанести въ видѣ ординатъ $AA', BB' \ldots$ площади поперечныхъ профилей (чер 77) и соединить затѣмъ полученныя точки прямыми то площадь AA'B'B заключающаяся между двумя ординатами выразитъ объемъ заключающійся между двумя соотвѣтственными профилями. Такая фигура называется профилемъ массъ. Если поперечный профиль полотна насыпи и выемки, то какъ ординату, такъ и откладывать только разность площадей. Пусть $AA_1 = F_1$ въ mtr $BB' = F'$ въ mtr и $AB = l$ mtr; тогда фигура $AB A'B'$ графически будетъ

предполагаемый объемъ: $V = \frac{F + F'}{2} l$ куб. метр.

V Распределеніе земляныхъ массъ.

Значеніе распредѣленія массъ. Существуютъ два способа распредѣленія земляныхъ массъ выемкахъ и насыпей. По первому способу, земля добываемая въ выемкахъ идетъ на возведеніе насыпей, а потому эту операцію можно назвать способомъ выравниванія или продольной возки. По второму способу, земля для насыпей добывается въ резервахъ, а оставшаяся въ выемкахъ откладывается сбоку въ кавальеры, эту операцію можно назвать способомъ поперечной возки. Употребленіе того или другого пріема обусловливается слѣдующими обстоятельствами.

1) Когда земля добываемая въ выемкахъ непригодна для возведенія насыпи и когда сбоку можно добыть нужную землю, тогда очевидно будетъ выгоднѣе способъ поперечной возки. 2) Когда слишкомъ далеко возить матеріалъ добываемый въ выемкахъ для употребленія его на насыпь, тогда очевидно работы должны быть сокращены достаточнымъ количествомъ земли для насыпи въ резервахъ. Предѣлъ разстоянія возки за которымъ наступаетъ этотъ случай, зависитъ отъ цѣны на слѣдующую землю отъ разныхъ передвигаемыхъ земляныхъ массъ и т.п. 3) Когда требуется оконченную данную насыпь или данную выемку въ опредѣленный короткій срокъ, тогда способъ поперечной возки оказывается болѣе соотвѣтствующимъ, потому что тутъ можно одновременно работать болѣе рабочихъ. 4) Когда предположеніе способа выравниванія вслѣдствіе предполагаемой въ немъ, или напримѣръ отсутствія или полнаго отсутствія матеріаловъ для устройства земляныхъ работъ. Если бы для этой цѣли ожидать окончанія постройки сооруженія и тогда пришлось бы во многихъ случаяхъ отложить довольно продолжительное время открытіе дороги. 5) Не всегда бываетъ возможно распредѣлить работы такъ, чтобы объемы насыпей и выемокъ уравновѣшивались; это зависитъ отъ многихъ обстоятельствъ въ разсматриваемомъ участкѣ или здѣсь не имѣется выгодно. Въ такомъ случаѣ остается послѣдній средній-примѣнимый способъ поперечной возки. И такъ вообще говоря при сооруженіи одной и той же дороги приходится употреблять одновременно оба способа. Прежде чѣмъ перейти къ изученію продольной и поперечной возки матеріаловъ разсмотримъ тѣ качества матеріаловъ отъ которыхъ происходитъ цѣнность дѣла при устройствѣ земляныхъ дорогъ.

Матеріалы.

Матеріалъ, въ которомъ вырѣзываются выемки и изъ которыхъ дѣлаются насыпи наз. грунтомъ. Конструкція данной земляной работы обусловливается главнымъ образомъ твердостью грунта. Въ отношеніи твердости грунты раздѣляются на I) Скалистые отличающіеся весьма значительной твердостью и которые смочь

нальную известковистой крупностью II) Скалистые необладающие очень значительной твердостью. Сюда относятся выветрившаяся скалистая масса и некоторые каменные породы не обладающие целостью по природе своей значительной твердостью как напр. некоторые породы сланцев (глинистый сланец, тальковый сланец, слюдяной, бурый и каменный уголь, некоторые известняки). III Рыхлые крупнозернистые обладающие весьма незначительной твердостью, а потому требующие более полного отношения. Земли образовавшиеся от разрушения каменных пород двойственного выветривания, двоякой воды и органической деятельности, они большей частью принадлежат к первичным главным образом к осадочным формациям. Вполне резкого перехода ото одного из этих 3 классов к другому не существует; напротив переходы это очень постепенны. Весьма часто сильно добытая горная порода представляет смесь двух или выветривания часто образуется, поэтому при употреблении подобных пород в дело требуется особая осторожность по отношению свойственных в значительной степени отличающихся глинистых осадочных горных пород. Кроме того и напластывание может иметь важное влияние на свойства горных пород. как строительных материалов. В этом отношении породы можно разделить на следующие:

1) Скалистые породы представляют более или менее ровную выраженную параллельными плоскости разделения - так называемую поверхность напластования; сюда относятся все осадочные формации и некоторые уровни горных каменных пород скалистые камни. При проведении выемок в таких грунтах на производство работ обращают внимание поперечный уклон в напластованиях: напластования могут быть а) горизонтальные в) наклонные. При сооружении земляных работ в породах с наклонными напластованиями требуется особая осторожность

2) Глыбовидные породы не представляют напластований сюда относятся магматические или изверженные породы: гранит сиенит, порфир, диорит и т. д. и вулканические породы: базальт, лавы, пемзафиты, трахиты, фонолиты, лавы. Эти породы в большинстве случаев представляются в виде с неправильно расположенными поверхностями раздела. Так как рыхлые земли представляют для земляных работ особенную важность, то они рассмотрены нами несколько подробнее. Разные породы можно разделить на валунные, на галечные и на растительные земли. Валунные породы состоят из масс более или менее некрупных каменей большей или меньших размеров не имеют никакого связывающего цемента или очень слабый цемент так что отдельные части весьма мелкозернисто. Мы различаем следующие виды этих пород.

1) Песок. Обыкновенный песок состоит из мелкозернистого кварц

более или менее округленных зерен величиною до 3 m/m. Песок содержит часто известковую или глинистую примесь, по размерам зерен он бывает крупный – когда зерна имеют более чем 1½, мелкий, когда зерна меньше 1½ m/m; а забутий песок тот смесь, что подлежит в выработке (образование щели) Само собою разумеется, что песок может содержать разные примеси. Из всех мелкий песок образует род камня тот называемый забутий песок. Смотря по примеси, песок бывает глинистый, известковый, перегнойный и т.п. Песок образует иногда значительные залежи, а иногда эти залежи бывают разделены слоями песчаника на более тонкие слои и от примеси глины, перегноя и т.п. песок постепенно переходит в этот песчаник

2) Гравий представляет тоже образование, что и песок, но тут зерна его крупнее и доходят до 2 cm/m. Гравий часто перемешан с песком. Грунт есть крупный песок или мелкий гравий, зерна его крупный песок с острыми краями образовавшийся от разрушения выветрившихся скал, но не успевший водою (трением и смешением) округлиться.

3) Галька представляет скопление округленных замешанных водою обломков разных пород скал. Гальки бывают величиною с человеческую голову иногда и более они достигают веса в пять сколько сот фунтов. Гальки и до настоящего времени перемещаются во время половодья по дну рек, они носят иногда названия валунов или будить и применяются образования и рочных галек.

4) Валуны, будыки отличаются от галек тем что поверхность их не округлена, а это зависит от того, что они принадлежат более древней породе, чем гальки. Название гальки и валуны весьма часто смешивают. Действием какого нибудь движущегося ледника в валуны могут обратиться более или менее твердые породы, называемые кочующими.

Глины. Глины представляют продукты выветривания всевозможных каменных пород, состоящих из многих кремнекислой глиноземы т.е всех каменных пород, содержащих магнезий, силоду, известь обманку (бленду) и авгит. Для изготовления керамических пород глин, как напр кафель, не только одних для каких важного значения, так как по своей тонкости они для этих работ не употребляются, можно подразделить глины в следующем образом:

Глина в тесном смысле или гончарная глина. Главная составная часть (90% до 95%) есть кремнекислый глиноземь, перемешанный с песком, различными окислами железа и с органическими веществами. Цвет глины бывает белая, красная, желтоватая, синяя, зеленоватая, бурая, черная, Пропитанная водой глина почти не пропускает воды, вода скатывается поверхностью скользкою, обтягивает ее. Глина находящаяся во всех подлайтных

дарнацией, начиная съ сингурейской, въ болѣе древнихъ формаціяхъ она встрѣчается больше въ видѣ скалъ, какъ напр. сланцевая глина образующая переходъ отъ глинистаго сланца къ глинѣ. Изъ постороннихъ примѣсей глинѣ повсюду на свойства глины, слѣдуетъ упомянуть известь, магнезію, соль желѣзистый и сѣрнистый кремній.

2) Суглинокъ есть смѣсь глины и мелкаго песку. Содержаніе песку доходитъ до 46%. Цвѣтомъ суглинокъ бываетъ сѣрый, синеватый, буроватый или красный, въ послѣднемъ отъ преобладанія желѣзной окиси. Суглинокъ не такъ вязокъ какъ глина, онъ легко пропускаетъ воду, но не такъ сильно впитываетъ ее. Суглинокъ содержитъ иногда значительное количество гипса, песку, селитры и ружняка. Суглинокъ встрѣчается или въ видѣ прослойковъ среди глины или въ видѣ прослойковъ между пластами камня.

3) Обыкновенная жирная глина есть тоже смѣсь чистой глины и большаго количества песку (до 33%) но кромѣ того обыкновенная глина содержитъ водную окись желѣза (до 10%) что придаетъ ей желтый цвѣтъ переходящій въ бурый. Въ суглинкѣ все количество песку смѣшано съ глиной механически, тогда какъ въ обыкновенной глинѣ значительная часть кремневой кислоты связана съ глиной химически. Изъ постороннихъ примѣсей встрѣчаются тѣ же что (сланца) и углекислая известь. Обыкновенная глина способна впитать въ себя большое количество воды (до 50%) Суглинокъ разминается въ водѣ гораздо легче обыкновенной глины и не такъ сильно обмазываетъ. Обыкновенная глина встрѣчается или прямо на поверхности земли или она бываетъ покрыта пластами песку, обыкновенно она лежитъ на суглинкѣ или на жирной глинѣ. Понятіе объ обыкновенной глинѣ весьма часто смѣшиваютъ въ обществѣ съ понятіемъ о суглинкѣ и о жирной глинѣ. Самъ собою разумѣется, что существуютъ переходы этихъ 3 породъ одной въ другую.

4) Мергель, ружнякъ есть тѣсная смѣсь жирной или обыкновенной глины съ значительнымъ количествомъ, по крайней мѣрѣ 15%, углекислой извести или углекислой магнезіи, изъ постороннихъ примѣсей въ немъ попадаютъ песокъ и окись желѣза. Мергель бываетъ всевозможныхъ цвѣтовъ, напр. бѣловато-сѣраго, зеленоватаго, желтоватаго, цвѣта желтой охры, бураго. Отъ выдерживанія мергель разсыпается въ рыхлую массу. Мергель и поглощаетъ значительное количество воды, но онъ не задерживаетъ ее такъ сильно, какъ простая глина, да кромѣ того онъ и не такъ вязокъ. Мергель бываетъ жирно-глинистый, обыкновенно глинистый, известковый, доломитный и торфянистый (съ примѣсью органическихъ веществъ). Мергель нерѣдко встрѣчается въ видѣ скалъ, но породы эти неоднократно и тѣмъ чаще попадаются, чѣмъ больше содержатъ глины.

5) Вязкій илъ. На днѣ рѣкъ, озеръ и морей осаждается весьма часто особый вязкій глинистый илъ, который съ поверхности весьма вязокъ такъ что деревянныя сваи проходятъ въ него весьма легко; поэтому необходима особенная осторожность, когда основаніемъ постройки служитъ илъ. Въ составъ этого ила обыкновенно входитъ избытокъ не

глины или суглинка.

Растительная земля. Растительная земля есть смесь или гончарной глиняной, или красной глиняной, или известковой или песчаной земли и органических, или только частию перегнивших остатков растений. Совершенно перегнившие остатки растений образовавшие землю называются черноземом. Сырой чернозем имеет темно-бурый цвет, переходящий в черный; сухой несколько светлее.

1) Обыкновенный чернозем, содержит совершенно перегнивших остатков растений и образует всегда верхний слой земной коры. Смотря по грунту чернозем бывает песчаный гончарно-глинистый, обыкновенный глинистый, известковый, суглинистый и суперглинистый. Толщина слоя бывает всегда незначительна. Содержание чистого перегноя не превосходит 5%. Наиболее благоприятная для произрастания травы и полевых растений земля называется иногда материком.

2) Торфъ образуется от гниения растений под стоячей водой с незначительною скоростью движения. Образование торфа продолжается до настоящего времени. Местность занятая торфом называется торфяною болотистостью. На поверхности перегнившего материка торфа растительность обыкновенно не прекращается, а потому толщина торфа постоянно увеличивается насколько это допускает глубина воды. Подлежащая торфа состоит обыкновенно гончарная или обыкновенная глина или какая нибудь органическая порода. Иногда слои торфа перемешиваются с слоями песку, глины или суперглины. Вследствие сего в торфяных болотах образуются в весьма редко в горах.

3) Болото. Нередко торф имеет твердое сложение во всей своей массе, иногда же только одни верхния горизонты бывают твердыя; на некоторой глубине торф постепенно переходит в болотистую или чрезвычайно жидкую массу; в редких случаях болотистое жидкие слои перемешиваются с более густыми; случается и так, что вся масса находится на чистой воде. Жидкую массу в таких случаях называют болотистостью, тогда как торфом называют только твердую массу. Весь бассейн занятый торфяною массою называется болотистым бассейном. Эти виды совершенно переходят в торфяные бассейны если в них почти твердых частей, но они называются болотами.

Разрыхление грунта. Масса земли добываемая из выемки, занимает в насыпи больший объем, чем в выемке, хотя посредством всех бывших искусственных сил (трамбовка, вальцовка, поливание водой), всегда свои наружи, выколачивания и т.п. объем насыпи совершенно уменьшается. Понятно, что при распределении земляных масс необходимо принять во внимание это обстоятельство. Окончательный объем насыпи окажется все таки большим объема выемки и это увеличение выражается в долях первоначального объема приблизительно по следующим образцам: Песок, хрящ..... 0,01 Чернозем и суглинистая..... 0,03. Жирноглинистая земля..... 0,05.

Твердая жирная глина, обыкновенная глина, суглинок ..... 0,07.
Слабыя каменныя породы ..... 0,20. Породы средней твердости .... 0,17.
Твердыя породы .... 0,25.

Возвращаемся теперь къ разсмотрѣнію продольнаго и поперечнаго профилей. При проэктированіи земляныхъ работъ одинъ изъ важныхъ вопросовъ является вопросъ о такомъ способѣ распредѣленія массъ (выборъ вожи матеріала) при которомъ стоимость была бы наименьшая. Этотъ наиболѣе выгодный способъ распредѣленія массъ можетъ быть найденъ помощью вычисленій или графическимъ методомъ. При употребленіи способа вычисленій предполагаютъ нѣсколько различныхъ распредѣленій вычисляютъ стоимость каждаго изъ принятыхъ способовъ распредѣленія и направляются къ выполненію того, котораго стоимость наименьшая. Но этотъ способъ требуетъ большой усидчивости и затраты времени, скорѣе ведетъ къ цѣли второй способъ, состоящій въ графическомъ построеніи продольнаго распредѣленія массъ

Построеніе профиля распредѣленія массъ.

Продольная вожа. Положимъ имѣемъ профиль строящейся дороги. Бугры, рѣки, горы и т.д. находящіеся на линіи проэктированной дороги служатъ препятствіемъ продольной вожѣ земли и дѣлятъ дорогу въ отношеніи на участки. Для каждаго участка профиль распредѣленія массъ строится отдѣльно. Возьмемъ одинъ изъ участковъ дороги (черт 78) въ первой насыпи котораго взято два поперечныхъ профиля AB въ выемкѣ 4 и 7 д. черезъ A B 8 обозначимъ точки переѣзда. Къ построенію профиля распредѣленія приступаютъ, когда уже напосили поперечныхъ профилей и объемы, заключающіеся между ними вычислены и результаты подсчетовъ занесены въ слѣдующую таблицу (см. стр. 237)

Составъ таблицы. 1-я графа представляетъ номера участка въ которыхъ предполагается вожа. 2 графа представляетъ точки продольнаго профиля 56, 56 в.... ; 3-я и 4-я графа представляетъ полощади насыпи и выемки въ поперечномъ профилѣ соотвѣтствующей точки 56, 56 в...., 5 графа показываетъ разстояніе между точками продольнаго профиля напр. точка 56 отстоитъ отъ 56 в на разстояніи 8,9; 6-я, 7-я и 8 графа объемъ насыпи и выемки непосредственной и приведенной между двумя точками напр. между 56 и 56 в принимаютъ объемъ насыпи $V = \frac{23,0+22,5}{2} \cdot 8,9 = \frac{45,5}{2} \cdot 8,9 = 22,75 \cdot 8,9 = 203,8$. непосредственный объемъ выемки $V' = \frac{0,2+0,0}{2} \cdot 8,9 = 0,1 \cdot 8,9 = 0,89$ приведенный объемъ выемки $V = 0,89 + 0,03 \cdot 0,89 = 0,9167$. 9-я и 10 графа представляетъ разность объемовъ насыпи и выемки, причемъ, если насыпь больше выемки, то разность заносится въ графу 9, въ обратномъ случаѣ въ 10-ую графу; напр. $203,8 - 0,91 = 202,89 = 202,9$; 11-я графа представляетъ сумму объемовъ считая отъ начальной точки; изъ табл. видно, что до точки 56 сумма объемовъ была + 11630,0, между 56 и 56 в прибавляется объемъ 202,9. между. прибавивъ 56 в имѣемъ 11630,0 + 202,9 = 11832,9. Въ случаѣ выемки къ предыдущаго числа надо вычесть объемъ выемки; напр между 56 с и 56 d выемка 184,9 имѣемъ 12383,9 - 184,9 = 12194,0. 12-я графа. Изъ 12 графы видно, что сумма объемовъ сильно колеблется въ точкѣ 59 и для удобства отрицательныя

Точки профильного пересечения	Площадь: Насыпь	Площадь: Выемка	Разстояние между центрами тяжести	Объемы: Насыпь	Объемы: Выемка Жесткий	Объемы: Выемка Приведен.	Разность объемов: Насыпь	Разность объемов: Выемка	Сумма объемов	Ордината профиля	Примечания
56	23,0	0,2							+11630,0	+16030,0	
			8,9	204,8	0,89	0,91	202,9				
56в	22,5	"							+11832,9	+16232,9	
			47.7	660,7	109,7	113.	551				
56с	5,2	46							+12383,9	+16783,9	
			7	18,4	197.4	203,3	"	184,9			
56д	"	51,8							+12199,0	+16599	
			21	"	1179,7	1215,3	"	1215,3			
57	"	41,8							+10983,7	+15383,7	
			84	"	3263,3	3361,2	"	3361,2			
57а	"	46,0							+9969,8	+14819,4	
			32,7	"	1657,6	1707,3	"	1707,3			
57в	"	60,2							+8262,5	+13432,5	
			33,8	"	2008,5	2068,8	"	2068,8			
58	"	58,4							+5968,5	+11124,7	
			13	"	672,4	692,6	"	682,6			
58в	"	45,2							+2139,6	+2679,6	
			26,7	"	672,4	692,6	"	692,6			
58с	"	29,6							+797,7	1230,7	
			37,5	"	1117,2	1150,7	"	1150,7			
59.	"	31,6							-352,7	+825,7	
			26,8	"	442,1	455,8	"	295,8			
НК	12,3	3,0							+648,6	+1188,6	
			30,7.	"	270,0	278,1	"	35,1			
59д	39.	15,1							+683,7	+3716,3	

IV Отправление перевозки десятка.

Насыпь убывает на 3%

как как объемы продольного будут вычисляться в виде ординат, то чтобы не повторять дважды вспомогательными ординатами, сначала объемы увеличим на некоторое число, чтобы ординаты получились положительными, в данном случае всем объемам увеличим на 4400; вновь полученные величины и внесутся в 12 графу и как ординаты продольного профиля напишем для 56б... 11832,9+4400=16232,9. Чтобы также таблицу, уже не трудно построить профиль распределения масс; для этого поступаются следующим образом. Принимают за основание прямую PQ (чер 78); на ней наносят, как поперечных профилей, откладывая расстояния между ними в масштабе продольного профиля из полученных точек восставляют перпендикуляры на них откладывают в принятом масштабе (напр. 1 см = 1000 м.) полученные суммы объемов (графа 12 как ординаты. Соединив полученные точки прямыми линиями, они дадут некоторую ломаную MN, которая и есть профиль распределения масс. Продольный профиль

Профиль распределения масс обладает следующими свойствами. 1) Пересекается в вершинах и поднимается в пустотах (или обратно, строя надо всю абсциссу) 2) Наименьшие и наибольшие точки профиля распределения масс (точки максимума и минимума) соответствуют переходам вершин в пустоты или обратно. Такие точки α, β, γ. 3) Разность двух ординат равна объему, заключенному между соответственными поперечниками профилями. Напр. $b, t - n, n' = st = об\ NB$ и в потому что $b, t - об.\ A\alpha B\beta n, n' = A\alpha N_1$ 4) Если взять на профиле распределения масс две точки p и q сечениями на одной горизонтали, то одно из этих точек (p) будет соответствовать вершине, а другая (q) пустоте и объем вершины, считая от точки перехода Φ будет равен объему пустоты от той же точки перехода. Действительно, разность рассматриваемых ординат равна искомому соответственному объему $A\alpha\beta$ пустоты $= об\ \beta q_2 Q$ вершины причем: $A\alpha\beta = \beta q_2 Q = q_1 q$. Горизонтальная прямая xy, отрезывающая от профиля распределения масс такую часть, что между концами ее объемы пустот равны объемам вершин называется равнообъемной.

Момент перевозки. Положим для образования тела тяготения тела β, частицы тяготения тела A (чер 79) должны быть перенесены по параллельным пространственным путям. Положим что частица тяготения α, объем которой $= \omega$ проходит по горизонтали путь ab, который мы обозначим через x, а через x_1 и x_2 обозначим расстояния точек a и b от некоторой неизменной плоскости, перпендикулярной к направлению перевозки. Пусть C – стоимость перевозки – единицы объема на единицу расстояния; тогда стоимость перевозки данной частицы $= C\omega x = C\omega(x_1 + x)$; для другой, для третьей и т. д. частиц получим подобные выражения поэтому стоимость всей перевозки $= C\Sigma\omega x = C(\Sigma\omega x_1 + \Sigma\omega x)$. Если объем всего тела равен M, расстояние между центрами тяжестей обоих тел равно l и расстояние тех же центров тяжестей до перпендикулярной плоскости $= l_1$ и l_2 то как из всякой механики $\Sigma\omega x_1 = Ml_1$, $\Sigma\omega x_2 = Ml_2$ откуда $\Sigma\omega x = M(l_1 + l_2) = Ml$ а потому $K = CMl$. Итак стоимость перевозки пропорциональна произведению объема перемещаемой массы на расстояние между центрами тяжестей вершины и пустоты. По аналогии с статическими моментами сравнивая M с силой называемое выражение $Ml = W$ моментом силы. Зная момент всякого участка и суммируя на C получим формулу для момента вершины $K = CW$. Стоимость вершины не зависит от того, по какому закону перемещаются частицы т. е. все равно перемещаются ли α в β, в x, или a в a_1, b в β: стоимость будет одна и та же: стоимость для первого случая, $K_1 = C\{m(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) + m_1\lambda_2\}$ для второго случая $K_2 = C\{m(\lambda_1 + \lambda_2) + m(\lambda_2 + \lambda_3)\}$ при $m = m$ оба выражения равны.

Определение момента для продольной вожи.

Для определения момента вожи, перпендикулярной плоскости чертежа мы начнем с вершины и выемки по продольному профилю

упомянутое расстояние между ними на перевозимую по оси 3 земли
Для составления приближительных смет это достаточно. Надо заметить
однако, что подобное приближительное определение момента возки будет до-
статочно точным тогда, когда полотно расположено на горизонтальной
плоскости, ибо тогда придется иметь дело с правильной трапецией
(чер 80) центры тяжести которой следовательно въ продольном профиле
ней все полотно проходит по косогору (чер 81) то такое приближитель-
ное вычисление может дать большую разницу. Более точные результа-
ты получаются, если центры тяжестей будут определены на
каждом продольному профилю, а по профилю смотрят, потому, что здесь
профили выражаются обычно. Совершенно точно момент в предпо-
ложить моменты возки по профилю распределяются, сказать следующим
образом. Масса, заключенная между двумя бесконечно близкими
профилями MM' и NN' (чер 82) равна $M_1M_1' - N_1N' = o M = \Delta m$ (где m
означает объем) Проведем через точки M' и N' горизонтальная пря-
мая $N_1'R_1'$, и $M_1'S_1$, а через точки R' и S_1' ординаты $R'R_1$ и $S'S''$ тогда объем
заключающийся между MM' и NN', уравновесится объемом заклю-
чающимся между MM' и NN', приложение возки можно принять
$R'N' = d$ откуда момент возки элемента массы выразится приве-
дением: $OM_1' - R_1'N' = \Delta m d = m. R_1' S', M_1' N'$; полный момент возки принять
за распределенную по линии $B_1' E$ будет $\Sigma \Delta m.d = \text{площ } E_1' m_1' n' x p' B' E_1'$, и
так момент возки равен площади этой фигурой распределяющей
прямой или профиля распределения масс. Площадь определяется по
другим способам указанным выше. Условная площадь на C
получим стоимость перевозки: $K = C \Sigma \Delta m.x = C.M.b = C W$. При выводе этого
правила предполагалось, что элемент объема, находящийся на одном
конце N' горизонтальной прямой проведенной по профилю распреде-
ления масс переносится на противоположенный конец R этой же прямой
Въ действительности можно себе представить бесчисленное, относи-
других способов разбивки и допущение предположение не всегда
окажется соответствующим действительности. Из вышеприведенного
видно, что способ разбивки частицы выемки въ массе насыпи не
имеет влияния на стоимость возки, а потому вышеприведенное
правило общепринято. Площадь определяющую распределяющей
прямой можно определить вычислением, или что самое практичное
планиметром. Разделив момент возки на производную массу
получим расстояние между центрами тяжестей насыпи и выем-
ки или так называемое, среднее расстояние возки W где $M = m d$ (ч 82)

Поперечная возка.

БИБЛИОТЕКА

Если на какой нибудь части дороги назначается поперечная возка,
то прежде всего нужно будет определить на плане ситуацию ре-
зерва (въ случаях насыпи) и кавальера (въ случаях выемки) При выпис-
ке сметы резервов и кавальеров необходимо вводить въ расчет
стоимость отчуждения земли и стоимость планировки и т.п.

сать: для резервов, кроме того, надо принять во внимание стоимость добычи земли: Обозначим через V объем земли (въ куб. mtr) для выемки изъ резерва или укладываемой въ кавальеры через F поверхность отчуждаемой для этого земли, через δ - стоимость одного кв mt поверхности, тогда стоимость q полученной отчуждаемой землей соотвѣтствующей одному куб. центру резерва или кавальера выразится слѣдующимъ образомъ: $q_1 = \frac{\delta F}{V}$. Если далѣе обозначимъ через α - стоимость добывания 1 куб. mtr земли, через F общее число mt поперечной поверхности резерва или кавальера через p: стоимость планировки одного кв mtr, то стоимость планировки полученной, соотвѣтствующей 1 куб mtr резерва или кавальера будетъ: $q_2 = \frac{pF}{V}$; через β - стоимость нагрузки, выгрузки и перевозки 1 куб. mtr земли на разстояніе одного центра (на разстояніе въ 1 mtr стоимость будетъ β) то полная стоимость 1 куб mtr въ случаѣ насыпи будетъ: $K = \frac{\delta F}{V} + \alpha + \beta l + \frac{pF}{V}$ ..... (1), а въ случаѣ выемки $K_1 = \frac{\delta F}{V} + \frac{pF}{V} + \beta l$ .... (2) Чтобы выразить стоимость одного куб mtr земли въ зависимости только отъ возки, надо будетъ положить: $K = \beta R$ .... (3) и $K_1 = \beta R$ ..... (4) Величины R и R_1 называются приведенными длинами поперечной возки. Стоимость V куб. mtr будетъ $K = \beta V R$ и $K_1 = \beta V R_1$. Величина VR называется моментомъ поперечной возки. Мы разсмотримъ случай насыпи. Положимъ, что земля для насыпи XY (чер 83) должна быть взята со всѣхъ проектируемой дороги. Положеніе насыпи вычерчиваютъ соотвѣтственно условіямъ мѣстности на $ABCD$ участкѣ для этой цѣли резерва, а частью его очертаніями EF, GH, KL, MN, на столько сколько частей вмѣстимость обѣихъ этихъ частей и опредѣляютъ на глазъ изъ центра тяжести $f, f_2 f_3$ Положимъ, что кривая $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\Pi$ есть часть продольнаго распредѣленія массъ соотвѣтствующая части XY насыпи. Для первоначальнаго движенія участка $\alpha\alpha_2$ выкладываемаго $\alpha\alpha_3 = \delta\varepsilon AB$ резерва проводятъ черезъ α_3 горизонтальную прямую $\alpha_3 B_1$, которая пересѣчетъ кривую распредѣленія массъ въ точкѣ B. Если черезъ точку B провести $\perp$ BB_2 то общая часть площади $\alpha\alpha_1\alpha_2 B_1 B_2$ будетъ равенъ общему кубатуру резерва $ABEF$ съ дополнительнымъ къ $ABEF$ земляно призмою возки $\alpha\alpha_1\alpha_2 B_1 B_2$. Для положенія другихъ профилей насыпи δ, δ_2 и т.д. поступаютъ подобно предыдущему а именно: $BB_1 = \delta\varepsilon EFGH$, $B_3\delta \parallel \alpha_3 B_1$, $\delta\delta_2 \parallel BB_2$, слѣдов. изъ $\delta\varepsilon GH$ земля перевозится въ $B_1 B_2 \delta\delta_2$; $\delta\delta_3 = \delta\varepsilon GHKL$, $\delta_3\delta \parallel B_3\delta$ $\delta\delta_2 \parallel \delta\delta_2$, слѣдов изъ $GHKL$ земля перевозится въ $\delta\delta_2\delta_3\delta_2$ и т.д. Далѣе опредѣляютъ центры тяжести $f_1 f_2 f_3$ частей насыпи $\alpha\alpha_1 B B_1$, $\alpha_1\alpha_2 B_1 B_2$, $B\beta B_1$, $B_1\beta_2 B_2$ $\delta\delta_1$, $\delta_1\delta_2$, $\delta\delta_1\delta_2\delta_1$, $\delta_1\delta_2\delta_2\delta_1$. Соединимъ соотвѣтственно точки $Z, Z_2 Z_3$ ..... съ точками $f, f_2 f_3$ ..... и обозначимъ Zf черезъ l, $Z_2 f_2$ - черезъ l_2, $Z_3 f_3$ черезъ l_3 и т.д. По длинѣ полученныхъ значеній разстояній перевозки вычисленіемъ приведенныя разстоянія R, R_2, R_3 .... по формуламъ (1) и (3) и откладываемъ по горизонталяхъ приведенныя черезъ точки α, β, δ, слѣдующія ординаты: $\alpha\omega_1 = R$, $\beta\omega_2 = R_2$, $\delta\omega_3 = R_3$ и т.д. Точки $\omega, \omega_2, \omega_3$ .... будутъ принадлежать профилю

распредѣленія при поперечной ломкѣ. Изъ построенія видно, что въ предѣлѣ распредѣленія при поперечной ломкѣ ординаты представляютъ объемы, а абсциссы - разстоянія ломки; слѣдовательно этотъ профиль обладаетъ тѣми же свойствами, что и профиль распредѣленія при продольной ломкѣ

Выборъ распредѣляющей прямой.

1) Случай одной точки перехода. Положимъ, что ординатами профиля дороги AB ($ар$ 84) и профиль распредѣленія служитъ лишь одна точка перехода B. Устроимъ для этого участка поперечную ломку и опредѣлимъ наивыгоднѣйшее положеніе распредѣляющей прямой. Для этого строимъ профили распредѣленія для поперечной ломки $a'b'$ и $b''c'$. Проведемъ произвольную распредѣляющую прямую CD и построимъ профили CC' и dd', тогда для участка $C'B$ d' слѣдовательно будетъ устроить продольную ломку, и для участковъ $A'C'$ и $B'A'$... поперечную (для $A'C'$ земля возьмется изъ резерва и изъ участка $A'B'$ земля слѣдуетъ въ кавальеръ). Обозначимъ площадь профиля распредѣленія для продольной ломки т.е. площадь CDb черезъ F а площадь профилей для поперечной ломки т.е. площ $E.C.aa'$ черезъ F_1 и площадь $DFcc'$ черезъ F_2; тогда стоимость перевозки K будетъ: $K = B(F_1 + F + F_2) \ldots\ldots (1)$

Найдемъ наивыгоднѣйшее расположеніе распредѣляющей прямой. Если проведемъ слѣдующую распредѣляющую прямую $C'D'$ на разстояніи dx отъ первой и обозначимъ EC черезъ b_1, CD черезъ l, DF и черезъ b_2 то стоимость принятая такую распредѣляющую, выразится слѣдующимъ образомъ: $K_1 = B(F_1 - b_1\,dx + F + l\,dx + F_2 - b_2\,dx) \ldots (2)$

Очевидно: если $K_1 > K$, то первая распредѣляющая выгоднѣе; если $K_1 < K$, то вторая распредѣляющая выгоднѣе. Вычтя равенство (1) изъ (2), получимъ $K_1 - K = dK = (l - b_1 - b_2)\,dx$. Изъ этого равенства ясно видимъ: если $b < b_1 + b_2$, то вторая распредѣляющая выгоднѣе первой; обозначимъ сбереженіе въ расходахъ при второй распредѣляющей сравнительно съ первой черезъ S. Если возьмемъ еще нѣсколько распредѣляющихъ и вычислимъ соотвѣтственныя стоимости K_2, K_3, K_4 и т.д. и соотвѣтственныя сбереженія (сравнительно съ непосредственно предшествующей) S_1, S_2, S_3 и т.д. то легко замѣтимъ, что величины S_1, S_2, S_3 будутъ идти убывая пока не которая величина S_n обратится въ нуль и такожде отъ сдѣлается отрицательною. Это послѣднее будетъ означать, что предыдущая распредѣляющая выгоднѣе своей послѣдующей. Та распредѣляющая, для которой $S_n = 0$ есть наиболѣе выгодная распредѣляющая прямая; слѣдовательно, для нея достаточно быть выполненно условіе $S_n = 0$ или $b - b_1 - b_2 = 0$ Для опредѣленія положенія наивыгоднѣйшей распредѣляющей, поступаютъ такъ: проводятъ произвольную CD (пусть для нея $b - b_1 - b_2 = d$) потомъ проводятъ слѣдующую распредѣляющую MN (пусть для нея $b - b_1 - b_2 = -B$) и произвольную вертикаль xy; отъ точекъ пересѣченія вертикали xy съ распредѣляющими CD и MN откладываемъ

удваемъ въ разныя стороны отрѣзки $xx' = \Delta$ и $yy' = B$; соединяемъ точки x' и y'; черезъ точку Z пересѣченія вертикали xy съ $x'y'$ и должны провести наивыгоднѣйшую распредѣляющую прямую. При этомъ можетъ случиться что Δ и B имѣютъ одинаковые знаки – построеніе остается тоже.
Если случится, что наивыгоднѣйшая линія не встрѣтитъ продольныхъ распредѣленій ни въ какомъ случаѣ нельзя ни въ возможныхъ (проходящихъ черезъ точку продольныя) будетъ наивыгоднѣйшая ни возможныхъ. Тогда тотъ же способъ приложимъ и тогда, когда продольныя не одну точку перехода; при этомъ будетъ искать наивыгоднѣйшую линію для каждаго изъ участковъ, содержащихъ одну точку перехода напр., при описаніи наивыгоднѣйшей CD предполагаемъ, что есть продольныя вѣрно ея V, а справа какъ бы нѣтъ (чер. 85)
2) *Случай двухъ точекъ перехода.* При двухъ точкахъ перехода необходимо бываетъ различить три слѣдующіе случая:
Первый случай расположеній представленъ на чер. 85. При такомъ расположеніи въ смежности съ обѣими точками перехода V и U будетъ продольная вѣжа, а поперечная вѣжа будетъ, вообще говоря по концамъ и въ серединѣ. Назвавъ площади $A'C'CA$ черезъ F_1, $CH'D$ черезъ F_2 $DD'E'E$ черезъ F_3 $EV'9$ черезъ F_4, $99'BB$ черезъ F_5, можемъ написать: $x = B(F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5)$ *Второй случай* представленъ на чер. 86. Когда точка A лежитъ выше точки B, то можетъ случиться, что b не будетъ равно $b_1 + b_2$ ни для одной изъ переходныхъ точекъ и тогда поперечная вѣжа будетъ только въ средней части. *Третій случай.* Пусть для данной смежности и продольнаго распредѣленія спасъ и поперечная вѣжа (чер 87) и точка a ниже точки C. Задача выбросить наибольшую выгодную равнообъемную. Для этого предположимъ, что второй насыпи нѣтъ, такъ что у насъ есть продольный профиль MF и соотвѣтствующее продольное распредѣленіе спасъ обѣихъ вѣжъ и пусть для этого положительнаго участка наивыгоднѣйшая равнообъемная будетъ $ABCD$; для нея попутно имѣемъ: $AB = AC + BD$. Если бы вѣжа легла по этой линіи, то часть выемки между точками B и b была бы очевидно насыпь до точки A; для остальной части насыпи нужно устроить поперечную вѣжу изъ резерва. Теперь предположимъ, что очевидно насыпи нѣтъ и положимъ продольный Fg, провести и для этого случая наивыгоднѣйшую равнообъемную A, B, C, D. для нея можетъ должно быть: $A, B, = C, A + B, D$. Продольная вѣжа по этой линіи начинается съ продольной A до продольной B, но въ такомъ случаѣ пришлось бы материалъ перемѣщать между B и A перевозить два раза; это показываетъ, что выемка спасы и что поперечная вѣжа будетъ только по краямъ участка, слѣд. продольныя распредѣленія спасъ поперечной вѣжи для выемки не будетъ имѣть смысла. На чер. продольныя C, D, изображенныя пунктиромъ, не нужны и у насъ остаются слѣдующія линіи: mm и il продольныя распредѣленія спасъ поперечныхъ вѣжъ насыпей и $abcd$ – продольная вѣжи. Теперь построимъ наивыгоднѣйшую равнообъемную всего участка отъ M до 9 по прави-

данному ранее. Проводимъ произвольную горизонтальную линію 1, 2, 3, 4, 5. Стоимость всякой точки: $K = \kappa (F + f + C_1 + C_2)$ гдѣ F и F_1 – площади профиля распредѣленія для продольной возки, а C_1 и C_2 – для поперечной. На разстояніи dy отъ первой горизонтали беремъ вторую 6, 7, 8, 9, 10 и опредѣляемъ стоимость возки K_1. $K_1 = \kappa(F - dy l_1 + F + dy \Delta_2 + C_1 + dy \Delta + C_2 + dy l_2)$ гдѣ l_1, l_2 Δ_1, Δ_2 – приращеніе возокъ. Разность стоимостей двухъ сосѣднихъ $K_1 - K = \kappa (-dy l_1 + dy \Delta_2 + dy \Delta_1 - dy l_2)$ Для наивыгоднѣйшей равномѣрной обрѣзки $= 0$, и она опредѣлится равенствомъ: $\Delta_1 + \Delta_2 - (l_2 + l_1) = 0$ $\Delta_1 + \Delta_2 = l_1 + l_2$ Условимся называть часть профиля распредѣленія стоящую ниже равномѣрной – долиной, а выше горой и тогда послѣднее условіе читается такъ: для наивыгоднѣйшей равномѣрной сѣчки основаній должна быть равна основаній горъ. Пусть сѣчка долинъ и горъ для первой горизонтали есть Δ для второй $+\Delta$. Проводимъ произвольную вертикаль RS, пересѣкающую обѣ горизонтали, и изъ точекъ пересѣченія откладываемъ въ разныя стороны отрѣзки Δ и Δ, соединяемъ конечныя точки и черезъ 0 (пересѣченіе вертикали съ наклонной) проводимъ горизонталь; послѣдняя и есть наивыгоднѣйшая равномѣрная; для нея стоимость возки K min будетъ: $K\,\text{min} = \kappa (F_1 + F' + f'' + F_2)$ гдѣ F_1 = площ. а $N^o 1$ т; F_2 = пл. adek; а F' = площ. $N^o 6$ P и F' = пл. Pac. Мы ограничимся разсмотрѣніемъ только этихъ двухъ случаевъ: одной точки перехода и двухъ точекъ перехода, тѣ же при трехъ и болѣе точкахъ перехода нахожденіе наивыгоднѣйшей распредѣлительной кривой совершается вполнѣ аналогично этимъ двумъ случаямъ. Разсмотрѣвъ способы распредѣленія сначала земли при продольной и поперечной возкѣ, сдѣлаемъ переходъ къ опредѣленію стоимости перевозки земли.

Теорія перевозки земли живыми двигателями.

Стоимость перевозки вообще. Положимъ что данный грузъ надо перевезти отъ точки A въ точку B (чер. 88.) по наклонному пути на разстояніи l ($AB = l$). Пусть скорость движенія въ гору уравненной тяжести есть C, а порожнемъ подъ гору C_x; тогда время, потребное для прохожденія тяжестью пути туда и обратно, будетъ: $\frac{l}{C_1} + \frac{l}{C_2}$ (предполагая движеніе равномѣрнымъ). Если обозначимъ число возовъ называемыхъ черезъ n, поденную плату за человѣка черезъ p и продолжительность работы въ день черезъ T (T выражено въ секундахъ) то стоимость одной секунды работы выразится $\frac{np}{T}$, а стоимость $(\frac{l}{C_1} + \frac{l}{C_2})$ секундъ работы будетъ: $(\frac{l}{C_1} + \frac{l}{C_2}) \frac{np}{T}$. Если за одинъ пріѣздъ тяжести перевозится q кубиковъ земли, то стоимость перевозки одного кубика выразится слѣдующимъ образомъ: $K = (\frac{l}{C_1} + \frac{l}{C_2}) \frac{np}{qT} \ldots (1)$

Сравнимъ движеніе по наклонному пути съ движеніемъ по горизонтальному пути. Если перевозка производится по горизонтальному пути, то обозначивъ черезъ V_1 и V_2 скорости движенія уравненной и порожней тяжести черезъ n – число возовъ называемыхъ черезъ q – перевозимый объемъ земли черезъ l длину пути, получимъ,

что стоимость перевозки 1 куб. mtr. земли по горизонтальному пути будет: $K_1 = \left(\frac{l_0}{v_1} + \frac{l_0}{v_2}\right)\frac{\pi_{op}}{g_0 \gamma}$ ..... (2) Такая длина l_0 горизонтального пути, стоимость перевозки по которому равна стоимости перевозки по данному наклонному пути, называется приведенной длиной перевозки. Для упрощения формулы (2) введем новое обозначение $\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} = \frac{2}{v}$, откуда $v = \frac{2 v_1 v_2}{v_1 + v_2}$ и назовем v средней скоростью. Пользуясь вышеприведенным обозначением, формулу (2) можно будет представить в виде $K_1 = \frac{2 l_0 \pi_{op}}{v g_0 \gamma}$ ..... (3) Из сравнения формулы (1) и (3) получим: $l\left(\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2}\right)\frac{\pi_{op}}{g\gamma} = \frac{2 l_0}{v} \cdot \frac{\pi_{op}}{g_0 \gamma}$ откуда: $l_0 = \frac{l v}{2}\left(\frac{1}{c} + \frac{1}{c_2}\right)\frac{\pi_g}{\pi_0 g}$ .... (4) Формулой (4) можно воспользоваться для определения величины приведенной длины перевозки, если заранее будут известны скорости C_1 и C_2 перевозки по данному наклонному пути. Задача теперь сводится к тому, как найти выражения для скоростей C_1 и C_2 по данному уклону дороги в зависимости от величины уклона. Обозначим силу и скорость возового движения на произвольном участке данного наклонного пути через P и C, а наивыгоднейшую силу и скорость на горизонтальном пути через P_0 и C_0, тогда по извлеченной эмпирической формуле Вуаве (Вондиеч) можем: $\frac{P}{P_0} = 2 - \frac{C}{C_0}$ ..... (5). Далее обозначим вообще через W, вес груза на тележке через A, вес экипажа - A', коэффициент сопротивления при движении по дороге через F и уклон пути через $S = \operatorname{tg}\alpha$ (чер 88); тогда при незначительных уклонах пути довольно точно можно будет положить: $P = (W + A)(F + S) + \pi A' S$. Подставляя значение P из формулы (6) в формулу (5) и принимая во внимание, что (на основании наблюдения) A' равно приблизительно $\frac{1}{3} P_0$ получим: $\frac{C}{C_0} = 2 - \frac{(W+A)(F+S) + \pi A' S}{\pi P_0}$; $\frac{C}{C_0} = 2 - 3S - \frac{(W+A)(F+S)}{\pi P_0}$ ..... (7) Для определения скорости C в произвольном месте дороги можно воспользоваться формулой (7) ибо в ней по известным всем величинам, кроме скорости C. При определении скоростей C_1 и C_2 по формулам (7) следует обратить внимание на то, что при движении в гору величина S входит со знаком (+) а при движении под гору со знаком (-); кроме того при движении в обратную сторону $A = 0$, а потому: для движения груженой тележки вверх имеем $\frac{C}{C_0} = 2 - 3S - \frac{(W+A)(F+S)}{\pi P_0}$ ..... (7') для движения порожней тележки вниз имеем: $\frac{C}{C_0} = 2 + 3S - \frac{W(F-S)}{\pi P_0}$ ..... (7'') Для горизонтального пути $\frac{v}{C_0} = 2 - \frac{(W+A)F}{\pi P_0}$ для соответственного пути $\frac{v_3}{C_0} = 2 - \frac{WF}{\pi P_0}$ (F зависит от свойства пути и изменяется от $\frac{1}{7} - \frac{1}{20}$) Выражение для формулы (7'') вычерчена только до тех пор, пока при движении под гору не приходится тормозить тележки. Торможение тележки приходится вести фазе, когда параллельная оси дороги составляющая силы тяжести тележки, что все равно, когда $S = F$. Из формулы (7' и 7'') они видно, что скорости C_1 и C_2 суть определенные функции уклона пути S. Определив помощью формулы (7' и 7'') скорости C_1 и C_2 и подставив их значения в формулу (4) тогда выражение $l_0 = f(s, W, A, F \text{ и } P_0)\, l \cdot \frac{\pi g_0}{\pi_0 g}$ можно будет представить в виде: $l_0 = l(1 + AS + BS^2 + CS^3 + \ldots)$ Пренебрегая величинами $CS^3 + \ldots$, можем: $l_0 = l(1 + AS + BS^2)$ ..... (8) (уравнение параболы) Коэффи-

формулу (7) величина S входит въ первой степени, но при подстановкѣ значеній C_1 и C_2 въ формулу (4) величина S перейдетъ въ знаменателя по-этому l_0 не будетъ функціей первой степени отъ S. Величины A и B входящія въ формулу (8) суть нѣкоторые коэффиціенты. Изъ формулы (8) сдѣлавъ въ ней вышеуказанныя подстановки, мы можемъ выразить отношеніе $\frac{l_0}{L}$ въ функціи перемѣнныхъ S и n. Полагая n послѣдовательно напр. $n=1$ и давая S различныя значенія, напримѣръ: $S=0{,}001$; $S=0{,}002$; $S=0{,}003$ и т.д. мы получимъ нѣкоторую кривую MN (черт. 89), представляющую графически законъ измѣненія отношенія $\frac{l_0}{L}$ (ординаты) въ зависимости отъ измѣненія величины S (абсциссы) при n постоянномъ (въ данномъ случаѣ $n=1$). Точно такимъ же образомъ, полагая $n=2$, мы получимъ кривую $M'N'$, представляющую графически законъ измѣненія отношенія $\frac{l_0}{L}$ въ зависимости отъ измѣненія S при n постоянномъ (въ данномъ случаѣ $n=2$). Для $n=3$ мы получимъ кривую $M''N''$ и т.д. Очевидно, что каждая изъ этихъ трехъ кривыхъ MN, $M'N'$, $M''N''$ даетъ тѣ точки отношенія $\frac{l_0}{L}$ въ видѣ ординаты той точки кривой, въ которой касательная къ кривой параллельна оси абсциссъ. Соединивъ точки этихъ кривыхъ, соотвѣтствующія тѣмъ же отношеніямъ $\frac{l_0}{L}$ мы получимъ кривую (огибающую) тѣхъ же отношеній $\frac{l_0}{L}$, а слѣдовательно и тѣхъ же величинъ l_0 при различныхъ n.

Изъ формулы (3) $K=\frac{2l_0}{v}\frac{n\rho}{g\eta}$ мы видимъ, что стоимость K перевозки одного куба тѣла зависитъ отъ величины l_0, поэтому K будетъ имѣть при наименьшей величинѣ l_0. Формулу $K=\frac{2l_0}{v}\frac{n\rho}{g\eta}$ можно представить въ видѣ $K=C\frac{2}{3}l_0$ ..... (3') гдѣ $C=\frac{2n}{v g \eta}$ есть нѣкоторый постоянный коэффиціентъ для каждаго рода кожи (замши, ручныя телячьи, хромовыя телячьи). Слѣдовательно, зная для каждаго даннаго случая предѣлы перевозки, мы, зная, говоря, величину коэффиціента C и наименьшую приведенную длину кожи l_0, можемъ по формулѣ (3) опредѣлить наименьшую стоимость перевозки. Вышеуказанныя мы такъ же можемъ воспользоваться для опредѣленія наивыгоднѣйшаго числа вязовыхъ эластичныхъ (n) при данномъ ужимѣ пути. Положимъ, что путь, по которому нашъ приходящійся перевозить кожу, имѣетъ ужимъ $S=A$. Требуется опредѣлить наивыгоднѣйшее n что очень важно, такъ какъ отъ числа n не зависитъ стоимость кожи. Отложимъ на оси Ox длину $Ox_1=A$; возставимъ въ точкѣ x, перпендикуляръ къ оси абсциссъ и продолжимъ его до пересѣченія съ кривыми. Та кривая, которую ордината пересѣчетъ первой, и покажетъ намъ наивыгоднѣйшее число вязовыхъ эластичныхъ, такъ какъ для каждой кривой n постоянно. Въ данномъ случаѣ т.е. при $S=Ox_1=A$, ордината x_1m пересѣкаетъ первой кривую MN, соотвѣтствующую $n=1$. Слѣдовательно при ужимѣ $S=A$ наивыгоднѣйшее число вязовыхъ эластичныхъ $n=1$. Теперь разсмотримъ стоимость перевозки въ слѣдующемъ: для каждаго изъ сортовъ кожи, опредѣливъ предварительно коэффиціенты A и B. Можно опредѣлить A и B изъ графическаго построенія такимъ образомъ: Пусть при $L=d$ получимъ для $S=B$; тогда

$\alpha = 1 + AB + BB_2$ Пусть при $\frac{l_0}{l} = \alpha$ получим для $S = S_1$; тогда $\alpha_1 = 1 + AB_1 + BB_1^2$ Пусть при $\frac{l_0}{l} = \alpha_2$, получим для $S = S_2$; тогда $\alpha_2 = 1 + AB_2 + BB_2^2$ и т.д. Из этих уравнений способом наименьших квадратов можно определить A и B

Простые тачки. Для этого случая $n = 1$, т.е. тачка возится обыкновенно одним человеком. Y_0-ие (8) в этом случае представляется в виде при движении в гору т.с. при $S > 0$.... $\frac{l_0}{l} = 1 + 10S + 380S^2$ при движении под гору т.с при $S < 0$ $\frac{l_0}{l} = 1 + 9S + 106S^2$. В этих частных допущениях значения коэффициентов A и B определены аналитически. Уравнение (3') для этого рода возки определяется в виде: $K = 31,1 \frac{l_0 p}{S}$. Наибольшее значение длины l (по наклонному пути) при которой допускаются эти средства перевозки зависит от величины уклона S. при $S = 0,016$.... $l_{max} = 200$ mtr. при $S > 0,016$.... $l_{max} = 180$ mtr.

Пример. Пусть уклон дороги $S = 0,01$, длина наклонного пути $l = 120$ mtr, поднятая тяжесть человеку $p = 80$ к и $T = 10.60.60$ секунд. Приведенная длина определяется по формуле: $l_0 = l(1 + 10S + 380S^2) = 120\left(1 + \frac{10}{100} + \frac{380}{100^2}\right)$. Если для сооружения данного участка пути потребно V куб mtr земли, то стоимость перевозки 1 куб mtr определяется по формуле: $K = 31,1.120(1 + 0,1 + 0,038)\frac{80}{10.60.60} V$

Откатывающийся ручной тележки. Эти тележки двухколесные, катятся очень обыкновенно по доскам, спереди их тянут один или два рабочих, а сзади подталкивает еще один или два. Для этого средства перевозки приведенная длина определяется по формуле: $l_0 = l(1 + 20S + 350S^2)$ где S - уклон пути, стоимость перевозки 1 куб. mtr земли определяется по формуле $K = 10 \frac{l_0 p}{S}$ Употребление откатывающихся ручных тележек оказывается выгодным только до тех пор пока уклон пути S не превышает 0,02 т.е. когда $S \leq 0.02$. Зависимость наибольшей длины перевозки l_{max} от уклона пути показана в следующей таблице:

При подъемах

S	l_{max}
При $S < 0,002$	360 mtr
от 0,002 до 0,012	340
" 0,012 " 0,02	320

При скатах

S	l_{max}
При $S < 0,002$	360
От 0,002 до 0,008	380
" 0,008 " 0,012	400
" 0,012 " 0,016	420
" 0,016 " 0,02	440.

Конные откатывающиеся тележки. Эти тележки двухколесные, катятся очень обыкновенно по доскам, одна лошадь тянет за раз от 1-4 тележек. Для этого средства перевозки приведенная длина определяется по формуле: $l_0 = l(1 + 26S + 395S^2)$ а стоимость перевозки 1 куб mtr земли по формуле: $K = 1,14 \frac{l_0 p}{S}$ Зависимость длины l_{max} от уклона показана в приведенной таблице (см. стр. 247) Перевозка людей по временным откатным дорогам. Земля в этом случае перевозится на

при подъемах

S	l max. mtr.
При S < 0,002	660
отъ 0,002 до 0,004	740
" 0,004 " 0,006	900
" 0,006 " 0,008	1260
S > 0,008	2000.

при скатах

S	l max
Отъ 0,002 до 0,004	580
" 0,004 " 0,006	600
" 0,006 " 0,008	640
при S > 0,008	

въ четырехосныхъ вагонетках. Смотря по уклону на каждые два вагонетка приходится отъ 1 до 6 человекъ. Въ этомъ случаѣ: $l_0 = l(1+75S+3220S^2)$ и $\kappa = 1,67 \frac{коп}{т}$

Конная возка по временнымъ желѣзнымъ дорогамъ. Въ этомъ случаѣ по временнымъ жел. дорогамъ землю перевозятъ въ желѣзнодорожныхъ вагонахъ. Смотря по уклонамъ одна лошадь можетъ везти отъ 1 до 4 вагоновъ. Здѣсь l_0 вычисляется формулой: $l_0 = l(1+74S+2800S^2)$ и $\kappa = 0,27 \frac{коп}{т}$ Разстояніе перевозки въ послѣднихъ двухъ случаяхъ произвольно. По формулѣ судятъ, удаляется ли каждаго изъ средствъ возки или сближается отправленіе стоимость перевозки 1 куб mtr земли. Если дано сооруженіе требуется V куб mtr земли, то стоимость перевозки V куб mtr земли будетъ: $K = C \frac{коп}{т} V$. Всѣ вышеприведенныя данныя стоитъ группировать въ слѣдующей таблицѣ:

Родъ перевозки	Число возовыхъ животныхъ	V куб. mtr въ 1 часъ	Потеря времени на нагрузку и выгрузку	$\frac{l_0}{l}$	l max.
Простые тачки	1	3000	1 м. – 50 mtr.	$1+10S+380S^2$	до S=0,016 – 200 S>016 – 180
Опрокинут. ручные тележки.	2	3000	6 м. – 300 mtr	$1+20S+350S^2$	360
Опрокинутыя конныя тележки	1/2 – 1/3	4320	6 – 8 min.	$1+26S+325S^2$	2000.
Перевозка людьми по врем. жел. дор.	2	3600	8 min	$1+75S+3220S^2$	
Конная перевозка по врем. желѣз. дор.	1	4320.	10 min.	$1+74S+2800S^2$	

Примѣръ. Пусть стоимость возки $T = 800000$, перевозимый объемъ $V = 2000$ куб mtr уклонъ $S = +0,005$. Это значитъ, что послѣ выбора наиболѣе выгодныхъ положеній распредѣлительныхъ кривыхъ мы получимъ относительно площадь $T = 800000$ и наибольшую ординату $V = 2000$ (черт 90) Требуется выбрать средство перевозки и опредѣлить ея стоимость. Разстояніе перевозки l опредѣляется посредствомъ $l = \frac{T}{V} = \frac{800000}{2000} = 400$ mtr Изъ таблицы данныхъ для случая перевозки конными опрокидывающимися тележками, мы видимъ что при 0,004 < 0,006 ... 6 = 960; слѣдовательно данный примѣръ подходитъ къ этому случаю. Приведенная длина будетъ: $l_0 = l(1+26S+325S^2) = 400(1+26 \cdot 0,005+325(0,005)^2) = 455,25$ mt. Если рабочій день равенъ 10 часамъ и стоимость содержанія лошади въ день р = 1 руб. то стоимость перевозки 1 куб mtr будетъ: $K = 1,14 \frac{10 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 455,25}{р}$ р. Стоимость перевозки 2000 куб. mt будетъ: К = 2000 к. Стоимость поперечной возки опредѣляется точно также, если только кривую распредѣленія сдѣлать и найти наивыгоднѣйшее положеніе распредѣлительной кри-

вой. Определеніемъ относительной перевязки и оканчиваемъ такимъ образомъ изслѣдованіе кабинетныхъ работъ. Теперь перейдемъ къ изученію конструктивной части нашей желѣзной дороги.

V Верхнее строеніе желѣзныхъ дорогъ.

Какъ уже было сказано выше подъ верхнимъ строеніемъ подразумѣваютъ ту часть дороги которая назначается для движенія, сюда относятся: 1) рельсы 2) шпалы 3) балластный слой. Прежде чѣмъ приступить къ описанію каждой изъ вышеназванныхъ частей, придется упомянуть о тѣхъ сопротивленіяхъ движенію, которыя встрѣчаются при закругленіяхъ полотна и объ тѣхъ измѣненіяхъ какимъ полотна желѣзной дороги въ зависимости отъ этихъ сопротивленій и отъ конструкціи движущагося по нимъ подвижного. Чер. 91, 92, 93, 94 представляютъ профили полотна русскихъ желѣзныхъ дорогъ, размѣры въ саженяхъ. Чер. 91 профиль полотна въ одинъ путь. Чер 92 профиль полотна въ два пути чер 93 проф. полот. узкоколейной желѣз. дороги чер 94 проф. пол. въ выемкѣ. Ширина пути — разстояніе между внутренними гранями рельсовъ на русскихъ желѣзныхъ дорогахъ принимается = 5' = 0,762 = 1,524 mtr и только сильно отличается отъ ширины пути, принятой Стефенсономъ въ Англіи 1,435 mtr = 4'8½". Во Франціи ширина пути считается между средними рельсовъ и равна 1,45 mtr. Въ Россіи только Царско-сельская желѣз дорога имѣетъ ширину пути = 6', всѣ же остальныя дороги имѣютъ одинаковую ширину пути = 5' что особенно важно для транспортированія вагоновъ съ одной дороги на другую.

VI Сопротивленіе движенію въ кривыхъ.

1) Сопротивленіе движенію въ кривыхъ выказывается (какъ уже было сказано выше) во 1^хъ тѣмъ обстоятельствомъ, что колеса вагоновъ насаженныя наглухо на одной оси, должны проходить въ кривыхъ разные пути: (чер. 95) внутреннее колесо (близкое къ центру) путь $вв_1 = R\theta$ внѣшнее $аа_1 = (R+S)\theta$; всѣдствіе разности $аа_1 - вв_1 = S\theta$ получается скольженіе внѣшняго колеса по рельсу, а слѣдовательно увеличеніе сопротивленія. Помимо того колеса движутся съ коническими ободами (поверхность называемая бандажемъ) образующая большее основаніе конуса къ оси пути (чер 96) при этомъ ужатіе обода т.е. отношеніе $\frac{bc}{ab}$ дѣлается, сравнительно съ величиной радіуса колеса отъ $\frac{1}{12}$ до $\frac{1}{25}$ средняго около $\frac{1}{20}$. Кромѣ того на колесѣ сдѣланы закраины (реборды) препятствующія сходу колесъ съ рельсовъ. При входѣ подобной пары колесъ въ кривую часть пути, колеса катящіяся по параллельнымъ рельсамъ, сдѣлаются центробѣжной силой въ параллельную сторону и радіусъ круга катанія внѣшняго колеса увеличится, а внутренняго уменьшится. Черезъ это уменьшается, а въ нѣкоторыхъ

случаях и во все уничтожается упомянутое скольжение. Кажется полезна идея прохода прямых участков пути медицуской прикасанием захранивать колесь къ рельсамъ и заставлять идти колеса по среднему кругу катанія, но въ тоже время движеніе вагоновъ съ коническими колесами очень покойно, чъмъ когда ободы цилиндрическіе. Коническая форма колесъ затрудняетъ ухватываніе рельсы нъсколько наклонно во внутрь полотна, ибо въ прямомъ случаъ является составляющей силой давленія $M = Dб.$ (чер 96) уголъ наклона рельса къ горизонту равенъ углу скоса колеса. 2) Обыкновенно движ. три оси вагоновъ соединены между собой неизмънно, вслъдствіе чего въ кривой только одна ось можетъ принять направленіе радіуса кривой, а другія оси, оставаясь между собой параллельными, производятъ давленіе наружу кривой подъ острымъ угломъ, благодаря чему сопротивленіе движенію увеличивается (чер 97 Чтобы избъжать этого неудобства, а также и чтобы дать возможность вагонамъ проходить кривыя малыхъ радіусовъ, устраиваютъ оси, какъ паровозовъ, такъ и вагоновъ подвижными, такъ что вращаясь около центральнаго пикваріа, они могутъ измънять свое положеніе по отношенію къ паровозу или кузову вагона, какъ показано на чертежъ. Длинные пассажирскіе вагоны с 4-мя осями имъютъ двъ четырехосныя, одна или другая изъ которыхъ подвижныя, подъ кажд. изъ боковъ вагона. Такія же тележки имъютъ горные паровозы Фейли. Колеса каждой тележки паровоза приводятся въ движеніе особой машиной, а колеса средней тележки между ними. Вышеподвижныхъ тележекъ устраиваютъ буксы въ видъ цилиндровъ подвижными такимъ образомъ, что они скользятъ въ дугообразныхъ направляющихъ центрами которыхъ находятся въ средине вагонахъ. При помощи этихъ приспособленій паровозы и вагоны могутъ проходить кривыя съ радіусомъ до 70 mtr. Въ нъкоторыхъ дорогахъ съ нормальной шириной пути этотъ радіусъ можетъ въ исключительныхъ случаяхъ доходить менъе 300 mtr почему такъ можно обойтись и безъ этихъ приспособленій. 3) Вслъдствіе разнонаправленной при движеніи въ кривыхъ центробъжной силы, внъшнія колеса прижимаются своими ребордами къ рельсамъ и вызываютъ тре-
ніе; чтобы избъжать по возможности этого неудобства, внъшній рельсъ располагаютъ выше внутренняго на h. Опредъленіе на сколько должно быть приподнято внъшній рельсъ, чтобы уничтожить дъйствіе центро-бъжной силы въ кривыхъ. Если вагонъ въ W (чер 98) g – ускореніе силы тяжести R – радіусъ кривой V – скорость въ секунду въ mtr Z – центробъжная сила, то $Z = \frac{Wv^2}{gR}$ ..... (1)
Положимъ, что внъшній рельсъ расположенъ на h выше внутренняго а вагонъ въ кривой принимаетъ наклонное положеніе. Равнодъйствующая всъхъ на давленіе N перпендикулярное къ оси колесъ и на горизон-

тальную сигналопущую N, которая действуетъ по направленію прямо противоположному центробѣжной силѣ Z; послѣдняя будетъ нахо-ну совершенно уничтожена, если вагонъ получаетъ такой уклонъ α что будетъ $N = Z$. Изъ чертежа 98 имѣемъ: $N = W \operatorname{tg} \alpha = W \frac{h}{S}$ гдѣ S есть ав, приблизительно равная ширинѣ пути, такъ какъ N почти равна ей Z, то $W \frac{h}{S} = W \frac{v^2}{gR}$ откуда $h = \frac{S v^2}{g R}$ ..... (2) для $S = 1.524$ mtr .... $h = 0.155 \frac{v^2}{R}$ для $S = 1,0$ mtr .... $h = 0,1002 \frac{v^2}{R}$ для $S = 0,75$ mtr ..... $h = 0,076 \frac{v^2}{R}$. На русскихъ желѣзныхъ дорогахъ употребляютъ формулу $h = 3 \frac{v^2}{R}$, гдѣ h - подъемъ въ сантиметрахъ v - скорость въ верстахъ въ часъ R - радіусъ въ саженяхъ. Изъ уравненія (2) видно, что возвышеніе h зависитъ отъ скорости; а такъ какъ по одной и той же линіи двигаются различные поѣзда съ различной скоростью, то возвышеніе можетъ удовлетворять только одной изъ нихъ. Центробѣжная сила наибольшая относительно наибольшей скорости получаетъ возвышеніе опредѣленное приблизительно по наибольшей скорости, для поѣздовъ съ меньшей скоростью будетъ тогда: $N < Z$ вслѣдствіе чего вагонъ прижимается къ внутреннему рельсу, что очень часто уже замѣчено, что это происходитъ при меньшей скорости. Отсюда можно видѣть что почти всѣ сопротивленія должны поглощаться внѣшній рельсъ закругленія, а потому укладку его надо производить съ особой тщательностью. Есть одно обстоятельство которое нѣсколько облегчаетъ сопротивленіе внѣшняго рельса при проходѣ поѣзда по закругленію, а именно вслѣдствіе сцѣпленія вагоновъ между собою задніе вагоны стараются передвинуть переднія къ внутреннему рельсу.

Переходныя кривыя.

Каждая перемѣна величины искривленія влечетъ за собой перемѣну величины возвышенія, а такъ какъ возвышеніе должно измѣняться постепенно, то и перемѣны искривленій не должны быть внезапныя, но постепенныя; безразлично, переходитъ ли прямая въ кривую, или кривая одного въ кривую другого радіуса. Переходъ устраивается посредствомъ вставки между прямой и кривой или между двумя послѣдовательными кривыми различныхъ радіусовъ особой кривой называемой переходной кривой, которой радіусъ измѣняется постепенно. Этотъ радіусъ долженъ въ каждомъ мѣстѣ, отстоящемъ отъ A на разстояніи x, соотвѣтствовать возвышенію Z (чер 98). Если въ формулѣ $h = \frac{S v^2}{g R}$; подставимъ $h = Z$ и $R = S$, то такъ какъ $Z = x \operatorname{tg} \alpha$ $x \operatorname{tg} \alpha = \frac{S v^2}{g S}$ Пусть постоянная величина $\frac{S v^2}{g \operatorname{tg} \alpha} = \frac{1}{A}$ тогда уравненіе переходной кривой выразится такъ: $\frac{1}{S} = A x$ .... (1) Если l - длина переходной кривой, то для $x = l$, $S = R$ поэтому $\frac{1}{R} = A l$ откуда $A = \frac{1}{Rl}$ и для переходной кривой получимъ $\frac{1}{S} = \frac{x}{Rl}$. Для кривыхъ большихъ радіусовъ съ достаточной точностью можно написать $\frac{1}{S} = \frac{d^2 y}{d x^2}$ т.е. $\frac{d^2 y}{d x^2} = \frac{x}{Rl}$. Интегрируя получимъ $\frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2Rl} + C$ такъ какъ при $x = 0$ $\frac{dy}{dx} = 0$ (кривая касательная къ оси x, $\operatorname{tg} = 0$) то $C = 0$; $\frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2Rl}$ ..... (3) Отсюда $y = \frac{x^3}{3.2.Rl} + C'$ При $x = 0$. $y = 0$, $C' = 0$. $y = \frac{x^3}{6Rl}$ .... (4) Послѣднее выраженіе есть уравн

переходной линии. Это есть уравнение круглой линии отнесенной по кратчайшему расстоянию, которого один конец укреплен неподвижно, а другой свободный нагружен (уравнение кубической параболы). Применяемая для нивелирования между данной переходной линии и ее абсциссой получаем из (4) ординату конечной точки K подставивъ $x = l$. $y = \frac{l^2}{6R}$ для касательной въ этой точке получаем $tg\,\varphi_0 = \frac{l}{2R}$ так как по уравнению (3 $tg\,\varphi = \frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2Rl}$. Если A_2 точка касания преодоления головной кривой PK съ направлением пути (прожитая точка касания) $A_2 q$ и Kq - радіусы этой кривой и Km перпендикуляръ на $A_2 q$, то $m = x\,tg\,\varphi$ приближенно всегда вследствіе малости угла φ_0 : $Km = R\,tg\,\varphi_0 = R\frac{l}{2R} = \frac{l}{2}$ чтобы было можно вставить переходную кривую нужно головную кривую передвинуть на $h = y_0 - y_1$ у есть отрезокъ дуги $A_2 m$ $y_0 = \frac{l_2}{6R}$, а $y_1 = \frac{Km^2}{2R}$ (приближенно) или: $y_1 = \frac{l^2}{8R}$ есть добавочное $h = \frac{l}{6R} - \frac{l^2}{8R} = \frac{l^2}{24R}$ ордината точки переходной кривой A_2 получается изъ уравненія (4) при $x = \frac{1}{2}l$. $y_2 = \frac{\frac{l}{2}}{6Rl} = \frac{l^2}{48R} = \frac{1}{2}h$. Для практическаго употребленія удобно составить таблицу содержащія 1) Радіусъ головной кривой 2) Возвышеніе ей соответствующее 3) Длину l переходной кривой 4) Перемещеніе h головной кривой 5) Ордината переходной кривой къ средней къ конечной y_0. Кривыя, которыхъ радіусъ > 2000 mtr переходныхъ кривыхъ не получаютъ. Наибольшій подъемъ рельса въ переходной кривой не долженъ быть больше $\frac{1}{300}$ ($tg\,\alpha = \frac{h}{l} \leqq \frac{1}{300}$) поэтому наименьшая длина $l = 300\,h$, где h величина возвышенія рельса. Обыкновенно $l = 1000\,h$ Всего удобнее прочерчивать кривыя, долго сначала начинать перемещеніе переходную кривую. Для этого на основаніи предыдущаго посмотримъ такихъ образомъ. Пусть N_1 и L_1 (черт 100) прямыя линіи, опредѣляющія ось дороги и U - точка пересѣченія ихъ (угловая точка) Если изъ центра $\frac{1}{2}$ передвинутой кривой $a\,b\,c\,d$ опустимъ на N_1 и L_1 перпендикуляры, получимъ точки касанія къ передвинутой кривой a и d линій, параллельныхъ L_1 и N_1. Для опредѣленія центра k получимъ $Ku = ut + tk = h\,cosec\frac{\varepsilon}{2} + R\,cosec\frac{\varepsilon}{2} = (h+R)\,cosec\frac{\varepsilon}{2}$; и $N' = ua + a_1N' \cdot (R+h)\,tg\frac{\varepsilon}{2} + \frac{l}{2}$. Поэтому на данныхъ касательныхъ откладываемъ отъ угловой точки U.... $ua_1 = (R+h)\,tg\frac{\varepsilon}{2}$ и $a_1N' = \frac{l}{2}$. Изъ биссектрисы $Ku - ut = h\,cosec\frac{\varepsilon}{2}$ и на перпендикуляръ $a_1t - aa_1 = h$. Для прочерчиванія кривой въ натурѣ теперь касательную по at, а для прочерчиванія переходной кривой №6 - касательную N_1

Измѣреніе пути въ кривыхъ.

Къ черт 101 представлено положеніе вагона въ кривой; ось вагона не можетъ имѣть такого параллельнаго положенія. Если измѣрить путь пущенную въ прямой линіи, означенную черезъ S, то въ кривой этотъ измѣренный отрѣзокъ будетъ: $S' = S + F - f$ Причемъ $F = \frac{l_2}{5K+45}$. $f = \frac{l^2}{5K-45}$ гдѣ l разстояніе между осями, K радіусъ кривизны. Такъ какъ $F > f$ то $F - f$ положительно, что слѣдуетъ, что въ кривыхъ измѣренный путь долженъ быть больше

чаемъ въ извѣстныхъ и что величина уширенія зависитъ отъ радіуса кривой и разстоянія осей вагона. Уширеніе особенно нужно на тѣхъ линіяхъ, по которымъ движутся вагоны неизмѣняющіе свои направленія относительно осей. Въ различныхъ государствахъ существуютъ слѣдующія правительственныя постановленія для уширенія пути на кривыхъ. Уширеніе опредѣляется эмпирическими величинами Ни Никольской дороги (величины даны въ слѣдующей таблицѣ)

Для провѣрки уширенія пути, а также безъ вычисленія внѣшняго рельса надъ внутреннимъ употребляютъ при укладкѣ рельсовъ шаблонъ, подобный представленному на чер 102. Одинъ

Радіусъ кривой	Возвышеніе h.	Ширина пути въ кривой
100	0,0012	0,724
150	0,008	0,723
200	0,006	0,721
250	0,004	0,718
300	0,025	0,717
350	0,022	0,716
400	0,019	0,715
450	0,016	0,714
500	0,015	0,714.

изъ отдѣловъ его сдѣланъ выступъ, а къ другой плоскости укрѣплена планка равная величинѣ h и соотвѣтствующей данному радіусу искривленія. На верхней площадкѣ каждаго участка написано разстояніе в, высота h и соотвѣтствующій радіусъ искривленія. Внѣшній (на чертежѣ правый) рельсъ укладывается такъ, чтобы, при наложеніи на него соотвѣтственнаго шаблона, плоскость была бы горизонтальна посредствомъ уровня.

Рельсы.

Когда прокатка рельсовъ не была извѣстна; рельсы состояли просто изъ чугуна; форма ихъ представлена на чер 103 и 104. Старались такъ составить рельсы и ихъ эксплоатировать придавая имъ преимущественно форму чер 103. Когда стала извѣстна прокатка, то рельсы стали придавать ширину формы и большую длину, сначала прокатывали рельсы давали форму (чер. 104), которую Стефенсонъ измѣнилъ на симметрическую (чер 106 съ цѣлью заклинить одной головкой другого, послѣ того, какъ первая износится. На чертежѣ представленъ другія формы рельсовъ. Brunel'a (чер 107); Latrobe (чер 108); Scaton - (чер. 109); Американцы уширили основаніе рельса Стефенсона и получили рельсъ (чер. 110) а) и (в)), который называется именемъ англійскаго инженера Vignol, хотя впервые познакомился Европѣ съ этимъ типомъ. Принадлежитъ же онъ инженеру Patrick. Для Стефенсоновскаго рельса употребляютъ подушки, показанныя на чер 111, рельсъ входитъ сверху и закладывается деревянными клиньями или

фрезерных образом. Здесь вполне удержанность вертикальных ребер, так как они подвержены большому износу успешно. Подушка укрепленная двумя или 4-мя болтами. Этот тип рельса употребляется еще и теперь в Англии на некоторых дорогах. В России и большей части Европы и Америки употребляется почти исключительно Виньолевский рельс.

Прокатка рельс.

Рельсы изготовляются из мягкого мартеновского железа прокатанного 2, 3, 4 раза. По вторичным нагреваниям и прокатка увеличивается, как показали опыты постепенно и медленно рельса только до пятого повторения. Иногда для тяжелых рельса употребляют лучше железо, чем для легкого. На чер 112 представлено поперечное сечение пакета из железных отправлений, употребляемого для прокатки рельса. Верхние и нижние отправки перевернуты, а в средних пачки уложены поперечно. Высота пакета 25 см, а ширина 22 см или высота 18 см, ширина 15 см. Одну берут тяжелых образом, чтобы вес пакета превышал вес изготовленного из него рельса на 25%. Рельс изготовляют прокаткой с одного нагрева; но иногда концы отправляют круговыми ножницами по предложению по длину, можно перпендикулярно к его длине. Обыкновенная длина рельса 6,7 мтр, но в настоящее время изготовляют рельсы длиною до 9 мт. Площадь сечения рельса равна 1/3 п вр □ сантиметрах; п - вес погонного метра в килограммах. п = 6D для железа = 5D для стали где D наибольшее давление колеса в тоннах. В последнее время находят в большом употреблении стальные рельсы, которые, как показали опыты, могут выдерживать большую долговечность, чем железные. Для стальных рельсах следует употреблять и для колес стальные бандажи, потому что движение железа по стали (чем наблюдается) вредно для железа. Отверстия для болтов в рельсах изготовляют сверлением медленного - в стальных, в которых сверло нажимает и небольшое поступательное движение, так что инверсия для болтов должна быть медленного электрическими. Употребление на конных железных дорогах рельса массой вес 15-24 кгр на один погонный метр при весе 45 кгр следует признать за лучшие. На паровых железных дорогах вес рельсов был первоначально 25-30 кгр на 1 погонный метр; но вследствие все постоянного увеличения веса паровозов и скорости движения и вес рельсов

увеличивается въ настоящее время отъ колебанія между 30-41 клг на 1 mtr и равенъ среднимъ числомъ 37 клг для англійскихъ и 30 клг для американскихъ. (При 60 тонныхъ вагонахъ введенныхъ въ 96 году на англ. дорогахъ рельсы уложены были подъ нагрузкою) Ширина головки рельса 50-60 m/m въ срединѣ отъ шейки выпуклая, радіусъ выпуклости должень быть равенъ 1½ высоты рельса, высота 125 m/m основаніе 115 m/m (черт. 110(а)). Наиболѣе выгодными отношеніями между ширинами поперечнаго сѣченія рельса (черт 110(б)). $B = 0,87\,h$; $b = 0,46\,h$. $\delta = 0,115\,h$ для англ. $\delta = 0,105\,h$ для амер. $W = 0,125\,h$; $\delta_1 = 0,6\,\delta$; $\delta_2 = 1,1\delta$

головка опирающаяся радіусомъ 300 m/m при высотѣ ея $1\frac{1}{4}\,h$; величина h задается

Укладка и скрѣпленіе рельсъ.

Рельсы прикрѣпляются своими концами. Подъ стыки ставятся подъ углами (черт 113 b) или какъ показано на черт. 113 c, d, e, f. но подъ прочія стыки ставятся подкладки и теперь повсемѣстно употребляются прямыя (черт 113 a) съ зазоромъ на расширеніе или температурный $\Delta l = (T - t)\alpha . l$, гдѣ α - коэф-тъ расширенія, l - длина рельса, температура при укладкѣ, T наивысшая температура α - для стали приблизительно $\alpha = 0,0000118$. Для образованія зазоровъ длинами наибольшими различной послѣдующей для различныхъ температуръ. Если уголковые рельсы не соединить между собою накладками, то будетъ происходить слѣдующее: а) въ вертикальномъ направленіи конецъ рельса получитъ изгибъ, все давленіе отъ колеса передается на другой конецъ и производитъ перекашиваніе опоры (черт 114) b) въ горизонтальномъ направленіи, въ силу боковыхъ колебаній, рельсъ отойдетъ въ сторону (черт 116); оба эти перемѣщенія рельса сопряженіи быстрой удаленіи и ослабленія костылей; накладки такимъ образомъ являются необходимыми. Моментъ сопротивленія накладки, какъ въ вертикальномъ, такъ и въ горизонтальномъ направленіи должент быть одинаковъ съ моментомъ сопротивленія рельса. Накладки двухголовыя и хребтовыя (позвонковая форма) формы изъ указаны на черт 116. Достоинство хребтовой накладки то что она дѣйствуетъ на гайку отвинтить какъ упругая и не позволяетъ развинчиваться гайкѣ. Для увеличенія сопротивленія перемѣщенію даютъ накладкамъ форму, какъ показано на черт 117. Для болтовъ употребляются головки вида черт 118. Онѣ очень удобны, но дороги. Накладки обыкновенно соединяются 4 мя болтами (черт. 119, 120) Болтовыя

болтовъ полукруглую фаску. Разсмотрим ихъ виды
см чер. 121 а, в, с. Для удержанія головки болта отъ вра-
щенія служатъ выступы въ накладкахъ, а болтамъ у головокъ
слабосконическія цилиндрическія выемки (чер 122 а, в, с)
Стыки разсчитаны неподвижными и на вкусъ: первый нас-
тыкъ приходящійся на накладкахъ (чер 119); стыкомъ, на вкусъ
приходящійся между накладками (чер 120. Послѣдніе стыки
дѣлаютъ сложному вкусу, ибо прилегаютъ при проходѣ на
болтовъ; введеніе ихъ на русскихъ дорогахъ теперь обязательно

Гаечные замки.

Частная конструкція, предохраняющая болтовыя, закладываемыя
приѣзжими къ вспомогательнымъ средствамъ предупреж-
дающимъ отвертываніе гаекъ соединяющихъ накладки
рельсовъ; сюда относятся: 1) конторъ-гайка обыкновенная
(чер 123) 2) контръ гайка съ цилиндрической головкой (чер. 124); цѣль ея
достигается, если обѣ гайки соединены общей шес-
тигранной муфточкой и въ одну изъ гаекъ пропускается
шпилька: подобная конструкція принята на Гапсальс-
кой желѣз. д., но она сложна и дорога. 4) гайка упирающа
ся системой (чер. 125); головная гайка имѣетъ коническую
выемку, въ которую входитъ соотвѣтствующая коническая
выпуклость контръ гайки. 5) болтъ и гайка имѣющіе про-
долговатыя дырочки, куда заколачиваются шпильки (дырочки
продолговатаго или полу круглаго сѣченія); обыкновенно
на болтѣ двѣ дырочки а на гайкѣ 3 (чер. 126) 6) плоская
тонкая клиновая подкладка съ отогнутымъ краемъ (чер 127)
7) Упругая стальная подкладка (чер 128). Отверстія для
болтовъ, какъ въ накладкѣ такъ и въ рельсахъ дѣлаются
нѣсколько больше діаметра отверстія болтовъ; зазоръ
въ накладкахъ 2,5 м/м въ рельсахъ 5 м/м въ виду удлиненія
рельса при повышеніи температуры и вертикальнаго
перемѣщенія рельса относительно подкладки.

Составные рельсы.

30.

Въ Америкѣ въ 56 годахъ начали употреблять составные
рельсы (чер 129) состоящіе изъ двухъ отдѣльныхъ половинъ
соединяемыхъ посредствомъ болтовъ или заклепокъ, разсо-
единяющихся на разстояніи 600-900 м/м; сдѣлать одинъ поперечникъ
относительно другой удается благодаря выступамъ и соотвѣт
ствующимъ имъ выемкамъ, вслѣдствіе чего ударъ на
одну половину легко передается другой; стыки англій-
ской частью расположенные въ перевязку. Движеніе по
такимъ рельсамъ спокойно. Неудобствомъ этой системы
заключаются въ большомъ количествѣ металла

сравнительно съ простыми рельсами, и въ трудности проложить каждой отдельной части для полнаго ихъ соединенія, что и ограничиваетъ ихъ распространеніе. Такъ какъ пришиванію подвергается только образомъ головка рельса, то были предложены системы, въ которыхъ головка могла бы быть замѣнена новой (черт 130, 131, 132). Для головки брали въ такихъ случаяхъ ступій матеріалъ, что это устройство сильно сложно.

Шпалы.

Чтобы распространить давленіе отъ рельсъ на большую поверхность грунта, рельсы помѣщаютъ на шпалахъ. Балластный слой подъ шпалами и вокругъ нихъ хорошо утрамбовывается (подбивается). Въ странахъ бѣдныхъ деревомъ, шпалами служатъ иногда каменныя призмы. Призмы эти укладываются на разстояніи отъ 1 до 1,5 метр прибезпитательно: 0,3 × 0,3 × 0,2 метр а на поворотахъ 0,6 × 0,6 × 0,3 метр (черт a). Прикрѣпленіе рельсовъ къ такимъ шпаламъ производится посредствомъ болтовъ, концы которыхъ послѣ закладки въ углубленія шпалъ заливаются свинцомъ. Движеніе по дорогѣ съ каменными шпалами неудобно всѣдствіе рѣзкихъ и сильныхъ толчковъ; поэтому шпалы эти оставляются и перешли къ деревяннымъ. Вслѣдствіе одного было замѣчено, что толчки, а слѣдовательно и неудобство ѣзды по каменнымъ шпаламъ происходятъ главнымъ образомъ отъ того что стыки рельсовъ были сдѣланы надъ шпалами. Когда стыки устраиваютъ между шпалами (стыки на весу) толчки, замѣтно уменьшаются. Происходитъ это отъ того, что конецъ рельса, при переходѣ колеса съ одного рельса на другой, можетъ прогибаться, ударяя шпалу и уменьшая такимъ образомъ ударъ. Несмотря на это усовершенствованіе каменныя шпалы употребляются лишь въ исключительныхъ случаяхъ или предпочитаютъ деревянныя. Наиболѣе пригодно для шпалъ такое дерево на которое спросъ не можетъ быть слишкомъ великъ; всего лучше употребляютъ ель, дубъ и сосну. Для увеличенія долговѣчности ихъ пропитываютъ антисептическими веществами. Деревянныя шпалы бываютъ продольныя и поперечныя. Продольныя удобны тѣмъ, что подшиваются рельсы по всей длинѣ, но поперечныя скорѣе достигаютъ нѣкоторой ширины пути.

Поперечныя деревянныя шпалы.

Длина шпалъ отъ 1,15 саже (8 футъ) до 1,25 саже.. Когда шпала на бревна не болѣе 5½ верш. то его обыкновенно обтесываютъ съ двухъ сторонъ (черт 133) такимъ образомъ, чтобы толщина ея посрединѣ обтесанныхъ сторонъ была не менѣе 4 верш.;

или толщиной брусья в 6 ½ верш. или расширяются книзу (чер. 134, 135). Иногда брусья расширяют на 4 части (чер. 136). Такия треугольныя шпалы употребляются иногда в Англии, но считаются неудобными всеми за недостаточную устойчивость положения. Поперечныя брусчатыя, непропитанныя, шпалы держатся на железных 5–6 лет, а на лучших сухих откосах не более четырех, пластинчатыя несколько дольше. Пропитанныя держатся до двенадцати лет. Обыкновенно ширина шпалы 20–25 см, а толщина 12–15 см. Отв. для костылей бывают на двух половинах поперечного шпалы и служат для укладки на балласт плоской стороной вниз, а на крутой вверх для забивания для рельсовых зазубрин $\frac{1}{n}$ (чер 137) с уклоном соответственно уклону рельсов ($\frac{1}{16}$ – $\frac{1}{20}$). Для правильнаго положения шпалы зарубок употребляется особый инструмент, состоящий из стержня с поперечными на концах прикрепленными пластинками с уклоном $\frac{1}{16}$ – $\frac{1}{20}$ (чер 138). Рельсы прикрепляются к шпалам костыльными подкладками; одна из них чер. 139. Выпущено 2 годных рельса применяемых к шпалам, а выпущ. 5 служащих для вырезывания костылей из шпалы, которая забракована. Костыли забиваются в шпалы сначала косо и держатся в ней одним трением. Рельс к шпале прикрепляется двумя костылями (чер 137) которые во избежание раскалывания шпалы не должны стоять друг против друга, а отстоять на две косых зарубки (чер 140). Только при стыках закругленных с внутренней стороны стыкового рельса помещаются два костыля. Опорная площадь рельса помещается два костыля. Опорная площадь рельса = 11,5 × 12 = 138 см. Принимая давление на каждое колесо 6500 кгр. получим напряжение смятия на 1 □ см. = $\frac{6\,500}{138}$ = 50, что может выдержать только крепкое дерево, но при ударах и вообще при случайных увеличениях нагрузки, которая иногда достигает 3 и более раз. раз, во избежание смятия опорной поверхности шпалы употребляются подкладки под рельсы (чер 141, 142, 143.) Въ нашем времени употребляются чугунныя подкладки и даже деревянныя, но они оказались очень непрочными; теперь совершенно употребляются почти стальныя подкладки. Расстояние шпал между собою от 0,75 до 1,2 мтр от середины до середины; на кривых они ставятся ближе, но в виду не бывают более 0,9 мтр, потому что при более значительных расстояниях удовлетворительное положение всех частей колеи поддерживается трудно и напряжения

Продольныя шпалы или лежни.

Они чаще всего обыкновенно шириною 30–35 см; высотою 17,5 см получаются от распиловки квадратной балки пополам. Делаются из твердых пород дерева, преимущественно сосны, ели, пихты, лиственницы, дуба, ясеня, бука, вяза, ильма, клена, граба, березы, осины, ольхи, ивы, тополя, липы, ореха, каштана, яблони, груши, рябины, черемухи, можжевельника, акации, сливы, вишни, черешни, рябины, калины, бузины, шиповника, малины, ежевики, смородины, крыжовника, барбариса, облепихи, жимолости, бересклета, волчьего лыка, плюща, хмеля, ломоноса, повилики, вьюнка, ежевики, ежевики, ежевики

стыковых, опираясь друг на друга на расстоянии 0,75–0,9 м. В последних случаях применяются обыкновенно к железно-стыковым брусья шириной 16–20 см и толщиной 3 см. на которых укреплены подошвы. Для сохранения ширины пути и единичности железо между собою поперечинами (чер. 144, которых расстояние друг от друга бывает от 5–6 см железом наиболее неудобно что трудно отвести воду изо шпоночных вырезов между железами. В настоящее время они употребляются почти исключительно на хорошо подготовленных грунтах, а иногда на деревянных мостах. Различаем поперечин: длина 2,1 м. ширина 16 см. высота 9 см.

Железная шпала.

Распространение железных шпал относится к новейшему времени, в сравнении 1862 году они появились в Бельгии. Существующих типов подобных шпал, но мы здесь опишем только более употребительные. 1) Система Вантерена (Vanterin) появившаяся в Франции (чер. 145а) 2) Система Гейндля (Heindl) (чер 145б) 3) Система Гавлиана (Haarman) (чер. 145с). Шпалы эти получаются ковкой по нужную форму, чтобы дать соответствующий уклон рельсу, но шпал вредит для них прочности, а потому для этой цели употребляются подкладки. Чер 146 таб. 14 представляет укрепление рельса без подкладок; чер. 147 укрепление рельса с подкладкой. Чер 148 тоже представляет способ соединения рельса к шпалк

Железная продольная шпала.

Система Гильфа (Hilf) - форма съемки и укрепление рельса описано на чер 149. Как закруглениях эти шпалы не выгибаются, но однако, для радиусов закруглений от 300–2000 м. для них должны быть заготовлены просверливаются при помощи 5 рельсовых шаблонов. В расстоянии 3 м. идут железные шпалы, соединяющие правильность рельсы. Рельс в системе Гильфа имеет двойной несколько рельса. Система Баркаус (Barlow) представляет собственно рельс (чер. 150) длиной 5,5–6,0 м.; на этих же рельсах соединяются при помощи закладок через каждые 600–700 м/м. Противоположные рельсы соединены уголками. Для большой прочности эти рельсы получают следующие недостатки: 1) Отверстия в этих рельсах при их значительной толщине заготовляются, 2) при клепании головки находящиеся брусья и 3) часто при употреблении подкладок рельсов в середине головки рельса образуются продольные трещины. Система Шеффлера (Scheffler) (чер. 151). Эта система отличается употреблением деревянных рельсов, расположенных прямо

балластный слой, играющий роль амортизатора. Въ видахъ удобства производства работъ рельсъ фиксируется костылями; для укрѣпленія головки употребляются болты двухъ сортовъ, простые и въ соединеніи съ гайками, помѣщающіеся въ разныхъ плоскостяхъ. Поперечная связь ихъ Е образнаго сѣченія. Изолированная система Шефлера представлена на чер. 151 (а) (Система Коттанена) Изолирующія подкладки обращены въ углубленіяхъ выкружекъ рельса. На чер. 152 представлена система Daelen'a. На чер. 153 - система Hartwich'a и слѣдующія на чер. 154. Всѣ эти системы никакихъ опоръ не требуютъ, кладутся прямо на балластный слой какъ показано на чер. 155 для системы Гартвича и заливаются балластомъ слоемъ почти до верха. На чер 156 показана укладка рельса системы Фильдера.

Чугунныя опоры. Чугунныя опоры употребляются рѣдко. По системѣ Очеле онѣ имѣютъ видъ квадратной коробочки (чер 157 съ пріемникомъ вверху служащимъ для рельса. Отверстія для клиньевъ для насадки подъ коробочекъ балласта и углубленія его. Два противоположныхъ коробочка соединяются между собою поперечникомъ съ ребромъ d. Неудобство этой системы состоитъ въ томъ что поперечникъ l легко выгибаетъ, поэтому часто случаются крашеніе этихъ поперечинъ. Чтобы сдѣлать это невозможнымъ, Griffin предложилъ слѣдующее устройство. Опора имѣетъ въ планѣ эллиптическую форму съ волнообразной поверхностью. Соединеніе поперечинъ въ коробочкахъ устранено планкой образомъ, что выгибъ и смѣщеніе только устраняетъ рельсъ, но новый препятствуетъ освобожденію выгиба K. На чер. 158 представленъ новый коробочекъ.

Каменныя опоры. Камень для подобныхъ опоръ долженъ быть достаточно проченъ и хорошо противостоять атмосферическимъ вліяніямъ. Обрабатываемый камень на грубо и только верхняя плоскость на гладко Чер. а таб 12 показываетъ два способа расположенія каменныхъ опоръ. Для ослабленія ударовъ подъ рельсъ подкладываются деревянныя подкладки Рельсъ прикрѣпляется къ опорѣ костылями, которые вбиваются въ деревянныя клинья, помѣщенныя въ специально для нихъ сдѣланныя отверстія, или они завинчиваются винтами.

Балластный слой. Балластомъ называютъ верхнюю часть земляной дороги, которая образуетъ неподвижное и сухое основаніе для шпалъ и рельсовъ. Матеріалъ для балластировки долженъ не имѣть большихъ пустотъ и во внѣшнихъ легко пропускать воду, чтобы она не задерживалась и при пониженіи температуры, не разрушала балластный слой. Давленіе на грунтъ черезъ балластный слой будетъ распространяться на площадь большую площади шпалъ и тѣмъ большую, чѣмъ толще слой. Толщина балластнаго слоя зависитъ отъ свойствъ грунта земляного сооруженія его толщина подъ шпалой не должна быть менѣе: на глинистыхъ дорогахъ ..... - 20 см на второстепенныхъ съ малымъ движ. грунтомъ ..... 15 см.

на внакрестлежащих съ шир пути 1 mtr ..... 13 cm.
на внакрестлежащих съ шир пути 0,75 mtr ..... 10 cm.
Толщина верхняго слоя балласта между (шпалами) равна обыкновенно толщине шпал т.е. бываетъ около 15 cm. При исследованіи напряженія линіи наименьшаго должны обратить особенное вниманіе на тѣ мѣста, гдѣ можно будетъ получить лучшій материалъ для балласта. Самый лучшій материалъ для балласта щебень и хрящъ, такъ какъ куски этихъ камней, имѣя острые углы, хорошо зажимаются между собою и образуютъ какъ бы монолитъ. Особенно слѣдуетъ избѣгать внѣдренія округлыхъ камней. При недостаткѣ хорошаго камня можно употреблять сортированный раздробленный шлакъ, оставшееся при обжиганіи кирпича, золу паровоза; значеніе имѣетъ хорошій, однородный щебень, котораго большіе куски должны быть раздроблены сравнительно мелкій острый песокъ составленъ тоже недурной балластъ, но имѣетъ только недостатокъ, что водою размывается и раздувается вѣтромъ, причемъ засоряетъ механизмъ паровоза и буксы осей. Обыкновенно при употребленіи песка пожертвованіе со стороны щебенки или другихъ подобныхъ матеріаловъ. Чтобы изготовить и уложить данное количество щебенки, требуется въ 2 - 2½ раза больше работы, чѣмъ при употребленіи такого же количества гравія. Ширина балластнаго слоя на русскихъ дорогахъ при 1 пути не менѣе 1½ саж.; а при двухъ и болѣе путяхъ - разстояніе крайняго рельса каждаго пути до верхняго ребра балласта не менѣе 2⅜ фута.

Сопротивленіе движенію по осев. дор. Полное сопротивленіе на осев. дорогѣ, какъ и на обыкновенныхъ слагается изъ 3 частей: 1) Изъ сопротивленія треній. 2) изъ сопротивленія отъ ударовъ и сотрясеній 3) Изъ сопротивленія воздуха и сотрясеній 4) изъ сопротивленія треній воздуха о стѣнки поѣзда; этимъ послѣднимъ, вслѣдствіе ихъ микроскопическихъ размѣровъ пренебрегаемъ. Эти величины въ слѣдующемъ обозначаются: K - полное сопротивленіе; r - сопротивленіе 1 тонны вѣса (одной тонны въ килограммахъ: V скорость въ километрахъ въ часъ. T - вѣсъ поѣзда въ тоннахъ; S - вертикальная проекція передней поверхности паровоза въ квадратныхъ метрахъ. - Сопротивленіе треній, какъ извѣстно, почти не зависитъ отъ скорости и пропорціонально вѣсу; назовемъ послѣдній коэффициентъ A, тогда отъ силы сопротивленія слѣдуетъ быть выраженіе произведенія AT; - при T=1 сопротивленіе треній = A; A - сила давленія на одну единицу вѣса. Сопротивленіе отъ ударовъ и сотрясеній пропорціонально скорости и вѣсу; аналитическое выраженіе его BTv^2 гдѣ B коэффициентъ; въ силу какой-либо степени скорости, которую можно имѣть дѣло съ опытнымъ путемъ; можно также сопротивленіе воздуха можемъ быть представлено въ видѣ: CSv^2. Полное сопротивленіе K составляется изъ частныхъ: $K = AT + BTv^2 + CSv^2$. Это выраженіе дѣйствительно для горизонтальнаго прямолинейнаго пути; - для на T получимъ сопротивленіе одной тонны: $r = A + Bv^2 + \frac{CSv^2}{T}$

Villemin, Guebhard, Dieudonné производили опыты въ этомъ направленіи и дали формулу: $r = A + Bv + \frac{CSv^2}{g}$, но уже по внимательному изученію ея нельзя судить о ея правильности, такъ какъ во второмъ членѣ второй части входитъ v въ первой степени; и дѣйствительно, непрерывность ея подтверждается изъ опытовъ; она вѣрна только въ предѣлахъ тѣхъ скоростей изъ которыхъ выведены ея коэффиціенты. Значенія послѣдовательныхъ A, B и C въ формулѣ Villemin'a опредѣлены опытными путями для различныхъ поѣздовъ и приведены въ таблицѣ:

Поѣзда	v	A	B	C	Смазка.
Товарный...	12 – 32	1,65 – 2,30	0,05	—	масляно-сальная
Пассажирскій..	32 – 50	1,8	0,08	0,009	масляная.
Почтовый	50 – 70	1,8	0,08	0,006	
Курьерскій	50 – 70	1,8	0,08	0,006	
Курьерскій скор.	> 70	1,8	0,14	0,004	

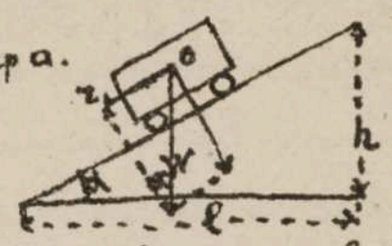
Для числа r = сопротивленія для полнаго поѣзда и содержанія дороги и скорости конструкціи вагоновъ

Для опредѣленія сопротивленія единицы вѣса паровоза слѣдуетъ брать употребленныя формулы: для 3-хъ паральнаго $r = 12 + 0{,}0044\,v^2$, для 2-хъ паральнаго $r = 8 + 0{,}0044\,v^2$

Коэффиціенты этихъ формулъ справедливы для паровоза идущаго безъ пара. Для того, чтобы сдвинуть съ мѣста поѣздъ нужно усиліе большее того, какимъ онъ можетъ быть переведенъ идучи, будучи приведенъ уже въ движеніе. На каждую тонну слѣдуетъ имѣть: для паровоза типа 20 klgr; пассажирск. 16 klgr.; для товарнаго вагона 10 klgr.; для пассажирскаго вагона 16 klg. Для пассажирскаго вагона какъ видимъ больше, такъ какъ сидѣніе на немъ, какъ и товарные. На русскихъ дорогахъ употребляютъ формулу Петрова въ которой значенія A B и C для товарныхъ поѣздовъ слѣдующія: $A = 4{,}3$; $B = 0{,}15$; $C = 0{,}01$. Для паровоза употребляютъ формулу: $r = 12 + 0{,}06\,v + 0{,}00016\,v^2$; но вѣрность ея сомнительна: въ ней, какъ, впрочемъ, и во французской входитъ 1-ая степень скорости: Franke предложилъ формулу $r = M \cdot P + M_2 T + M(F_p + F_t)v^2$ гдѣ $M = 3{,}5$ для 3-хъ паральнаго паровоза; 2,5 для 2-хъ паральнаго паровоза для вагоновъ: ($M_2 = 2{,}5$ и $M = 122{,}5$; что (M означаетъ коэффиціентъ сопротивленія, которое должно обозначаться черезъ B и C. P – вѣсъ паровоза; T – вѣсъ поѣзда; F_p – площадь паровоза. F_t – площадь вагоновъ. Площадь паровоза $F_p = 8\ mt^2$ для трехпарнаго и $F_p = 7\ mt^2$ для двухпарнаго F_t зависитъ отъ состава поѣзда. Обыкновенно берутъ для товарнаго вагона $1{,}7\ mt^2$ для каждаго слѣдующаго $0{,}5\ mt^2$ для платформы нагруженной $0{,}4$; ненагруженной $1\ mt^2$ для вагона крытаго) слѣдующаго за паровозомъ $1\ mt^2$. Если напр. составъ поѣзда таковъ, что за паровозомъ двумя крытыми вагонами идутъ платформы, изъ которыхъ вторая нагружена, а за платформами опять крытые вагоны, то площадь перваго крытаго будетъ $1{,}7\ mt^2$ втораго $0{,}5\ mt^2$ платформы не нагруженной $1\ mt^2$

(вес дуги ударения въ обѣ стороны для нагрузки 0,4 mt² сопротивление кривой 1 mtr² еще далее 0,5 mtr². Формула Франке вѣрна для всѣхъ скоростей при прямолинейномъ пути и горизонтальности пути. Для пользованія ею необходимо знать вѣсъ паровоза P, вѣсъ тендера T и его составъ.

Фиг.



Сопротивленія при подъемѣ.

Сопротивленіе вѣса при подъемѣ прибавляется къ сопротивленію (фиг а) Сопротивленіе r, подъема съ уклономъ δ выразится: $r_1 = W \sin \delta$, но незначительности δ полагаемъ $\sin \delta = tg. \delta$; $r = W tg \alpha$ или $r = W \frac{h}{l}$. Называя черезъ i сопротивленіе 1^ой тонны при подъемѣ равномѣрномъ съ скоростью 1 метръ при $W = 1$ т.; $i = 1 \left(\frac{h}{l}\right)$ тонна въ килограммахъ $i = \frac{h}{l}$. 1000 килг. Если подъемъ = 0,001 т.е. $\frac{h}{l} = 0,001$, то $i = i_1 = 1$ килг. Сопротивленіе при подъемѣ прибавляется въ килогр. къ полному сопротивленію.

Сопротивленіе на закругленіи.

Это сопротивленіе на желѣзныхъ дорогахъ значительно болѣе, чѣмъ на проѣзжихъ, вслѣдствіе о себѣ упираній сѣвъ вагоновъ. Въ вагонахъ желѣз. дор. для наилучшаго движенія колеса насажены вагонъ на ось наглухо, поэтому они во всякій данный моментъ времени дѣлаютъ одинаковое число оборотовъ. На закругленіи внѣшнее колесо должно пройти большее разстояніе при томъ же числѣ оборотовъ, какъ и внутреннее, вслѣдствіе этого внѣшнее колесо скользитъ по рельсу на протяженіи разности этихъ кривыхъ внѣшней и внутренней рельсовъ. Есть еще причина вліянія на сопротивленіе при закругленіи причина внѣцентренія, объ нихъ еще будетъ говорить впослѣдствіи. Сопротивленіе S на закругленіи обратно пропорціонально радіусу и его можно разсматривать какъ функцію послѣдняго $S = f\left(\frac{1}{R}\right)$. Reckl далъ эмпирическую формулу для сопротивленія $S = \frac{650}{R - 55}$ гдѣ S – сопротивленіе 1^ой тонны вѣса въ килогр. на кривой, а R – радіусъ кривой. При $R = 55$ формула даетъ $S = \infty$. Изъ предыдущаго видно, что полное сопротивленіе r_0 одной тонны на пути, имѣющемъ подъемъ и закругленіе опредѣляется $r_1 = r + i + s$. Часто закругленія приводятъ къ подъему, т.е. сопротивленіе закругленія выражаютъ сопротивленіемъ эквивалентнаго подъема: Подъемомъ называется закругленіе, на которомъ сопротивленіе одной тонны равно S килог. При подъемѣ въ $0,00 S$ сопротивленіе одной тонны по предыдущему равно тому S килогр. поэтому подъемъ эквивалентный закругленію будетъ $i_2 = \frac{S}{1000} = \frac{1}{1000} = \frac{650}{R - 55}$, т.е. $i_2 = \frac{650}{R - 55}$. Основываясь на такой замѣнѣ, можно найти общій подъемъ и закругленіе привѣсивъ къ прямолинейному пути, имѣющему подъемъ i одинъ подъемъ, полное сопротивленіе i_0 котораго существуетъ на

паяющимся $i = i' + i_3$. Если i_3 – предполагаемый уклон во кривой, то во кривой он равен $i' = i_0 - i_3$ т.е. предполагаемый уклон i-го кривой на i_3 меньше предполагаемого уклона во прямой. Для пользования вышеизложенными формулами необходимо знать длину паровоза и состава поезда.

Паровоз.

Движение, производимое паровозом, происходит от сцепления ведущего колеса с рельсами; оно обусловливается и слагается из сцепления, которое паровоз может проявить. Если сила сцепления $\angle R$ (полное сопротивление) по движению невозможно, ведущие колеса паровоза будут вращаться на одном месте; паровоз „буксует". Обозначим через q P-часть веса паровоза, приходящуюся на ведущую ось и через f-коэф. трения ободьев колес о рельсы, тогда сцепление, необходимое для движения: $S = q P f$, средним числом $f = \frac{1}{7}$. Когда рельсы сырые $f \angle \frac{1}{7}$. Когда рельсы покрыты песком $f \angle \frac{1}{4}$. Следовательно во прямой и горизонтальной пути сила тяги $S = \frac{q P}{4}$. Если паровоз подымает и некрутое замкнутое эквивалентивное уклоном i_3 по всей длине обратную сцепляющую $(i P + i_3 P)$ и движущая сила $S = \frac{q P}{7} - P (i + i_3)$. Из следующей таблицы дано средние для веса P паровозов и вагонов и радиусы ведущих колес

Паровозы	Радиусы колес: ведущих в m	Радиусы колес: Невед.	q	P
Курьерский	1,3 – 2,4	1/3	0,25 – 0,5	30 tn
Пассажирский.	1,5	2/3	0,66 – 0,75	35 „
Товарный	1 – 1,4		1	28 – 38
Горный	Сообразно назначению	Все ведущие	1	40 – 50
Тендер-паровоз.			1	60
Вагонъ				12 – 16
Тендеръ				15 – 20
Грузовой тендер				15 – 21.

Тендер-паровозом называется такой, у которого оси тендера сцеплены с паровозом. Из таблицы видно, что для увеличения S увеличивают P паровоза; но часто этого недостаточно, тогда: 1) всю ось соединяют с паровозом прямой штангой, длиной почти всю ведущую; на прямолинейном пути это представляет неудобства, но при покрывании такое соединение невозможно; его достоинство – сохранение Ф-лы: штанга снимает из колеса на параллельных и сохраняет прилипание соединенных колес, не нарушая передачи. 2) Система Fairlie. Паровоз и тендеру дают вид двух машин, что не совсем удобно так как две машины не могут уравниваться; производит непроизводительная затрата силы. Этим паровоз и число вагонов будет знач F_p и F_t. Можно сократ. на графике приблизительно необх. число вагонов при одном паровозе:

Уклоны	1/200	1/200	1/150	1/100	1/50
Курьерский	22	16	13	8	2,5
Товарный	11,3	8	6	3	При одном паровозе не можно иметь вагонов

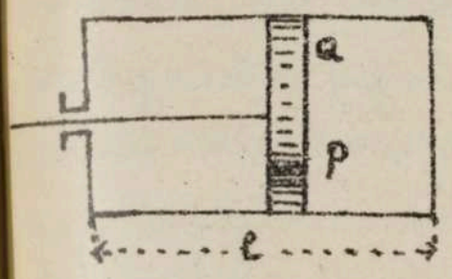
Из таблицы видно, что с увеличением уклона уменьшается число вагонов. Взяв некоторую фактическую ускоренную скорость при данном уклоне и неизменном $\delta = \frac{2P}{f} - P(i+i'_g)$ сопротивлению пути вычисляется также: $x_0 = F_x (x+i+i_g)$ Сравнивая эти выражения и замечая, что $\frac{1}{f} = 0{,}143$ получим $0{,}143\,q\,P - P(i+i_g) = F(x+i+i'_g)$ .... (m) Во выражении сопротивлений движению мы не ввели еще случайного сопротивления — силы ветра; средний ветер увеличивает сопротивление на 40% а сильный на 100% и больше. Приведенная выше формула дает возможность решать вопросы, относящиеся к данному участку, в нем неизменным по всем другим данным 1) вопрос. Какой фактический уклон можно получить дорога при минимальном радиусе R, чтобы данный поезд мог идти с данною скоростью V? Из последней формулы определяется $i+i_g$; $i+i_g = \frac{0{,}143\,q\,P - xF}{1+P}$ Обыкновенно давление не весь P паровоза, а уменьшение его веса на ведущую часть тогда: $i+i_g = \frac{0{,}143\,q\,\frac{P}{n} - x}{1+\frac{P}{n}}$ Теперь надо подставить значение x из формулы Vi'ttmi'a $x = A + Bv^2 + \frac{CSv^2}{P}$ для данной скорости v. Вопрос о существующей дороге: 2) Имея T - вес поезда? Определяется T из основной формулы (m): Вставив ее в нее x из формулы Villemi'a и обозначив $i+i_g$ через i получим: $0{,}143\,q\,P - Pi_0 = F(A+Bv+i_0) + CSv^2$ откуда $T = \frac{(0{,}143\,q - i_0)P - CSv^2}{A+Bv+i_0}$ Для A, B и C нужно брать соответствующие им значения из таблицы 3) Имея вес паровоза P для данного участка T по скорости v по дороге с i max и R min? Из формулы (m) получим: $P = \frac{F(A+Bv+i) + CSv^2}{0{,}143\,q - i}$ 4) Имея скорость v при всех прочих данных? Для подъема поезда по формуле Villiman преобразованной последним числом и получаемой, представляя обозначение $x = A + Bv = 1{,}65 + (\frac{t}{10}v$ в основную формулу: $v = 20\{(0{,}143\,q - i_0)\frac{P}{S} - i - 1{,}65\}$ Для скорости v = или 32 до 50 километров в час: $v = \frac{x}{q}T + 4{,}714\sqrt{(0{,}143\,q - i_0)P - (1{,}80 - i_0)S + 0{,}0355\,F}$ Для скорости v = или 50 до 70 километров в час: $v = -\frac{x}{q}T + 5{,}75\sqrt{(0{,}143\,q - i_0)P - (1{,}80 + i)T + 0{,}0536\,T^2}$ Для скоростей v = или 70 до 80 километр. в час: $v = \frac{x}{q}T + 7{,}07\sqrt{(0{,}143\,q - i)P - (1{,}80 + i_0)T + 0{,}245\,T}$ Если скорость определяется по одной из этих формул, не вошедшей в указанные пределы, то берут соответствующую формулу и снова подставляют скорость v.

Работа паровоза.

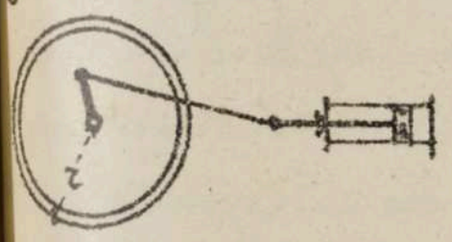
Паровоз должен преодолевать кроме сопротивления поезда также и все сопротивления самого паровоза: a) как экипажа и b) сопротивление механизма. Следовательно паровоз должен иметь больше сил сопротивления поезда, но работа, которую должна совершить машина, зависит не

сопротивлений поезда и механизма паровоза. Последнее сопротивление можно приблизительно = $\frac{1}{3}$ сопротивлений поезда и паровоза; так что полное сопротивление, которому пропорциональна работа паровоза $S_1 = 1\frac{1}{3}(P+T)(r+i+S)$ Число индикаторных сил, проявляемых паровозом во время движения обозначим через N; если скорость в час в километрах = v то секундная работа = $\frac{1000v}{60.60} S_1$ килогр следовательно $N = \frac{1000}{60.60} \cdot \frac{S}{75} N$ Р.лош. $N = \frac{1}{75}\left\{\frac{4}{3}(P+T)(r+i+S)\cdot\frac{1000}{60.60}\right\}$ лошад сил

Давление в котле паровоза. Если обозначить площадь поршня парового цилиндра через Q, а среднее давление в нем через p, то полное давление на поршень = Qp работа этой силы, за один оборот колеса = $Qp\,2l$ и для двух цилиндров = $2.Qp.2l.$ (ср b); если n число оборотов в 1', то $N = \frac{1}{75}\frac{2\cdot Qp.2ln}{60}$



откуда можно определить p в атмосферах если все измерения выражены в cm, так как атмосферное давление равняется 1 клг на 1 кв.cm. $p = \frac{N.75.15}{Q.l.n}$ Зная p можно определить нужное давление в котле по формулам машиностроения, зависящим от конструкции машины Давление в котлах бывает от 6 до 14 атмосфер и среднее давление p немного меньше давления в котле, так что если бы для p получалась величина > наибольшей цифры, то это означало бы, что одного паровоза недостаточно. В предыдущих уравнениях неизвестно число оборотов n. Пройденной скорости в клм. в 1 ч. можно определить n, число оборотов в 1m Путь (см. с стр 186) ведущего колеса (ведущего) = r, тогда при n оборотах колеса паровоз пройдет путь равный $2\Pi rn$, скорость же его в mtr. в 1m = $\frac{1000v}{60}$; следовательно: $n.2\Pi.r = \frac{1000v}{60}$ откуда находим $n = \frac{1000v}{60.2\Pi r}$ в 1 m



Количество угля и воды, потребное в движении паровоза Принимая в соображение, что на одну индикаторную силу паровоз расходует от 1,3 до 2,4 клг угля в час, средним числом 2, на N индикаторных сил получаем расход угля = $2N$ клг в 1 час; за K часов, в которые остановки все происходят, количество угля будет $C = 2NK$ клг Потребное количество воды W определяется тем, что 1 клг угля испаряет от 7 до 9 клг воды, так что $W = (7 \ldots 9)C$ Поверхность нагрева в котле паровоза бывает от 80 до 160 q mtr и среднее число приходящееся на испарение 1 Клг воды требуется от 0,1 до 0,3 q mtr нагрева Помощью этих данных можно решать приближенно задачи относительно паровоза

Конструкция земляных работ.

Осушение. **Цель отведения воды.** Вода составляет самую важную причину разрушения земляных сооружений, поэтому отведение воды, осушение, дренаж (die Entwässerung, l'assainissement, le dessechement, le drainage, the drainage, draining) должны играть в земляных работах чрезвычайно важную роль. За исключением отведения воды от верхнего строения специальное назначение дренажа главным образом заключается в следующем:

I. **Общее назначение** 1) отведение воды с поверхности земли 2) осушение расположенных от воды и грунта помощью дренажных канав, дренажных траншей, шпилек и шахт 3) отведение тех вод от подземных водоносных слоев

II. **Назначение осушения в выемках** 4) отведение жилетами воды стекающей к насыпям

съ грунта, лежащаго непосредственно подъ поломнаемъ съ откосовъ напр. 5) отведеніе водосточными желобами воды, просачивающейся изъ недръ земли или изъ нагорныхъ канавъ 6) отведеніе нагорными канавами воды, которая могла бы стекать съ поверхности земли на откосы.

III Назначеніе осушенія насыпей: 1) Отведеніе воды изъ ядра насыпи дренажными канавами, дренажными каменными слоями, каменными фашинами или дренажными трубами. 2) отведеніе по откосамъ водоотводными желобами воды стекающей съ поломнаемаго или просачивающейся изъ ядра насыпи по устроенной въ телѣ дренажной стѣнки 3) отведеніе дренажными канавами воды стекающей по косогору подъ подошву насыпи. Собравшаяся канавами либо обрывомъ вода должна быть отведена въ такое мѣсто, гдѣ она безвредна. Обыкновенно воду отводятъ въ сосѣдніе бассейны или суходолы наполненные водою только во время дождей. Незначительное количество воды иногда отводятъ прямо на поля и луга или оставляютъ въ самихъ канавахъ и бассейнахъ, разсчитывая на испареніе или же просачиваніе въ водопроницаемые слои грунта. Выборъ зависитъ конечно отъ условій мѣстности. Нерѣдко воду изъ разныхъ дренажей или стекающую просто по откосу, приходится провозить или сквозь насыпь или подъ полотномъ въ мѣстахъ для этой цѣли сдѣланныхъ водоотводахъ (трубы) или мостахъ (№ 78).

Осушеніе поверхности земли. Во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда мѣстность слегка размягчающейся грунтомъ или съ затруднительными поверхностными спусканіе необходимо принять мѣры къ тому, чтобы вода не скоплялась въ большомъ количествѣ. Съ этой цѣлью полезно планировать углубленія, которыя не дадутъ водѣ никакого стока или замедляютъ его иногда же нужно устроить отводныя канавы. Точно такое осушеніе мѣстности образующейся въ болото. Иногда въ видѣ осушенія слѣдуетъ указаться цѣлесообразнымъ отвести отъ поломнаемъ рубы, протекающія близъ дороги.

Кюветы. Дно кюветовъ (der Einschnittsgraben, der Seitengraben, le fossé de la tranchée, la rigole-latérale, the said-drain) (чер 159) должно непремѣнно быть ниже основанія балластной постели, вполнѣ достаточно если она разстояніе высотою = 0,2 mt. Обыкновенно кюветы имѣютъ глубину отъ 0,6 до 0,8 mtr; для главныхъ линій вполнѣ достаточна глубина въ 0,75 mtr. Дно кювета имѣетъ обыкновенно отъ 0,3 до 0,6 mtr ширины, въ большинствѣ случаевъ достаточно 0,3 mtr. Когда кюветъ съ одной или съ обѣихъ сторонъ обкладываютъ каменной стѣнкой, тогда ширина его по дну должна быть равна отъ 0,4 до 0,5 метра (чер. 160) Размѣры эти должны быть увеличены только въ тѣхъ случаяхъ, когда по кювету пропускаютъ значительная масса воды. Кромѣ того полезно увеличивать ширину кювета въ каменистыхъ выемкахъ съ крутыми откосами, чтобы откалывающіеся отъ откосовъ обломки скалъ не могли попадать на полотно. Кюветы должны имѣть продольный скатъ не менѣе $\frac{1}{500}$ но полезно дать скатъ скалъ этотъ больше крутымъ для предупрежденія заторовъ, вслѣдствіе малой скорости воды. Когда полотно не имѣетъ надлежащаго уклона, тогда кюветъ получаетъ гораздо большую глубину, причемъ очевидно и ширина его увеличивается. Если вслѣдствіе значительности глубины

выемки, вследствіе дороговизны отчуждений земли и т.п. увеличеніе глубины кювета можетъ обойтись слишкомъ дорого, тогда можно подъ кюветомъ выемки сдѣлать въ надлежащемъ мѣстѣ узкій продольный каналъ изъ сколь-нибудь водонепроницаемаго матеріала. Кюветы обыкновенно обдѣлываютъ дерномъ. Внѣшній откосъ кювета дѣлаютъ крутизны, одинаковой съ крутизной откоса выемки — отъ 1½ до 1¼. Съ внутренней стороны кюветъ откоса можетъ имѣть крутизну въ 1¼. При незначительной величинѣ скатовъ (1/600 — 1/100) и при значительномъ количествѣ отводимой воды, дерновать кюветы не цѣлесообразно, потому что дернъ уменьшаетъ скорость теченія воды; гораздо лучше въ такомъ случаѣ вымостить кюветы или обмазать ихъ слоемъ глины. Мостовка полезна вообще во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда вода можетъ причинить вредъ, какъ напр. въ почвѣ или галечникомъ грунтѣ. Нерѣдко обдѣлываютъ канавы съ одной стороны или съ обѣихъ камнемъ или щебнемъ на сухой кладкѣ или на растворѣ (чер. 161 и 162); въ этомъ послѣднемъ случаѣ лучше всего укладывать бетонный слой сначала на сухой кладкѣ или легко пропускающій воду. Подобная обдѣлка кюветовъ даетъ возможность уменьшить ширину выемки, а потому сократить расходы на пріобрѣтеніе отчуждаемой подъ полотно полосы земли и на земляныя работы. Иногда въ обдѣланной откосъ кювета съ внутренней стороны оставляютъ отверстія и тогда дается свободный стокъ воды просачивающейся сквозь полотно дороги. Между крутымъ откосомъ кювета и выемки оставляется иногда берма, шириной приблизительно въ 0,5 mtr (чер. 159) отъ задерживающей осыпывающійся съ откосовъ матеріалъ и не дающей ему сорвать кюветъ; кромѣ того на нее складываютъ грязь при расчисткѣ кюветовъ. Когда почва основанія опасается выкрашиванія матеріала откоса и когда выемка не глубока, тогда можно не дѣлать этого берма. Равнымъ образомъ, берма теряетъ свое значеніе въ подошвѣ крутого откоса.

Нагорныя канавы. 1) Размѣры поперечныхъ сѣченій нагорныхъ канавъ производимыхъ съ нагорной стороны выемокъ (der Bankettgraben, la fosse en amont, the catchwaterdrain) весьма разнообразны, смотря по бывшимъ извѣстнымъ размѣрамъ кюветовъ; въ большинствѣ случаевъ можно ограничиться канавой въ 0,3 mtr и глубиной отъ 0,3 - 0,5 mtr. Между канавой и кромкой откоса слѣдуетъ оставлять берму шириной въ 0,5 mtr (г 163). Иногда, чтобы дать образованію канавы достаточно мѣста между откосомъ и канавой дѣлаютъ небольшой валикъ (чер. 163). Когда воды очень много, тогда можно ограничиться самымъ небольшимъ валикомъ, насыпаннымъ на край откоса (чер. 164). Во Франціи нагорныя канавы имѣютъ нерѣдко треугольное поперечное сѣченіе (чер. 165); ширина такой канавы равна приблизительно 1 mtr, а глубина 0,2 mt сравнительно обыкновенныя эти канавы хуже въ томъ отношеніи, что ихъ легче размывать и что онѣ могутъ быть хуже обыкновенныхъ, потому что передъ откосомъ не приходится дѣлать берегъ. Включеніе значительнаго количества воды хуже отводить обыкновенными канавами

ель. Въ самыхъ понижен[ны]хъ точкахъ воду изъ напор[ны]хъ канавъ отводятъ
сланками въ жлобчики 2) Канавы вдоль подошвы насыпей дѣлаютъ обыкновен-
но такія же размѣровъ, какъ и магистральныя канавы вдоль выемокъ. Между
канавой и откосомъ обыкновенно оставляютъ берму шириной въ 0,5 mtr
(чер 166); при незначительной высотѣ насыпи сложно отой бермы и не
дѣлаютъ. Когда ожидается большой значительный поперечный сжимъ
тогда выемки отъ канавъ полезно дѣлать съуженныя сообразно
подобію показаннаго на чер. 167 въ большинствѣ случаевъ достаточно
давать шир[ину] 1 mtr. 3) Надобности въ напорныхъ канавахъ
обнаруживается только тогда, когда сложность напорныхъ весьма
значительный поперечный сжимъ въ сторону выемки или насыпи и
когда сжимающія особенности таковы, что дождевая вода, или вода
изъ талыхъ снѣговъ можетъ попадать въ значительномъ количествѣ
въ выемку или подъ насыпь не успѣвъ просочиться въ грунтъ или
испариться. Когда сжимаемость грунтовъ незначительна, тогда и на-
жныхъ канавъ не дѣлаютъ.

Водосточные лотки. Площадь поперечнаго сѣченія водосточныхъ
лотковъ, отводящихъ воду поперекъ откосовъ изъ напорныхъ канавъ
отъ насыпи, съ бермы или дѣлаемыхъ канавъ, проложенныхъ въ
откосахъ выемокъ, можетъ быть незначительна, такъ какъ скорость
теченія въ нихъ весьма велика. Въ большинствѣ случаевъ достаточна
ширина 0,4 до 0,5 mtr и глубина 0,12 mtr; впрочемъ можетъ предста-
вится необходимость сдѣлать ихъ шириной въ 1 mtr. Обыкновенно лотки
обдѣлываются камнями (булыжами) (чер 169, 170) плашмя или на-
ребро; въ случаѣ плотнаго грунта кладка только цементная;
иногда для лотковъ заготовляютъ особые глиняные кирпичи. Въ
весьма плотномъ грунтѣ полезно дѣлать для отвода лотковъ
бетонную постель изъ гидравлическаго раствора (чер. 171, 172) Когда
паденіе откоса весьма велико, тогда въ откосъ сложно вдавли-
вать нѣсколько большихъ камней отвода или ихъ углублять въ откосъ
въ нѣсколькихъ сѣченіяхъ бетонную постель. За неимѣніемъ камня
можетъ употребляться для лотковъ дерево. Иногда дно лотка и дерев-
ные лотки въ особенности на откосахъ насыпей, гдѣ насыпь сидитъ
усѣлась окончательно смѣло.

Отводъ грунтовыхъ водъ.

Подъ именемъ дренажныхъ канавъ водяныхъ уроковъ (der Sickergraben, die Rigole, le rigole, to drain, the drain) разумѣютъ всякія закрытыя
сверху канавы, собирающія и отводящія воду изъ низовъ земли. По
значительной глубинѣ дренажныя канавы наз. дренажными тран-
шеями. Дренажныя канавы обыкновенно заполняются камнемъ
(каменный фашинникъ) или закладываются въ нихъ дренажныя тру-
бы (чер 173, 174) Разсмотримъ слѣдующія части составляющія часть дре-
ж. Канавы. Ширина канавы должна быть такія откосы, чтобы они
не обваливались землей и чтобы рабочій, стоя въ канавѣ, могъ

жать. Въ слабыхъ грунтахъ или, при извѣстной глубинѣ въ твердомъ грунтѣ необходимо употребленіе распорокъ. Черт. 183-бужанки а обыкновенныя брусья, расположенные вдоль канавы; р-распорки между продольными брусьями; С-доски, забитыя въ землю и опирающіяся на продольные брусья; онѣ предохраняютъ землю отъ обвалованія

2) Подошва. При устройствѣ каменнаго фашинника можно класть камни на дно канавы, если только грунтъ достаточно твердъ и не размывается отъ воды, въ противномъ случаѣ производится мощеніе дна изъ камней (черт. 175) или еще лучше кирпичемъ (черт. 176, 177) Устройство послѣдняго изъ водравлическаго раствора (черт. 176) оказывается полезнымъ только въ тѣхъ случаяхъ, когда грунтъ весьма легко размывается, какъ напр. обыкновенная глина Иногда покрываютъ дно канавы болѣе мелкой бучатой черепицей а иногда ограничиваются укладкой слоя хвороста, который весь затягивается илоломъ и помогаетъ защищенію канавы отъ размыванія. Ширина подошвы зависитъ отъ количества протекающей воды, для дренированія трубъ въ одинъ рядъ достаточна по низу ширина 0,06 mtr (черт. 178); такія канавы копаютъ особыми дренажными лопатами; при укладкѣ двухъ или трехъ рядовъ трубъ достаточна ширина по низу въ 0,12 mtr. При заполненіи канавъ каменьями ширина ихъ по низу не должна быть менѣе 0,25 и 0,30 mtr (черт. 175-177.) Размѣры кирпичей употребляемыхъ для подошвы дна канавы, опредѣляютъ ширину дна. Приспособленія показаны на черт 176 177. и при ширинѣ кирпичей въ 0,10; 0,12; 0,14 mtr ширина канавы по дну оказывается равной 0,25-0,30-0,35 mt Въ болѣе глубокихъ траншеяхъ гдѣ выводныя работы требуютъ, чтобы дно было не уже 1 mtr (приблизительно) что за рѣдкими исключеніями достаточно для отведенія значительнаго количества воды. Дно въ дренажныхъ канавахъ получаетъ уклонъ = $\frac{1}{100}$ При отведеніи воды съ поверхности плохо сцѣпляющей глины, необходимо углубленіе канавы въ глину по крайней мѣрѣ на 0,3 mtr.

3) Заполненіе канавъ Лучшій матеріалъ для заполненія канавъ есть крупный, крупный булыжникъ и крупный гравій; самые подходящіе размѣры камней – это отъ 5-6 cm. Понятно что любой битый камень тѣмъ болѣе годится, но онъ предотвращаетъ воду нѣсколько болѣе затруднительно движеніе. Земляныхъ примѣсей не слѣдуетъ допускать ни при какихъ условіяхъ. Битый кирпичъ и глина тоже очень пригодны. Съ боковъ лучше всего засыпать болѣе мелкій матеріалъ; онъ предупреждаетъ заиливаніе фашинника илоломъ. Заполненіе должно быть доведено до такой высоты, которая заключала бы въ себѣ всю площадь осушаемаго дна; слой камня никогда не долженъ быть менѣе 0,25 mtr. Когда заполненіе проводящихъ матеріаловъ трудно пропускающимъ воду напр. глиной, гравій, (мелкій) тогда для облегченія собиранія воды укладываютъ дренажныя трубы; дешевый для этого камень въ низу устраиваютъ ложки при заполненіи камнемъ (крупный булыжникъ или д.) За недостаткомъ камня иногда заполняютъ канавы просто хворостомъ или хворостомъ иногда только слегка

рівномѣрно заполняющихъ всю канаву, а иногда только верхнюю часть ея, которая собираетъ сравнительно гораздо меньшее количество воды. Осыпаясь довольно долго сохраняется основаніе постепенно въ скрытыхъ фашинахъ или быстро заполняющихся водою. Гораздо лучше употреблять тяжелыя фашины наполненныя булыжникомъ или хрящемъ Особенно полезны эти фашины для насыпей, когда требуется не только отвести воду, но кромѣ того оказать сопротивленіе неравномѣрному осадка основанія. Тяжелыми фашинами должны называться такія, чтобы одинъ человѣкъ могъ удобно справляться съ одной изъ нихъ; ихъ длина отъ 1 mtr до 1,2 mtr, а въ поперечникѣ 0,25 mtr. Продольный скатъ канавы не долженъ быть менѣе $\frac{1}{100}$; полезно дѣлать его болѣе крутымъ. Слѣдуетъ избѣгать перекосовъ въ скатахъ потому что въ нихъ часто осаждается ил; вмѣсто перекосовъ слѣдуетъ дѣлать постепенные переходы.

4) **Покрытіе канавъ** Земля которой покрываются засыпка канавъ должна укладываться въ прослойки между камнями и задерживать такимъ образомъ свободный стокъ воды; для этого прокладываемую канавку какимъ нибудь щитомъ; щитъ этотъ можетъ состоять: 1) Изъ деревянныхъ планъ (чер. 176, 177) Если канава бываетъ такой ширины, что трудно обкладывать камнями щебенью или 2) Изъ деревянныхъ планъ выръзываемыхъ по данной на самомъ мѣстѣ работы; эти планы легко раскладываются и образуютъ въ рабочую массу 3) Изъ дерна, накладываемаго травой внизъ (чер. 179) на самое обыкновенное средство 4) Изъ хвороста. 5) Изъ соломы; ее также можетъ въ каналы помѣщаемо въ 2 или 3 слоя, а изъ канавокъ связывая ихъ бичевками, удаляютъ иногда и получаютъ такимъ образомъ весьма плотное покрываніе. Дерны соломы и хворостъ очень скоро сгниваютъ, такъ что самой лучшей покрышкой оказываются каменныя плиты, если только онѣ не слишкомъ дороги

5) **Дренажныя трубы.** Дренажныя трубы изъ глиняной или обыкновенной каменной плиты въ длину 30-45 cmtr и 3-18 cmtr внутренняго діаметра толщину стѣнокъ такихъ трубъ слѣдуетъ дѣлать въ $0,45 + 0,1 a$ mtr, гдѣ a есть діаметръ отверстія. Стѣнки дренажныя трубъ должны имѣть поры; поперечность придаютъ, прилаживая къ нимъ соломы, которая, выгараетъ при обжиганіи оставляетъ поры; трубы слѣдуетъ укладывать одну за другою.

6) **Рудничное осушеніе.** Рудничное осушеніе состоитъ въ приведеніи къ отведенію воды изъ нихъ и такихъ заполняющихъ водопропускающихъ матеріаловъ. На значительной глубинѣ воду отводятъ трубами и насосами. Послѣдніе при такихъ обстоятельствахъ обходятся, вообще говоря, дешевле, но имѣютъ мѣсто только тогда, когда приходится отводить воду изъ глубины не большого водоноснаго слоя, или когда осушаемый водоносный пластъ не очень мощенъ или тянется, когда требуется отведеніе воды собранную другими дренажами. Поперечное сѣченіе

шпунтами опираются подъ условіемъ, чтобы въ нихъ могли двигаться рабочіе. Шахтамъ можно придавать обыкновенно квадратное сѣченіе; сторона этого квадрата дѣлается въ 1,5 mtr. Шпунты получаютъ квадратное или прямоугольное сѣченіе; первое съ размѣрами 1,6, 1,7 въ сухихъ грунтахъ или вообще невыгодныхъ и второе съ размѣрами: длину 1,6 вверху 0,9 mtr; въ высоту не менѣе 1,6 въ слабыхъ грунтахъ и обыкновенно длина ихъ въ такомъ случаѣ ограничивается деревянными распорами которыя по мѣрѣ опусканія грунта ставятся или на нижележащіе распорки или ставятся другъ надъ другомъ (черт. 180, 181, 182) Шпунты устраиваютъ такимъ образомъ. Сперва ограничиваютъ грунтъ; затѣмъ обшиваютъ доски сверху и съ боковъ (а иногда и снизу) чтобы не обваливалась земля. Внизу въ грунтъ на прилегающей меньшей длины доскѣ, ставятъ рамку и снова обшиваютъ доски и такъ далѣе. Изготовленіе получаемыя такимъ способомъ см. черт. 183
суть С- доски, а и в - продольныя и поперечныя брусья рамы. Шпунты эти часто заполняютъ щебнемъ или щебнемъ. Въ первомъ случаѣ послѣ опусканія на дно шпунтъ подъ водой ихъ заполняютъ мелкимъ камнемъ (черт. 184, 185) а въ послѣднемъ укладываютъ на дно фашинный тюфякъ (черт. 186) Когда шпунтъ предназначается не къ тому, чтобы не впускать въ боевое или иное помѣщеніе откачиваемую изъ него воду, тогда въ шпунтъ можно дѣлать каменныя наброски (черт. 185, 187) Нерѣдко выпрыгающая изъ водоносной сѣти на разстояніе выливается, тогда получаютъ шпунтъ-выбросъ: воду изъ верхней части (въ верхнемъ водоносномъ слоѣ) спускаютъ въ нижележащій посредствомъ шпунта.

V Конструкція откосовъ вообще.

Выборъ угла откоса. Насыпи и выемки представляютъ собою весьма часто сооруженія. Въ большинствѣ случаевъ откосъ выемки опредѣляется высотой или глубиной ея, шириной полотна и угломъ откоса. Высота или глубина зависятъ отъ высоты положенія полотна и при опредѣленіи ея, главное вниманіе обращаютъ на то чтобы расходы были доведены до minimum'а. Этотъ вопросъ разсматривается въ связи съ проэктировкой. О ширинѣ полотна говорится въ главѣ о верхнемъ строеніи. И такъ остается разсмотрѣть вопросъ объ откосахъ и въ особенности объ углѣ откоса отъ котораго главнымъ образомъ зависитъ устойчивость земляного сооруженія. Для выбора угла откоса или иначе всѣмъ извѣстна слѣдующія обстоятельства:

Трѣніе. Для сухихъ земель коэф.-тъ трѣнія измѣняется очень много и именно въ предѣлахъ 0,6–1,1. Мелкій песокъ представляетъ наименьшій углованные и угловые камни - наибольшій коэфтъ трѣнія, вода уменьшаетъ трѣніе; впрочемъ для глинъ, нѣкоторыхъ глинистыхъ суглинковъ, трѣніе весьма мало уменьшается отъ воды, для глинистыхъ же материаловъ грунтовыя воды значительно уменьшаютъ трѣніе и тѣмъ больше чѣмъ глина. 2) **Сцѣпленіе.** Какія бы ни были утилизированія не покрываютъ

осадков въ насыпяхъ и проявляется нѣкоторое сдвиганіе, но на сдвиганіе разсчитывать нельзя, потому что сдвиганіе грунта обнаруживается большей частью по нѣкоторой глубинѣ вслѣдствіе чего въ выемкахъ откосы могутъ быть круче, нежели въ насыпяхъ. Пески и граній обнаруживаютъ даже и въ выемкахъ весьма слабое сдвиганіе, такъ что въ такихъ выемкахъ нельзя увеличивать крутизны откосовъ. Въ вышеуказанныхъ породахъ сдвиганіе бываетъ весьма различно; смотря по сложенію, породы эти могутъ быть рыхлыми и конгломератами. Бѣлая и обыкновенная глина обнаруживаетъ весьма значительное сдвиганіе такъ что въ сухомъ видѣ откосы ихъ могутъ быть очень крутыми. Грунтъ пріобрѣтаетъ на нѣкоторой глубинѣ большую твердость, такъ что одинъ и тотъ же откосъ, сложенъ частью по разной глубинѣ разную крутизну.

3) Сотрясеніе. Подъ сотрясеніемъ разумѣемъ сообщеніе насыпи ослабляющаго ее теченіемъ времени сдвиганіе между частицами земли и удерживающаго до нѣкоторой степени уголъ откоса, такъ какъ отъ сотрясенія частицы земли приходятъ на поверхности откоса въ самое первоначальное положеніе и скатываются внизъ. Чѣмъ сотрясеніе сильнѣе, тѣмъ менѣе должно быть откосъ. Но обыкновенныя дороги сотрясенія слабыя, чѣмъ на желѣзныхъ дорогахъ, а потому откосы ихъ могутъ быть круче. Далѣе на желѣзныхъ дорогахъ при скоромъ движеніи поѣздовъ откосы могутъ быть круче, чѣмъ при большой скорости.

4) Высота. Для высокихъ насыпей высота не оказываетъ вліянія на крутизну откоса; это объясняется весьма просто тѣмъ что давленіе сверху вызываетъ сопротивленіе по всѣмъ увеличеніямъ высоты откоса, но въ той же самой возрастаетъ и сопротивленіе тренію скольженію.

5) Нагрузка. При рыхлой землѣ безъ сдвиганія полезная нагрузка не оказываетъ вліянія на уголъ откоса, потому что треніе въ поверхностныхъ сложеніяхъ и въ тѣхъ частяхъ сложенія увеличивающихся въ одинаковой степени, если къ тому матеріалъ земли сдвиганія, то нагрузка не сообщаетъ увеличенія сдвиганія въ поверхностныхъ сложеніяхъ, а потому, при дальнѣйшихъ увеличеніяхъ нагрузки, для равновѣсія необходимо увеличеніе всѣхъ сопротивленій трѣнія увеличиваетъ крутизны откоса.

6) Вода, просачивая въ землю, уменьшаетъ какъ сдвиганіе, такъ и трѣніе, потому крутизна откоса должна быть положе чѣмъ была сухая земля. Отъ большого количества воды въ глинѣ или пескѣ, на глинозему и обыкновенную глину. Вымываніе откоса струящейся водой или сухой водой и должна быть крутизна и если не принимать мѣръ предосторожности, то такіе откосы могутъ, далѣе при значительномъ обваливаніи вслѣдствіе теченія вслѣдствіе ударовъ волнъ и льда и вслѣдствіе быстраго паденія горизонта воды.

7) Морозъ ослабляетъ сцѣпленіе земляныхъ частицъ съ поверхности, почему замерзшая масса земли увеличивается въ объемѣ.

8) Вывѣтриваніе главнымъ образомъ уменьшаетъ сцѣпленіе, чему способствуетъ смачиваніе водой и морозъ; кромѣ того вывѣтриваніе увеличивается отъ дѣйствія воздуха и растительности. Въ камняхъ, подвергающемуся вывѣтриванію, въ особенности въ мѣрзломъ, мерзлотномъ и весеннемъ и въ глинистыхъ сланцахъ сцѣпленіе не слѣдуетъ придавать особеннаго значенія

9) Покрытіе откосовъ одеждой. Покрытые одеждой откосы должны быть болѣе крутыми: 1) потому что весь одеждой откладывается сопротивленіе сползанію земляныхъ массъ (сыпучая) 2) потому что при сползаніи земляной массы должна сперва разорваться одежда (дернъ, плетень). 3) потому что при сползаніи откосъ часть подошвы сперва приподнимаетъ (сыпучая) Наименьшее дѣйствительной откладывается въ этомъ отношеніи дерновая одежда, наибольшее дѣйствительная - булыжная сыпучая. Кромѣ того одежда защищаетъ откосъ отъ вредныхъ дѣйствій воды и воздуха, а вмѣстѣ съ тѣмъ и отъ воды, мороза и вывѣтриванія. На шоссированныхъ земляныхъ дорогахъ, какъ вѣнскихъ, такъ и нашихъ, принято поступорные откосы, на двухъ лѣсъ, въ особенности на французскихъ нашихъ принимаютъ поступорные откосы-въ вѣнскихъ въ 1:4 основанія на единицу высоты, наши единичные. На шоссированныхъ дорогахъ, смотря конечно, по свойству материала, нашими тоже принято откосы въ 1:4. Иногда крутизна откосовъ обусловлена высотой, напримѣръ на шоссированныхъ французскихъ и бельгійскихъ дорогахъ; при высотѣ до 4 mtr откосы единичные, при высотѣ отъ 4-8 mtr - 1:4 основанія на 1 mtr высоты; при большихъ высотахъ поступорные (черт. 186) Тоже такіе на шоссированныхъ австрійскихъ дорогахъ при высотѣ отъ 0 до 3 mtr откосы насыпей одѣланы въ 1:4, а при большей значительной высотѣ поступорные (черт. 189) Въ гористыхъ странахъ въ скалистыхъ породахъ можно дѣлать единичные откосы и даже до 1/3 основанія на 1 mtr высоты, а въ плывучихъ скалахъ отъ 1/6 основанія на 1 высоты и до вертикальныхъ. Вообще не слѣдуетъ дѣлать слишкомъ крутыхъ откосовъ, потому что крутые откосы весьма часто сползаютъ и поводятъ къ сильнымъ оползаніямъ грунта и почвы и такихъ обвалахъ въ перекопку обходится дорого и требуетъ употребленія поперечныхъ откосовъ при первоначальномъ производствѣ работъ

Берегъ. Иногда откосъ дѣлаютъ ступенчатымъ, при чемъ больше или менѣе горизонтальныя поверхности, ограничивающія два смежные откоса называются берегами.

Горизонтальные берега закрѣпляются въ слѣдующемъ: 1) берегами задерживаютъ паденіе снежинокъ по откосу воды, уменьшаютъ скорость ея и такимъ образомъ уменьшаютъ вредное ея дѣйствіе

2) Берем удерживающий скапливающуюся с поверхности откоса
частицы земли и предохраняющий такимъ образомъ водяные струи
канавки отъ засоренія. 3) Берем облегчающій ходьбу по откосу
что весьма важно при исполненіи его. 4) Берем облегчающій
разсадку дерновъ по откосу. 5) Берем долженъ одеждой покрываемой
ею откосъ какъ напр.: уступы или площадки несколько не
подвергаемые опасности точекъ. Недостатки берем заключаются
въ следующемъ: 1) При рыхлыхъ грунтахъ, безъ сцѣпленія, ширина полосы
отчужденія должна быть большая и кромѣ того увеличивающая объемъ
выемокъ и насыпей вследствіе чего увеличиваются стоимость работъ.
Когда грунтъ имѣетъ достаточную степень сцѣпленія, тогда условія
измѣняются. Объемъ земляныхъ работъ съ берегами завышенъ въ
этомъ случаѣ отъ средняго откоса AB (чер. 190) потому что при бер.
ахъ всѣхъ прежнихъ соображеній остается тотъ же, что и при перер.
ѣзываніи откосомъ AB, последовательные же уступы нельзя
безконечно высоко, а потому ихъ можно делать больше
крупными (чер. 191) Потому берем удобенъ въ выемкахъ, чѣмъ въ
насыпяхъ; и дайствительно большаго количіства ихъ должно быть
ко въ выемкахъ, въ насыпяхъ же ихъ почти вовсе не должно быть берем
расположенныхъ ихъ на значительномъ другъ отъ друга разстояніи
2) Берем задерживаетъ быстрый стокъ воды, отчего стало возможно
вленія на откосахъ и проникая въ глубь, особенно на насыпяхъ берем
можетъ быть причиною обвалова. Недостатокъ этотъ можно
легко устранить дренажемъ, но это стоитъ новыхъ расходовъ. Бер
мы обыкновенно горизонтальны; иногда стараются давать имъ небол
шой уклонъ впередъ или назадъ, примѣрно въ $\frac{1}{5}$ и $\frac{1}{8}$ и облегчить такимъ
образомъ стокъ воды (чер. 192, 193, 194). Въ послѣднихъ случаяхъ можно
можно давать берем продольный уклонъ въ $\frac{1}{50}$ до $\frac{1}{30}$, причемъ въ самыхъ низ
кихъ точкахъ они устраиваются въ открытые стоки, проведенные
поперекъ откоса. Весьма полезно покрывать берем деревомъ (192, 193) и
при каменистомъ грунтѣ мощеніемъ (чер. 194) Въ выемкахъ берем
располагаются одинъ другой на вертикальныхъ разстояніяхъ въ
2-4 mtr и имѣютъ ширину 0,5-0,7 mtr. Одежда откосовъ. До настоящаго
времени въ употребленіи следующіе способы покрытія откосовъ: 1) дер
новка посѣвомъ травъ или укладкой дерна. 2) Разсадка 3) посѣвъ 4) мос
вая. Предпочтеніе одежды состоитъ въ следующемъ: 1) Одежда не
волокитъ дѣлаетъ больше крупные откосы чѣмъ, при той же крупности,
пусканіе откосъ отъ смещенія 2) Одежда не даетъ водѣ просачиваться
глубь откоса и уничтожаетъ вовсе, или по крайней мѣрѣ значительно ум
ньшаетъ вредное дѣйствіе мороза и воздуха. 3) Одежда защищаетъ откосъ от
выкрашиванія и не даетъ частицамъ земли, опирающимся отъ откоса
вслѣдствіе давленія, скатываться внизъ 4) Одежда не даетъ внутрь раз
ситься атмосферной водѣ и разширять такимъ образомъ выемку.
Засѣваніе откосовъ. Для хорошаго развитія травъ нужна рыхлая
почва или черноземная почва. Когда откосъ состоитъ не изъ такой зем

тогда необходимо обнажить его слоем чернозема въ 0,15 до 0,25 и даже до 0,30 mtr. Самое лучшее пригодна подпочва для прекращения, такъ какъ послѣдняя должна быть этой самой. По горизонтальнымъ откосамъ, всѣ самые изъ скользкости, насыпной слой чернозема сносится; чтобы предупредить это проводятъ по откосу на разстояніи двухъ mtr бороздки, глубиной, приблизительно 0,20 mtr; эти бороздки имѣютъ треугольное поперечное сѣченіе (чер. 195) для обнаженія слоя воды они имѣютъ уклонъ приблизительно въ 45°. На пологихъ откосахъ напр. на полуторныхъ, слѣдуетъ не дѣлать этихъ бороздъ, такъ какъ въ бороздахъ легко застаивается вода. Въ откосахъ насыпей бороздъ не дѣлаютъ. Вмѣсто того, чтобы дѣлать бороздки, откосы прибиваютъ къ откосу горизонтальныя полосы дерна деревянными или желѣзными образующими изъ деревянныхъ плашекъ наклонныя полосы, прибитыя плашками, какъ ихъ и закопанными ихъ въ грунтъ.

Дерномъ называется тонкій слой почвы со скатомъ въ одну сторону ската откоса. Откосъ кругче единичнаго нельзя покрыть растительной землей, далѣе и на единичныхъ откосахъ земля держится весьма слабо. Откосъ засѣваютъ преимущественно травой и хорошимъ желѣзомъ. Лучше всего сѣять въ дождливую погоду, тогда случайно сѣмена посѣвы большею частію не удаляются.

Одежда изъ дерна. Откосы покрываются дерномъ, когда нужно защитить ихъ какъ можно скорѣе и когда при ихъ сооруженіи имѣется достаточное количество этого матеріала. Дернъ разрѣзываютъ на куски толщиной въ 0,07 до 0,10 mtr и длиной и шириной въ 0,25 до 0,40 mtr куски эти называются дерниками. Дерниной слѣдуетъ употреблять въ дѣло, какъ можно скорѣе послѣ того какъ они срѣзаны. Одежда дѣлается двоякимъ образомъ: 1) Дерновка плашмя: Дерники укладываются горизонтальными рядами въ перевязку (чер 196 и прибиваются деревянными плашками длиной въ 0,3 mtr. Песчаный или каменистый откосъ передъ укладкой дерна покрываютъ слоемъ растительной земли въ 0,10 до 0,20 mtr

2) Дерновка въ накладку. Дерники кладутся горизонтальными слоями одна на другую земелей къ верху (чер 197) или слоями перпендикулярными къ откосу (198) или въ шахматномъ отношеніи къ откосу (199) Послѣдній способъ можно считать самымъ лучшимъ, потому что при первомъ способѣ дерники легко сползаютъ, а при второмъ требуетъ меньше дерна. Дерновка въ накладку требуетъ больше дерна, чѣмъ дерновка плашмя но она лучше защищаетъ откосъ и ее можно употреблять даже на крутыхъ откосахъ; въ болотахъ она почти никогда не употребляется; иногда ее употребляютъ для насыпей, изъ которыхъ дерновка плашмя слѣдуетъ сильно разстраиваться или осадка; ее часто употребляютъ для исправленія обвалившихся откосовъ и для образованія земляныхъ конусовъ у мостовыхъ устоевъ. Верхній край откоса слѣдуетъ покрывать дерномъ такъ, чтобы вода, стекающая съ сосѣднихъ полей, не проса-

ливалась подъ дерномъ.

Разсадка. Кусты и деревья не должно прикасаться к поверхности досками точно быстро высыхать (черт. 200) они заслоняютъ солнечные лучи и задерживаютъ воздухъ. Поэтому въ сухомъ климатѣ разсадка не особенно цѣлесообразна, тогда какъ въ сыромъ климатѣ корни гораздо дурно, выходящіе на свѣтъ почвы или всходящіе снѣжныхъ сугробовъ и ходъ, напрягшись, кусты и деревья пускаютъ глубоко пускать свои корни, находя въ глубинѣ достаточно питанія и такимъ образомъ предотвращаютъ вредное вліяніе - такая разсадки можно считать цѣлесообразными. Въ насыпяхъ, оплывающихъ водами, разсадки запрещаются ударовъ косой и отъ недостатка такъ что пути выносятъ увеличеніе. Плетни изъ кольевъ забиваютъ въ землю и переплетаютъ хворостомъ (черт. 201) Укрѣпленіе откосовъ, связывая въ одно цѣлое весь верхній слой его) 2) отнимаетъ отъ обваловъ насыпанную въ продолженіе между плетнями разсыпчатую землю; 3) они задерживаютъ скатывающуюся по откосу частицы землю. Плетни весьма часто должны возстановляться увеличить крутизну откосовъ до одиночнаго, что нельзя было бы сдѣлать изъ-за плетней. Смотря по качеству грунта, плетневые колья должны быть отъ 4 до 10 см толщиной и отъ 0,6 до 1 метр длины; ихъ закапываютъ въ землю на 0,6 всей длины и на разстояніи приблизительно квадратно 0,3 метр. Каменную плетневой одежду обыкновенно квадратными отъ 0,1 до 0,5 метр въ сторонѣ; чтобы отдѣленіе самыя большія, тогда должны быть большіе; вообще говоря самые подосновные для сторонъ квадратныхъ камней - отъ 2 - 3 метр.

Мостовка. Каменная мостовка представляетъ самую прочную, но вмѣстѣ съ тѣмъ, въ большинствѣ случаевъ и самую дорогую одежду откосовъ поэтому мостовку слѣдуетъ дѣлать въ такихъ случаяхъ, когда требуется дать откосу возможно большую крѣпкому, какъ напр. на скалистой горѣ. Для мостовой пригодны всѣ крѣпкія горныя породы, дающія самые плитки, обыкновенно имѣющія неправильныя или сколько нибудь выпуклой формы. Въ дождливомъ климатѣ слѣдуетъ мостовую употреблять битый черепъ. Подошву мостовки необходимо обезпечить отъ сдвига; для этого слѣдуетъ брать самые большіе камни и опускать ихъ у подошвы откоса какъ можно глубже въ землю. Постель для мостовой должна быть песчаная; изъ гравія воды слѣдуетъ употреблять для этого только крупный и крѣпкій, потому что мелкій песокъ легко вымывается. На насыпяхъ мостовку слѣдуетъ дѣлать только послѣ надлежащей осадки.

Выемки.

Выемки въ скалѣ, въ карьерѣ и въ балку новыхъ породахъ. Эти грунты самые благопріятные для выемокъ, потому что откосы держатся грунтахъ не сползаютъ. Откосы эти (въ

плотно покрыть дерном или слоем чернозема канарий нужно хорошо засыпать. В песке производить водой производство работы трудно; необходимо или осушить сперва грунт или же с самого начала производить работы выемки механическими средствами (как показано на чер. 202 до канавы), выпустив быстро песок на глубину одной фашины; закладывают фашину; или этого гарантирует воды сразу понизились; затем выпускают песок слоем в глубину одной фашины закладывают слой одну фашину и т. д.

Возможность производства работы таким образом основана на постепенном понижении горизонта воды и на том, что пустоты фашины действуют, как небольшие контр-банкеты. Впоследствии прибывающий фашинам к низкому кольями и покрывают их разработанной землей и дерном.

Выемки в грунтах с водоносными слоями. Если количество воды незначительно, так что они сами по себе имеют право вести только небольшие поверхностные сношения, обвалов все производить только всей уверенности того, что выступающая поверхность откоса вода замерзает, тогда случае всего перерезать водоносный слой не доходя до поверхности откоса на такой глубине, чтобы вода не замерзала (приблизительно 0,6 mtr.) и устроить в этом месте дренажную канаву (чер. 203)

Если откосе перерезывают несколько таких водоносных слоев, то для каждого из них нужно провести особую дренажную канаву. Когда слои лежат близко один от другого или когда из одного из слоев лежащего на нижнем вода просачивается в другой слой, тогда обычно проводят только одну канаву в самом нижнем водоносном слое, а каменное заполнение канавы доводят до верху (чер 204) В больших двух случаях водоносных слоев эти мероприятия удовлетворительно. Когда сколь жий слой имеет большой уклон или когда он очень сколь зок по причине или по чей нибудь массы, или когда лежащая над ним масса земли имеет слишком сильно разложена, тогда описанный прием недостаточен. Почему, потому что сопротивление поверхности скольжения позади дренажной канавы не достигает полной величины. В этом случае следует употреблять следующие средства

Устройство дренажной канавой, проведенной на значительном расстоянии от выхода водоносного слоя на поверхность откоса (чер. 205) так чтобы пересечь осушаемый на значительную ширину АС от откоса. Таким образом осушенная масса земли СДЕ образует естественный контр-банкет. Чтобы падение слоя было и таким образом лежащий над поверхностью скольжения массы было больше достаточно быть расстояние от край выемки до дренажной канавы. Дать определенную норму для этого расстояния невозможно, а должно руководствоваться, чтобы не было слишком велико, чтобы слишком мало

В существующихъ сооруженіяхъ расположенія эти колеблются въ предѣлахъ отъ 10 до 60 mtr. 2) На нѣкоторыхъ дорогахъ, особенно во Франціи въ большомъ употребленіи искусственные контръ-банкеты изъ утрамбованной земли; подошву этихъ контръ банкетовъ дѣлаютъ съ подъемомъ въ 1:10 въ сторону выемки (чер. 206) Если при такомъ устройствѣ подошва контръ-банкета оказывается слишкомъ широкой, то слѣдуетъ ее разбить на нѣсколько уступовъ (чер 207.) Когда выемка перерѣзываетъ нѣсколько поверхностей сползанія, тогда слѣдуетъ у каждой изъ нихъ сдѣлать по отношенію ту СД (чер. 207) Для контръ-банкета можно въ большинствѣ случаевъ брать тутъ же земли, которая вынута изъ выемки. Банкетъ отдѣленный отъ естественнаго грунта дренажемъ изъ сухой каменной кладки или изъ тяжелыхъ фашинъ; дренажъ этотъ устраивается выше въ склонѣ, чтобы банкетъ оставался всегда сухимъ. Искусственный банкетъ дѣйствуетъ лучше естественнаго; это зависитъ отъ того, что подошва его остается всегда сухой и нѣтъ опасности подъема. Усиліе, съ которымъ земляныя массы двигаются по поверхностямъ сползанія, обыкновенно столь незначительно, что достаточно бываетъ небольшихъ банкетовъ, чтобы его удержать. 3) Впередъ требуется предупреждать сползываніе земли расположенной надъ скалой.

Когда поверхность скалы сухая, тогда, даже при значительномъ уклонѣ не бываетъ движенія (чер. 208) Когда уклонъ слишкомъ великъ, или когда поверхность скалы мокрая, тогда приходится дѣлать каменный контръ-банкетъ (чер. 209) погруженный нѣсколько въ толщу скалы. Вообще говоря выемка банкета должна быть сдѣлана сравнительно съ толщиной пласта земли. Впередъ достаточно бываетъ довольно низкой каменной стѣнки нѣсколько погруженной въ скалу и снабженной отверстіями для свободнаго стока воды.

Выемка въ размягченномъ грунтѣ. Обыкновенная и горючая глина, смѣшанная съ валунными породами, встрѣчается въ природѣ иногда въ совершенно размягченномъ видѣ. Степень размягченія грунта бываетъ весьма различна; въ зависимости отъ этого и средства, которыя приходится употреблять, чтобы предупредить движеніе земляныхъ массъ бываютъ различны.

1) **Очертанія откосовъ.** Откосы изъ размягченнаго грунта получаютъ вслѣдствіе обваловъ и сползновъ, значительную, сравнительно крутизну сверху и снизу, тогда какъ средняя часть ихъ бываетъ очень пологая. На основаніи этого Гекстеръ (Hexter) предлагаетъ давать такимъ откосамъ сразу, при постройкѣ соотвѣтственную форму съ тройной пологостью: снизу давать двойной подъемъ въ средней части подъемъ въ высотахъ на 5 основаній, а сверху - полуторный (чер. 211)

Дренажъ поверхности откоса. При незначительной подвижности грунта его достаточно бываетъ высушить дренажными кордванами или дренажными трубами или весьма тонкій слой поверхности откоса. Для этого прокапываютъ поперекъ откоса на разстояніяхъ отъ 3 до 6 mtr канавы АВ глубиной отъ 0,8 до 1,1 mtr (чер. 2[illegible] и выпускаютъ ихъ снизу въ продольную канаву А. Иногда вмѣсто поперечныхъ дренажныя канавы (чер. 213) водятъ зигзагъ канавъ срѣзаетъ по нѣсколькимъ поперечнымъ канавамъ въ кювет[illegible]

Глубокіе дренажи. Въ современномъ размѣщеніи грунтъ приходится углублять дренажи весьма значительно. Иногда этого удобно бываетъ на извѣстныхъ горизонтальныхъ разстояніяхъ одна отъ другой скважины и вставляютъ въ нихъ дренажныя трубы. Трубы эти собираются надеревянной планкѣ и такимъ образомъ вставляются въ скважины, нижніе оканчиваютъ въ скважину помощью углубленія надѣтаго на стержень бура. Вслѣдствіе дороговизны, пріемъ этотъ употребляется очень рѣдко. Если какая нибудь водопроницаемость грунта прокапываютъ надъ краемъ выемки С узкую но глубокую канаву D (чер. 214) а подъ кровлей прокапываютъ болѣе спѣшную канаву F и выкругливаютъ такимъ образомъ призму AFEDC такъ что получается серединный контръ-банкетъ.

Каменные контрфорсы. Контрфорсы изъ сухой каменной кладки служатъ частію опорами а частію дренажами. Иногда приспособляютъ ихъ нарочно въ видѣ обыкновенныхъ, иногда только одинъ изъ нихъ. Какъ опорамъ контрфорсы дѣйствуютъ своею высотою, на подобіе подпорныхъ стѣнъ, но они вслѣдствіе отношенія приносятъ большія пользы, чѣмъ подпорныя стѣны одинаковаго съ ними объема, потому что въ нихъ центръ тяжести отодвинутъ больше назадъ. Понятно, что разстояніе слѣдуетъ контрфорсами не должно превосходить такого которое предѣла зависящаго отъ подвижности грунта, потому что въ противномъ случаѣ земля расположенная слѣдуетъ контрфорсами всетаки можетъ обвалиться. Контрфорсы употребляются главнымъ образомъ въ тѣхъ случаяхъ когда земля размочена насквозь, или только отчасти, или когда приходится подпирать сухую массу земли, лежащую на размоченномъ нижнемъ. Форма контрфорсовъ бываетъ различна, ширина ихъ обыкновенно постоянна сверху до низу (чер 215) впрочемъ при довольно значительной длинѣ и когда грунтъ движется не только въ верхнихъ, но и въ промежуточныхъ слояхъ, тогда полезно ступенями уменьшать ширину контрфорса книзу (чер 216, 217) потому что при этомъ представляется большая безопасность относительно движенія земли расположенной въ промежуткахъ. Иногда контрфорсы дѣлаютъ постепенно уменьшающуюся книзу (чер. 218) иногда же въ виду предшествующихъ соображеній они тѣснятся съ задней стороны уступами, въ которые ложится удерживаемая масса земли (чер 219, 220); впрочемъ весьма часто уступы съ задней стороны дѣлаются для того, чтобы контрфорсы лучше сопротивлялись сползанію; берутъ тѣмъ меньше при этомъ небольшой скатъ впередъ (около $\frac{1}{10}$) чтобы избѣжать воды; это устройство особенно полезно, когда основаніе недостаточно обезпечено отъ бокового сползанія или когда предупреждаютъ это движеніе удерживая основаніе въ видѣ шпоръ, выходящихъ изъ подошвы контрфорсовъ. Иногда для обезпеченія подошвы выводятъ снизу сплошную каменную сухую кладку (чер 215) которая въ такомъ случаѣ можетъ служить и для отведенія воды. Когда масса земли пропитана водой только въ нѣсколькихъ мѣстахъ, тогда контрфорсы укладываются только въ этихъ мѣстахъ и отъ нихъ отводятся водособирательныя жилы. Для отведенія воды изъ горизонтальнаго водоноснаго слоя чтобы лучше подперетъ землю, полезно вывести въ видѣ стѣнъ сухую каменную кладку въ видѣ свода (чер. 217.) во всякомъ случаѣ приходится увеличивать разстояніе между контрфорсами. Нерѣдко эта кладка дѣлается ячеистой или зигзагообразной (чер. 221) Эта конструкція лучше въ выполненіи задачи но она не такъ удовлетворительна относительно передачи давленія земли. Въ современномъ

размокшемъ грунтѣ выводятъ иногда своды, чтобы предупредить сползаніе откосовъ, имѣющее между контрфорсами; смотря по надобности, дѣлаютъ своды въ одинъ или нѣсколько ярусовъ (чер 222, 223) Вмѣсто стрѣльчатыхъ сводовъ, представленныхъ на чер. 222, въ верхнемъ ярусѣ (чер. 223) лучше было бы дѣлать круглые своды. Или если пролетные сводимые имѣютъ очень низко, тогда можно дѣлать своды и безъ контрфорсовъ (чер 224) Относительно разстояній контрфорсовъ можно сказать только то, что они должны быть тѣмъ больше, а разстояніе между ними тѣмъ меньше, чѣмъ больше подвижность грунта и чѣмъ круче откосъ выемки. Въ существующихъ сооруженіяхъ разстоянія измѣняются отъ 5 до 20 mtr. ширина отъ 0,6 mtr. до толщина отъ 0,6 до 2,0 mtr.

Выемки въ твердыхъ каменныхъ породахъ. Вообще говоря, откосы въ скалистыхъ выемкахъ могутъ имѣть крутизну; обыкновенно ихъ дѣлаютъ въ $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$ основанія на 1 высоты (чер. 225.) Очень часто даже вертикальные откосы могутъ держаться, но вообще избѣгаютъ давать откосамъ такую крутизну, потому что выкрашивающіеся камни легко попадаютъ на полотно. Если въ скалѣ имѣются трещины, то приходится дѣлать болѣе пологіе откосы. Присогласномъ напластованіи породъ требуется особенная осторожность въ выборѣ крутизны откоса. Откосы, въ которыхъ напластованія имѣютъ паденіе отъ выемки въ гору (чер. 226) могутъ вообще говоря быть весьма крутыми; напротивъ, когда паденіе направлено въ сторону выемки, тогда откосъ долженъ быть иногда очень пологимъ (чер 228) Иногда каменныя плиты бываютъ раздѣлены скользкими прослойками глины, такъ что приходится давать откосамъ такую же пологость, какъ и откосамъ выемокъ въ землѣ (чер. 209) Иногда количество работъ сокращается устройствомъ ступенчатаго откоса (чер. 208 **Резервы.** Откосы резервовъ въ большинствѣ случаевъ могутъ быть круче откосовъ обыкновенныхъ выемокъ - достаточенъ бываетъ единичный откосъ. Когда имѣется наклонъ уклона по направленію къ линіи дороги: тогда необходимо пролагать канавы, чтобы вода собирающаяся въ резервъ, не имѣла вдоль линіи слишкомъ сильнаго паденія и не скоплялась бы въ какой нибудь точкѣ въ такомъ количествѣ, чтобы она могла переливаться черезъ полотно. Иногда дно резерва удобными для земледѣлія, для этого передъ началомъ работъ снимаютъ верхній черноземный слой, складываютъ его на сторону, а по окончаніи работъ покрываютъ дно резерва этой землей. Бываетъ отводъ очень рѣдко большого количества резервы невозможно устроить, но тогда необходимо пролагать канавы, чтобы въ нихъ не собиралась вода и чтобы самые резервы не обращались въ болото. Это особенно важно въ климатическомъ отношеніи для сѣверныхъ деревень. Странно очень часто не обращаютъ на это и подаютъ здѣсь поводъ къ совершенно справедливымъ жалобамъ сосѣдственныхъ жителей. Во Франціи дно резерва выкапываютъ иногда трапецоидальное, а земля изъ нихъ разравниваютъ по дну резерва и поднимаютъ такимъ образомъ его дно выше резерва (чер. 227) Такимъ образомъ 1) большая часть подлежитъ осушенію сухого 2) не имѣетъ воду, поэтому что въ канавахъ увеличивается глубина воды.

Насыпи. Въ этой главѣ мы разсмотримъ два вопроса: 1) Устройство основанія для насыпей 2) Устройство насыпей. 1) **Основанія для насыпей.** Основаніе насыпи, сей фундаментъ называется та его часть, устройство которой зависитъ отъ свойствъ грунта отъ вида его поверхности, или отъ его сложенія. Нерѣдко начинаютъ работы съ того, что описываютъ

съ поверхности земли дернъ, который полезенъ употребляемый для прикрытія откосовъ. Когда дернъ для этой цѣли непригоденъ, то снимать его механическимъ способомъ по обстоятельствамъ можетъ оказаться выгоднымъ снимать только часть дерна. Только такъ иногда поступаютъ или потому что снимая, они могутъ повѣрить за собой осадку насыпи; съ другой стороны, въ выемкахъ бываетъ выемокъ не употребляютъ въ дѣло потому что. Корчевка пней во избѣжаніе неравномѣрности осадки должна засыпаться землей и хорошенько утрамбовываться. Впрочемъ, при весьма твердомъ грунтѣ и при высокихъ насыпяхъ пользоваться корчевкой. На горизонтальной поверхности или на выемкѣ съ небольшой покатостью нѣтъ надобности дѣлать насыпи особенное основаніе. Въ каменныхъ насыпяхъ бываетъ полезно врѣзать подошву откоса на 0,6 до 1,0 mtr въ землю перпендикулярно по направленію откоса (чер. 228). Порядокъ всю подошву насыпи въ грунтъ (чер. 229) вообще говоря безполезно. Когда грунтъ очень подвиженъ, тогда можетъ оказаться надобность погрузить въ грунтъ самой подошвы откоса небольшой горокъ (чер. 230, 231) обезпечивающій подошву откоса отъ подмыва водами стекающими съ откоса.

Основаніе насыпей на наклонной мѣстности. Если поперечный уклонъ мѣстности очень значителенъ, то приходится обыкновенно приготовлять основаніе для насыпи, выкопавъ подъ него уступы, какъ показано на чер. 232 или зубья (чер. 233). Уступамъ необходимо давать небольшой скатъ внутрь отъ $\frac{1}{20}$ до $\frac{1}{15}$) чтобы облегчить отведеніе воды. Чтобы предупредить разсѣченіе зубцовъ, полезно дѣлать канавки съ продольнымъ уклономъ, а въ самыхъ пониженныхъ мѣстахъ канавокъ укладывать поперечные дренажи; это самый лучшій пріемъ. Когда верхній слой земной поверхности настолько рыхлъ, что онъ самъ легко можетъ сползти подъ давленіемъ насыпи тогда необходимо снять его хотя бы въ нижней части подошвы насыпи. При значительномъ поперечномъ уклонѣ вмѣсто уступовъ или зубьевъ, можно дѣлать контръ-банкеты (чер. 234) изъ земли съ утрамбовкой. Если имѣется каменный щебень для этого конечно лучше. Въ каменныхъ насыпяхъ достаточно обезпечить отъ сдвига подошву откоса. Смотря по величинѣ или крутизнѣ откоса, нужно дѣлать одинъ или нѣсколько зубьевъ (чер. 235, 236).

Основаніе насыпей въ грунтахъ съ водоносными прослойками. Если на нѣкоторой глубинѣ ниже подошвы насыпи обнаруживается водоносный слой то необходимо непремѣнно отвести воду. Вообще говоря работа эта не представляетъ большого труда, такъ какъ поверхность, по которой вода стекаетъ невелика. Преимущественно проводятъ съ нагорной стороны насыпи дренажную канаву (чер. 234) и такимъ образомъ осушаютъ землю подъ насыпью. Иногда полезно провести еще одну подводящую канаву выше первой, въ боковомъ значительномъ разстояніи отъ нея и обезпечить такимъ образомъ отведеніе воды. Иногда проводятъ подъ насыпью нѣсколько подводящихъ дренажныхъ канавъ, помня что канавы проведенныя не насыпи, не всегда собираютъ всю воду. Осушенная подъ подошвой насыпи земля служитъ на грунтъ нагорной стороны, какъ контръ-банкетъ. Нагорная дренажная канава только въ такомъ случаѣ обезпечиваетъ насыпь отъ сдвиганія, когда вода, оставшаяся подъ насыпью дѣлаетъ насыпи послѣ проведенія канавы можетъ достаточно свободно; слѣдующій же иногда продолжается очень долго. Если мы не терпимъ и приходится выводить насыпь раньше, то нагорная канава

полезным по крайней мѣрѣ тѣмъ, что онъ самъ бы далъ временно долгъ возможность образоваться контръ-банкету. Кромѣ изведенія воды слѣдуетъ указанная послѣдняя устроить искусственный контръ-банкетъ, который однако слѣдуетъ зарыть въ твердый пластъ (чер 234).

Основанія насыпей въ болотистомъ грунтѣ. Насыпи погруженныя въ болотистый грунтъ бываютъ или сухія, смотря по плотности болота, при которой смѣшанная съ насыпью поверхность земли въ большинствѣ случаевъ подымается (чер 237, 238, 239) Когда болотистый грунтъ покрытъ твердой корой, то первоначальная осадка бываетъ незначительна, но кора послѣ легко переломившись и погрузившись можетъ сразу погрузиться въ болото. Такія разрушенія происходили иногда только послѣ открытія движенія по дорогѣ. Въ виду этого, когда извѣстно, что подъ твердой корой есть слабый пластъ, то доводятъ осадку насыпи тѣмъ норъ, пока она не прекратится. Для этого сначала всего прокапываютъ въ дорогѣ до самой жидкой массы канавами шириной въ 0,45, 0,60 mtr съ обѣихъ сторонъ насыпи въ разстояніи отъ 1 до 2 mtr отъ откосовъ. Такимъ образомъ часть твердой коры предполагаемая подъ насыпью образующимся такимъ образомъ въ расширеніе, который скрѣпляетъ материковую насыпи и не даетъ смѣшанной части грунта подниматься ее. Погруженныя насыпи принимаютъ различныя формы, смотря по плотности болота и способу насыпки. Когда болото жидко, тогда насыпь сохраняетъ свой поперечный профиль, вминаясь въ подъ себя окончательно или большею частью болотистую массу. Когда болото имѣетъ нѣкоторую плотность, тогда погруженная въ него часть насыпи принимаетъ форму обратную сначала верхней внизъ насыпи и при этомъ насыпь погружается не такъ глубоко. Средина насыпи погружается сильнѣе, такъ что подошва насыпи принимаетъ форму выпуклую внизъ. Чтобы твердая кора, которую предполагается погрузить не разорвалась, необходимо снимать первые слои какъ можно равномѣрно по всей площади насыпи. Не слѣдуетъ возводить подобныхъ насыпей во время морозовъ, потому что тогда погруженная часть твердой коры не можетъ вертикально отдѣлиться отъ остальной своей массы, да кромѣ того дѣлаетъ возможности судить о плотности болота. Кромѣ способа насыпи существуютъ еще слѣдующіе: 1) Способъ основанія насыпи на деревянномъ ростверкѣ состоитъ въ томъ, что подъ насыпь укладываютъ рядъ бревенъ большей или сильной толщины, которыя располагаются поперекъ насыпи вплотную одно къ другому или на нѣкоторомъ разстояніи одно отъ другого; на поперечныя иногда кромѣ того накладываютъ еще продольныя бревна со врубкой въ выемку (чер 240) концы бревенъ не примыкаютъ, а проходятъ на нѣкоторомъ разстояніи одни мимо другихъ. Подобный ростверкъ можетъ быть дѣйствителенъ только при незначительной нагрузкѣ, да и тогда онъ обходится дороже нагруженія насыпи въ болото. Въ Америкѣ этотъ пріемъ употребляется чаще. Случилось, что такой ростверкъ былъ положенъ подъ насыпь, проходившую мимо озера, вслѣдствіе какой то причины ростверкъ наклонился въ сторону озера, а затѣмъ вся насыпь сползла тяжестью въ озеро. 2) Способъ песочныхъ свай состоитъ въ томъ, что въ болотистый грунтъ забиваютъ сваю, которую затѣмъ выдергиваютъ и освободившееся отверстіе засыпаютъ и утрамбовываютъ пескомъ. Этотъ пріемъ возможенъ только при извѣстной плотности болота, да и тогда онъ не такъ дѣйствителенъ и кромѣ того, дорогъ

нагрузки насыпи въ болото. 3) Способъ фашинной постели состоящій въ томъ, что кладутъ накрестъ нѣсколько слоевъ фашинъ или нѣсколько перекрестныхъ слоевъ фашинъ и песку (чер 241). Нач. первый слой положенъ поперекъ насыпи 2 м/м подъ угломъ въ 45° къ первому ряду фашинъ, 3 м/м ряд остальныя фашины, 4 м/м ряд подъ угломъ 45° къ 3 слою такъ, чтобы онѣ касались накрестъ съ 2 м/м, 5 м/м слой - поперечная фашина. Когда нагрузка не велика напр ряд обыкновенными дорогами, тогда этотъ способъ можетъ оказаться удовлетворительнымъ, а при нѣкоторой толщинѣ болота, онъ употребляется даже и на желѣзныхъ дорогахъ. Фашинная постель съ одной стороны облегчаетъ всѣ насыпи, а съ другой стороны, она представляетъ весьма важный недостатокъ который разстроиваетъ нагрузку. 4) Осушеніе болота само по себѣ тоже можетъ происходить въ связи съ одними изъ способовъ, указанныхъ въ первыхъ трехъ пунктахъ. Въ большинствѣ случаевъ, кромѣ этого оказывается необходимымъ отведеніе воды очень часто встрѣчаемыхъ весьма значительныя труды и обходится очень дорого, а отчасти и потому, что оно нерѣдко продолжается весьма долго, а время не терпитъ.

Основанія насыпей въ иловатомъ грунтѣ, покрытомъ водами озеръ. Иловатый грунтъ дна озера основаніе насыпи дѣлается почти такое, какъ на болотистомъ грунтѣ. Въ большинствѣ случаевъ иловатый дна не бываетъ покрытъ твердой корой, несмотря на это при нѣкоторой нагрузкѣ здѣсь тоже могутъ происходить иногда внезапные проваліи. Рѣдкія короткія сваи можно иногда остановивъ въ такихъ случаяхъ расположеніе насыпи въ планѣ и поперечномъ матеріалу насыпи сообразуясь съ этимъ. Во всякомъ случаѣ для правильности осадки весьма полезно насыпать насыпь по всей площади основанія, какъ можно болѣе равномѣрно. Съ наружныхъ сторонъ насыпи слѣдуетъ болѣе крупный матеріалъ, чтобы предупредить разливъ. Если можно; то нужно укладывать по бокамъ большіе камни. Иногда иловатый слой залегаетъ на твердой подошвѣ; иногда къ серединѣ озера, иногда нагрузка насыпи можетъ оголяться еще и слоевательно и если принимаютъ въ расчетъ и въ подъ основаніе всего дна, тогда устройство насыпи дѣлается невозможнымъ. Переходимъ теперь къ разсмотрѣнію второго вопроса

V Конструкція насыпей.

Матеріалы насыпи. Для насыпей можетъ быть употреблена всякая земля лишь бы она была суха и была обезпечена отъ размоченія. 1) Песокъ, сухой и сыпучій представляетъ самый лучшій матеріалъ для насыпей, хорошо тотъ и другой весьма мало задерживаетъ воду не разбухаютъ, весьма мало садятся, если только будетъ смѣшанъ съ глиной. Примѣсь матеріалъ можетъ основаніе откосовъ. Самый мелкій песокъ, называемый плывучимъ, легко разсыпается и увлекается внутрь - его необходимо покрывать слоемъ чернозема или тоже покрывать одеждой изъ сопчарной или обыкновенной глины. Торфъ можетъ быть употребляемъ только въ сухомъ видѣ. Чтобы предохранить торфъ отъ пожара, его необходимо покрыть слоемъ другой весьма мало-водной не слежалой отъ 0,3 до 0,5 mtr; выгодно этотъ матеріалъ производится употреблять весьма выгодно. 3) Черноземъ глина и разсыпающаяся до мелкаго порой

сменени и садится более чем песка, гравій и булыжника, но онъ все таки слишкомъ
быль употребленъ для насыпей при постройкѣ полезно употребленный
материалъ. 4) Обыкновенная глина не особенно пригодна для насыпей - она
легко размывается отъ воды, долго ее задерживаютъ нѣсколько садится. Употреб
лять и глину приходится за неимѣніемъ другой земли, но въ такомъ слу-
чаѣ необходимо предупредить непосредственно дѣйствію на нее воды одежды
или другимъ способомъ. Сухой насыпи, имѣющей непосредственно подъ полот-
ном всю дѣлать изъ водопропускающаго матеріала. Способность глины
вмѣщивать въ себя огромное количество воды и разбухать отъ этого и бы-
ла причиной Кужуевской катастрофы 5) Гончарная глина для насыпей более при-
годна чѣмъ обыкновенная, потому что она не такъ легко размывается, но при на-
сыпяхъ ея образуются большія пустоты, такъ что осадки такихъ насыпей
продолжаются въ теченіе многихъ лѣтъ. Кромѣ того въ пустотахъ глина соби-
рается значительное количество воды, которая обезпечиваетъ глину слѣдую-
щей причиной обвалъ. Если возможно, то слѣдуетъ выводить насыпь слоями
глины и рыхлаго матеріала, напр. песку, хрящу и пр.; тогда и рыхлый
матеріалъ заполнитъ пустоты. Этотъ способъ ослабитъ осадки, но не
уменьшитъ склонности къ обваламъ. Иногда, чтобы предупредить обвалъ
дѣлаютъ ядро насыпи изъ глины, а откосы изъ сухого матеріала, но ядро
ядро необходимо дѣлать съ уступами. (гер. 242)

Насыпи изъ мягкаго камня. Камень, выбираемый изъ мягкаго камня, об-
саживается довольно долго весьма крутыми откосами, иногда вымораживаніе отко-
сам постепенно очень долго бываетъ более пологими и осадки продолжаются
очень долго, потому что вымораживающіеся камни заполняютъ свѣжіе слу-
чаи пустоты между собой. Въ такихъ насыпяхъ тоже постепенно запол-
нятся пустоты более мелкимъ матеріаломъ. Уменьшеніе крутизны откосовъ способ-
ствуетъ предупредить одежды изъ дерна. Если камень (напр. глинистый сланецъ, сперрель)
при вымораживаніи даетъ плодородную почву, то слѣдуетъ всѣмъ дѣлать от-
косы съ самаго начала достаточно пологими, а иногда и засѣвать ихъ. Иног-
да обкладываютъ каменные откосы тонкимъ слоемъ чернозема, отчасти чтобы слу-
жащимъ защитить камень отъ вымораживанія, а отчасти и въ виду того, что земля-
ные откосы легче держатся въ порядкѣ, чѣмъ каменные. Съ этою цѣлью сухо-
насыпи дѣлаютъ иногда съ уступами (гер. 243)

Насыпи изъ твердаго камня. Твердые камни представляютъ превосходный
матеріалъ для насыпей потому что они даютъ возможность дѣлать откосы крутые
но крутыми и потому что они весьма слабо садятся; но такъ какъ этотъ ма-
теріалъ слишкомъ дорогъ, то его употребляютъ для насыпей только въ слѣдующихъ
случаяхъ. 1) Когда изъ выемокъ добывается такое значительное количество кам-
ня, что оказывается выгоднѣе въ немъ, нежели сложить откосы
подъ рукой весьма слабо. 2) Когда требуется дать откосамъ возможно большую круто-
ту. Это бываетъ случается: а) на крутыхъ горныхъ спускахъ потому что въ такихъ
случаяхъ длина откоса можетъ оказаться чрезмѣрно большой б) когда откосы
омываются водой, и когда пологій откосъ можетъ слишкомъ стѣснить теченіе. с) въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ какими нибудь сооруженіями, откосы
которые оказываются неудобными, напр. улицы, дома и пр. д) при чрезмѣрной дороговизнѣ

откуюсадкой подъ дорогу земли. Когда камень помѣщается въ глубинѣ, тогда къ него должна вся насыпь (черт 229). Если приходится брать камень, тогда къ него должна часть насыпи, которая должна имѣть крутой откосъ (послужить каменной насыпью въ видѣ двухъ каменныхъ насыпей, а ядро выводятъ изъ обычно вязкой земли (черт. 245) Когда камня не очень много, тогда бываетъ достаточно увеличить крутизну только въ части откоса, при этомъ должна земляную насыпь съ каменными нижними частями откосовъ (черт. 235)

V. Конструкція каменныхъ насыпей.

Наслоеніе. Когда не пересыпаютъ бутовымъ матеріаломъ, тогда его разравниваютъ до нѣкоторой степени руками, пустоты же не заполняютъ мелкимъ. Работа эта называется сухой кладкой. Откосы укладываются съ возможной тщательностью такъ, чтобы швы были какъ можно тоньше, тогда откосъ получаетъ быть бутовое крупное и бутовое ровными. Наружный слой кладки необходимо должен быть связанъ въ перевязку съ ядромъ насыпи, въ противномъ случаѣ при осадкахъ облицовка можетъ расширяться. Вообще къ плотному укладкѣ откосовъ приступаютъ только послѣ окончательной осадки насыпи. Самые бутовые камни употребляютъ для откосовъ, а бутовые мелкіе для ядра.

Уклонъ откоса. Высокія насыпи дѣлаются обыкновенно съ одинаковыми откосами, а въ низкихъ насыпяхъ можно доводить крутизну до ½ основанія на 1 высоты при значительныхъ высотахъ дѣлаютъ иногда кривые откосы, имѣющіе внизу сдержку, а вверху положительную крутизну (черт. 245) Когда откосъ покрывается слоемъ черноземa, тогда крутизна его не должна быть больше 1/4 основанія на 1 высоты и только въ такихъ случаяхъ можно допускать одинаковые откосы, когда въ каменныхъ насыпяхъ одинаковые правильные уступы. Внутреннія стороны каменныхъ каменной посухаменныхъ насыпей имѣютъ обыкновенно наклонъ 1/6 до 1/8 основанія на 1 высоты, но иногда они бываютъ даже вертикальные (черт. 236).

Стѣнки на сухой каменной кладкѣ. Когда откосъ долженъ быть крутъ, какъ при обыкновенной каменной насыпи, тогда нужно увеличить толщину правильнаго слоя кладки, а самую кладку выводить более тщательно съ разшивкой, другими словами – необходимо сдѣлать каменную стѣнку на сухой кладкѣ. Такая стѣнка можетъ имѣть откосы въ 1/5 – 1/3 основанія на 1 высоты. Обыкновенно же такая стѣнка имѣетъ откосъ въ 1/2 основанія на 1 высоты (черт. 246, 247, 248) Съ внутренней стороны стѣнки часто земляная земляной, дѣлаютъ вертикальными, а часто примыкаютъ къ слишкомъ крутому – параллельными наружной сторонѣ. Когда стѣнка опирается на каменную или каменодробную насыпь, что встрѣчается, можетъ не представляется затрудненій, но иногда слѣдуетъ дѣлать перевязки между обѣими частями насыпи, чтобы нагрузка на нихъ можетъ садиться независимо (черт 250, 251) Если переходятъ отъ земляной насыпи окончательно сидѣть и уже почти много присыпать къ кладкѣ стѣнки, тогда подпорной стѣнкѣ можетъ давать слишкомъ тонкой облицовкой стѣнки (черт. 249) представляющей переходъ отъ каменныхъ стѣнъ къ каменной стѣнкой. Такимъ образомъ можетъ при недостаткѣ камня давать откосамъ довольно значительную

крутизну. Если откосность назначается по иногда полезно сверх сухой кладки насыпать извѣстной постепенной сѣрой земли (чер. 248, 250) это облегчает ему спину поставка при сильныхъ осадкахъ и исправленія, когда стѣнка сильно сдвинутъ въ сторону. Чтобы имѣлась возможность далѣе при значительной высотѣ насыпи дать откосу значительную крутизну выводятъ иногда ему фундаментную обмазовку откоса постепенной въ 0,6 до 1,5 mtr на растворѣ (чер. 245) Въ большинствѣ случаевъ этого пріема нельзя признать практичнымъ, потому что ядро насыпи и обмазовка имѣютъ весьма различныя осадки, а потому имъ дать возможность выводить далѣе весьма высокія насыпи можно отчасти лишь каменныя, но при этомъ не слѣдуетъ допускать перевязки между ними частями. На Брѣнненерской желѣзной дор. (чер. 246) стѣнки сухой кладки, не имѣющія сверху земляной надсыпки, при откосѣ въ $\frac{1}{4}$ основанія на 1 высоты, имѣютъ постепенную $d = 1 + \frac{1}{6} h$ при высотѣ надсыпки въ 1,25 mtr постепенная по верху равна: $d = 1 + \frac{1}{6}(h + 1,25) = 1,2 + \frac{1}{6} h$ Въ такомъ случаѣ, когда стѣнка сильно давитъ на сухую кладку величина коэффиціента $\frac{1}{6}$ велика коэффиціентъ $\frac{1}{8}$. При откосахъ въ $\frac{2}{3}$ основанія на 1 высоты (чер 250) стѣнки изъ сухой кладки имѣютъ сверху постепенную $d_0 = 1,25$ mtr; а снизу $1,25$ mtr $+ \frac{1}{6} h$ Когда такая стѣнка переходитъ внизу въ стѣну съ откосомъ въ $\frac{4}{5}$ основанія на 1 высоты, тогда (чер 251) эта послѣдняя имѣетъ одинаковую постепенную, какъ сверху, такъ и снизу, равную $d_1 = d + \frac{1}{15} h$ mtr где h выражаетъ высоту нижней части BC. На Зальцбургской Тирольской желѣзн дор. стѣнки изъ сухой кладки съ надсыпкой въ 1 mtr и безъ надсыпки имѣютъ при откосѣ въ $\frac{2}{3}$ основанія на 1 высоты (чер. 246) постепенную по верху $BD = 1,$ mtr а по низу $AC = d = 1,2 + 0,2 h$ при откосѣ въ 1 основанія или въ $1\frac{1}{4}$ основанія на единицу откоса по верху 0,7 mtr, а по низу $- 0,7 + 0,2 h$.

Сопряженіе верхнихъ частей каменныхъ насыпей съ полотномъ. Въ верхней части каменной насыпи постепенная кладки должна быть какъ можно сильнѣе, чтобы дать подъемки имѣли образовалось достаточно свободнаго стѣсненія, для этого въ большинствѣ случаевъ употребляютъ каменныя клинья, шириной по верху не менѣе 0,3 до 0,6 mtr (чер 251) Отъ внутренней стороны клинья помѣщаются вертикально или нѣсколько наклонная внутренняя сторона стѣнки (чер 244. Иногда внутренняя сторона стѣнки сопрягается со внутренней стороной каменнаго клина поверхностью съ единственнымъ откосомъ, чтобы такимъ образомъ стѣнка въ верхней своей части имѣла достаточную постепенную (чер. 252) а земляная насыпь всѣмъ своимъ свободно судила. При крутизнѣ откоса въ 1 основаніи на 1 высоты и болѣе, а иногда и при крутизнѣ въ $1\frac{1}{4}$ основаніи на 1 высоты полезно дѣлать по краямъ насыпи перилы. Перилы дѣлаются обыкновенно желѣзныя, а стойки ихъ укрѣпляются въ тесахъ, нарочно приготовленныхъ для этой кладки (чер. 253) Иногда не дѣлаютъ каменныхъ клиньевъ, а засыпаютъ каменную кладку не доводятъ до краевъ тѣла, въ такомъ случаѣ получается неравномѣрность поддержки тѣла и трудно сохранить ось въ правильномъ положеніи Каменная кладка должна сопрягаться съ земляными откосами, такъ чтобы повер-

лость сопряжения бика перпендикуляра или плоскости перпендикулярной к поверхности откоса (чер. 256, 257) Линейа кроется такого достаточно берегу (чер 255) задерживающую часть земли, которая стекая бы скатываться на поверхность откоса.

Насыпи, оснащенные водами реки, озер и пр. Насыпь, оснащенная водами реки, озер и пр. должна быть возведена из такого материала, который от действия воды не разрушается и не размывается напр. бутовый камень, гравий и др. Если не имеется достаточного количества такого материала нужно отдать по крайней мере относительно водонепроницаемую часть насыпи. Особенно важно обеспечить устойчивость подводной насыпи; она должна быть сохранена так, чтобы подводные бики невозможны или по крайней мере, безвредны; случае всего действующих в таких случаях является насыпи или каменные пороги. При крутой подводной откосе употребляют крупный камень, чтобы течение воды не смыло его дальше. К возведению такой насыпи приступают по возможности при низкой горизонте воды. У подводной насыпи полезно предварительно выкопать канаву - это значительно облегчает насыпи движение, если не провести такой канавы предварительно то она переходит образуется сама собой у подводной, в таких случаях необходимо принять меры, чтобы последствии можно было засыпать подлежащий количеству камень, иначе, что по мере подводной каменный материал сам заполнял образовавшийся ров. Во всех случаях к окончанию верхней части насыпи, сходящей приступать можно тогда, когда движение подводных прекратится.

Каменный порог должен быть с нарушенной стороны прибыточно-поступорный, с внутренней - единичной откос. Порог должен быть ограничен сверху верхней линией в 0,8 до 1,5 mtr на правильной сухой кладки (чер. 258, 259) так берега дают верхней части насыпи достаточно твердую опору дают тогда, когда каменный порог имеет перпендикулярное откоса с значительным углублением. Если каменное имеется в достаточном количестве, или если берега реки сами есть крутые, или, если течение слишком быстро, под его бетонный каменного порога можно перед засыпкой камня, вбить ряд свай и связать их сваями (чер. 260) Когда насыпь подвергается действию высоких вод только по временам, тогда в большинстве случаев достаточно углубить в землю небольшой каменный банкет (чер. 230, 231) При значительной быстроте течения высоких вод может оказаться надобность сделать каменную отсыпь ABCD (чер. 231)

Для защиты части откоса выше горизонта низких вод от размыва волной, от течения и от сл. следования употребляется каменная [illegible] (чер. 259, 260) или [illegible] каменная [illegible]

(чер. 258) Сообразно скорости движения одежда эта должна по
ходить отъ 0,4 до 1 mtr
Иногда приходится защищать поперечную деревянную, про
ходящей по берегу отъ ударовъ волнъ. Для этого слѣдуетъ
увеличить крутизну верхней части откоса, (чер. 261 и 262)
и покрыть верхній край его сильно сжатымъ соломенно-каменнымъ
валомъ; еще лучше двойственнымъ водорѣзомъ т.е. вставленная дере-
вянная или каменная сооруженія возводятся впереди насыпи

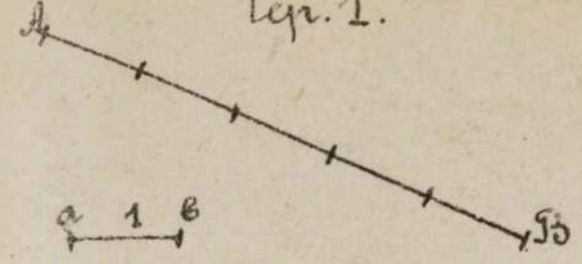
Профиль дороги.

Сопротивленіе на прямыхъ дорогахъ слагается изъ треніе ося
о внутренніе и обода колеса о неровности пути. Если обозначимъ
коэффиціентъ треніе черезъ f, вѣсъ повозки черезъ P, вѣсъ гори
зонтальной черезъ N, то полный вѣсъ $P+N=Q$, а сопротивленіе на гори
зонтальномъ пути: $S=(P+N)f=fQ$ Сила тяги должна
по крайней мѣрѣ равняться S на горизонтальномъ пути и
полному равна вѣсу дѣйствительному на коэффиціентъ f, с
противленія f т.е fQ. Для $Q=1$, $S=f$ т.е. коэффиціентъ сопро
тивленія есть сопротивленіе единицы вѣса. При движеніи по н
клонной плоскости (чер 2) сопротивленіе (уменьшаемое)
увеличивается на составляющую отъ перпендикулярнаго груза и ум
ньшается параллельная составляющая пути. Если обозначимъ
вѣсъ площади черезъ L и уголъ уклона пути черезъ δ то
добавочное сопротивленіе $S_1=Q\sin\delta$ гдѣ $Q=q+L$ Вслѣдствіе м
лости уклона δ можно положить $\sin\delta=\operatorname{tg}\delta=\frac{h}{c}$; сопротивле
въ подъемъ полному $S=bq+(q+L)\operatorname{tg}\delta$, гдѣ $\operatorname{tg}\delta=\frac{h}{c}$ есть подъемъ
или уклонъ дороги. Если обозначимъ отношеніе $\frac{h}{c}$ черезъ
b то полное сопротивленіе при движеніи
горе будетъ: $S=fq+(q+L)b$ .... (a) При спускѣ съ горы $b=\frac{h}{c}$ от
дѣленно же для движенія подъ гору имѣемъ
$S=fq-(q+L)b$ ..... (b) Полное сопротивленіе S_0 слагается
изъ сопротивленія S, обусловленнаго треніемъ въ осяхъ и дорог
и ихъ сопротивленій происходящихъ отъ ударовъ и сотрясе
ній. Первые отъ скорости не зависятъ это пропорціональ
но вѣсу сопротивленіе же ударовъ пропорціонально
живой силѣ т.е квадрату скорости и вѣсу. Поэтому
полное сопротивленіе должно быть выражено уравненіемъ
$S_0=aq+bv^2q$ ..... (c) полагая здѣсь $q=1$ найдемъ сопро
тивленіе единицы вѣса или коэффиціентъ треніе $f=a+bv^2$
гдѣ v - скорость въ футахъ. Морэмъ производилъ опыты для
опредѣленія коэффиціентовъ треніе на основаніи которыхъ онъ составилъ
формулу: $f=\frac{a+b(v-3,28)}{7}$ гдѣ v въ футахъ, а 7 - радіусъ колесъ въ фу
тахъ. Для коэффиціентовъ a и b Морэмъ далъ слѣдующія числа: хорошо мост
вая дор. Повозки съ рессорами 0,4 - 0,55 Повозки безъ рессоръ 0,025
спокойная — 0,27 - 0,39 " 0,068 - 0,08.

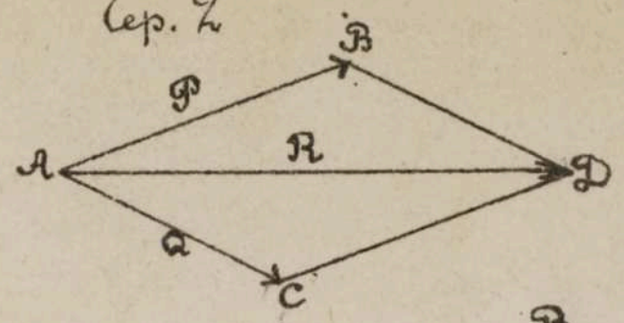
Графостатика

Таблица 1.

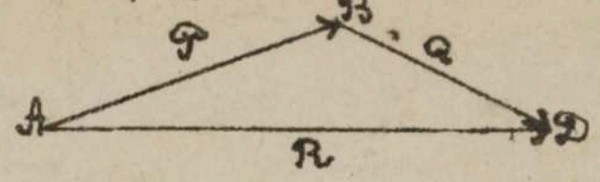
Чер. 1.



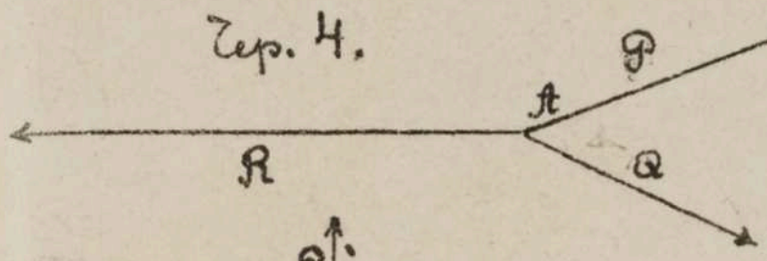
Чер. 2



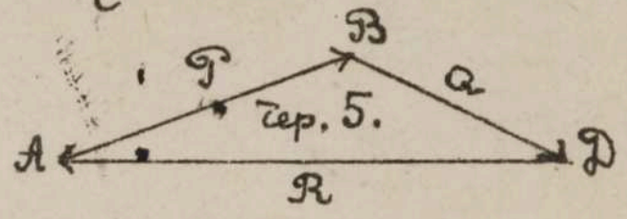
Чер. 3.



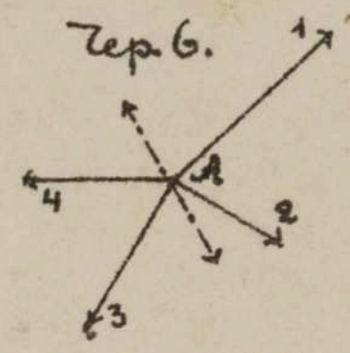
Чер. 4.



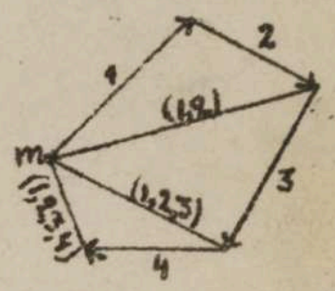
Чер. 5.



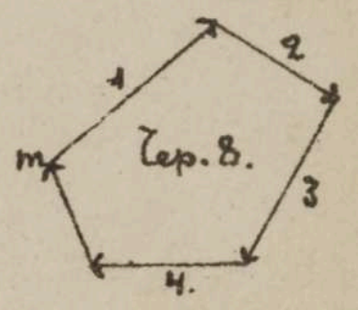
Чер. 6.



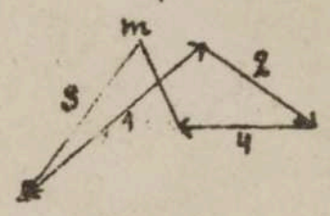
Чер. 7.



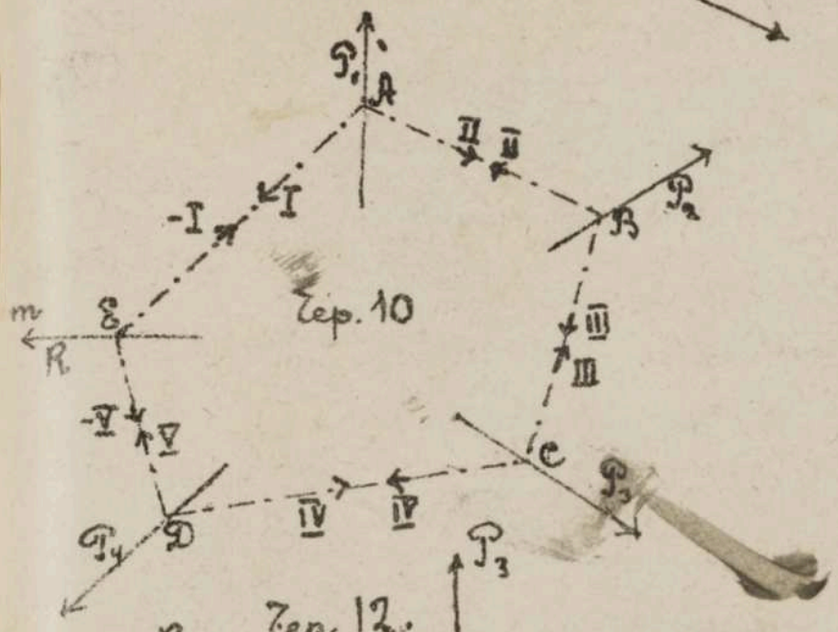
Чер. 8.



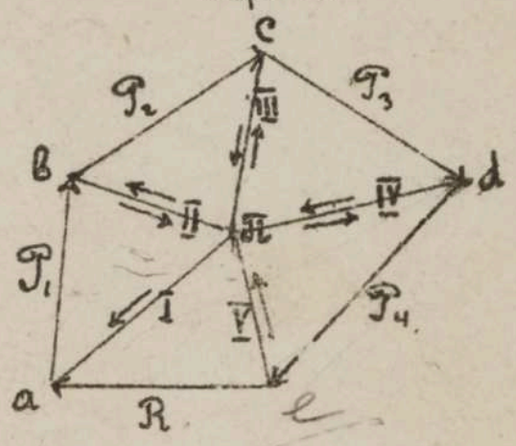
Чер. 9.



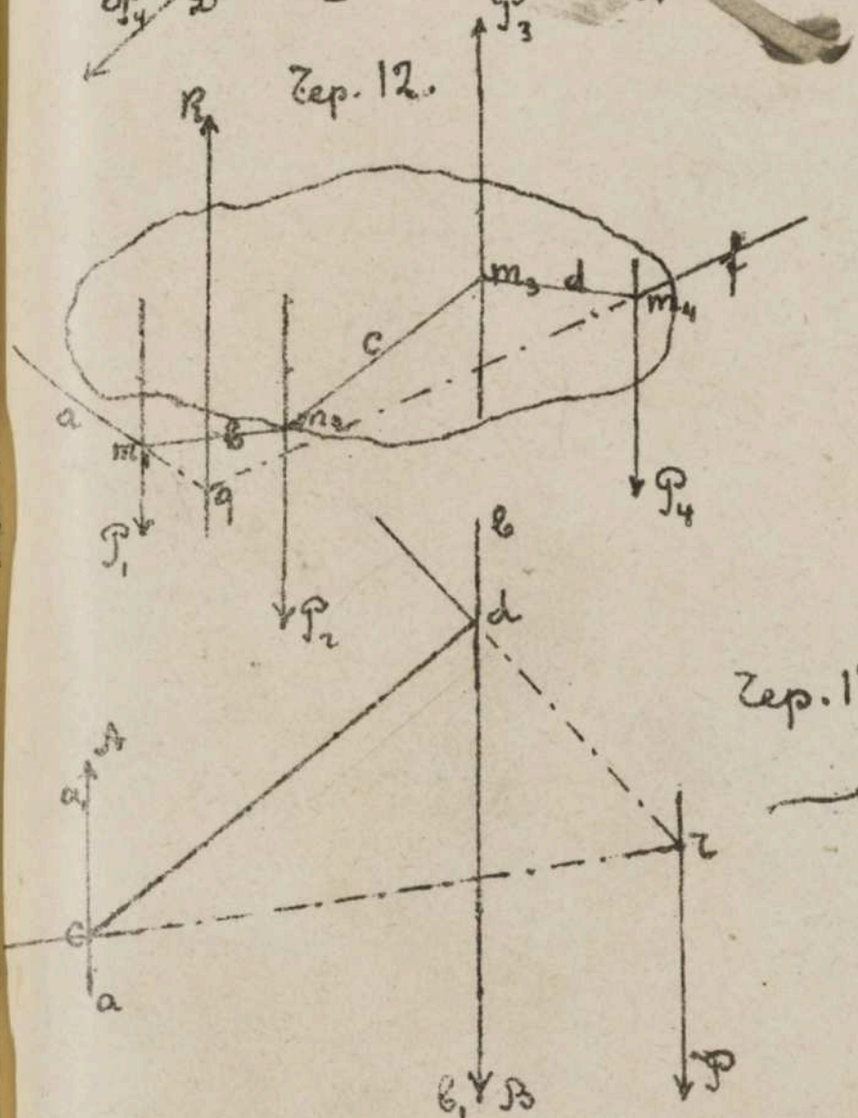
Чер. 10



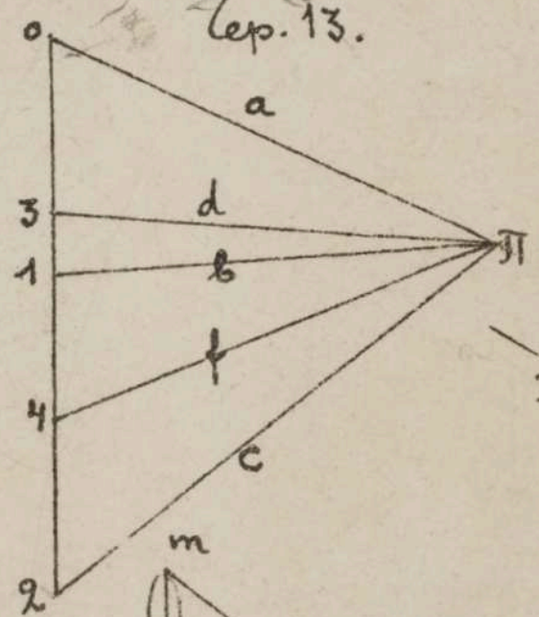
Чер. 11.



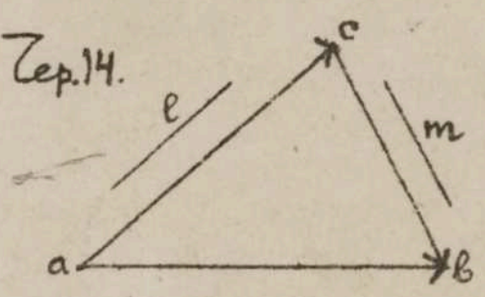
Чер. 12.



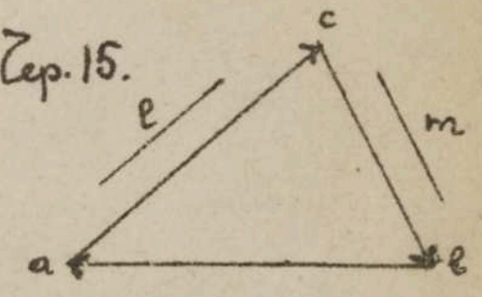
Чер. 13.



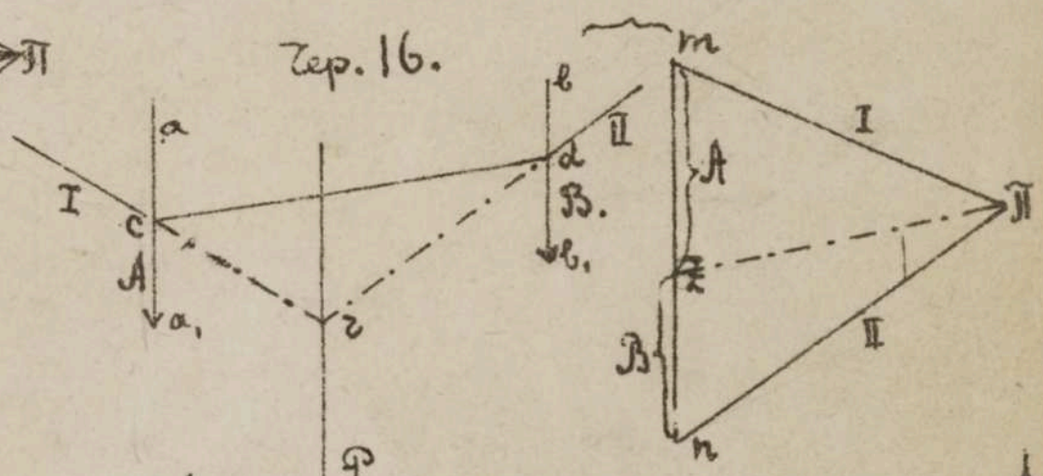
Чер. 14.



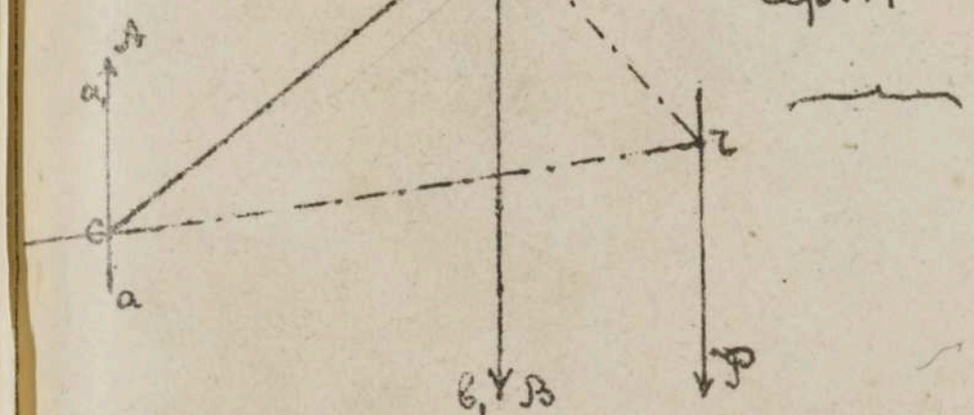
Чер. 15.

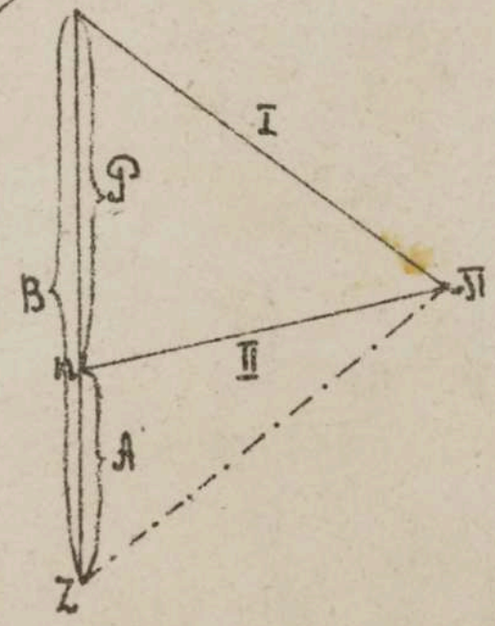


Чер. 16.

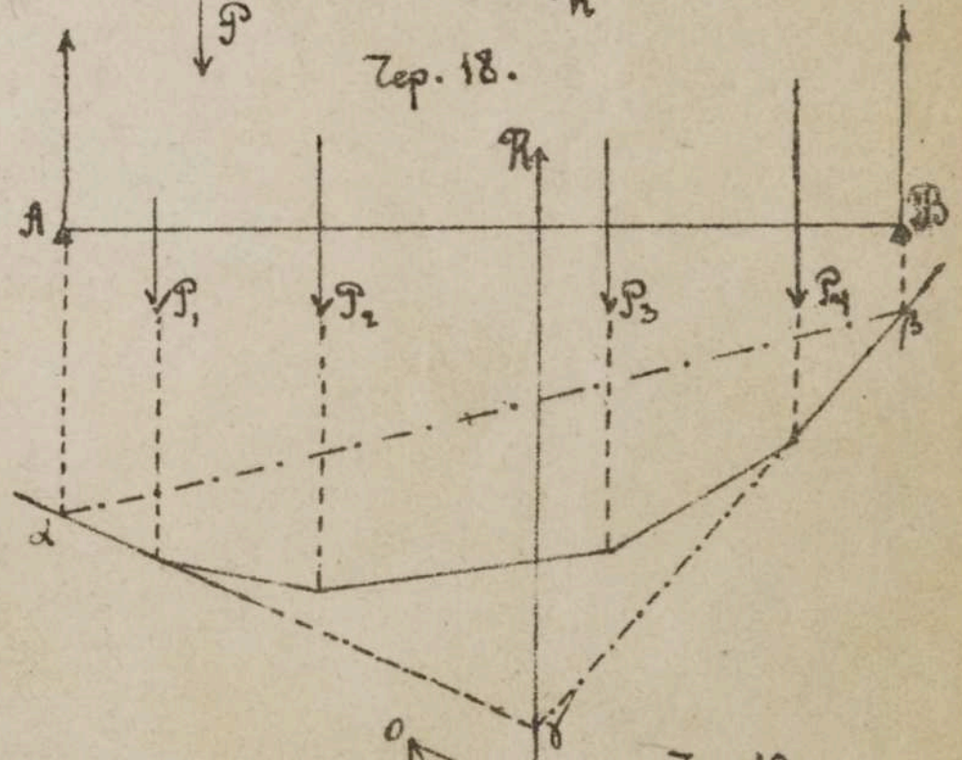


Чер. 17

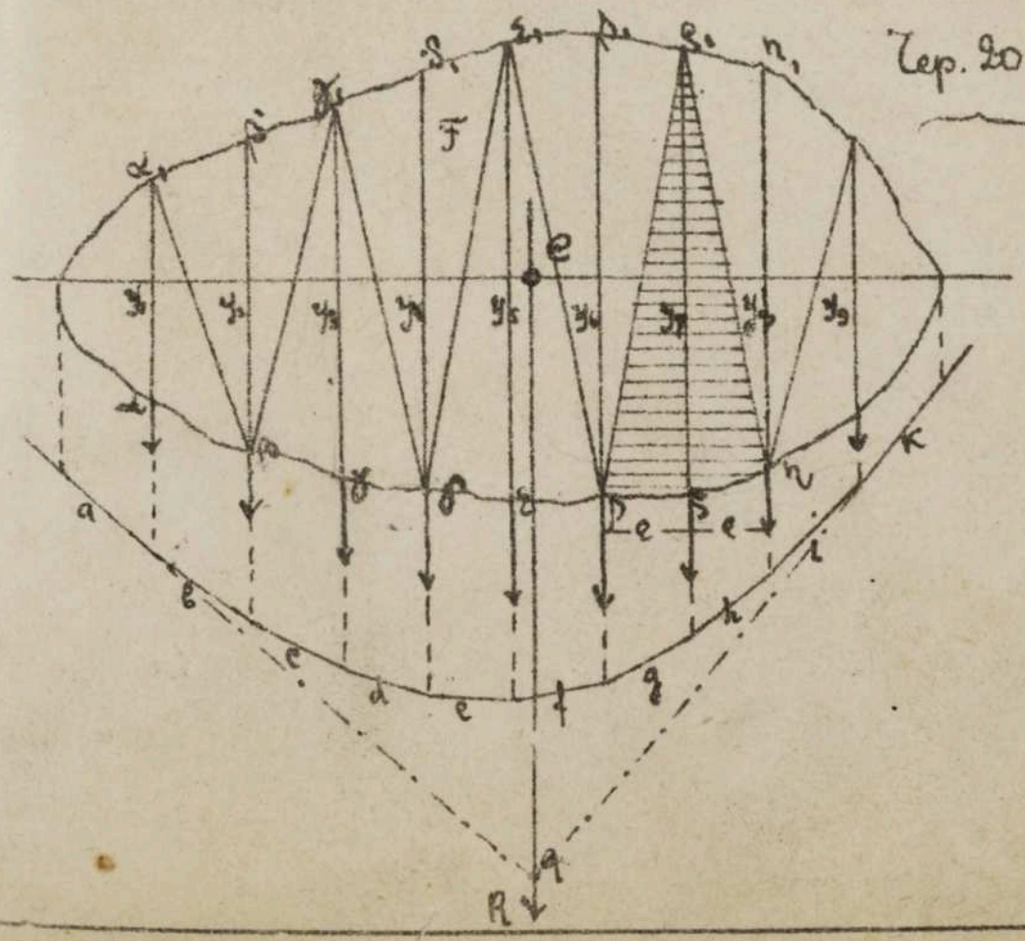


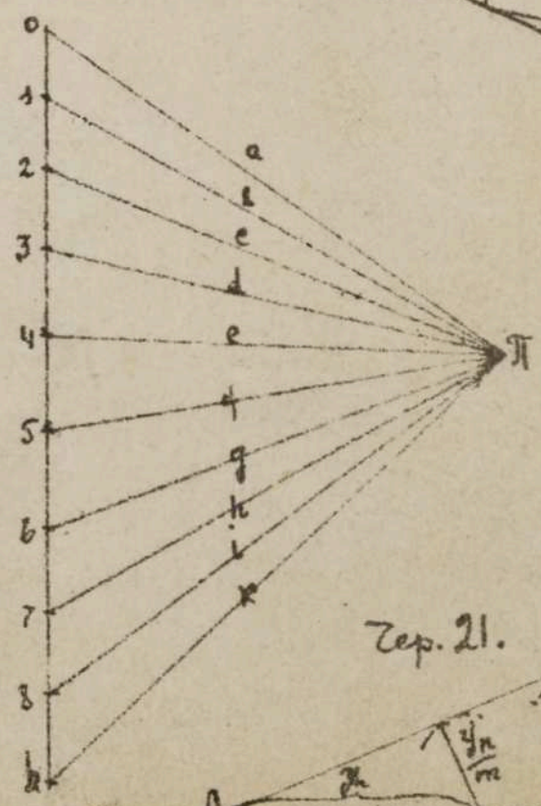


Чер. 18.

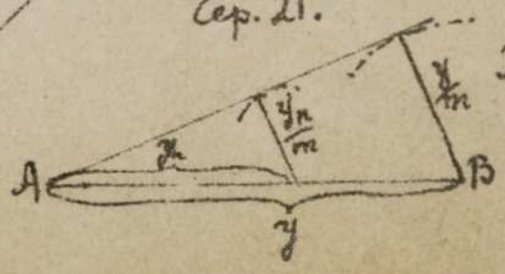


Чер. 20





Чер. 21.



Чер. 19.

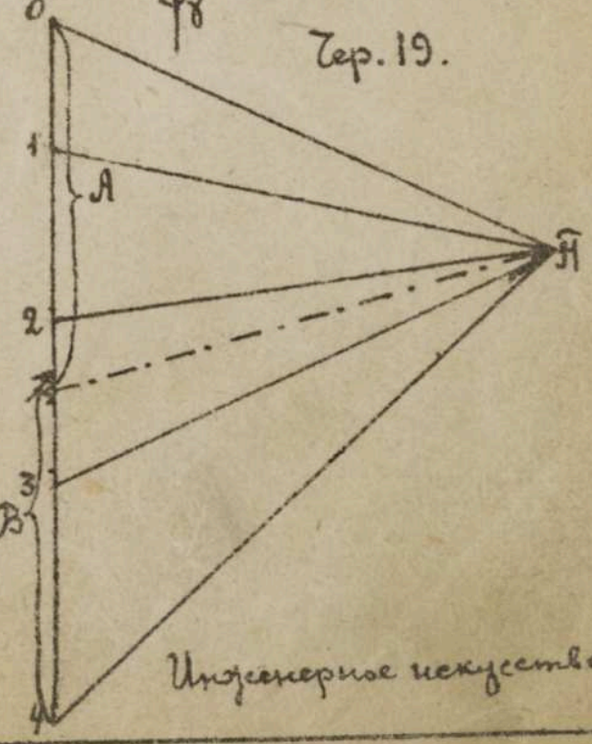
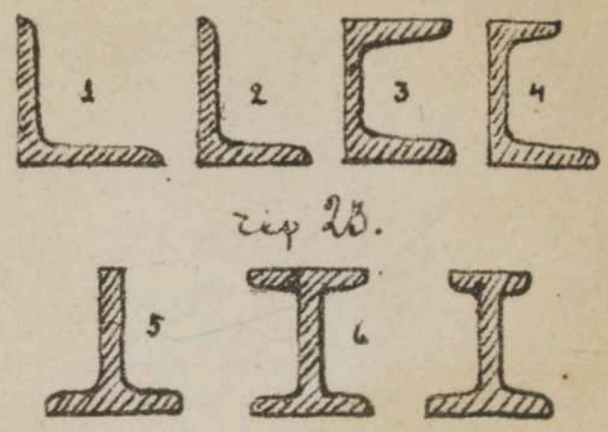
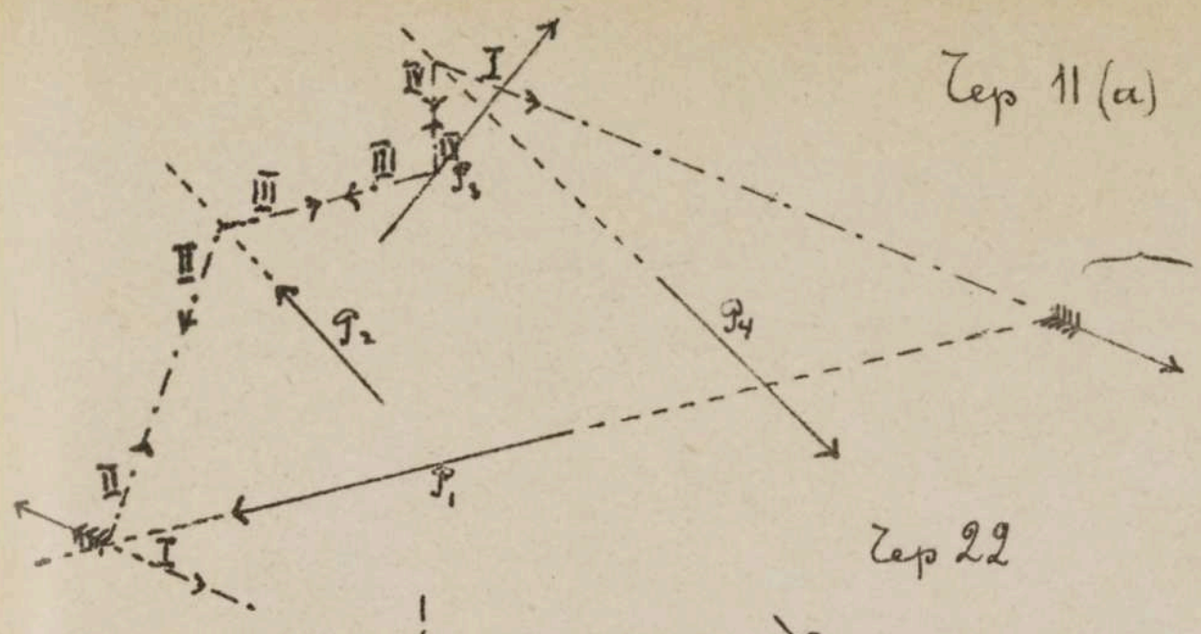


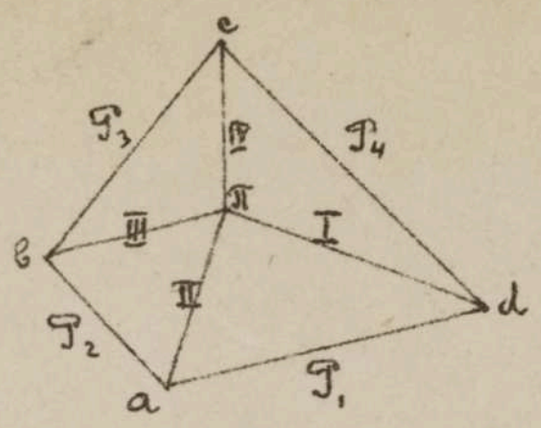
Таблица 2-ая



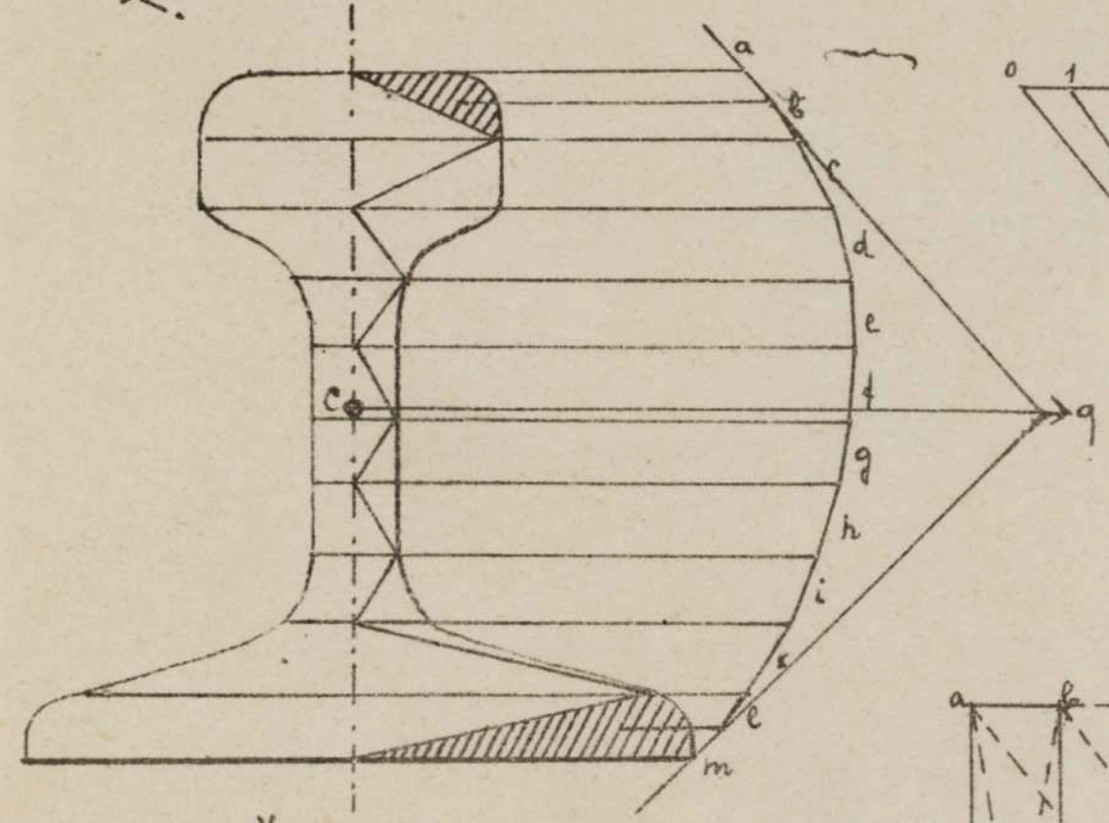
Чер 23.

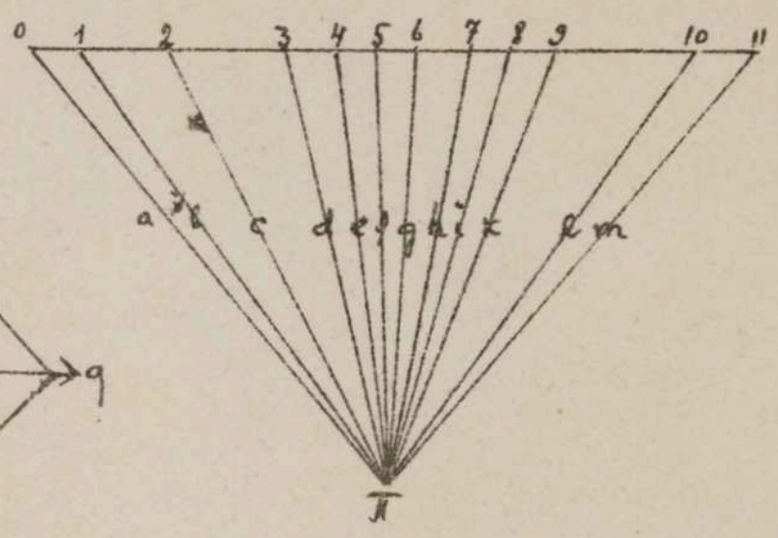
Чер 11 (а)



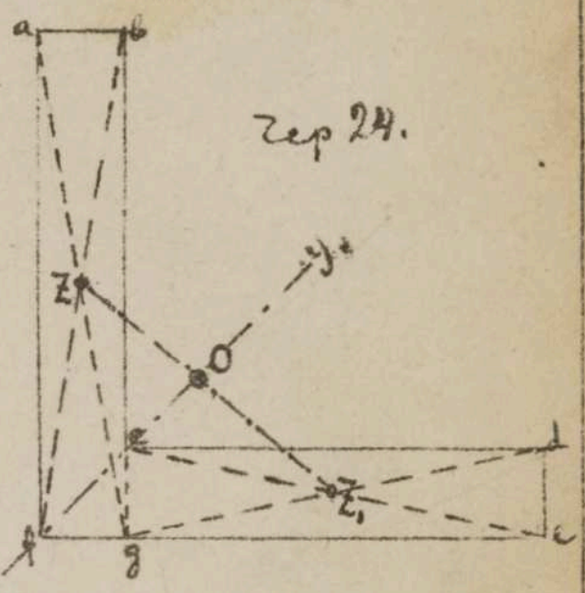


Чер 22

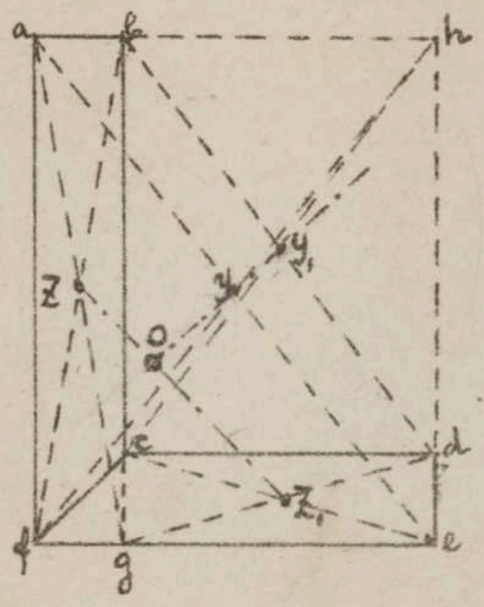




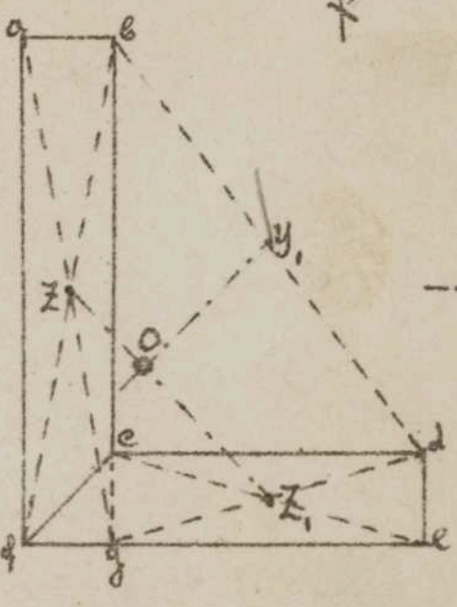
Чер 24.



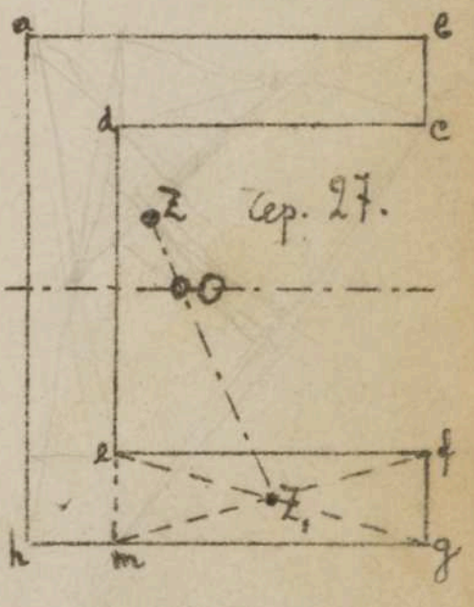
Чер 25.



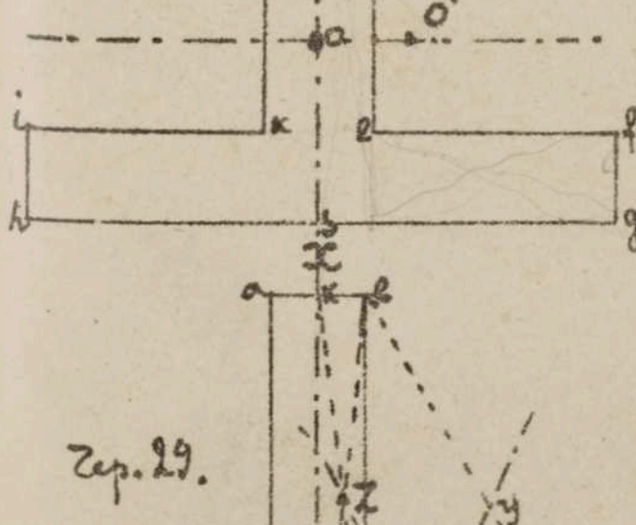
Чер. 26.



Чер. 27.

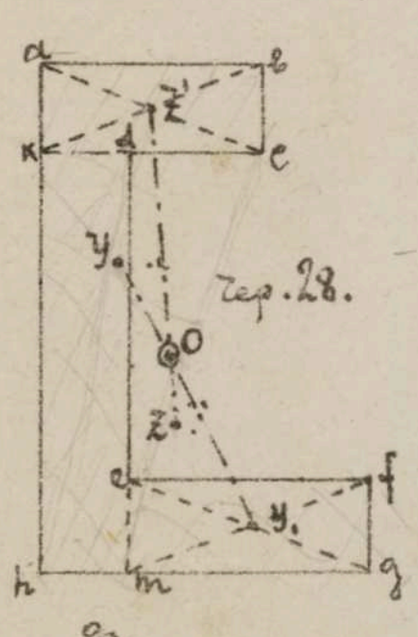


Чер. 30

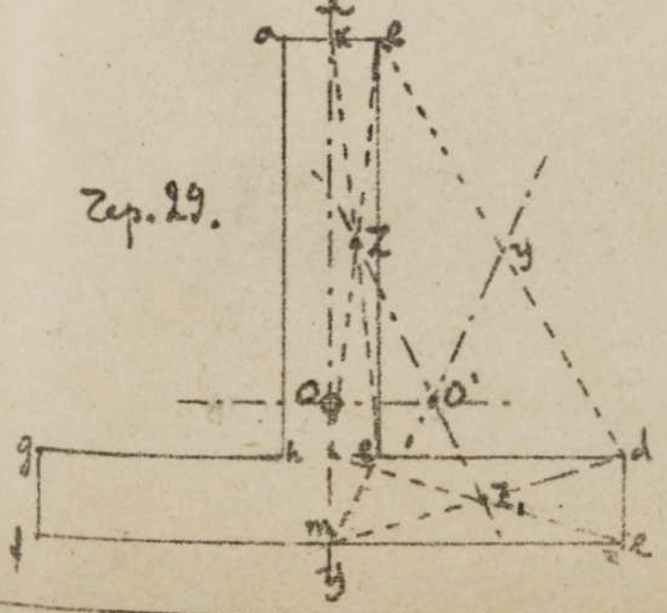


Чер. 31.

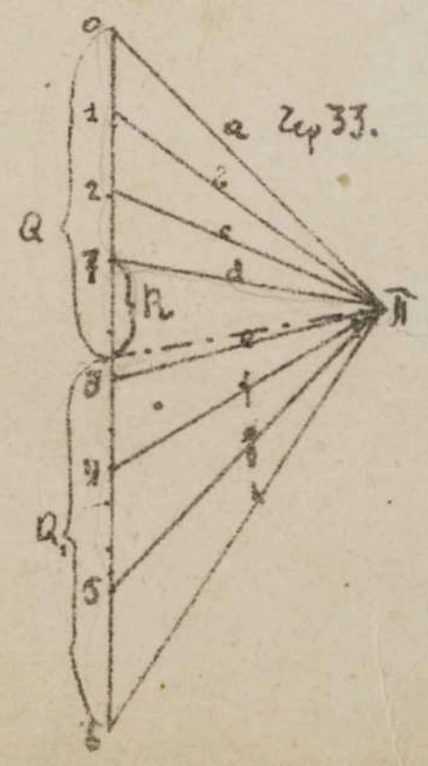
Чер. 28.



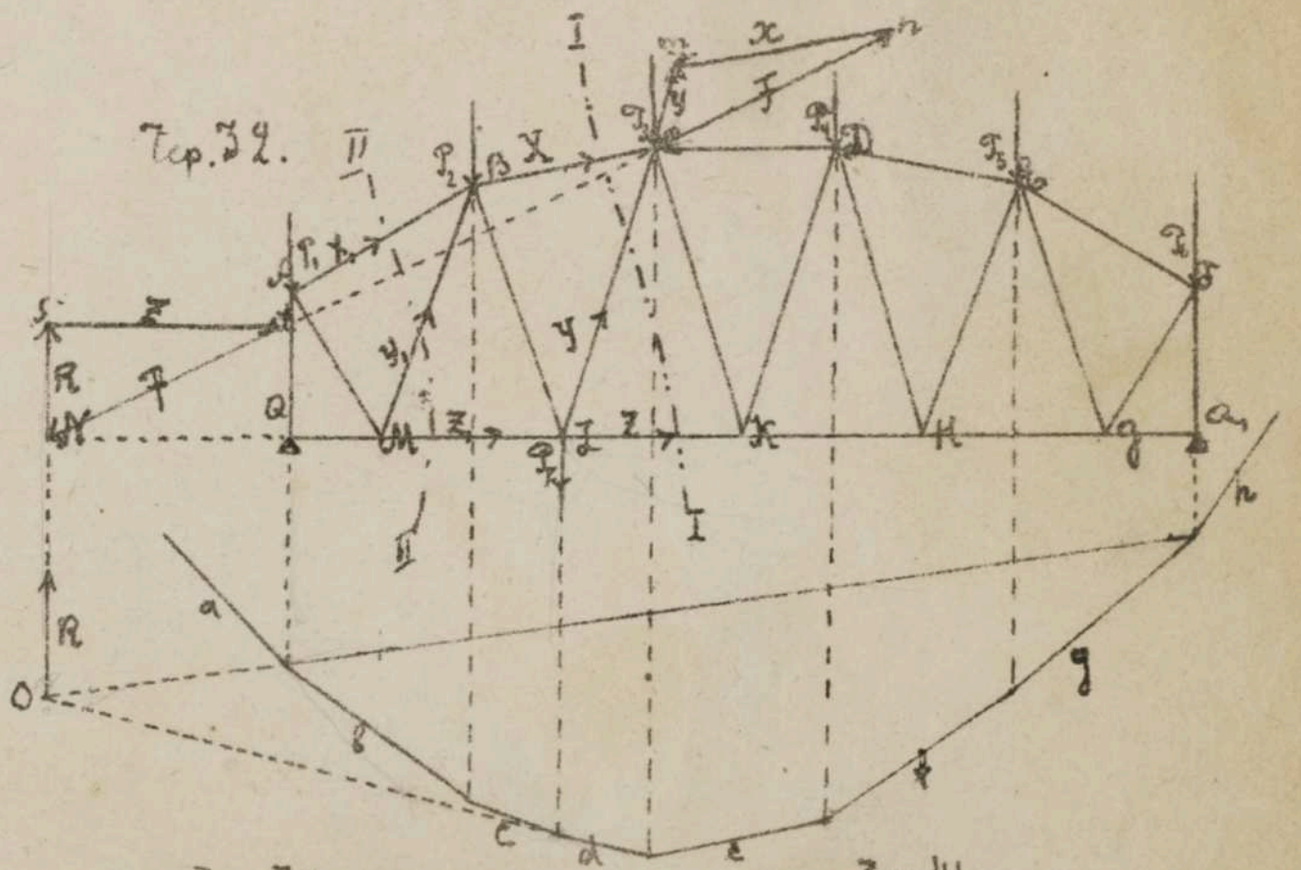
Чер. 29.



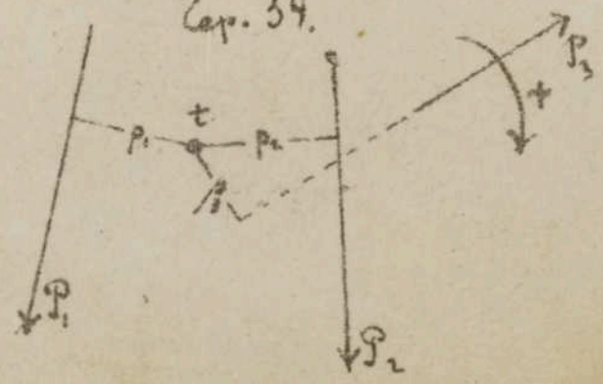
а Чер 33.



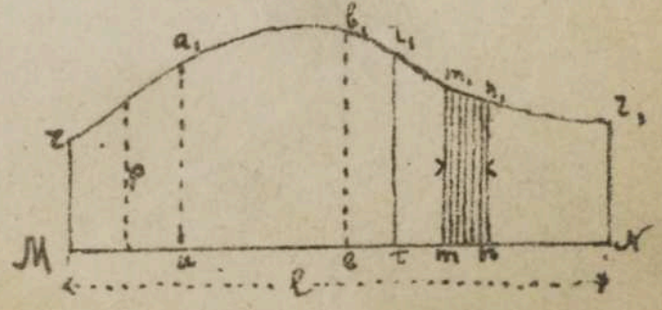
Чер. 32.



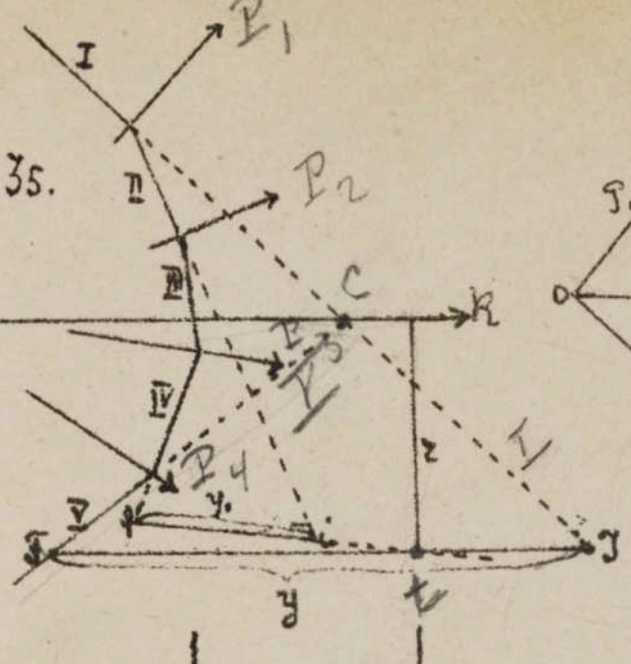
Чер. 34.



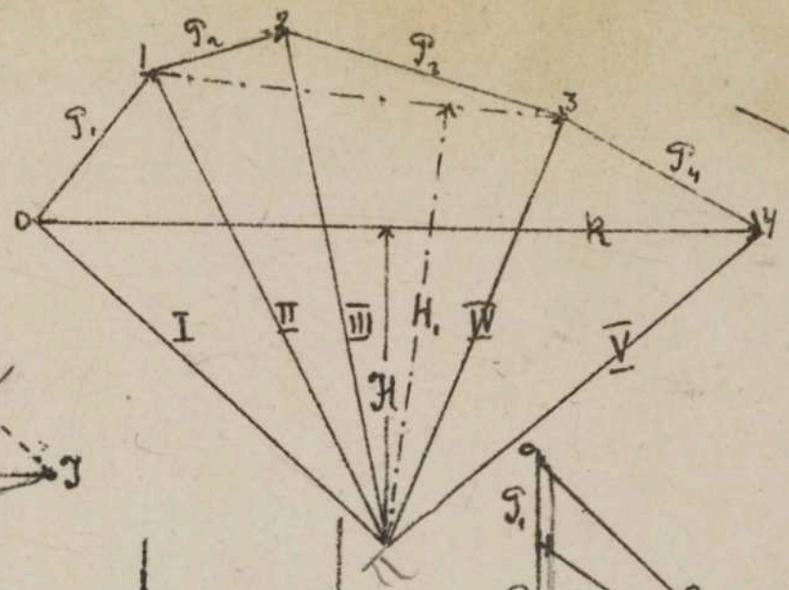
Чер. 41.



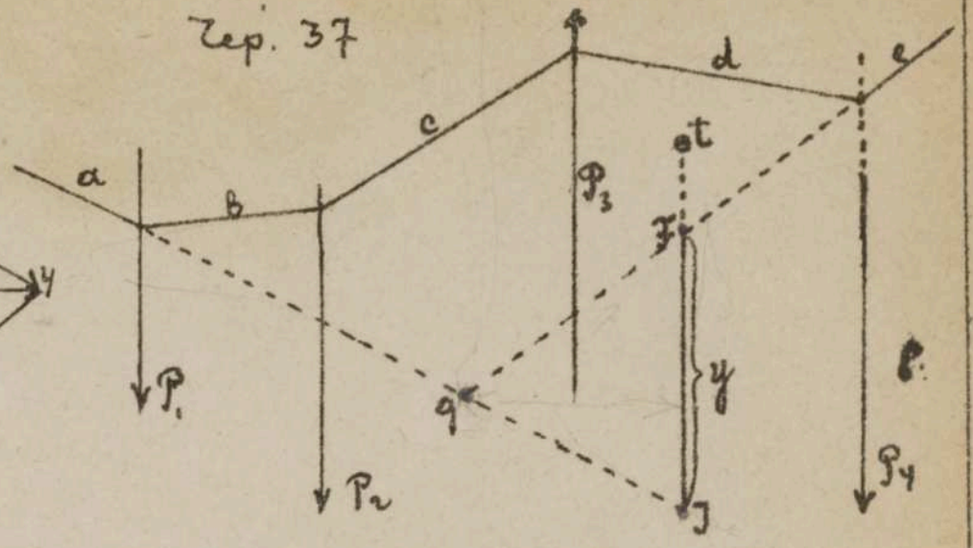
Чер. 35.



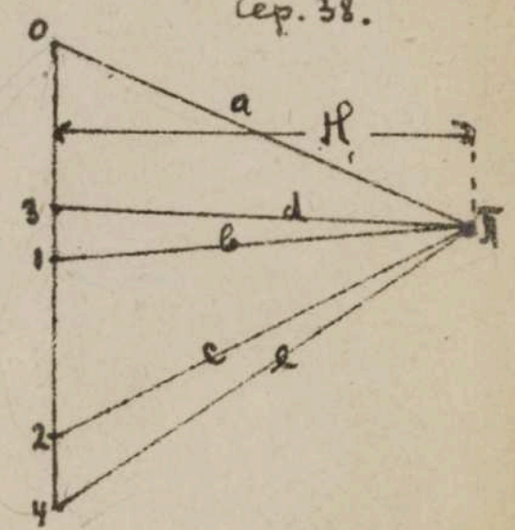
Чер. 36.



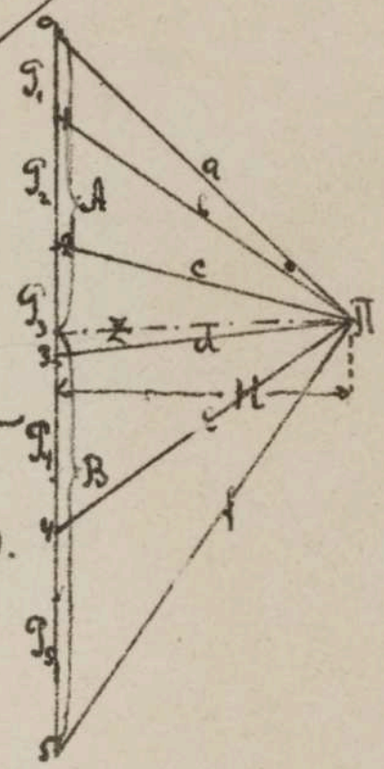
Чер. 37



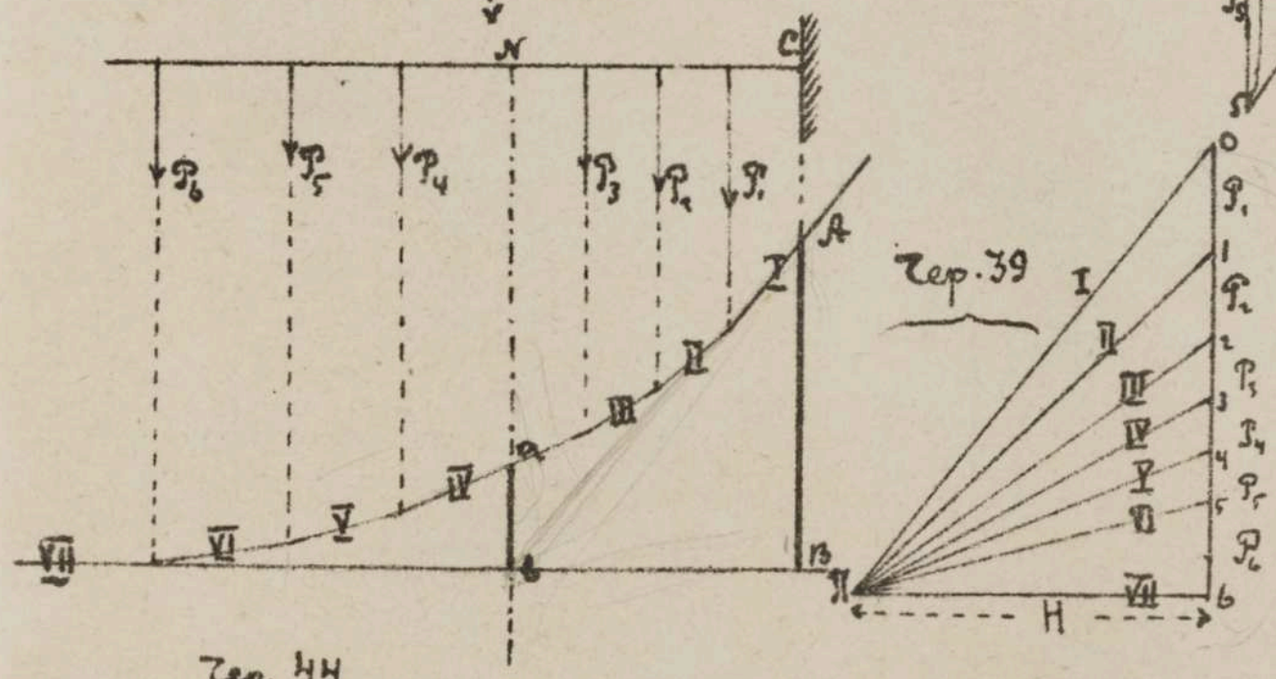
Чер. 38.



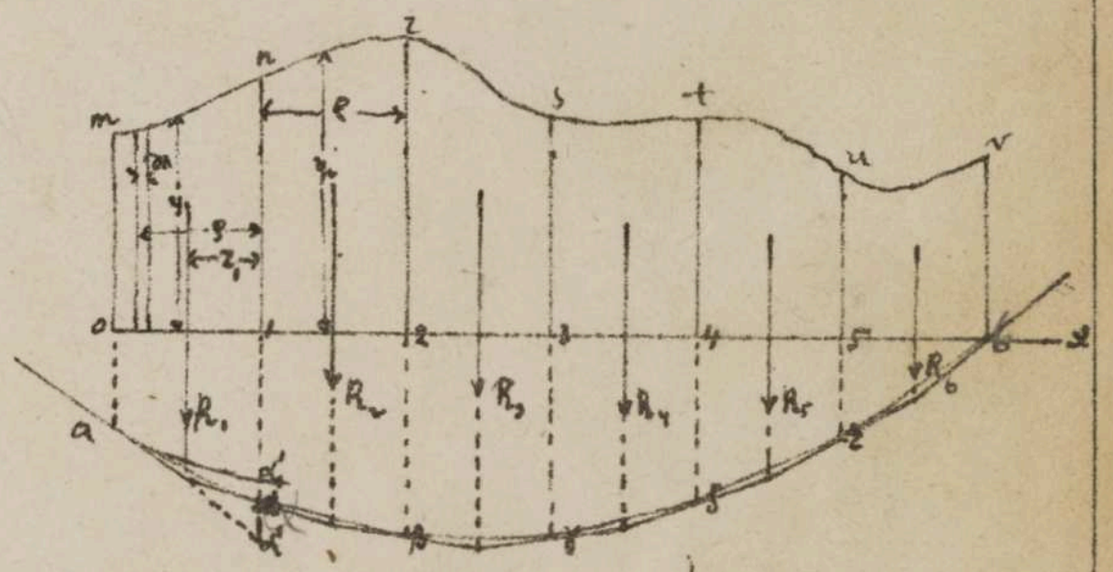
Чер. 40.



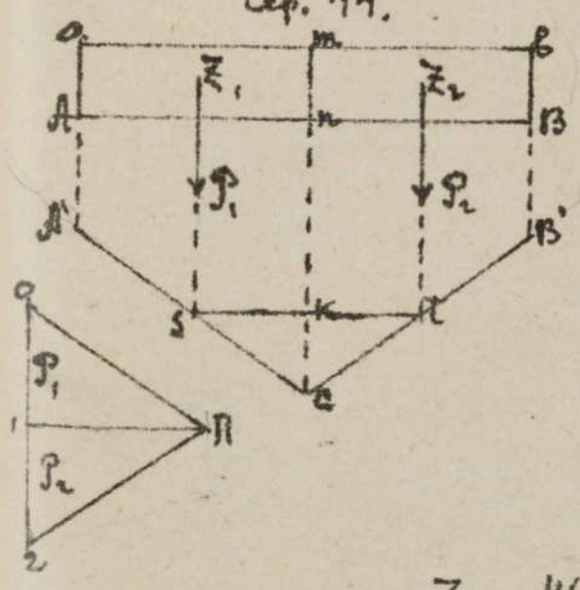
Чер. 39



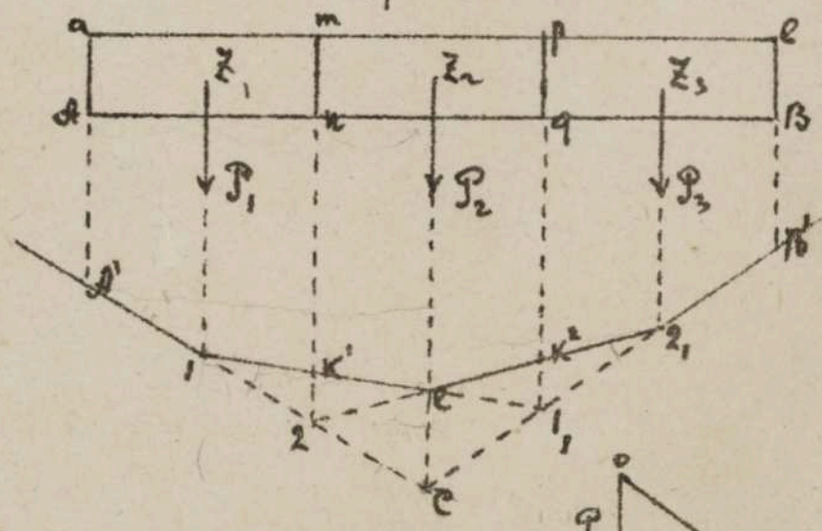
Чер. 42.

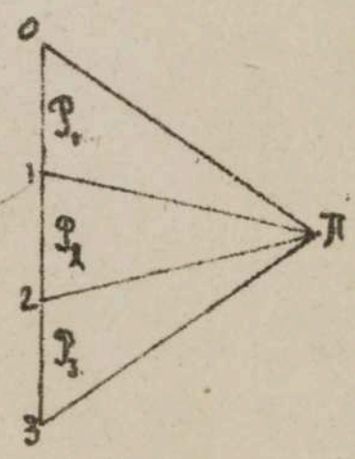


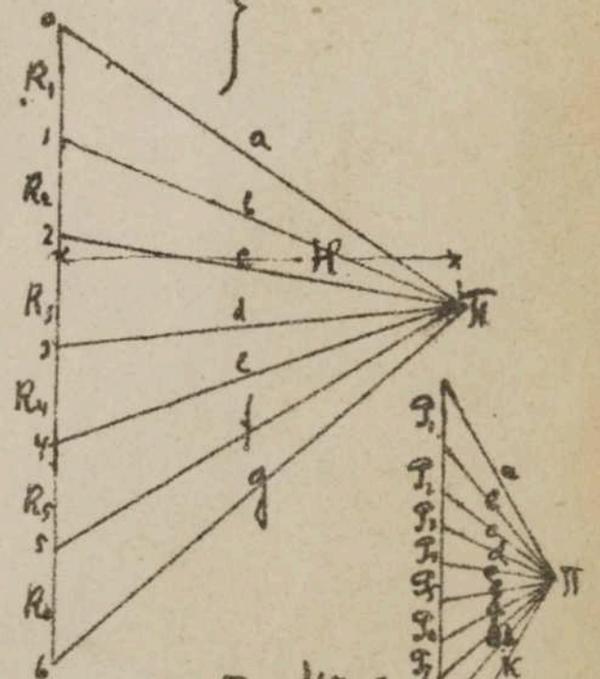
Чер. 44.



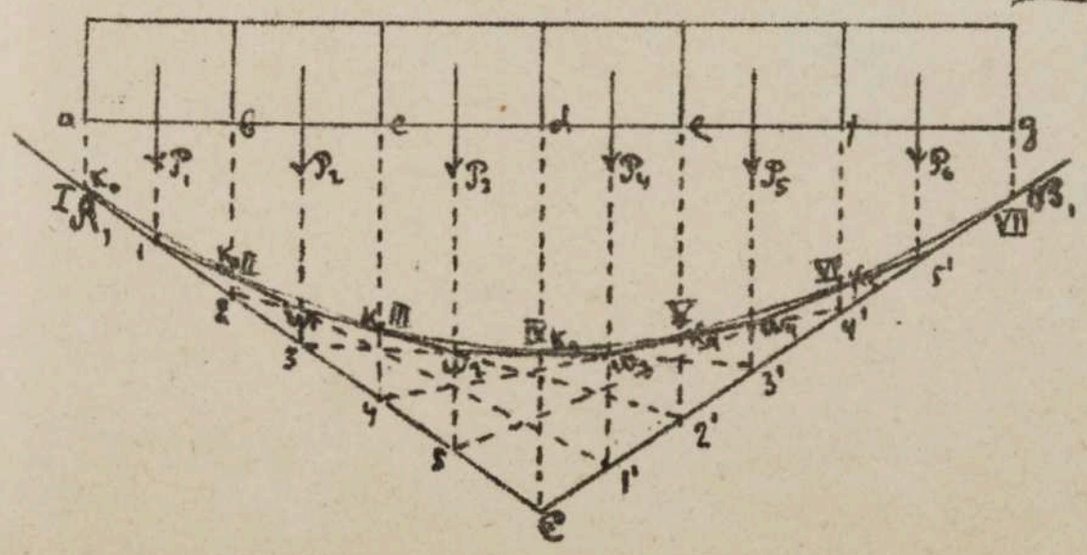
Чер. 45.

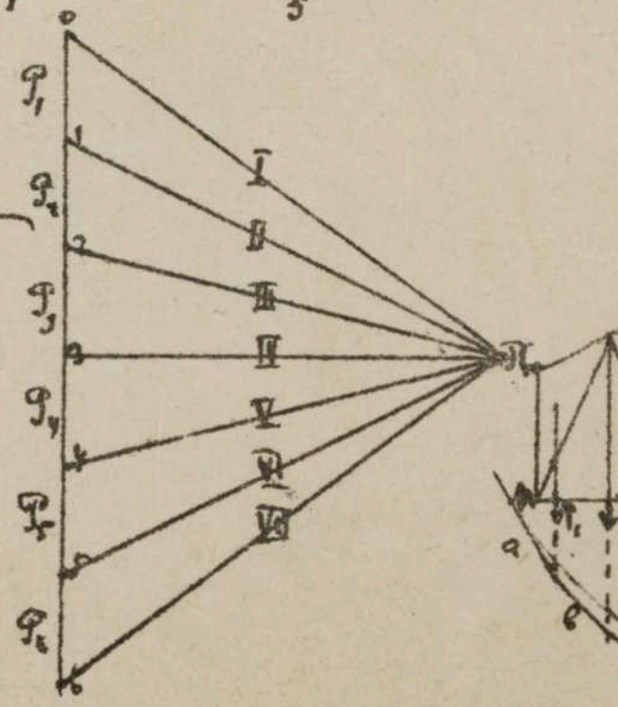




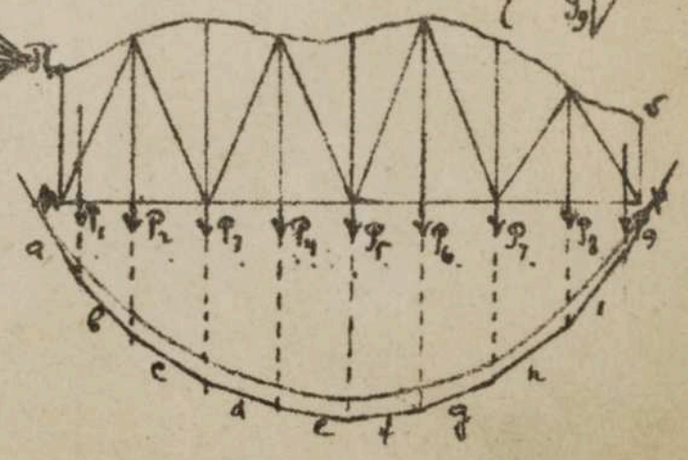


Чер. 46.

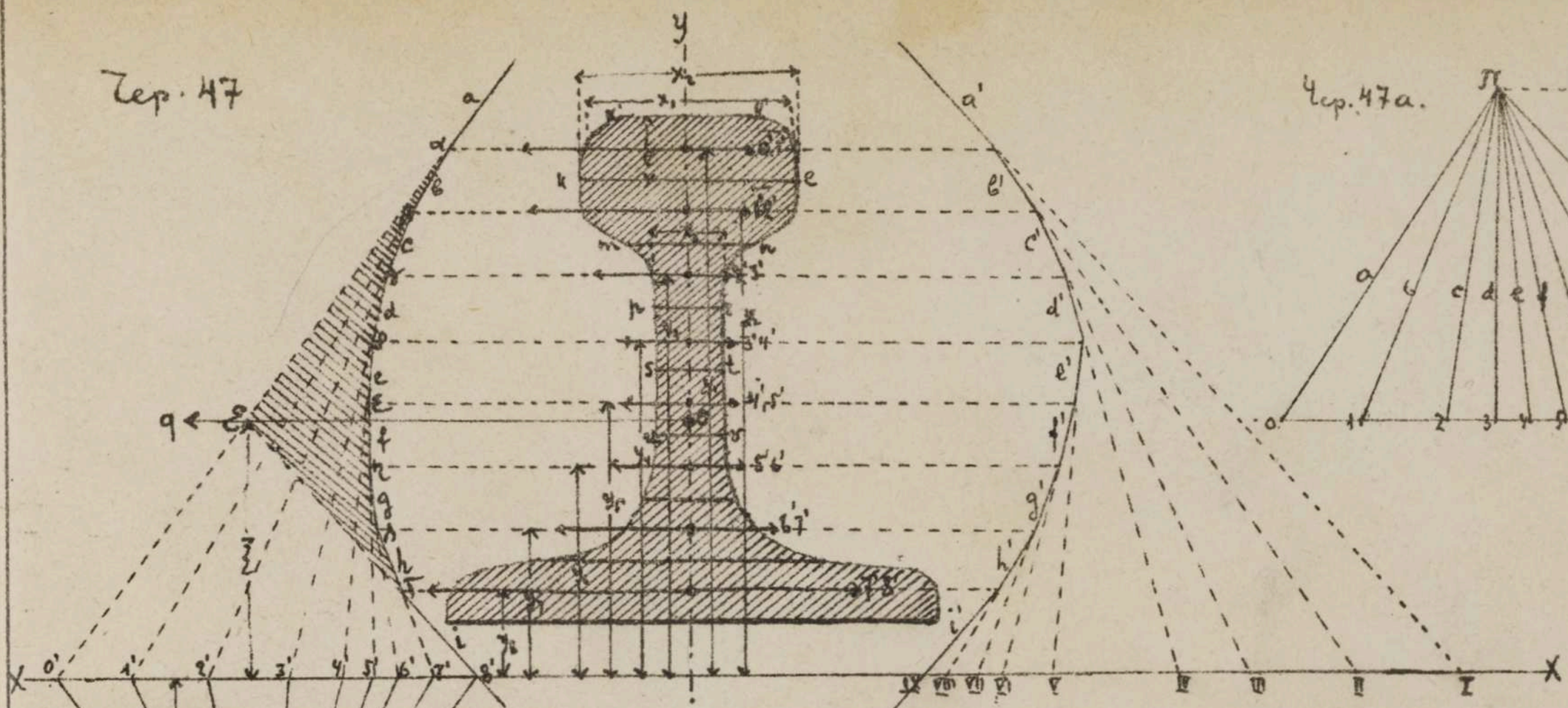




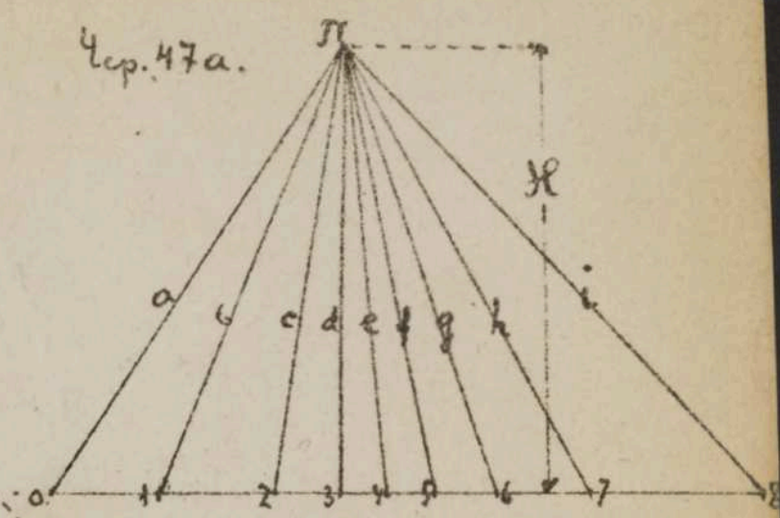
Чер. 43



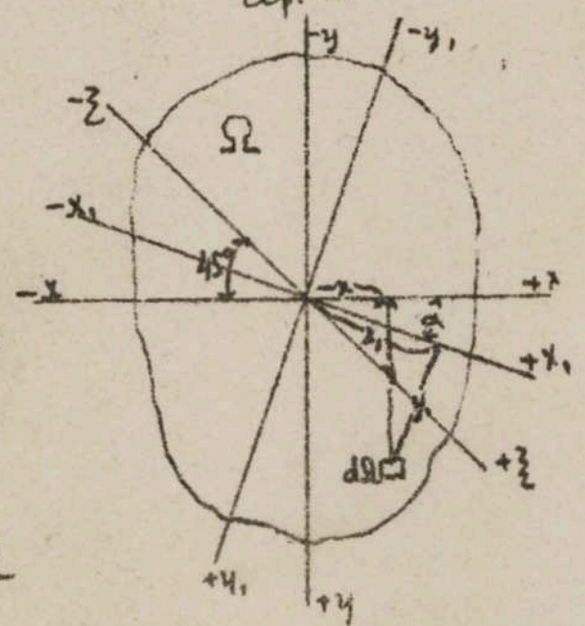
Чер. 47



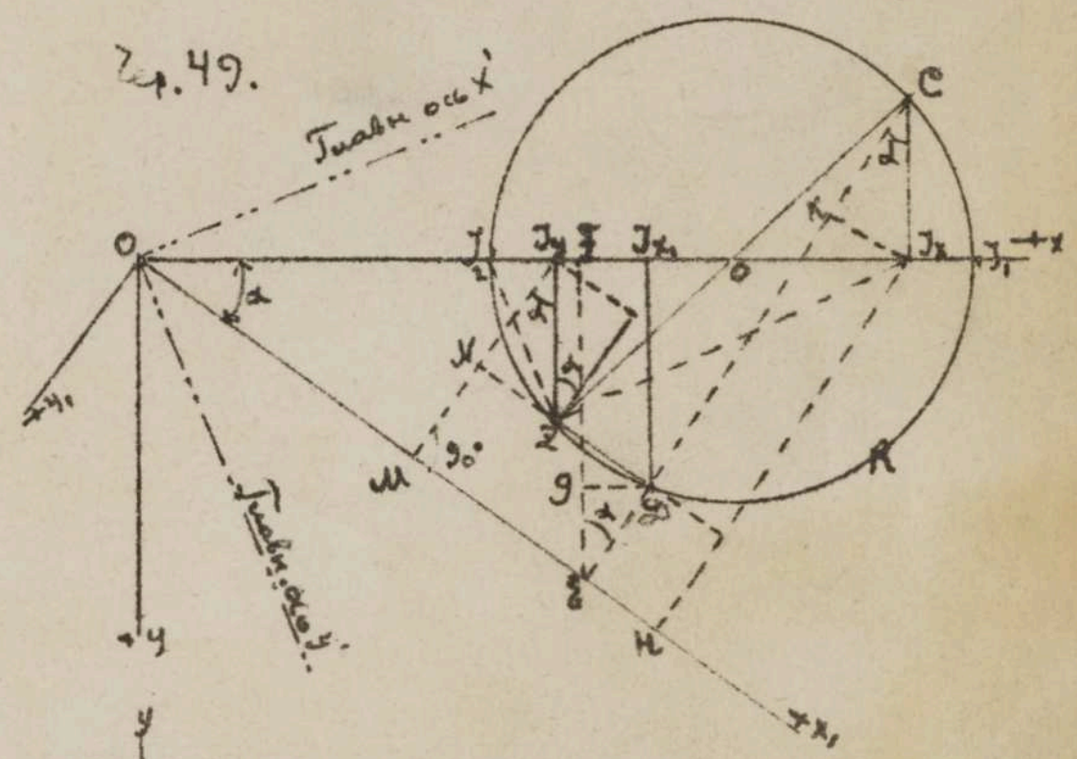
Чер. 47а.



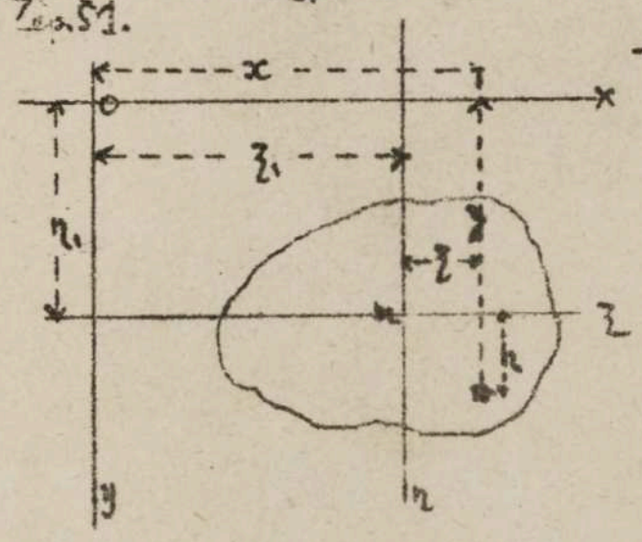
Чер. 48

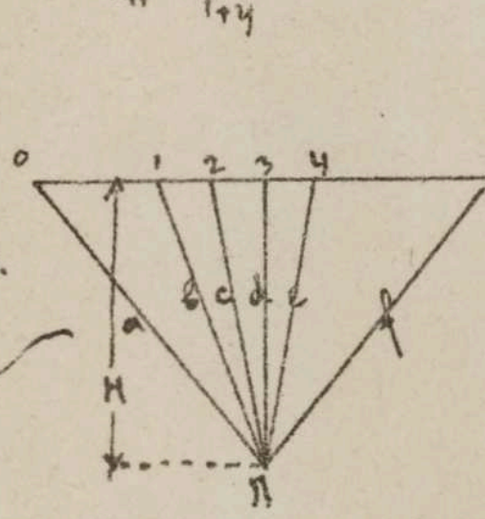


Чер. 49.



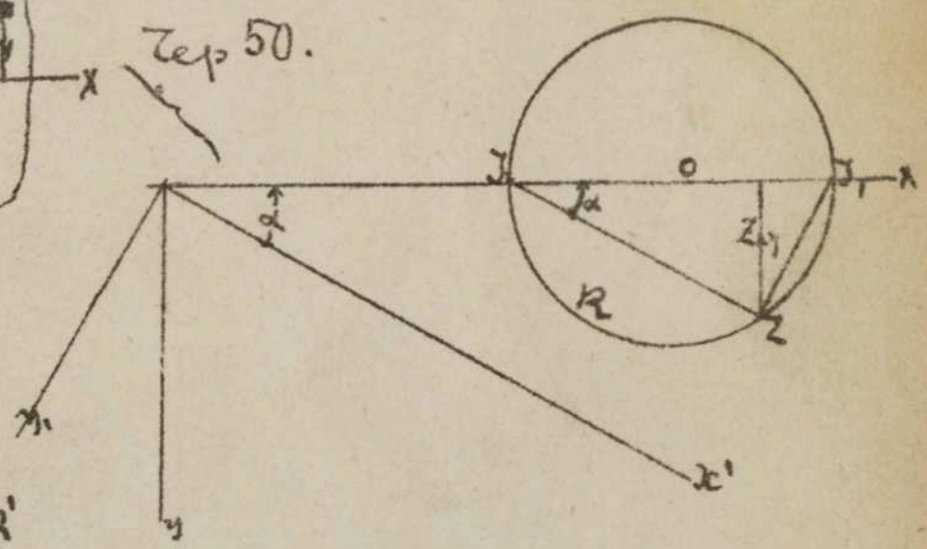
Чер. 51.



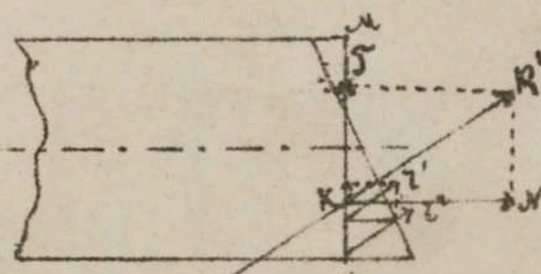


Чер. 52.

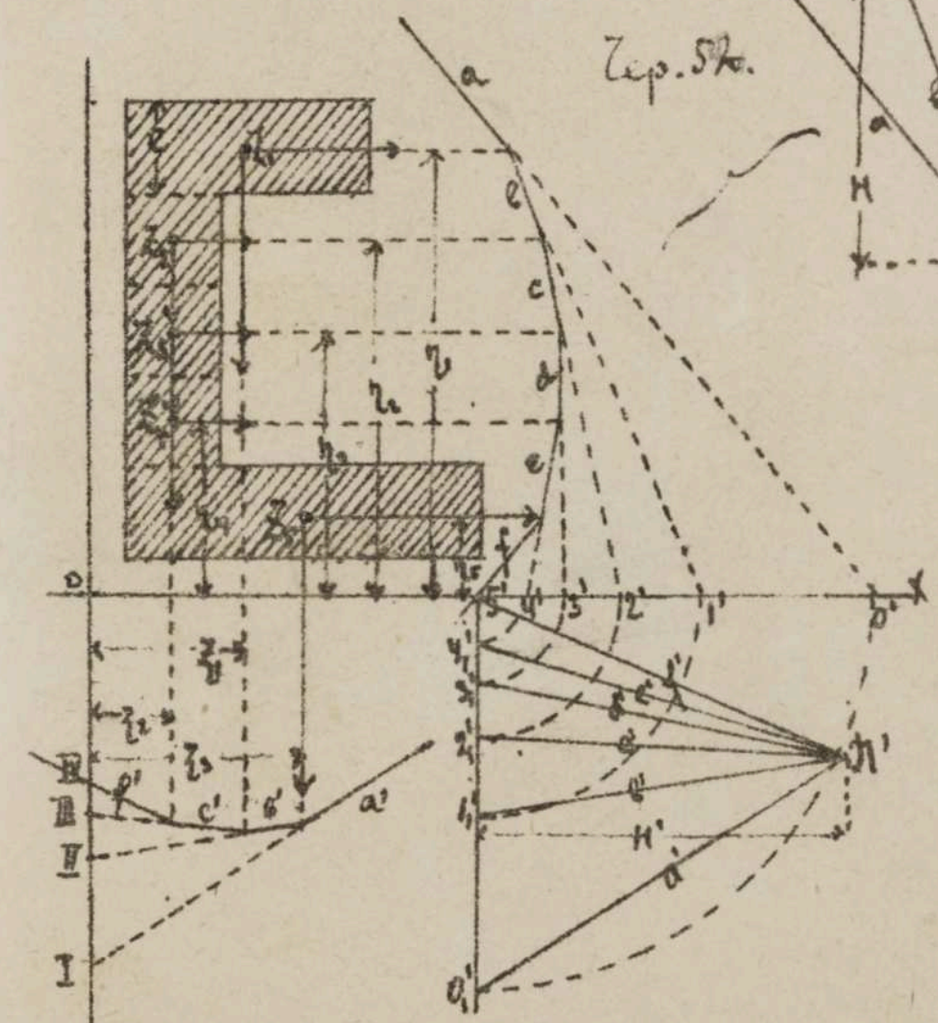
Чер. 50.



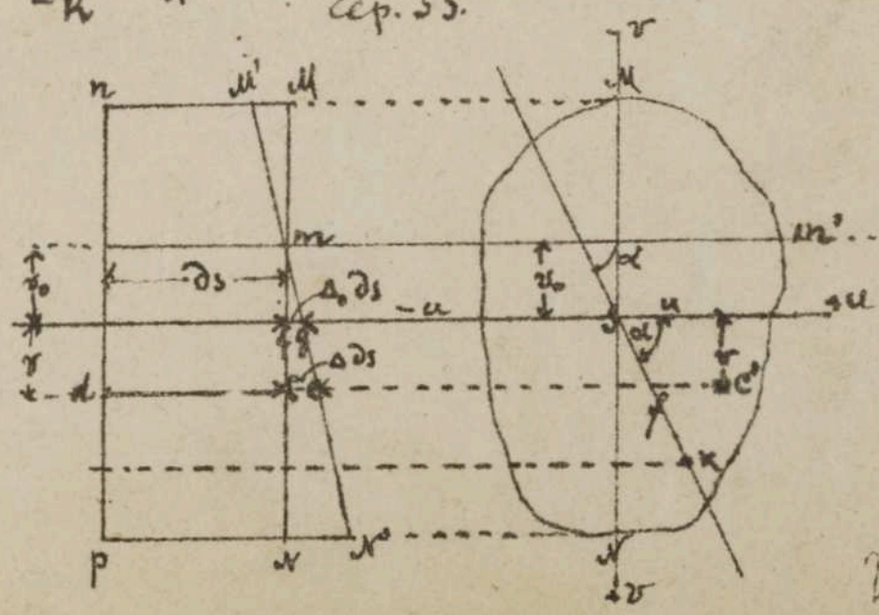
Чер. 54



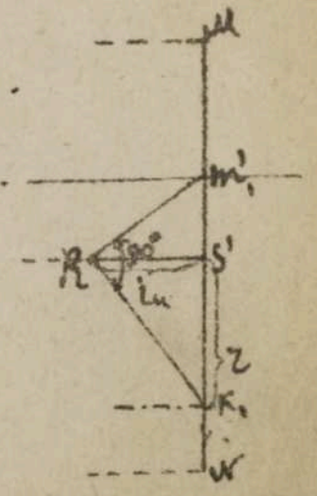
Чер. 53



Чер. 55.

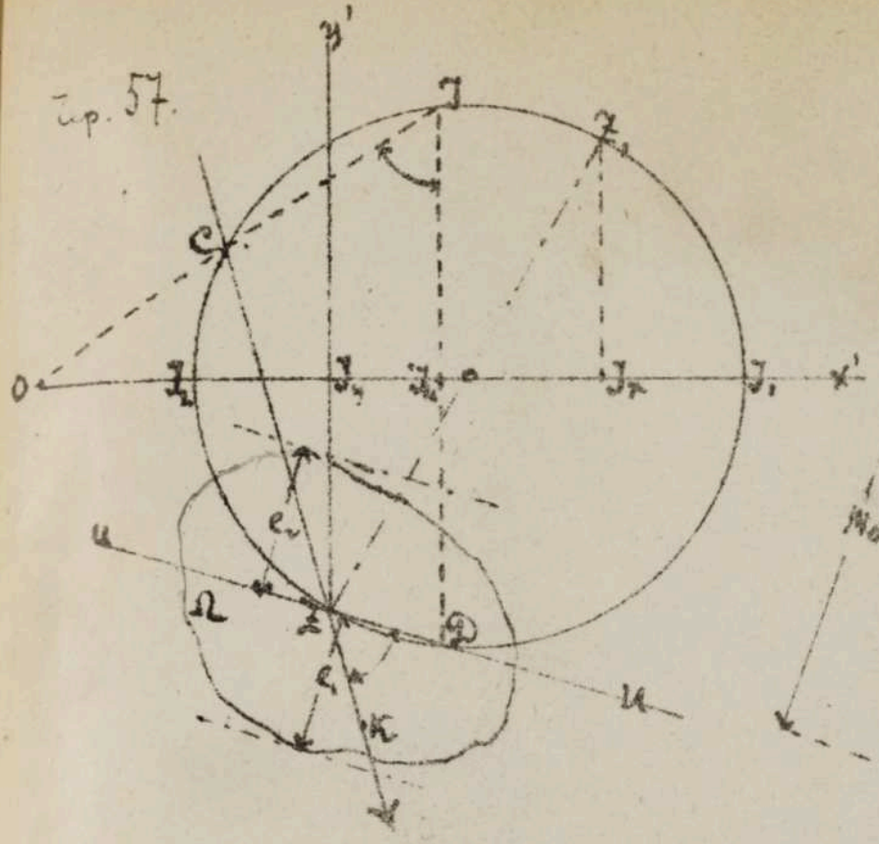


Чер. 56.

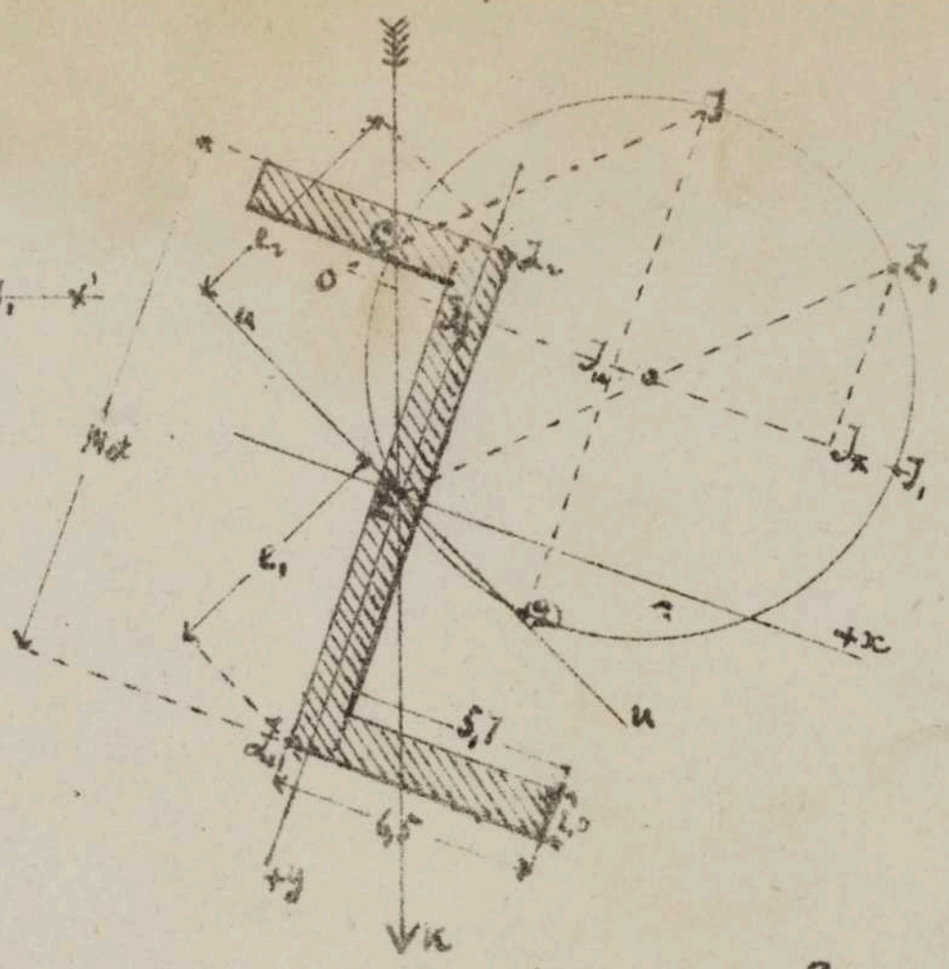


Инженерное искусство.

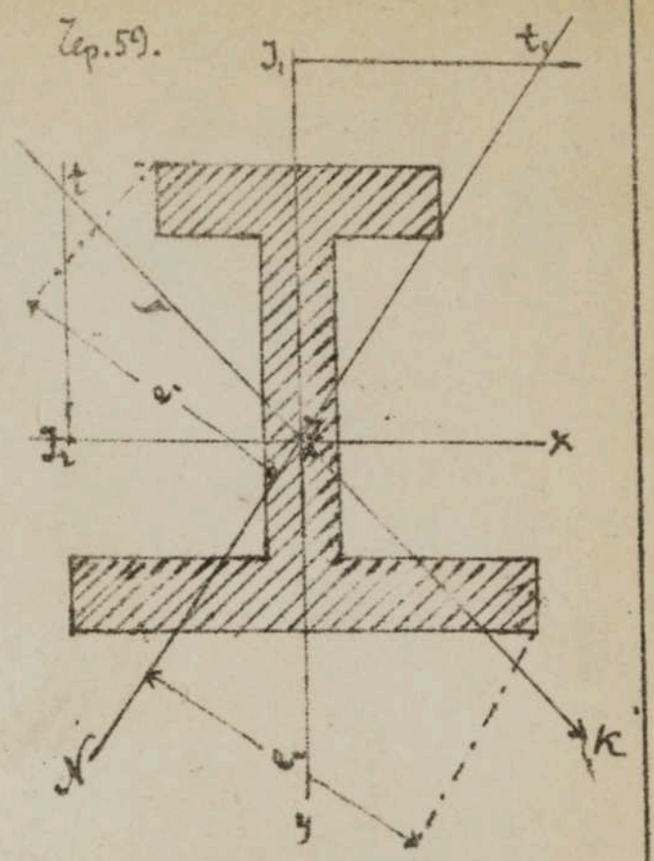
Чер. 57.



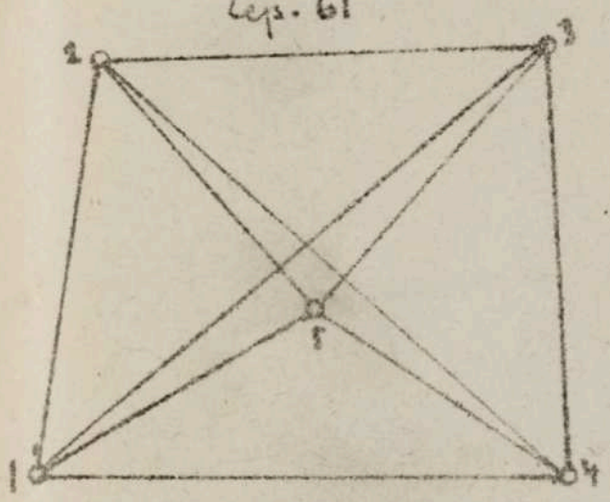
Чер. 58.



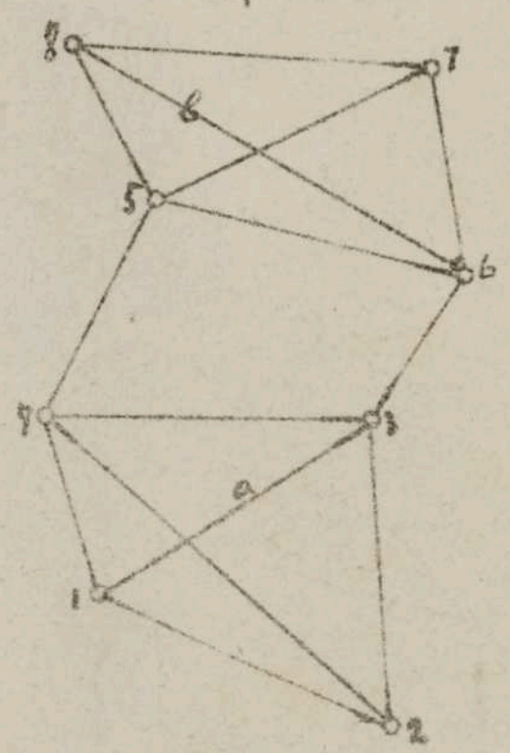
Чер. 59.

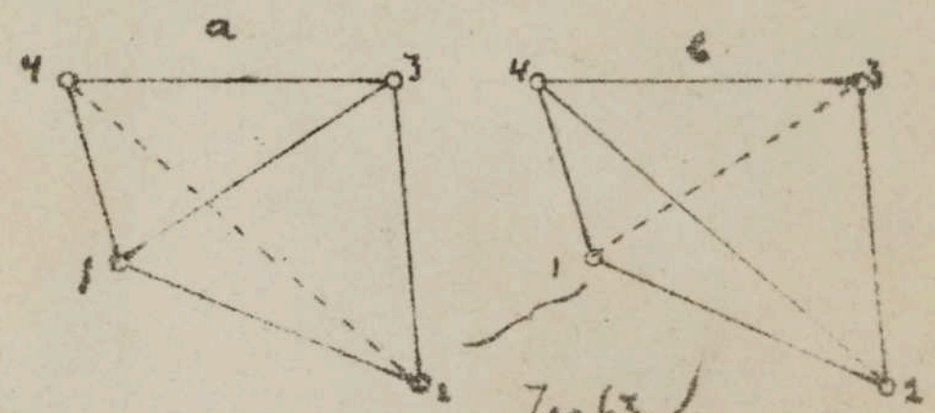


Чер. 61

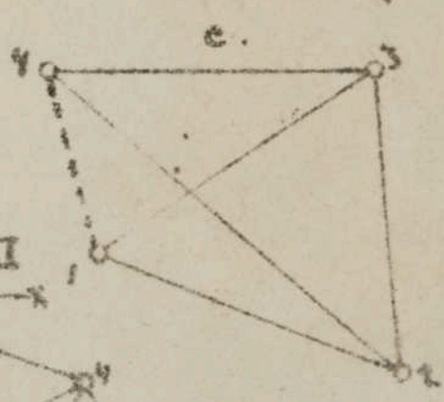


Чер. 62.

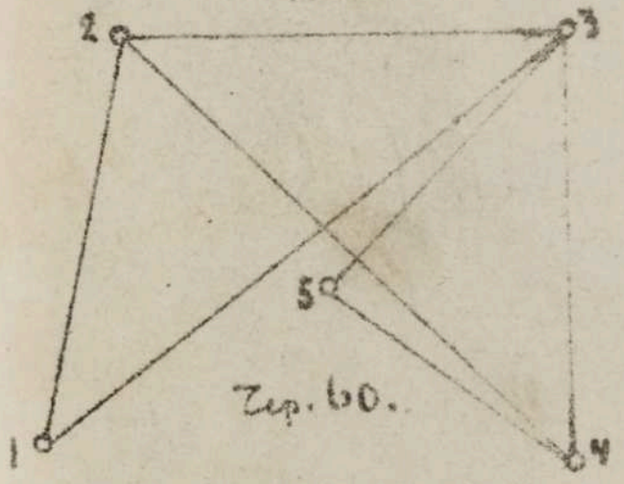




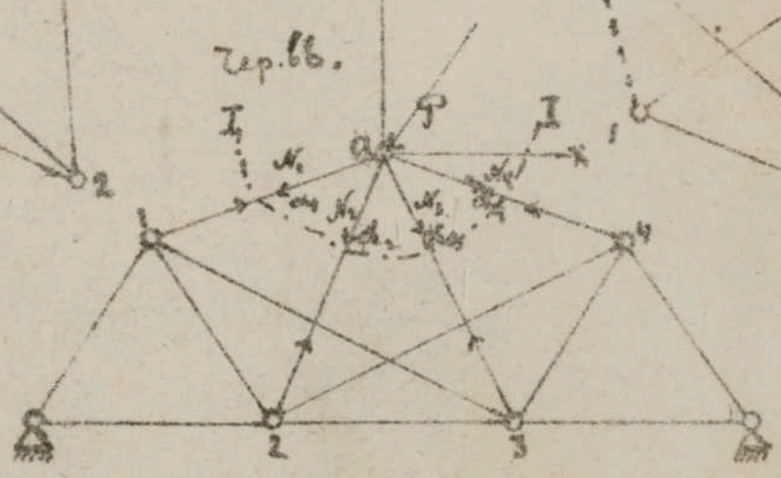
Чер. 63.



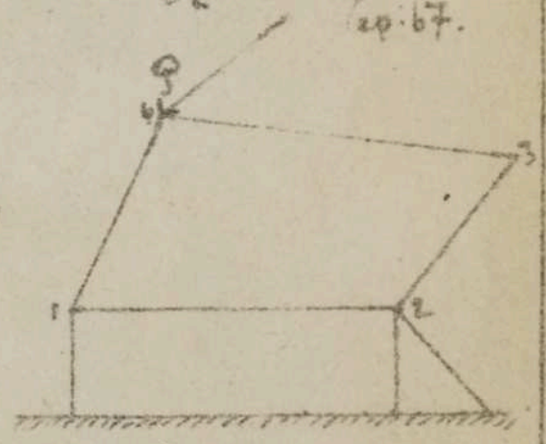
Чер. 60.



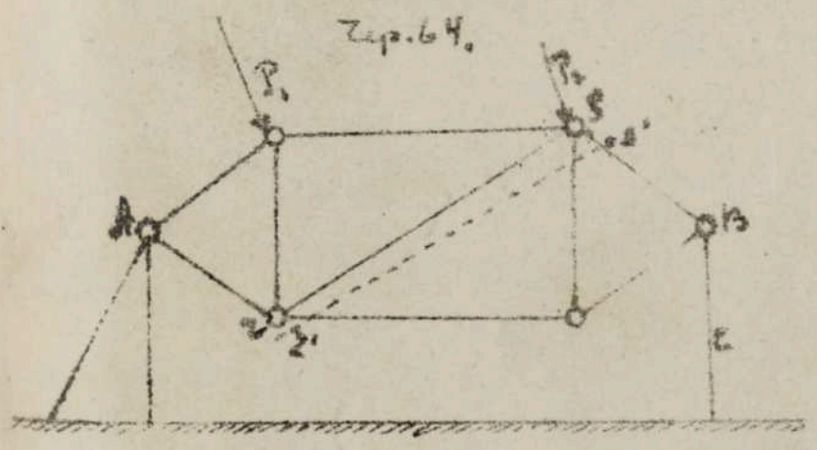
Чер. 66.



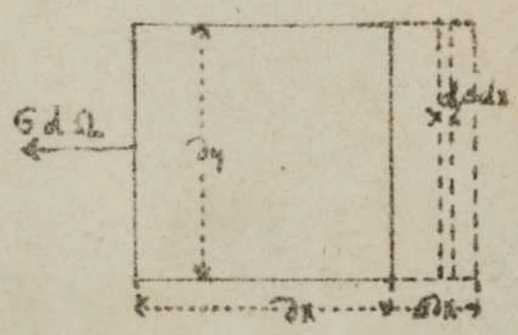
Чер. 67.



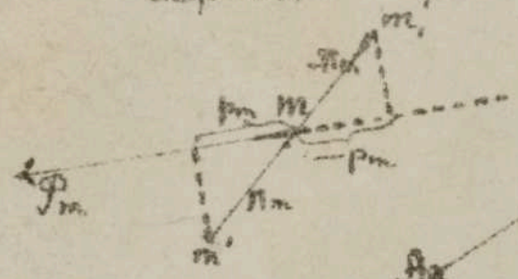
Чер. 64.

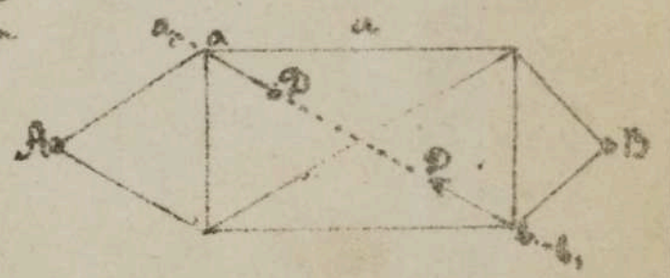


Чер. 68.

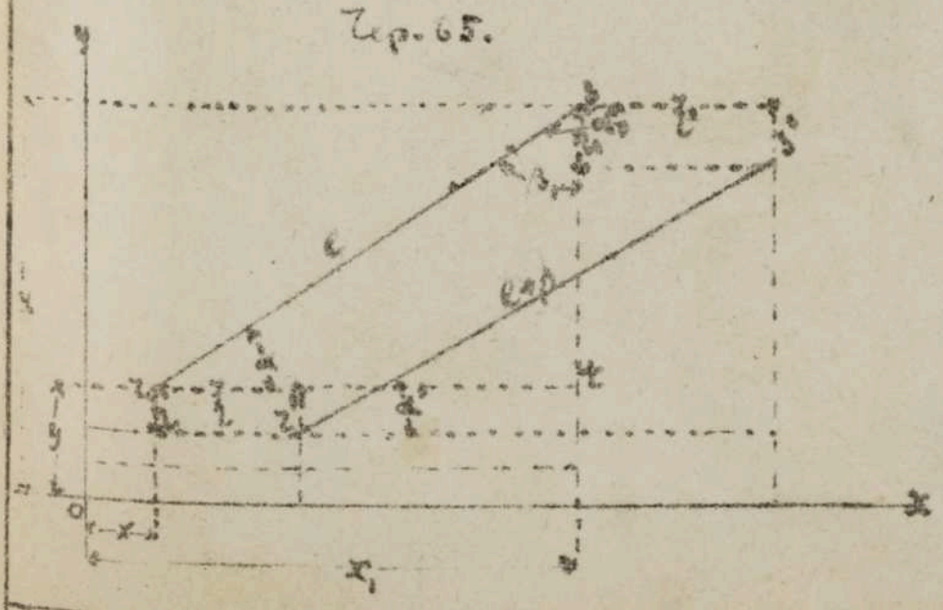


Чер. 69.

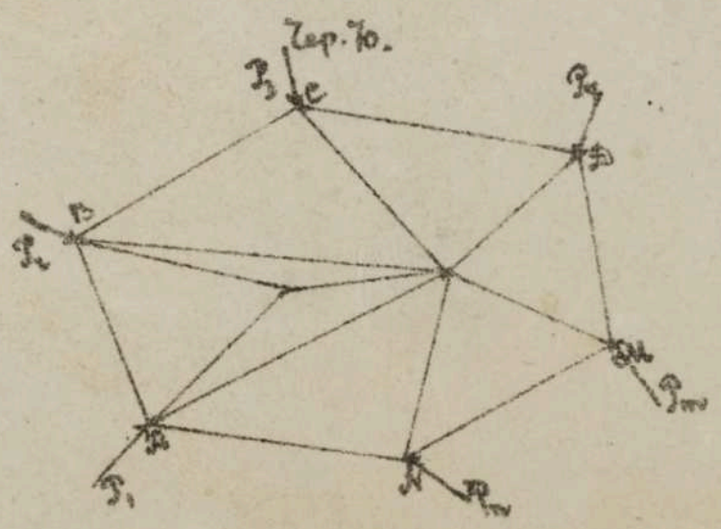




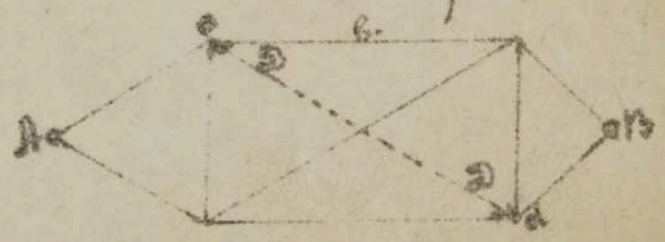
Чер. 65.



Чер. 70.

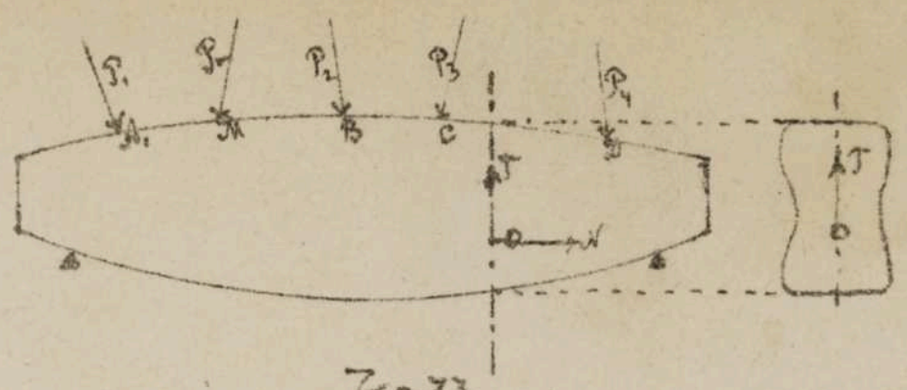


Чер. 71.



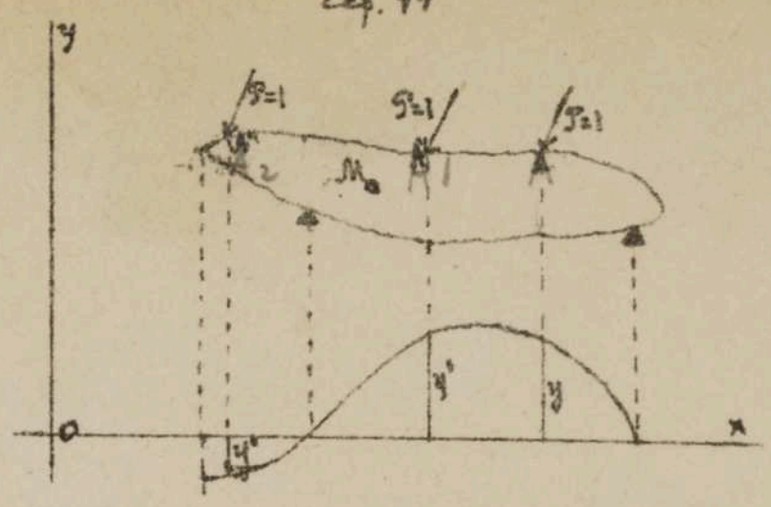
Инженерная академия

Зер 72.

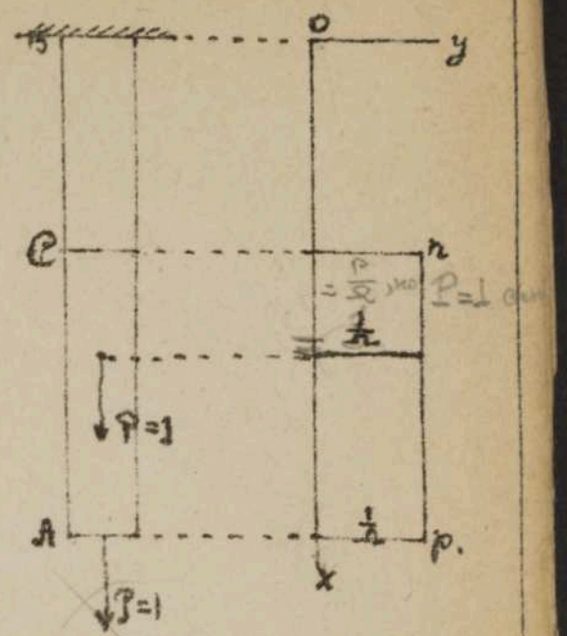


Зер. 73.

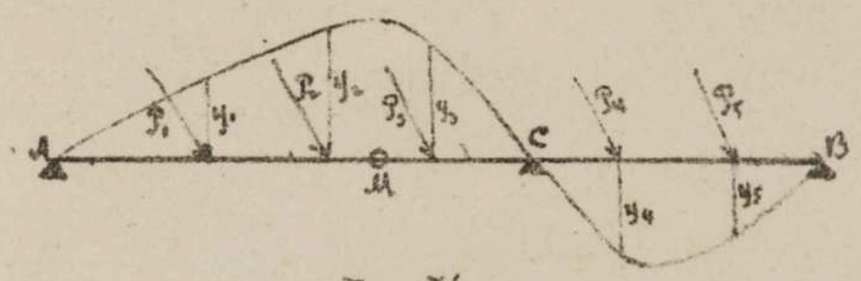
Зер. 74



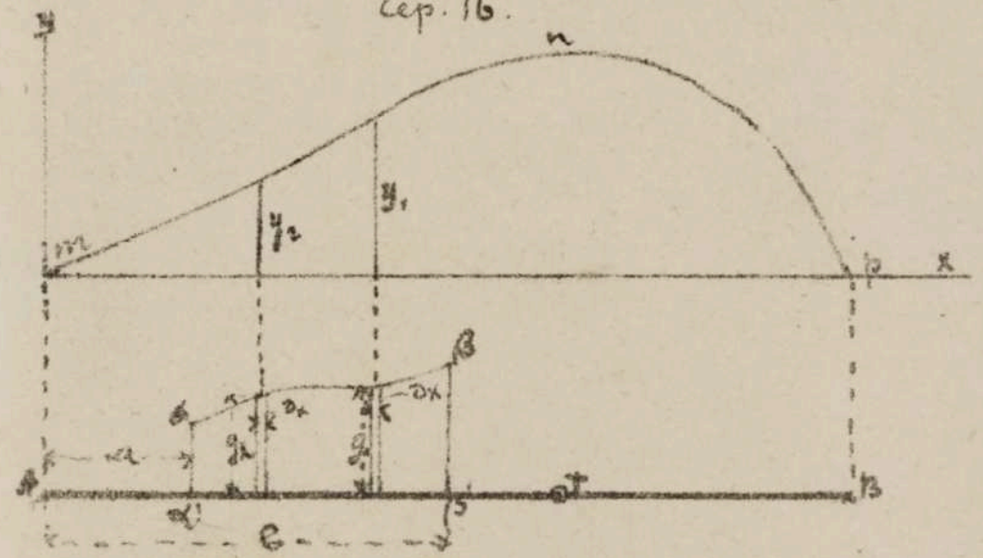
Зер 78. Майзингер.



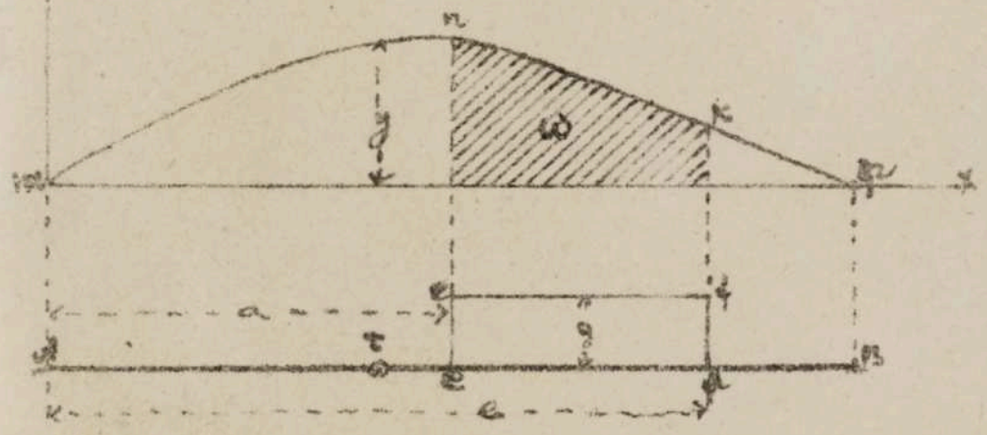
Зер. 75.



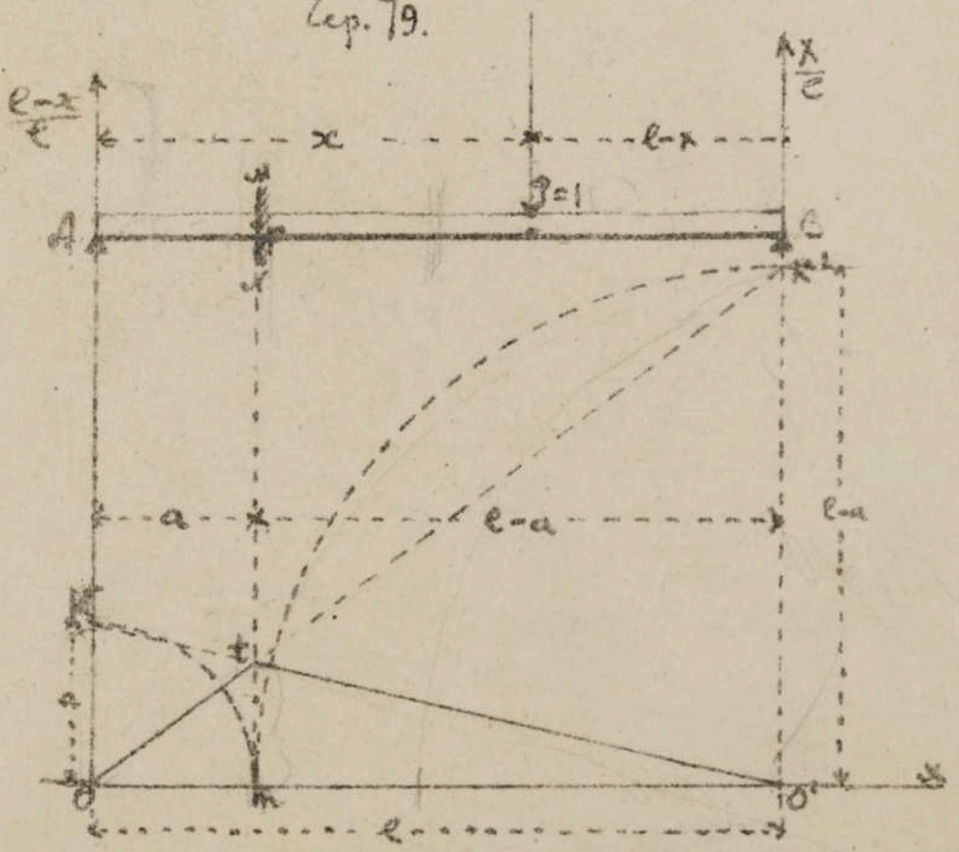
Зер. 76.



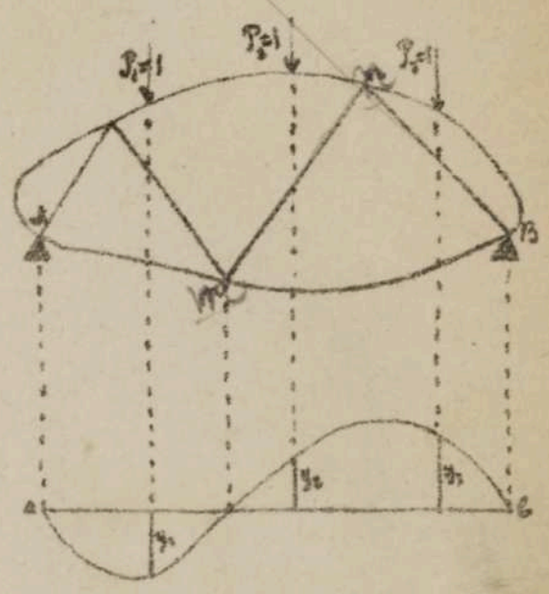
Зер. 77



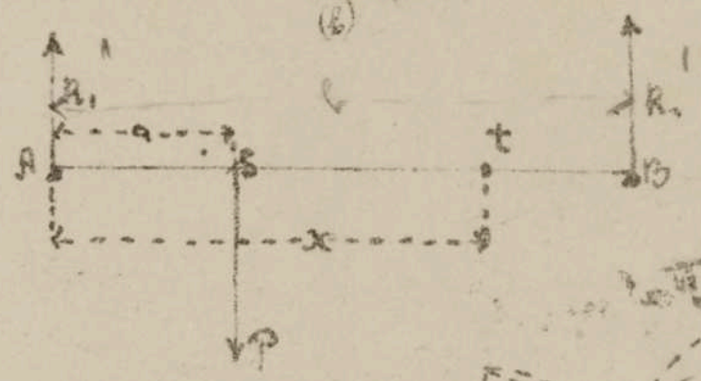
Зер. 79.



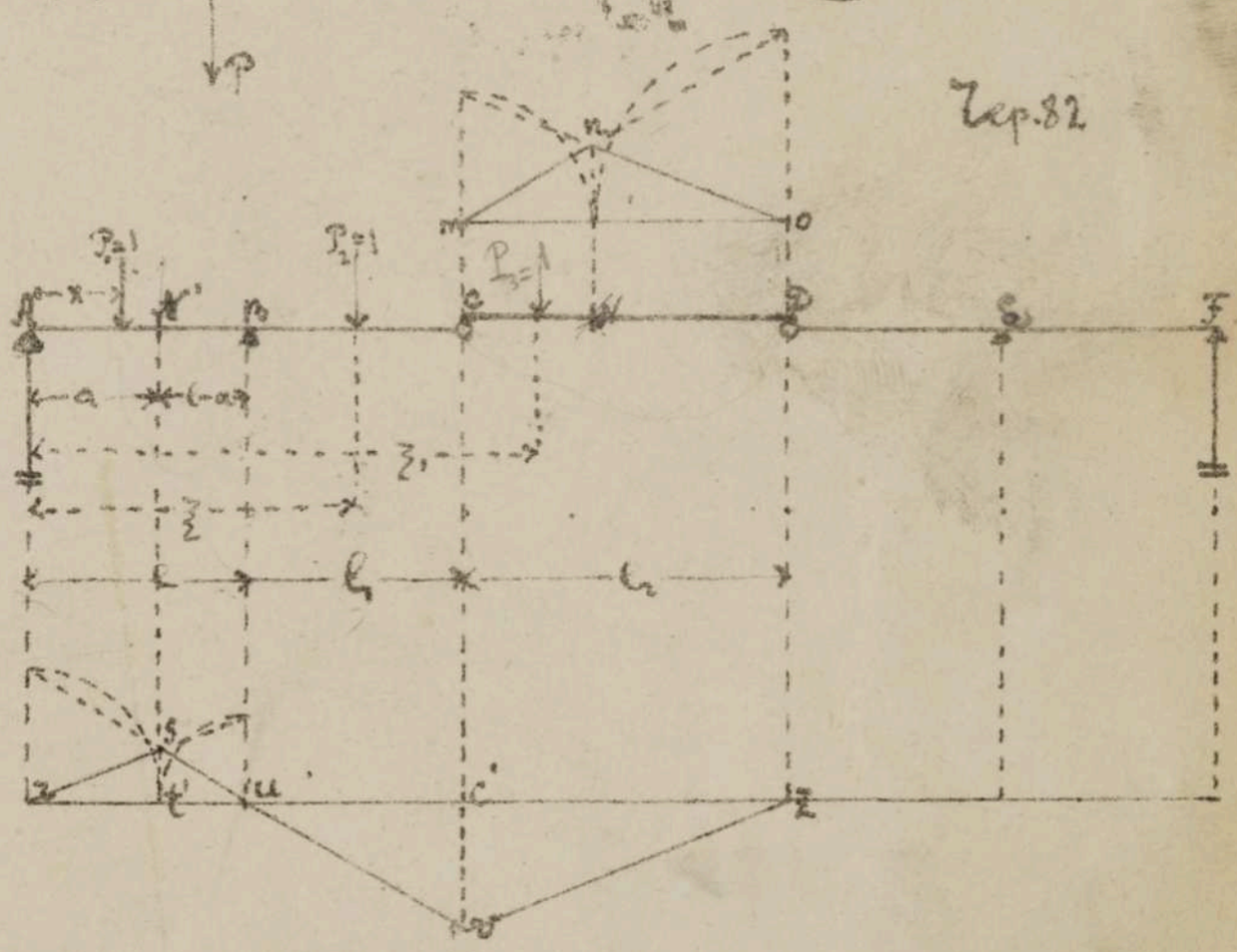
Зер. 80.



Зер. 81.



Зер. 82



Зер. 83.

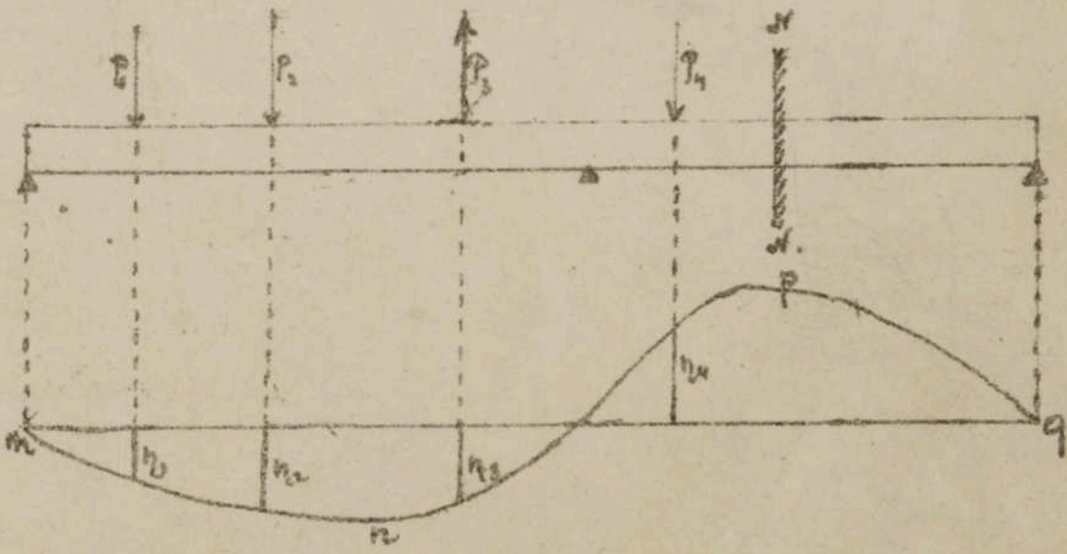
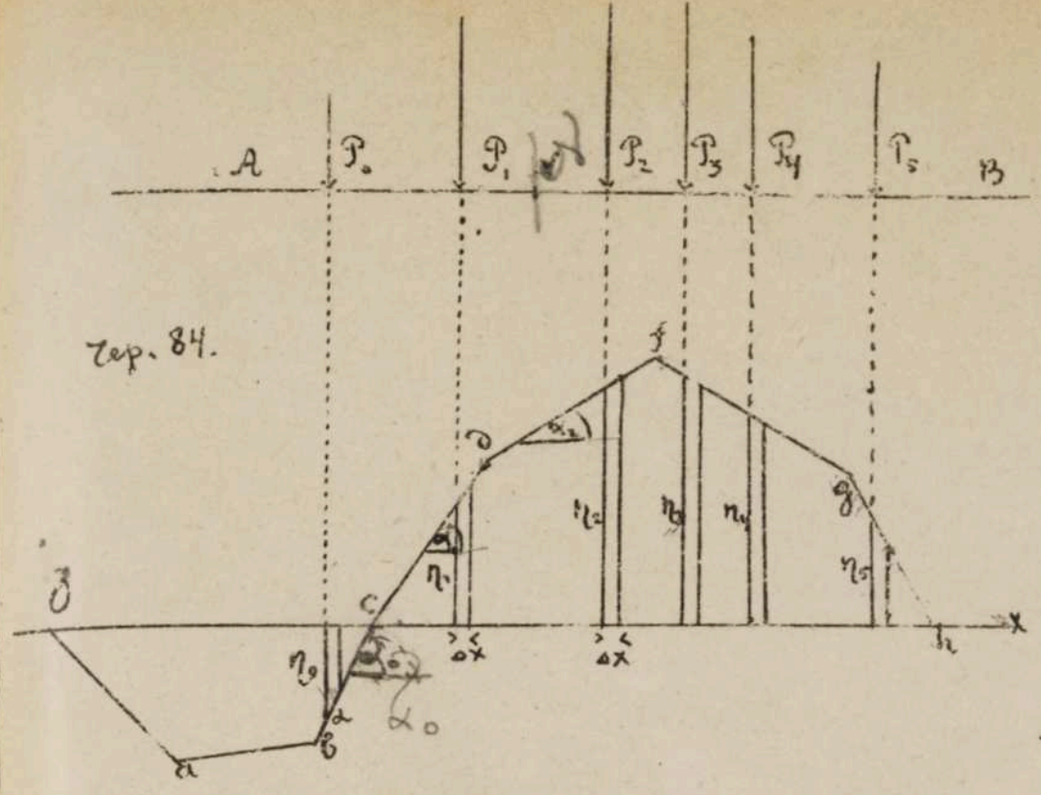
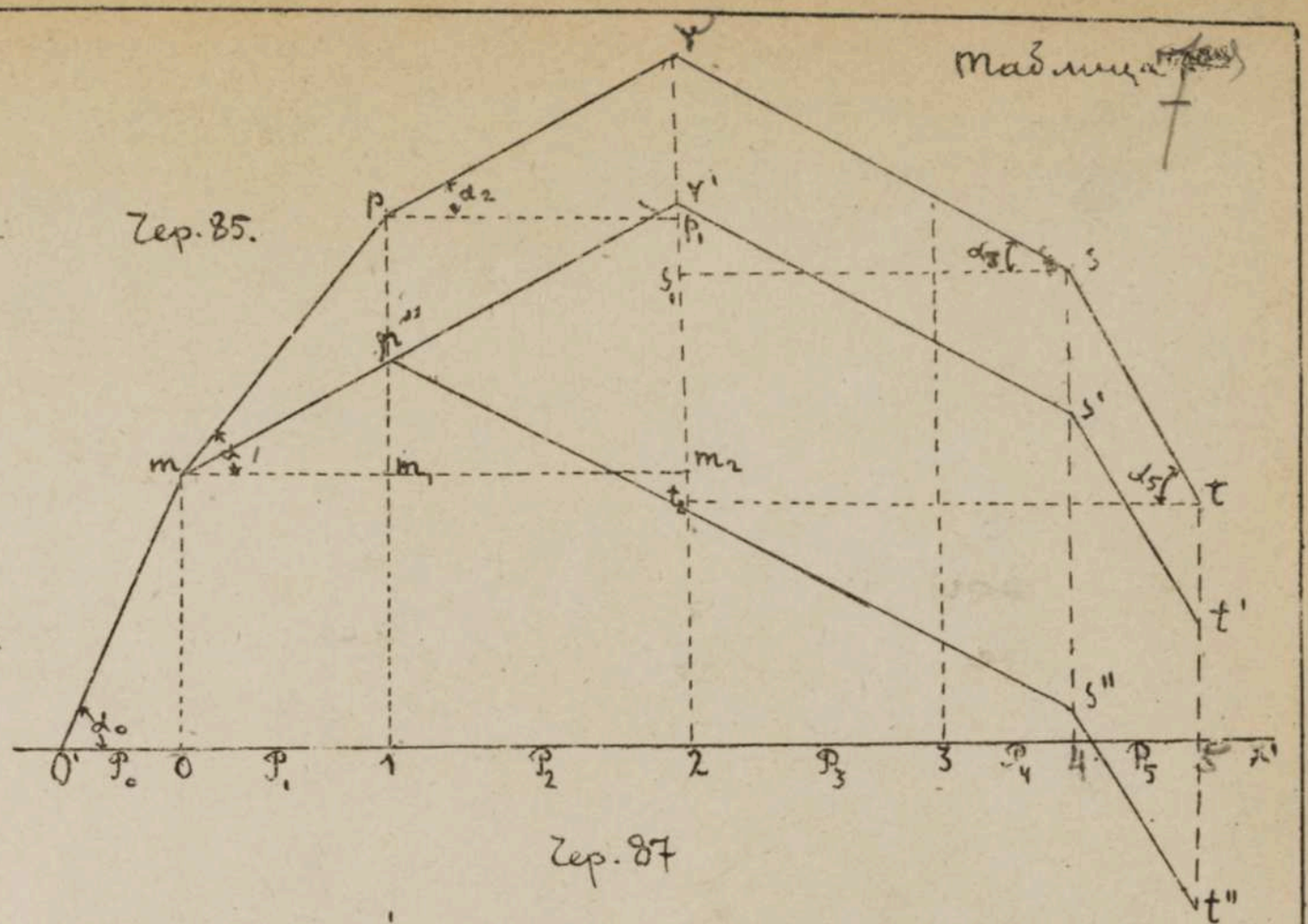


Таблица 7

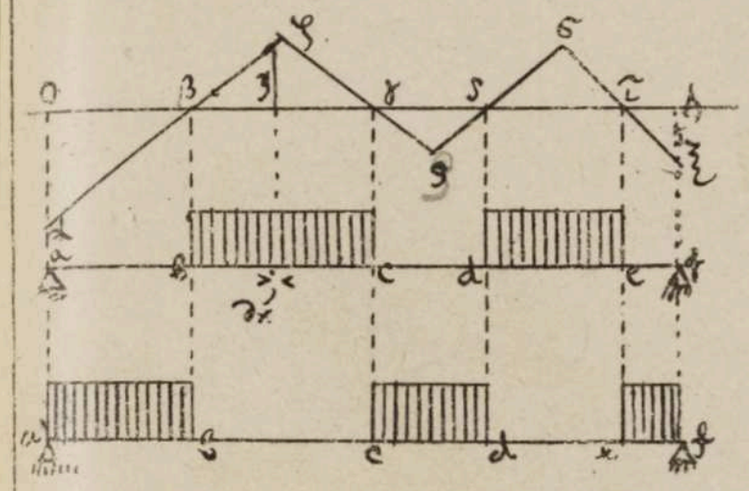
Чер. 84.



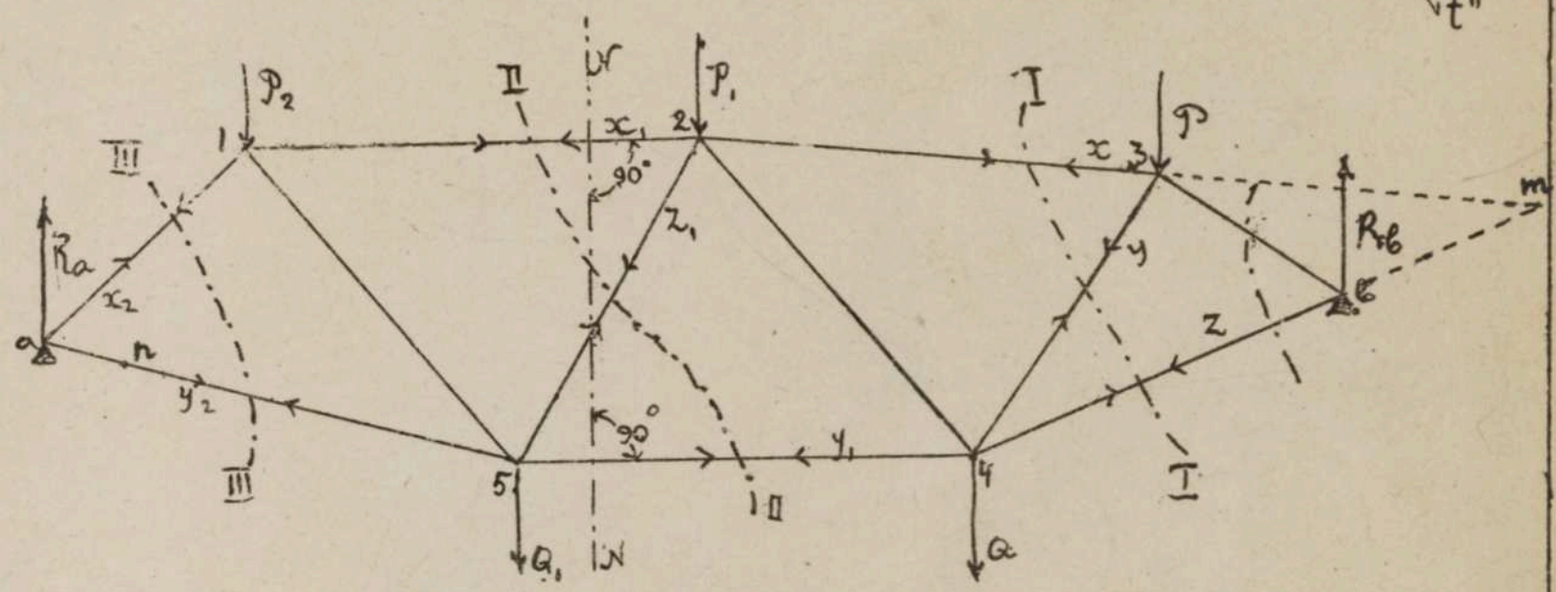
Чер. 85.



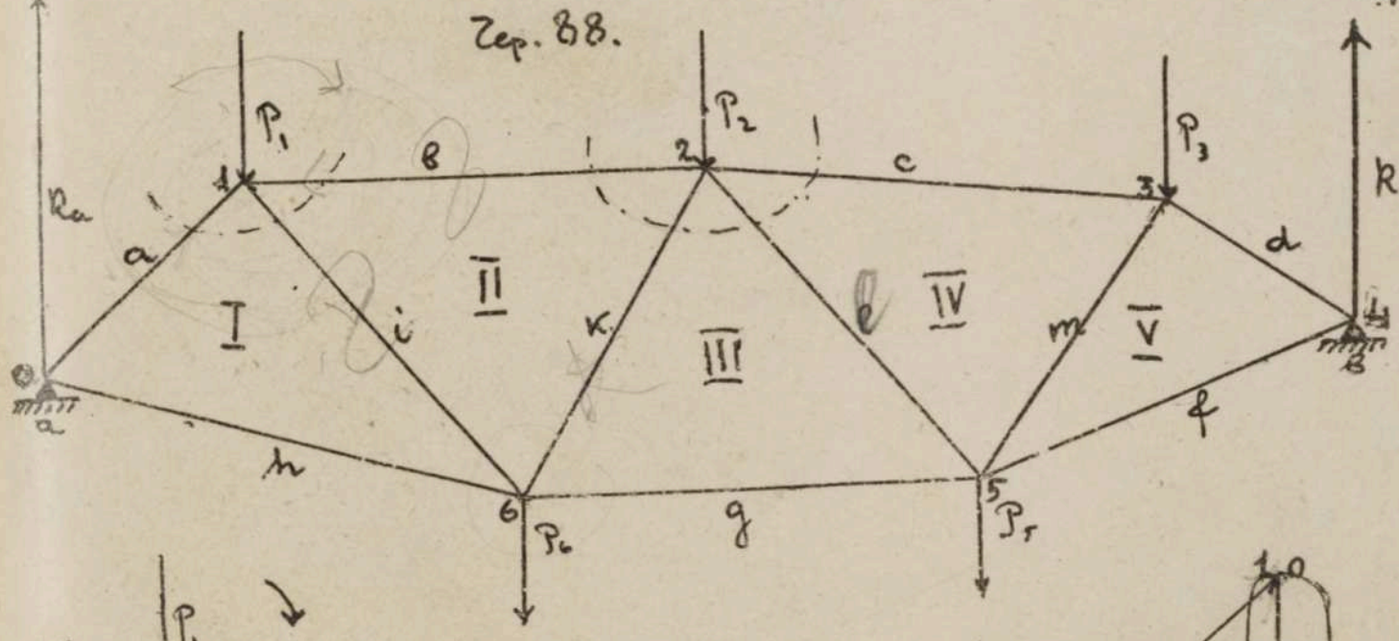
Чер. 86



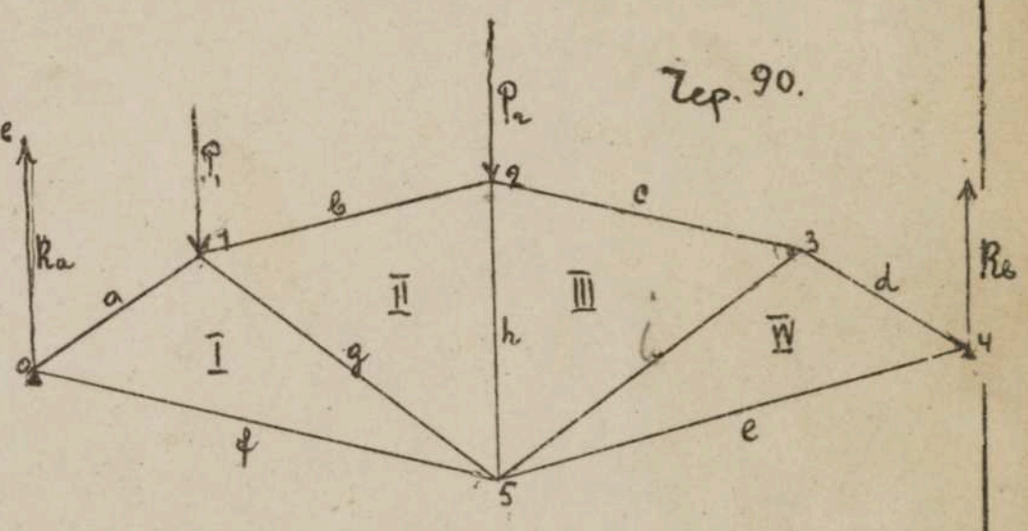
Чер. 87



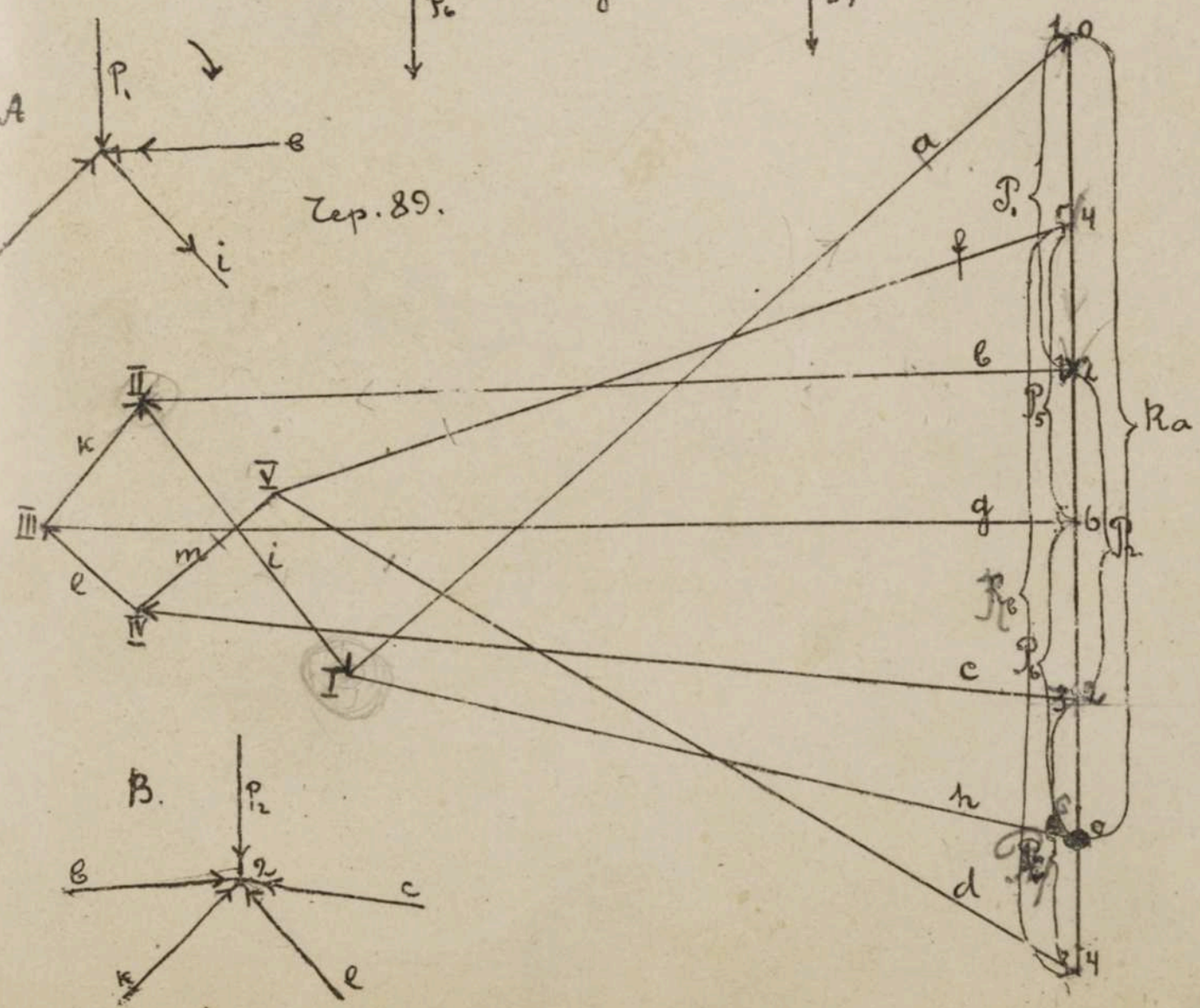
Чер. 88.



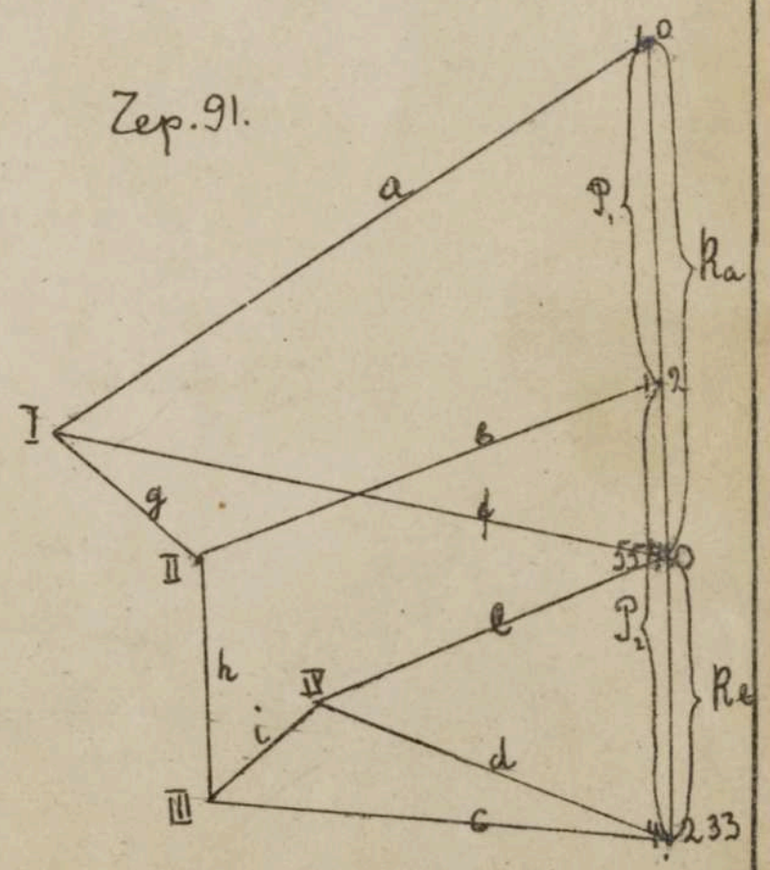
Чер. 90.



Чер. 89.



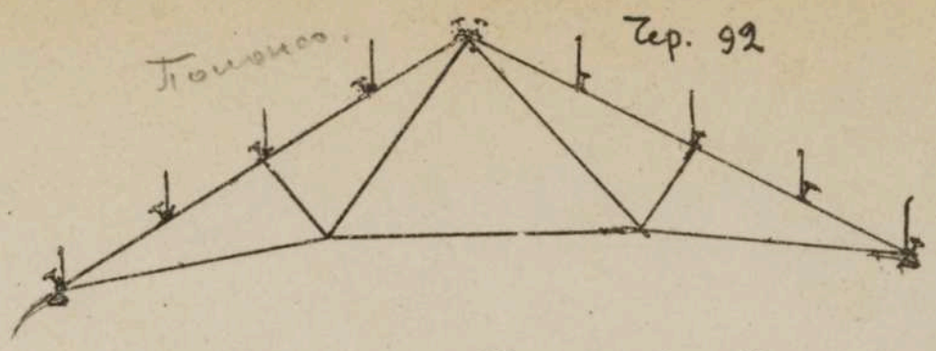
Чер. 91.



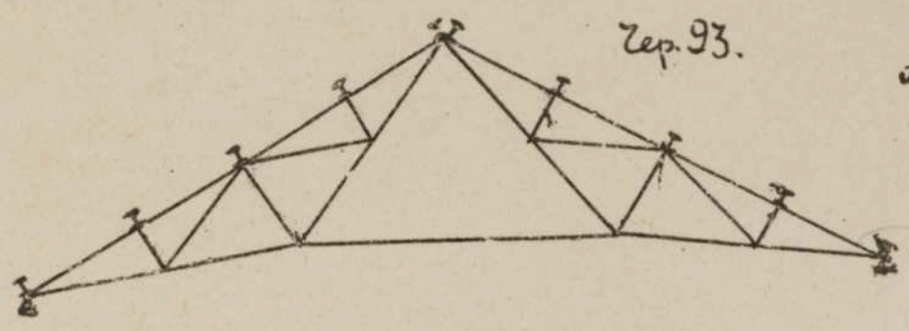
Инженерное искусство

Геометрическое.

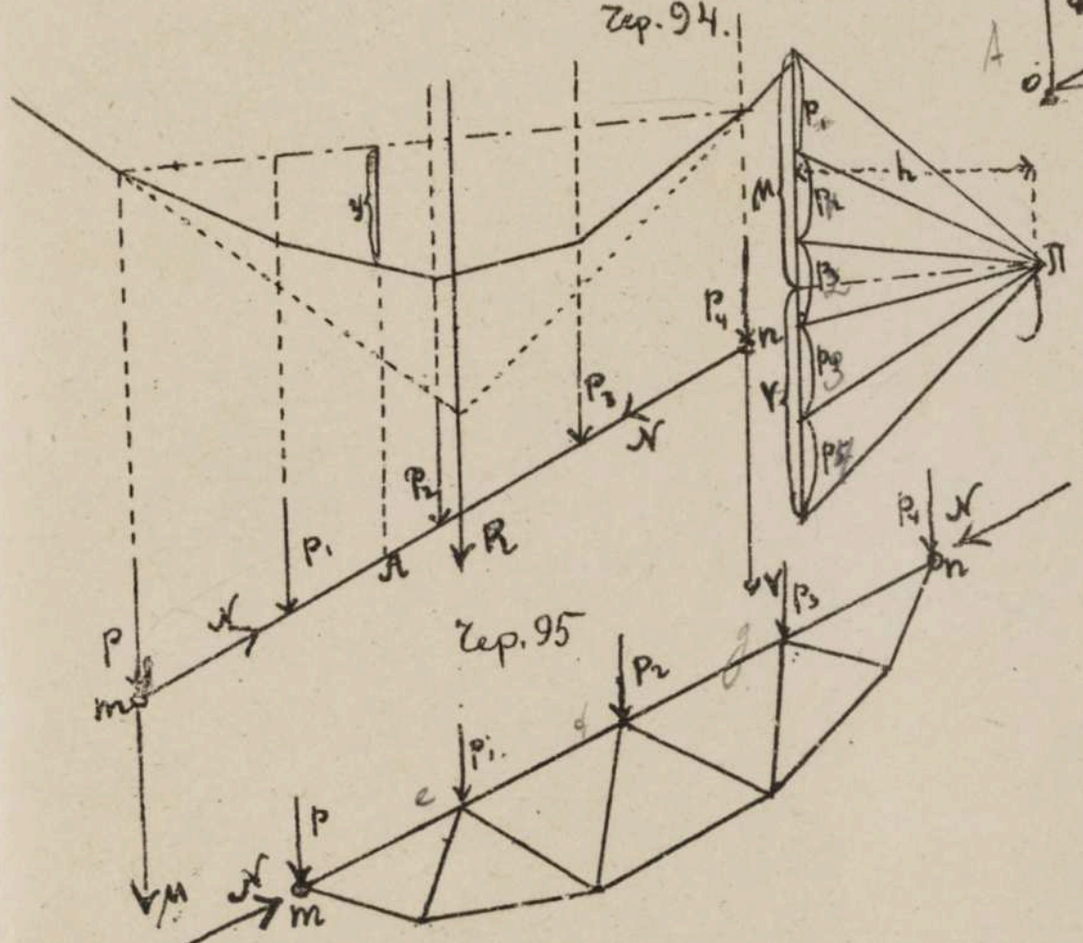
Чер. 92



Чер. 93.

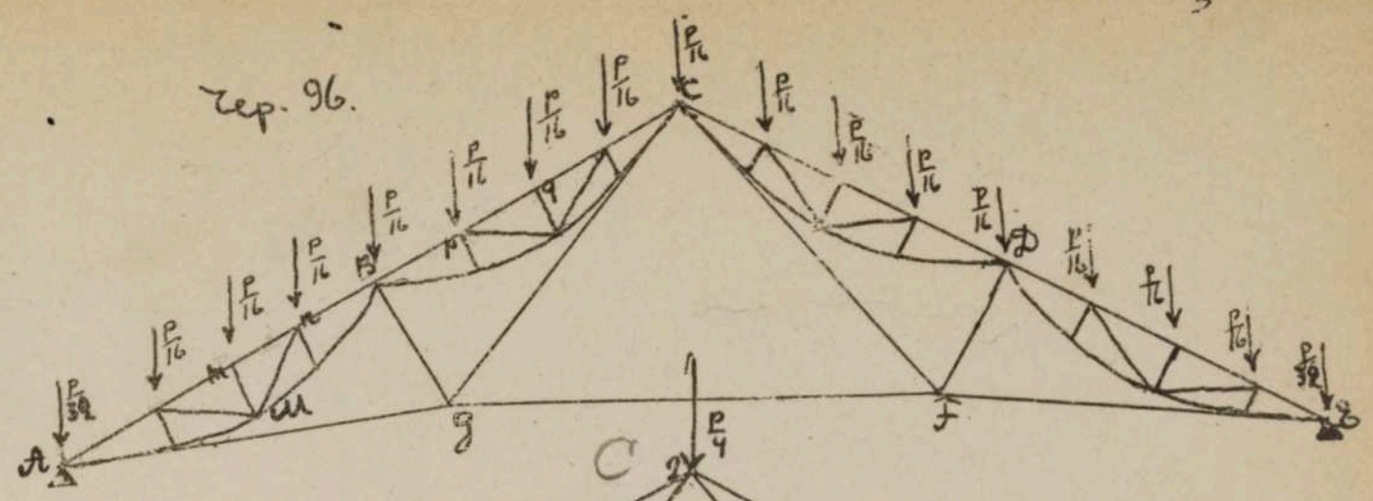


Чер. 94.

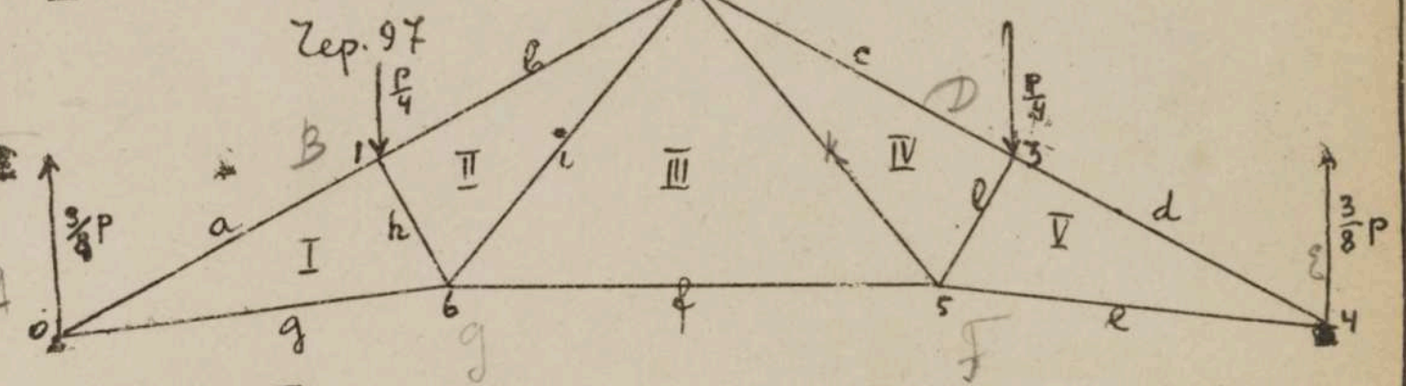


Чер. 95

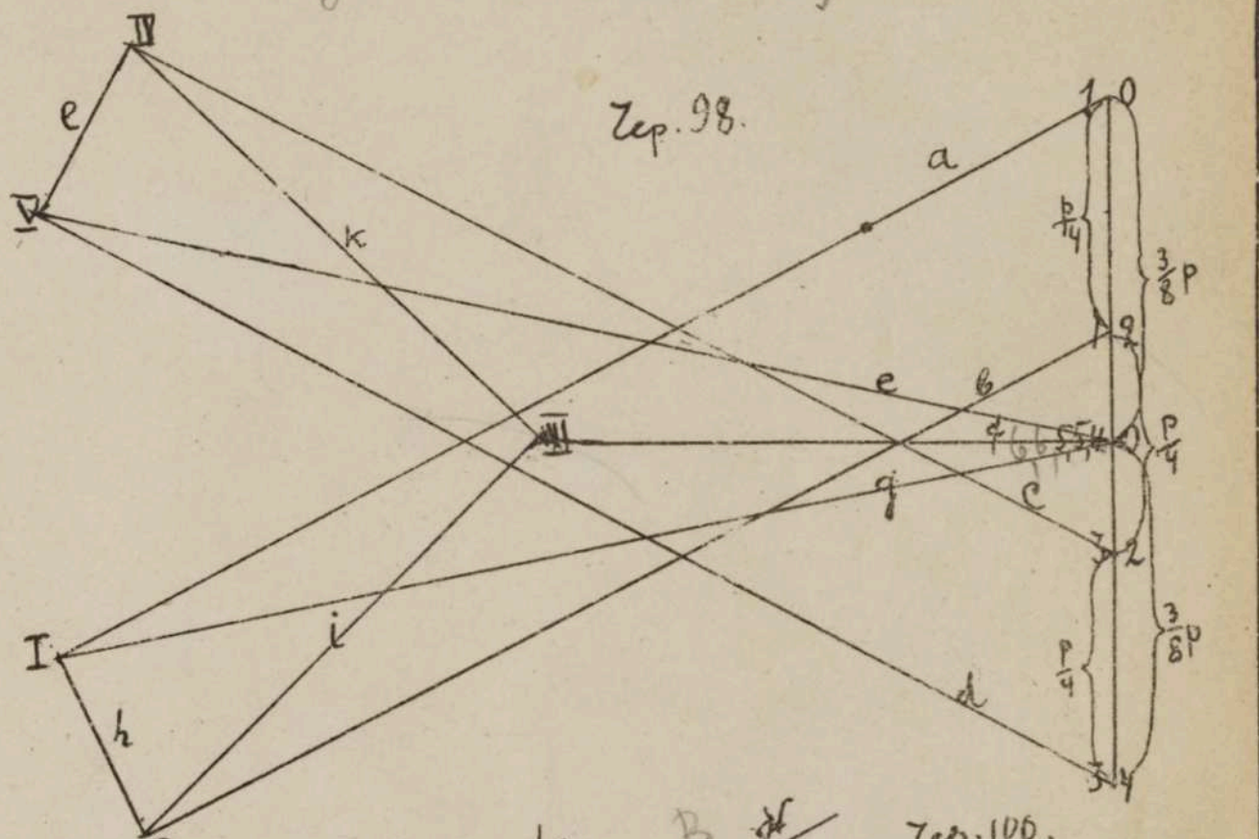
Чер. 96.



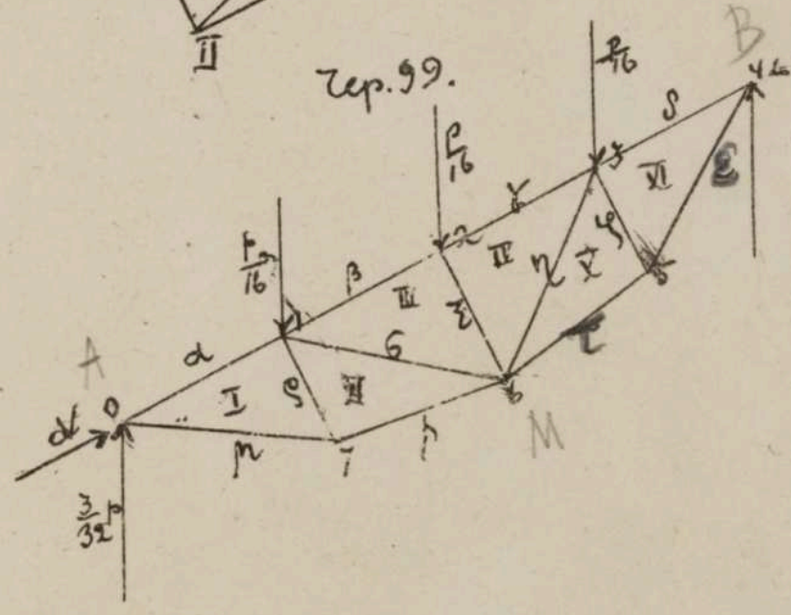
Чер. 97



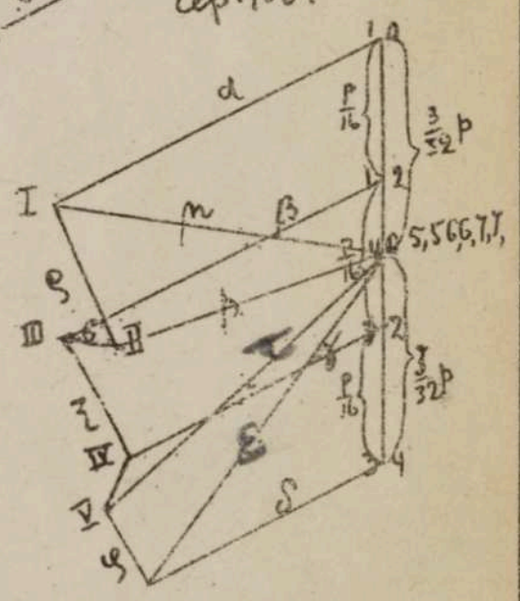
Чер. 98.



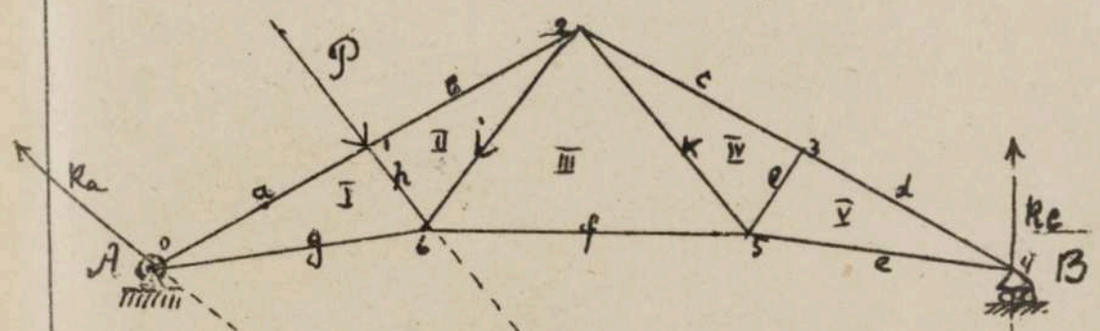
Чер. 99.



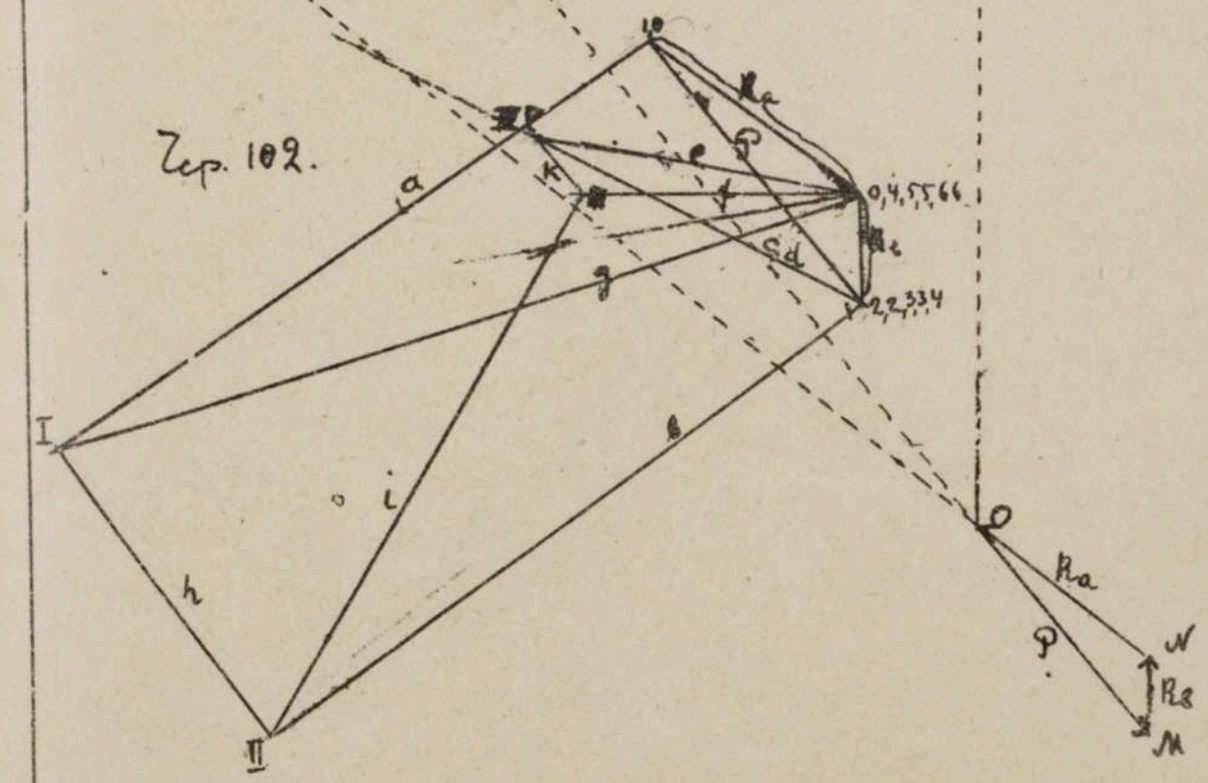
Чер. 100.



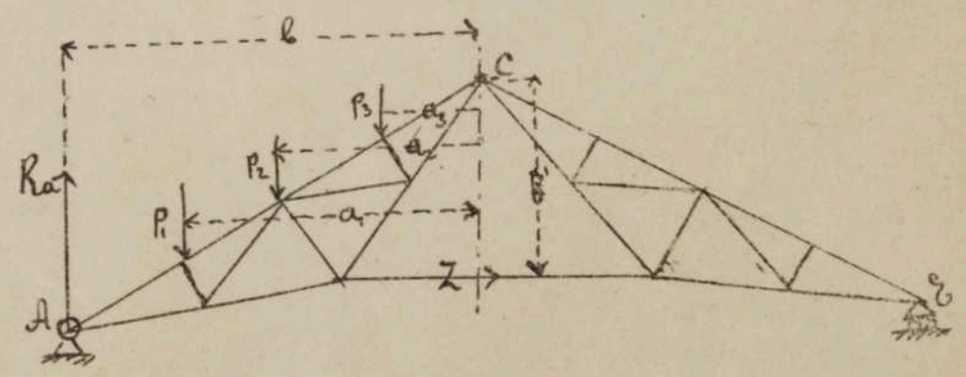
Чер. 101.



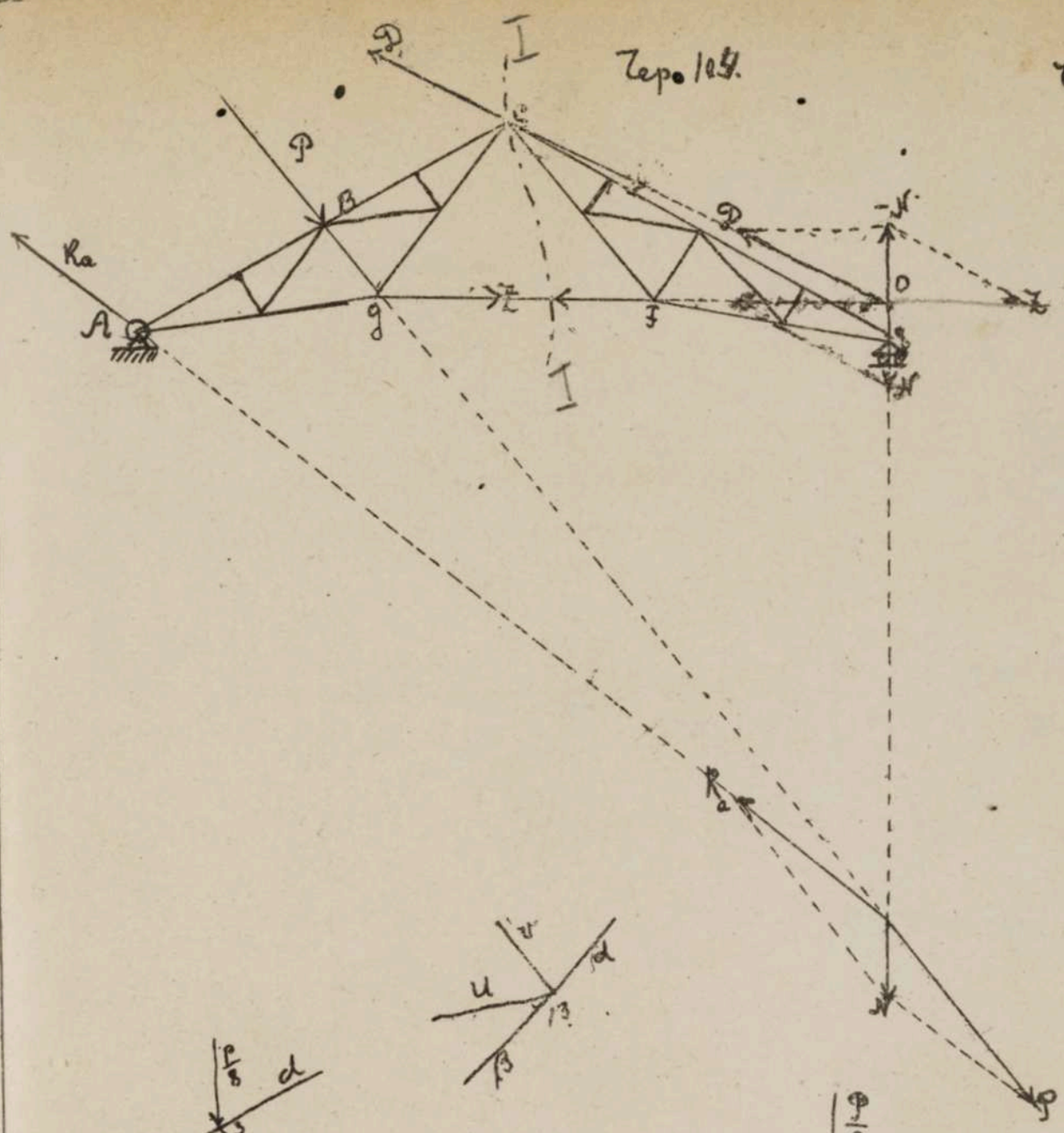
Чер. 102.



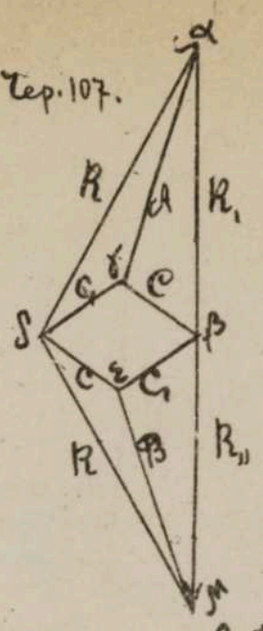
Чер. 103



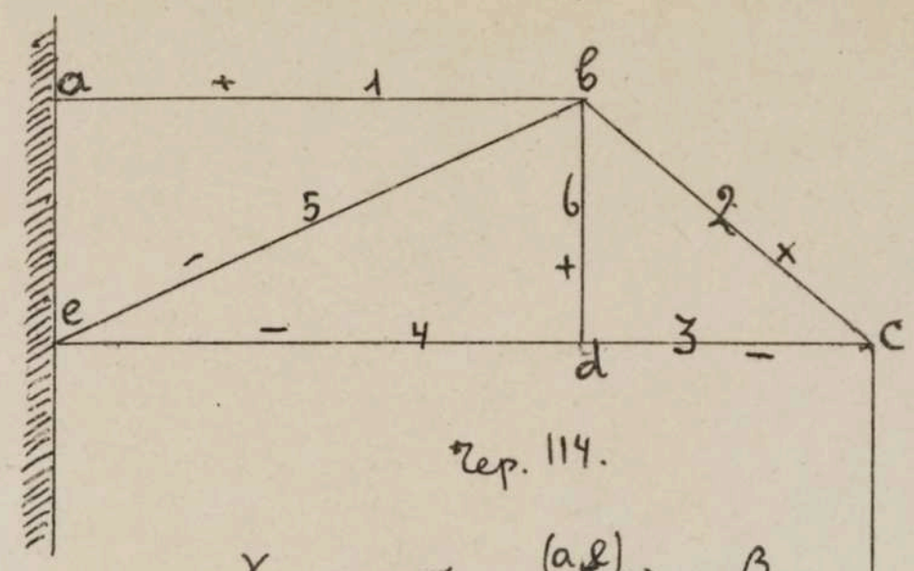
Чер. 104.



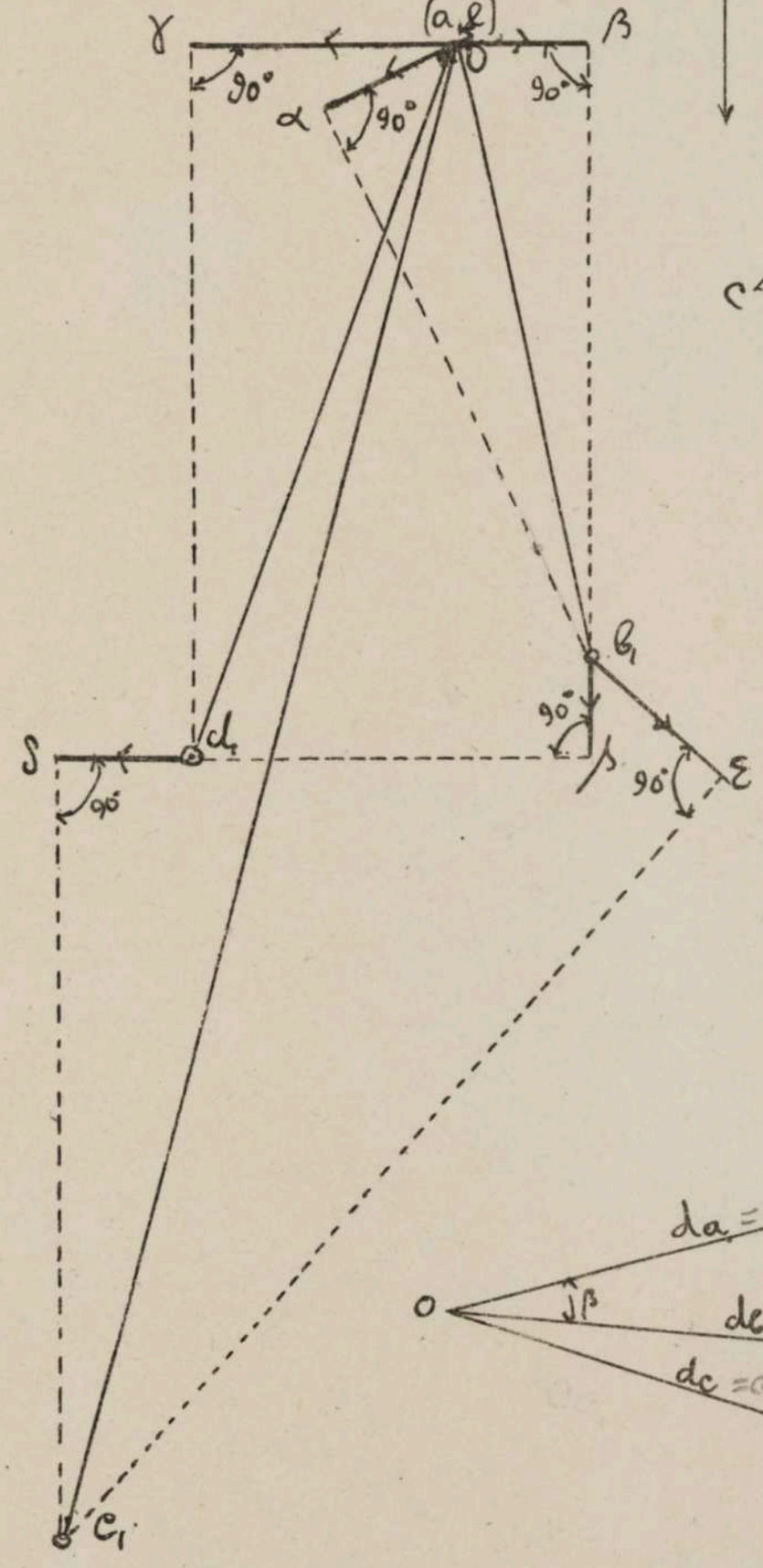
Чер. 107.


α
R
R
R₁
R
R
S
C
C
C

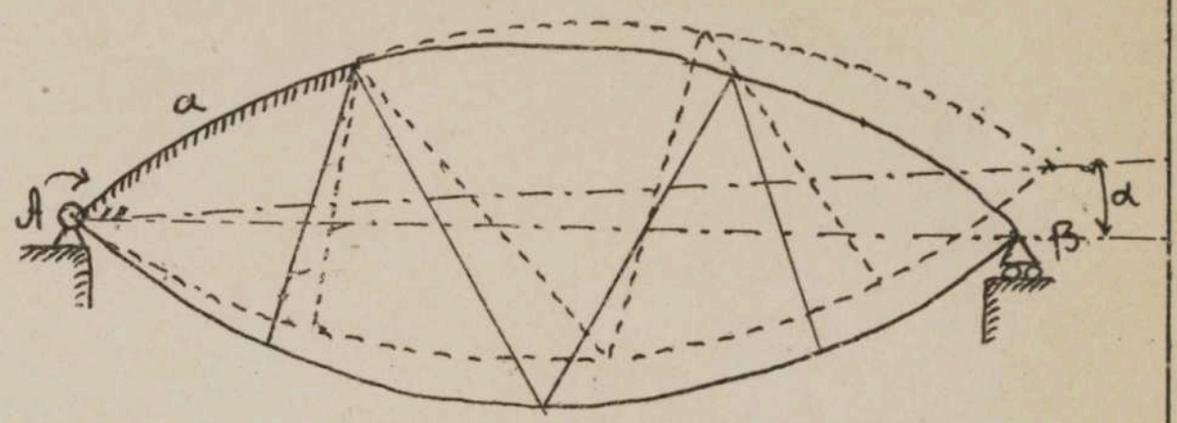
Чер. 113



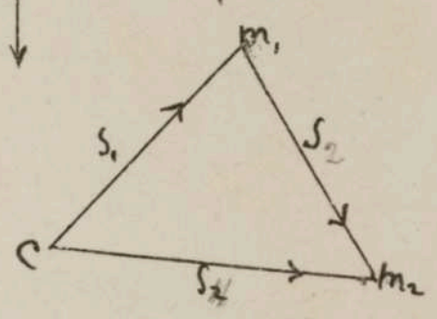
Чер. 114.



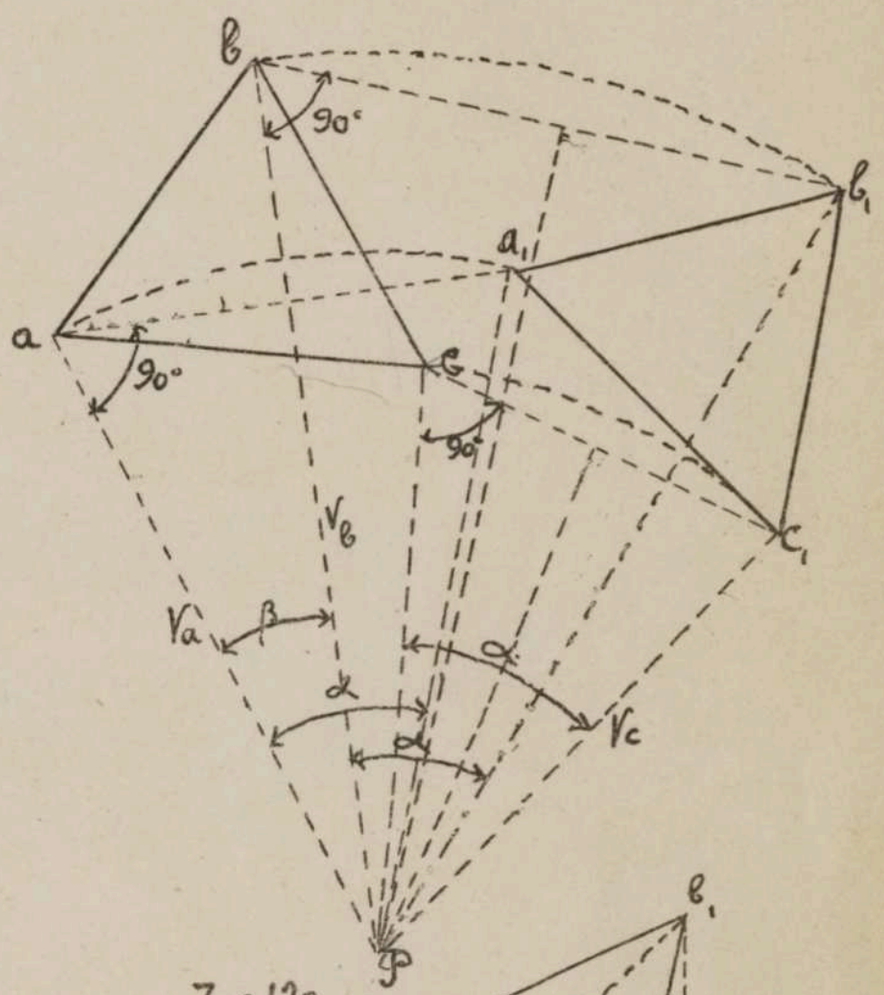
Чер. 115



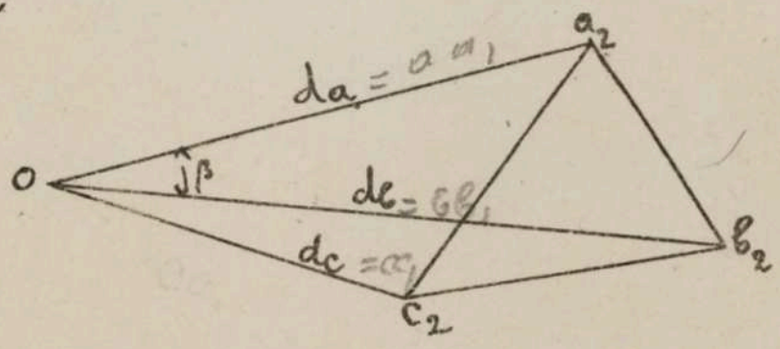
Чер. 116



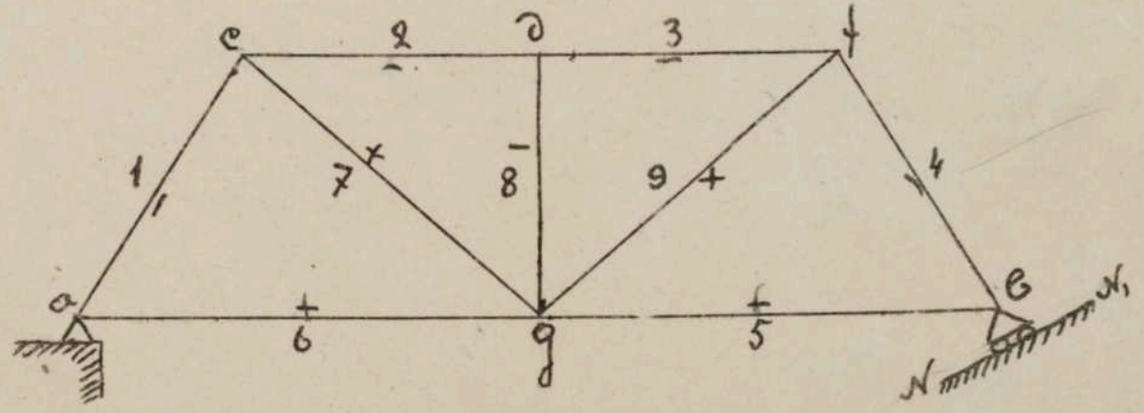
Чер. 117



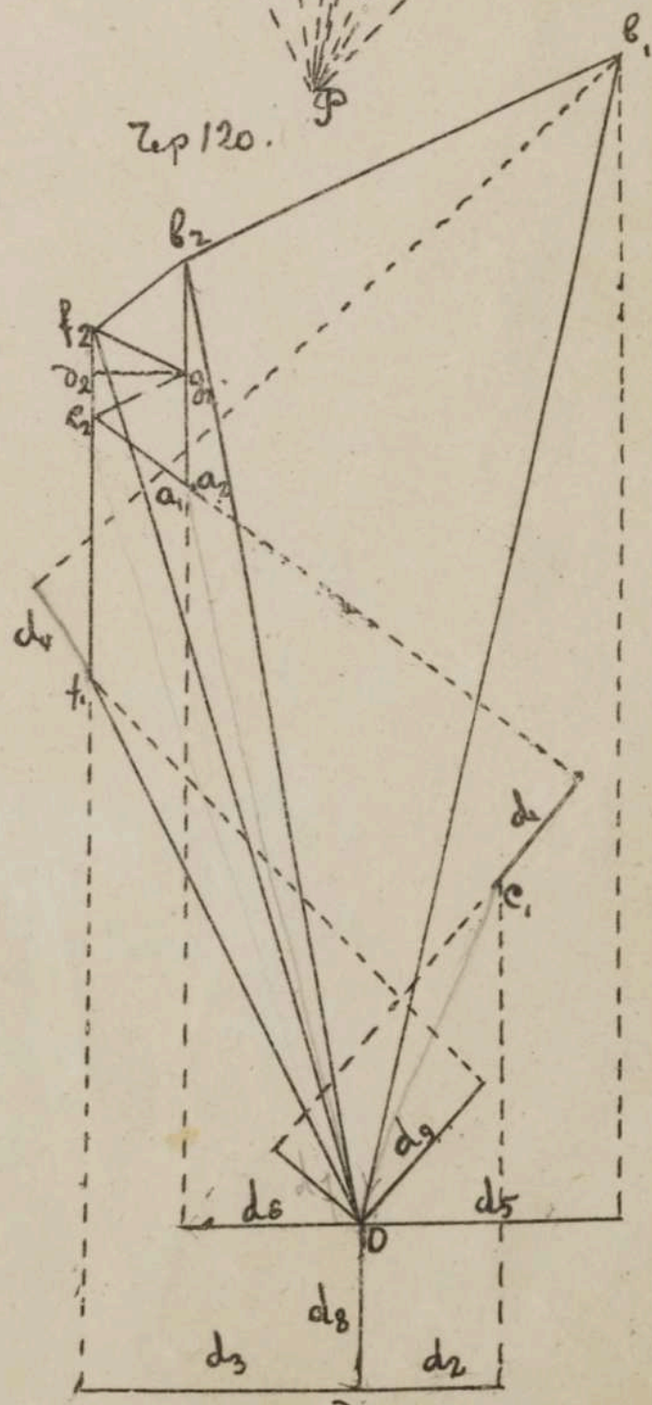
Чер 118



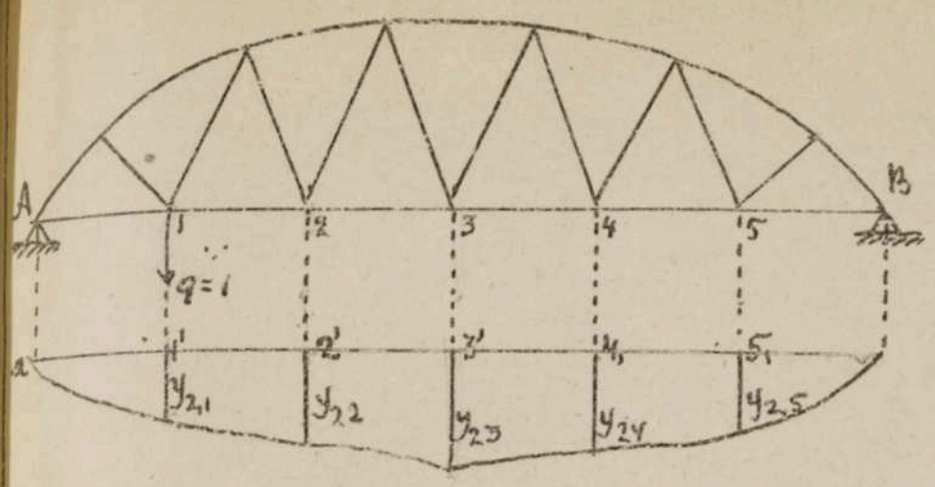
Чер. 119.



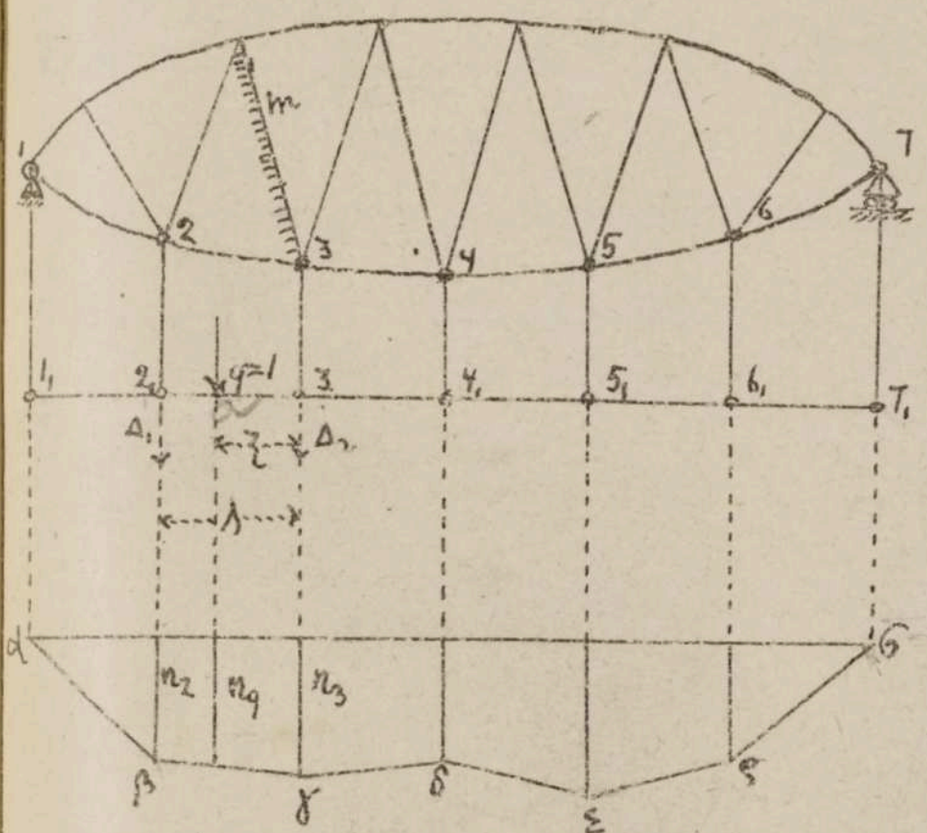
Чер 120.



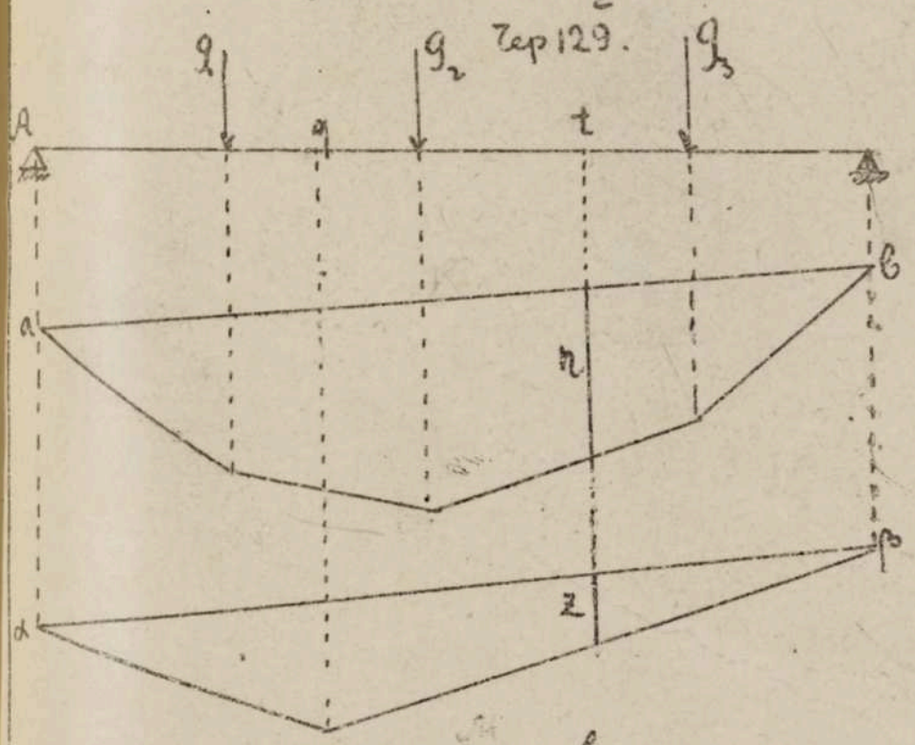
Чер. 122



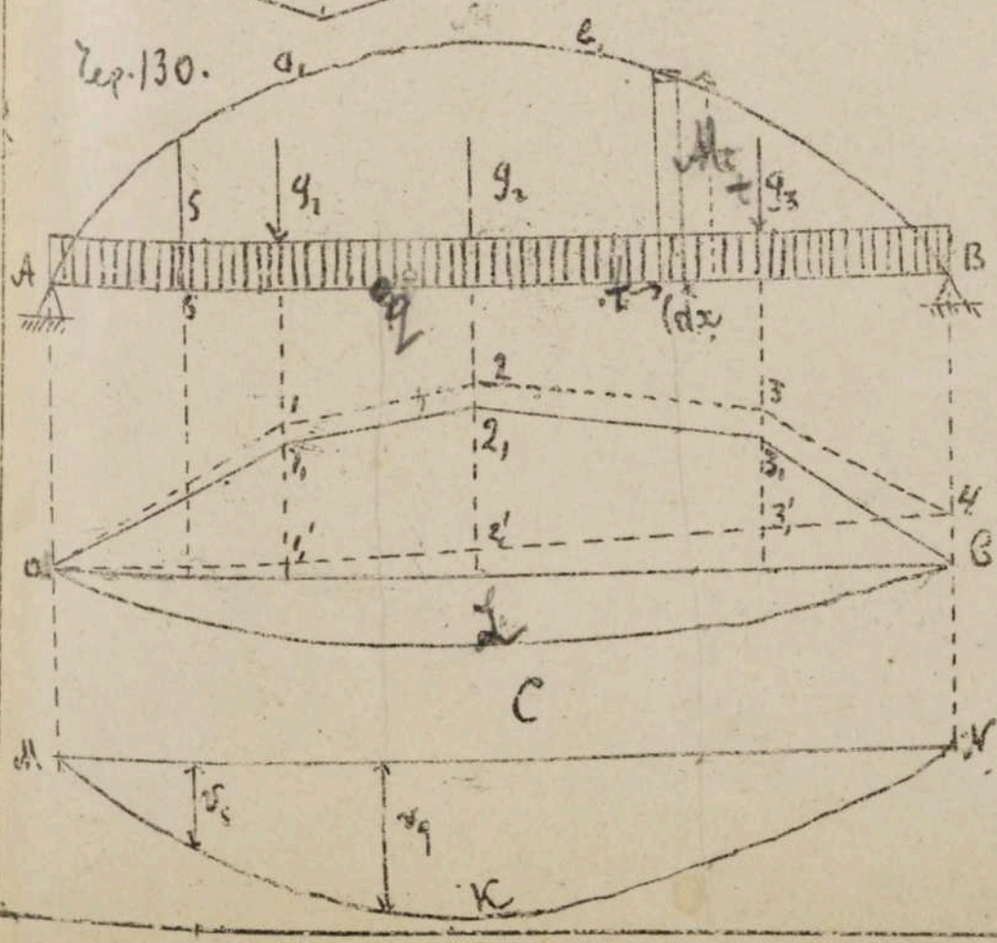
Чер. 123.



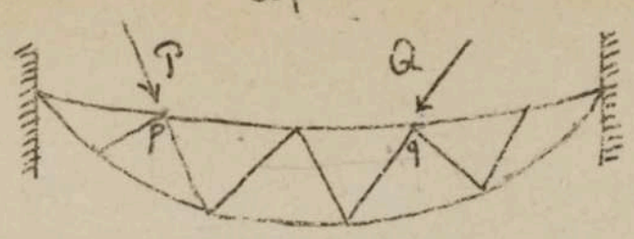
Чер. 129.



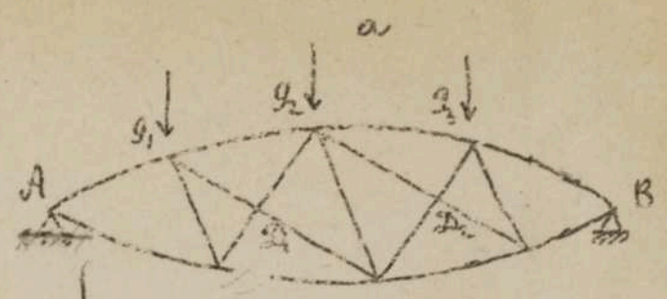
Чер. 130.



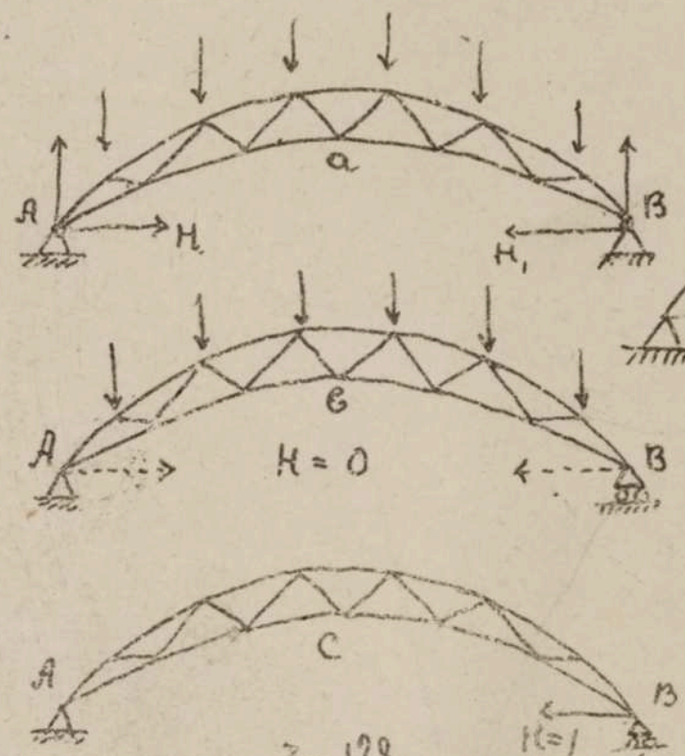
Чер. 121.



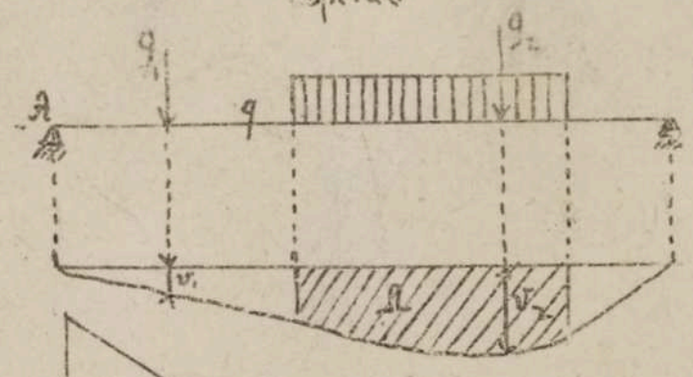
Чер. 124



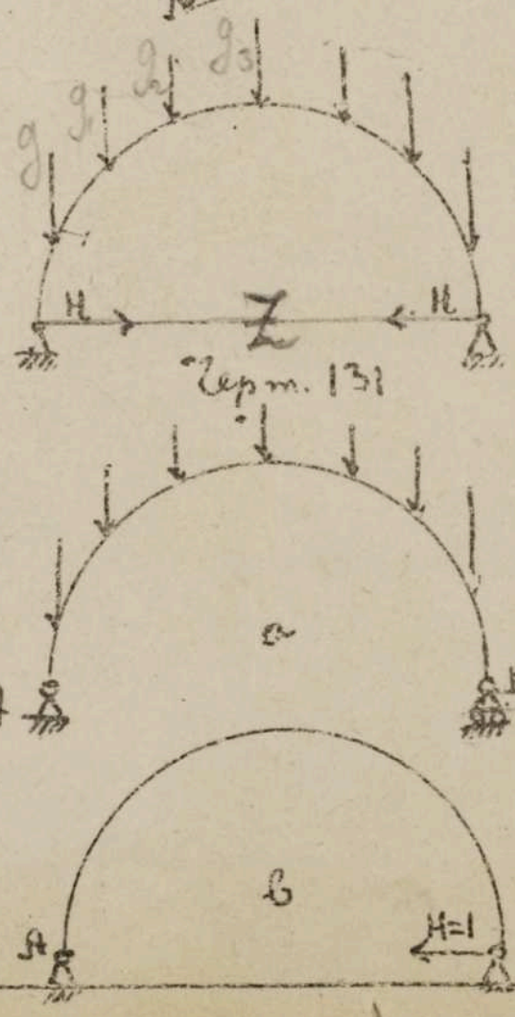
Чер. 125.



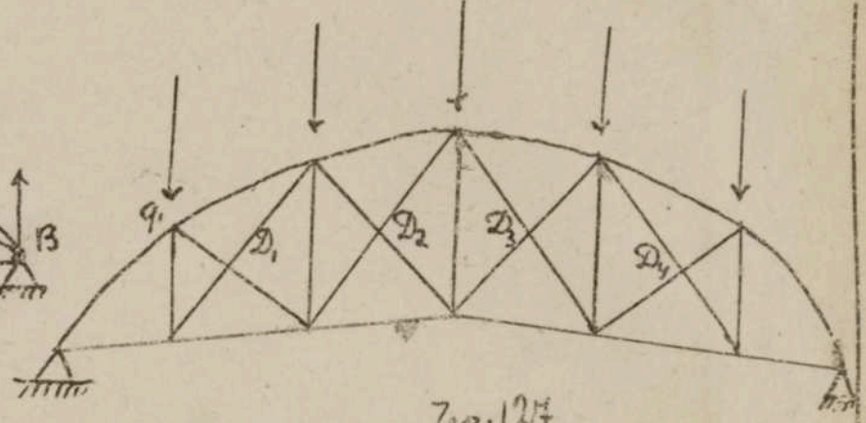
Чер. 128



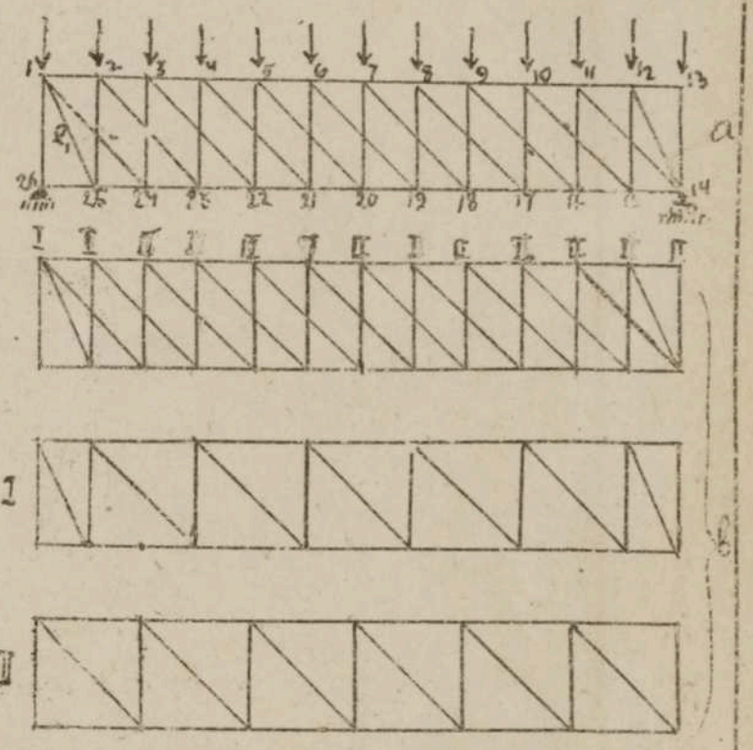
Чер. 131



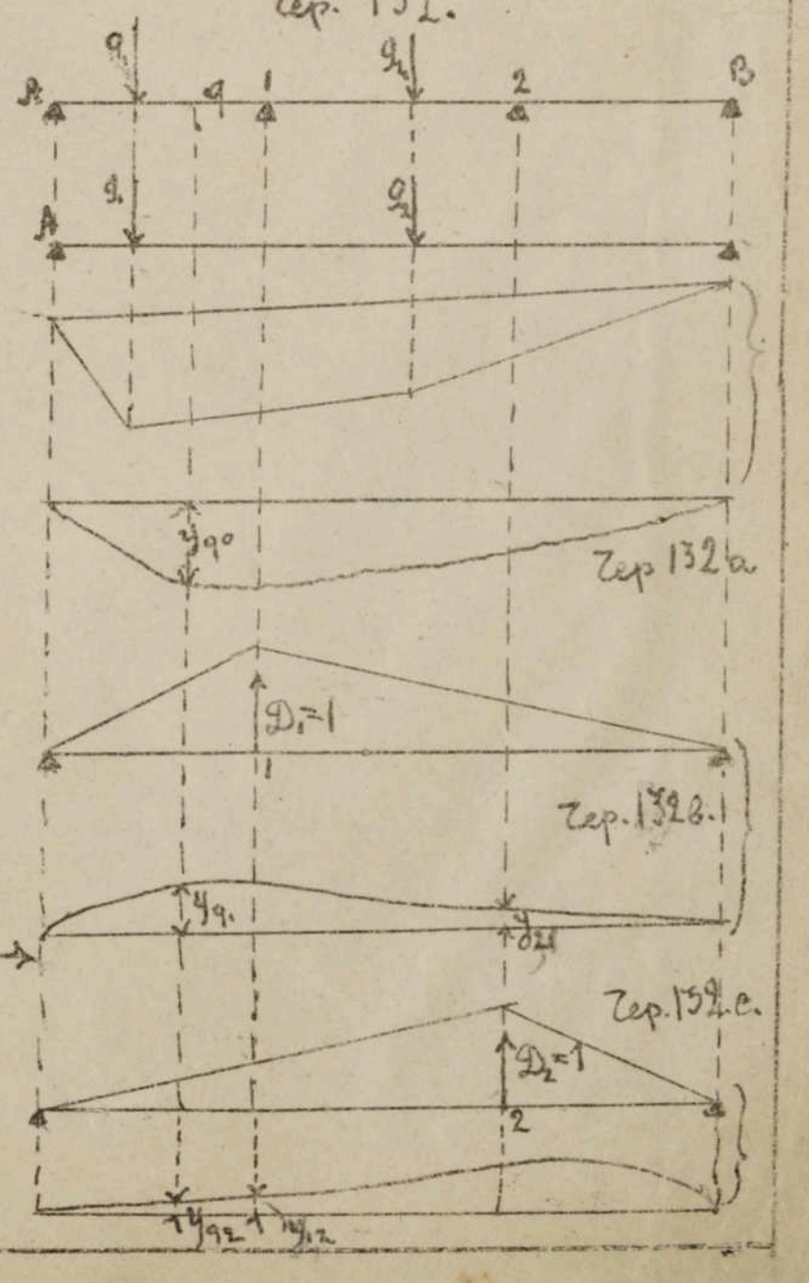
Чер. 126



Чер. 127



Чер. 132.

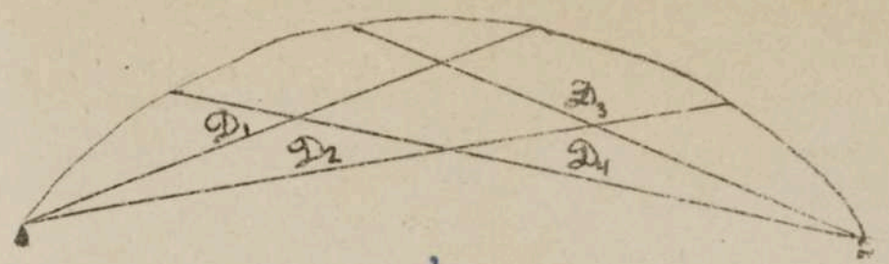


Чер. 132а

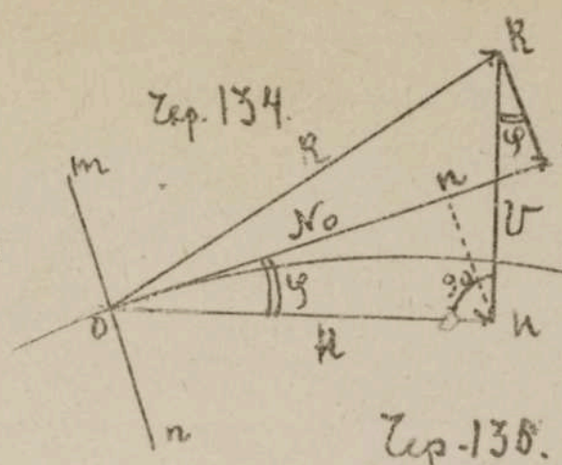
Чер. 132в.1

Чер. 132в.2

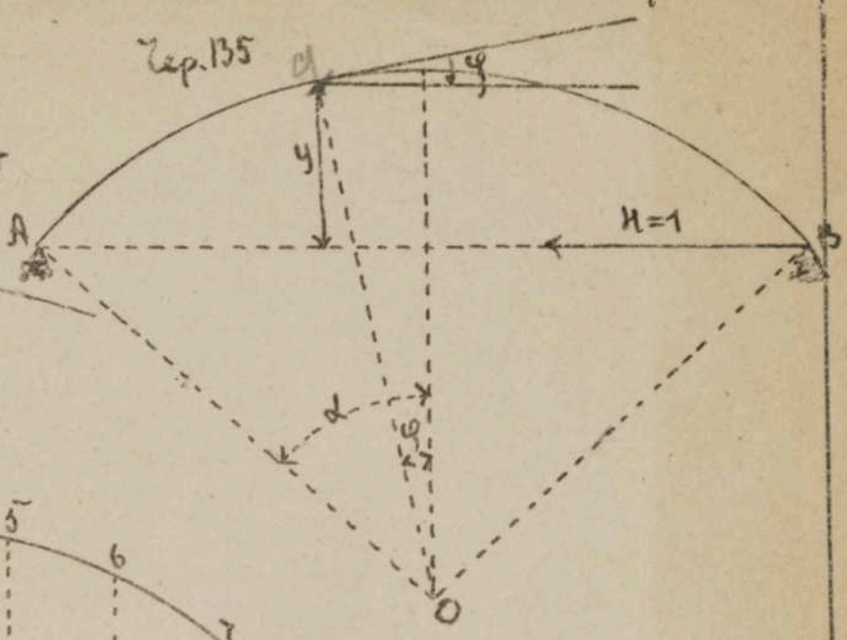
Сер. 133.



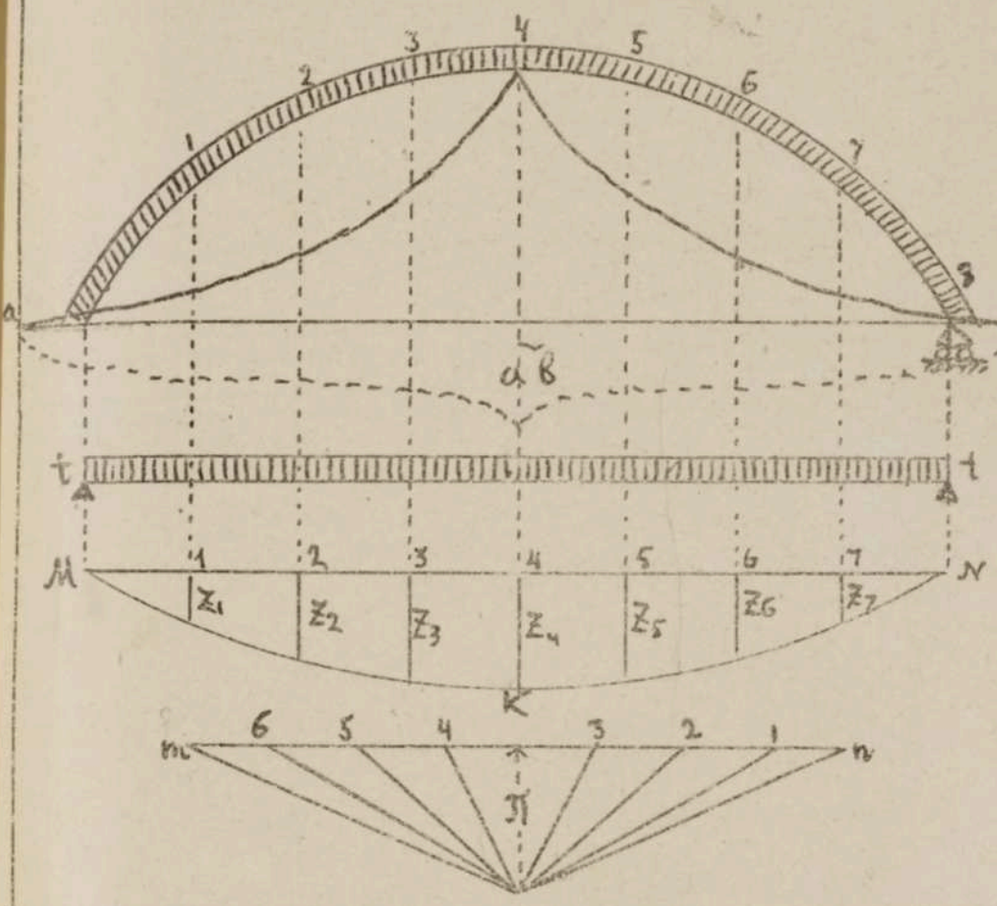
Сер. 134.



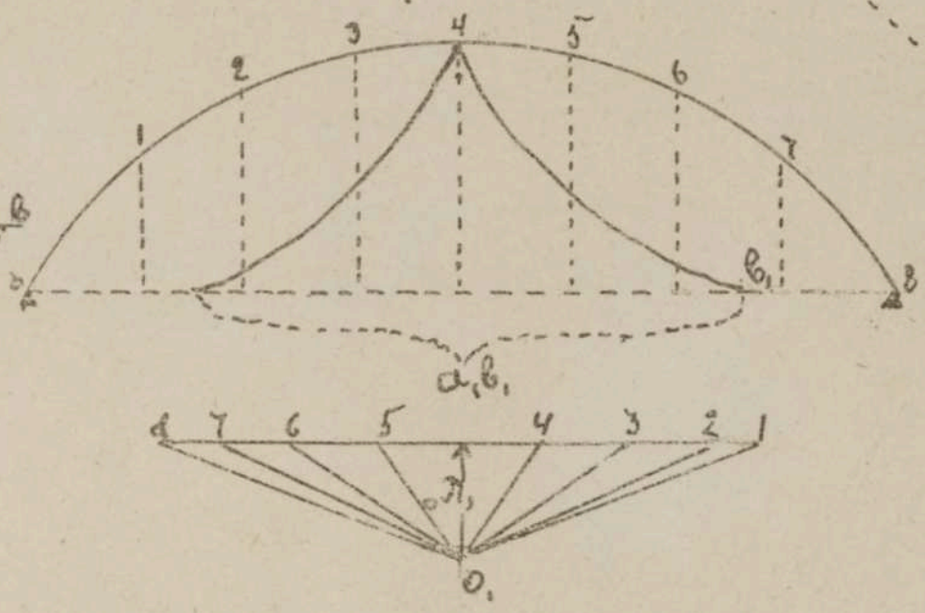
Сер. 135



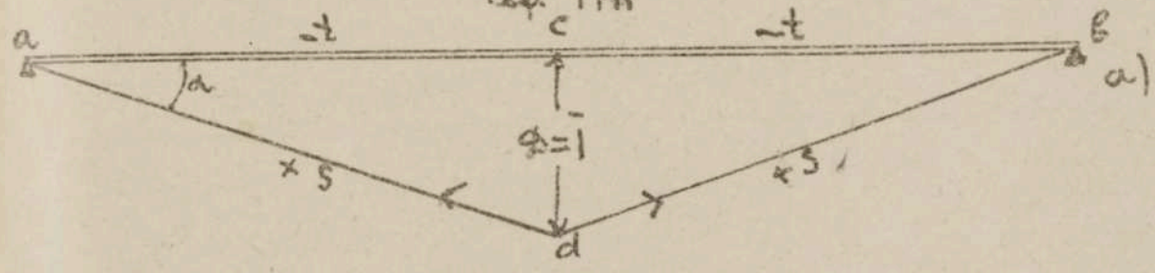
Сер. 137.



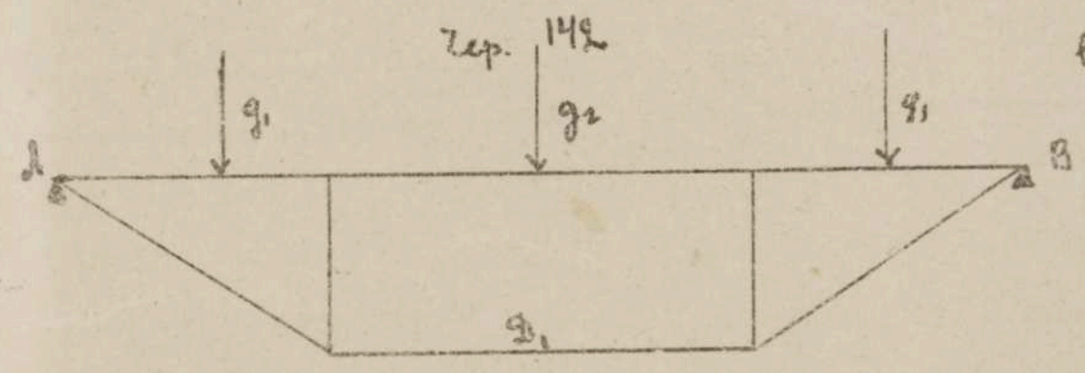
Сер. 138.

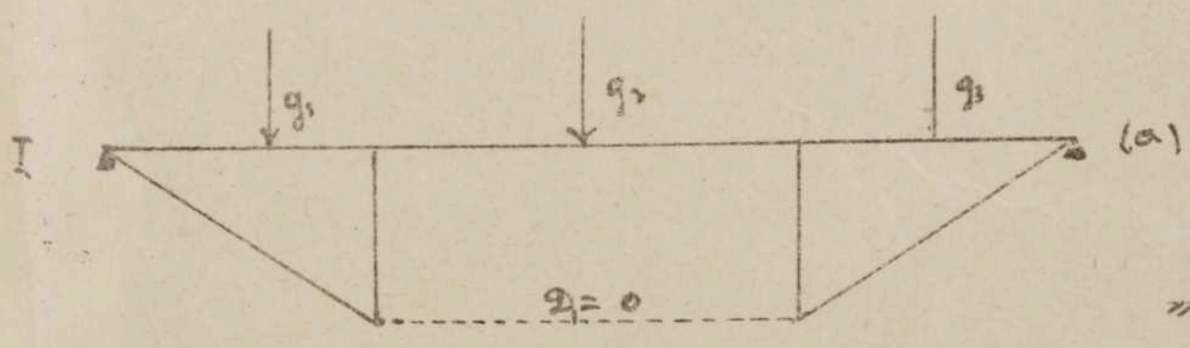


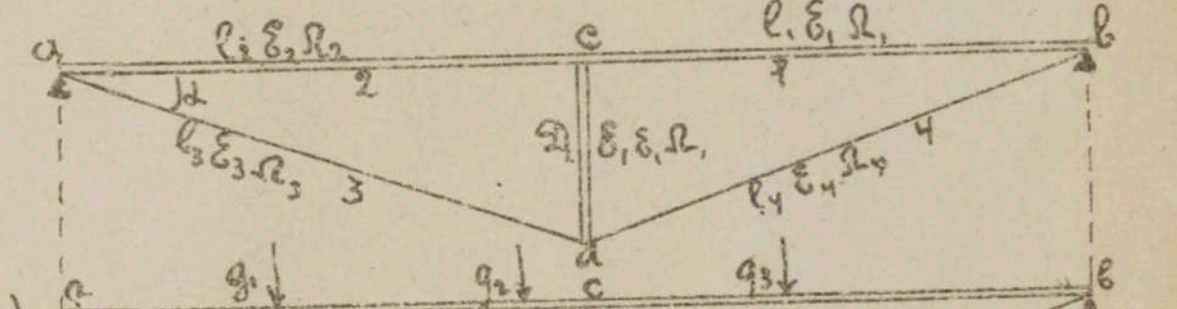
Сер. 141



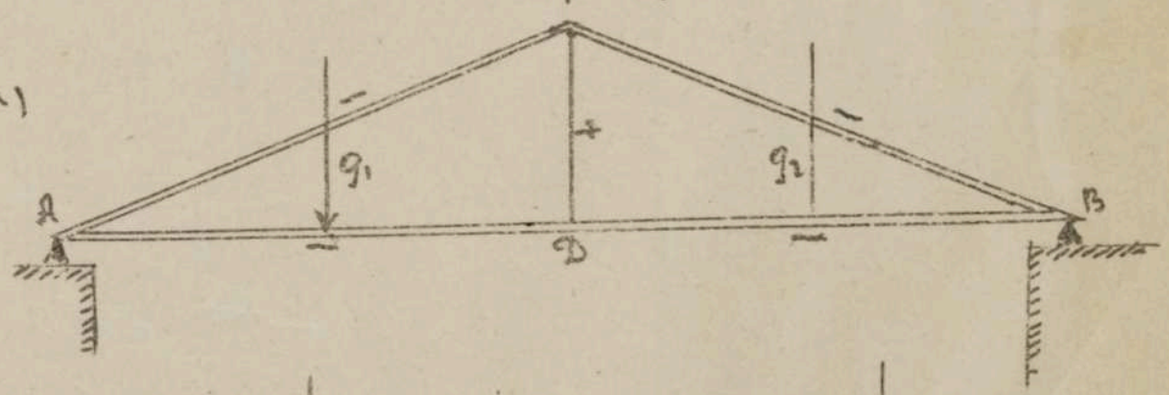
Сер. 142







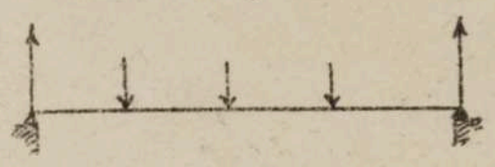
Сер. 139.



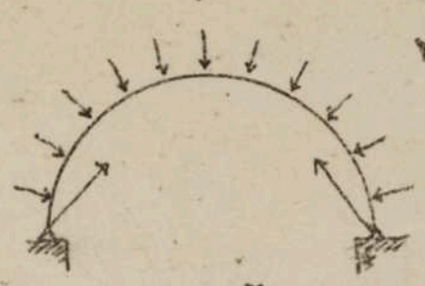
Сер. 140.

Москва
Таблица 13.

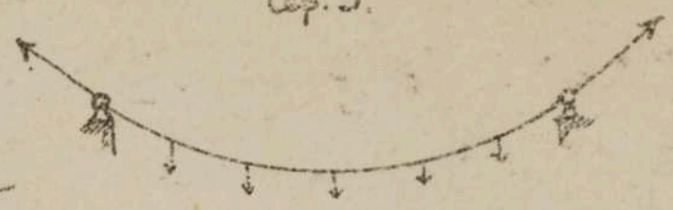
Чер. 1.



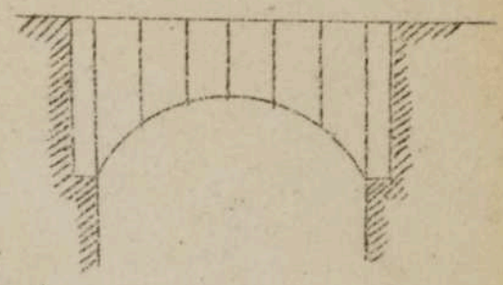
Чер. 2.



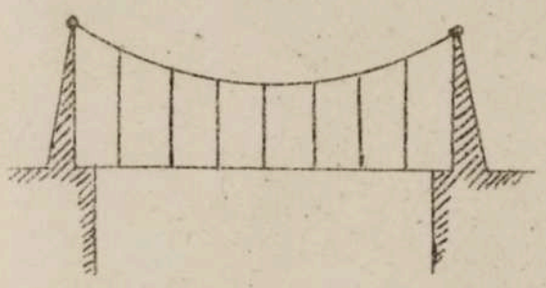
Чер. 3.



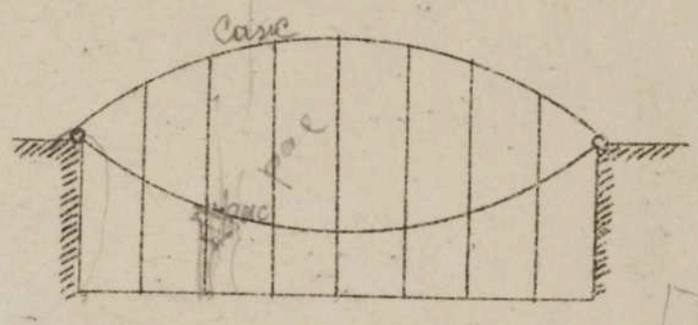
Чер. 4.



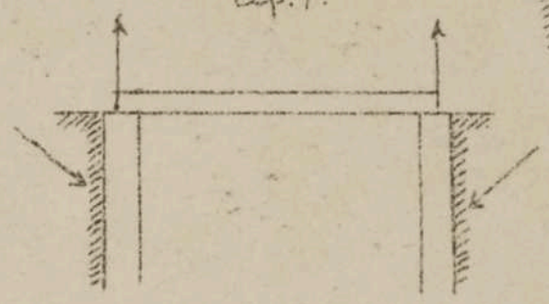
Чер. 5.



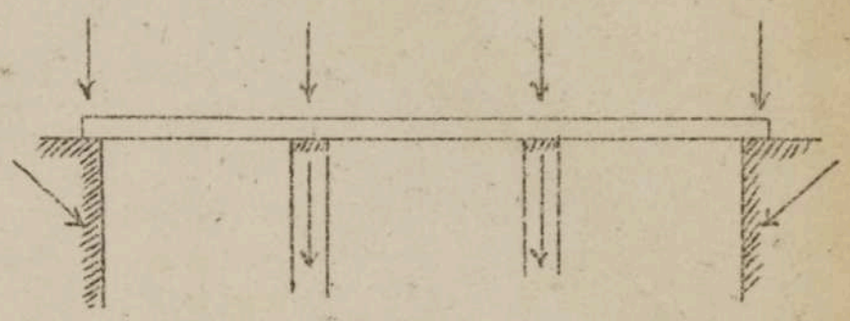
Чер. 6



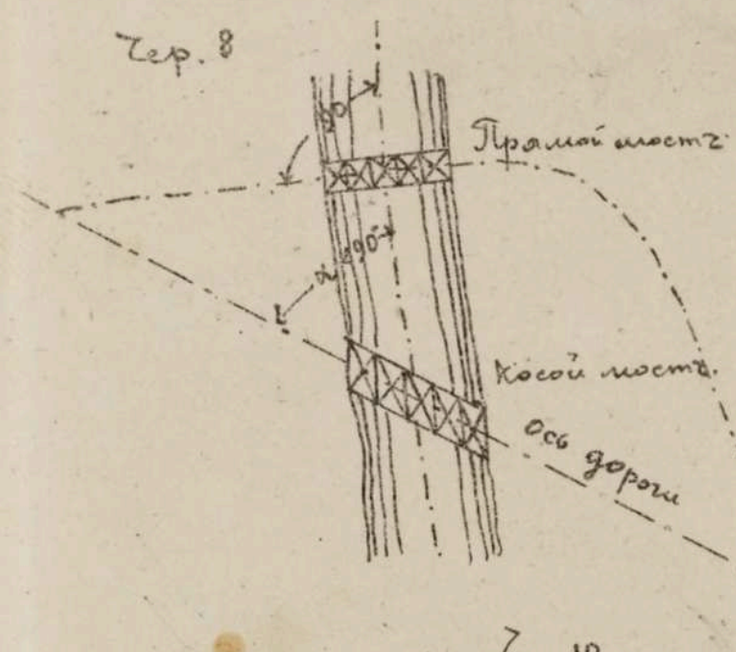
Чер. 7.



Чер 7. а.

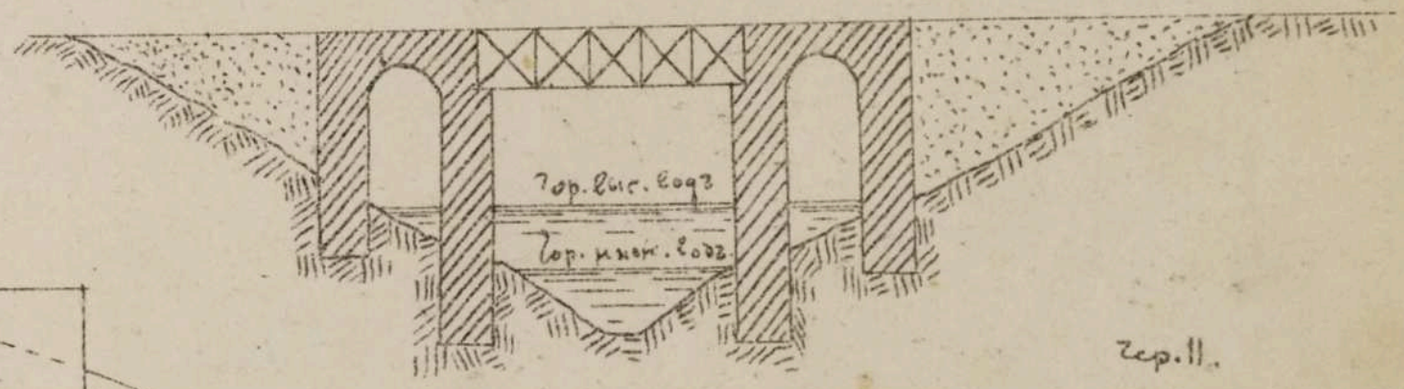


Чер. 8

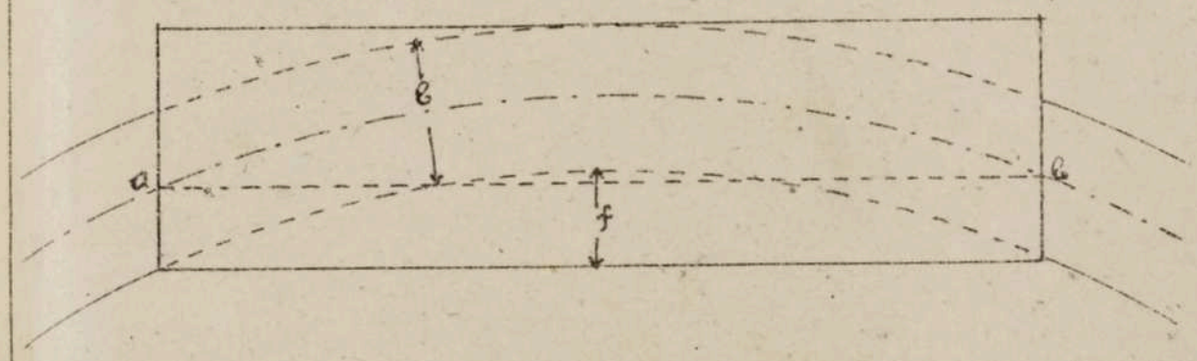


Чер. 9.

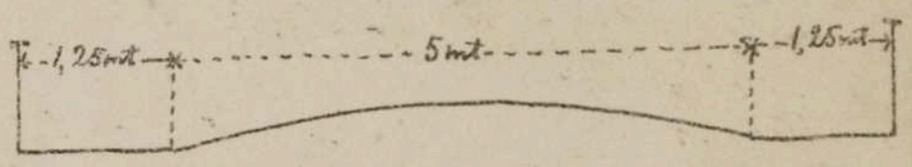
Чер. 9. а.



Чер. 10.

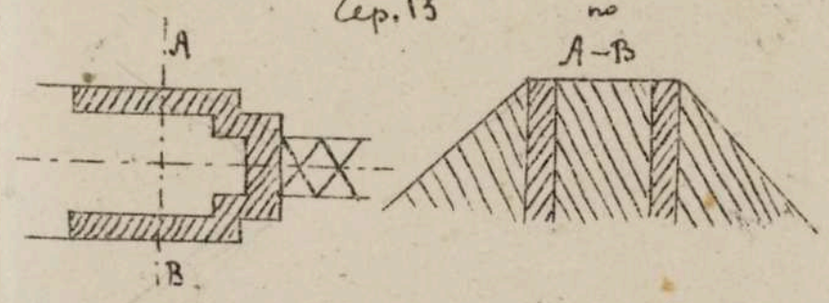


Чер. 11.

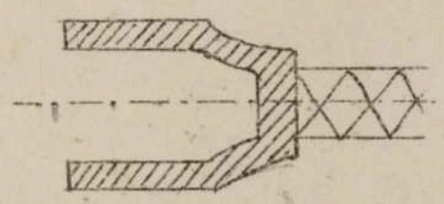


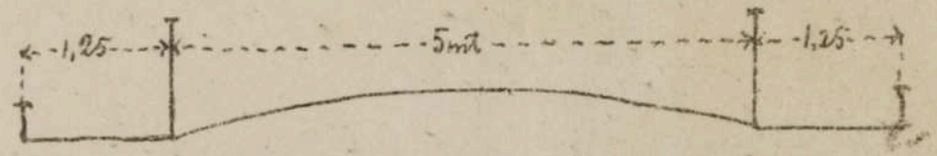
Чер. 12

Чер. 13



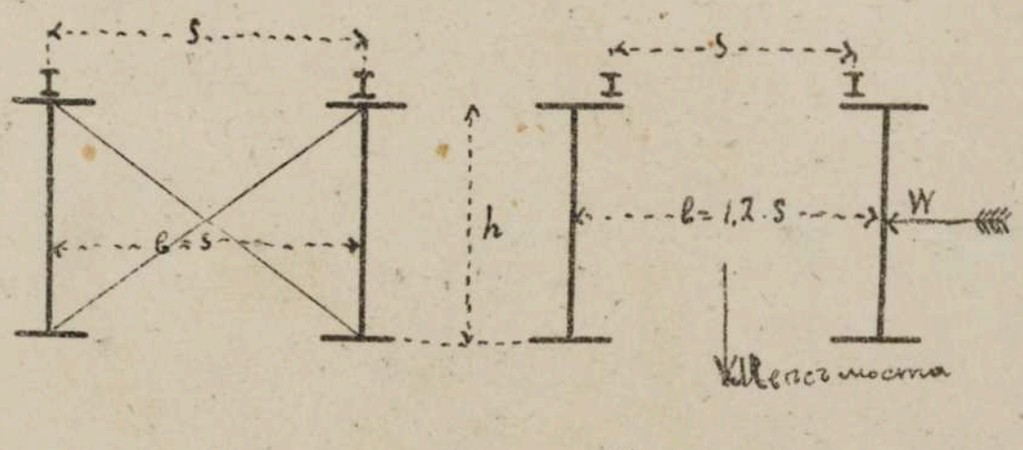
Чер. 14.

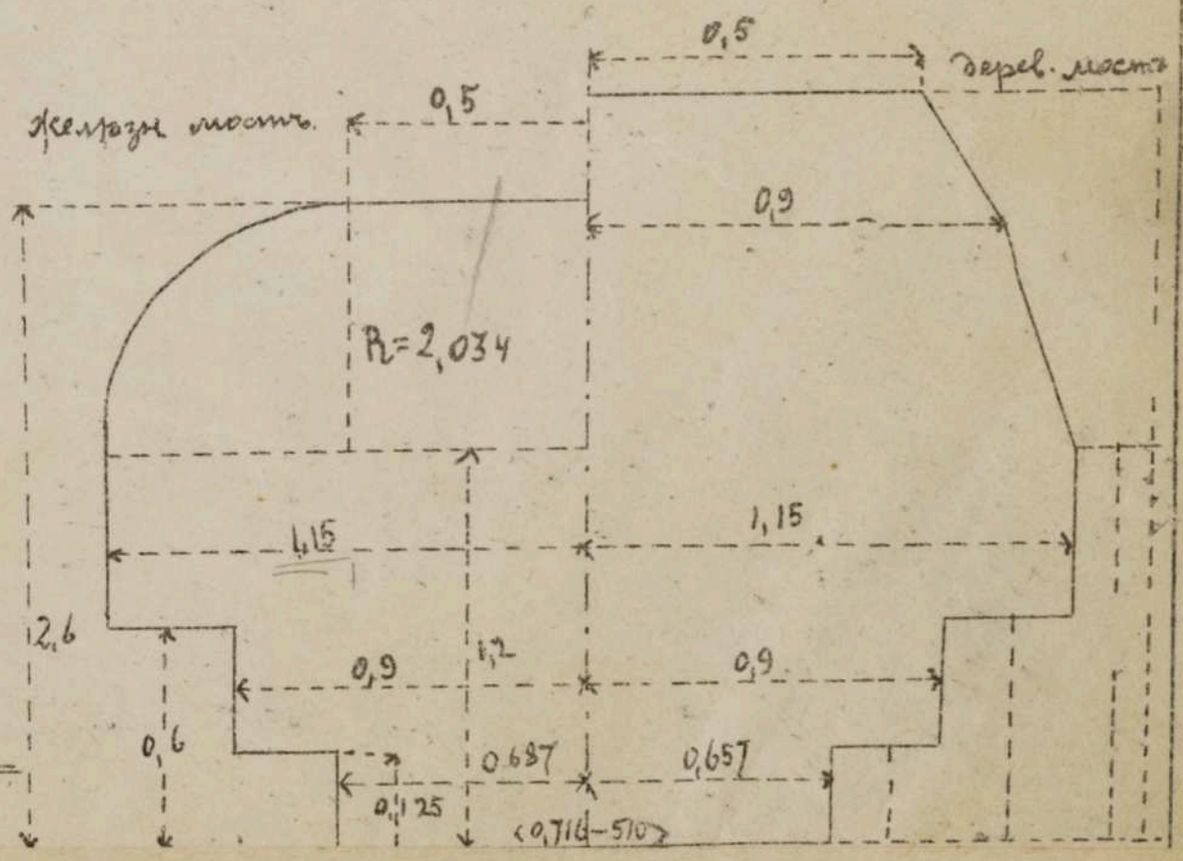




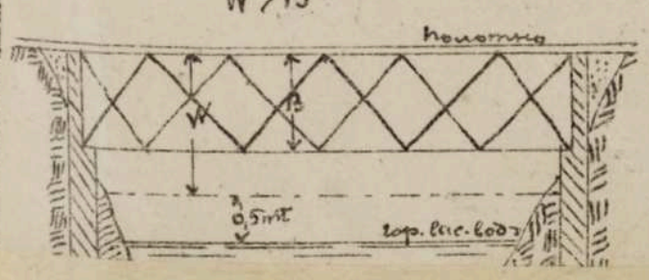
Чер. 16.

Чер. 15

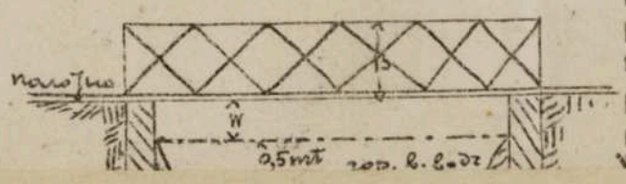




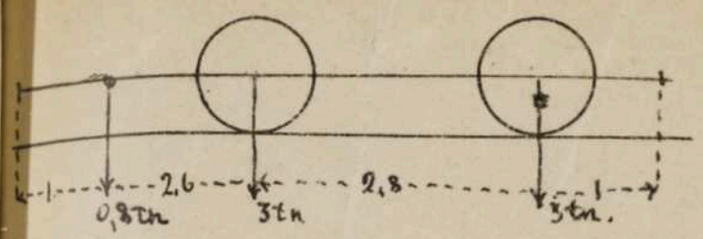
Чер 17



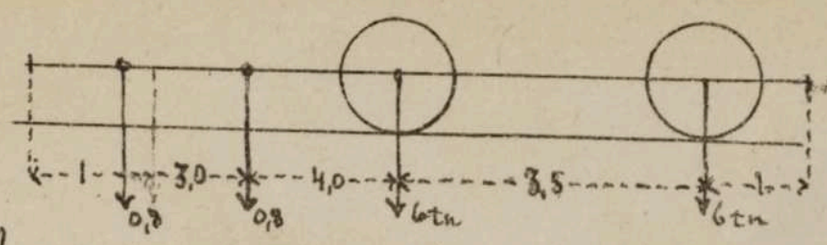
Чер. 18.



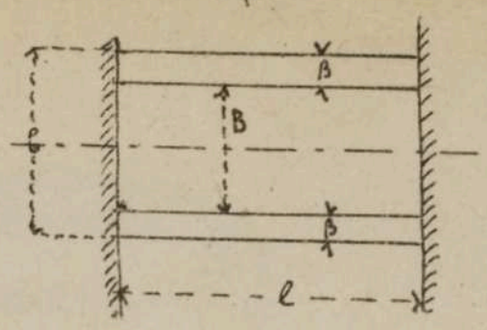
Чер. 20



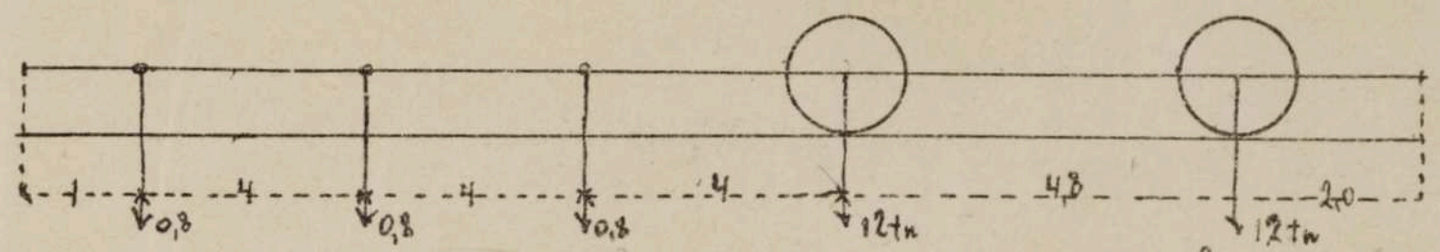
Чер 21

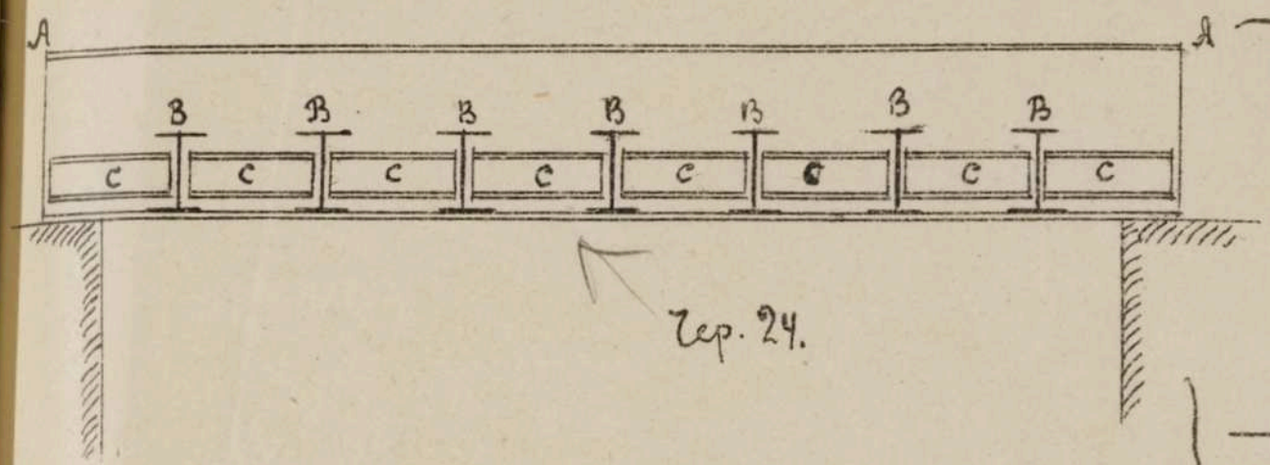


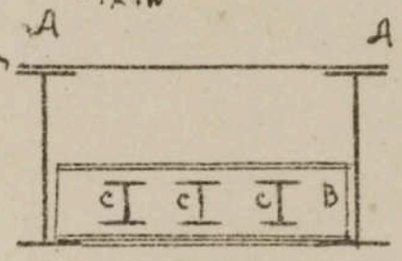
Чер.19



Чер. 22

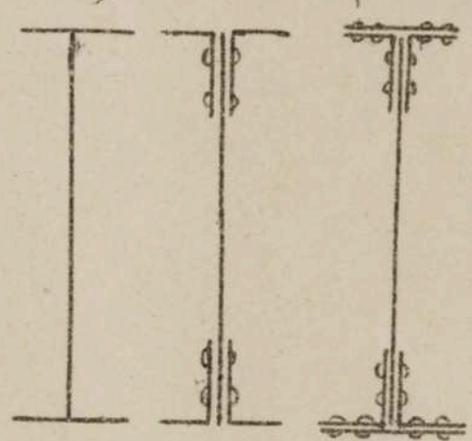




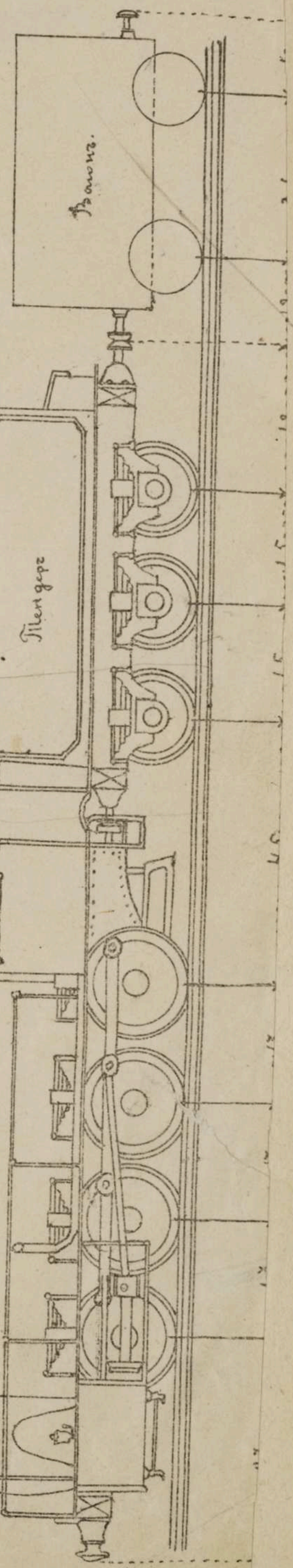


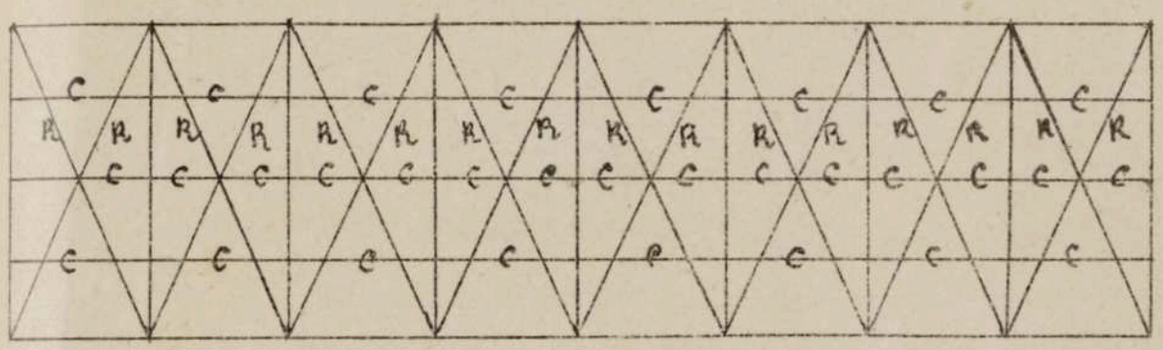
Чер. 24.

Чер 25



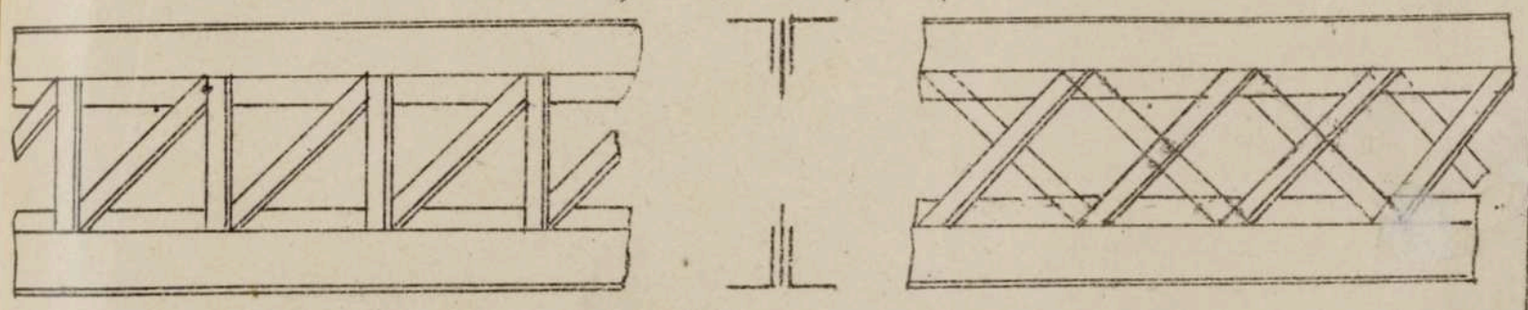
Чер 23.





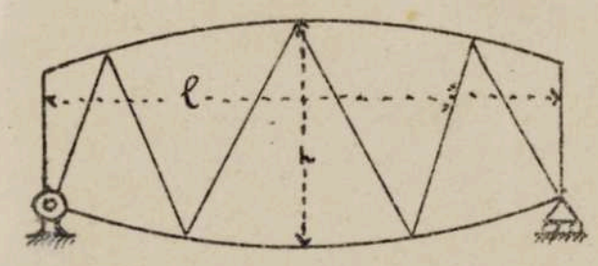
Чер 26

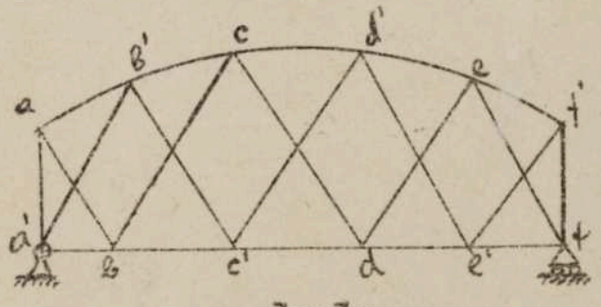
Чер 27



Чер 29

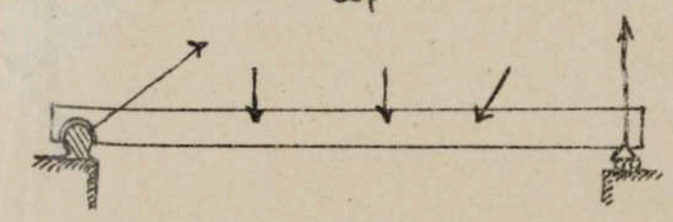
Чер 28.

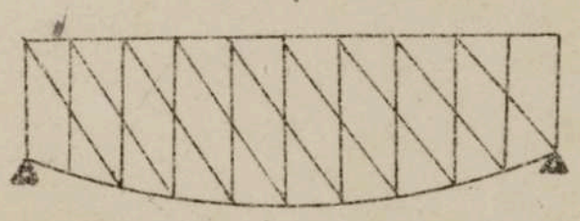




Чер.30.

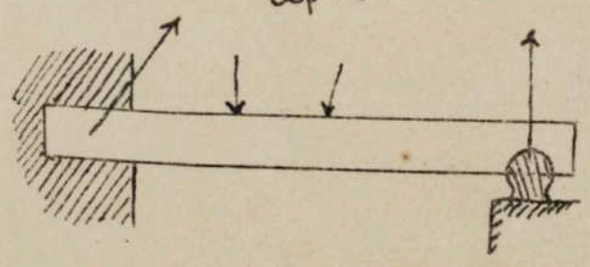
Чер 31.

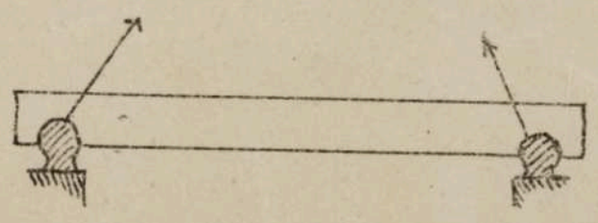




Чер 33

Чер 32.





Библиотека

Зад. 34.

Зад. 35.

Зад. 35(а)

Зад. 36.

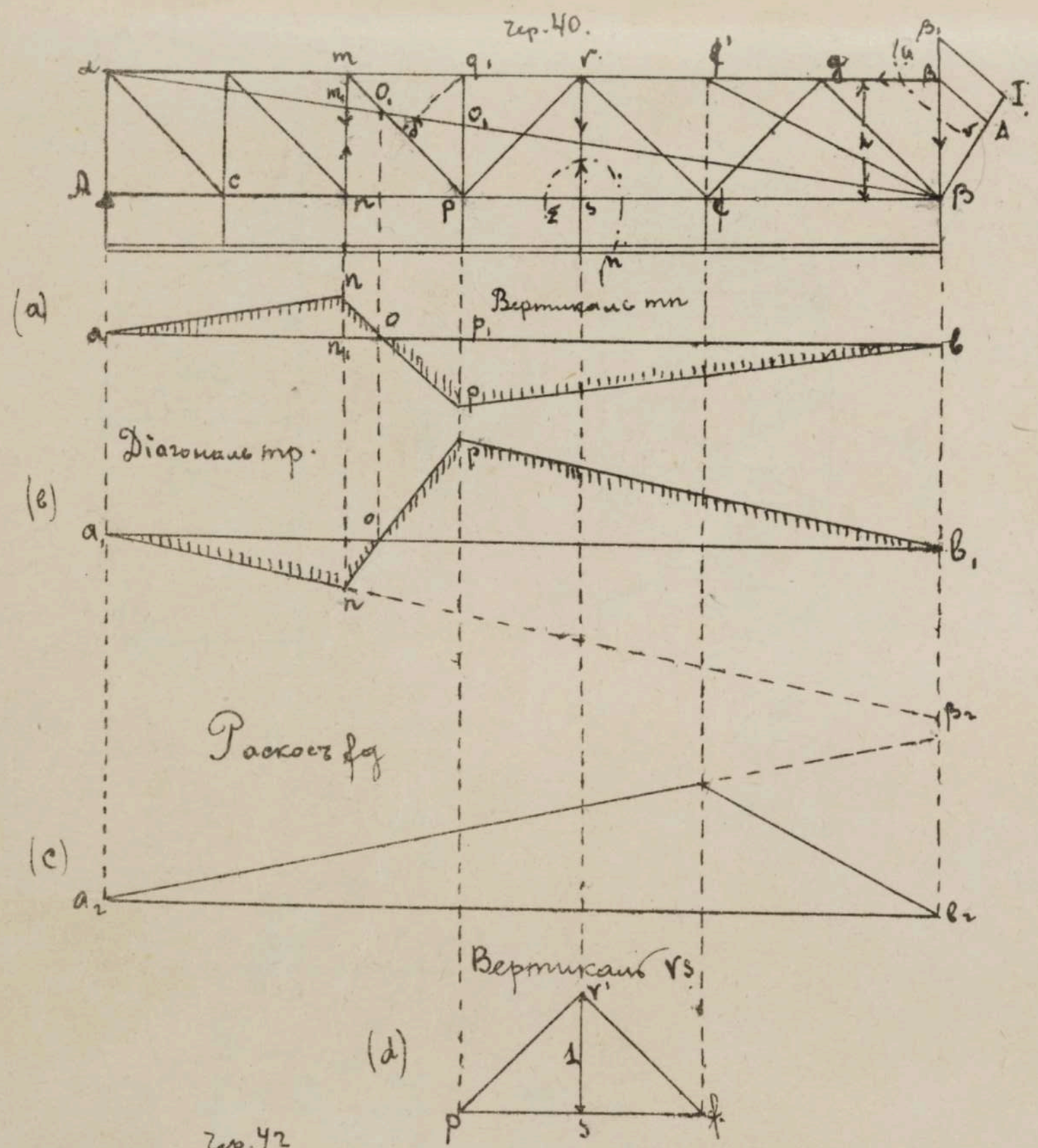
Таблица 16.

Zap. 38

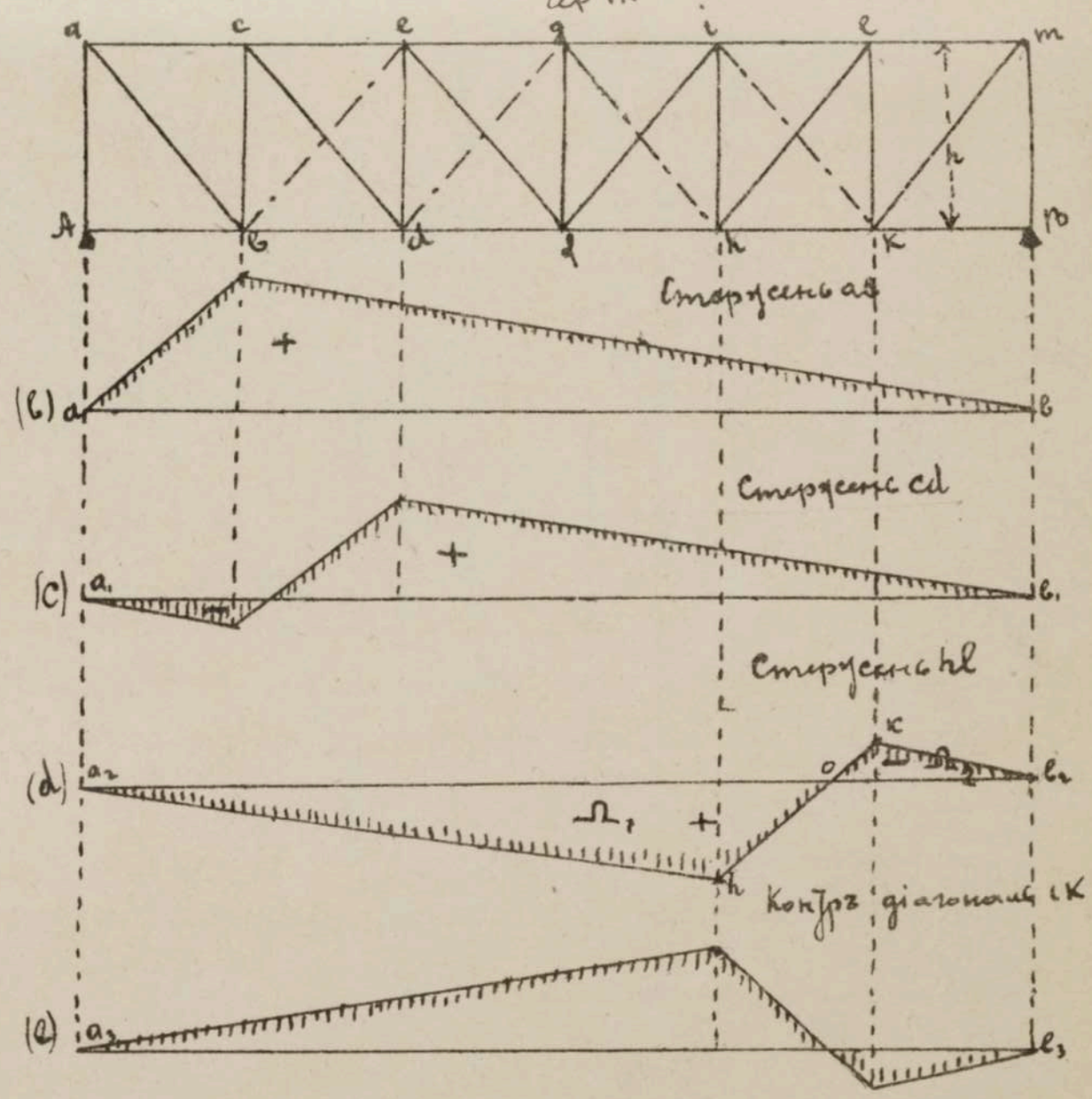
Zap. 39.

Zap. 37

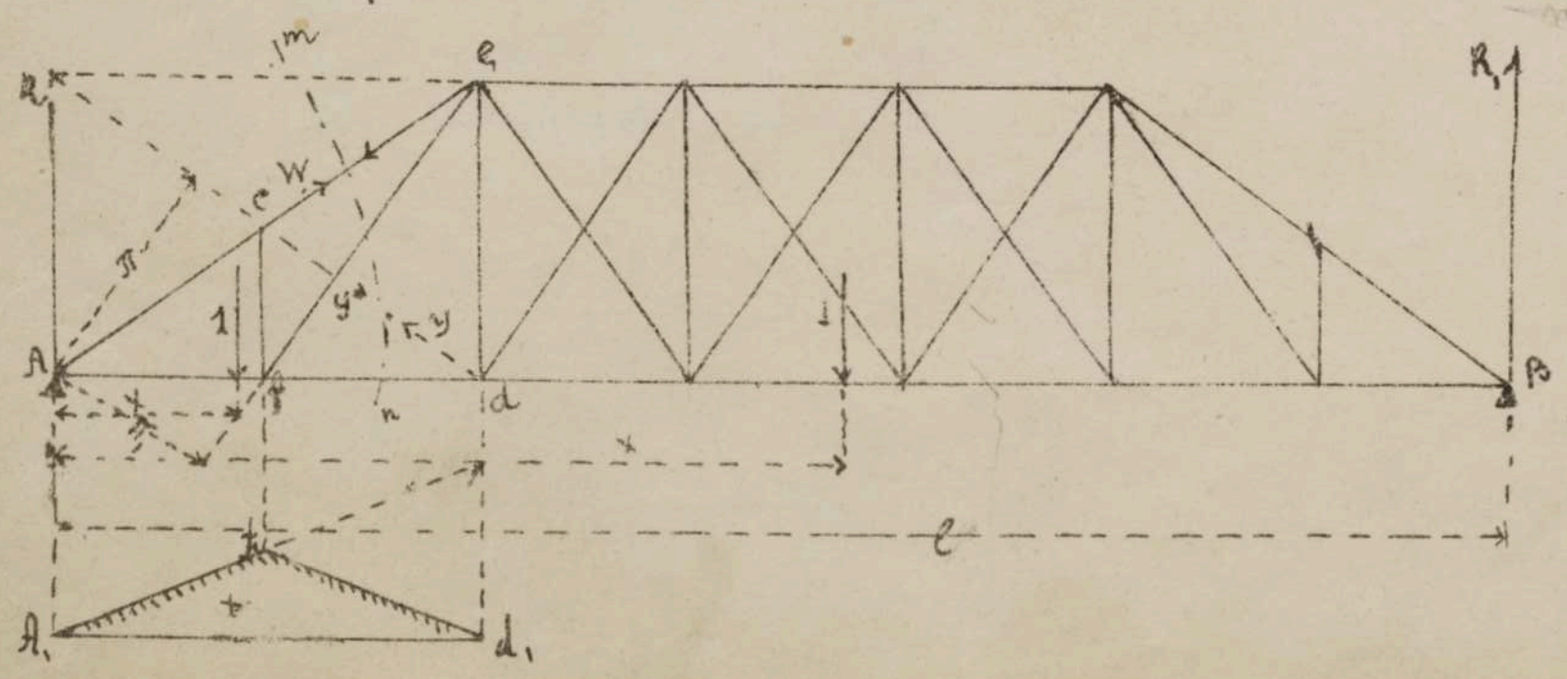
Чер. 40.



Чер. 41.



Чер. 42



Чер. 43.

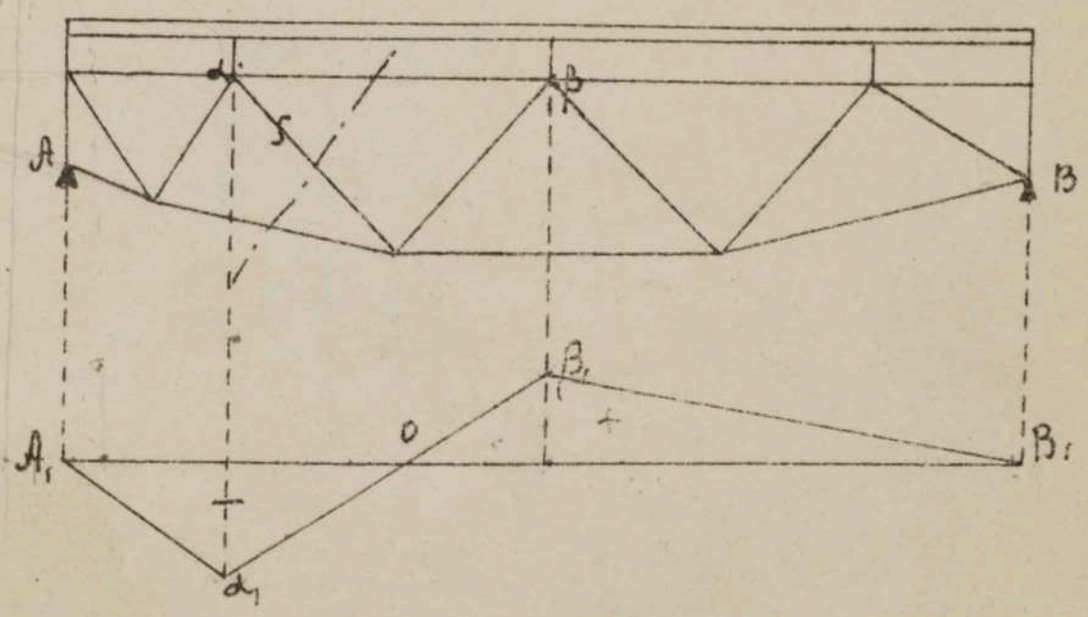
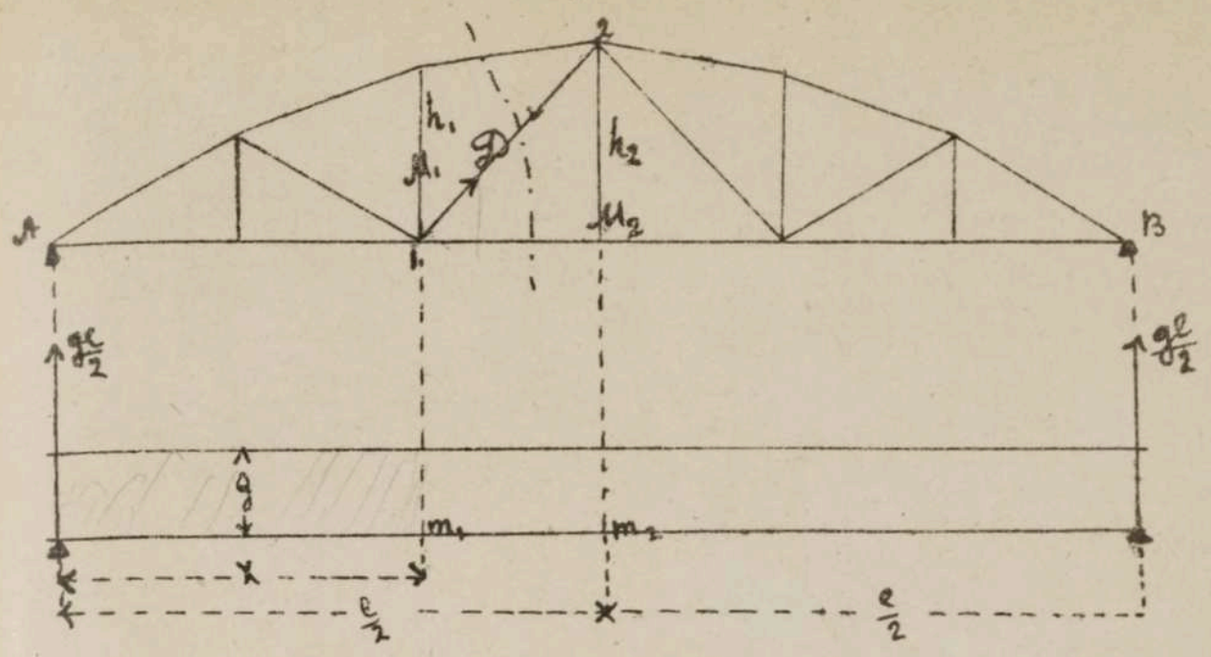
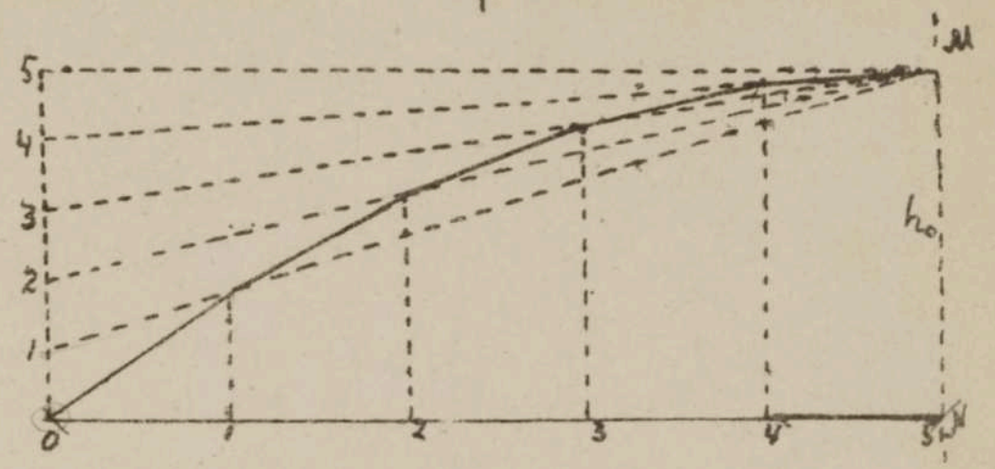


Табл. 17.

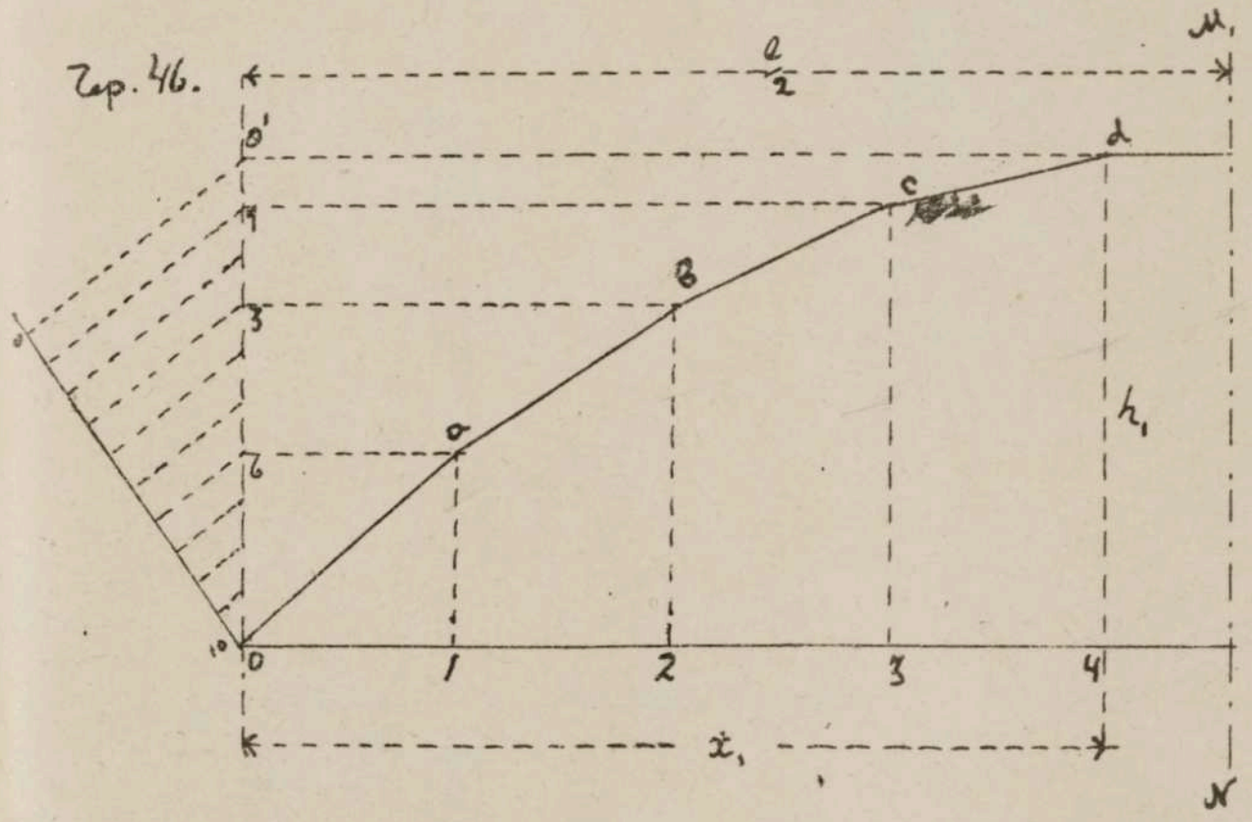
Чер 44.



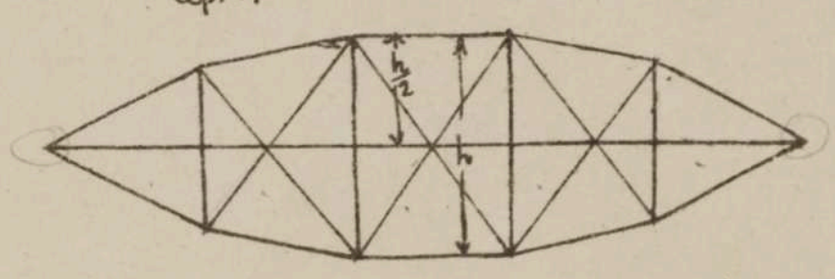
Чер. 45.



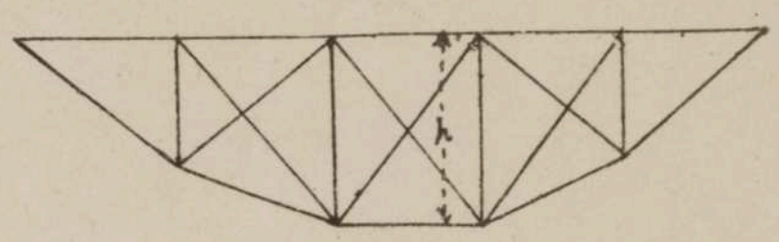
Чер. 46.



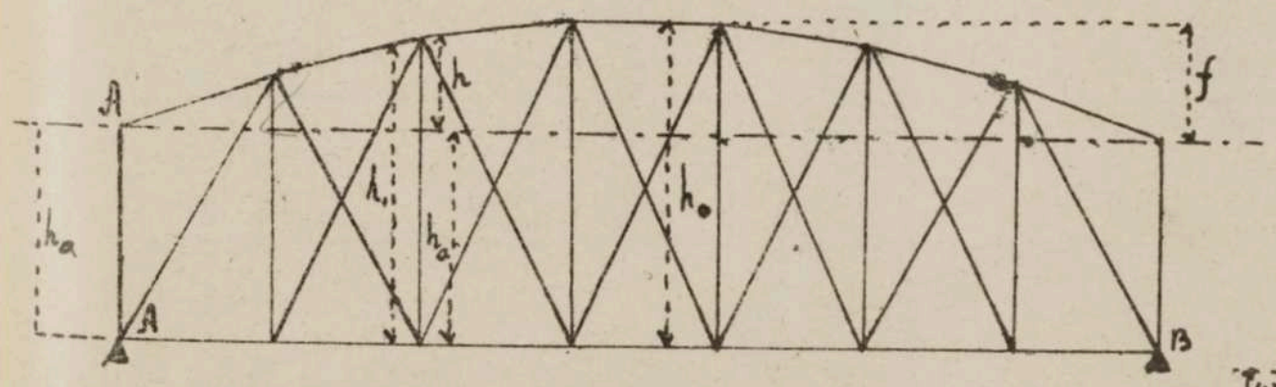
Чер. 47.



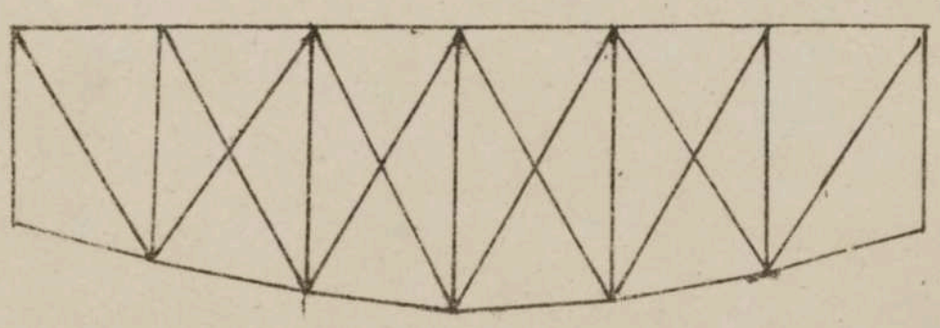
Чер. 48



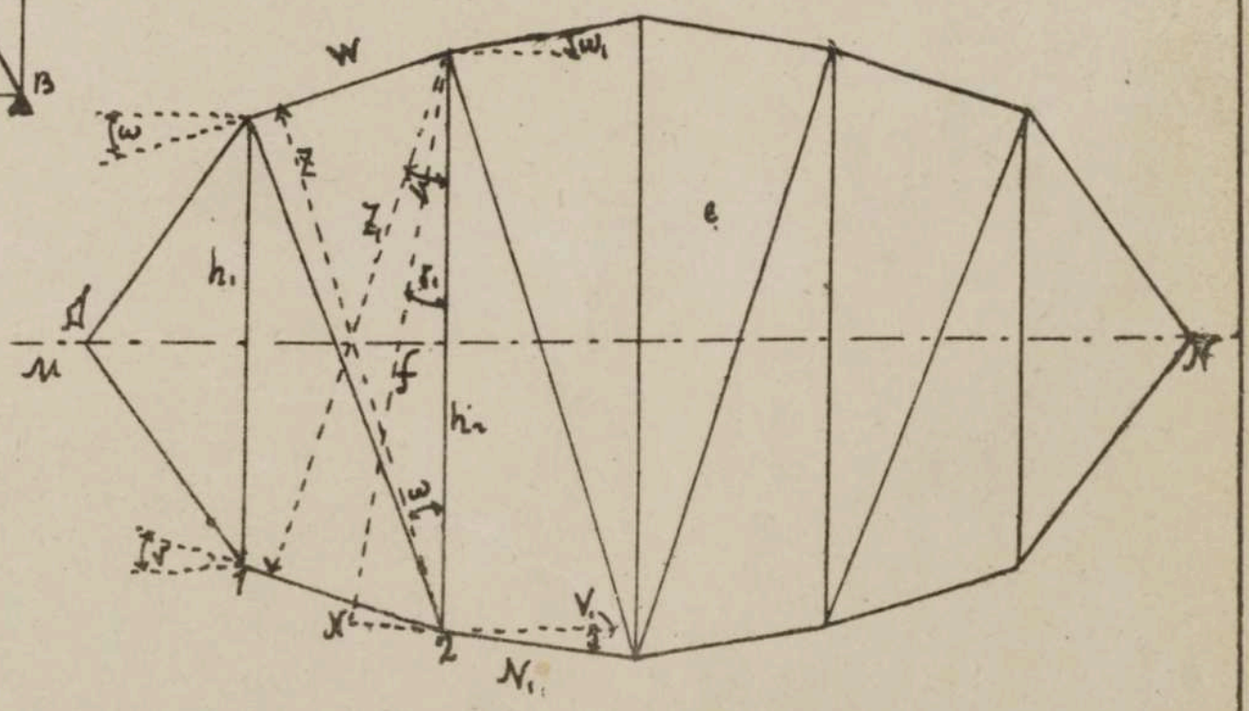
Чер. 49.



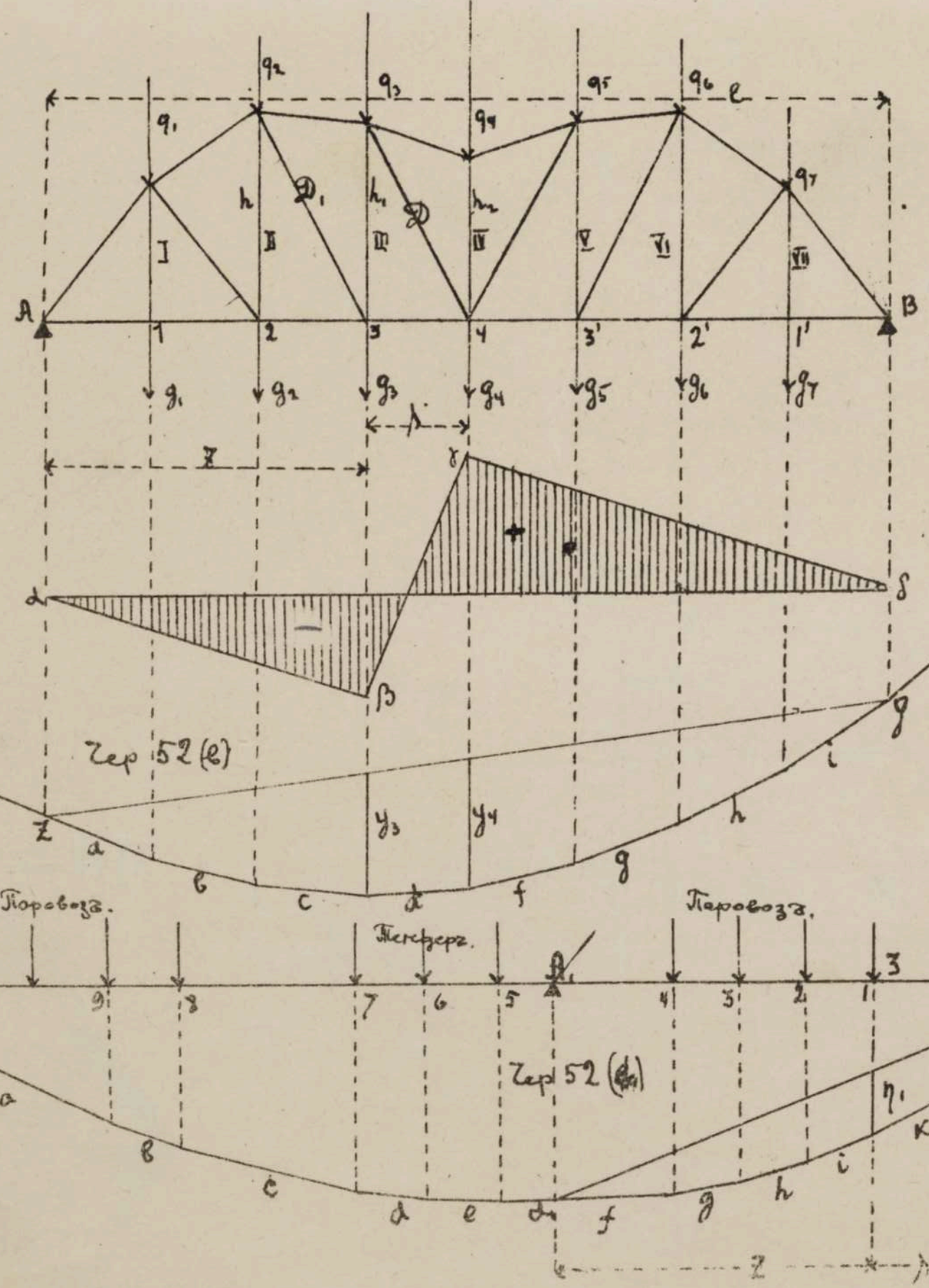
Чер. 50



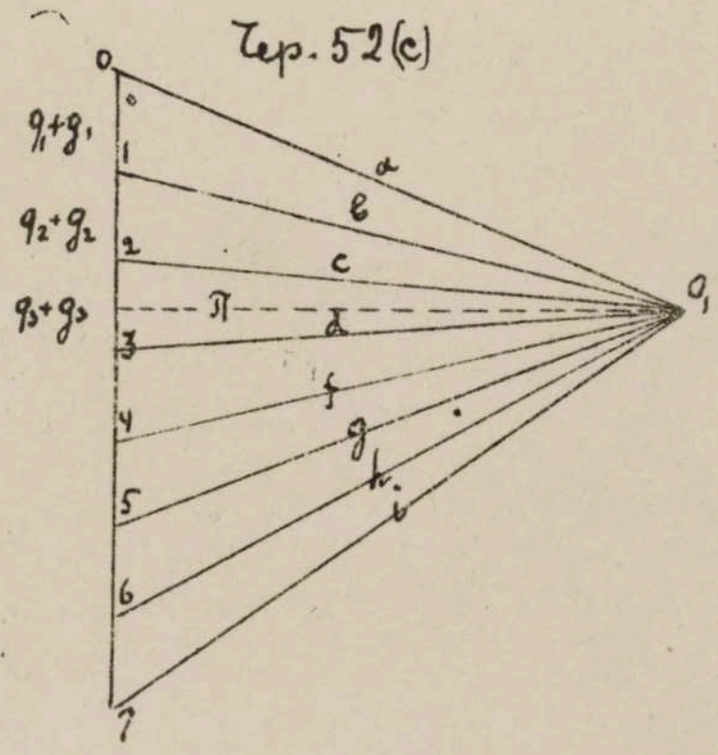
Чер. 51.



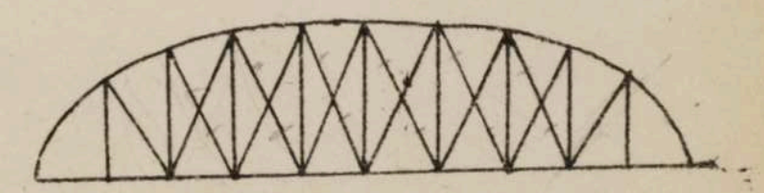
Чер. 52.



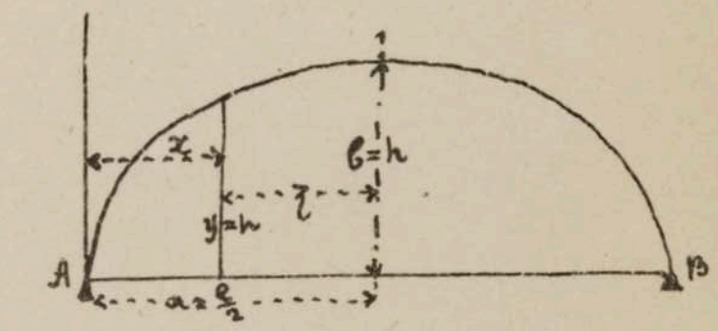
Чер. 52(c)



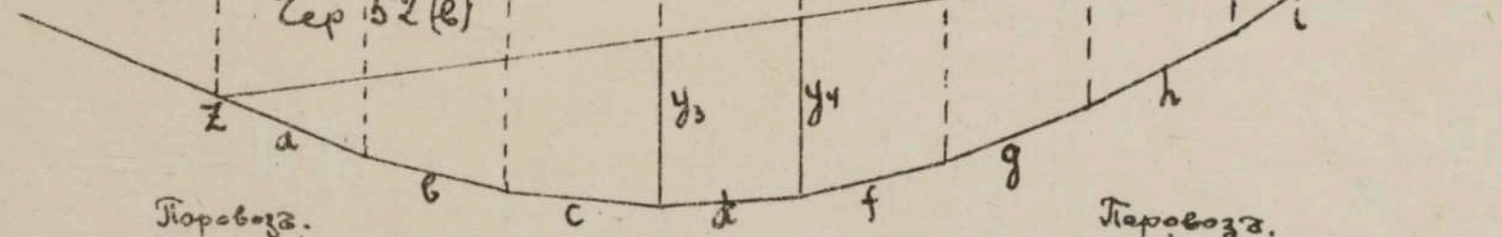
Чер. 55.



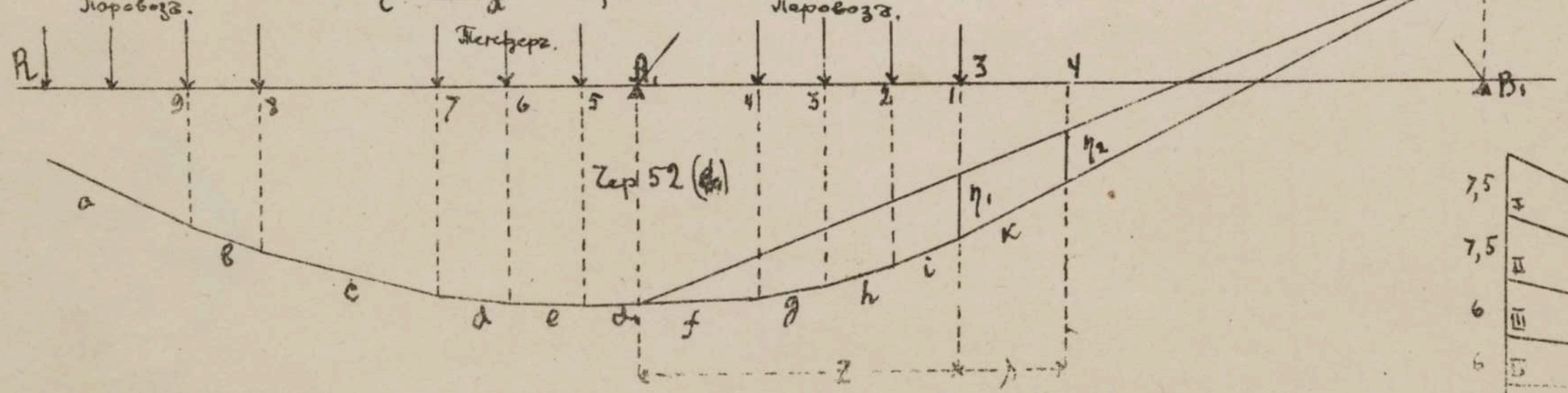
Чер. 54.



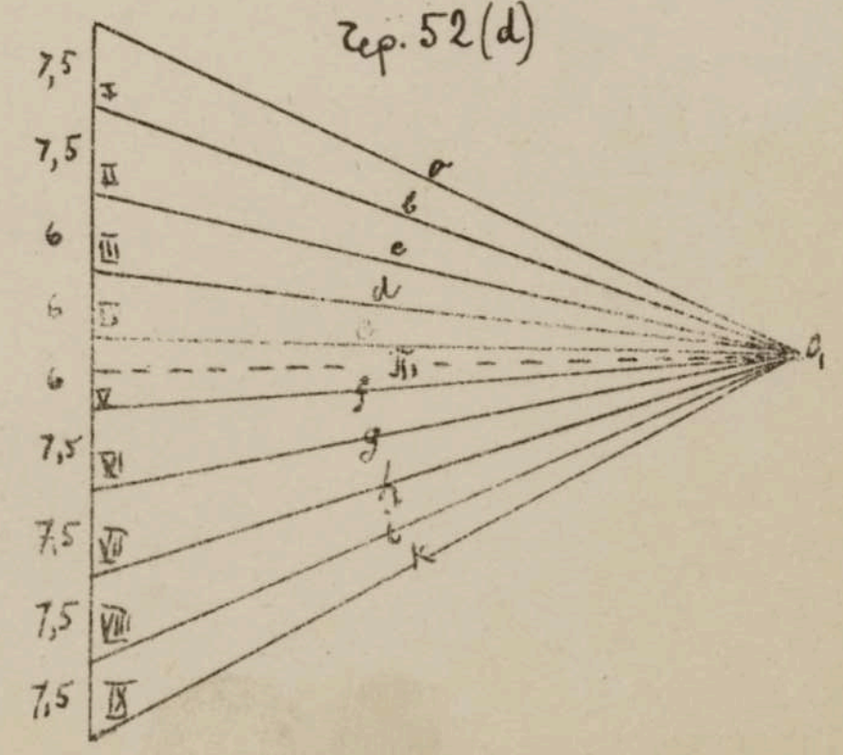
Чер. 52(e)



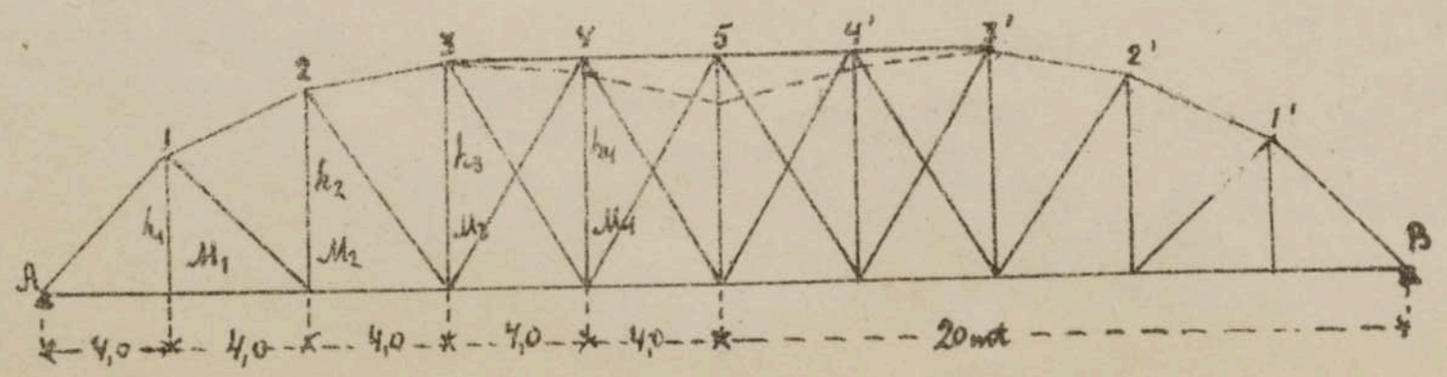
Чер. 52(f)



Чер. 52(d)

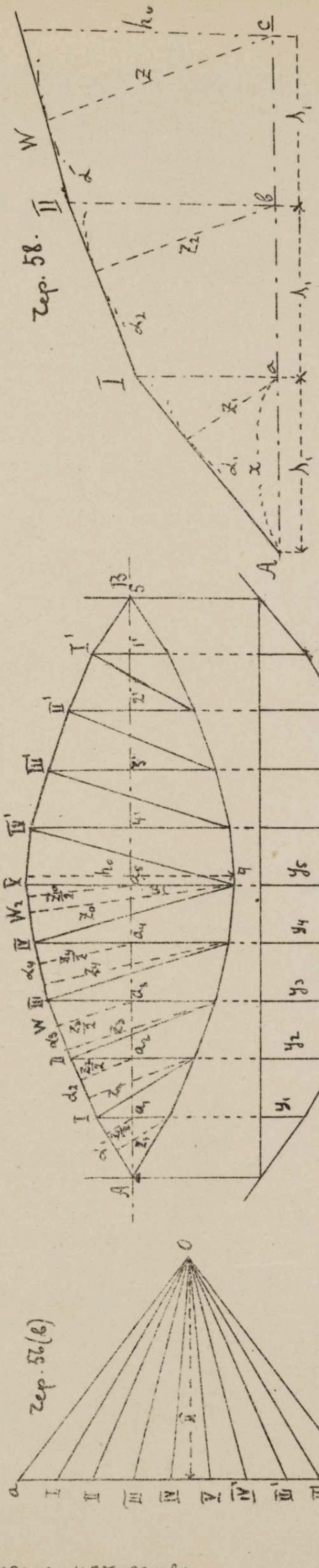


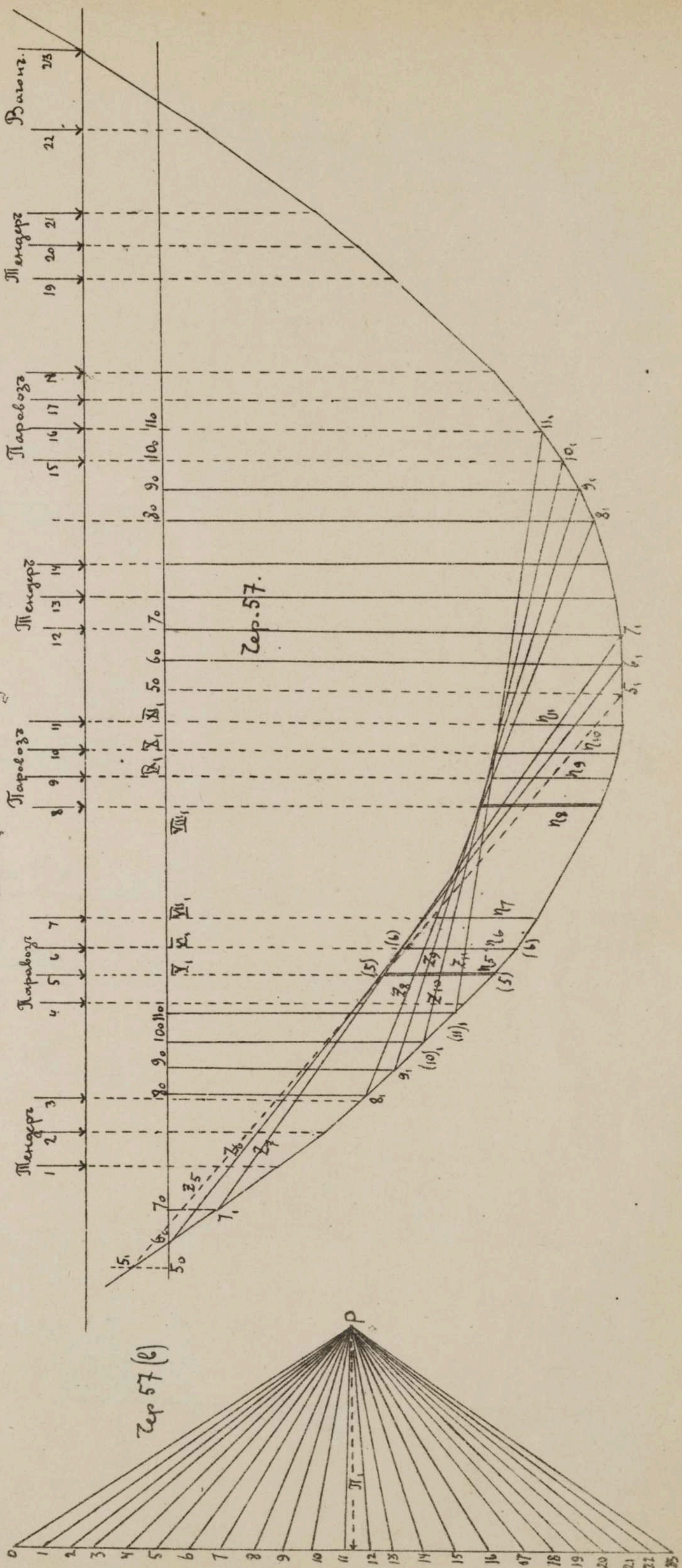
Чер. 53.

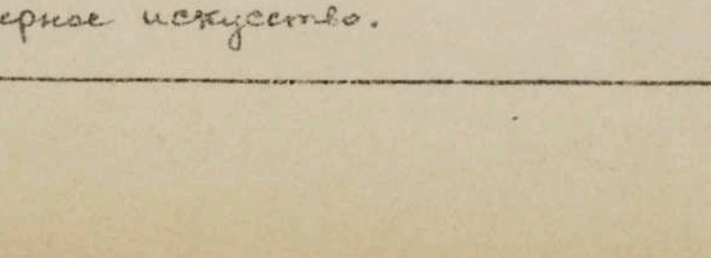


Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

Таблица 19.

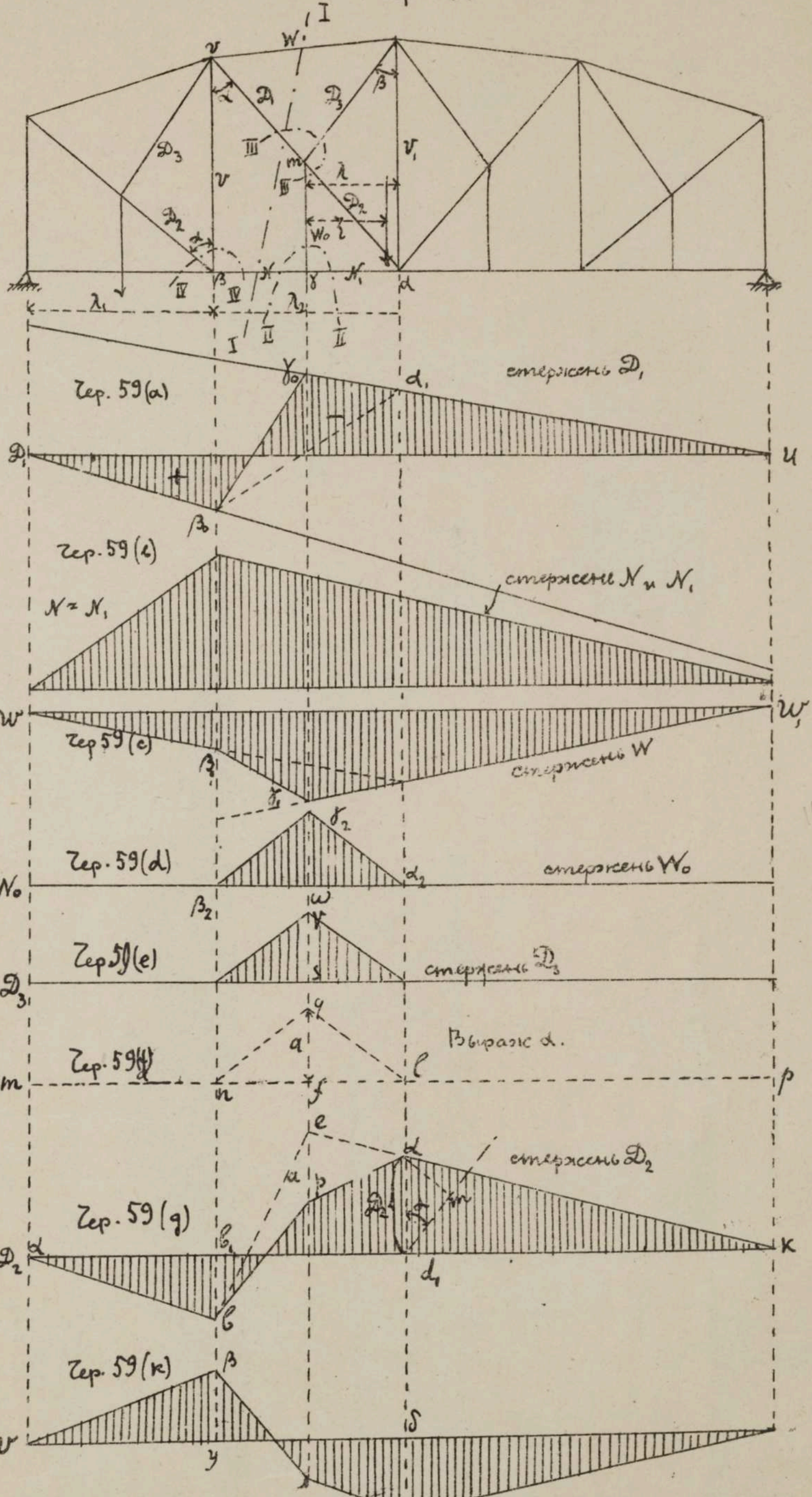

Сер. 58.
Сер.56.


Сер.57.

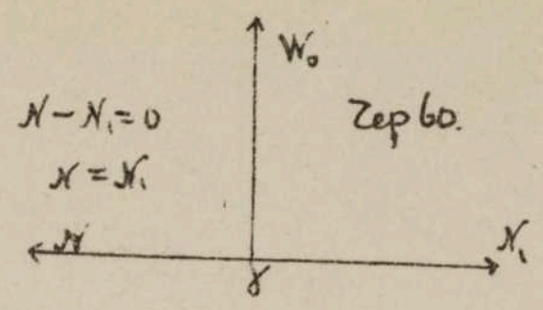

Сер.56(б)

Сер 57 (б)

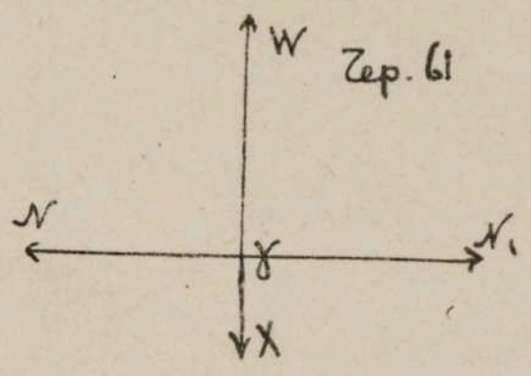
Чер. 59.



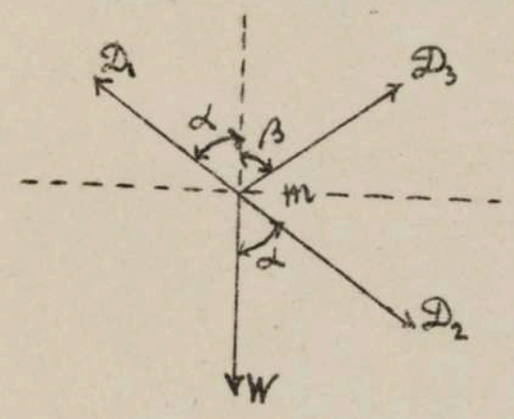
Чер. 60.



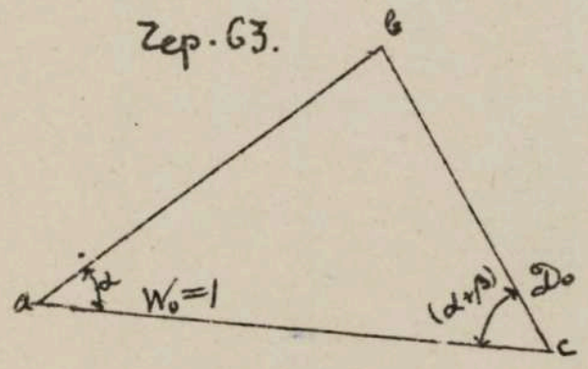
Чер. 61



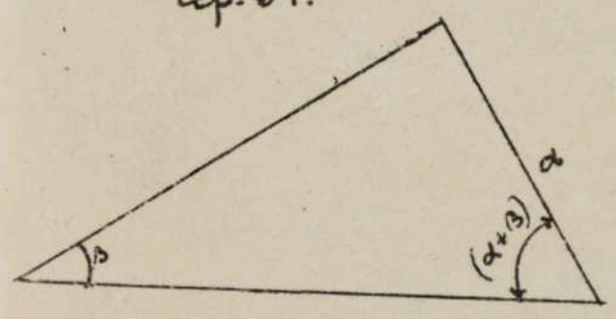
Чер. 62.



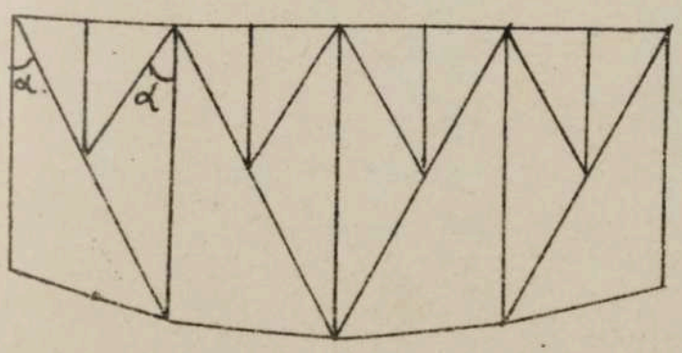
Чер. 63.



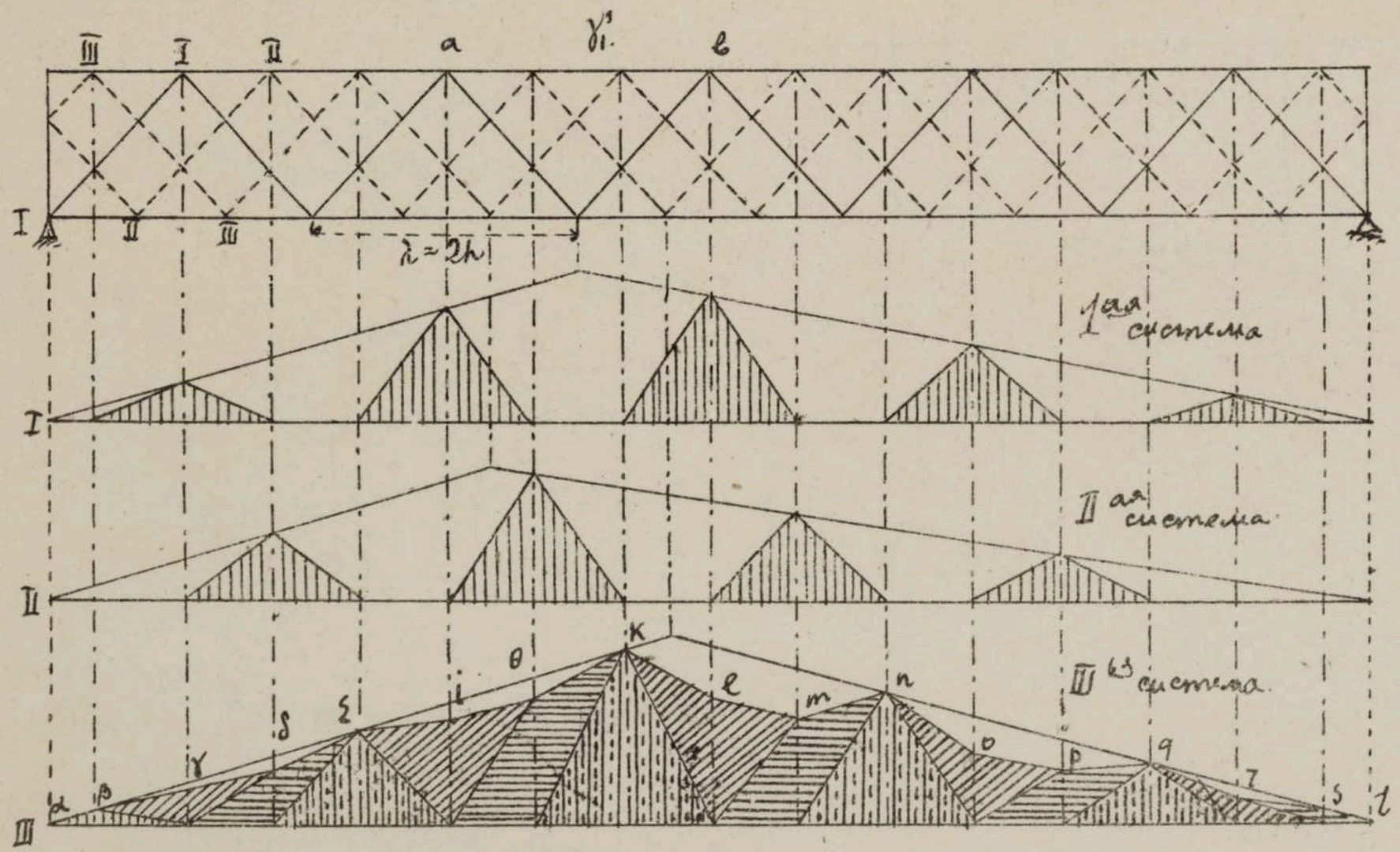
Чер. 64.



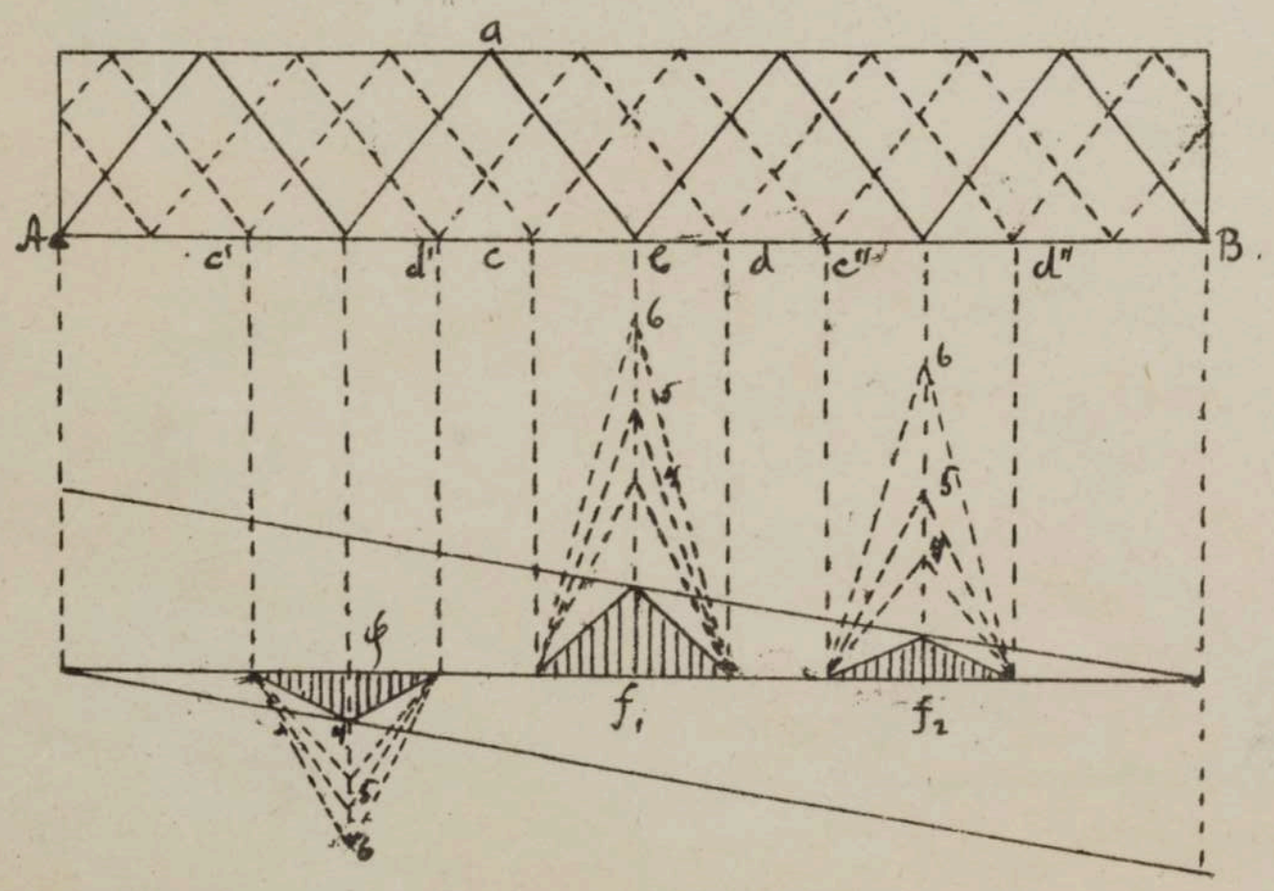
Чер. 65.



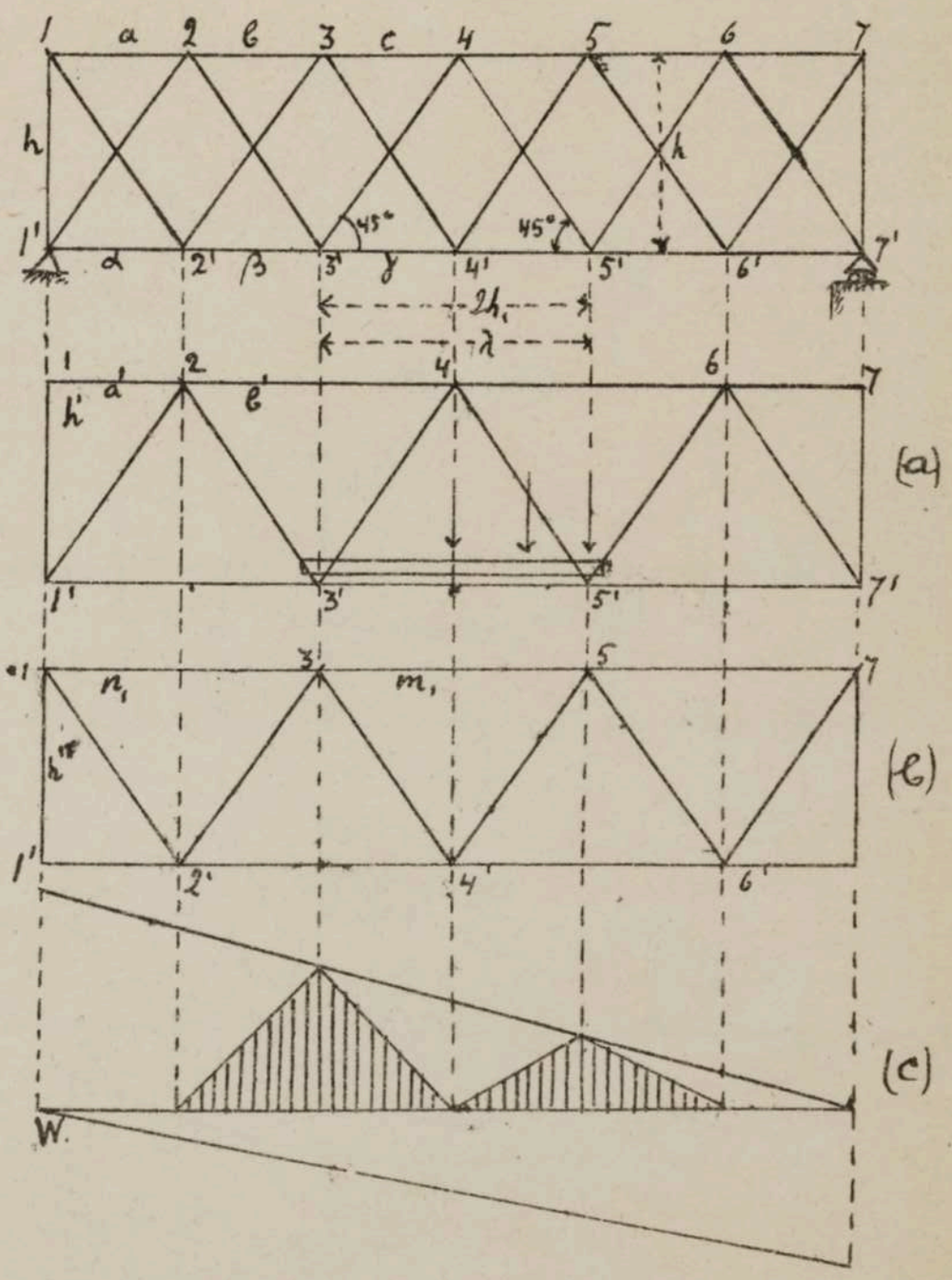
Чер. 66.



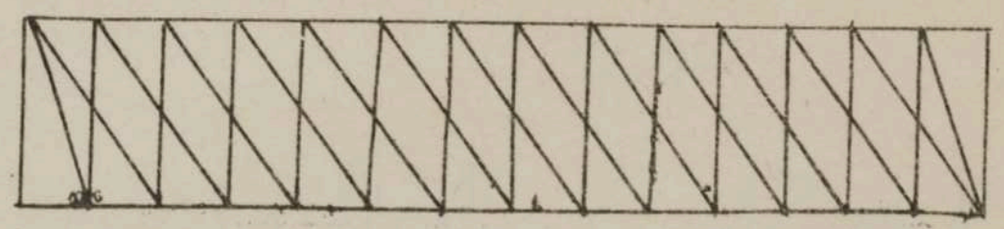
Чер. 67.



Чер. 68.



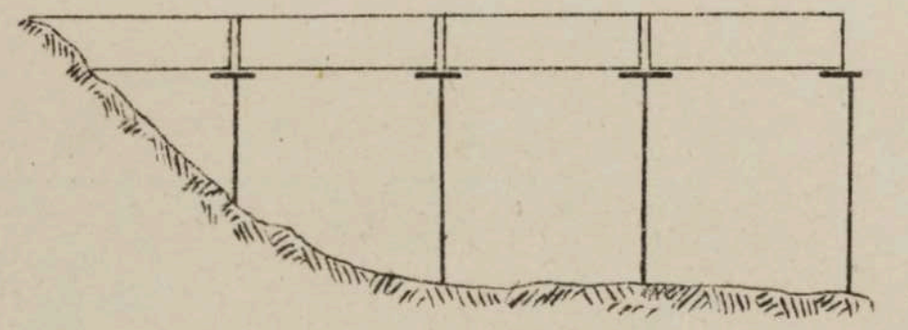
Чер. 69.



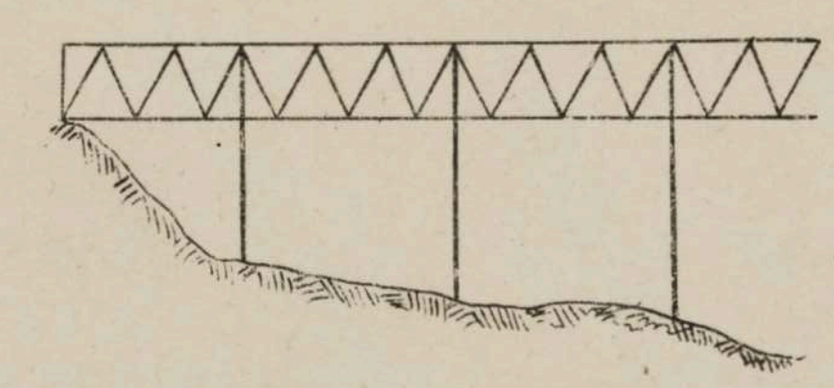
Инженерное искусство.

Таблица 22.

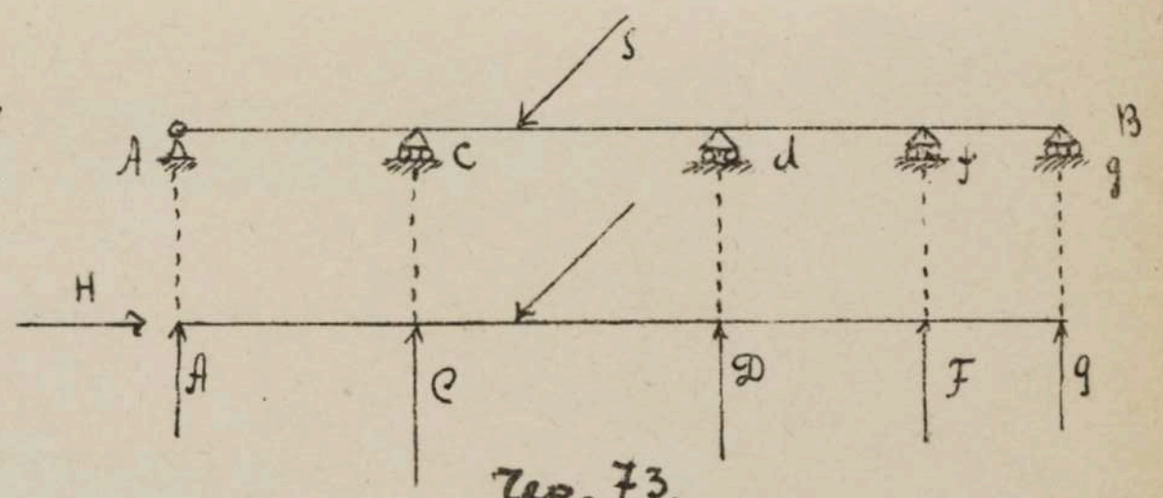
Сер. 70.



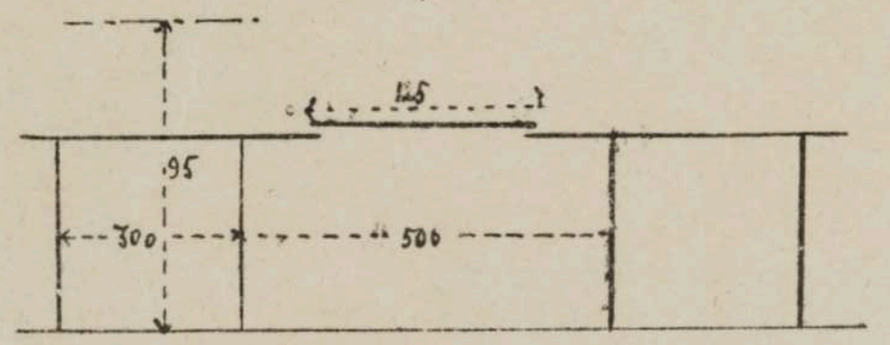
Сер. 71.



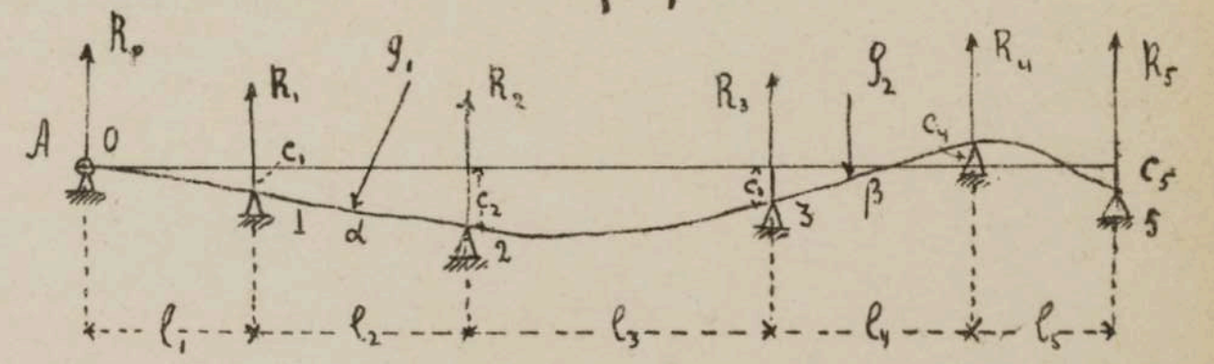
Сер. 72



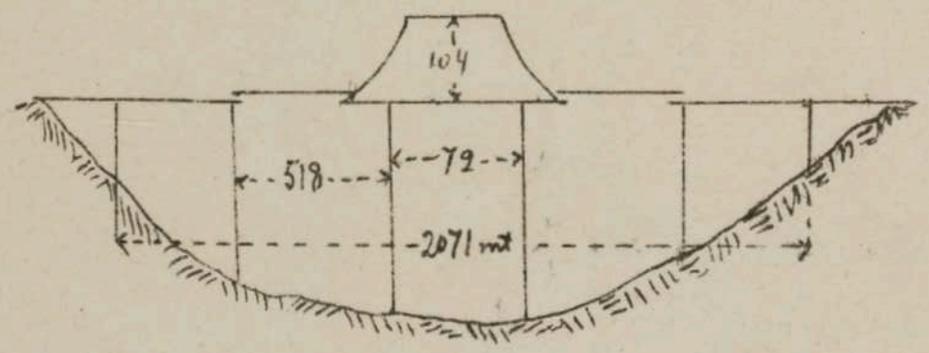
Сер. 77.



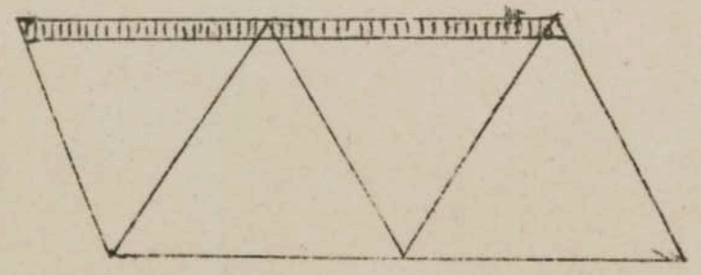
Сер. 73.



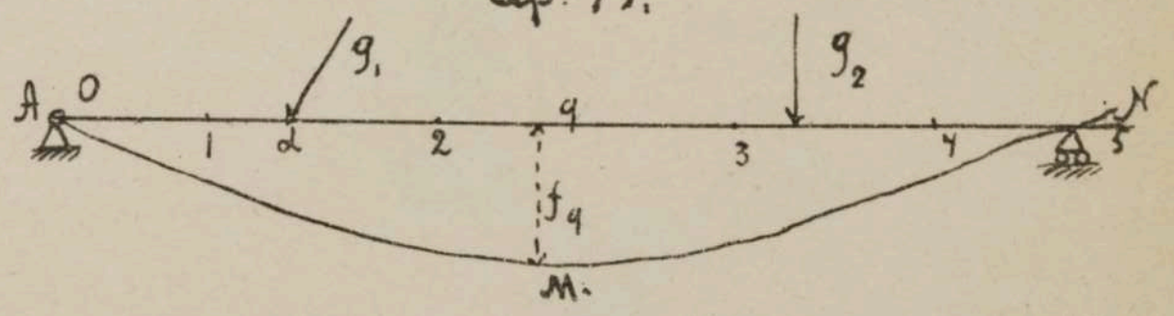
Сер. 78.



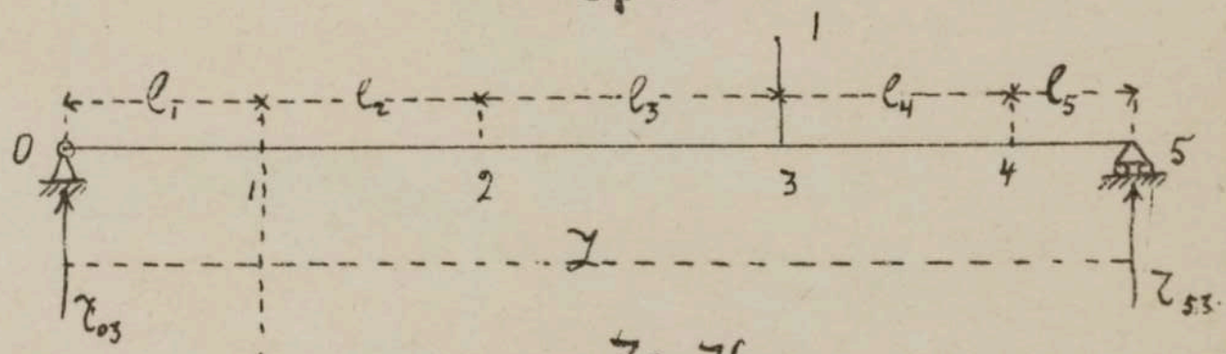
Сер. 79.



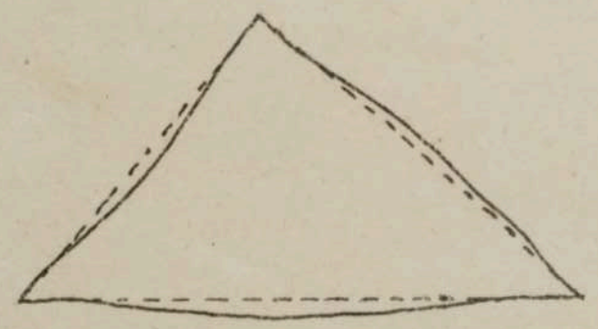
Сер. 74.



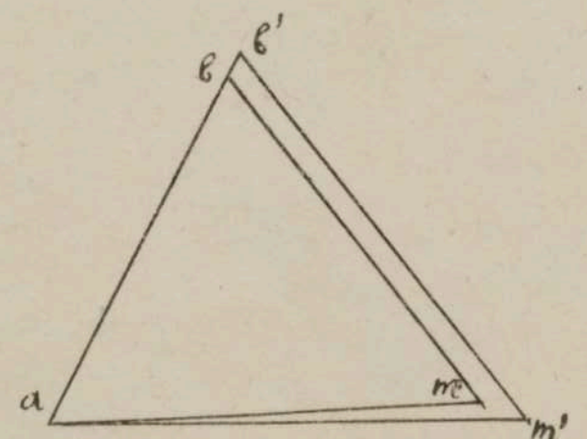
Сер. 75.



Сер. 80.



Сер. 81.



Сер. 76.

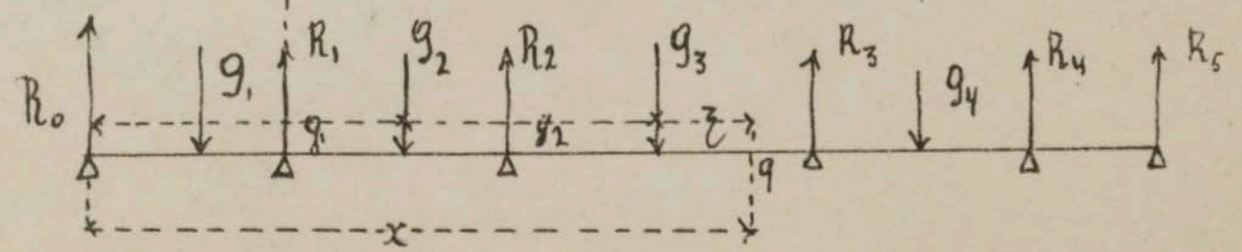
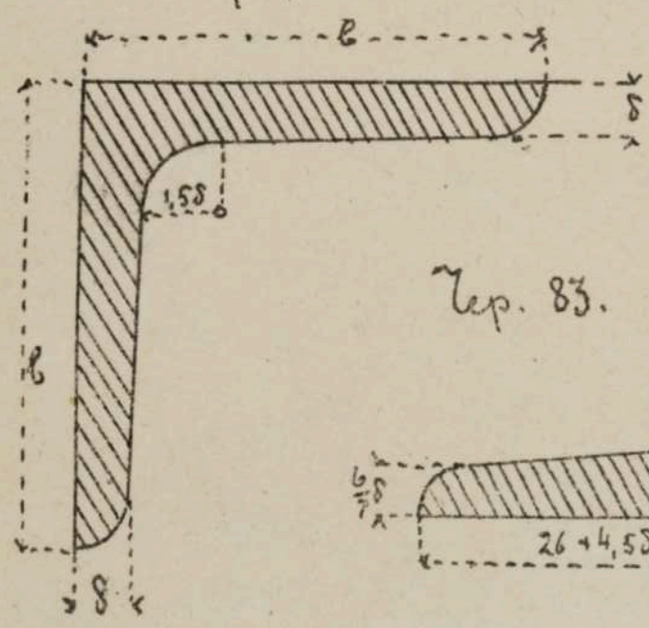
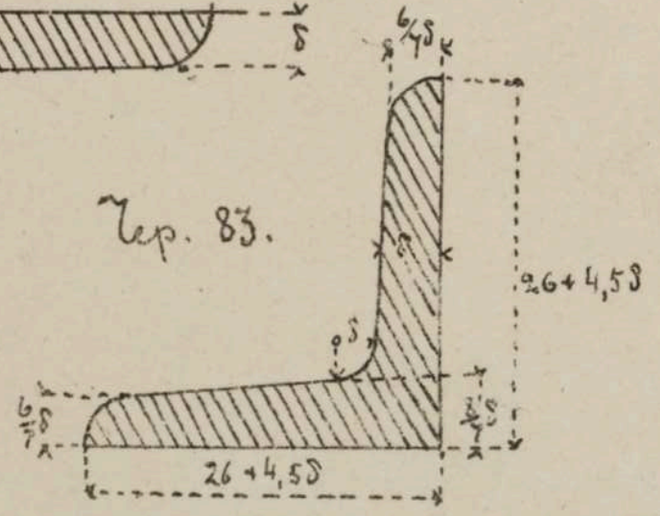


Таблица 23

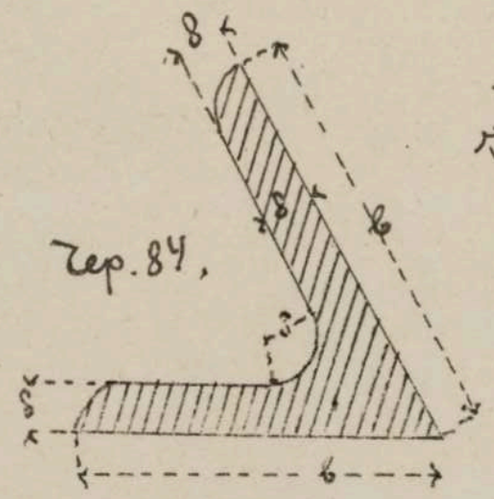
Чер. 82.



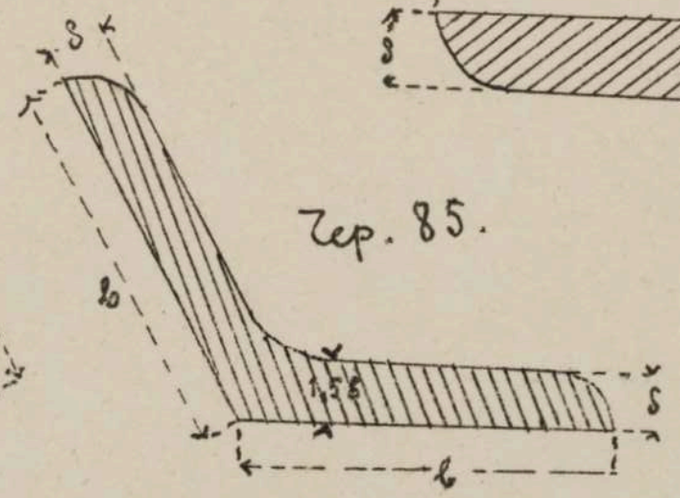
Чер. 83.



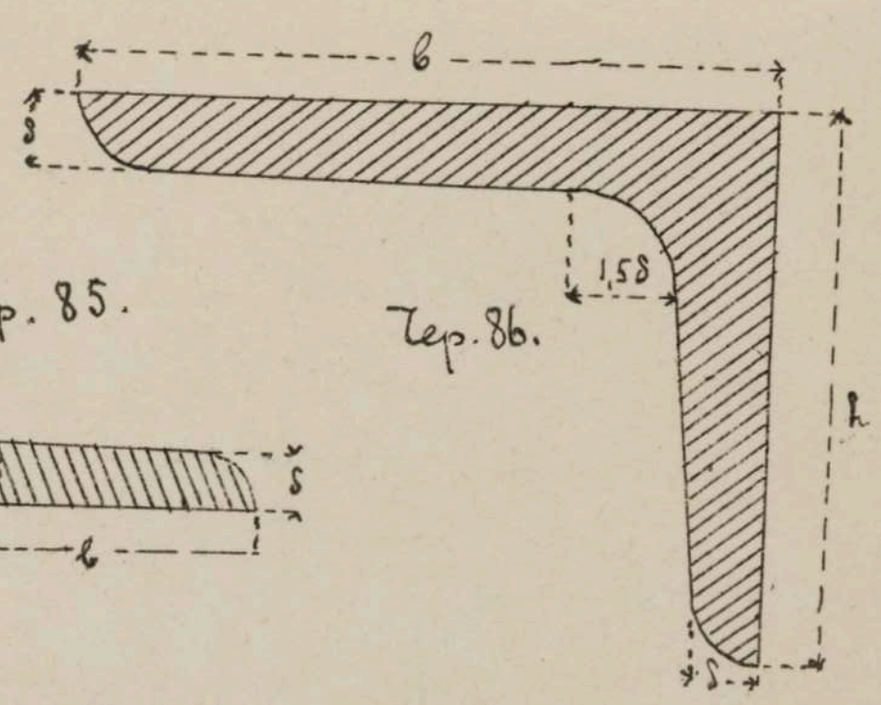
Чер. 84.



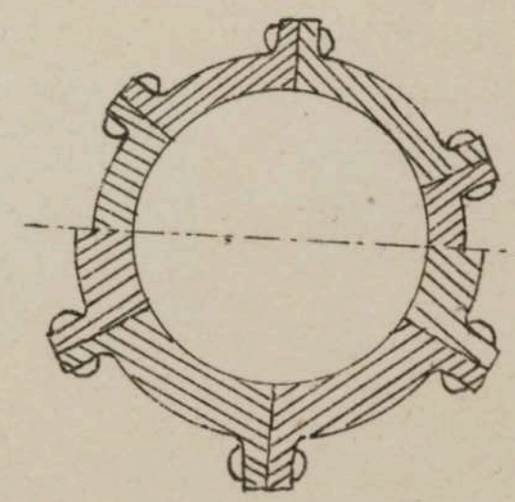
Чер. 85.



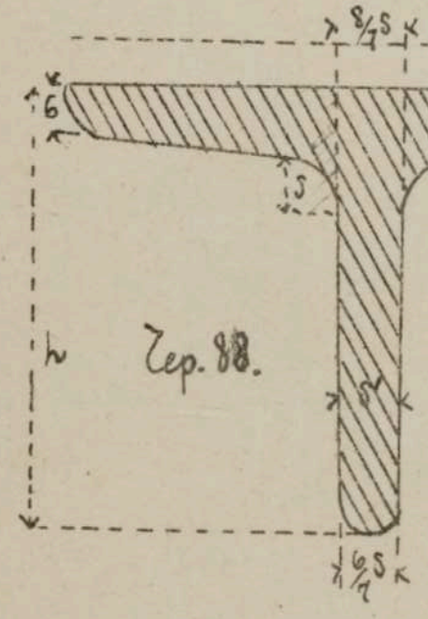
Чер. 86.



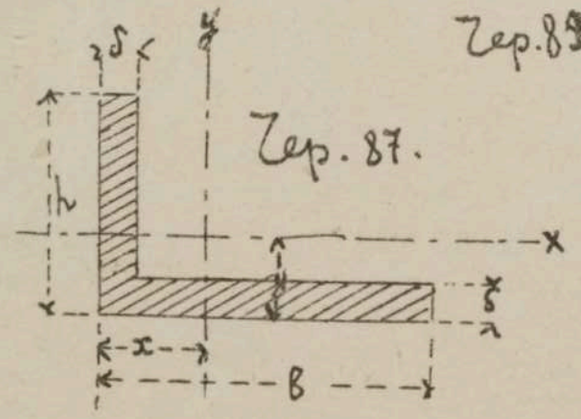
Чер. 94.



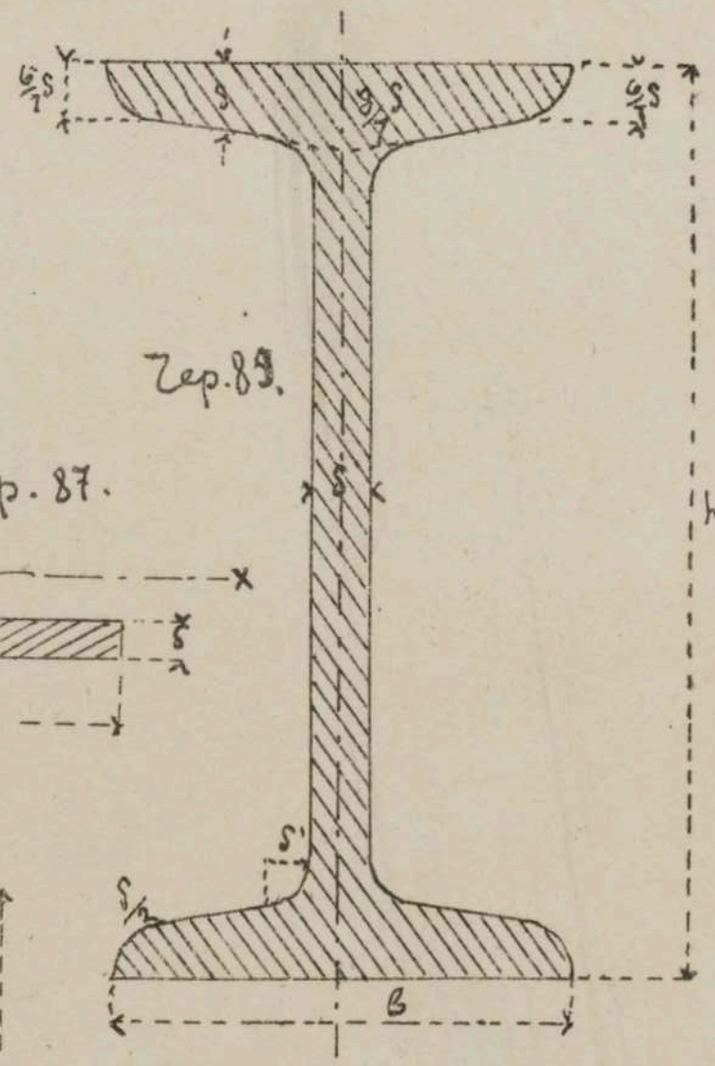
Чер. 88.



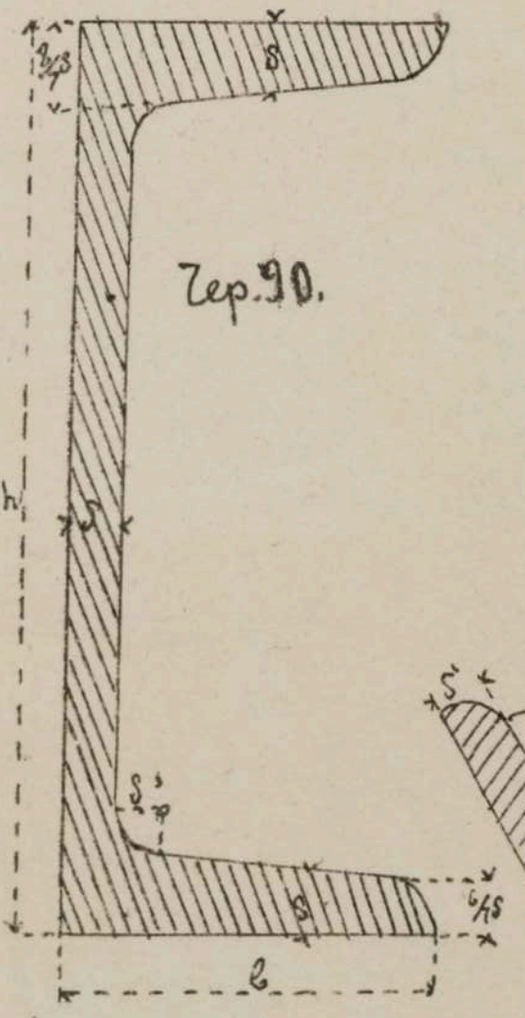
Чер. 87.



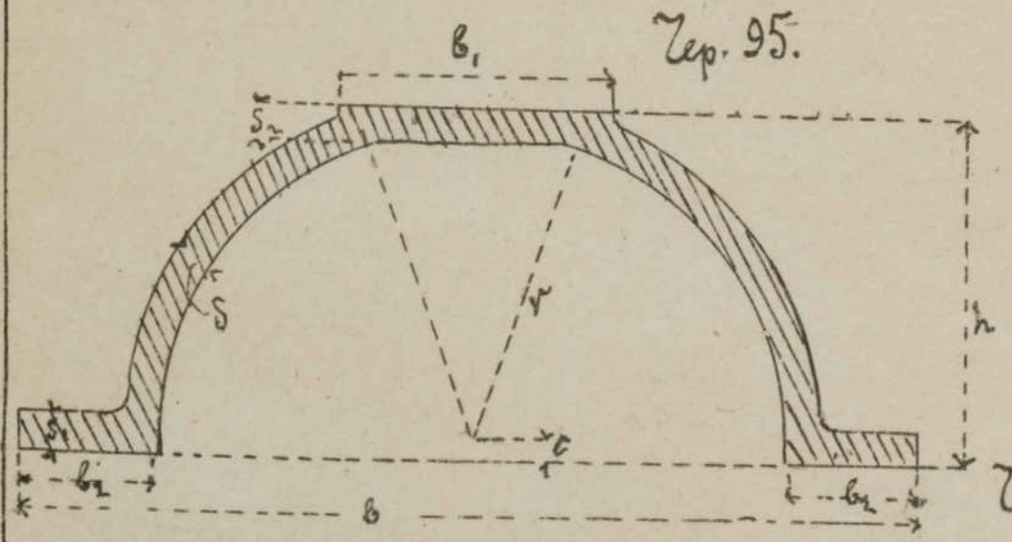
Чер. 89.



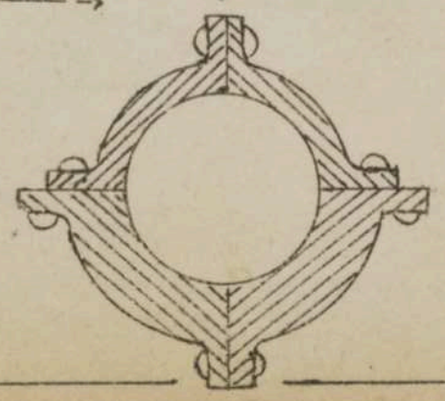
Чер. 90.



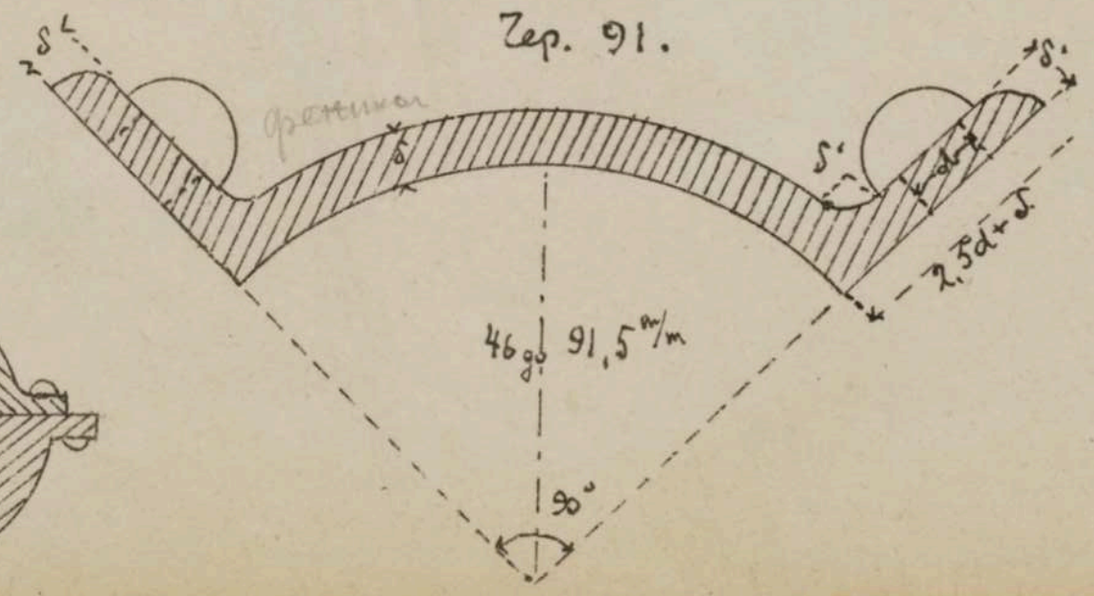
Чер. 95.



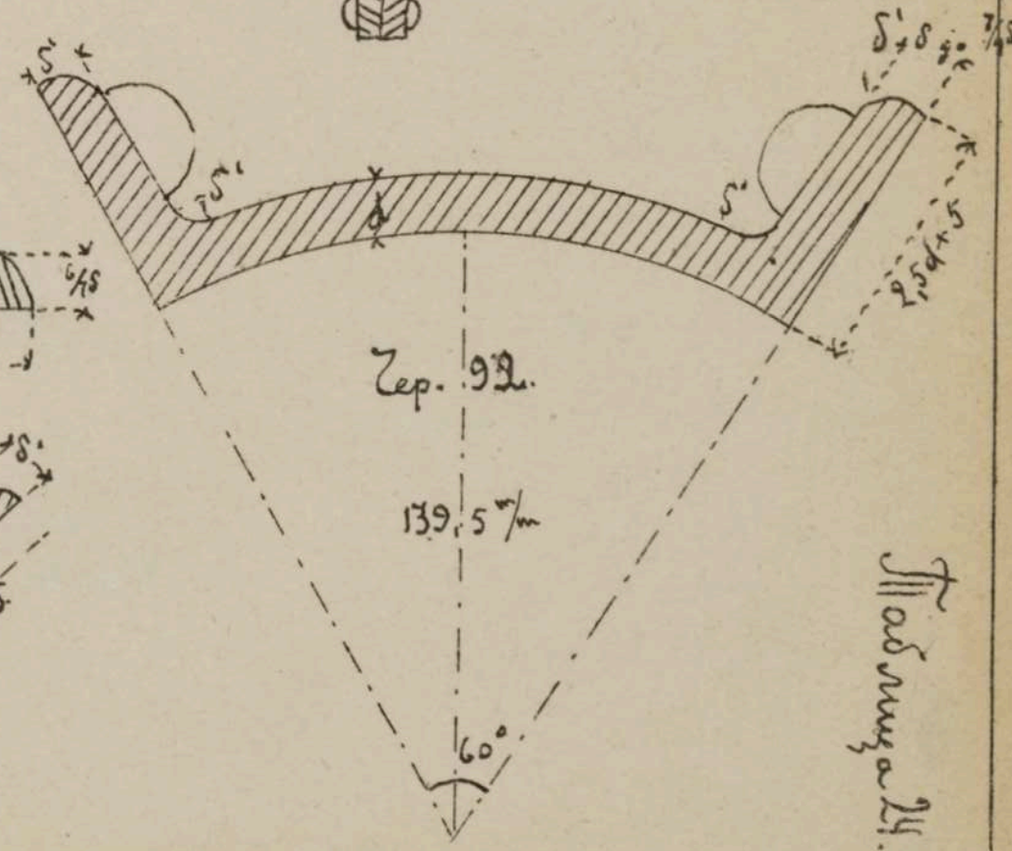
Чер. 93.



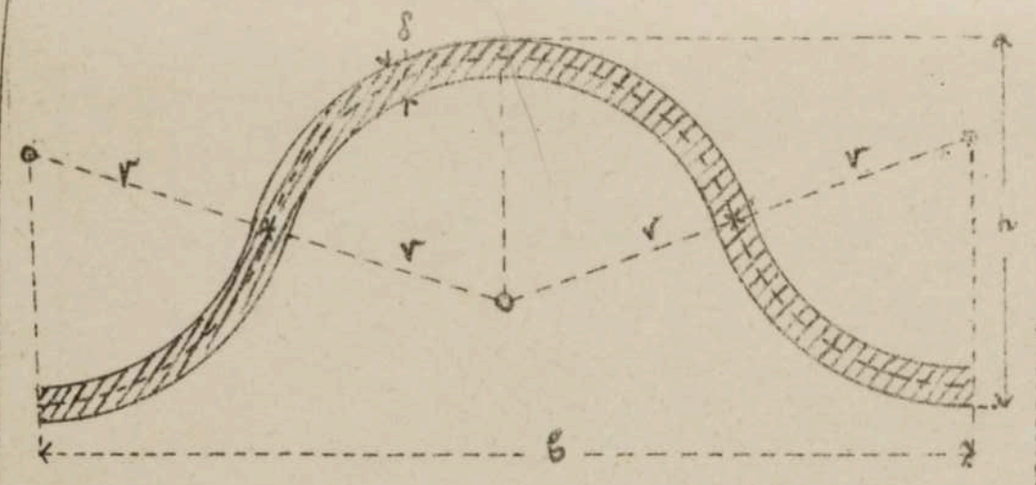
Чер. 91.



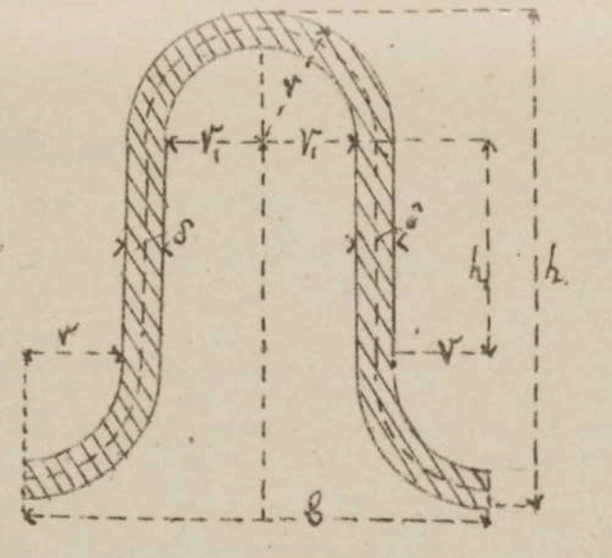
Чер. 92.


δ1
δ1
δ
δ1
δ1
δ
δ1
δ1
δ

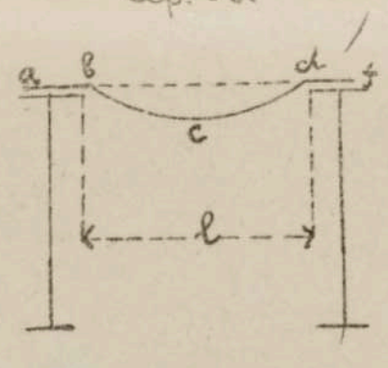
Черт. 96.



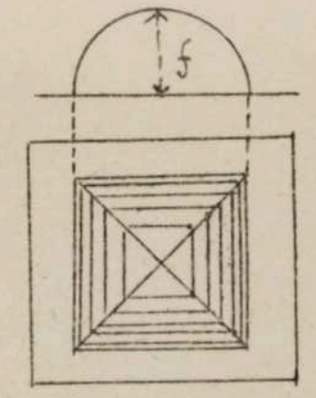
Черт. 97.



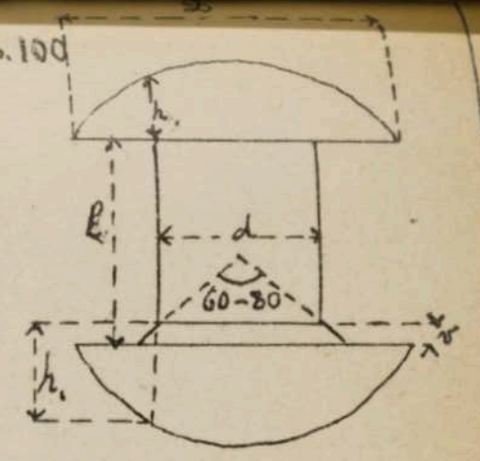
Черт. 98.



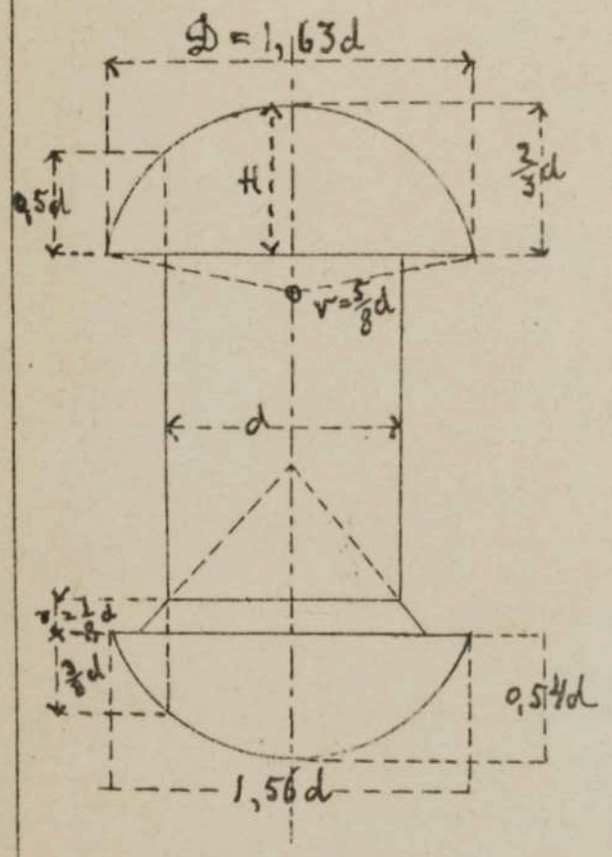
Черт. 99.



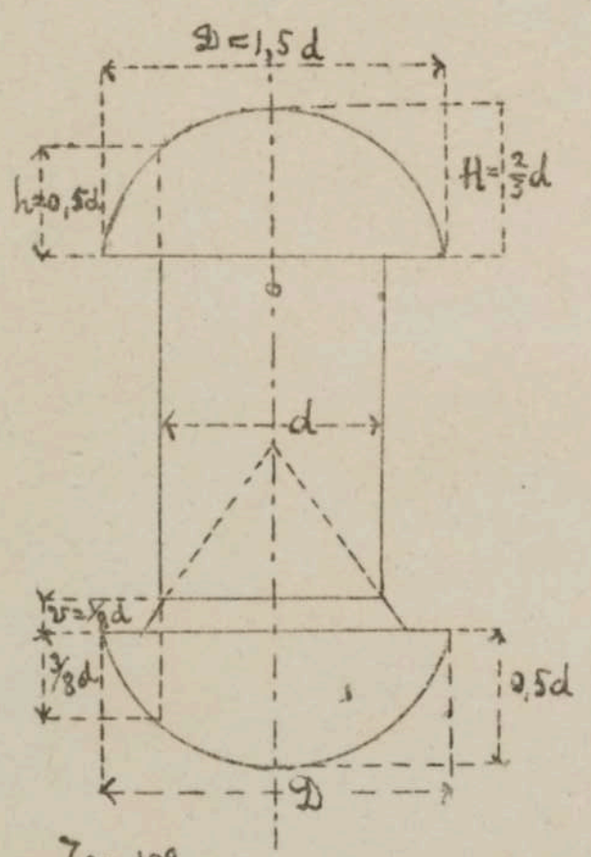
Черт. 100.



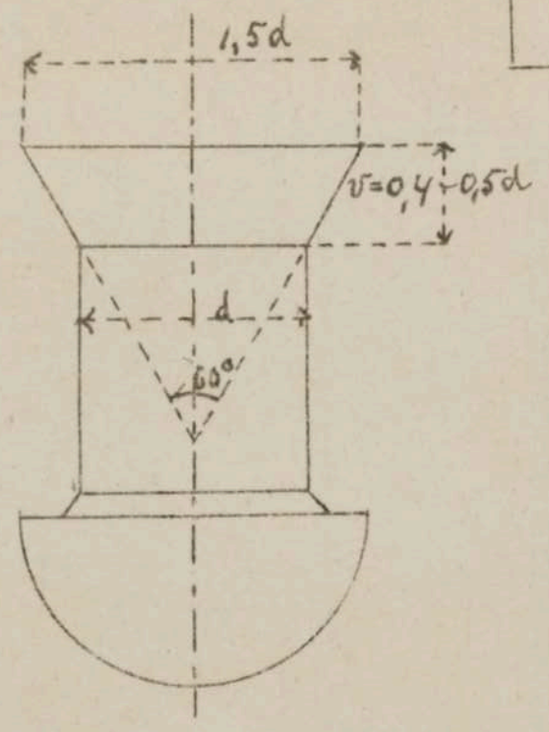
Черт. 101



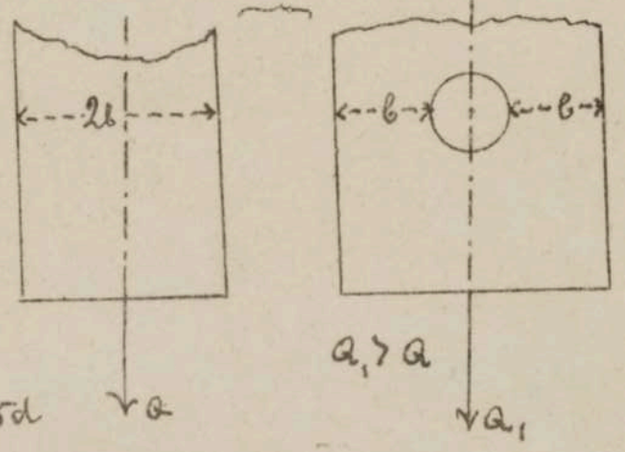
Черт. 103.



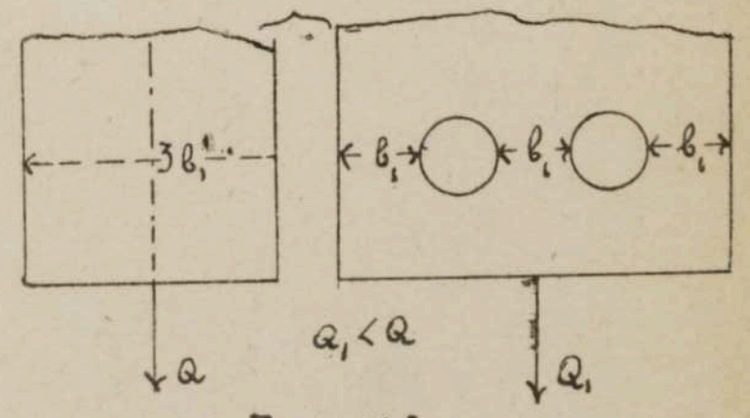
Черт. 104.



Черт. 109.

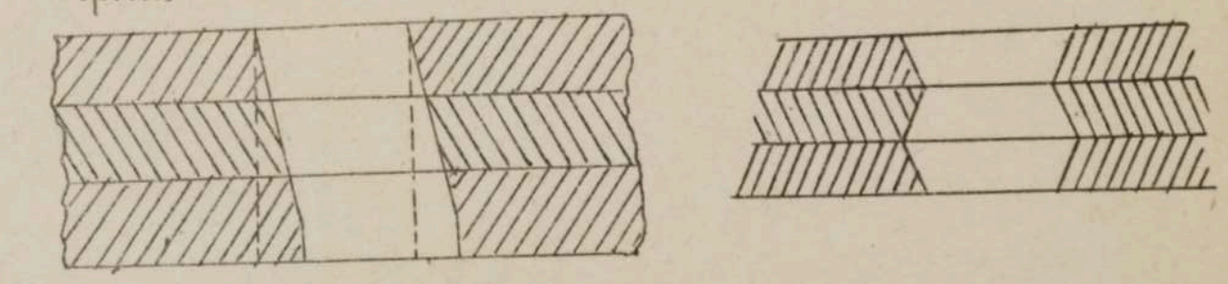


Черт. 110.

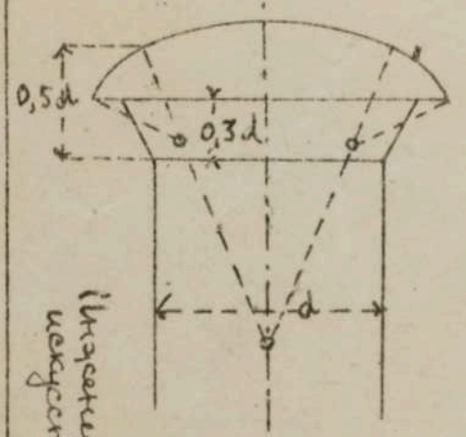


Черт. 108.

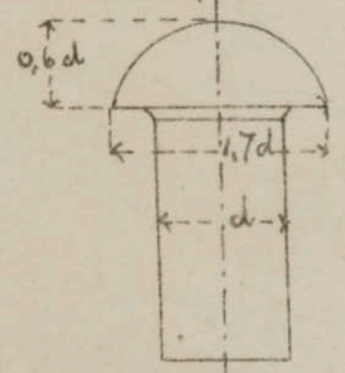
Черт. 111.



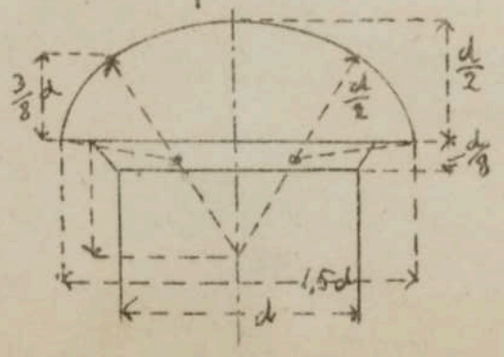
Черт. 105.



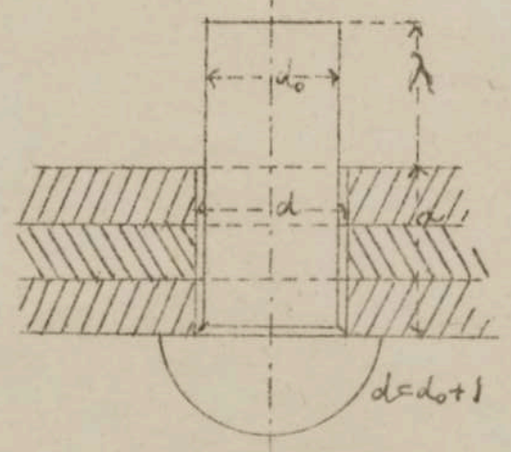
Черт. 102.



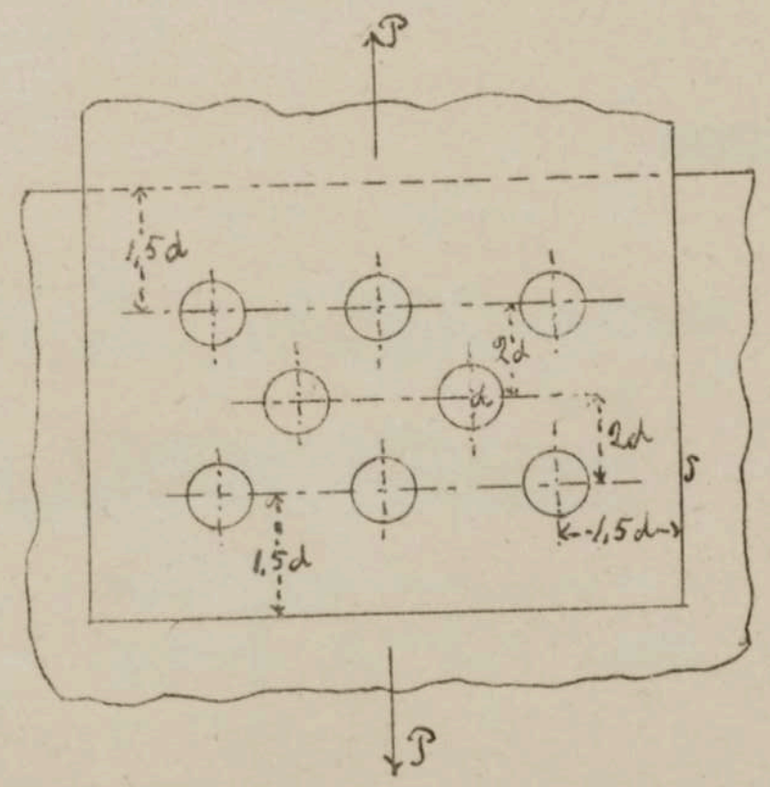
Черт. 106.



Черт. 107.



Черт. 112.



Черт. 113.

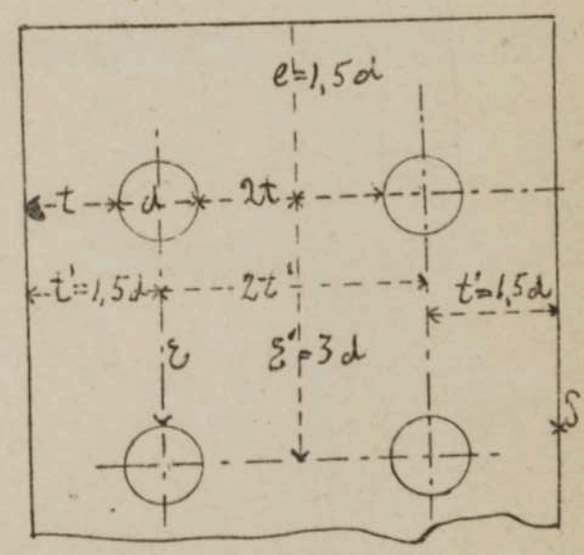
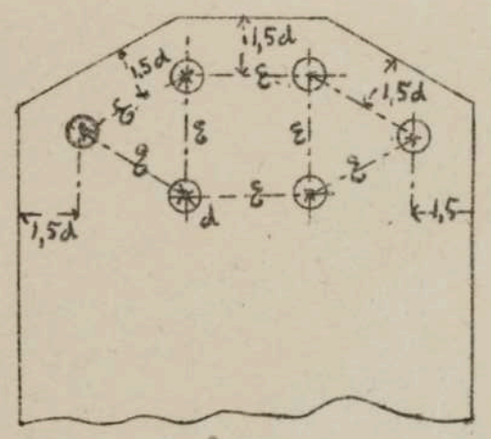
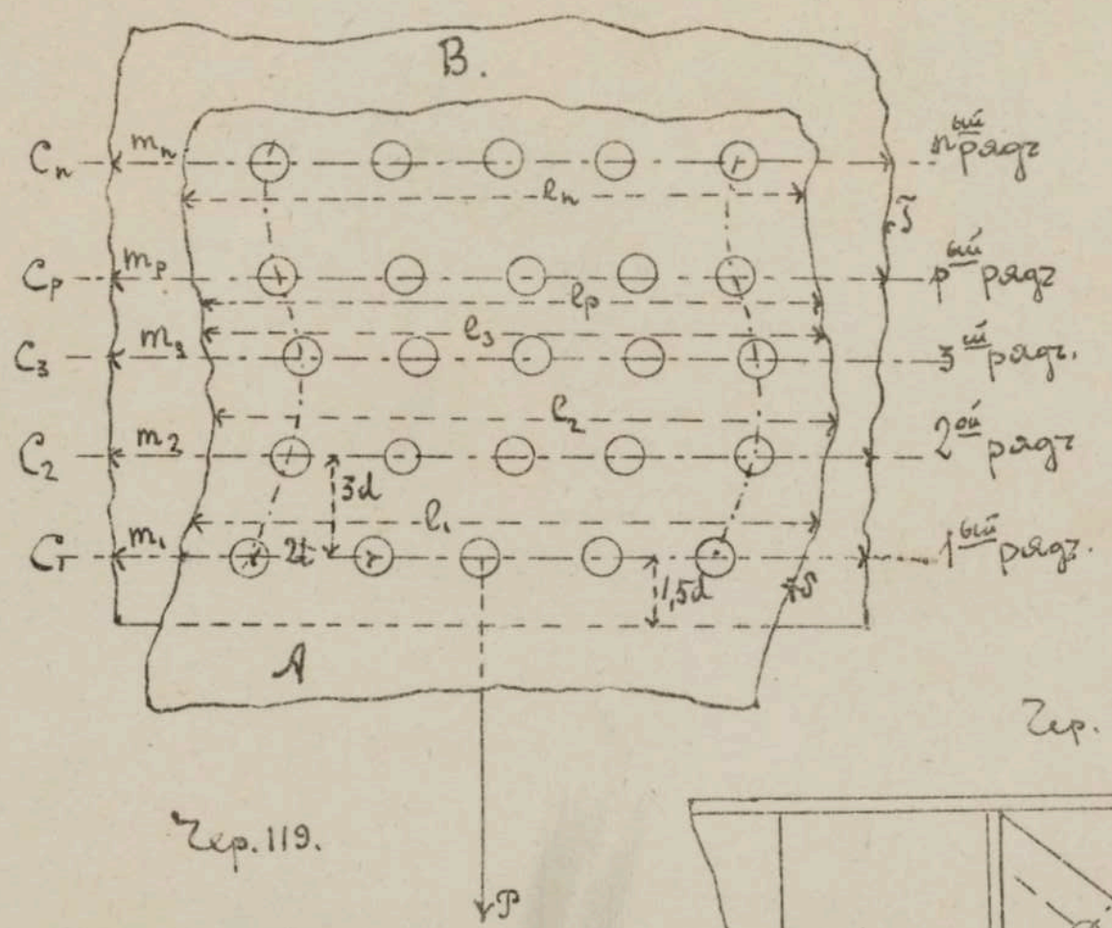


Таблица 25.

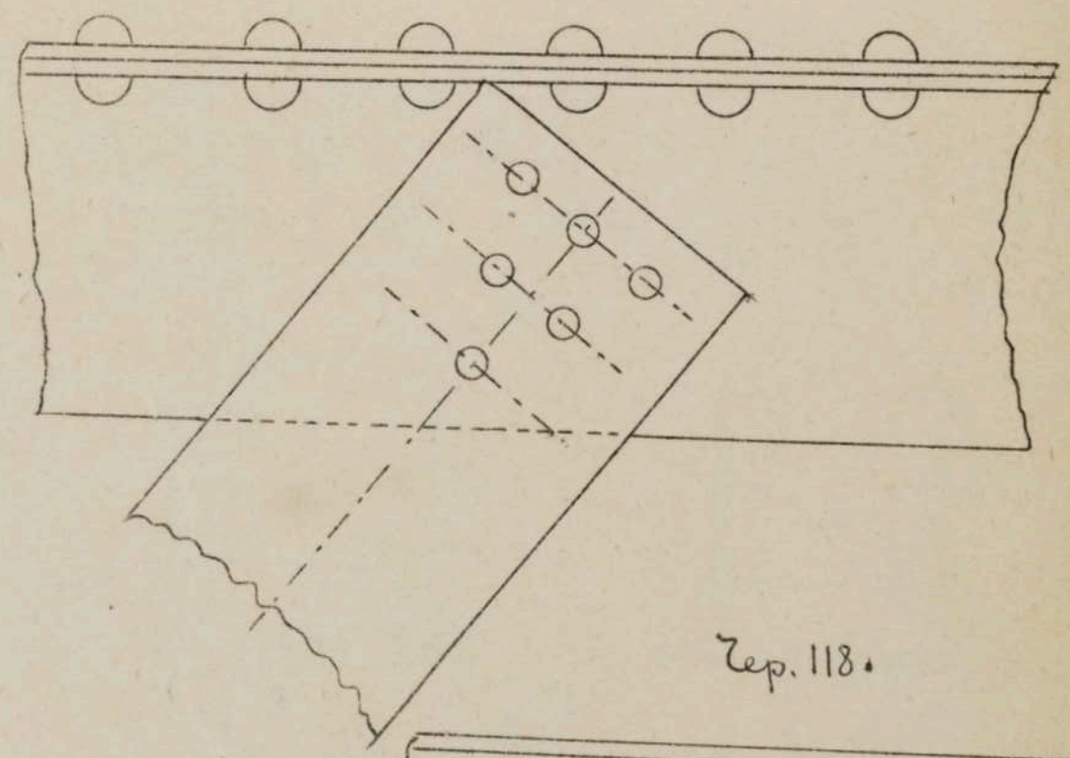
Черт. 114.



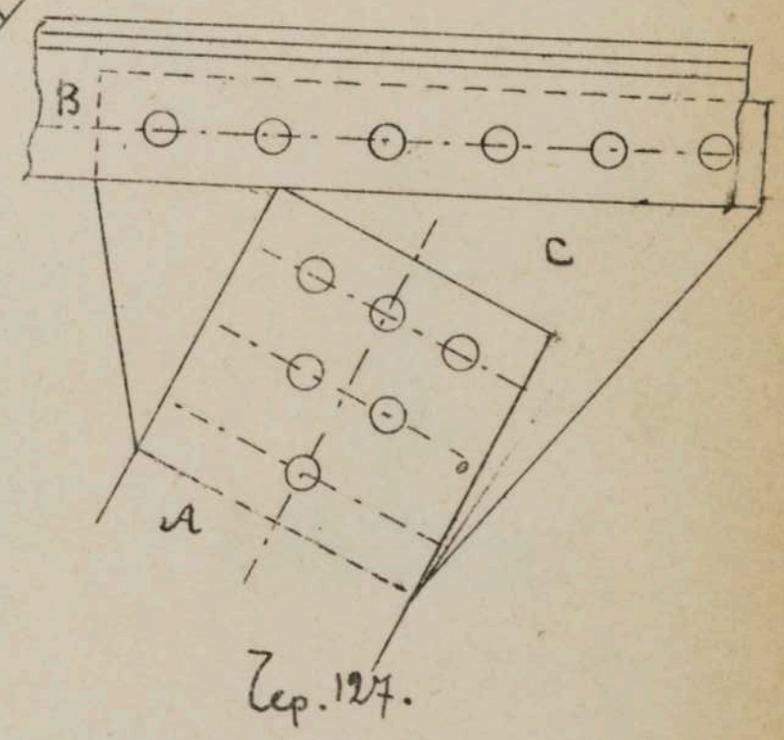
Черт. 116.



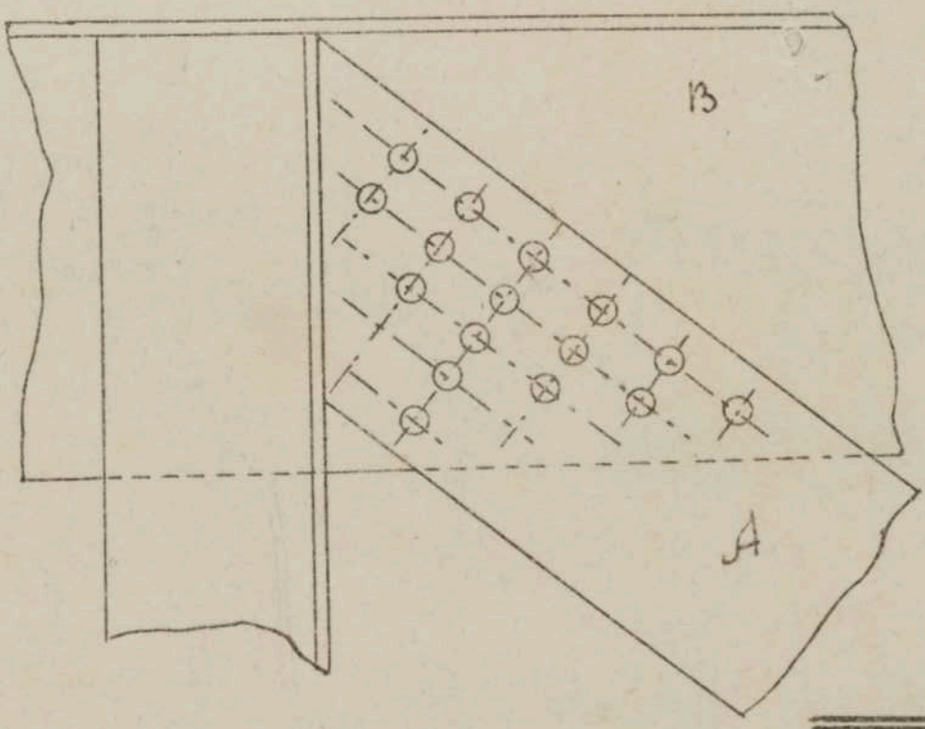
Черт. 117.



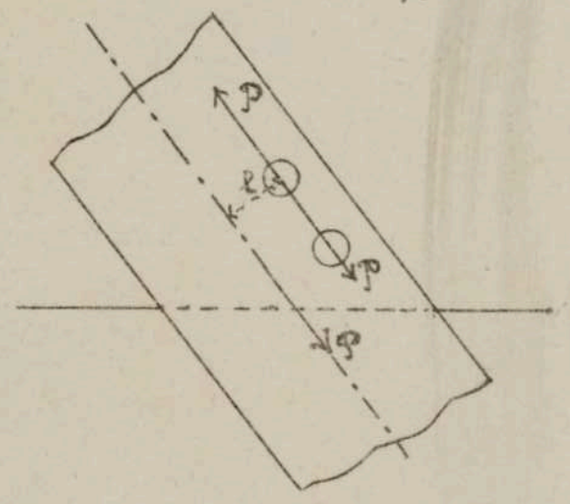
Черт. 118.



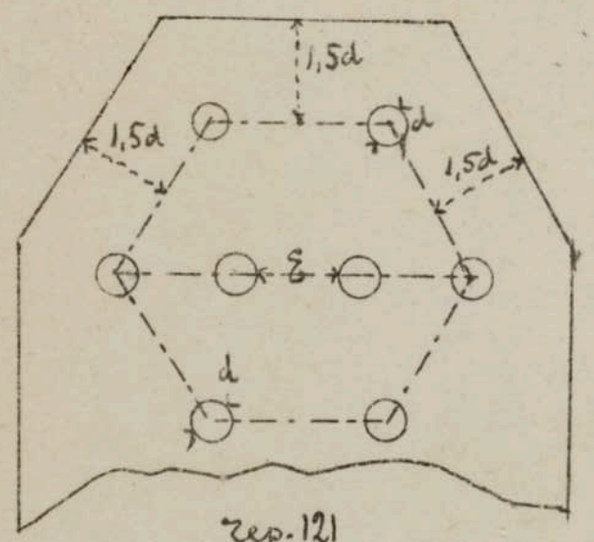
Черт. 120

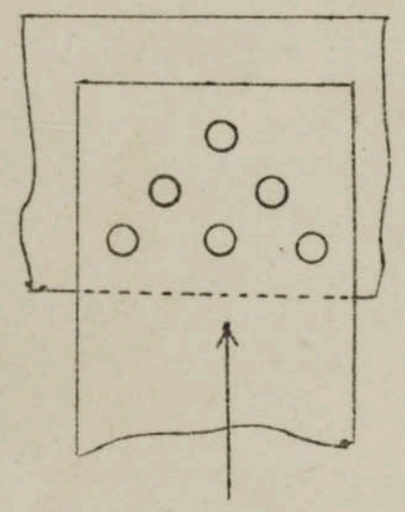


Черт. 119.

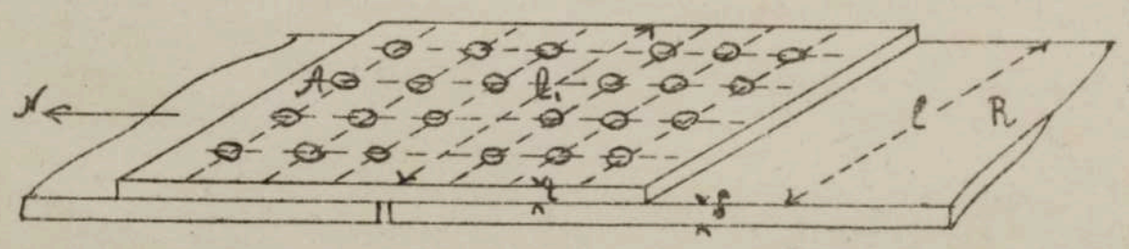


Черт. 121



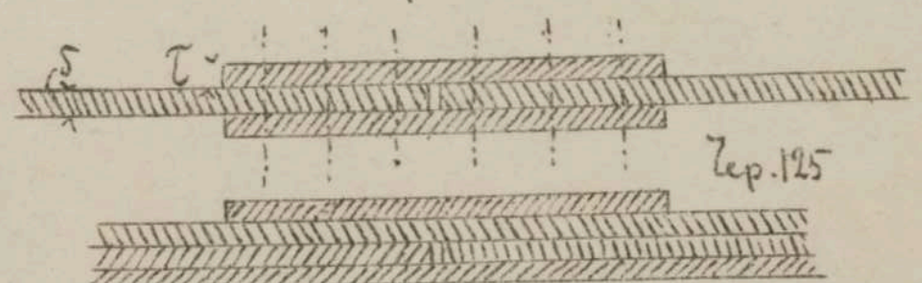


Черт. 122.



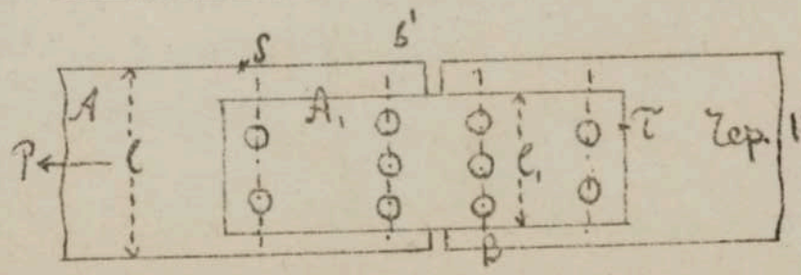
Черт. 123.

Черт. 124.



Черт. 125

Черт. 126.



Черт. 127.

Черт. 128.

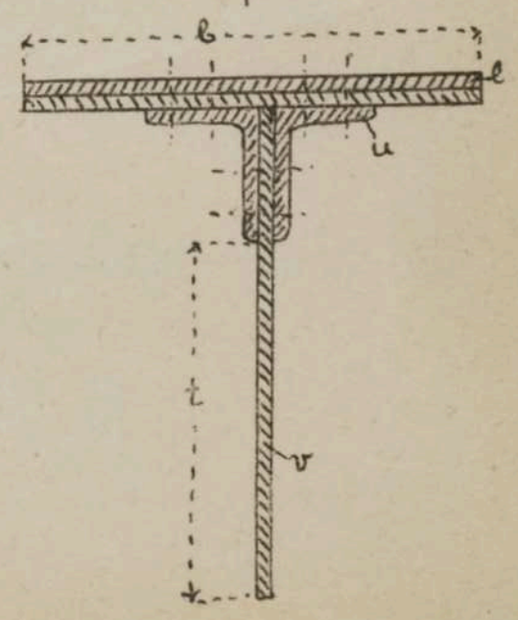
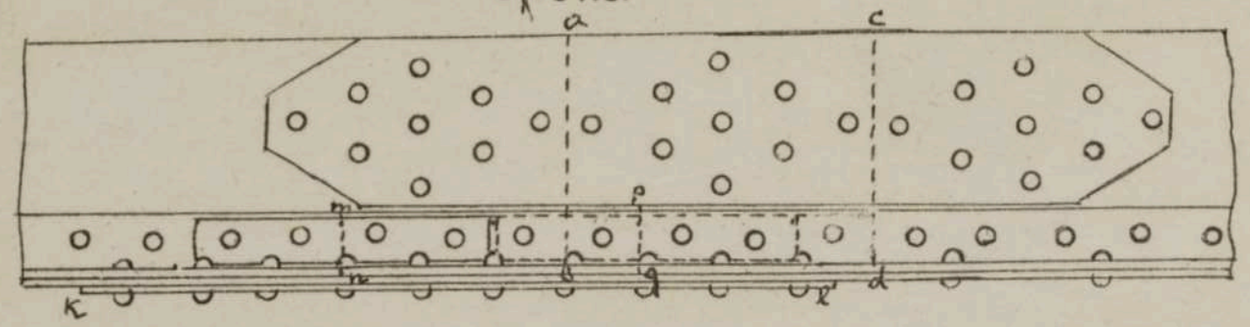


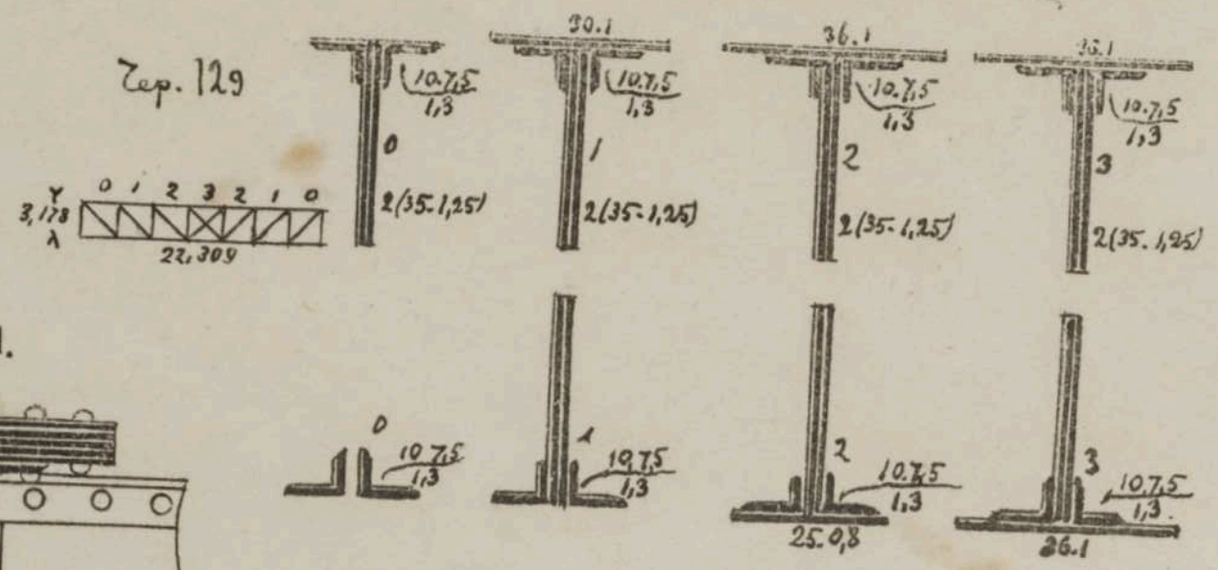
Таблица 26.

Лаз. 27

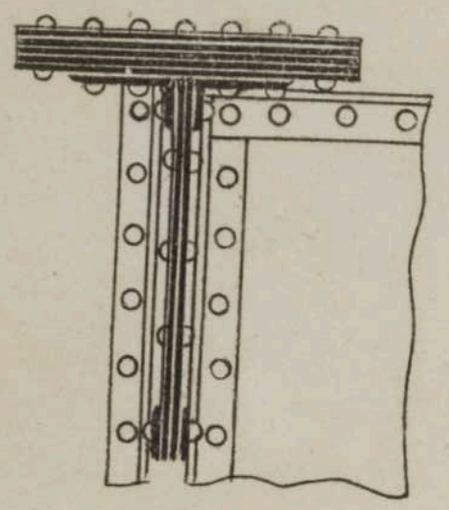
Чер. 142.



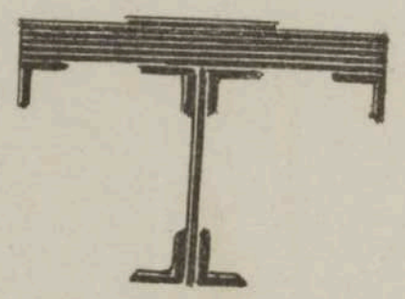
Чер. 130.



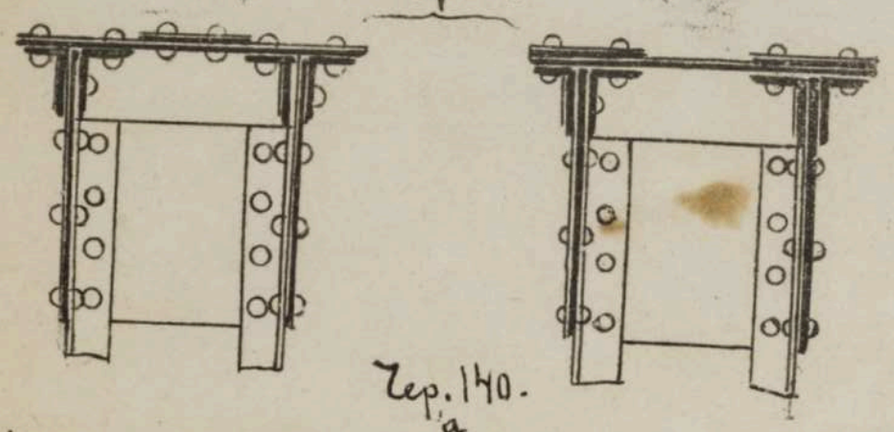
Чер. 131.



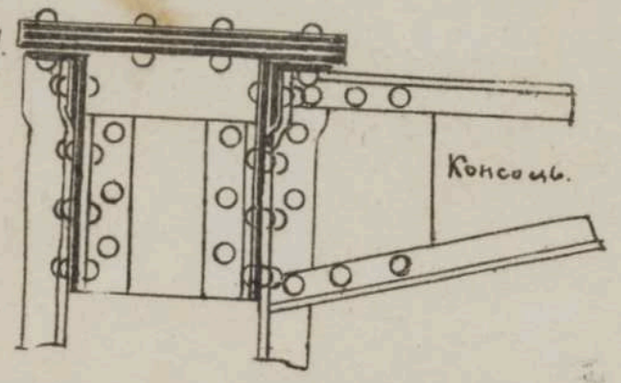
Чер. 132.



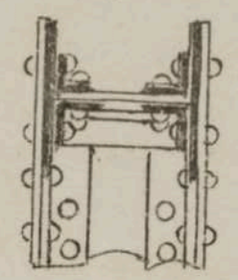
Чер. 133



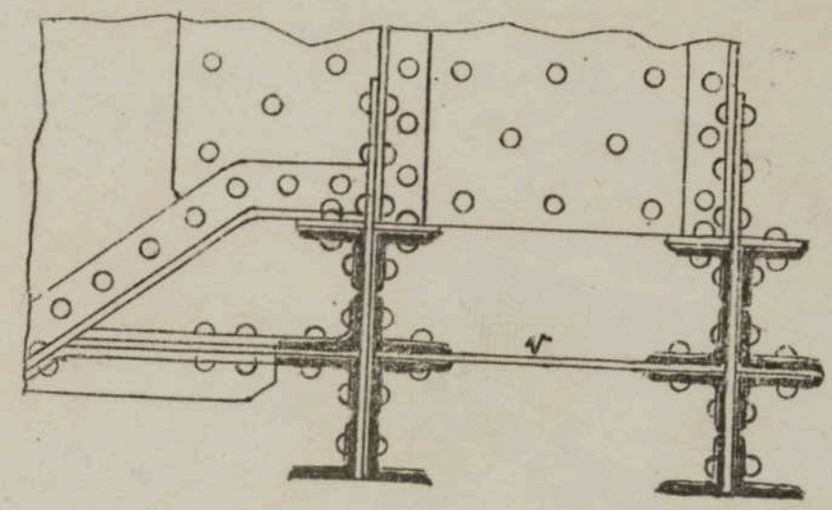
Чер. 134.



Чер. 135.

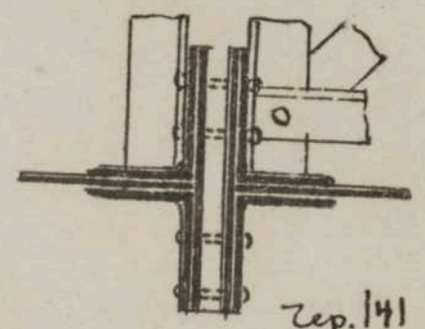


Чер. 136

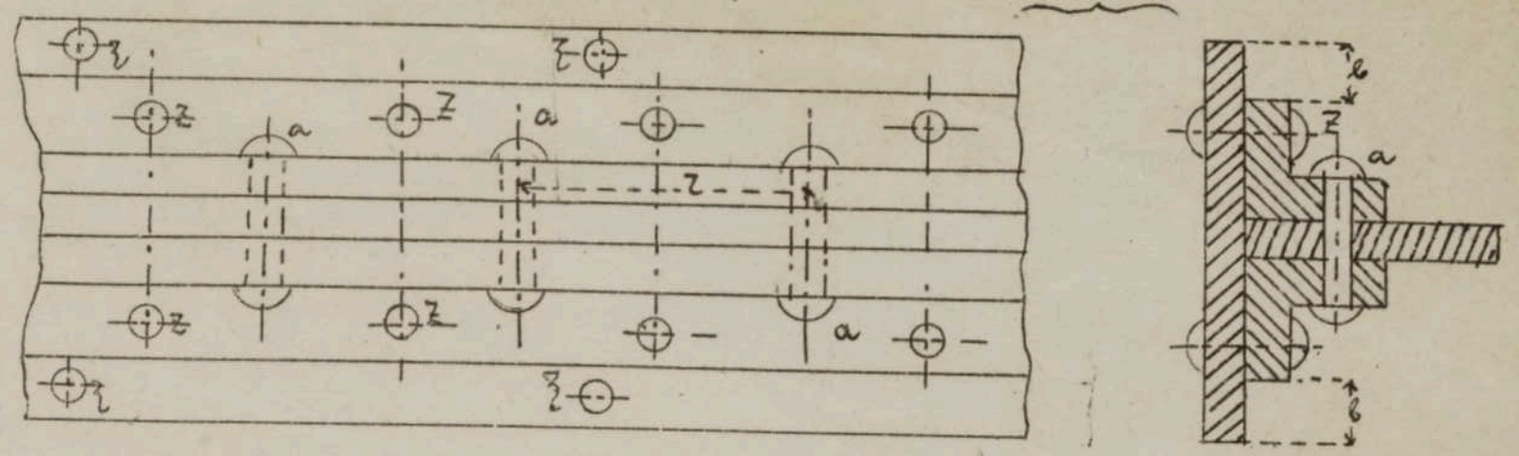


Чер. 137.

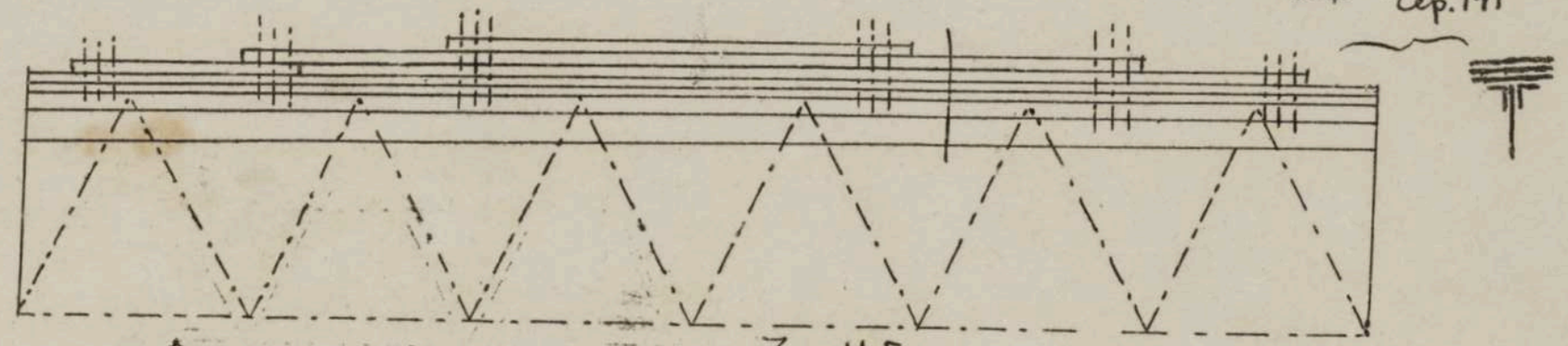
Чер. 138.



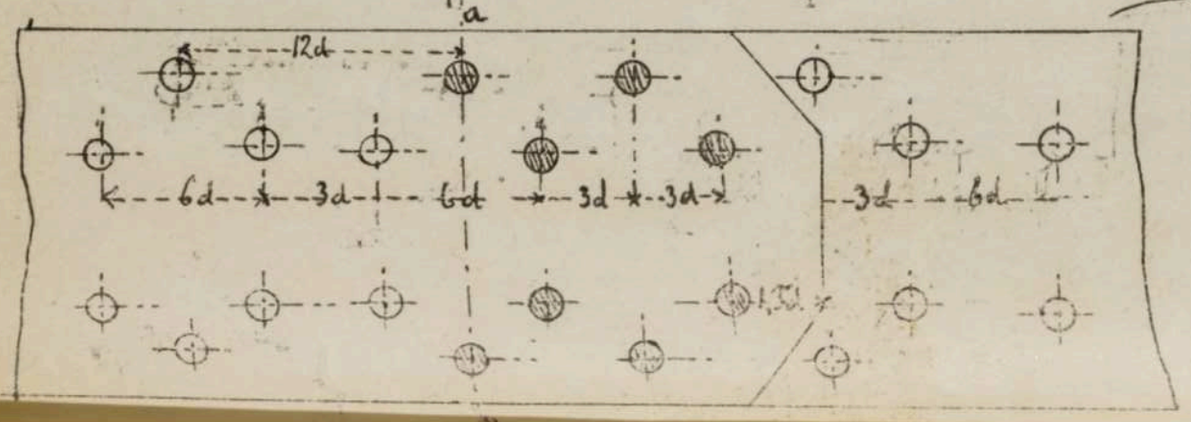
Чер. 139



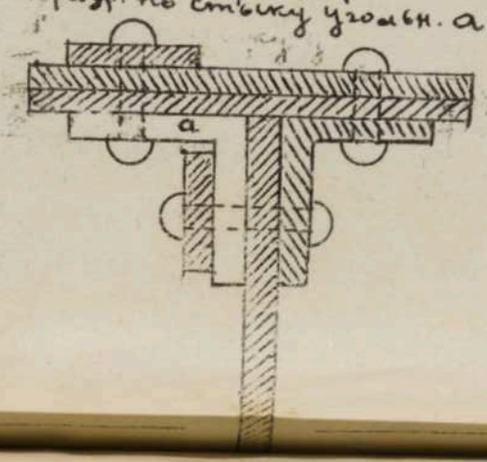
Чер. 141



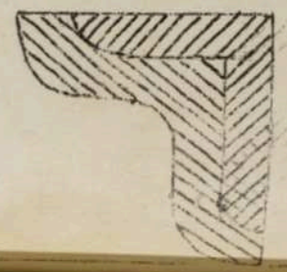
Чер. 140.



Чер. 145.
разр. по стыковку уголки. а



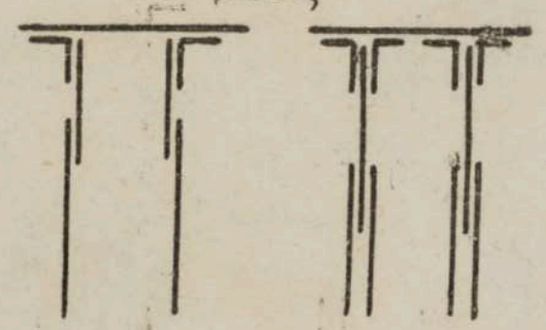
Чер. 144.



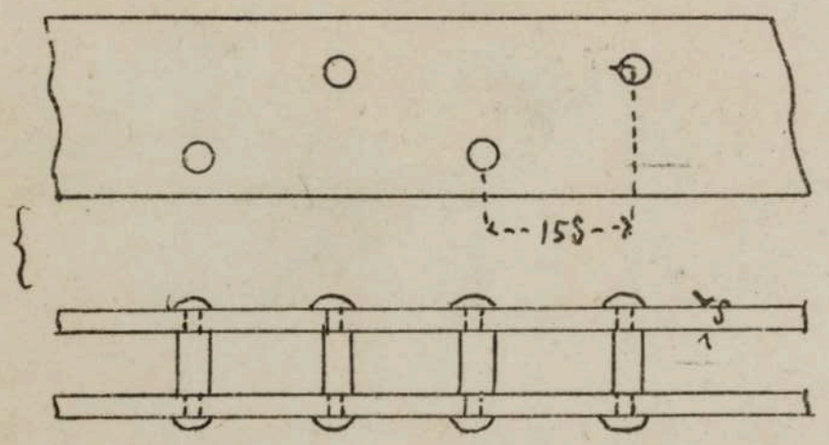
Инженерни изкуства.

Черт. 147.

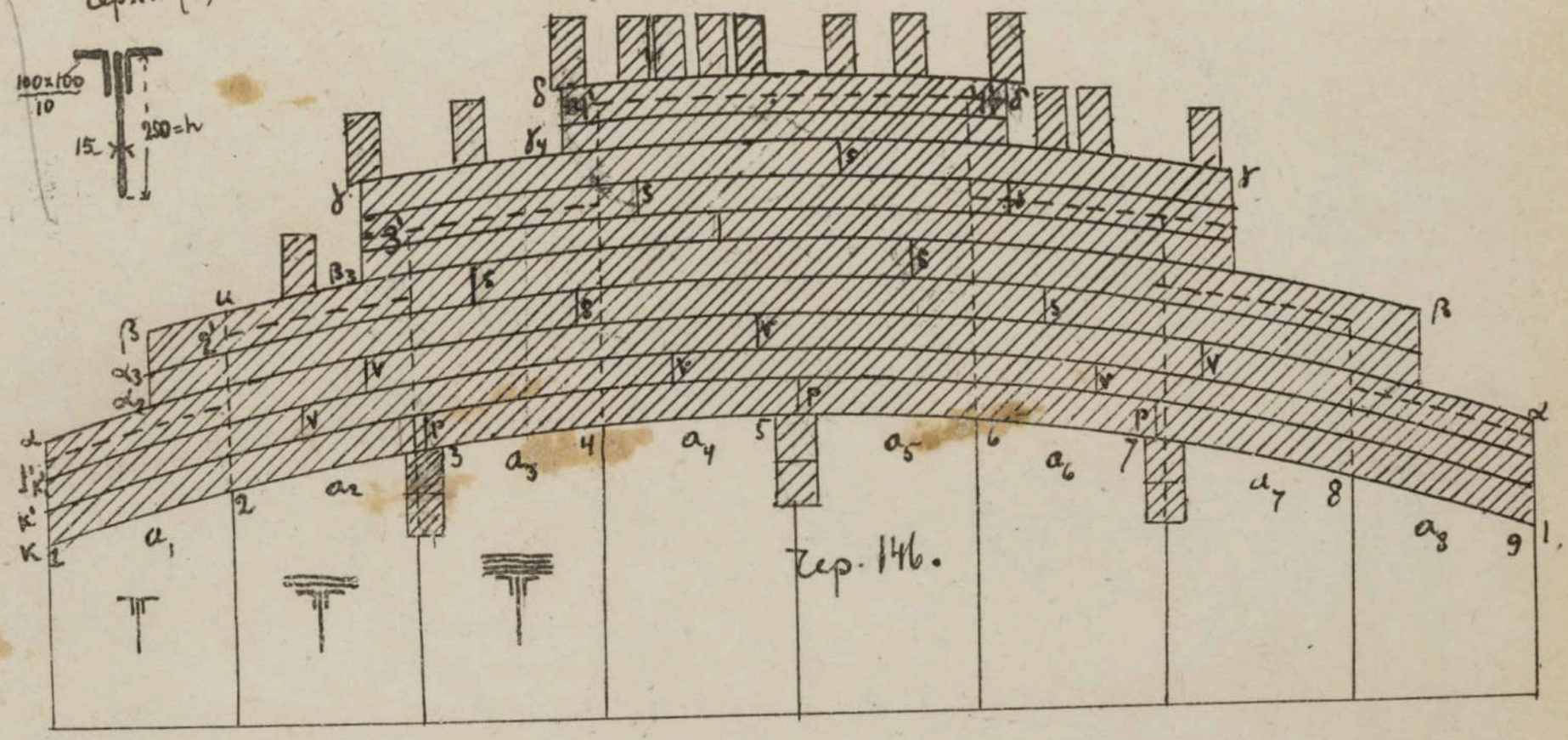
Черт. 148



Черт. 149

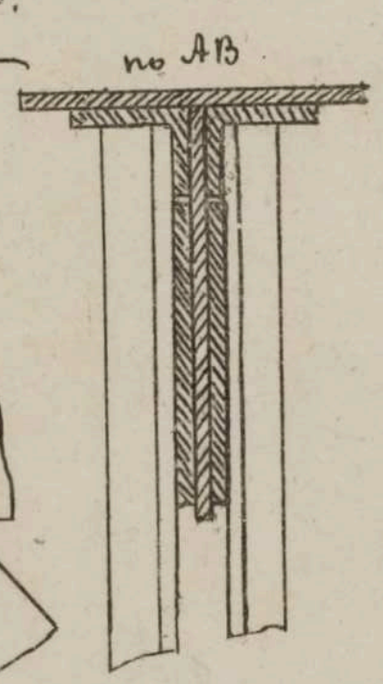


Черт. 146 (а)

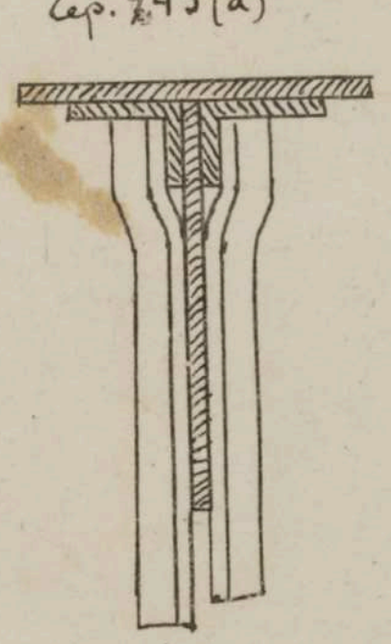


Черт. 146.

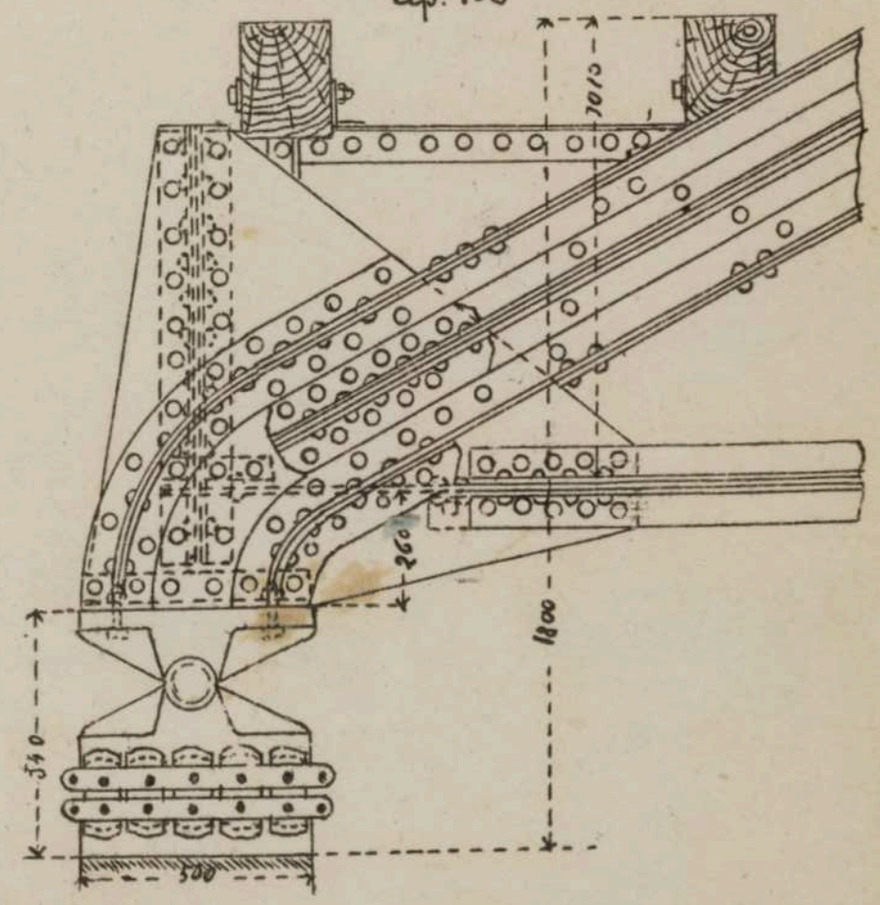
Черт. 143.



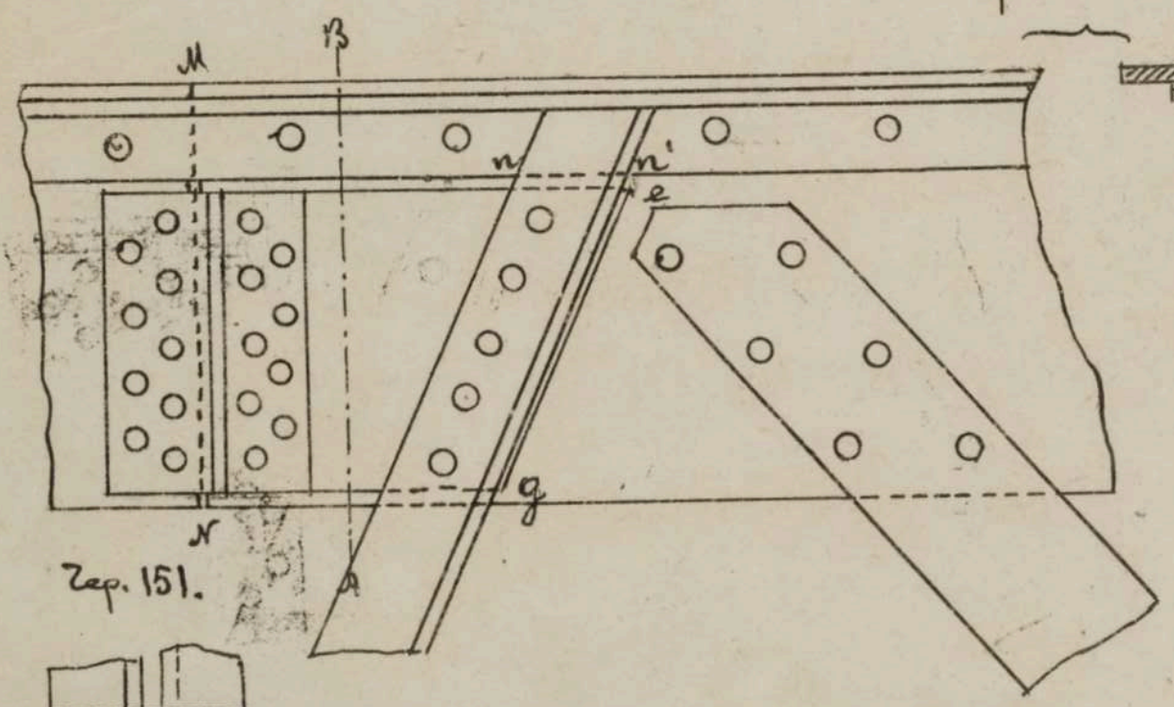
Черт. 143 (а)



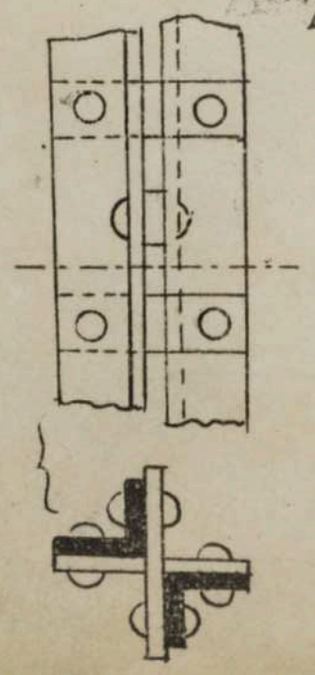
Черт. 168

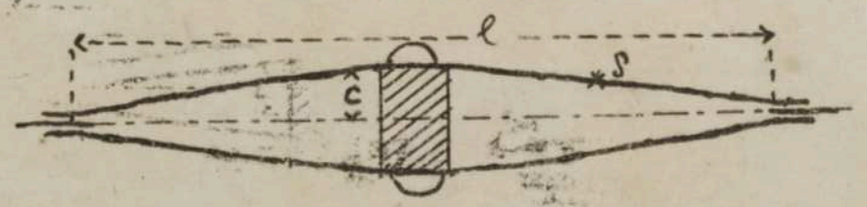


Черт. 151.



Черт. 150.





Черт. 169.

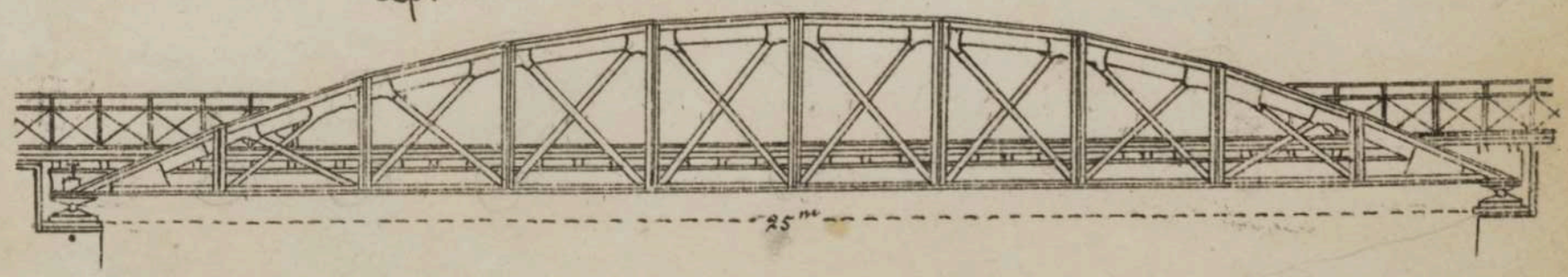
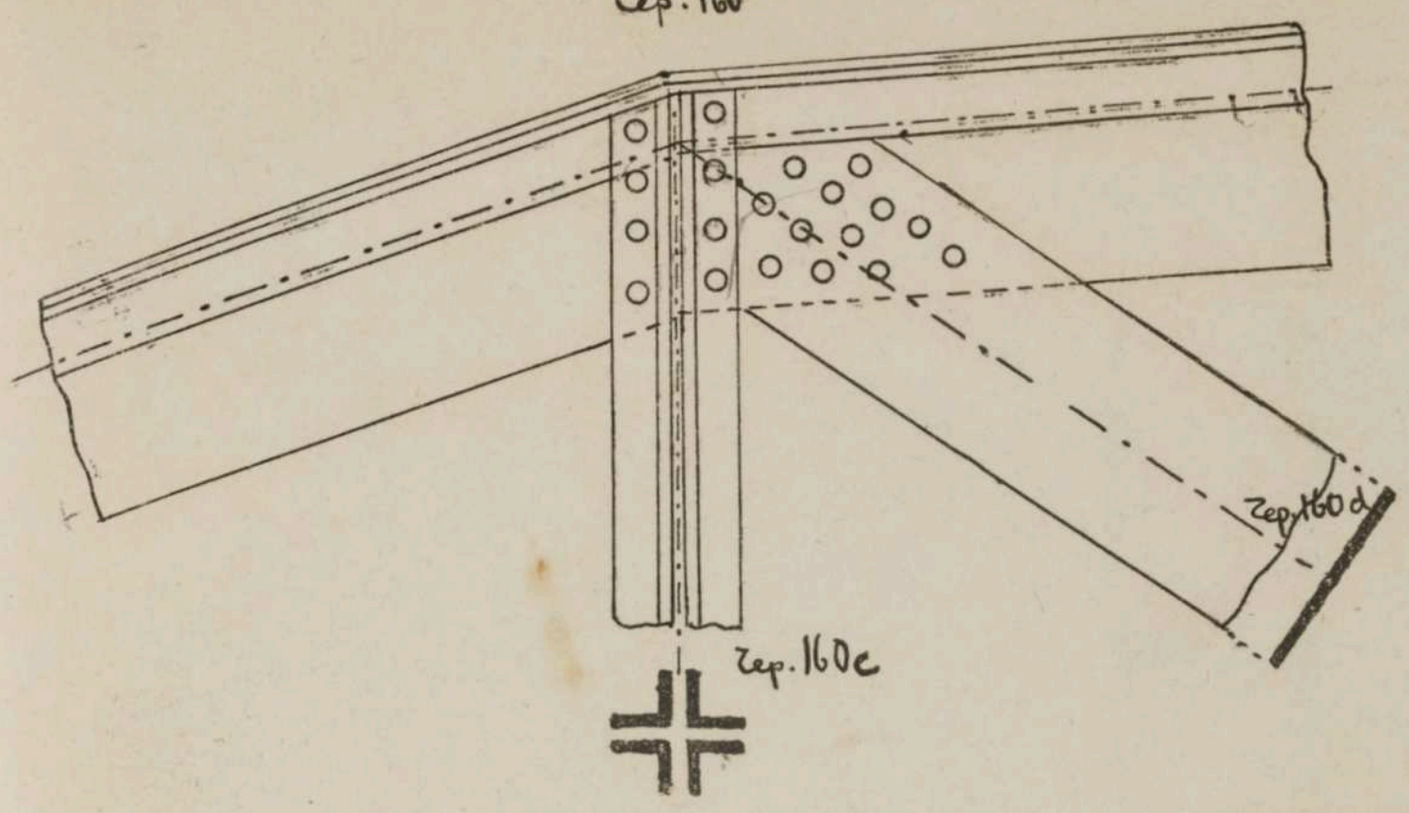
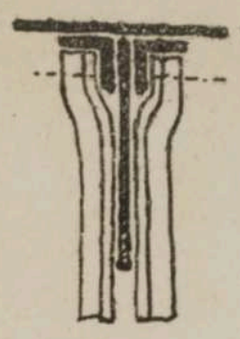


Таблица 28

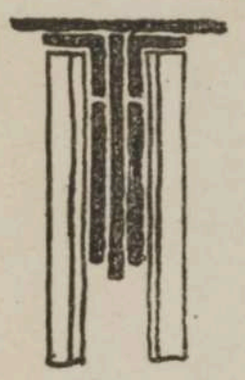
Сер. 160

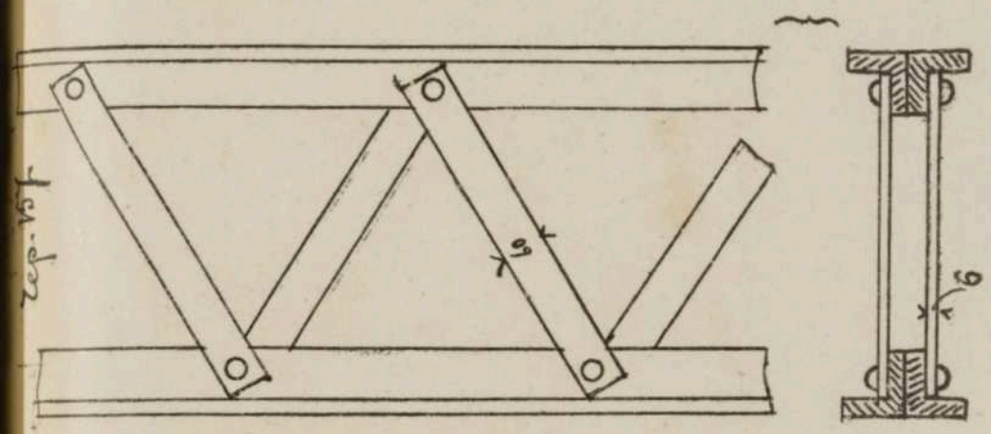


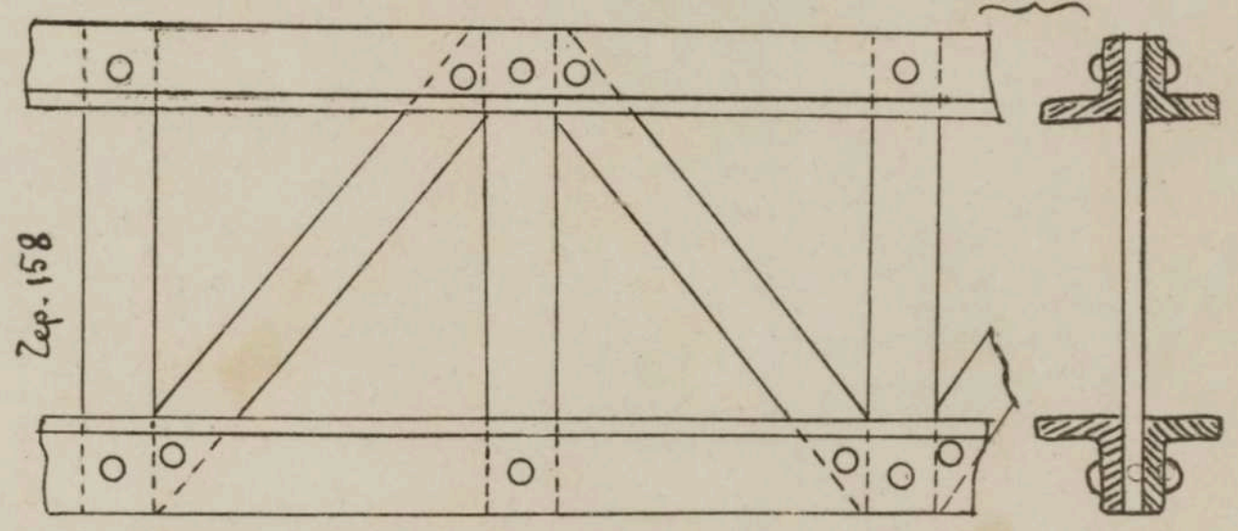
Сер 160(a)

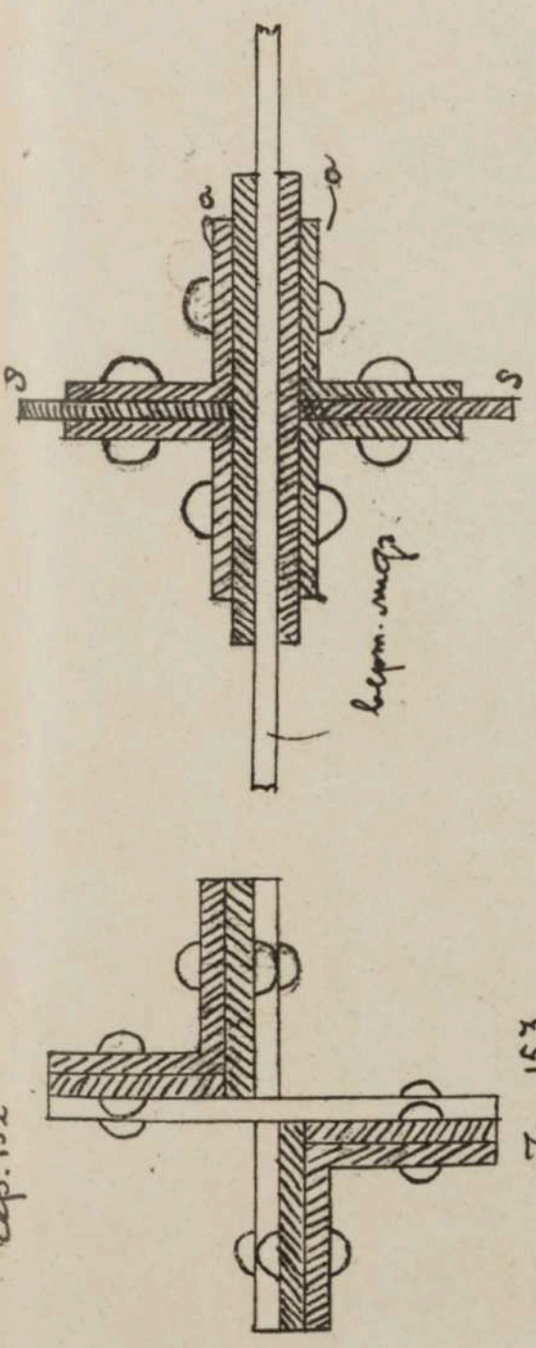


Сер 160(б)





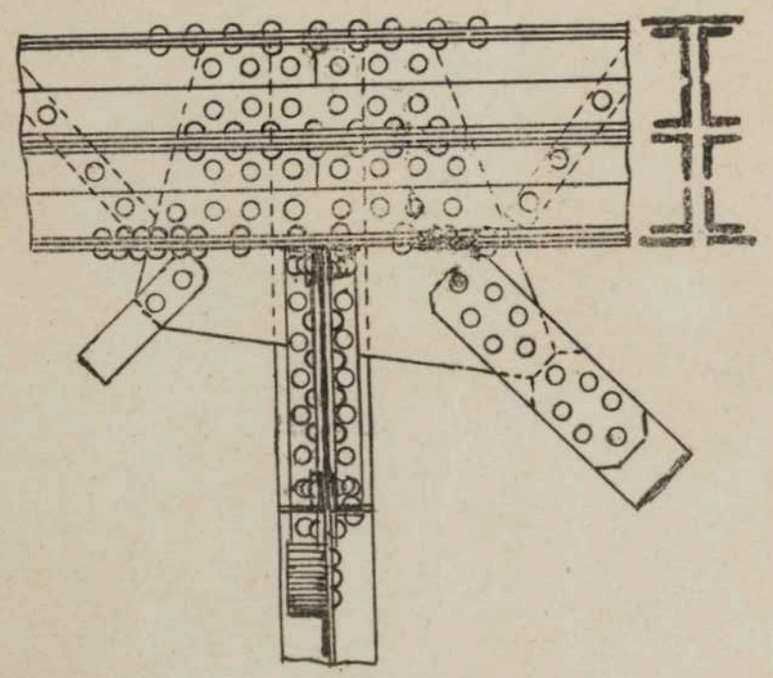




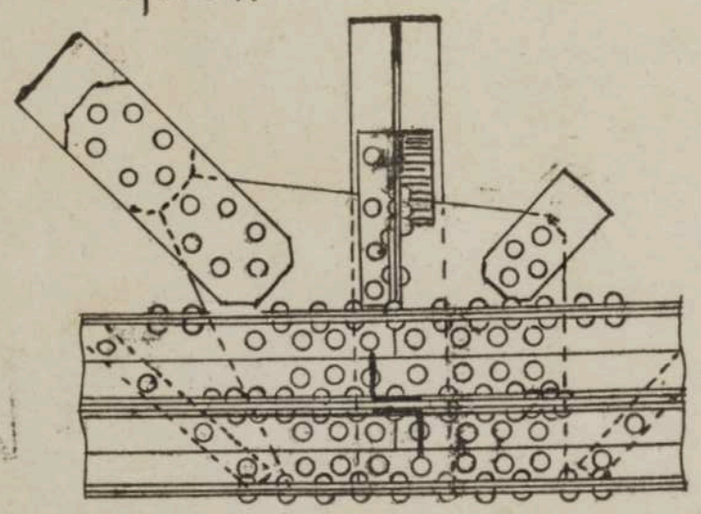
Инженерное искусство.

Инженерное искусство

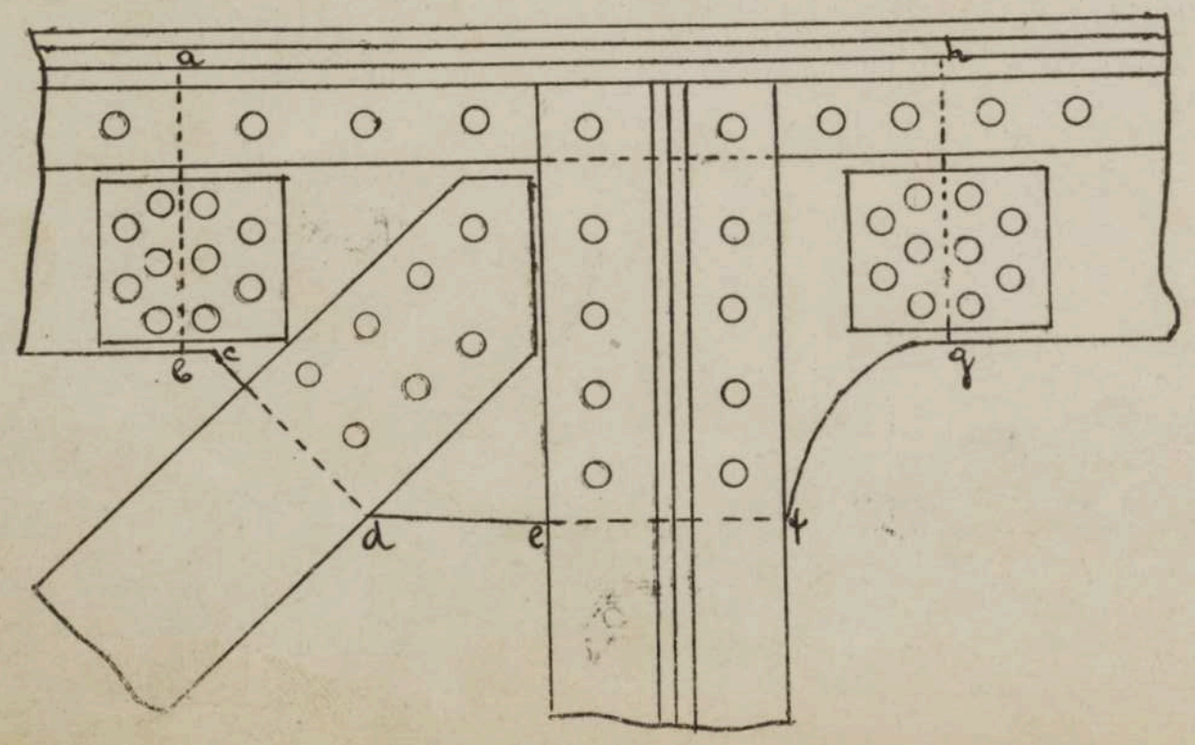
Чер. 161.



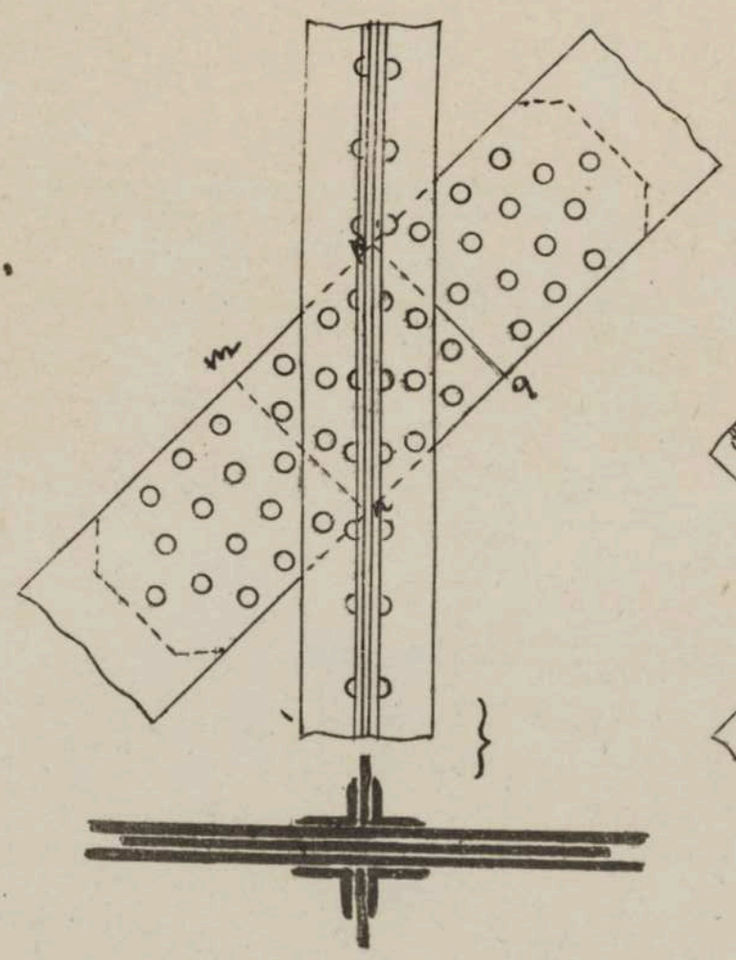
Чер. 162.



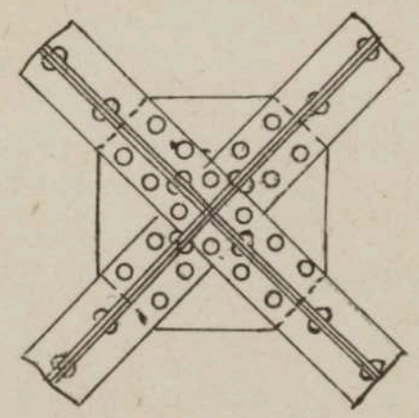
Чер. 163.



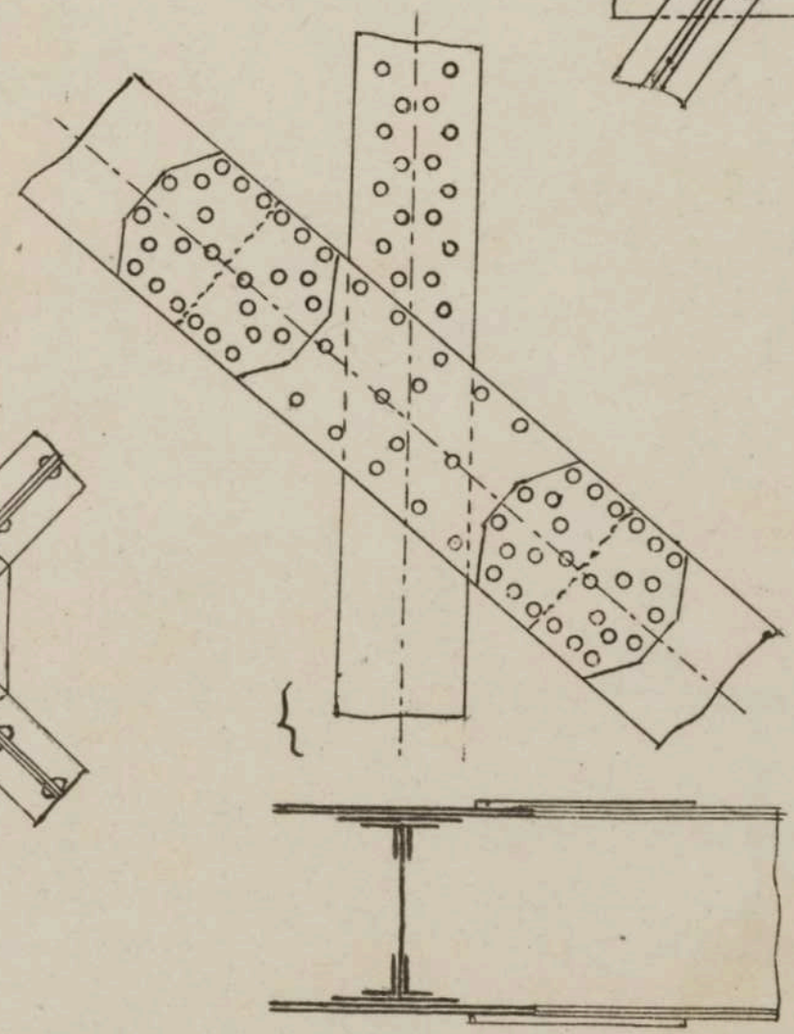
Чер. 164



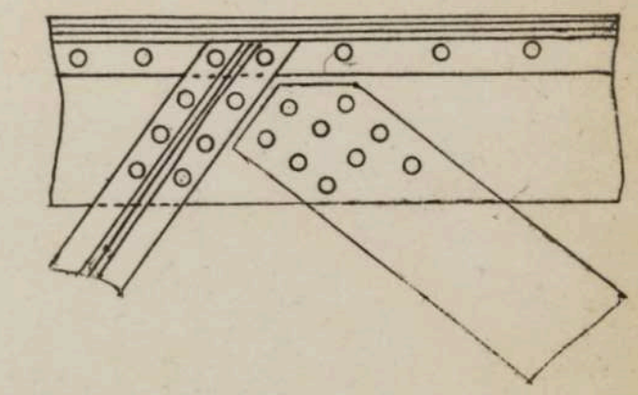
Чер. 166.



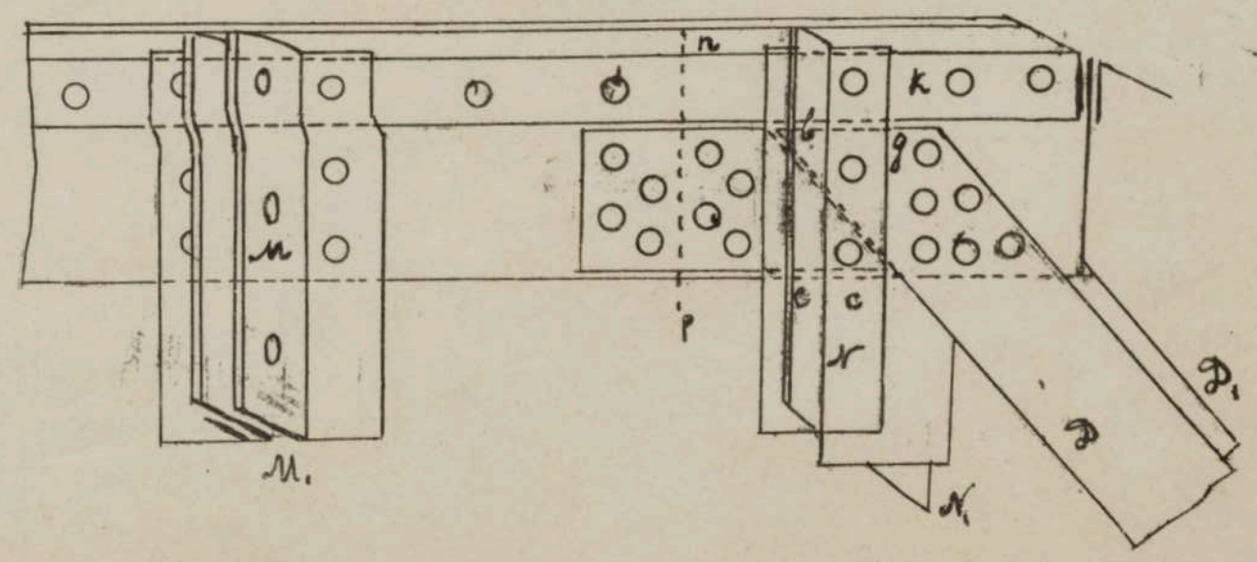
Чер. 165.



Чер. 170

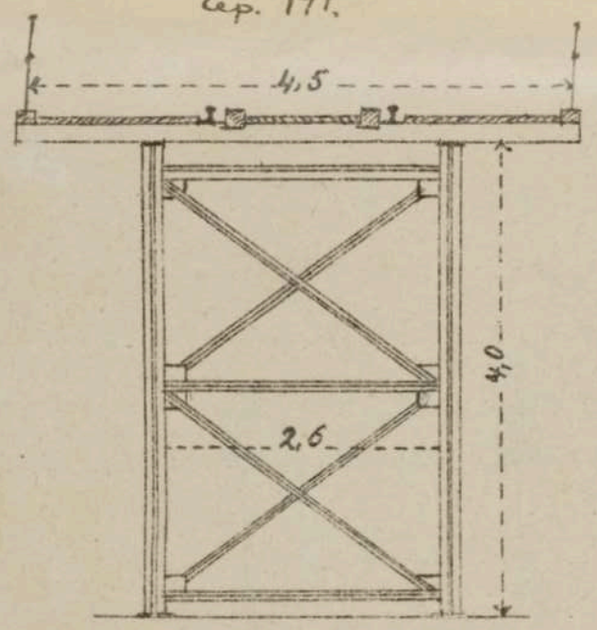


Чер. 167.

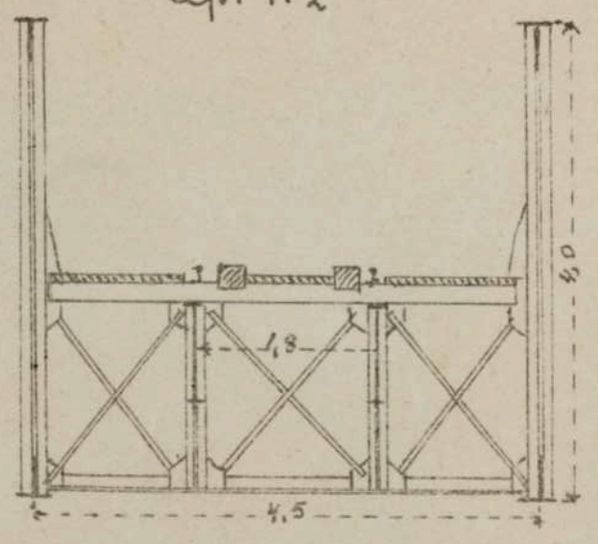


Инженерно-строительство.

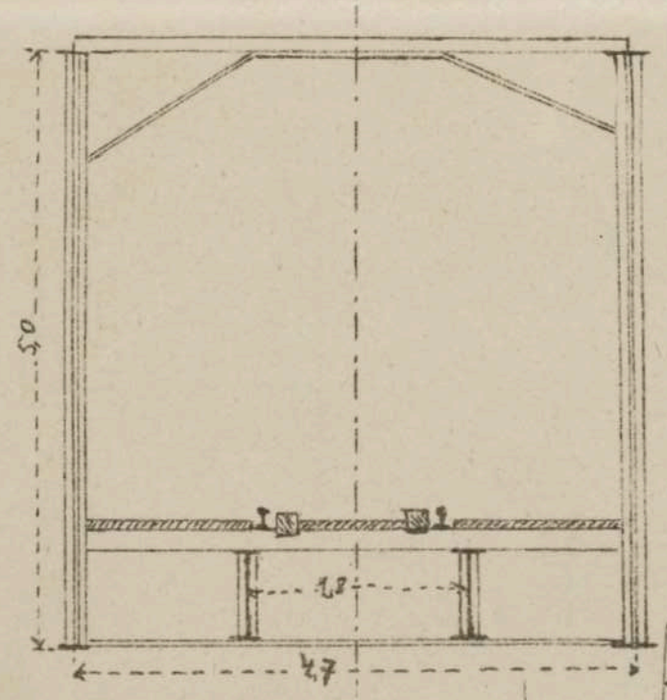
Чер. 171.



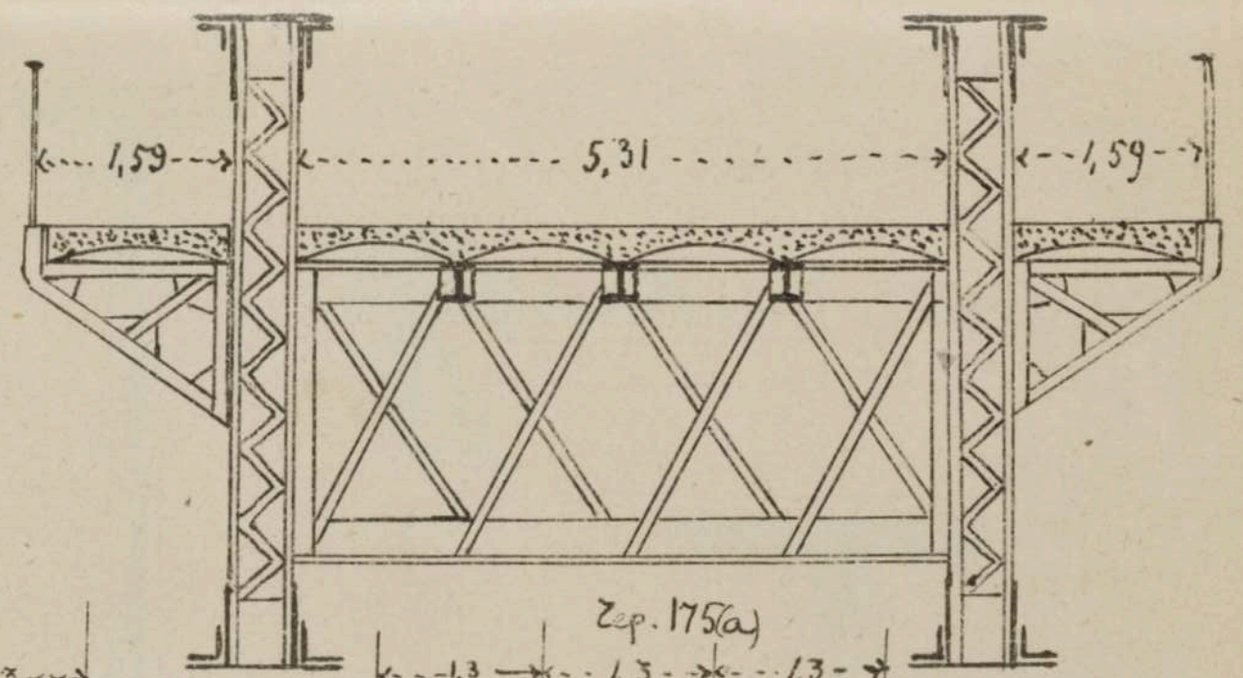
Чер. 172



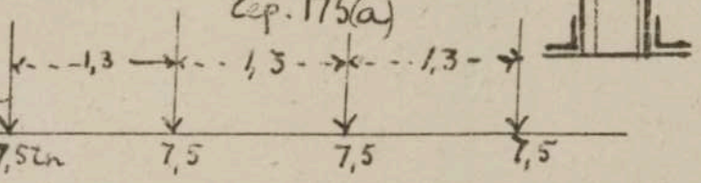
Чер. 173.



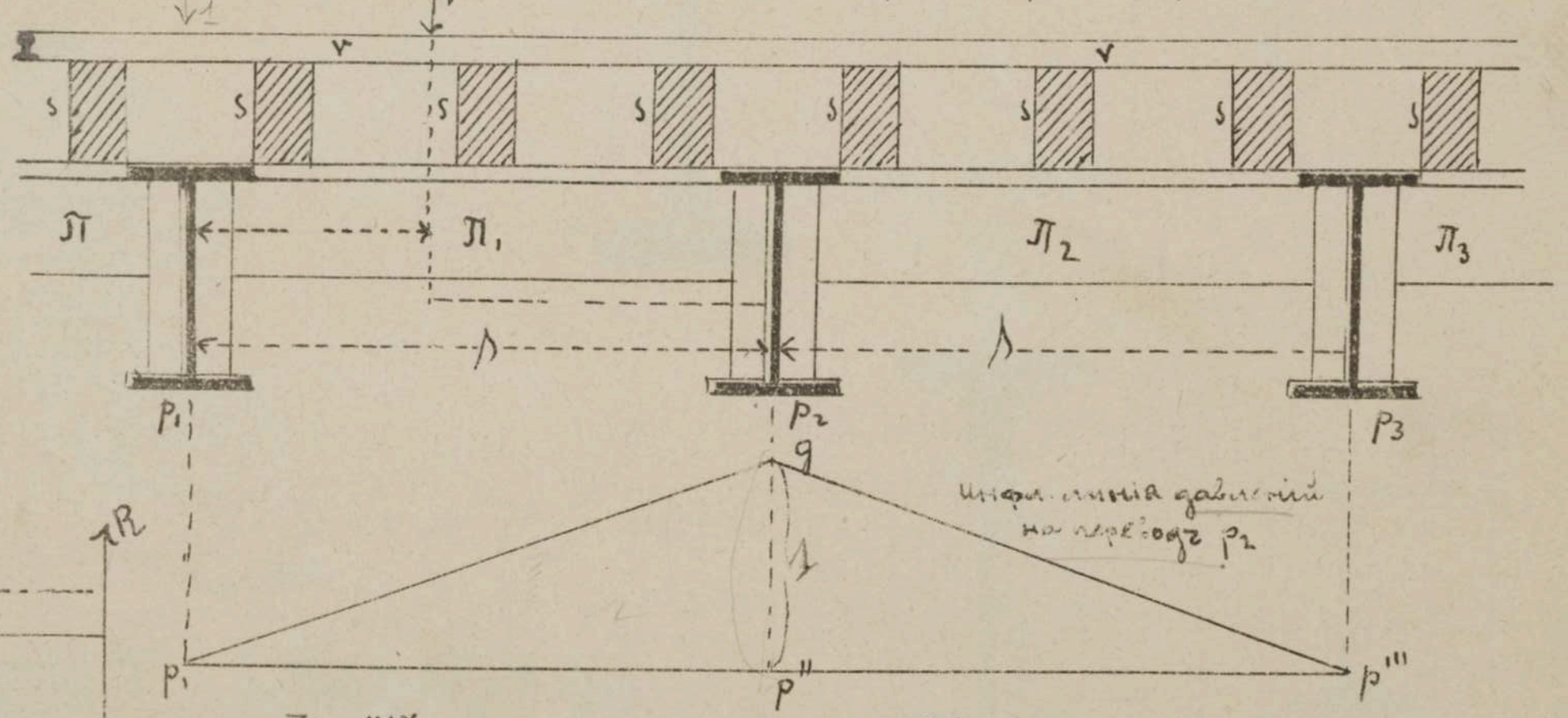
Чер. 174.



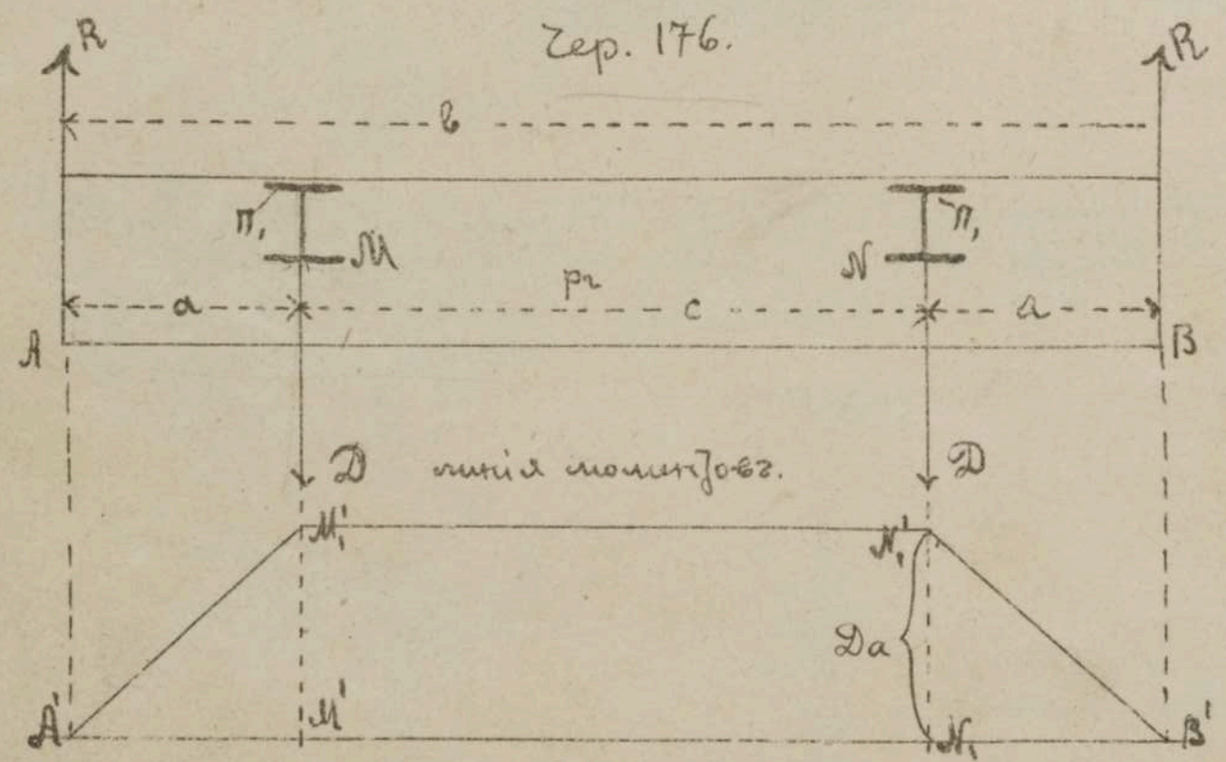
Чер. 175(а)



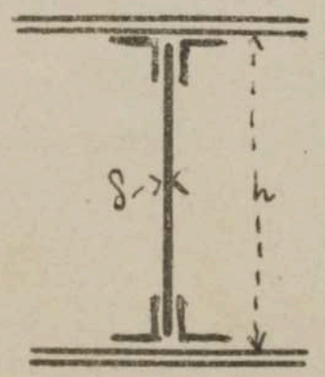
Чер. 175.



Чер. 176.



Чер. 177.



Чер. 178.

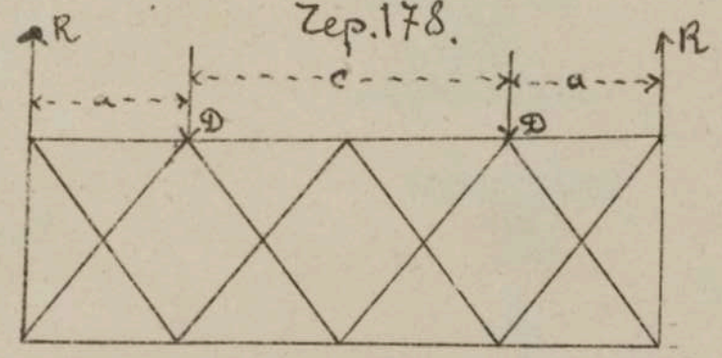
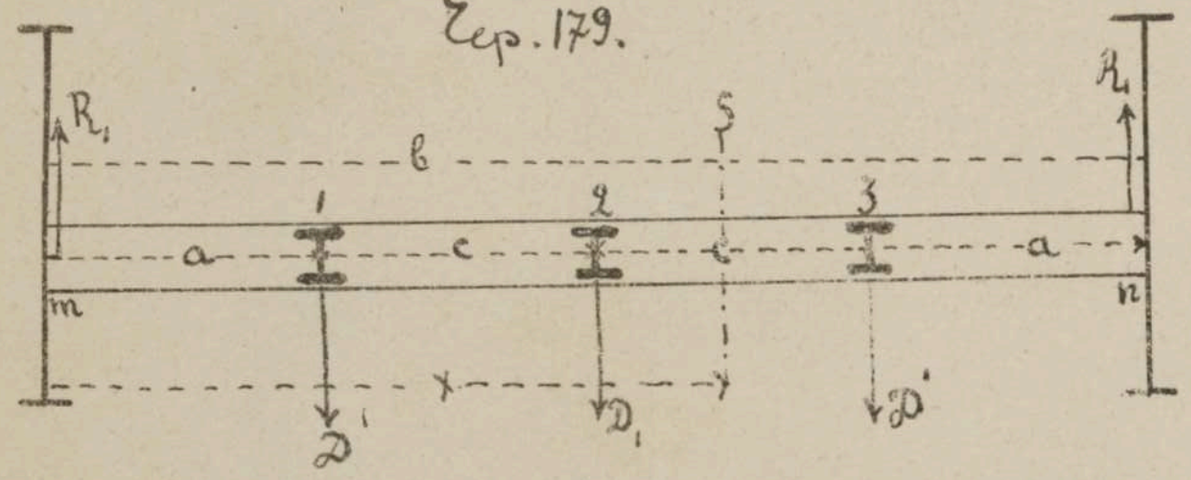


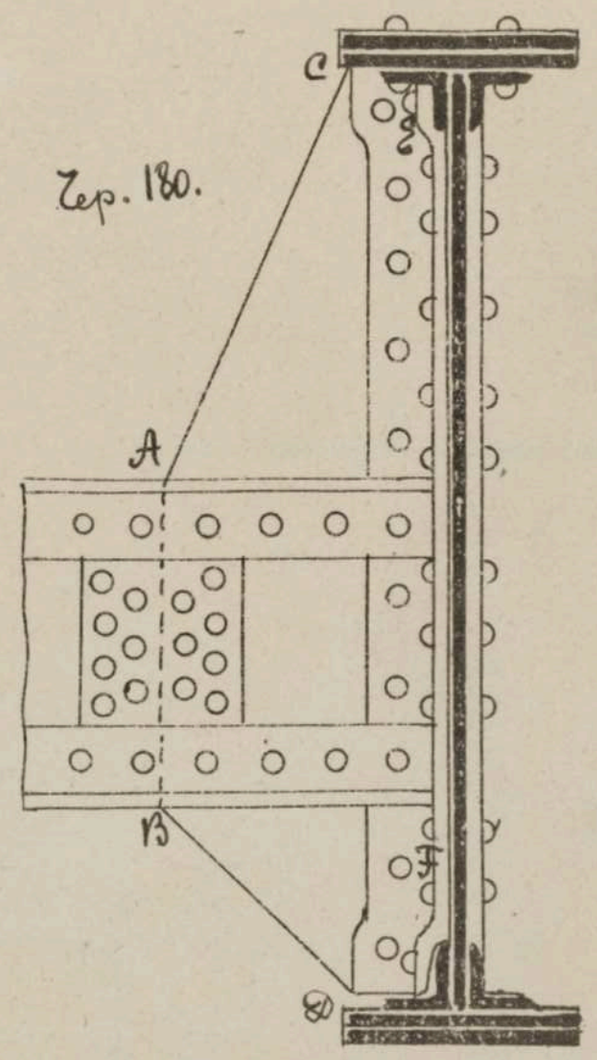
Таблица XX. 31

Инженерное искусство.

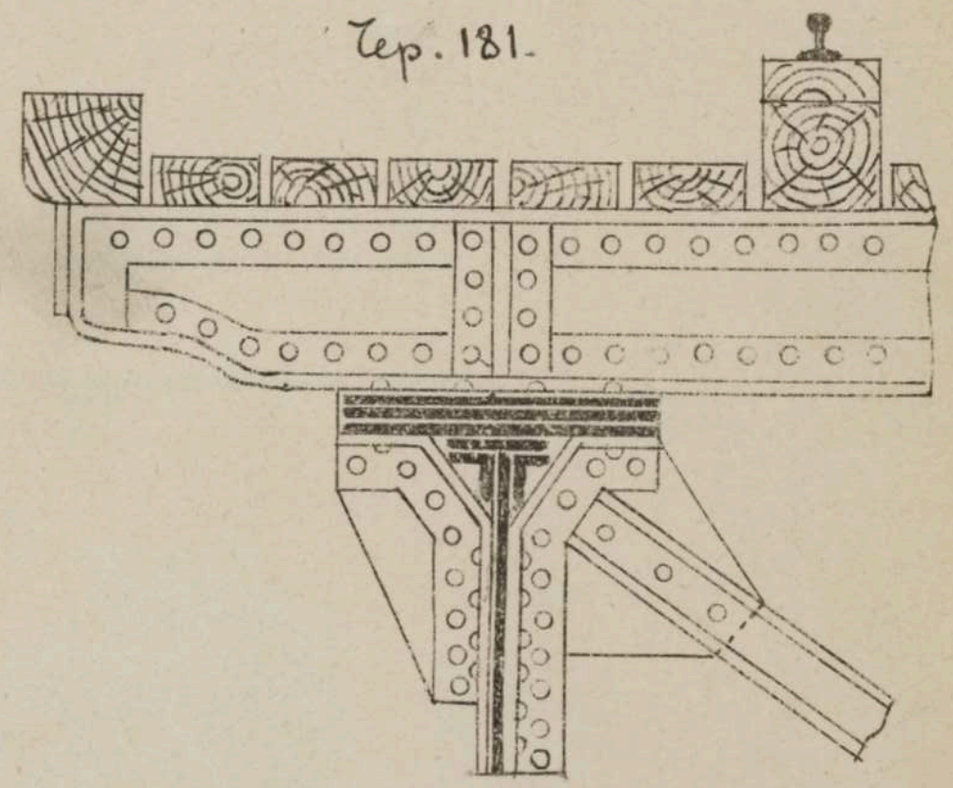
Чер. 179.



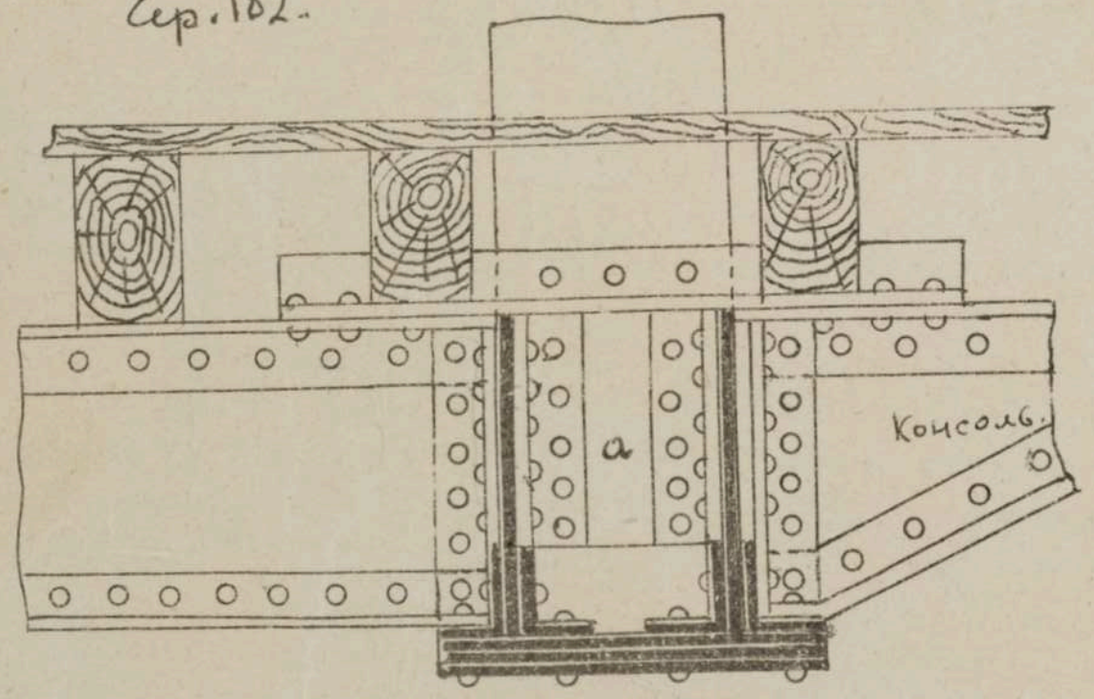
Чер. 180.



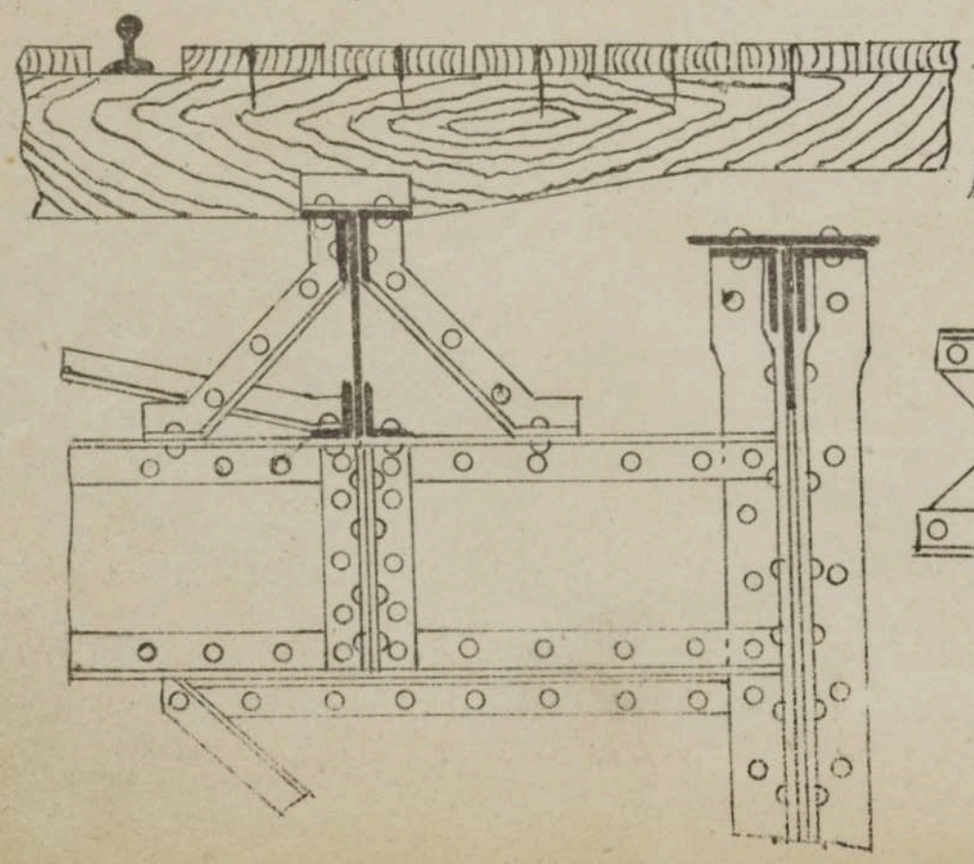
Чер. 181.



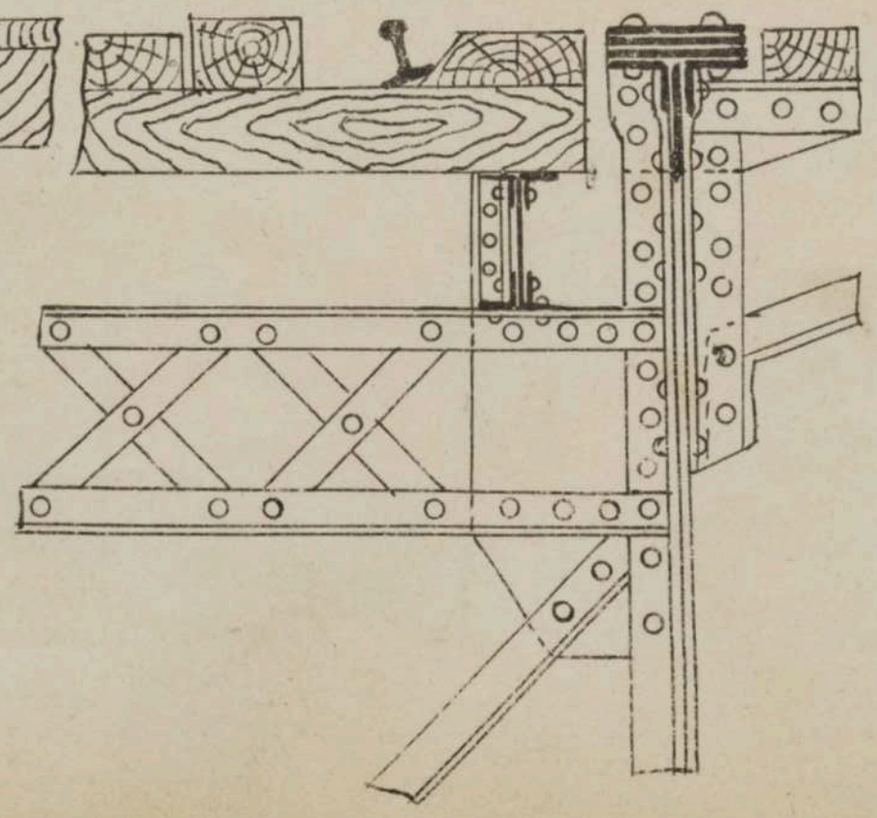
Чер. 182.



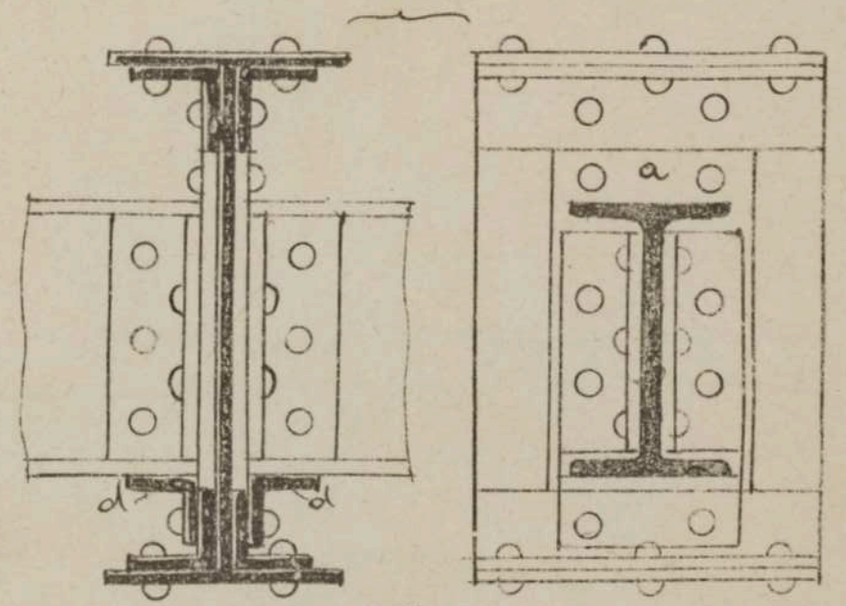
Чер. 183.



Чер. 184.



Чер. 185



Чер. 186.

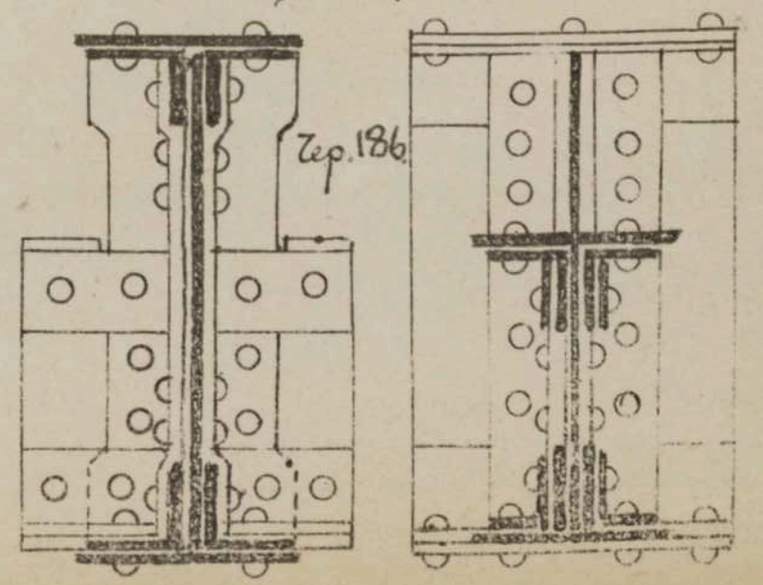
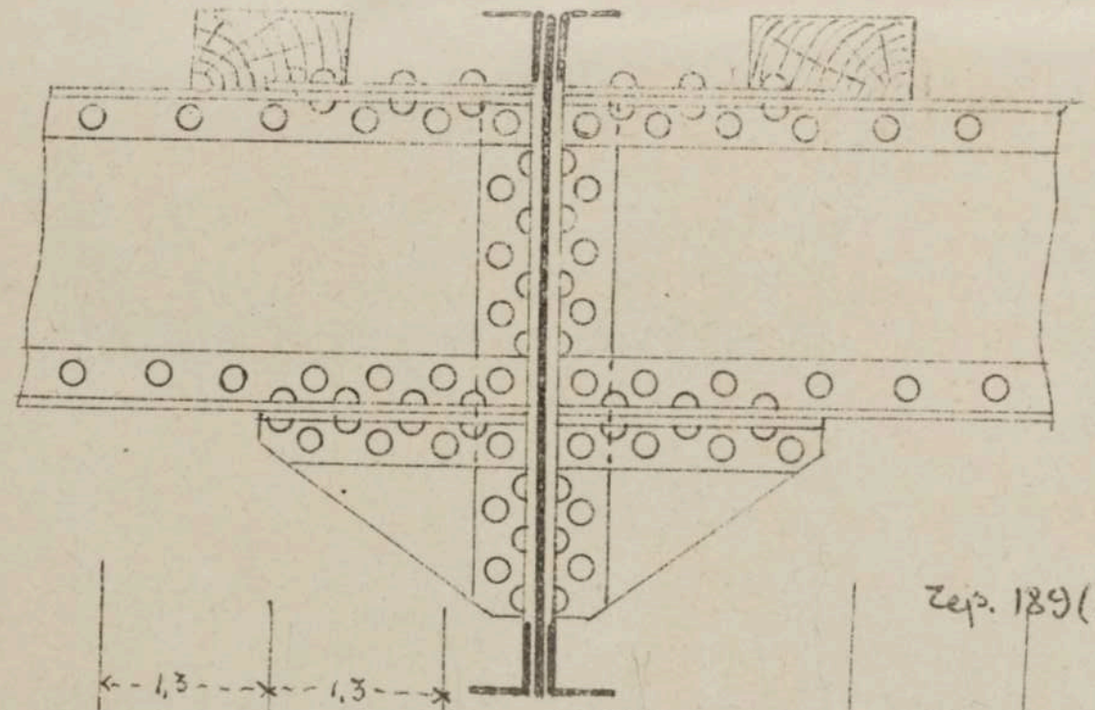


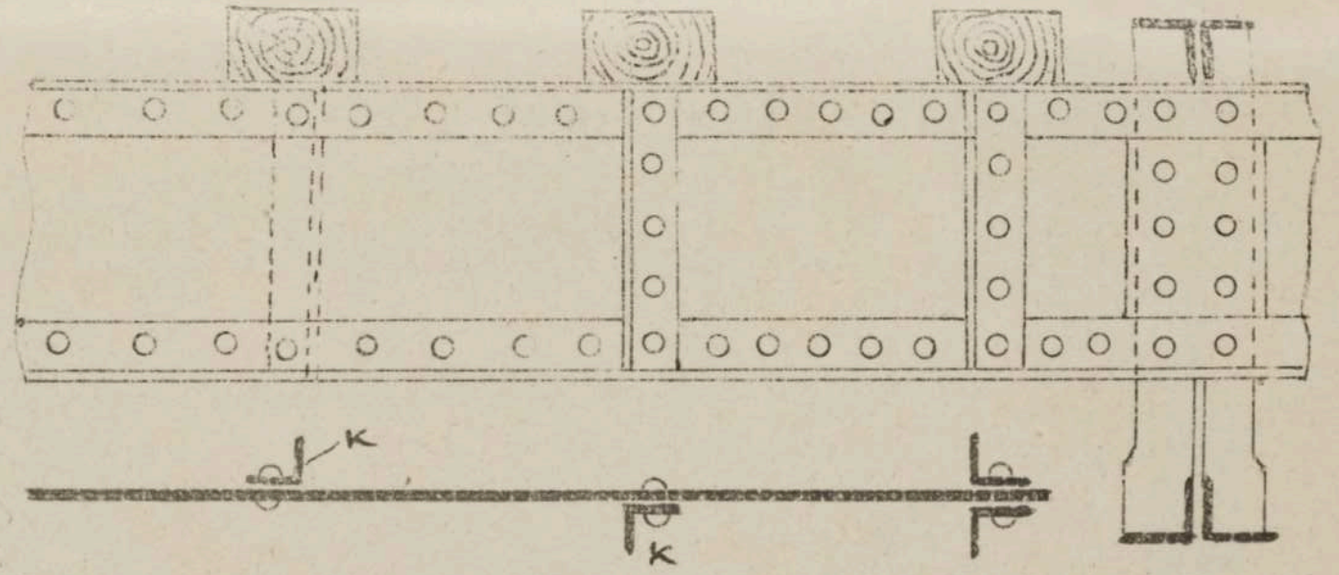
Таблица № 32

Инженерное искусство.

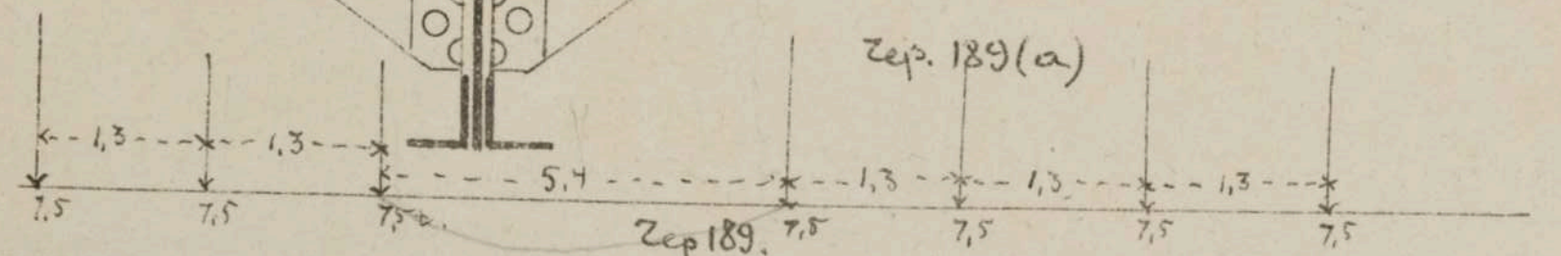
Чер. 187.



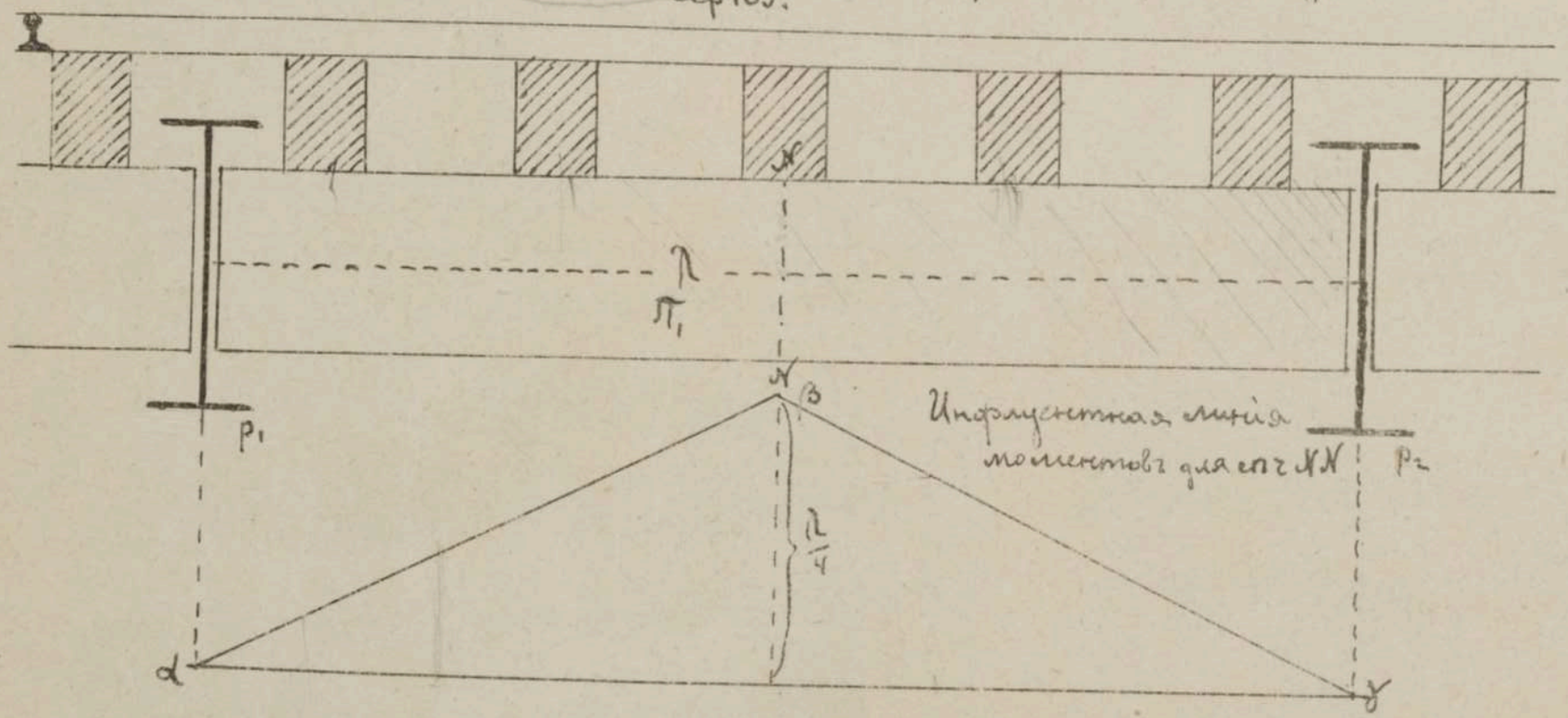
Чер. 188



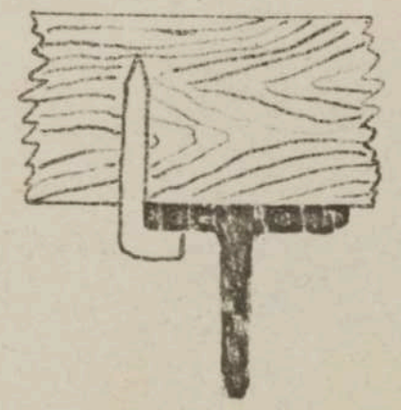
Чер. 189(а)



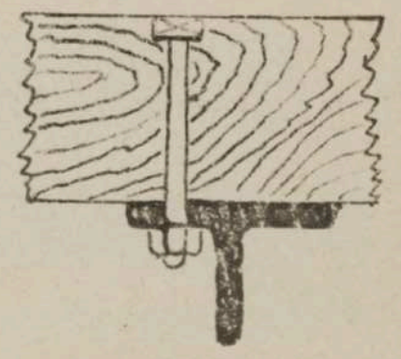
Чер 189.



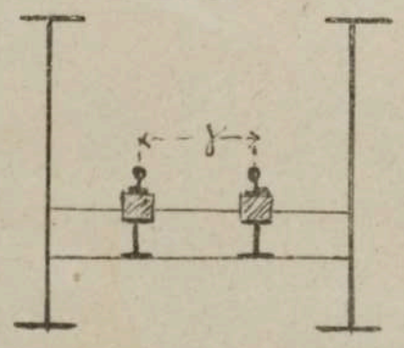
Чер. 193.



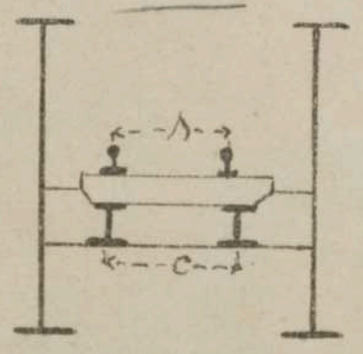
Чер. 194.



Чер. 191.

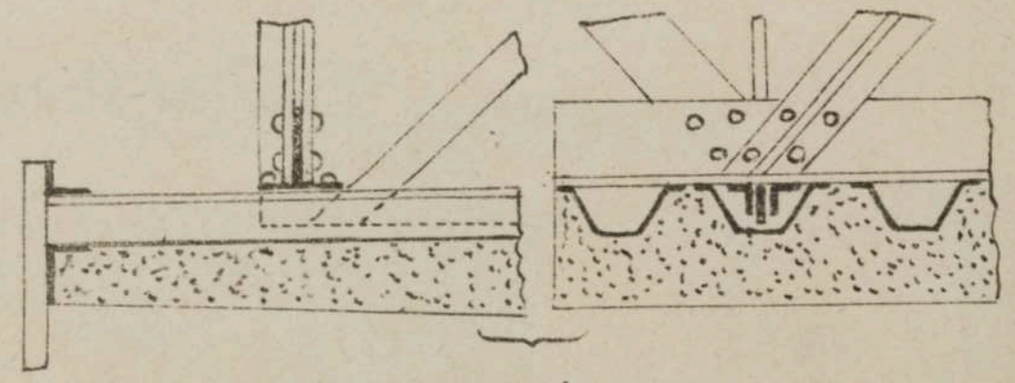


Чер. 192.



Чер. 190.

Чер. 196.



Чер. 195.

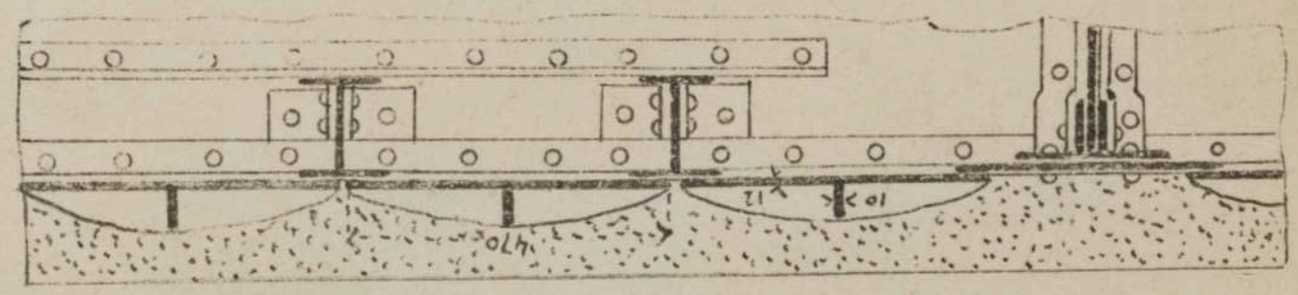
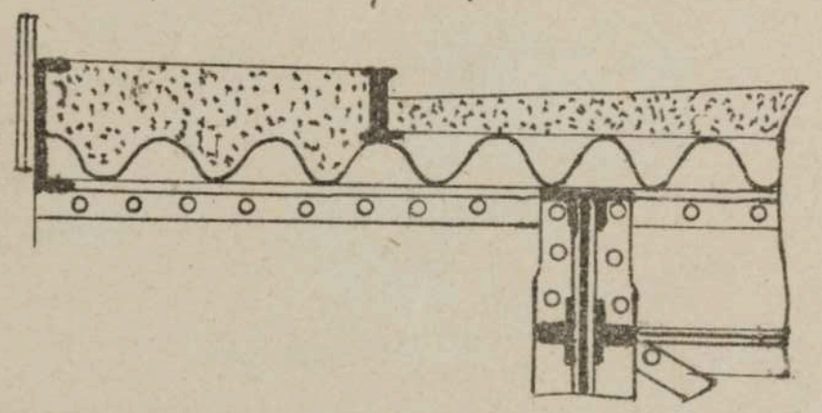
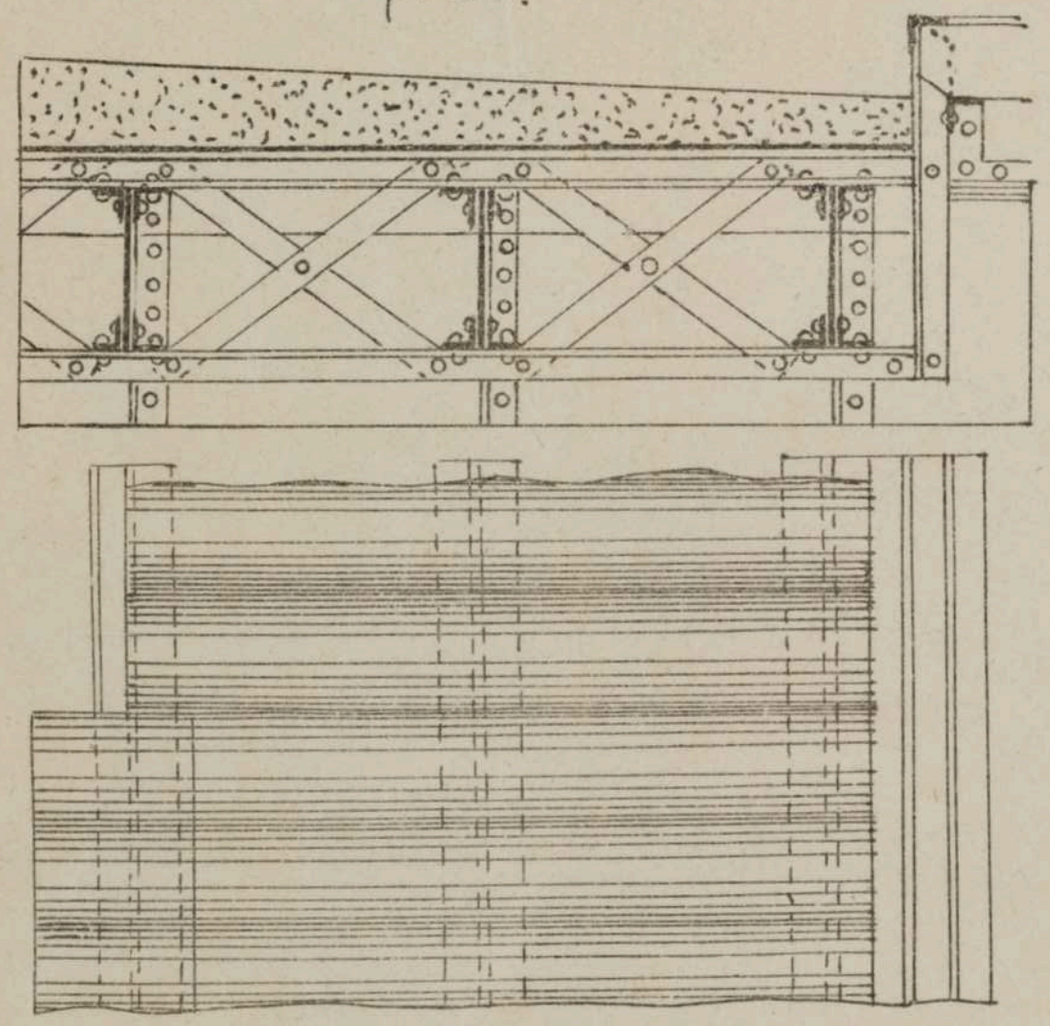


Таблица 22. 33

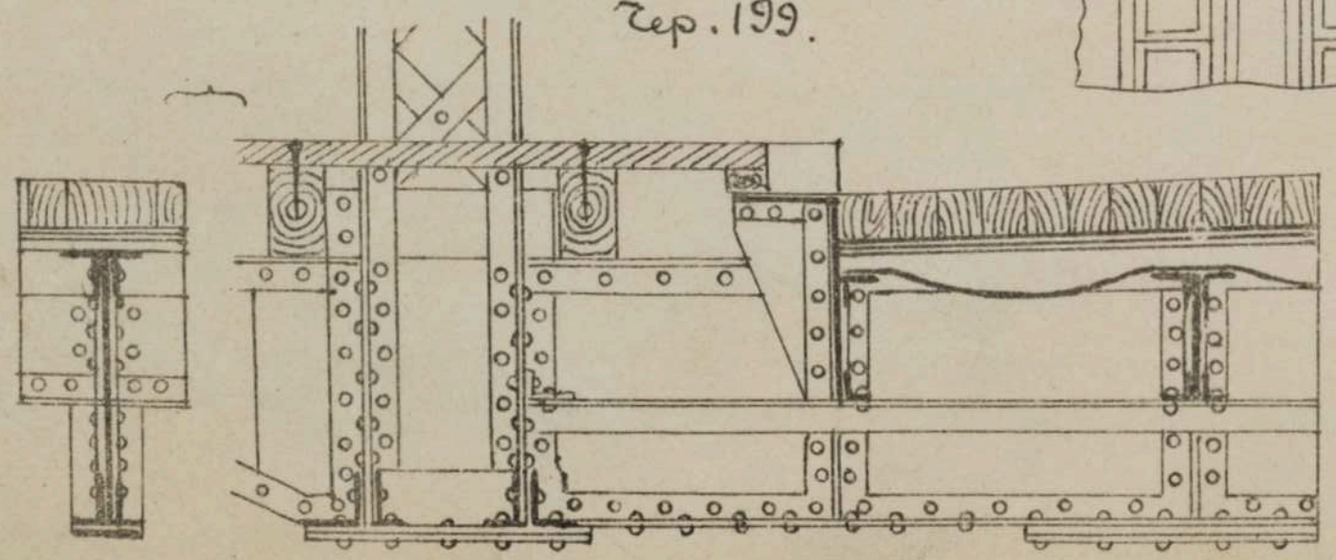
Чер. 197.



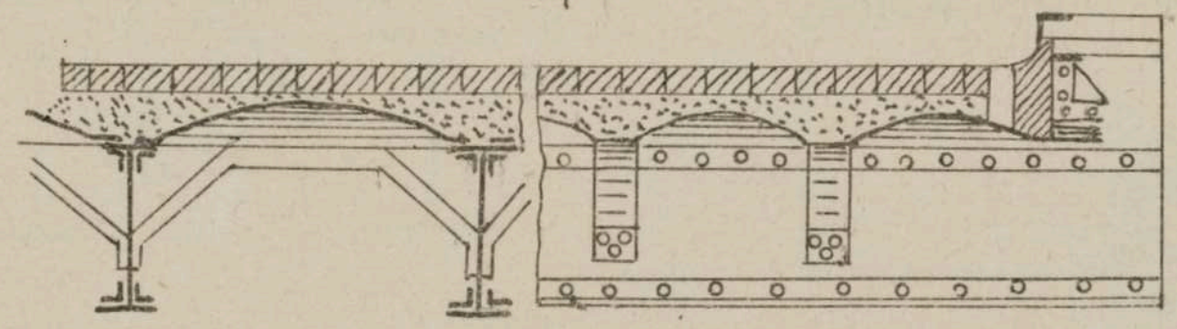
Чер. 198.



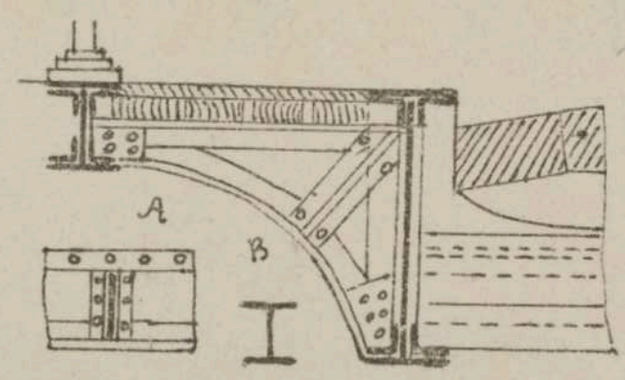
Чер. 199.



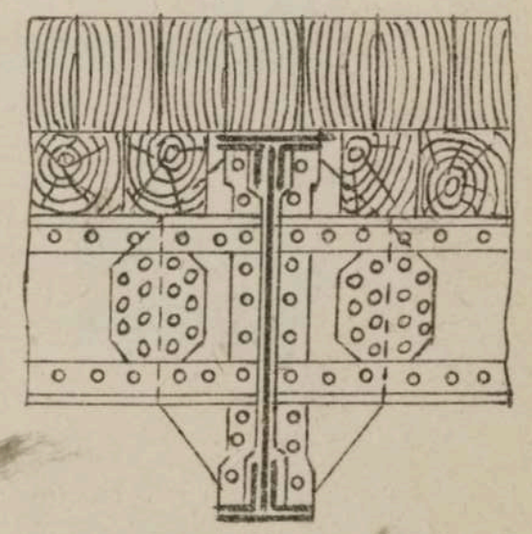
Чер. 200

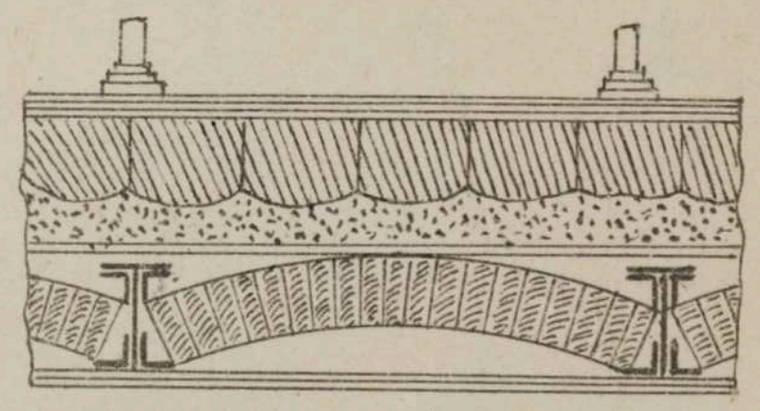


Чер. 201.

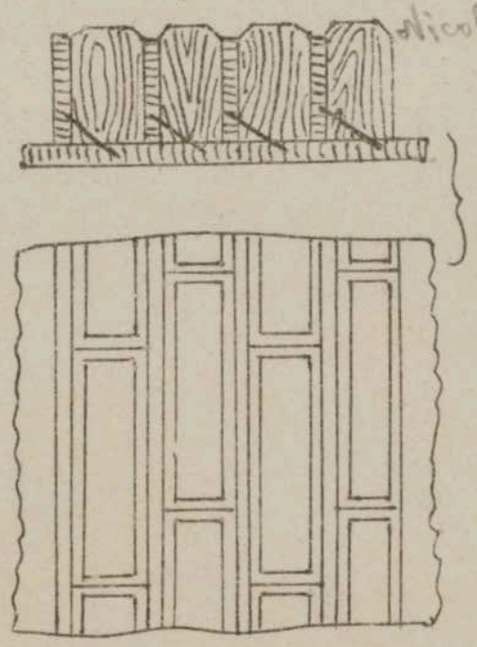


Чер. 202

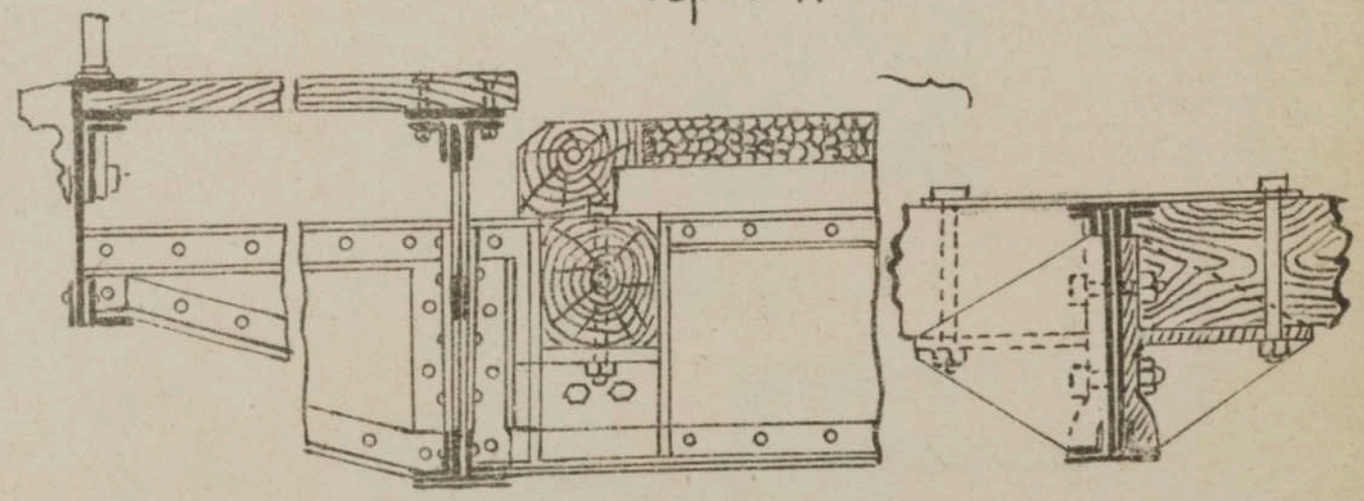




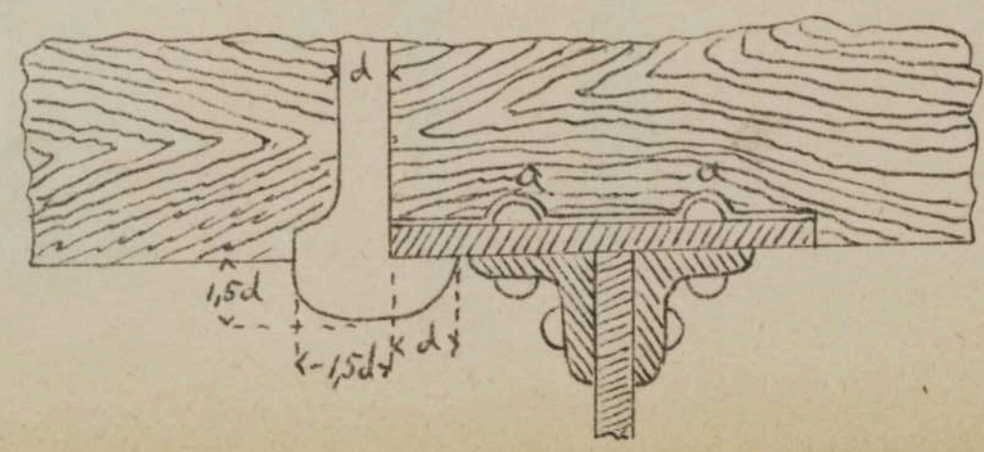
Чер. 203.



Чер. 204.

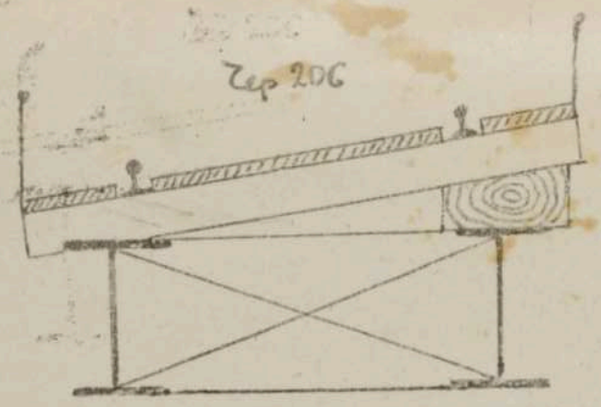


Чер. 205.

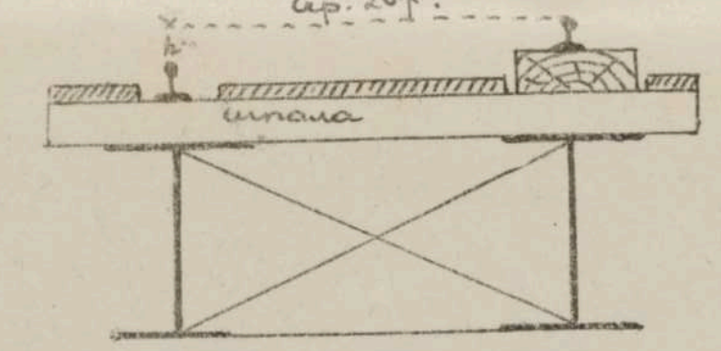


Инженерное искусство

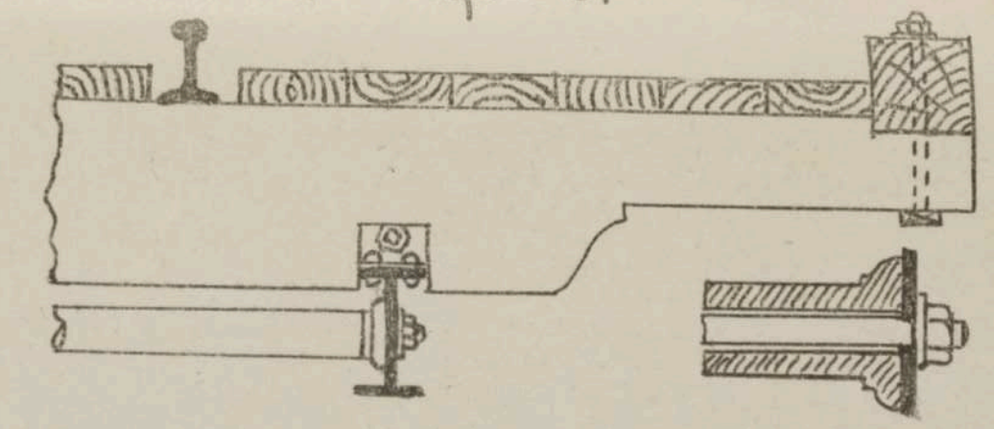
Чер 206



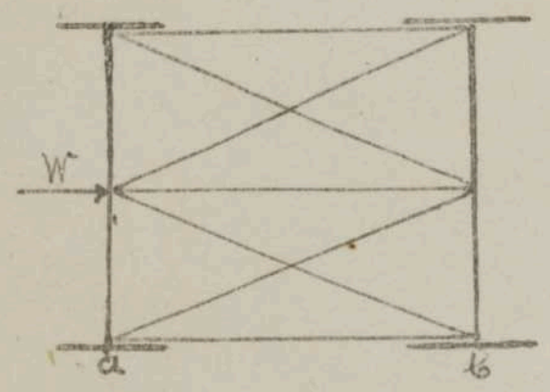
Чер. 207.



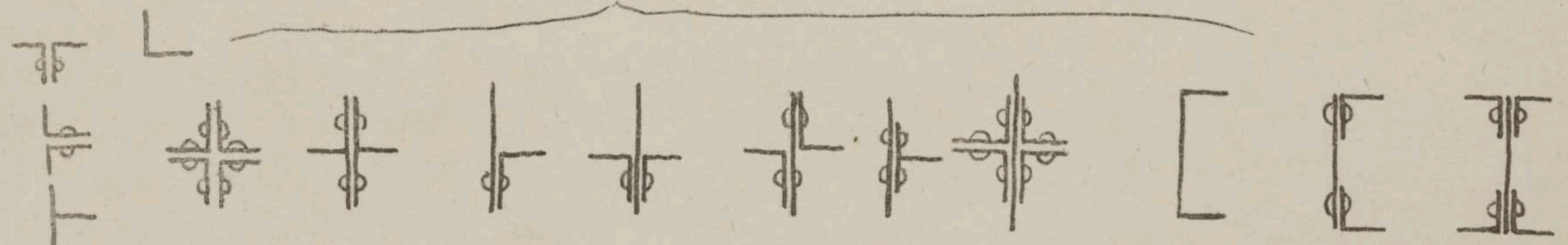
Чер. 209.



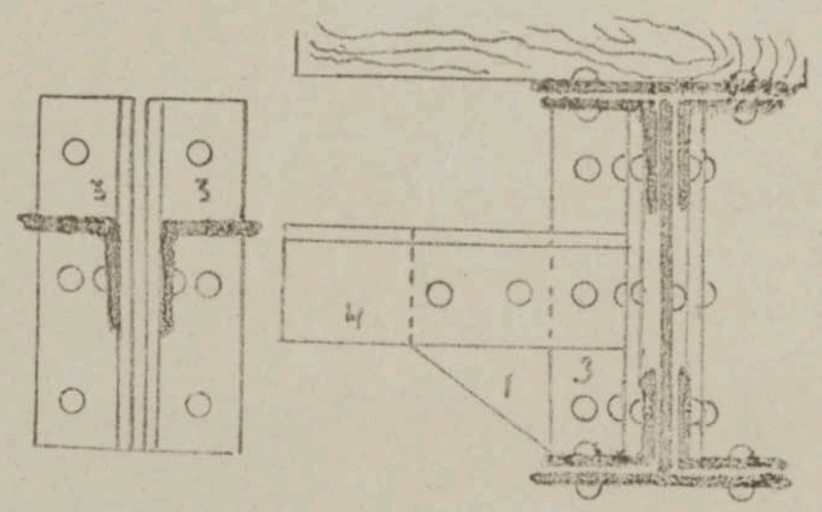
Чер. 208.



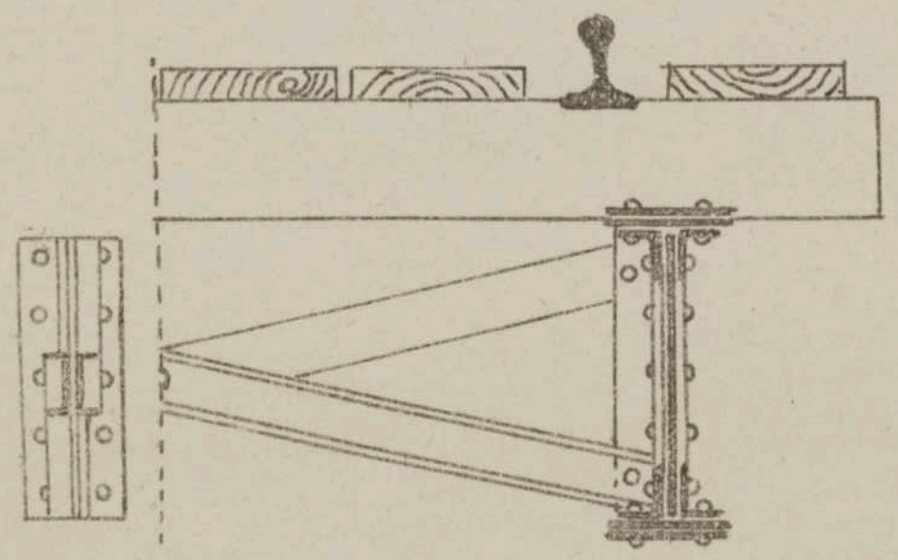
Чер 210



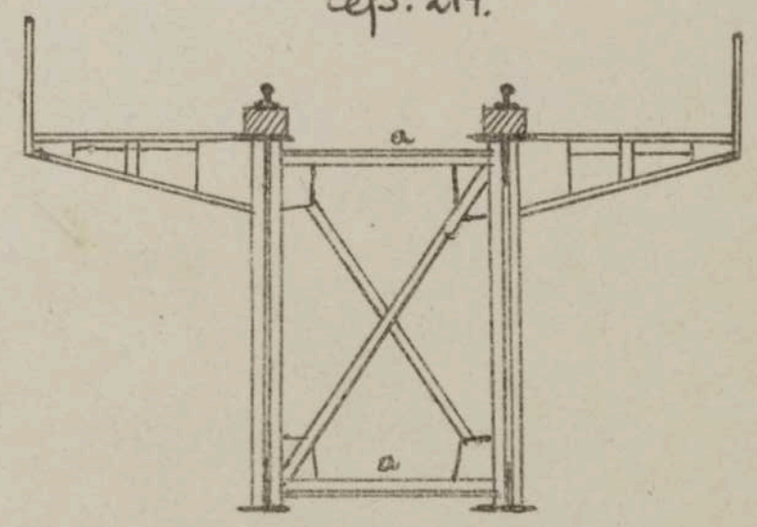
Чер. 211.



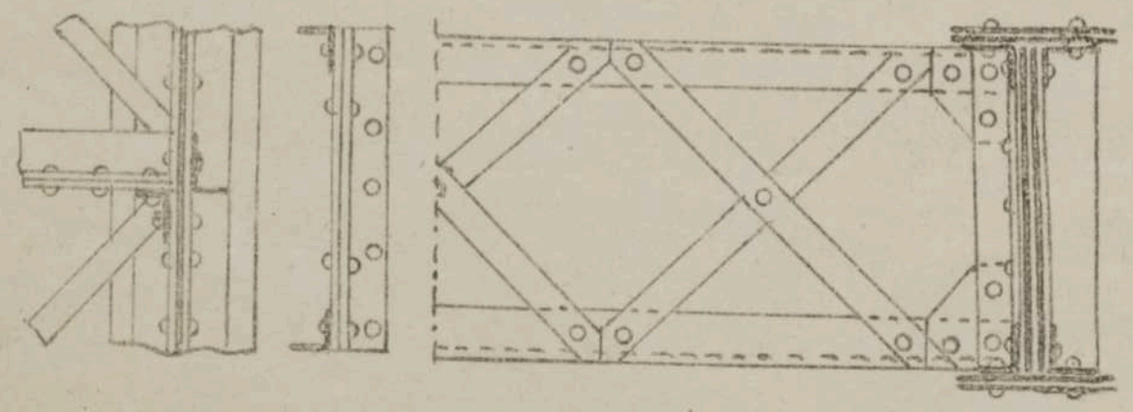
Чер. 212.



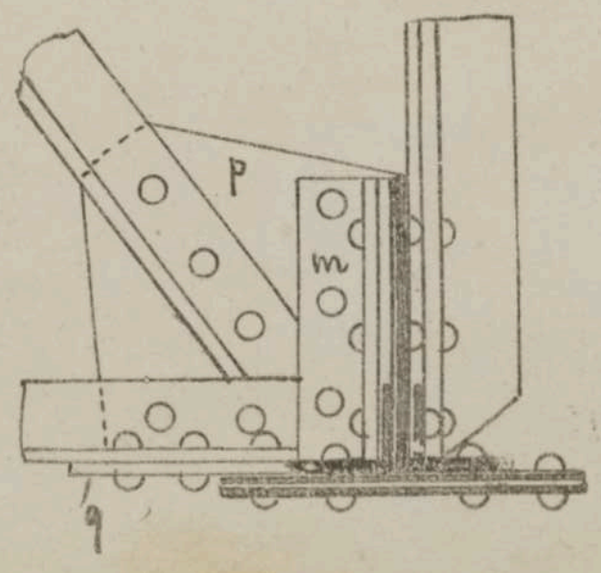
Чер. 214.



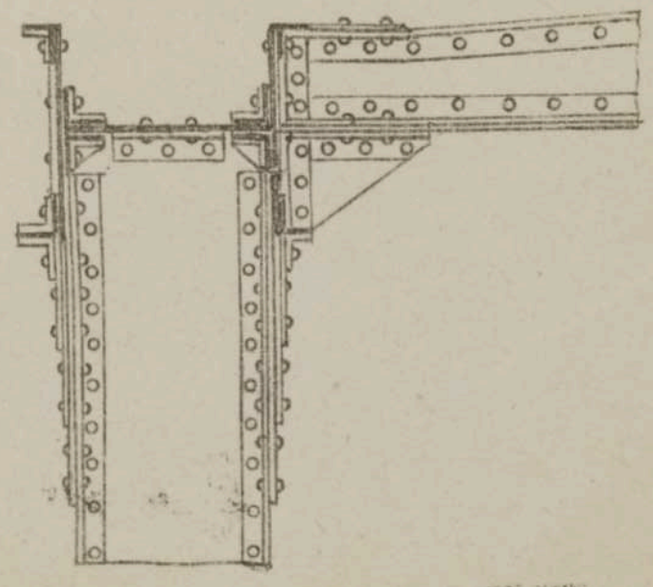
Чер. 213.



Чер. 216.



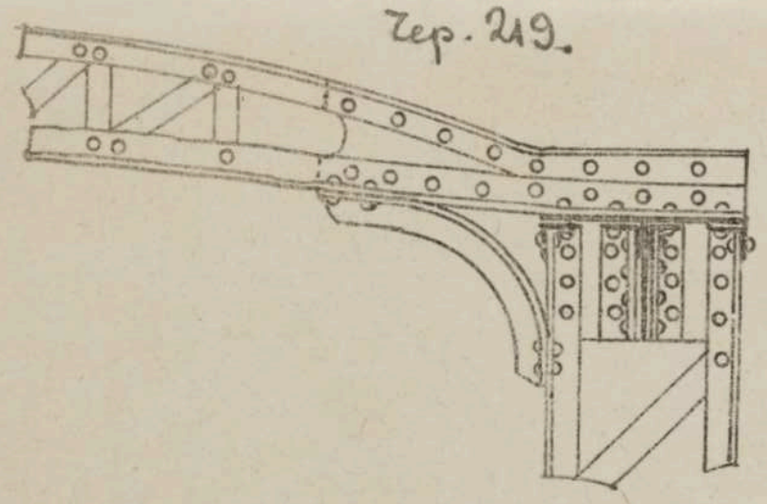
Чер. 218.



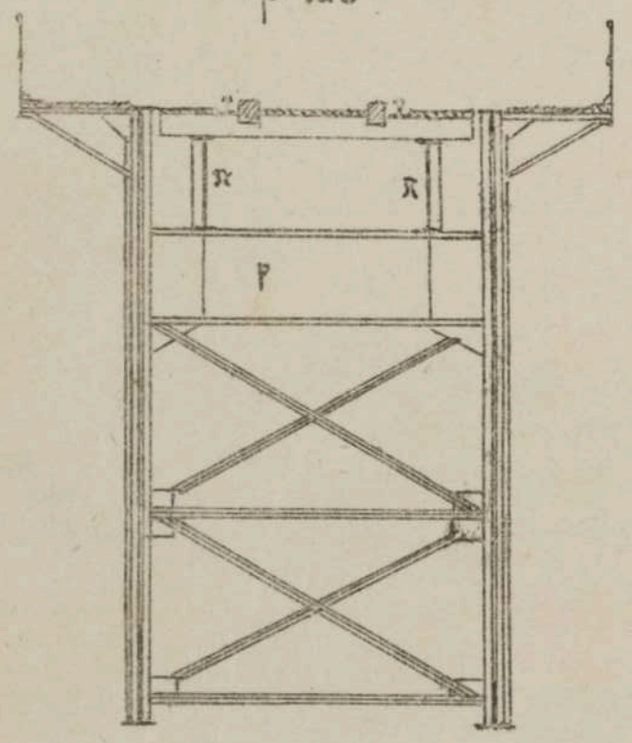
Плавница 35.

Инженерное искусство.

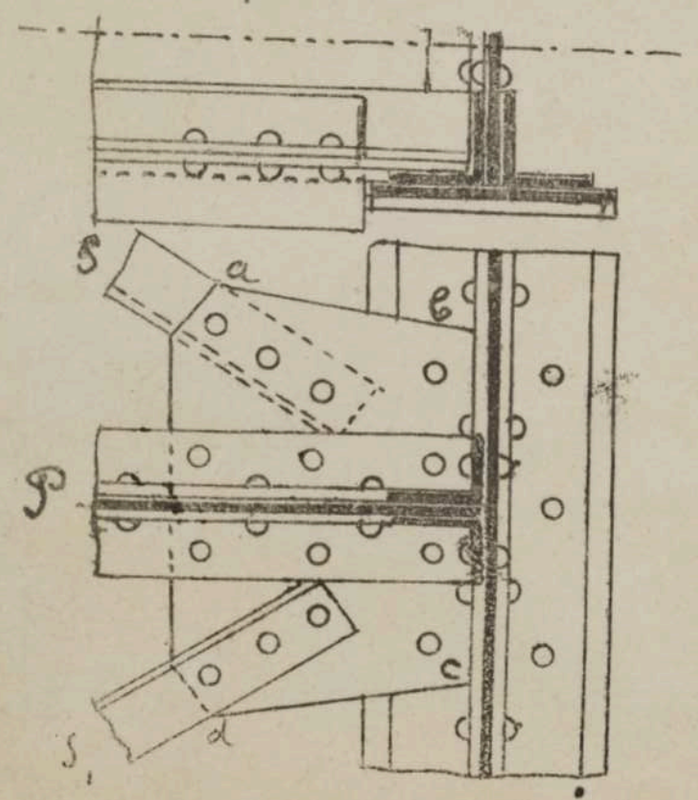
Чер. 219.



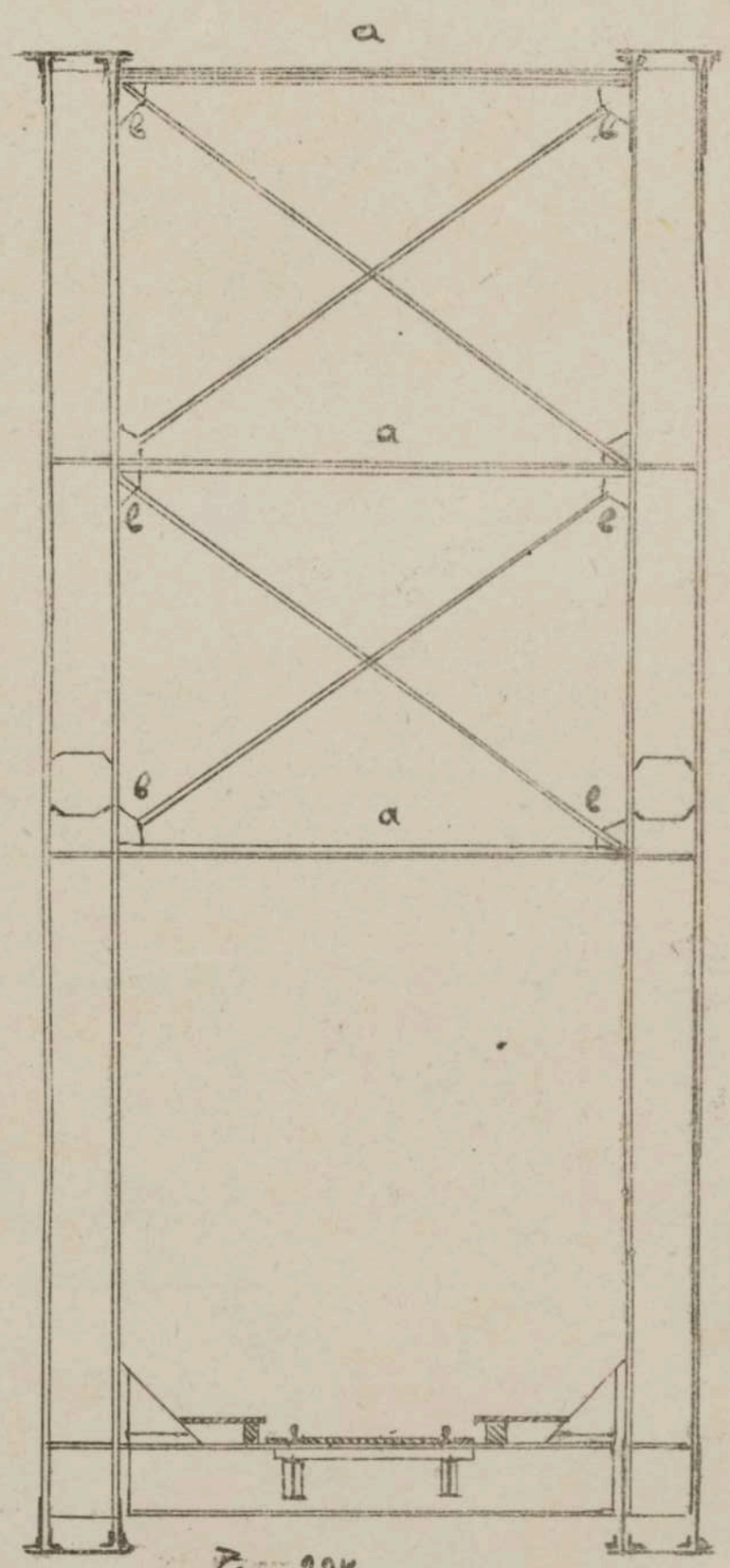
Чер. 215



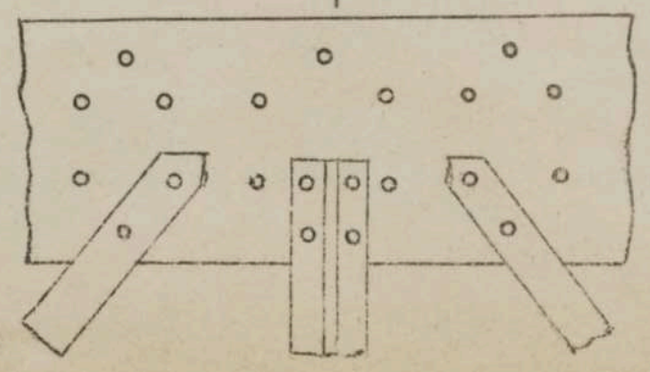
Чер. 217.



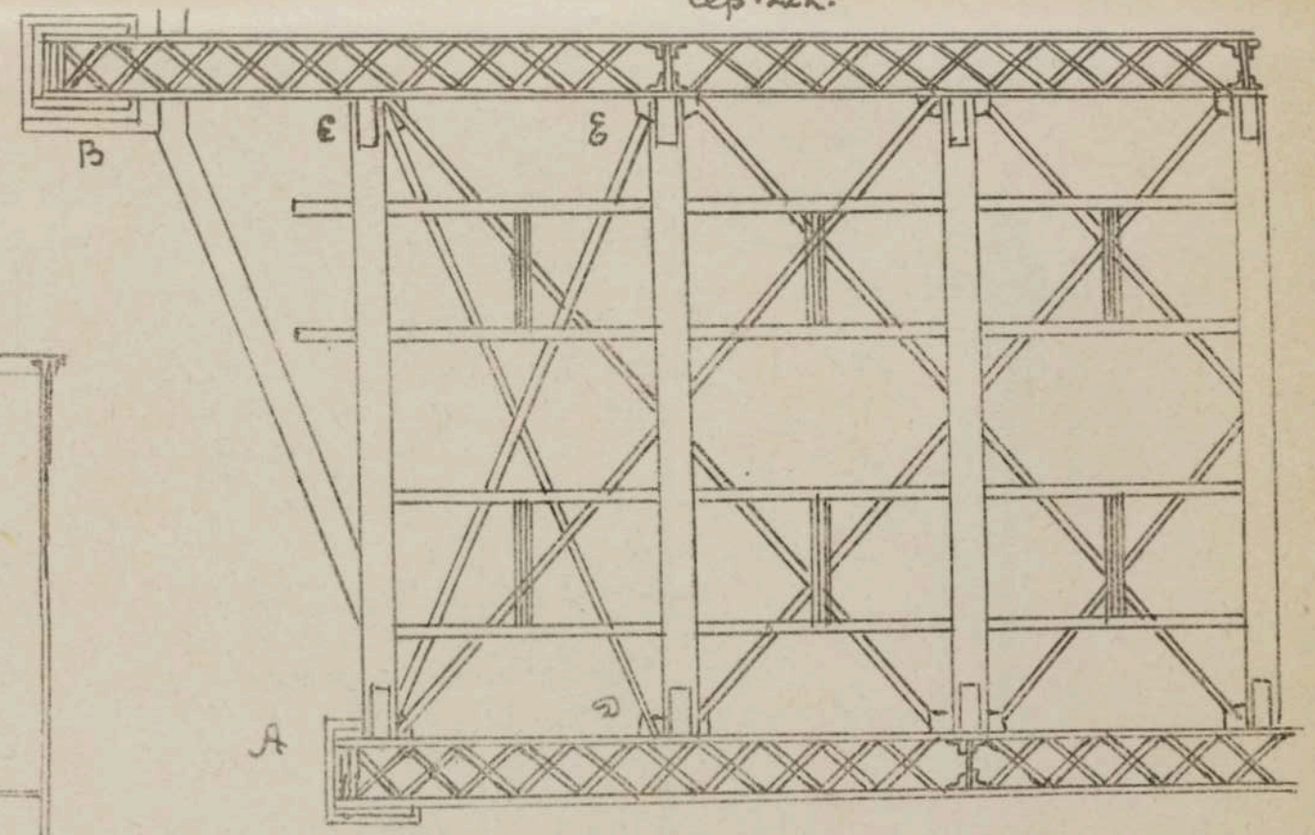
Чер. 220.



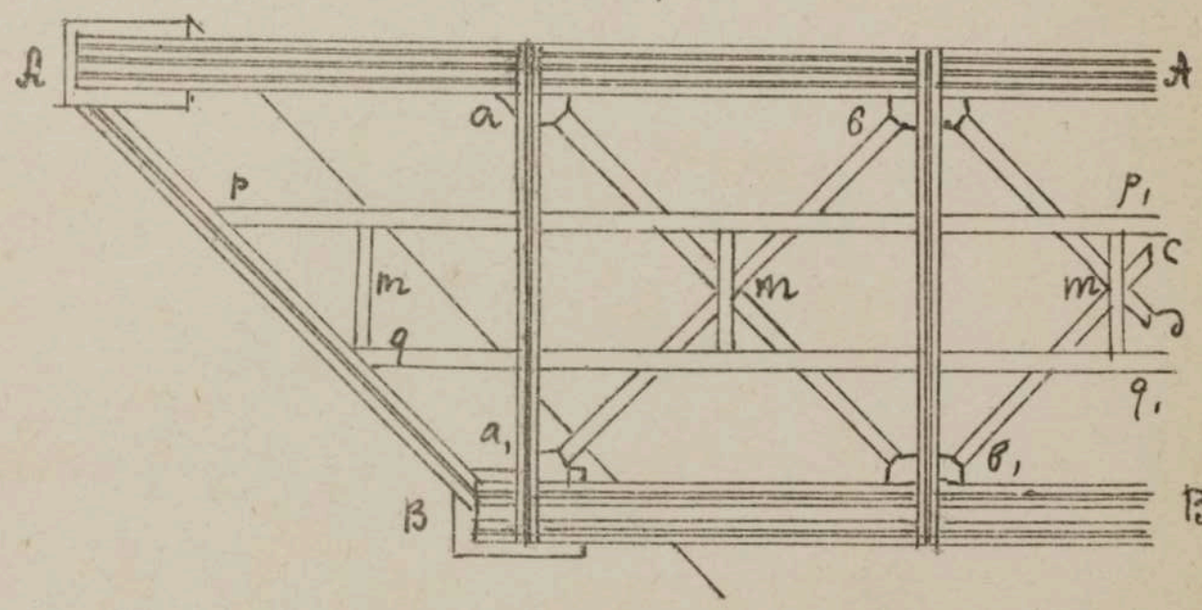
Чер. 225.



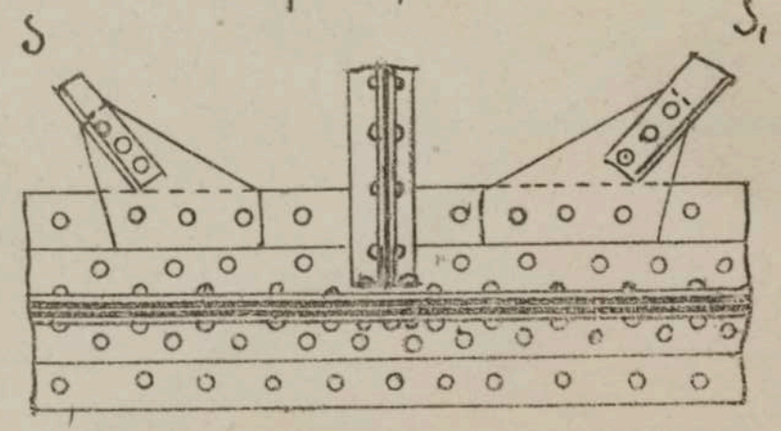
Чер. 222.



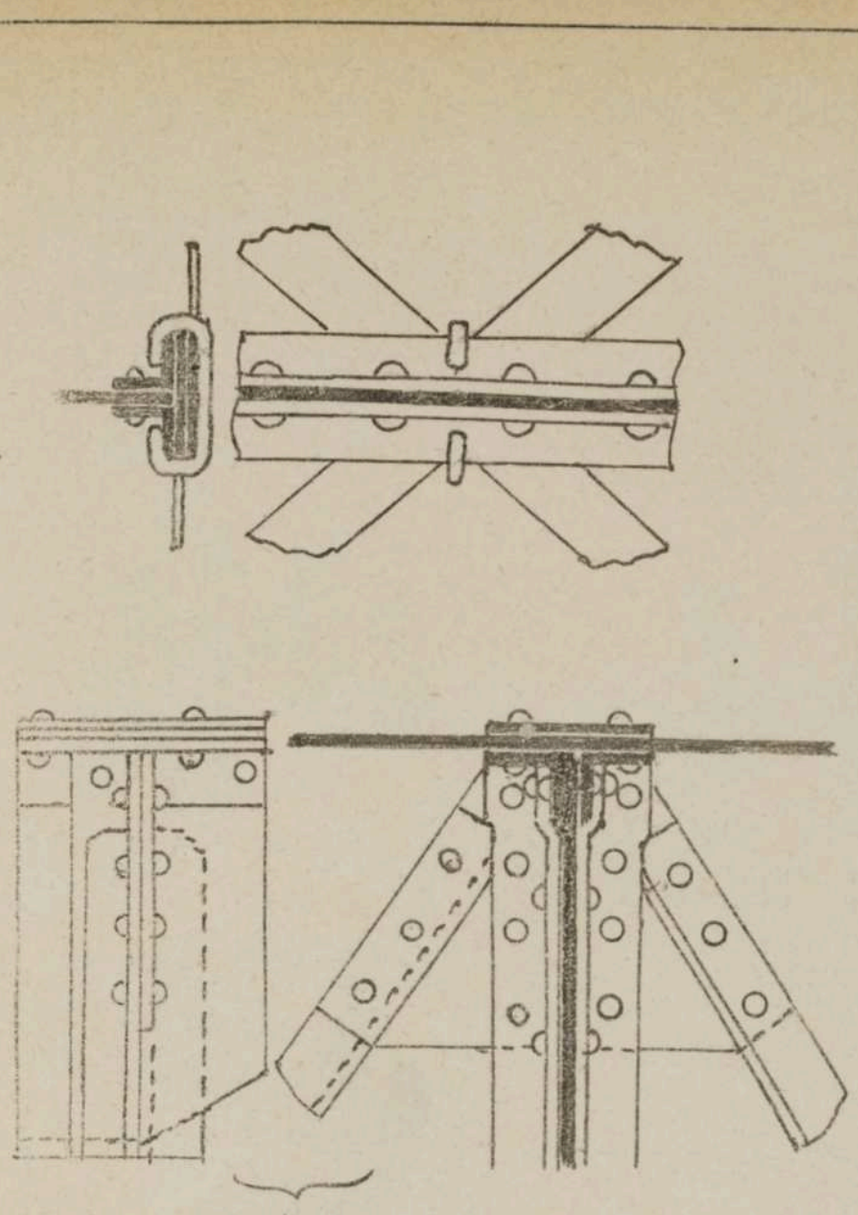
Чер. 221.



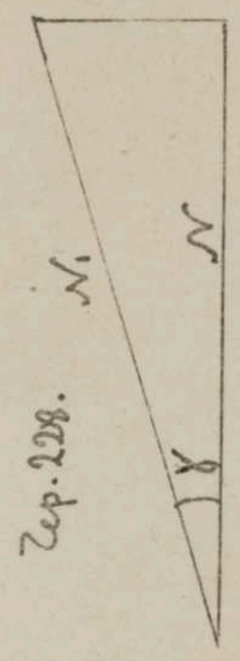
Чер. 224.



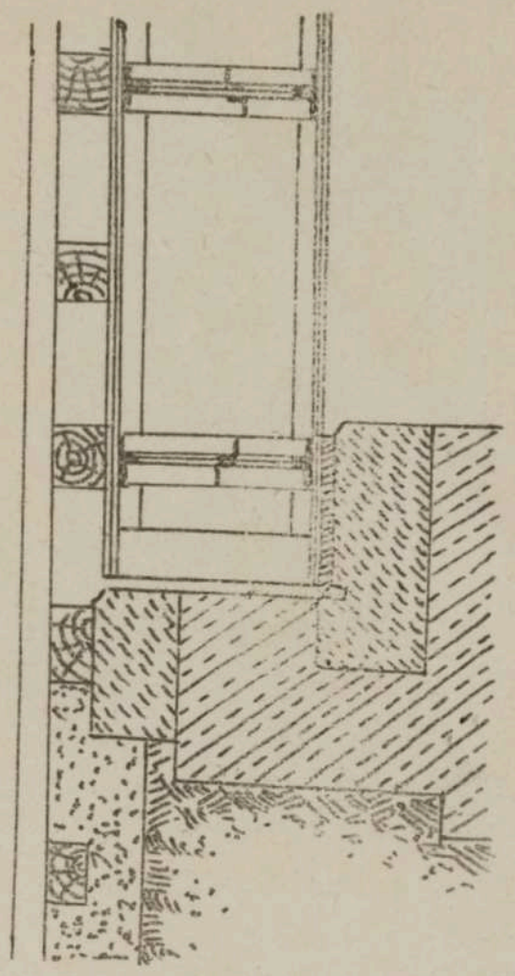
Сер. 225.



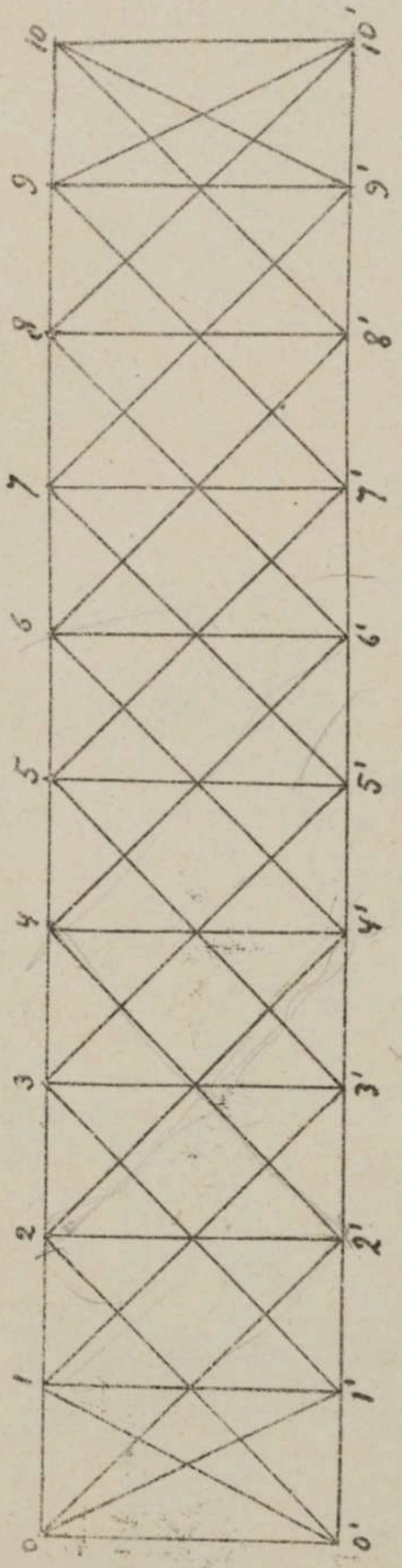
Сер. 226.



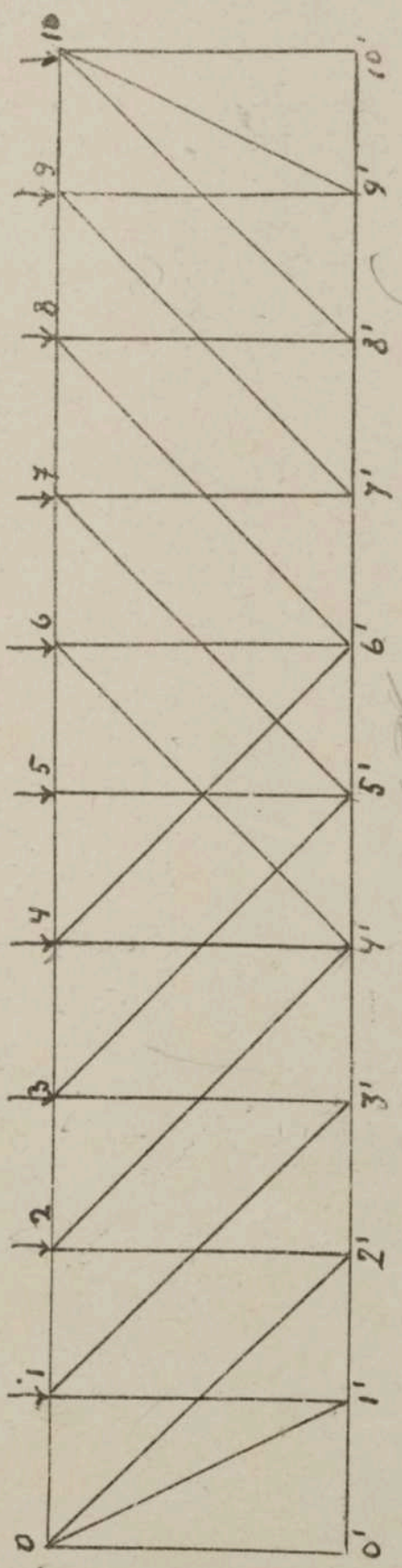
Сер. 228.



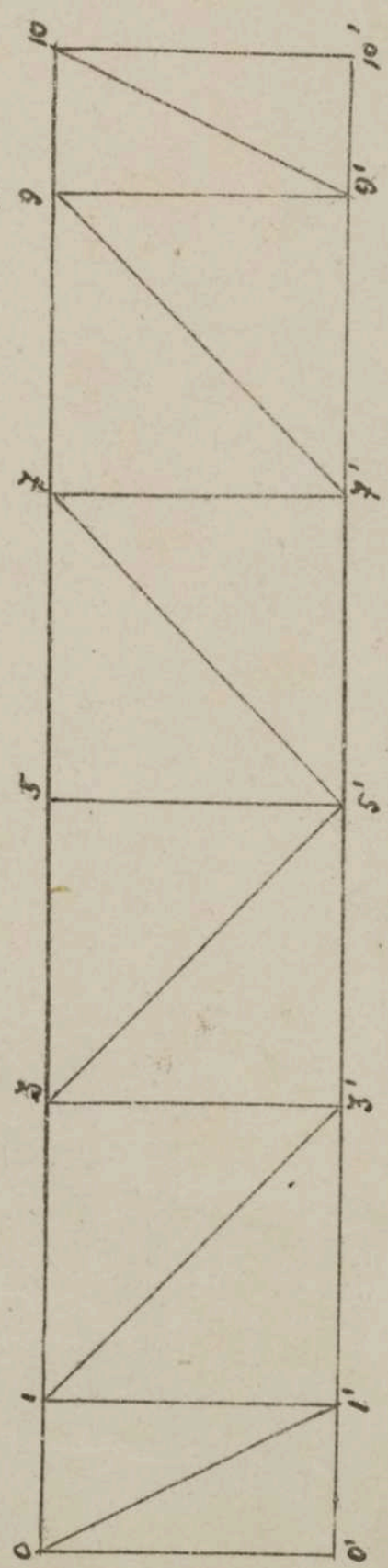
Сер. 229.



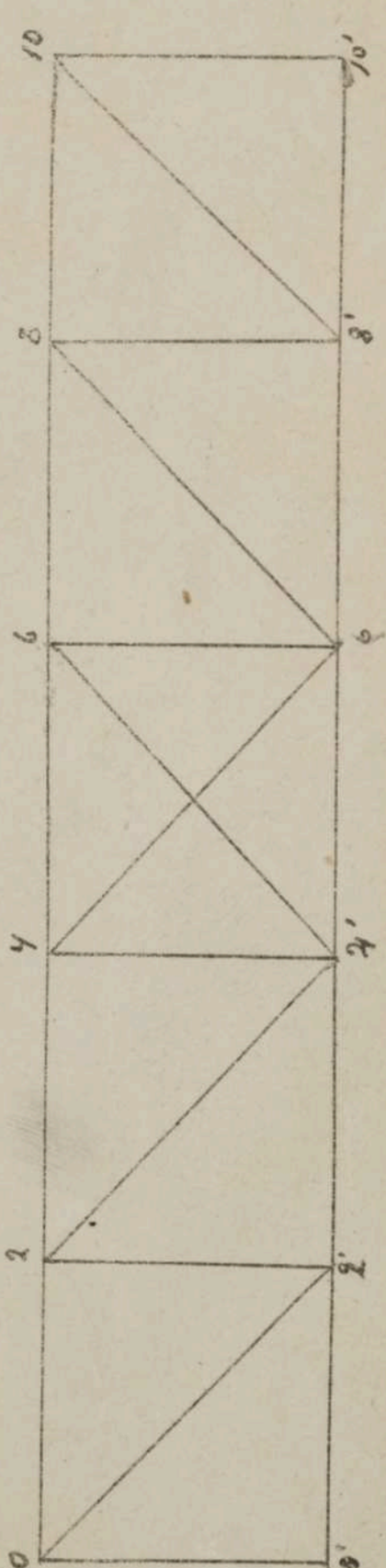
I



II



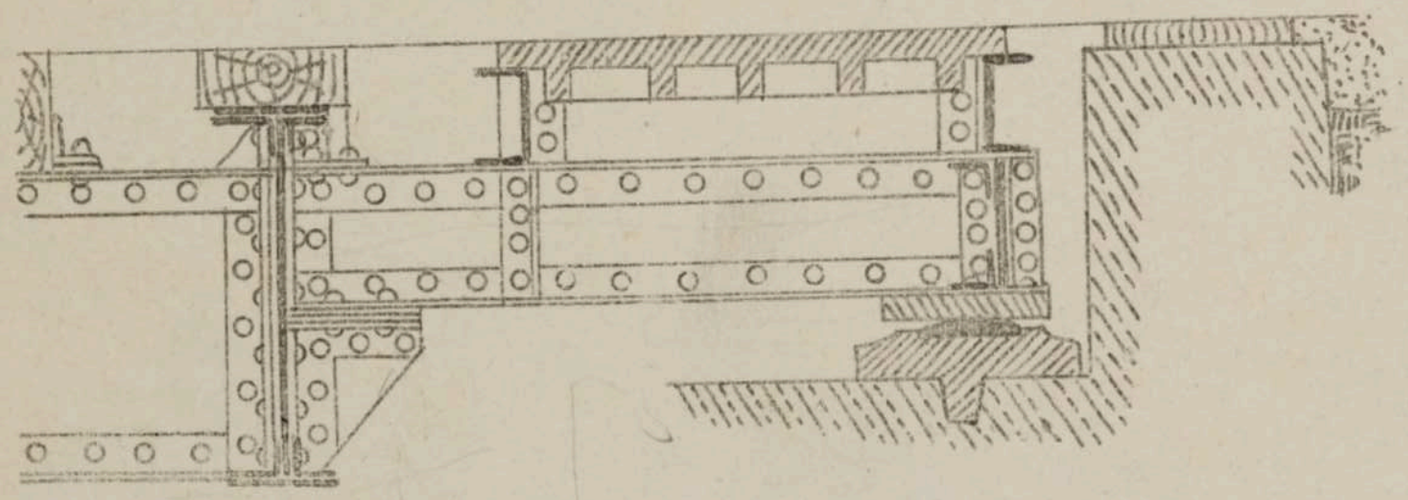
III



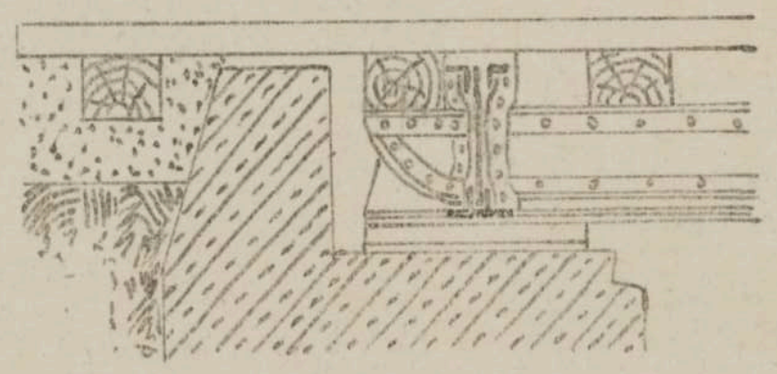
IV

Сер. 224.

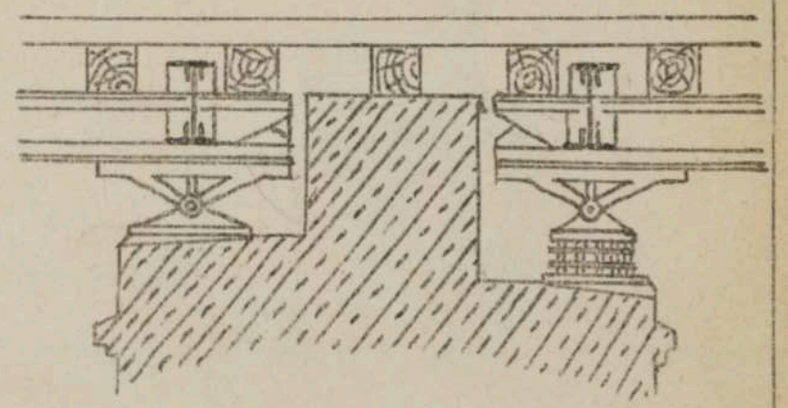
Чер. 230.



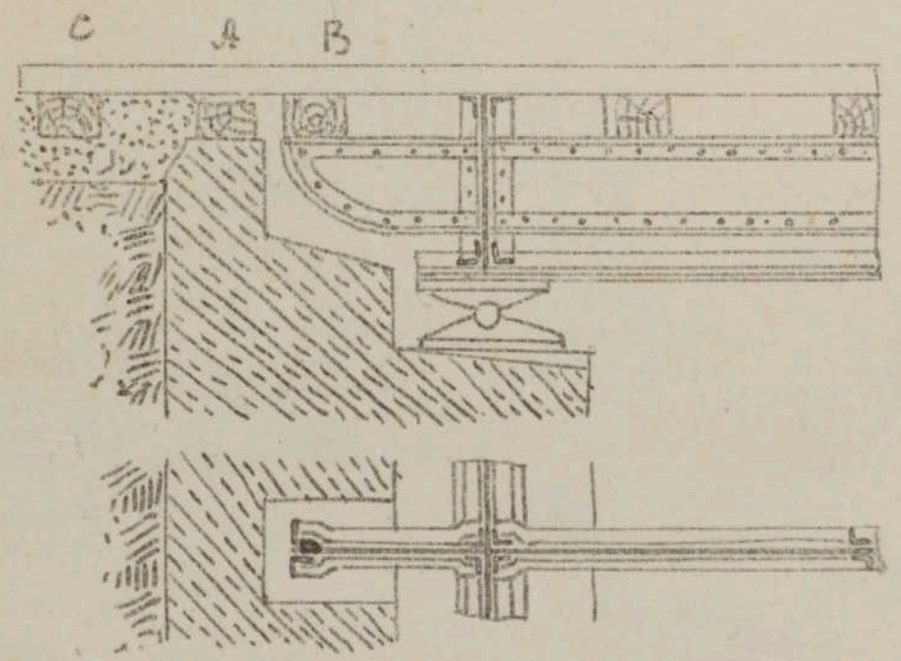
Чер. 231.



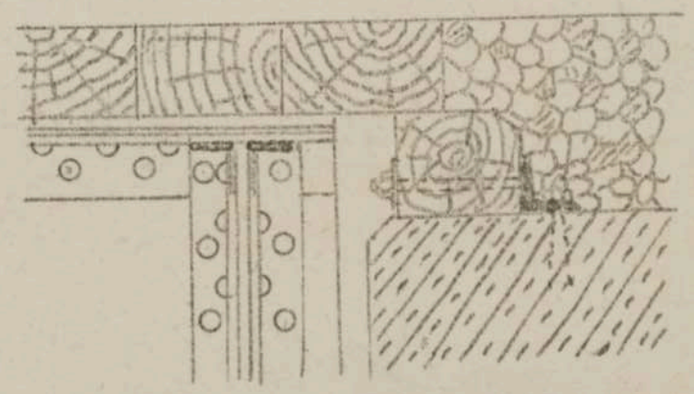
Чер. 232.



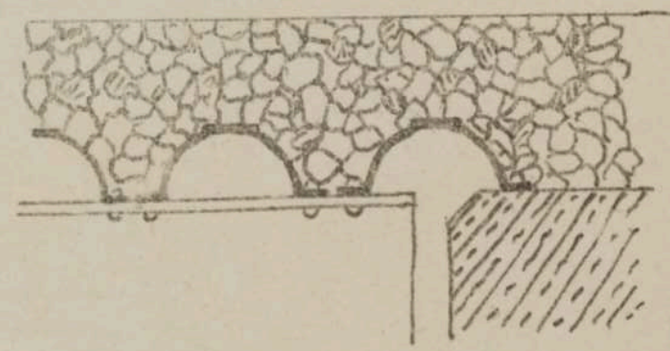
Чер. 233.



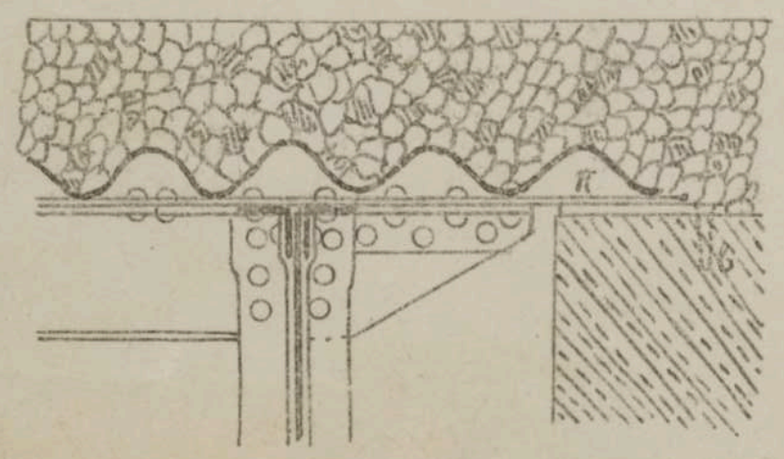
Чер. 234.



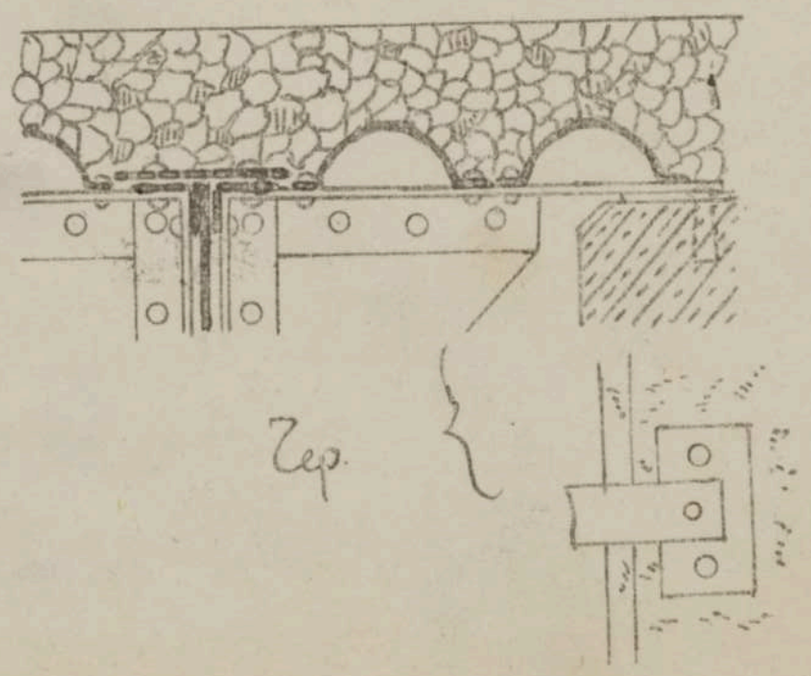
Чер. 235.



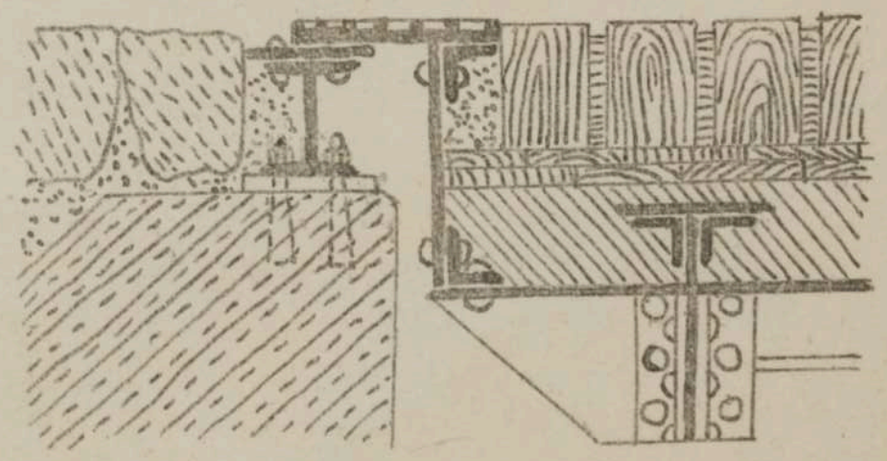
Чер. 236.



Чер. 237.

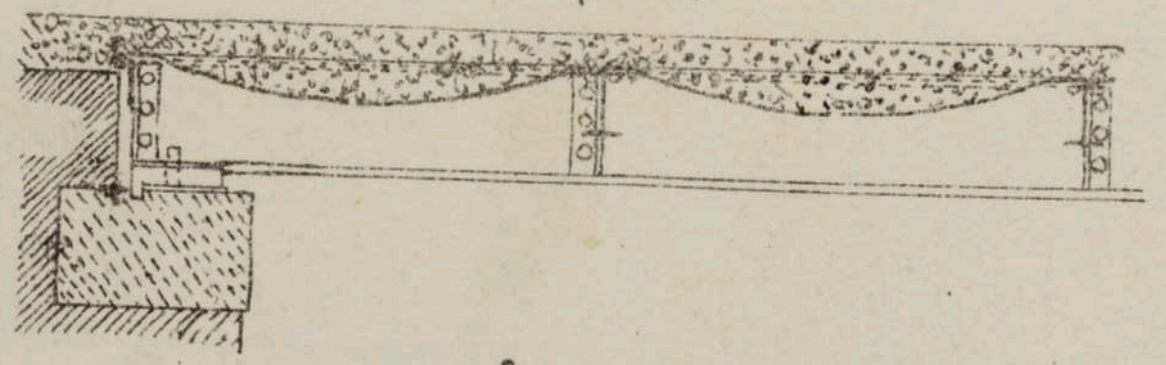


Чер. 238.

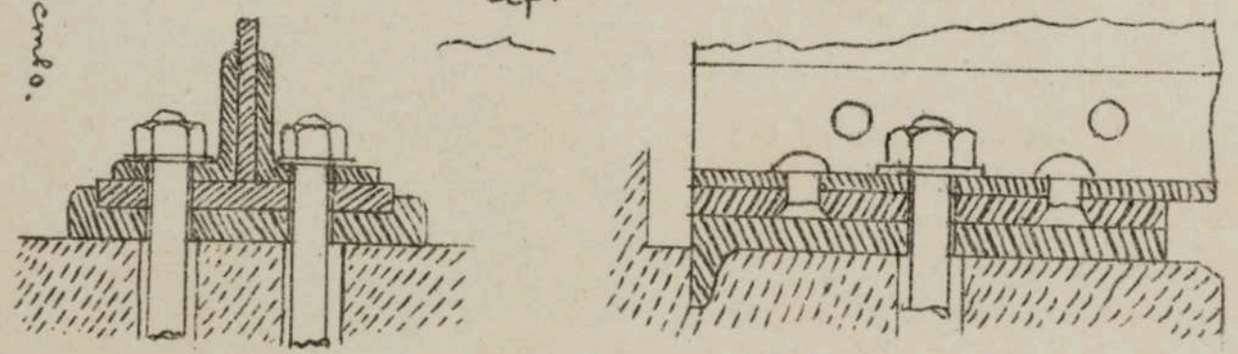


Инж. изкуство.

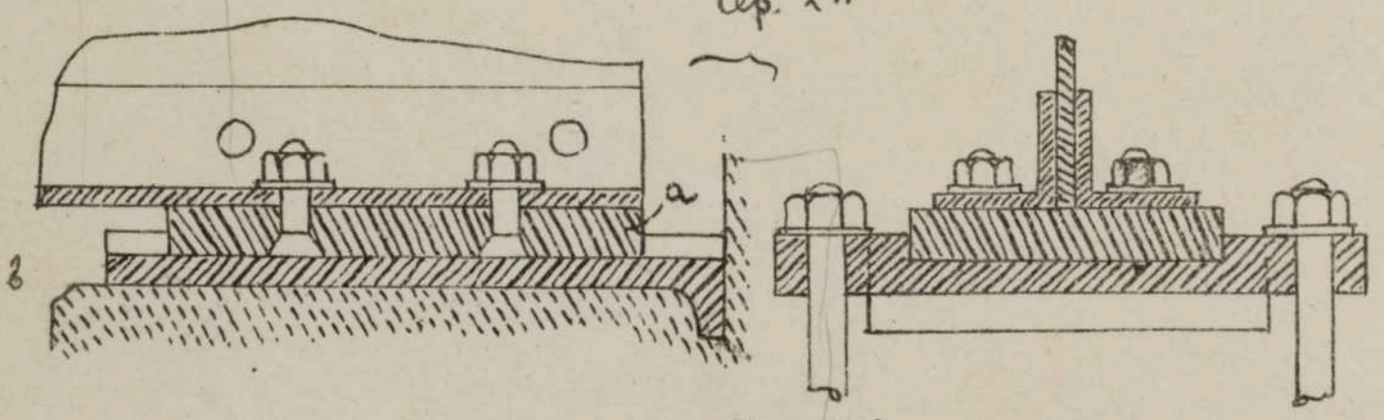
Сер. 239.



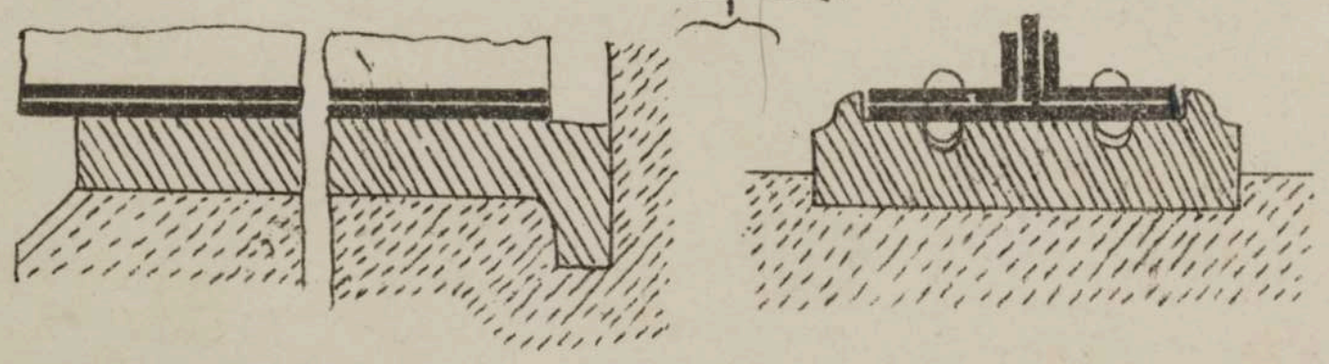
Сер. 240.



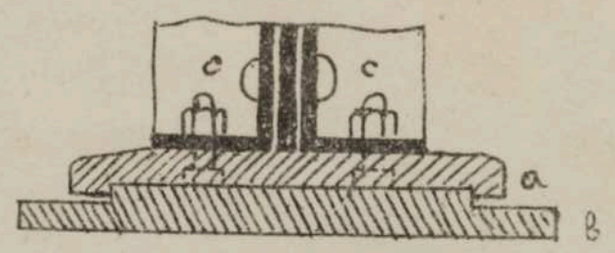
Сер. 241



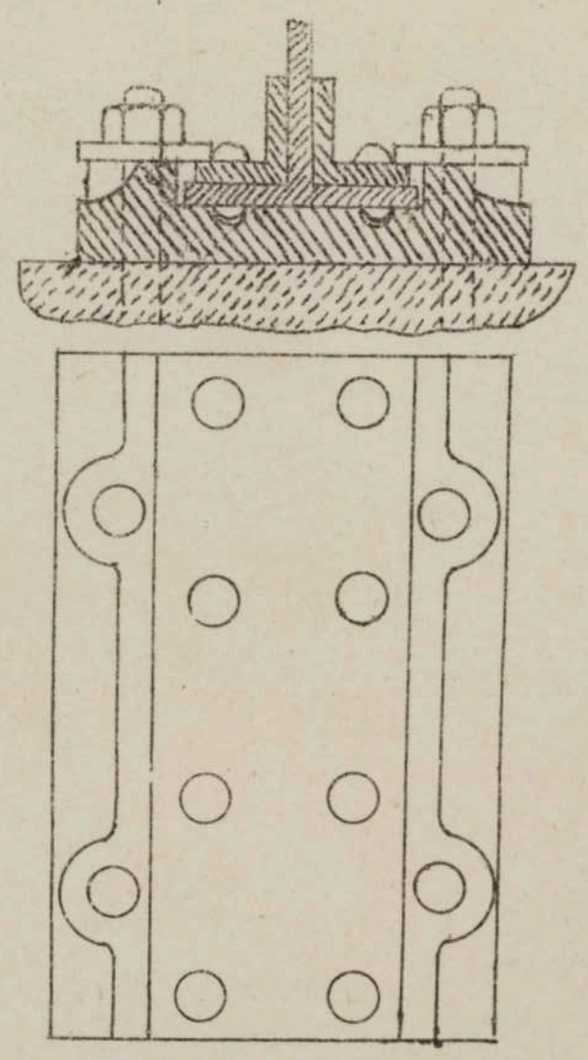
Сер. 242.



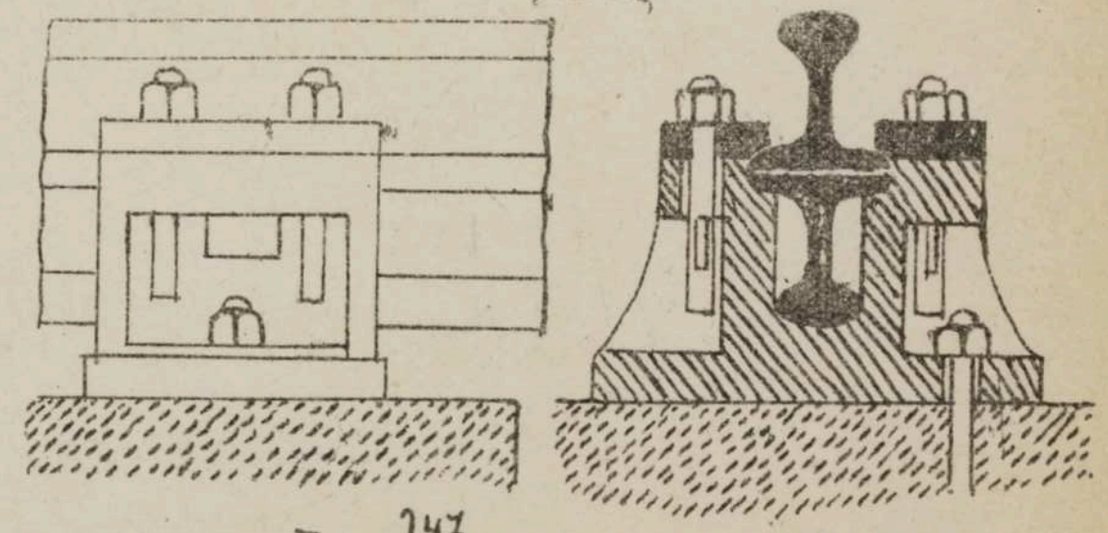
Сер. 243.



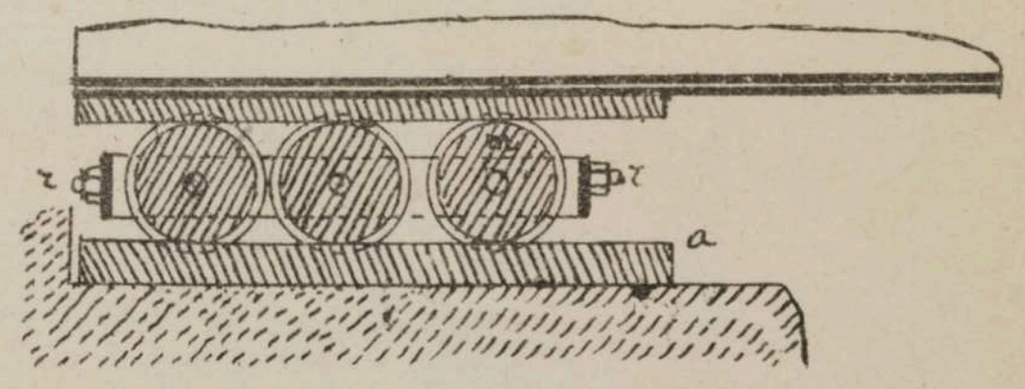
Сер. 244.



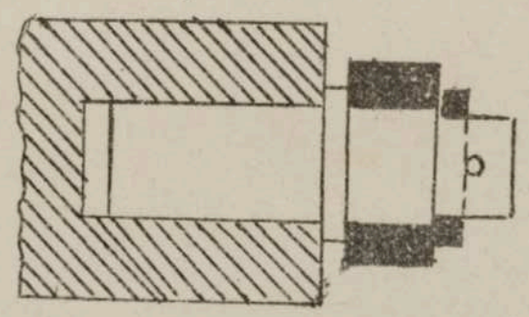
Сер. 245



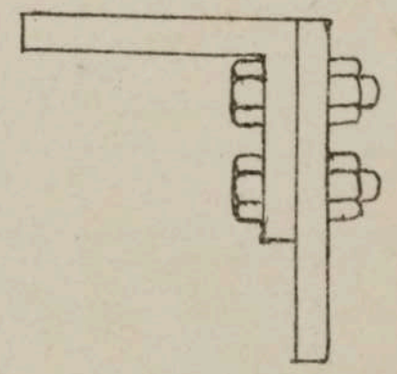
Сер. 247



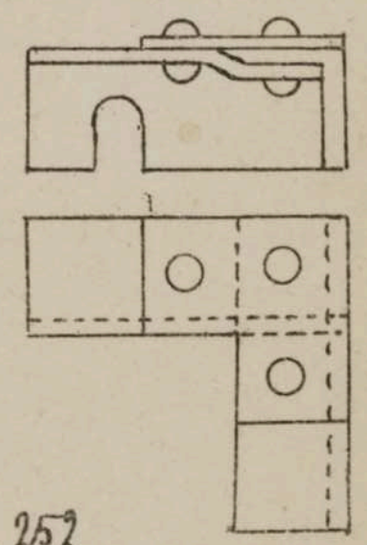
Сер. 248.



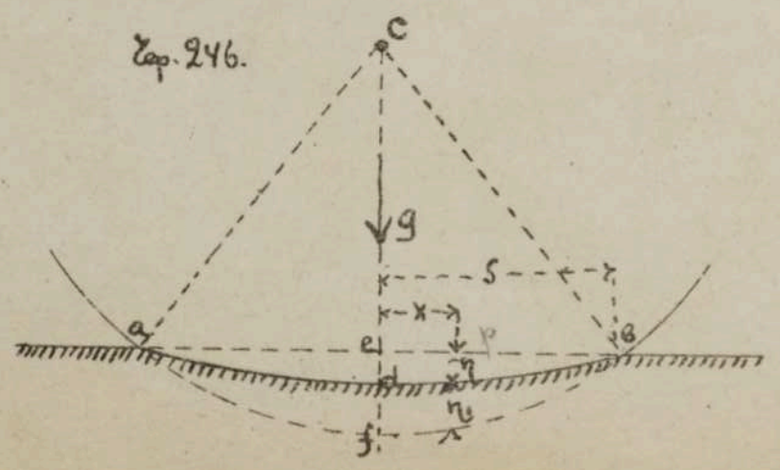
Сер. 249.



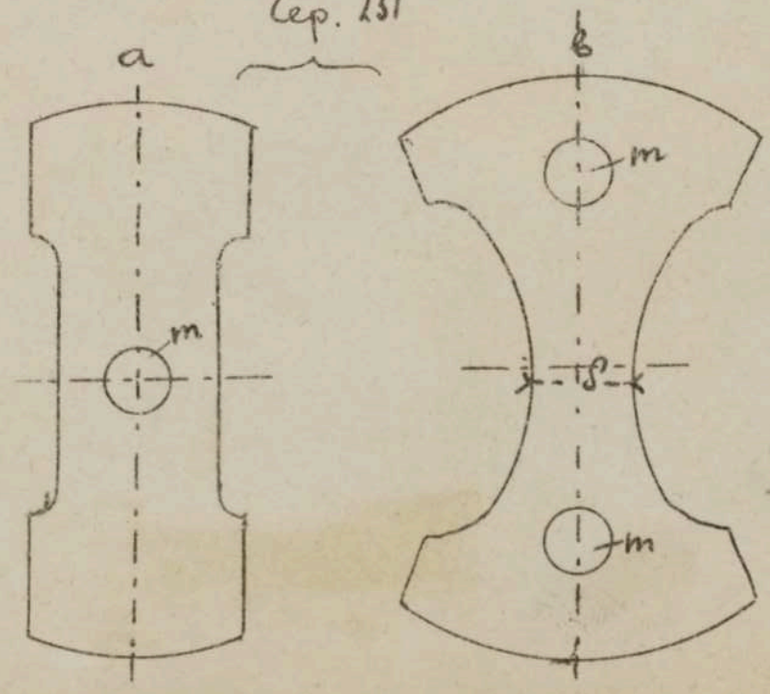
Сер. 250



Сер. 246.



Сер. 251



Сер. 252

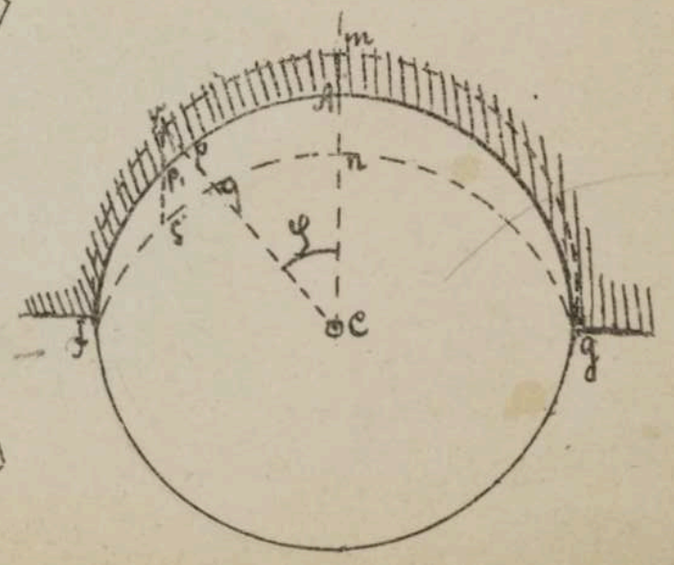
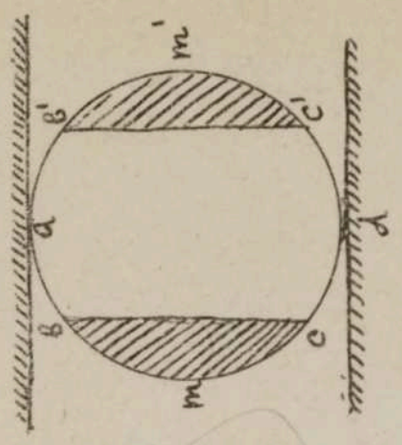
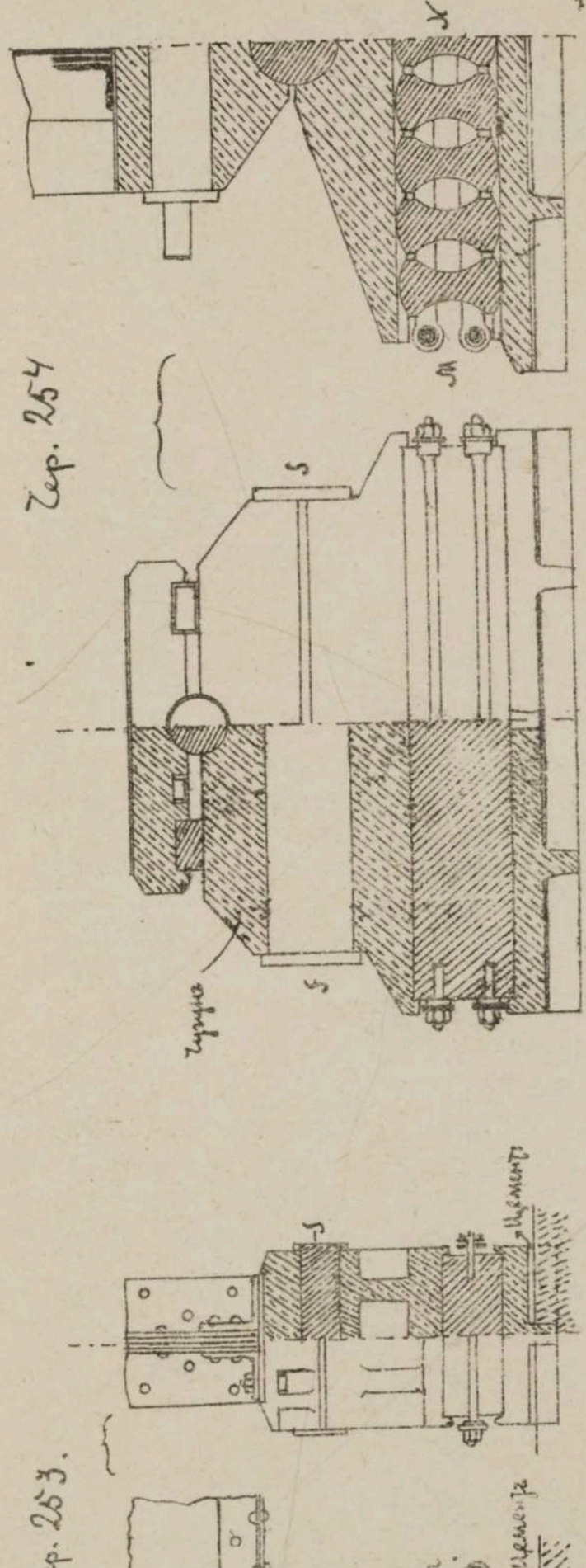


Таблица 39

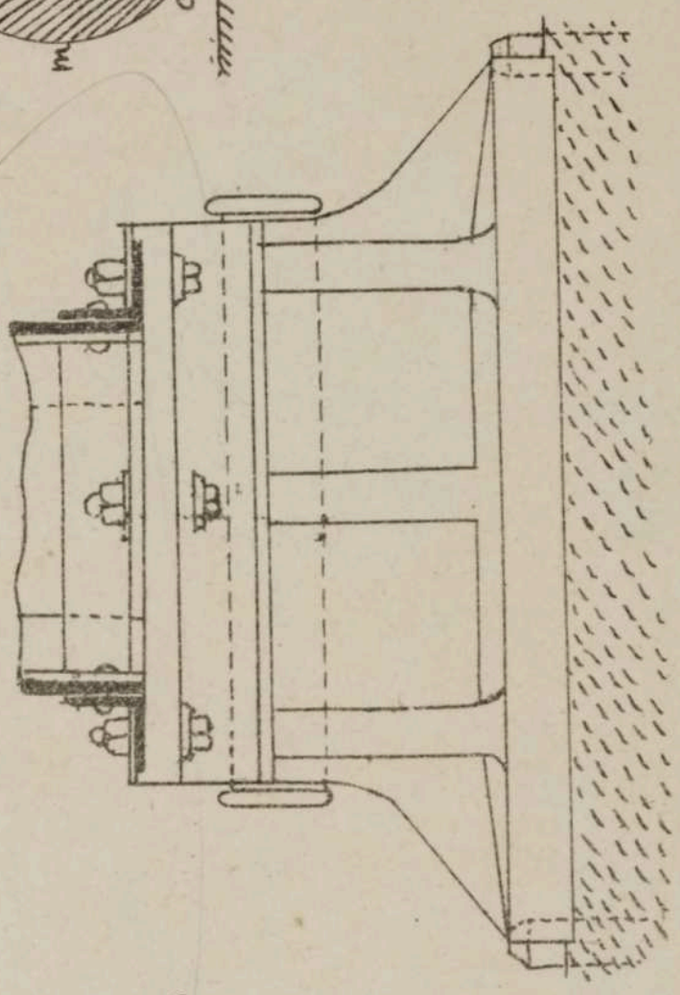
Таблица. 40



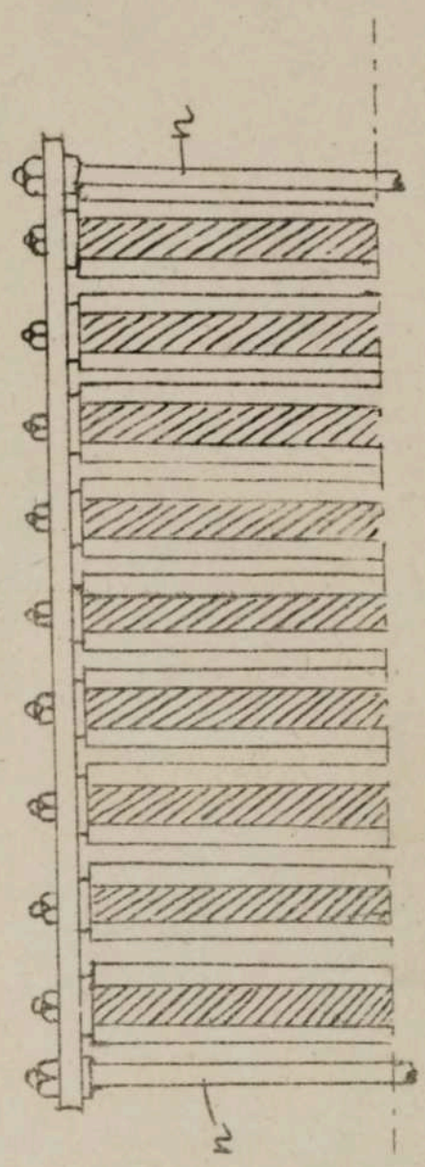
Чер. 259



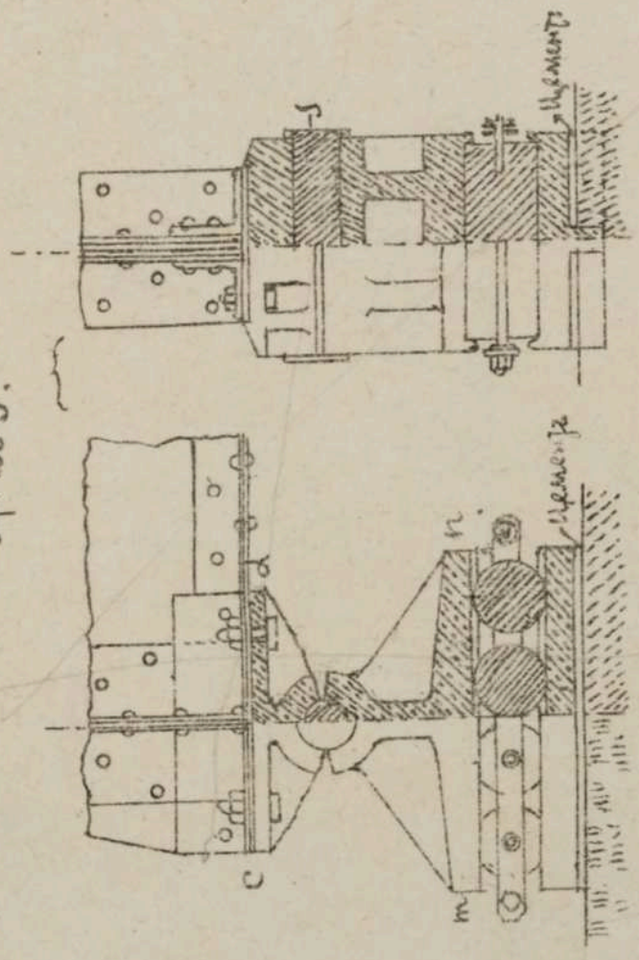
Чер. 254



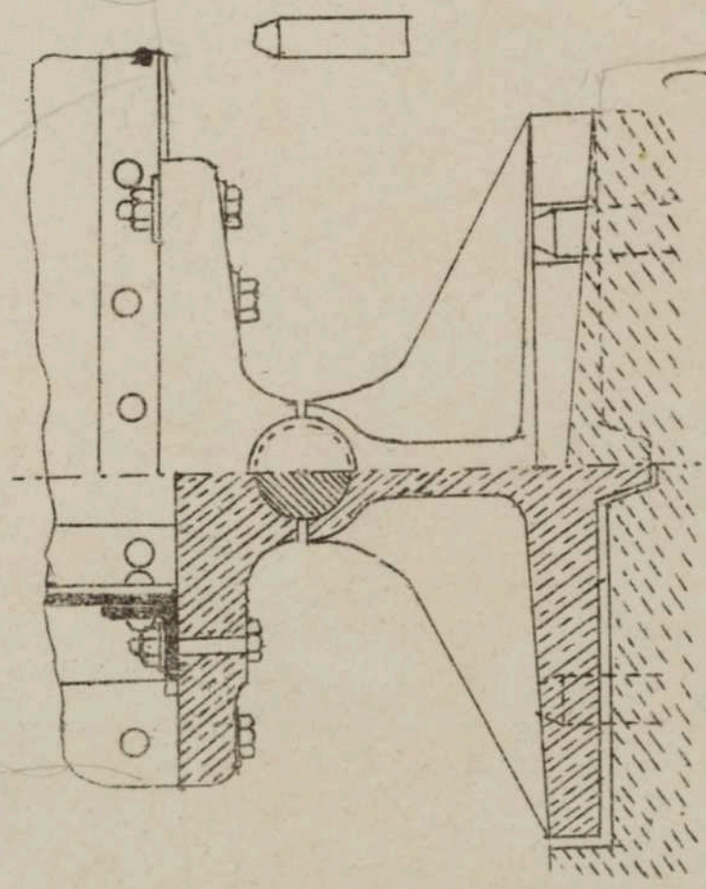
Чер. 255.



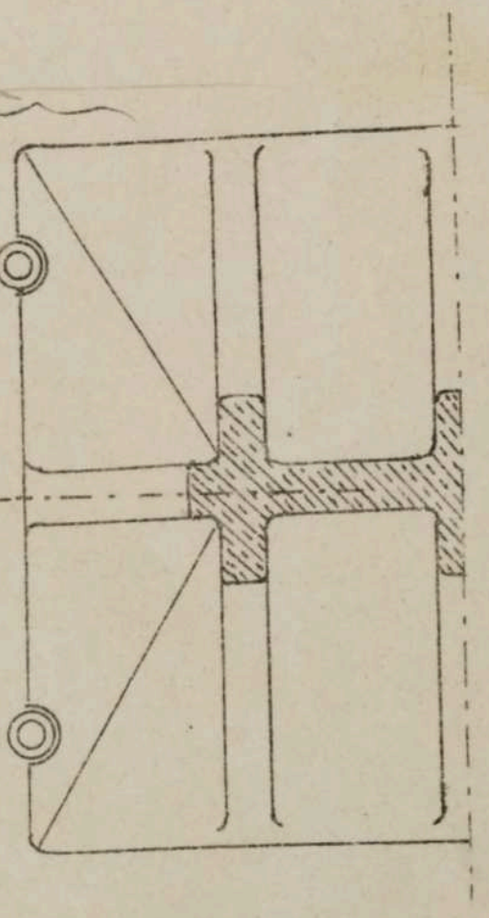
Чер. 256.



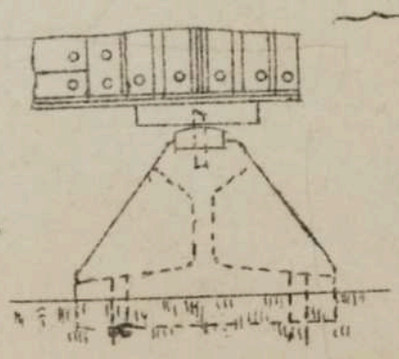
Чер. 253.

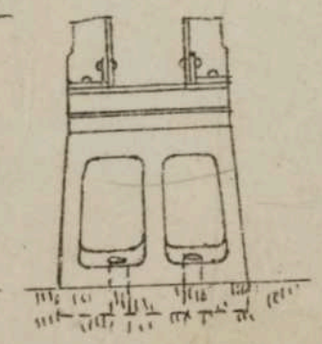


Чер. 257.



Чер 258.





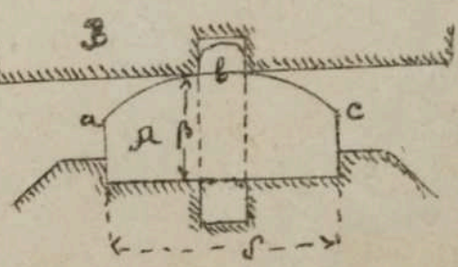
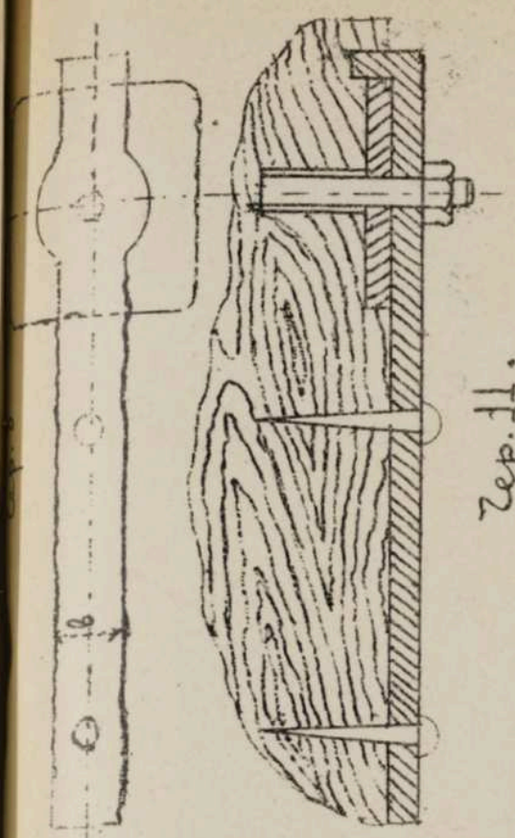
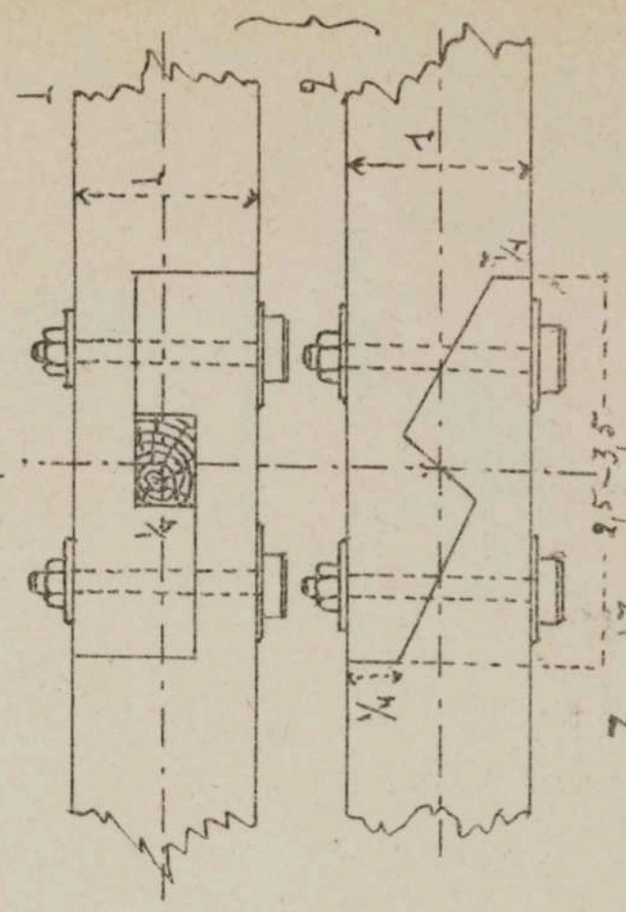


Таблица 46

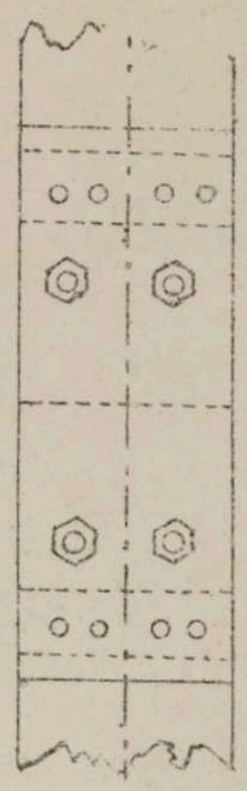
Деревянные мосты

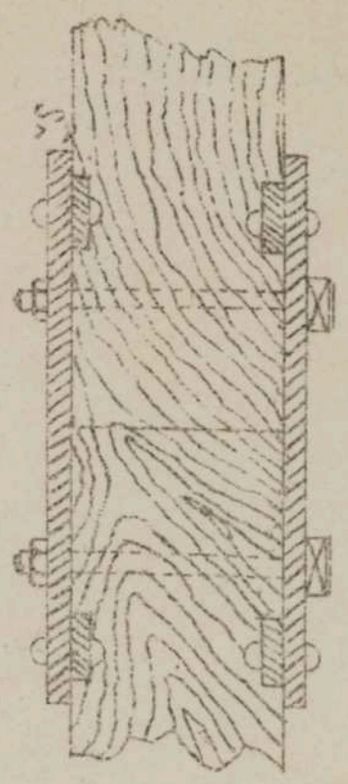


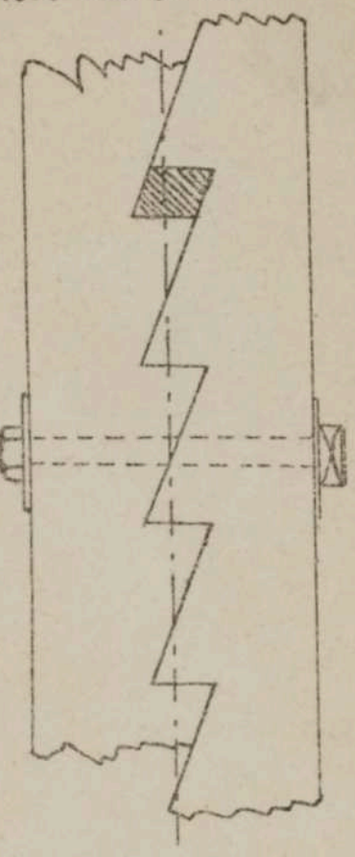
Чер. 11.

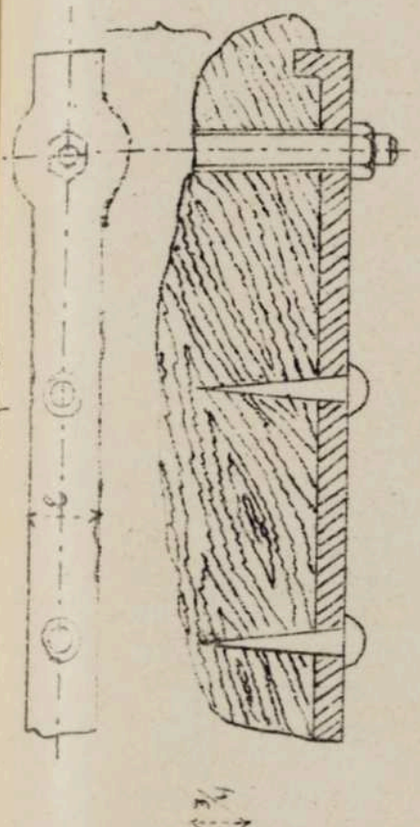


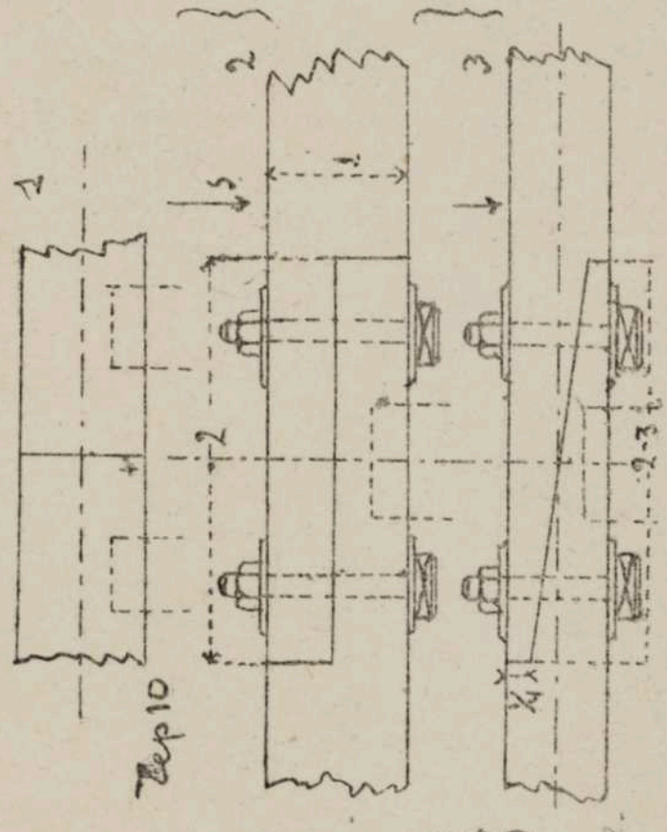
Чер. 13.



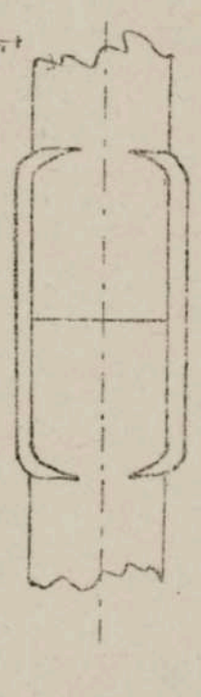




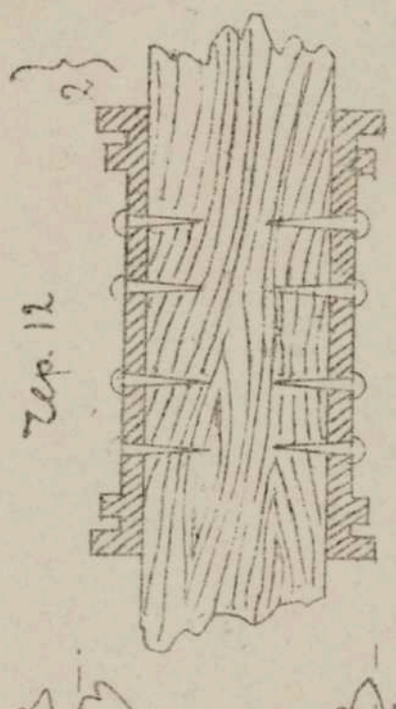


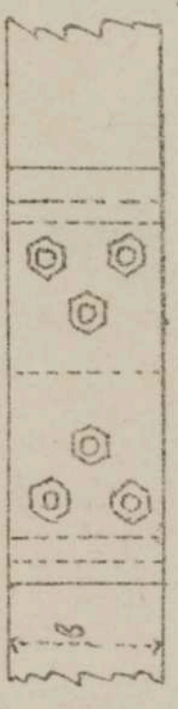


Чер. 10

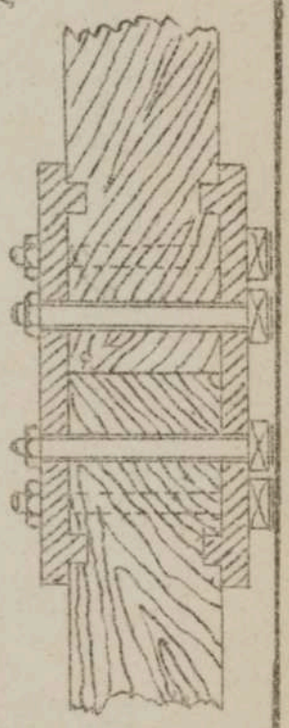


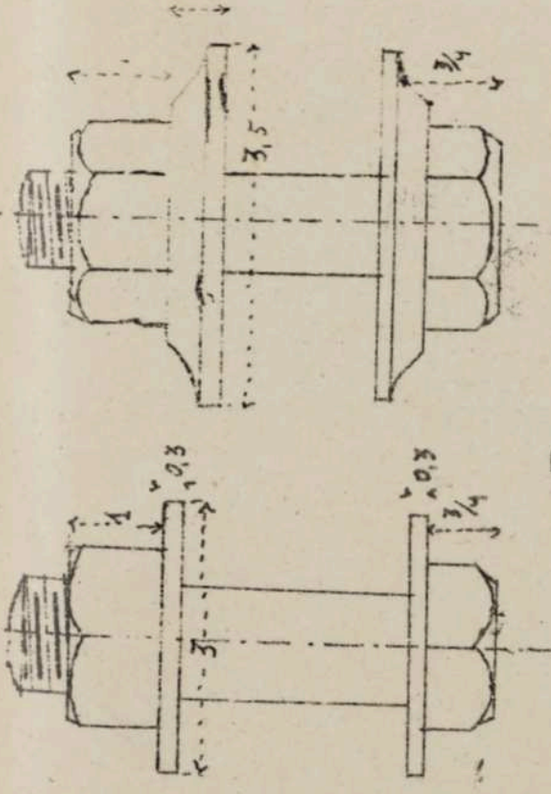
Чер. 12





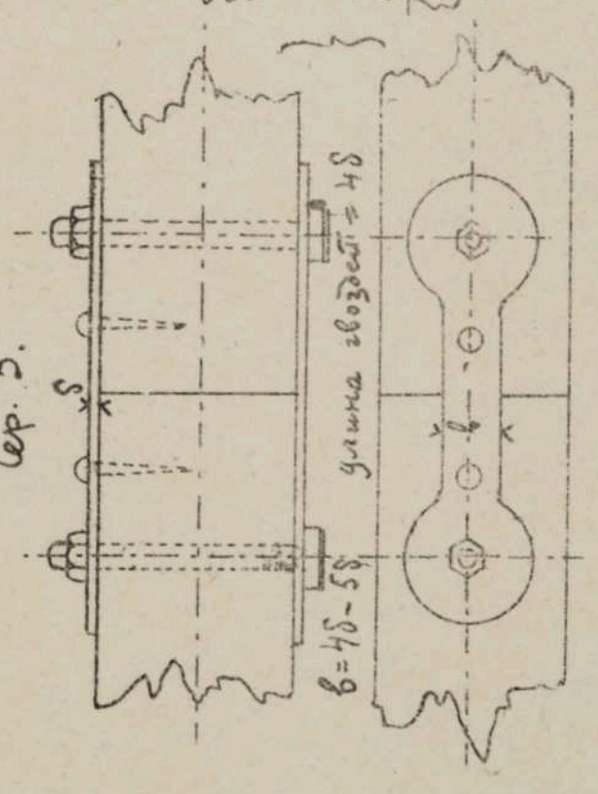
Чер. 14



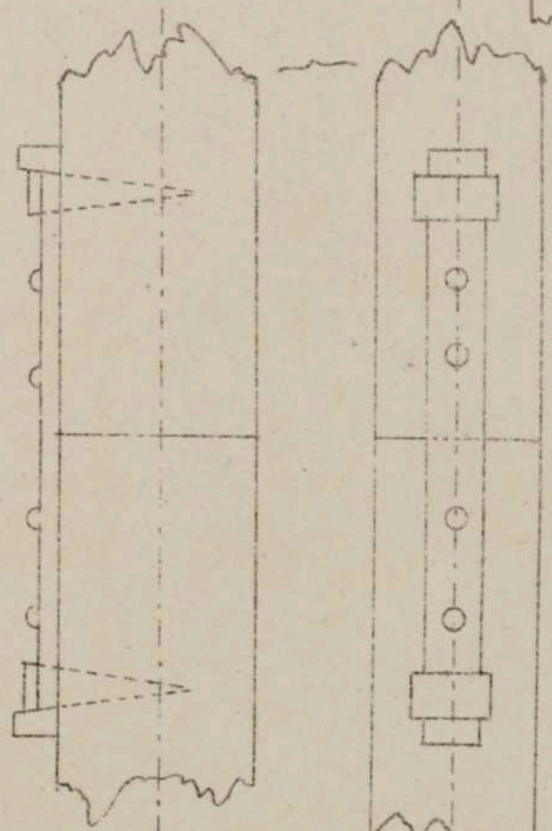


Чер. 3.

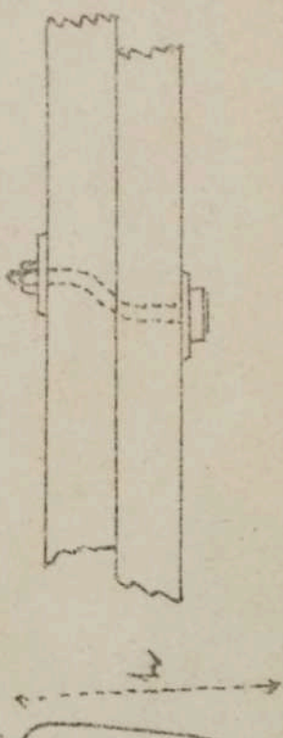
Чер. 2.



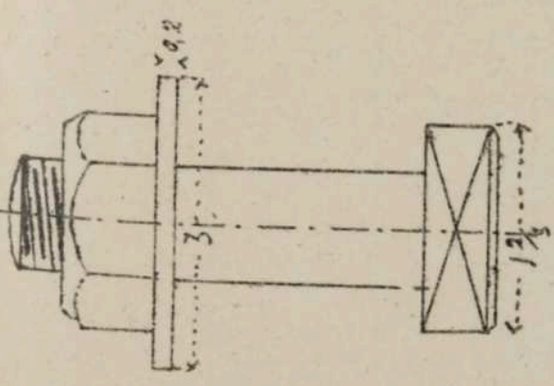
Чер. 5.



Чер. 6.

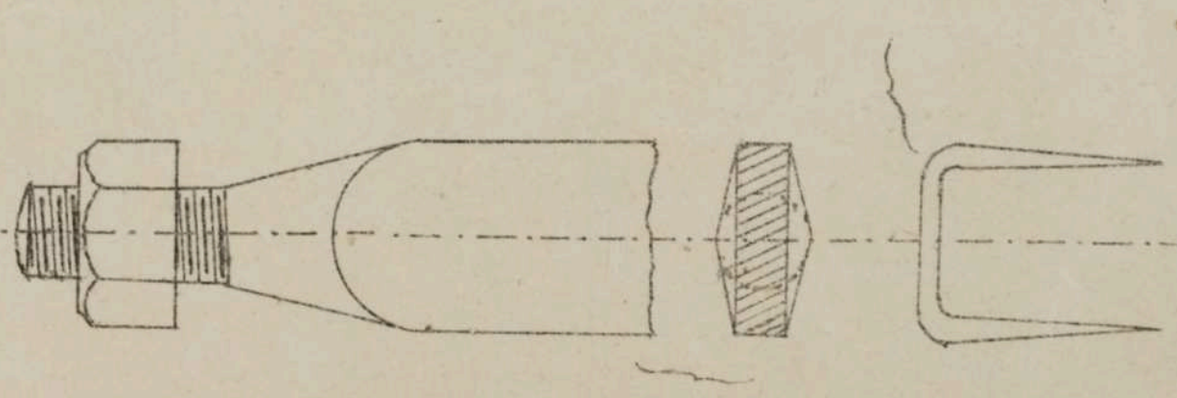


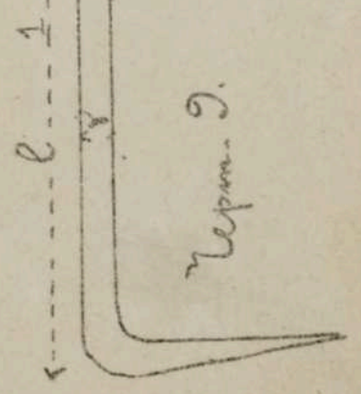
Чер. 15.



Чер. 1

Чер. 4.





Чер. 9.

Инженерное искусство

Инженерное искусство.

Таблица 42.

Чер. 19.

Чер. 20.

Чер. 22

Чер. 30

Чер. 31.

Чер. 27

Чер. 36.

Чер. 21.

Чер. 25

Чер. 35.

Чер. 16

Чер. 24

Чер. 28

Чер. 26.

Чер. 34.

Чер. 18

Чер. 29

Чер. 33.

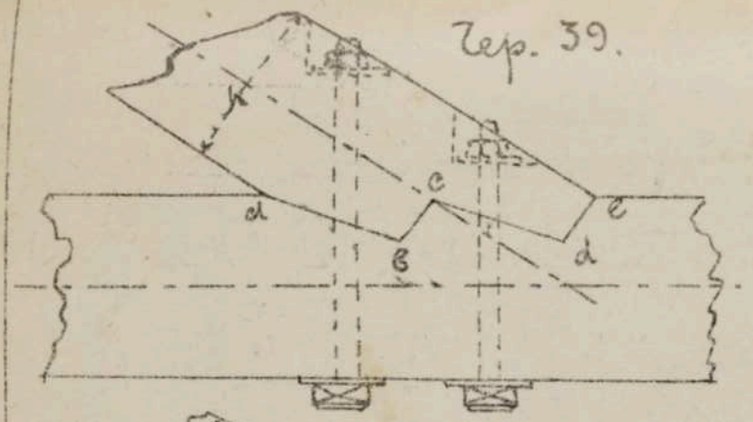
Чер. 23

Чер. 32

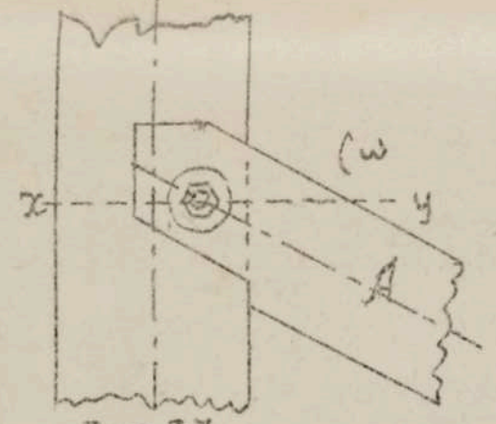
Инженерное искусство

Инженерное искусство

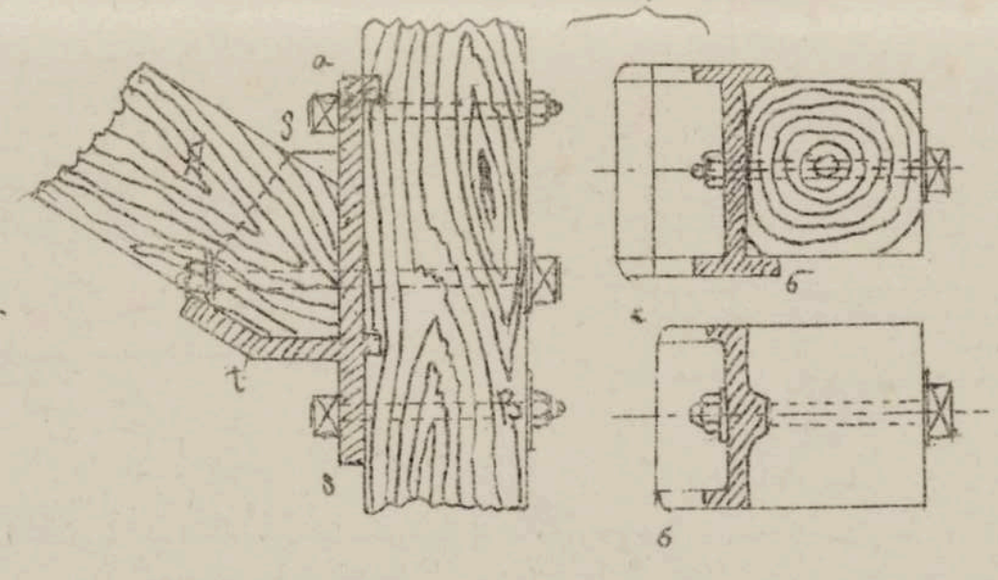
Чер. 39.



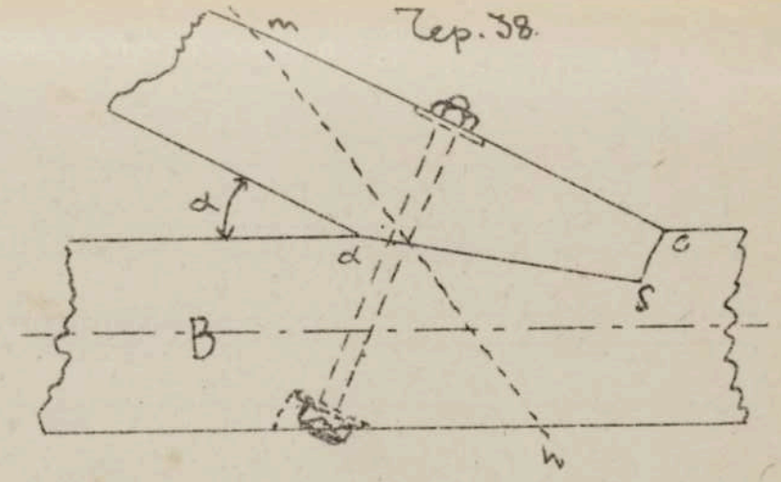
Чер. 41.



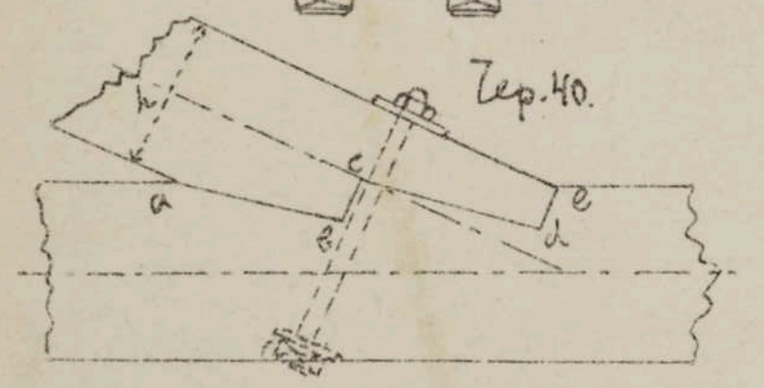
Чер. 42.



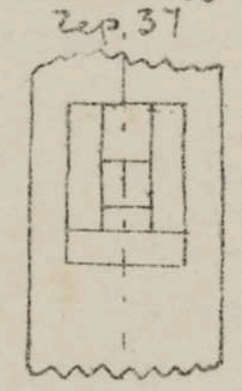
Чер. 38.



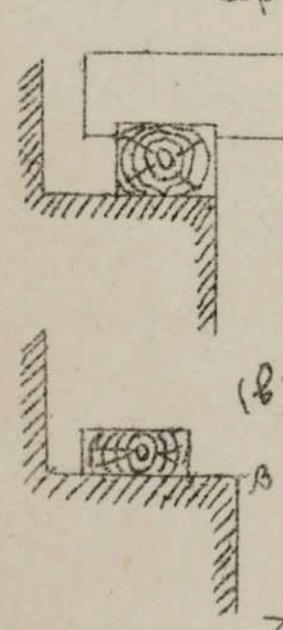
Чер. 40.



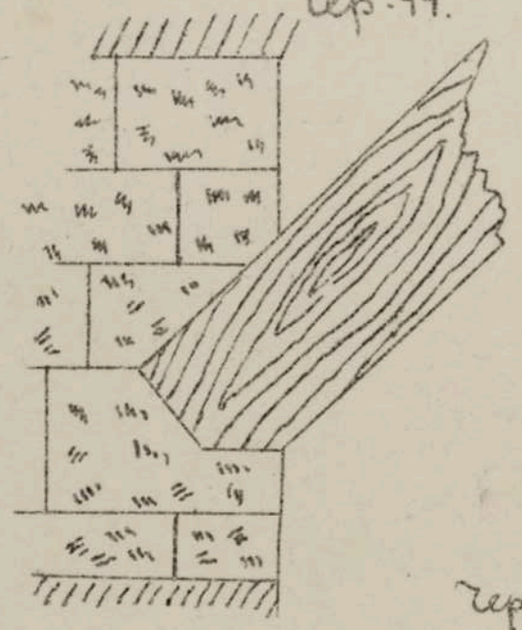
Чер. 37



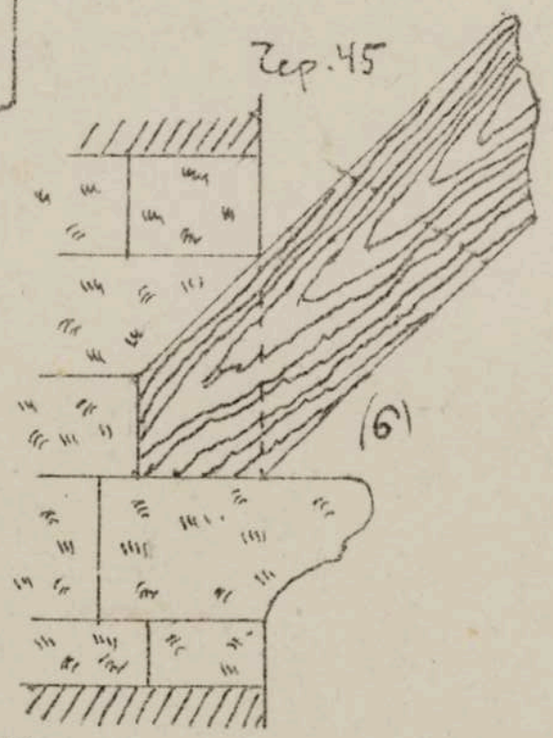
Чер. 43.



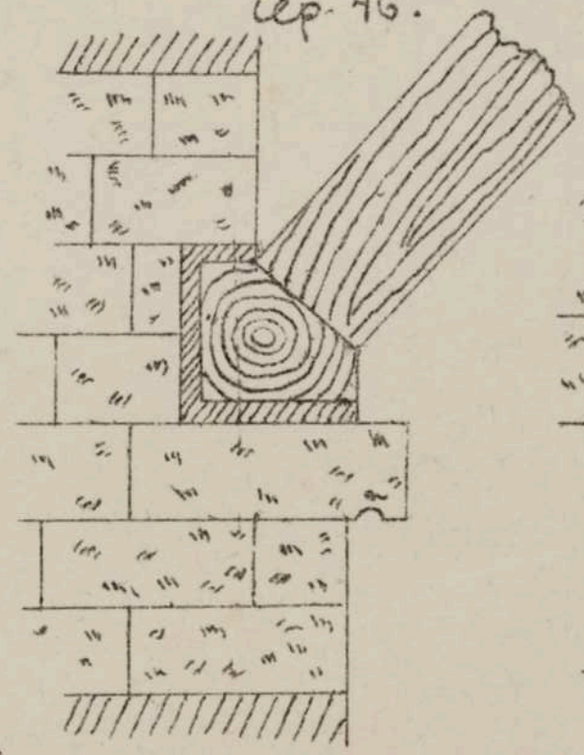
Чер. 44.



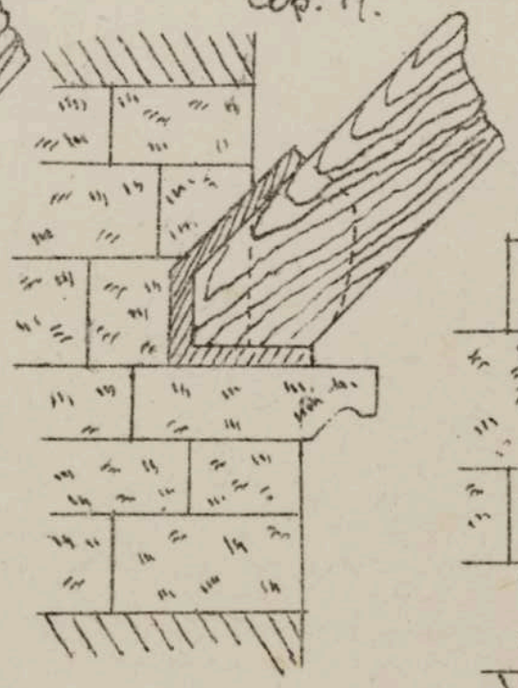
Чер. 45



Чер. 46.

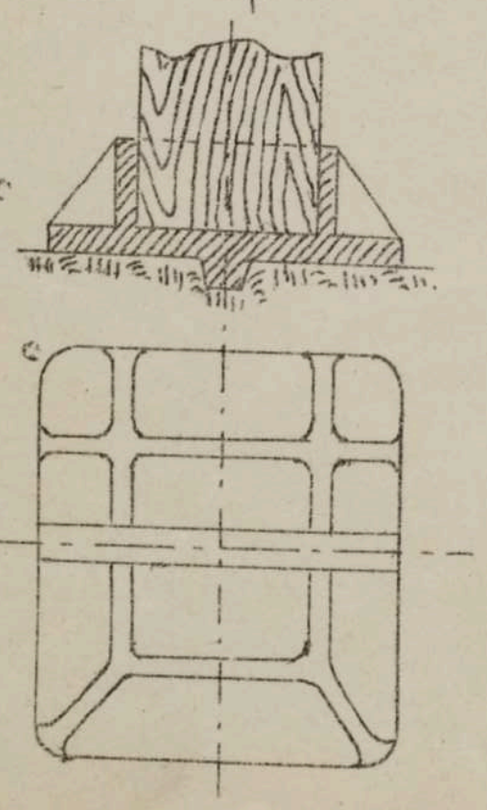


Чер. 47.

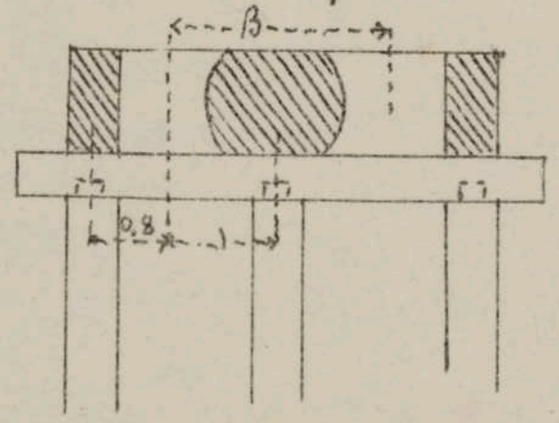


Чер. 48.

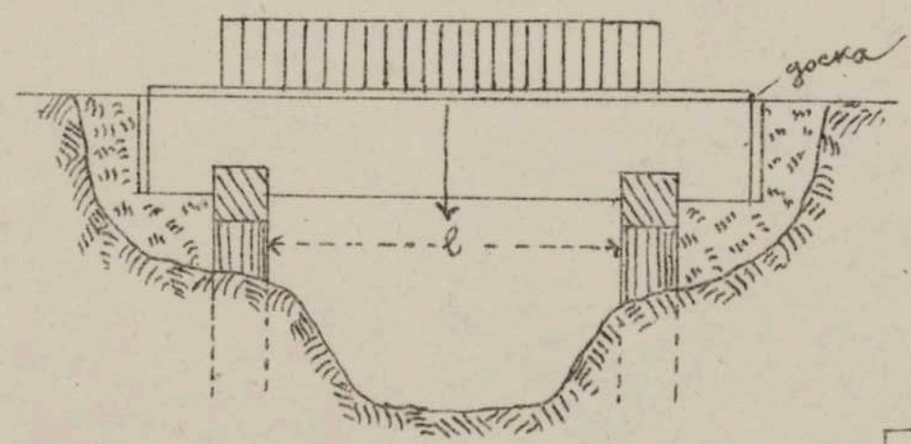
Чер. 49.



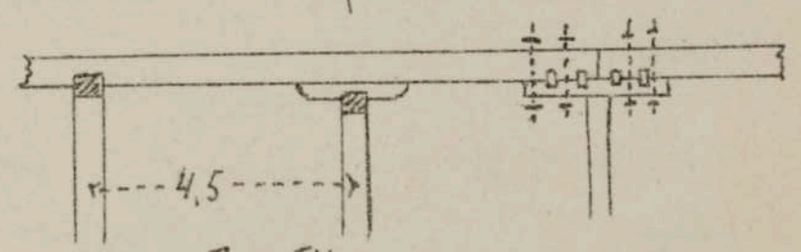
Чер. 50



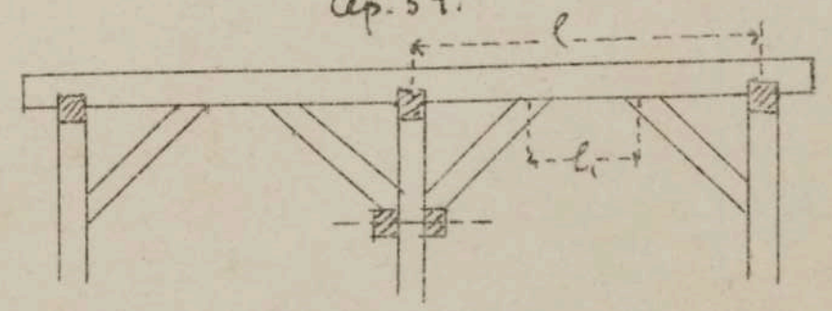
Чер. 51.



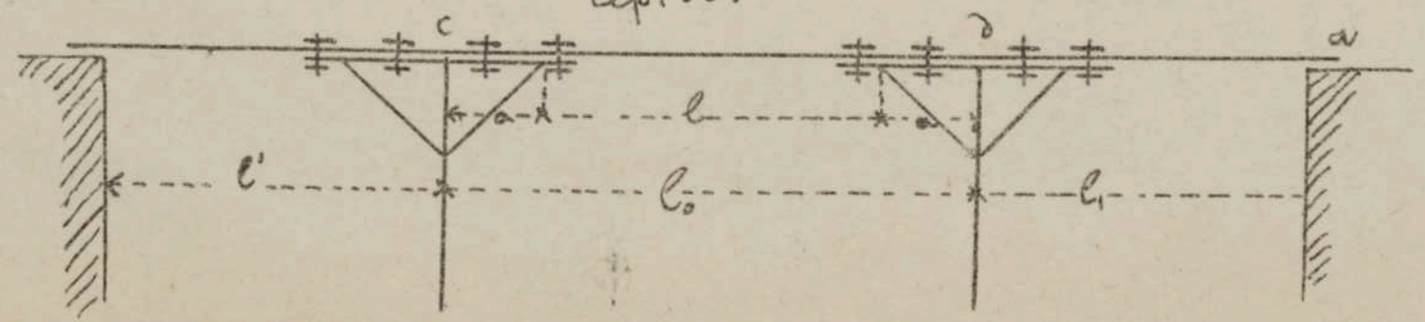
Чер. 52



Чер. 54.



Чер. 56.



Инженерное искусство.

Таблица 43.

Зер. 60

Зер. 61

Зер. 59.

Зер. 64.

Зер. 66.

Зер. 57.

Зер. 58.

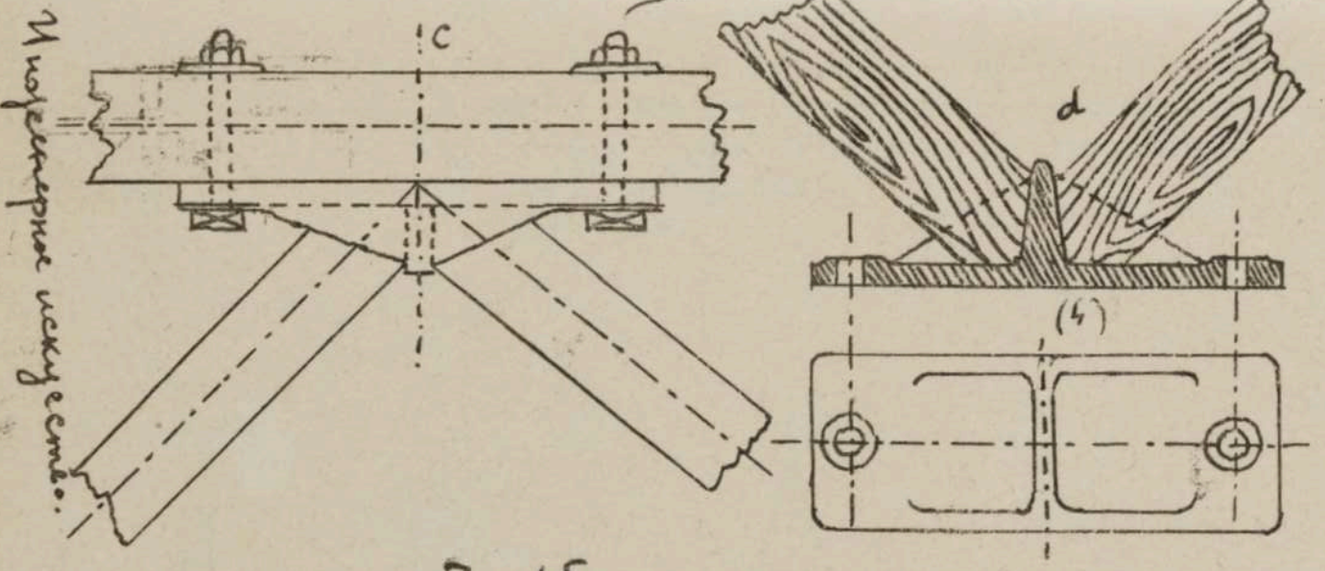
Зер. 55.

Зер. 62

Зер. 63.

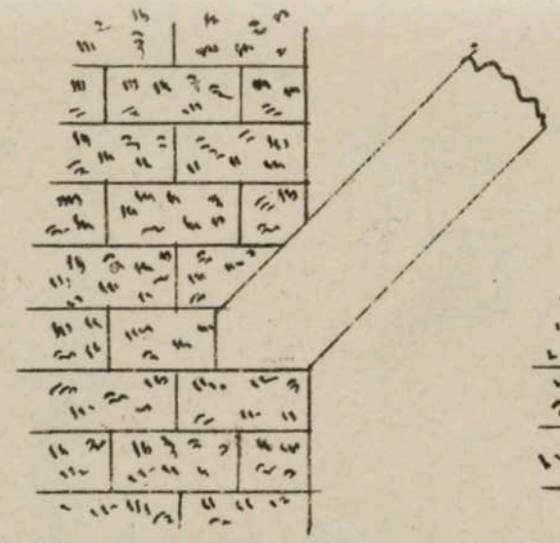
Зер. 53.

Чер. 67.

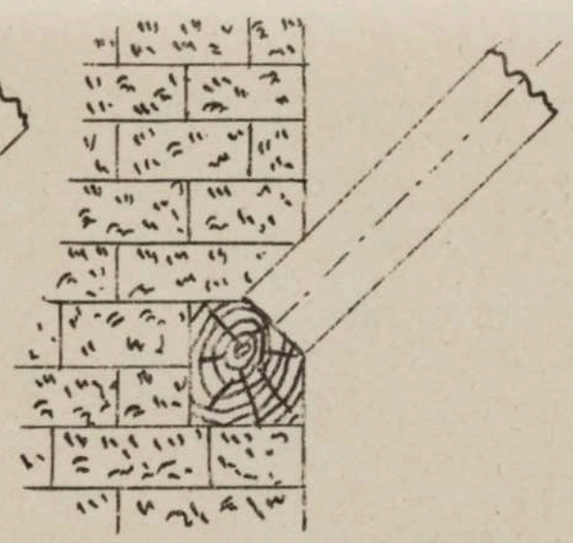


Инженерное искусство.

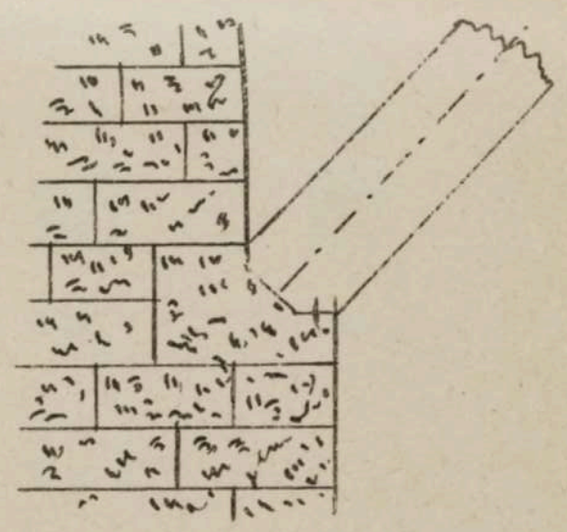
Чер. 68



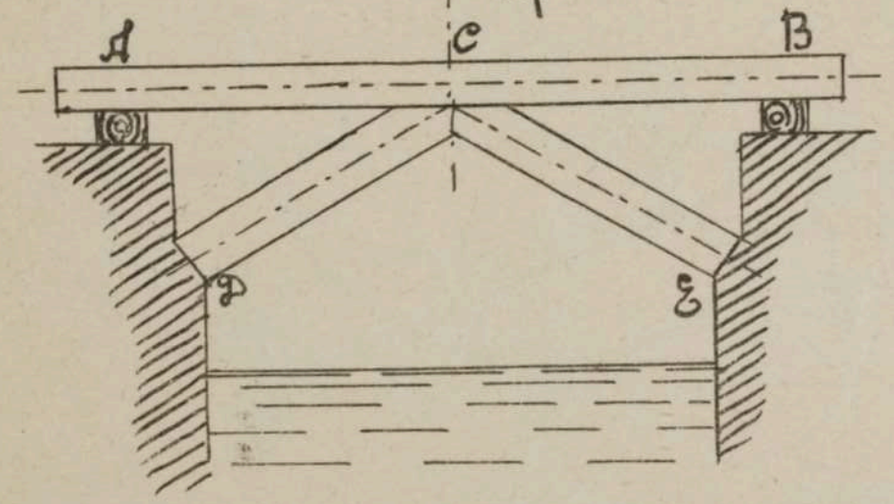
Чер. 69



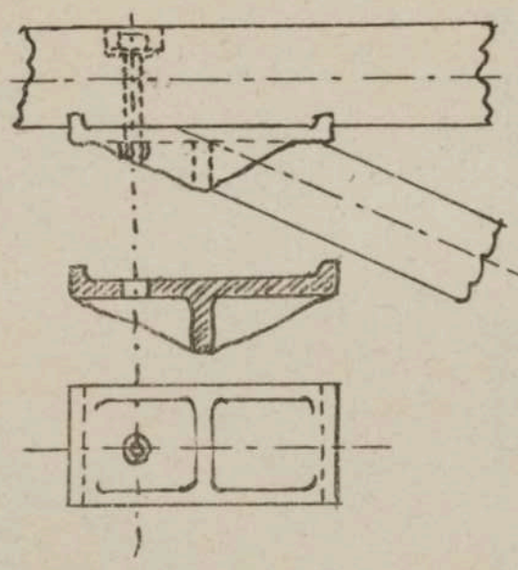
Чер. 70



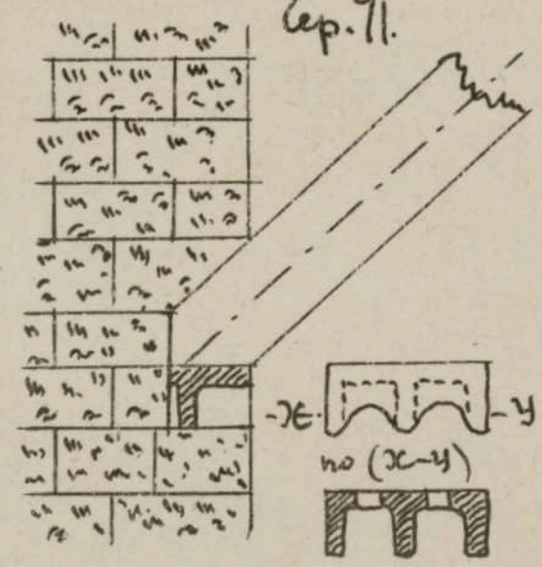
Чер. 65.



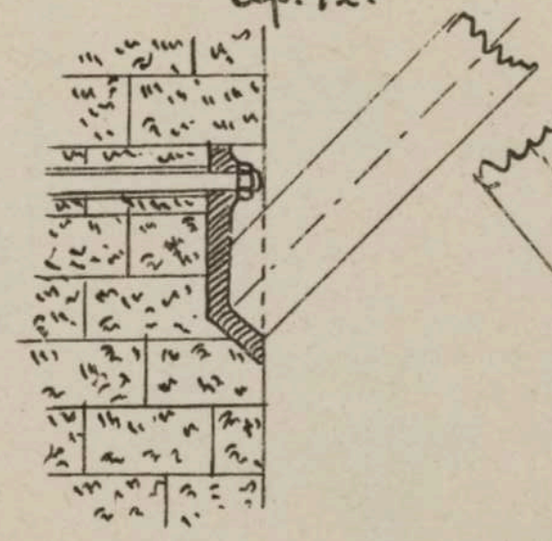
Чер. 80



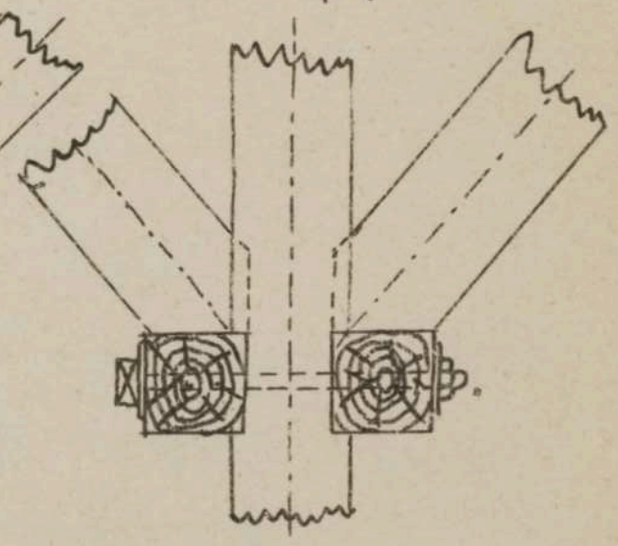
Чер. 71.



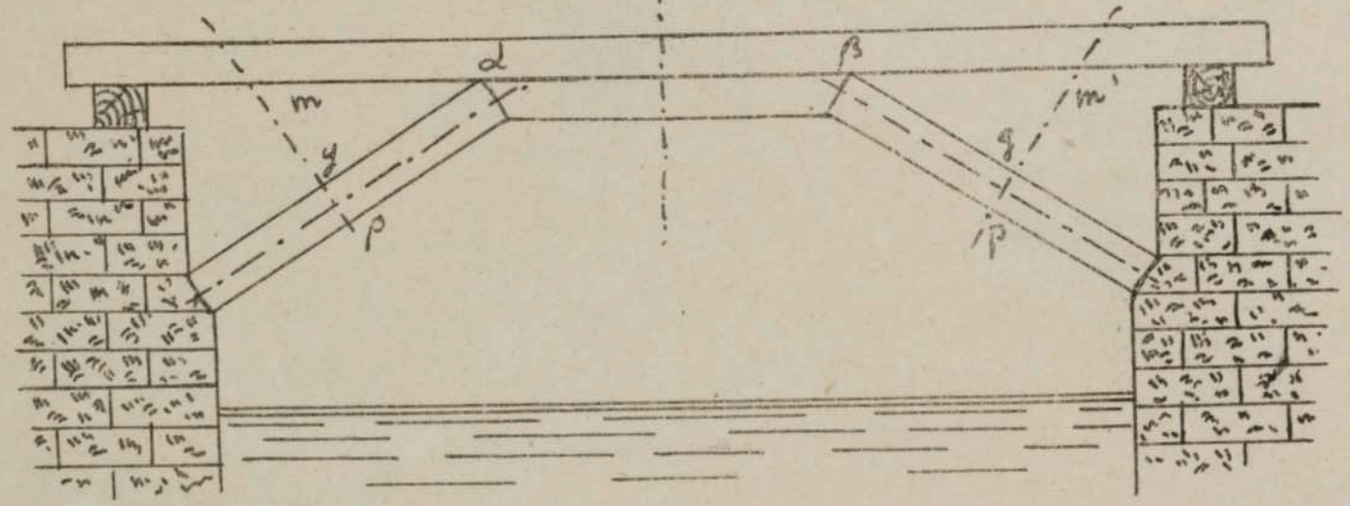
Чер. 72.



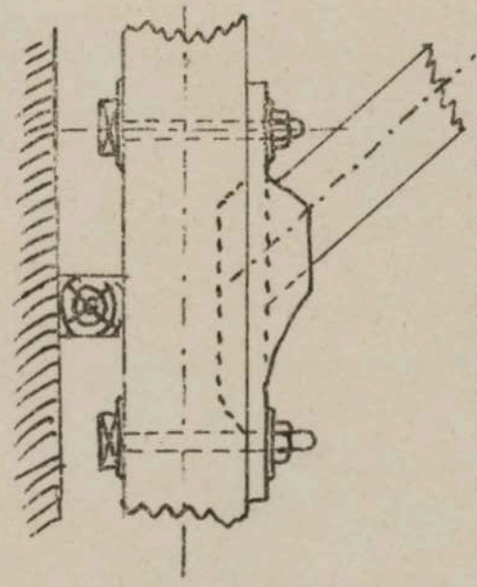
Чер. 73



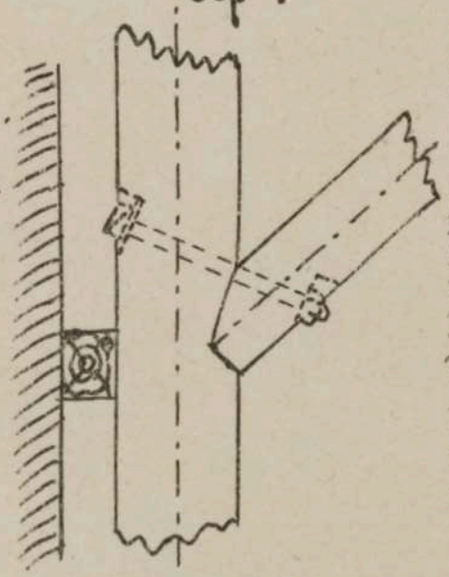
Чер. 77.



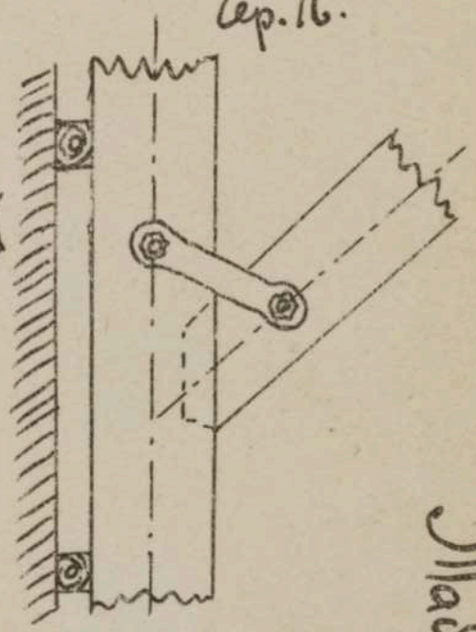
Чер. 74.



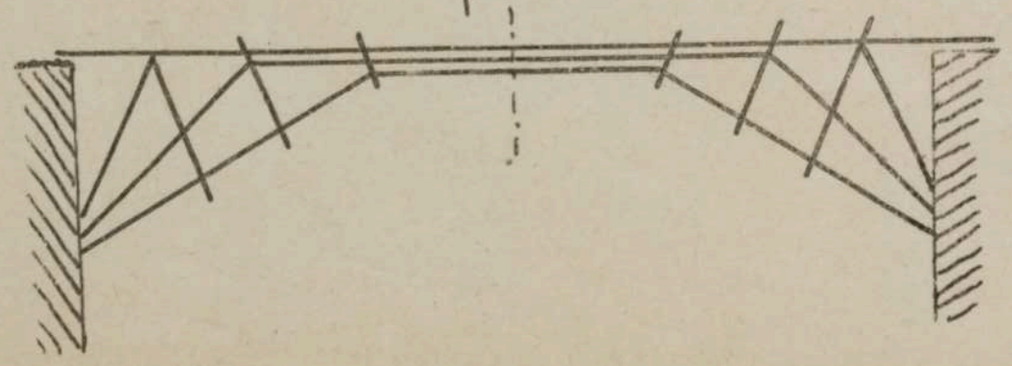
Чер. 75.



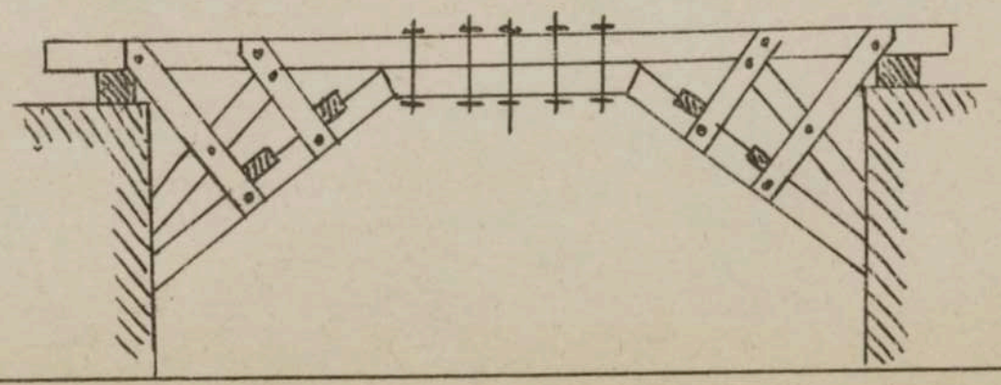
Чер. 76.



Чер. 85.



Чер. 83.



Чер. 81.

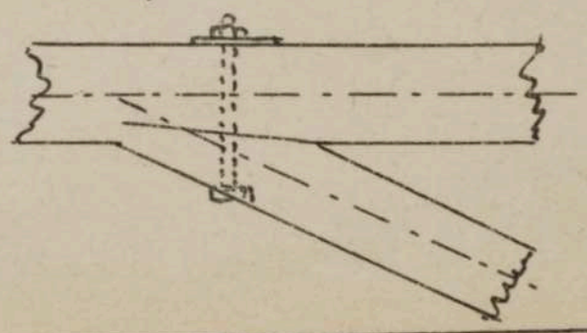
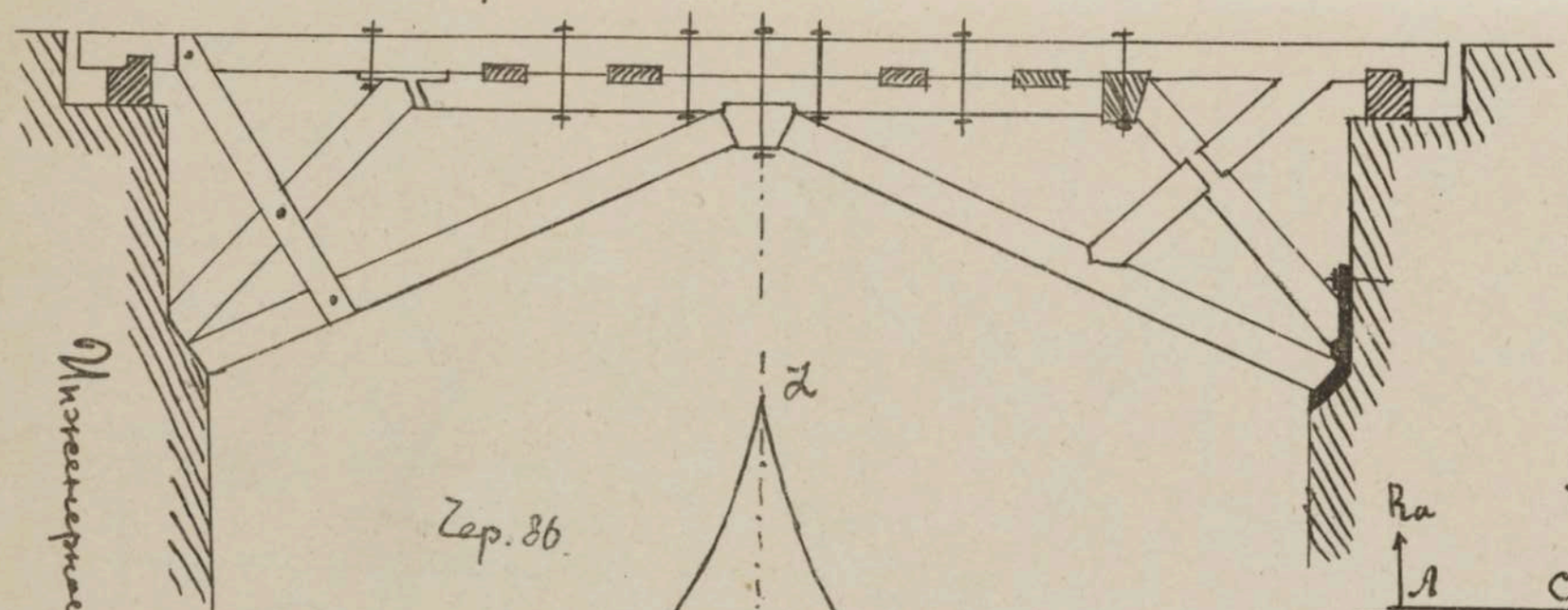


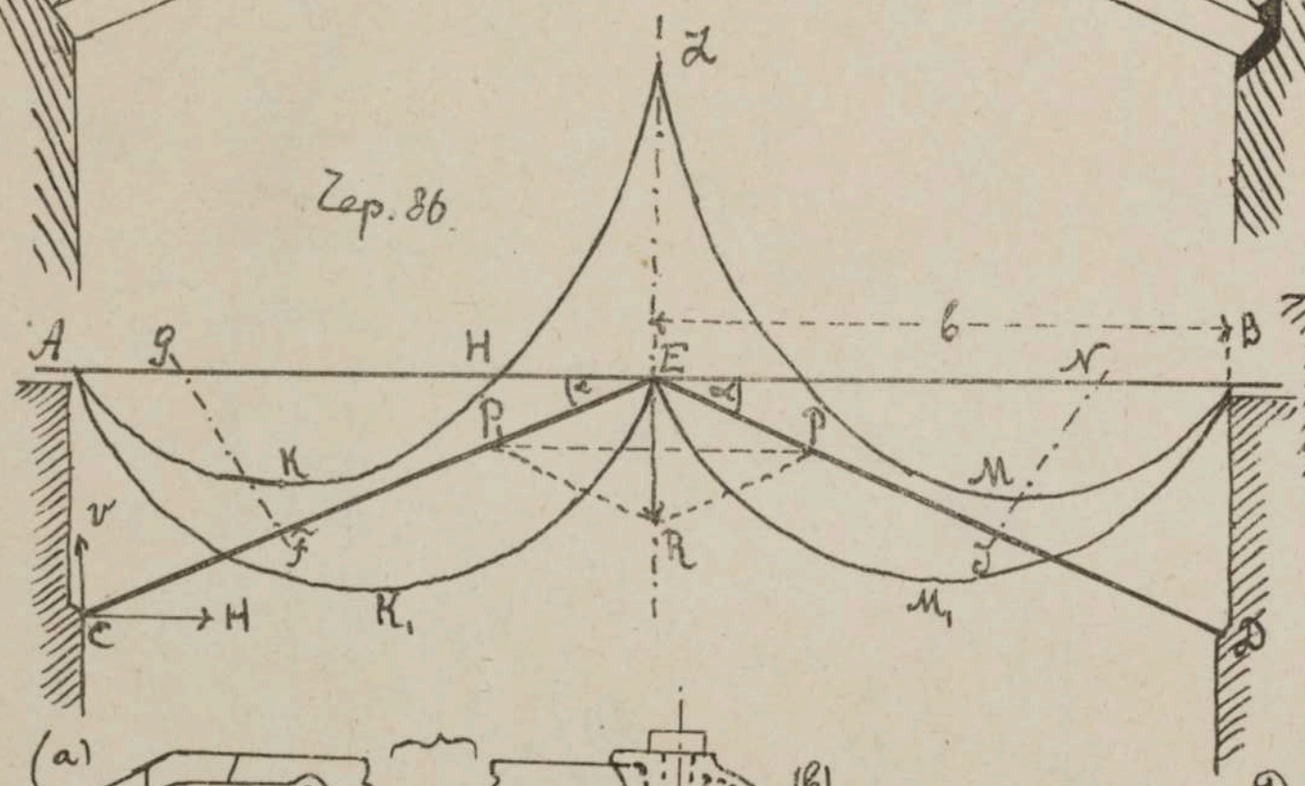
Таблица 45.

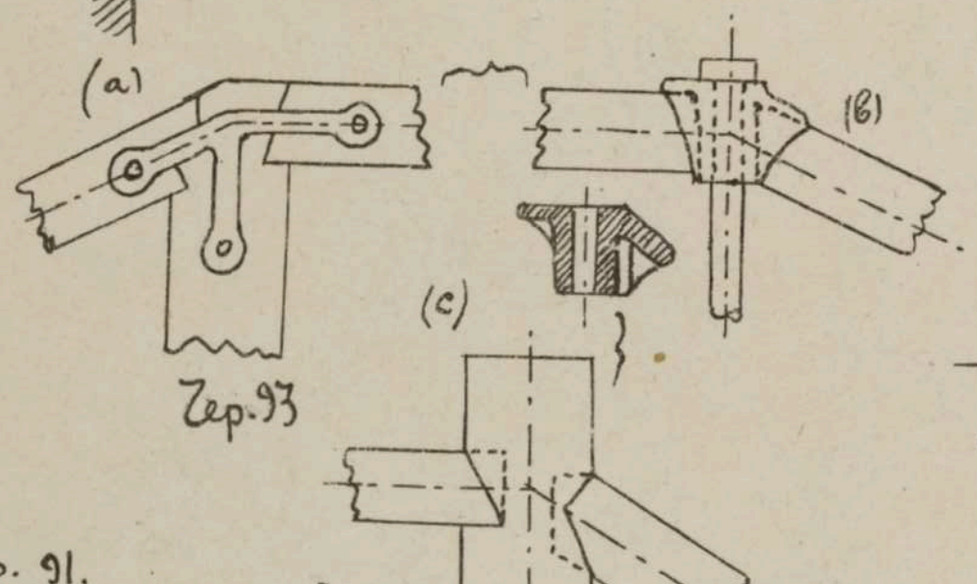
Инженерное искусство.

Сер. 84.



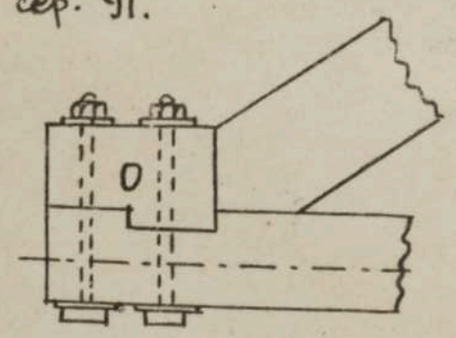
Сер. 86.



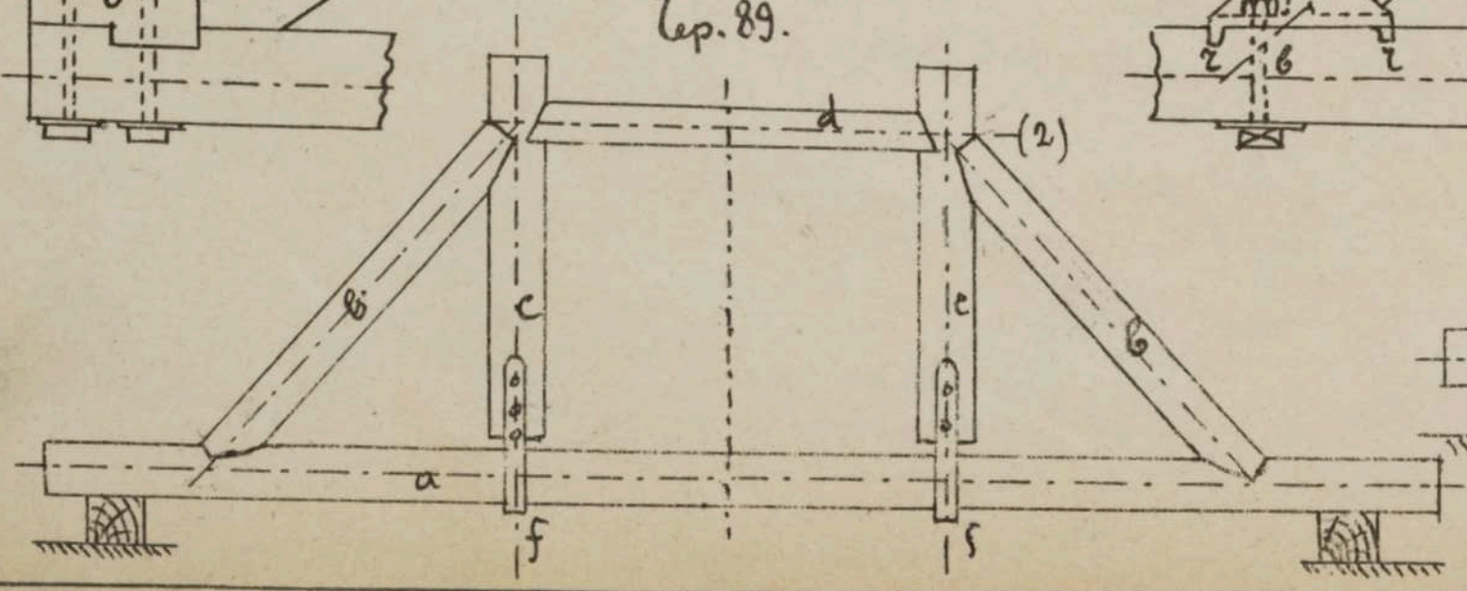


Сер. 93

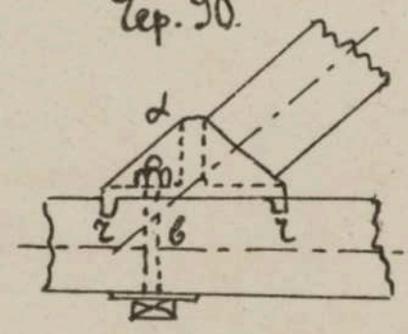
Сер. 91.



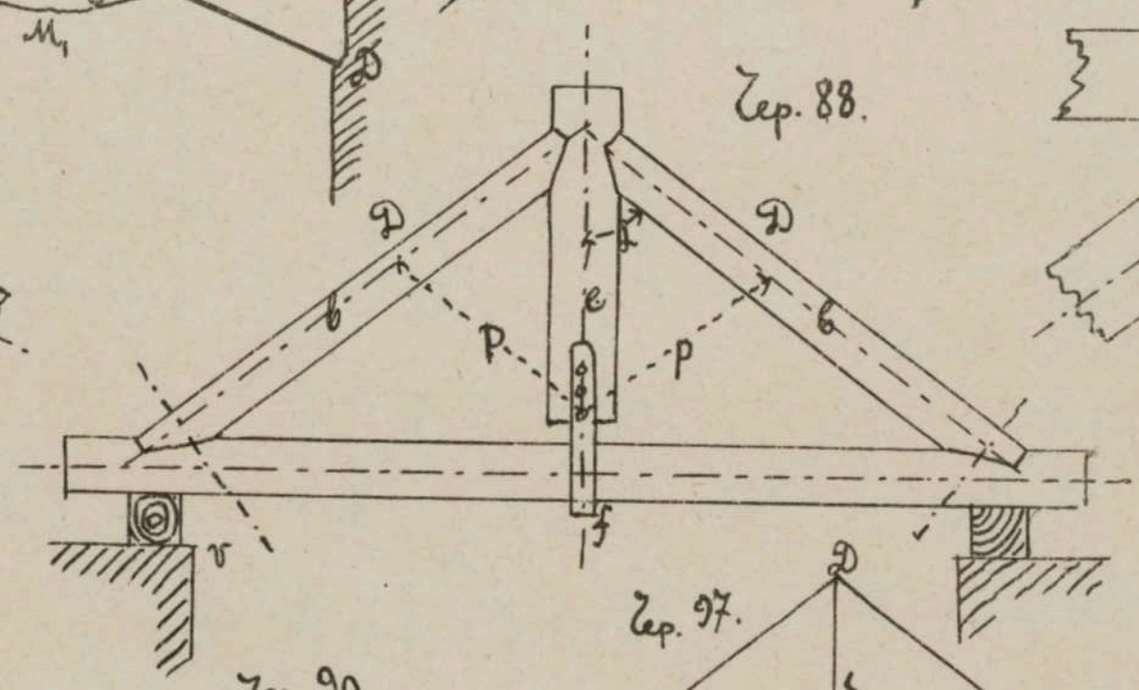
Сер. 89.



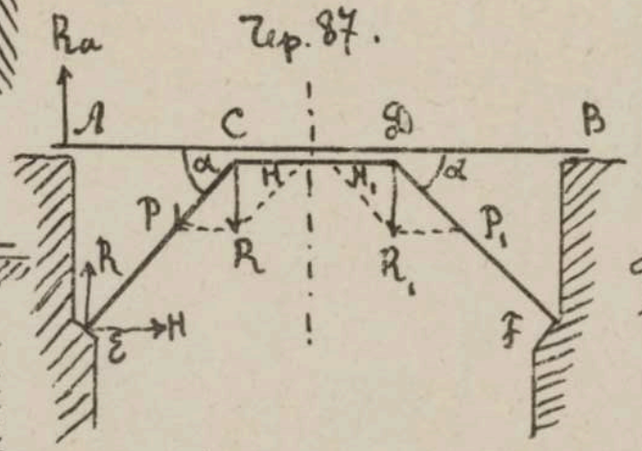
Сер. 90.



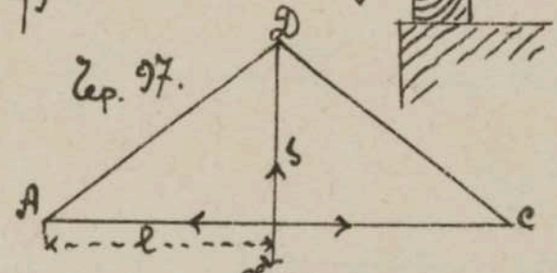
Сер. 88.



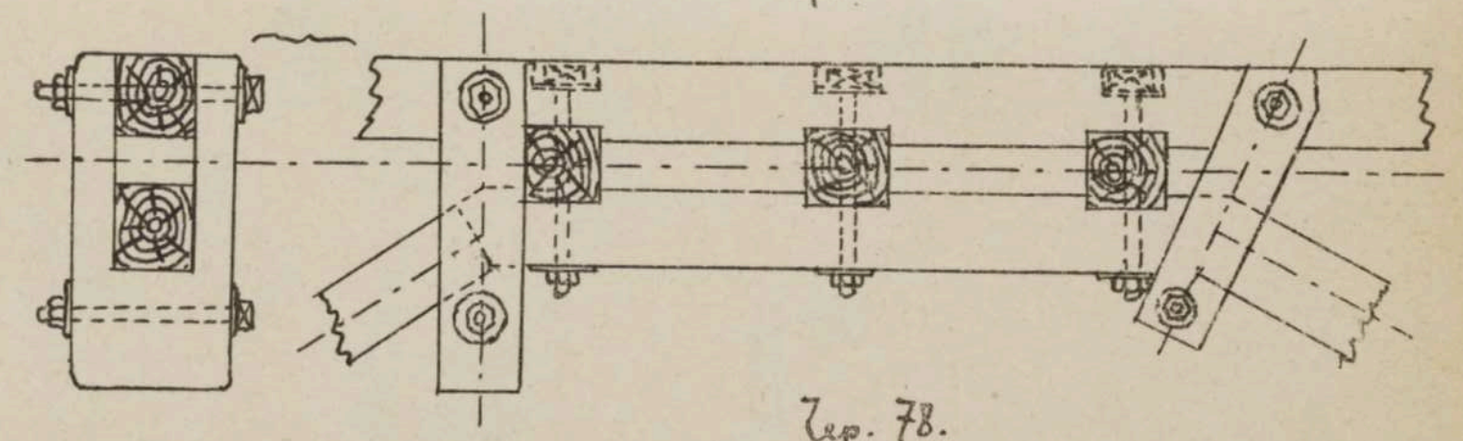
Сер. 87.



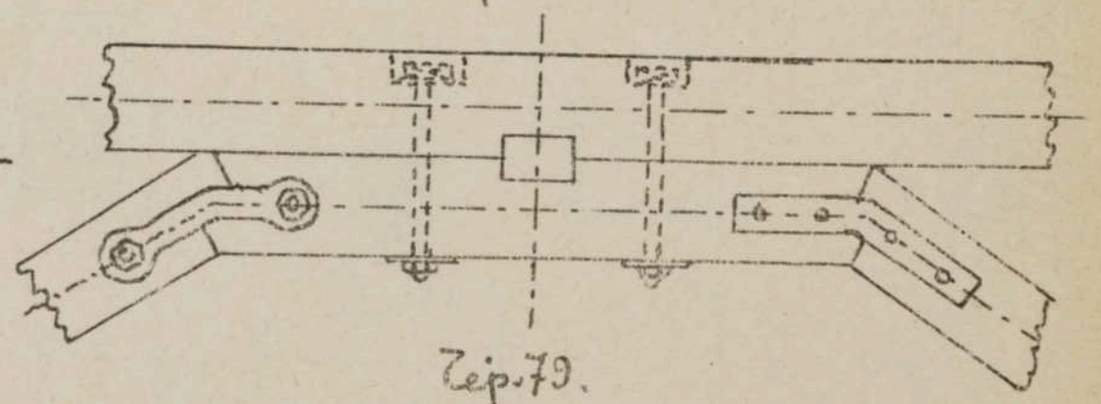
Сер. 97.



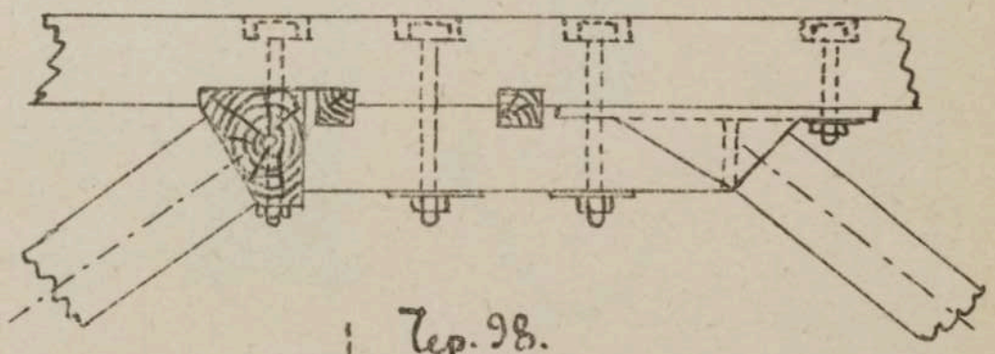
Сер. 82.



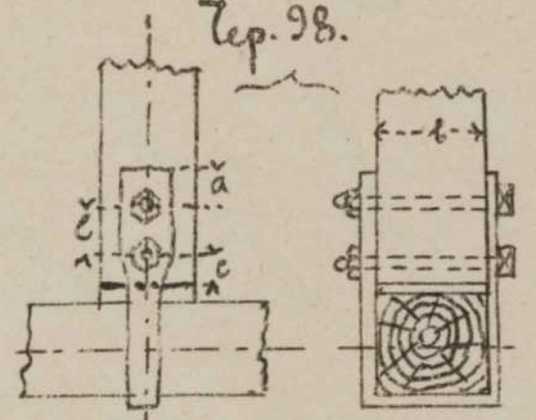
Сер. 78.



Сер. 79.



Сер. 98.



Сер. 95.

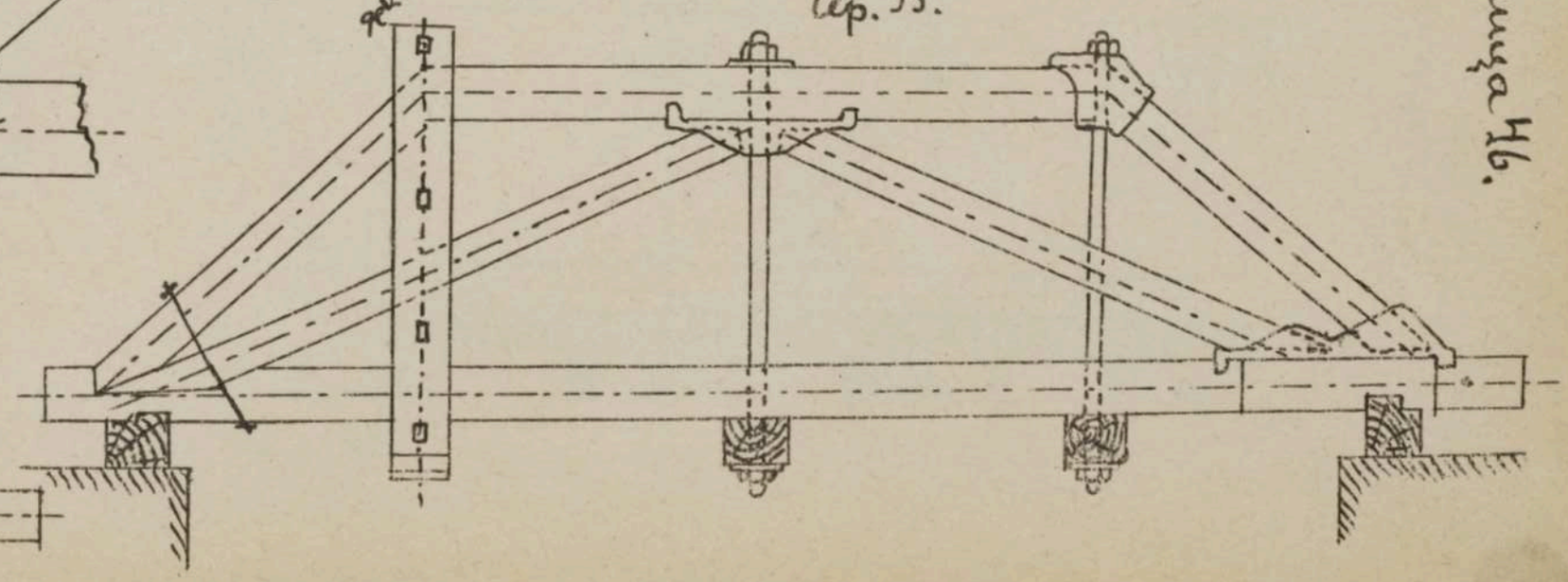
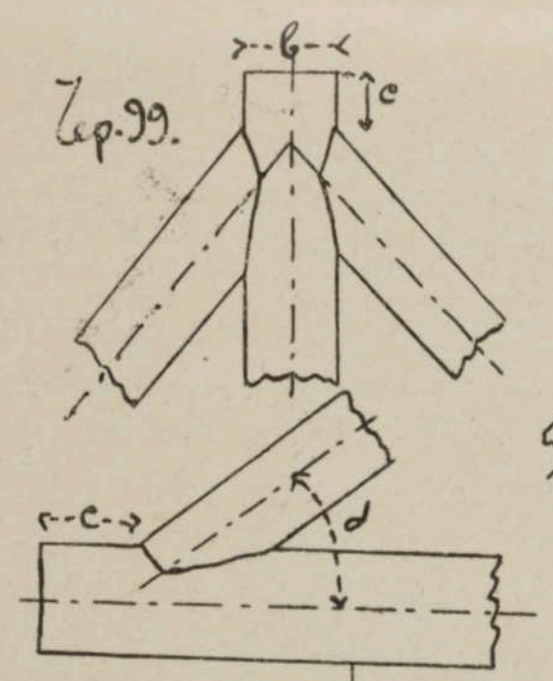


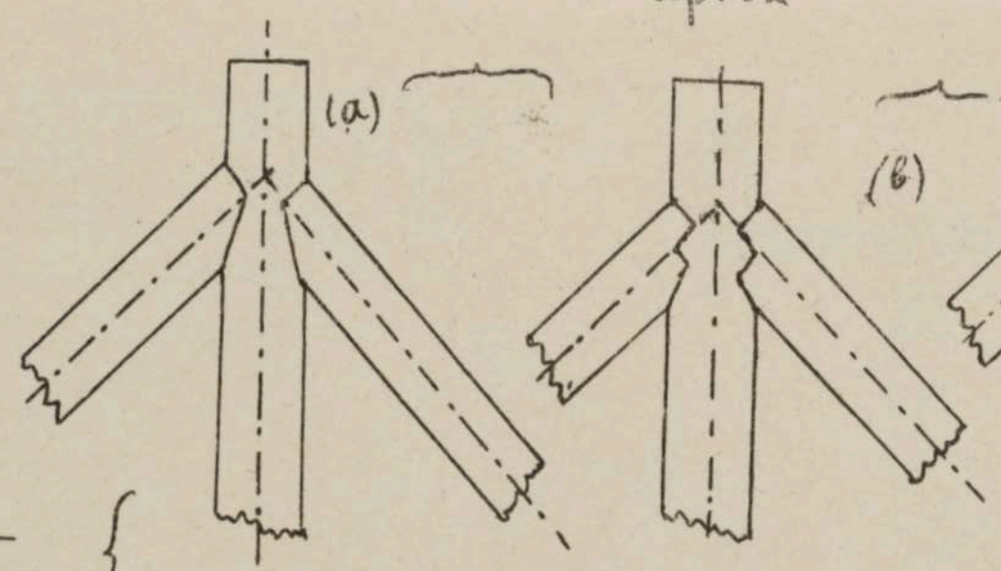
Таблица 46.

Инженерное искусство.

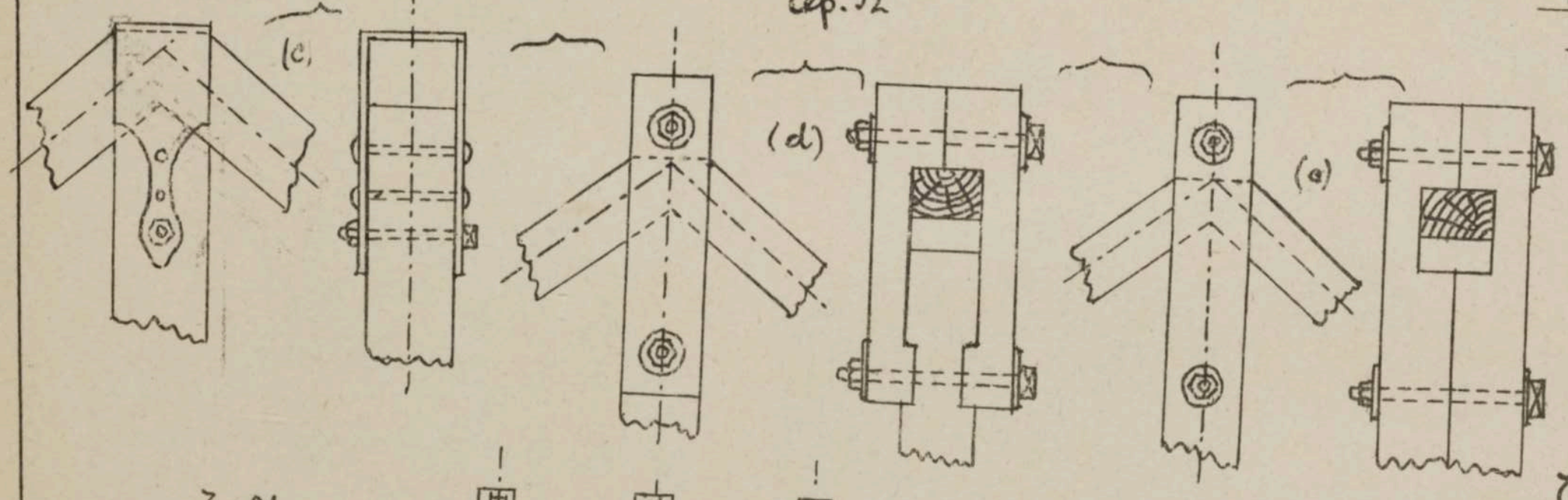
Чер. 99.



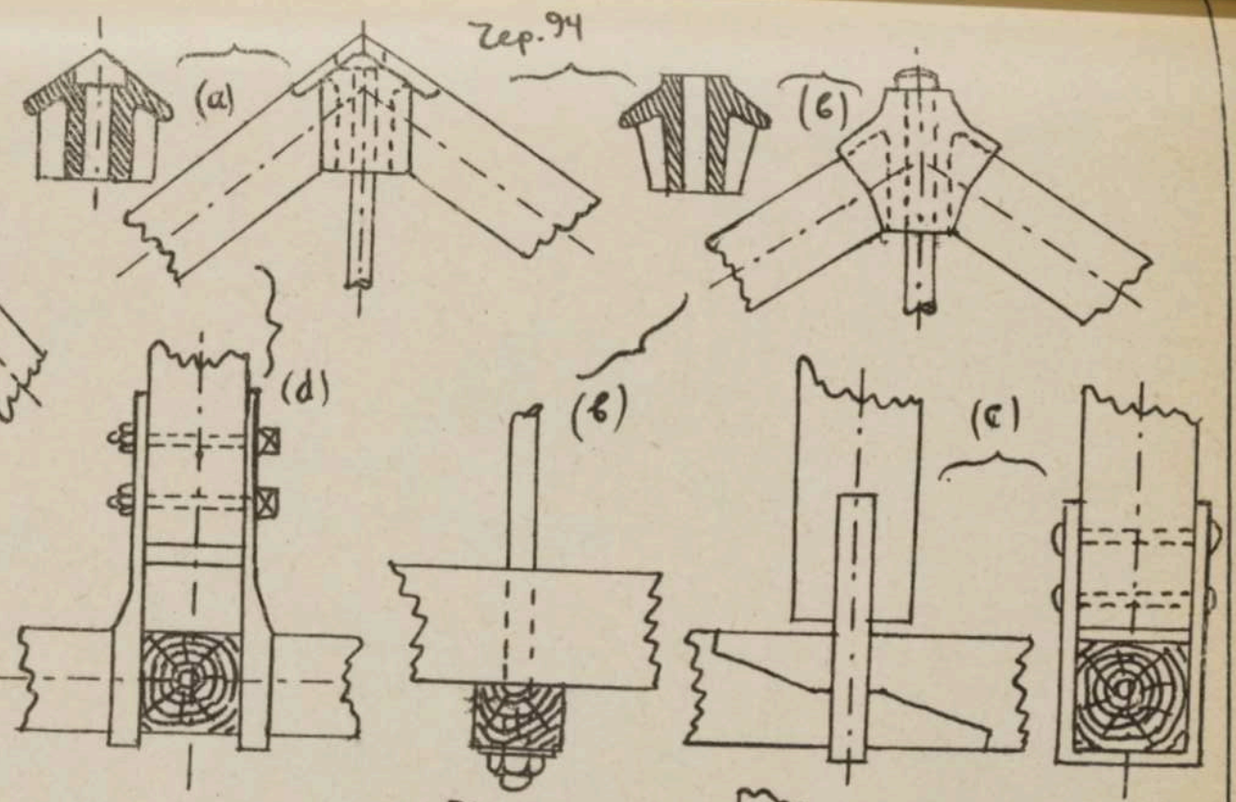
Чер. 92



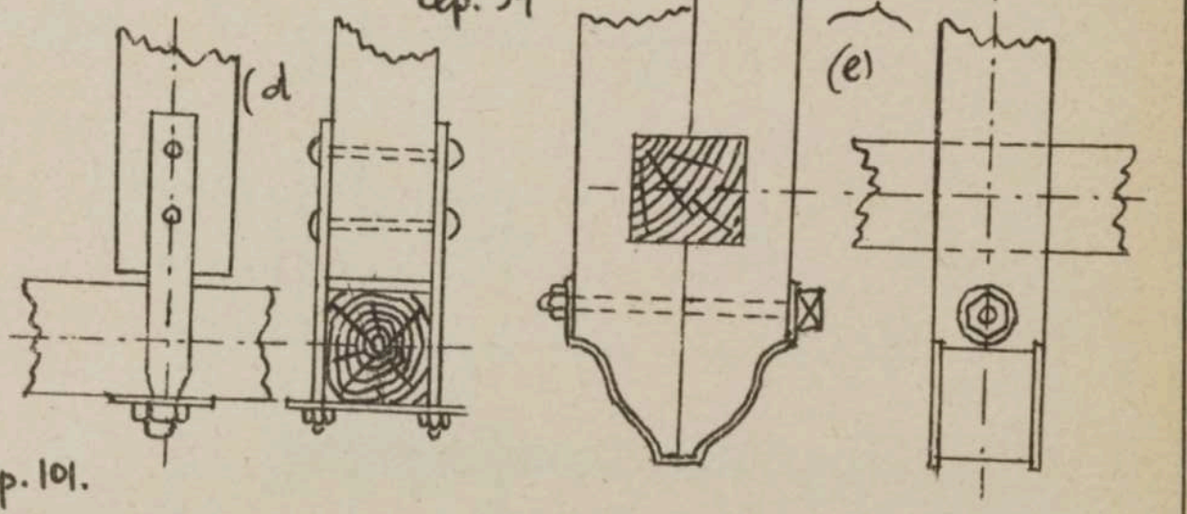
Чер. 92



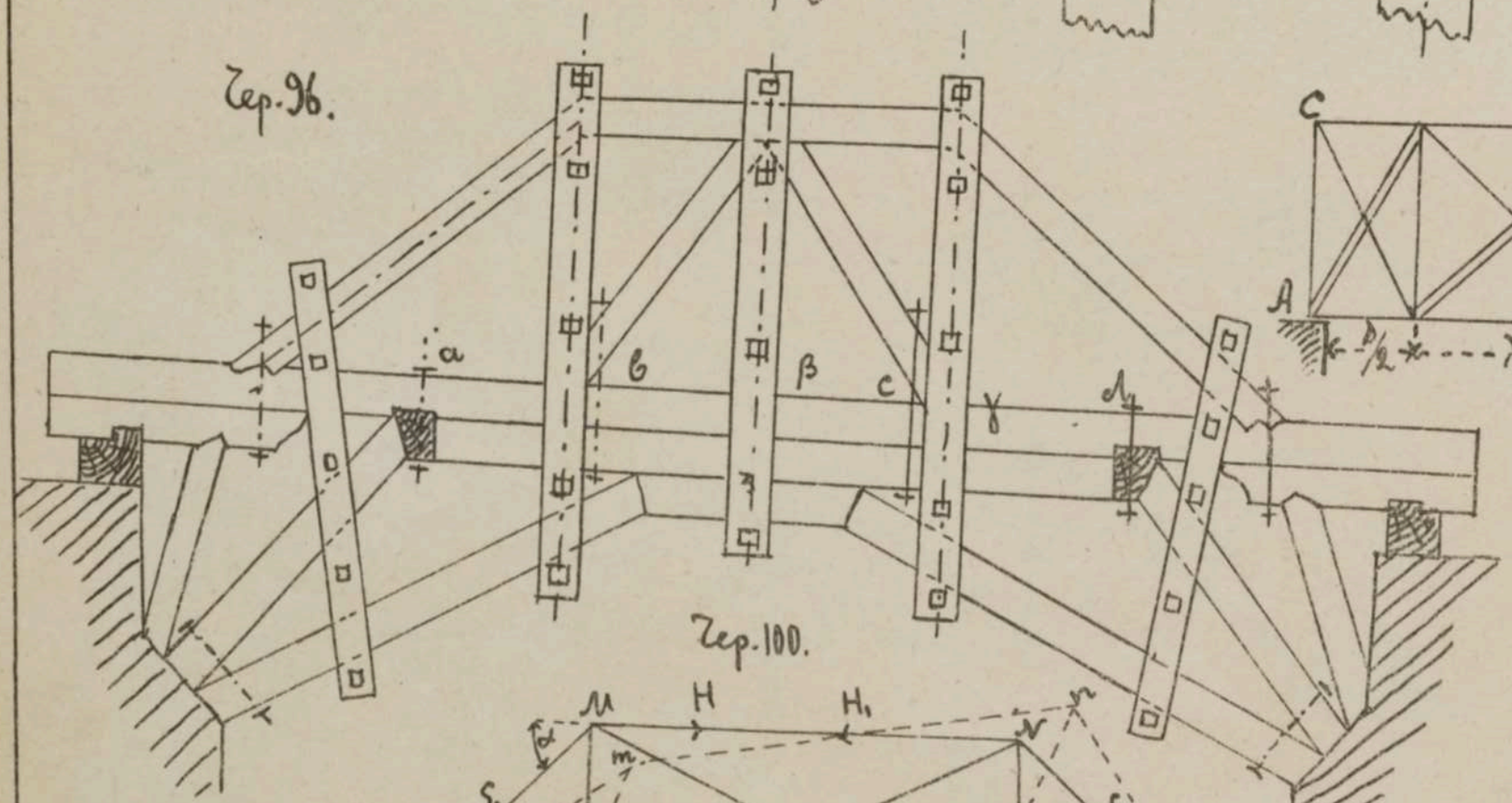
Чер. 94



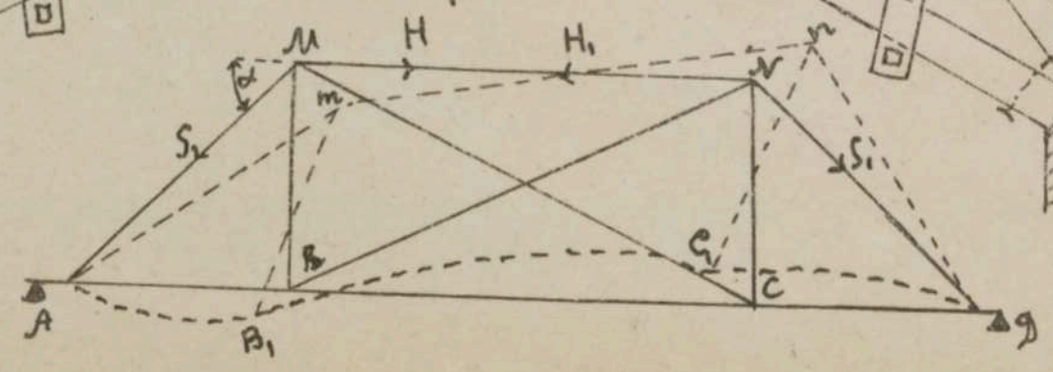
Чер. 94



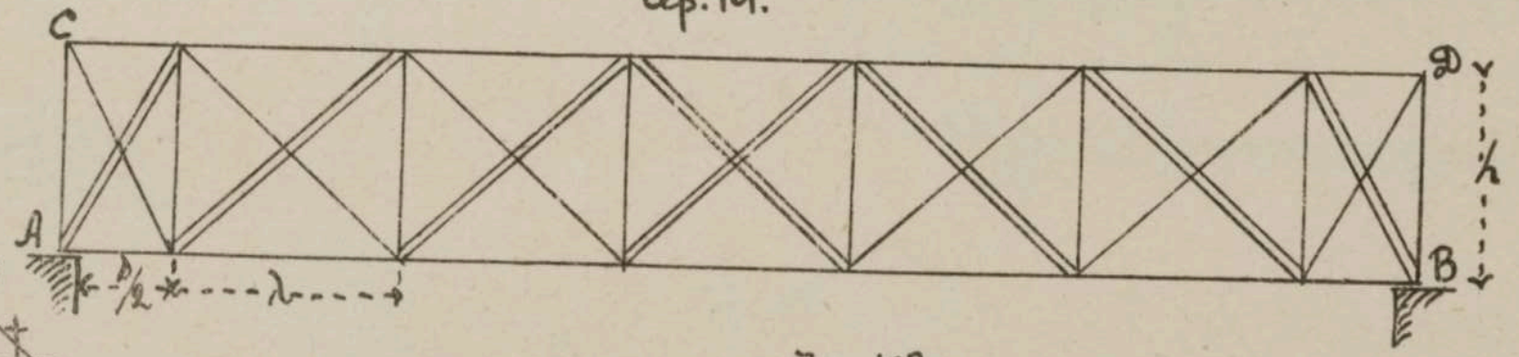
Чер. 96.



Чер. 100.



Чер. 101.



Чер. 102

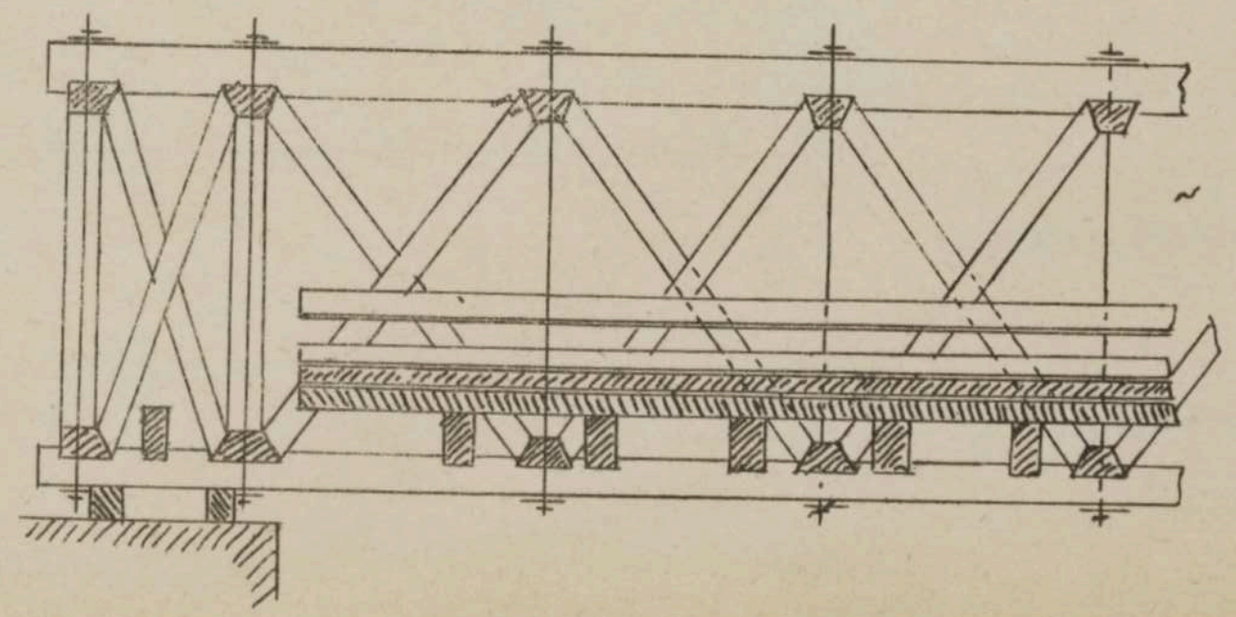
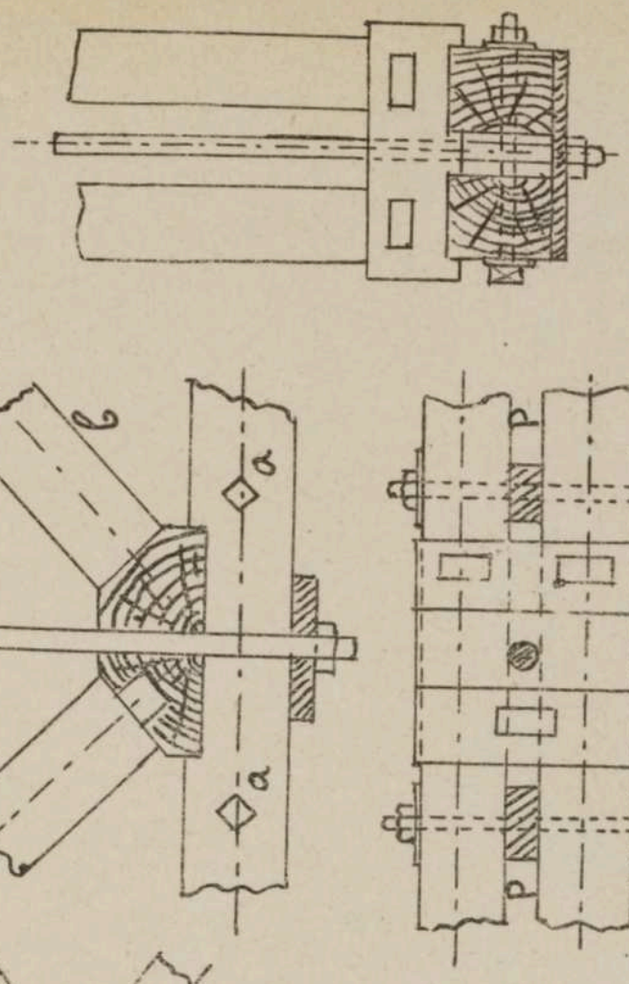
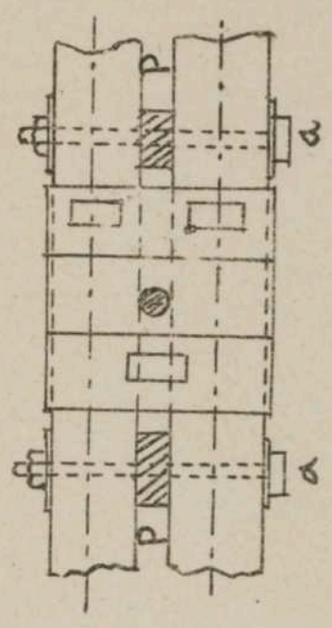


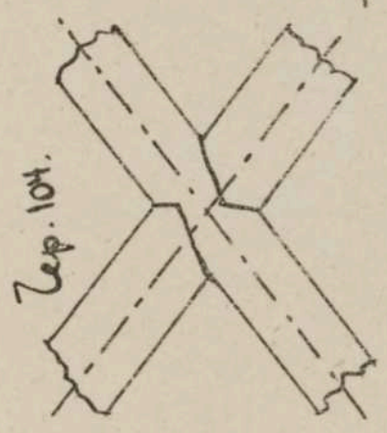
Таблица 47.

Таблица 48

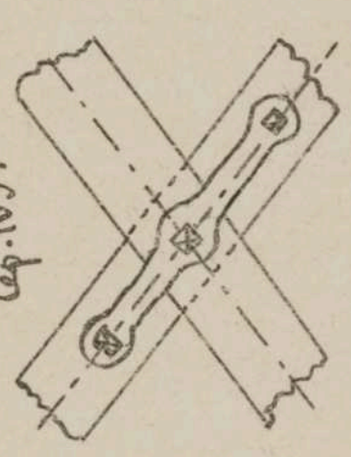


Чер. 106.

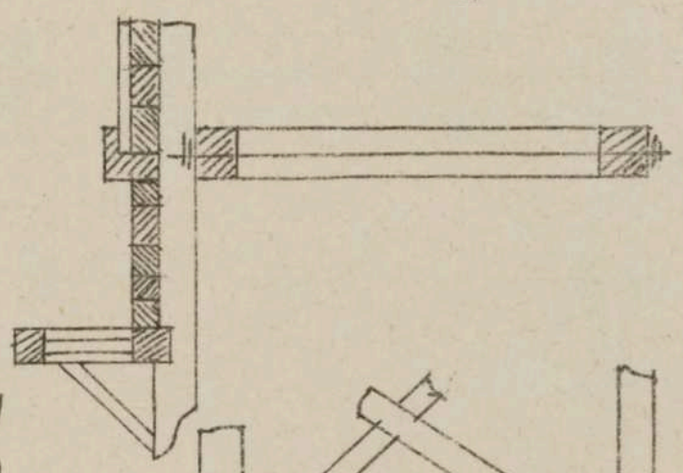


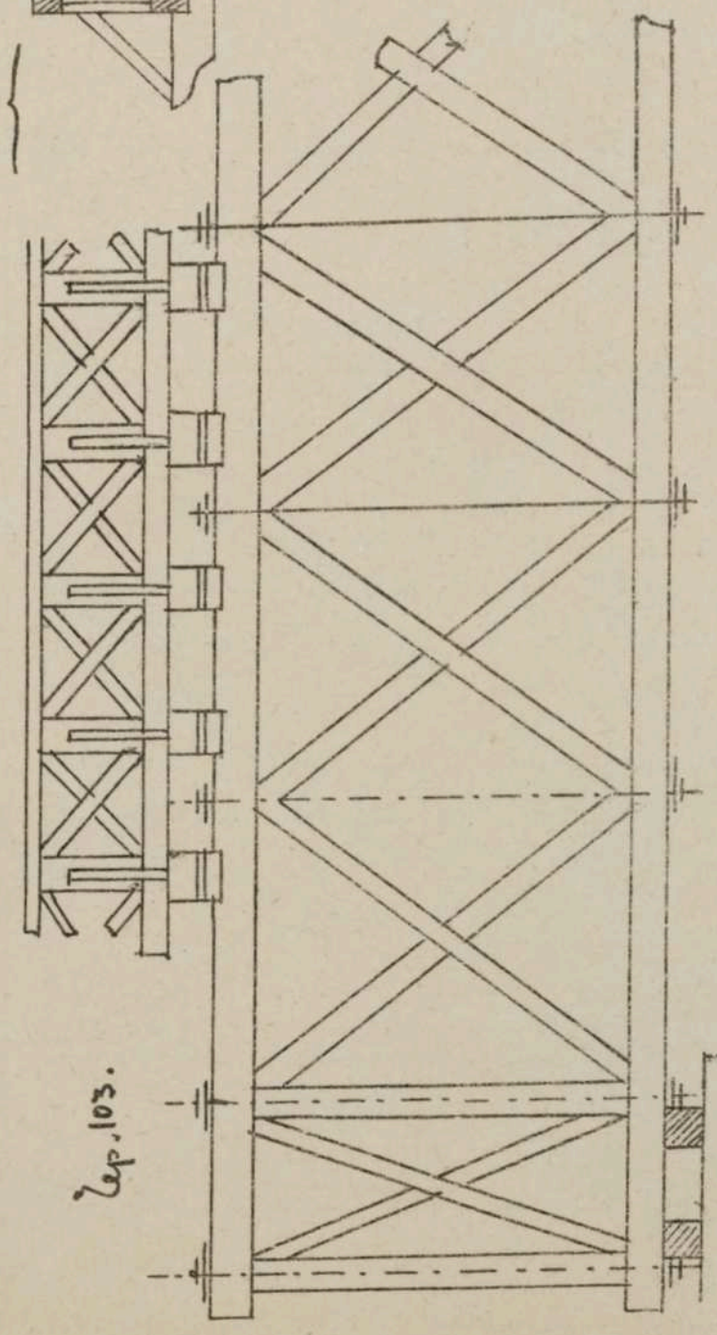


Чер. 104.

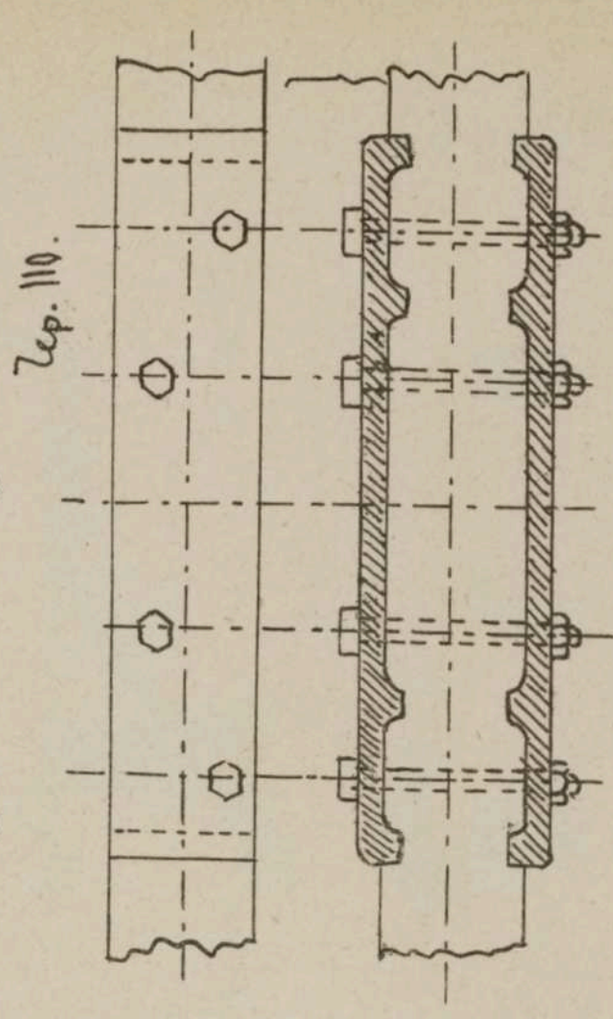


Чер. 105.

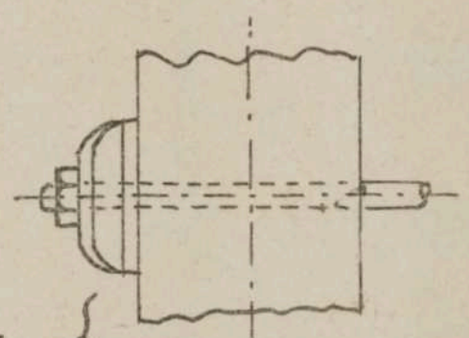




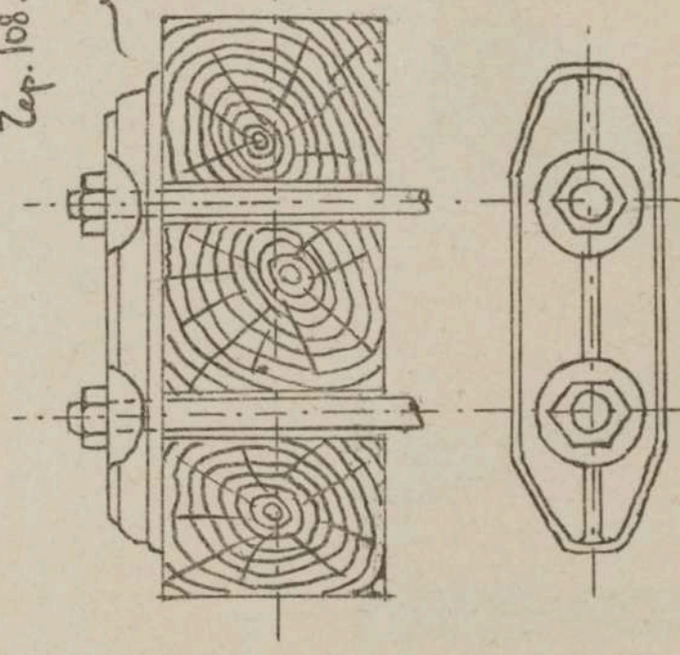
Чер. 103.

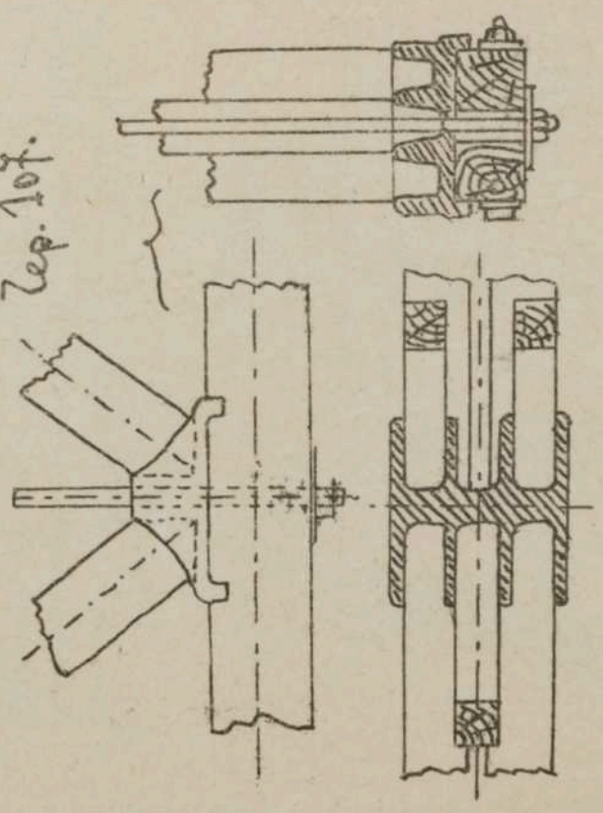


Чер. 110.

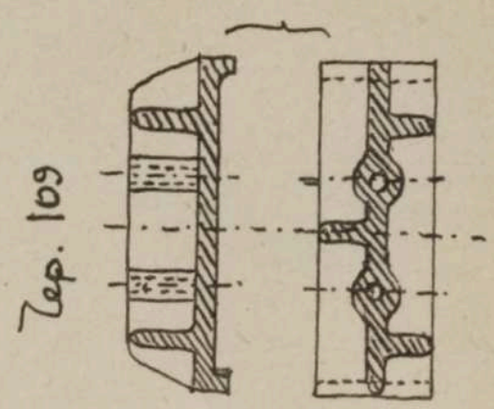


Чер. 108.

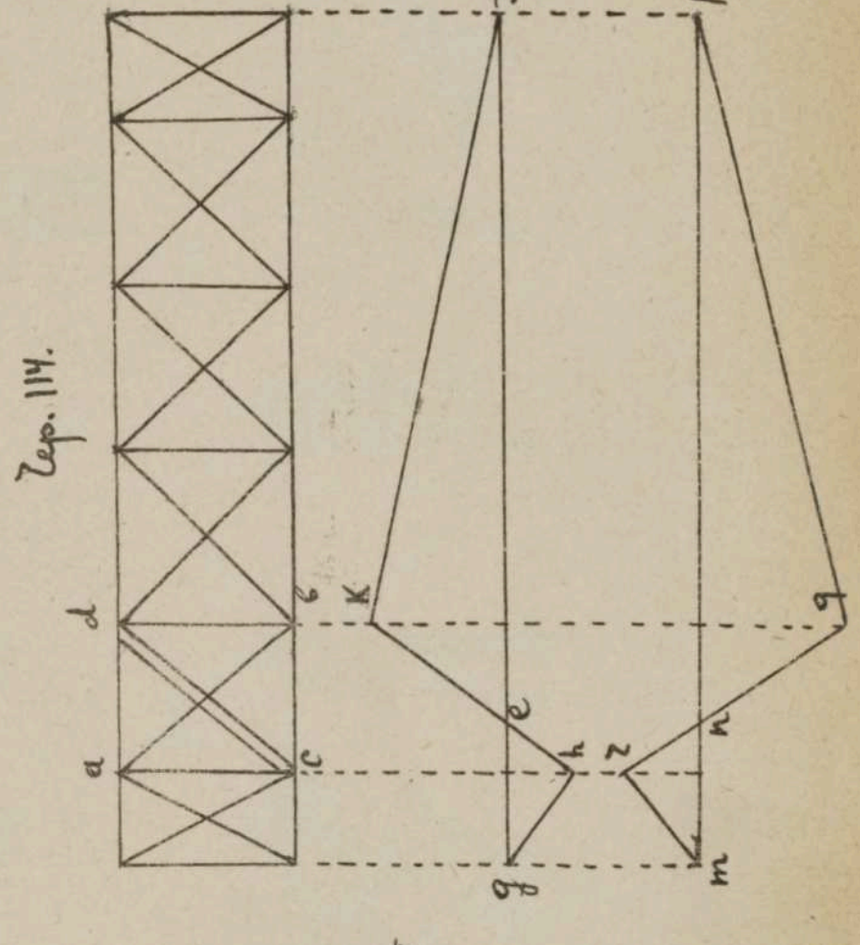




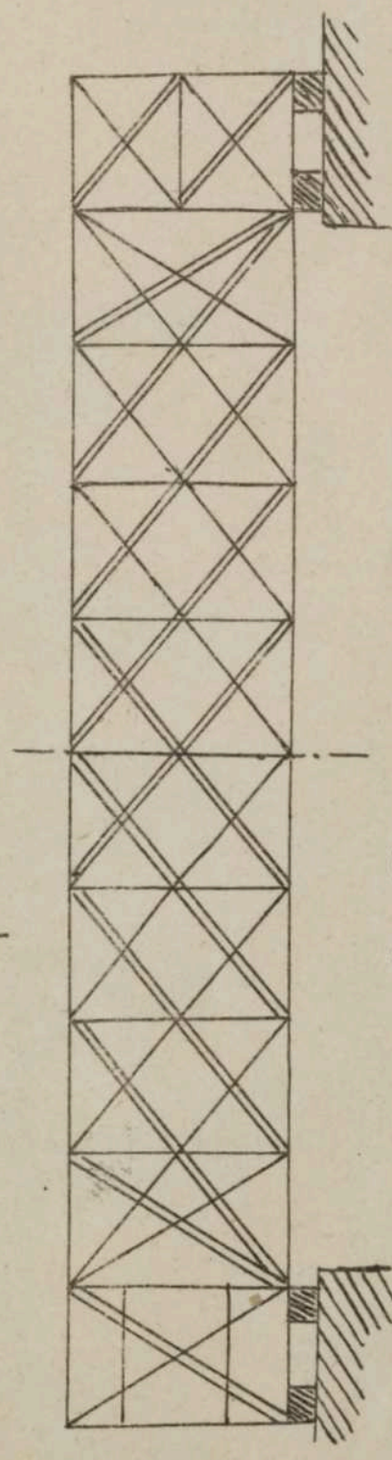
Чер. 107.



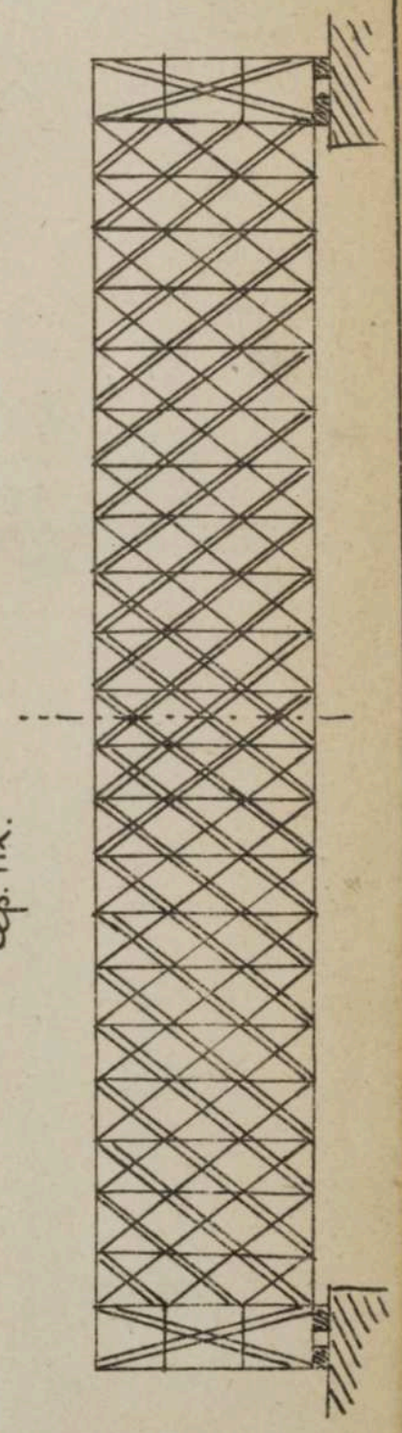
Чер. 109.



Чер. 114.



Чер. 111.



Чер. 112.

Гер. 113.

Продольный разрезъ

Поперечн. разр.

Инженерное сооружение

Горизонтальный видъ.

a a

Гер. 113 (а)

I II III

Гер. 119.

Гер. 118.

Мостъ, пролетъ 5 mtr въ рѣзкахъ.

Гер. 116.

Гер. 117.

n

$\frac{2}{3}l$

Гер. 116.

Гер. 120

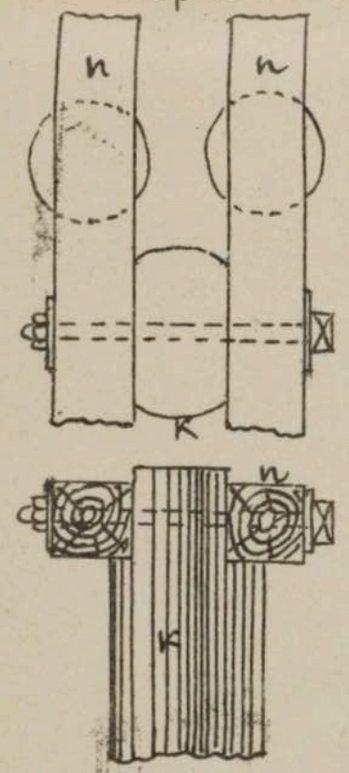
Гер. 122.

поперечный разрѣзъ

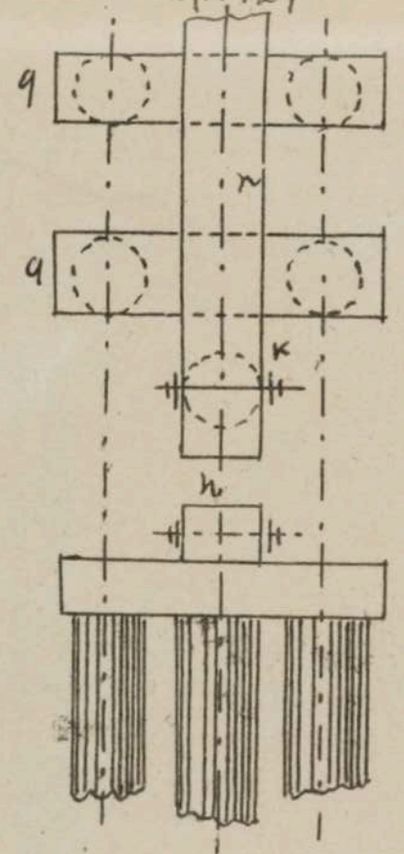
Таблица 49.

Инженерное искусство

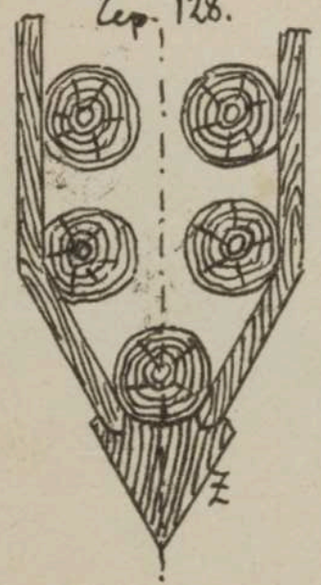
Чер. 126.



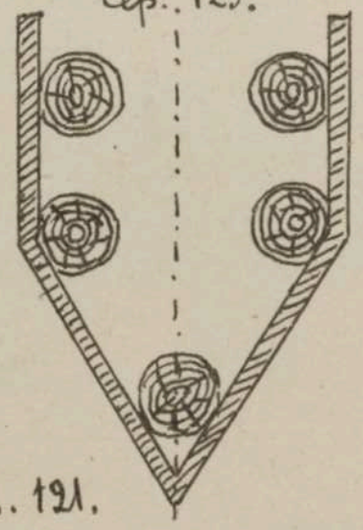
Чер. 127



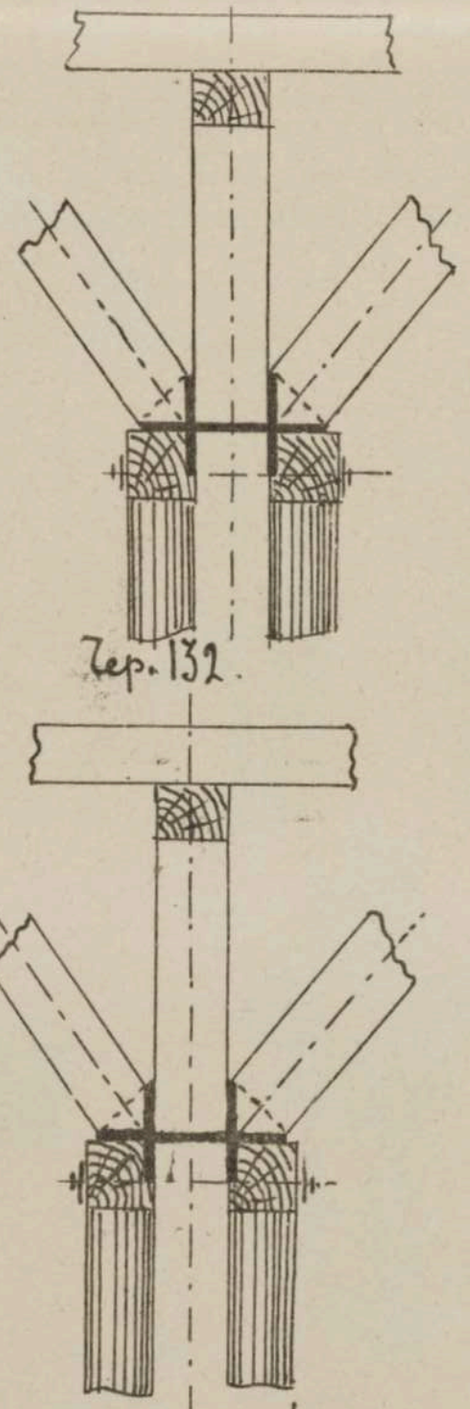
Чер. 128.



Чер. 129.

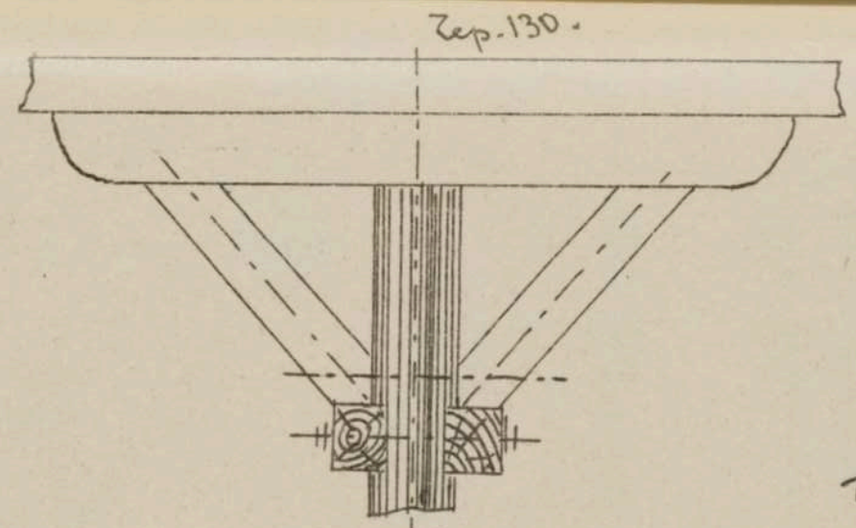


Чер. 132.

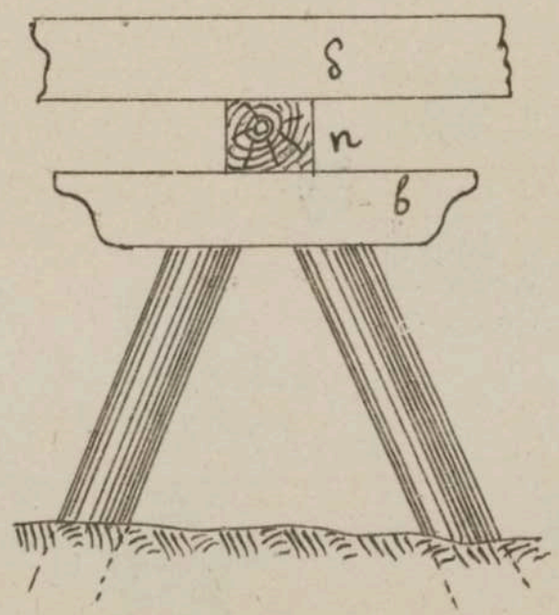


Чер. 132.

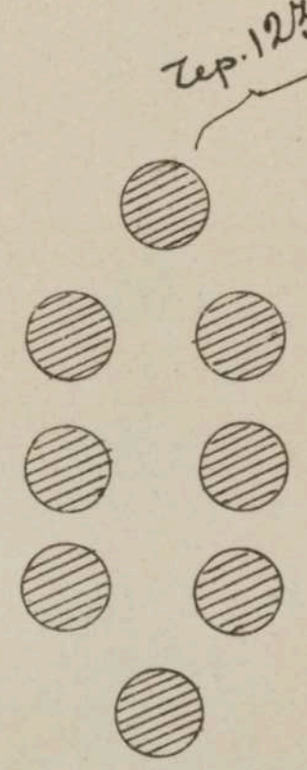
Чер. 130.



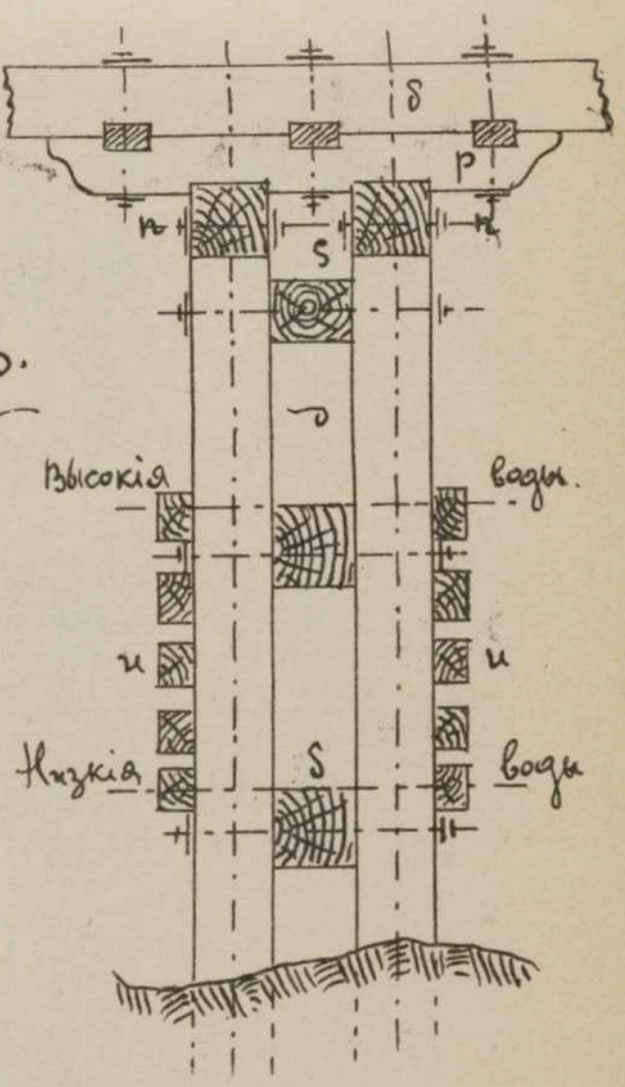
Чер. 124.

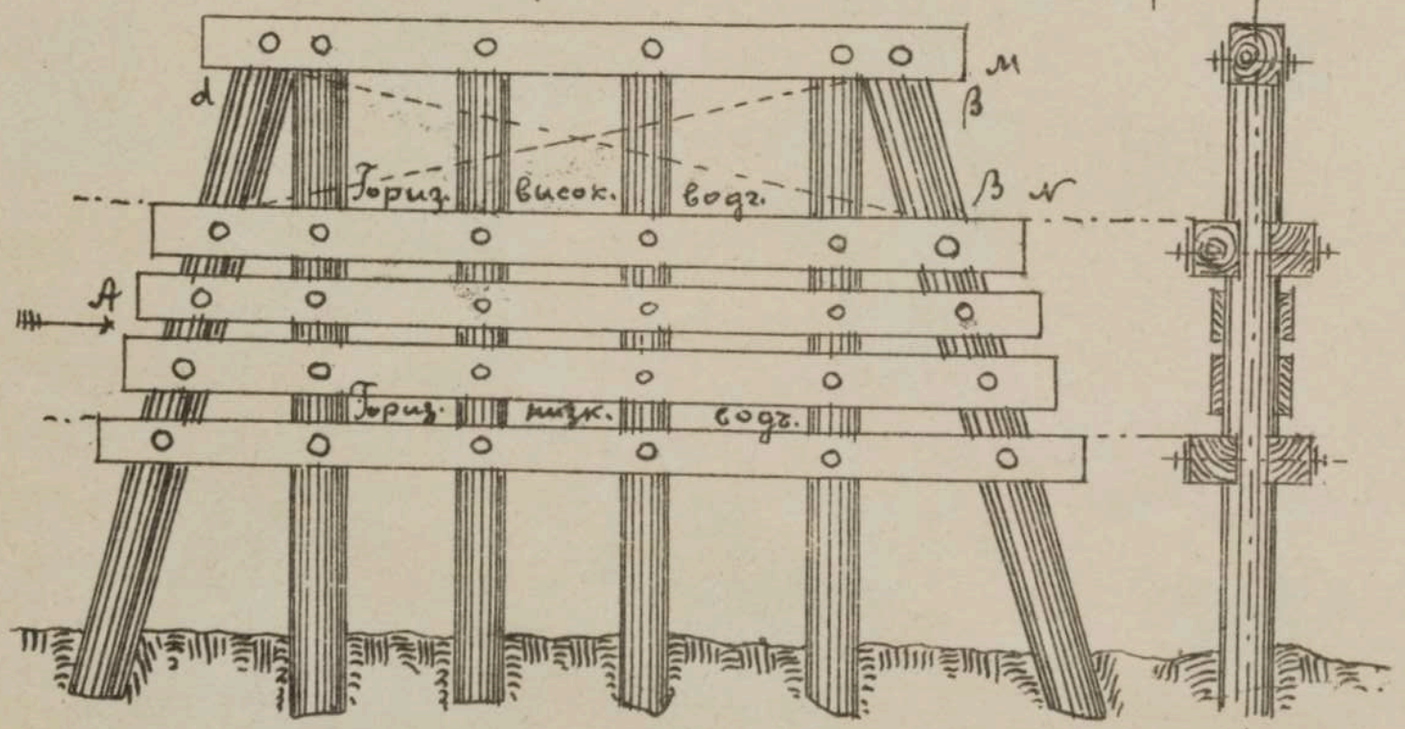


Чер. 123.



Чер. 125





Чер. 121.

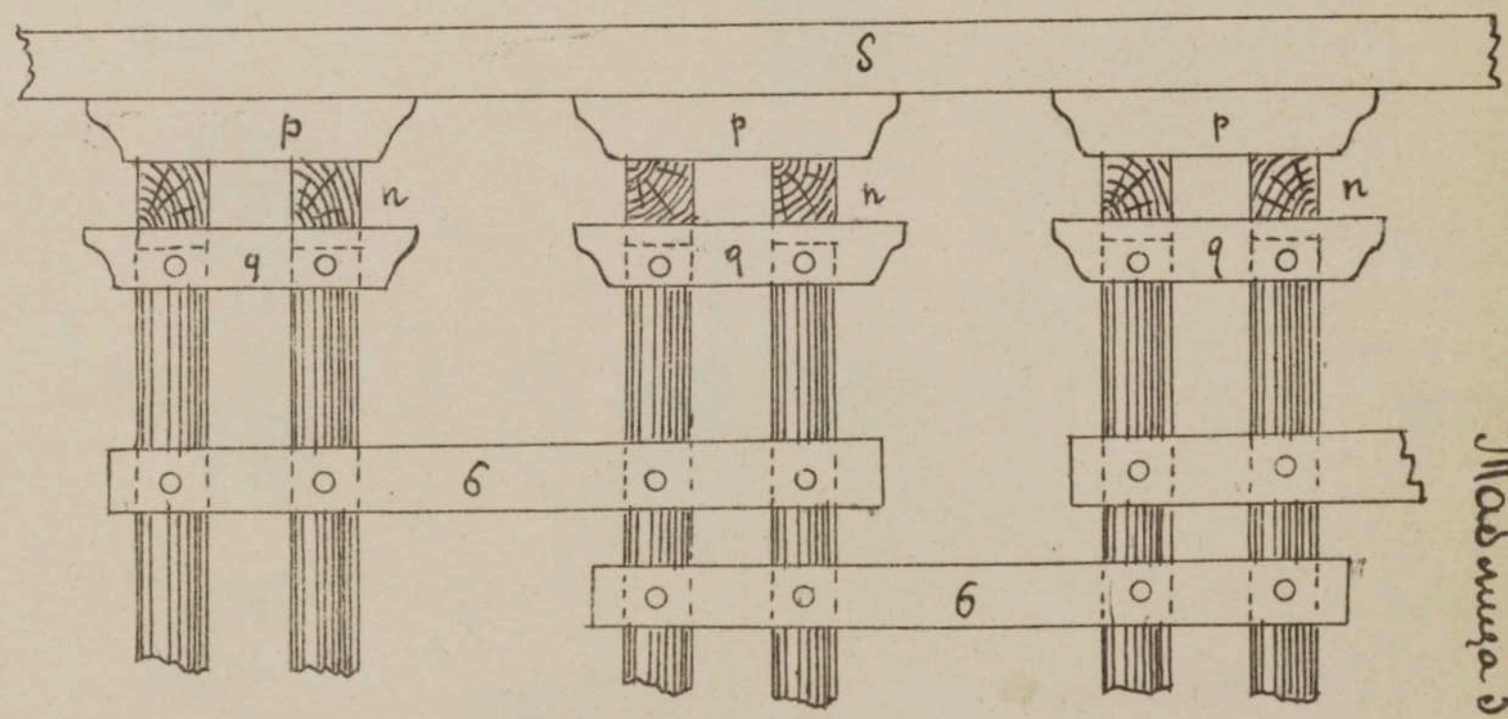
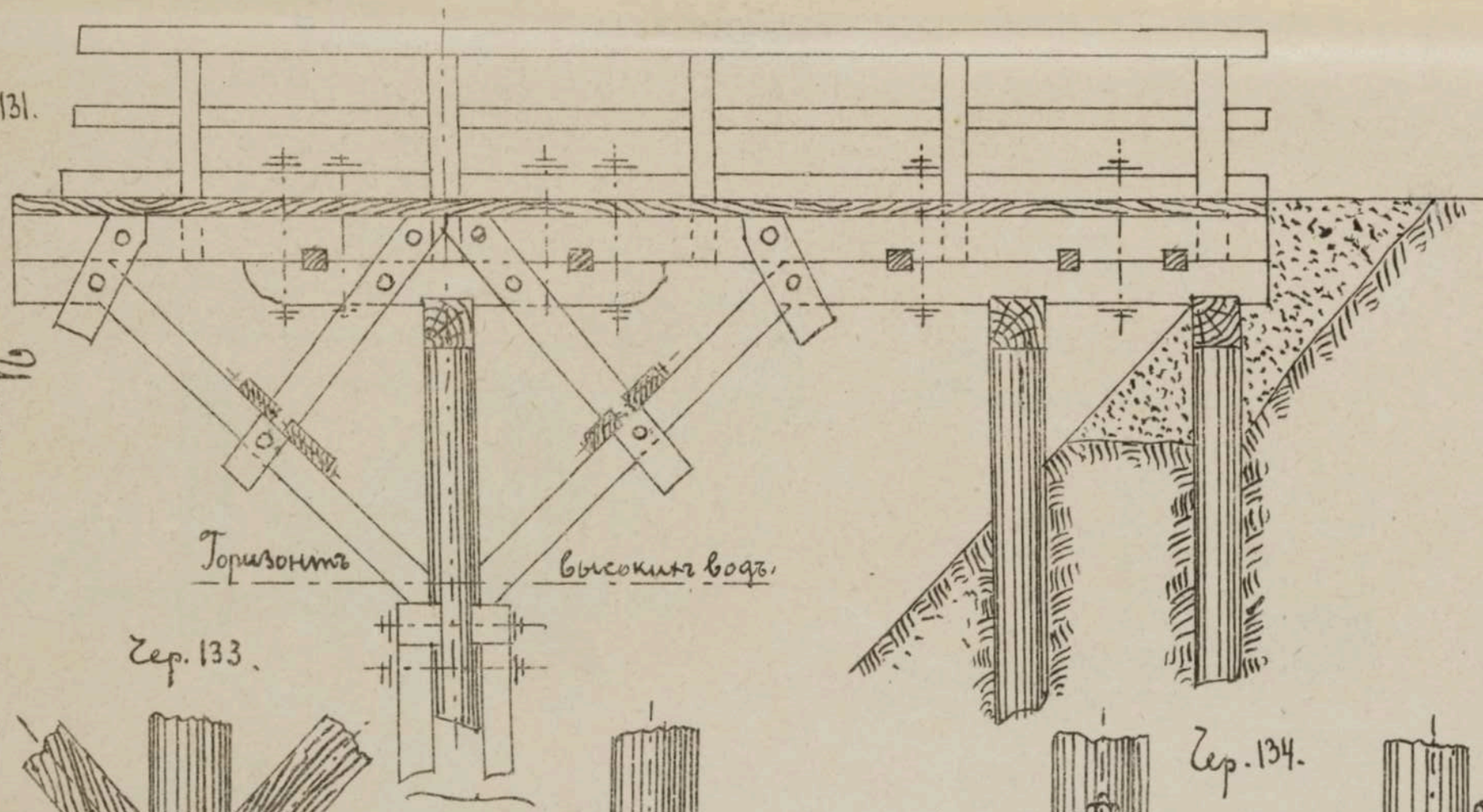


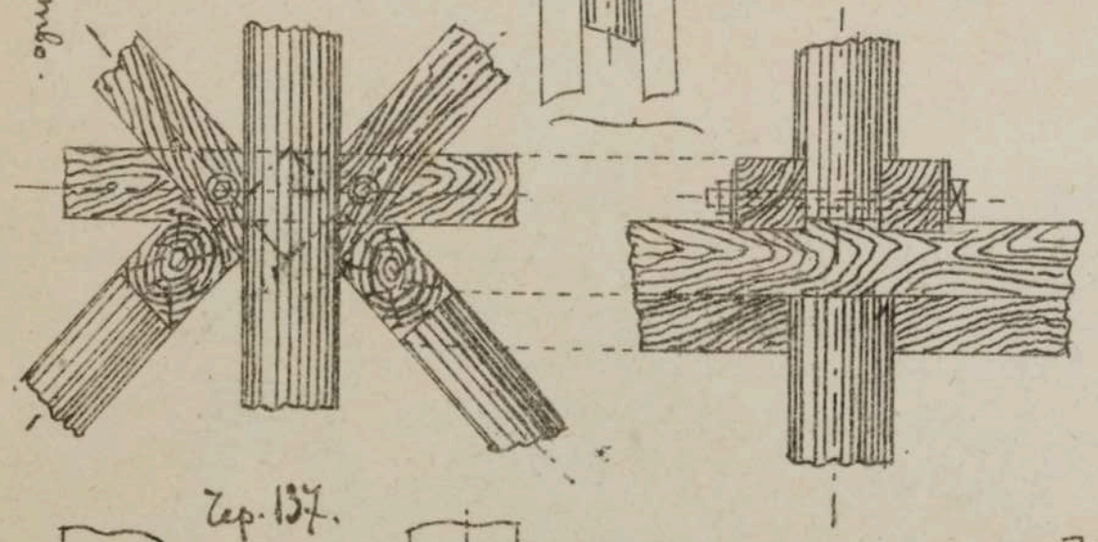
Таблица 50.

Инженерное искусство.

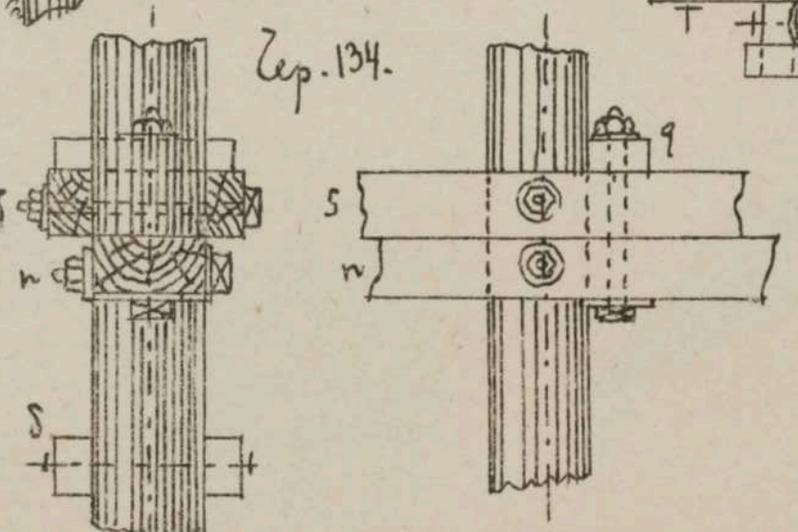
Чер. 131.



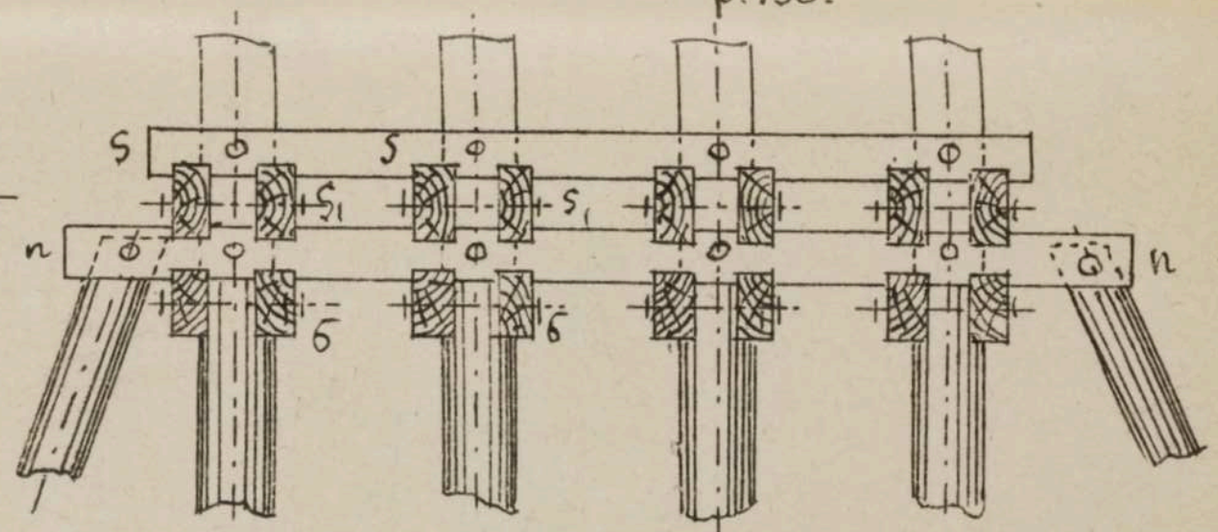
Чер. 133.

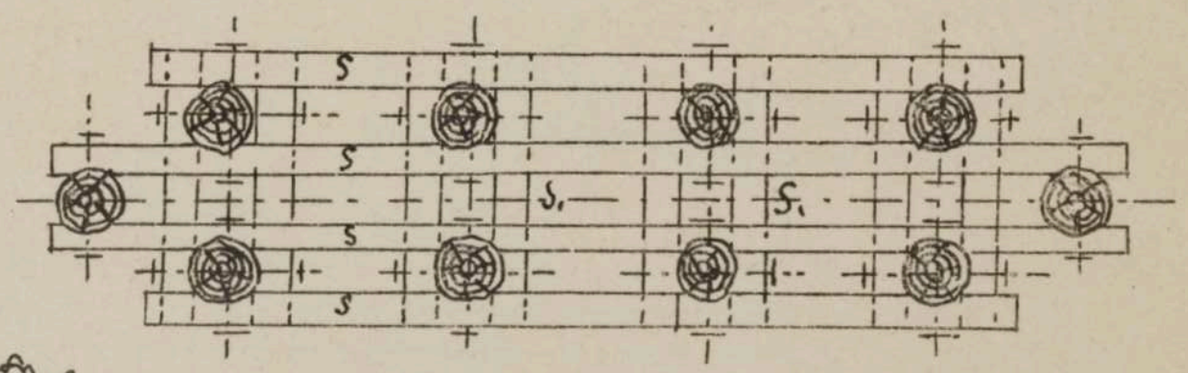


Чер. 134.

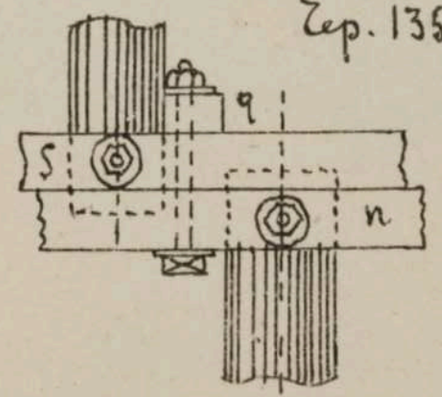


Чер. 138.

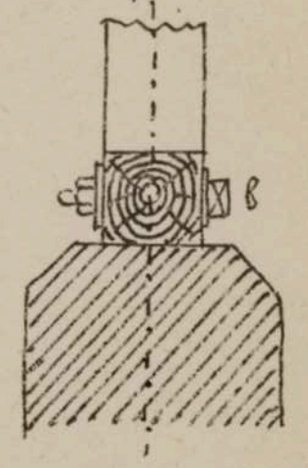




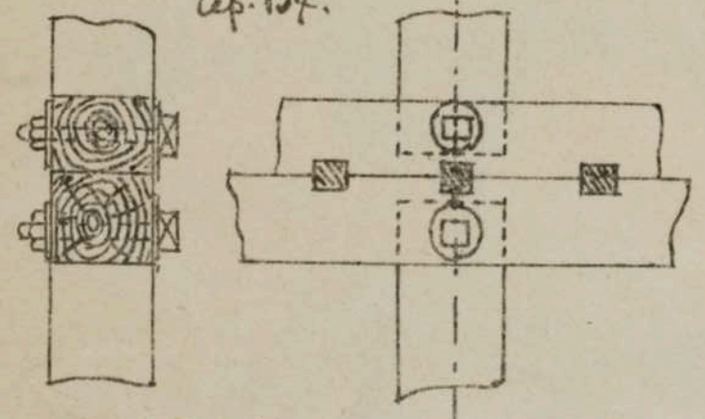
Чер. 135.



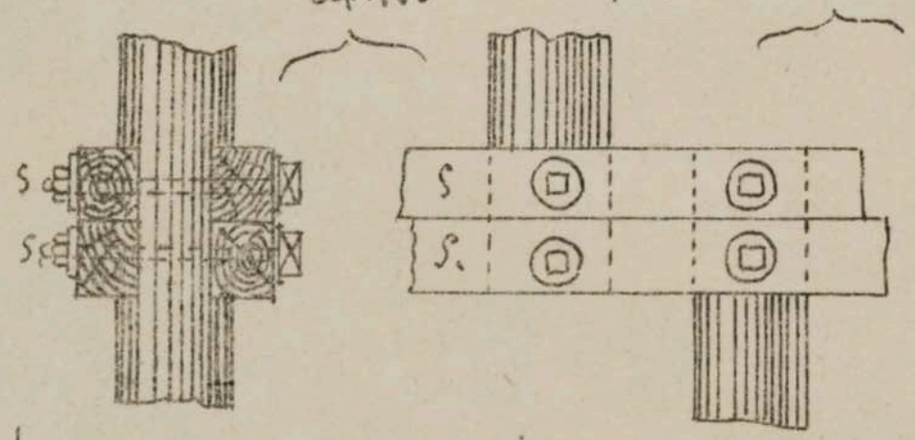
Чер. 139.



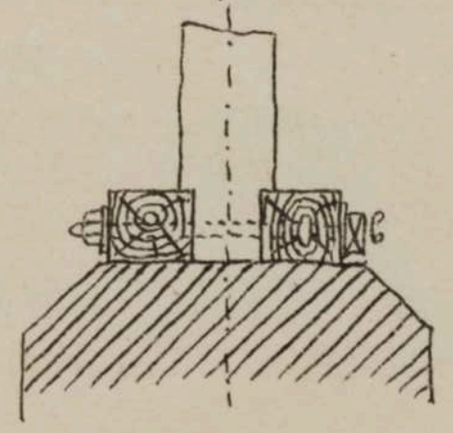
Чер. 137.



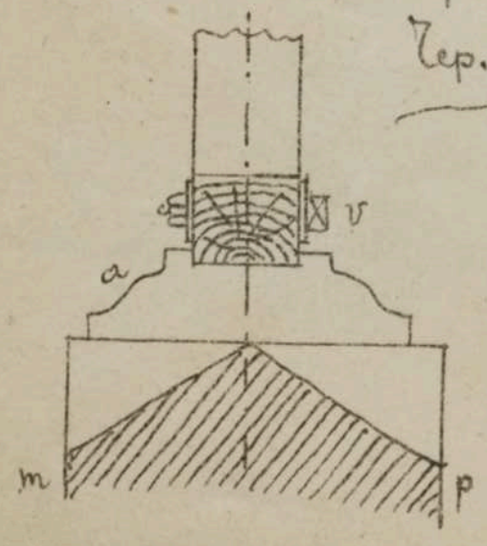
Чер. 136

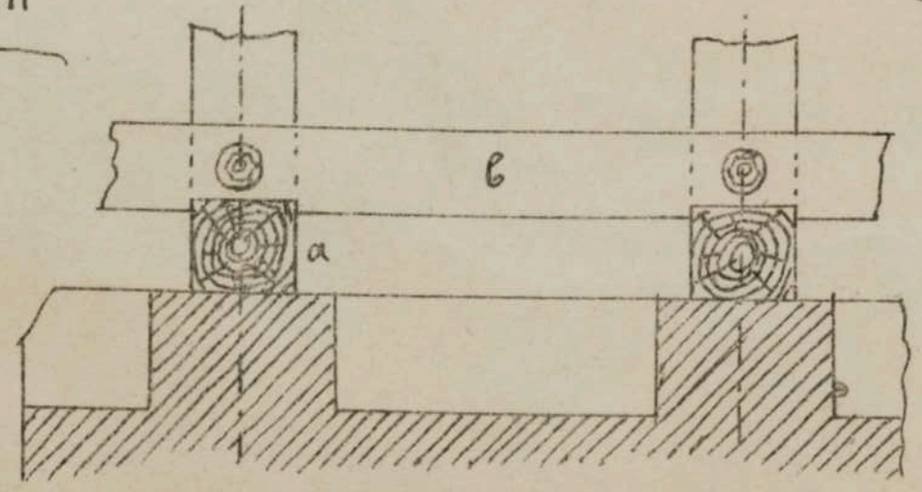


Чер. 140

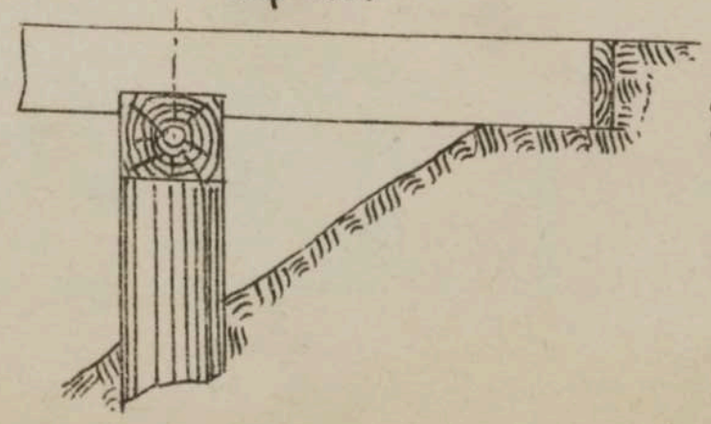


Чер. 141





Чер. 143.



Чер. 144.

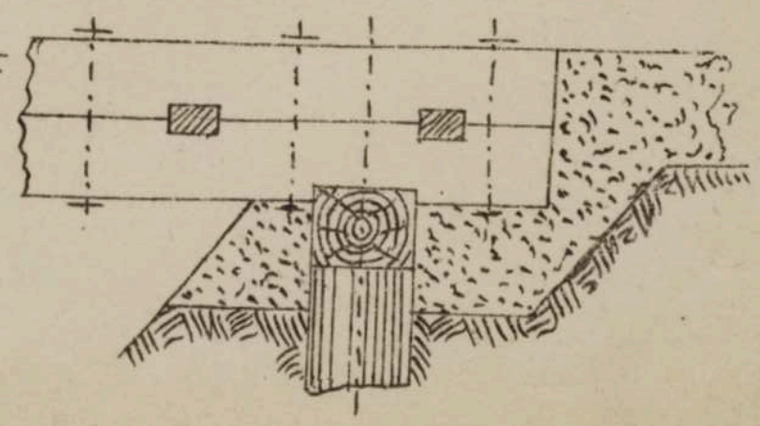
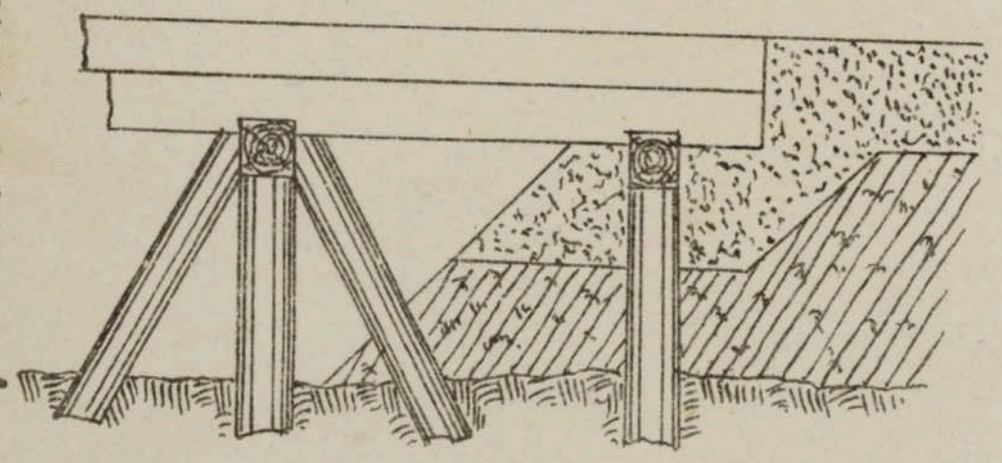
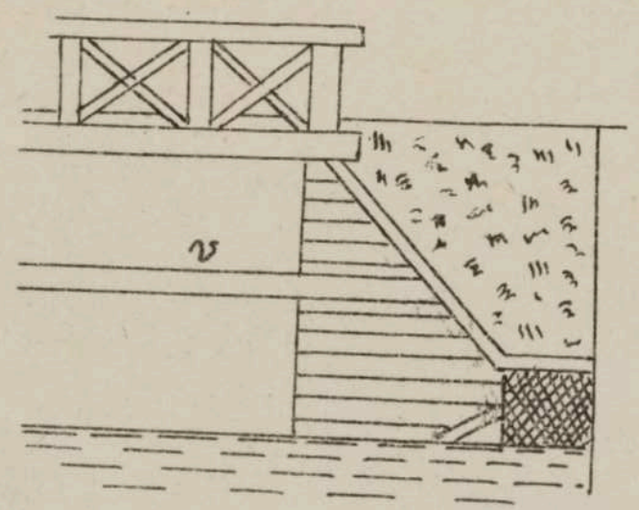


Таблица 51.

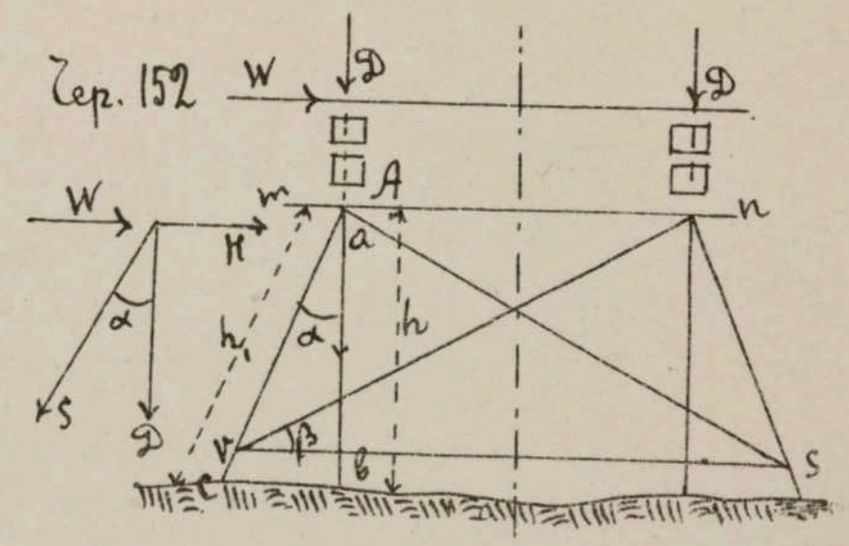
Чер. 146.



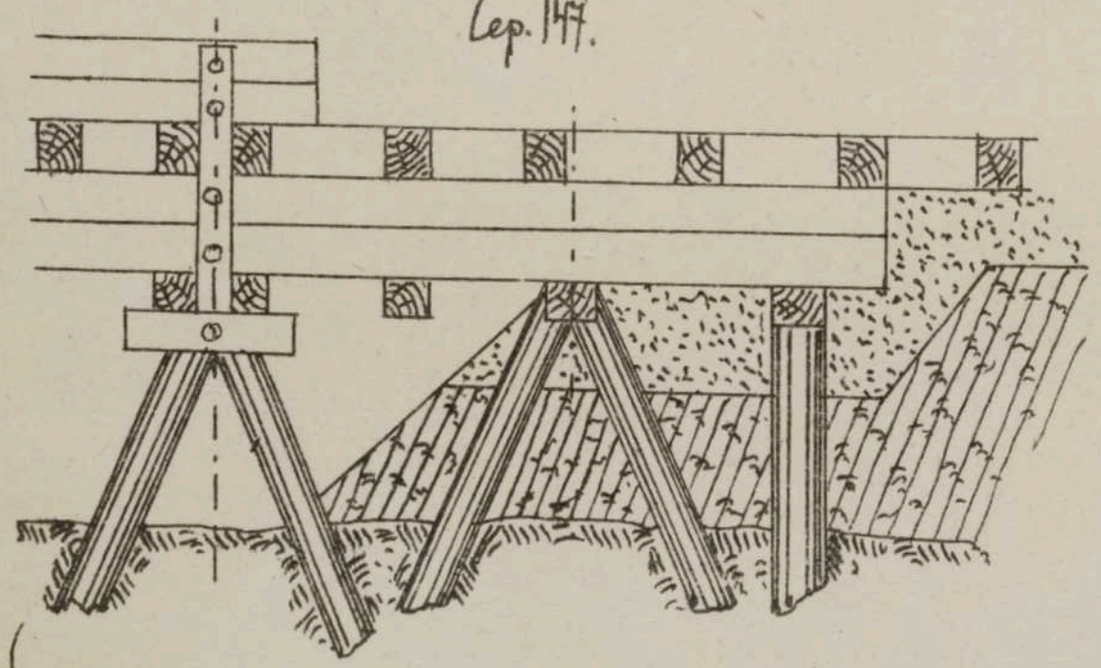
Чер. 142.

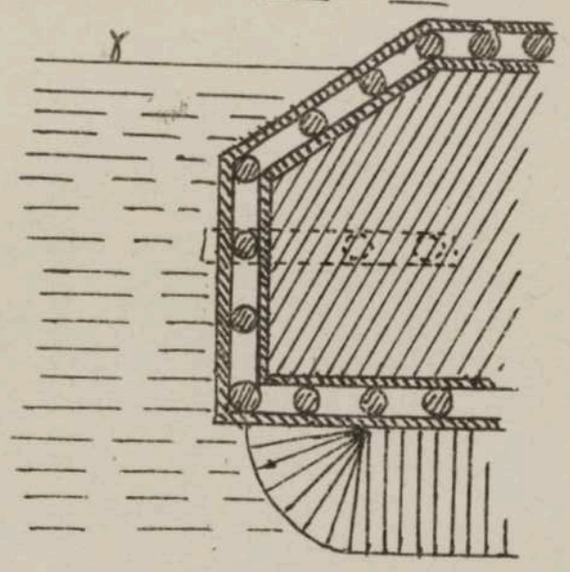


Чер. 152

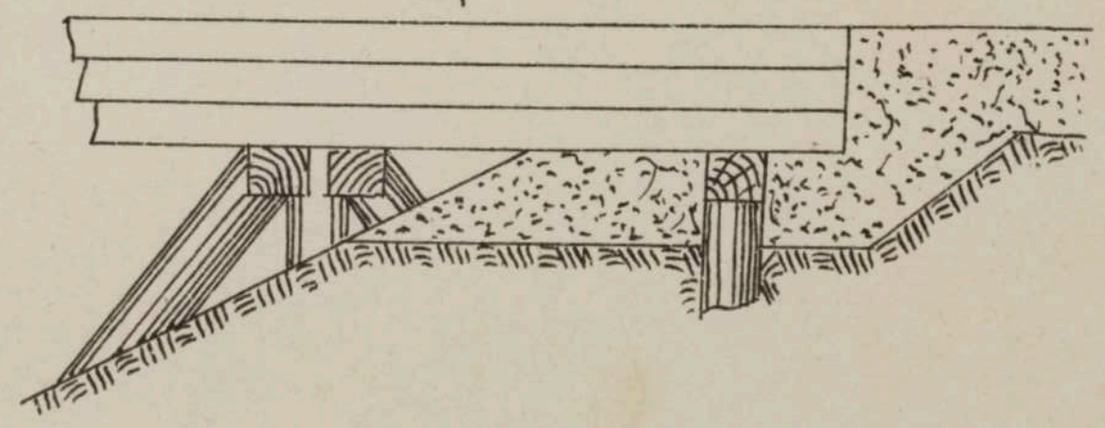


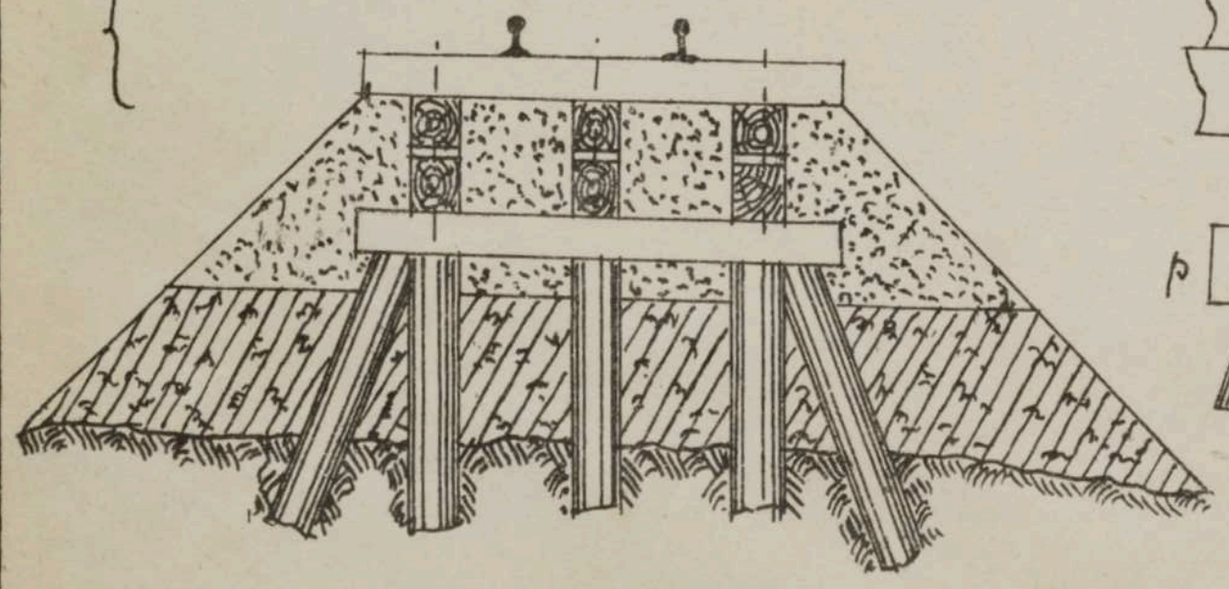
Чер. 147.



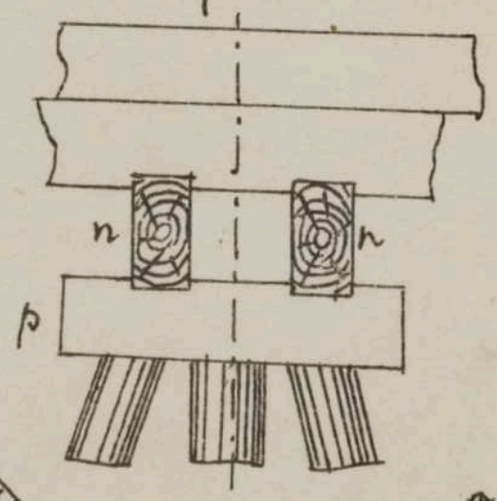


Чер. 148.

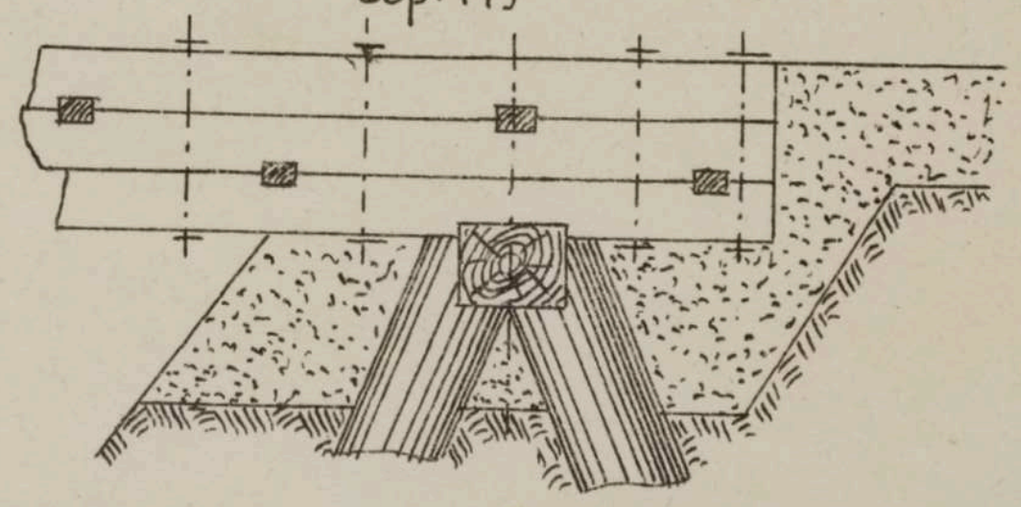




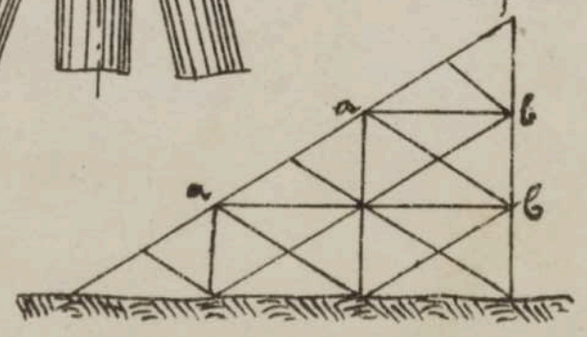
Чер. 151.



Чер. 145



Чер150.



Чер. 149

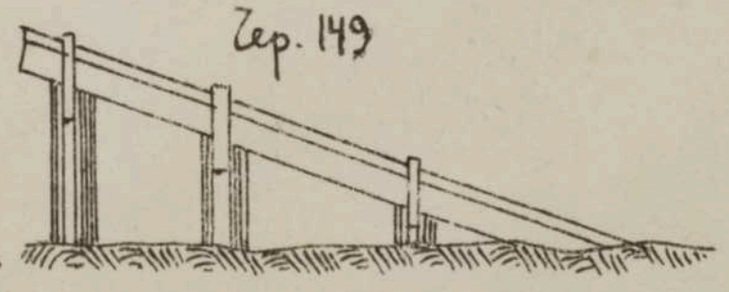


Таблица 53.

Чер. 1.

Чер. 2.

Чер. 3.

Чер. 4.

Чер. 5.

Чер. 6.

Чер. 7.

Чер. 8.

Чер. 9.

Чер. 10.

Чер. 11.

Чер. 12.

Чер. 13 (а)

Чер. 13.

Лабинград 84.

Чер. 31

Чер. 30

Чер. 33

Чер. 34

Чер. 32

Чер. 29

Чер. 28

Чер. 27

Чер. 26

Чер. 25

Чер. 21

Чер. 19

Чер. 24

Чер. 22

Чер. 20

Чер. 18

Чер. 23

Чер. 15

Чер. 17 (к)

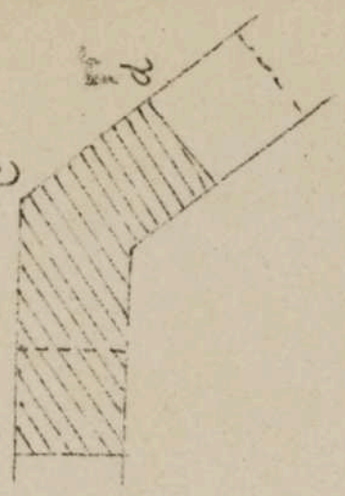
Чер. 16

Чер. 14

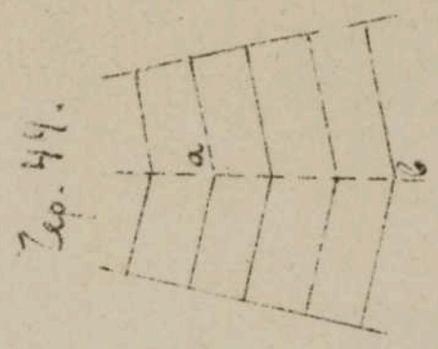
Линейное масштабное

Таблица 55.

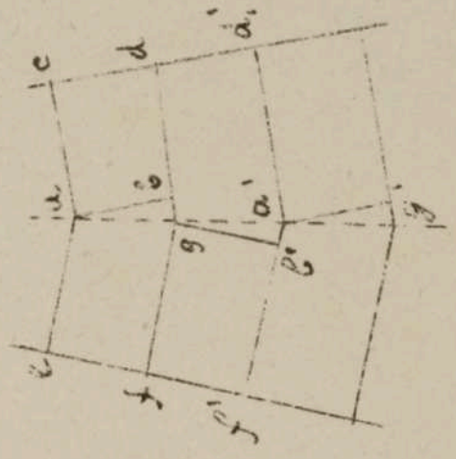
Чер. 37.



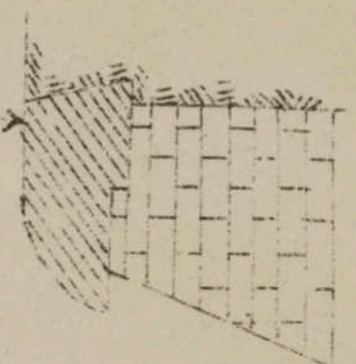
Чер. 44.



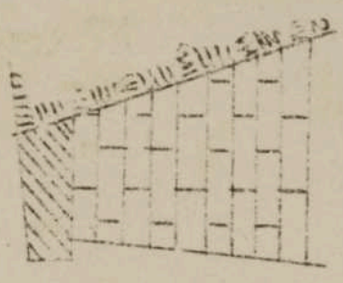
Чер. 42.



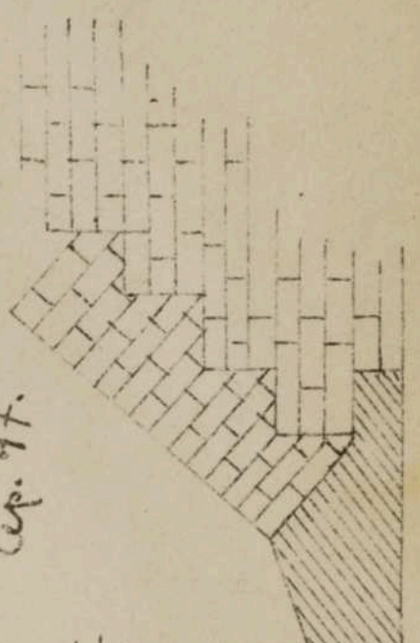
Чер. 51



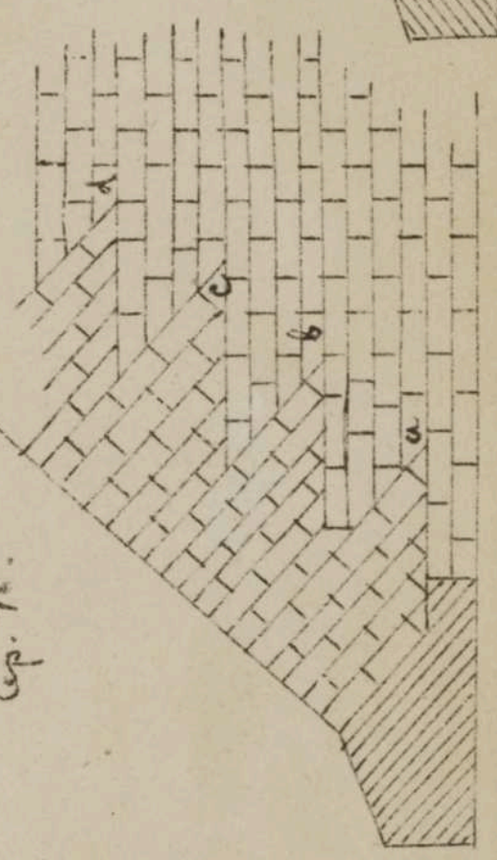
Чер. 50



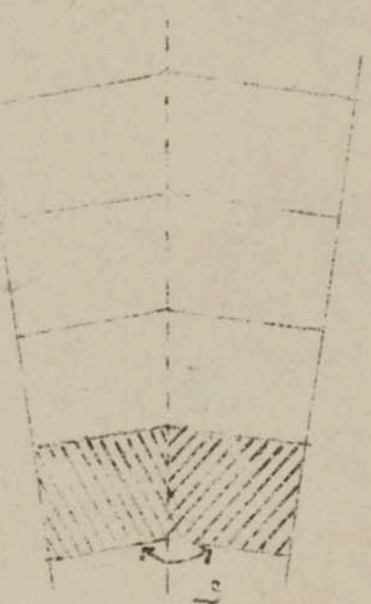
Чер. 47.



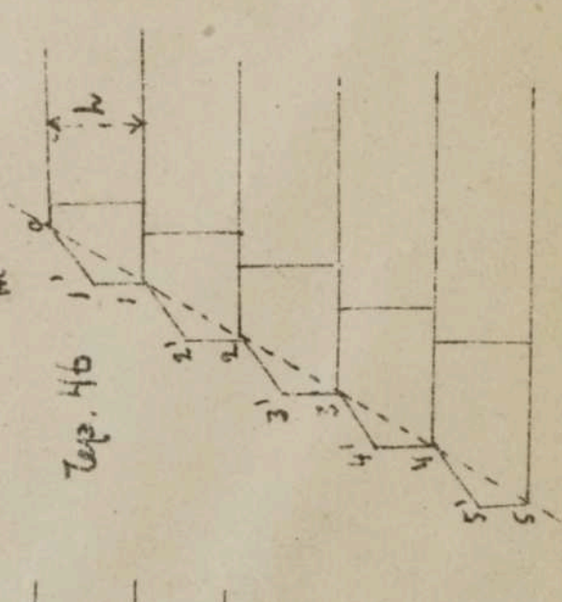
Чер. 48.



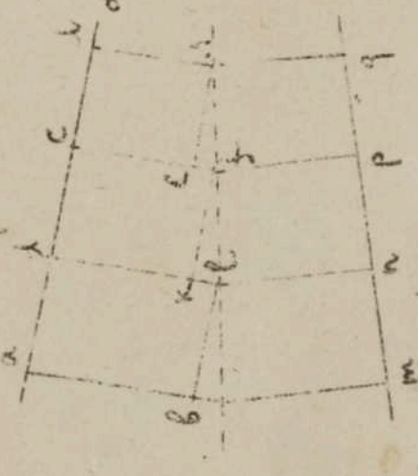
Чер. 41.



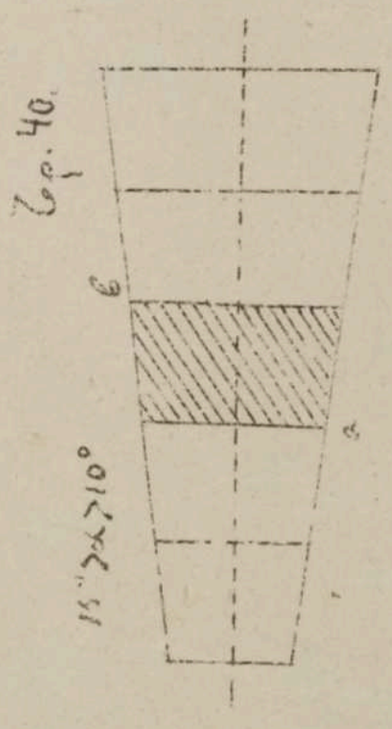
Чер. 49.



Чер. 43.

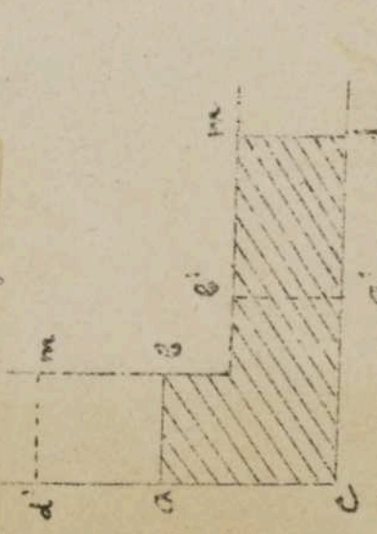


Чер. 40.

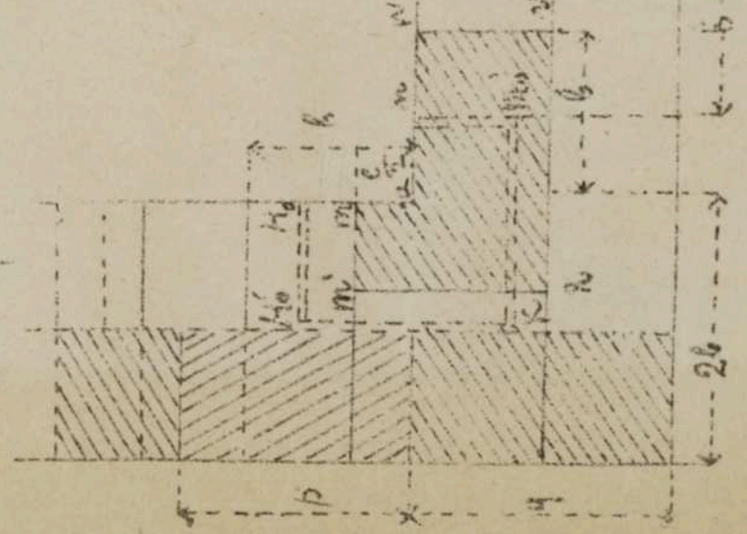


Чер. 46.

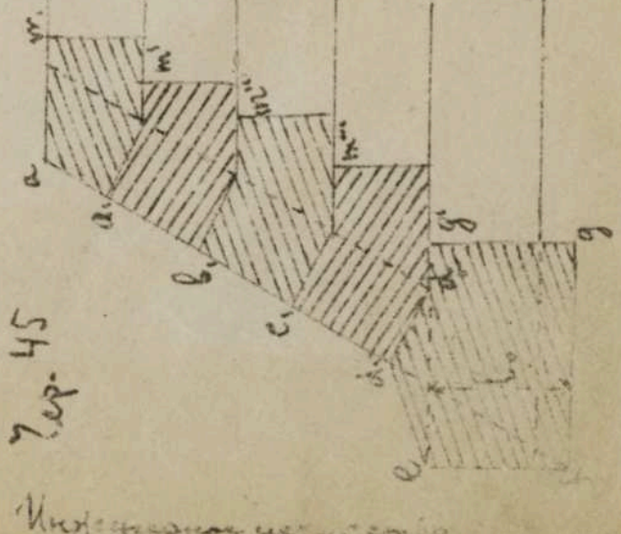
Чер. 39.



Чер. 38.



Чер. 45



Чер. 35.

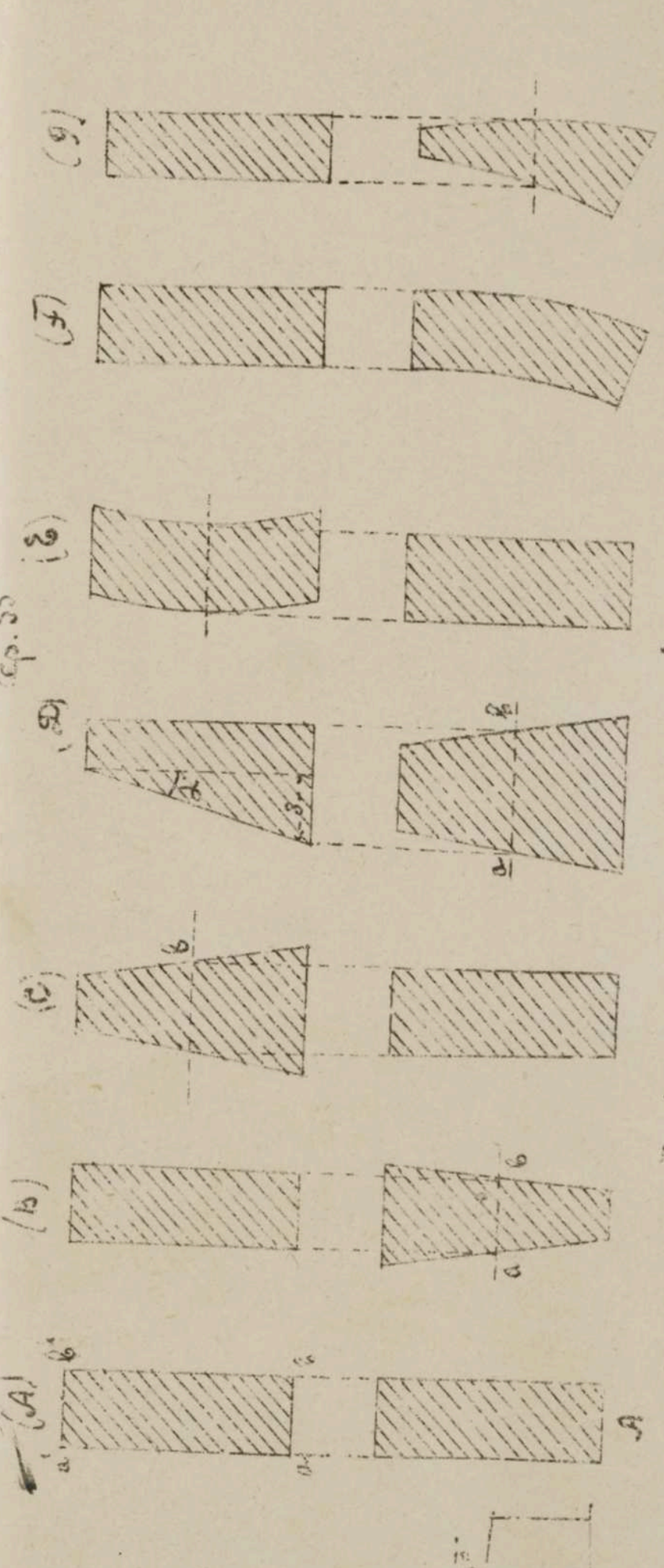
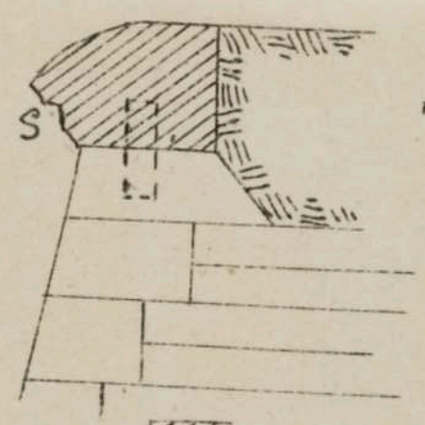
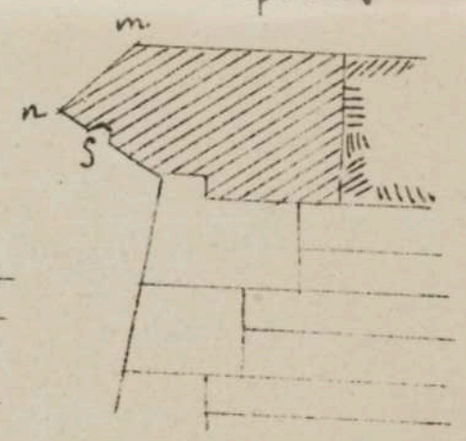


Таблица 55.

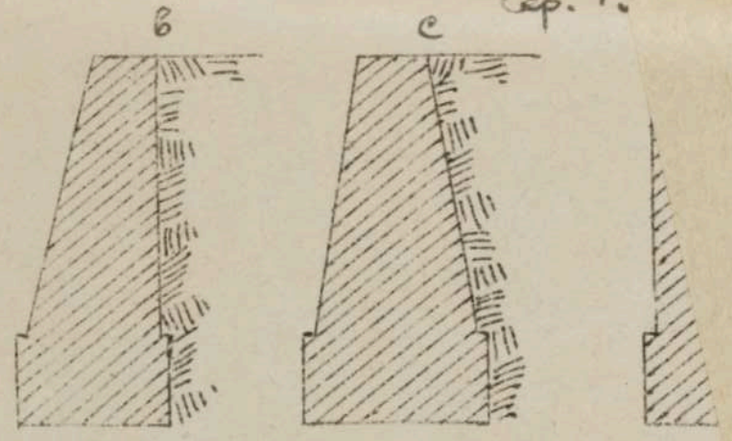
Чер. 52.

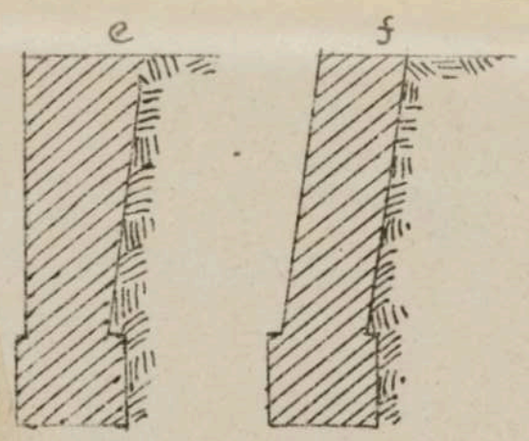


Чер. 53.

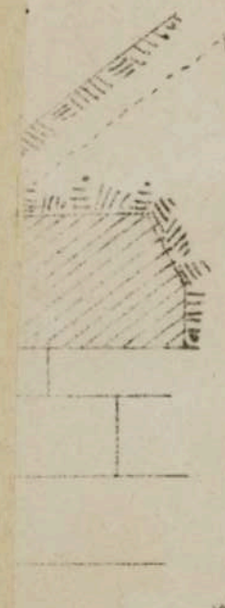


Чер. 4.

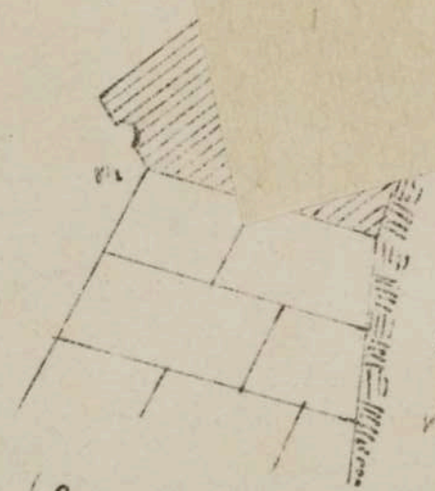




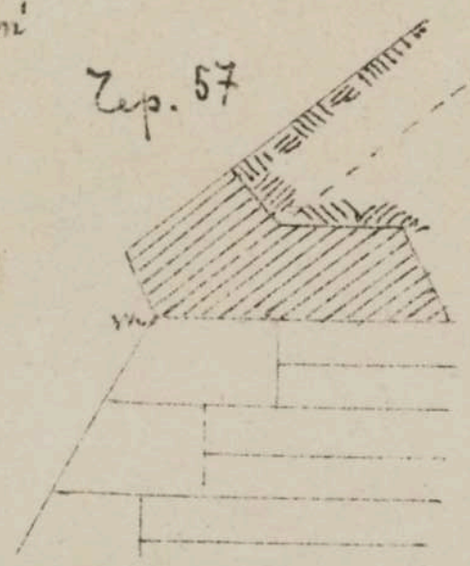
Чер. 55



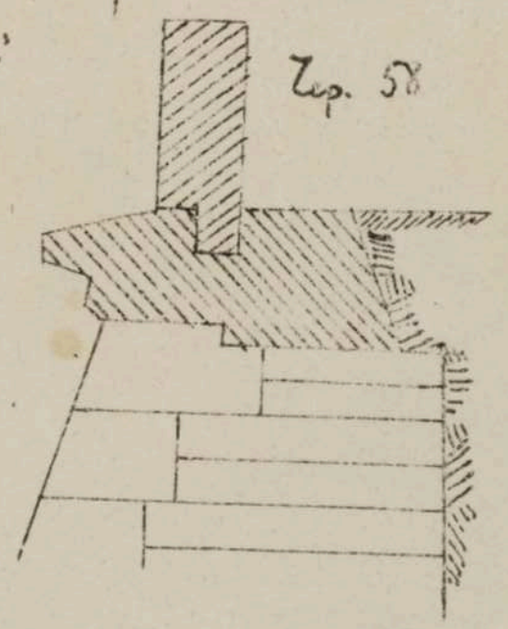
Чер. 56



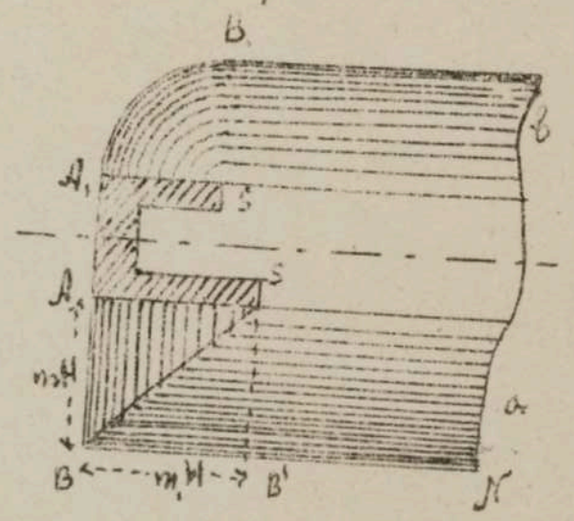
Чер. 57



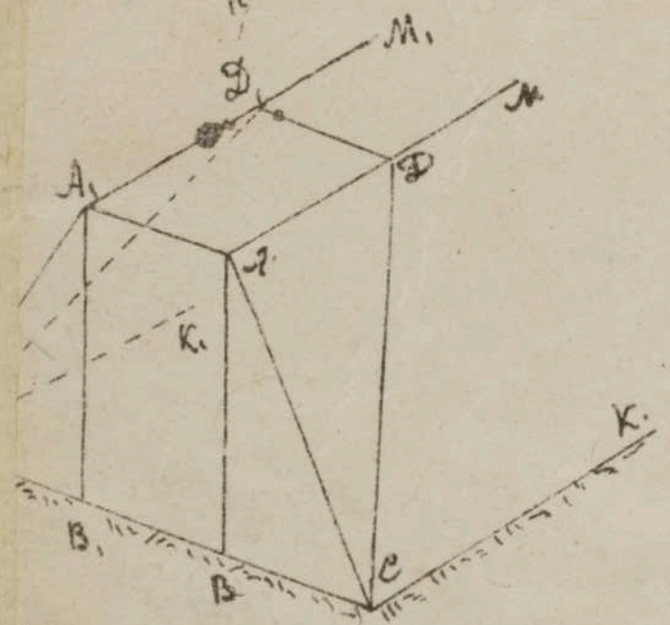
Чер. 58

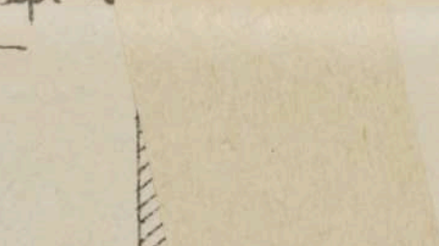


Чер. 66.

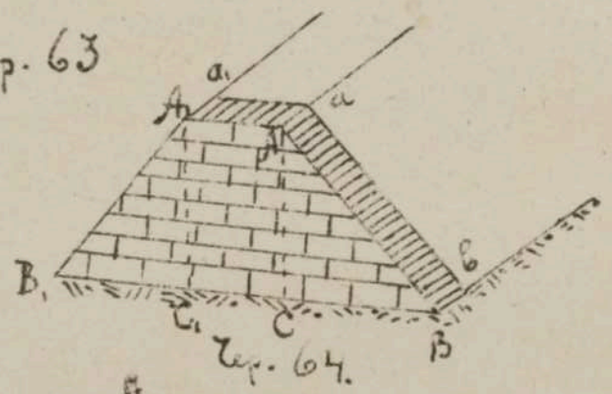


Чер. 62

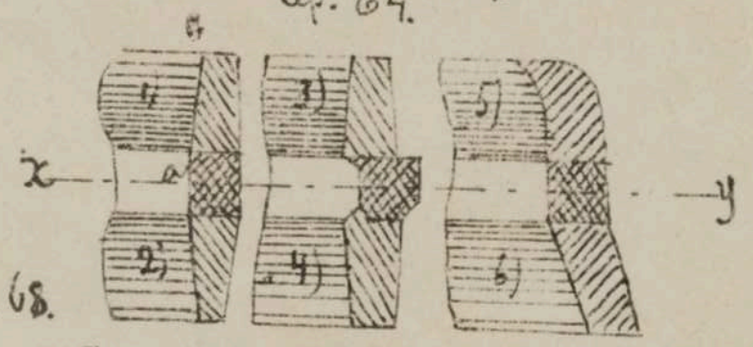




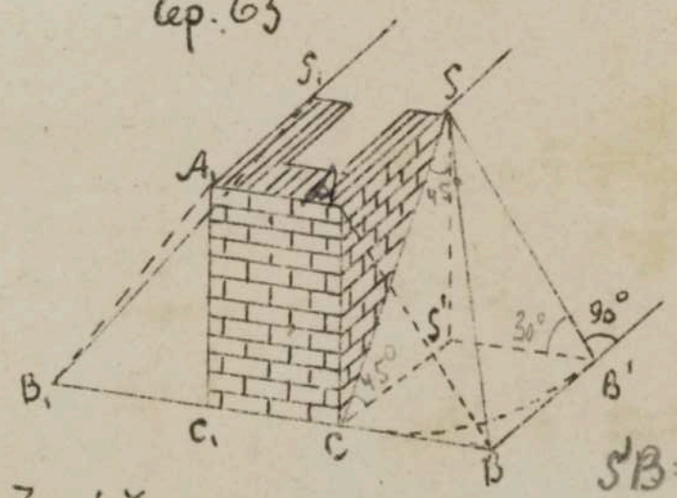
Чер. 63



Чер. 64.

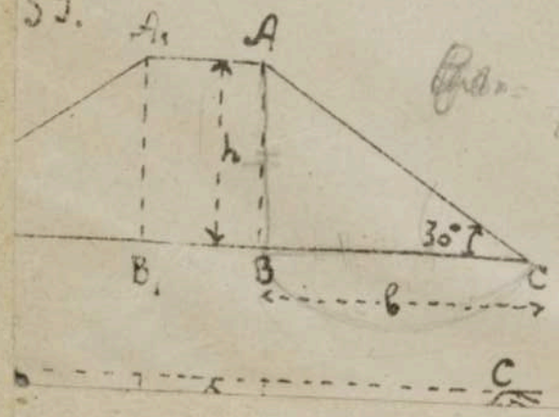


Чер. 65

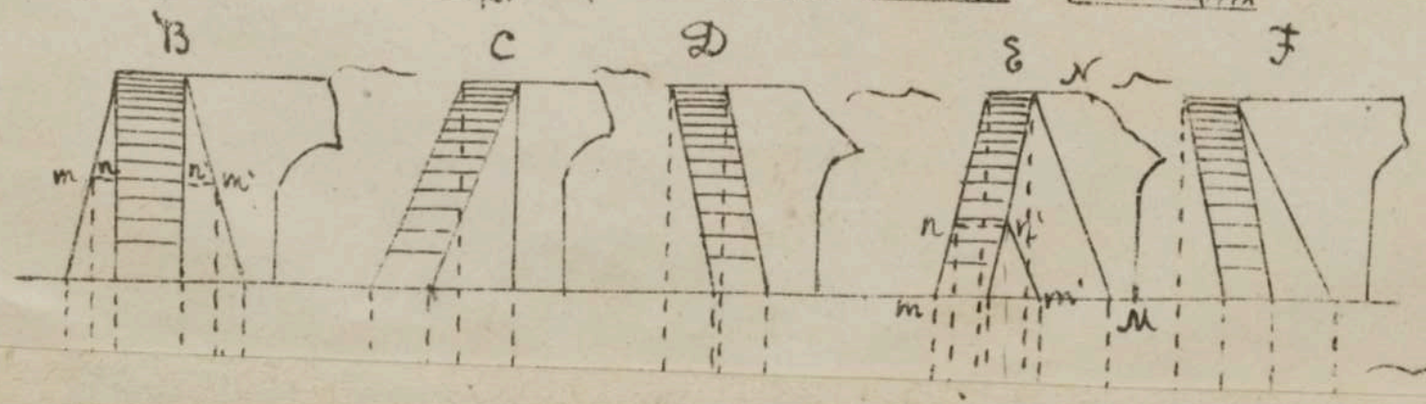


SB = 1½ SS'

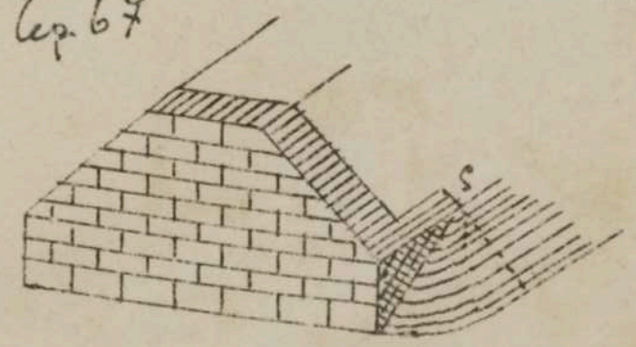
59.



Чер. 68.

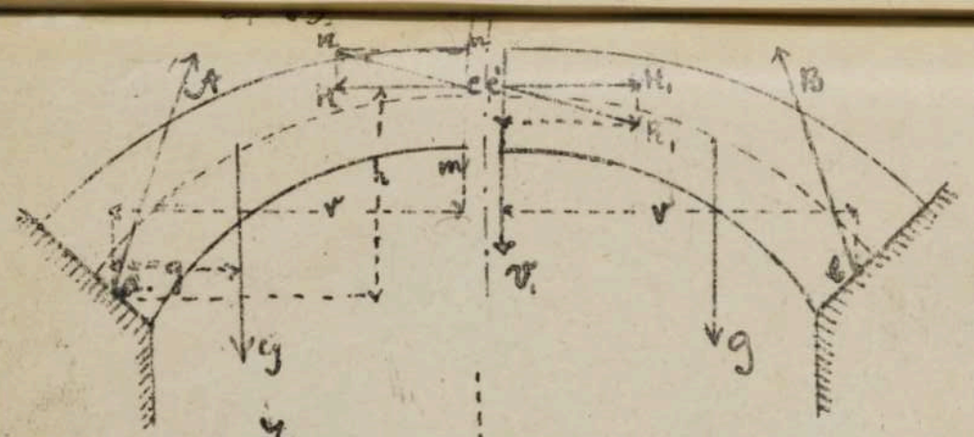


Чер. 67

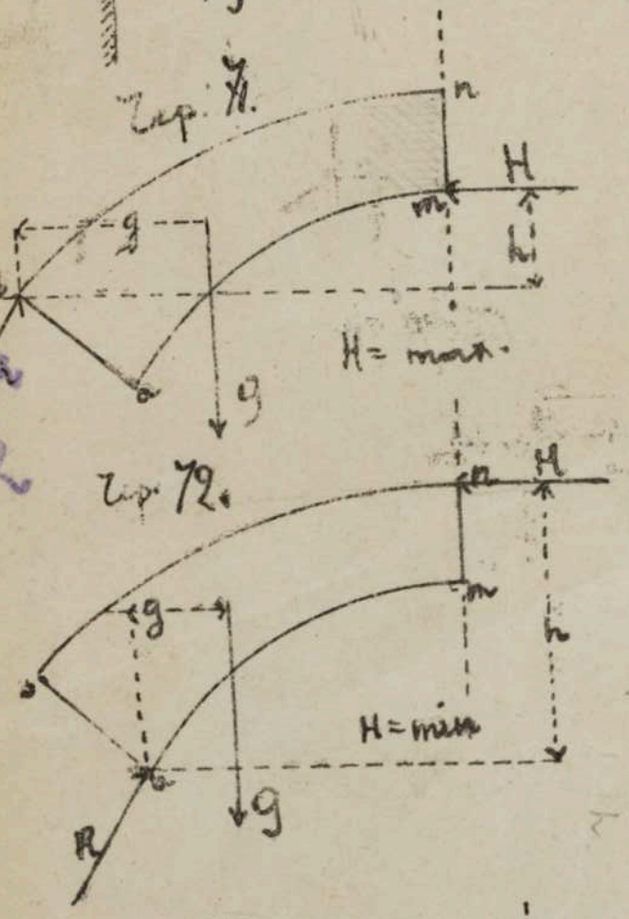


Таб. 57

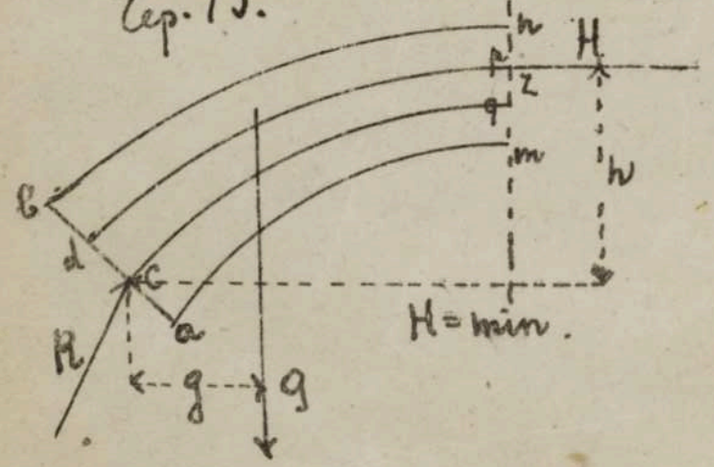
Сер. 71.



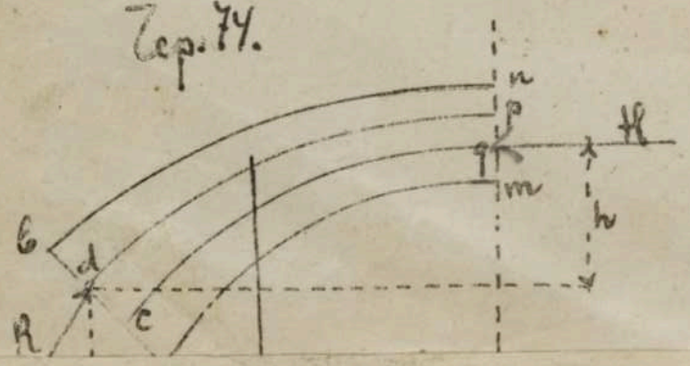
Сер. 72.



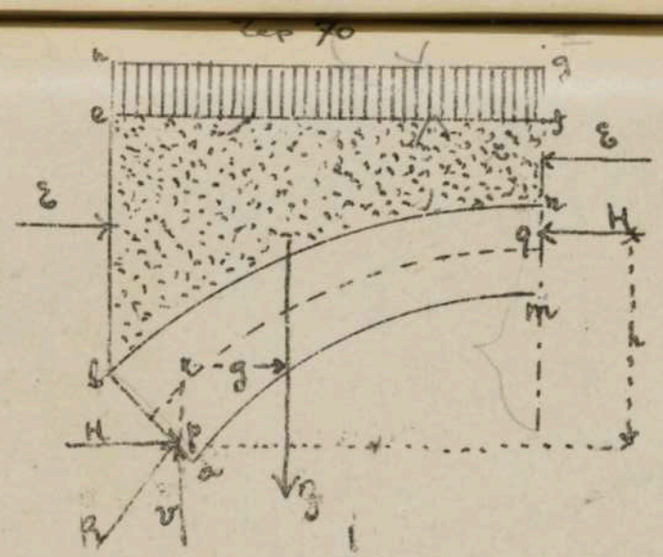
Сер. 73.



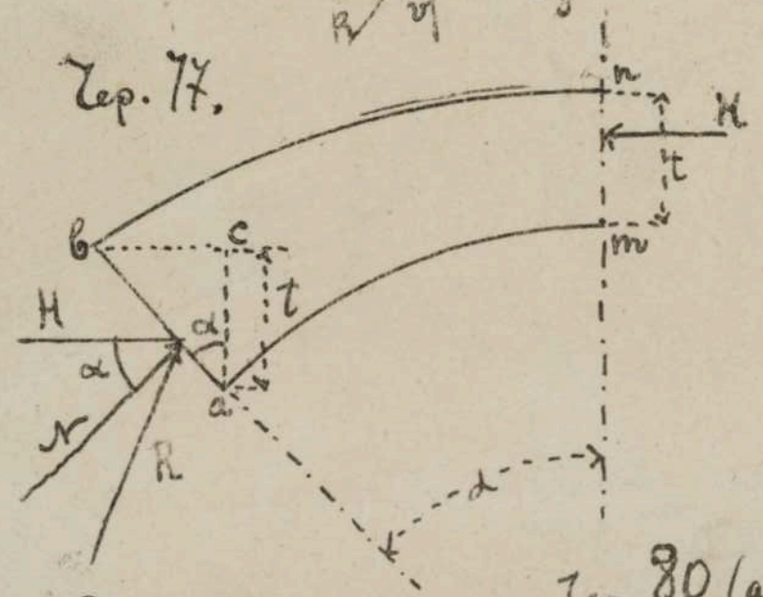
Сер. 74.



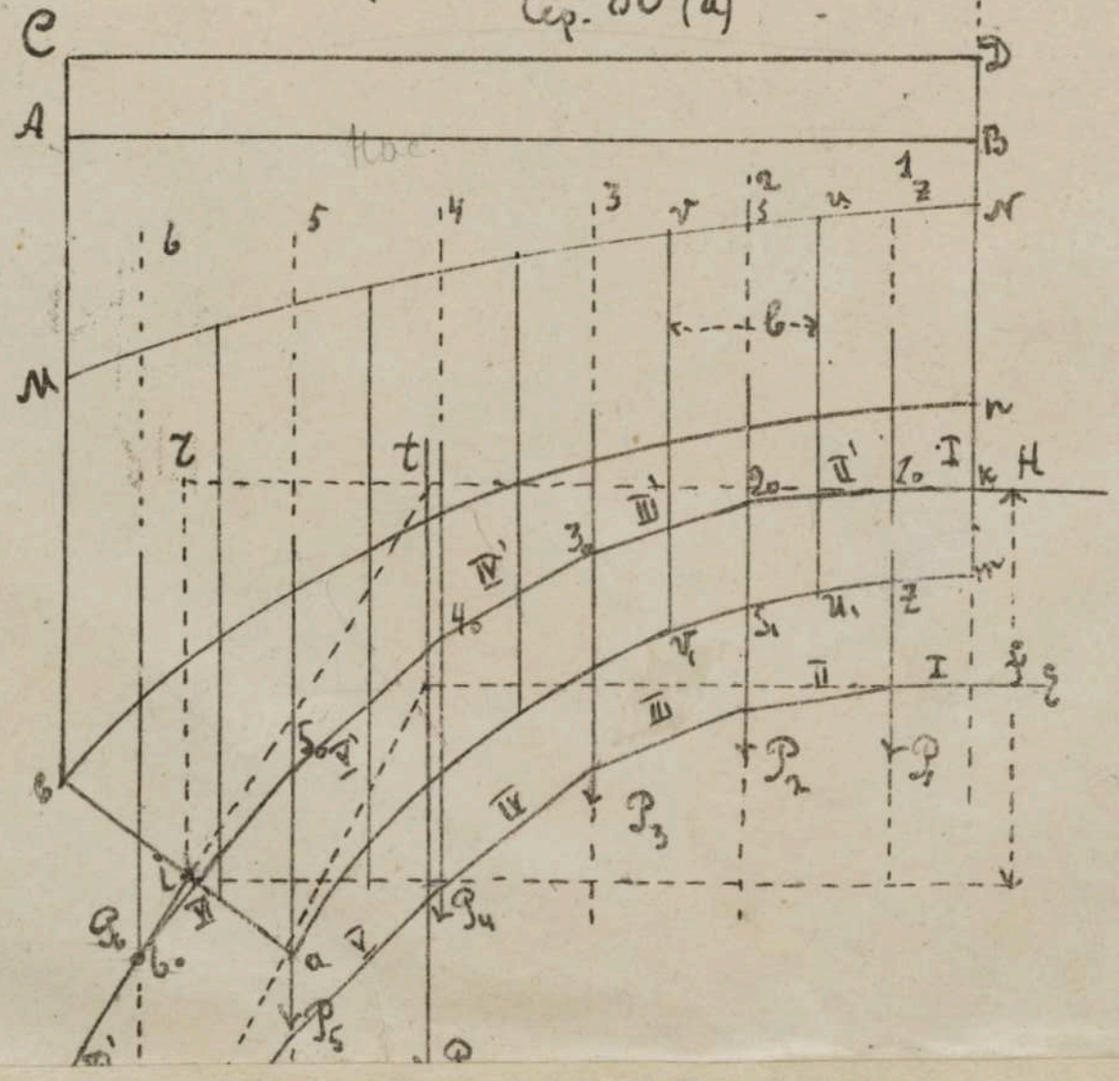
Сер. 76.



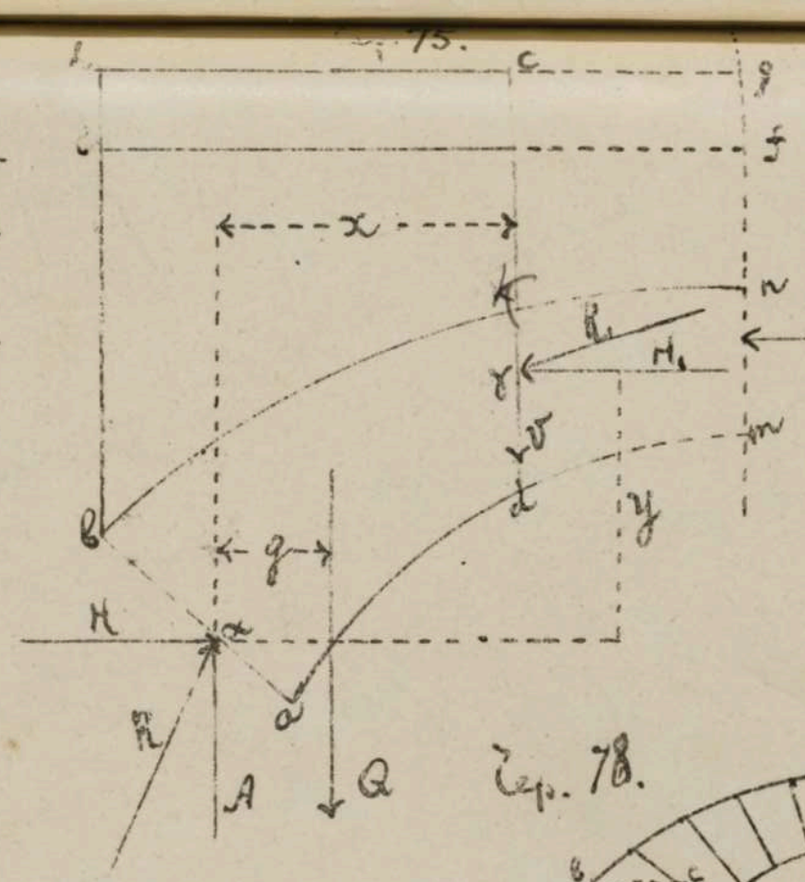
Сер. 77.



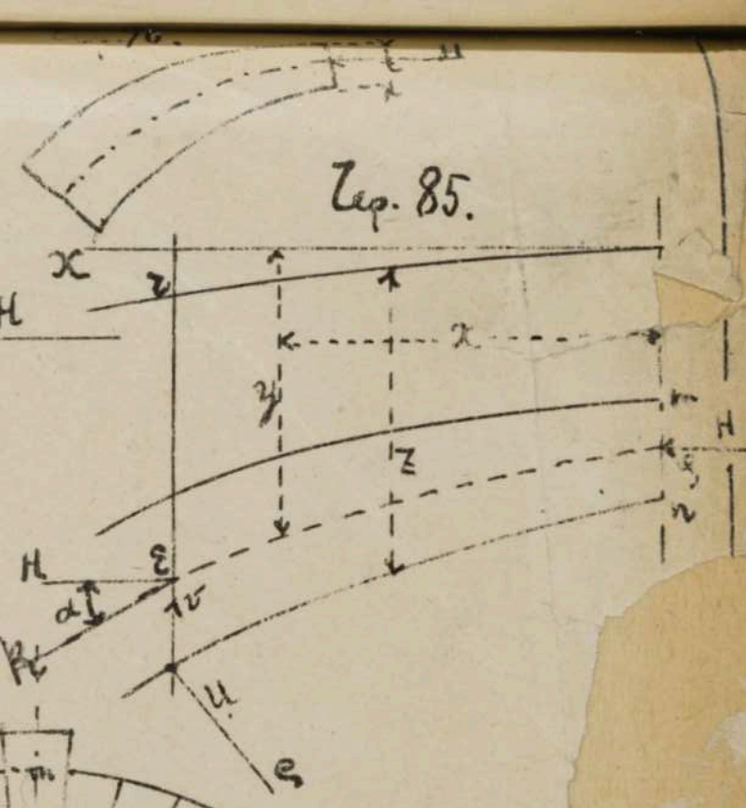
Сер. 80 (а)



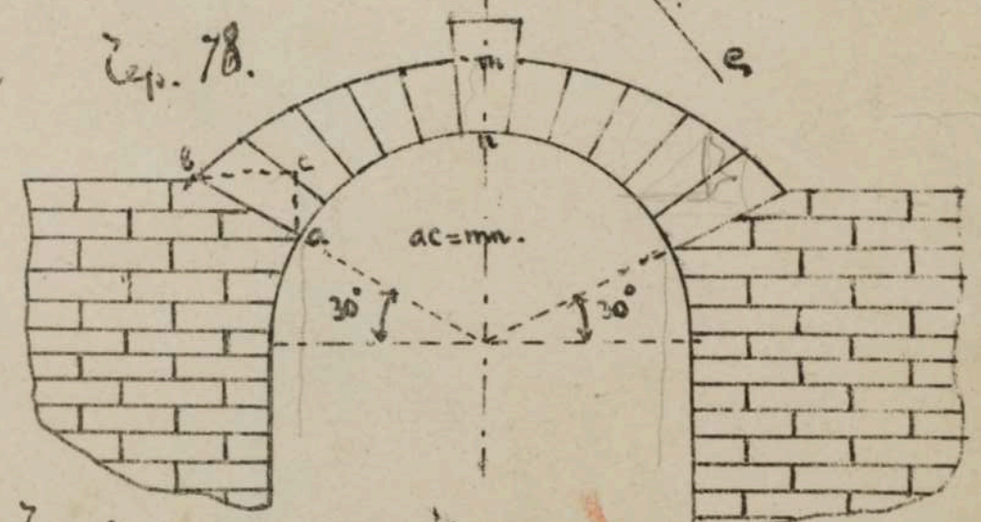
Сер. 75.



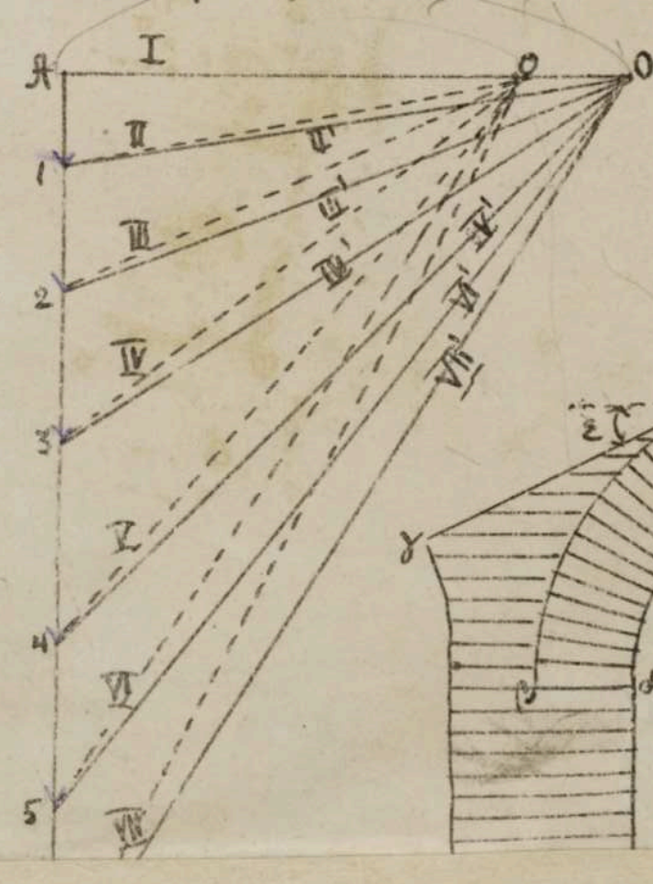
Сер. 85.



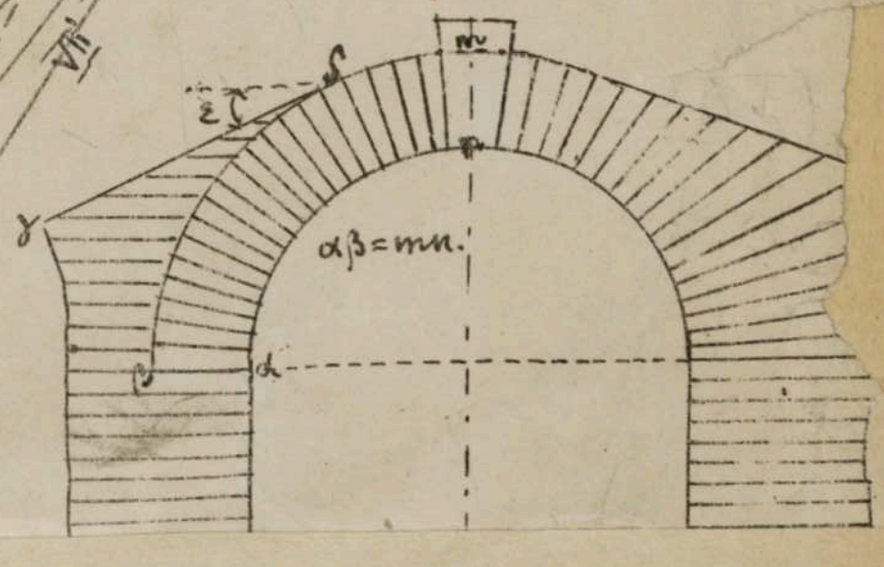
Сер. 78.

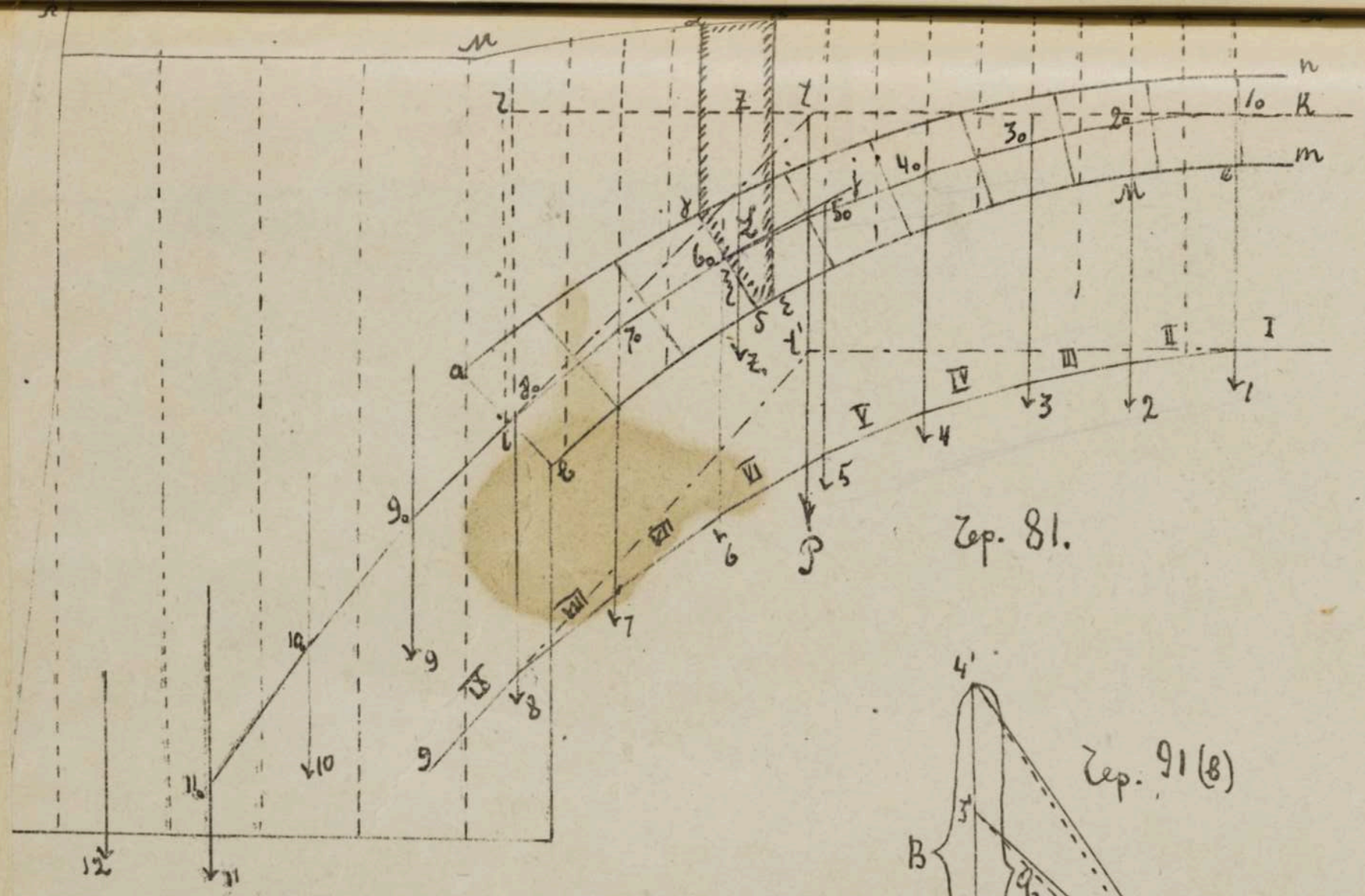


Сер. 80 (б)

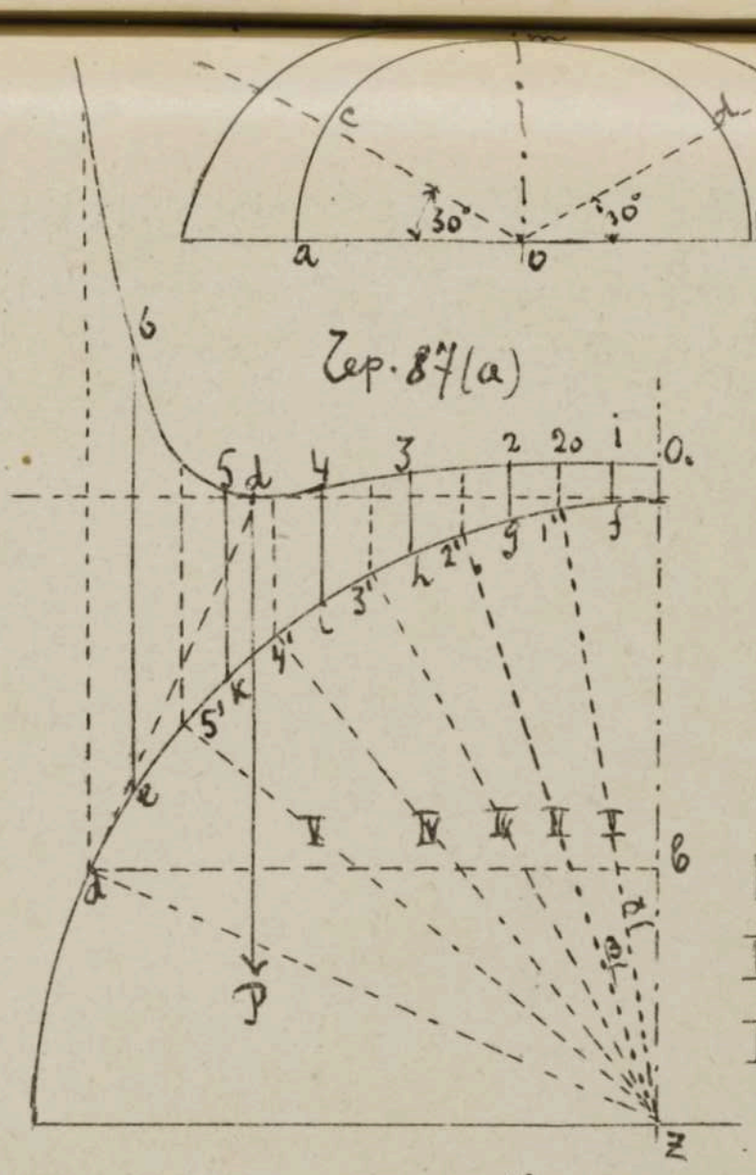


Сер. 79.

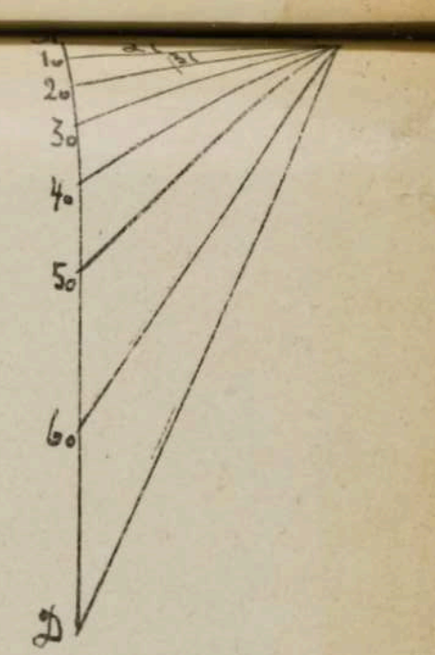




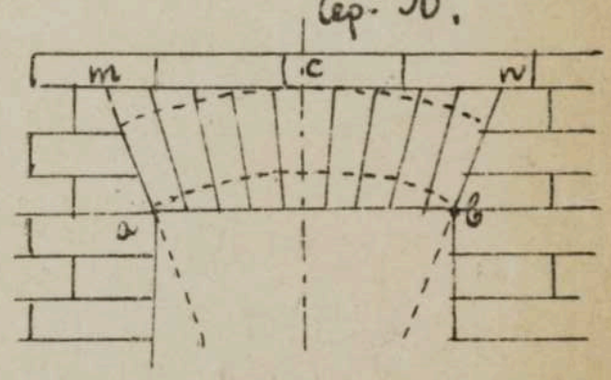
Чер. 81.

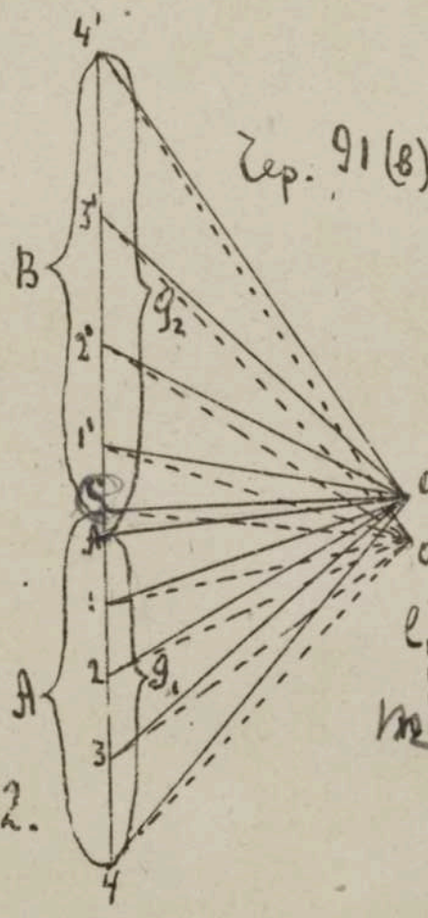


Чер. 87(а)

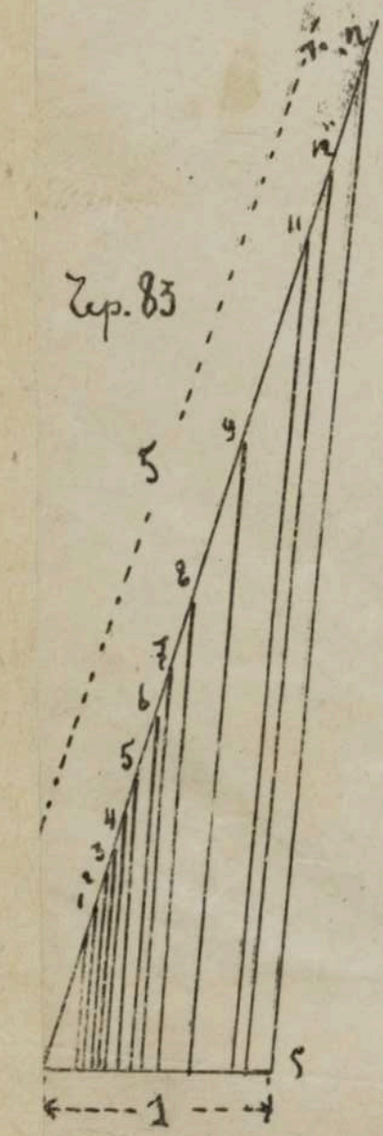


Чер. 90.

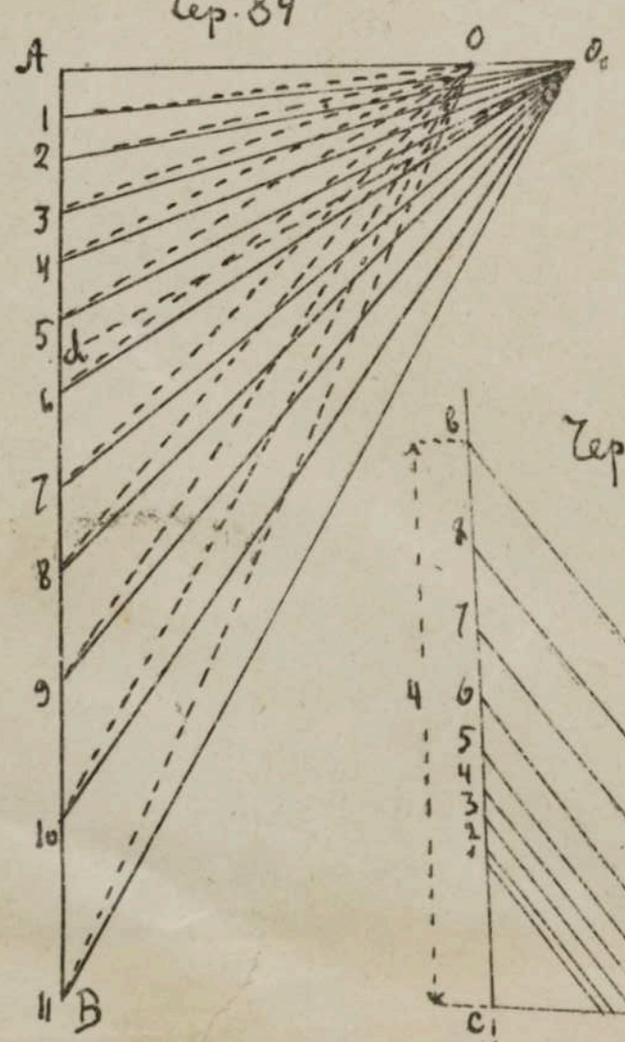




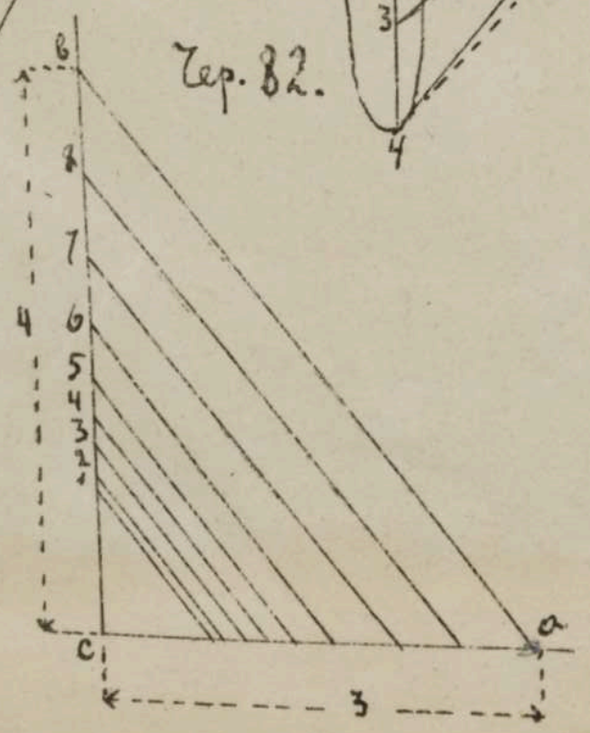
Чер. 91(в)



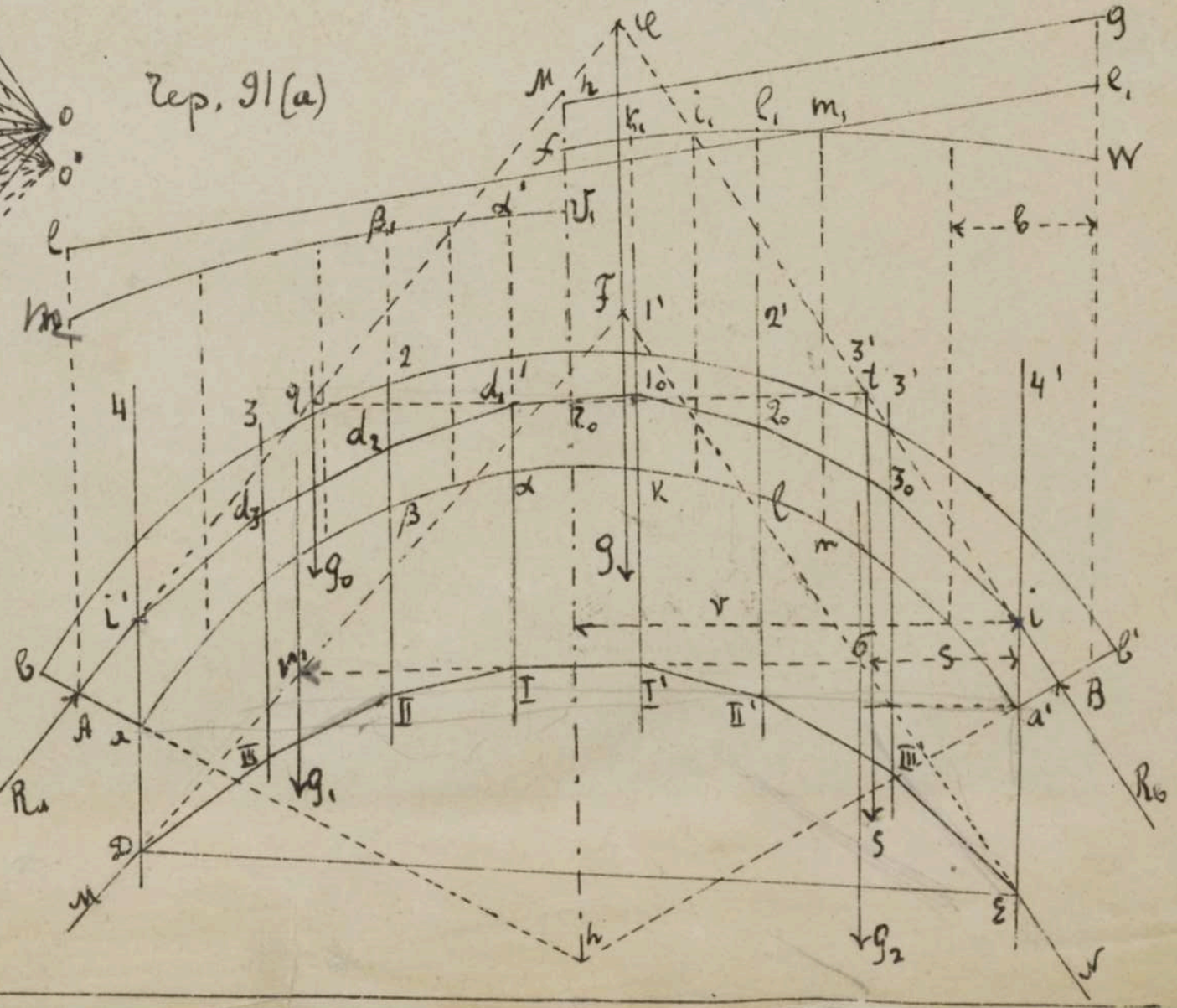
Чер. 83



Чер. 84



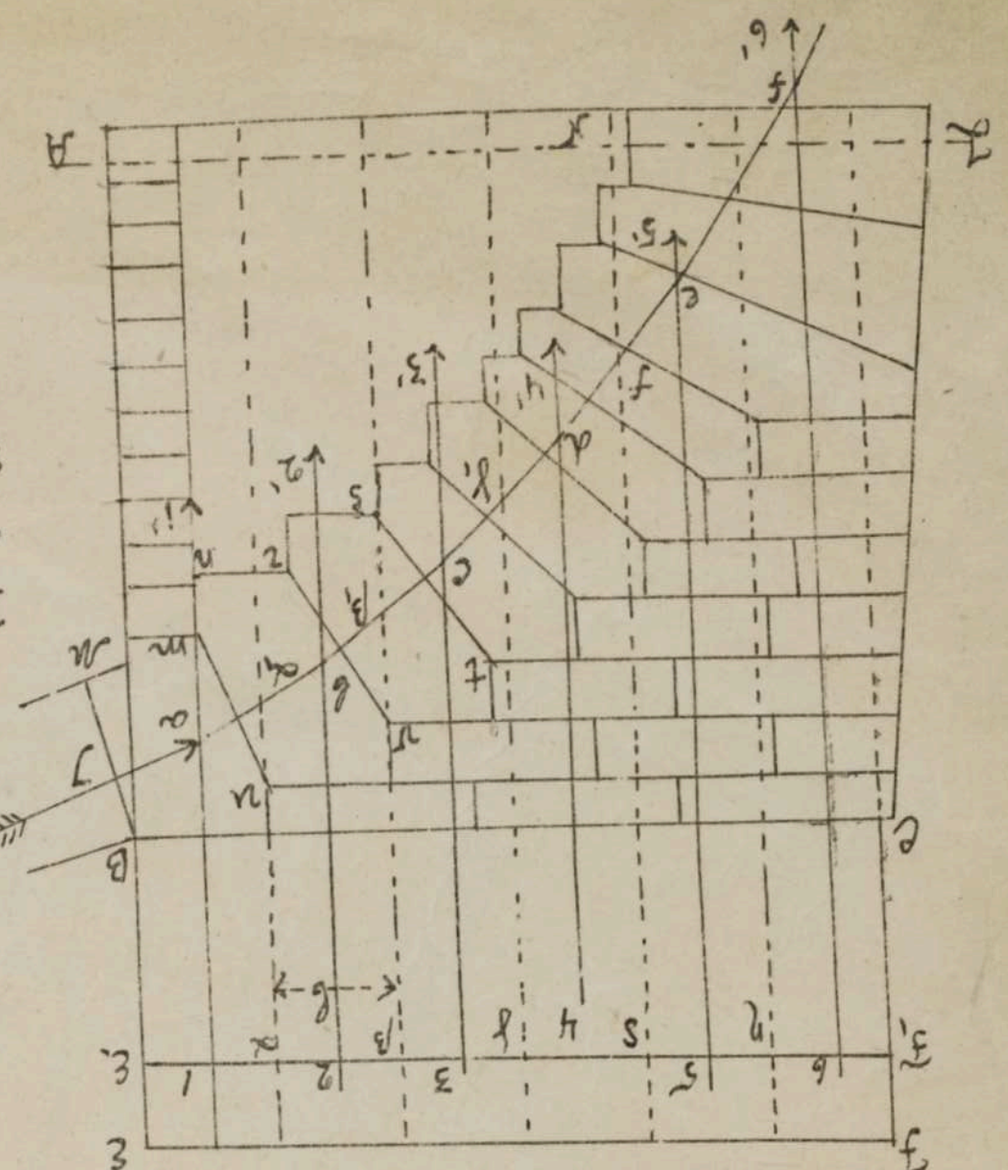
Чер. 82.



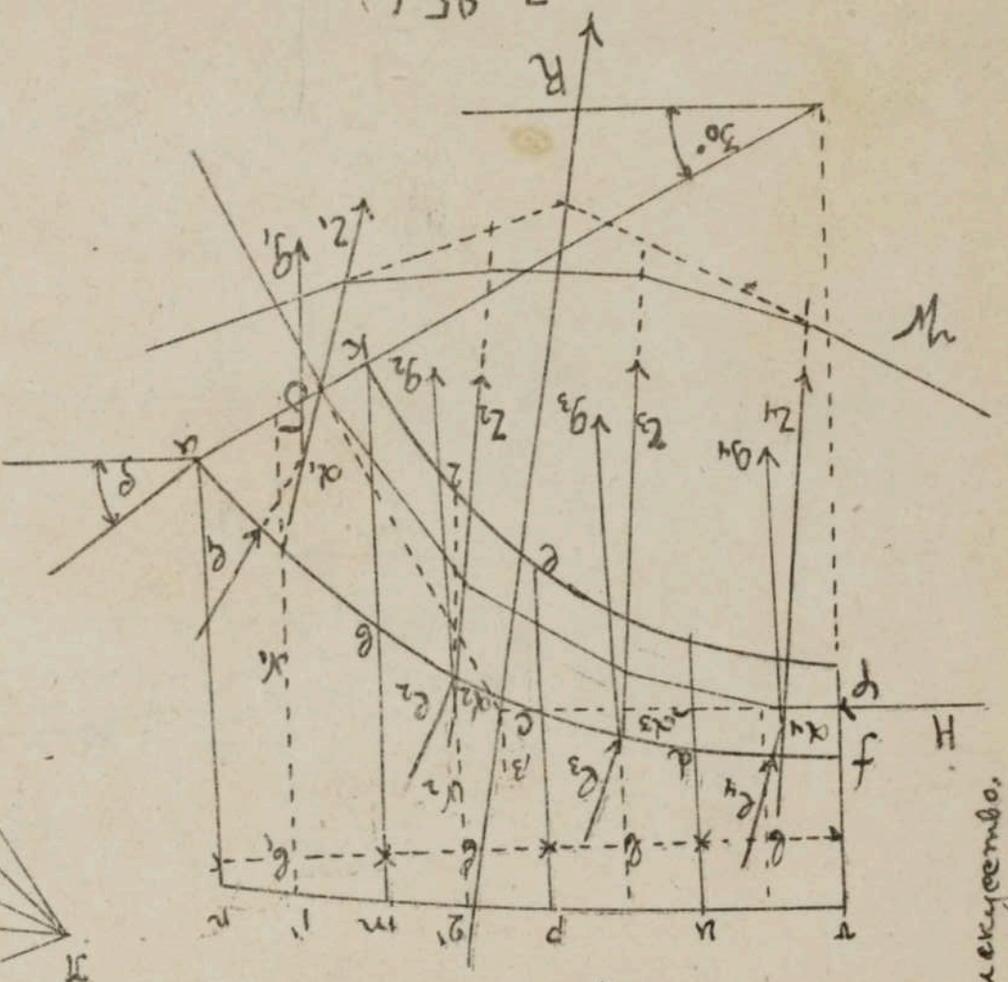
Чер. 91(а)

Таблица 58.

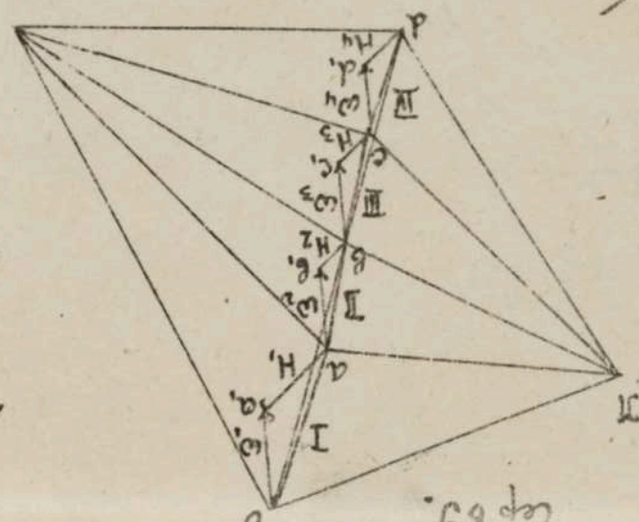
Черт. 88



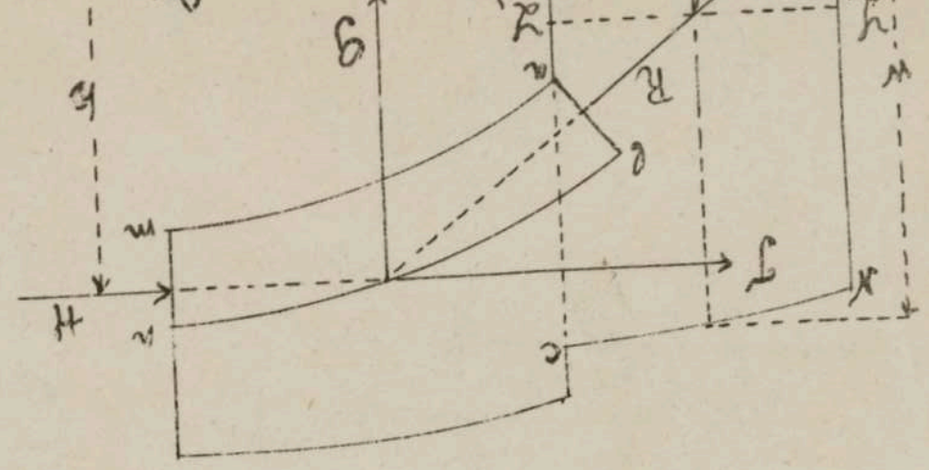
Черт. 95 (а)



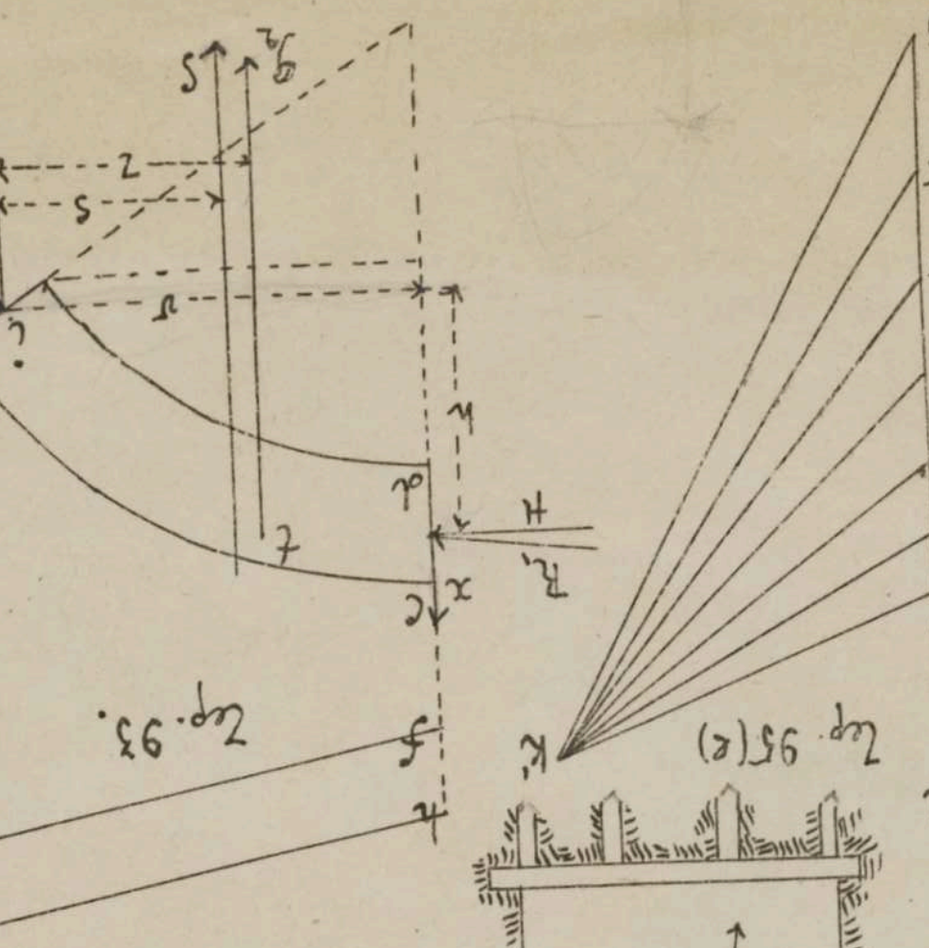
Черт. 89.



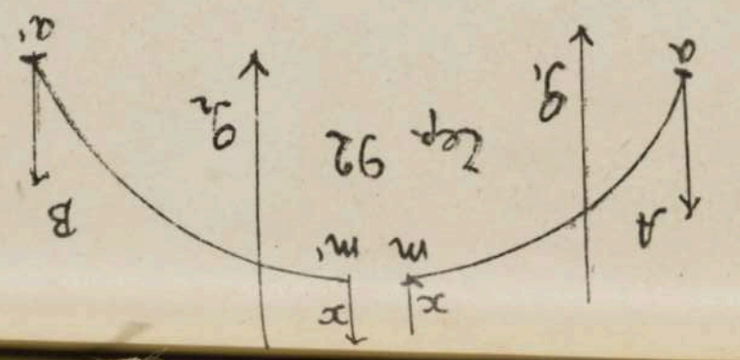
Черт. 94.



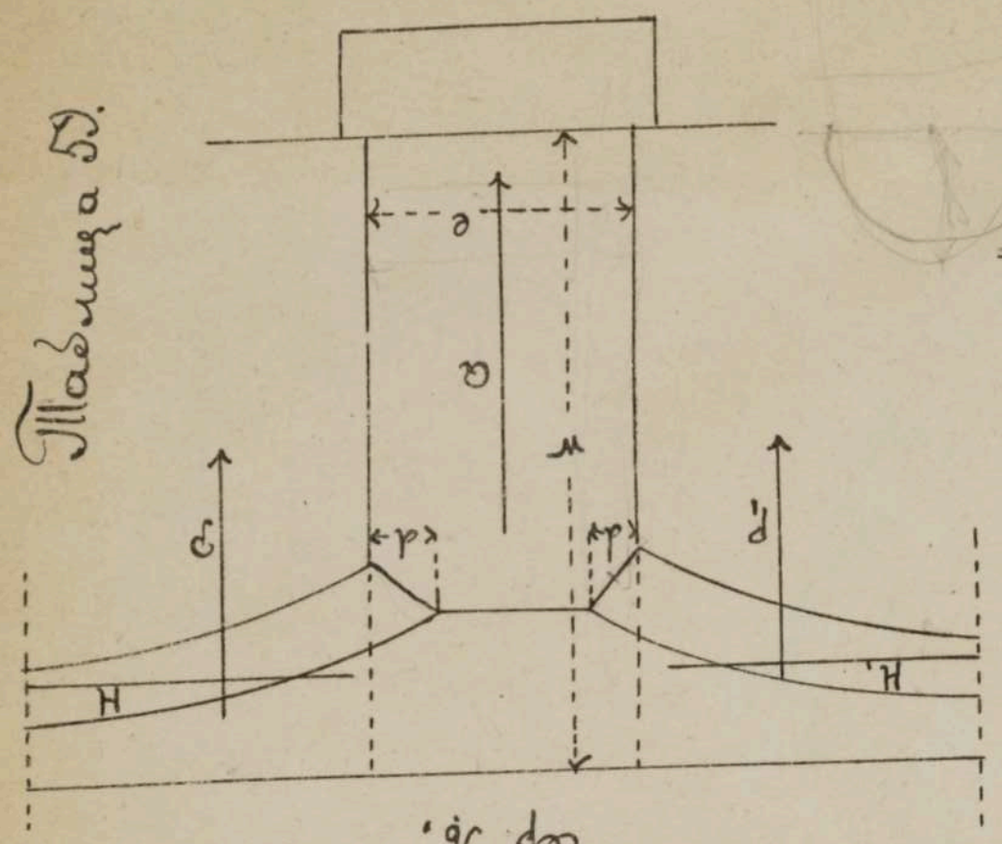
Черт. 95 (б)



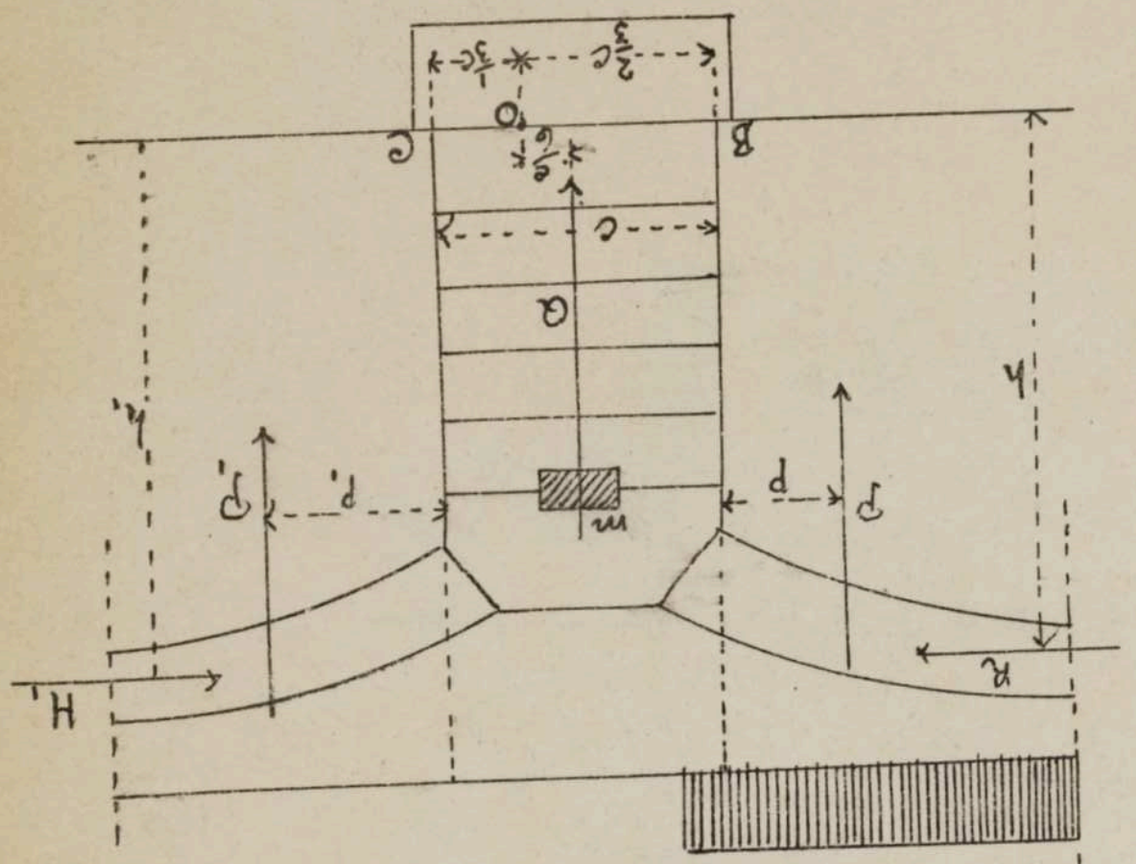
Черт. 92



Черт. 96.



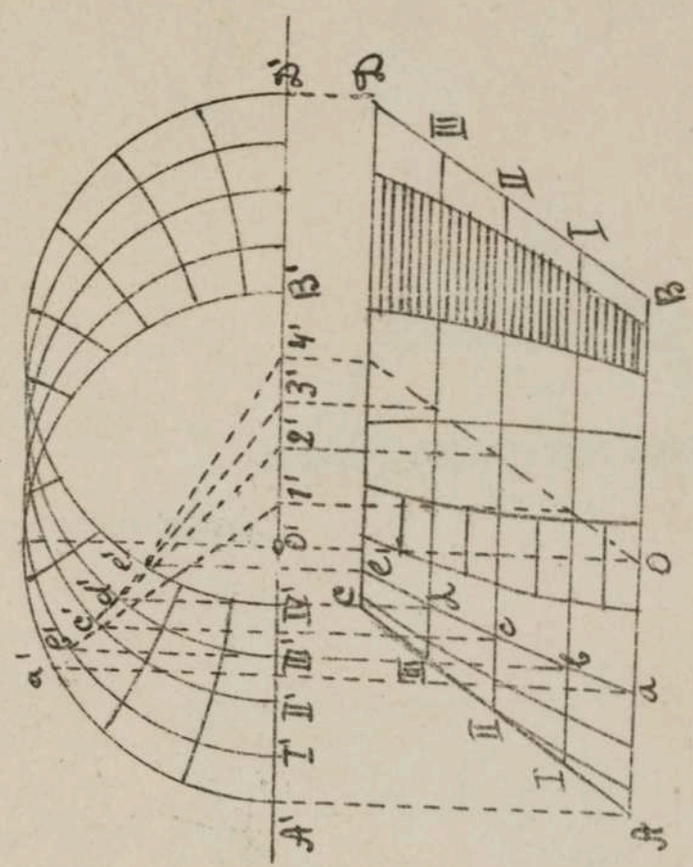
Черт. 97.



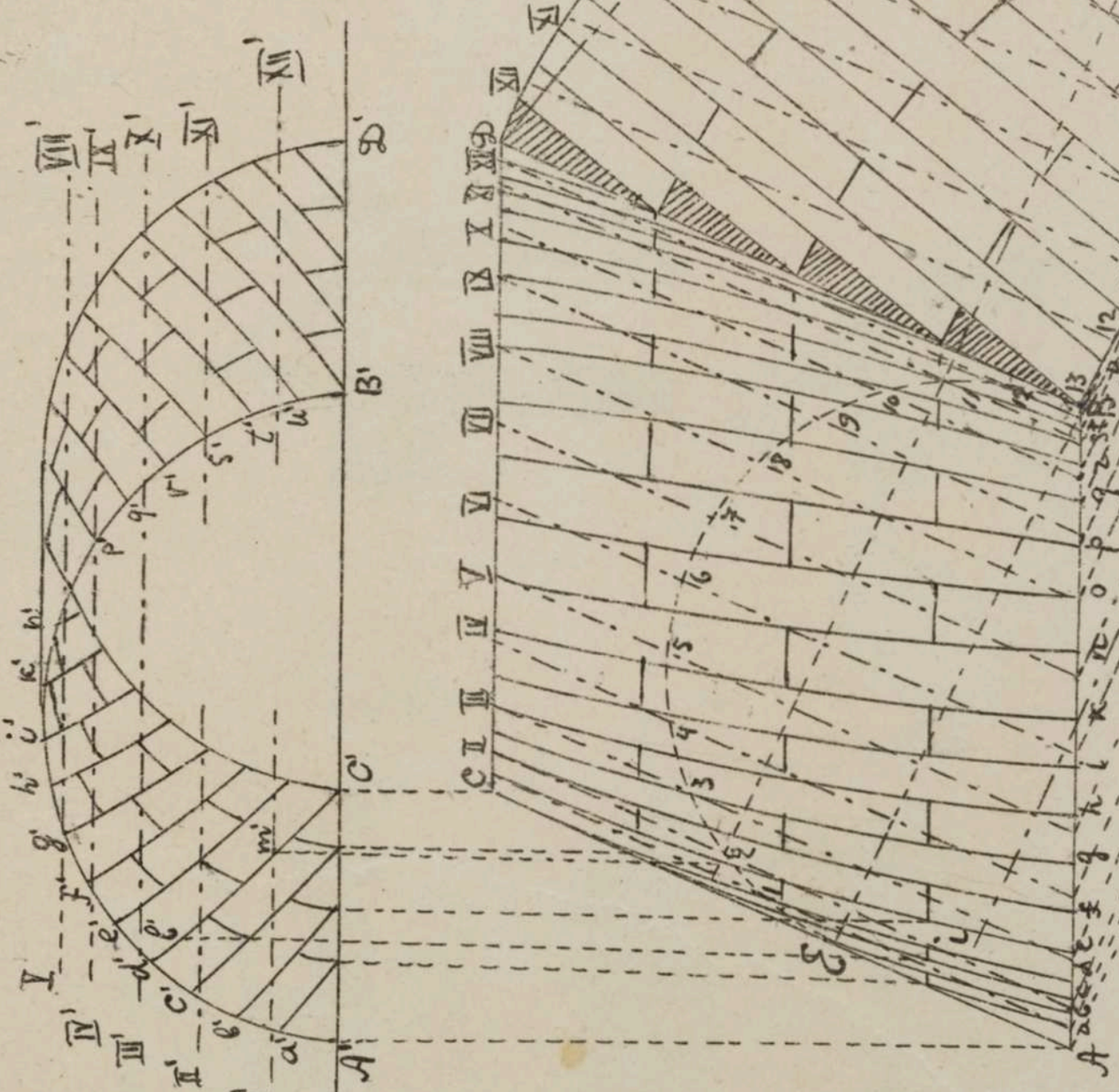
Инж. инструмент.

Таблица 60.

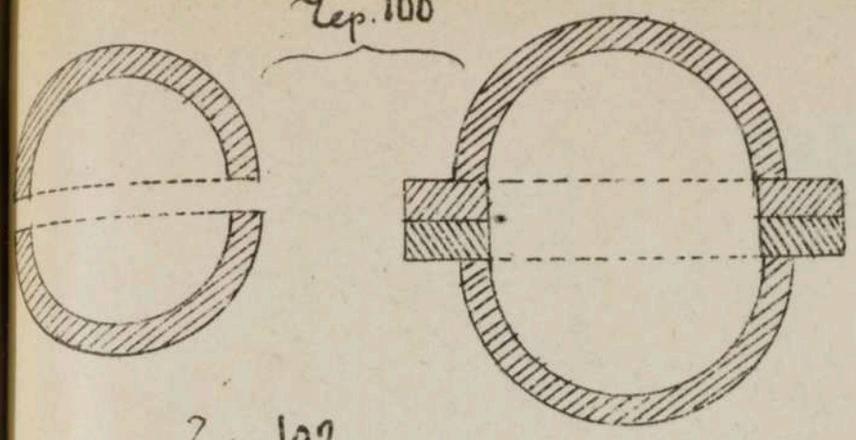
Гор. 98.



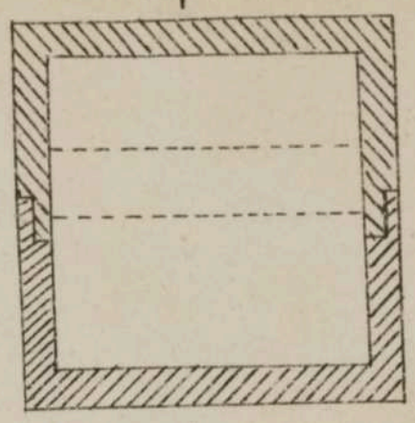
Гор. 99.



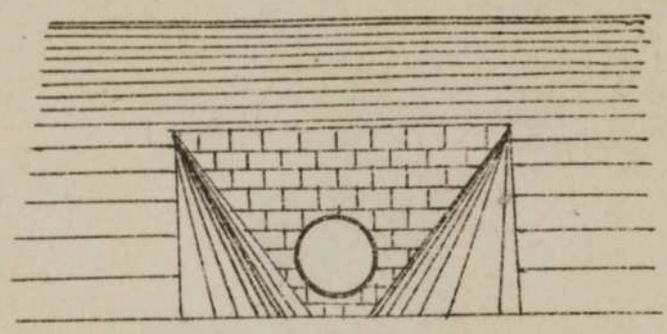
Чер. 100



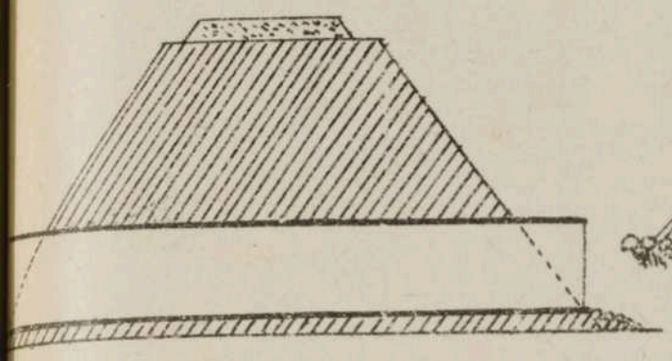
Чер. 101



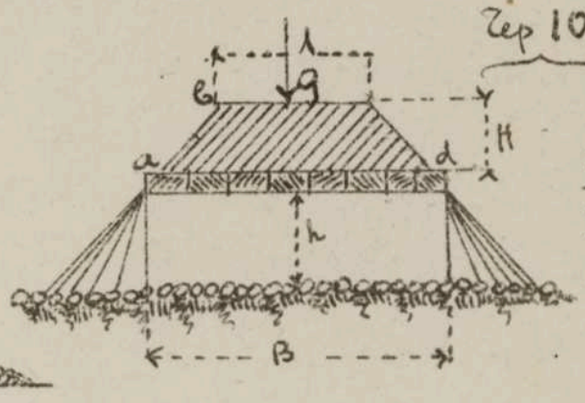
Чер. 103.

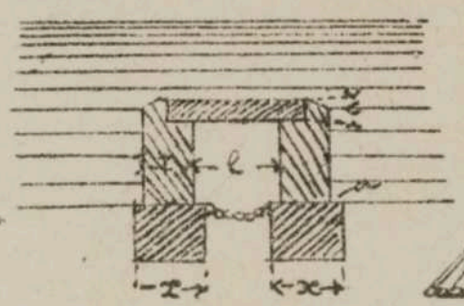


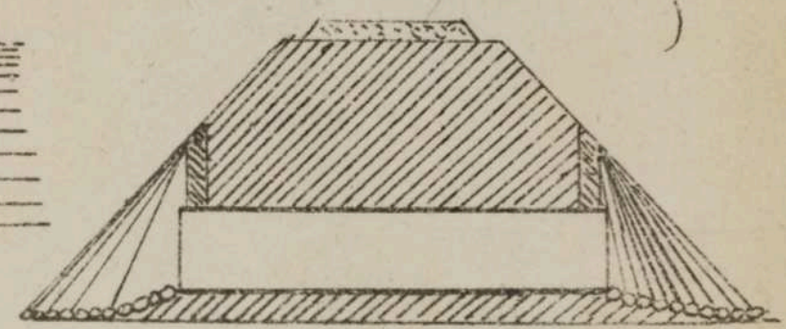
Чер. 102.



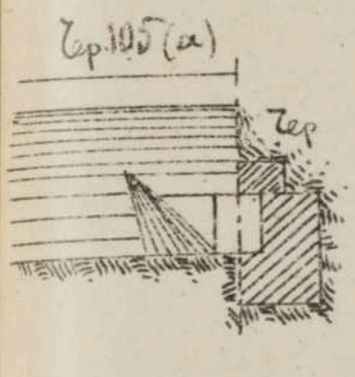
Чер. 104.



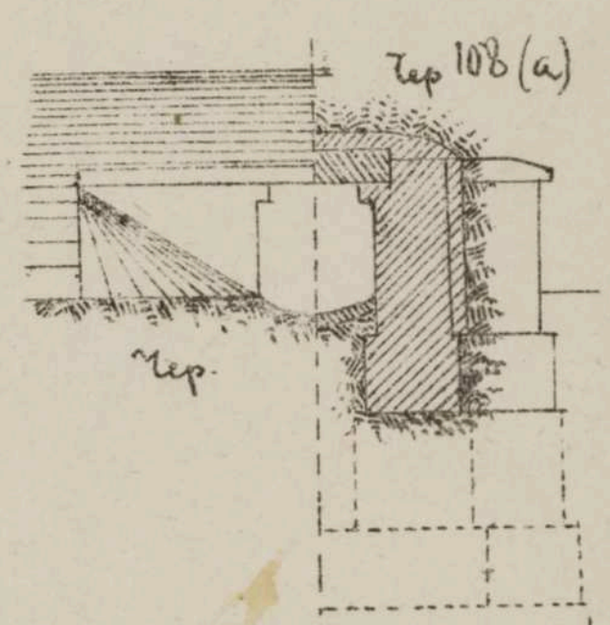




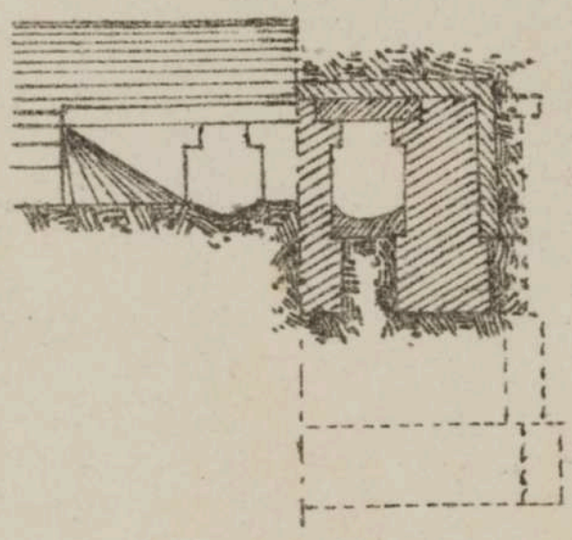
Чер. 105(а)



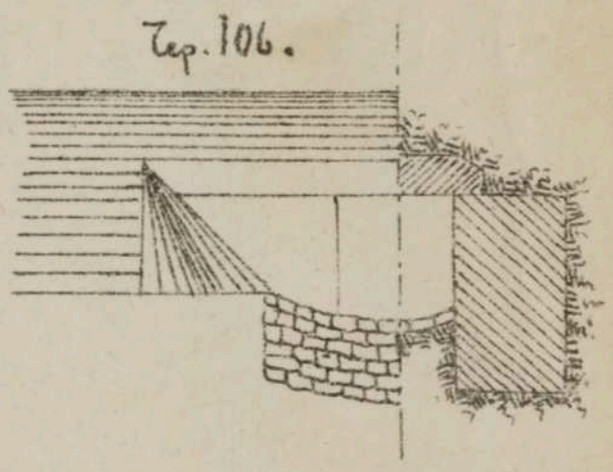
Чер 108(а)



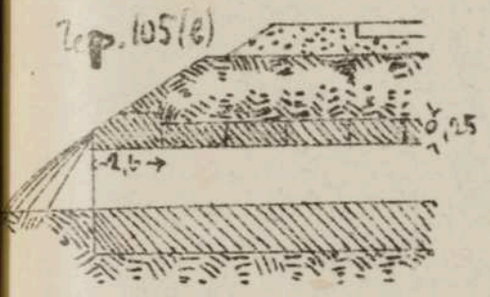
Чер. 109(а)



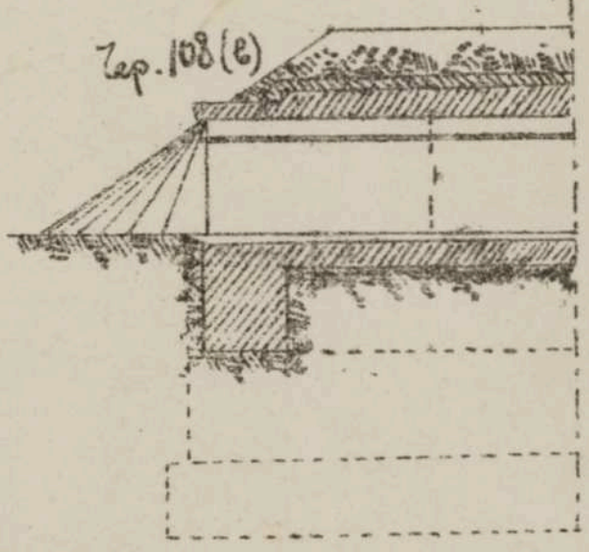
Чер. 106.



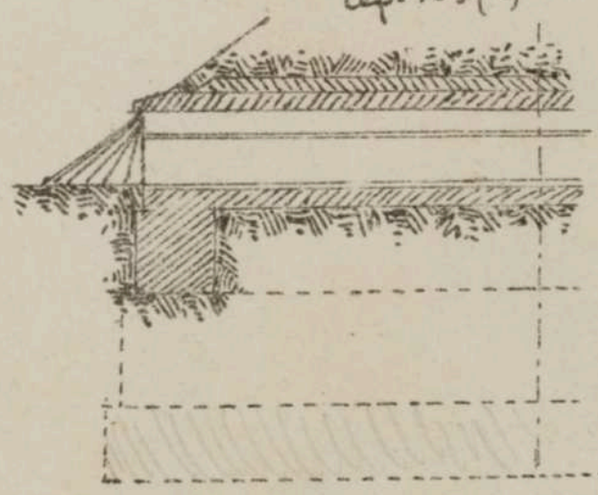
Чер. 105(б)



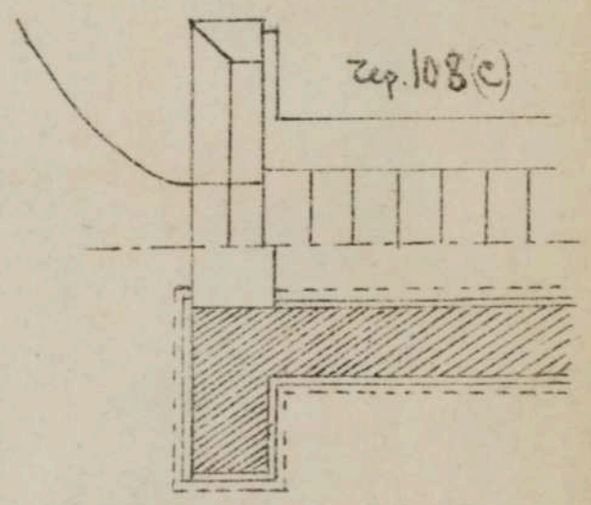
Чер. 108(б)



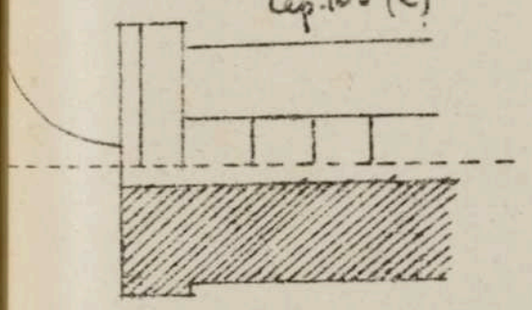
Чер. 109(в)



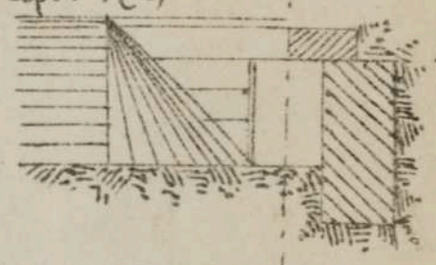
Чер. 108(с)



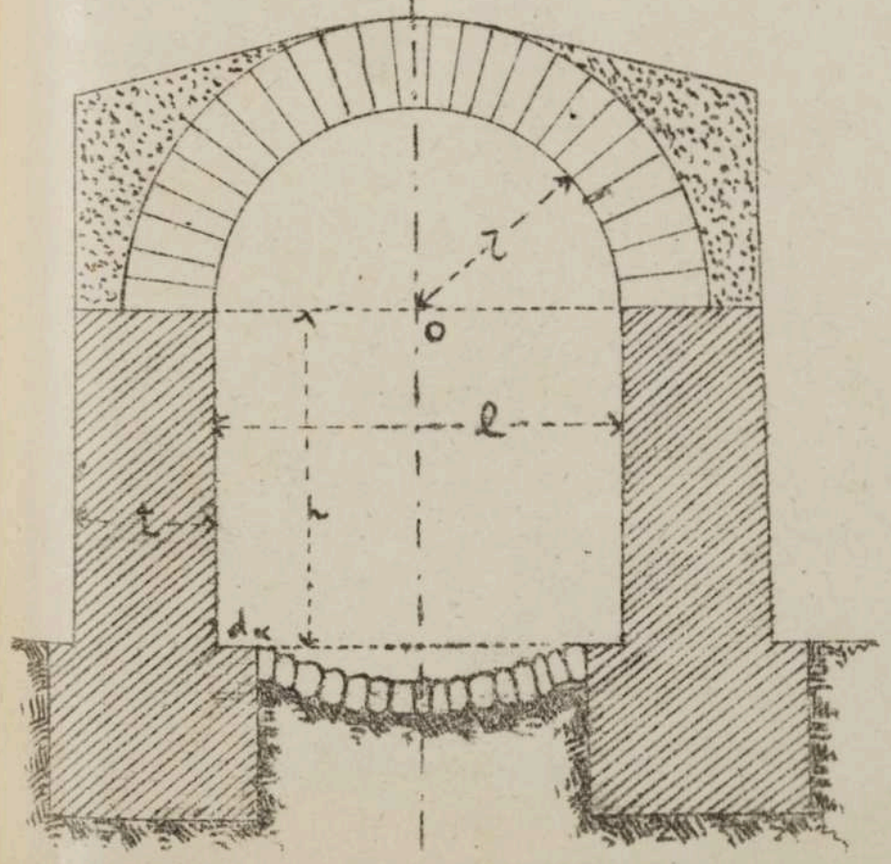
Чер. 105(с)



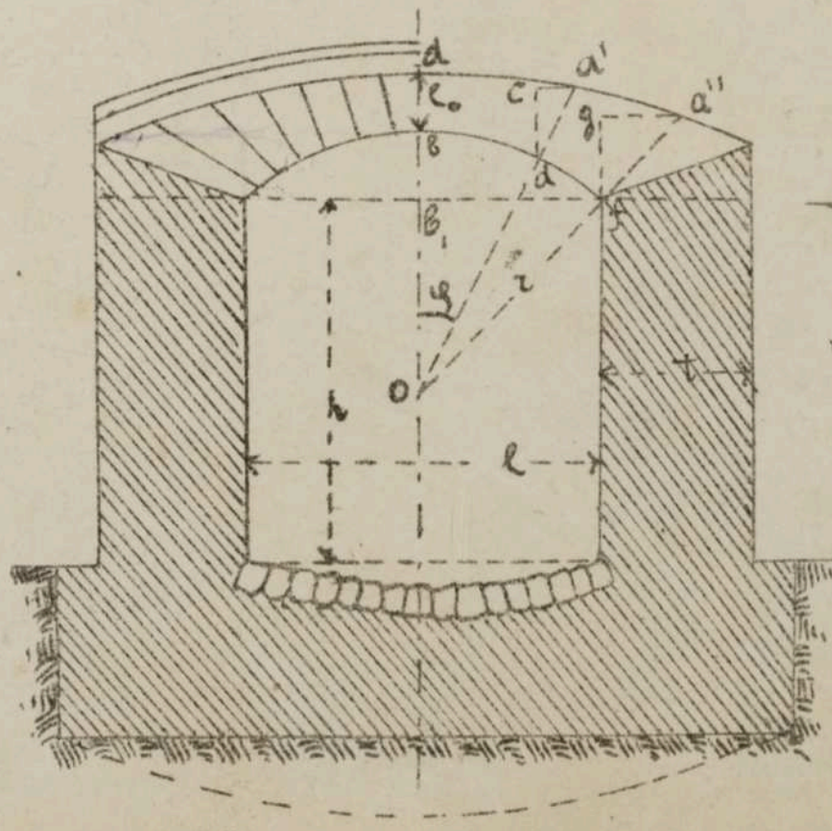
Чер. 107(а)



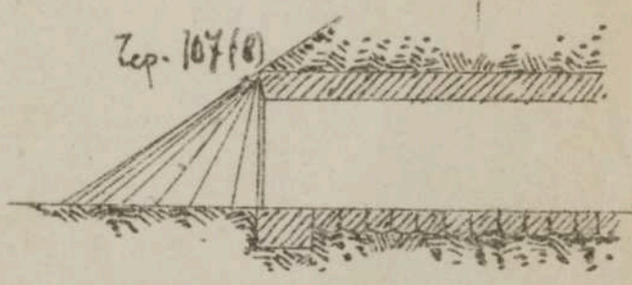
Чер. 110.



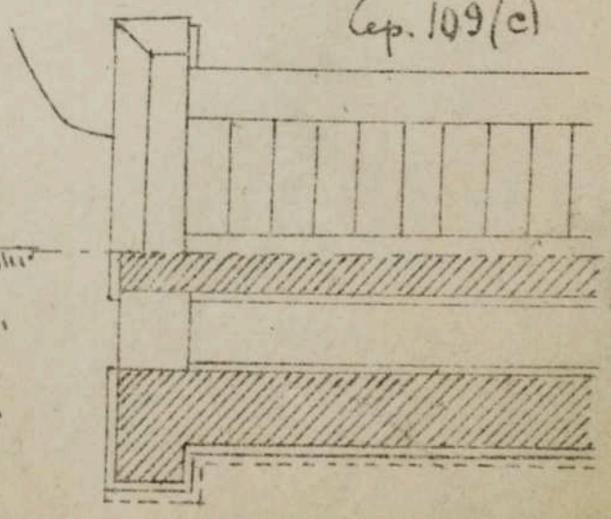
Чер 111.

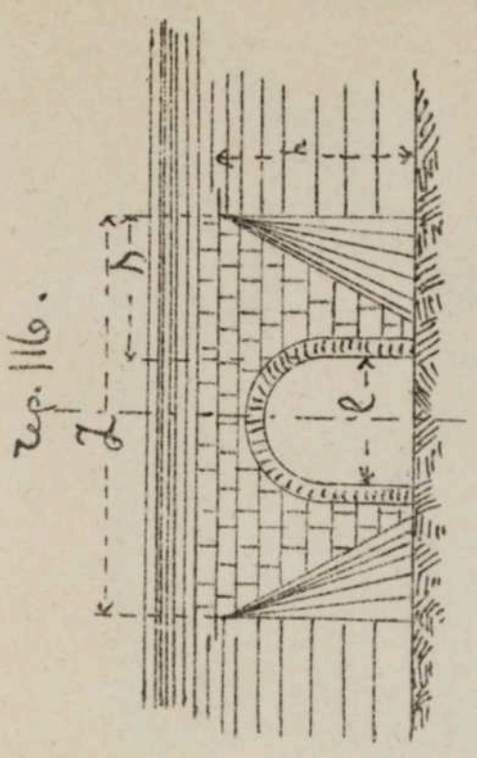


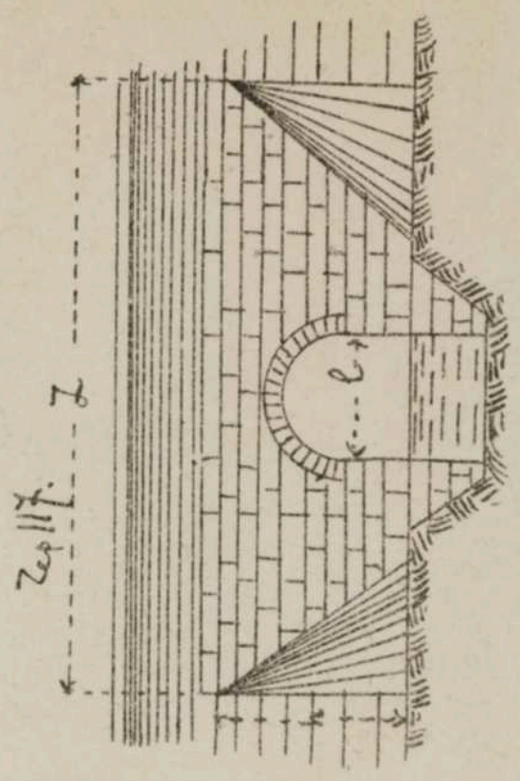
Чер. 107(в)

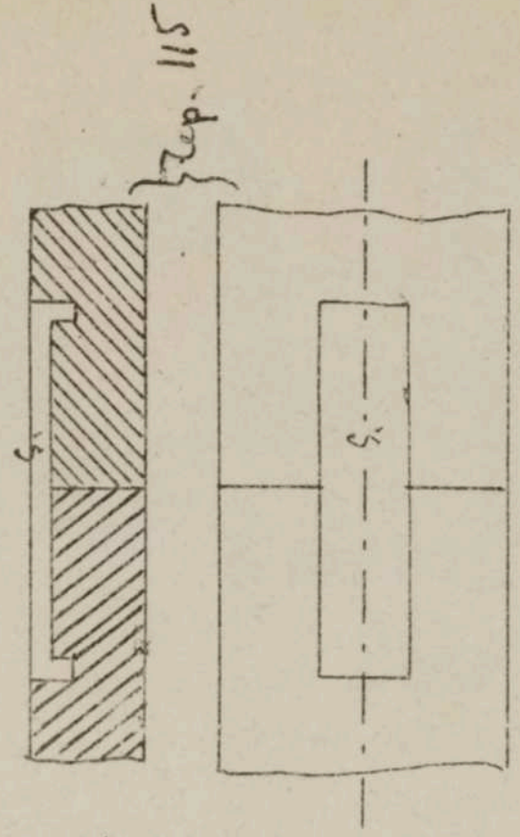


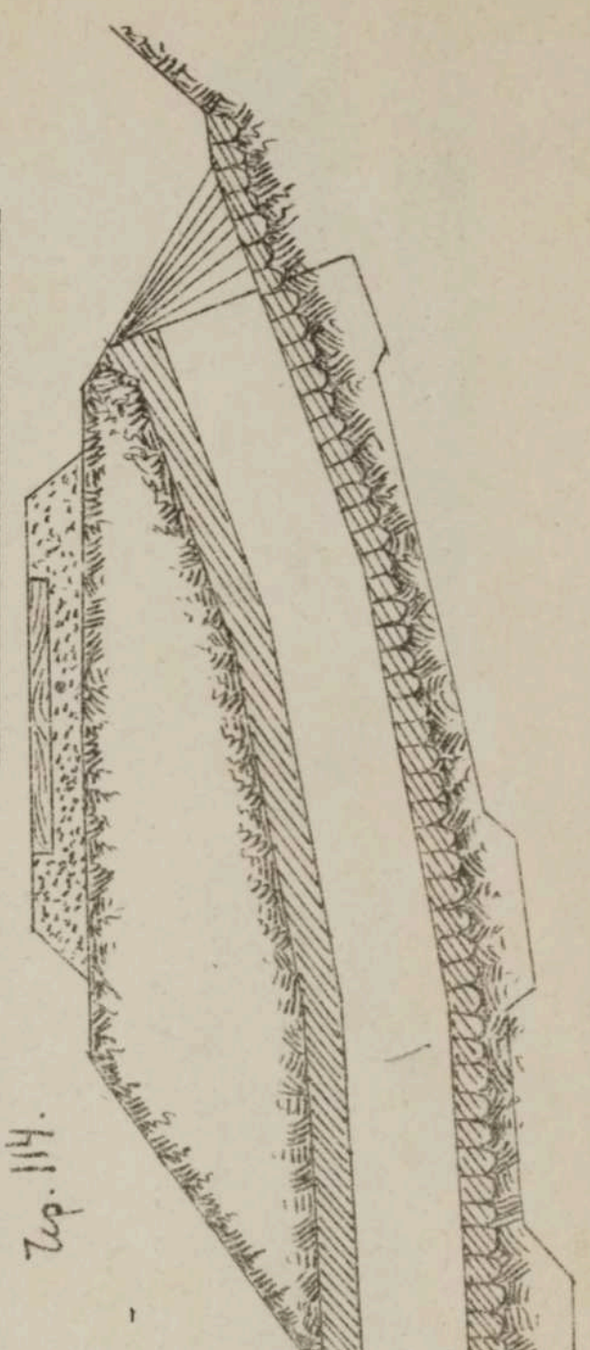
Чер. 109(с)

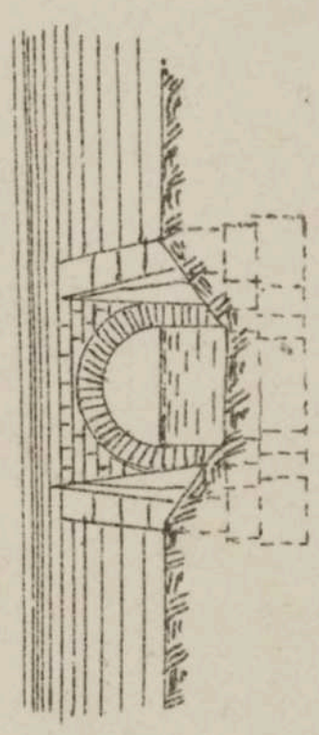


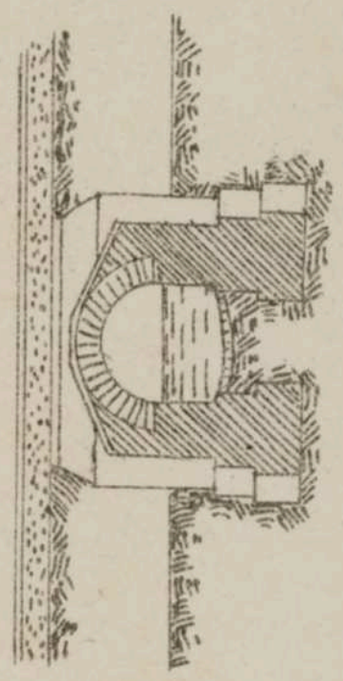

Чер. 116.
l
h
d

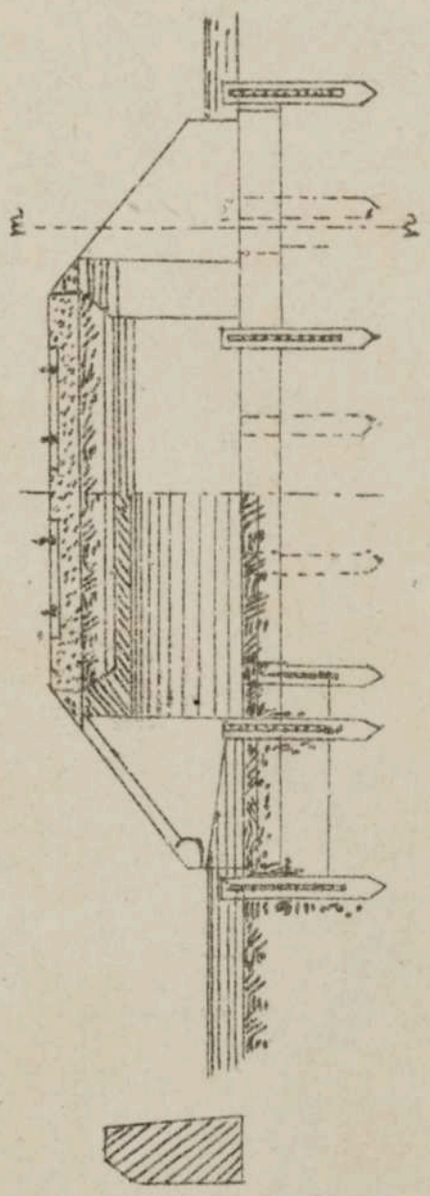

Чер. 117.
l
d

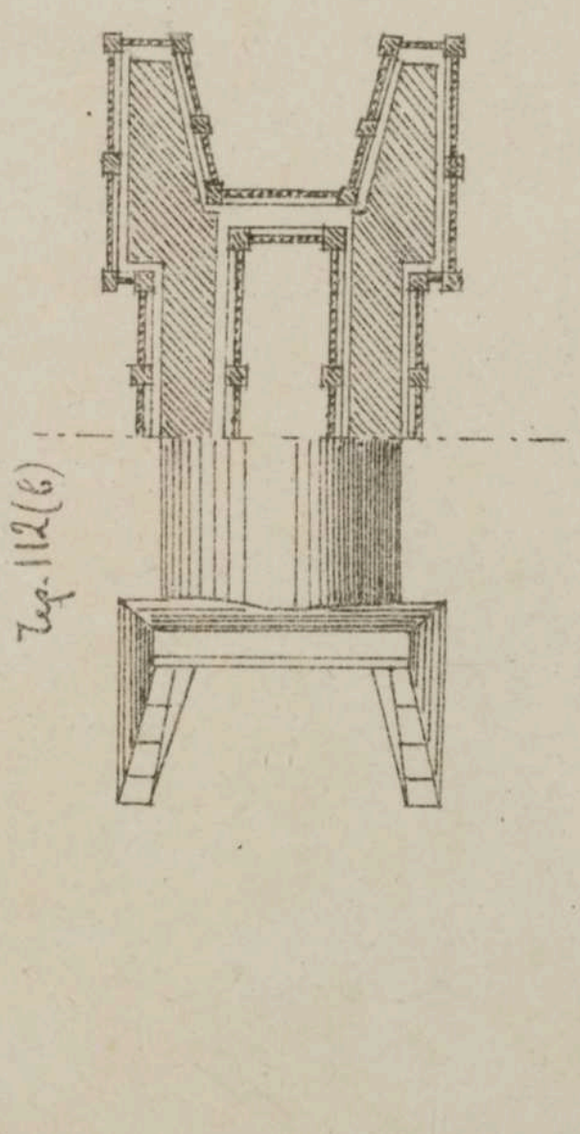

Чер. 115
s

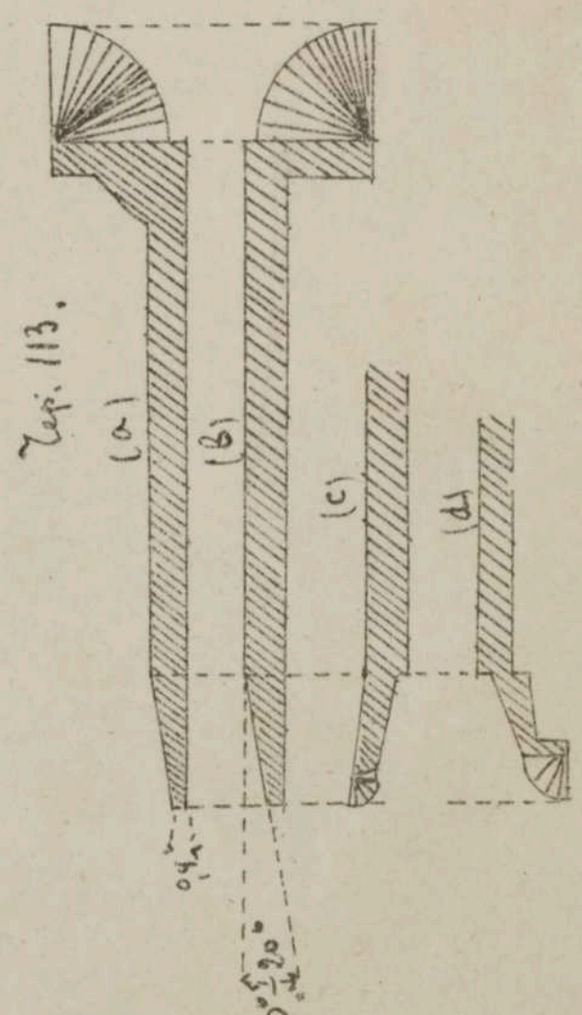

Чер. 114.


Чер. 112(c)

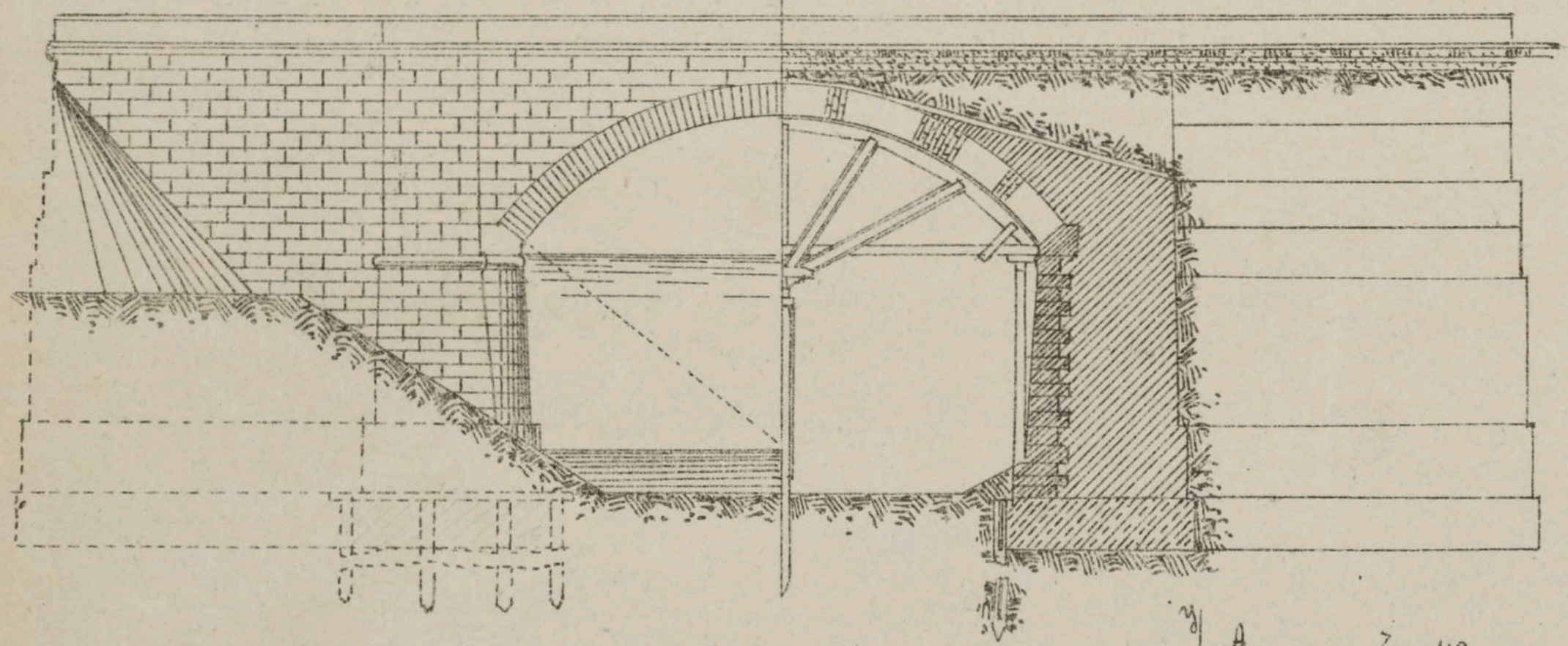

Чер. 112(d)


Чер. 112(a)
m
n

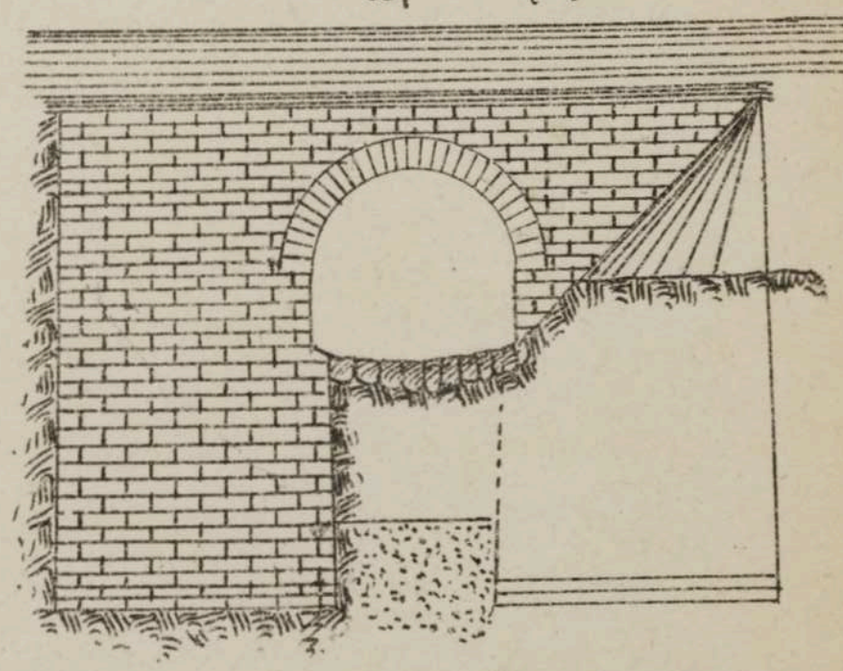

Чер. 112(b)


Чер. 113.
(a)
(b)
(c)
(d)

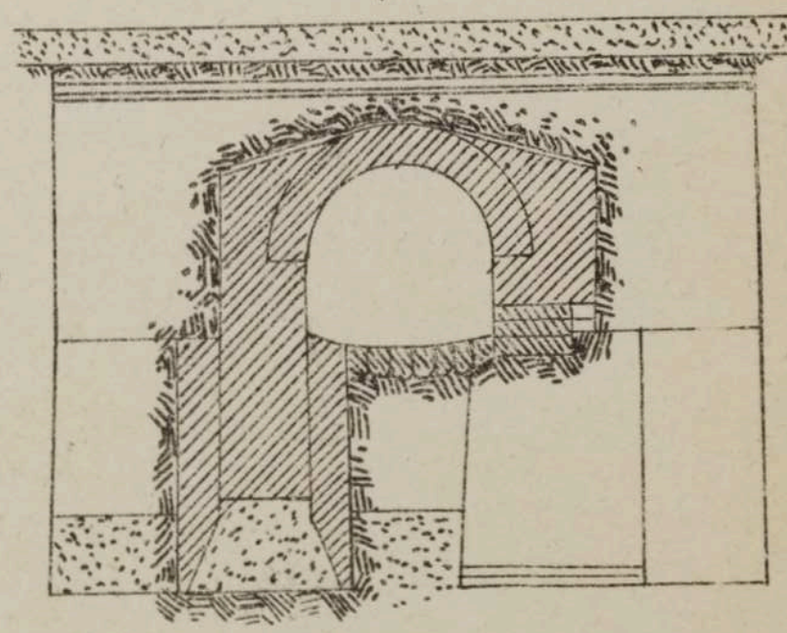
Чер. 118

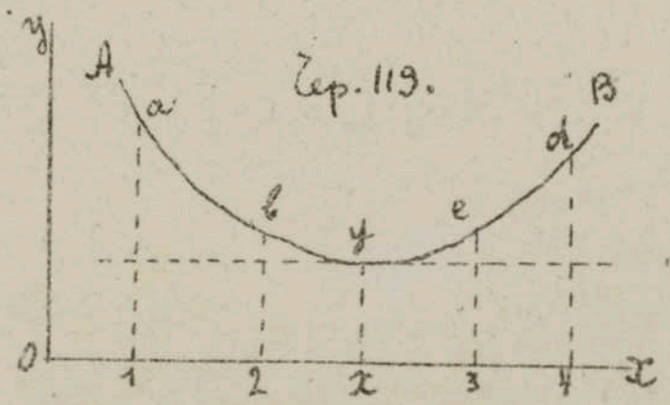


Чер. 120 (а)



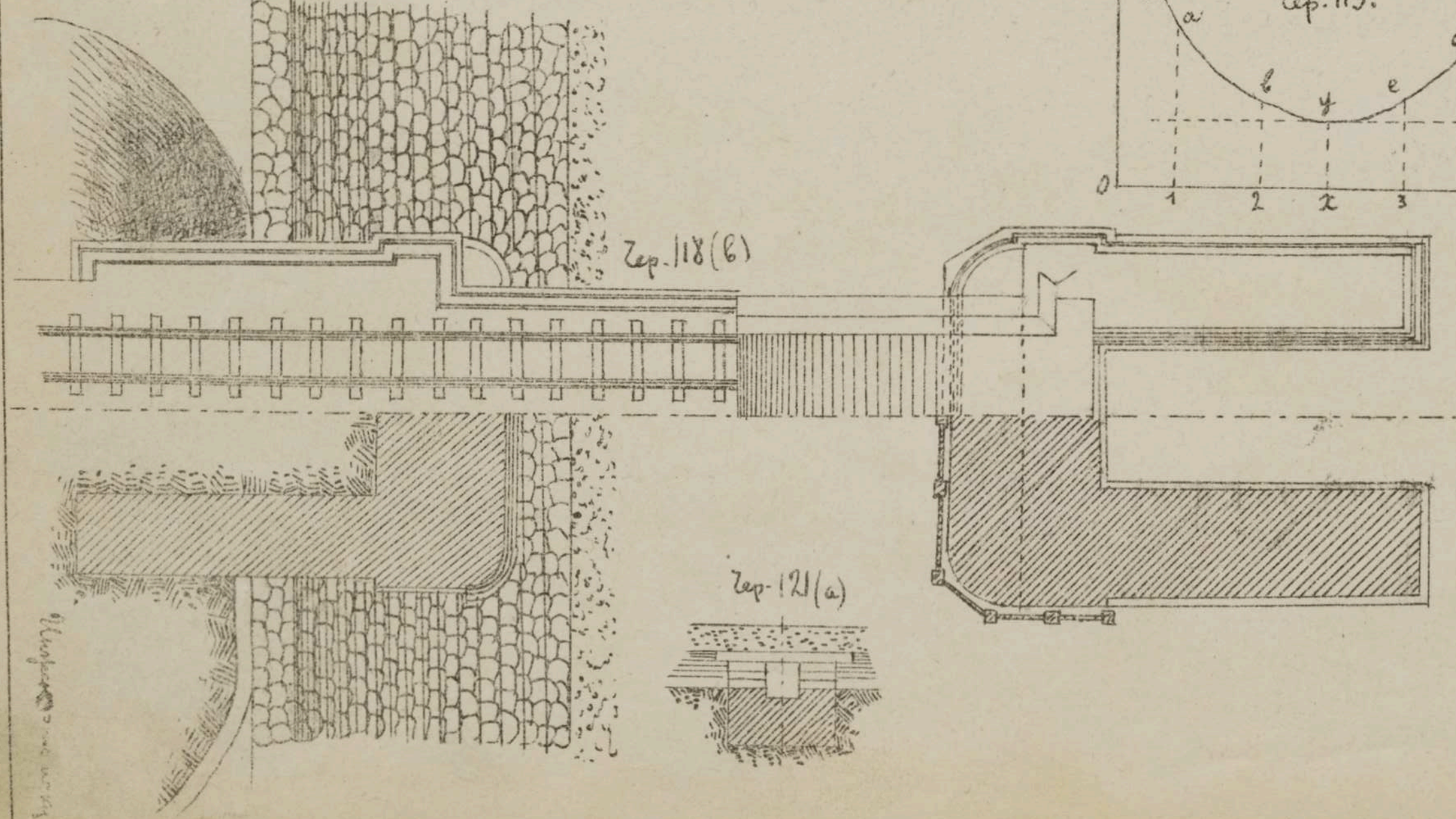
Чер. 120 (б)





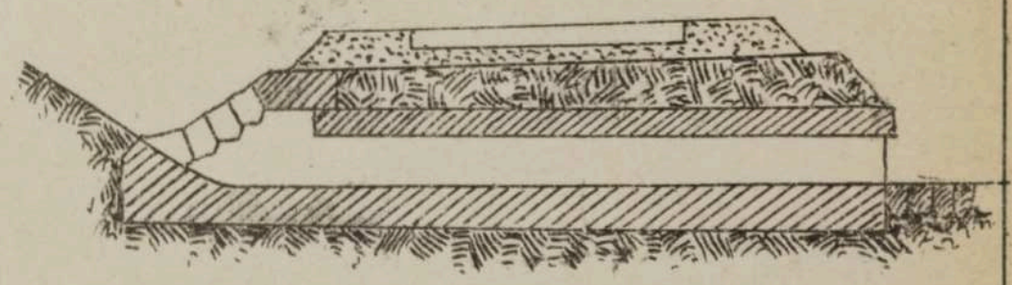
Чер. 119.

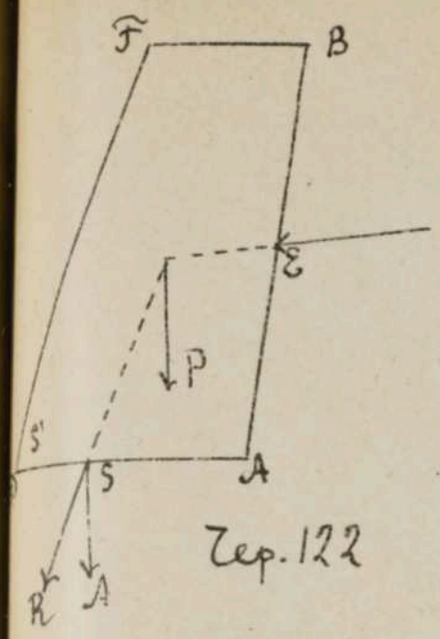
Чер. 118 (б)



Чер. 121 (а)

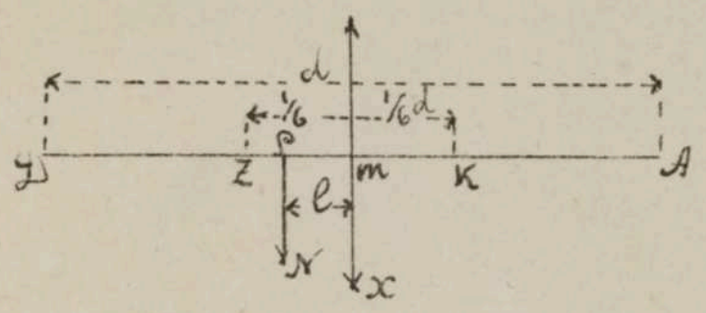
Чер. 121 (в)



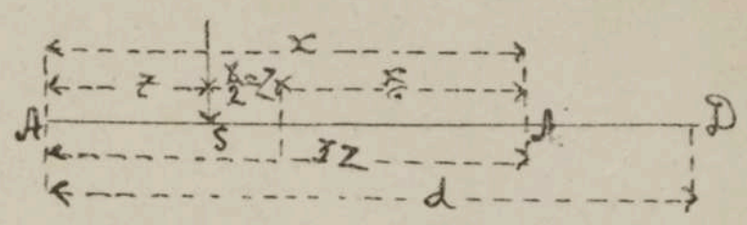


Чер. 122

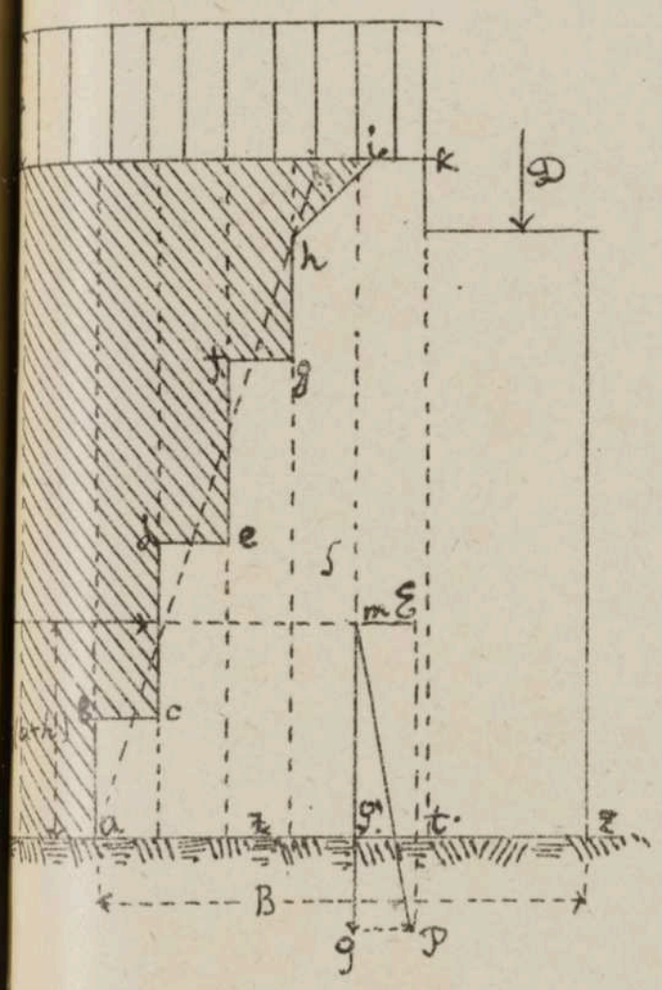
Чер. 123.



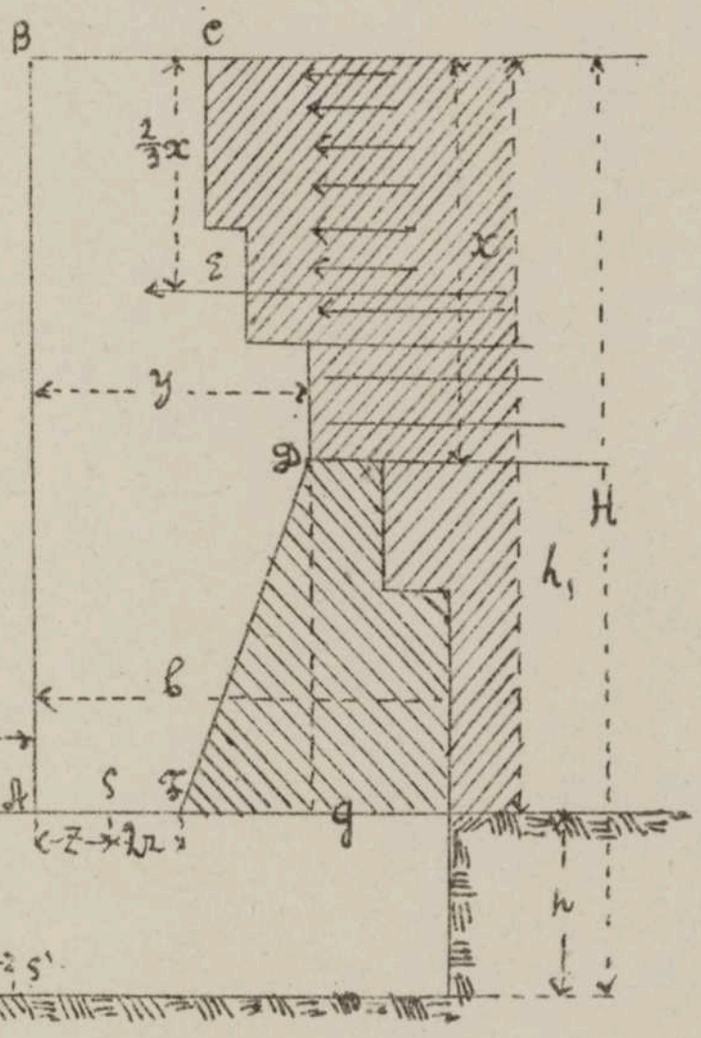
Чер. 124



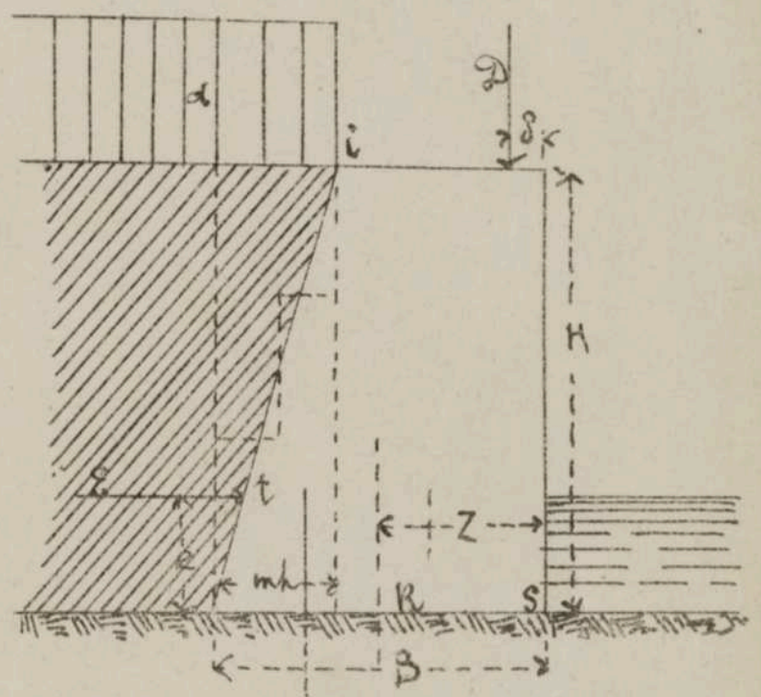
Чер. 126



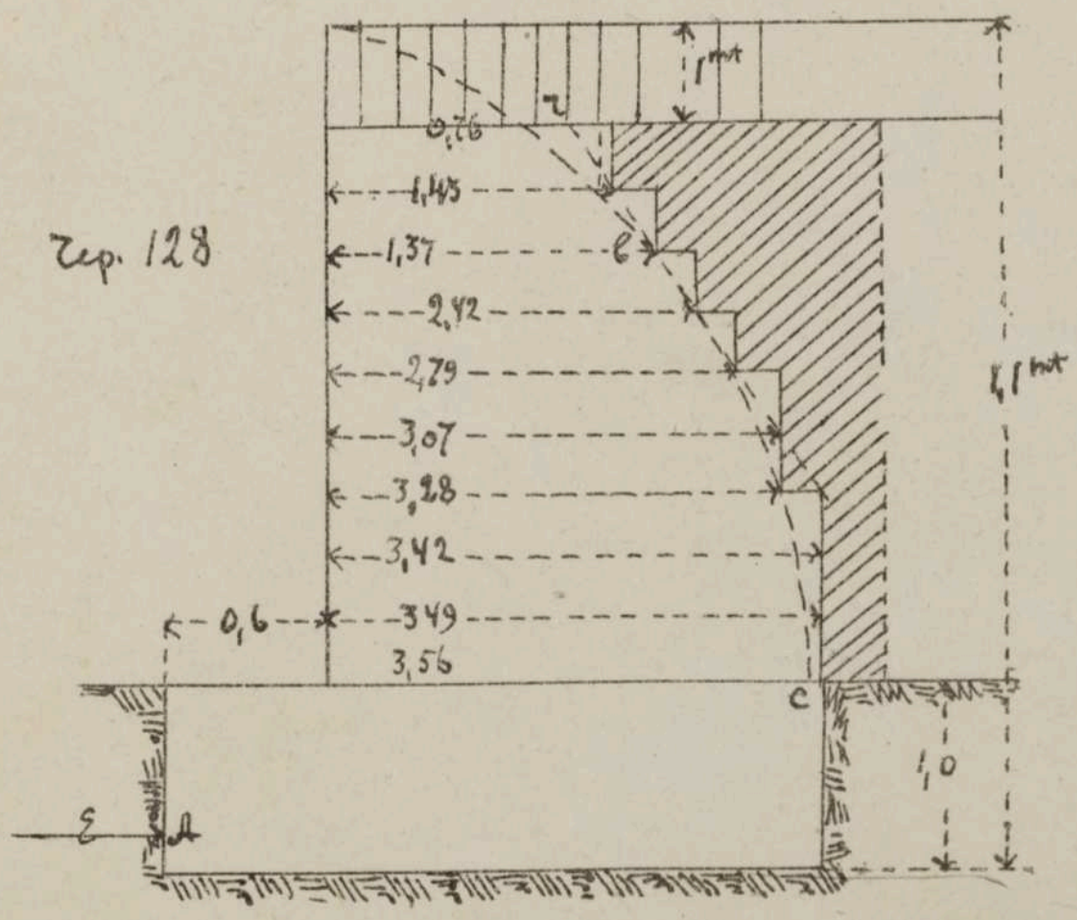
Чер. 127



Чер. 125



Чер. 128

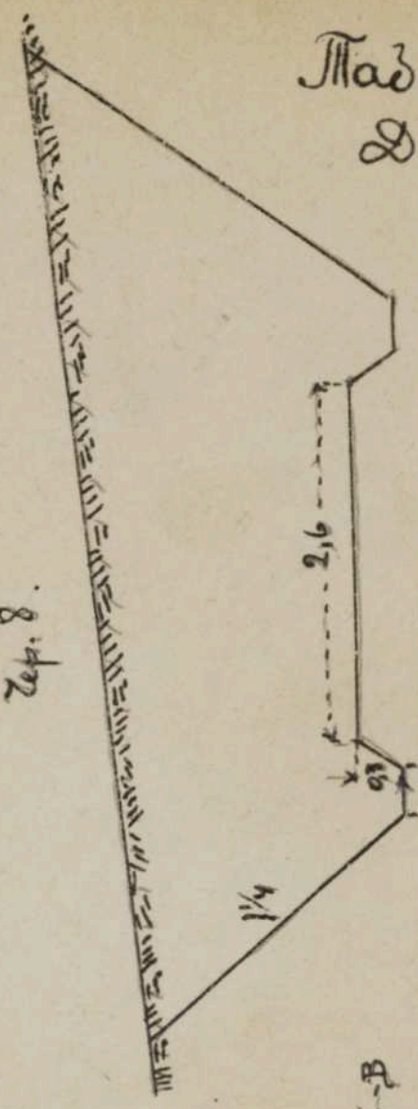


Чер. 129.

Таблица 65.

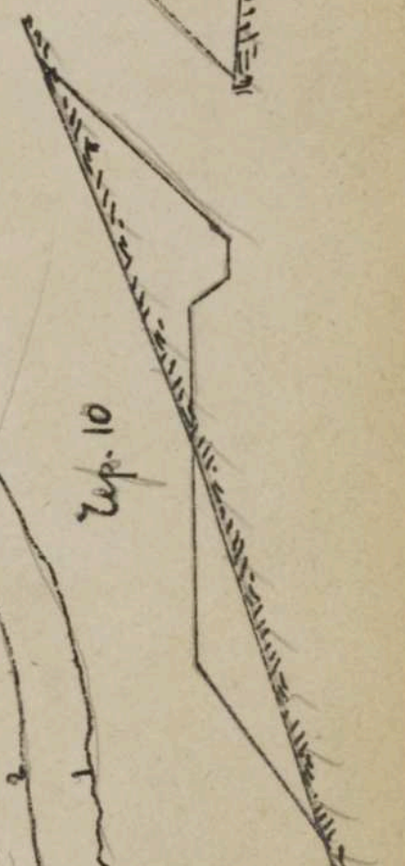
Дороги.

Чер. 9.

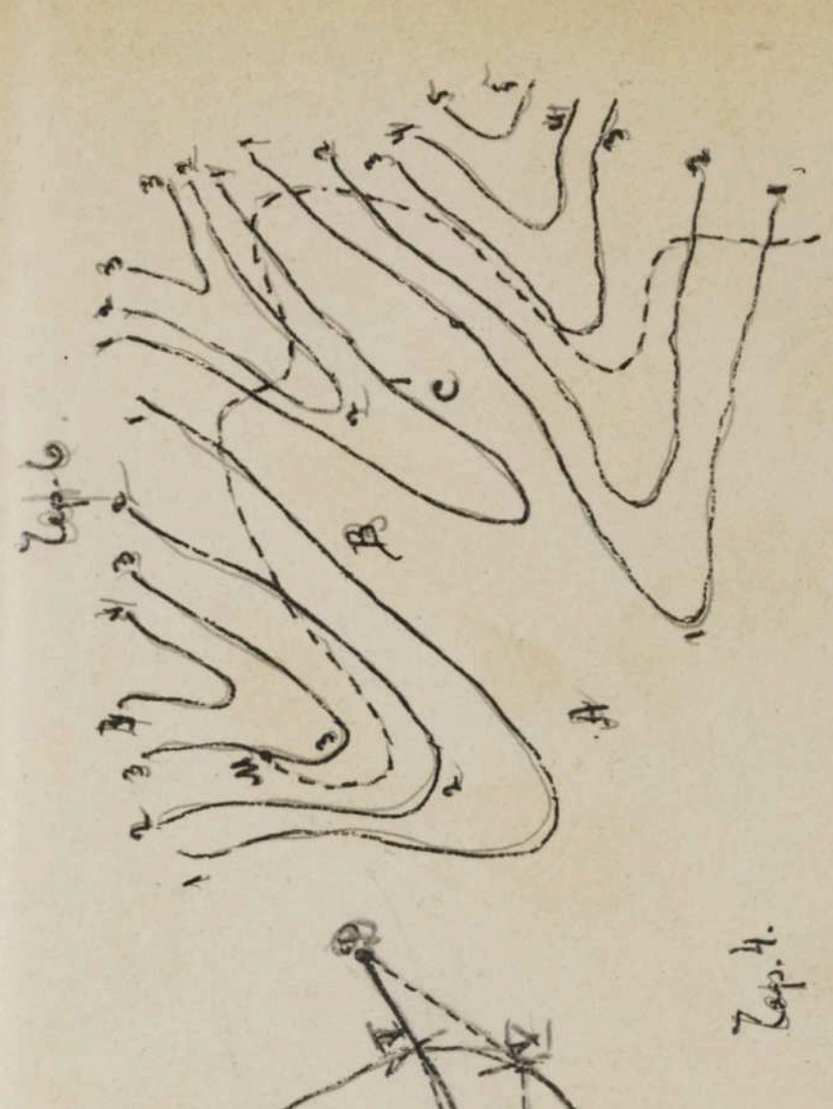


Чер. 8.

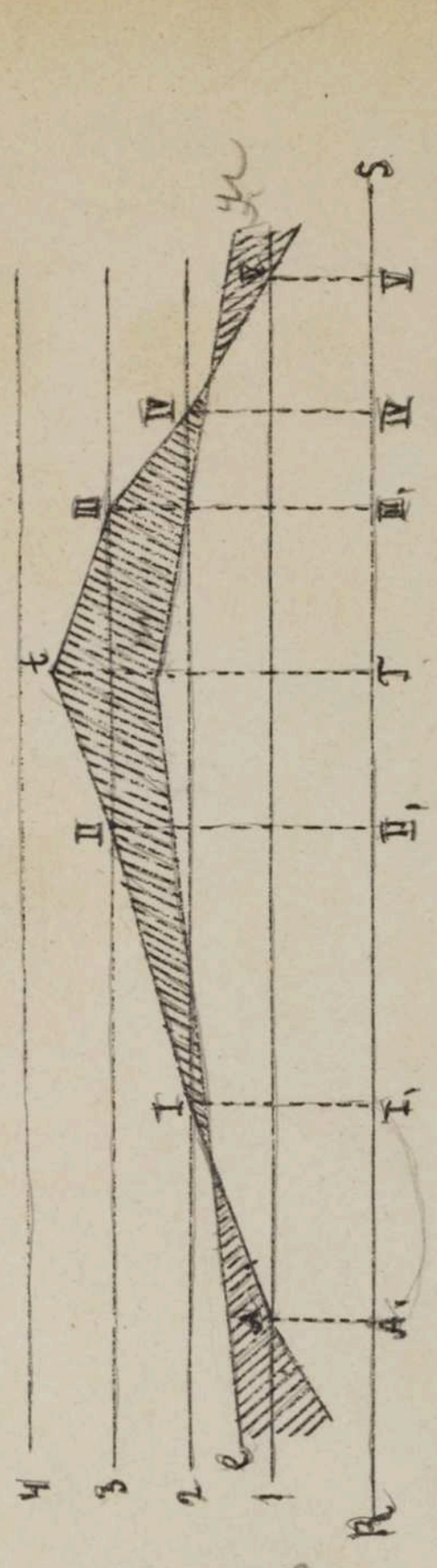
Чер. 10



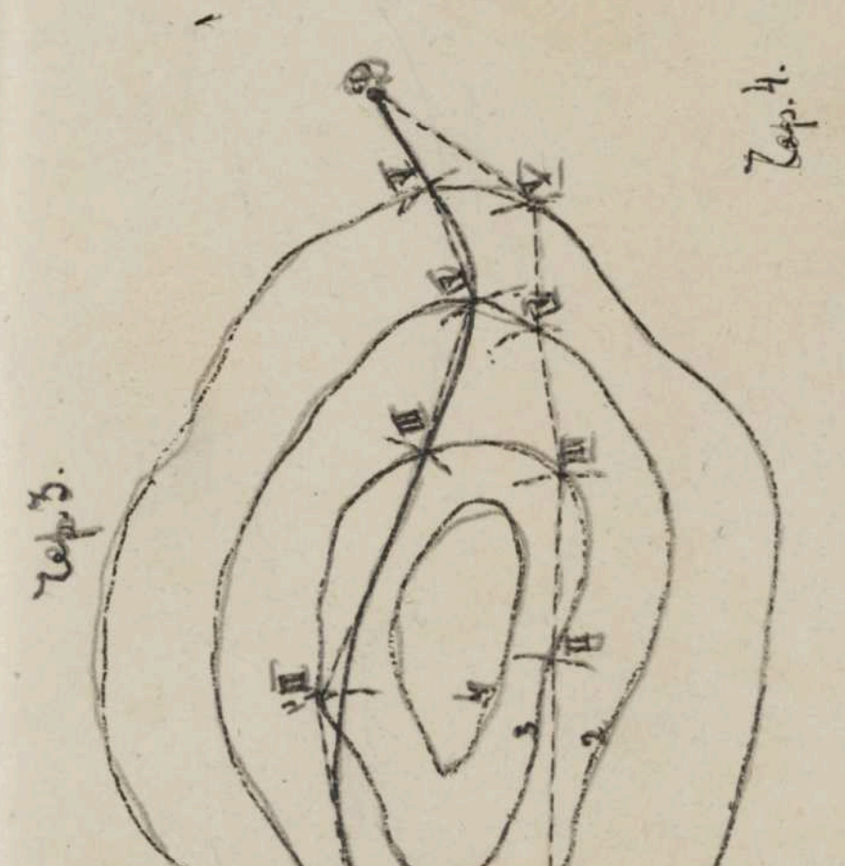
Чер. 6



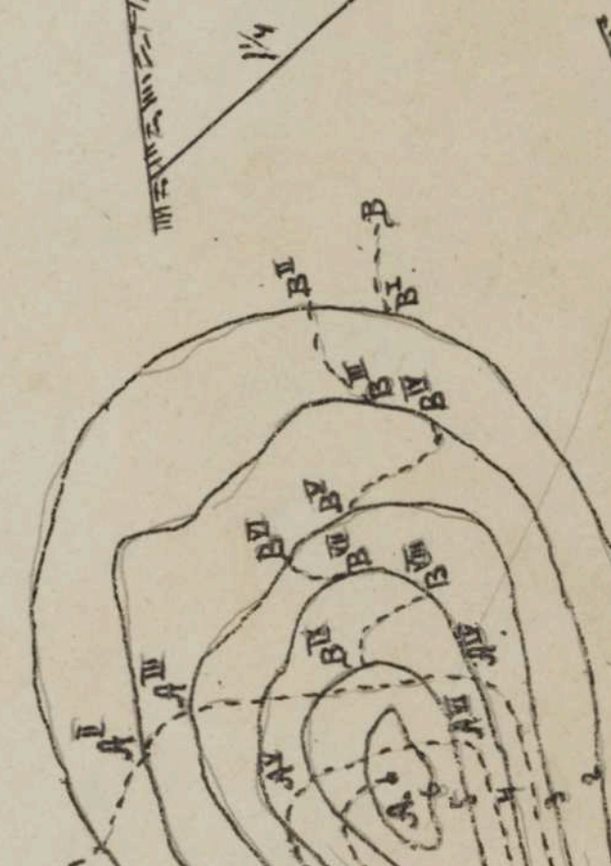
Чер. 4.



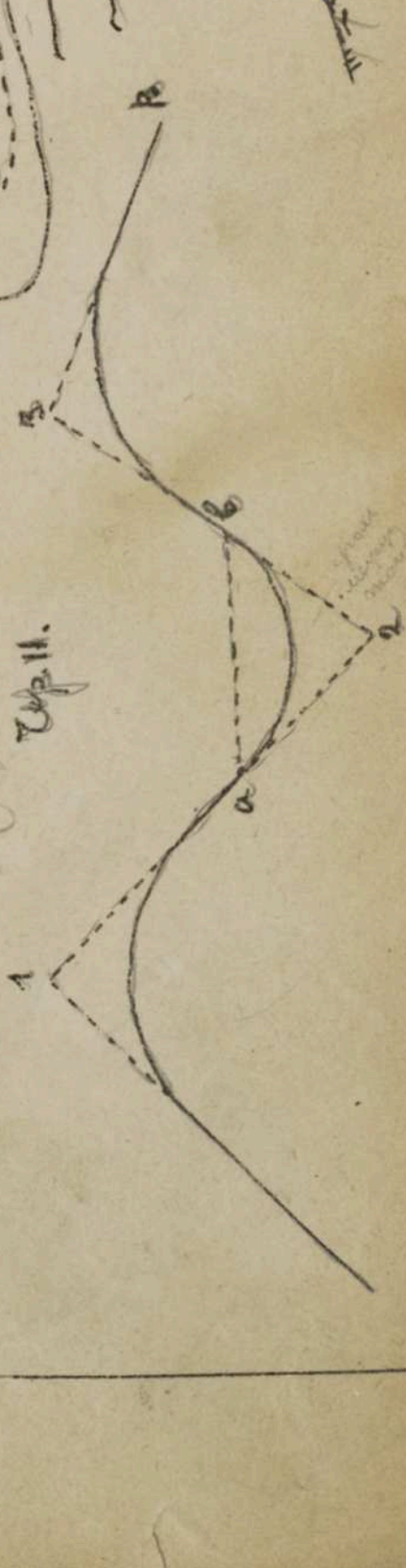
Чер. 3.



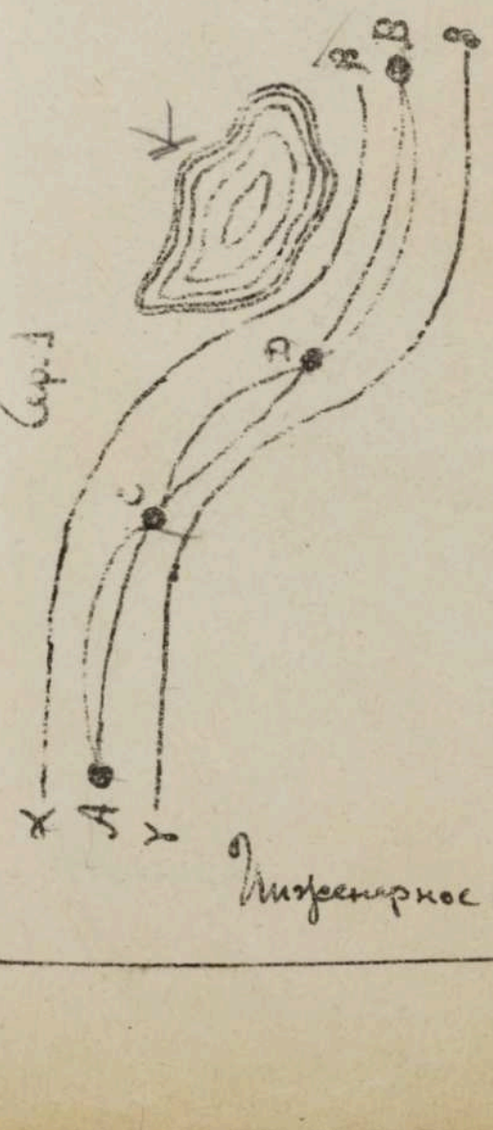
Чер. 7



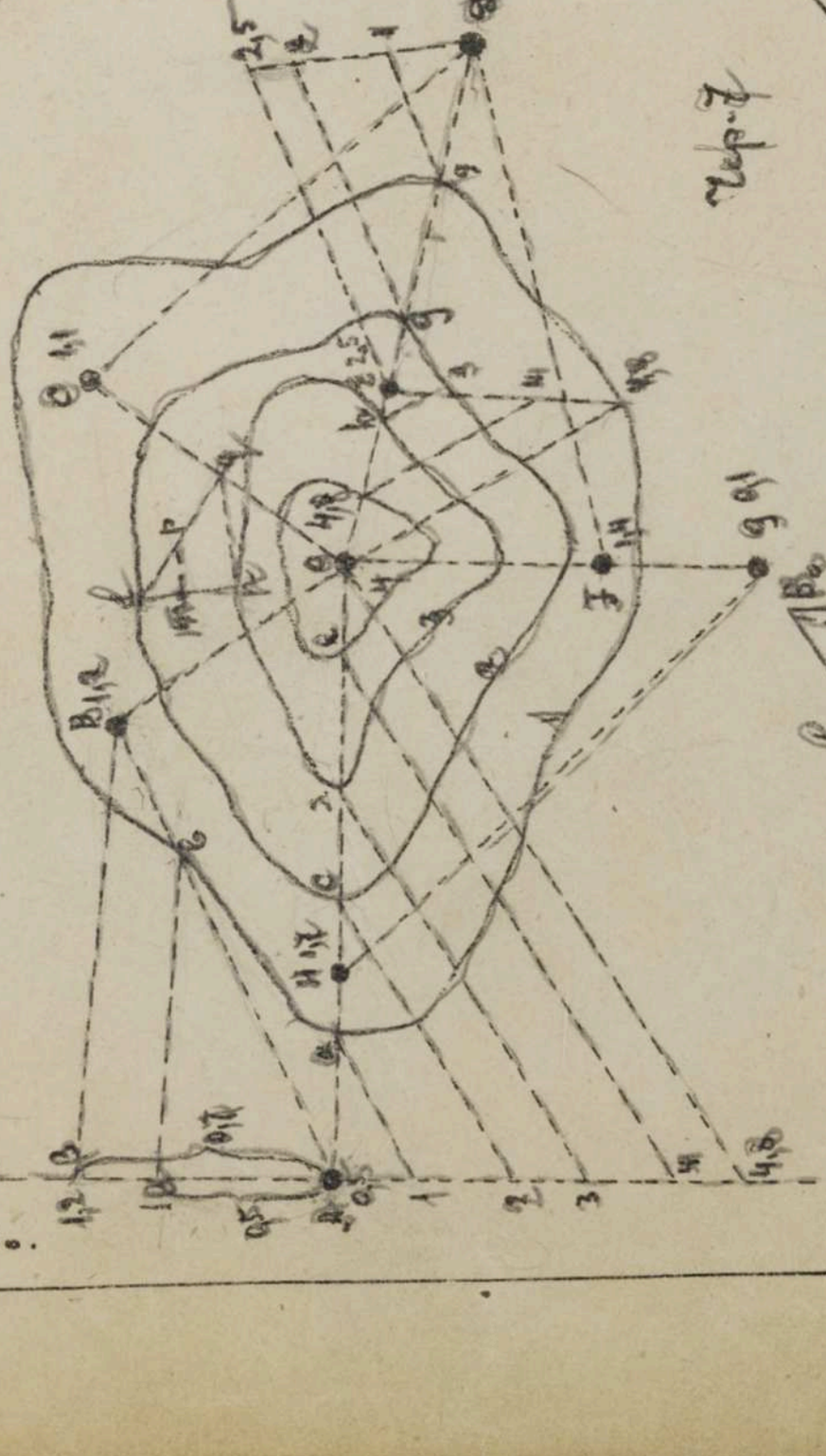
Чер. 11.



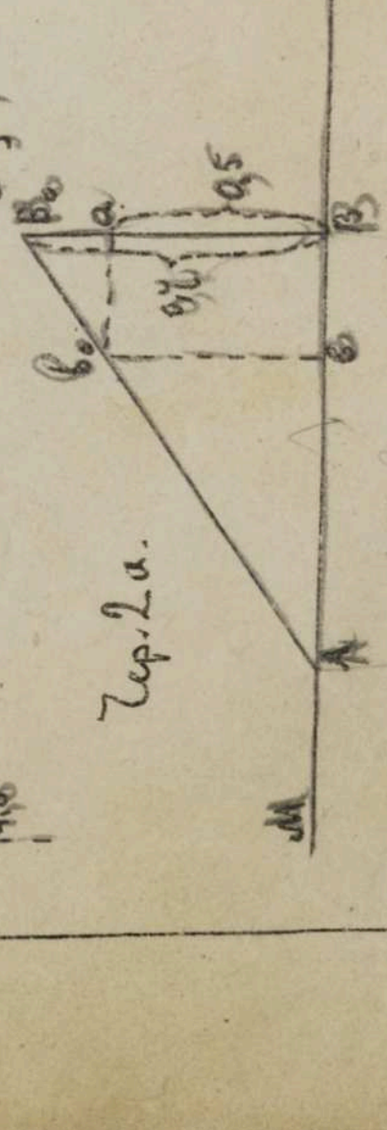
Чер. 1



Чер. 2



Чер. 2а.



Зер. 20.

Зер. 19

Зер. 23 а

Зер. 14

Зер. 18.

Зер. 13.

Зер. 23

Зер. 21.

Зер. 12

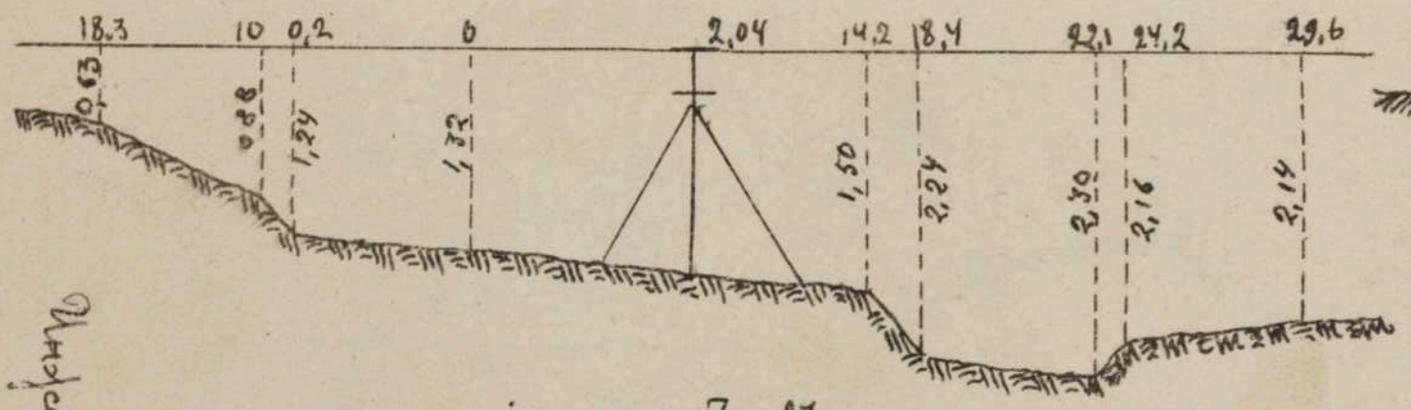
Зер. 17.

Зер. 22.

Зер. 16.

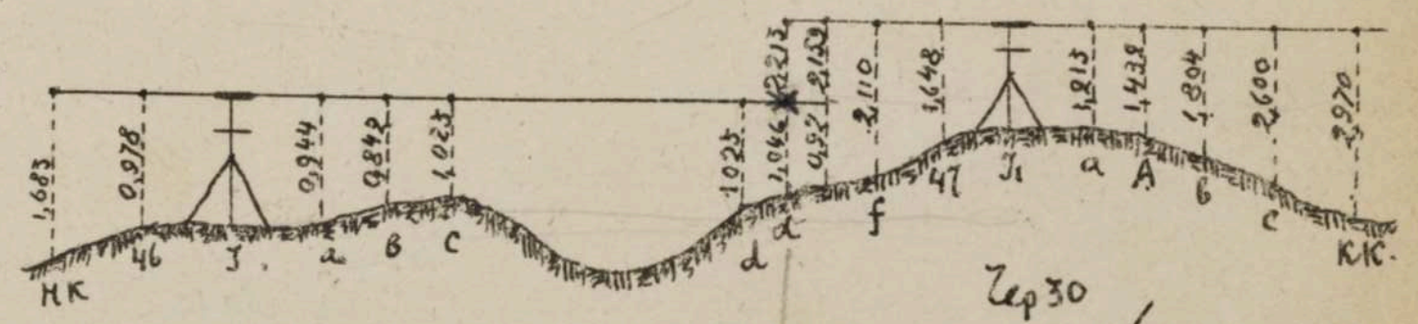
Зер. 15

Чер. 31.

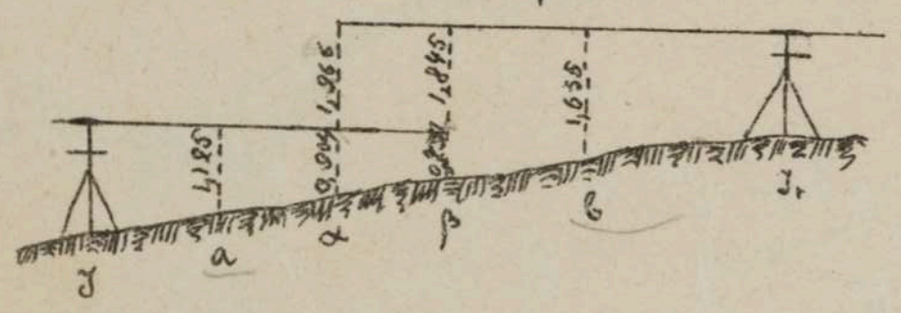


Чер. 24

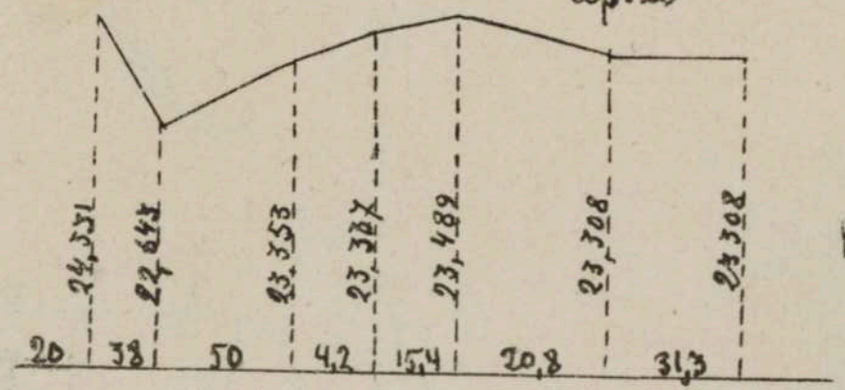
Чер. 25



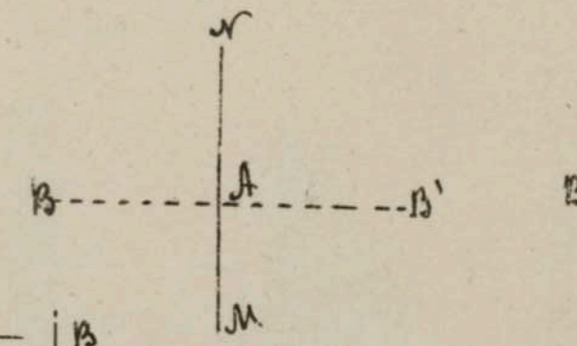
Чер. 27



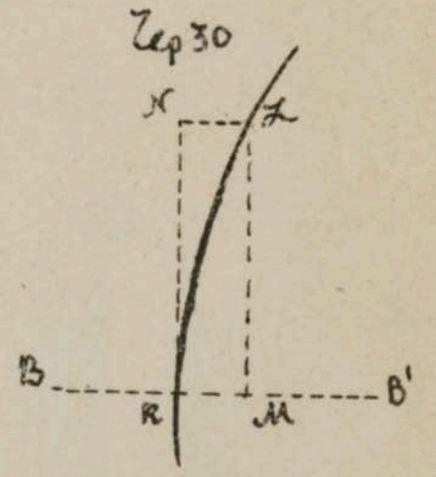
Чер. 28



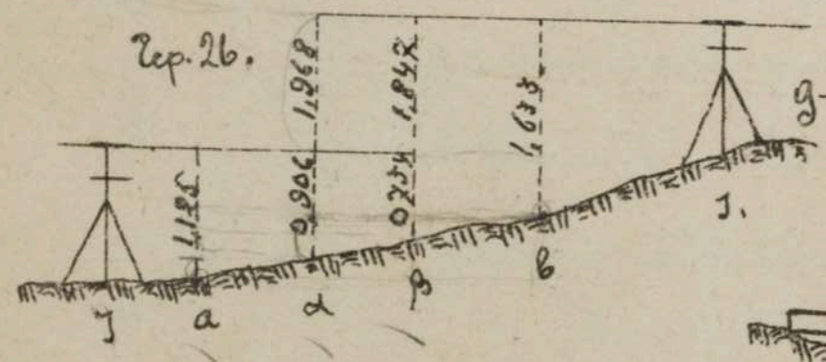
Чер. 29.



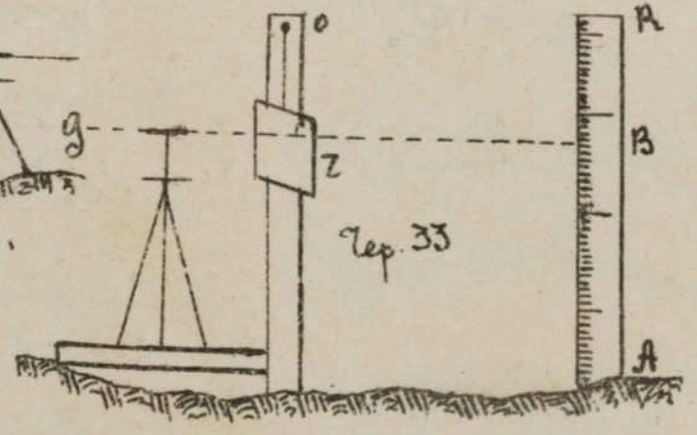
Чер 30



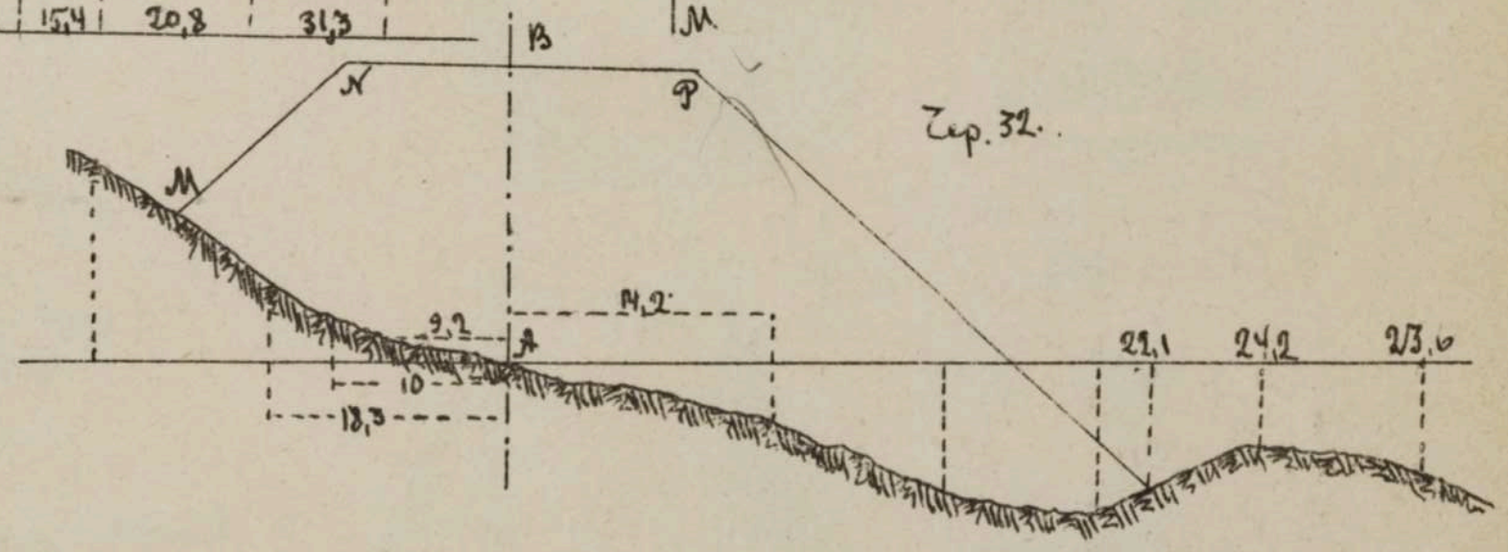
Чер. 26.



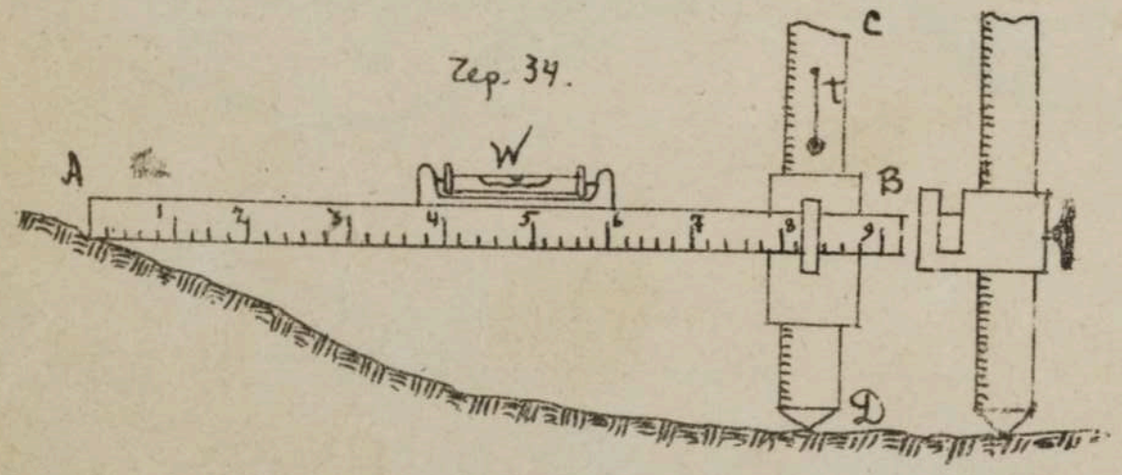
Чер. 33



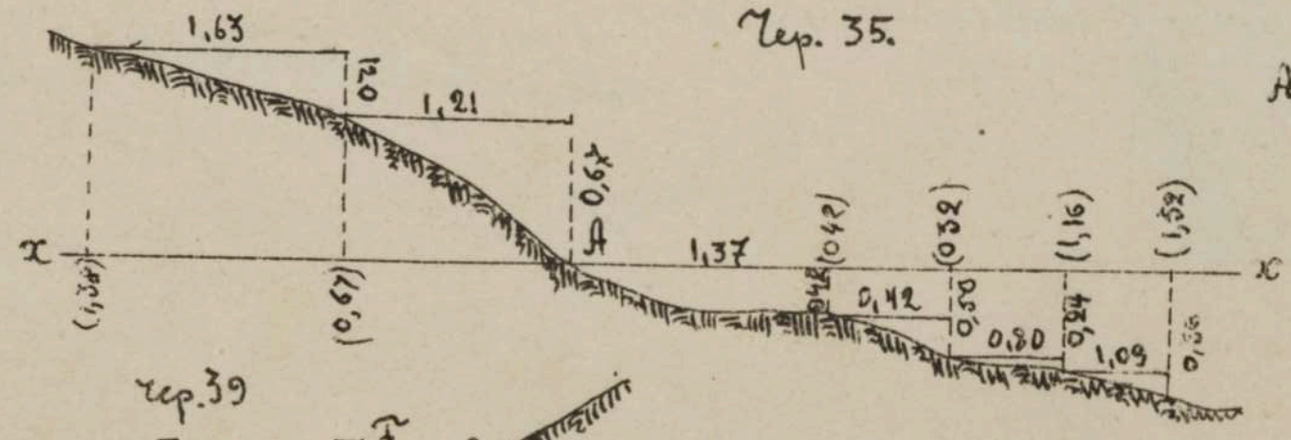
Чер. 32.



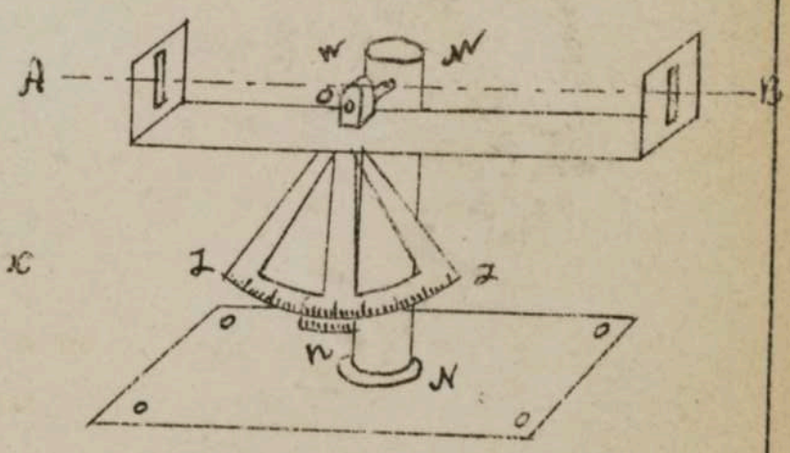
Чер. 34.



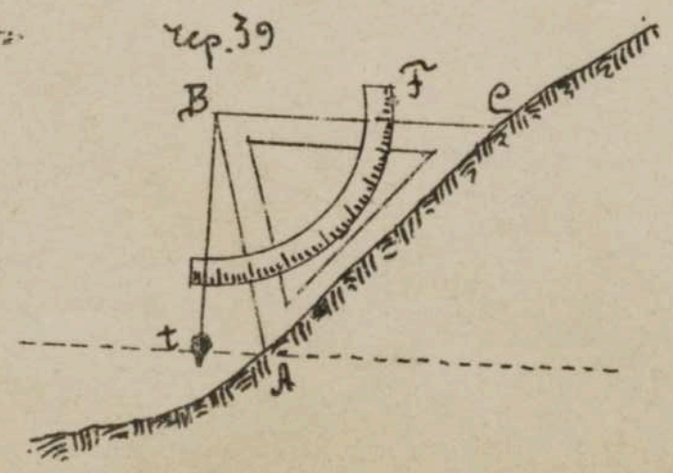
Чер. 35.



Чер. 36.



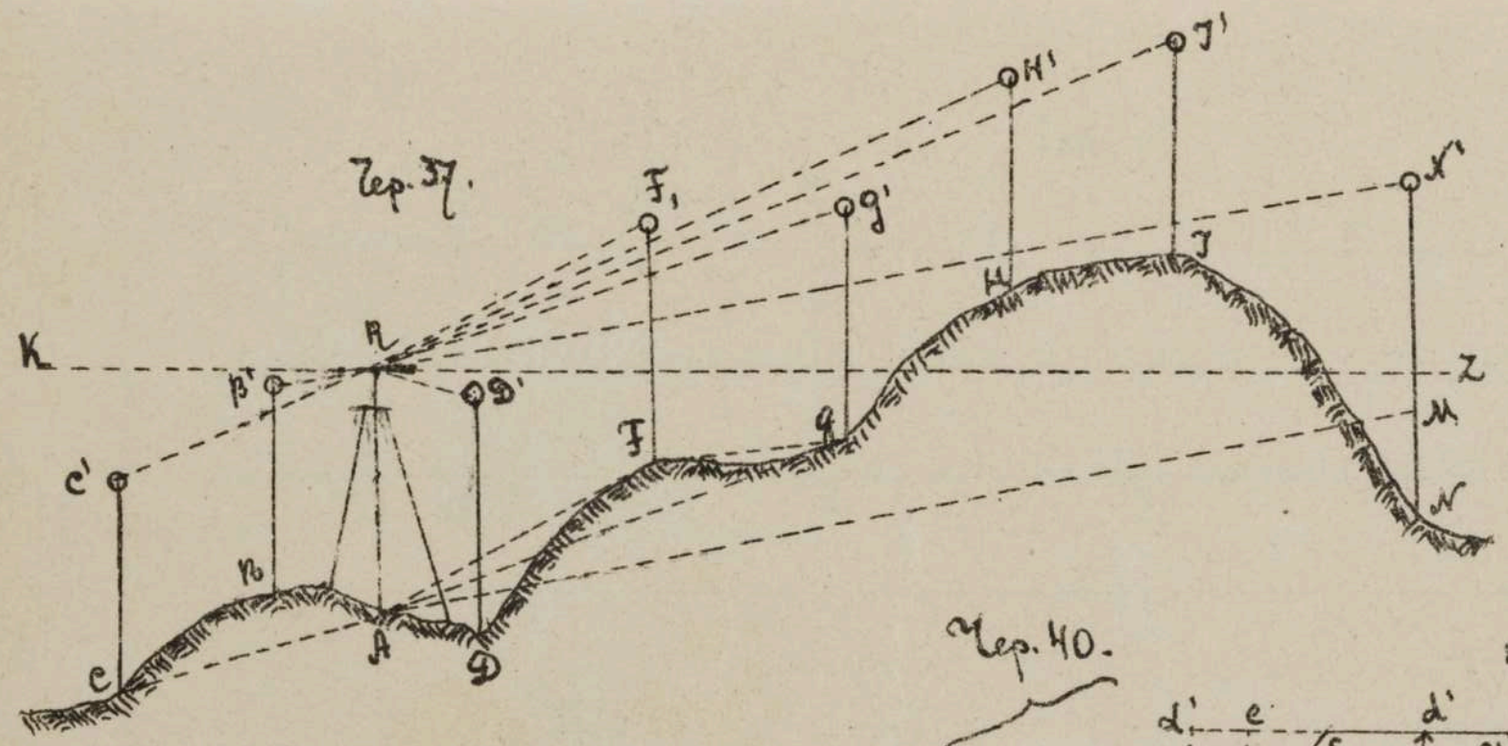
Чер. 39



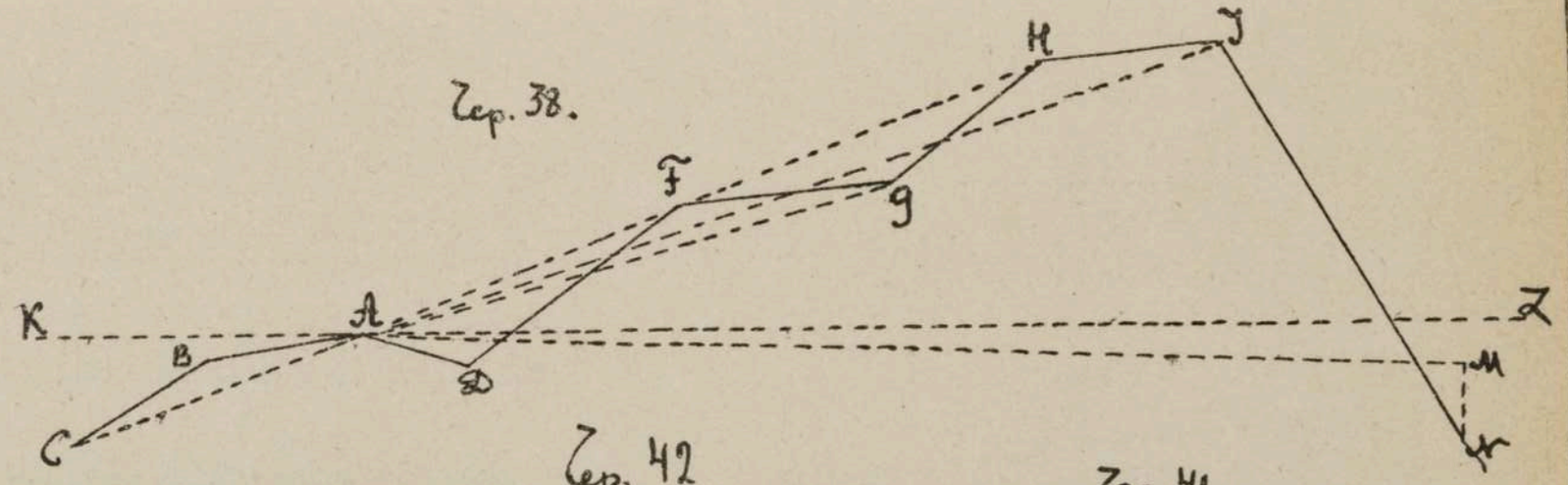
Инструментальная съемка

Задача 67.

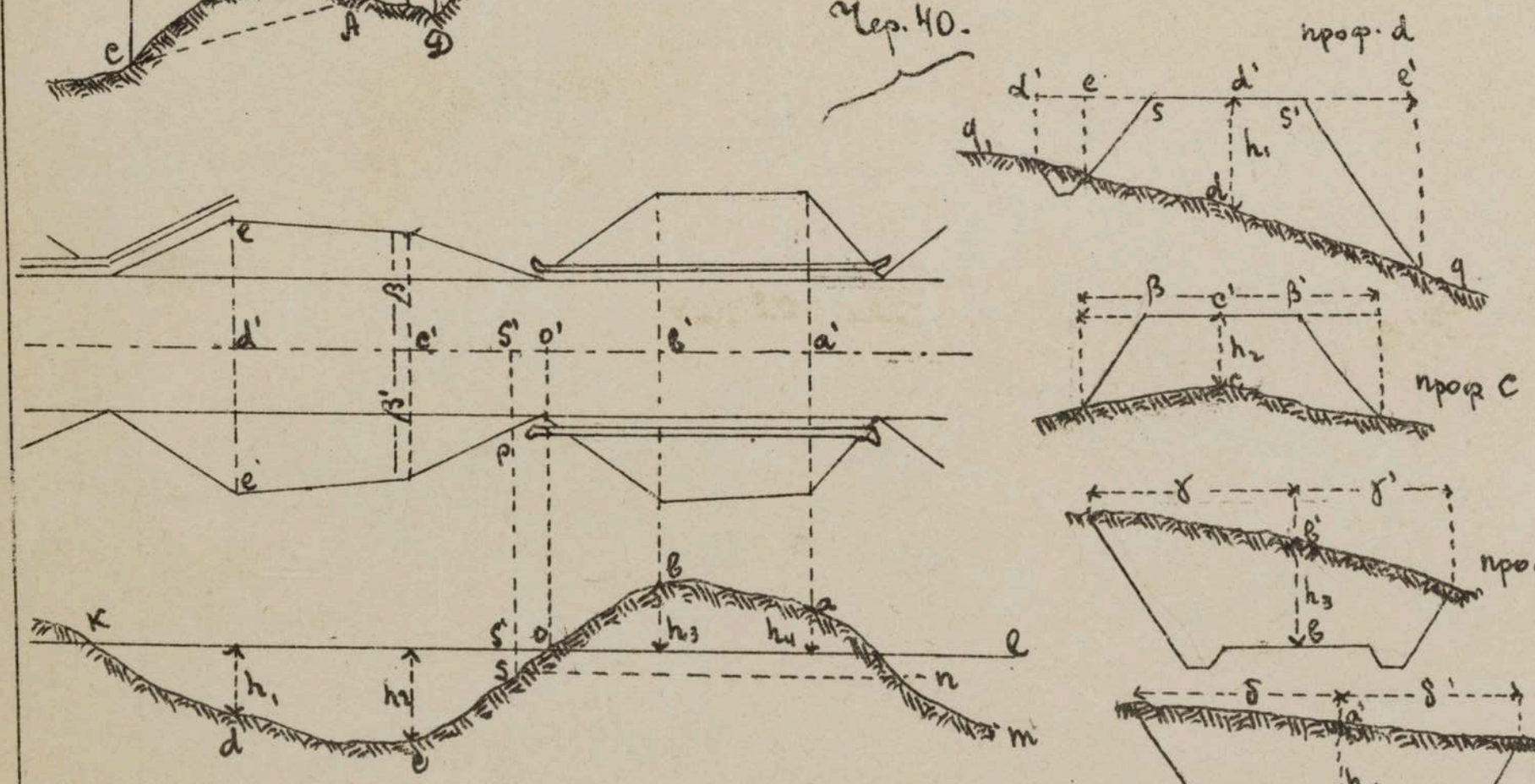
Зер. 37.

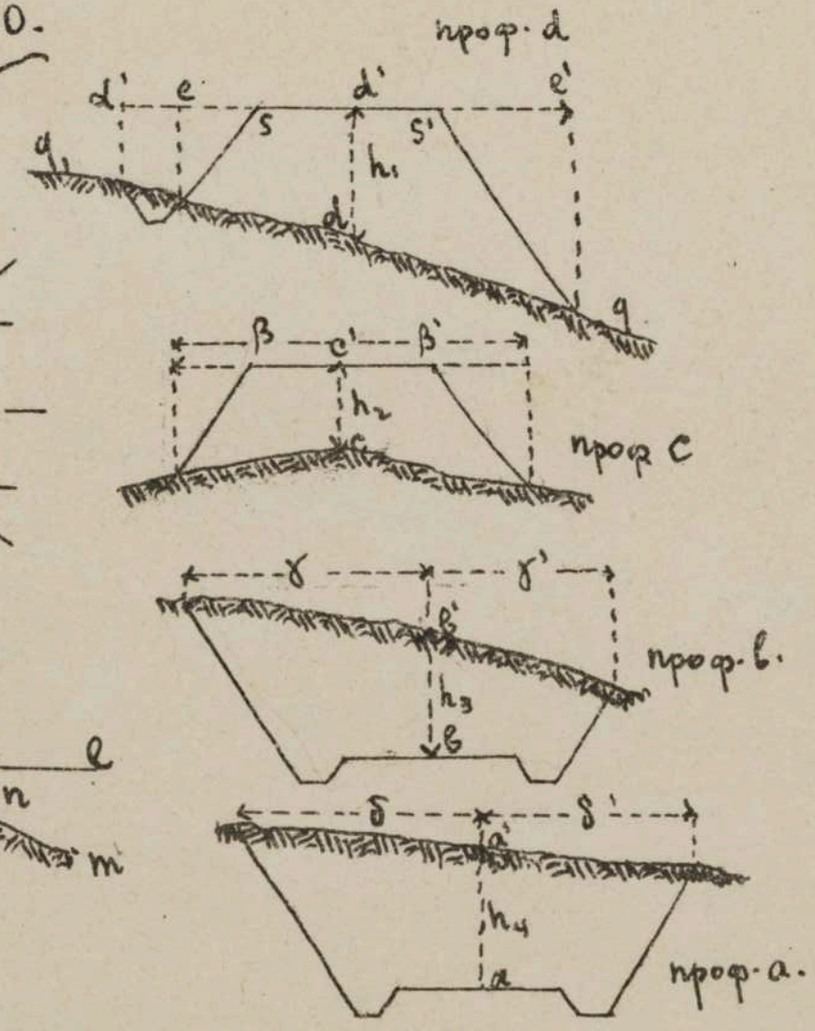


Зер. 38.

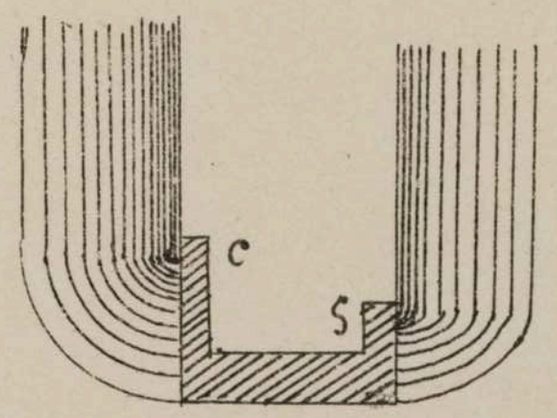


Зер. 40.

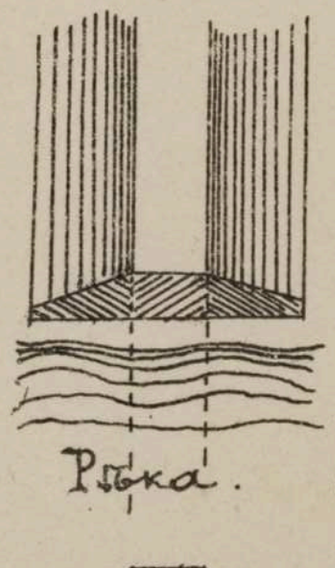


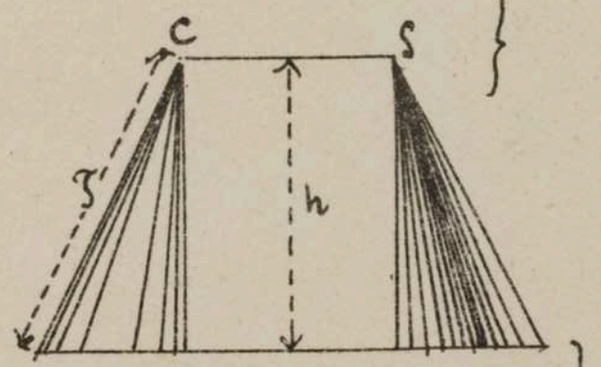


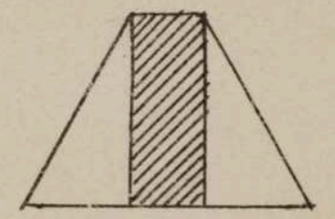
Зер. 42

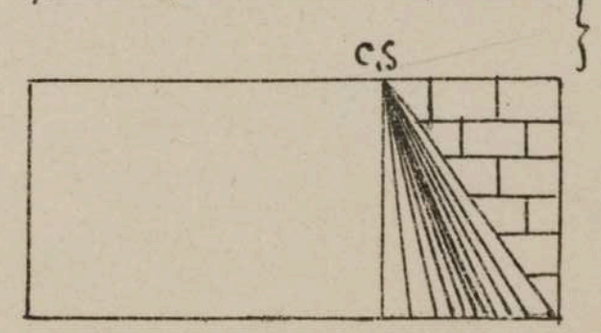


Зер. 41.

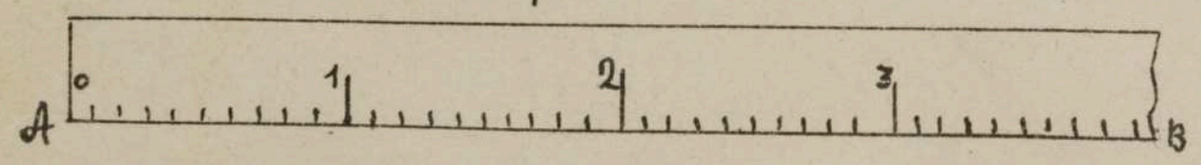




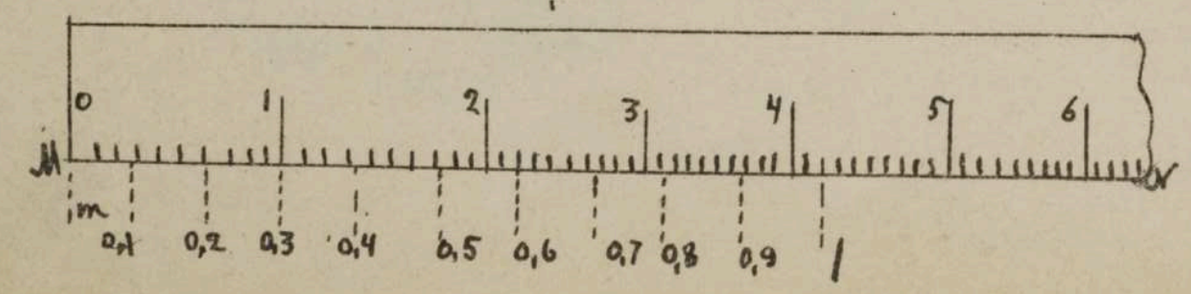




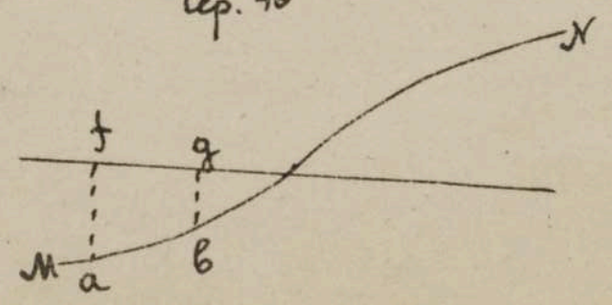
Зер. 44.



Зер. 45.



Зер. 46



Зер. 43.

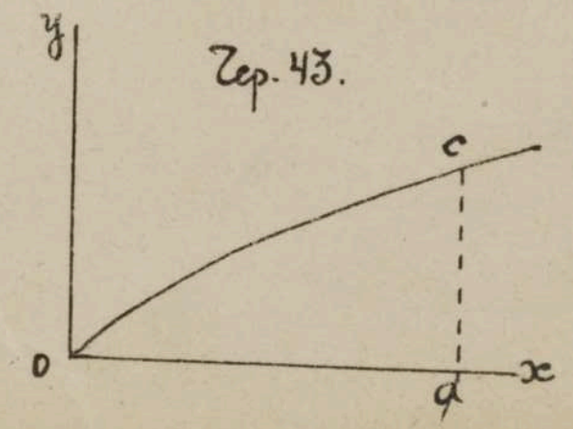
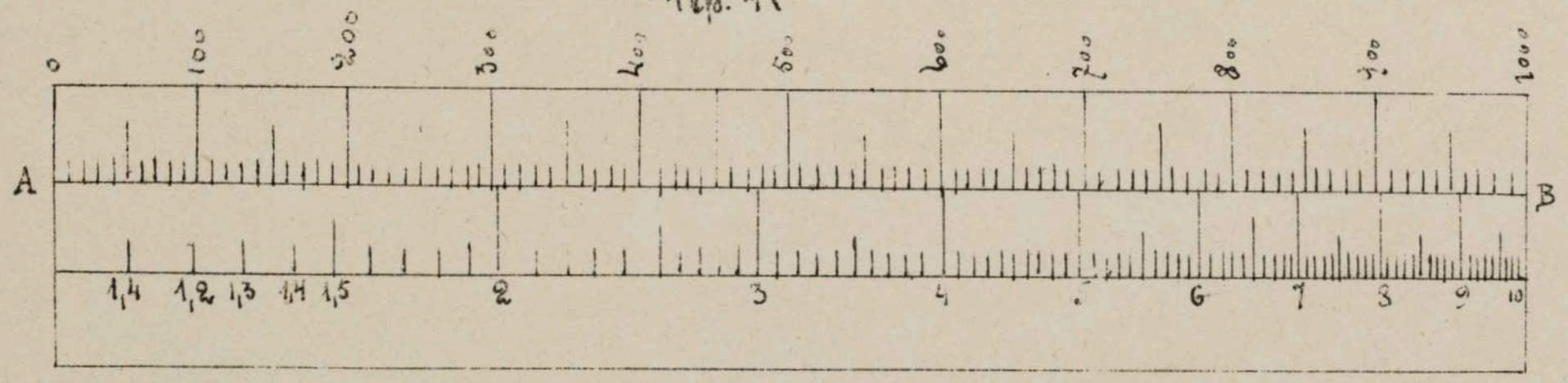
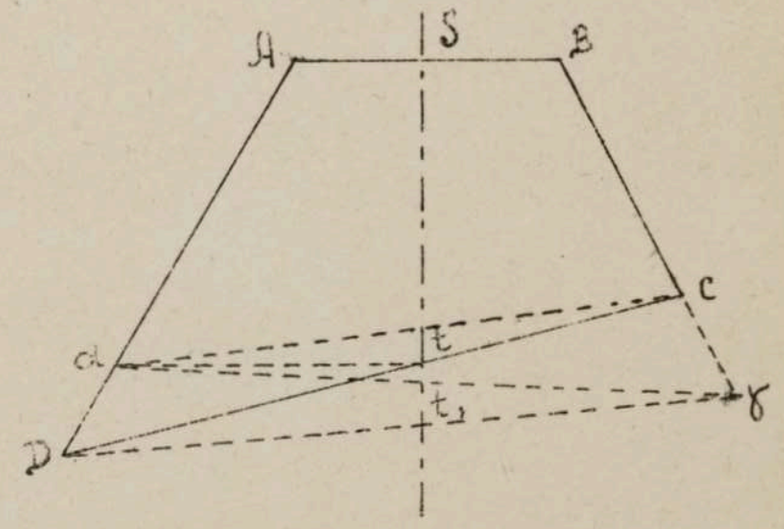


Таблица 68.

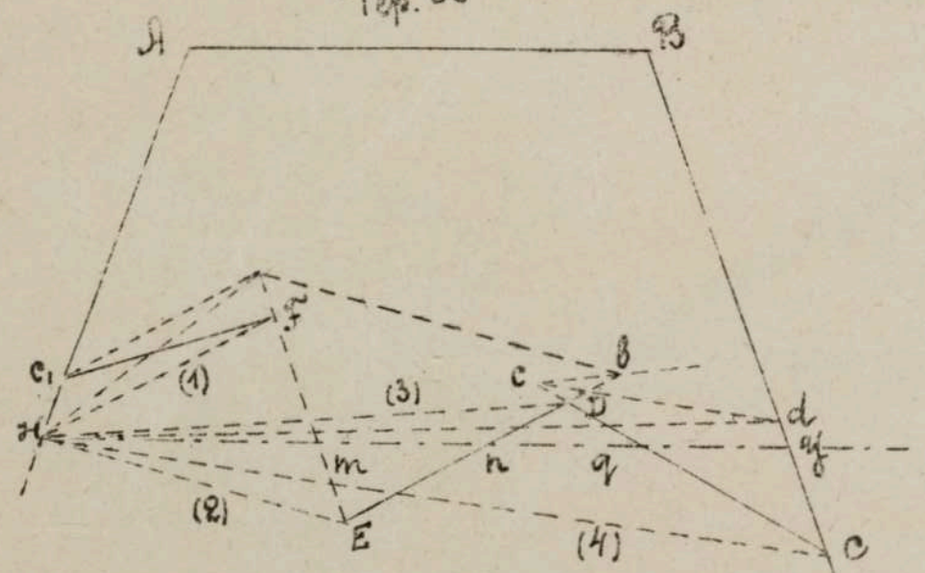
Черт. 47



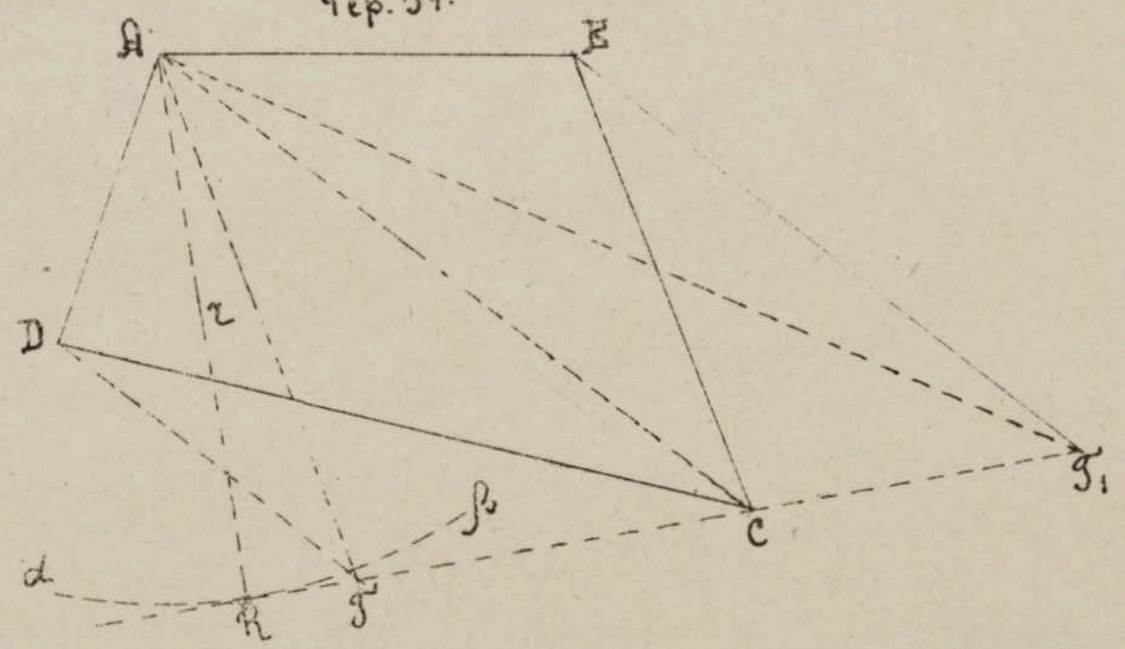
Черт. 48



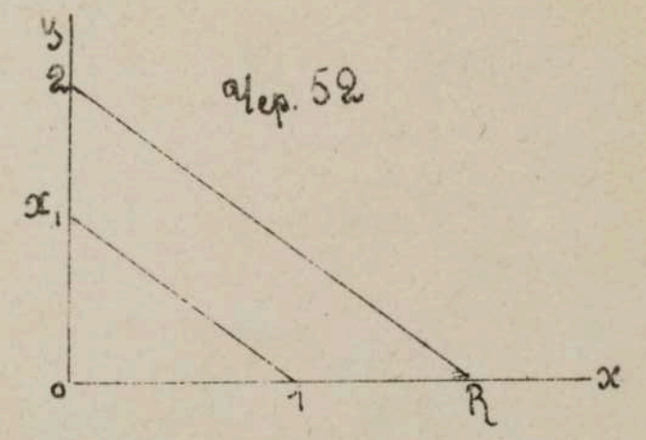
Черт. 50



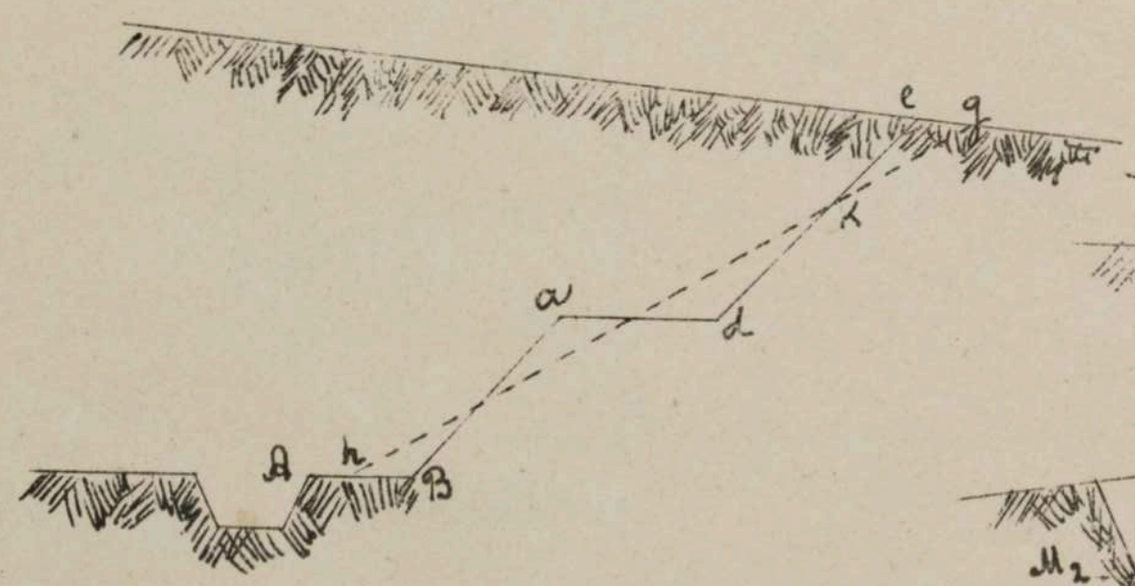
Черт. 51.



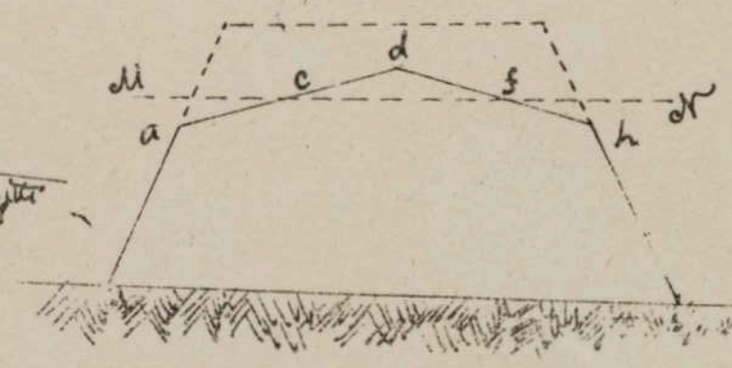
Черт. 52



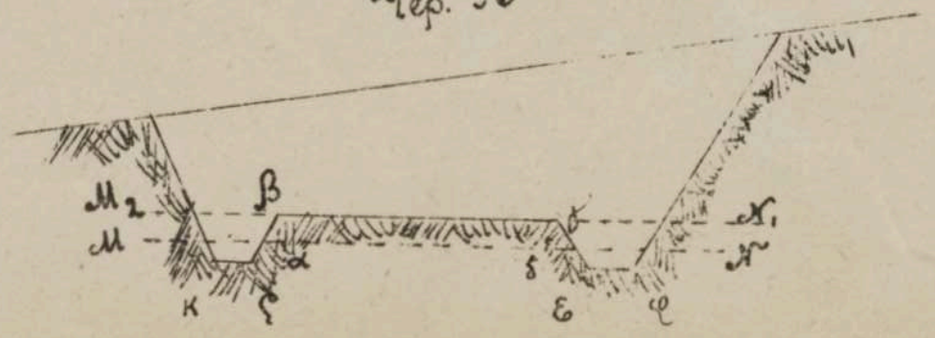
Черт. 54



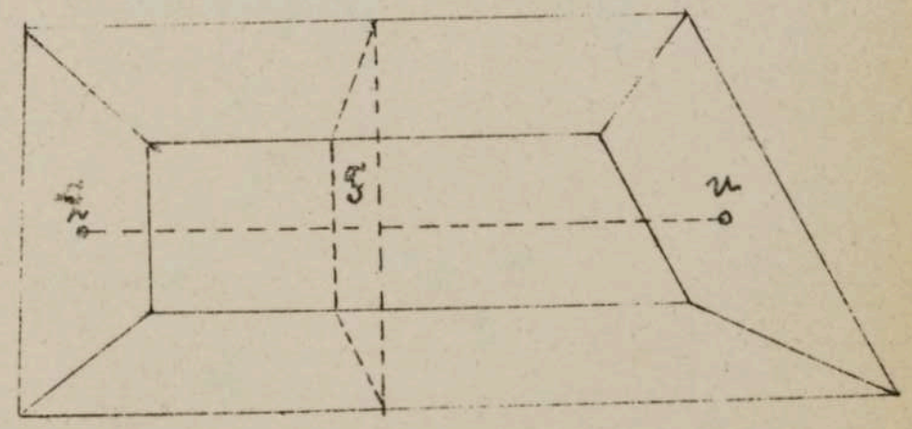
Черт. 55.



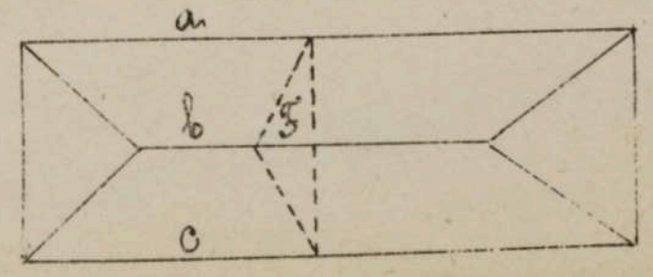
Черт. 56



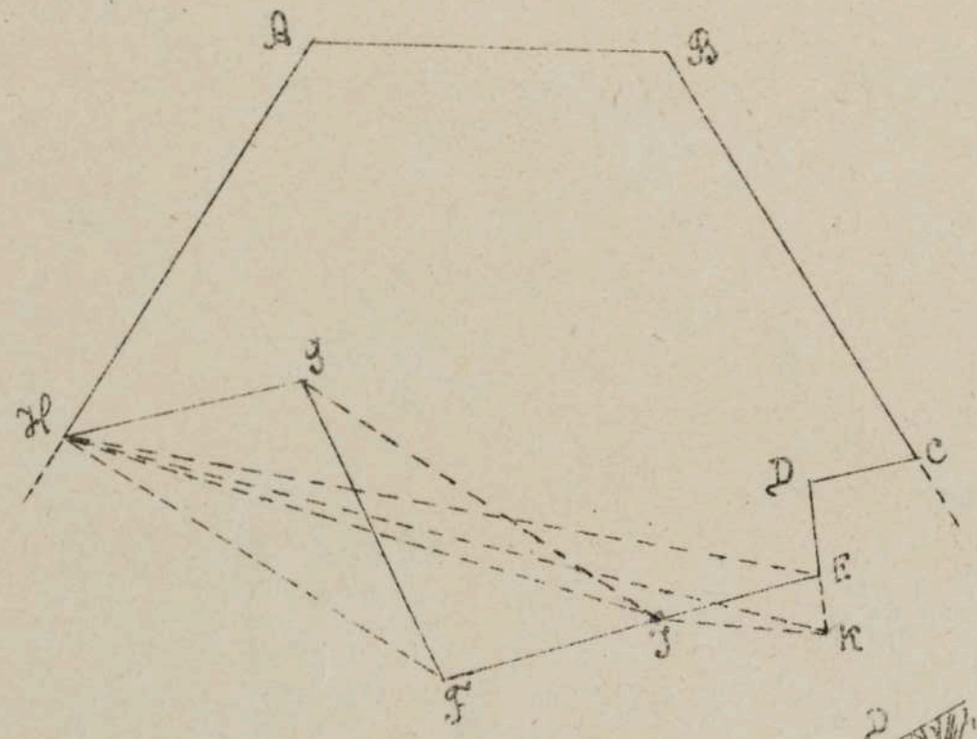
Черт. 57



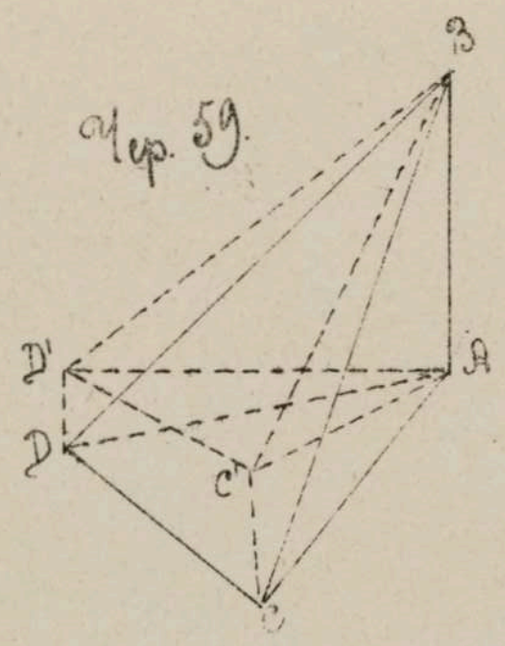
Черт 58



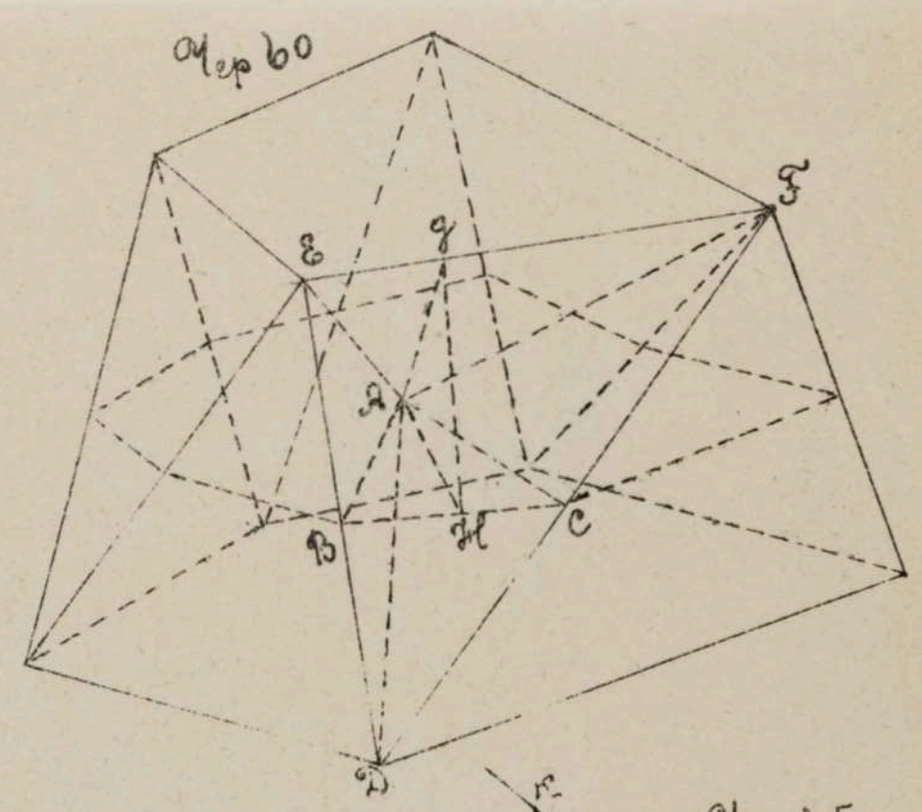
Черт. 49



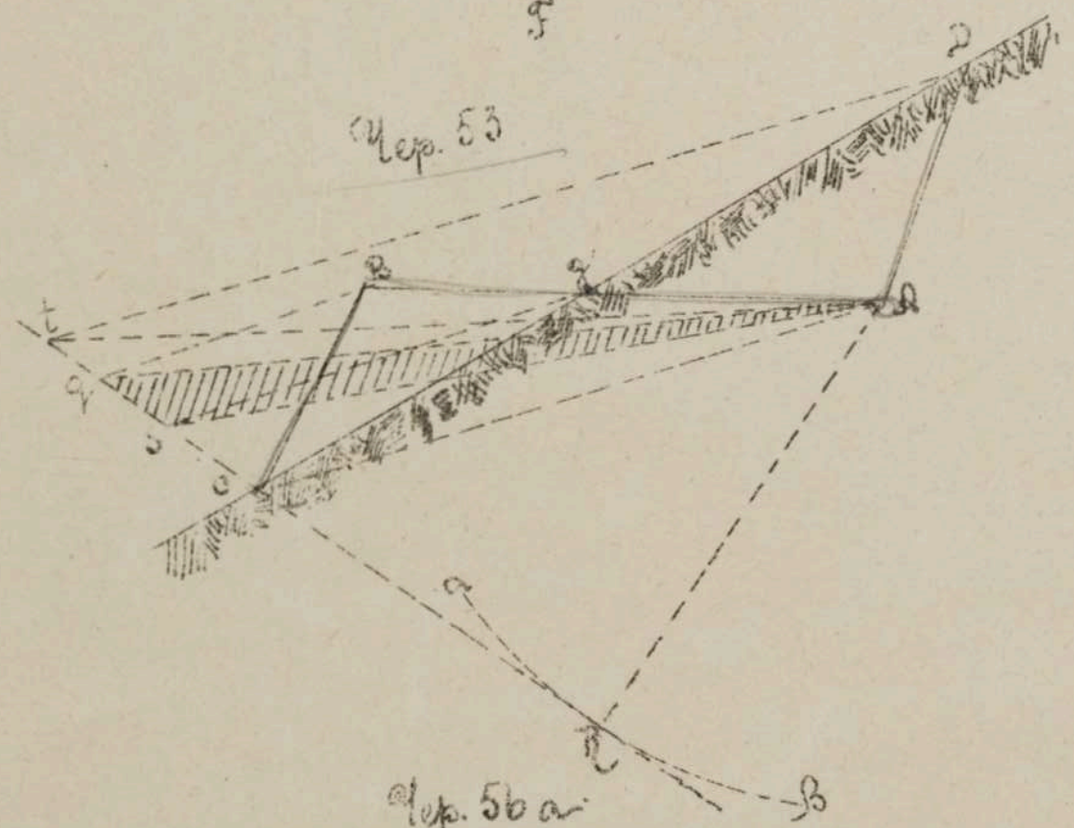
Черт. 59.



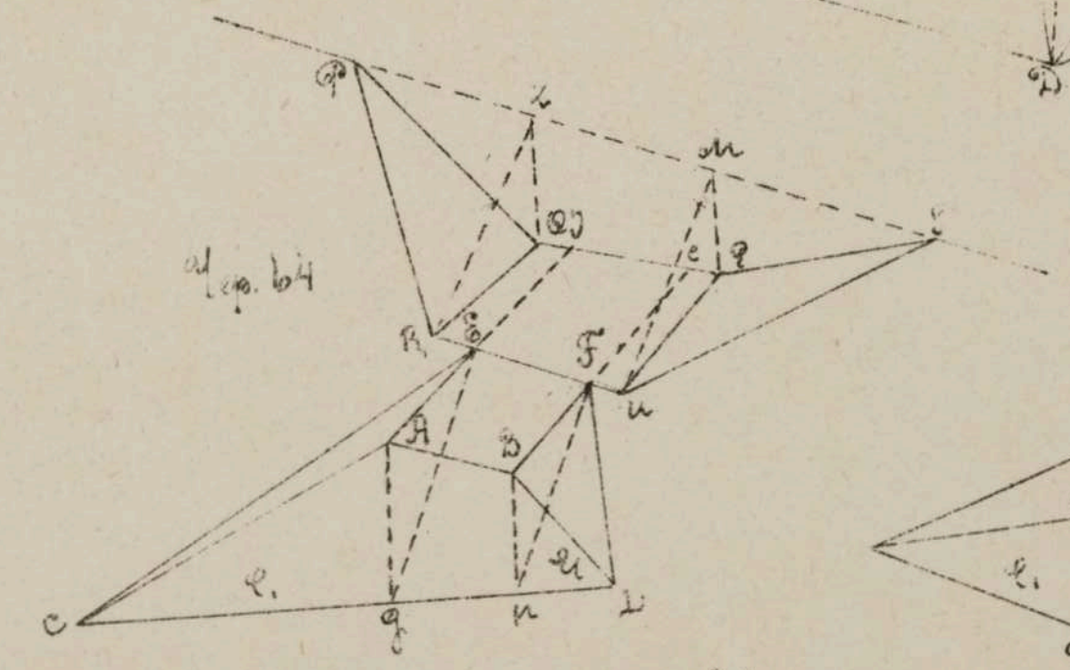
Черт. 60



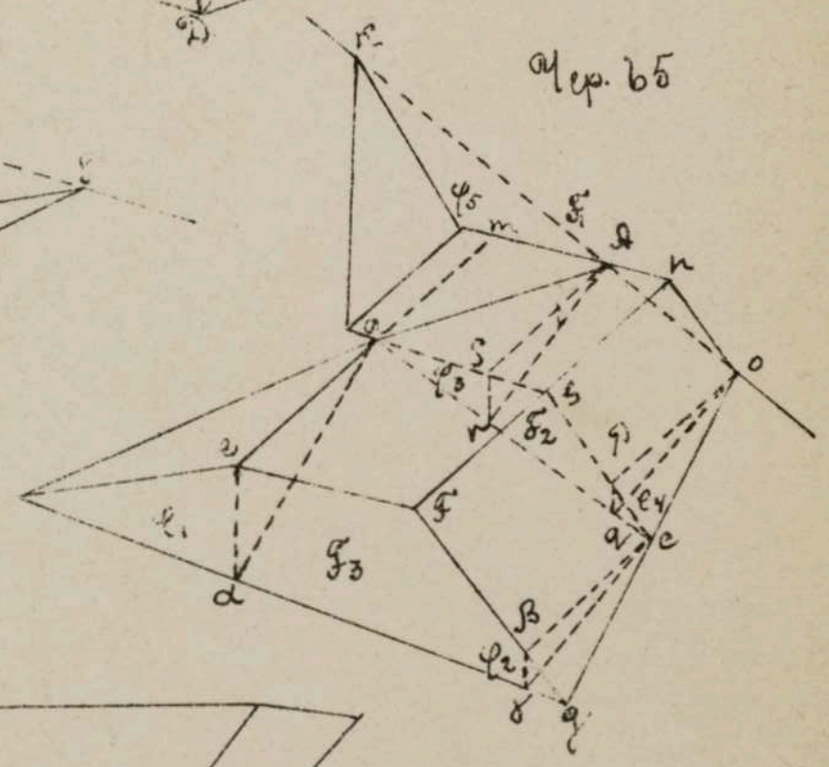
Черт. 53



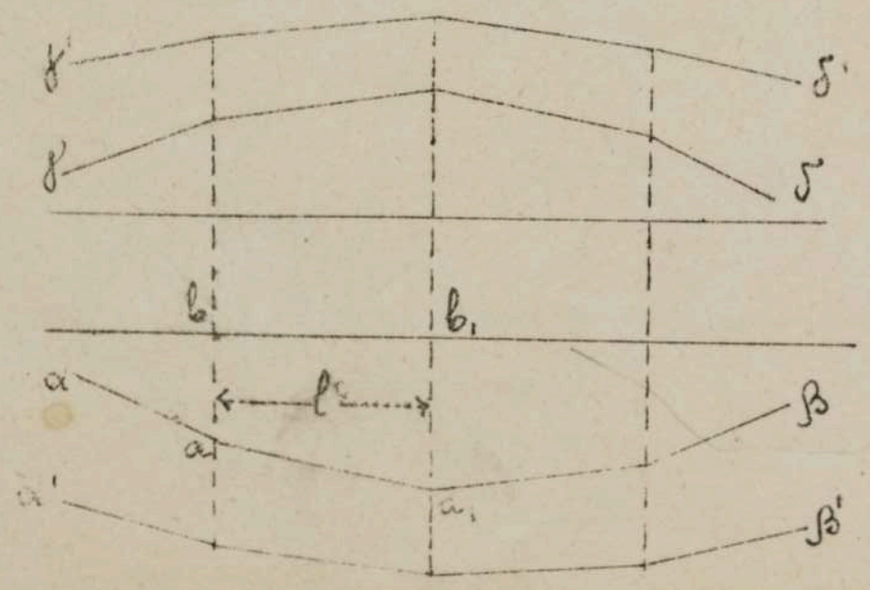
Черт. 64



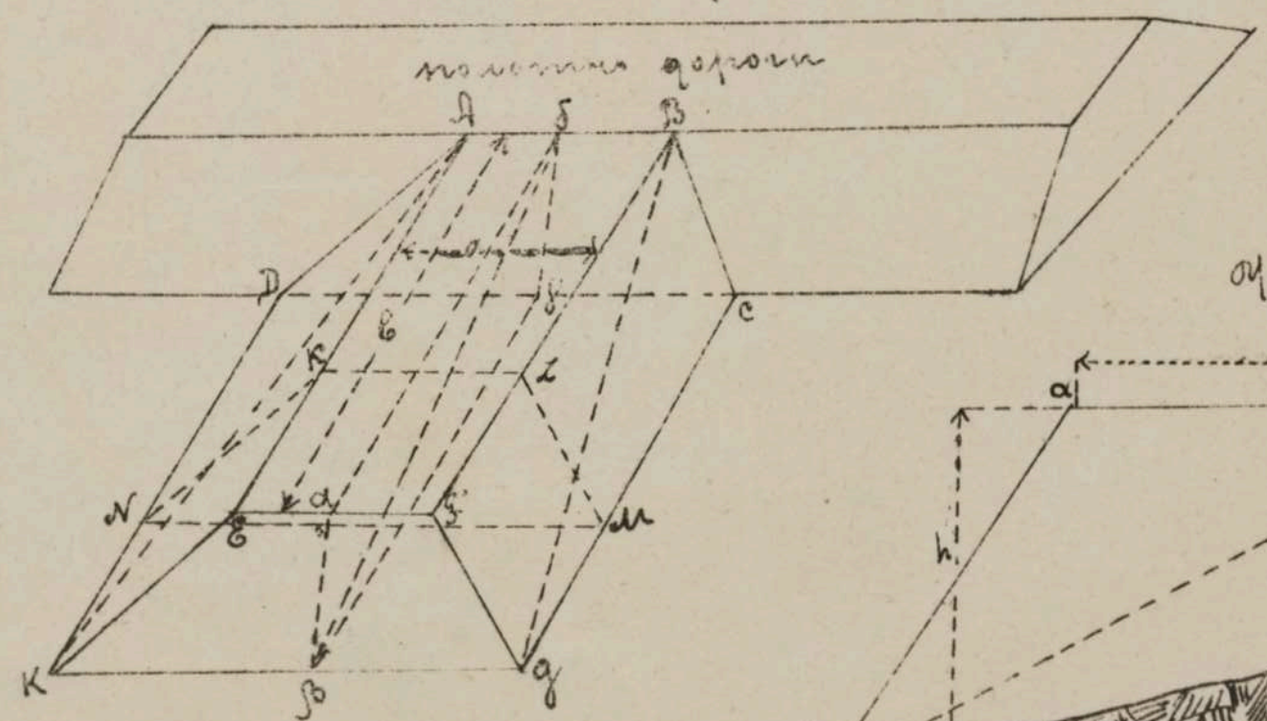
Черт. 65



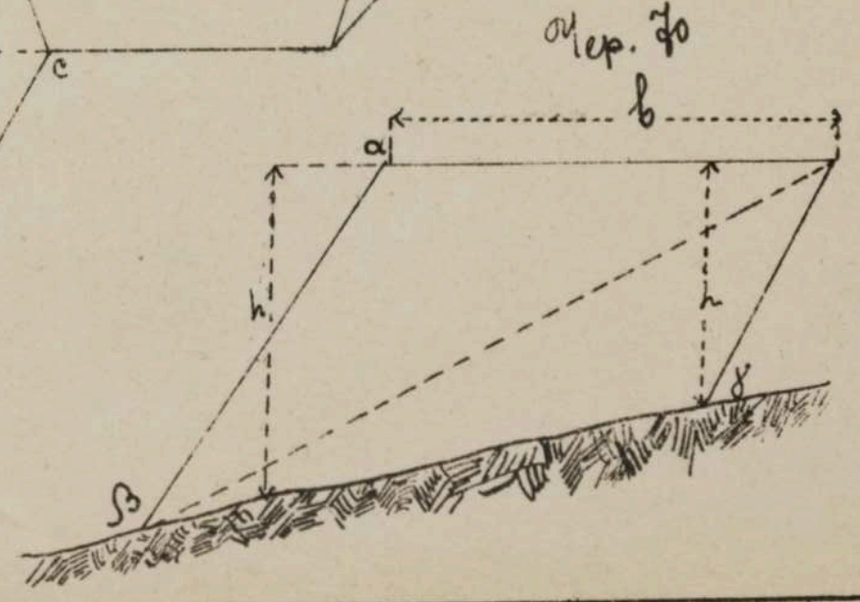
Черт. 56 а



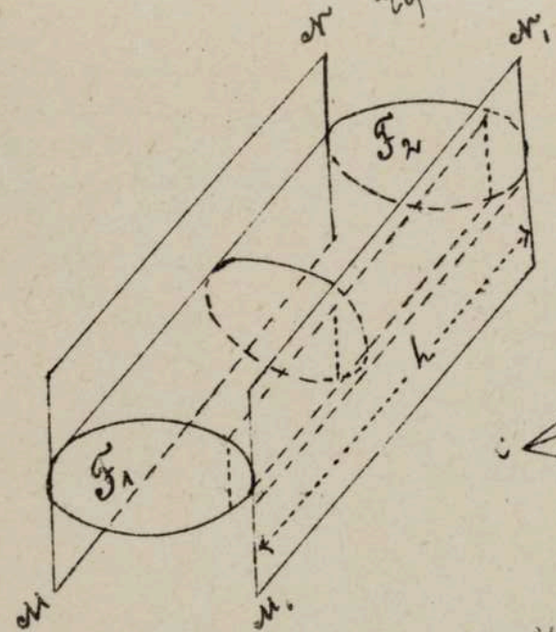
Черт. 69.



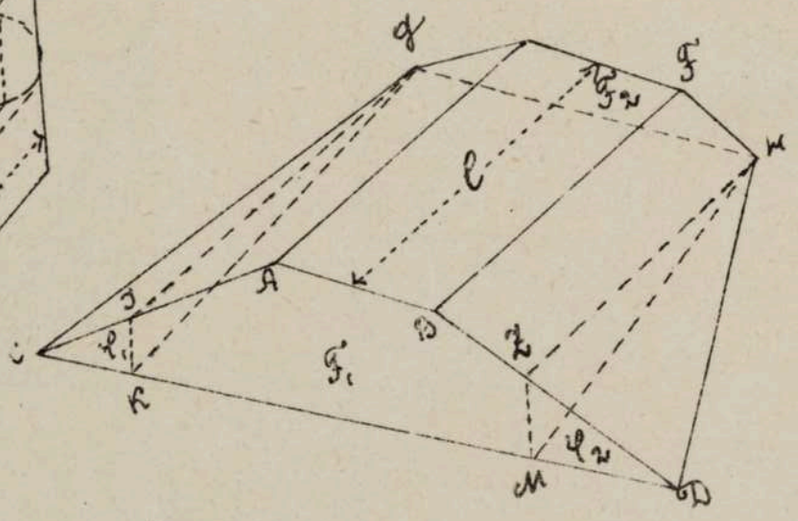
Черт. 70



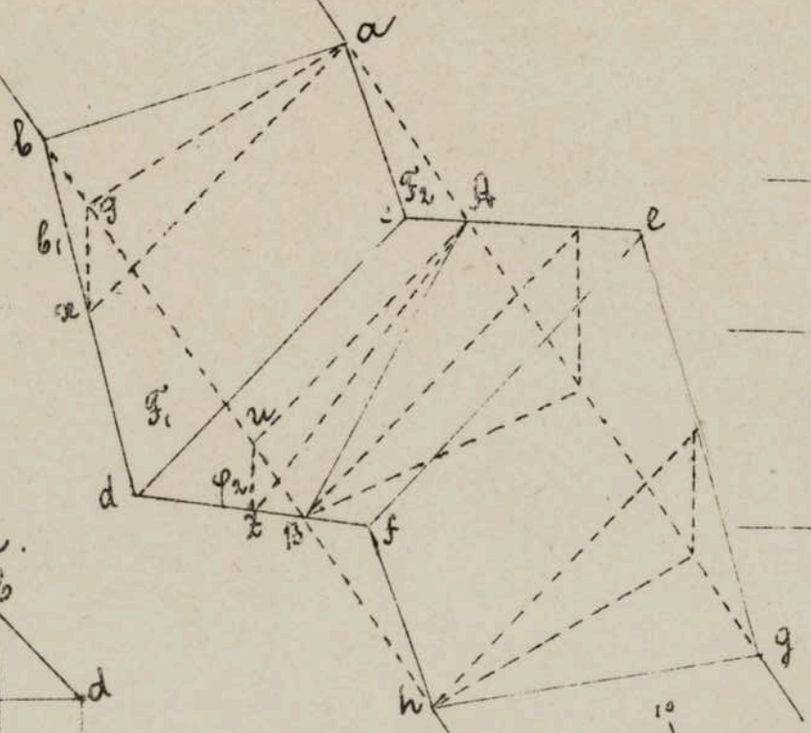
Черт. 61.



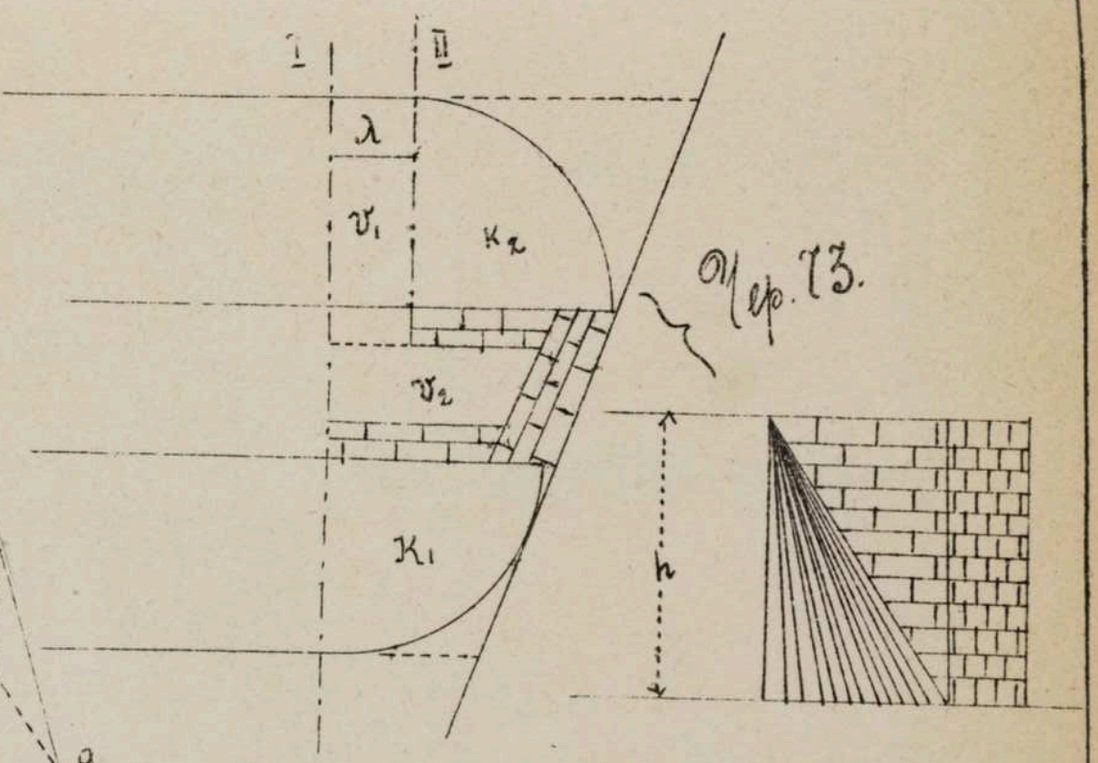
Черт. 62



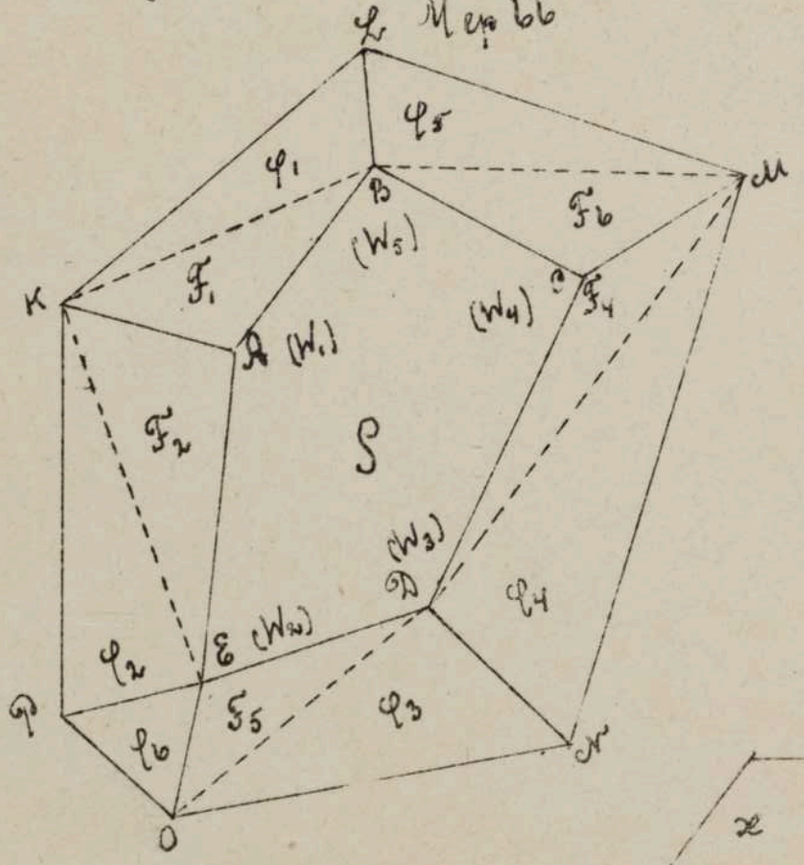
Черт. 63.



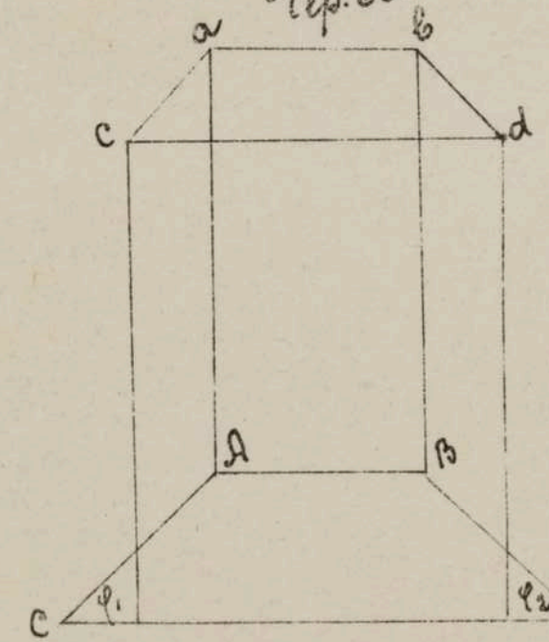
Черт. 73.



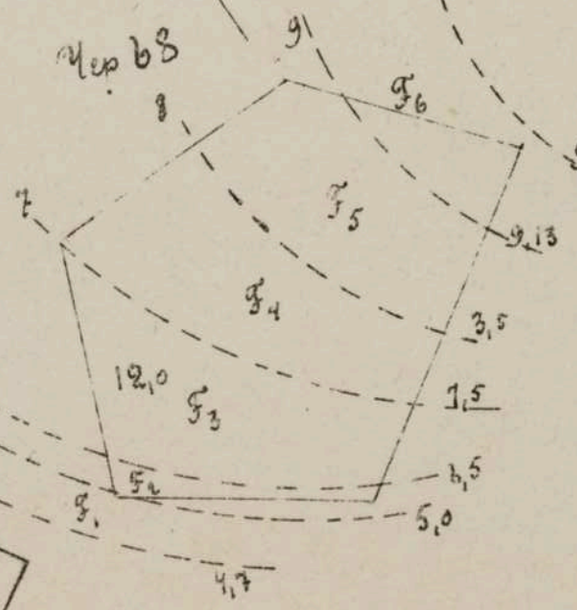
Черт 66



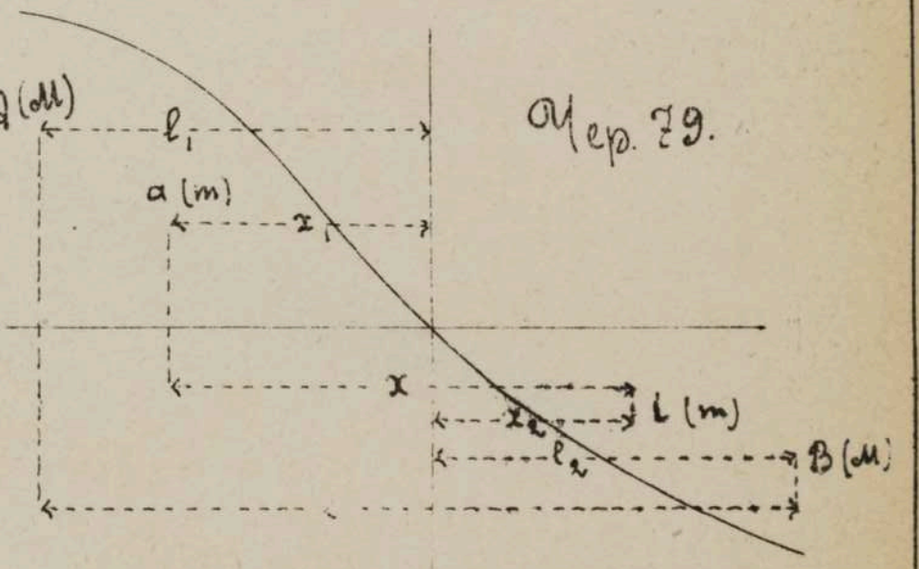
Черт 63а.



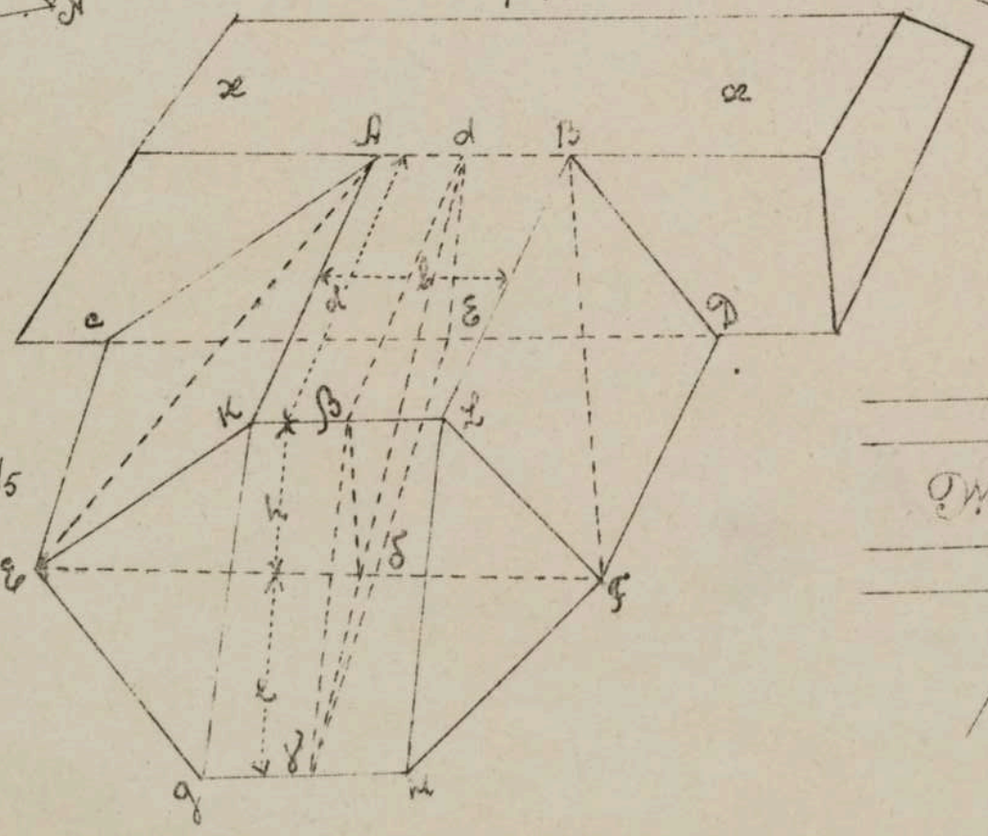
Черт 63



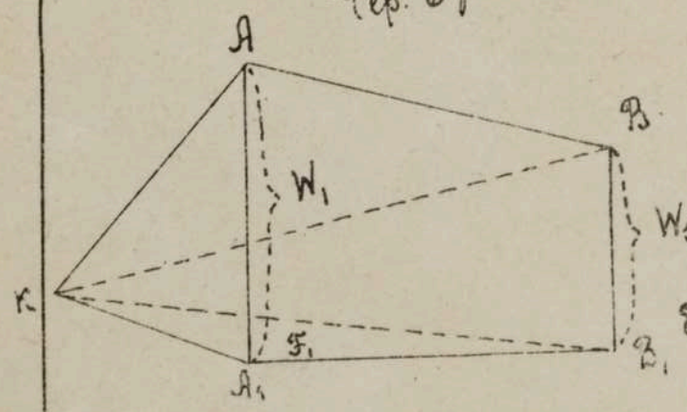
Черт 79.



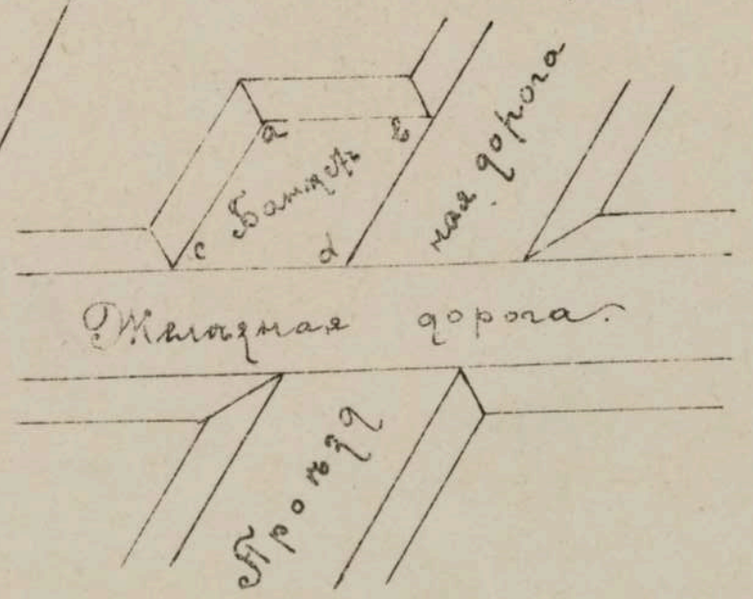
Черт 71



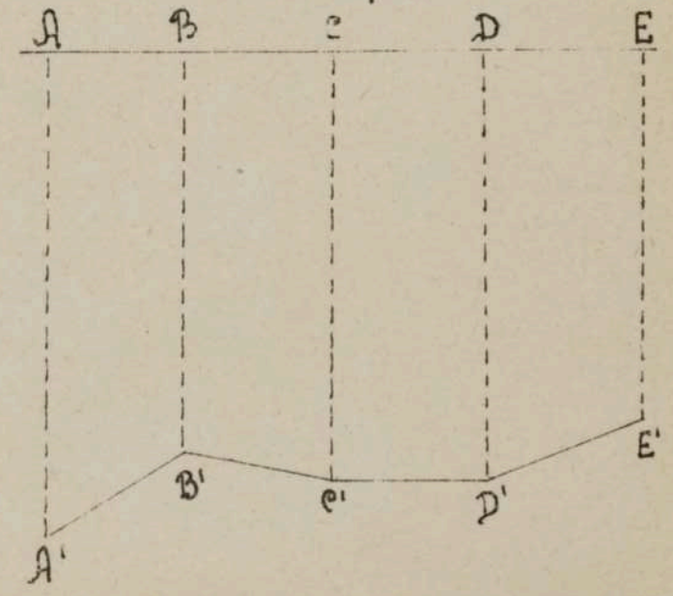
Черт. 67



Черт. 72



Черт. 77.

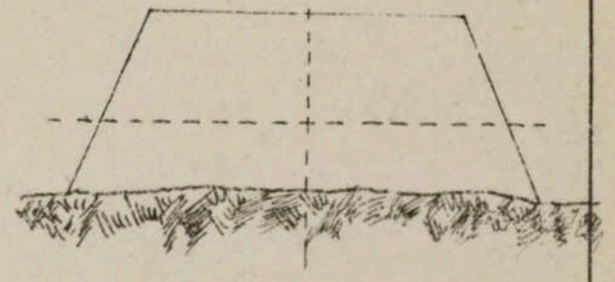


(d)

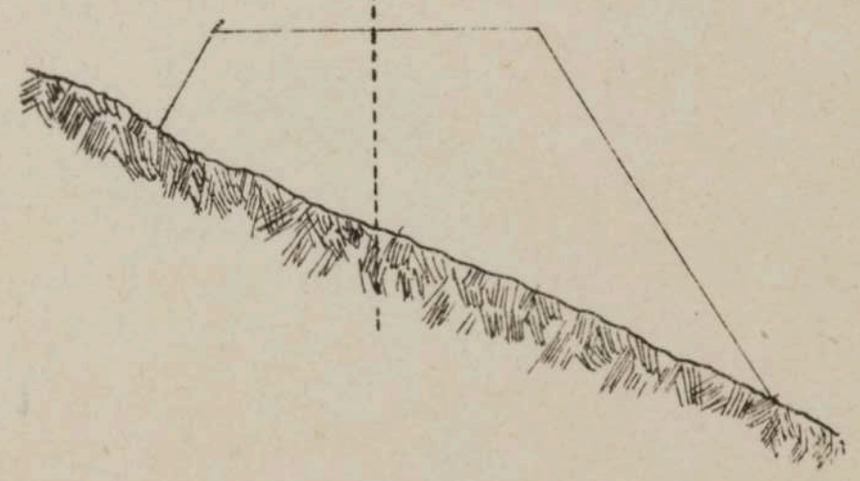
(a)

(c)

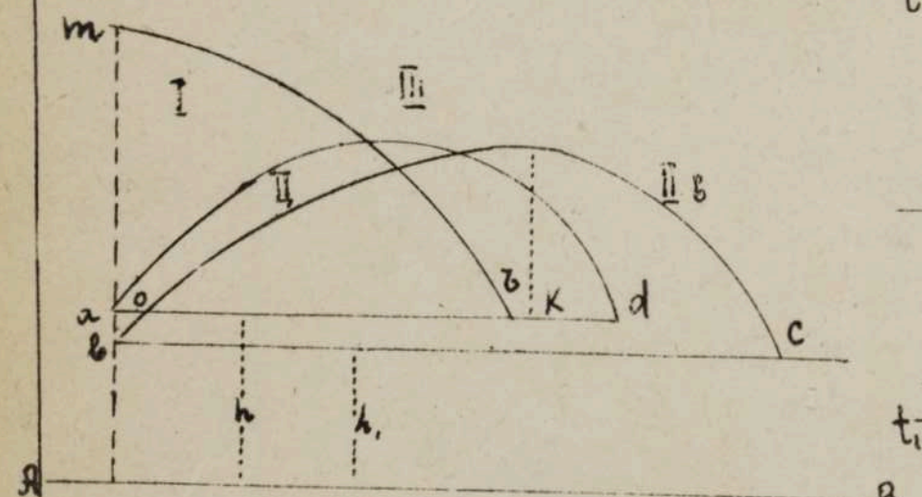
Черт 80.



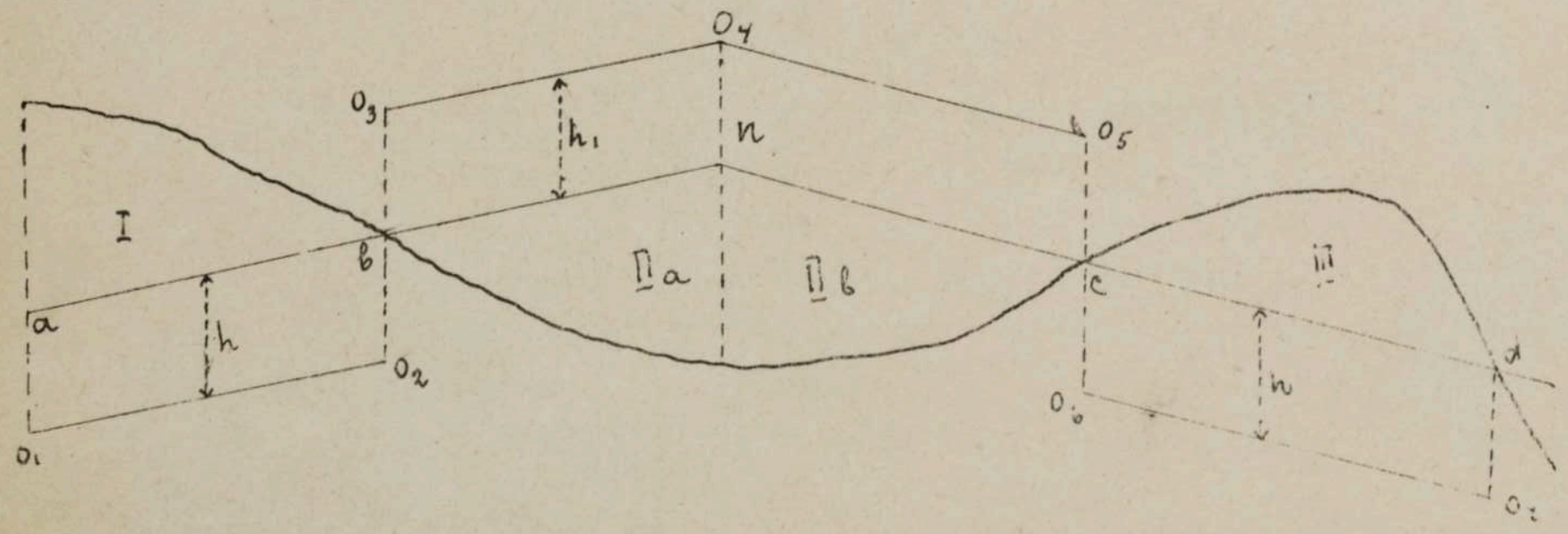
Черт. 81.



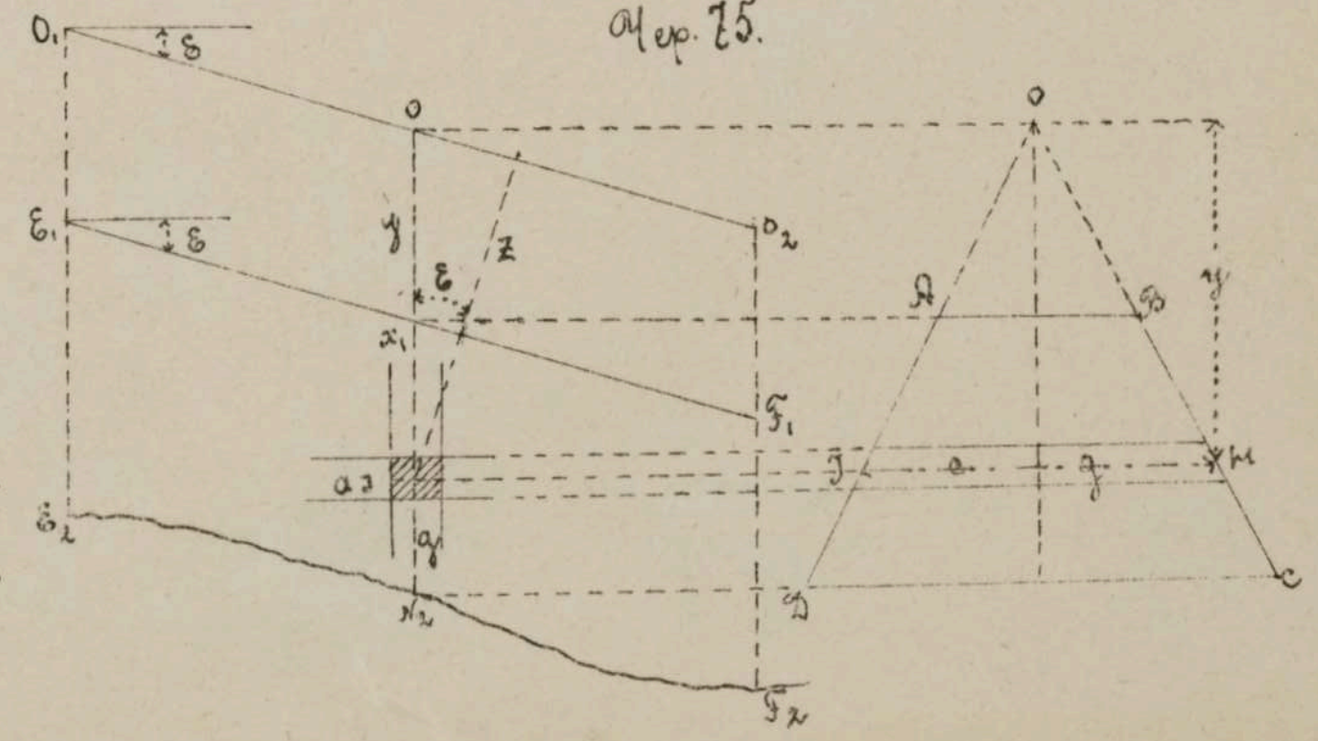
(b)



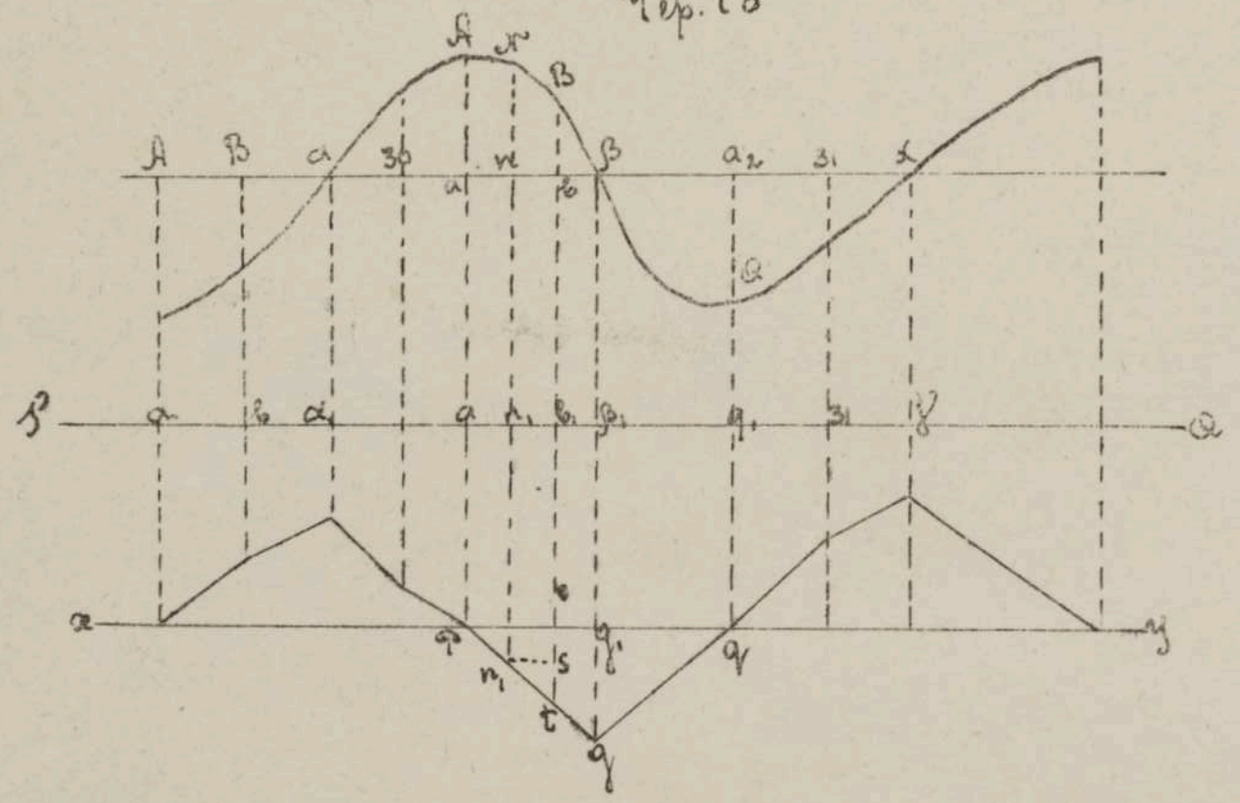
Черт. 76.



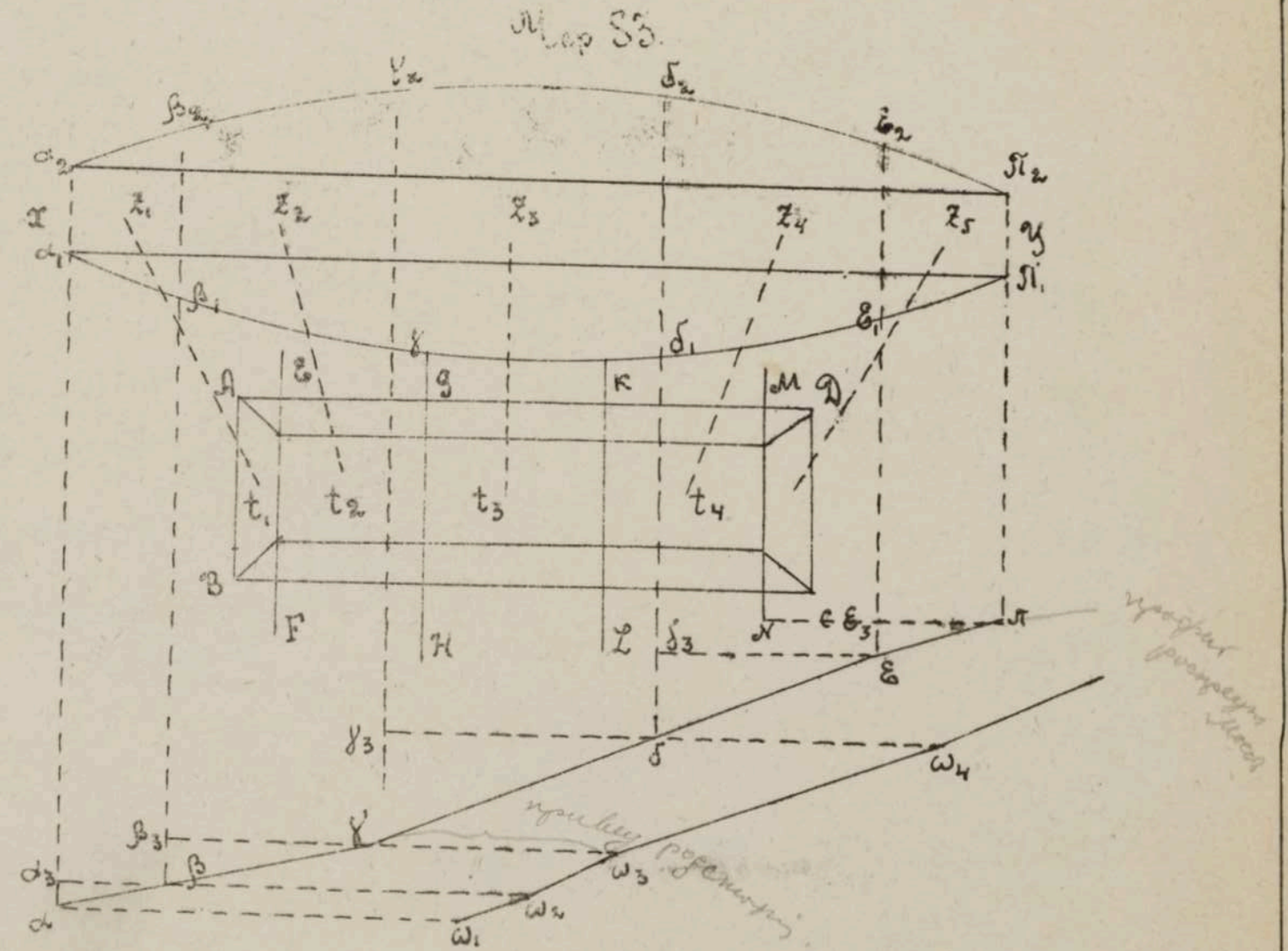
Черт. 75.



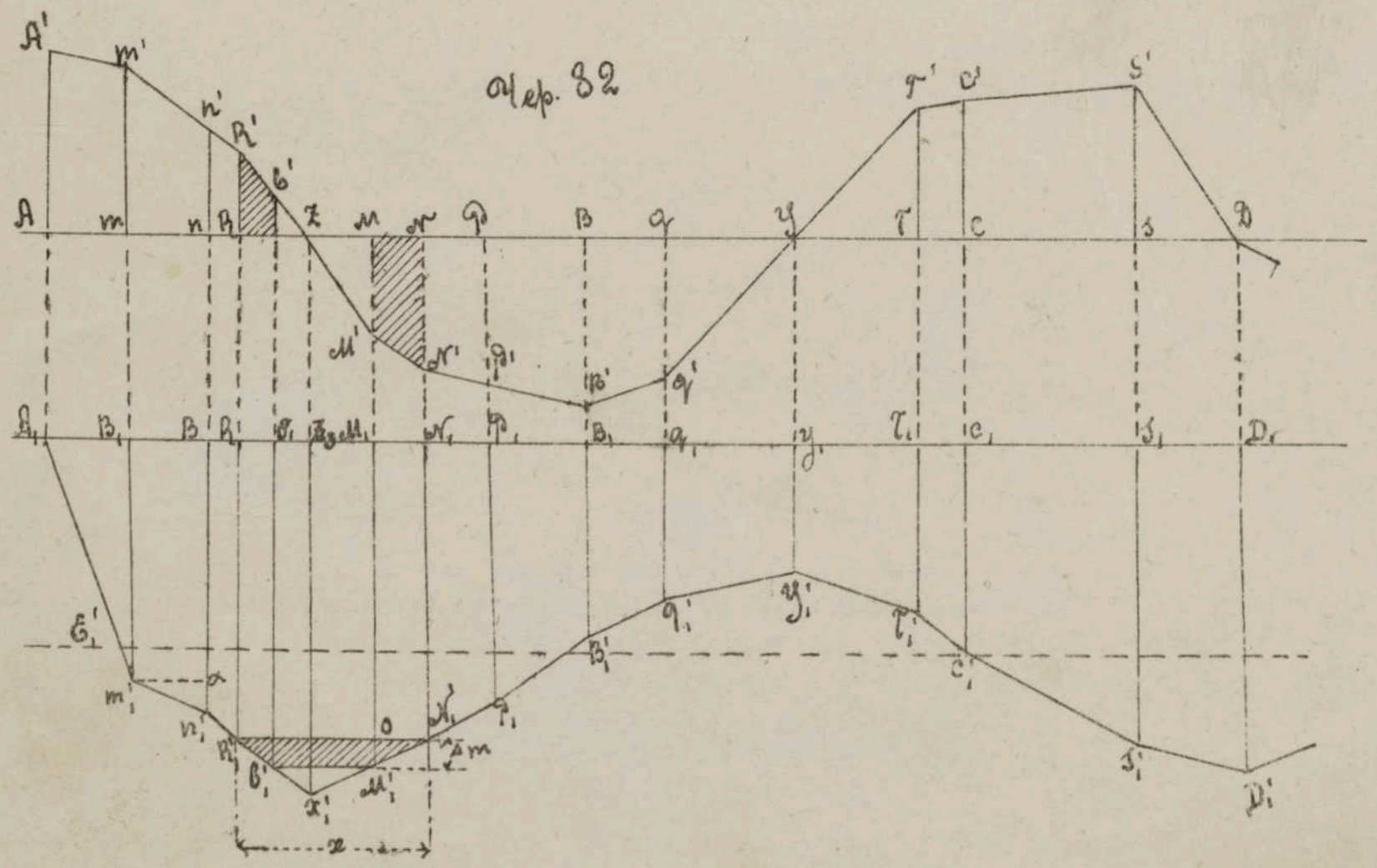
Черт. 28



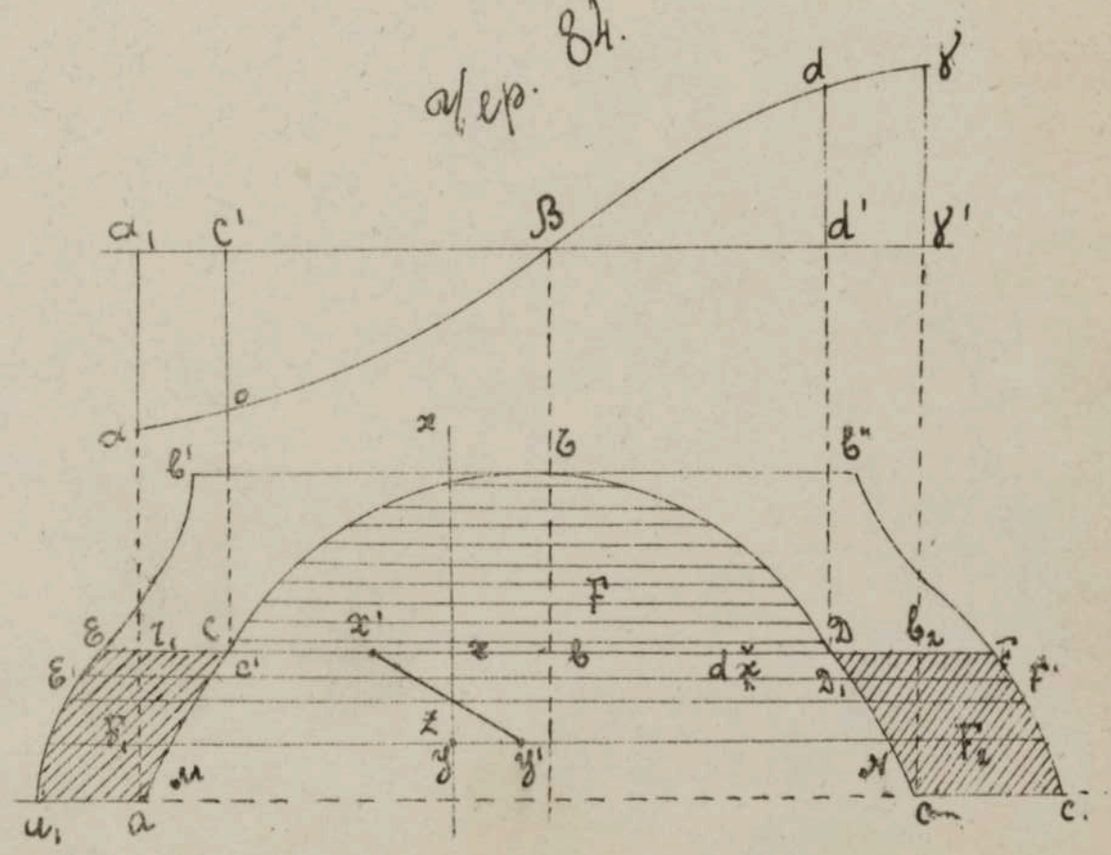
Черт. 33



Черт. 32

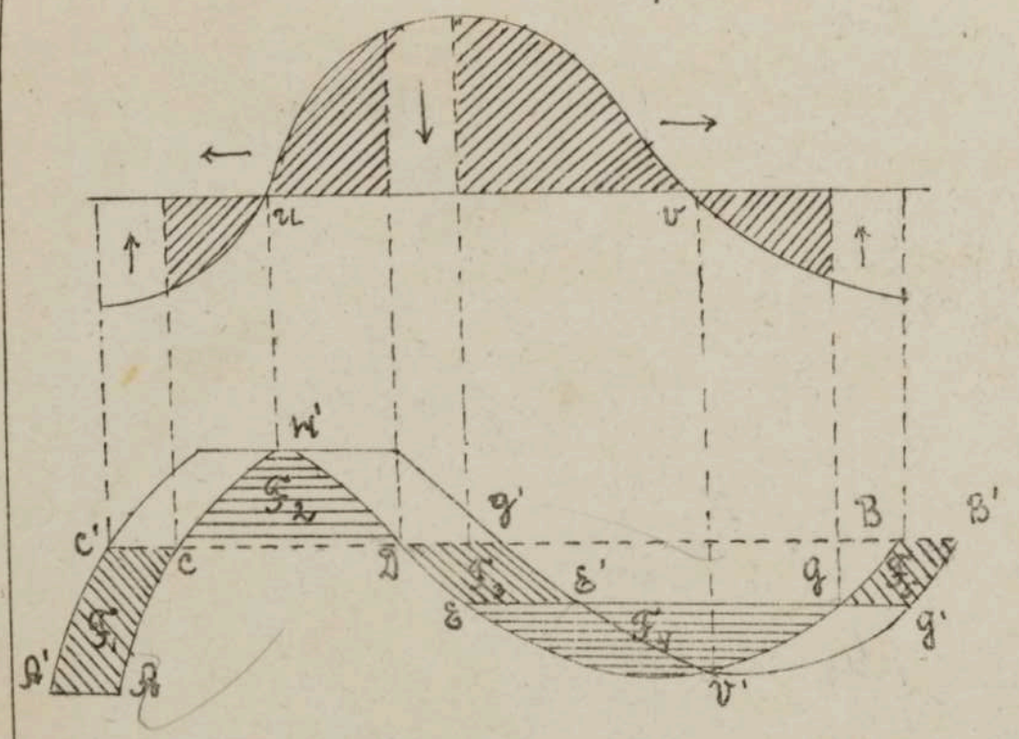


Черт. 34.

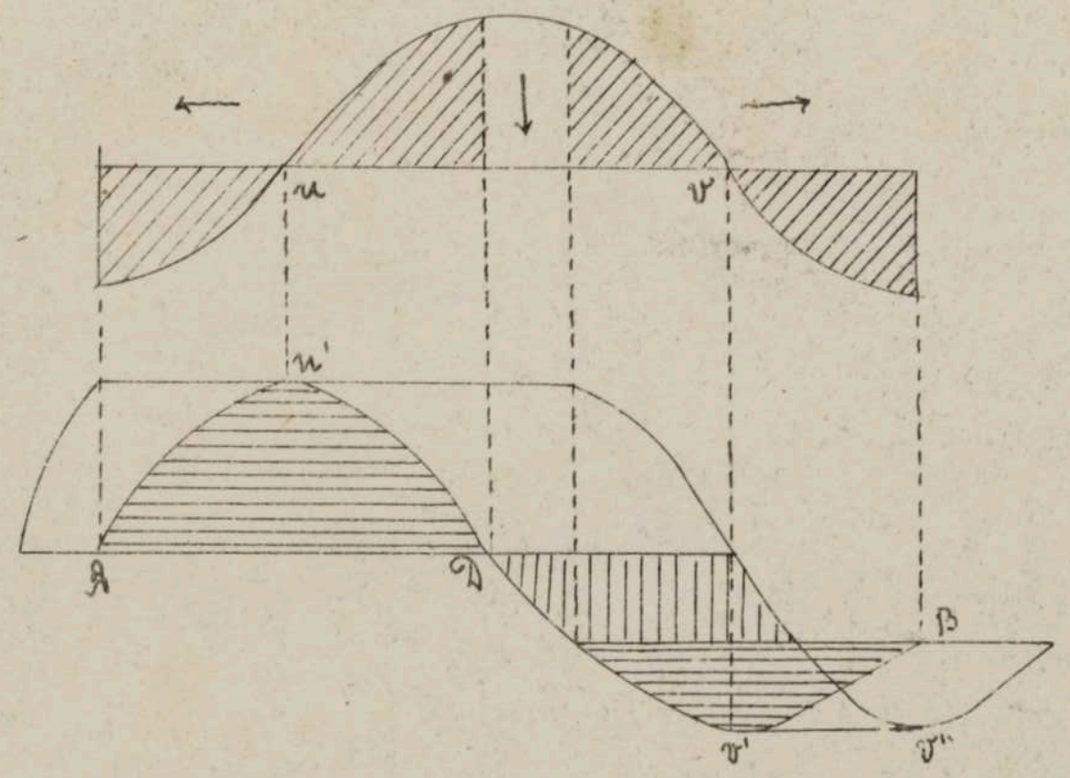


Дорога

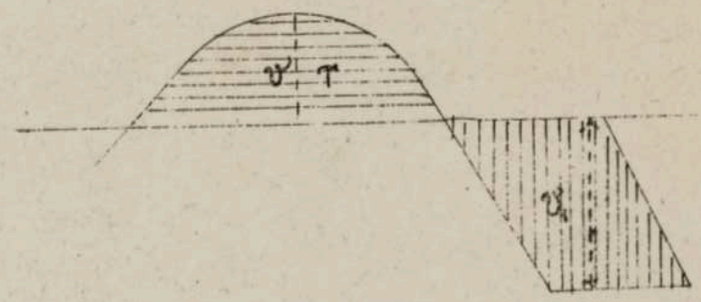
Черт. 85



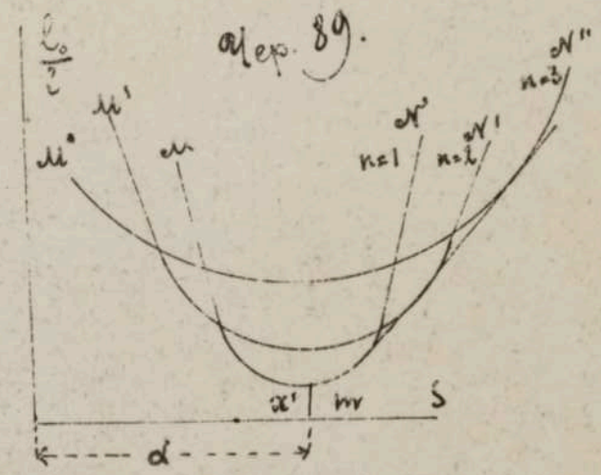
Черт. 86



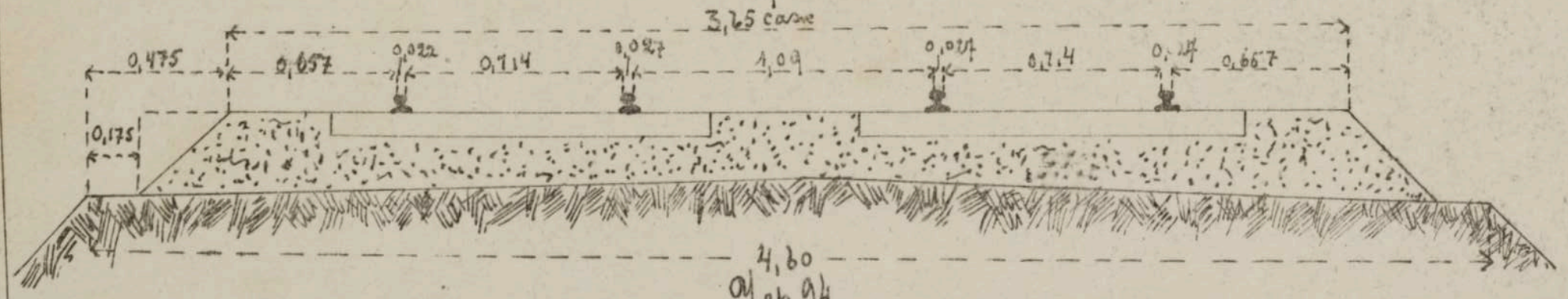
Черт. 90.



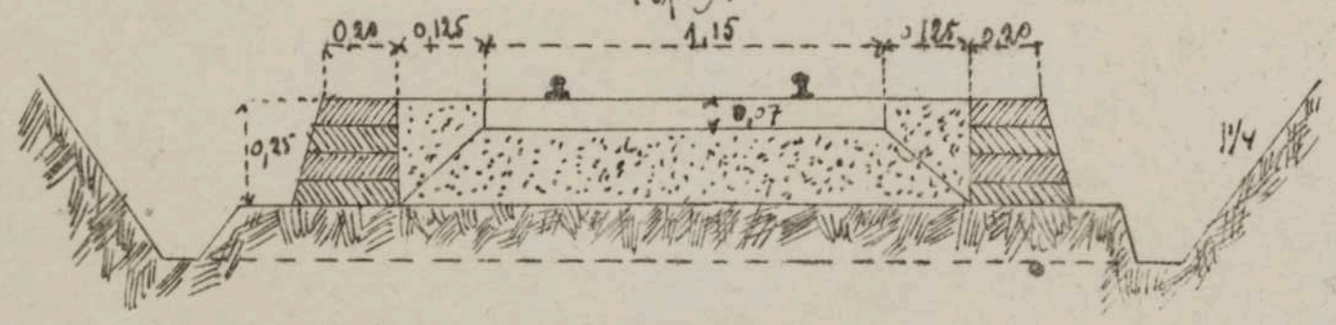
Черт. 89.



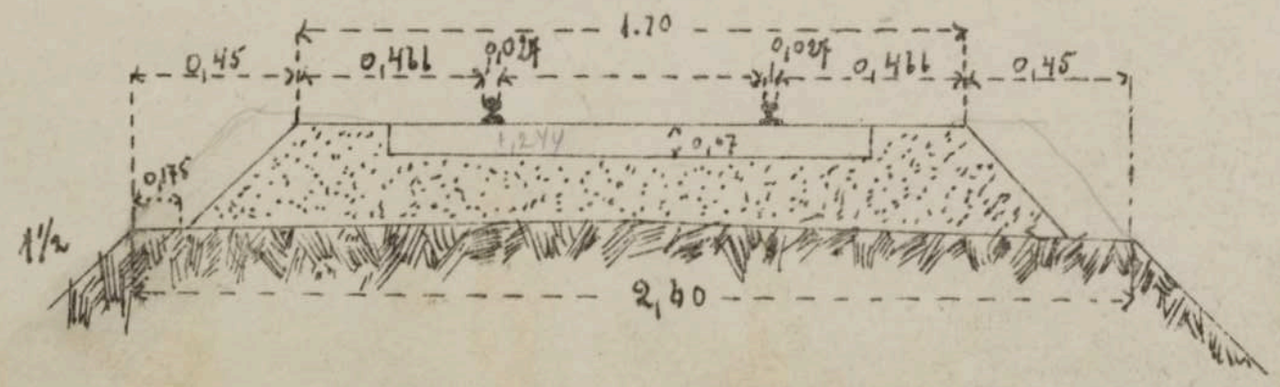
Черт. 92



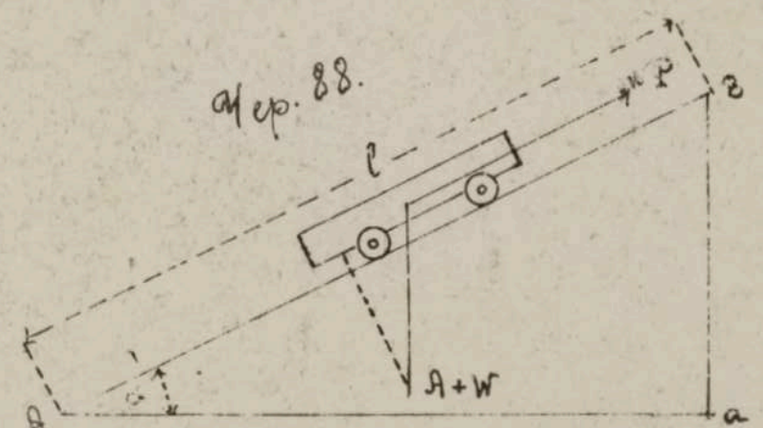
Черт. 94



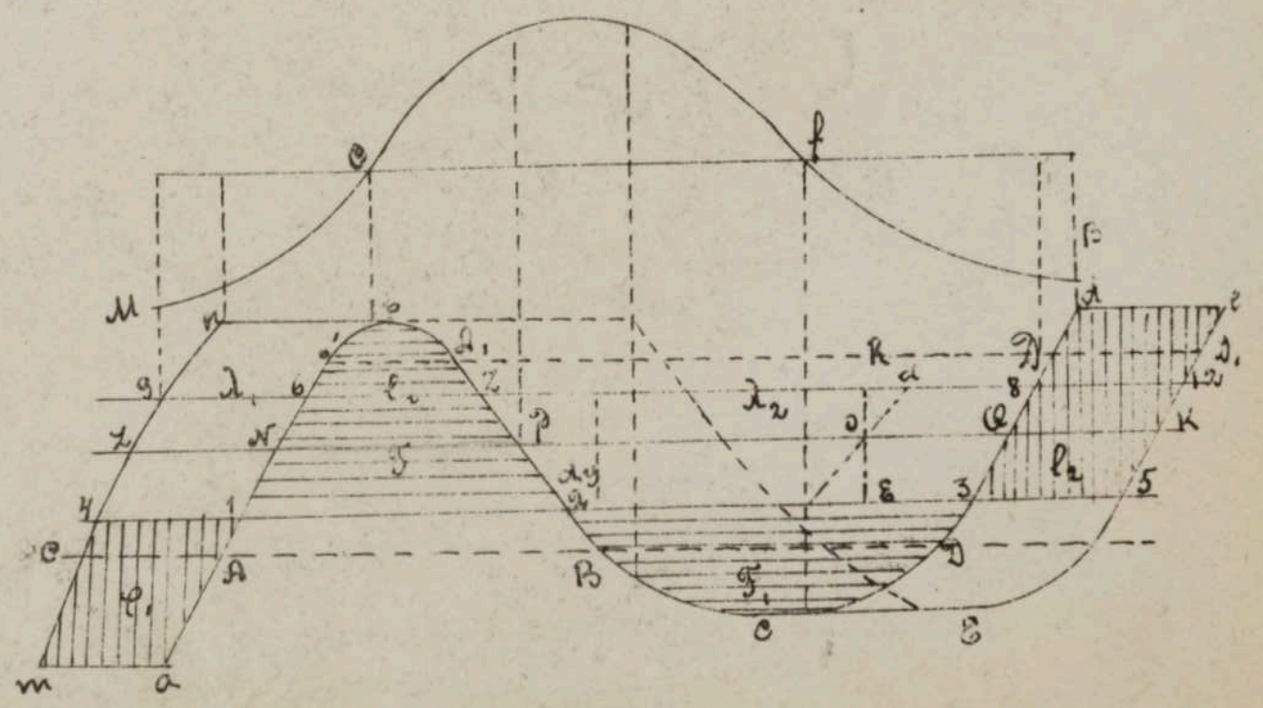
Черт. 91.



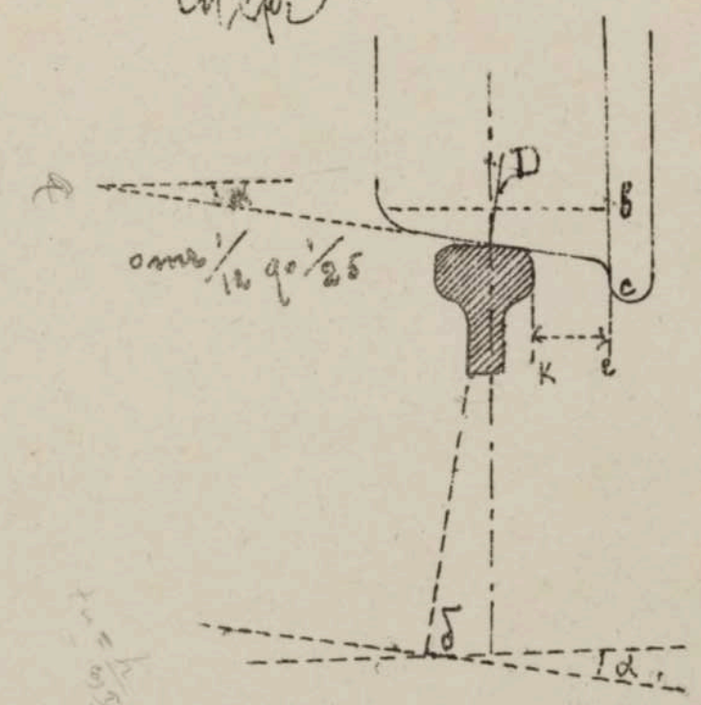
Черт. 88.



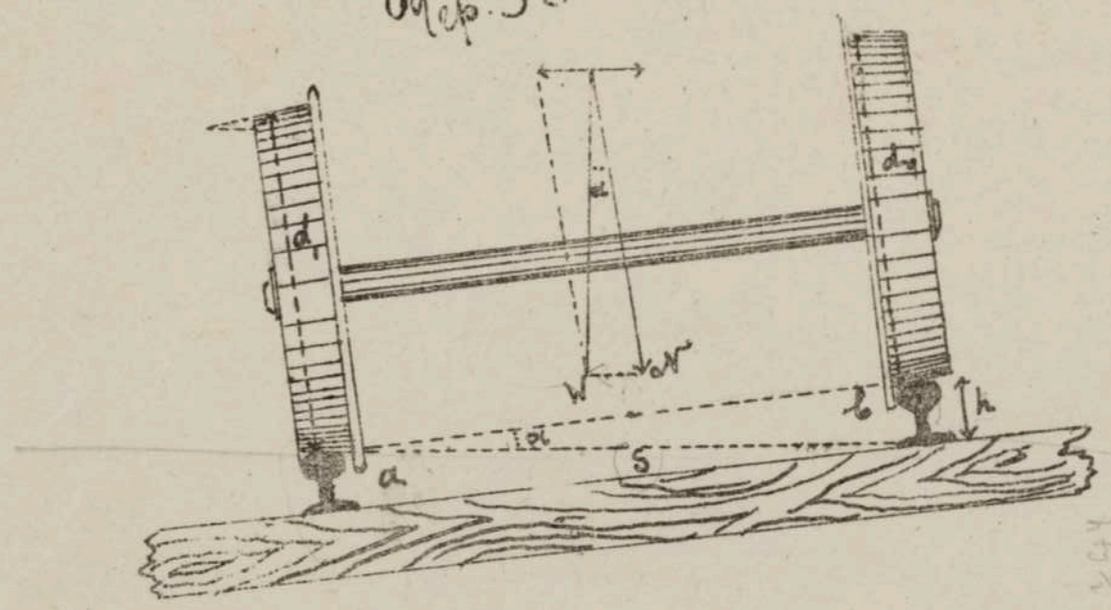
Черт. 87



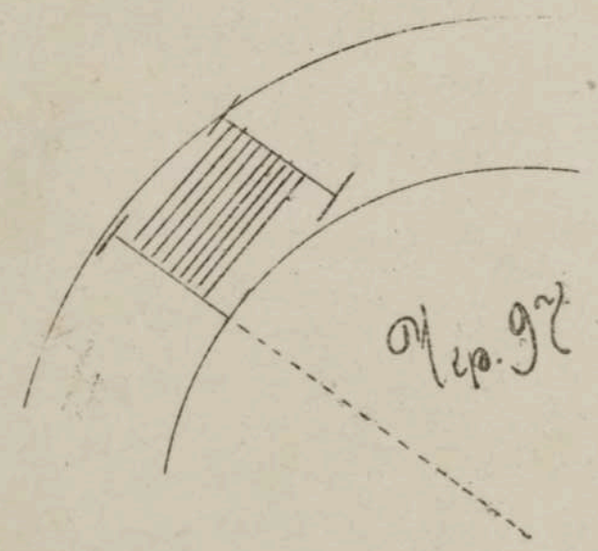
Чер. 96.

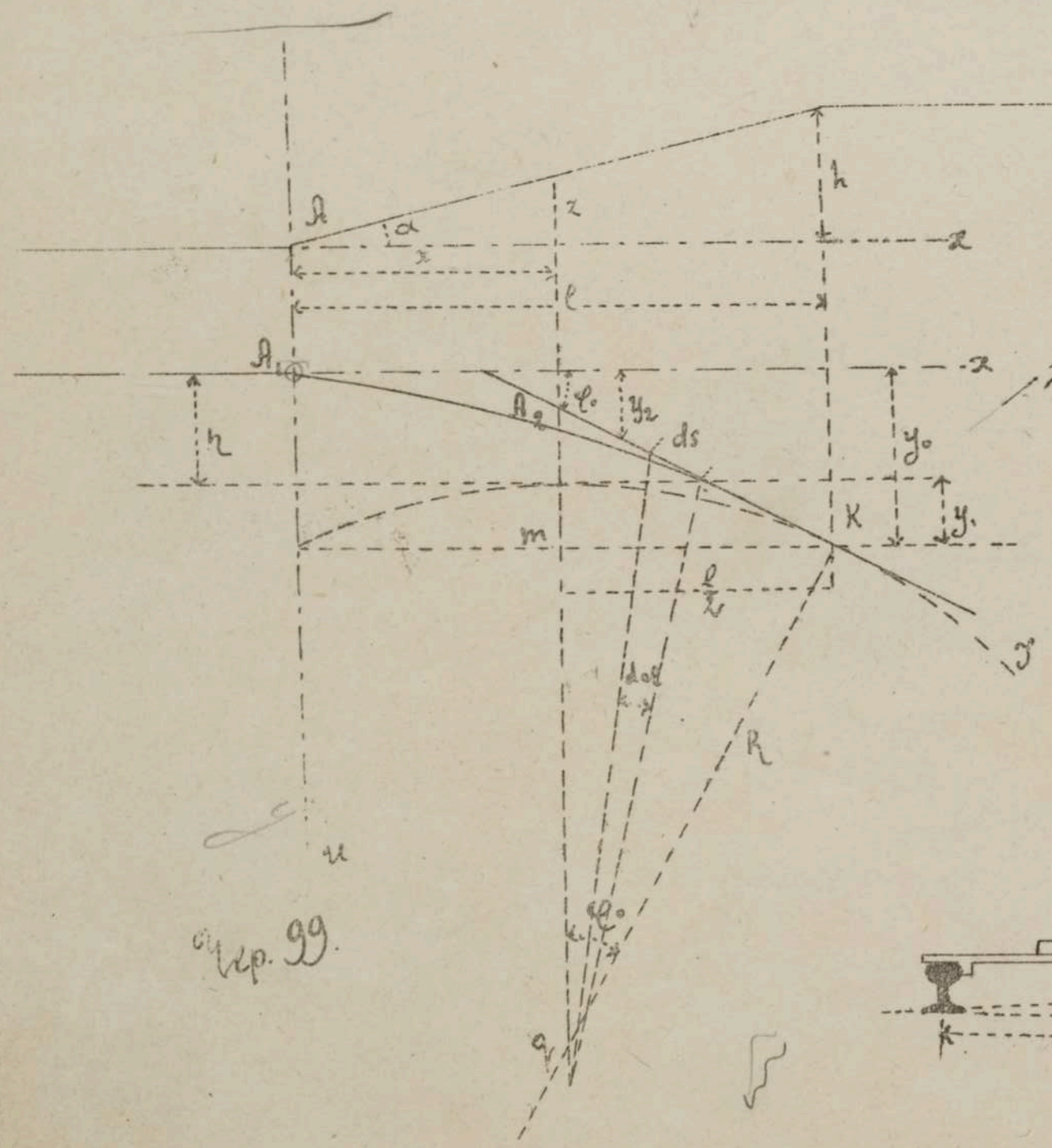


Чер. 98.

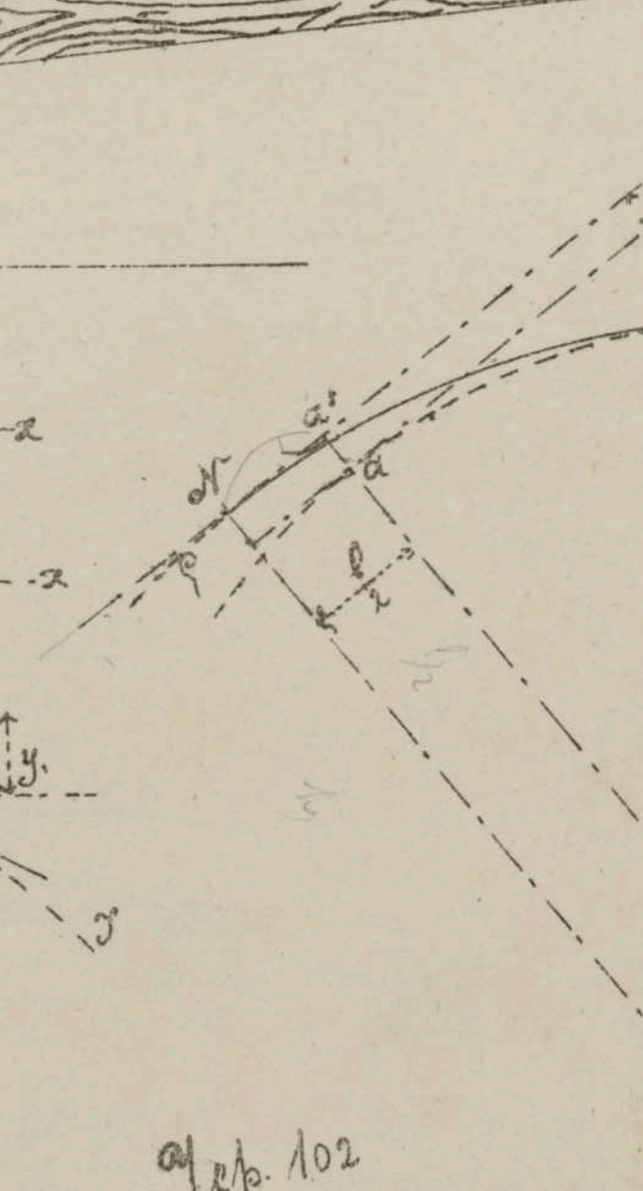


Чер. 97



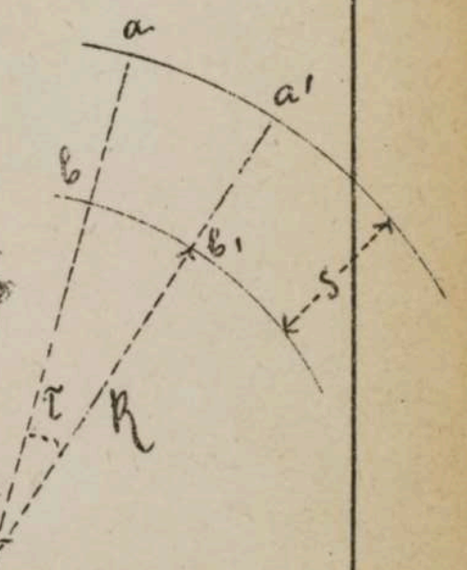


Чер. 99.

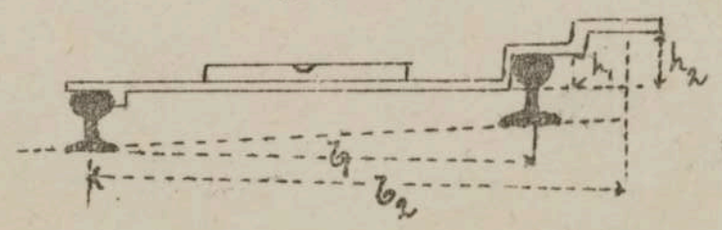


Чер. 100.

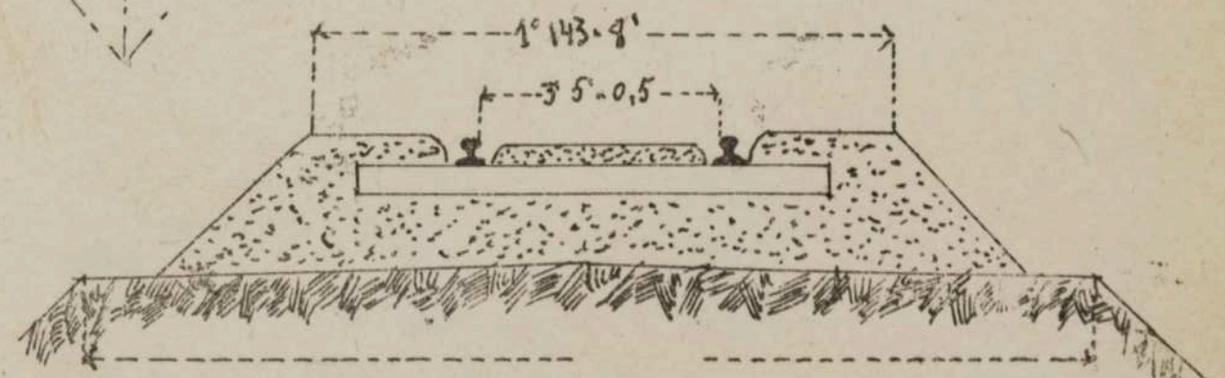
Чер. 95



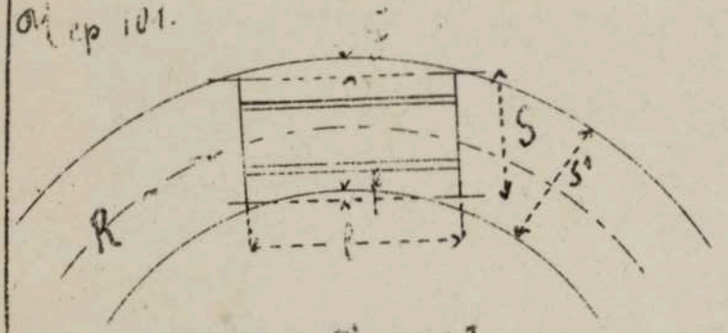
Чер. 102



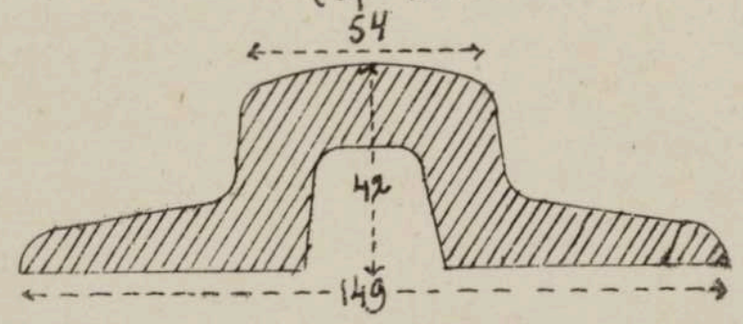
Въ кривинъ h=0,15.
" насыпи h=0,2



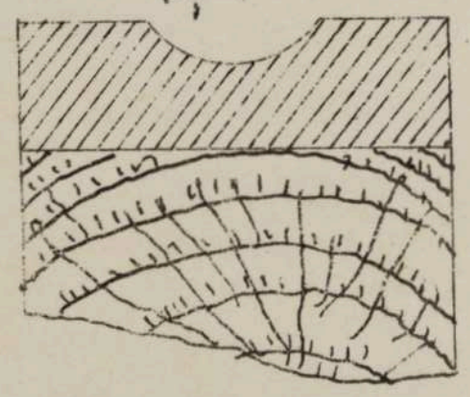
Черт 101.



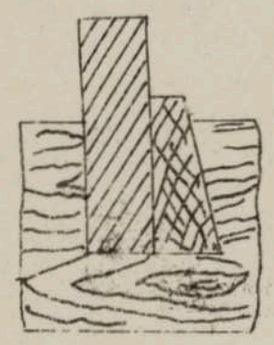
Черт 102.



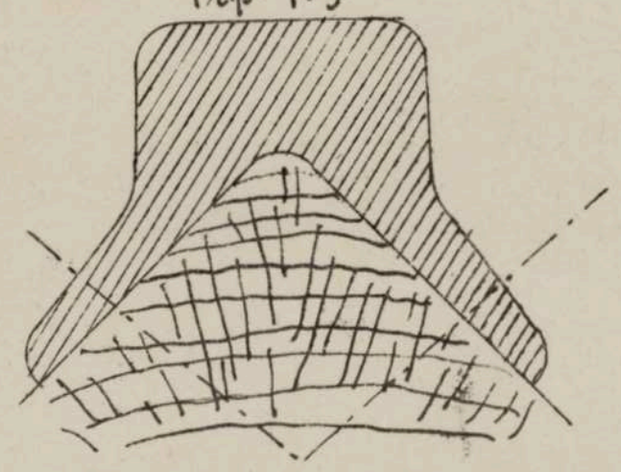
Черт 103.



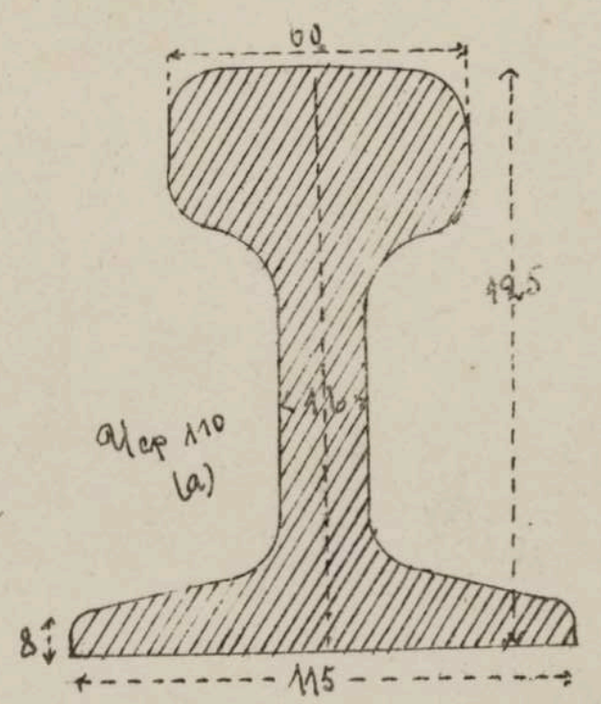
Черт 105.



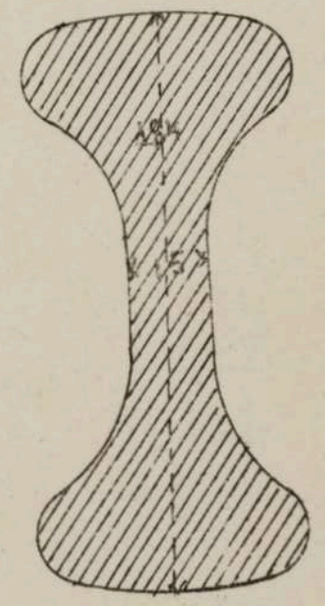
Черт 109.



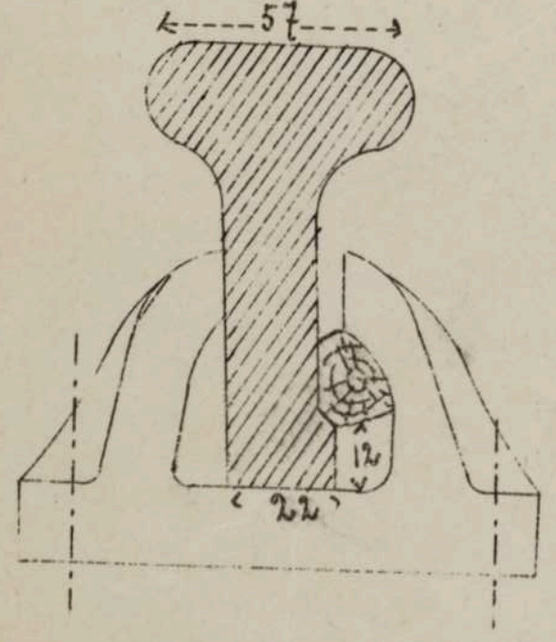
Черт 110 (а)



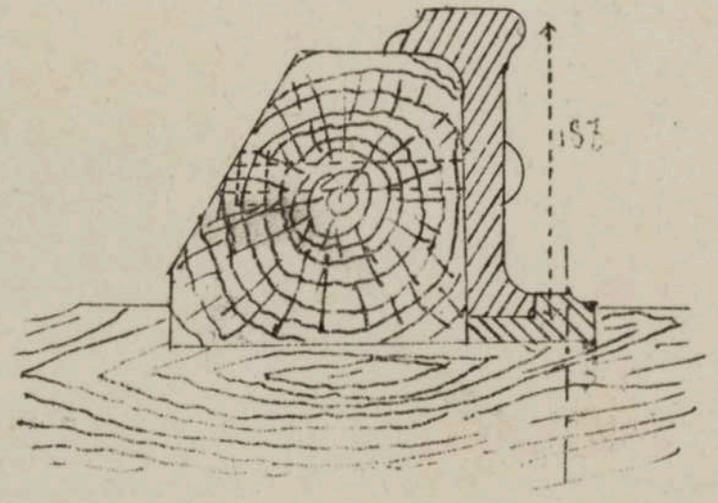
Черт 106.



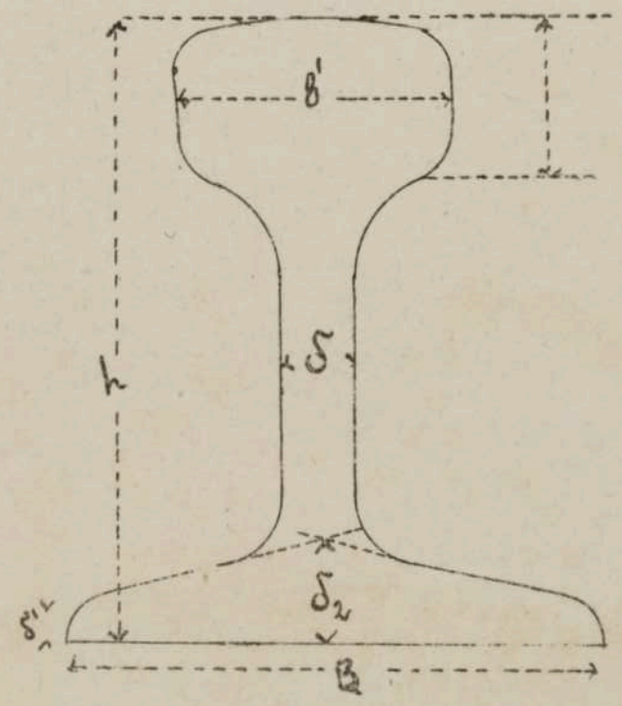
Черт 104.



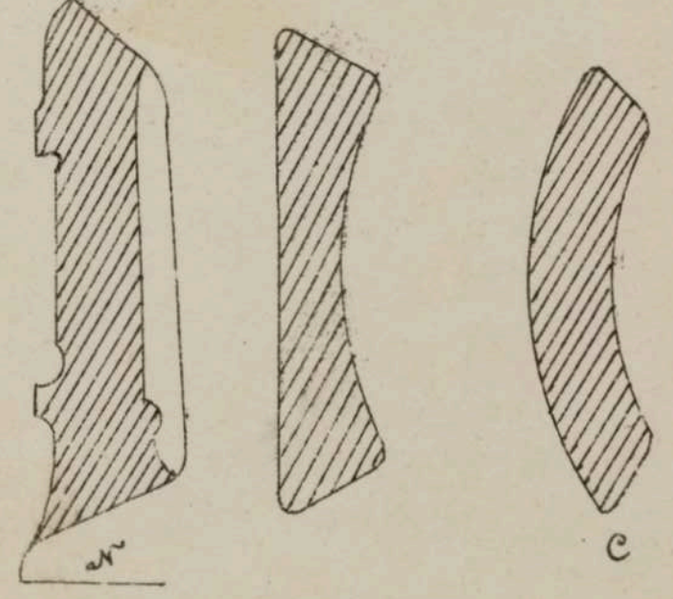
Черт 108



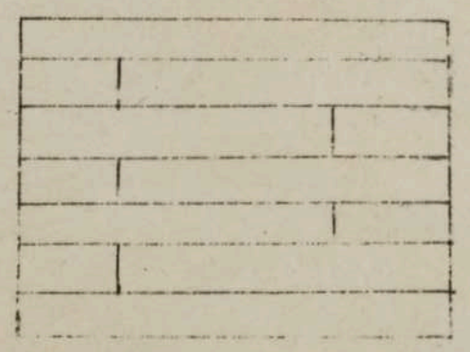
Черт 110 (б)



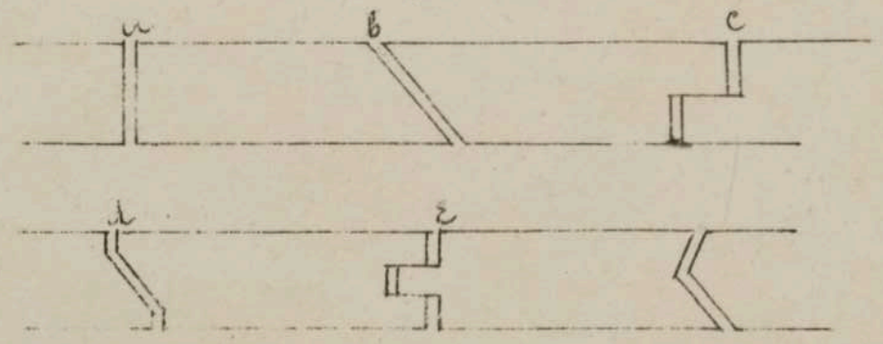
Черт 116.



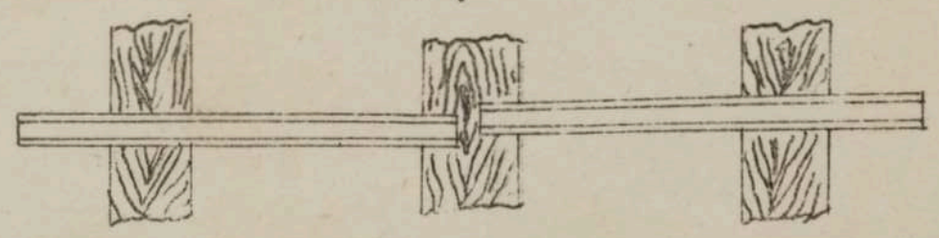
Черт 112.

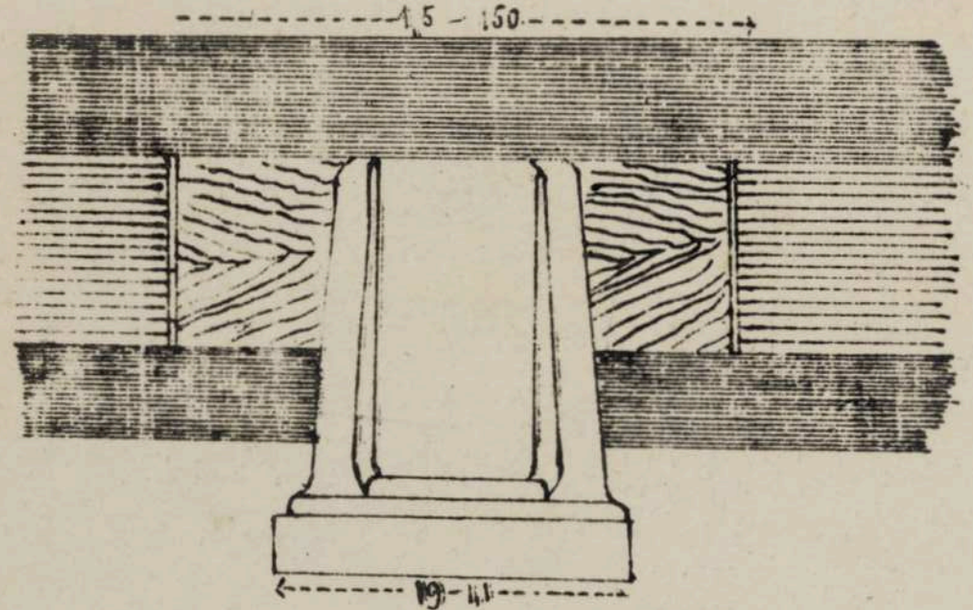


Черт 113.

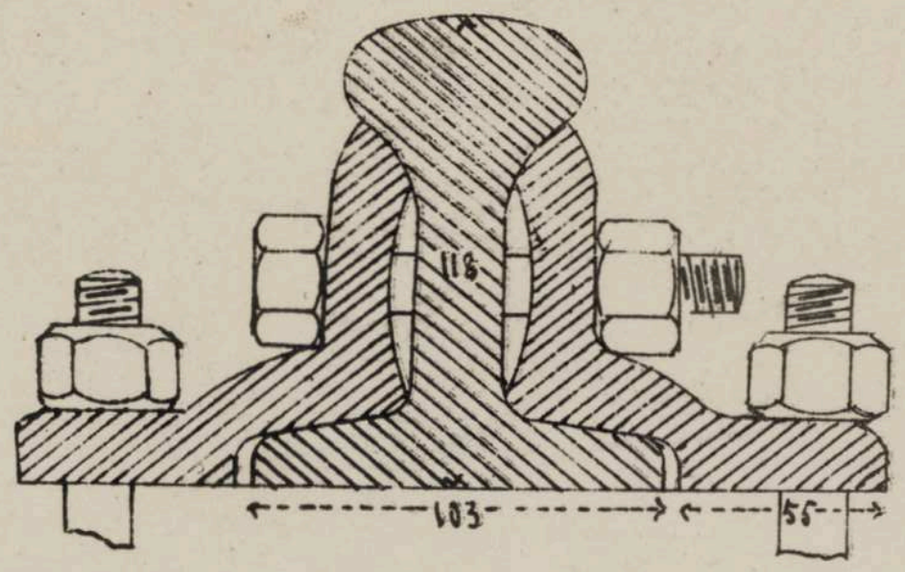


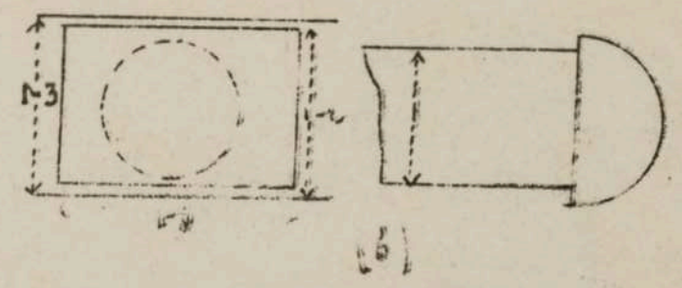
Черт 115.

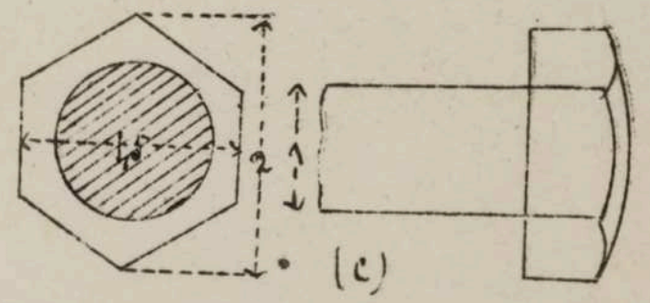




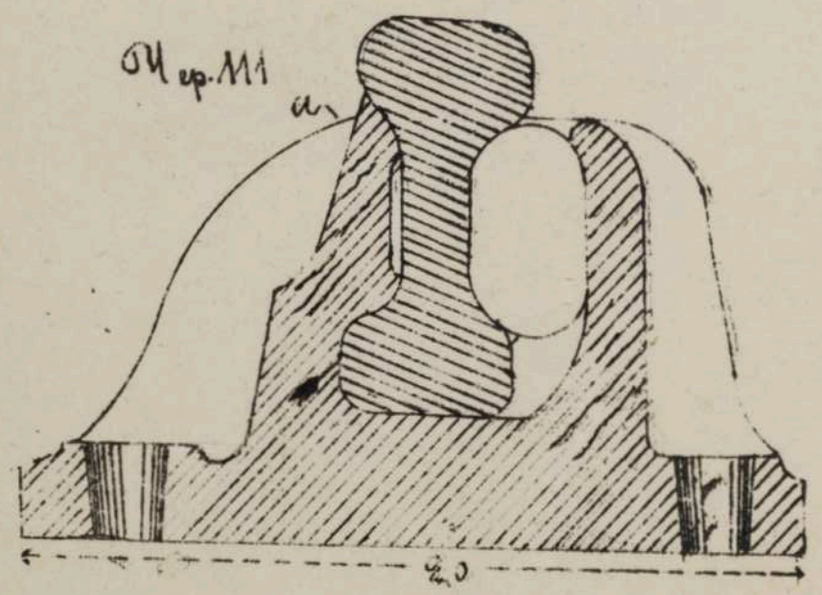
Черт. 117



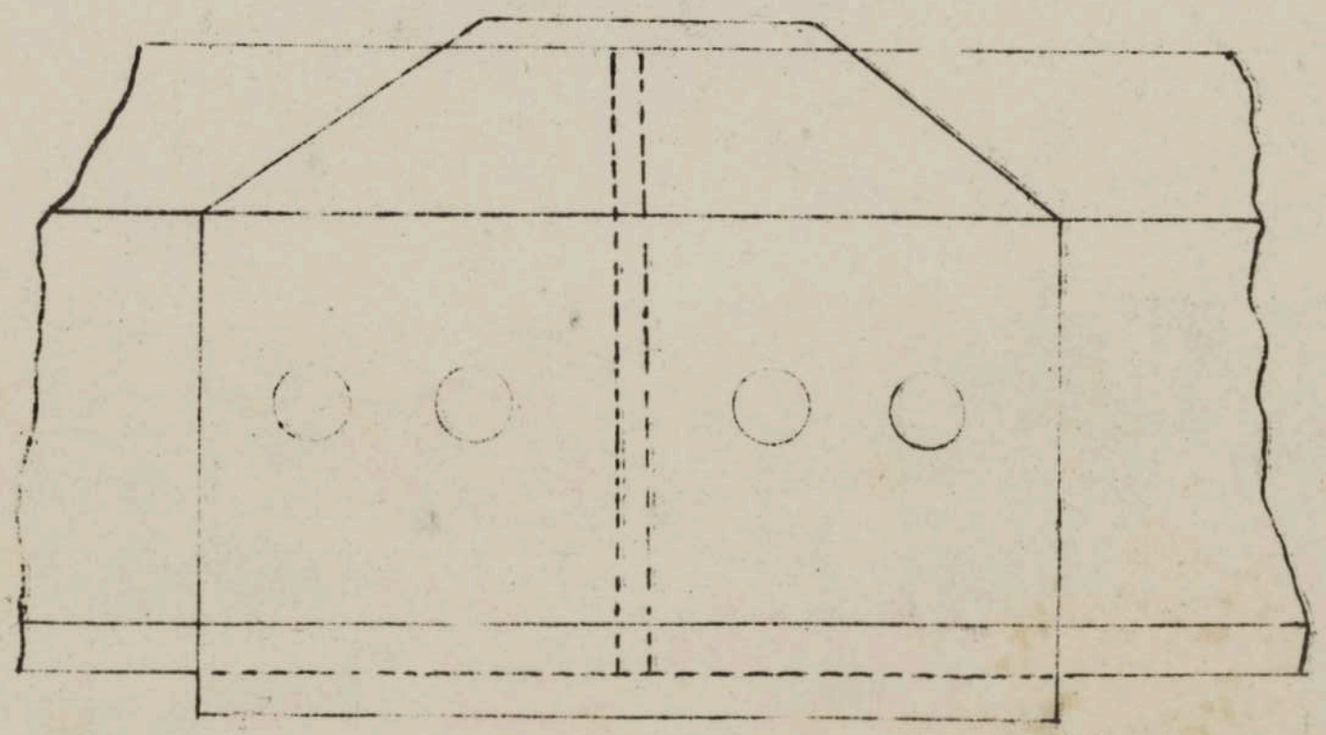


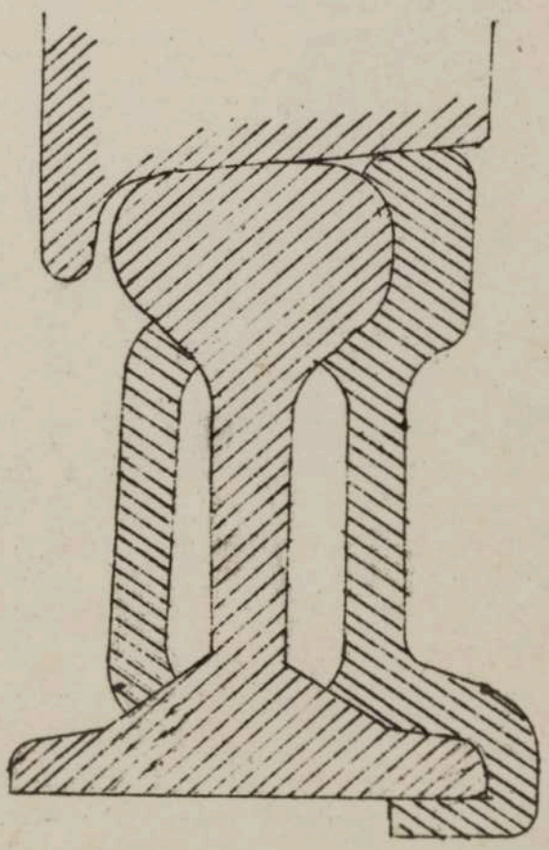


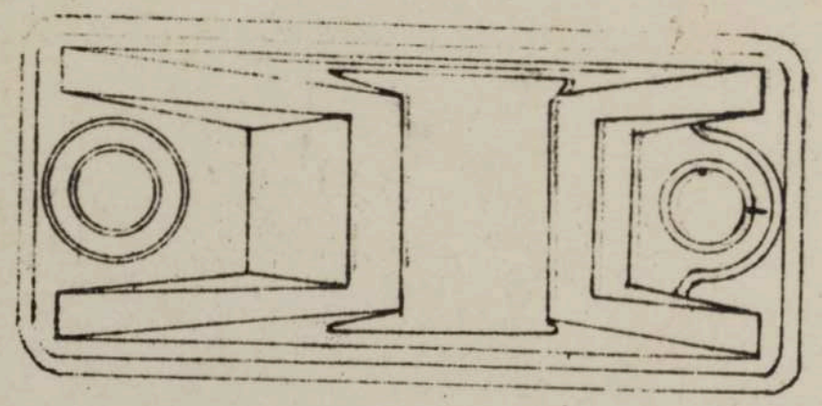
Черт. 111

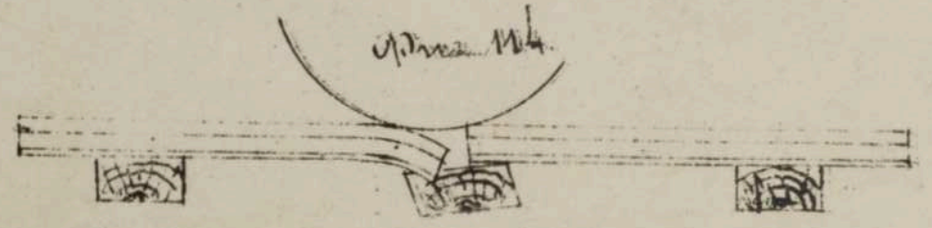


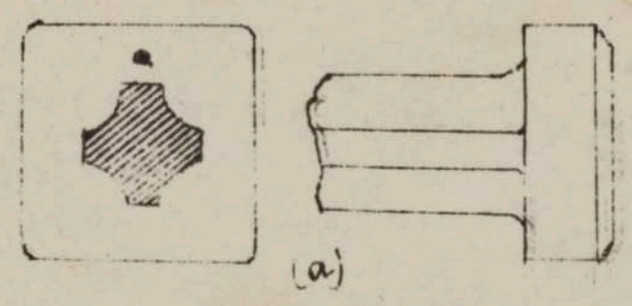
Черт. 113

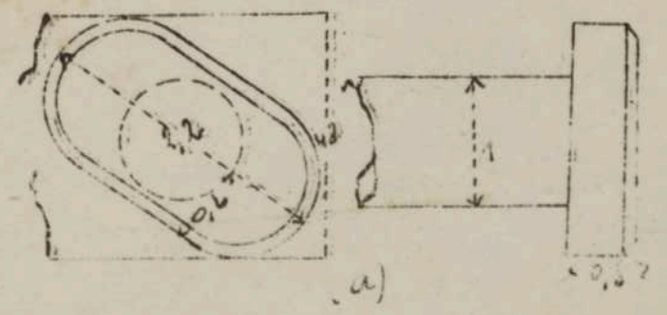




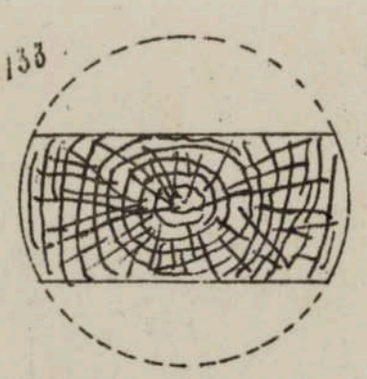


Черт. 114

Черт. 122

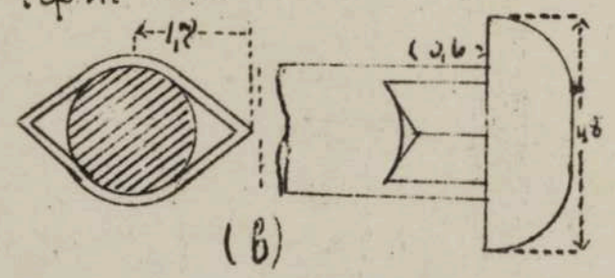


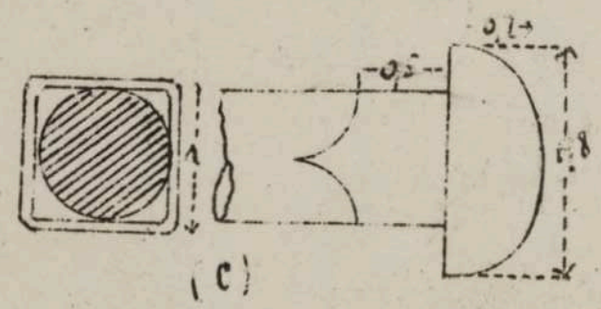


Черт. 133

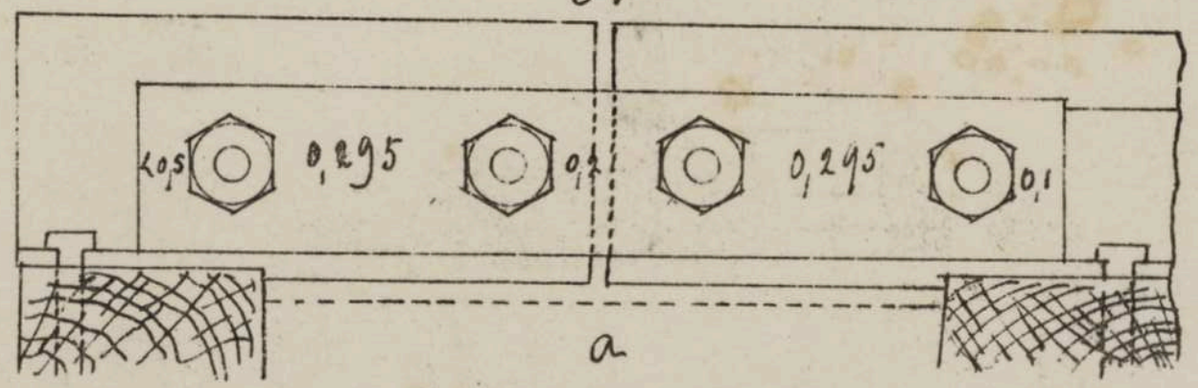


Черт. 122

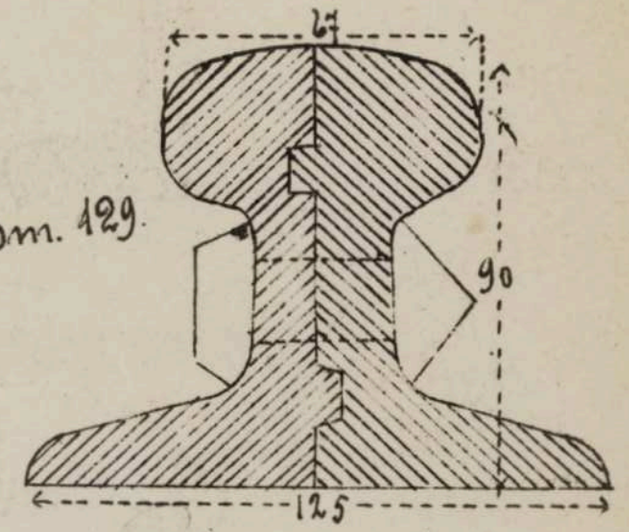




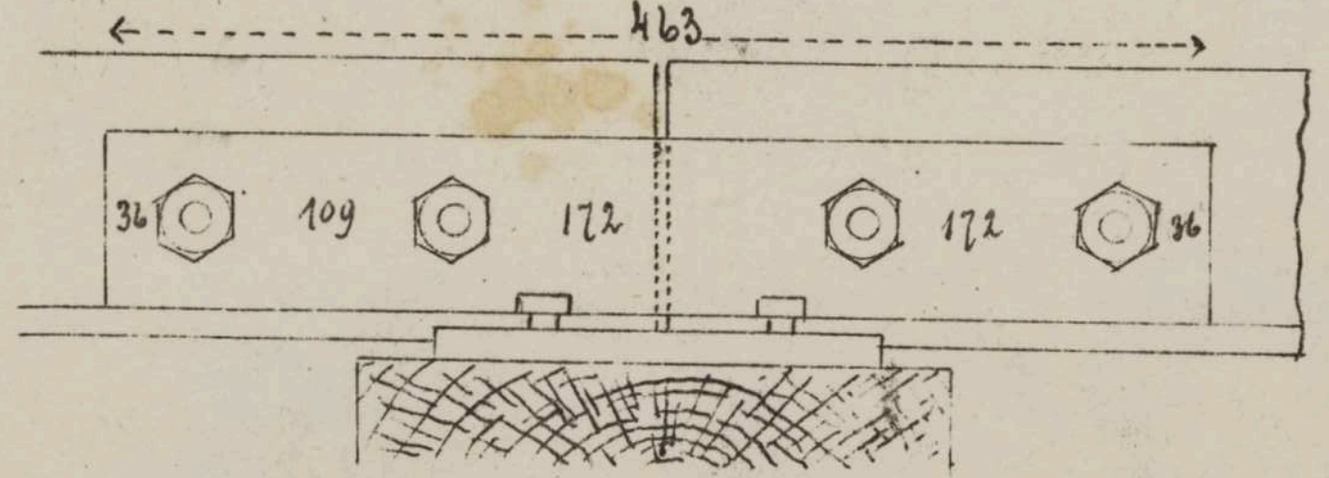
Черт. 120



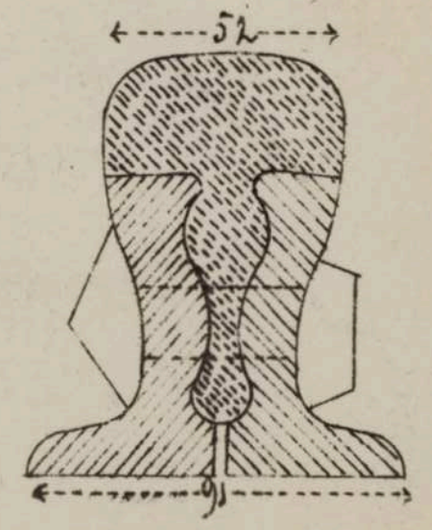
Черт. 129



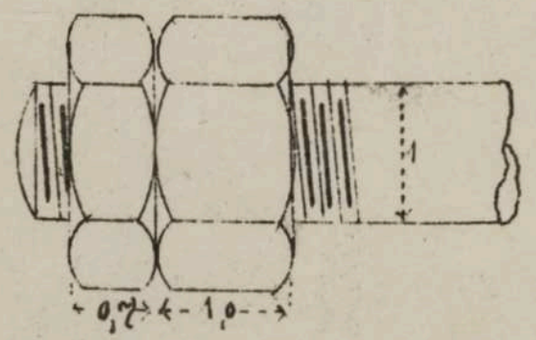
Черт. 119



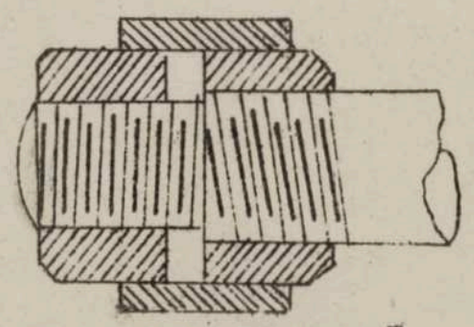
Черт. 131



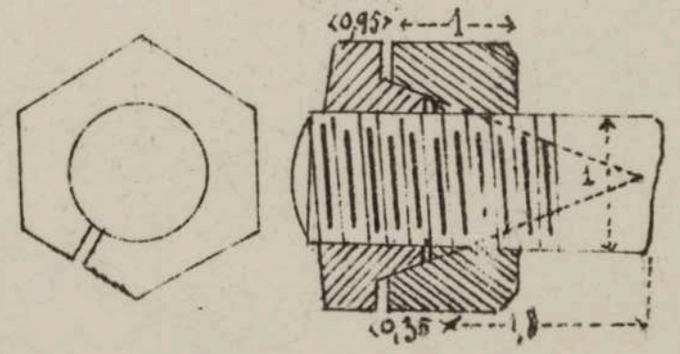
Черт. 123



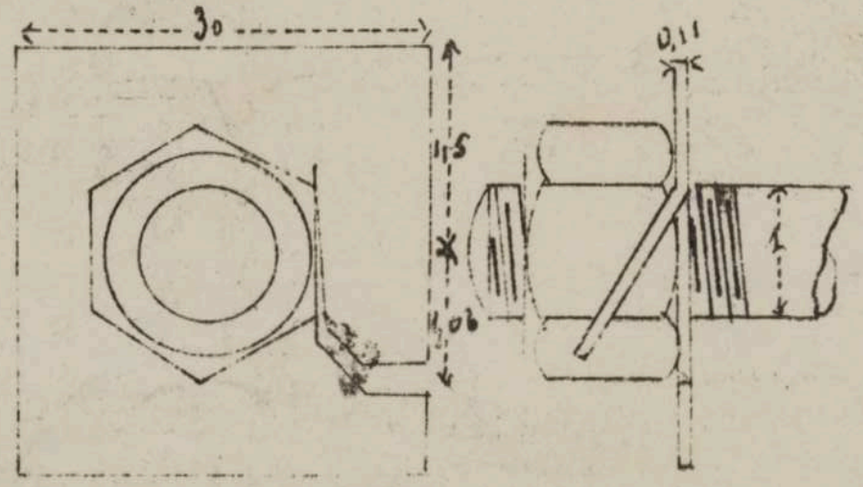
Черт. 124



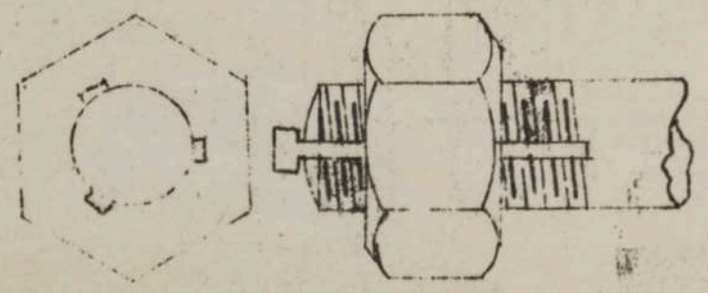
Черт. 125



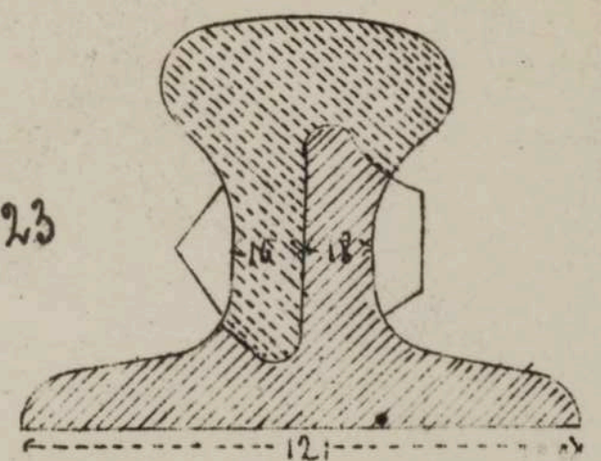
Черт. 127



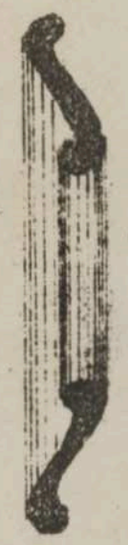
Черт. 126



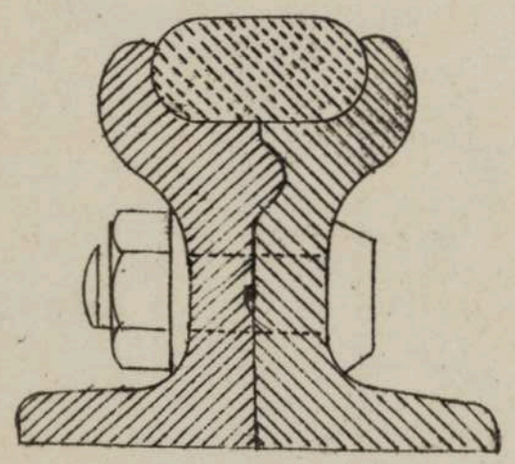
Черт. 132



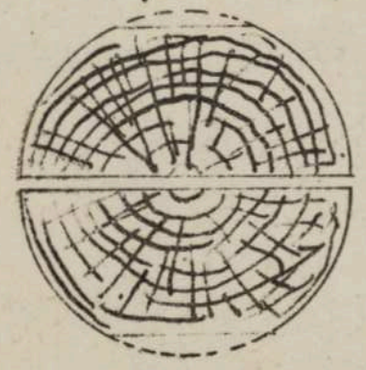
Черт. 123



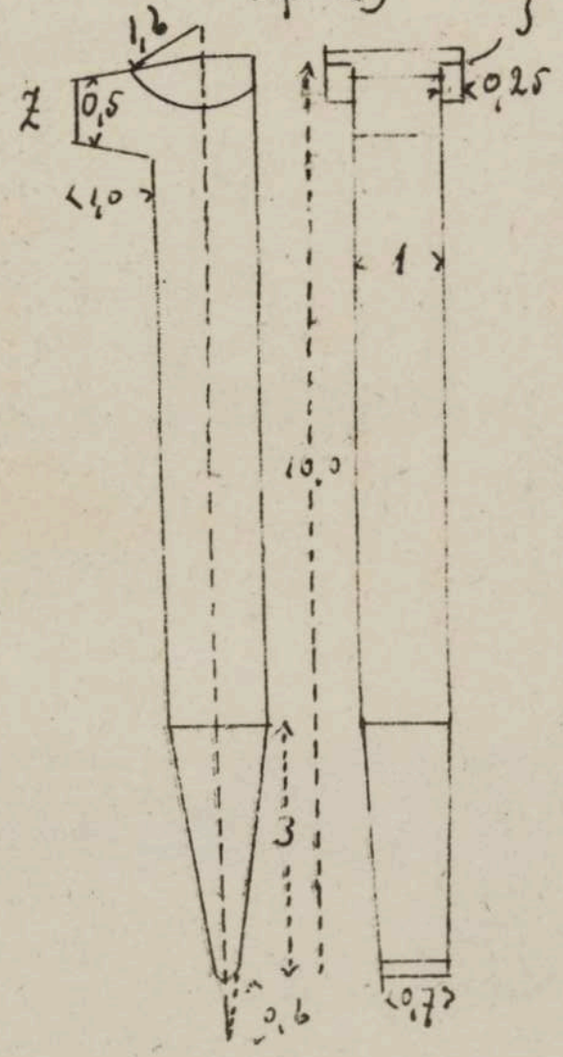
Черт 130



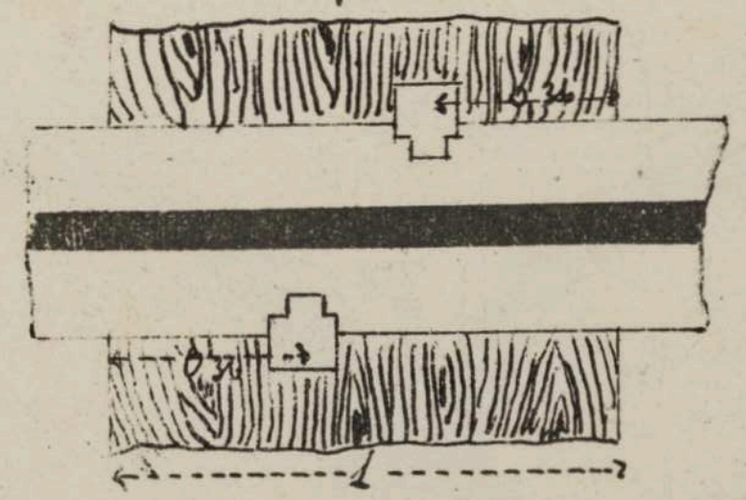
Черт. 135



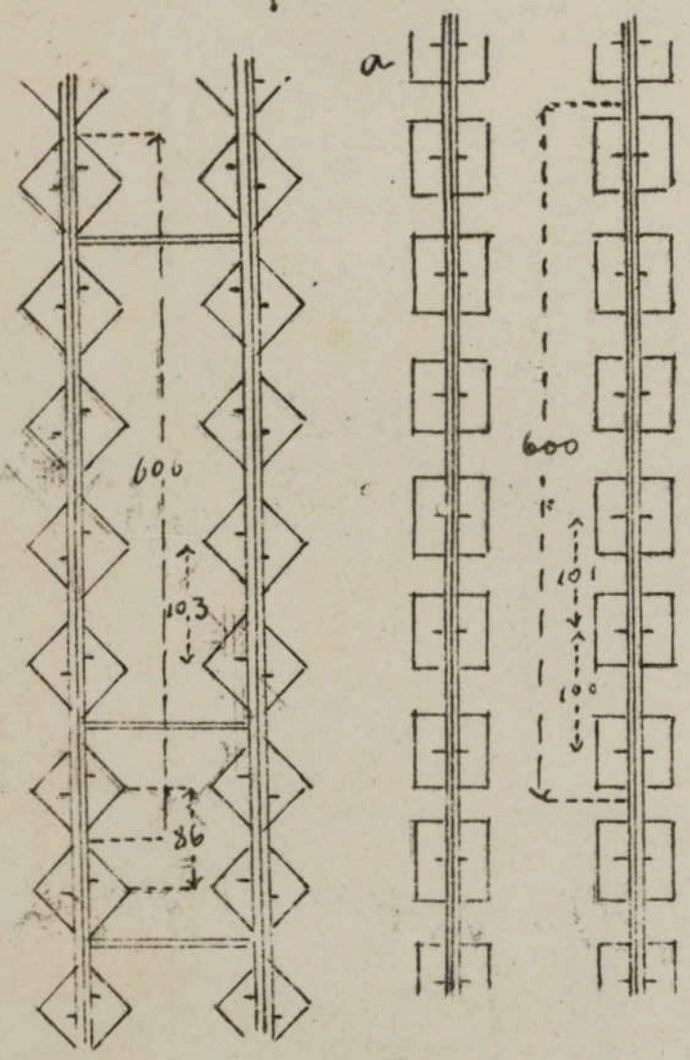
Черт. 139



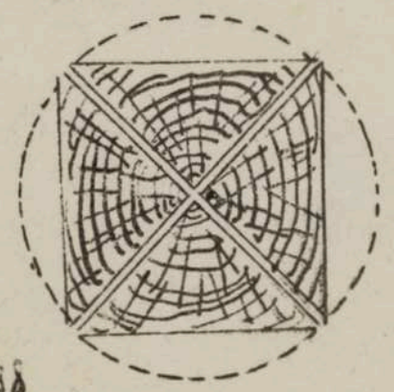
Черт 140



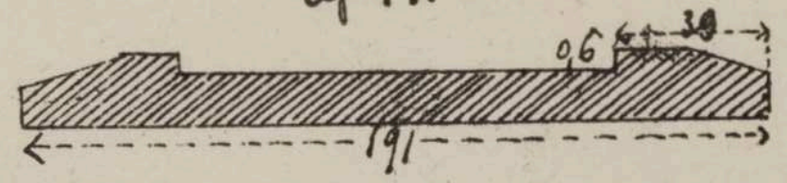
Черт. 133 а



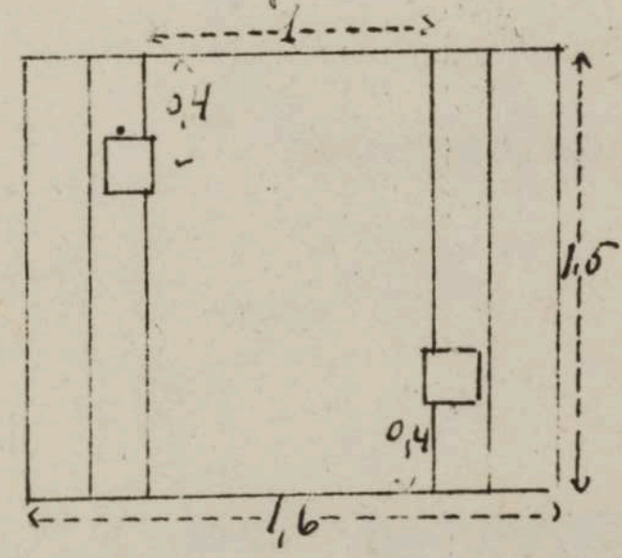
Черт 136



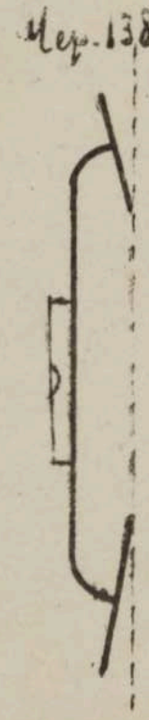
Черт 141



Черт 142

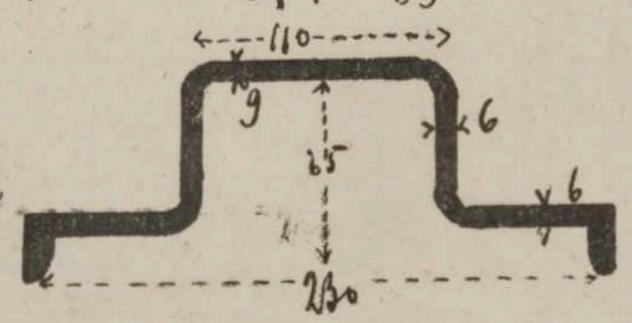


Черт. 138

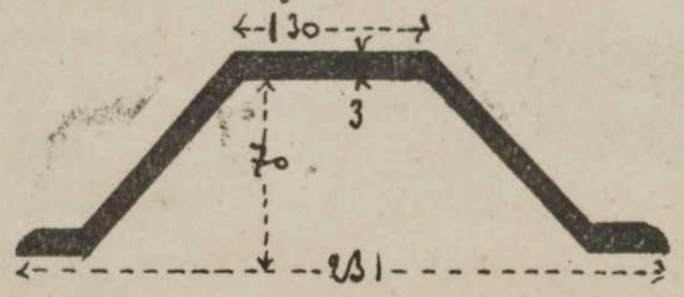


Черт. 137

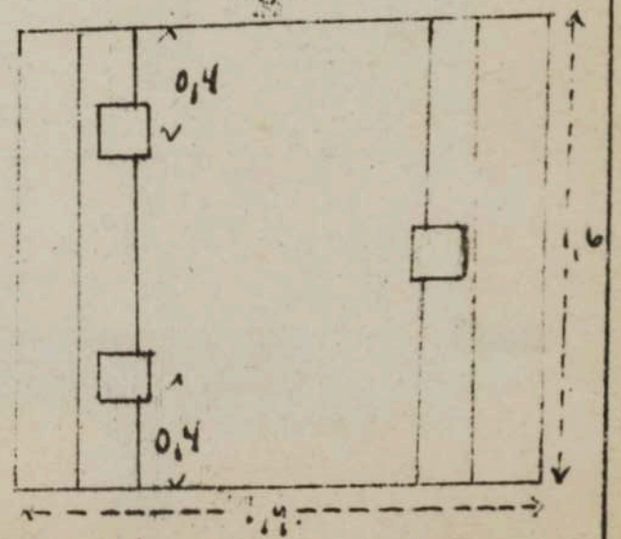
Черт 145 (с)



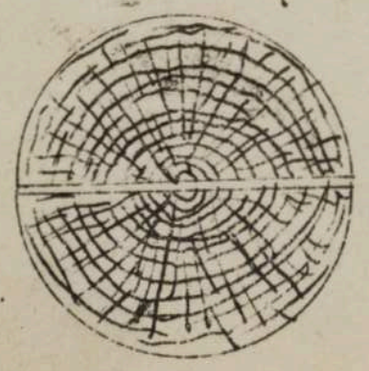
Черт. 145 (а)



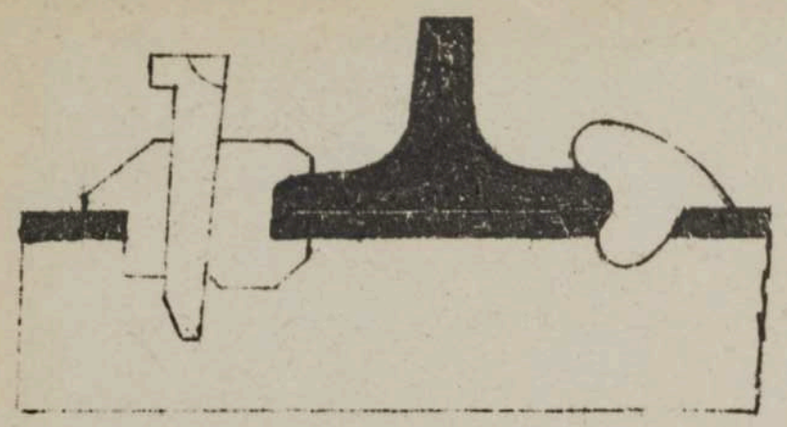
Черт 143



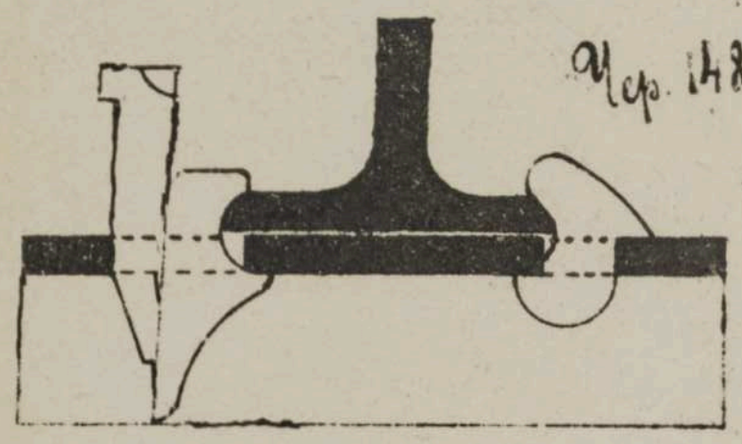
Черт. 134.



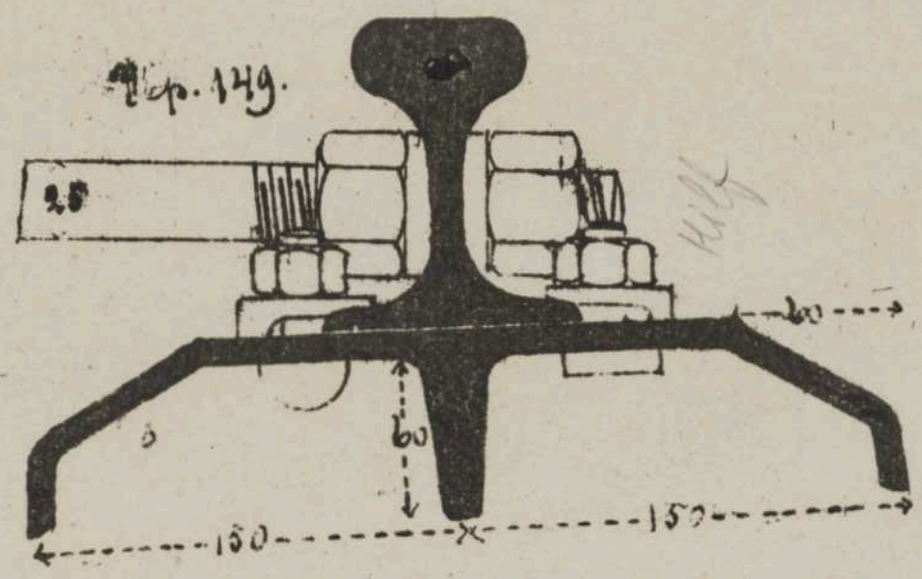
Черт. 147



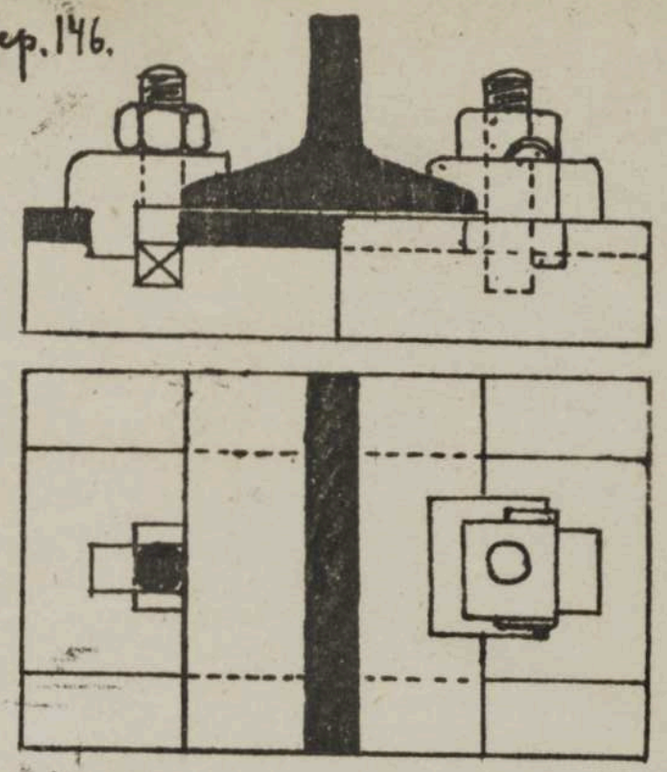
Черт. 148



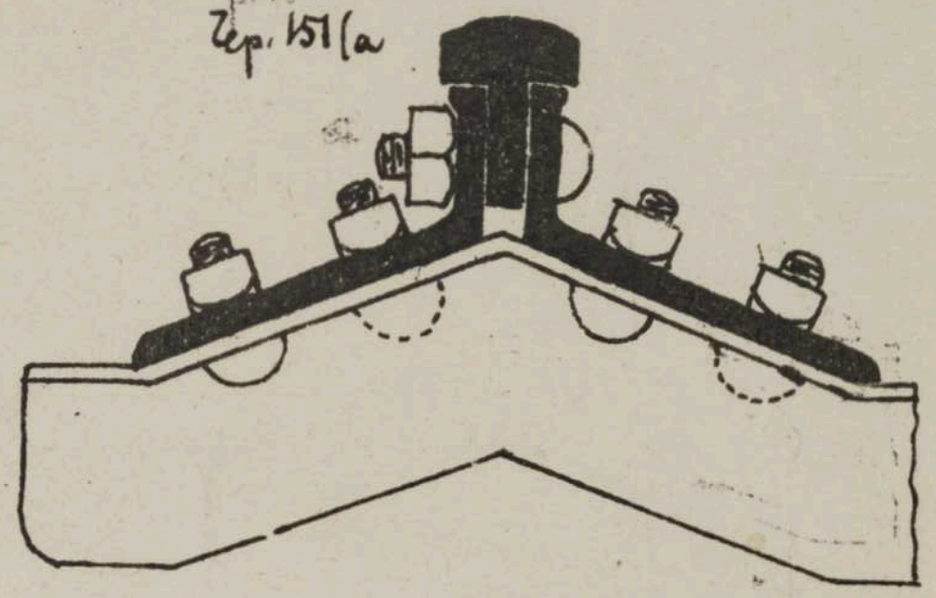
Черт. 149.



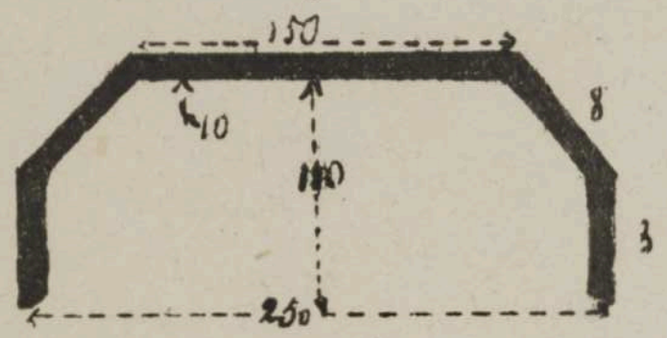
Черт. 146.



Черт. 151(а

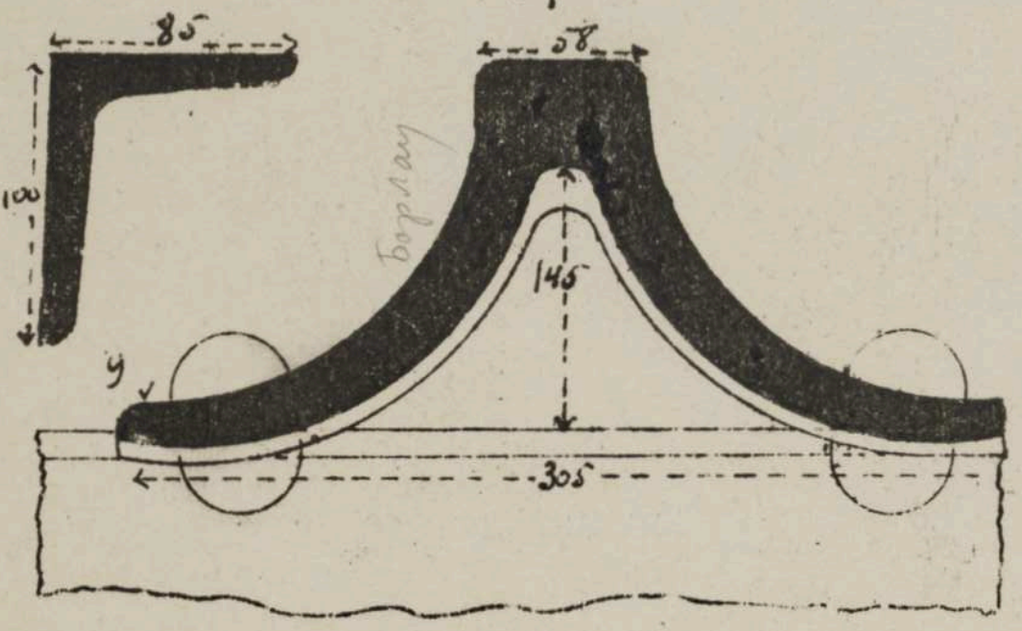


Черт. 145(б)

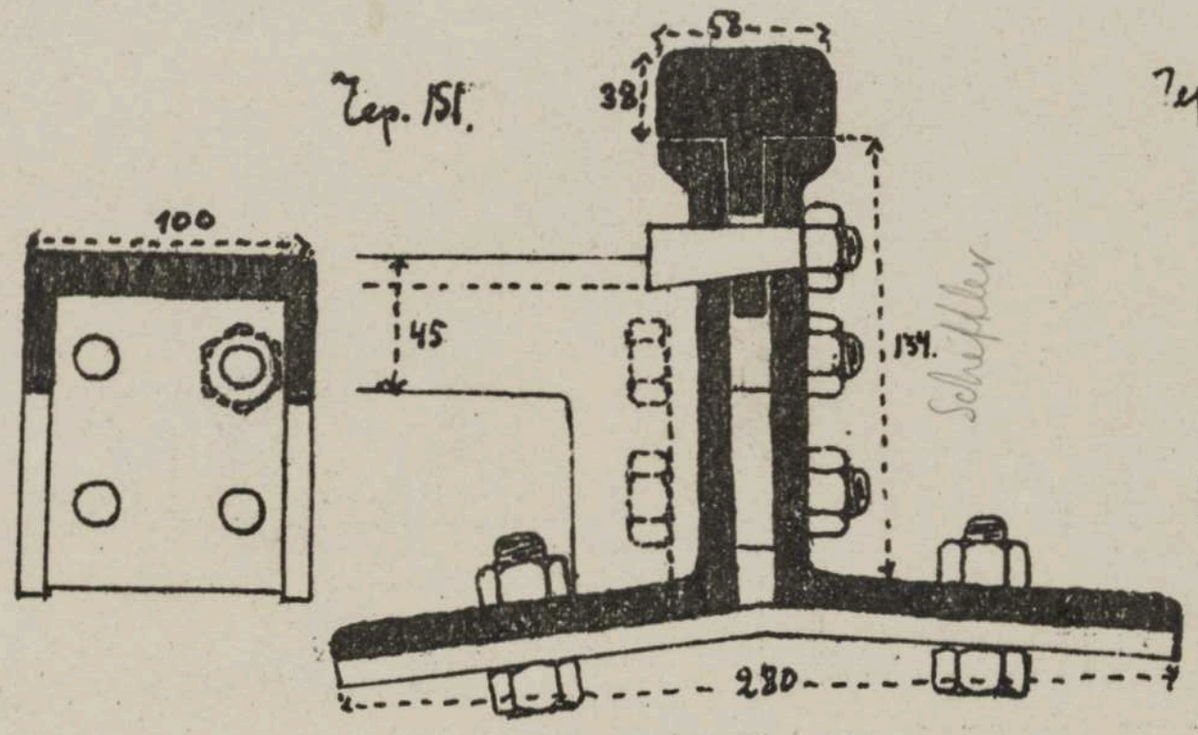


Черт. 152

Черт. 150.



Черт. 151.



Черт. 153

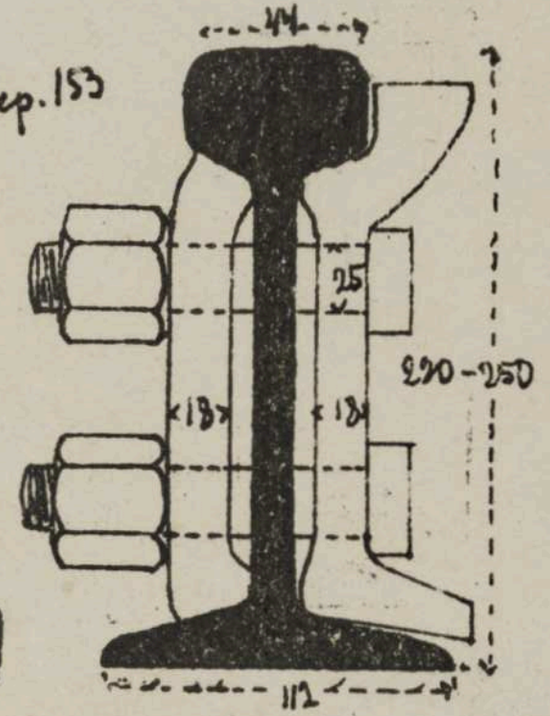
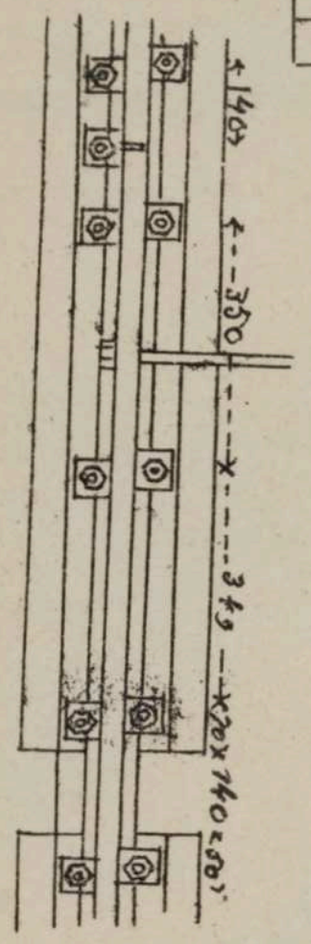
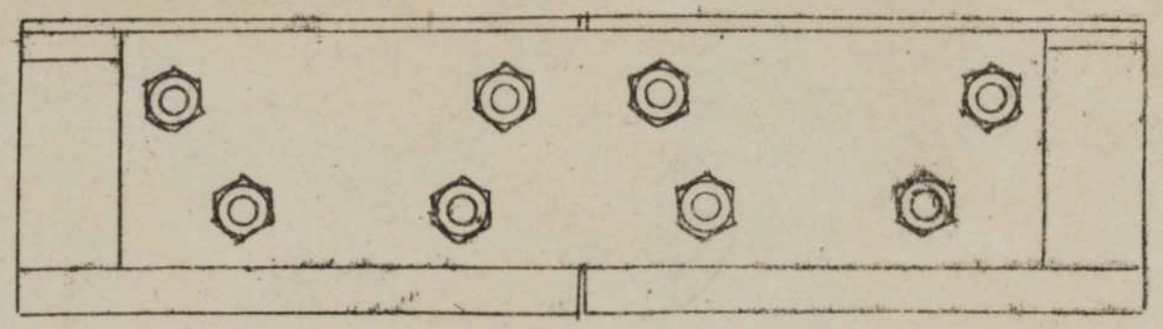


Таблица 81.

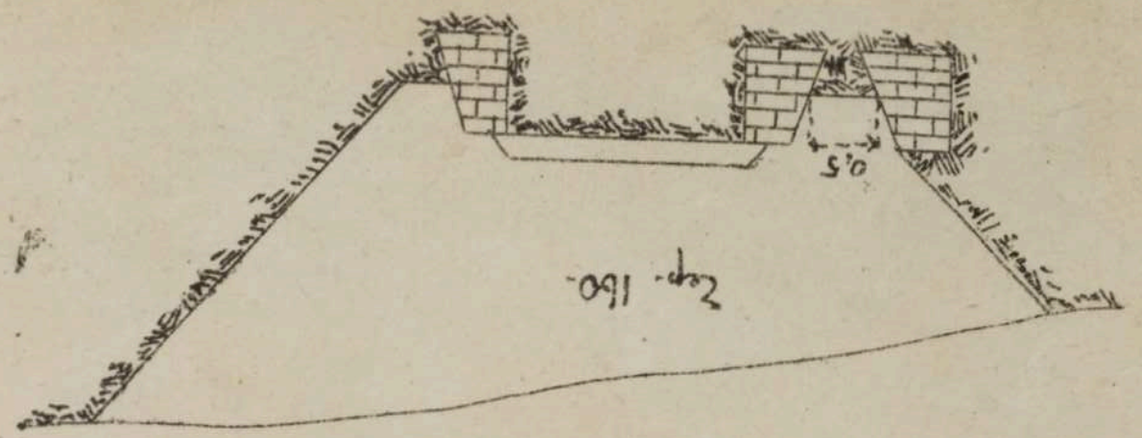
Инженерные искусства.



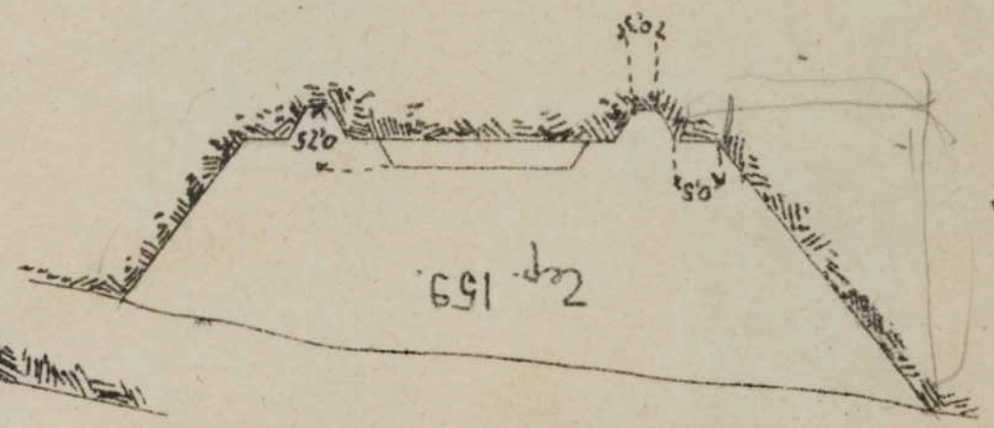
Чер. 154.



Чер. 160.

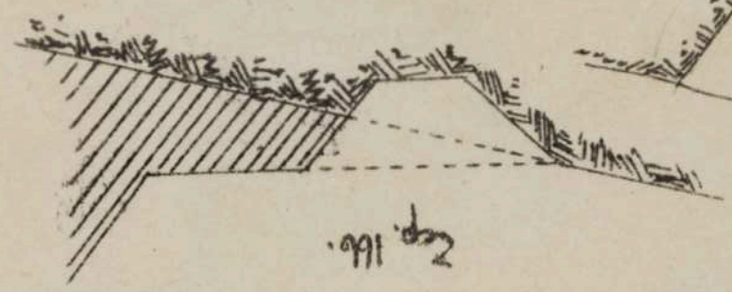


Чер. 159.



Чер. 165.

Чер. 166.

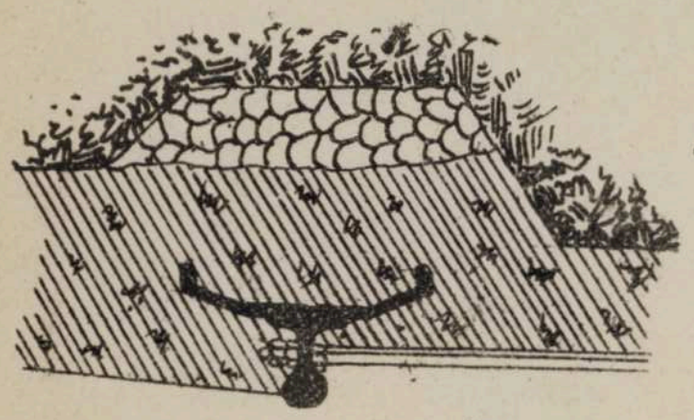


Чер. 164.

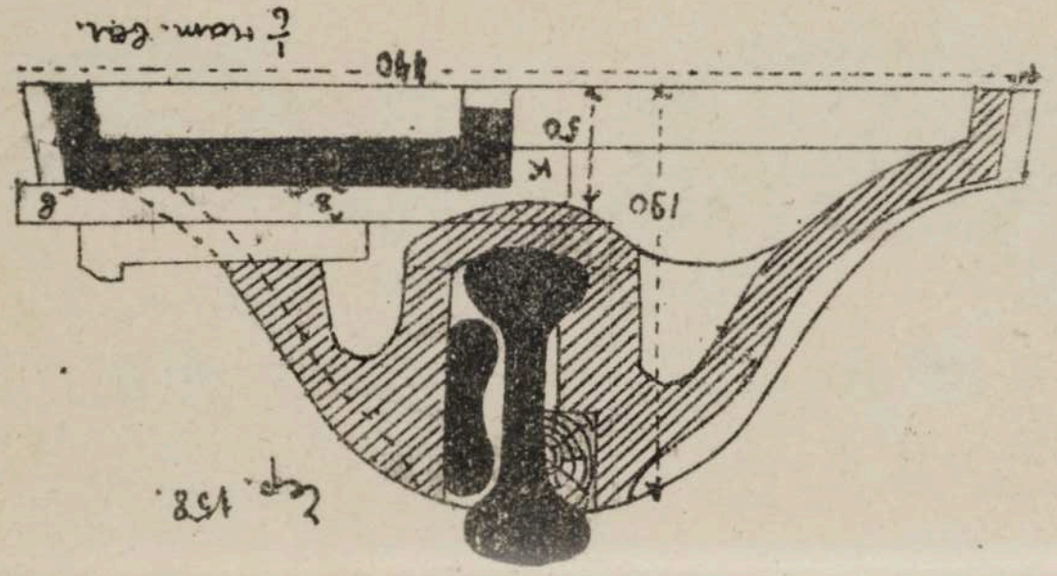
Чер. 155.

Чер. 163.

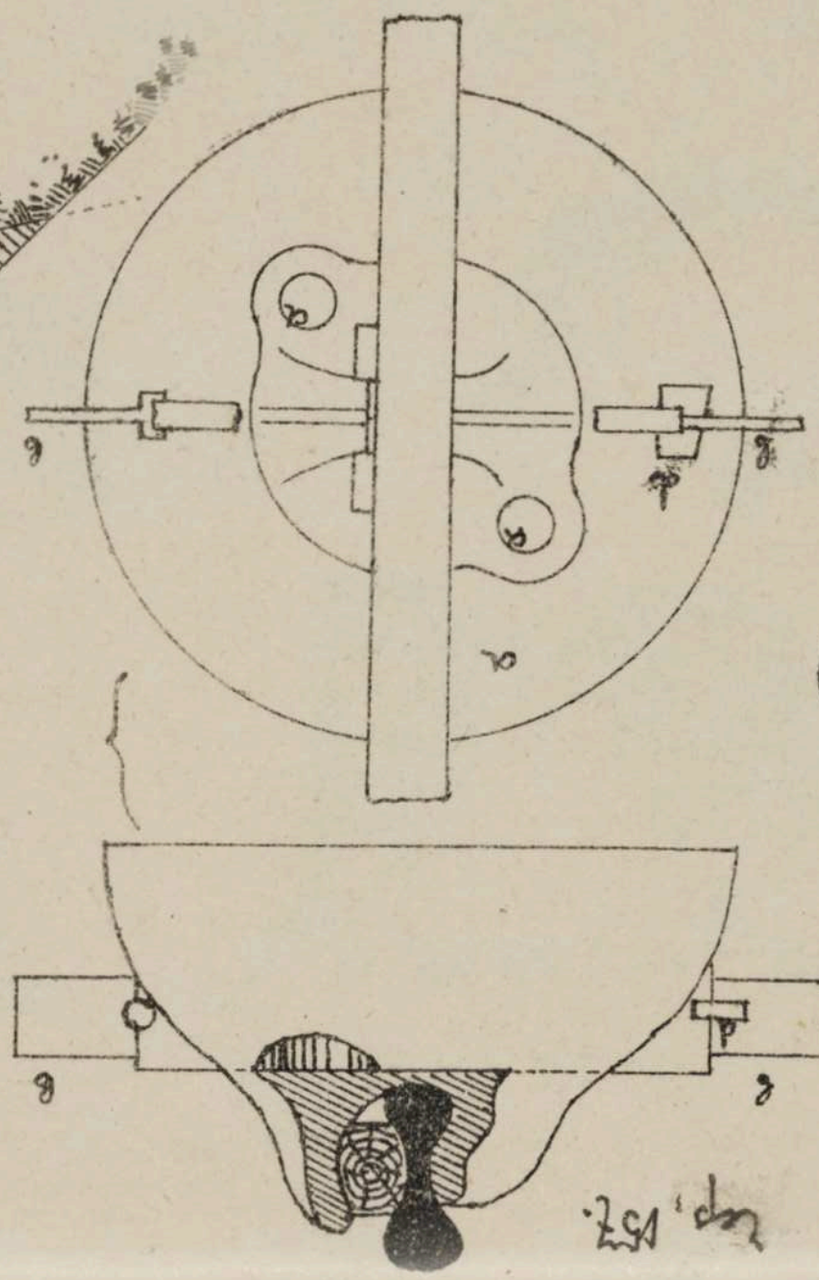
Чер. 156.



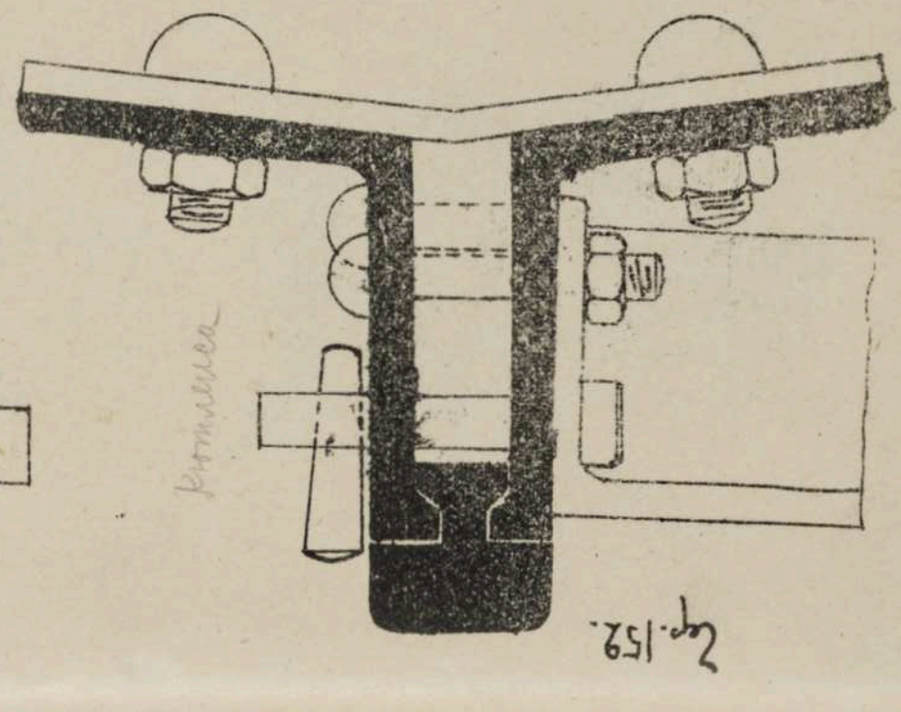
Чер. 158.



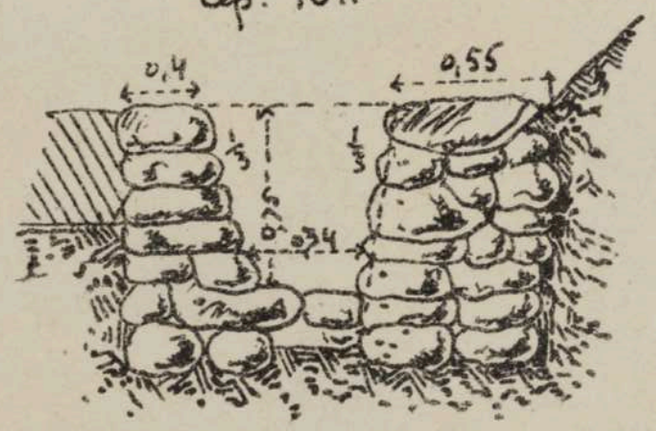
Чер. 157.



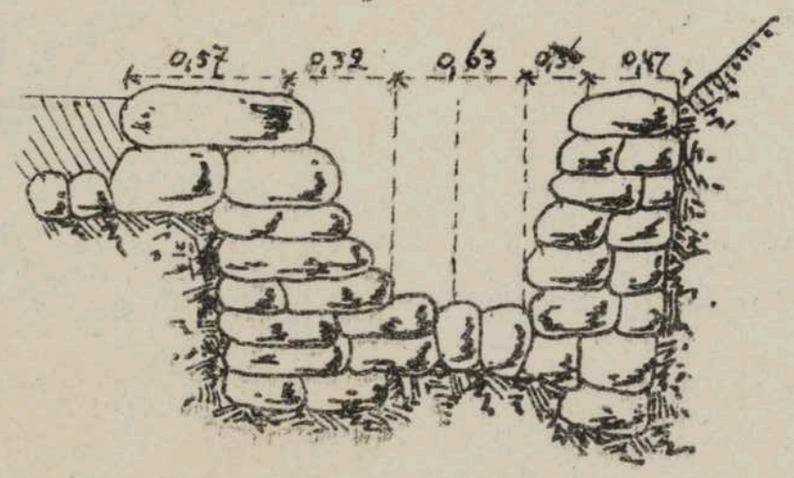
Чер. 152.



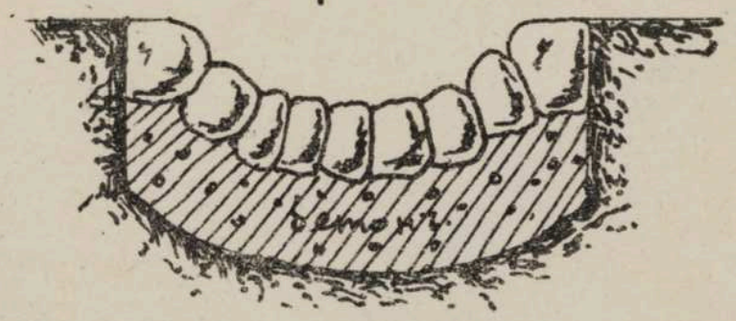
Чер. 161.



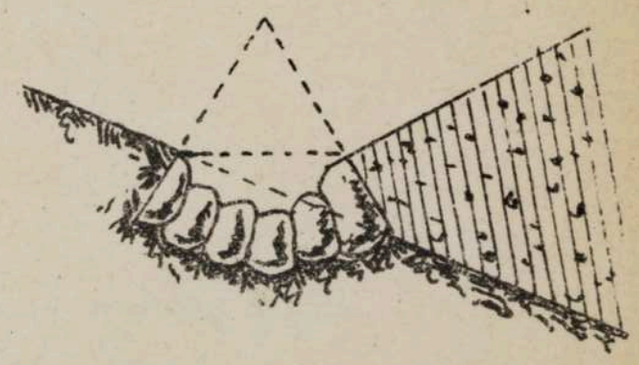
Чер. 162.



Чер. 171.

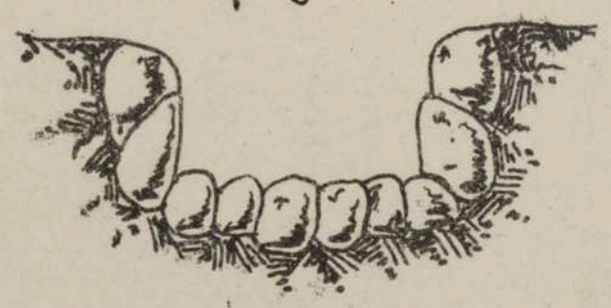


Чер. 167

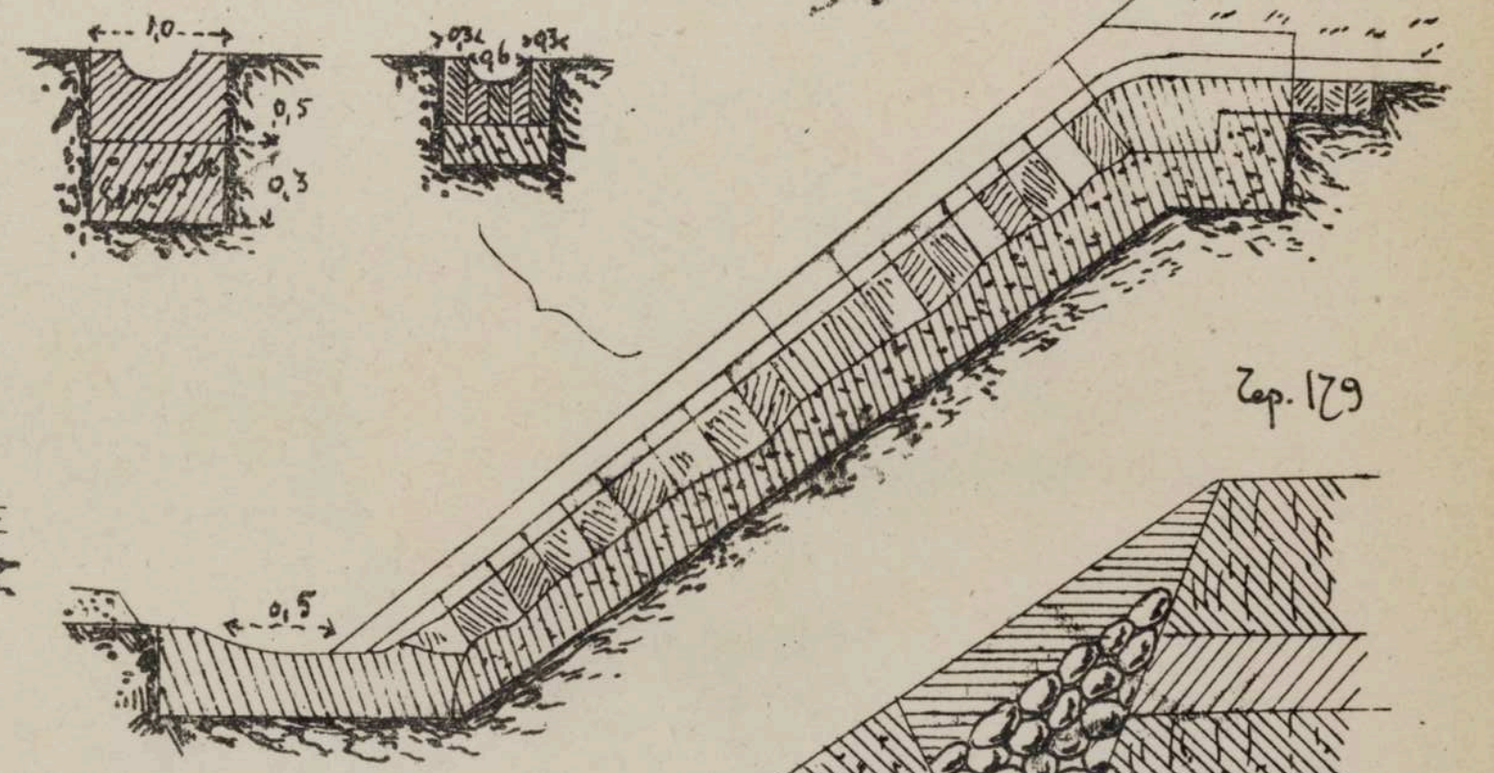


Чер. 169.

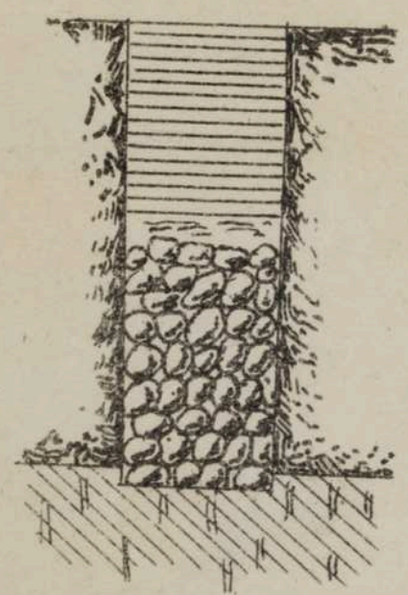
Чер. 170.



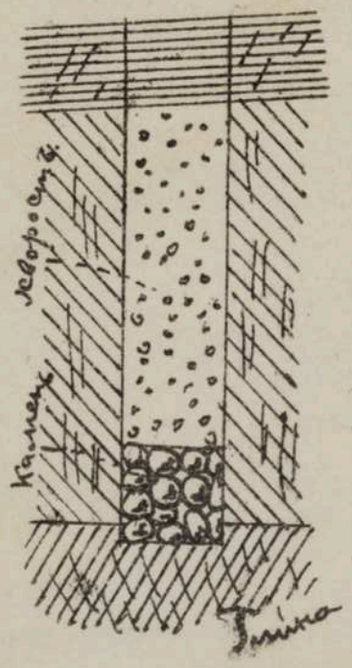
Чер. 172.



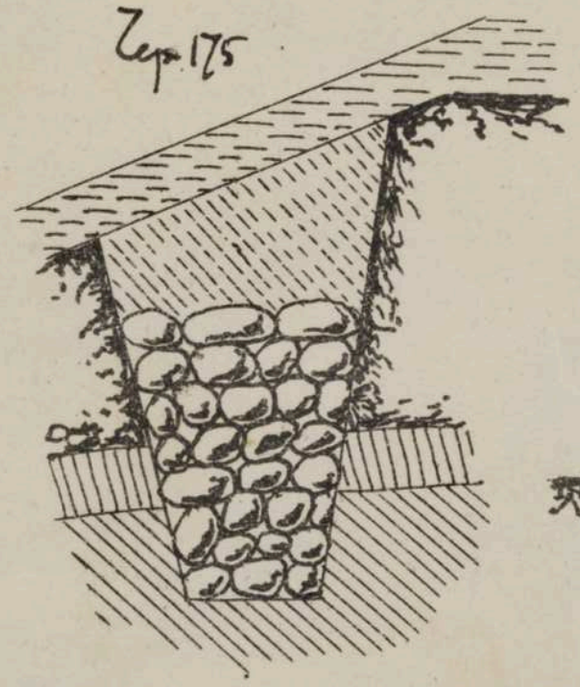
Чер. 173.



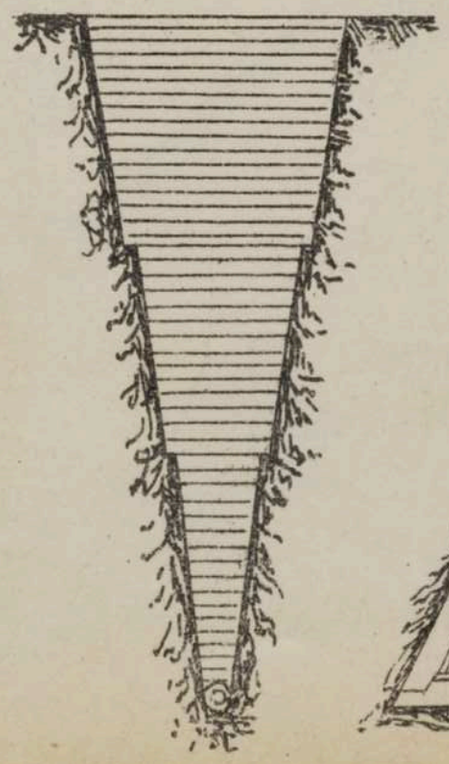
Чер. 174.



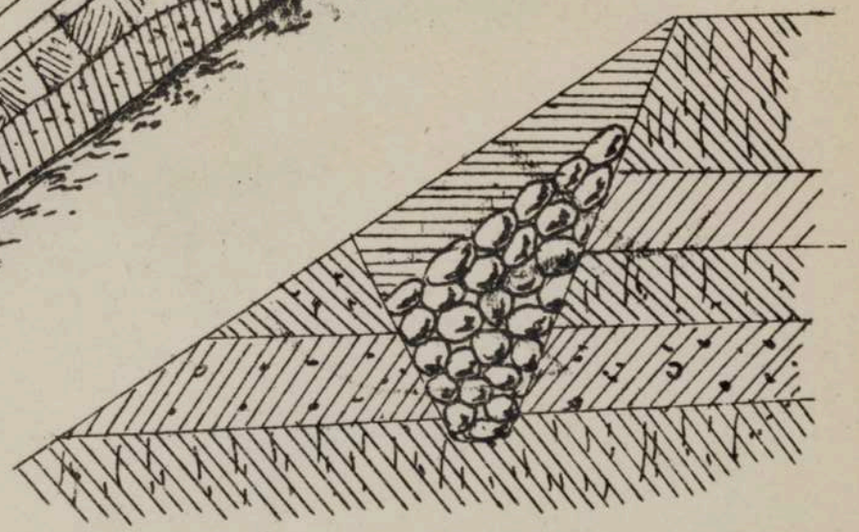
Чер. 175



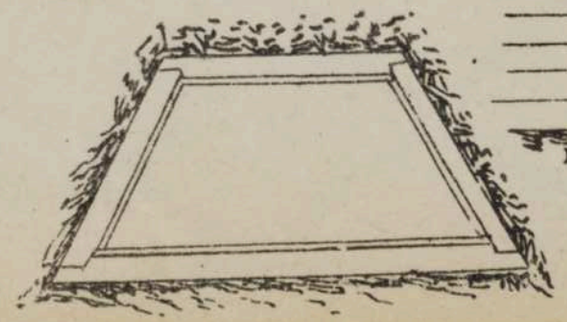
Чер. 178.



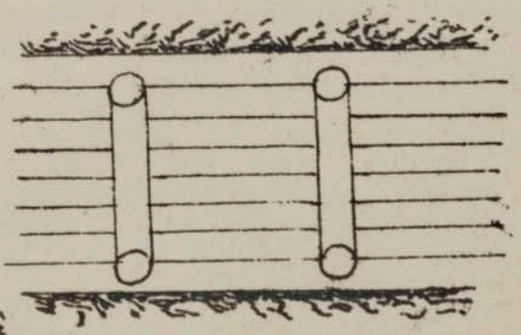
Чер. 179



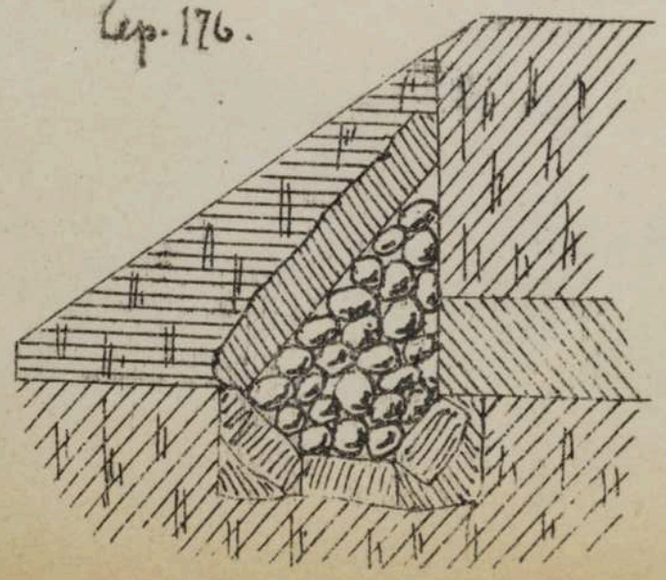
Чер. 180.



Чер. 181



Чер. 176.



Чер. 177.

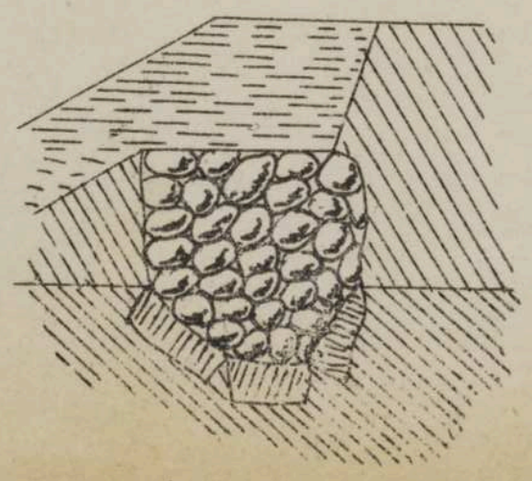
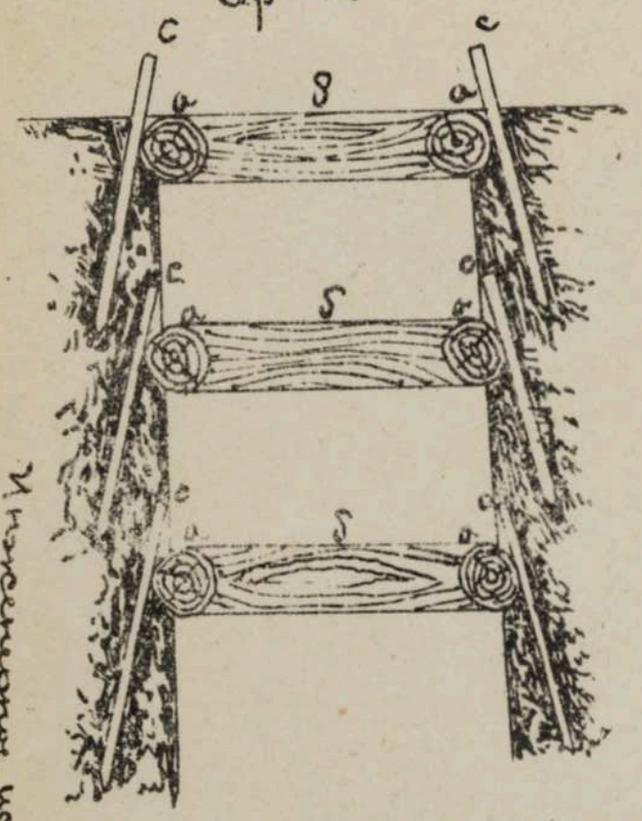


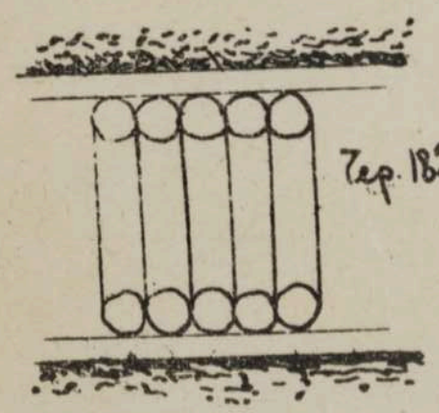
Таблица 82.

Инженерни изкуства.

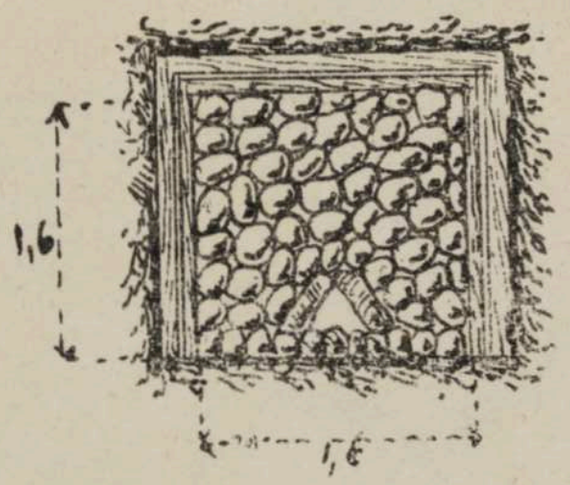
Чер. 183



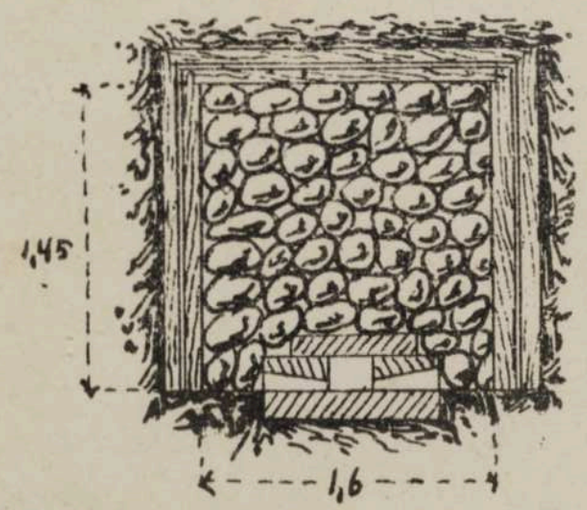
Чер. 182



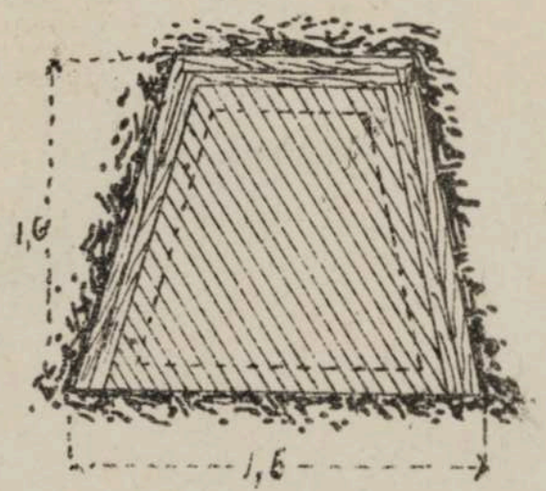
Чер. 184.



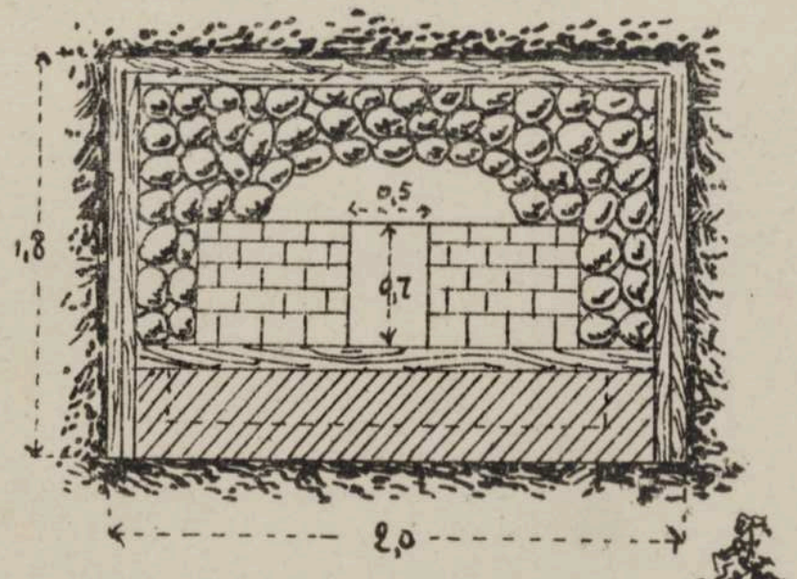
Чер. 185.



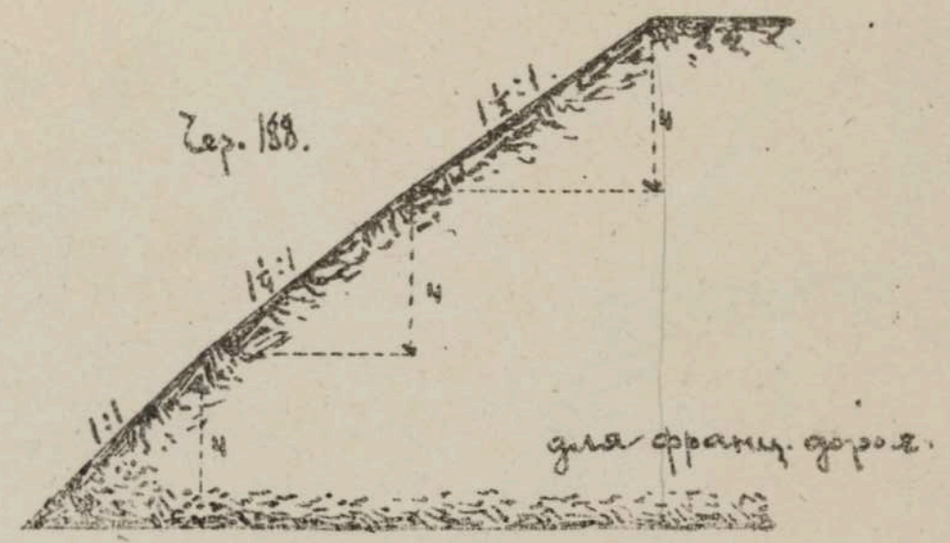
Чер. 186.



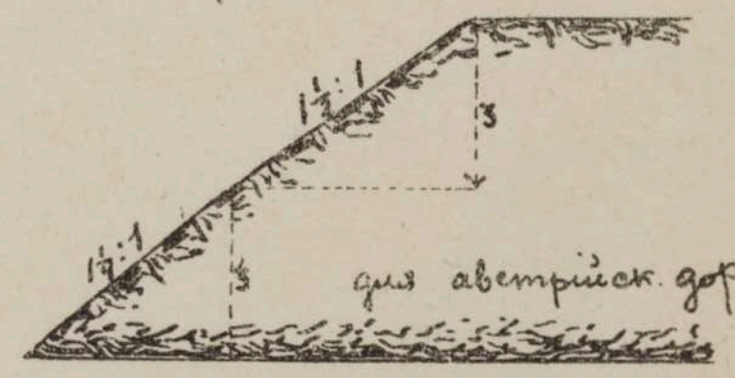
Чер. 187.



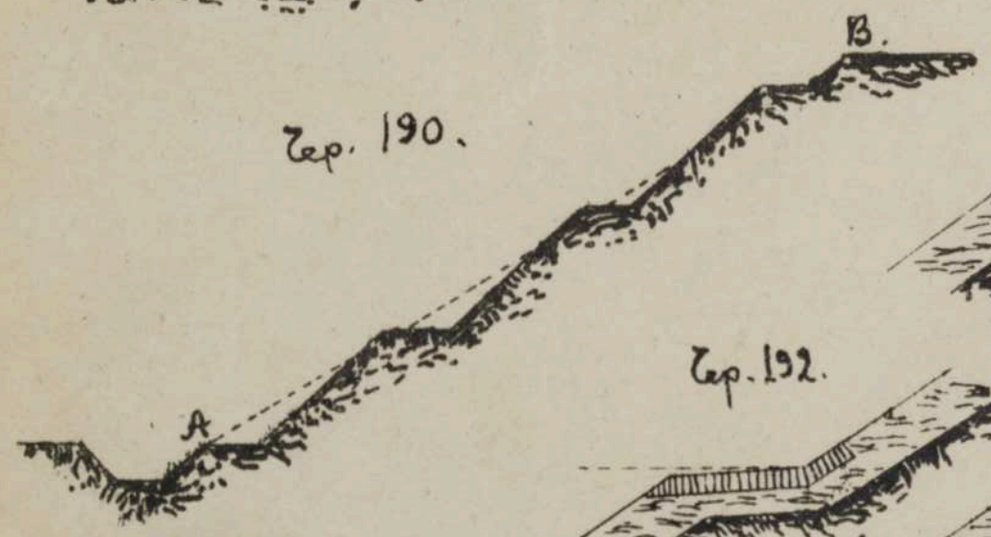
Чер. 188.



Чер. 189.



Чер. 190.



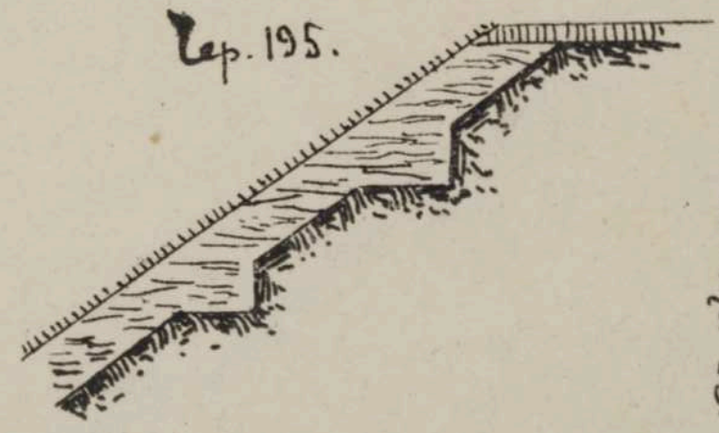
Чер. 194.

Чер. 192.

Чер. 193.

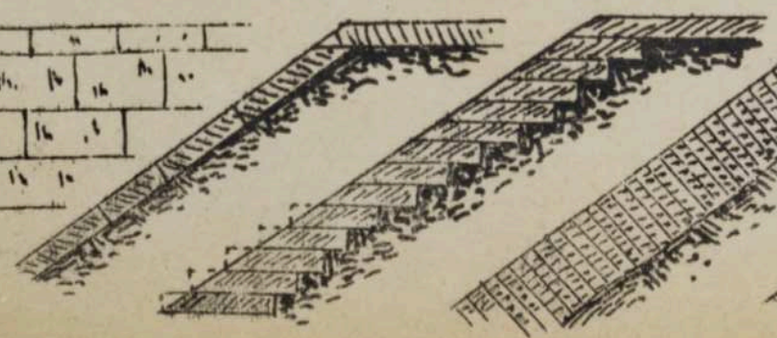
Чер. 200

Чер. 195.

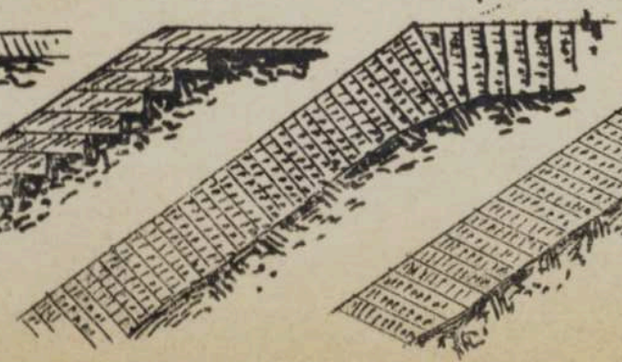


Чер. 196.

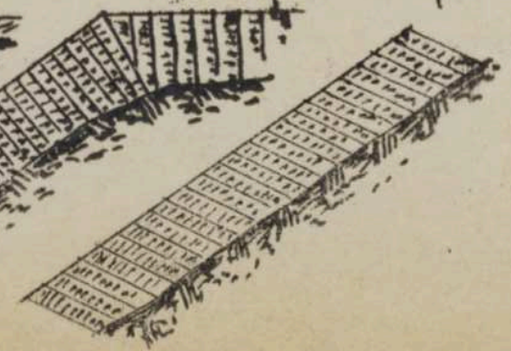
Чер. 197.



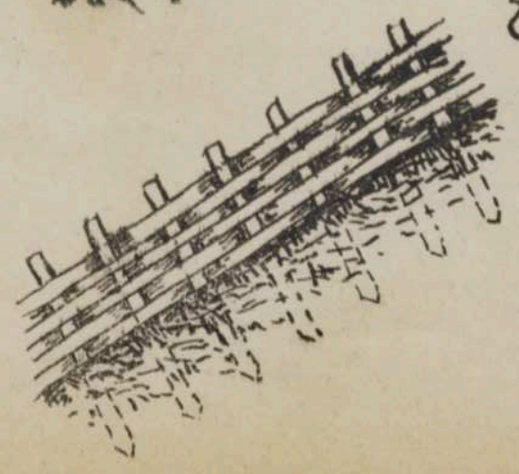
Чер. 198.

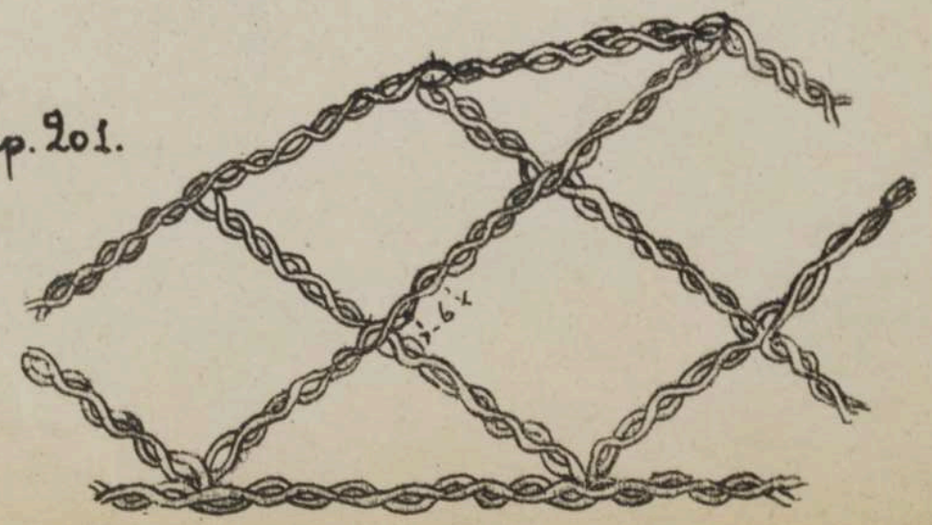


Чер. 199



Чер. 201.

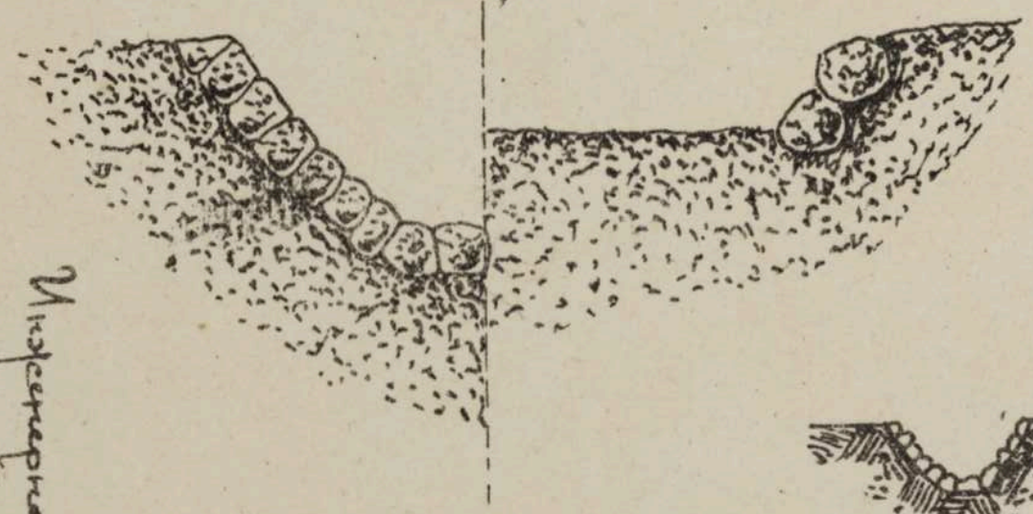




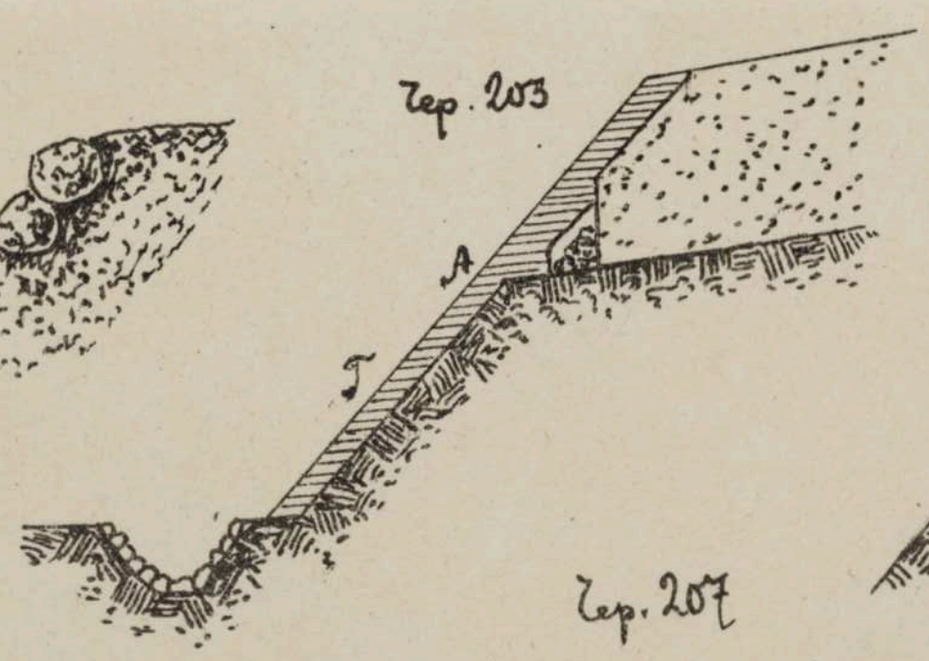
Плавница 83.

Инженерное искусство.

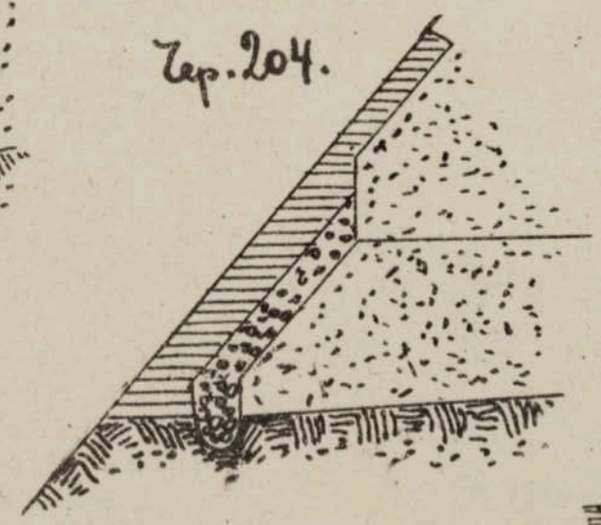
Чер. 202.



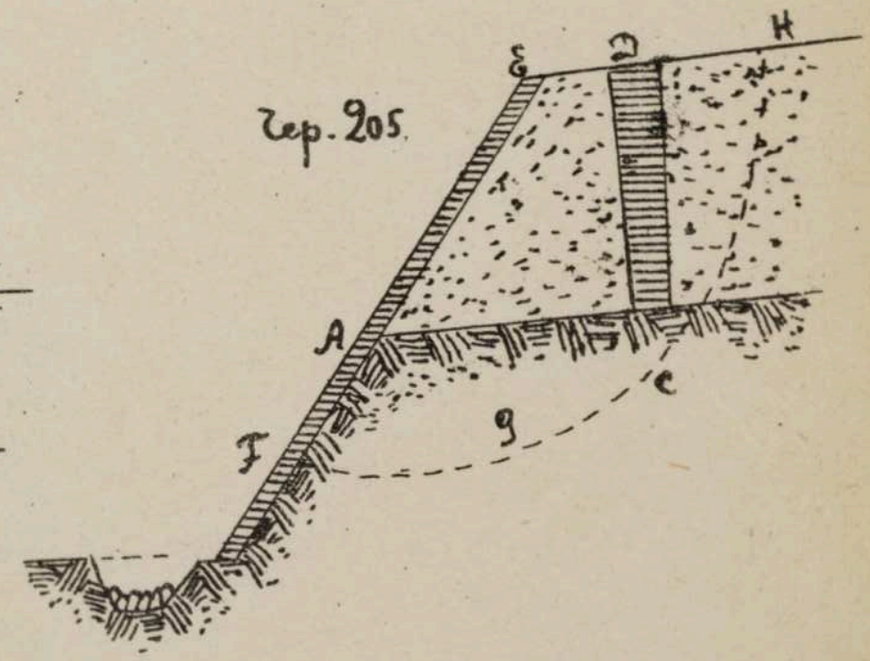
Чер. 203



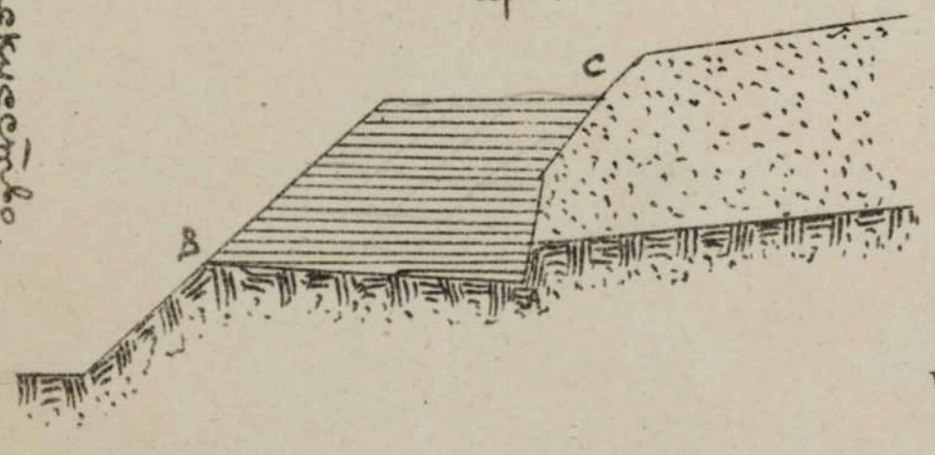
Чер. 204.



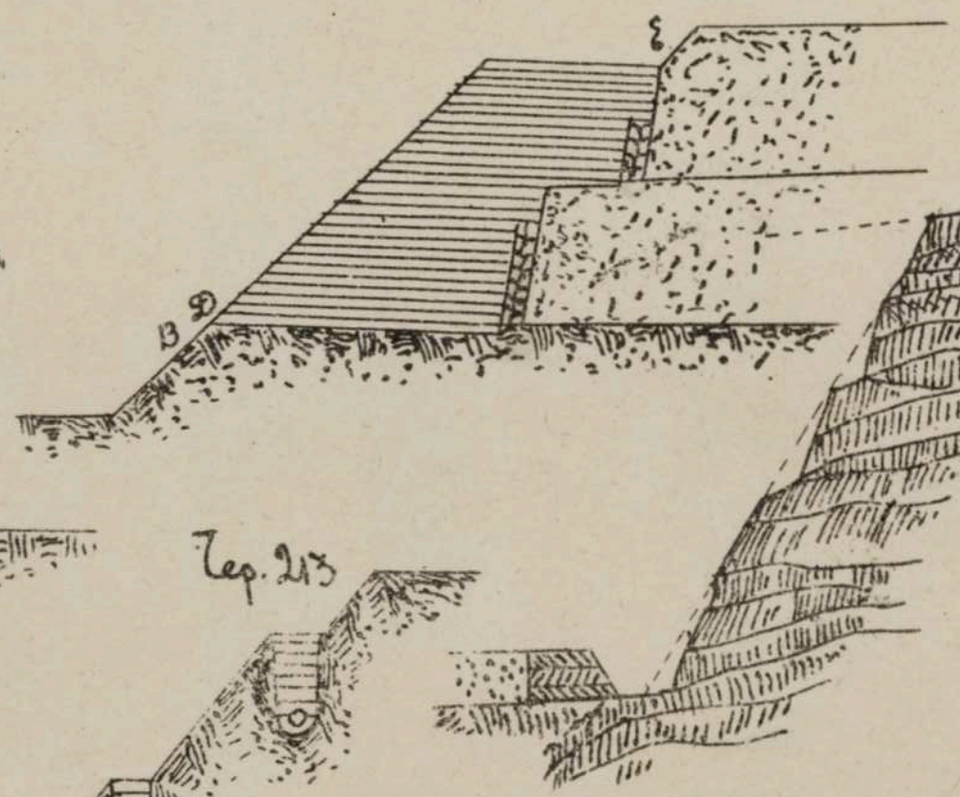
Чер. 205.



Чер. 206.

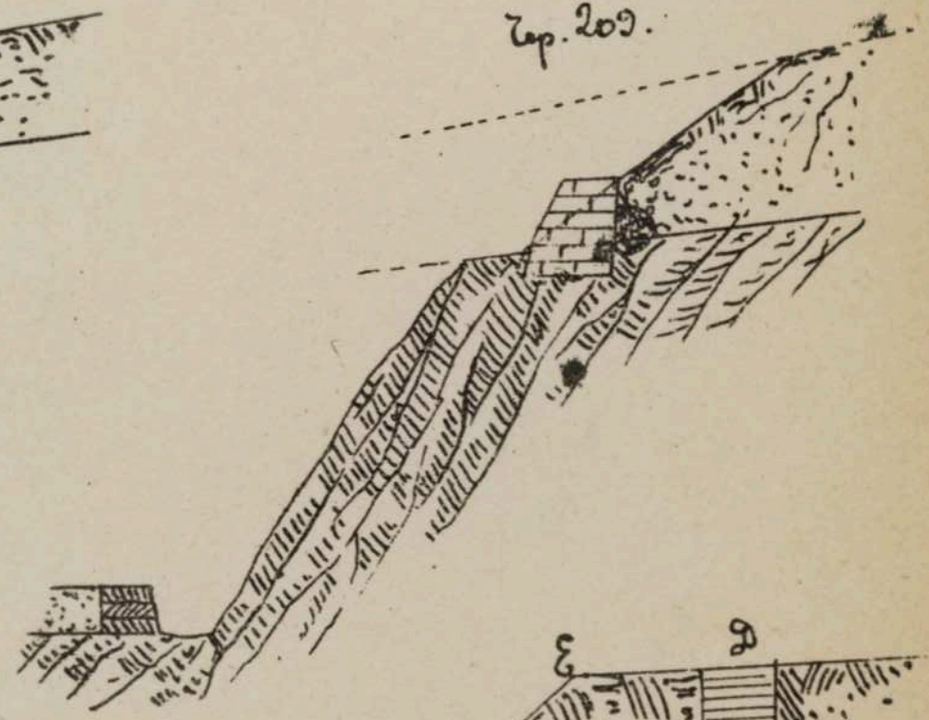


Чер. 207

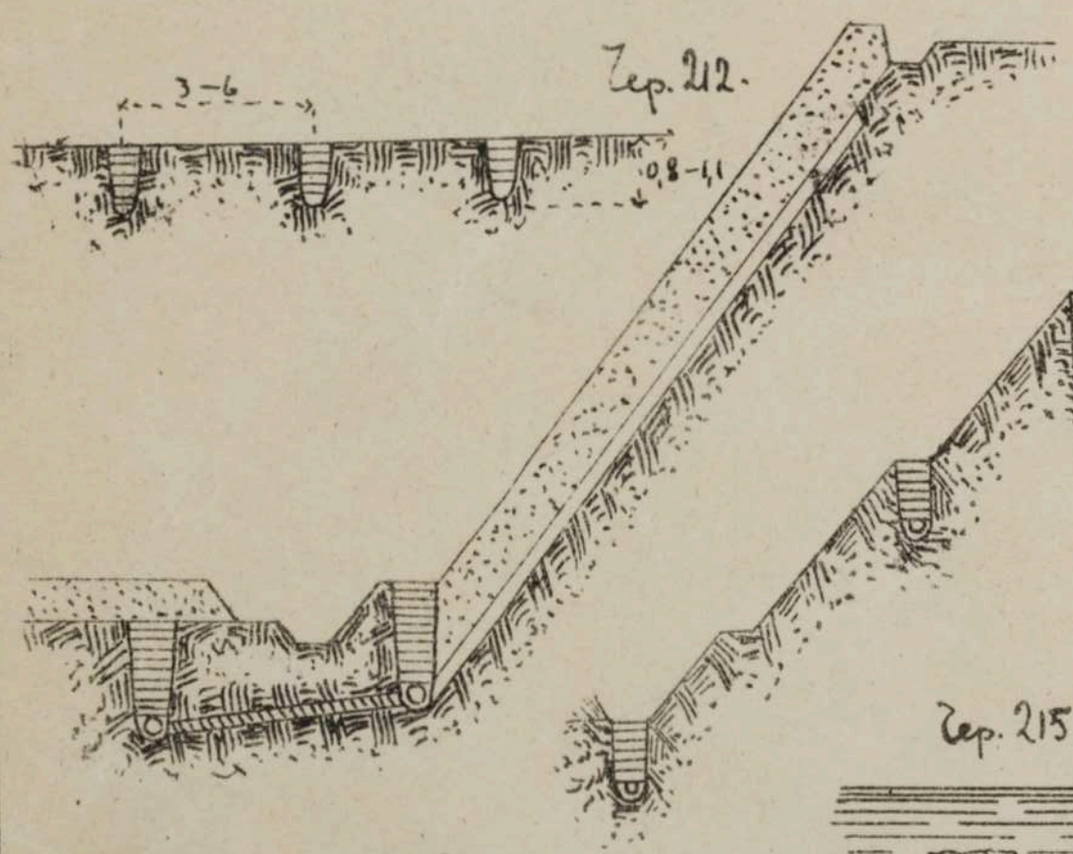


Чер. 208

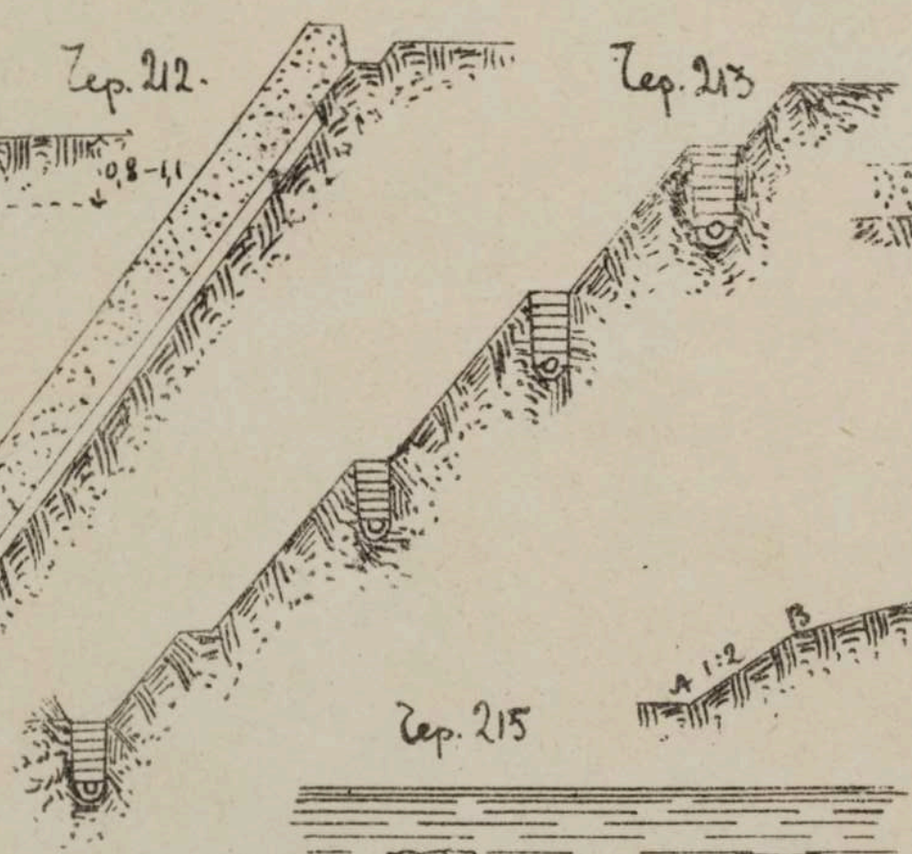
Чер. 209.



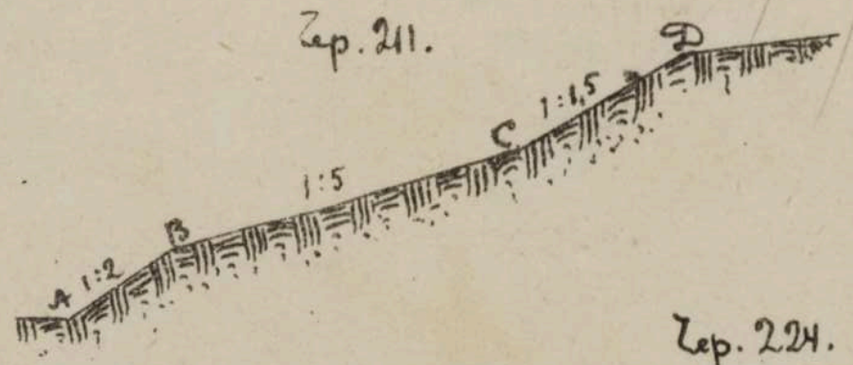
Чер. 212.



Чер. 213

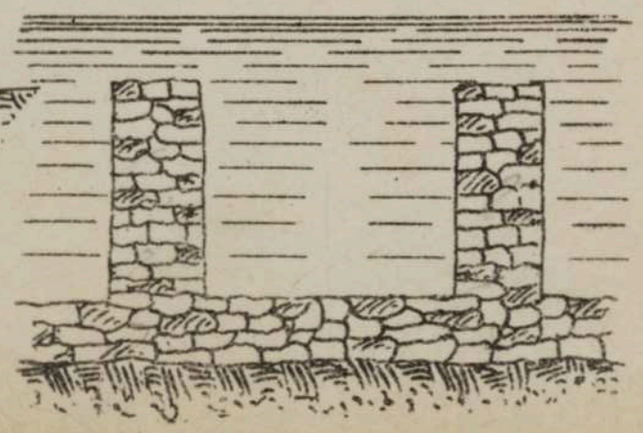


Чер. 211.

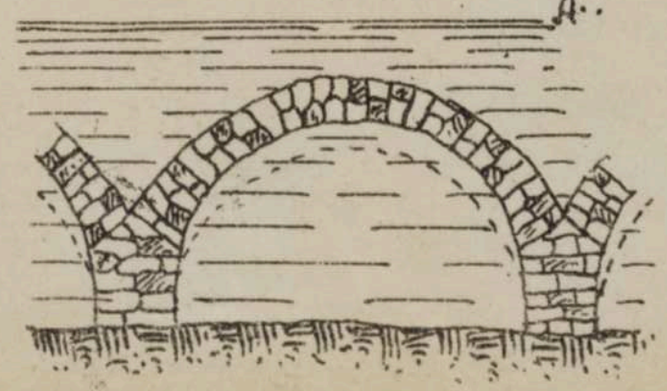


Чер. 214.

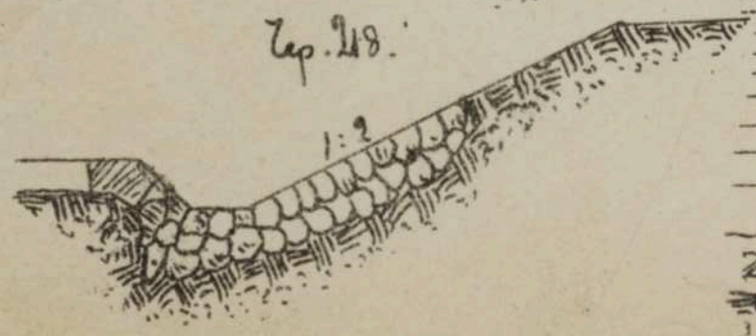
Чер. 215



Чер. 224.



Чер. 218.



Чер. 219

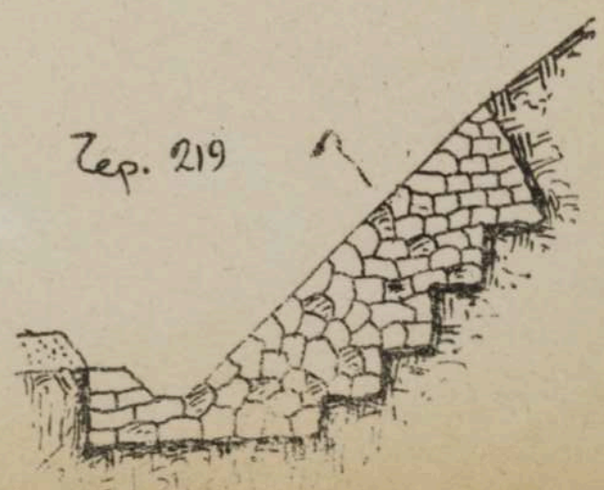


Таблица 84.

И.Т.У.

ВОДОСНАБЖЕНІЕ
И
КАНАЛИЗАЦІЯ.

ЛЕКЦІИ

проф. М. М. Черепашинскаго.

курсъ Псп. к.

— 1896 г. —

Издание лекций разрешаю:

М. Черепашинский

Приступая къ проекту водопровода, необходимо знать какъ то количество воды, которое требуется для водопровода, такъ и то, которое могутъ доставить источники, избранные для питанія водопровода. При этомъ должно соблюдаться слѣдующее условіе: наименьшее количество воды, доставляемое источниками, должно быть больше или, по крайней мѣрѣ, равно наибольшему ея потребленію.

Источниками воды для водоснабженія служатъ: ключи, грунтовая вода, рѣки и озера. Количество воды въ этихъ источникахъ зависитъ въ извѣстной степени отъ количества атмосферныхъ осадковъ въ данной мѣстности. Атмосферные же осадки происходятъ отъ кругового движенія воды, состоящаго въ томъ, что вода поднимается въ видѣ пара съ поверхности рѣкъ, морей и прочихъ водяныхъ скопленій вверхъ, передвигается тамъ вѣтромъ по различнымъ направленіямъ и затѣмъ, охлаждаясь и сгущаясь въ верхнихъ слояхъ атмосферы, падаетъ на землю въ видѣ дождя, снѣга и другихъ атмосферныхъ осадковъ. Явленіе это объясняется такимъ образомъ: воздухъ требуетъ для своего насыщенія въ зависимости отъ температура различное количество водяныхъ паровъ; чѣмъ температура воздуха выше, тѣмъ больше требуется водяныхъ паровъ, вслѣдствіе чего насыщенный воздухъ при понижении его температуры выдѣляетъ часть водяныхъ паровъ, которое и падаетъ на землю въ видѣ дождя, снѣга и пр. Такъ 100 частей воздуха по вѣсу содержатъ при своемъ насыщеніи при барометрическомъ давленіи 728 т.т. слѣдующее количество водяныхъ паровъ.

t°C	-15	0	+5	10	15	20	25	30
100 вѣс.ч. возд.	0,20	0,30	0,45	0,66	0,95	1,35	1,88	2,57

Изъ этой таблицы видно, что если насыщенный водяными парами воздухъ, имѣющій температуру 30°, охладится до 25, то онъ выдѣлитъ 2,57-1,88=0,69% водяныхъ паровъ, между тѣмъ какъ при охлажденіи отъ 15 до 10° воздухъ выдѣлитъ только: 0,95-0,66=0,29%. Итакъ при охлажденіи въ обоихъ случаяхъ на 5°, воздухъ выдѣляетъ различное количество паровъ. Это явленіе объясняется тѣмъ, что способность воздуха насыщаться парами при повышеніи температуры возрастаетъ не пропорціонально температурѣ а нѣсколько больше. Вотъ почему въ жаркихъ странахъ дождей выпадаетъ больше чѣмъ въ холодныхъ. Далѣе, если смѣшать нѣкоторое количество насыщеннаго парами воздуха одной температуры съ нѣкоторымъ количествомъ насыщеннаго парами воздуха другой температуры, то замѣчается также выдѣленіе опредѣленнаго количество паровъ въ видѣ атмосферныхъ осадковъ. Не трудно сообразить, что количество выдѣляемыхъ при этомъ осадковъ зависитъ отъ количествъ и температуръ смѣшиваемыхъ частей. Такъ, если смѣшиваютъ два равныхъ по вѣсу количества насыщеннаго парами воздуха, напр. — 100 частей съ температурами въ 20° и 10°, то смѣсь приметъ среднюю температуру въ $\frac{20+10}{2}=15°$; количество же паровъ

приходящихся на каждыя 100 частей по вѣсу смѣси будетъ равно: $\frac{1,35+0,66}{2}$ = 1,005. Изъ вышеприведенной таблицы же видно, что при 15° для насыщенія такого количества воздуха требуется 0,95, слѣдовательно разность между дѣйствительно находящимся количествомъ пара и требуемымъ для полнаго насыщенія = 1,005 - 0,95 = 0,055 должна выдѣлиться въ видѣ атмосферныхъ осадковъ. Количество атмосферныхъ осадковъ можно приблизительно опредѣлить высотою дождя, причемъ высотою дождя называется высота слоя воды, который получится, если мы все количество воды, выпавшее въ данной мѣстности, распредѣлимъ равномѣрно на горизонтальной проекціи данной мѣстности. Для опредѣленія высоты дождя служатъ приборы, наз. плювіометрами. Плювіометръ это ящикъ съ опредѣленнымъ квадратнымъ сѣченіемъ; въ немъ посредствомъ стеклянной трубки съ дѣленіями и опредѣляется высота слоя, собравшихся въ этотъ ящикъ за опредѣленный промежутокъ времени дождя, снѣга и вообще атмосферныхъ осадковъ. Изъ 11-16-лѣтнихъ наблюденій получено, что высота слоя въ ст бываетъ:

	зимою	весною	лѣтомъ	осенью	въ годъ
Въ Петербургѣ	7,44	7,33	17,10	12,96	44,30
" Варшавѣ	8,55	11,45	21,19	16,51	57,70
" Оренбургѣ	9,12	10,25	14,07	9,71	43,16.

Для Москвы средняя годичная высота дождя - 60 ст.

Умножая площадь на высоту, мы получимъ количество воды, упавшей въ данной мѣстности въ извѣстное время.

Но не всѣмъ этимъ количествомъ воды мы можемъ располагать. Обыкновенно, принимается, что 1/3 его испаряется, 1/3 стекаетъ по поверхности въ рѣки и 1/3 переходитъ въ грунтъ. Конечно эти цифры приблизительны и зависятъ отъ условій мѣстности. Такъ, песчаный грунтъ пропускаетъ черезъ себя болѣе 1/3, а въ мощеныхъ городахъ вода почти не просачивается и вся стекаетъ.

Для пользованія мы можемъ располагать только рѣчными и грунтовыми водами. Грунтовая вода просачивается сквозь землю до тѣхъ поръ, пока не встрѣтитъ водонепроницаемый пластъ, по которому и продолжаетъ двигаться по направленію наименьшаго сопротивленія, пока не получитъ возможности выйти на поверхность земли или въ видѣ ключа, или въ рѣку.

Вода просачиваясь черезъ грунтъ, растворяетъ многія находящіяся въ немъ вещества, почему и не можетъ быть химически чистой, да и сама дождевая вода содержитъ около 4% смѣси азота и кислорода, нѣкоторое количество углекислоты, немного углекислаго и азотнокислаго амміака и сѣрнокислый натръ.

Вещества, растворяемыя водою въ грунтѣ, бываютъ минеральныя и органическія. Изъ минеральныхъ веществъ всего легче растворяется поваренная соль. По испареніи воды соль остается въ растворѣ, концентрируется, измѣняетъ вкусъ воды, а также и ея плотность. Примѣромъ можетъ служить морская вода.

Если грунтовая вода, протекающая черезъ растворимыя минеральныя вещества, выходитъ наружу въ видѣ ключа, то послѣдній

называется минеральной, и въ зависимости отъ растворенного вещества нерѣдко обладаетъ цѣлебными свойствами.

Если же вода протекаетъ по верхнимъ слоямъ грунта и растворяетъ органическія вещества, то такая вода вредна и для питья непригодна. Особенно вредна вода въ колодцахъ, находящихся въ городахъ, такъ какъ эти колодцы содержатъ профильтрованную воду помойныхъ ямъ

Въ виду важности вопроса о примѣсяхъ, растворенныхъ въ водѣ, необходимо, чтобы всякая вода, предназначенная для питья, была химически изслѣдована. Самой лучшей водой будетъ такая, которая протекала исключительно въ песчаныхъ и каменистыхъ слояхъ; она почти настолько чиста отъ вредныхъ органическихъ примѣсей, что не имѣетъ вреднаго вліянія на здоровье даже тогда, когда содержитъ небольшое количество извести.

Расходъ воды въ домахъ и городахъ.

При составленіи проекта водопровода, какъ мы уже сказали, инженеръ прежде всего долженъ опредѣлить расходъ воды, потребной для удовлетворенія нуждъ того города, въ которомъ будетъ построенъ водопроводъ. Городской расходъ бываетъ троякаго рода—для удовлетворенія нуждъ: а) домашнихъ, в) промышленныхъ и с) публичныхъ. Домашній расходъ составляетъ 40–50% всего расхода; онъ состоитъ изъ воды, назначаемой для питья, приготовленія кушанья, мытья посуды, поливки цвѣтовъ, стирки бѣлья и пр.; также для полосканія клозетовъ, поливки дворовъ, пойла и чистки лошадей чистки экипажей. Расходъ для промышленныхъ цѣлей составляетъ отъ 10 до 15%; сюда не нужно включать расхода на фабрики, такъ какъ онъ считается отдѣльно. Публичный расходъ состоитъ изъ расхода для поливки улицъ, тушенія пожаровъ и для публичныхъ бань; онъ составляетъ отъ 10 до 15% полнаго дневнаго расхода, впрочемъ, величина этого расхода сильно колеблется въ зависимости отъ обстоятельствъ. Отдѣльно расходуютъ въ сутки:

одинъ человѣкъ ..... 25 литр.	одна лошадь ..... 75 литровъ.
1 ванна для купанья .. 300	чистка 4хъ коленой кареты .. 70 литр.

Паровая машина на 1 лошадь въ часъ а) безъ конденсаціи ... 35 литр. в) съ конденсаціей 300 литр. Поливка 1 □ т. улицы 1 литръ (каждый разъ)

Такимъ образомъ, чтобы опредѣлить суточный расходъ, нужно узнать число жителей города и расходы публичный и промышленный. Такъ какъ знать эти данныя очень трудно, то и довольствуются приблизительнымъ разсчетомъ въ зависимости отъ числа жителей. Принимая въ началѣ существованія водопровода на 1 человѣка въ сутки 80 литровъ, нужно имѣть въ виду увеличеніе этого количества до 150 литр. такъ какъ съ проведеніемъ водопровода люди все болѣе и болѣе привыкаютъ къ чистотѣ, почему и расходъ воды на человѣка увеличивается.

Потомъ нужно принять въ разсчетъ приращеніе населенія, которое можетъ достигнуть 25 – 30%.

Если полный годовой расходъ раздѣлимъ на 12, то получимъ средній мѣсячный расходъ, такъ если годовой расходъ обозначимъ черезъ N, то $\frac{N}{12}$ будетъ средній мѣсячный расходъ; въ дѣйствительности же расходъ въ отдѣльные мѣсяцы различается, часто значительно, отъ этого средняго расхода, а именно: въ нѣкоторые мѣсяцы онъ превышаетъ его, а въ нѣкоторые не достигаетъ. Нижеслѣдующая таблица показываетъ измѣненіе расхода въ процентахъ:

Въ Январѣ на	−6,92%	Въ Маѣ на	+2,32%	Въ Сентябрѣ на	+5,29%
" Февралѣ "	−6,90%	" Іюнѣ "	+7,91%	" Октябрѣ "	−3,15%
" Мартѣ "	−5,3%	" Іюлѣ "	+7,96%	" Ноябрѣ "	−2,35%
" Апрѣлѣ "	+1,4%	" Августѣ "	+5,91%	" Декабрѣ "	−5,38%

Изъ таблицы видно, что наибольшее количество воды расходуется въ іюлѣ, а наименьшее въ январѣ. Хотя эти числа приблизительны, но даютъ достаточно точныя отношенія для практики. При помощи этой таблицы можно опредѣлить расходъ въ любой мѣсяцъ; напримѣръ за Апрѣль онъ будетъ $Q_1 = \frac{N}{12}(1+0{,}014)$. Средній расходъ за недѣлю Апрѣля будетъ $Q_2 = \frac{Q_1}{4}$; Наибольшій недѣльный расходъ превышаетъ средній недѣльный приблизительно на 28% Въ различныя дни недѣли расходъ также колеблется. Особенное значеніе имѣютъ колебанія расхода, повторяющіяся каждый день въ различныя часы. Расходъ въ разные часы дня, согласно опыту, выражается слѣдующими количествами, выраженными въ % полнаго дневного расхода:

Утромъ		По полудни.		Вечеромъ.	
Отъ 6–7 часовъ	3,74%	Отъ 12–1 часу	5,89%	Отъ 6–7 часовъ	5,68%
" 7–8 "	5,21%	" 1–2 "	5,95%	" 7–8 "	5,01%
" 8–9 "	6,19%	" 2–3 "	6,39%	" 8–9 "	3,05
" 9–10 "	6,44%	" 3–4 "	7,86%	Въ остальное время отъ 9 час. вечера до 6 час. утра расходуется всего 12-15%	
" 10–11 "	7,08%	" 4–5 "	5,21%		
" 11–12 "	7,76%	" 5–6 "	6,29%		

Если обозначимъ средній суточный расходъ черезъ N_1, то средній часовой расходъ въ процентахъ будетъ $Q_3 = \frac{100 N_1}{24} = 4{,}16 N_1$, или 4,16% полнаго суточнаго расхода. Дѣйствительный же часовой расходъ понижается ночью до 1% и повышается днемъ до 7,86%. Количество же воды, которая должно быть доставлено въ часъ наибольшаго расхода въ $\frac{7{,}86}{4{,}16} = 1{,}89$ раза, т.е. почти вдвое больше средняго часоваго расхода. Доставить это max. часовое количество воды можно двоякимъ образомъ:

1) Устроить водопроводъ такъ, чтобы онъ могъ во всякій часъ приводить максимальное часовое количество воды. Этотъ способъ не удобенъ по своей дороговизнѣ.

2) Устроить водопроводъ такимъ образомъ, чтобы онъ въ сутки равномѣрно доставлялъ наибольшій суточный расходъ; для удовлетворенія же часовымъ колебаніямъ нужно построить резервуары,

въ которыхъ могла бы собираться вода ночью и днемъ въ часа меньшаго расхода. Водопроводъ отъ этихъ резервуаровъ въ дома долженъ получить такіе размѣры, чтобы онъ могъ доставить въ часъ наибольшее часовое количество воды
Если средній часовой расходъ есть $Q_3 = \frac{100 N_1}{24}$, а максимальный часовой $-Q_4 = 1{,}89\,Q_3$, то принявъ во вниманіе приращеніе населенія на 20–30% (возьмемъ среднее 25%) максимальный часовой расходъ будетъ $Q_5 = 1{,}25 \times 1{,}89\,Q_3 = 2{,}3\,Q_3$, а максимальный расходъ въ секунду будетъ $Q = \frac{Q_5}{60.60} = \frac{2{,}3\,Q_3}{60^2} = 2{,}3\,\frac{100 N_1}{24.60^2}$. Поэтому максимальному секундному расходу и долженъ быть разсчитанъ водопроводъ.

Качество воды.

Вода для цѣлей водоснабженія должна обладать слѣдующими качествами:
1) Она должна имѣть опредѣленную температуру. и
2) должна быть чиста въ механическомъ и химическомъ отношеніяхъ.
Температура имѣетъ только значеніе для воды, назначаемой для питья и для этой цѣли она не должна выходить изъ предѣловъ 7–9°С. Этому условію лучше всего удовлетворяетъ Ключевая вода. Но такъ какъ на питье идетъ только очень малая часть воды, то температура воды не можетъ быть поставлена непремѣннымъ требованіемъ: она можетъ быть и выше и ниже данныхъ цифръ.
Чистота въ механическомъ отношеніи необходима для воды, употребляемой для питья, въ хозяйствѣ и для многихъ промышленныхъ цѣлей. Это качество воды всегда можетъ быть достигнуто фильтраціей.
Чистая въ химическомъ отношеніи для цѣлей водоснабженія не должна быть какъ дистиллированная вода, свободна отъ всякихъ примѣсей, напротивъ, она необходимо должна содержать кислородъ и примѣсь углекислой извести.
Содержаніе извести и магнезіи въ водѣ опредѣляется градусами при чемъ говорятъ, что вода содержитъ n градусовъ жесткости, если она въ 100000 вѣсовыхъ частей содержитъ n вѣсовыхъ частей извести или магнезіи (нѣмецкіе градусы); или n частей углекислой извести или углекислой магнезіи (французскіе градусы) Существуютъ еще англійскіе градусы гдѣ n вѣсовыхъ частей CaO и MgO считаются на 75000 вѣсовыхъ частей H_2O.
Сравнивая эти градусы, получимъ 5 англ. = 4 нѣм.; 56 нѣм. = 100 франц.
Вода, имѣющая менѣе 10 фр. гр. жесткости, наз. мягкою, болѣе 10 гр. – жесткой. Жесткая вода не свыше 18 гр. пригодна для всѣхъ промышленныхъ цѣлей; жесткость же воды для питья можетъ доходить до 22 и даже до 25 гр. Вода считается годной для питья если ея примѣси не превышаютъ слѣдующихъ предѣловъ: въ 100000 частяхъ воды можетъ быть:

Градусовъ жесткости - - - - - - 18-22гр. Органическихъ веществъ - - - - - 3-5.
твердыхъ осадковъ - - - - 10-15 на 1 куб. Хлора - - - - - - - - - - - - - 0,4-2.
азотной кислоты - - - - - - - - - 0,2-5. Сѣрной кислоты - - - - - - - 6,3-10.

Хорошій вкусъ воды не всегда указываетъ на отсутствіе вредныхъ веществъ, какъ это доказываетъ вода домашнихъ колодцевъ въ городахъ, которая нерѣдко при холодной температурѣ и пріятномъ вкусѣ содержитъ зародыши болѣзней. Главную роль тутъ играютъ бактеріи количество которыхъ опредѣлить невозможно. Съ другой стороны химически чистая вода, не содержащая кислорода, не имѣетъ хорошаго вкуса и не пригодна для питья. Особый вкусъ воды всегда указываетъ на существованіе примѣсей. Вездѣ, гдѣ возможно, слѣдуетъ брать воду изъ ключей; но вблизи большихъ городовъ очень рѣдко находятся ключи съ такимъ значительнымъ расходомъ воды какой потребенъ для водоснабженія; въ такомъ случаѣ слѣдуетъ брать грунтовую воду, а если и ея не имѣется въ достаточномъ количествѣ, то рѣчную. Рѣчная вода всегда содержитъ болѣе или менѣе значительное количество примѣсей; поэтому ее слѣдуетъ предварительно очистить фильтраціей отъ механическихъ и отчасти химическихъ примѣсей. Къ рѣчной водѣ приходится обращаться и тогда, когда имѣется въ достаточномъ количествѣ Ключевая вода, но только на такомъ разстояніи, или въ такихъ неудобныхъ условіяхъ, что устройство и эксплоатація водопровода обойдется слишкомъ дорого.

Предварительныя работы по проектированію водопровода состоятъ въ слѣдующемъ:
1) Изслѣдованіе, т.е. опредѣленіе количества дождя, расхода воды въ рѣкахъ, прудахъ и т.д., температуры имѣющейся въ распоряженіи воды, ея количества, которое можетъ быть получено изъ имѣющихся ключей, ея качества и т.д. Для этого бываетъ нужна съемка мѣстности, построеніе горизонталей, бурені и рыты колодцевъ для изслѣдованія почвы. При снабженіи рѣчной водой будетъ нужно устройство опытныхъ фильтровъ, и при снабженіи грунтовой - опытныхъ колодцевъ.
2) Часто этихъ изслѣдованій почвы для опредѣленія количества и качества грунтовой воды не бываетъ достаточно; оказывается нужнымъ построить геогностическіе профили окрестности, для чего нужно пригласить соотвѣтственнаго спеціалиста-геолога.
3) При снабженіи грунтовой и рѣчной водой, для поднятія которой необходимы машины, нужно обратиться за совѣтомъ въ этомъ отношеніи къ спеціалисту механику.
4) Испытаніе состава и качества воды принадлежитъ химику.
5) Въ послѣднее время по изслѣдованію Пастера оказалось, что вредное дѣйствіе воды на здоровье человѣка зависитъ главнымъ образомъ отъ качества и количества находящихся въ ней бактерій, а поэтому для опредѣленія количества и рода ихъ, нуженъ бактеріологъ.
6) По вопросу объ отчужденіи земли надо обратиться къ юристу.

По окончаніи предварительныхъ работъ по водопроводу приступаютъ къ его проэктированію. Устройство водопровода состоитъ изъ: А) собиранія воды, В) очистки ея фильтраціи, С) храненія, D) провода и Е) распредѣленія воды. Въ частныхъ случаяхъ нѣкоторыя изъ этихъ устройствъ могутъ уже существовать въ натурѣ. Разсмотримъ по порядку всѣ эти упомянутыя устройства.

Собираніе воды.

Собирать можно: а) дождевую воду, в) ключевую, с) грунтовую и d) рѣчную. Для собиранія каждаго рода воды существуютъ особыя устройства. 3

а) Собираніе дождевой воды. Для водоснабженія дождевой водой пользуются только въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ нѣтъ по близости рѣки, и гдѣ дожди выпадаютъ настолько рѣдко, что грунтовая вода почти вся поглощается пересохшимъ грунтомъ. Къ такимъ странамъ принадлежитъ Индія; у насъ же дождевая вода собирается исключительно для орошенія полей, а потому мы въ курсѣ водоснабженія разсмотримъ только одинъ наиболѣе распространенный собиратель, а именно: „собирательный прудъ".

Устройство его слѣдующее: Поперекъ овража, обладающаго высокими и крутыми берегами, въ наиболѣе узкомъ мѣстѣ устраивается плотина. По направленію къ плотинѣ дно должно имѣть небольшой уклонъ и должно состоять изъ водонепроницаемаго матеріала; выше пруда дно овража, а также и его берега не должны быть глинисты и легко размываемы водой.

в) Собираніе ключевой воды. Въ нѣкоторыхъ гористыхъ мѣстностяхъ вода выходитъ изъ откосовъ горъ въ видѣ большаго количества ключей; для пользованія такой водой строятъ собирательные каналы, располагая ихъ вдоль этихъ откосовъ, куда вода и собирается.

с) Собираніе грунтовой воды. Всего чаще приходится собирать грунтовую воду. Грунтовая вода, просачиваясь сквозь верхніе пласты земли, напр. черноземъ, встрѣчаетъ на нѣкоторой глубинѣ водонепроницаемый пластъ, напр. глинистый или скалистый. Если надъ водонепроницаемымъ пластомъ земля расположилась сводомъ, такъ что образовался родъ канала, то грунтовая вода продолжаетъ двигаться по этому каналу отдѣльной струей. Если надъ водонепроницаемымъ пластомъ расположенъ слой грунта, хорошо пропускающаго воду, напр. песку, то вода расплывшись по всему этому слою, все-таки продолжаетъ двигаться широкой полосой по направленію наибольшаго паденія. Слой, по которому расплылась движущаяся вода, наз. водоноснымъ. Если наконецъ, надъ водонепроницаемымъ пластомъ расположенъ слой земли, плохо пропускающій воду, то вода пропитываетъ его, обращаетъ въ тину и получается болото.

Всѣ собиратели грунтовой воды располагаются на границѣ водо-

носнаго и водонепроницаемаго слоевъ, и только при большой глубинѣ посѣянаго не доходятъ до него. Изъ собирателей грунтовой воды укажемъ на слѣдующіе:

1) Водосборные каналы. Направленіе этихъ каналовъ перпендикулярно къ направленію теченія грунтовой воды. Дно такихъ каналовъ (таб. фиг 1.) лежитъ въ водонепроницаемомъ слоѣ; ихъ изготовляютъ изъ бетона, кирпича или бута на цементномъ растворѣ; сверху каналъ покрываютъ сводомъ или (если ширина канала менѣе одного метра) плитами (таб 1. фиг. 2.) При большой толщинѣ водоноснаго слоя вся верхняя часть канала находится въ этомъ слоѣ и тогда онъ устраивается изъ сухой кладки (безъ раствора) или со щелями, которыя въ кирпичныхъ каналахъ располагаютъ въ швахъ черезъ одинъ, и по высотѣ стѣны въ перевязь или употребляютъ кирпичъ съ дырами При малой толщинѣ водоноснаго слоя дѣлается водопропускающей только та часть канала, которая находится въ этомъ слоѣ. Сухая кладка или щели для впуска воды дѣлаются съ одной стороны, если грунтовая вода имѣетъ теченіе именно съ той стороны, откуда вода притекаетъ; противоположная же стѣнка дѣлается водонепроницаемой. Если же вода теченія не имѣетъ, то щели устраиваются и въ другой стѣнкѣ, такъ что вода собирается съ обѣихъ сторонъ; ширина щелей дѣлается равной около Для того чтобы въ щели вмѣстѣ съ водой не попадалъ песокъ, ихъ со щелями окружаютъ фильтрующимъ слоемъ. Это дѣлается такъ: каналъ обкладываетъ слоемъ чистаго гравія, отдѣльныя камни котораго больше 10 м/м, затѣмъ накладывается слой мелкаго гравія, но такого, отдѣльныя частицы котораго больше промежутковъ между камнями 1го слоя; потомъ кладется слой крупнаго песка, и наконецъ слой мелкаго, но все таки такого, чтобы отдѣльныя песчинки были крупнѣе промежутковъ крупнаго песка а промежутки его самого - мельче песчинокъ водоноснаго слоя. Вода, проходящая черезъ такой фильтръ, очистится отъ механическихъ примѣсей и не будетъ засорять канала. Но со временемъ въ немъ могутъ образоваться осадки мелкаго ила и можетъ оказаться надобность въ его очисткѣ. Для этого устраиваютъ колодцы или люки, которыя эту очистку дѣлаютъ возможной. Наименьшіе размѣры для проходныхъ каналовъ должны быть: высота $h_{min} = 90$ ct, ширина $b_{min} = 60$ ct. Для того чтобы рабочій не ходилъ по водѣ, каналу даютъ иногда форму, показанную на фиг. 3. Здѣсь $ac = 90$ ct. а $ad = 50$ ct. Такъ какъ стоимость водопроводныхъ каналовъ, вслѣдствіе ихъ значительной длины, большая, то во многихъ случаяхъ поперечному сѣченію даютъ настолько малые размѣры, что въ нихъ невозможно бываетъ входить. Чтобы прочистить такіе каналы, поступаютъ слѣдующимъ образомъ: каналъ вверху загружаютъ, а послѣ сра

пускают воду; вода имея большую скорость, уносит за собою грязь, накапливающуюся в трубе, и таким образом очищает ее. Во время чистки побочных каналов их закрывают, дабы грязная вода не попала в главный канал; грязную же воду спускают потом ночью, так что к утру она успевает вся стечь. Каналы, обыкновенно снабжаются еще вентиляционными отверстиями для освежения находящагося в них воздуха. Если канал проходной, то как мы уже сказали, он снабжается люком и дверцами для входа рабочаго; в непроходных каналах люкав и дверец не делается, а вместо этаго делают отверстия для пропускания щетки, которою и очищают трубы; щетки употребляются только при кругльих трубах. Пропускание щетки производят таким образом: к концу веревки, на которой находится щетка, прикрепляют поплавок; этот поплавок опускают в одно отверстие и ловят в другом, а следовательно и конец веревки, и таким образом протаскивают щетку и очищают грязь.

Та часть канала, по которой протекает вода, должна быть совершенно водонепроницаема и для этой цели смазывается цементным слоем толщиною в 2ct.

Чтобы вода в каналах не замерзала, они должны находится под поверхностью земли на глубине для нашего климата не менее сажени. Для сбора воды с боков канала на значительных расстояний, прокладывают каналы меньшаго сечения или дренажная труба, направленная под углом к магистральному и впадающия в него

Дренажная трубы. Они употребляются в тех случаях, когда требуется собрать незначительное количество воды. Дренажная труба (фиг. 4.) суть обыкновенныя глиняныя трубы, діаметра 80-100 м/м имеющія на верхней половине отверстія діаметром в 10 м/м. Закладываются эти трубы в водоносном слое на глубине не менее той, до которой не доходит мороз, и сверху покрываются фильтрующим слоем толщиною в 35 ct. На расстояніях 50-100 м, смотря по уклону, устраивают в каналах, в которых лежат дренажныя трубы, — дамбы или поперечныя стены изъ глины или кладки, которыя задерживают грунтовую воду и заставляют ее подняться и стекать в трубы.

Чтобы предупредить нежелательное утекание воды через стык труб, каждая труба, обыкновенно снабжается с одного конца раструбом, так что свободный конец одной трубы входит в раструб другой, причем помощью пенькового жгута или какого либо другого приспособления предупреждается просачивание воды.

3) Водосборные колодцы с плотными стенками. Они служат для собиранія грунтовой воды и обкладываются деревянными или каменными стенками. Вода в колодцы входит снизу

подъ давленіемъ и устанавливается на такой высотѣ, что разность высотъ уровней воды въ водоносномъ слоѣ и колодцѣ равна высотѣ напора, потраченаго на преодолѣніе сопротивленій грунта водоноснаго слоя и закругленія. Ту часть колодца, въ которой собирается вода, обдѣлываютъ кирпичной кладкой или бетономъ и придаютъ ей, обыкновенно, цилиндрическую форму. Для возможности входа въ колодецъ устраиваютъ вверху входное отверстіе. Разрѣзъ такого колодца представленъ на фиг. 5. Колодцевъ обыкновенно устраиваютъ нѣсколько и соединяютъ ихъ дренажными трубами. в (предст. на фиг. 5.) к-клапаны которыми эти трубы могутъ быть закрыты; тяги отъ этихъ клапановъ выходятъ наружу для того, чтобы можно было регулировать проходъ воды не спускаясь въ колодецъ. Если колодецъ магистральный, то а труба отъ насосовъ, выкачивающихъ воду.

Колодцы устраиваютъ однимъ изъ слѣдующихъ способовъ:

1) Простой выемкой грунта съ водочерпаніемъ.

Этотъ способъ примѣнимъ только въ равномѣрномъ грунтѣ при незначительной глубинѣ колодца и маломъ напорѣ воды. Способъ тотъ же, что и при устройствѣ обыкновенныхъ колодцевъ. Стѣнки такихъ колодцевъ деревянныя, вода откачивается насосомъ.

2) Погруженіемъ колодца съ простой выемкой грунта и водочерпаніемъ. Этотъ способъ примѣнимъ въ равномѣрномъ грунтѣ при болѣе значительной глубинѣ колодца, и маломъ напорѣ воды. Онъ состоитъ въ слѣдующемъ: Положимъ что сначала углубились въ землю на нѣкоторую глубину простой выемкой грунта, далѣе же деревянныя стѣнки не могутъ удержать земли. Тогда сколачиваютъ кольцо изъ двухъ рядовъ деревянныхъ косяковъ, вырѣзанныхъ по шаблону, и скрѣпленныхъ гвоздями. (За послѣднее время кольца эти стали готовить металлическими) Кольцо кладутъ на дно выемки, и выводятъ на немъ рядъ пустотѣлой колонны. Кладку эту производятъ на гидравлическомъ растворѣ или цементѣ. Выведя такимъ образомъ колонну, которая будетъ служить стѣнками колодца опускаютъ ее въ землю. Далѣе такимъ образомъ: Рабочій влѣзаетъ въ средину колонны (фиг. 6) и вырываетъ землю изъ подъ основанія ея, отъ этого колонна или колодецъ начинаетъ опускаться. Вся задача въ томъ чтобы это погруженіе было по возможности равномѣрное. По мѣрѣ погруженія колодца кладка сверху пополняется.

3) Погруженіемъ колодца съ землечерпаніемъ. Этотъ способъ примѣняется въ равномѣрномъ грунтѣ при значительной глубинѣ и большомъ напорѣ воды. До уровня грунтовой воды колодецъ исполняется по первому способу; послѣ же достиженія уровня рабочій уже не можетъ вырывать землю изъ подъ основанія колодца, а потому послѣдній долженъ быть устроенъ такъ чтобы погружался самъ, преодолѣвая треніе грунта. При погруженіи

колодца землечерпанием нужно кромѣ крайняго нижняго кольца на разстояніи двухъ аршинъ отъ него другое кольцо, которое должно быть соединено съ первымъ желѣзными стержнями (фиг. 7) Для достиженія правильности погруженія часто подымаютъ кладку помощью стержней къ устроенными на поверхности земли винтамъ, а для преодолѣнія сопротивленія треніе колодца о грунтъ на верхнее кольцо накладываются камни, рельсы и пр.; кромѣ того, нижнее кольцо снабжаютъ по всей его наружной окружности углубленіемъ желѣзнаго формы V. Это кольцо и служитъ для разрыхленія грунта, а слѣдовательно и для болѣе легкаго и успѣшнаго опусканія колодца въ грунтъ. Землечерпаніе производится при помощи самыхъ разнообразныхъ приспособленій, изъ которыхъ мы разсмотримъ такъ наз. Индѣйскую лопатку. Она состоитъ изъ кривой желѣзной лопаты a, соединенной посредствомъ шарнира b съ желѣзнымъ стержнемъ c выходящимъ на поверхность земли. (фиг. 8) Къ лопатѣ a неизмѣнно прикрѣпленъ желѣзный стержень d, оканчивающійся кольцомъ, на который надѣвается выходящая на поверхность земли часть k. сверху имѣется крюкъ e, поднимающійся за веревку l. Въ началѣ пускаютъ лопату, и когда она врѣзается въ грунтъ то слѣдуетъ оттянуть крюкъ e, чтобы можно было привести лопату наполненную землей въ горизонтальное положеніе, для чего тянутъ за часть k. (см. фиг. 7-8)

4) Пневматическимъ способомъ. Этотъ способъ употребляется въ неравномѣрномъ и плавунномъ грунтѣ при значительной глубинѣ и большомъ напорѣ воды. Онъ производится при помощи насоса, накачивающаго воздухъ и кессона. Кессонъ это опускаемый въ вырытую яму желѣзный, бездонный, съ острымъ режущимъ ребромъ и плоской крышкой ящикъ a. (фиг. 9.) соединенный съ желѣзной вертикальной трубой b, оканчивающейся на земной поверхности, и съ камерой C. Труба и камера сообщаются клапанами m и n, открывающимися внутрь и такихъ размѣровъ, чтобы черезъ нихъ отверстіе могъ проходить человѣкъ. Въ болѣе совершенныхъ приспособленіяхъ вмѣсто горизонтальныхъ клапановъ дѣлаются вертикальныя двери. Въ этихъ клапанахъ m и n имѣются краны k и l. Кессонъ сообщается съ пневматическимъ насосомъ трубою d. Работа производится слѣдующимъ образомъ. Сначала въ кессонѣ, въ которомъ находится вода, трубою d накачивается воздухъ, который своимъ давленіемъ вытѣсняетъ воду и прижимаетъ клапанъ n. Давленіе это будетъ равняться давленію столба воды высотою въ H. Когда клапанъ n закроется, рабочій входитъ въ ящикъ C черезъ клапанъ m, закрываетъ его за собой и открываетъ кранъ l. Черезъ этотъ кранъ изъ трубы b пойдетъ воздухъ въ камеру C и, когда давленіе воздуха въ трубѣ и камерѣ сравняется, рабочій закрываетъ кранъ l, открываетъ клапанъ n, черезъ который поднимется, закрывъ за собою клапанъ n опускается внизъ въ кессонъ и

въ сжатомъ воздухѣ вынимаютъ землю изъ подъ кессона и накладываютъ ее въ корзины, эти корзины по трубѣ въ поднимаются вверхъ. Такимъ образомъ производится опускание кессона. Изъ подъ кессона рабочій сообщаетъ свои требованія посредствомъ электричества. Когда рабочему нужно выйти изъ подъ кессона, то онъ, поднявшись по лѣстницѣ до клапана n, открываетъ клапанъ n и проходитъ черезъ него въ ящикъ, захвативъ за собой корзины. Находясь въ камерѣ, онъ запираетъ кранъ l и клапанъ n, и открываетъ кранъ k и, когда въ ящикѣ давленій станетъ равнымъ атмосферному, закрывъ кранъ k, открываетъ клапанъ m, черезъ который и выходитъ наружу. Въ случаѣ значительной глубины колодца труба устраивается такъ, чтобы ее можно было по мѣрѣ надобности наращивать. Работа въ кессонѣ вредно отзывается на здоровьѣ рабочаго. Человѣкъ можетъ работать max. на глубинѣ до 30 mtr. т. е. подъ давленіемъ трехъ атмосферъ, осота и такое давленіе уже не безвредно; именно, при рѣзкой перемѣнѣ давленія съ человѣкомъ можетъ сдѣлаться ударъ. Освѣщеніе въ кессонѣ электрическое, чтобы воздухъ во время работы не портился и не нагрѣвался. Кладка колодца производится на крышкѣ кессона. Внѣшнее очертаніе колодца, чтобы уменьшить треніе о грунтъ, дѣлается кверху слегка на конусъ. Когда дно колодца находится въ мягкомъ песчаномъ грунтѣ, то давленіемъ воды снизу дно не рѣдко затягивается мягкимъ пескомъ и затрудняетъ проникание воды въ колодецъ. Для устраненія этого неудобства, дно дѣлаютъ изъ фильтрующаго слоя, толщиною 1—2 mt, съ крутымъ сводомъ вверху. Но эти слои имѣютъ то неудобство что уменьшаютъ дѣйствіе колодца. Для увеличенія дѣйствія колодца употребляются слѣдующіе способы: а) Увеличиваютъ діаметръ колодца. Но этимъ средствомъ не всегда достигается цѣль. Въ самомъ дѣлѣ, дѣйствіе колодца всегда распространяется на концентрическій его периметру кругъ, радіусъ котораго зависитъ отъ свойствъ грунта. Разстояніе окружности этого круга отъ окружности колодца есть величина, до нѣкоторой степени постоянная и, какъ показали наблюденія, по-этому равная діаметру колодца; поэтому увеличеніемъ діаметра колодца, его дѣйствіе увеличивается въ значительно меньшей степени, чѣмъ та, въ которой увеличивается его діаметръ. Для опредѣленія того пространства, съ котораго идетъ вода въ колодецъ, дѣлаютъ неподалеку отъ него буровыя скважины и, выкачивая изъ колодца воду, слѣдятъ за измѣненіемъ уровня воды въ скважинахъ. Если при этомъ въ какой нибудь изъ этихъ скважинъ происходитъ измѣненіе уровня, то, слѣдовательно, эта скважина принадлежитъ пространству, питающему колодецъ, если же уровень воды въ какой нибудь изъ скважинъ не измѣняется, то это показываетъ, что пространство, въ которомъ находится изслѣдуемая скважина, не принадле-

дитъ къ питающемъ колодецъ району.
Если не достаточно одного колодца, то часто, устраиваютъ два или нъсколько, конечно, на такомъ разстояніи другъ отъ друга, чтобы одинъ колодецъ не отнималъ воды у другого, т.е. разстояніе между центрами колодцевъ должно быть не менше 6Д, гдъ Д - радіусъ колодца.
в) Кладутъ вертикальныя чугунныя трубы, съ постепенно уменьшающимися діаметрами. Идея этого устройства состоитъ въ томъ, чтобы увеличивая глубину колодца, брать такимъ образомъ не только воду изъ ближайшей водоносной жилы, но доставать ее также изъ болше глубокихъ, и обыкновенно, большей водоносныхъ слоевъ. (фиг. 10.) Отсюда мы переходимъ къ
4) Водосборнымъ колодцамъ съ водопропускающими стънками.
Въ большихъ колодцахъ этого рода стънки состоятъ изъ двухъ цилиндровъ (фиг 11) между которыми находится мелкій, чистый гравій, или крупный песокъ. Черезъ каждые 3,25 mtr. помѣщаютъ деревянныя кольца а, соединенныя между собою тягами. Швы кладки идутъ поперемънно - 3 сплошные и 4 сквозные; Чтобы сбъгливы не могли проходить песокъ, они со стороны давленія воды закрываются мхомъ. Къ этому же роду собирателей грунтовой воды принадлежатъ такъ наз. абиссинскіе колодцы. (фиг. 12). Это металлическая труба, діаметромъ 3-8 ct, съ твердымъ стальнымъ наконечникомъ и имѣющая на нижнемъ своемъ концъ отверстія на длинѣ 8mt. Когда эта труба будетъ забита въ грунтъ, причемъ часть съ отверстіями ея будетъ находится въ водоносномъ слоѣ, то въ ней будетъ собираться вода, откачиваемая насосомъ.
Разсмотримъ еще одинъ родъ собирателей грунтовой воды, это:
5) Артезіанскіе колодцы. Если водонепроницаемый слой расположенъ наклонно, то надъ нижнимъ его мѣстомъ вода находится подъ сильнымъ давленіемъ. Если въ этомъ мѣстѣ пробуравить здѣшнюю кору до воды, то послѣдняя будетъ выходить изъ скважины, оставленной буравомъ и будетъ бить фонтаномъ до нѣкоторой высоты. Такіе фонтаны наз. артезіанскими колодцами. (фиг. 13) Вода артезіанскихъ колодцевъ отъ большаго количества растворимыхъ въ ней солей настолько жестка и имѣетъ такую высокую температуру (которая съ глубиной увеличивается), что не годна для питья и вообще можетъ быть допущена только въ банякъ и прачешныхъ. Кромѣ того, со временемъ артезіанскіе колодцы истощаются, а часто даже вода изъ нихъ и совсѣмъ исчезаетъ, какъ это случилось въ Парижѣ, Дрезденѣ, Венеціи и др. городахъ, такъ что въ этомъ отношеніи они не могутъ считаться за надежные источники для водоснабженія.
Д) Собираніе рѣчной воды. Кромѣ вышеразсмотрѣнныхъ собирателей грунтовой воды, есть еще особый родъ сооруженій, преслѣдующихъ тѣже самыя цѣли, но по отношенію къ водѣ рѣчной.

Это так наз. натуральные фильтры. Идея их состоит в следующем: Пространство, окружающее реку, пропитывается водой из нея. Если это пространство, как это часто и бывает, состоит из водо-проницаемого материала, напр. песку, гравія, то получается как бы водоносный слой, вода которого, проникая через такой естественный фильтр, оставляет в нем всѣ механическія примѣси-фильтруется. Для собиранія такой профильтрованной рѣчной воды в этом водоносном слоѣ строятся || рѣкѣ сборные каналы безъ дна. Каналы эти должны находится на глубинѣ не менѣе 1 сажени отъ поверхности земли, чтобы предупредить замерзаніе воды, с другой стороны, чтобы колебанія уровня воды в рѣкѣ не оказывала вліянія на уровень воды в каналѣ, они должны находится ниже горизонта самыхъ низкихъ водъ рѣки (см. фиг. 124) Чтобы дать свободный доступъ воды в каналъ и в то же время задерживать притекающую в него воду, стѣна его, ближайшая къ рѣкѣ, имѣетъ в нѣкоторыхъ кладки цѣли, а удаленная отъ рѣки выводится изъ сплошной кладки. Впрочемъ, иногда и в этой стѣнкѣ дѣлаются цѣли для собиранія грунтовой воды, если таковая в данной мѣстности имѣется и если ея паденіе идетъ къ каналу, а не отъ него. Для вентиляціи каналовъ, на разстояніи 200 с. другъ отъ друга, дѣлаются отверстія наружу, для входа же в каналъ устраиваются двери или люки, на разстояніи версты другъ отъ друга. Въ случаѣ переполненія притока воды, каналы эти должны быть разсчитаны по наибольшему расходу и должны получить такіе размѣры, чтобы в каналъ могъ двигаться человѣкъ; они не должны находиться близко къ рѣкѣ, иначе произойдетъ плохая фильтрація. Не имѣетъ смысла также удалять ихъ слишкомъ далеко отъ рѣки, такъ какъ тогда они уже теряютъ характеръ собирателей рѣчной воды и обращаются в обыкновенные водосборные каналы грунтовой воды. Вообще надо замѣтить, что этого рода каналы, за послѣднее время утратили свое значеніе, такъ какъ опытомъ дознано, что фильтрующій слой их очень скоро засоряется, послѣ чего они начинаютъ доставлять воду ничѣмъ не отличающуюся отъ обыкновенной рѣчной. Чтобы не портить собираемой в этихъ каналахъ воды, нарушенія воды также не должны имѣть доступа в них: для этого на землѣ, сверху каналовъ должны быть посажены растенія и устроены по бокамъ их водоотводные каналы. Такъ какъ эти каналы строятся большею частью в грунтѣ, вѣчно сильно разрыхленномъ присутствіемъ большого количества воды, то чтобы избѣжать неудовлетворительнаго выпучиванія дна, и передать давленіе на болѣе плотныя части, обыкновенно стѣнки соединяютъ внизу на нѣкоторомъ разстояніи отстоящими другъ отъ друга обратными арками. На фиг. 15. представленъ разрѣзъ такого канала

устроеннаго въ пескѣ и гравіи на которомъ лежитъ черноземъ. Внизу стѣнки соединены обратными арками, отстоящими другъ отъ друга на 7 mtr. Вода входитъ въ каналъ снизу и черезъ щели въ стѣнкѣ сбоку. Часто эти каналы дѣлаются изъ бетона. Чтобы увеличить количество доставляемой воды снизу черезъ дно иногда эти каналы углубляются книзу. Но относительно этого приходится повторять тоже, что уже было сказано о водосборныхъ колодцахъ, а именно: районъ, питающій колодецъ, расширяется не пропорціонально углубленію дна, а въ гораздо меньшей степени. Для увеличенія дѣйствія канала, его соединяютъ съ дренажными трубами, направленными къ нему подъ угломъ.

Очистка воды.

4.

Колодцы, находящіеся въ нечистомъ грунтѣ, какъ напр. въ городахъ, имѣютъ столь нечистую воду, что она негодится даже для очистки. Вода изъ сборныхъ каналовъ и сборныхъ колодцевъ обыкновенно очистки не требуетъ и можетъ безпрепятственно быть употребляема для пищи и питья. Вода изъ рѣкъ, собирательныхъ прудовъ и вообще изъ открытыхъ резервуаровъ бываетъ обыкновенно сильно засорена и требуетъ очистки при употребленіи для пищи и для нѣкоторыхъ другихъ цѣлей; кромѣ того вода спускаемая въ рѣчки изъ городскихъ каналовъ и фабрикъ также требуетъ предварительной очистки въ цѣляхъ предохраненія рѣкъ отъ зараженія. Очистка воды можетъ быть производима однимъ изъ слѣдующихъ способовъ: 1) дестилляціей 2) химическимъ осажденіемъ, 3) Окисленіемъ, 4) отстаиваніемъ и 5) фильтраціей. Изъ этихъ способовъ дестилляція практикуется только въ лабораторіяхъ и аптекахъ для исключительныхъ цѣлей, такъ какъ такая вода, какъ лишенная кислорода, для питья не годится. Химическое осажденіе, состоящее въ переводѣ растворенныхъ въ водѣ веществъ въ нерастворимыя соединенія – очень дорого, хотя и употребляется въ незначительныхъ размѣрахъ въ Германіи и Америкѣ. Окисленіе, состоящее въ томъ, что сквозь воду прогоняется струя воздуха, кислородъ котораго окисляетъ и дѣлаетъ безвреднымъ растворенныя въ водѣ органическія вещества – способъ малопрактикуемый и хлопотливый; къ достоинствамъ его надо отнести то, что при употребленіи его вода, утратившая свою свѣжесть, т. е. лишившаяся кислорода, снова получаетъ его.

Для водоснабженія имѣютъ значеніе только послѣдніе два способа, отстаиваніе и фильтрація, могущіе употребляться и вмѣстѣ и врозь, потому только ихъ мы и разсмотримъ болѣе.

А) <u>Отстаиваніе воды.</u> Механическое отстаиваніе воды можетъ быть достигнуто однимъ изъ слѣдующихъ двухъ способовъ:

1) вводимъ воду въ большіе бассейны, въ которыхъ она нѣкоторое время остается въ покоѣ, причемъ болѣе грубыя и тяжелыя частицы посторонних примѣсей осаждаются на дно бассейна. Такое осажденіе происходитъ натуральнымъ образомъ въ прудахъ. Этотъ способъ имѣетъ тотъ недостатокъ, что вода, простоявшая нѣкоторое время безъ движенія, теряетъ свою свѣжесть, и слѣдовательно становится вредной для пищи
2) Заставляютъ воду протекать съ весьма малой скоростью болѣе или менѣе длинный путь, въ нарочно устроенныхъ для этого бассейнахъ. Такъ какъ при этомъ водѣ сообщается крайне ничтожная скорость теченія, то этимъ способомъ съ одной стороны въ достаточной мѣрѣ достигаются результаты предыдущаго способа, а съ другой стороны устраняется его существенный недостатокъ. Для отстаиванія по первому способу устраиваются отстойные бассейны. Это ямы, вырытыя близъ рѣки или источника для воды которыхъ они предназначаются. Пуская воду, наполняютъ эти бассейны, гдѣ она оставаясь болѣе или менѣе продолжительное время, оставляетъ болѣе грубыя вещества, и отсюда уже или прямо идетъ въ дѣло или переходитъ въ фильтры; число бассейновъ бываетъ не менѣе $2^{хъ}$ для того, чтобы вода отстаивалась въ одномъ, въ то время какъ другой питалъ бы фильтры. Глубина воды въ бассейнѣ, для предохраненія ея отъ нагрѣванія и замерзанія, не должна быть менѣе $3^{х}-4^{х}$ mtr. Стѣнки бассейна дѣлаются изъ кирпича или бетона на цементѣ и обдерживается водонепроницаемымъ матеріаломъ, какъ то: слоемъ цементной глины въ 0,5 mtr толщиною или бетона въ 0,3 mtr. Полъ бассейна также дѣлается изъ камня, бетона или кирпича. Кирпичи кладутся плашмя въ 2 слоя. тоже на цементѣ. Для облегченія чистки бассейна, дно его дѣлается наклоннымъ къ срединѣ, гдѣ устроенъ вдоль всего бассейна каналъ куда и спускаются осадки. Этотъ каналъ имѣетъ съ обоихъ концовъ покатость къ центру, откуда выходитъ труба, черезъ которую время отъ времени можно эти осадки удалять, спуская воду. Въ стѣнкахъ бассейна имѣется два отверстія для впуска свѣжей воды и выпуска отстоявшейся. Площадь бассейна зависитъ отъ расхода воды и времени требуемаго для отстаиванія воды. Время же это зависитъ отъ качества воды (болѣе чистая вода потребуетъ для отстаиванія меньше времени) и можетъ быть опредѣлено только опытомъ; во всякомъ же случаѣ не должно превышать $3^{хъ}$ сутокъ, ибо въ противномъ случаѣ отстоячая вода портится.

Бассейны, для отстаиванія воды по второму способу существенно не отличаются отъ вышеописанныхъ. Главнѣйшая задача, которую стараются выполнить при ихъ устройствѣ, состоитъ въ томъ, чтобы при возможно малой скорости заставлять проходить воду возможно большее пространство. Если бы мы въ этомъ случаѣ устроили впускное и выпускное отверстіе одно противъ другого, то не достигли бы этимъ цѣли, такъ какъ образовался бы непрерывное теченіе отъ одного отверстія къ другому, а остальная вода въ бас-

ссейнъ стоялаъ бы неподвижно. Поэтому устраиваютъ вмѣсто одного въ отъемкѣ бассейна нѣсколько малыхъ отверстій для впуска притекающей воды, тогда протеканіе воды по всему поперечному сѣченію бассейна будетъ равномѣрное. Кромѣ, притекающая вода будетъ холоднѣе чѣмъ находящаяся въ бассейнѣ, потому она выходя изъ выпускныхъ отверстій, будетъ опускаться внизъ, и движеніе будетъ совершаться по дну, между тѣмъ какъ верхніе слои будутъ стоять неподвижно. Чтобы устранить это устанавливаютъ поперекъ бассейна доходящія до дна и недоходящія поверхности воды въ бассейнѣ щиты. Вода опустившаяся на дно, встрѣтивъ щитъ поднимается кверху и увлекаетъ за собою воду изъ верхнихъ слоевъ. Отстаиваніе приходится принимать для воды небольшихъ, съ быстрымъ теченіемъ рѣкъ, въ случаѣ же большихъ медленно текущихъ, какъ напр. Невы, воду можно непосредственно пускать въ фильтръ. На фиг 15.16 представленъ поперечный разрѣзъ и планъ приборовъ для очистки воды въ Германіи въ гор. Altona. М — бассейнъ для отстаиванія воды. а-труба приводящая воду изъ рѣки. в-труба уводящая воду изъ отстойнаго бассейна въ фильтръ; она должна находится на такомъ разстояніи отъ дна отстойнаго бассейна, чтобы осаждающіяся вещества не могли быть занесены въ нее водой. Чтобы вода изъ отстойнаго бассейна не уносила бы въ фильтръ легкія плавающія, крупныя примѣси, воду изъ рѣки прежде чѣмъ впустить въ отстойный бассейнъ, прогоняютъ черезъ предварительный грубый фильтръ т заполненный крупнымъ и мелкимъ гравіемъ. гдѣ выше упомянутыя примѣси и остаются. Иногда вмѣсто грубаго фильтра устанавливаютъ сита изъ тонкой мѣдной проволоки, отверстія котораго очень малы. При пропусканіи черезъ него воды, оно задерживаетъ примѣси которыя больше отверстій

2) Фильтрація воды. Отстаиваніемъ вода далеко еще не достигается цѣль очищенія ея отъ механическихъ примѣсей, поэтому вода послѣ процесса отстаиванія подвергается процессу болѣе или менѣе совершенной фильтраціи. Сверхъ того изъ опытовъ замѣчено, что профильтрованная вода здоровѣе обыкновенной, такъ какъ многія бактеріи задерживаются фильтрующимъ слоемъ.

Обыкновенный песчаный фильтръ имѣетъ видъ бассейна, дно котораго наклонно къ продольному каналу с фиг.16 устроенному въ серединѣ фильтра. Каналъ с имѣетъ уклонъ въ одну сторону и за предѣлами фильтра переходитъ въ трубу d, ведущую въ собирательный резервуаръ. На разстояніи 3 мтр. одинъ отъ другого располагаются въ днѣ поперечные каналы і впадающіе въ каналъ с Продольные и поперечные каналы закрываются сверху плитами изъ обожженой глины, которыми устилается и все дно. Въ этихъ плитахъ надъ поперечными каналами имѣются отверстія діаметромъ въ 10 м/м. На плиты накладывается фильтрующій слой, считая снизу вверхъ слѣд. образомъ:

1) Большіе камни ... толщиная слоя 19 ctmtr. 2) Камни величиною въ кулакъ .. 21 ct.
3) Гравій величиною въ грецкій орѣхъ .. 14 ct. 4) Гравій въ обыкн. орѣхъ .... 7 ct
5) Гравій величиною въ боб 7 ct. Гравій величиною въ горохъ .... 7 ct.
7) Мелкій песокъ діам. песчинокъ отъ 1/3 до 1 mm, толщина слоя 1,5—1,7 mtr.
Между отдѣльными песчинками этого послѣдняго слоя находятся такія маленькія, промежуточки, что черезъ нихъ можетъ проходить вода, но не пройдутъ даже самыя маленькія механическія примѣси, которыя вслѣдствіе этого остануться въ пескѣ. Опытъ показалъ что дѣйствіе фильтра будетъ совершенное по прошествіи нѣкотораго времени когда онъ нѣсколько засорится, ибо тогда промежутки сдѣлаются еще меньше. Когда песокъ засоренъ уже на столько, что вода черезъ него просачивается очень медленно, то снимаютъ сверху слой песку, толщиною 1—2 ct. (данное засореніе обыкновенно не распространяется, а совсѣмъ прекращается фильтрація); опытъ показалъ, что дѣлать это нужно въ промежуткахъ отъ одного мѣсяца до одного года смотря по качеству воды. Снятый песокъ послѣ промывки его, опять поступаетъ въ дѣло. Новый песокъ накладывается только послѣ того, когда, вслѣдствіе повторенныхъ удаленій верхняго слоя, толщина всего фильтрующаго слоя песку сдѣлается равной отъ 0,5 до 1 mtr. Само собою понятно, что въ песчаномъ фильтрѣ, фильтрующимъ матеріаломъ является только песокъ, нижніе же слои гравія нужны для перехода отъ мелкихъ промежутковъ къ крупнымъ, а не для фильтраціи.
Когда фильтрація производится въ небольшихъ размѣрахъ, то фильтрующимъ матеріаломъ можетъ служить вмѣсто песку уголь — который по мнѣнію многихъ, очищаетъ воду химически. На желѣзныхъ дорогахъ устраиваютъ иногда вертикальные фильтры. Они состоятъ изъ деревянныхъ стѣнокъ со щелями фиг. 17 между которыми находятся слои крупнаго гравія, мелкаго гравія и песку.
Въ вышерассмотрѣнномъ песчаномъ фильтрѣ вода, пройдя черезъ всѣ слои фильтра, попадаетъ черезъ отверстія въ днищахъ въ собирательные каналы, оттуда въ главный каналъ с изъ котораго отводится трубою d въ запасный резервуаръ R. Ширина собирательныхъ каналовъ дѣлается не менѣе 10 ct. Назначеніе ихъ — уменьшить путь проходимый водой, такъ какъ количество воды протекающей черезъ фильтръ опредѣленно, то съ уменьшеніемъ пути скорость воды попадающей въ отверстія каналовъ дѣлается меньше, а слѣд. будетъ меньше размываться фильтрующій слой, что имѣетъ весьма важное значеніе въ смыслѣ сохраненія правильности и однородности дѣйствія фильтрующаго слоя. Но однимъ только что указаннымъ уменьшеніемъ выходной скорости воды далеко еще не предотвращается нежелательное размываніе фильтрующаго

слоя, могущее произойти также отъ того, что вода поступаетъ въ фильтръ съ болѣе или менѣе значительной скоростью. Чтобы достигнуть уменьшенія входной скорости воды, обыкновенно, передъ впускнымъ отверстіемъ ставится длинный (во всю длину фильтра) и не глубокій жёлобъ, площадь котораго сильно превосходитъ площадь впускнаго отверстія. Теперь понятно, что вода, притекающая съ довольно значительною скоростью изъ впускнаго отверстія въ этотъ жёлобъ, наполнитъ его, и будетъ растекаться по всей его площади и переливаться черезъ края съ самой ничтожной скоростью. (фиг. 24)

Скоростью фильтраціи наз. количество воды, протекающее въ единицу времени черезъ единицу площади фильтра. Въ водоснабженіи за единицу времени принимаются сутки, за единицу площади 1 кв. метръ. Напр. если площадь фильтра 100 кв. метровъ, а скорость фильтраціи 8 куб. метровъ, то это значитъ, что въ сутки въ данномъ фильтрѣ очищается 800 куб. мт. воды. Скорость фильтраціи различна (колеблется отъ 1,7 до 15 мтр.) и узнается изъ опыта слѣдующимъ образомъ: Въ бездонную бочку кладется фильтрующій слой такого же размѣра и состава, какой будетъ сдѣланъ въ самомъ фильтрѣ. Черезъ эту бочку прогоняется вода съ извѣстною скоростью и, если вода вытекаетъ изъ бочки мутной, то это значитъ, что скорость взята на столько большою, что вода не успѣваетъ очиститься и, слѣд. для данной воды скорость фильтраціи надо уменьшить, и уменьшить тѣмъ больше, чѣмъ мельче частицы вещества, примѣшанныя къ водѣ, отъ которыхъ фильтрація должна ее освободить. (Отсюда видно, что качество профильтрованной воды зависитъ отъ скорости фильтраціи) А такъ какъ скорость фильтраціи зависитъ отъ величины и качества фильтрующаго слоя (она тѣмъ меньше, чѣмъ толще слой песку и мельче самый песокъ) а также отъ глубины воды въ фильтрѣ (съ глубиною увеличивается давленіе, а съ давленіемъ скорость проникновенія воды черезъ песокъ), то въ данномъ фильтрѣ (гдѣ величина и качество фильтрующаго слоя постоянны) для полученія профильтрованной воды даннаго качества нужно, чтобы скорость v, а слѣд. и глубина h были постоянны. Для этого дѣлается слѣдующее приспособленіе: (фиг. 20) Вода изъ фильтра B переходитъ посредствомъ отводнаго канала (собирательнаго) M и трубы C въ колодецъ P, который соединенъ помощью канала d съ каналомъ D, отводящимъ воду въ резервуаръ для храненія. Каналъ d закрывается затворомъ Z, стержень котораго, представляющій зубчатую полосу x, выходитъ наружу, гдѣ и сцѣпляется съ шестерней y. Вращая эту шестёрню, можно поднимать и опускать затворъ Z и тѣмъ повышать или понижать уровень воды въ колодцѣ. Для того чтобы скорость фильтраціи оставалась постоянною,

надо, чтобы разность свободныхъ уровней воды въ фильтрѣ B и колодцѣ C равная потерѣ напора на преодолѣніе сопротивленій фильтрующаго слоя и искривленій выводящей трубы, оставалась все время постоянной. Если уровень въ фильтрѣ повысится, то давленіе увеличится, а слѣд увеличится и скорость фильтраціи. Для того чтобы скорость фильтраціи осталась безъ измѣненія, въ этомъ случаѣ надо, поднимая затворъ Z- повысить уровень воды въ колодцѣ C', чтобы разность уровней въ фильтрѣ B и колодцѣ C' стала нормальной.

Той же цѣли можно достигнуть приспособленіемъ, показаннымъ на фиг. 24 и 25 гдѣ изображенъ продольный и поперечный разрѣзъ. Здѣсь вода изъ фильтра поступаетъ въ колодецъ, откуда уводится трубой въ резервуаръ на храненіе. Уровень воды въ колодцѣ регулируется компакомъ .. съ отверстіями, поднимая или опуская который можно отъискать или открывать его отверстія.

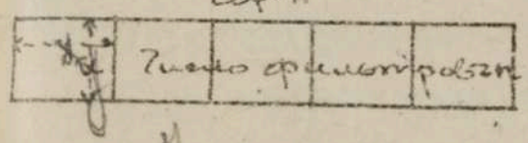
Глубина t фильтровальнаго бассейна зависитъ отъ высоты воды надъ фильтрующимъ слоемъ W (до 1 mt), отъ толщины фильтрующаго слоя f (до 1 mt) и отъ толщины переходнаго слоя a (тоже до 1 mt), такъ что t получается около 3 × 3 mtr. Ясно, что съ уменьшеніемъ t, уменьшается стоимость устройства. Эту задачу болѣе или менѣе удовлетворительно разрѣшаютъ такъ наз. фильтра Мюра (см. фиг. 26) Здѣсь a - кирпичи отстоящіе другъ отъ друга на разстояніи равномъ ширинѣ кирпича и лежащіе на днѣ фильтра; b - кладка въ ¼ кирпича съ открытыми швами; c - слой гравія, d - мелкій песокъ. Здѣсь толщина посредствующаго слоя доводится до 15-25 ct, почему эти фильтры обходятся значительно дешевле фильтровъ съ собирательными каналами. Собирательные каналы иногда замѣняются дренажными трубами, заложенными непосредственно въ нижнемъ слою гравія; вода проходя фильтрующій слой попадаетъ въ трубы черезъ отверстія ихъ и черезъ стыки. Дренажныя трубы соединяются въ одну общую трубу съ плотными муфтами, которая ведетъ въ собирательный резервуаръ.

Общій случай расположенія существующаго фильтра въ городѣ Altona въ Германіи можно видѣть на фиг. 15 и 16. Вода изъ рѣки течетъ по трубѣ a черезъ грубый фильтръ m въ отстойные бассейны M, оттуда попадаетъ въ фильтра N, откуда поступаетъ въ резервуаръ R. Слѣдуетъ также провести трубу прямо изъ отстойнаго бассейна въ резервуаръ (снабдивъ ее кранами для впуска воды въ фильтры) чтобы во время починки фильтровъ, или зимой, когда вода не требуетъ фильтраціи, можно было миновать эти приборы. Отстойные бассейны и фильтры слѣдуетъ располагать ближе къ рѣкѣ, а резервуаръ ближе къ фильтрамъ, чтобы насосами приходилось качать воду чистую и свободную отъ примѣсей, засоряющихъ трубы.

Скоростью фильтраціи и нуженымъ количествомъ воды опредѣ-

лается площадь фильтровъ, причемъ всегда по крайней мѣрѣ одинъ фильтръ долженъ оставаться въ запасѣ свободнымъ. Обозначимъ: количество потребной воды черезъ W, общую площадь фильтровъ черезъ F, скорость фильтрации-черезъ f. Три эти величины будутъ связаны между собою слѣдующимъ соотношеніемъ: $W = F \cdot f$; откуда $F = \frac{W}{f}$. Для N жителей имѣемъ W = 100. N. 1,25 litr. гдѣ 100 litr. – количество воды потребное на 1 жителя и 1,25 множитель, поставленный на случай прироста народонаселенія. Изъ разсчета F, обыкновенно получается очень большимъ. На практикѣ же принято дѣлать F не болѣе 700 – 1200 кв. mtr. для малыхъ городовъ, 1200 – 2000 – для среднихъ и 2000 – 3500 – для большихъ. Такъ какъ при извѣстной площади фильтра, стоимость его зависитъ отъ его периметра, который представляетъ прямолинейное очертаніе, то опредѣлимъ соотношеніе между размѣрами x и y (чер. 1) которымъ соотвѣтствуетъ min. периметръ U. Положимъ что вся площадь фильтровъ F состоитъ изъ отдѣльныхъ частей длиною y и шириною x; знакъ что $F = n x . y$ .... (1) Полный же периметръ U найдется изъ равенства $U = 2nx + (n+1)y$ ... (2) Исключая на основаніи равенства (1) $U = 2nx + (n+1)\frac{F}{nx}$. Отсюда $\frac{\partial U}{\partial x} = 2n + \frac{n+1}{n} \cdot \frac{F}{x^2}$. Согласно анализу U будетъ minimum при x опредѣляемомъ изъ ур-нія: $2n + \frac{n+1}{n} \cdot \frac{F}{x^2} = \frac{\partial U}{\partial x} = 0$. Подставимъ отсюда вмѣсто F его величину изъ ур-нія (1), тогда $2n + \frac{n+1}{n} \frac{nxy}{x^2} = 0$, или $2n + n+1 \frac{y}{x} = 0$. Отсюда $x = \frac{n+1}{2n} y$. Такъ если $n = 2$, то x должно быть взято по равенству $x = \frac{3}{4} y$.

Чер. 1.



Устройство отстойныхъ бассейновъ и фильтровъ безъ покрытій слѣдующее: Вырывается яма, бока которой облагаются глиной которая крѣпко трамбуется. Къ утрамбованной глинѣ (см. фиг. 38) примыкаетъ кирпичная кладка на конусъ, а при большой глубинѣ – уступами. Стѣны получаютъ уклонъ въ ⅙. Толщина стѣнъ дѣлается $\frac{1}{18} - \frac{1}{28} h$, гдѣ h глубина бассейна. Меньшая величина дѣйствительна для фильтровъ. Вся кладка производится на цементномъ растворѣ. Дно бассейновъ дѣлается изъ утрамбованной глины или бетона и замащивается часто кирпичемъ плашмя въ 2 ряда на цементномъ растворѣ. Вся внутренность бассейна обмазывается цементомъ для того, чтобы увеличить водонепроницаемость.

Въ новѣйшее время инженеръ Брейръ предложилъ фильтръ, существенная и главная фильтрующая часть котораго азбестъ, отличающійся замѣчательной тонкостью волокна, такъ 1 □ миллиметръ поверхности азбестовой массы имѣетъ до 3,000,000 отверстій, а слѣдовательно столько же или болѣе волоконъ. Самый фильтръ (фиг. 39 и 40) состоитъ въ слѣдующемъ: Берутъ листъ жести, согнутый, какъ показано на фиг. 40 и закладываютъ его между двумя упругими листами b, склеенными между собою въ т; эти листы имѣютъ небольшія

шія дырочки. Потомъ все это обертывается фланелью с ко
ружается асбестовой массой, которая и представляетъ собою
фильтрующій элементъ. На фиг. 41 изображена батарея, сос
тоящая изъ 20 такихъ элементовъ. Здесь, приводящая въ бата
рею воду труба а сообщается съ пространствомъ окружающимъ
элементы. Такъ какъ вода поступаетъ въ батарею подъ
нѣкоторымъ давленіемъ, то она проникаетъ черезъ асбесто
вую массу внутрь элементовъ, а отсюда уже по трубкѣ изъ
каждаго отдѣльнаго элемента уводится въ одну общую
трубку с; кромѣ того каждый элементъ сообщается еще
трубкой f съ воздухомъ. На фиг. 39 представленъ вертикаль
ный видъ элемента, здѣсь части d представляютъ собою
внутренній волнистый листъ, в-верхній листъ съ дырочками,
е-фланель. Для снабженія цѣлаго города профильтрованной
такимъ образомъ водой, необходимо нѣсколько батарей.
Всѣ вышеизложенные приборы очищаютъ воды исключительно
воду отъ механическихъ ея примѣсей, разсмотримъ
теперь нѣсколько способовъ, очищающихъ воду до нѣкото
рой степени химически.

1-ый способъ. Очистка при помощи железа.

Въ резервуаръ вводятъ ~~сѣрнокислое~~ опилки и пропускаютъ че
резъ воду воздухъ; при этомъ происходитъ окисленіе железа
и вода освобождается отъ нѣкоторыхъ примѣсей. Образу
ющаяся ржавчина мелкими частицами падаетъ на дно
резервуара и образуетъ фильтрующій слой, очищающій отъ
примѣсей проходящую черезъ него воду. Вмѣсто того, чтобы
пропускать для окисленія железа воздухъ, Андерсонъ предло
жилъ пропускать черезъ воду электрическій токъ, при помо
щи котораго железо окисляется болѣе энергично.

2-ой способъ. Очистка жесткой воды.

Какъ извѣстно, жесткость воды происходитъ отъ большаго со
держанія растворимой въ водѣ двууглекислой извести; поэтому
для уменьшенія жесткости воды нужно эту растворимую
соль превратить въ нерастворимое въ водѣ соединеніе. Это дос
тигается прибавленіемъ къ водѣ извести, которая переводитъ
двууглекислую известь въ почти нерастворимую угле
кислую, которая и осаждается на дно резервуара. Хими
ческое взаимодѣйствіе при этомъ выразится такъ:
$2CaHCO_3 + CaO + 0 = 2CaCO_3 + Ca(OH)_2$. При этомъ, такъ какъ
часть кислорода изъ воды утрачивается и она становится вялой, то для возвращенія ей свѣжести; ее прога
нютъ черезъ длинные, тонкіе каналы, проходя по кото
рымъ вода и возвращаетъ утраченный кислородъ, а сѣр
водородъ преобразуется снова въ утраченную свѣжесть.

3-ій способъ. Очистка желѣзистыхъ водъ. Вода, годная

для употребления должна содержать, не болѣе 0,1 до 0,15 Fe. Большее содержаніе его вредно отзывается на здоровьѣ потребителей. При пропусканіи воздуха окисьзо переходитъ въ нерастворимую въ водѣ окись желѣза (химическое взаимодѣйствіе таково: $2Fe_3O_4 + O = 3Fe_2O_3$) которая осаждается на дно и въ свою очередь является уже фильтрующимъ слоемъ.

4-мъ способъ Очищеніе воды посредствомъ прибавленія квасцовъ. Отъ прибавленія $\frac{1}{8000}$ до $\frac{1}{10000}$ milligramm'a на 1 литръ воды, болотная и торфяная вода теряетъ окраску и свои вредныя свойства.

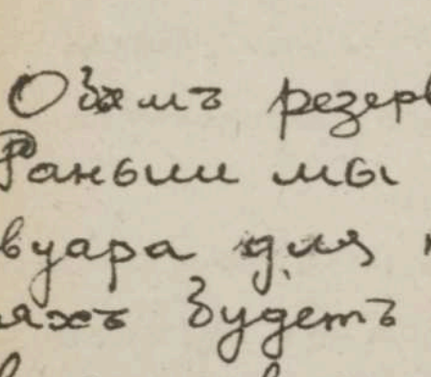
Храненіе воды.

5

Для храненія воды служатъ такъ наз. запасные или высокіе резервуара; высокими они называются потому, что устраиваются на возвышенныхъ мѣстахъ съ тою цѣлью, чтобы вода, благодаря собственному давленію, поднималась на наивысшія точки всего снабжаемаго водою района. Опредѣляющимъ полезный объемъ запаснаго резервуара.

Раньше было сказано, что въ 15-15 рабочихъ часовъ дня расходится около 80% а во все остальное время только 20% нужнаго въ сутки количества воды. Если бы вода доставлялась равномѣрно со среднимъ часовымъ расходомъ = 4,17% суточнаго расхода, то ея не хватало бы въ часы наибольшаго расхода; именно въ 14 часовъ доставлялось бы 4,17.14 = 58%, а потребляется за тоже время 80%; т.е не достало бы 22%. Чтобы избѣжать этаго недостатка, водопроводъ долженъ быть устроенъ такъ, чтобы онъ въ сутки равномѣрно доставлялъ наибольшій суточный расходъ, для удовлетворенія же часовымъ колебаніямъ, нужно построить запасные резервуара, въ которыхъ могла бы собираться ночью и днемъ въ часы меньшаго расхода излишне доставленная насосами вода. Это запасное количество воды и будетъ расходоваться въ тѣ часы дня, въ которые расходъ превышаетъ средній часовой расходъ воды. Полезный объемъ этихъ резервуаровъ долженъ вмѣщать недостающій объемъ воды, именно 22% суточнаго расхода, слѣд. полезный объемъ будетъ объемъ между наивысшимъ горизонтомъ воды въ резервуарѣ и отводной трубой. Но при такомъ объемѣ не было бы запаса на случай пожаровъ и т.д. вслѣдствіе этаго резервуары получаютъ большее значительный объемъ, отъ 50% до 100% и даже больше отъ всего суточнаго расхода. Запасные резервуары устраиваются тамъ, гдѣ кончается очистка воды и начинается проводъ. Они въ планѣ могутъ имѣть прямоугольное, квадратное или круглое сѣченіе. Каменные резервуарамъ даютъ обыкновенно, въ планѣ видъ прямоугольника. Чтобы удобно было время отъ времени чистить эти резервуары, не останавливая при этомъ ихъ работы, а также для болѣе удобнаго ремонта

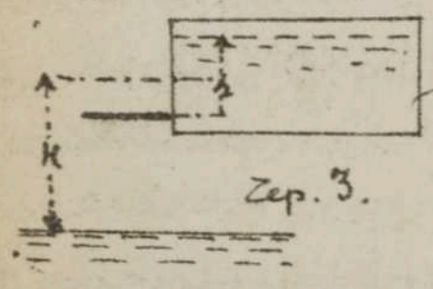
резервуары эти имѣютъ въ планѣ видъ прямоугольника. раздѣ-
Чер. 2. ленаго въ серединѣ на двѣ части. Опредѣливъ высоту



резервуара h такъ чтобы стоимость его была наименьшая. Обозначимъ длину резервуара черезъ 2x, ширину черезъ y и толщину стѣнокъ черезъ mh; тогда объемъ кладки стѣнъ $V = mh(4x+3y)h = mh^2(4x+3y)$
Стоимость кубической единицы кладки назовемъ черезъ K, тогда стоимость всей кладки стѣнъ будетъ $K' = kmh^2(4x+3y)$... (1)
Если назовемъ p—стоимость кладки квадратной единицы площади пола, W-стоимость выемки отнесенную къ 1 кв. метру площади и S—стоимость квадратной единицы покрытія, то полная стоимость кладки всего резервуара будетъ равна

$$K = kmh^2(4x+3y) + 2xy(p+W+S) \quad \ldots\ldots (2)$$

Объемъ резервуара $2xyh = Q$ — полному расходу..... (3)
Раньше мы нашли (стр. 23) что наименьшій периметръ резервуара для площади $P = 2xy$ въ нашемъ случаѣ при 2 отдѣленіяхъ будетъ при соотношеніи $y = \frac{4}{3}x$ и слѣд. объемъ резервуара выразится $Q = 2xyh = 2x\frac{4}{3}x^2h = \frac{8}{3}x^2h$; откуда $x = \sqrt{\frac{3}{8}\frac{Q}{h}}$ (4)
Подставивши это значеніе x въ формулу (2) имѣемъ:
$K = kmh^2(4x + 3.\frac{4}{3}x) + 2.\frac{4}{3}x^2(p+W+S) = 8kmh^2x + \frac{8}{3}x^2(p+W+S) = 8kmh^2\sqrt{\frac{3}{8}\frac{Q}{h}} + \frac{8}{3}\cdot\frac{3}{8}\cdot\frac{Q}{h}(p+W+S) =$
$= 8kmh^{3/2}\sqrt{\frac{3}{8}Q} + \frac{Q}{h}(p+W+S)$ ... (5). Чтобы стоимость кладки была наименьшая нужно чтобы $\frac{dK}{dh} = 8km\frac{3}{2}h^{1/2}\sqrt{\frac{3}{8}Q} - \frac{Q}{h^2}(p+W+S) = 0$; откуда
$12kmh^{5/2}\sqrt{\frac{3}{8}Q} = Q(p+W+S)$ или возводя въ квадратъ получимъ
$144k^2m^2h^5\frac{3}{8}Q = Q^2(p+W+S)^2$; слѣд. $h = \sqrt[5]{\frac{Q(p+W+S)^2}{54k^2m^2}}$



Чер. 3. Такая получится высота резервуара, если вода достаётся подъ естественнымъ напоромъ, если же вода поднимается на необходимую высоту, на которой находится обыкновенно резервуаръ насосами, то къ вышеуказаннымъ расходамъ нужно еще прибавить стоимость поднятія воды на необходимую высоту. Оцѣнить эту стоимость можно приблизительно слѣдующимъ образомъ. (чер 3)
Обозначимъ H. высоту поднятія воды отъ уровня питающаго источника до середины высоты резервуара, h-полезную высоту резервуара, q—работу, затрачиваемую для поднятія воды на такую высоту, — выраженную въ килограммометрахъ, K'-стоимость одного килограммометра. Тогда стоимость поднятія воды на эту высоту $K' = q.k'(H + \frac{h}{2})$ и мы можемъ выразить полную стоимость $\overline{K} = K + K'$ откуда можно получить наивыгоднѣйшую высоту резервуара.
При квадратномъ сѣченіи отношеніе стороны квадрата къ полезной высотѣ (глубинѣ воды въ резервуарѣ) или отношеніе $\frac{h}{b} = \frac{1}{5} - \frac{1}{10}$; при прямоугольномъ $\frac{h}{b} = \frac{1}{8} - \frac{1}{20}$, или $\frac{h}{b_1} = \frac{1}{5} - \frac{1}{8}$, причемъ h бываетъ отъ 3 до 5 метр.
Для предохраненія отъ вліянія температуры запасные или высокіе резервуары дѣлаются всегда покрытыми и глубина воды въ нихъ

бываетъ отъ 3 до 6 mtr. Если вблизи города или мѣстности для которой устраивается резервуаръ имѣется возвышеніе, достаточное для полученія напора, требуемаго для водопровода, то запасные резервуары устраиваются цилиндромъ изъ камня или кирпичной кладки. (фиг. 18 и 19). Такъ какъ объемъ такого резервуара въ зависимости отъ населенія города, обыкновенно получается очень большой, высота же резервуара не бываетъ больше 5-6 mtr, то принявъ эту максимальную величину за данную, мы все таки получимъ площадь резервуара такихъ размѣровъ, что ее нельзя будетъ перекрыть однимъ сводомъ. Для перекрытія, резервуаръ дѣлятъ на части продольными стѣнами, отстоящими другъ отъ друга на разстояніи 3-4 mtr. и каждую часть покрываютъ отдѣльно цилиндрическимъ или богарнымъ сводомъ (фиг. 18). Эти внутреннія продольныя стѣны, на которыя опираются своды, представляютъ собою рядъ колоннъ, отстоящихъ одна отъ другой на разстояніи 4 mtr, и соединенныхъ сверху между собою арками (фиг. 19), на которыя и опираются своды.

Своды дѣлаются кирпичные и снаружи покрываются слоемъ цемента въ 1 дюймъ, а такъ какъ этотъ матеріалъ можетъ растрескиваться и сквозь щели цементнаго слоя можетъ проникнуть загрязненная дождевая вода, то сверхъ цемента сводъ покрывается слоемъ асфальта толщиною въ ½ дюйма, на сводъ накладывается слой земли толщиною надъ вершинами сводовъ, смотря по климату до 1 сажени. Вслѣдствіе такого тщательнаго покрытія резервуара въ немъ держится довольно постоянная температура. Вся яма, въ которой находится резервуаръ, обкладывается слоемъ хорошо перемятой глины, которая должна быть плотно утрамбована; къ этому слою непосредственно примыкаетъ наружная стѣна резервуара. Толщина этихъ стѣнъ зависитъ отъ давленія на нихъ грунта и потому съ глубиною увеличивается. Кладка наружныхъ стѣнъ производится на цементномъ растворѣ. Въ случаѣ кладки изъ тесоваго камня, какъ горизонтальные, такъ и вертикальные швы по всей длинѣ ихъ получаютъ углубленія a (фиг. 23) заполненныя цементомъ; это дѣлается для увеличенія непроницаемости. Въ случаѣ кирпичной кладки, вертикальные, направленные ‖ длинѣ стѣнъ швы представляютъ собою непрерывный слой цемента (фиг. 22) такъ что правила перевязки кирпичей не соблюдаются и въ разрѣзѣ такая стѣна представится состоящей изъ нѣсколькихъ вертикальныхъ стѣнъ, разграниченныхъ вертикальными плоскостями цементнаго слоя. Въ случаѣ бутовой кладки, такія стѣны имѣютъ всегда достаточную сами по себѣ водонепроницаемость. Съ внутренней стороны резервуара стѣны обмазываются цементомъ до высоты уровня стоянія воды въ резервуарѣ. Дно запасныхъ или высокихъ резервуаровъ дѣлается изъ слоя бетона, толщиною въ 30-50 ct.; на бетонъ накладываются два

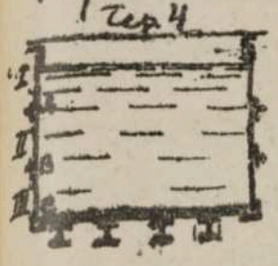
слоя кирпича плашмя; кирпичи скрепляются цементным раствором и сверху покрываются слоем цемента. Дно устраивается только после того, как стены достаточно осядут. При слабом грунте устраиваются обратные своды.

Для того, чтобы вода не застаивалась в резервуаре, ее движению следует дать наибольший путь и, следовательно, приводная и отводная трубы должны находиться в противоположных углах резервуара. Дно канала в поперечном и продольном направлениях имеет незначительный уклон к водоотводной трубе, отверстие которой в предупреждение засорения находится над дном на некоторой незначительной высоте. Для отвода промывающей резервуар воды, под водоотводной трубой имеется углубление, откуда выходит спускная труба. Если последняя выходит из центра резервуара, то дно со всех сторон имеет уклон к центру резервуара. Вода приводится в резервуар как указано на фиг. 19 трубою снизу. Отверстие трубы должно находиться на свободном уровне воды в вполне наполненном резервуаре. Иногда устраивают резервуары, в которые вода приводится через особые каналы сверху. Если вода доставляется в резервуар под напором, то чтобы не произошло переполнения резервуара и опасного давления изнутри на свод, непосредственно над горизонтом воды вполне наполненного резервуара, устраивается спускное отверстие, через которое излишне-поступившая вода в резервуар отводится в колодец. Для регулирования расхода воды, водоотводная труба имеет створные краны, доступ к которым производится через узкия камеры сверху (видны на фиг. 19 в левой части резервуара) или сбоку через особыя двери. Эти же камеры служат для доступа в резервуар в случае осмотра или ремонта. В малых резервуарах для этой цели устраиваются сверху люки. Для сохранения воды в свежем состоянии, резервуары вентилируются посредством труб, расположенных в каждом своде, и выходящих вверх на дневную поверхность. Концы этих труб в предупреждение возможности проникновения в резервуар дождя и снега, снабжаются крышками.

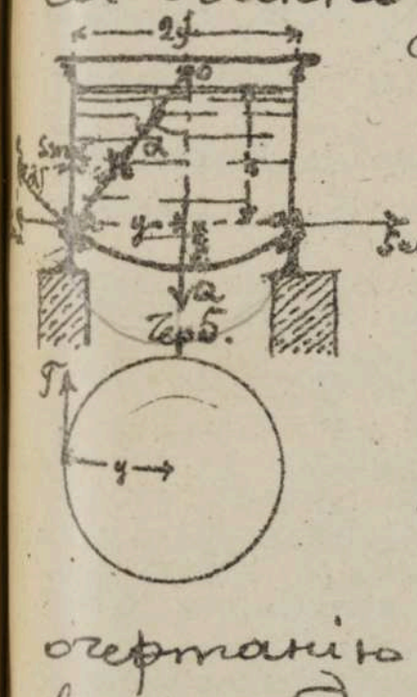
Если вблизи города, для которого устраивается резервуар нет возвышенности на которой можно устроить запасный резервуар непосредственно, то устраивается искусственное возвышение в виде каменных стен, на которых покоится резервуар, оплаченный в этом случае металлическим (чугунным или железным). Чугунные резервуары делаются только при малой величине их, они устраиваются из чугунных плит с закраинами, толщина которых 12 м/м. Плиты свинчиваются болтами (см. фиг. 21) швы для достижения водонепроницаемости заполняются особой замазкой.

В последнее время железные резервуары предпочитаются чугунным.

Железные резервуары получают обыкновенно круглую форму, реже прямоугольную. Прямоугольные железные резервуары, при глубине воды 2-2,5 метра, получают толщину стенок 5-6 м/м, толщину дна 6-7 м/м. Наивыгоднейшая высота круглого железного резервуара может быть получена из формулы подобной той, которая была выведена для прямоугольного каменного резервуара, исходя тем же путем



Стенки круглых железных резервуаров делаются из согнутых склепанных листов, причем листы склепываются поясами. Толщина листов увеличивается в глубину резервуара, и определяется фазечетом; так на гер 4 толщина листов 1-го пояса должна быть фазечитана на давление в точке А; толщина листов 2-го пояса на давление в точке В и т.д. Еще сравнительно недавно железные резервуары конструировались с плоским дном, опирающимся на ряд железных балок. Однако такая конструкция, требуя, как большой толщины дна так и целой системы опорных балок, обходилась дорого и в настоящее время вполне заменена системой резервуаров с дном сферическим. (Резервуар с плоским дном не смотря на его невыгоды, все таки недавно был устроен при Московском водопроводе). Собственно, теоретически дно резервуара должно представлять собою параболоид вращения, так как лишь в этом случае, напряжение, вызываемое в его горизонтальных сечениях будет распространено равномерно, следствием чего является наименьшая толщина дна. На практике дно исполняется обыкновенно сферическим, близким к теоретическому параболоиду.



Такой резервуар опирается обыкновенно непосредственно на стены резервуарного здания при помощи кольца, помещенного в месте соединения дна с вертикальной частью резервуара. Фазечет такого дна производится на основании следующих простых соображений:

Во всякой точке произвольного горизонтального сечения будет действовать давления налитой в резервуар жидкости, вызывается касательное по направлению к очертанию дна напряжение S отнесенное к единице окружности сечения. (см. гер. 5). Силу S можно разложить по горизонтальному и вертикальному направлению на силы Scsa и Snd.

Полное вертикальное напряжение в сечении aa будет равно S.snd. 2πy, но оно равняется давлению Q всей жидкости в сосуде $Q = (V+V_1)\gamma$ где V - объем цилиндрической части резервуара, V_1 объем параболической, а γ - вес кубической единицы жидкости.

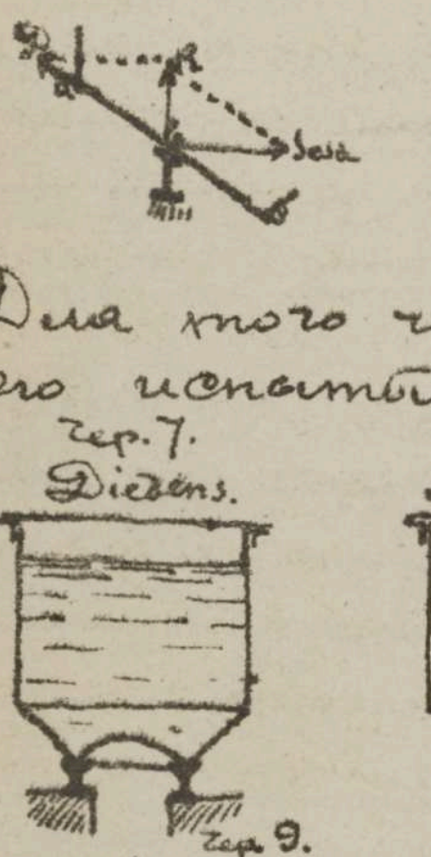
$V = \pi r^2 y^2 h$; $V_1 = \frac{\pi x y^2}{2}$ след. $Q = \gamma\left(\pi y^2 h + \frac{\pi x y^2}{2}\right) = \gamma\pi y^2\left(h + \frac{x}{2}\right) = S.\,snd.\,2\pi y$

$S = \gamma\frac{y}{2snd}\left(h + \frac{x}{2}\right)$. (1). Кроме того в равенстве (1) можно с достаточной точностью допустить что $y = R.snd$ и след. $S = \gamma\left(h + \frac{x}{2}\right)\frac{R}{2}$.

По величине S можно определить напряжения в точках сечения aa из ур-ия $S = Z.\delta$ (δ - толщина листа обыкновенно < 6 м/м) Так как

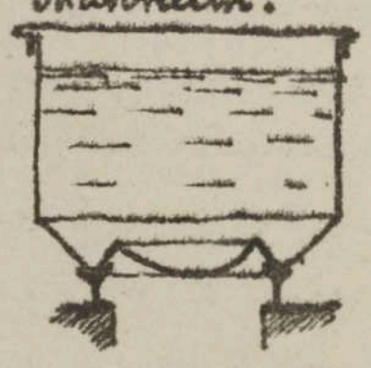
при параболической форме это напряжение будет одинаково для всех сечений, то дно выполняется равномерной толщины δ.
Наибольшее внимание должно быть обращено на место перехода дна в вертикальную часть резервуара, где он опирается на жесткое фасонное кольцо, сопротивление которого будет уничтожать распор = горизонтальной слагающей силы S. а стенки будут испытывать только сжатие от веса Q.
Как известно, тангенциальное напряжение T в любой точке кольца будет $T = S.\cos\alpha.y$ (см. стр.5) (2) Вертикальное напряжение в той же точке будет согласно предыдущему $= S.\sin\alpha.2\pi y = Q$ (3)
Разделив ур-ие (2) на (3), получим $\frac{T}{Q} = \frac{S.\cos\alpha.r}{S.\sin\alpha.2\pi r}$; откуда $T = \frac{Q}{2\pi \operatorname{tg}\alpha}$ (4)
Из формулы (4) легко заключить, что при $\alpha = 90°$, т. е. в том случае когда дно представляет собою полусферу, горизонтальный распор дна = 0, но для экономии места дно обыкновенно делают в виде не полусферы, а лишь шарового сегмента и тогда горизонтальный распор будет всегда существовать.
В случае конического днища, делаемого для избежания трудности выгибания сферического, по идее профессора Intze, опорные части помещают не в месте перехода днища в цилиндрическую часть, а так как показано на черт. 6.

черт 6.

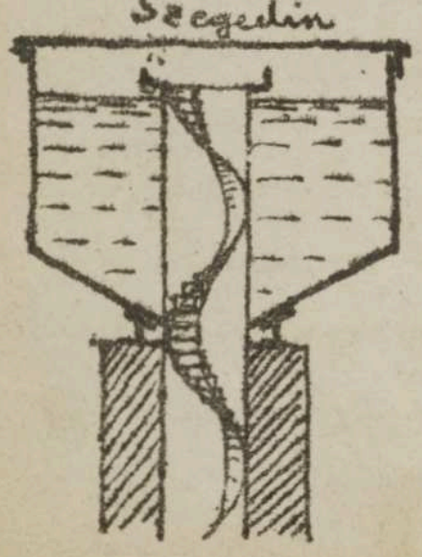


При такой устройстве всегда будет существовать некоторая сила D. – горизонтальная слагающая которой уничтожит распор. Эта сила D появляется вследствие давления части жидкости, заключенной между стенками и столбом ее между aa' и a,a'. Часть ab будет сухая, часть bc – растянута, следовательно часть дна bc должна получить бо́льшую толщину, потому-что на нее приходится напряжение действующее растягивающим образом.
Для того чтобы не получать дна выгнутым, и чтобы все части его испытывали только сжатие под давлением жидкости

черт. 7.
Diedens.



черт.8
Mannheim.

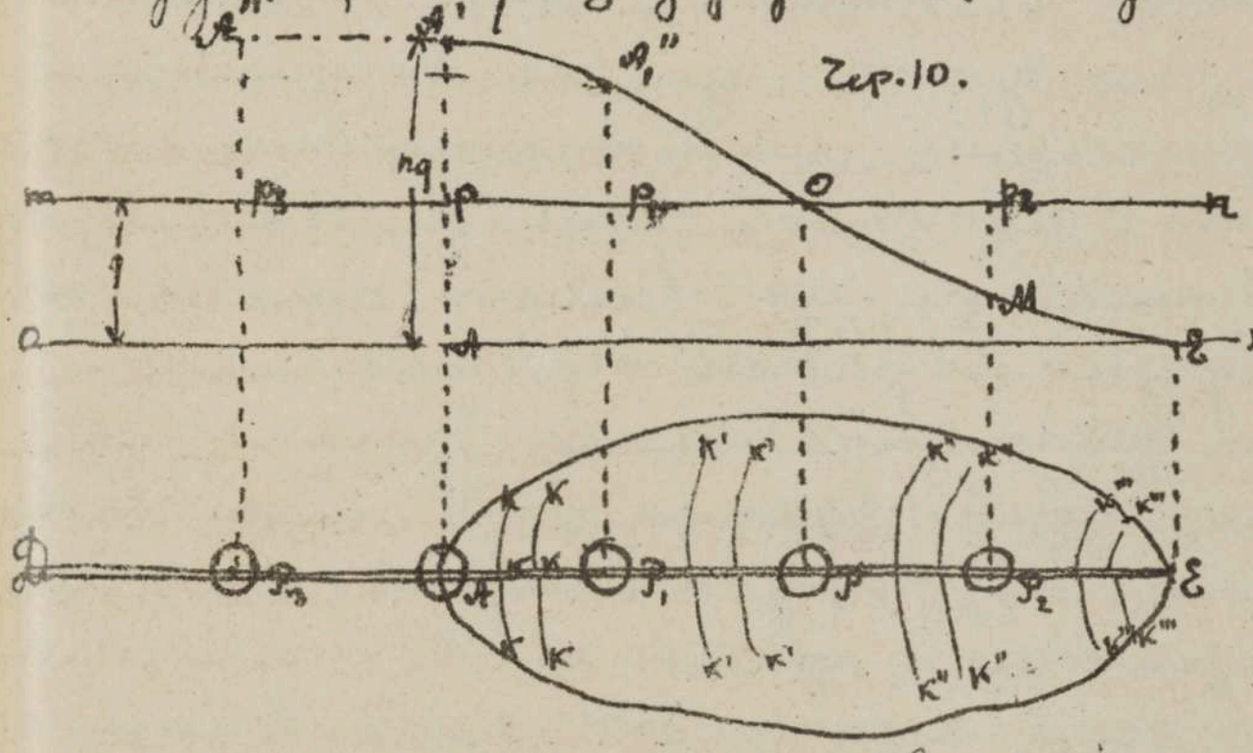


черт 9.
Szegedin

дают днищу форму кругловогнутую и тогда получается комбинация форм изображенных на черт. 7 и 8. Пример такой формы дна устройства днища имеются у резервуаров в Германии в гор. Diedens и Mannheim.
Подробности устройства таких резервуаров см. Атлас деталей машин проф. Худякова таб. 22. фиг. 8. 9 и 10. Соединение дна со стенкой изображено на таб. 22 фиг 6. того же атласа.
В резервуаре устроенном в Германии в гор. Szegedin внутренняя часть днища отсутствует и вместо ня внутри резервуара устроено помещение для лестницы, по которой поднявшись на верх на площадку можно осмотреть внутреннюю часть резервуара (чр 9)

Горизонтальные швы железных резервуаров, скрепляются уголниками, длина которых 60–80 м; вертикальные швы скрепляются железными полосами толщиною 20–25 м. Для водонепроницаемости швы железных резервуаров расчеканиваются. Въ предохранении отъ ржавчины ихъ покрываютъ извнутри и снаружи густымъ слоемъ прочной краски. Опорой металлическимъ резервуарамъ служатъ или башни или откосы стѣнъ. Подробности устройства опоръ см. Справочная книга Мальцева т I стр. 412 и далѣе.

Водонапорныя башни. Для расположенія резервуара на требуемой высотѣ строятся башни, вверху которыхъ помѣщаются желѣзные резервуары обыкновенно круглой но иногда и прямоугольной формы. Если въ городѣ имѣется нѣсколько мѣстъ одинаково удобныхъ для устройства водонапорной башни, то наиболѣе выгоднымъ будетъ привлизительно то мѣсто, которое по отношенію къ расходу составляетъ центръ того участка, для котораго башня назначается. Въ этомъ легко убѣдиться помощью слѣдующаго разсужденія. Пусть водонапорная башня находится въ точкѣ P_2 гдѣ нибудь внутри того участка, для котораго она предназначается, и который изображенъ на чер. 10. въ видѣ замкнутаго контура. ДЕ–главная магистраль идущая отъ насосной станціи.



Чер. 10.

Для выгодности работы машинъ необходимо, чтобы насосы днемъ и ночью работали равномѣрно, а въ такомъ случаѣ совершенно достаточно, чтобы они были въ состояніи доставлять только среднее секундное количество q. Ночью, когда расходъ въ городѣ почти равенъ нулю, все количество q будетъ идти по магистрали Д въ бакъ, находящійся предположимъ у насъ въ P_2; въ тѣ часы дня, въ которые расходъ не превышаетъ q, будетъ только часть накачиваемаго количества q доходить до бака, а часть будетъ расходиться не доходя до него по отвѣтвленіямъ кк; въ тѣже часы, въ которые расходъ въ городѣ превышаетъ среднее количество q, вода будетъ имѣть въ магистрали отчасти обратное теченіе. Такъ напримѣръ, если расходъ = q_1 и $q_1 = q+d$, то количество q будетъ доставляться прямо насосами, а количество d – перейдетъ въ проводъ изъ запаса, образовавшагося въ бакѣ.

Пусть первоначально предположимъ, что башня помѣщается въ точкѣ A – участка. По Да будетъ притекать вода съ насосной станціи откуда по Ае будетъ расходиться по городу, и постепенно расходоваться отвѣтвленіями кк, к'к' к"к"..... Трубы должны быть разсчитаны на соотвѣтствующія имъ расходы, причемъ желательно получить наименьшіе размѣры ихъ. Секундный расходъ отъ на-

сосной станции до башни постоянен и равен q, кривая ординаты которой выражают секундные расходы от насосной станции до башни находящейся в точке A будет прямая тр проведенная параллельно оси абсцисс ох на разстоянии =q; далее за башней линия тах. расходов будет иметь вид некоторой кривой A'E которой ордината в начале города AA' - максимальному секундному расходу всего города =nq, причем n согласно предыдущему около 2,1. Для практических соображений можно принять n=2. В конце города E очевидно ордината расходной линии=0. След. на части DA трубы должны быть разсчитаны на расход q и ост. по всей длине будут иметь одинаковый діаметр; на части AE труба будет идти постепенно утоняясь в зависимости от изменения расхода. Если бы водонапорная башня помещалась ранше города, за чертой его в точке P_3, то линія расхода выразилась бы линией $тр_3 A'' A' E$, из чего видно, что такое расположение менее выгодно, чем предыдущее в A, потому что труба между P_3 и A должна быть разсчитана на расход nq вместо q. Теперь пусть башня помещается в точке P_1, тогда насосная труба, ведущая к баку башни, не доходя до нея, соединена в нескольких точках K K с уличными магистралями, так что часть воды передается от насосной станціи прямо в городскую сеть. От насосной станции до башни кривая расходов согласно предыдущему будет выражаться прямою $тр_1$, далее кривою $A_1'' E$, так что вся расходная линія будет $тр_1 A_1'' E$ Из этого ясно, что такое расположение башни в P_1 более выгодно нежели в A, потомучто на части AP_1 труба может быть разсчитана вместо расходов выражаемых кривой $A_1 A_1''$ на постоянный меньший расход q. Далее если мы поставим башню в точке F, то такое расположение будет еще выгоднее чем предыдущее; расходная линія выразится линией $тоE$, след на часть $P_1 F$ магистраль может быть разсчитана вместо расходов выражаемых кривой $A_1'' O$ на постоянный расход q выражаемый прямой $p_1 O$. Если затем далее передвинуть башню в положение P_2, то такое расположение будет менее выгодно чем предыдущее, так как магистральную трубу на части $P P_2$ надо разсчитать вместо уменьшающагося расхода, выражаемого кривой OM, на больший постоянный расход q выражаемый прямой Op_2. Точка F, в которой было бы всего выгоднее устроить башню совпадает довольно точно с центром того города или участка для которых она предназначается. Так как устройство нескольких водонапорных башень лишь немного обходится дороже устройства одной башни, захватывающей их, то в большом городе вообще выгоднее разделить его на участки и для каждого участка приблизительно в его центре построить особую башню.

Водонапорныя колонны. При водоснабженіи употребляются еще водонапорныя колонны. Водонапорныя колонны представляютъ обыкновенно вертикальную трубу небольшаго діаметра, черезъ которую вода должна проходить прежде, чѣмъ попадетъ въ городскую сѣть; вода въ посылаемой находится такимъ образомъ подъ давленіемъ столба воды, соотвѣтствующаго высотѣ колонны. Такъ какъ въ колоннѣ имѣется всегда лишь незначительный запасъ воды, то они расхода не регулируютъ, а только напоръ, и потому насосы должны работать непрерывно, соотвѣтственно колебанію расхода въ городѣ. Машина вслѣдствіе этого работаютъ крайне невыгодно; кромѣ того и ночью, когда расходъ въ городѣ прекращается, машины должны быть непрерывно наготовѣ на случай пожара. Всѣ эти этихъ недостатковъ напорныхъ колоннъ, ихъ болѣе въ Европѣ не строятъ, и тамъ, гдѣ они ранѣе были построены, замѣняютъ постепенно водонапорными башнями.

Проводъ воды.

6

Воду проводятъ каналами и трубами. Въ каналахъ вода движется посредствомъ силы тяжести, а въ трубахъ помощью механическаго напора. Открытые каналы наз. канавами. Открытые каналы для провода городской воды вообще не годятся; такъ какъ въ нихъ вода засоряется и температура ея постоянно измѣняется; вслѣдствіе того воду проводятъ обыкновенно закрытыми каналами и трубами.

1) Движеніе воды въ каналахъ и канавахъ. Канавы вырываются обыкновенно въ рыхломъ грунтѣ; чтобы стѣнки и дно ихъ не повреждались водой, скорость воды не должна превышать нѣкоторой предѣла, зависящаго отъ матеріала. Съ другой стороны она не должна быть также ниже извѣстной величины, чтобы плавающія въ водѣ песчанныя и иловатыя вещества въ нихъ не осаждались и ихъ не засоряли. Согласно опытамъ часто принимаютъ что средняя скорость не должна превышать (mtr. въ секунду) для легкой песчаной почвы... 0,76 mtr; для средней.... 0,84; для глины ... 0,91; для гравія и крѣпкаго грунта 1,22 mtr.

Чтобы каналы не слишкомъ быстро засорялись, скорость воды въ нихъ не должна быть ниже 0,2 mtr. По Дюбуа частицы начинаютъ осаждаться при слѣд. скоростяхъ.

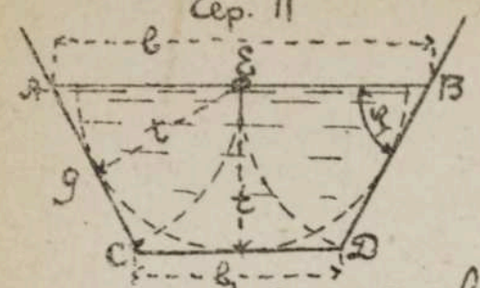
Вещества	скорость mtr	діаметръ зерна mm
Илъ	0,051	0,2
Мелкій песокъ	0,108	0,5
Мелкій гравій	0,217	1,5
Крупный гравій	0,650	20,0
Мелкіе округленные камушки	0,750	40,0
и	1,000	40-50
камни	2,000	200
Большіе камни	5,000	1000

Величина площади поперечнаго сѣченія канала опредѣляется въ зависимости отъ секуднаго расхода Q и средней скорости v по формулѣ $F = \frac{Q}{v}$.

Форма сѣченія для земляныхъ каналовъ представляетъ параллельную трапецію, которой наиболѣе выгодные размѣры получаются изъ условія, чтобы при данной площади F, ея смачиваемый периметръ P былъ наимень-

мій, чѣмъ треніе (сопротивленіе движенію) прямо пропорціонально периметру.

Черт. 11



Если φ (черт. 11) уголъ откоса, t - глубина воды и b - ширина дна горизонта: то площадь $F = (b - t\operatorname{ctg}\varphi)t$; отсюда имѣемъ $b = \frac{F}{t} + t\operatorname{ctg}\varphi$ ..... (1). Периметръ $P = CD + \frac{2t}{\sin\varphi}$; отсюда подставивъ величину $CD = b - 2t\operatorname{ctg}\varphi$ получаемъ величину смачиваемаго периметра $P = b + 2t\left(\frac{1}{\sin\varphi} - \operatorname{ctg}\varphi\right) = \frac{F}{t} + t\operatorname{ctg}\varphi + 2t\left(\frac{1}{\sin\varphi} - \operatorname{ctg}\varphi\right)$ .... (2) Чтобы P было минимумъ должно $\frac{\partial P}{\partial t} = 0$;

$\frac{\partial P}{\partial t} = -\frac{F}{t^2} + \operatorname{ctg}\varphi + 2\left(\frac{1}{\sin\varphi} - \operatorname{ctg}\varphi\right) = 0$; отсюда $t = \sqrt{\frac{F\sin\varphi}{2 - \cos\varphi}}$ ..... (3)

Изъ ур-ія 1 имѣемъ $\frac{F}{t^2} = \frac{b}{t} - \operatorname{ctg}\varphi$; отсюда подставивъ въ выраженіе $\frac{\partial P}{\partial t}$ величину $\frac{F}{t^2}$ будетъ $-\frac{b}{t} + \operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\varphi + 2\left(\frac{1}{\sin\varphi} - \operatorname{ctg}\varphi\right) = 0$ или $\frac{b}{t} = \frac{2}{\sin\varphi}$; $\frac{b}{2} = \frac{t}{\sin\varphi}$ ..... (4)

$\frac{t}{\sin\varphi}$ есть длина откоса $AC = BD$, слѣд. въ наиболѣе выгодномъ профилѣ эта длина = половинѣ ширины горизонта воды. Изъ ур-ія (4) слѣдуетъ $t = \frac{b}{2}\sin\varphi$, а изъ чертежа имѣемъ $EG = AE \cdot \sin\varphi = \frac{b}{2}\sin\varphi$; слѣд. $EG = t$. т.е. Наиболѣе выгодный профиль есть трапеція, описанная около полукруга, котораго центръ находится на горизонтѣ воды, а радіусъ наиболѣе выгодная глубина.

Если въ ур-іе (2) подставимъ $b = \frac{2t}{\sin\varphi}$, то будетъ $P = 2t\frac{2 - \cos\varphi}{\sin\varphi}$, а также какъ по ур-ію (3) $F = t^2\frac{2 - \cos\varphi}{\sin\varphi}$, то гидравлическій радіусъ $R = \frac{F}{P} = \frac{t}{2}$; т.е средняя гидравлическая глубина наиболѣе выгоднаго профиля = ½ глубины. Уголъ откоса φ принимаютъ (см. таблицу)

Свойства грунта.	φ	ctg φ
Каменистый грунтъ, твердая мергельная почва, крѣпкій сухой торфъ	63½-45°	½-1
Плотная глина, глинистая земля, обыкновенный торфъ.	45-38⅓°	1-1¼
Обыкновенная земля (песчано-глинистая или глинисто песчаная)	33⅓°	1½
Рыхлая земля и песокъ, мягкій торфъ.	29⅓-22°	1¾-2½

Глубину t берутъ не менѣе 0,5 mtr, чтобы легко было производить чистку канавы. По Lupping при расходѣ 1-10 kb. mtr. глубина воды должна быть b = отъ 0,6 до 1,2 mtr, а ширина дна отъ 4-12 mtr.

Круговой каналъ При данной площади кругъ имѣетъ наименьшій периметръ, если потому расходъ, а слѣд. и площадь измѣняется мало, то круговая форма канала наиболѣе выгодна; при перемѣнномъ расходѣ овальная форма выгоднѣе круговой. Круговые каналы устраиваются главнымъ образомъ въ болотистомъ грунтѣ. Если φ - уголъ наполненія и d - діаметръ

Черт. 12

то (черт. 12) $F = \left(\frac{\varphi}{180}\pi + \sin\varphi\right)\frac{d^2}{8} = (0{,}01745\varphi + \sin\varphi)\frac{d^2}{8}$; Наибольшая глубина воды $t = \left(1 - \cos\frac{\varphi}{2}\right)\frac{d}{2}$; Смачиваемый периметръ $P = \frac{\varphi}{180}\pi\frac{d}{2} = 0{,}00872\varphi d$.

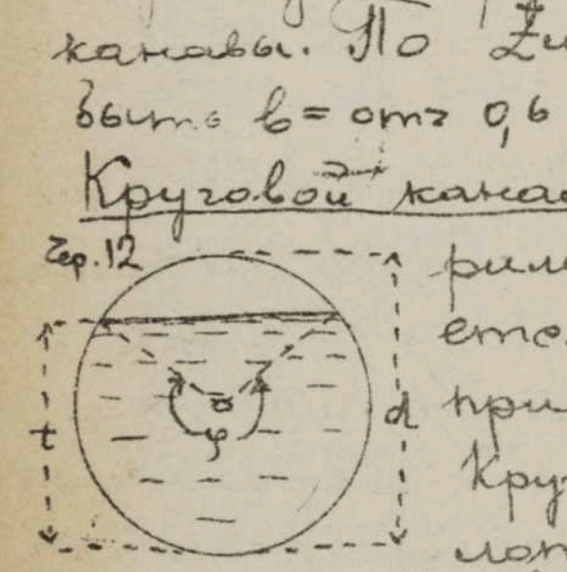
Наиболѣе выгодный уголъ φ (получаемый изъ условія $\frac{\partial P}{\partial \varphi} = 0$) $\varphi = 257°\,27'\,13''$.

Овальное сѣченіе Высота этого сѣченія обыкновенно = 1½ ширины, а радіусъ дна = ⅙ высоты. Часть площади ниже ав (черт. 13) получается всего проще, если вычтемъ площадь abcd изъ всей площади лежащей ниже линіи ас.. пл. abcd = пл. 2^{x2} сект. mad - пл. 2^{x2} пр-хъ pqm + площ. пр-ка aqb; пл. $mad = \frac{3v^2\pi\alpha}{360}$; пл. пр-ка $pqm = \frac{1}{2}v \cdot p \cdot q = 2v^2 \cdot \operatorname{tg}\alpha$; площ. $aqb = ao \cdot qo = qo \cdot \frac{qo}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{(ae - pq)^2}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{(3v\sin\alpha - 2v\operatorname{tg}\alpha)^2}{\operatorname{tg}\alpha}$.

Слѣд. площ. $abcd = 3v^2\left(\frac{\pi\alpha}{360^\circ} + \frac{3}{2}\sin 2\alpha - 4\sin\alpha\right)$

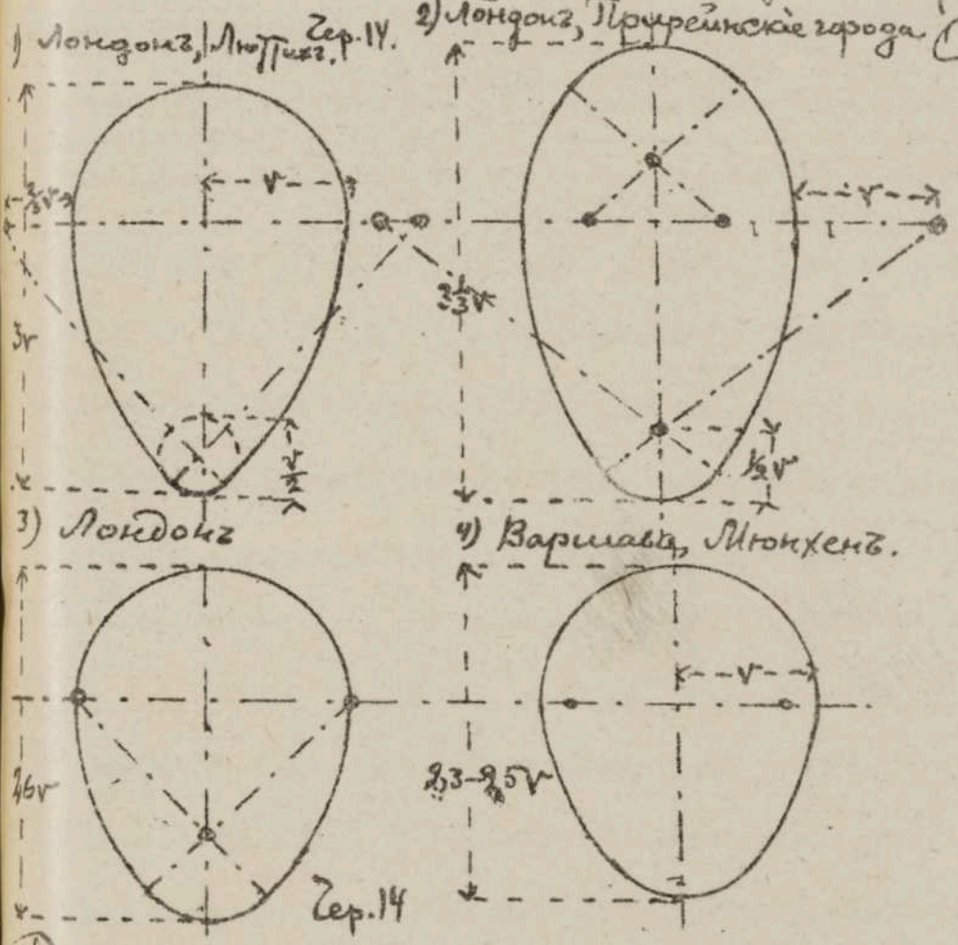
Площадь ниже $dc = \Omega = 2($пл. сект. mds - пл. пр-х. $mpt) +$ пл. сек. stu.

Черт. 13



пл. сектора $mds = \frac{\beta v^2 \pi}{360}\beta$; пл. тр-ка $mpt = \frac{2v}{2}\cdot\frac{3v}{2} = \frac{3v^2}{2}$; пл. сект. $stu \left(\frac{v}{2}\right)^2 \frac{\pi}{360}\gamma$.
$tg\beta = 3/4$; $\beta = 36°\,52'\,11''$; $\gamma = 180 - 2\beta = 106°\,15'\,38''$. слвд. площадь $\Omega = 3{,}02v^2 = 0{,}336\,H^2$ (где $H = 3v$ = высота профиля). Площадь сечения наполненного водой уровень которой ав $F = 3{,}02v^2 - 3v^2\left(\frac{\pi\alpha}{360} + \frac{3}{2}\sin 2\alpha - 4\sin\alpha\right)$ (I) Смачиваемый периметр P определяется. $P = 2.2.3v\pi\frac{\beta}{360} + \frac{v\pi\gamma}{360} - 2.2.3v\pi\frac{\alpha}{360} = 4{,}79v - 6v\alpha\frac{\pi}{180°}$. Слвд. $P = v\left(4{,}79 - 6\alpha\frac{\pi}{180}\right)$, где α в градусах. (II). При наполнении канала выше dc вычитают из площади и периметра всего профиля, т.е. из $4{,}59v^2$ и $7{,}93v$. площади тех. Величина необходимой площади канала получается из ур-ия $F = \frac{Q}{v}$. При данном α можно по (I) найти v, и затем определивши из II P, можно найти гидравлический радиус $R = \frac{F}{P}$, а падение канала J получается из уравнения $v = C\sqrt{RJ}$.

Наивыгоднейшая высота наполнения получается $= 0{,}86H$. (в круглом сечении $= 0{,}81d$). Когда канал разсчитан для данного расхода Q на полный профиль, то этот расход протекает уже при наполнении $0{,}86H$ (а в круг при $0{,}81d$)



Овальную форму употребляют и в других видах. Инженер Филипс употреблял в Лондоне и некоторых английских городах форму 1, особенно выгодную при малом падении, так как сечение внизу еще более сужено. Ея площадь $= 4{,}42v^2$, а периметр $= 7{,}84v$. Предыдущия формулы можно употреблять безъ изменения и для этого сечения. Форма 2 употреблена в Лондоне, Кельне, Висбадене и др.: она получила большую высоту для облегчения прохода в ней. Формы 3 и 4 выгодны при недостаточной свободной высоте.

Вода движется в открытых и закрытых каналах только под действием силы тяжести, поэтому такие проводы и наз. гравитационными. Они возможны только в том случае, когда исходная точка провода лежит выше конечной, и падение по возможности равномерно и не выходит из известных опытом определенных пределов, потому что очень малое падение требует большого сечения провода, чем увеличивается его стоимость, провод в этом случае заносится илом, вода нагромождается и теряет свежесть. При слишком большом падении стенки и дно провода подвергаются повреждению. Опытами определено, что для каменного канала падение не должно быть менее 0,0002 и более 0,0047.

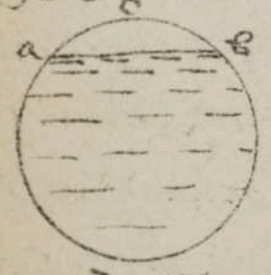
Зависимость между скоростью, падением и профилем определяется формулой $v = C\sqrt{RJ}$ (A) где по Гангилье-Кюттеру $C = \frac{100\sqrt{R}}{b + \sqrt{R}}$ и R - гидравлический радиус $= \frac{F}{P}$. Скоростью v обыкновенно задаются, сообразно с приведенными на стр. 33 пределами, а так как расход Q известен, то определяют F из уравнения $F = \frac{Q}{v}$. Затем выбирают форму профиля, и как указано выше вычи

Знают их размеры, и определяют $R = \frac{F}{P}$, чтобы вода имела в канале скорость v, его падение должно быть определено из формулы $v = \frac{100\sqrt{R}}{c+\sqrt{R}}\sqrt{RJ}$ (I) Здесь c зависит от материала дна и стенок канала и в этом отношении Куттер различает 12 степеней шероховатости поверхности, которым соответствуют след. значения c.

Степень.	Число c	Материал стенок и дна.
1	0,12	Цементные стенки, гладкия круглыя.
2	0,15	Цементныя стенки, обыкновенн. прямоугольныя; тщательно строганыя доски.
3	0,20	Чистый цемент, строганныя доски, тесовый камень.
4	0,27	Чугунныя трубы, хорош. качества; Хорошая кирпичн. и тесовая кладка, кедровые строганыя доски.
5.	0,35	Чугунныя трубы, обыкновенныя. Обыкновенная кирп. кладка; бутовая кладка тщательная, гончарныя трубы.
6.	0,45	Заржавленныя чугунныя трубы. Обыкновенная бутовая кладка.
7.	0,56	Бутовая кладка неровная, дно покрыто немного илом.
8	0,72	Бутовая кладка шероховатая, с иловатым дном.
9.	0,93	Старая кладка с болотистым дном, без мха и растений
10	1,22	Каменистый грунт, дно шириною 1,5 mtr. немного водяных растений; очень правильно и чисто исполненный земляной канал без растений.
11	1,67	Неправильно содержимая сухая кладка поросшая мхом и растениями, болотистое дно $>$ 1,5 mtr. Земляной канал, мало водяных растений
12.	2,44.	Земляной канал, много болотных растений, с болотистым дном, плохо содержимый, шириною не более 1,5 mtr.

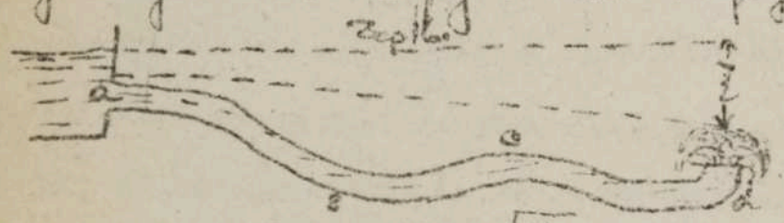
Когда падение J дано, то по формуле I получается скорость, но для этого нужно знать R, или что одно и тоже, должны быть известны размеры профиля. Так как цель расчета есть определение этих размеров, то приходится действовать по способу приближения, т.е. гидравлическим радиусом R задаются, определяют по I скорость v, по скорости площадь $F = \frac{Q}{v}$, после чего находят размеры профиля и повторяют расчет.

Движение воды в трубах.



Гр. 15.

Наблюдения показывают что приведенная выше формула $v = c\sqrt{RJ}$ выражающая зависимость между скоростью, падением и профилем, действительна для всякого напонения стояния как в случаи движения только под действием силы тяжести, так и в случаи движения воды в трубах под напором. Если обозначить длину $abcd$ трубопровода через l, а потерю напора вследствие трения воды о стенки через $\frac{z}{2}$, то подставив $\frac{\frac{z}{2}}{l} = J$ в выражение для v будем иметь



$v = c\sqrt{RJ} = \frac{100\sqrt{R}}{6+\sqrt{R}}\sqrt{R\frac{z}{l}}$.

Когда вода движется в круглой трубе под напором то все сечение будет заполнено и гидравлический радиус (гр 15) в этом случаи $= \frac{F}{P} = \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{\pi d} = \frac{d}{4}$; поэтому $v = \frac{100\sqrt{\frac{d}{4}}}{23+\sqrt{\frac{d}{4}}}\sqrt{\frac{d}{4}\cdot\frac{z}{l}}$ ....(α)

Для чугунных труб по предыдущей таблице $b = 0,27 - 0,35 - 0,45$. Всего чаще берут $b = 0,35$.

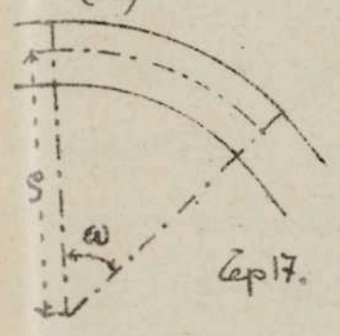
Из ур-ия (α) имеем $\frac{z}{l} = \frac{4v^2}{100\sqrt{d}+23\sqrt{d}}$; Когда скорость v, дана то расход $q = \frac{\pi d^2}{4}v$; откуда $d = \sqrt{\frac{4q}{\pi\cdot v}}$; Обыкновенно известна потеря напора $\frac{z}{l}$ или отношение $J = \frac{z}{l}$; тогда из ур-ия $q = \frac{\pi d^2}{4}v$ $v = \frac{4q}{\pi d^2}$ и так как $v = c\sqrt{RJ} = c\sqrt{\frac{d}{4}J}$; откуда $d = \frac{4v^2}{c^2 J}$; подставляя сюда v $d = \frac{4\left(\frac{4q}{\pi d^2}\right)^2}{c^2\frac{z}{l}}$. Отсюда $d = \sqrt[5]{\frac{64}{\pi^2}\frac{q^2}{c^2}\frac{l}{z}} = 1,45\sqrt[5]{\frac{q^2}{c^2}\frac{l}{z}}$ (M) (где q — в кубич. метрах) Если q — в литрах в секунду то $d = 0,092\sqrt[5]{\frac{q^2}{c^2}\frac{l}{z}}$.

Так как $c = \frac{100\sqrt{d}}{26+\sqrt{d}}$ – зависит от искомого діаметра d, то приходится действовать по способу приближения. Обыкновенно d определяют по формуле Дюбуа $d = 0{,}3\sqrt[5]{\frac{q^2}{J}}$; помощью этого d определяют c, затем вычисляют d по ур-ию (M) и повторяют расчеты. Скорость v в чугунных трубах не должна превышать 3 $\frac{mtr}{}$, так как большая скорость повреждает асфальтировку или окраску внутри трубы. Обыкновенно v не превышает $\frac{1}{20}$ метра, в большинстве же случаев она = 0,4 до 0,5 mtr.

Из Гидравлики известно что скорость v в трубе получается под напором $h = \frac{v^2}{2g}\left(1 + \zeta_0 + \zeta\frac{l}{d} + \zeta_m + \zeta_n\right)$, где ζ_0 – коэфт сопротивления при входе воды в провод, ζ – коэффициент трения в трубе, ζ_m – коэфт суммы потерянных напоров от закруглений, и ζ_n – коэфт суммы потерянных напоров от изменения сечения. Для длинных проводов величина $\zeta\frac{l}{d}$ настолько превосходит остальные, что ими можно пренебречь. Для ζ_0 принимают средним числом 0,03 – 0,05. Для определения величины ζ пользуются формулой Вейсбаха $\zeta = 0{,}01439 + \frac{0{,}00947}{\sqrt{v}}$ (v в mtr) или формулой Дарси $\zeta = 0{,}01989 + \frac{0{,}0005073}{\sqrt{d}}$. Prony, d'Aubisson и Eytelwein дают для определения ζ след. формулу $\zeta = \frac{\alpha}{v} + \beta$ где α и β имеют значения – по Eytelwein $\alpha = 0{,}0000894$; $\beta = 0{,}0011213$; Prony – $\alpha = 0{,}0000693$; $\beta = 0{,}001392$; d'Aubisson – $\alpha = 0{,}0000753$; $\beta = 0{,}00137$. По Цейнеру $\zeta = 0{,}0143312 + \frac{0{,}010327}{\sqrt{v}}$. Зная ζ, можно определить $\zeta_1 = \frac{v^2}{2g}\zeta\frac{l}{d}$)

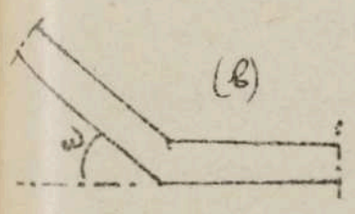
Определимъ сопротивление вследствие изменения направления.

(a)



Чер 17.

(b)



1) Кривая труба (чер. 17a). Если радіусъ искривления провода – ρ, его центральный уголъ ω и радіусъ трубы r, то потеря напора отъ искривления $\zeta_m = \zeta_m \frac{v^2}{2g}$. Коэф-тъ $\zeta_m = \left[0{,}131 + 1{,}847\left(\frac{r}{\rho}\right)^{\frac{7}{2}}\right]\frac{\omega}{90}$. Значения ζ_m для различных величинъ отношения $\frac{r}{\rho}$ даны въ слѣдующей таблицѣ. Для болѣе слабыхъ искривлений слѣдуетъ брать по Дюбуа Когда $\frac{r}{\rho} < 0{,}05$, то $\zeta_m = 0{,}00416\left(1 - \frac{r}{\rho}\right)\sqrt{\frac{r}{\rho}}$.

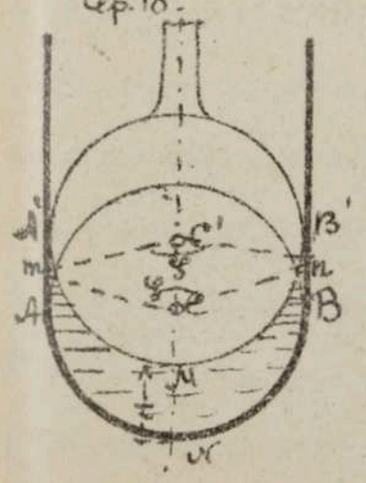
$\frac{r}{\rho}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ζ_m	0,131	0,138	0,158	0,206	0,294	0,440	0,661	0,977	1,408	1,979.

$\frac{r}{\rho}$	0,05	0,1	0,15	0,2
ζ_m	0,088	0,119	0,139	0,153.

2) Ломаныя трубы (колѣна) чер. 17(b). Въ этомъ случаѣ потеря напора по Вейсбаху вслѣдствіе измѣненія направленія на уголъ $\omega = \zeta_m = \zeta_m \frac{v^2}{2g}$. гдѣ величина $\zeta_m = \left(0{,}9457\sin^2\frac{\omega}{2} + 2{,}047\sin^4\frac{\omega}{2}\right)$. Это выраженіе дѣйствительно для трубъ которыхъ діаметръ $d \geq 30$ mm. Когда $d < 30$ mm, то ζ_n значительно больше.

Определимъ сопротивление вследствіи измѣненія сѣченія. Изъ гидравлики извѣстно, что если сѣченіе трубы f внезапно переходитъ въ большее сѣченіе F, то произведенная этимъ измѣненіемъ потеря напора будетъ: $\zeta_n = \left(\frac{F}{f} - 1\right)^2 \frac{v^2}{2g}$, слѣд. $\zeta_n = \left(\frac{F}{f} - 1\right)^2$. Въ водопроводахъ внезапныхъ измѣненій сѣченія не дѣлаютъ; этотъ же случай встрѣчается при устройствѣ задвижекъ, кранокъ и клапановъ. Эти случаи разсматриваются въ Гидравликѣ, поэтому мы разсмотримъ только задвижки цилиндрическихъ трубъ. (чер. 18).

Чер. 18.



Предполагаемъ, что скорость теченія воды по трубѣ при произвольномъ положеніи затвора – v, площадь свободной части поперечнаго сѣченія есть f, тогда при измѣненіи F въ f, а слѣд. и v, въ

(очевидно что при $F > f$ ... $v_1 < v$) потеря напора выразится такъ:
$z_n = \left(\frac{F}{f}-1\right)^2 \frac{v_1^2}{2g} = \left(\frac{f}{F}-1\right)^2 \frac{v^2}{2g}$; ибо $fv = Fv_1$ Пусть (гр. 18) C- центръ трубы; C_1- центръ задвижки; d - діаметръ трубы и t- высота поднятія задвижки. Вслѣдствіе сжатія струи въ углахъ A и B' заполненія не будетъ, и вода будетъ занимать площадь $mN n M = f$. f = площ. $mNnC$ + площ. $mCnC'$ − площ. $mMnC'$. Полагая $\Delta mC'n = \Delta mCn = S$, и сдѣлавъ приведеніе, получимъ $f = \frac{\pi d^2}{4}\left(1 - \frac{\varphi}{180}\right) + \frac{t}{2}\sqrt{d^2 - t^2}$. гдѣ $t = CC' = d \cdot \cos\frac{\varphi}{2}$: Площадь все F у насъ $= \frac{\pi d^2}{4}$; Отношеніе $\frac{f}{F} = 1 - \frac{\varphi}{180} + \frac{2t}{\pi d}\sqrt{1-\left(\frac{t}{d}\right)^2}$
Въ слѣдующей таблицѣ приведены значенія f для различныхъ t при діаметрѣ $d = 1$ и средней скорости въ полномъ сѣченіи F — $v = 1$, а также и соотвѣтственныя значенія z_n для различныхъ отношеній $\frac{f}{F}$

$t =$	$\frac{1}{64}$	$\frac{2}{64}$	$\frac{3}{64}$	$\frac{4}{64}$	$\frac{5}{64}$	$\frac{6}{64}$	$\frac{7}{64}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{7}{8}$
$f =$	0,015	0,031	0,047	0,06	0,076	0,093	0,109	0,125	0,247	0,366	0,478	0,581	0,672	0,714
$\frac{f}{F} =$	0,978	0,856	0,74	0,609	0,466	0,315	0,159.							
$z_n =$	0,07	0,20	0,81	2,06	5,52	17,0	97,8							

Если сѣченіе трубы уменьшается не внезапно, а постепенно, то сопротивленія значительно уменьшаются; при цѣлесообразныхъ устройствахъ расширенія, произведенная перемѣнной сѣченія потеря напора можетъ быть сдѣлана = 0. Да практикѣ въ длинномъ проводѣ, гдѣ потеря напора вслѣдствіе треній $z_l = \zeta \frac{l}{d}\frac{v^2}{2g}$ — очень велика сравнительно другими, достаточно полученную потерю напора, безъ принятія во вниманіе искривленій и развѣтвленій увеличить на 5 или на 10%.

Конструкція проводовъ.

Каналы. Они образуются простой выемкой по длинѣ провода. На основаніи вышесказаннаго о нихъ (стр. 33) они употребляются только при орошеніи и осушеніи полей но никакъ не при водопроводѣ. Въ водопроницаемомъ грунтѣ стѣнки и дно отдѣлываются битой глиной или каменной кладкой на цементномъ растворѣ.

Каналы. Каналы устраиваются изъ дерева, камня и др. матеріаловъ.

I) Деревянные каналы употребляются только при малыхъ сѣченіяхъ. Они дѣлаются изъ досокъ, которыя удерживаются на мѣстѣ сваями и болтами (фиг. 26). Вслѣдствіе того, что такіе каналы располагаются на поверхности земли, температура воды здѣсь мѣняется вмѣстѣ съ измѣненіемъ температуры воздуха; почему деревянные каналы не употребляются при водоснабженіи. Они устраиваются временно, какъ обходные каналы, при починкѣ главнаго канала.

II) Каменные каналы строятъ изъ тесоваго камня, бута, кирпича, или смѣшаннаго матеріала. Для водонепроницаемости, до высоты уровня воды ихъ штукатурятъ внутри цементомъ, а снаружи кладутъ слой битой глины, бетона и пр. Надъ проводомъ долженъ находиться слой земли, въ нашемъ климатѣ не менѣе 2½ фт. чтобы вода лѣтомъ не согрѣвалась а зимой не замерзала. Если проводъ на такую глубину не можетъ быть погруженъ въ грунтъ, то слѣдуетъ его покрыть насыпью (фиг. 28, 29). По формѣ каменные каналы бываютъ прямоугольные круглые и овальные. Прямоугольные каналы бываютъ покрытые плитами и

покрытые сводами. Покрытые плитами употребляются въ томъ случаѣ, когда отверстіе въ свѣту не превышаетъ 0,6 mtr (фиг. 27). Если обозначимъ ширину канала въ свѣту (въ c/m) черезъ l, толщину плитъ черезъ t, толщину вертикальныхъ стѣнокъ черезъ b, и высоту въ c/m черезъ h, то для опредѣленія этихъ размѣровъ служатъ слѣдующія эмпирическія формулы. $b = 50 + \frac{1}{6} h$ c/m. $t = 15 + 0{,}1\, l$ c/m.

Въ случаѣ канала покрытаго сводомъ, сводъ дѣлаютъ обыкновенно полукруглымъ, въ рѣдкихъ случаяхъ стрѣльчатымъ. Если l – отверстіе канала въ свѣту въ mtr. h – высота въ свѣту, b – средняя толщина опоръ и t – толщина свода, то для полукруглаго свода: b c/m $= 65 + 3(l^{mt})$ c/m $+ (h^{mt})$ c/m. t c/m $= 40 + 5(l^{mt})$ c/m. (Для возвышенныхъ сводовъ нужно брать 0,8 этихъ величинъ) При стрѣльчатыхъ сводахъ b c/m $= 65 + 1{,}5 \frac{l^{mt}}{5}$ c/m и t c/m $= 40 + 2{,}5 \frac{l^{2}{}^{mt}}{5}$ c/m. Приведенные размѣры предполагаютъ рыхлый грунтъ; въ болѣе прочномъ грунтѣ можно брать 0,75 отъ этихъ величинъ.

Круглые каналы (фиг. 28, 29) Они получаютъ круглое или эллиптическое сѣченіе. Весьма употребительны при слабомъ грунтѣ во Франціи, Англіи и Америкѣ. Когда діаметръ ихъ не болѣе 0,75 mtr., то они получаютъ толщину стѣнокъ въ пол-кирпича; при болѣе значительномъ діаметрѣ въ 1 кирпичъ. При очень мягкомъ грунтѣ они получаютъ каменное основаніе; въ рыхломъ или пучистомъ грунтѣ они требуютъ основанія на бетонѣ или бутовой кладкѣ. При очень малыхъ профиляхъ употребляютъ иногда чугунныя и цементныя трубы; чугунныя менѣе шероховаты, и потому лучше цементныхъ.

По величинѣ профиля каналы раздѣляются на а) недоступные каналы, получающіе такое сѣченіе, какое необходимо только для протока воды; ихъ слѣдуетъ употреблять при малыхъ расходахъ воды и тамъ, гдѣ вода имѣетъ такія свойства, что очистка канала не нужна. Примѣръ недоступнаго канала, овальнаго поп. сѣченія фиг. 28. в) доступные каналы, получающіе ширину не менѣе 60 c/m и высоту не менѣе 90 c/m; въ нихъ можетъ двигаться рабочій для очистки и починки. С) проходные каналы (фиг 3), снабженные банкетами, по которымъ можно проходить. Доступные и проходные каналы помѣщаютъ на разстояніяхъ около 300 mtr. входныя шахты, размѣрами отъ 70 – 90 c/m въ сторону квадрата; эти шахты идутъ до поверхности земли и тамъ закрываются плитами (фиг. 32, 33) Въ наинизшихъ мѣстахъ провода должны быть устроены спускныя отверстія, чтобы въ случаѣ надобности (чинки, чистки, осмотра и пр.) можно было опорожнить проводъ. Длинные проводы получаютъ черезъ каждые 1000 – 1500 mtr. вентиляціонныя трубы, которыя часто служатъ для контроля горизонта воды въ каналѣ. Иногда отъ главнаго провода развѣтвляются побочные, которые приводятъ къ нему, или отводятъ отъ него воду. Главный проводъ съ побочными вѣтвями долженъ всегда соединяться дугами круга, такъ какъ сопротивленіе при закругленіи менѣе сопротивленія при переломѣ. Ось закругленнаго канала должна быть касательной къ осямъ каналовъ главнаго и побочнаго.

На местах входа и выхода вытяжи нужны задвижки (α, β) (фиг. 37), чтобы возможно было изолировать от главного провода побочные. Также нужна задвижка а выше входа и задвижка в ниже входа побочной вытяжи, чтобы движение воды в главном или побочном проводе могло продолжаться, если некоторые отделы провода требуют опорожнивания или починки.

Если проводг состоитг изг каналовг, то какія бы домины, авраги и холмы не представляла собою местность, черезъ которую проходитг проводг, оси каналовг въ вертикальной проекціи почти всегда выражаются прямыми линіями подъ нѣкоторымъ угломъ къ горизонту α ($tg\alpha = \frac{h}{c} = i = 0{,}002 - 0{,}0047$). Такъ какъ надъ каналомъ должно находиться слой земли толщиною 2–2,5 mtr, то при пересѣченіи проводомъ домины или оврага, надъ каналомъ должна быть устроена насыпь, при пересѣченіи холма выемка. Для того, чтобы не дѣлать очень высокихъ насыпей, ихъ замѣняютъ акведуками.

Акведукъ представляетъ собою мостъ, состоящій (фиг. 36) изъ колоннъ перекрытыхъ сверху сводами; при большой глубинѣ оврага для полученія колоннъ меньшаго сѣченія ихъ соединяютъ вторыми аркадами на этомъ мосту и располагается проводной каналъ. При пересѣченіи домины небольшой глубины устраиваютъ сифонъ. Онъ состоитъ изъ трубъ, зарытыхъ въ землю на глубинѣ около 2,5 mtr, и лежащихъ приблизительно ∥ линіи пересѣченія вертикальной плоскости, проходящей черезъ сифонъ, съ поверхностью земли. (фиг. 36. С) Давленіе воды въ восходящей части сифона, вслѣдствіе потери напора на преодолѣніе сопротивленій отъ искривленій и треніе воды въ трубахъ, бываетъ недостаточнымъ для поднятія воды восходящей части сифона до той же высоты; поэтому восходящій конецъ сифона q долженъ быть ниже нисходящаго p на высоту равную $f = \frac{c}{d} + z_m$, гдѣ z_m потерянный напоръ отъ искривленій, а l – длина выпрямленныхъ трубъ. Чтобы не дѣлать большихъ выемокъ, вода черезъ высокіе холмы проводится штольнями. Штольни представляютъ собою каналъ-тунель круглаго, овальнаго. или показаннаго на фиг. 30, 31 сѣченія. Если штольня проходитъ въ скалистой мѣстности, но скалы имѣютъ трещины (водопроницаемы), то живое сѣченіе штольни обдѣлывается бутовой кладкой и штукатурится цементомъ.

Въ предыдущемъ случаѣ, когда каналъ переходитъ въ сифонъ, въ мѣстахъ перехода каналъ для увеличенія напора получаетъ углубленіе и углубленія, такъ что въ началѣ и концѣ сифона образуются особая камеры p и q; послѣдія отдѣляется отъ сифона заслонками; трубы соединяются съ камерами воронкообразными углубленіями. Камеры имѣютъ двойное дно (верхнее рѣшетчатое) для того, чтобы изъ отстаивающейся здѣсь воды примѣси не попадали въ сифонъ, а проваливались сквозь рѣшетчатое дно. Въ наинизшей точкѣ сифона устраивается спускной кранъ посредствомъ котораго въ случаѣ надобности можно опорожнить сифонъ. Если количество проводимой сифономъ воды большое, то онъ дѣлается

изъ двухъ или трехъ рядовъ трубъ.

Проводы изъ трубъ.

Трубы легко могутъ слѣдовать изгибамъ поверхности даже въ весьма неровной мѣстности. Глубина ихъ зарытія можетъ быть не больше той, которая опредѣлена предѣломъ промерзанія грунта, т.е около 2,5 mtr. Трубы обходятся поэтому дешевле канала и предпочитаются имъ всегда, когда количество воды не очень значительно. Неудобства употребленія трубъ слѣдующія: большая потеря напора, трудность открытія повреждѣнныхъ мѣстъ и трудность починокъ.

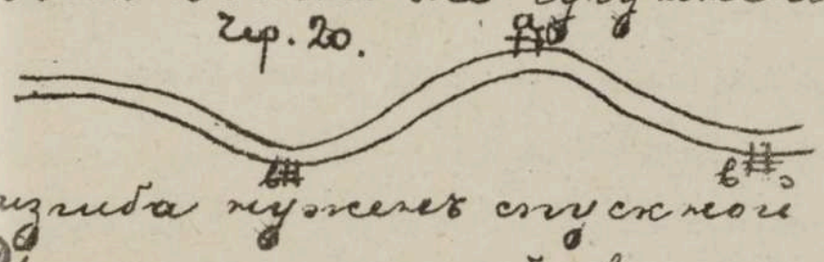
Проводъ устраивается такъ: А (фиг. 50) по трубѣ в вода поднимается въ находящееся въ недалекомъ отъ А разстояніи машинное зданіе В; проводъ отъ А до В называется всасывающимъ; изъ трубы В по трубамъ С вода поднимается въ высокій резервуаръ С; проводъ отъ В до С наз. нагнетательнымъ или напорнымъ.

Когда высота подъема всасывающаго провода больше 6 mtr (она можетъ достигать до 8 mtr; но на сопротивленіе идетъ приблизительно 2 mtr) а длина больше 16 mtr, то онъ получаетъ воздушный колпакъ, котораго объемъ = расходу воды въ минуту, а напорной проводъ получаетъ воздушный колоколъ = по объему удвоенному расходу воды въ минуту.

Вблизи машиннаго зданія всасывающій проводъ получаетъ задвижку, а вблизи мѣста полученія - клапанъ, чтобы предупредить обратное теченіе воды въ проводъ. Напорной проводъ у дна его воздушнаго колокола начинается воронкообразнымъ расширеніемъ трубы. На отводѣ мѣста онъ замыкается клапаномъ, который препятствуетъ обратному движенію воды въ напорный проводъ.

Въ рѣдкихъ случаяхъ употребляютъ деревянныя и чугунныя трубы, обыкновенно же чугунныя. На самомъ высокомъ мѣстѣ изгиба устраиваютъ воздушный вентиль а - для выпуска газовъ. На низкихъ мѣстахъ в, в, в.... каждаго изгиба нуженъ спускной кранъ. (чер. 20)

чер. 20.

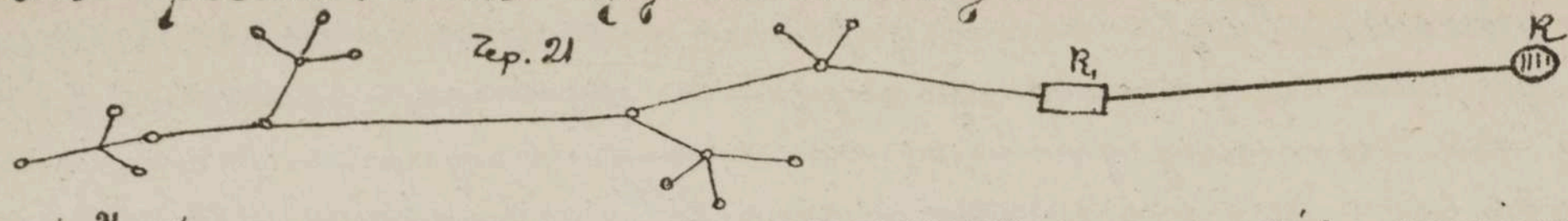


Иногда нужно бываетъ проводить воды черезъ весьма глубокія ущелья, въ такихъ случаяхъ, для избѣжанія очень большой потери напора отъ треній въ трубахъ, воду проводятъ по трубамъ, лежащимъ на каменныхъ или чугунныхъ опорахъ, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ черезъ такія ущелья перекидываются мосты и по нимъ располагаютъ трубы. Само собой разумѣется, что устройство высокихъ опоръ, а въ особенности перекидныхъ мостовъ обходится очень дорого, поэтому такія приспособленія употребляются только въ крайнихъ случаяхъ.

Особыя сооруженія при водоснабженіи изъ источниковъ.

Чтобы обращая изъ ключей вода не подвергалась вліянію температуры, вліянію воздуха, пыли и пр., водособирательныя

сооружения очищаются водяного камерою, въ которой вода изолируется отъ внѣшняго воздуха способствующаго органической окисли, а также и отъ просачиванія нарушенныхъ водъ.



На чер. 21. кружки означаютъ источники; тонкія линіи - водосборные проводы; R1 - водяную камеру, толстыя линіи - водопроводы отъ камеры къ водоприемному резервуару R, отъ котораго идетъ водопроводъ въ городъ.

Водяныя камеры малыхъ размѣровъ суть ничто иное, какъ колодцы діаметра 1-2-2,5 mtr. обдѣланные водонепроницаемой кладкой и покрытые сверху сводомъ. Когда количество воды большое, тогда они имѣютъ видъ цилиндрической или прямоугольной, покрытой сводомъ камеры имѣющей подобное устройство, какъ на (тб. 3, ф. 34.)

Здѣсь А-камера, К - проводъ отъ источниковъ, З - входъ въ камеру.

Если грунтъ имѣетъ такое свойство, что черезъ него въ камеру не можетъ, просачиваясь снизу, входить нечистая вода, то дно камеры можетъ быть открыто; въ противномъ случаѣ его нужно выложить кладкой на растворѣ или бетономъ.

Отдѣлочное дно должно всегда быть покрыто фильтрующимъ слоемъ. При большомъ давленіи снизу устраиваютъ обратный сводъ.

Подошва должна совпадать, какъ и въ собирательныхъ каналахъ съ водоносными слоемъ, содержащимъ воду, и высота воды никогда не должна быть выше горизонта натуральной воды. Надъ сводомъ долженъ быть слой земли не менѣе 1,5 mtr. Для входа въ камеру она имѣетъ со стороны дороги дверь въ тѣхъ случаяхъ, когда не стоитъ выходить наружу, въ противномъ же случаѣ входную шахту оканчиваютъ на поверхности земли люкомъ М, откуда входная шахта дѣлается сбоку L. При значительной глубинѣ камеры нужны для входа лѣстницы.

Въ камеру входятъ слѣдующія трубы:

1, собирательныя и другія каналы и трубы К, вводящія въ нее воду. Если вода приводится въ камеру трубой снизу N, то отверстіе трубы должно совпадать съ горизонтомъ воды въ камерѣ. Если же уровень воды въ камерѣ переменный, то отверстіе приводной трубы должно быть выше наивысшаго уровня воды.

2, Трубы или каналы N, отводящіе воду изъ камеры въ резервуаръ; они должны начинаться нѣсколько выше дна камеры.

3, Трубы или каналы х для спуска воды во время очистки.

4. Переливная труба, черезъ которую вода стекаетъ наружу, когда горизонтъ достигаетъ извѣстнаго предѣла (чтобы вода при совершенномъ наполненіи камеры не производила дав-

ления на свободу). Часто камера состоитъ изъ 2-хъ отдѣленій: 1, изъ водяной камеры, въ которую входитъ проводъ отъ источниковъ и которая снабжена переливомъ и 2, изъ передней камеры, имѣющей входную дверь, одинъ затворъ для впуска хлорной воды, другой затворъ для закрытія провода, ведущаго къ распредѣлительному резервуару.

Особыя сооруженія при снабженіи рѣчной водой.

При проводѣ каналами или трубами, безразлично, рѣчная вода получается изъ одного и того же мѣста. Воду изъ рѣки слѣдуетъ брать на такихъ мѣстахъ, гдѣ она менѣе всего загрязнена, т. е. на глубокихъ мѣстахъ, не близкихъ къ берегу и со средней скоростью теченія. Если взять воду съ такого мѣста, гдѣ теченіе слабое, то вода будетъ не достаточно свѣжа; если же провести воду изъ мѣста съ сильнымъ теченіемъ, то она послѣдняя можетъ повредить сооруженію провода и во всѣхъ случаяхъ, сильнымъ теченіемъ въ проводъ будетъ заноситься соръ. Проводъ долженъ быть расположенъ ниже горизонта низкихъ водъ рѣки, и въ случаѣ трубопровода - пріемникъ рѣчной воды - вертикальная труба b (таб. 3. фиг. 33), оканчивающаяся воронкообразнымъ расширеніемъ a на 20% ниже низкаго горизонта рѣчныхъ водъ kk. Для того чтобы слѣдующее не слишкомъ трубопровода, передъ пріемникомъ ставятъ сѣтку Дельфтена ?.

Дельфтенъ представляетъ собою круглую, каменную, полукруглую сводомъ бесѣдку съ довольно узкими окнами. Чтобы въ проводъ не попадалъ крупный соръ, какъ окна дельфтена, такъ и воронка пріемника трубопровода, закрываются металлическими сѣтками. Каменные водопроводные каналы оканчиваются въ окнахъ такими на возможно глубокомъ мѣстѣ.

На (фиг. 42,) представлено такое устройство: K - проводъ сводящій воду изъ рѣки; S - машина въ которой устроенъ затворъ b, a береговая стѣна. Такимъ же образомъ берутъ воду изъ прудовъ, озеръ и пр. при чемъ всѣ водопроводы рѣчной воды требуютъ фильтрованія для ея очистки, устройство, которыхъ было описано ранѣе.

Регулированіе притока воды.

Въ разныя времена источники водоснабженія даютъ неодинаковое количество воды. Такъ рѣки въ засушливые мѣсяцы года, вслѣдствіе сильнаго испаренія даютъ менѣе, чѣмъ въ остальное время года; горные же источники образующіеся отъ таянія ледниковъ, даютъ воды больше, чѣмъ зимой; грунтовыя жилы всего больше даютъ воды весной, когда таетъ снѣгъ.

Сколько и когда даетъ источникъ воды узнаютъ изъ измѣреній и наблюденій, которыя продолжаются для каждаго источника не менѣе одного года. Съ другой стороны расходъ воды, потребный для удовлетворенія нуждъ даннаго города, какъ его знаемъ мѣс-

менся не только по числу суток, но даже по часам и часам. Конечно, может быть, да по большей части так и бывает, что приток воды в источниках не совпадает за такое время с расходом воды в городе.

Поэтому, чтобы город не финковал в нужное время остался без воды, в нем должны быть построены резервуары, в которых бы хранилась вода, собираемая в то время, когда источник дает больше воды, чем может потребить город. Этот излишек воды израсходуется за то время когда расход города будет превышать приток воды в источниках. Обыкновенно объем резервуара рассчитывается так, чтобы в нем было не менее 30% суточного расхода воды в городе. Иногда его емкость доходит максимально до 80% (30% здесь прибавляется для тушения пожаров) или даже до 100%, т.е. на полный расход.

Распределение воды.

Вода раздается жителям тремя способами.

1) Система непрерывного разбора

При этой системе под-дь в сутки доставляется равномерно по трубам наибольший суточный расход, так что каждый час по трубам протекает: $M = \frac{Q N}{24}$, где Q = 100-160 литров, а N число жителей. Но так как в часы наибольшего расхода, расход $M_{max} = 2M$ приблизительно, то в каждом доме устанавливается резервуар вместимостью = $\frac{Q'n}{2}$, т.е половине суточного потребления данного дома (n - число жителей в доме). Эти резервуары наполняются ночью (во время слабого разбора), вследствие чего здесь вода несколько застаивается и теряет свежесть. В этой системе как видно не надо большого запасного резервуара, а трубы можно брать прямо из водовода от источника в город, но зато в каждом доме слабый резервуар и поэтому в общем она обходится дороже чем с резервуаром.

2) Система неограниченного разбора

Система эта доставляет максимальное количество воды в каждый час. При этом может быть два случая. Может быть потребитель запасный резервуар, в который вода доставляется равномерно, а из него идет по большим трубам, рассчитан на max-ный часовой расход; или же резервуара нет и значит, все трубы рассчитаны на max-ный часовой расход. Первое устройство лучше в том отношении, что при захоронении кранов происходящий удар в первом случае слабее, чем во втором, ибо масса воды меньше. Эта система тем не менее удобна, что при захоронении кранов происходит удар и повреждает водопровод. Но вследствие того, что здесь вода получается всегда свежая, она более других может употребляться и поэтому все более и более распространяется.

Наименьшее неудобство состоит еще въ томъ, что трубы испытываютъ различное давленіе, вследствіе разнаго часоваго расхода: въ часы наибольшаго расхода - наименьшее въ часы наименьшаго - наибольшее (можно)

Англійская система

2 Система неограниченнаго разбора

При этой системѣ въ каждомъ домѣ устраиваютъ резервуаръ, объемъ котораго = суточному расходу дома. Здѣсь эти резервуары наполняются въ одинъ часъ, обыкновенно въ 10 час утра, а затѣмъ потребители пользуются изъ домашнихъ резервуаровъ застоявшейся водой. Эта система практикуется тамъ, гдѣ водопроводъ есть собственность частныхъ лицъ и компаній, такъ какъ только при этой системѣ можно взять больше, чѣмъ условлено по контракту.

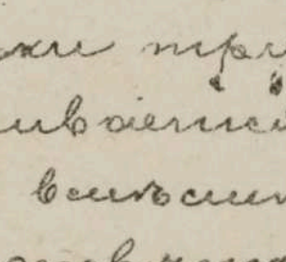
Трубы проводятъ изъ магазиновъ въ домашніе резервуары въ краяхъ и канавахъ, а чтобы не было злоупотребленій иногда ставятъ для счета проходящей воды водомеры; это дѣлается впрочемъ рѣдко такъ какъ счетчики очень дороги. Эта система дороже предыдущей, такъ какъ въ каждомъ домѣ устраиваютъ резервуаръ значительныхъ размѣровъ, хотя высокій резервуаръ получается нѣсколько меньше. При наполненіи водой по этой системѣ, городъ по высотѣ иногда раздѣляется на зоны. Сперва вода наполняетъ низменную зону и когда въ ней всѣ домашніе резервуары будутъ наполнены, дѣйствіе машинъ увеличиваютъ и вода наполняетъ слѣдующую зону, при чемъ давленіе на нижнія трубы почти не измѣняется. Для большей экономіи устраиваютъ дарового раздачу воды изъ устьевъ бассейновъ, сидящихъ высоко въ горахъ и укрѣпленныхъ города. Въ нихъ бассейнахъ соотвѣтственный уровень входитъ отводная труба посредствомъ которой излишекъ воды въ часы малаго расхода спускаютъ обратно въ водопроводъ.

Устройство водопроводной сѣти.

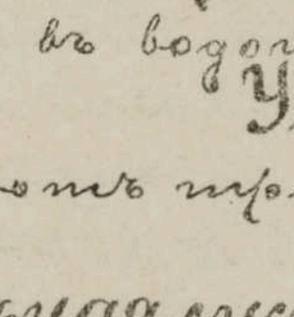
Различаютъ три системы устройства водопроводной сѣти внутри города.

Радіальная система. При этой системѣ резервуары находятся или въ срединѣ города, или они могутъ находиться и за городомъ тогда въ срединѣ города устраиваютъ запасный резервуаръ. Улицы города идутъ по радіусамъ; по этимъ улицамъ проложатъ трубы распредѣляющія воду; эти трубы идутъ отвѣтвленіями по переулкамъ, какъ показываетъ чер. 22. рѕ - черта города, Z - резервуары, a-в трубы

Чер. 22.



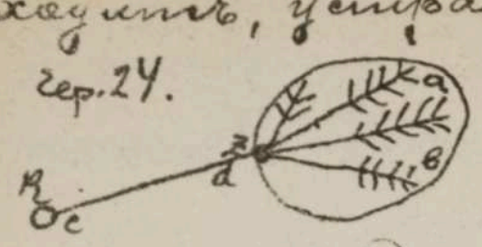
Чер. 23.



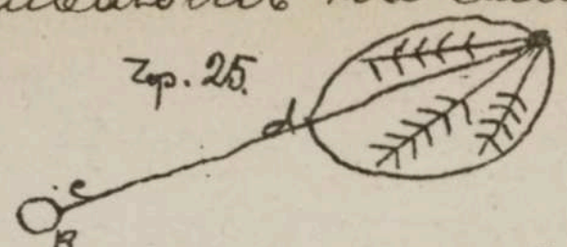
съ отвѣтвленіями или чер 23. Z - резервуаръ, R - насосныя, cd - труба одинаковаго діаметра приводящая воду въ резервуаръ.

Если городъ расположенъ на покатости, то такое устройство неудобно: пришлось бы затрачивать лишнюю работу на подъемъ воды. Въ такомъ случаѣ центръ изъ котораго вода вы-

ходить, устраиваются на высшей окраине города, как показано



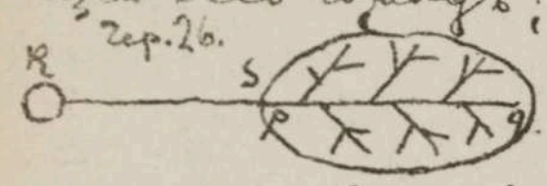
гер. 24.



гр. 25.

на гер. 24. 25: K - источник, k - резервуар, a, b - трубы, подающие воду, cd - труба отъ источника до резервуара. Эта система удобна тѣмъ, что функционированіе сосѣдочего въ одномъ пунктѣ; но тѣмъ если понять какая нибудь труба, то это нисколько не отзывается на другихъ трубахъ: какъ только сообщить ее съ водопроводомъ и удалить помпу

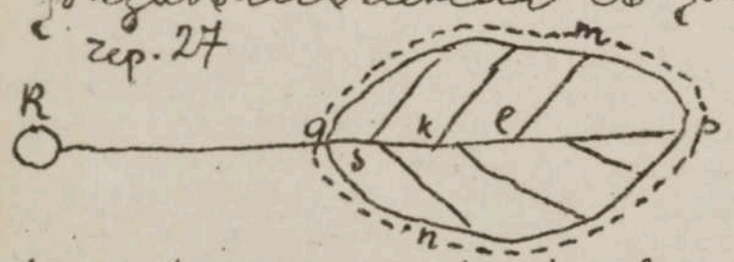
Система развѣтвленія Главная труба проходитъ по улицѣ перескающей весь городъ; отъ нея отвѣтвляются на стѣны ея перекрытія со другими улицами (гер. 26.) и передаетъ имъ



гер. 26.

побочныя трубы отъ которыхъ въ свою очередь идутъ трубы развѣтвленія. Діаметръ главной трубы отъ K до S постепенно а отъ S до q отъ увеличивается соотвѣтственно количеству воды.

Надобенъ этой системы состоитъ въ томъ, что при порчѣ данной трубы на какомъ нибудь участкѣ, всѣ выѣзды, выходящіе изъ этого участка остаются безъ воды; неравномѣрность расхода происходящаяся отъ безпрестанныхъ колебаній давленія въ трубахъ, тѣмъ что радіальной системѣ. Въ участкахъ города, въ которыхъ улицы выходятъ изъ одной общей точки, можно соединить систему развѣтвленія съ радіальной системой. 3) *Циркуляціонная система* гер. 27

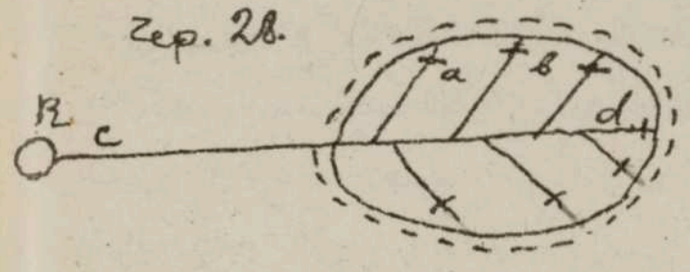


Эта система можетъ быть употребляема при обѣихъ выше упомянутыхъ. Напр. система развѣтвленія получаетъ по перпендикулярной городъ непрерывную трубу длин, въ которую входятъ побочныя выѣзды. Такимъ образомъ каждый выѣздъ можетъ получить воду и отъ главной трубы этой трубы длин. Повреждение главной трубы на какомъ нибудь участкѣ не лишаетъ города по-этому никакого вліянія на доставку воды, а также и колебанія давленія въ трубахъ при этой системѣ значительно слабѣе. При циркуляціонной системѣ не рѣдко случается, что въ нѣкоторыхъ участкахъ, вслѣдствіе малаго употребленія, вода застаивается, такъ напр. если въ участкахъ K и e. сильно потребляютъ воду, то между ними вода будетъ имѣть очень медленное и будетъ застаиваться, если эти пункты перестаютъ, то и осадокъ будетъ перемѣщаться, вслѣдствіе чего во всякой части выѣзда можетъ получиться мутная вода. Это неудобство устраняется спомощью промываній трубъ посредствомъ спусковъ кранова, устроенныхъ въ этихъ участкахъ. При ключевой водѣ осадки бываютъ незначительны поэтому упомянутое неудобство менѣе чувствительно. При системѣ развѣтвленія вода можетъ застаиваться только въ конечныхъ частяхъ трубы, что легко устраняется открытіемъ кранова, которые всегда находятся на концахъ трубъ. Промываніе трубъ здѣсь всегда бываетъ совершенно, потому что вода движется по опредѣленному направленію, между тѣмъ какъ при циркуляціи

ной системы направление течения до узловой точки неопределенно. Чтобы быть свободным отъ этого недостатка, циркуляционная система получаетъ нѣкоторыя измѣненія; по виду этихъ измѣненій различаютъ слѣдующіе три рода сложныхъ циркуляціонныхъ системъ.

а) Альтернативная система.

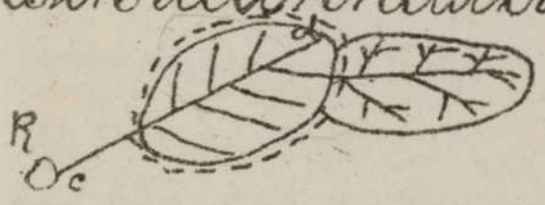
Чер. 28.



есть обыкновенная циркуляціонная система (чер. 28) съ задвижками на соотвѣтственныхъ концахъ трубъ. Эта система при закрытыхъ задвижкахъ дѣйствуетъ такимъ же образомъ, какъ и система развѣтвленія (вода течетъ по опредѣленному направленію), но въ случаѣ надобности, какъ напр. при исключеніи нѣкоторыхъ трубъ для починки или во время пожара, циркуляція можетъ быть возставлена открытіемъ задвижекъ. Отличіе этой системы отъ простой циркуляціонной системы только въ уходѣ, но не въ устройствѣ.

2) Смѣшанная система. Только внутренняя часть города получаетъ

Чер. 29.

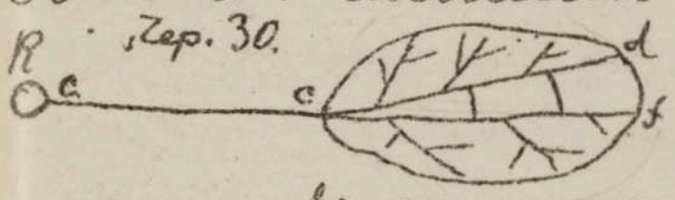


кольцо (чер. 29.), а внѣшнія части (предмѣстья) будутъ простая развѣтвленія.

3) Система развѣтвленія со вспомогательной циркуляціей

Въ этой системѣ двѣ главныя трубы d и f, между которыми устроена соединительная труба, такъ что она

Чер. 30.



какъ бы дѣйствуетъ, какъ циркуляціонная система; въ остальномъ она дѣйствуетъ какъ система развѣтвленія, какъ показываетъ чер. 30. Простая система развѣтвленія можетъ быть употреблена въ такихъ городахъ и такъ гдѣ водопроводъ проводитъ воду для питья; для большихъ же городовъ она не годится. Которой изъ другихъ системъ слѣдуетъ въ данномъ случаѣ отдать предпочтеніе зависитъ отъ сложности абсолютно. Циркуляціонная система отличается еще тѣмъ удобствомъ, что она всего легче допускаетъ уширеніе сѣти, но она требуетъ большаго числа трубъ и задвижекъ, чѣмъ система развѣтвленія, что составляетъ причину, по которой послѣдняя, не смотря на ея несовершенства встрѣчается во многихъ городахъ.

Напорныя зоны.

При проектированіи водопровода для города расположеннаго на неравной мѣстности, важное значеніе имѣетъ вопросъ: какъ слѣдуетъ поступить, чтобы на всѣхъ мѣстахъ потребленія давленіе въ трубахъ было почти одинаково. Рѣшеніе этого вопроса будетъ различно, смотря потому, достовляетъ ли вода городу: посредствомъ уравнительнаго (собственнымъ вѣсомъ) или помощью насосовъ.

1) Вода доставляется самотекомъ изъ одного водосборнаго бассейна

Положимъ, что городъ занимаетъ заштрихованную часть поверхности (таб. 4. фиг. 43). Резервуаръ находится въ I. Если проведемъ черезъ уровень резервуара горизонтальную плоскость и будемъ отмѣчать

отъ этой плоскости вертикально вверхъ, по направленію кривизны трубы, соотвѣтствующія точкамъ напора, то получимъ кривую линію оканчивающуюся отъ цѣлой, которой вертикальная проекція будетъ Iв, пересѣкающую поверхность города въ a_1 и b_1. Это и есть линія напора, до которой вода можетъ подняться, а посему домы, расположенные выше линіи $a_1 b_1$, могутъ получать воду только ночью, когда расходъ воды очень малъ и скорости въ трубахъ приближаются къ нулю, вслѣдствіе чего и сопротивленія въ трубахъ уменьшаются ибо они равны $\frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$, т.е. прямо пропорціонально скорости и съ уменьшеніемъ ея уменьшаются. Когда же скорость сдѣлается равной нулю, то вода будетъ стоять на одномъ горизонтѣ. Обыкновенно оканчиваются еще болѣе небольшой напоръ при расположеніи резервуара въ II, котораго напорная линія $II b_2$ пересѣкаетъ городъ въ a_2 и b_2. Въ такомъ случаѣ для болѣе равномѣрнаго распредѣленія напора въ городѣ устраиваютъ два резервуара въ I, а другой (запасный или высокій резервуаръ) въ III и тогда часть воды изъ I резервуара будетъ проходить не прямо въ водопроводную сѣть, но въ резервуаръ III. При употребленіи того же провода, что и прежде, напорная линія, вслѣдствіе уменьшенія скорости въ трубахъ (которыя теперь будутъ доставлять гораздо среднее количество часовое, между тѣмъ какъ прежде они доставляли максимальное часовое количество) получитъ болѣе пологое направленіе I III, а отъ III пойдетъ далѣе по линіи IIIa. Распредѣленіе давленія во всемъ проводѣ по городу будетъ теперь болѣе равномѣрно, чѣмъ въ предъидущемъ случаѣ. Теперь, если мы проведемъ воду изъ резервуара III такъ что она будетъ доставляться и въ верхнюю и въ нижнюю городъ одной трубой, то можетъ случиться, что во время незначительно большаго расхода въ нижней части города въ верхнюю часть попадетъ очень мало воды. Поэтому будетъ цѣлесообразнѣе построить такъ для верхняго, такъ и для нижняго города отъ резервуара III - особые проводы q, r и s. Если теперь вслѣдствіе большаго расхода въ нижнемъ городѣ, напорная линія трубы q - r понизится до r, то для верхняго города это не имѣетъ никакого значенія. Получающіяся такимъ образомъ двѣ части города называются зонами, верхней и нижней. Чтобы при порчѣ резервуара III городъ не остался безъ воды, устраиваютъ соединительную вѣтвь p, посредствомъ которой вода изъ I можетъ прямо переходить въ pq и ps. При такомъ устройствѣ трубы нижней зоны подвергаются значительному давленію, поэтому трубы должны быть значительно и сооруженіе ихъ бываетъ затруднительно. Но высокое давленіе всегда полезно для тушенія пожаровъ, а также и потому, что вода можетъ быть употребляема для водянаго движенія. Но если это давленіе переходитъ извѣстный предѣлъ, то можетъ оказаться удобнымъ раздѣлить

города на зоны съ особыми резервуарами для каждой, что однако повлечетъ то неудобство, что потребуетъ болѣе сложнаго ухода. Иногда при употребленіи отдѣльныхъ зонъ устраиваютъ ихъ такимъ образомъ, чтобы въ случаѣ пожара, низшія зоны могли быть соединены съ верхней, но тогда трубы должны покрыть такую толщу, какъ если бы была одна зона.

Вода доставляется нѣсколькими резервуарами находящимися на разныхъ высотахъ.

Въ этомъ случаѣ городъ дѣлится горизонтальными плоскостями на нѣсколько частей и каждая часть получаетъ свой отдѣльный резервуаръ. Высота этихъ зонъ опредѣляется изъ слѣдующаго соображенія. Максимальное давленіе, какое могутъ подвергаться трубы, равно 8-10 атмосферамъ, что соотвѣтствуетъ высотѣ $H = 80-100$ mtr. Такимъ образомъ отъ самой низшей части города, вездѣ гдѣ водопроводной сѣти откладываемъ вверхъ $H = 80-100$ mtr (фиг 44) и получаемъ плоскость MM_1, въ этой плоскости MM_1 должемъ имѣть наивысшій уровень резервуара R_1, питающаго нашу низшую зону. Откладывая отъ уровня MM_1, какъ и прежде, вредныя сопротивленія j, получимъ плоскость напора MK. Но отъ плоскости MK надо отложить еще высоту N - наибольшей возвышенности низшей части города, такъ чтобы вода могла подниматься до этой высоты. Тогда городъ линіей $ABCD$ будетъ раздѣленъ на 2 части, низшая будетъ питаться водой, доставляемой резервуаромъ R_1. Такимъ образомъ мы получимъ первую зону. Для полученія второй зоны отложимъ отъ низшей точки верхняго предѣла первой зоны D туже высоту N и проведемъ горизонталь PP_1, получимъ наивысшій уровень второго резервуара R_2. Поступая далѣе такимъ же образомъ, какъ и для первой зоны, получимъ предѣлы второй зоны EFG и $ABCD$. Если въ городѣ есть мѣста, еще выше лежащія, то устраиваютъ третью зону и т. д. Можетъ случиться, что выше плоскости EFG (сверхъ предѣла 2-ой зоны) останется невысокій участокъ города, устройство отдѣльной зоны для котораго было бы слишкомъ затруднительно (дорого), но этотъ участокъ присоединяютъ ко второй зонѣ. Хотя такимъ и будетъ довольно незначительное давленіе, но отъ этого присоединенія стараются запасаться водою ночью, когда напоръ значительно увеличенъ. Для этого выше лежащаго участка не устраиваютъ отдѣльнаго провода, но пользуются тѣмъ же, что и для всей зоны. Впрочемъ, для близко лежащей части къ резервуару, какъ напр. у насъ части выше EF устраиваютъ и отдѣльный проводъ. Такимъ образомъ раздѣливъ городъ на зоны, мы достигаемъ одинаковаго напряженія трубъ и равномѣрности распредѣленія напора. Приступая къ зонамъ мы должны обратить особенное вниманіе на верхній резервуаръ. Онъ долженъ вмѣщать въ себѣ не только то количество воды, которое потребно для его зоны, но еще и то, которое нужно бываетъ въ экстраординарныхъ случаяхъ (напр. въ случаѣ пожаровъ) для всего города, почему верхній резервуаръ долженъ быть соединенъ со всѣми остальными. Это соединеніе можетъ произойти или послѣдовательно одной главной трубой и отвѣтвленій отъ нея для каждаго резервуара или посредствомъ отдѣльныхъ трубъ. Послѣднее удобнѣе.

3) **При водоснабженіи посредствомъ насосовъ** дѣленіе на зоны еще болѣе важно, чѣмъ при употребленіи высокихъ резервуаровъ, такъ какъ тяжелыя

образомъ при раздѣленіи можно достигнуть весьма большого сбереженія помпажа. При устройствѣ съ одними только насосами (фиг 45) можно устроить общую трубу и тогда при всѣхъ кранахъ C_1 и C_2 находящихся въ разныхъ положеніяхъ, что неудобно для управленія. При такомъ устройствѣ отказа наносимъ низкій резервуаръ R_1, запасомъ закрываемымъ кранъ C_1 и открываемымъ C_2 и наносимымъ R_2. Для того, чтобы не могъ произойти разрывъ трубъ при повышеніи давленія, вслѣдствіе закрытыхъ кранов, что можетъ случиться и дѣйствительно, или вслѣдствіе слишкомъ сильнаго повышенія уровня въ резервуарѣ R_2 въ то время, когда приходъ воды повышаетъ расходъ, вертикальная труба вверху при D открыта, такъ что вода можетъ выливаться наружу. Болѣе удобно и надежно устройство (фиг 46), такъ какъ при немъ краны C_1 и C_2 могутъ быть помѣщены въ машинномъ зданіи P и тамъ можно одному человѣку одновременно управлять. Вообще необходимо каждый резервуаръ послѣдняго особый насосъ (фиг 47, таб. 6), чтобы можно было непрерывно питать оба резервуара, вслѣдствіе чего ихъ объемы могутъ быть меньше. Послѣднее устройство употребляется чаще другихъ. Въ Лондонѣ каждое зданіе имѣетъ свой резервуаръ, помѣщая по высотѣ расположенія этихъ резервуаровъ, городъ раздѣленъ на зоны, въ опредѣленное время для наполненія резервуаровъ нижней зоны, запасомъ, соотвѣтственно повышаетъ давленіе насосовъ, резервуаровъ и слѣдующей зоны и т. д. Если одна зона состоитъ изъ нѣсколькихъ другъ отъ друга разъединенныхъ участковъ, то можетъ оказаться выгоднымъ провести отъ главнаго зданія каждому участку особую главную трубу или даже смотря по обстоятельствамъ для каждаго участка построить особое главное зданіе. Также можетъ иногда оказаться цѣлесообразнымъ раздѣлить главное устройство горизонтальными плоскостями на отдѣльныя другъ отъ друга насосныя станціи, какъ это показано на (фиг. 48). При такомъ устройствѣ нижній насосъ долженъ качать воду для всѣхъ резервуаровъ; слѣдующій насосъ для всѣхъ резервуаровъ, находящихся выше 1-ой зоны и

Водоснабженіе большихъ городовъ.

Въ большихъ городахъ оказывается часто выгоднымъ устраивать нѣсколько высокихъ резервуаровъ, такъ какъ тамъ достигаются лучшія распредѣленія давленій и сбереженія матеріала проводовъ. Весьма часто городъ бываетъ окруженъ болѣе или менѣе значительными возвышеніями, на которыхъ они и помѣщаются и расположены (фиг 49). При доставкѣ воды изъ одной только скважины отъ резервуара R_1 можетъ получиться магистраль $R_1 a$, весьма не выгодная для противоположнаго участка города, особенно въ часы максимальнаго расхода въ часы пожара, ближайшій къ резервуару R_1; отъ линіи $R_1 a$ можетъ сдѣлаться болѣе выгодной только при уменьшеніи скорости или большихъ діаметровъ трубъ, что очевидно неудобно. Но если устроить на другой сторонѣ города второй резервуаръ R_2 называемый контррезервуаромъ

и соединить его съ главнымъ резервуаромъ R_1 посредствомъ главнаго водовода $R_1 p R_2$, причемъ R_2 будетъ расположенъ ниже R_1 на высоту $R_1 R_2$ не смотря на соотвѣтствующей потери напора на протяженіи $R_1 R_2$ только въ соединяющей трубѣ, но во время слабаго напора воды т.е. ночью, когда линія напора приблизится къ горизонтали, контръ-резервуаръ будетъ наполняться водой изъ главнаго резервуара. Такая вода имѣетъ слабую сообщительную потерю напора на протяженіи $R_2 a_2$, вслѣдствіе этого линія $R_1 a$ получитъ болѣе выгодное положеніе $R_1 a_1$. При расчетѣ контръ-резервуаровъ принимаютъ во вниманіе увеличеніе населенія въ будущемъ. Вслѣдствіе этого въ тѣ часы, когда расходъ водовода въ городъ контръ-резервуаръ имѣетъ наполняться водой, онъ имѣетъ главнаго и спускаетъ изъ него воду въ городъ, что дѣлается большею частью только въ опредѣленные часы дня, или иногда употребляютъ его воду, какъ запасъ на случай, когда притокъ изъ R_1 прекратится или окажется недостаточнымъ. Въ этомъ случаѣ и часть города со стороны R_1 имѣетъ получать воду отъ R_2 съ минимальной линіей $R_2 a_3$, такъ что проводъ $R_1 p R_2$ соединенъ. Оба резервуара имѣютъ наивыгоднѣйшее положеніе, если соединяющая ихъ прямая совпадаетъ съ продольной осью плана города. Если имѣются два провода въ противоположныхъ сторонахъ города такой величины, что одного резервуара вообще для нихъ недостаточно, но устройство двухъ резервуаровъ будетъ имѣть слишкомъ большое значеніе, что послѣдствіемъ соединенія ихъ трубой достигаются и тѣ удобства, какія имѣются при устройствѣ главнаго резервуара и контръ-резервуара. Вообще стараются устраивать водоснабженія въ большихъ городахъ такимъ образомъ, что сходныя по положенію и слѣдующія одна за другою кварталы города соединяютъ въ особые участки; каждый такой участокъ снабжаютъ особымъ высокимъ резервуаромъ: эти резервуары соотвѣтственно соединяютъ слѣдующій одинъ за другимъ, чтобы въ случаѣ надобности одинъ резервуаръ могъ помогать другому и чтобы было возможно регулировать давленіе. Резервуары располагаютъ по возможности ближайшихъ къ городу возвышенностяхъ, потому что устройство ихъ внутри города обходится обыкновенно слишкомъ дорого.

Опредѣленіе количества насосовъ и силы машины.

Опредѣлимъ теперь по данному количеству необходимое число насосовъ и силу машины, нужную для приведенія этихъ насосовъ въ дѣйствіе.

Пусть L (чер. 51) будетъ рѣка изъ которой вода получается для города и AB ея наименьшій уровень; при данномъ предположеніи потребна будетъ наибольшая работа. Изъ рѣки вода течетъ благодаря собственной тяжести въ резервуаръ F; уровень въ резервуарѣ вслѣдствіе сопротивленій по дорогѣ отъ рѣки къ резервуару будетъ ниже, чѣмъ въ рѣкѣ на высоту h_1, а наименьшій на высоту h_2, такъ что CD наименьшій уровень резервуара F. Изъ резервуара F вода качается насосомъ K въ верхній резервуаръ A помощью трубы. При обозначеніяхъ, данныхъ на чертежѣ, полная высота напора

будетъ $H = H_1 + h_0 + h_z$, гдѣ h_z - потеря высоты отъ всѣхъ видовъ сопротивленій. Разбираемся нѣсколько подробнѣе и опредѣлимъ высоту, на которую насосъ можетъ всасывать. Обозначимъ разстояніе между средними положеніями поршня и уровнемъ воды въ резервуарѣ буквою a, тогда полная высота всасыванія будетъ равна $a + h_s + h_p + h_m$, здѣсь h_s - потеря высоты отъ сопротивленія при движеніи во всасывающей трубѣ, h_m - въ самомъ цилиндрѣ и h_p отъ конструкціи; высота всасыванія, какъ извѣстно не должна быть болѣе 10 mtr, значитъ $a + h_s + h_p + h_m = 10$ mtr. соотвѣтственно, дѣйствительная высота всасыванія: $a = 10^{mtr} - h_p - h_m - h_p$. Если обозначимъ $10^{mtr} - h_m - h_p = h_a = 6-8^{mtr}$ то $a = h_a - h_s$ Такимъ образомъ опредѣлится всасывающая высота всасыванія. Обозначивъ теперь высоту нагнетанія черезъ h_z и потерю высоты отъ сопротивленій въ нагнетательной трубѣ черезъ h_d, получимъ полную высоту подъема $H = a + h_s + h_m + h_p + h_z + h_d$ Должная, или количество жидкости, подлежащее въ секунду - q и плотность жидкости = δ, найдемъ вѣсъ жидкости = δq, а работа при подъемѣ на высоту H будетъ $L = \delta . q H$ или въ лошадиныхъ силахъ $\frac{\delta . q . H}{75} = Ne$ Въ сутки эта теоретическая работа выразится формулой $Ne = \frac{\delta . Q . H}{75}$, гдѣ Q - суточный расходъ. Давая прибавленіе на вредныя сопротивленія въ самой машинѣ получимъ: $\frac{\delta . Q . H}{75} = \alpha Ne = N_1$, принимая $\alpha = 1,25$. Это выраженіе полезной работы, или движенія передается непосредственно отъ парового цилиндра насосному; если же есть передача, то оно умножится еще на β ?, идущее на вредныя сопротивленія въ передачѣ и тогда будетъ полезно $N_1 = \alpha \beta N$. Такимъ образомъ опредѣлится сила машины; но какъ ея можно будетъ опредѣлить только по эксплоатаціи. Именно, если 1 сила въ часъ будетъ C куб. футъ, то на N_1 надо будетъ $C N_1$, а если насосъ работаетъ по 4×24 часовъ въ сутки, гдѣ $4\beta = \frac{\text{число работающихъ въ сутки}}{24}$, т.е. отношеніе числа рабочихъ часовъ къ 24, то расходъ угля въ сутки $= C \times N_1 \times 4\beta \times 24$.

Опредѣливъ теперь число насосовъ и діаметръ поршней. Пусть F - сумма площадей всѣхъ насосовъ, S - ходъ поршня - одинаковый, конечно, для всѣхъ насосовъ и Qd подлежащее количество воды въ сутки. За два хода поршня подлежащей тогда $d . 2 FS$; гдѣ d - коэф. наполненія насоса (величина, равная приблизительно 0,9-0,95) За n двойныхъ оборотовъ въ минуту подлежащее количество $d . 2 F.S.n$ или въ часъ $d . 2 FS n . 60$ и наконецъ въ сутки $d . 2 F n 60 \varphi . 24$, (если работаетъ $\varphi 24$ ч) и это будетъ равно $d 2 FS n 60 \varphi 24 = Qd$. Но $\frac{2nS}{60} = v$, а потому $d F 60 \varphi 24 . 60 . v = Qd$ или такъ $d Fv = Q, t = \frac{Qd}{60 . 60 \varphi . 24}$ ..... (a) По секундному расходу или числу опредѣлимъ діаметръ насосовъ, именно $F = \frac{Q_1}{d . v} = i \frac{\pi D^2}{4}$, гдѣ i число насосовъ. Отсюда $D = \sqrt{\frac{4 Q_1}{d i v \pi}}$ или $D = \sqrt{\frac{4F}{\pi i}}$ Въ этой формулѣ у насъ все извѣстно, ибо ежесекундно v обыкновенно задается, принимая, какъ самое выгодное, $v = 1^{mtr}$, числомъ насосовъ i также задаются; а какъ уже дано и наконецъ Q_1 уже опредѣлено выше (формула (a)) Опредѣливши D, найдемъ и ходъ поршня S обыкновенно, $\frac{S}{D} = 2$.

Устройство насосныхъ станцій.

Разсмотримъ два примѣра устройствъ существующихъ насосныхъ станцій. На фиг. 53 указанъ способъ устройства насосной станціи въ Дрезденѣ

при регулированіи водои насосами. Станція устроена для нагнетанія 5000 куб. метр въ сутки. Она состоитъ изъ 6 паровыхъ машинъ $M_1, M_2 \ldots M_6$ и 6 насосовъ $P_1, P_2; \ldots P_6$, расположенныхъ, какъ и машины, горизонтально. Каждая машина имѣетъ свой маховикъ или для двухъ машинъ можно пользоваться общимъ маховикомъ, соединивши оси въ муфтахъ I, II и III, причемъ кривошипы машинъ будутъ другъ къ другу подъ угломъ 90°. Отъ главнаго собирательнаго колодца идутъ двѣ всасывающія трубы S_1 и S_2, которыя посредствомъ поперечной всасывающей трубы передаютъ воду всасывающимъ воздушнымъ колоколамъ SW_1, SW_2, SW_3, а оттуда насосамъ $P_1 \ldots P_6$. Одинъ всасывающій котелъ служитъ для двухъ насосовъ. Отъ насосовъ вода переходитъ къ нагнетательнымъ воздушнымъ колоколамъ DW_1, DW_2, DW_3 изъ нихъ къ двумъ главнымъ нагнетательнымъ воздушнымъ колоколамъ DW_1, DW_2, а отсюда въ нагнетательныя трубы D_1 и D_{II} оканчивающіяся въ высокомъ резервуарѣ. Соединительная труба DD и выходящія изъ нея трубы E_I и E_{II}, переходя въ общую трубу E, дѣлаютъ возможнымъ опорожненіе трубы D_I или D_{II}. Указанныя поперечными черточками краны нижнихъ частей нагнетательныхъ трубъ дѣлаютъ возможнымъ выключеніе изъ дѣйствія которой нибудь изъ насосовъ, или одной изъ всасывающихъ или нагнетательныхъ трубъ, не мѣшая въ тоже время дѣйствію остальныхъ. На черт. 56 показано устройство, употребляемое при снабженіи города, раздѣленнаго на двѣ зоны (Верхнюю) Труба S всасывающая она идетъ отъ резервуара, фильтровъ (или отъ главнаго колодца) во всасывающій колодецъ A. Отъ послѣдняго идутъ двѣ всасывающія трубы S_I и S_{II} къ всасывающимъ колоколамъ SW_I и SW_{II} которыхъ отъ разъединяются: S_I къ насосамъ P_1 и P_{II} и S_2 къ насосамъ P_3 и P_4. Отъ насосовъ P_1 и P_2 вода идетъ къ нагнетательнымъ колоколамъ DW_1 и DW_2 а отъ насосовъ P_3 и P_4 въ нагнетательные колокола DW_3 и DW_4. Вода изъ колоколовъ DW_1 и DW_3 переходитъ въ нагнетательную трубу D_I, идущую къ резервуару I-ой зоны, а изъ колоколовъ DW_2 и DW_4 въ нагнетательную трубу D_{II}, переходящую воду къ резервуару 2-ой зоны. Нижняя зона снабжается помощью насосовъ P_1 и P_3 а верхняя насосами P_2 и P_4, но посредствомъ кранова возможно для каждой зоны употреблять любой изъ данныхъ 4-хъ насосовъ, а также воду изъ всѣхъ четырехъ насосовъ смѣшано направить въ одну зону, напр. во время пожара.

Регулированіе помощью высокаго резервуара.

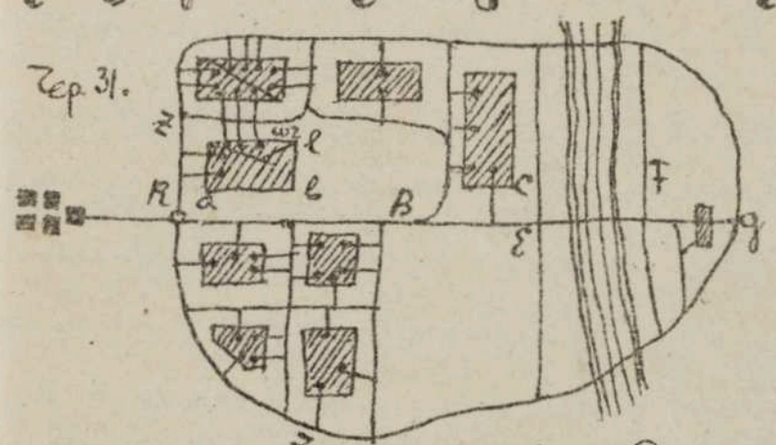
Представимъ себѣ схематически высокій резервуаръ. Для краткости обозначимъ его колонны; своды и т.п. и вообразимъ его въ видѣ простого бака, стѣнки котораго обозначимъ простыми линіями (фиг. 55). Допустимъ далѣе, что вода въ него и изъ него проводится посредствомъ трубъ, которыя изобразимъ также простыми линіями. (Подробное описаніе устройства сихъ узловъ помѣщено ниже). Когда воду поднимаютъ искусственнымъ образомъ, то отъ нагнетательной трубы a, идущей отъ насосной станціи, поднимающихся къ резервуару подъемная труба a_1, которая проходитъ черезъ дно резервуара и оканчивается открытой воронкой A на высотѣ наивысшаго уровня воды въ резервуарѣ. Дно резервуара

она труба снабжена краномъ F. Такое устройство употребляется при
каменныхъ резервуарахъ исключительно; при желѣзныхъ резервуарахъ, что-
бы не пробивать дна и не дать возможности просачиваться жидкости
подъемную трубу ведутъ часто вдоль стѣнокъ резервуара, какъ показано
на чертежѣ пунктиромъ (II). Чтобы въ случаѣ разрыва напорнаго
провода, вода не могла вылиться изъ резервуара, недалеко вблизи дна вы-
тянь V. в) Спускная труба, по которой вода изъ резервуара опускается
по водопроводу въ городъ; начинается она въ резервуарѣ у B немного выше
его дна (на другой сторонѣ отъ трубы C, чтобы вода не застаивалась въ
резервуарѣ), чтобы по ней могла стекать вся вода изъ резервуара, исключая
грязныхъ осадковъ на днѣ. Полезный объемъ резервуара опредѣляется вы-
сотой между отверстіями B спускной A подъемной трубы. Вазенъ для
спускная труба получаетъ кранъ K. Чтобы горизонтъ воды въ резервуарѣ не
могъ подняться выше опредѣленной высоты, служитъ переливная тру-
ба C, оканчивающаяся узкимъ отверстіемъ C, на одной высотѣ съ
отверстіемъ A подъемной трубы. Черезъ переливъ стекаетъ излишняя вода
резервуара (въ случаѣ, когда расходъ ея меньше прихода) наружу по трубѣ
Труба a, и C соединяются общимъ для поперечной трубой d, имѣющей кранъ
K. Когда вода въ резервуаръ попадаетъ плавающія вещества, которыя не
должны попадать въ переливную трубу, то ее снабжаютъ при отвер-
стіи проволочной сѣткой. Резервуары располагаются въ каменныхъ
домахъ, имѣющихъ вмѣсто переливныхъ трубъ вентили съ поплавка-
ми, которые закрываются автоматически, когда вода въ резервуарѣ
достигаетъ требуемой высоты. d-спускная труба для опорожне-
нія резервуара во время чистки или починки, начинающаяся у самаго дна
изъ имѣющихъ кранъ E; она отводитъ воду посредствомъ подземной спуск-
ной трубы. Приводная труба a и отводящая въ городъ в соединены между
собою, чтобы въ случаѣ порчи или чистки резервуара вода могла
прямо идти въ городъ, не заходя въ резервуаръ. Діаметры отдѣльныхъ
трубъ опредѣляются на основаніи слѣдующихъ соображеній. Труба,
приводящая воду къ резервуару, и подъемная труба a_1 разсчитываются
по средне-часовому количеству наибольшаго суточнаго расхода. Спуск-
ная труба b_1 и проводная въ городъ - по максимальному часовому
расходу. Спускная трубы C и d по тому времени, въ какое они слу-
жатъ опорожнить резервуаръ. Резервуаръ дѣйствуетъ слѣдующимъ об-
разомъ: 1) Обыкновенно задвижки E и K закрыты. Проходящая по тру-
бѣ a, вода стекаетъ черезъ A въ резервуаръ и переходитъ по b_1 и b въ рас-
предѣлительную сѣть города. 2. Исключеніе резервуара изъ провода,
вслѣдствіе чистки и починки, производится такъ: резервуаръ опорож-
няютъ, спустивъ воду въ городъ или же по трубѣ d; для чего нужно от-
крыть задвижку E. Затѣмъ открываютъ F. Вода изъ a идетъ по-
тому прямо въ b; въ тоже время открываютъ кранъ K, чтобы вода
могла стекать въ переливную трубу, когда насосы накачиваютъ
слишкомъ много воды. Ограниченное употребленіе резервуара. Для
сбереженія воды можетъ быть полезно сѣткою проводящую воду и

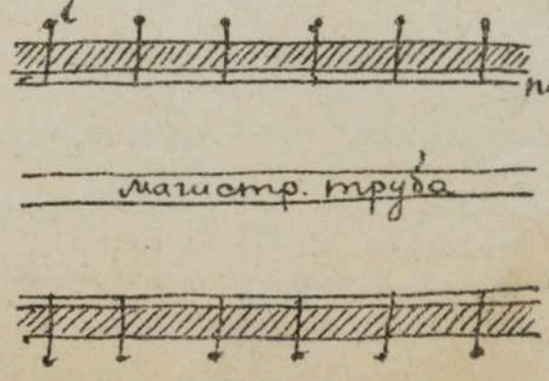
линію резервуара въ городъ, а въ резервуаръ сохранить наименьшее количество воды, соотвѣтствующее временнымъ колебаніямъ расхода. Когда закрываютъ Е и К, открываютъ Ф и Г и вода изъ А прямо переходитъ въ В. Вентиль препятствуетъ возвращенію воды изъ В въ О или опорожненію резервуара, въ случаѣ его неисправности или поврежденія. 4. Чтобы при пожарѣ питательность резервуаровъ не истощалась ранѣе времени на случай пожара, на кривой задвижку К. Когда городъ раздѣленъ въ вертикальномъ направленіи на зоны и каждая зона получаетъ особый высокій резервуаръ на соотвѣтственной высотѣ, то нужно эти резервуары соединить между собою такъ, чтобы было возможно: 1) въ случаѣ надобности воду изъ резервуара верхней зоны перевести въ резервуаръ нижней зоны. 2) Исключеніе низкаго резервуара и соединеніе нижней зоны съ верхнимъ резервуаромъ (во время пожара и по чинкѣ нижняго резервуара.) 3) Исключеніе верхняго резервуара (въ случаѣ порчи) и соединеніе нижняго резервуара также съ верхней зоной, чтобы доставить воду, хотя бы низшей его части.

Проэктированіе и разсчетъ трубной сѣти.

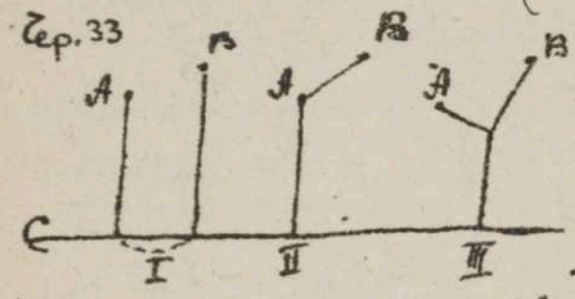
Когда опредѣлены источники воды, положеніе возвышеннаго резервуара и путь провода отъ источника къ резервуару, то приступаютъ къ проэктированію провода отъ резервуара въ городъ и городской сѣти. Приступая къ этой работѣ, необходимо прежде всего познакомиться съ планомъ города, съ водой со поверхности, съ условіями потребленія воды въ разныхъ участкахъ, опредѣлить и провести на планѣ водоразводныя линіи. Обыкновенно трубу, идущую отъ возвышеннаго резервуара, проводятъ черезъ весь городъ такимъ образомъ, чтобы послѣдній былъ раздѣленъ ею на двѣ половины расходующія почти одинаковое количество воды, причемъ надо имѣть ввиду возможное увеличеніе населенія, соотвѣтственность системы, годную для настоящаго и будущаго населенія. Эта труба называется главной или магистральной. Для выбора системы сѣти внутри города вамъ данныя были правила. Отъ главной трубы выходятъ уличные проводы 1-го и 2-го разряда. Проводами 1-го разряда называются такіе проводы, изъ которыхъ идутъ отвѣтвленія въ другія улицы или переулки эти проводы устраиваются обыкновенно по центрально-концентрической системѣ (черт 31) Такіе проводы, изъ которыхъ идутъ отвѣтвленій, а только трубы проводящія въ дома, называются проводами 2-го разряда: эти проводы не устраиваются по всѣмъ отвѣтвленіямъ. Отъ уличныхъ проводовъ 1-го и 2-го разряда выходятъ частныя вводныя по опредѣленнымъ зданіямъ. Если улица широка и для нея главная труба или трубы 1-го разряда выходятъ очень большими, то устраиваютъ особую трубу, параллельную главной. Въ очень широкихъ улицахъ устраиваютъ для той и другой стороны 2 трубы (черт 32) по одной на каждой сторонѣ улицы и главная отвѣтвленія только въ эти параллельныя, а изъ нихъ уже идутъ разводы по домамъ.



Чер. 31.



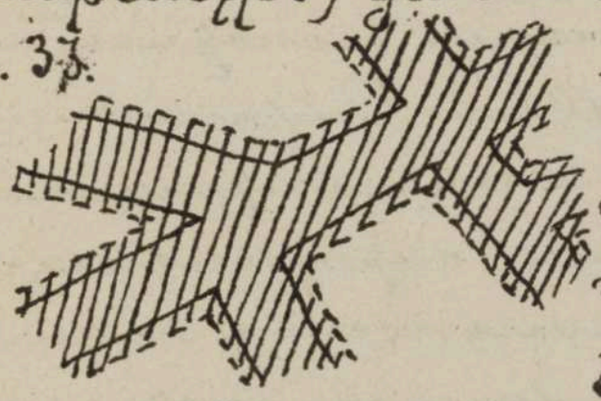
Чер. 32

Таким образом при двух таких трубах отвлетвлений выходящих из-
ферм и домовых и полному окупаемости капитала на устройство подземных
труб; кроме того повреждение одной трубы не помешает выйти на дорож-
ку воды досталось по другую сторону улицы; получается выгодная помещение
труб по отношению к другим проводам (газовым, телефонным, элек-
трическим и др.) и наконец починка провода очень сильно освобожда-
ет движение по улицы. Частные проводы следует всегда проводить та-
ким образом, чтобы они шли от улицы прямо в здание, никогда не
пересекая чужих участков. При прокладке труб всегда нужно ста-
раться, чтобы водопровод обошелся дешевле. Если у нас имеются две
точки A и B (чер 33.), в которые из трубы C надо провести воду, то


Чер. 33
употребляя первый способ, т.е. соединяя точки A и B.
каждую отдельно с трубой C получим, что диаметры
труб будут меньше, а длина труб больше, чем при
II и III способах и сходов. надо сравнить сколько из
этих способов. Когда же диаметр отдельной трубы I-го способа получается
минимальный и меньше его (для труб существует минимальный диа-
метр, о чем мы сказали в последствии), то понятно надо употребить
II или III способов, смотря по тому, при каком длина труб получается
меньше. Поводя не должны иметь большого сопротивления и их
наименьшее падение в крайних случаях допускается в 0,001. Прокла-
дение вопроса - выгодно или надо разделить в вертикальном на-
правлении напорами зоны или нет, нужно также иметь в виду
что обыкновенно, что при отсутствии разделения, диаметры труб
в нижней части города, вследствие большого напора, могут быть
меньше, чем при разделении на зоны. Когда на этих основа-
ниях очень труб определена, приступают к расчету диаметров
труб в сети (внутренних). Для этого нужно знать величину
расхода Q в секунду по различным участкам провода. При этом
непрерывном, а также неравномерном водоснабжении, этот рас-
ход равен максимальному дневному расходу Qm. разделенному на
время * в продолжении которого этот воды в домах отбирается т.е.
$q = \frac{Qm}{t}$. На обл этих местах, как было сказано, не практично;
теперь почти везде проектируется только система неразветвленного
разбора. При определении расхода в этом случае нужно прини-
мать во внимание колебания потребления и определять диаметры таким
образом, чтобы в часы наибольшего расхода напор не был ниже
низшего из высшего предела. Из предыдущего следует: Если сред-
ний расход в сутки = R, то средний расход в час $\frac{R}{24}$ а макси-
мальный расход в час средним числом: $2,1 \frac{R}{24}$. а в секунду $2,1 \frac{R}{24.60^2}$,
тогда D определится по формуле: $2,1 \frac{R}{24.60^2} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot v = Q$ чтобы мож-
но было определить количество воды, которое должно проходить
через разные трубы сети, нужно знать протяжение отдельных
частей участков и линий водопровода. При системе разветвле-
ния эти участки точно определены, а для удобства определения об-

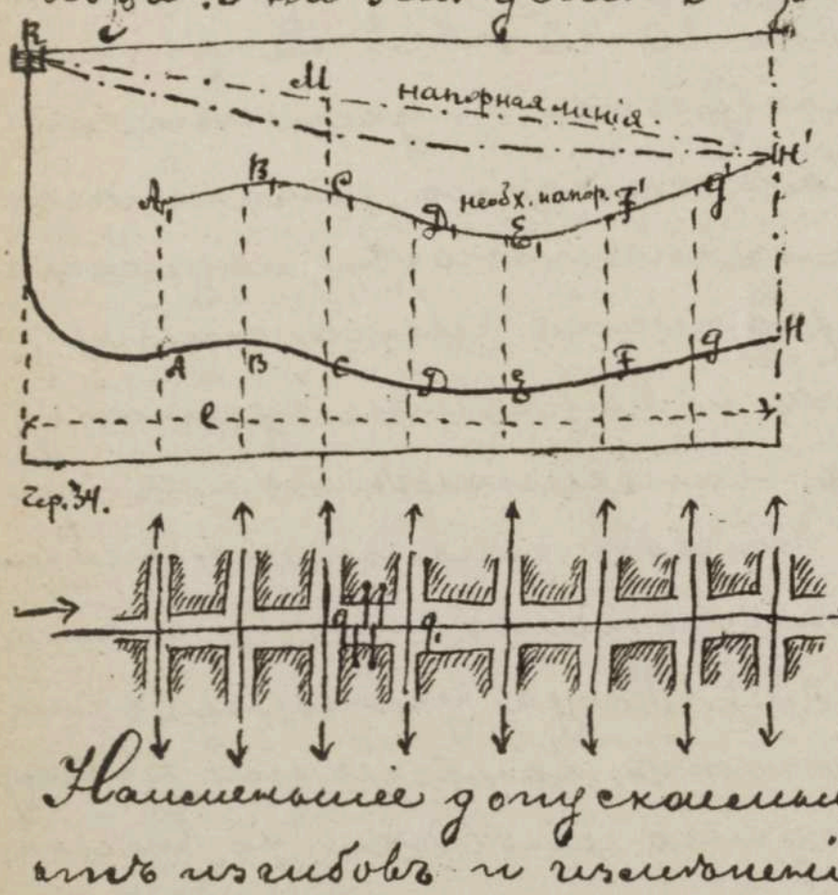
при густонаселенной системе, надо последнюю привести къ системѣ развѣтвленія, для чего нужно себѣ представить, что проводы на соединительныхъ участкахъ прерваны, такъ что теченіе воды въ отдѣльныхъ участкахъ можно опредѣленно направленіе. Въ такомъ случаѣ поискъ окончанія расчета нужно будетъ еще провѣрить, окажется ли нужнымъ для лучшаго уравниванія напора на отдѣльныхъ участкахъ въ случаѣ непрерывнаго движенія провода, увеличить полученные первымъ расчетомъ діаметры. Расчетъ водопроводной сѣти вообще начинается съ опредѣленія количества воды, потребнаго для даннаго числа жителей, принимая во вниманіе густоту населенія измѣряемую числомъ квадратныхъ единицъ площади, приходящихся на 1-го человѣка. При очень густомъ населеніи это число колеблется отъ 10-до 15 mtr.²; обыкновенно оно, для городовъ съ 100 и болѣе тысячи населенія, оно равно 20-25 mtr.². Впрочемъ надо замѣтить, что эти числа весьма разнообразны и должны быть приниманы въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ согласно статистическимъ данныхъ. Если имѣется подробный планъ города, подлежащій водоснабженію, то лучше всего начать съ опредѣленія числа жителей во всѣхъ отдѣльныхъ участкахъ и перейдя и выразить густоту населенія ихъ графически, при помощи полосъ, наносимыхъ по всѣмъ направленіямъ и имѣющихъ ширину, содержащую въ себѣ столько линейныхъ единицъ (напр. mtr.), сколько человѣкъ приходится на единицу длины (напримѣръ) данной улицы или переулка (чер 33.) Тогда умноживъ ширину такой полосы (b) на часть наибольшаго расхода, который будетъ приченъ на одного человѣка со включеніемъ различныхъ домашнихъ и общественныхъ нуждъ при проектированіи водоснабженія, легко получить расходъ для данной улицы или переулка. Послѣ этого можно приступить къ расположенію трубной сѣти на планѣ города.

Чер. 33.



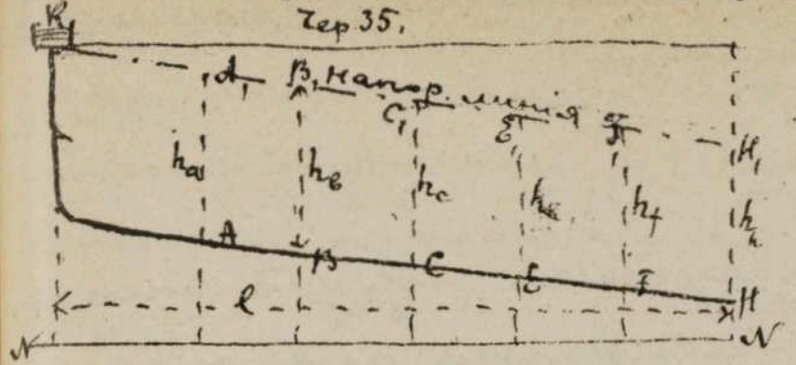
Если городъ расположенъ на поверхности весьма неровной, то очень удобно нанести, предварительно, въ различныхъ его пунктахъ, высоты необходимыхъ напоровъ. Концы этихъ высотъ будутъ лежать на нѣкоторой идеальной поверхности, изображая которую, по общимъ правиламъ при помощи горизонталей проектированія недовольно водопроводную сѣть въ видѣ отдѣльныхъ каналовъ, получимъ наиболѣе рациональное ея расположеніе. Такъ какъ вышеупомянутая идеальная поверхность вообще весьма близка къ поверхности самой мѣстности, то благодаря близости необходимыхъ напоровъ въ всѣхъ точкахъ плана, что для проектированія, такой предварительный проектъ можно произвести и строго по геодезическому плану. Дѣйствительная трубная сѣть должна почти совпадать, въ планѣ, съ такою идеальною сѣтью потому что лишь при этомъ условіи расходы ея будутъ наиболѣе точно соотвѣтствовать необходимости а слѣдовательно и матеріалъ труба будетъ утилизированъ наиболѣе экономично. Конечно, такого совпаденія вполнѣ достигнуть

невозможно, но въ общемъ надо стараться расположить главныя трубы по болѣе высокимъ улицамъ. Если городъ лежитъ на совершенно ровной мѣстности тогда расположеніе трубной сѣти, руководящимся того правила, чтобы магистраль и главныя вѣтви провода дѣлили городъ на приблизительно равные участки. Имѣя, такимъ, продольные профили мѣстности и зная величины необходимыхъ напоровъ можно приступить къ расчету діаметровъ трубъ, задавшись предварительно пьезометрическою линіею напоровъ $R_1 K_1$, такъ чтобы она лежала всюду выше линіи необходимыхъ напоровъ $A_1 H_1$ (фиг 34) Зная длину провода l и паденіе напор. линій. (Это паденіе выбирается обыкновенно согласно съ существующими, хорошими типами водопроводовъ), уже можно будетъ подсчитать, по приводимымъ на стр. 36 формуламъ, діаметры трубъ, соотвѣтствующіе потерѣ напора h на всей длинѣ провода. Вычисливши величину теоретическаго діаметра его должно взять согласно съ требованіями практики установившейся въ каждомъ опредѣленномъ величины діаметровъ, представляющія удобства при сборкѣ и выполненіи элементовъ трубопровода. При этомъ полученіи теоретически-вычисленныхъ діаметровъ, всегда слѣдуетъ держаться правила въ сторону ближайшаго большаго практическаго различія по возможности, ограничивая число различныхъ діаметровъ трубъ, способствующихъ всегда экономичности, повышенію напорной линіи.

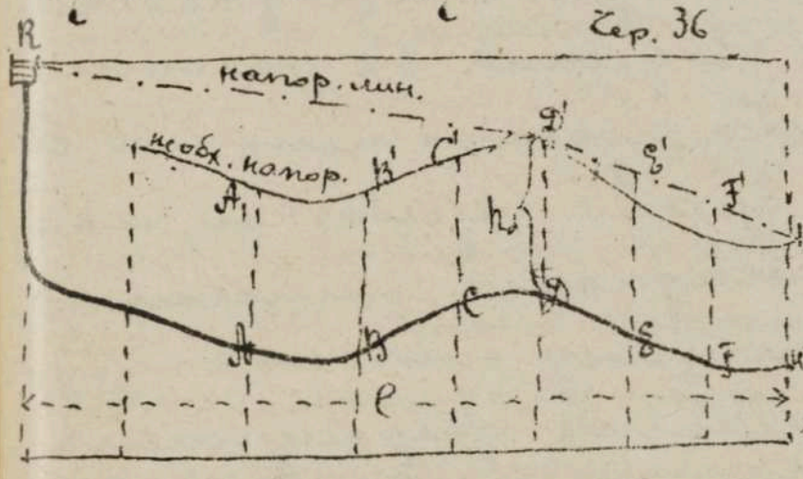


Наименьшій допускаемый діаметръ трубъ равенъ 8-10 см. Сопротивленія отъ изгибовъ и измѣненій сѣченія въ расчетѣ обыкновенно не принимаются, благодаря, какъ запаздывательности примѣненія опредѣляющихъ формулъ, такъ и ихъ сравнительной незначительности по отношенію къ гидравлическому, сравнительно съ полезнымъ напоромъ отъ закруглений и т. п., сопротивленію трения въ трубопроводѣ. Величина эта допускаетъ набавку полезнаго напора на 8-9%. Расчетъ элементовъ водопровода изъ конечныхъ трансходящихъ разбора воды производится по тѣмъ же правиламъ, какъ и для разныхъ узлей, что для расположенія напора принимается величина высоты резервуара, высотой напорной линіи въ начальномъ узлѣ; напр. для участка провода qq, (фиг 34) напоромъ будетъ CM соотвѣтствующій узлу q. Полезный напоръ на длинѣ qq представляя часть этого элемента вода берется въ длину равномѣрно по всей длинѣ его вычисляется по слѣдующей формулѣ, предложенной Дюпюи:
$J = \frac{l'}{d^5}\left(\frac{q_1 + 0{,}55(q-q_1)}{20}\right)^2$, или что весьма близко $J = \frac{l'}{d^5}\left(\frac{q+q'}{\frac{2}{20}}\right)^2$, гдѣ члены, стоящій въ числителѣ въ скобкахъ представляетъ собою среднее ариѳметическое изъ расходовъ по концамъ элемента. Въ частномъ случаѣ, если $q = q_1$, то $J = \frac{l'}{d^5}\left(\frac{q'}{20}\right)^2$. Напорная линія далеко не всегда имѣетъ видъ прямой линіи съ постоянными паденіями. Чаще она является кривой или ломаной. Наивыгоднѣйшимъ случаемъ будетъ, конечно совпаденіе линіи расположенія и необходимаго напоровъ

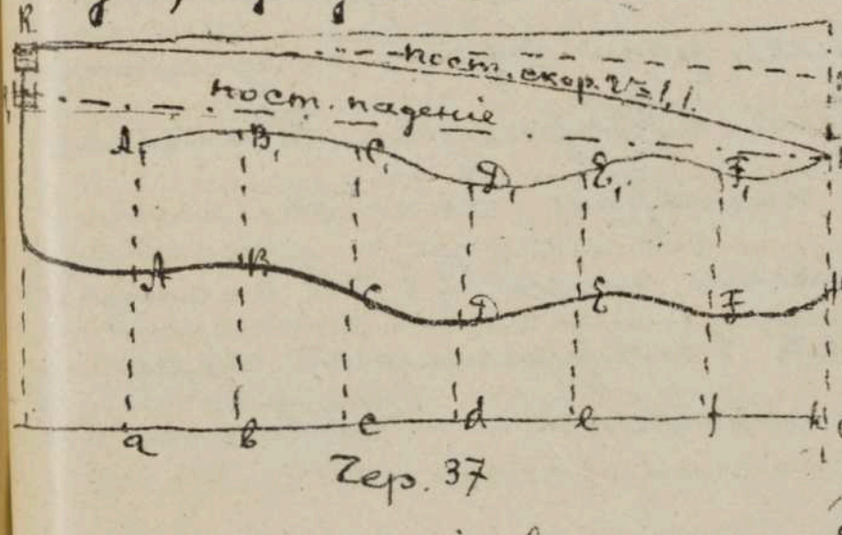
что можетъ имѣть мѣсто лишь въ случаѣ расположенія города по равномѣрно понижающейся мѣстности (фиг. 35) Въ этомъ случаѣ никогда не будетъ излишка напора



сходящихъ напоровъ. Такой случай встрѣчается, конечно, очень рѣдко на практикѣ, но тѣмъ необходимо по возможности предотвращать искусственно задаваясь напорной линіей въ видѣ ломаной линіи, выпускной конусъ, что соединяется нѣкоторому уменьшенію діаметровъ послѣднихъ трубъ, помѣщающихся въ началѣ водовода. Это является тѣмъ болѣе выгоднымъ, что сумма трубъ возрастаетъ гораздо быстрѣе чѣмъ діаметровъ (предѣлъ пропорціонально d^{12}) Такая линія изображена на фигурѣ 34 пунктиромъ. Часто бываетъ необходимо сдѣлать линію расположенія напора не ломаной, а плавной, для возможности уменьшенія необходимаго напора въ наиболѣе возвышенныхъ пунктахъ трубопровода. Такой случай представленъ на фиг. 36, гдѣ такимъ образомъ сохраненіемъ величина напора h_d для точки D. При вышеприведенномъ способѣ расчета діаметровъ трубъ мы задались прежде всего видомъ и направленіемъ напорной линіи и уже примѣняя къ расчетъ ея паденіе J - вычисляли соотвѣтствующій діаметръ и скорость. Для вычисленія напора, о чемъ не будемъ мы выгодно задаться по-



слѣдственно, максимальною скоростью движенія воды въ трубопроводѣ, были произведены, тщательныя измѣренія въ Гамбургѣ. Имѣемъ задаться нѣкоторою постоянною скоростью $v = 1{,}1$ mtr, опредѣляя расходъ $q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot 1{,}1$ и подсчитавъ по немъ діаметръ трубъ, построимъ соотвѣтствующую линію расположенія напора, какъ и поступили выше, представленный на фиг. 37 (RH_1) Послѣ этого задались другой напорной линіей, имѣющей постоянное паденіе и не дающей столь большихъ измѣненій необходимыхъ расходовъ ($R'H_1$) и подсчитавъ соотвѣтствующіе діаметры нашли что они будутъ вообще нѣсколько меньше діаметровъ соотвѣтствующихъ постоянной скорости, что



Черт. 37

расположеніе высокаго резервуара въ R_1. Если же вслѣдствіе какихъ либо особыхъ требованій необходимо поднять напоръ до величины опредѣленной линіей RH_1, то оказалось болѣе выгоднымъ все таки задаться линіей постояннаго паденія RH_1, помѣстивъ высокій резервуаръ въ R При этомъ, съ одной стороны достигалось болѣе равномѣрное повышеніе напора въ средней водовода и слѣдственно меньшаго при постоянной скорости паденія его въ концѣ (затрудненная часть) Кромѣ того и самое устройство водовода въ этомъ случаѣ обходилось приблизительно на 8% дешевле. Все это заставляетъ совершенно измѣнить способъ расчета водопроводовъ при

условій постоянной эксплоатаціи и обращаясь къ вышеизложенному способу въ основу, которому кладется выборъ наивыгоднѣйшей линіи.

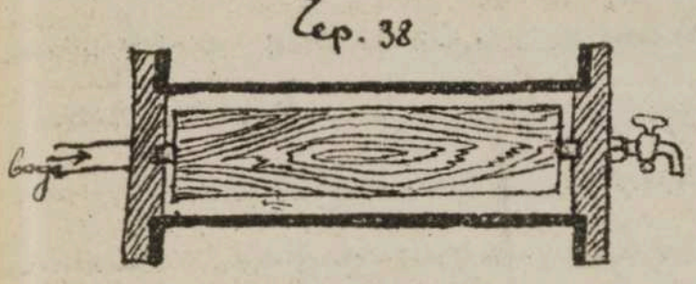
Чугунныя трубы.

Самымъ лучшимъ матеріаломъ для водопроводныхъ трубъ является чугунъ, который почти исключительно употребляется для городскихъ водопроводовъ. Чугунныя трубы, въ настоящее время отливаемыя въ механическихъ формахъ въ вертикальномъ положеніи. Крѣпость растяженія чугуна 1000-1800 хвд. на 1□ cm, трубы разсчитываются обыкновенно на 10^{atm} внутреннее давленіе, такъ что R = отъ 100 до 180 хвд на 1□ cm. Дѣйствительное давленіе, дѣйствующее на трубахъ $p = p_1 - p_0$; при разсѣченіи трубъ берутъ $p = 6-8$ атмосферъ. Разсчитанныя такимъ образомъ трубы употребляются и при низкихъ давленіяхъ; большія давленія встрѣчаются сравнительно рѣдко. Для водопроводныхъ трубъ p равно давленію водянаго столба, а p_0 – давленію атмосферы. Когда эти трубы заложены въ землю, то снаружи на нихъ дѣйствуетъ еще давленіе грунта, но для безопасности это давленіе не вводится въ разсчетъ. При опредѣленіи толщины стѣнокъ трубъ нужно имѣть въ виду удары, которымъ они подвергаются во время перевозки, паденія изъ рукъ въ грунтъ, подвергающимся осадкамъ, неточности изготовленія ихъ и дешевизну фабрикаціи. Толщину стѣнокъ трубъ предварительно разсчитываютъ по эмпирическимъ формуламъ, изъ которыхъ наиболѣе употребительны нижеслѣдующія. Толщина стѣнки получается въ cm; d – діаметръ въ c/m, и p - давленіе въ атмосферахъ. Англія для $p < 5$ atm ..... $t = 0,7 + 0,0125\,d$. Въ Англіи въ гор. Глазго пользовались при проектированіи водопроводовъ слѣд. формулами: для $p \leq 5$ atm ..... $t = 0,57 + 0,0218\,d$, для $p > 5$ atm ..... $t = 0,57 + 0,0312\,d$ $(p+2)$ Schmidt для $p \leq 6$ atm ..... $t = 0,7 + 0,02\,d\,33$ для $p > 6$ atm ..... $t = 0,7 + 0,00333\,dp$. Fabel $t = 0,4 + 0,0007\,pd$ Kraft $t = 0,2 + \frac{pd}{6000}$, гдѣ линейные размѣры получаются въ дюймахъ, а p давленіе въ фунтахъ на кв дюймъ. Формула Шафеля даетъ наименьшую величину стѣнокъ, къ которой, по мнѣнію изготовителей, Шафель предлагаетъ прибавить еще 0,1 - 0,3 cm. Вообще при разсчетахъ водопровода выписанныя t по разнымъ формуламъ и полученныя принимаются ту, которая кажется наиболѣе выгодной

Испытаніе трубъ.

Для того, чтобы узнать о пригодности трубъ, подвергаютъ ихъ слѣдующимъ четыремъ испытаніямъ: 1) Испытываютъ на заводѣ передъ отправкой, чтобы не платить за перевозку негодныхъ трубъ. При этомъ испытаніи нѣсколько трубъ подвергаются давленію гидравлическимъ прессомъ въ 12-15 атмосферъ. Часто предписываютъ при заказѣ, чтобы пробное давленіе было $2p$, гдѣ p – наибольшее давленіе, которое труба будетъ испытывать въ проводѣ; во всякомъ случаѣ пробное давленіе должно на крайней мѣрѣ на 5 атм. быть больше p ($p = 5-6$ атм). Остальныя же трубы проходятся ударомъ молотка

ным кемъ по звуку сужденіе о доброкачественности трубы. При большихъ
напорахъ полезно пробныя трубы испытывать на давленіе выше пре-
дѣла употребленія и давленіе далѣе до разрушенія, чтобы хорошо ознако-
миться съ сопротивленіемъ матеріала. Насосъ накачивающій воду въ прессъ,
снабженъ манометромъ и предохранительнымъ
клапаномъ. Для ускоренія накачиванія трубъ водою
вставляютъ въ нихъ иногда деревянное ядро (черт. 38)



Черт. 38

2) Испытываютъ трубы при прессѣ. Это испыта-
ніе производится тѣмъ же образомъ, какъ въ предыдущемъ
случаѣ. Оно иногда и не дѣлается. 3) Испытываютъ трубы послѣ у-
кладки на мѣстѣ, но до засыпанія рвовъ, въ которыхъ онѣ уложены,
землей. Давленіе доводятъ въ этомъ случаѣ немного больше ф. Это
испытаніе можетъ вполнѣ удовлетворительно показать прочность соединеній.
4) Испытываютъ готовый водопроводъ передъ его открытіемъ; цѣль от-
крыть большія значительныя недостатки соединенія трубъ, для чего д-
вленія въ 2 ф. совершенно достаточно.

Соединеніе трубъ.

Употребляютъ 2 рода соединеній трубъ: муфтами и фланцами. Въ
новѣйшее время почти исключительно употребляютъ соединеній муф-
тами, потому что они очень просты, соединеніе фланцами
допускаетъ небольшую подвижность трубъ и облегчаетъ укладку ихъ
въ кривыхъ изгибахъ. Въ муфту вставляютъ освинцованный конецъ тру-
бы, достаточныя промежутокъ между трубой и муфтой заполняютъ
набивкой изъ пакли, другую половину промежутка заливаютъ
свинцемъ и чеканятъ (фиг 57) Набивка не должна допускать сви-
нецъ при заливкѣ въ трубу и должна предупреждать образованіе
непрочныхъ слѣпковъ соединенія при повреждѣніи свинцовой заливки.
Для ускоренія этой работы часто употребляютъ свинцовую веревку-
за, которая вставляется въ муфту и зачеканивается. Муфты
должны получать большую толщину, чѣмъ стѣнки трубы, всѣд-
ствіе того что онѣ находятся подъ сильнымъ давленіемъ внут-
забивающей набивки, разширяющей муфту. Чтобы же по возмож-
мѣю къ уменьшенію обходились металлу хрупкому, что
относится къ чугуну, какъ по концу трубы d, соединяемой набив-
кой, должны имѣть большую толщину стѣнки, чѣмъ муфта.
Такъ какъ изломы происходятъ всего чаще во время чеканки, необ-
ходимо употреблять мягкій свинецъ. На фиг. 60 указанъ про-
филь муфты съ углубленіемъ удерживающимъ прямо свинцовое
кольцо (употребляется часто во Франціи). На фиг. 61 освинцован
конецъ трубы выпуклый на концѣ и вставленъ въ соотвѣтствующій
конусъ муфты. Укладка этихъ муфтъ годенъ очень скоро, они
требуютъ для набивки мягкаго матеріала и дѣлаютъ очень неточныя
соединенія. Большую подвижность допускаютъ шарообразныя соедине-
нія (фиг. 62). При чугунныхъ трубахъ въ существующемъ водопроводѣ за-

лучка ихъ запрудниками. Поступаютъ такимъ образомъ: нагрѣваютъ
соединеніе до такихъ поръ, пока свинецъ не расплавится и приподнимаютъ
трубу немного вверхъ, при чемъ концы трубъ разъединяются. Но отъ
такого движенія страдаетъ плотность соединенія; его нужно по-
тому производить осторожно. Поднятую трубу обыкновенно
разбиваютъ ударами молотка; нижній вставленный конецъ
бу соотвѣтственной длины, но уже безъ муфты и покрываютъ
стыкъ подвижной муфтой (фиг. 54.) Въ трубахъ большихъ діамет-
ровъ опытные рабочіе вырубаютъ зубиломъ поврежденную часть
надѣваютъ подвижную муфту и вставляютъ на стыкъ непо-
врежденный соотвѣтственную часть безъ муфты. Такія поврежденія
исправляютъ отдѣльными стыками или соединяютъ ихъ двумя
частями кольцами, которыя крѣпко свинчиваютъ и конопатятъ.
Соединеніе фланцами употребляютъ теперь только въ производ-
вертикальныхъ или наклонныхъ большое паденіе, а также тамъ
гдѣ требуется легкое разведеніе и замѣна частей трубы, напр. въ
задвижкахъ гидрантахъ и пр. Представленное на фиг. 58) соедине-
отличается большой сжатостью въ длину, но обходится дорого
чтобъ соединеніе муфтами. Между кольцами трубъ остается про-
межутокъ для каучуковаго кольца, которое крѣпко сжимается
желѣзными соединительными болтами, не устраняя при томъ
возможности небольшой подвижности. Когда трубы выходятъ на
улицу и бываютъ подвержены колебаніямъ температуры, тогда
большой длины изъ необходимы муфты, дающія возможность
ми продольныя движенія при удлиненіяхъ. На фиг. 64 указа-
на такая муфта, которая устроена въ самой высокой точ-
кѣ провода, вслѣдствіе чего и слабѣетъ вверху воздушныхъ
жилъ. Напиливаніемъ болтовъ, расположенныхъ по окруж-
ности крышки, находящаяся въ промежуткѣ набивка крѣпко
прижимается къ обточенному концу трубы.

Защита трубъ отъ ржавленія.

Для этого покрываютъ трубы различными веществами; дег-
темъ, смолой, асфальтомъ, извѣстковымъ молокомъ, цементомъ
помазкой (смолою) нефтью и пр. Всего лучше употреблять
асфальтъ. Трубы нагрѣваютъ до температуры 150–180° Ц, чтобы
совершенно удалить сырость и нагрѣваютъ въ массу асфаль-
та находящуюся въ сосудѣ или ваннѣ, въ которой ихъ остав-
ляютъ отъ 10–20 минутъ. Затѣмъ вынимаютъ, держатъ нѣко-
торое время въ вертикальномъ положеніи, чтобы излишняя мас-
са стекла и остался только тонкій равномѣрный слой. Боль-
шія трубы покрываютъ асфальтомъ, къ которому для скорѣйш-
просушки прибавляютъ бензинъ. Чтобы асфальтъ лучше при-
мыкалъ къ стѣнкамъ полезно протирать ихъ тонкаго слоя
масла. Если требуется покрыть трубу асфальтомъ во внѣшней

разъ, то сперва надо освободить ее отъ стараго асфальта. Для этой цѣли полезно передъ покрываніемъ асфальтомъ покрышку трубу изъвестковымъ молокомъ. Если трубы внутри сильно загрязнены то полезно покрывать ихъ внутри гидравлической известью, которой слѣдуетъ всегда отдавать предпочтеніе передъ известковымъ молокомъ, потому что углекислота воды образуетъ съ послѣднимъ углекислую известь и замѣнитъ двойную углекислую известь, которая въ водѣ растворяется, между тѣмъ какъ гидравлическій растворъ вслѣдствіе содержанія кремнекислыхъ солей кальція и алюминія обладаетъ большой прочностью. Въ известковомъ грунтѣ полезно обдѣлывать провадъ цементомъ. Для цѣлей водоснабженія покрывать трубы дегтемъ нельзя, такъ какъ отъ него вода пріобрѣтаетъ дурной вкусъ

Укладка трубъ.

Чтобы сохранять всегда свѣжесть воды и предупреждать ея загрязненіе, трубы должны быть уложены въ грунтѣ на глубинѣ не менѣе 1,5-2,0 mtr (считая отъ поверхности грунта до верхней трубы) Въ большихъ городахъ чтобы устранить вредное вліяніе сотрясеній отъ движенія по улицамъ, берутъ эту глубину 2 mtr и болѣе. Работы по укладкѣ трубъ производятся въ слѣдующемъ порядкѣ: 1. Нивеляръ на поверхности земли отмѣчаетъ будущія выемки рова и ставитъ по этой линіи колья; послѣ чего разбиралонъ мосговую ленту снимаетъ щебенку. 2. Вынимка грунта. Рвы выбираютъ обыкновенно съ вертикальными откосами; во рвахъ на разстояніяхъ отъ 3-6 mtr; соотвѣтственно плотности грунта ставятъ поперечныя стѣнки а, въ которыхъ внизу для трубъ прорываютъ небольшія отверстія b (фиг. 57) Тамъ гдѣ встрѣчаются грунтовыя воды выбираютъ въ дно и стѣнкахъ углубленія C, чтобы имѣлось свободное мѣсто при исполненіи работъ по соединенію трубъ. 3. Доставка трубъ, принадлежностей провода и строительныхъ матеріаловъ, нужныхъ для устройства отвода отъ склада къ мѣсту работъ. 4. Опусканіе трубъ во рвы производятъ діаметрахъ - руками, помощью веревокъ, а при большихъ посредствомъ переносныхъ тисковъ. 5. Сборка трубъ и забивка стыковъ. Трубы должны быть вплоть хорошо подбиты землей, чтобы онѣ сидѣли на ней плотно всей своей длиной. Это особенно важно при укладкѣ трубъ на жирныхъ глинахъ, которыя бываютъ нужны для точной нивеллировки ихъ направленія. Укладку производятъ всегда гдѣ возможно, обращая муфты къ нагорной сторонѣ, такъ какъ вода встрѣчаетъ при косой укладкѣ трубъ менѣе сопротивленія движенію, чѣмъ въ случаѣ, когда трубы были бы уложены въ обратномъ направленіи, а также муфты въ этомъ случаѣ надежнѣе защищаются свинцомъ. 6. Засыпка рва, возстановленіе поверхности улицы и удаленіе оставшейся земли. При засыпкѣ слѣдуетъ сначала брать мелкій матеріалъ, чтобы устранить возможность поврежденія

трубы. При засыпке производится трамбовка: сначала легкая, а подъ конецъ засыпки сильная. Передъ засыпкой производится проба водопровода подъ большимъ давленіемъ.

Когда проводъ пересѣкаетъ русло рѣки, то его проводятъ обыкновенно внизу подъ дномъ рѣки и эту часть провода, весьма трудно доступную къ ней, устраиваютъ особенно прочно, чтобы исправленія ея производились по возможности рѣдко. Часто берутъ для такихъ проводовъ желѣзныя трубы, которыя менѣе подвержены язвамъ, чѣмъ чугунныя и, вслѣдствіе возможности для нихъ большей длины, даютъ менѣе стыковъ. Такія проводы окружаютъ обыкновенно толстымъ слоемъ бетона, который въ рѣкахъ съ сильнымъ теченіемъ долженъ находиться на такой глубинѣ, чтобы не былъ размытъ. Въ рѣкахъ съ чистой водой и тихимъ теченіемъ можно класть трубы прямо на дно безъ всякаго укрѣпленія и приготовленія для нихъ ложа. При этомъ употребляются подвижныя соединенія трубъ; собираютъ проводъ наверху на плотахъ или судахъ и потомъ уже собранный опускаютъ тихо на дно рѣки. Проводъ ведутъ надъ рѣкой только тамъ, гдѣ нѣтъ плотовъ и судовъ. Онъ долженъ быть хорошо защищенъ отъ дѣйствія мороза и солнца, для чего его нужно окружать дурными проводниками тепла. Соединенія должны быть устроены такимъ образомъ, чтобы были возможны удлиненія трубъ при перемѣнѣ температуры и чтобы трубы выдерживали сотрясенія отъ ѣзды. Вслѣдствіе этого такія трубы соединяютъ фланцами съ угрозами продѣваемыми. Для защиты отъ сотрясенія трубы прокладываютъ иногда около трамуаровъ.

Особыя части провода.

Когда одна труба входитъ въ другую, то на стыкѣ развѣтвленія помѣщаютъ фасонную трубу съ выходящимъ отъ нея отпрыскомъ, причемъ ось отпрыска и ось трубы должны быть касательными къ одной и той же кривой (на фиг. 65) показана такая труба при одностороннемъ, а на (фиг. 67) при двустороннемъ отвѣтвленіи. Эти фасоны употребляются только тогда, когда вода движется всегда въ одну сторону: если же направленіе теченія воды должно измѣняться, какъ напр. въ эксплоатаціонной сѣти, то употребляютъ отвѣтвленія, показанныя на (фиг. 68) Такъ какъ на стыкѣ отвѣтвленія нужно задвижки, то вставляютъ между фасонной трубой и проводомъ еще отдѣльную часть съ задвижкой; эта же часть служитъ и для переходовъ отъ перпендикулярнаго къ оси отпрыска къ какому угодно направленію. Одинъ конецъ фасонной трубы (съ отростками) устраиваютъ непремѣнно съ фланцами, другой входитъ въ обыкновенную муфту. На стыкѣ развѣтвленій часть воды уходитъ въ отпрыскъ и нижняя часть трубы получаетъ менѣе воды, чѣмъ верхняя. Чтобы средняя скорость отъ этого не

не изменилась, именная часть трубы должна получить именной диаметр ($d=\sqrt{\frac{4}{\pi}\frac{Q}{V}}$) и первоначальная скорость должна быть восстановлена. Для этого употребляют конусообразные фасонки, показанные на (фиг. 66) Когда в одной точке сходится большое число труб с различными направлениями в них воды, то употребляют распределительные ящики, т. е. чугунные цилиндрические сосуды с отверстиями для труб (фиг 63). Всю окружность делят на столько частей, сколько отводов и из каждой точки ведут отростки. Эти ящики получают особо для спускную задвижку или кран К, а сверху они плотно закрываются деревянной крышкой, которая часто получает в верхних воздушный вентиль для выпуска воздуха. Если эти ящики назначаются для разбора воды, поливки улиц и пр., то они получают на крышке соответственные отростки с фрезерами. Вместо цилиндрических употребляют иногда наклонные распределительные ящики. Примечание. Употребление распределительных ящиков стараются избегать, но получение в них производит большая потеря напора.

Замыкающие приборы.

На линиях соединения двух проводов располагают задвижки такого образом, чтобы каждый провод мог быть совершенно отдельно от другого и чтобы по любому из них можно было спустить воду, не препятствуя свободному движению ея в другом проводе. Если вода может всегда одного и того направления в главном проводе, то в случае отключения они снабжаются задвижками: 1, когда вентиль вводит воду в главную трубу, то задвижка а (фиг. 69) помещается выше входа вентиля в трубу, 2, если вентиль отводит воду из главной трубы, то последняя получает задвижку в ниже входа вентиля (фиг. 69.). В обоих случаях вентили после получают задвижки С и Д на отростках выхода из главной трубы. Если направление воды в вентилях может переменяться, как это имеет место при вводе воды в главную трубу, но выводят из нея, то в этом случае на углах, где два или более проводов соединяются между собою, отдельно помещают преимущественно у распределительных ящиков, каждая труба должна получить задвижку. Во всяких случаях вентили на каждых должны быть разъединены задвижками, чтобы течение в главной трубе не зависело от повреждений и поправок в вентилях (черт 70 пл. 9). При распределении по этой системе задвижек будет больше чем по предыдущей. Вообще число задвижек при устройстве водопроводов не следует стараться уменьшать, так как их недостаток может быть причиной многих неприятностей. Задвижки соединяются с проводами фланцами, для чего в провод вставляется особая труба с фланцами. Устройство задвижек бывает различное. Одно из наиболее простых и употребительных представлено на фиг. 71. Камера А служит для помещения в ней клина С, который будучи опущен вниз, разобщает два пространства A' и A''. Клин С получает свое восходящее, или нисходящее движение посредством винта в, проходящего

сквозь гайку в. Какъ камень С, такъ и камера А вверху и внизу имѣютъ по бронзовому кольцу т. Эти кольца служатъ для лучшаго заптиранія камеры каменемъ. Вверху отверстія гайки имѣютъ квадратное поперечное сѣченіе, на одномъ концѣ и надѣвается ключъ, помощью котораго и производится вращеніе гайки. Винтъ а достаточно быть укрѣпленъ весьма прочно, такъ какъ онъ подвергается очень сильному сжатію; гладкою обыкновенно изъ стали или чугуна. На фиг. 72. представлена задвижка Дарсія. Трубы А, А покрываются двумя крышками, а, а, эти крышки имѣютъ цилиндрическія части в, в, нарѣзанныя снаружи винтомъ и своими внутренними частями вертятся въ общую гайку т въ верхнюю часть гайки т входитъ винтъ д, вращая его за маховикъ К, можно поднимать или опускать гайку т. Кромѣ того крышки а, а снабжены снаружи зубчатыми секторами (1,2) зубцы которыхъ катятся по зубчатымъ рейкамъ С, прикрѣпленнымъ къ внутреннимъ сторонамъ коробки; рейки прикрѣплены къ противоположнымъ сторонамъ такъ что одна рейка С, а другой на чертежѣ не видно: она въ отрѣзанной половинѣ. Когда вращеніемъ винта д. гайкою т поднимается то вслѣдствіе зацѣпленія С, крышки а, а проходятъ во вращеніе въ противоположныя стороны и вдвигаются въ гайку т. вслѣдствіе чего онѣ удаляются отъ отверстій трубы. Такимъ образомъ уже весьма малаго движенія задвижки освобождаются отъ давленія воды, чѣмъ значительно облегчается ходъ движенія. При опусканіи гайки т. крышка а, а выдвигаются изъ гайки т. и при низшемъ своемъ положеніи крѣпко прилегаютъ къ отверстію трубы. При обращеніи съ задвижками, большое вниманіе нужно обратить на то, чтобы опиливаніе и зачищаніе ихъ производили какъ можно равномѣрнѣе, потому что въ противномъ случаѣ внезапное измѣненіе скорости производитъ гидравлическіе удары, отъ которыхъ можетъ произойти поврежденіе трубы. Задвижки помѣщаются или въ особыхъ каменныхъ колодцахъ, или засыпаются, какъ и трубы, землей. Въ послѣднемъ случаѣ отъ верхняго конца ея помѣщенія падаетъ труба, которая на поверхности улицы оканчивается чугунной крышкой въ уровень съ поверхностью улицы. Задвижка можетъ быть приводима въ движеніе сверху посредствомъ длиннаго ключа (фиг. 73) Большія задвижки должны быть помѣщаемы въ колодцахъ, чтобы можно было производить въ нихъ починки во всякое время не разбирая мостовой. Эти колодцы помѣщаютъ соотвѣтственно глубинѣ; ширина ихъ не должна быть менѣе 0,75 mtr. длина колодца бываетъ обыкновенно отъ $\frac{1}{2}$ до 1 кирпича. Колодцы покрываются деревянными или каменными, а всего лучше чугунными крышками, которыя должны быть особенно прочно устроены, когда находятся внутри проѣзжей части городской улицы. Устраиваемыя при распредѣлительныхъ сѣтяхъ задвижки помѣщаются въ одномъ съ ними колодцѣ (распредѣлительномъ колодцѣ) покрываемомъ сводомъ. Надъ каждой задвижкой устраиваютъ въ сводѣ небольшое отверстіе, закрываемое чу-

чугунной крышкой; черезъ него можно производить задвижки въ движеніе сверху, не входя въ колодецъ. Въ дн колодца сдѣлано отверстіе для трубы уводящей воду изъ колодца во время спуска. На фиг 74 представлено обыкновенное устройство распредѣлительнаго колодца, а на фиг 75 представлено устройство колодца въ случаѣ большихъ задвижекъ. Въ обоихъ случаяхъ a - трубы, b - задвижки, c - распредѣлительная коробка d - спускная труба для очистки, e - люкъ. Чтобы можно было сверху узнать, въ какомъ положеніи задвижка употребляютъ устройство показанное на фиг. 76. Оно основано на дифференціальномъ движеніи двухъ колесъ: a - малое зубчатое колесо закрѣпленное на оси задвижки, b и c - два зубчатыхъ колеса, изъ которыхъ одно имѣетъ на 1 зубецъ болѣе другого; оба насажены свободно и вращаются на общей оси e, прикрѣпленной особымъ образомъ къ самой задвижкѣ, и сцѣпляются посредствомъ с. колесомъ a. Верхнее колесо b - имѣетъ концентрическій прорѣзъ, въ которомъ движется пиноль d, прикрѣпленный къ нижнему колесу C. При вращеніи оси задвижки, пиноль d, вслѣдствіе разнаго числа зубцовъ колесъ b и c будетъ скользить въ прорѣзѣ и перемѣнитъ свое положеніе въ прорѣзѣ будетъ указывать положеніе задвижки пиноль находящійся на концахъ прорѣза гдѣ и стоятъ буквы O и З (открыта и закрыта), а для точнаго указанія промежуточныхъ положеній задвижки край прорѣза снабженъ дѣленіями.

Спуски. На наиболѣе низкихъ мѣстахъ проводовъ устраиваются спускные краны или задвижки, чтобы въ случаѣ надобности, черезъ нихъ можно было бы спустить воду изъ трубъ. Эти краны окружаются обыкновенно колодцами отъ дна которыхъ идутъ отводящія воду трубы или канавы. Устройство такихъ колодцевъ показано на фиг. 77 здѣсь a поперечный разрѣзъ трубы провода.

Очистительные ящики. Въ трубахъ образуются осадки, которые въ особенно большомъ количествѣ скопляются, какъ грязь, на наиболѣе низкихъ мѣстахъ. При открытіи спускныхъ кранова эти осадки уносятся водою. Когда трубы не имѣютъ спускныхъ кранова или вода движется въ нихъ съ слишкомъ скоростью, то устраиваютъ очистительные ящики a (фиг. 78) въ которые можно воду спускать изъ трубъ, а въ случаѣ надобности прочистить ихъ щетками, прикрѣпленными къ веревкамъ или проволокамъ.

Воздушные краны нужны на наивысшихъ точкахъ провода; въ этихъ мѣстахъ навинчиваютъ на проводъ газовую трубу a, діаметра 10-15 m/m, снабженную вверху небольшимъ краномъ b съ ключемъ (фиг. 79.); этотъ кранъ время отъ времени открываютъ. Воздушные краны на трубахъ большихъ діаметровъ закапываютъ иногда въ особомъ колодцѣ. Для уменьшенія числа воздушныхъ кранова, нерѣдко приходится въ городѣ на наивысшихъ точкахъ провода ставить гидранты или устраивать отъ этихъ точекъ развѣтвленій, посредствомъ которыхъ воздухъ переносится въ дома.

Гидранты. Для того чтобы можно было пользоваться водой для публичных целей, как то: тушения пожаров; поливки улиц и пр.; устраивают на соответственных местах на расстоянии от 60 до 80 метр. друг от друга гидранты или пожарные краны, которые можно открывать и закрывать с улицы. По устройству гидранты разделяют на: а, досадочные, заключенные в каменные колодцы, в которые можно входить и б — недосадочные, врытые в землю, которых только верхняя часть, закрытая крышкой, выходит наружу земли. Простейший вид гидранта, устроенного в колодце, представлен фиг. 80. На проводе в этом месте поставлена особая фасонная труба с фланцем, к которому привинчивается часть р. имеющая клапанное отверстие, могущее закрываться клапаном K, шток клапана Q, имеющий нарезку, вращаясь в неподвижной гайке b, двигается вверх или вниз и открывает или закрывает отверстие. К части р. ввинчивается труба a имеющая на конце нарезку и идущая вверх; к этой трубке и привинчивается рукав для поливки улицы или для этой какой цели. Отверстие O снабжено кольцом из мягкого металла (меди).

На фиг. 81 представлено обыкновенное устройство гидрантов, врытых в землю. Q - ввинченная коробка, прикрепленная к трубе провода V - вентиль, соединенный с стержнем S, проходящим в трубу b этим стержень сверху имеет гайку n, в которую ввинчивается винт C, имеющий только вращательное движение, вверх и подымает или опускает клапан. На конце винта насажена гайка d, благодаря которой винт можно вращать ключем. Винт C проходит через сальник a. В верхней части трубы b. (запас набивочной коробки) входит конец p, оканчивающейся винтовой нарезкой; это обыкновенно бывает закрыто особой крышкой. Иногда от гидранта выходят симметрично два конца. К ним привинчивают колпаки или каучуковые усиленные рукава. Гайка d и труба находятся немного ниже поверхности улицы в особой чугунной коробке K, закрытой чугунной крышкой f в уровень с поверхностью улицы. Коробка должна иметь такие размеры, чтобы в ней было возможно свободно работать ключами. Когда много гидрантов должны иметь вентиль, последнего которого было бы возможно после закрытия вентиля V спустить остающуюся воду в трубе b, так как вода зимою могла бы в ней замерзнуть. К этой цели немного выше вентиля V в трубе b делают отверстие V, которое закрывается особым вентилем f. Вентиль f бывает закрытый, когда вентиль V открыт и открывается после закрытия вентиля V. На фиг. 82 изображен американский гидрант с автоматическим опорожнением трубы b. Непосредственно над вентилем V устроено отверстие A, которое бывает открыто, когда гидрант закрыт. Стержень S вентиля имеет вид квадратное отверстие и должен быть опускаем

и поднимается вращением цилиндра Z, который помещен внутри винтовую нарезку. Когда вентиль V опускается и открывает гидрант тогда отверстие S закрывается клапаном K. Герметичность закрывания вентиля V достигается кольцом изъ мягкаго металла, это кольцо врезывается въ закругленный конецъ трубки b. Преимущество этого гидранта то, что вентиль открывается медленно (всасывание сопротивлением находящейся подъ ними воды) и потому слабые гидравлические удары.

Поливательные краны. Для чистки уличныхъ канавокъ и поливания городскихъ каналовъ устраиваютъ иногда на небольшой высотѣ надъ поверхностью улицъ и на сообщающихся разстояніяхъ краны, которые для публики недоступны. При открываніи этихъ кранокъ изъ нихъ вытекаетъ сильная струя воды, которая смываетъ собравшіяся въ канавкахъ нечистоты. Въ широкихъ улицахъ эти поливательные краны помѣщаютъ обыкновенно вблизи ея краевыхъ сточекъ, а въ узкихъ у стѣнъ домовъ, чтобы они не стѣсняли движенія. Въ Парижѣ эти краны окрашиваются зеленой краской.

Водоразборные колодцы. Чтобы тѣ жители, въ домахъ которыхъ вода не проведена, могли пользоваться водой водопровода, устраиваютъ на площадяхъ города и на сообщающихся съ ними улицахъ водоразборные колодцы; изъ нихъ вода опускается даромъ. Вокругъ колодцевъ на площадяхъ устраиваютъ бассейны; воду изъ этихъ бассейновъ берутъ для поливки мостовой и прочихъ надобностей; кромѣ того въ жаркіе дни эта вода освѣжаетъ воздухъ. Для этой же цѣли сооружаютъ фонтаны. Колодцы и фонтаны устраиваются иногда очень изящно и служатъ украшеніемъ города. Колодцы устраиваютъ двоякимъ образомъ: или вода течетъ изъ нихъ непрерывно или только во время разбора. При первомъ устройствѣ много воды пропадаетъ даромъ поэтому его употребляютъ только въ такихъ городахъ, въ которыхъ вода имѣется въ избыткѣ. Колодцы устраиваются на болѣе оживленныхъ улицахъ города на разстояніи до 200 mtr другъ отъ друга; въ менѣе оживленныхъ улицахъ это разстояніе бываетъ 300 mtr и болѣе. На фиг 83 указано простѣйшее устройство такихъ колодцевъ. Отъ проводныхъ трубъ идетъ вертикальная труба D, которая развѣтвляется отъ фухава 2 чугуннымъ колѣномъ принимающимъ воду снизу къ отверстію 0. Когда желаютъ получить воду, поднимаютъ рычагъ K вверхъ, всѣдствіе чего стержень S опускается внизъ отодвигаетъ кверху винтъ и вода вытекаетъ. Когда на него не дѣйствуетъ никакая сила онъ опускается самъ собою внизъ и теченіе воды прекращается. Чтобы колодцемъ слишкомъ много воды не пропадало даромъ поэтому его употребляютъ только въ такихъ городахъ, въ которыхъ вода имѣется въ избыткѣ. Колодцы устраиваются на болѣе оживленныхъ улицахъ города на разстояніи до 200 mtr другъ отъ друга; въ менѣе оживленныхъ улицахъ это разстояніе бываетъ 300 mtr и болѣе. На фиг 83 указано простѣйшее устройство такихъ колодцевъ. Отъ проводныхъ трубъ идетъ вертикальная труба D, которая развѣтвляется отъ фухава 2 чугуннымъ колѣномъ принимающимъ воду снизу къ отверстію 0. Когда желаютъ получить воду, поднимаютъ рычагъ K вверхъ, всѣдствіе чего стержень S опускается внизъ отодвигаетъ

Фиг. 84. представлено новое устройство колодца, свободное отъ вышеуказанныхъ недостатковъ. Фиг. 84 представляетъ нижнюю часть этого колодца, находящуюся въ землѣ на такой глубинѣ, до которой промерзаніе грунта не доходитъ. На фиг. 85 представлена верхняя часть колодца устраиваемая на поверхности земли. Отъ главнаго провода идетъ труба A; въ B имѣется клапанъ, пропускающій воду, но совершенно прекращающій ея обратное движеніе. W - воздушный котелъ для уничтоженія гидравлическихъ ударовъ воды, происходящихъ при внезапныхъ измѣненіяхъ ея скорости. D - подводящая труба, выходящая выше уровня улицы оканчивается рукавомъ M (фиг 85). Эта труба начинается непосредственно надъ клапаномъ V, прижимаемымъ пружиной снизу къ отверстію. Цилиндръ C служитъ для отвода воды изъ трубы D, когда колодецъ не работаетъ; полезному объему цилиндра C соотвѣтствуетъ объемъ трубы D. Поршень F, движущійся въ этомъ цилиндрѣ, посредствомъ штока H и рычага L удерживается постоянно въ верхнемъ положеніи. Отверстіе P оканчивается сверху продолговатой выемкой W (фиг 85) и несетъ на себѣ небольшой клапанъ V, по которому скользитъ окружностью adc эксцентрика, приводимаго снаружи въ движеніе рукояткою K. Отверстіе P направляется въ своемъ движеніи неподвижною болтомъ b, входящимъ въ выемку W. (фиг. 85) и несетъ на себѣ небольшой клапанъ V, по которому скользитъ эксцентрикъ S составленъ изъ дугъ различнаго радіуса. Подвинувъ рукоятку K внизъ посредствомъ крутой дуги ad поршень F поднимается весьма скоро такъ что внизъ и вытѣсняетъ воду изъ цилиндра C. Когда поршень приблизится къ цилиндру C выемка V, приходитъ въ пологій кривая полоса cd, которая очень медленно открываетъ отверстіе или закрываетъ его. Рукоятка K когда на нее не дѣйствуетъ никакая сила, приводится въ первоначальное положеніе противовѣсомъ K.

Устройство водопроводовъ въ домахъ.

Эти проводы помѣщаютъ различное устройство, смотря по системѣ доставки воды (непрерывной, перемежающейся, неограниченной). Такъ какъ въ послѣднее время почти исключительно устраиваютъ проводы только по неограниченной системѣ, то только ею и можетъ удовлетворить вполнѣ потребителямъ отношеніи, какъ по количеству воды, такъ и по ея качествамъ, то въ дальнѣйшемъ будемъ заниматься устройствомъ водопроводовъ только по системѣ неограниченнаго разбора. По этой системѣ потребитель можетъ захватывать и отпускать храниящуюся въ зданіи трубы по желанію во всякое время и брать сколько воды сколько допускаетъ діаметръ трубы и давленіе въ ней давленіе. Этотъ діаметръ и діаметръ кранова опредѣляется по приблизительному расходу воды у этихъ; діаметръ долженъ имѣть такую величину, чтобы была возможность получить такое количество воды, какое въ данный моментъ нужно напр. въ хозяйствѣ для наполненія ванны, кухоннаго котла, на заводахъ паровыхъ котловъ. Этотъ діаметръ колеблется между 1-4. При неограниченной системѣ существуютъ два способа вычисленія платы за воду: $\frac{1}{3}$ по величинѣ

расхода воды потребителями, при чемъ расходъ измѣряется водомѣрами. Изъ сказанного видно, что здѣсь плата берется за каждое ведро, почему экономно расходовать воду и тщательно, не только санитарныя условія, но и крѣпкая кладка въ городѣ при этомъ способѣ трудно достижимы. 2. à discretion, при чемъ расходъ опредѣляется приблизительно сообразно домашнимъ или промышленнымъ условіямъ потребленія. При послѣднемъ способѣ не возможно опредѣлить точно расходуемое количество, почему нерѣдко случается, что вмѣсто потребленія дѣйствительно большого количества воды, чѣмъ расходуютъ и наблюдаютъ, по этому способу платятъ по преимуществу, что не требуетъ водомѣровъ, вслѣдствіе чего устройство домашнихъ проводовъ обходится дешевле и потребители менѣе стѣсняются брать воду. Вслѣдствіе этого при способѣ à discretion пользованіе водою всегда бываетъ большимъ, чѣмъ при способѣ водомѣровъ, отчасти отъ безполезнаго расточенія. Возможная при этомъ расточительность воды можетъ быть устранена употребленіемъ особо устраненныхъ кранов.

Проводъ отъ главной трубы въ дома.

Какъ намъ уже извѣстно, вода въ дома проводится или изъ главной трубы, или изъ побочной ей параллельной. При вводѣ въ домъ, уже существующій передъ каждымъ домомъ ставится труба съ отвѣтвленіемъ изъ которыхъ воды и проводится въ домъ. Если же проводъ положенъ въ виду снабженія водой и въ дома, которые еще не существуютъ, но очень скоро могутъ появиться, то поступаютъ двоякимъ образомъ. 1 На тѣхъ мѣстахъ, откуда должна выходить труба въ домъ, просверливаютъ отверстіе или 2) На тѣхъ мѣстахъ вставляютъ особыя трубки съ отвѣтвленіями, которыя покрываютъ заслонкой или особою крышкой, какъ на фиг 87-е и в.

Просверливаніе уличной трубы.

Просверливаніе должно быть исполнено безъ прекращенія движенія воды въ трубѣ; употребляемый для этой цѣли приборъ представленъ на фиг. 86. На тѣлѣ стержъ для уличной трубы, гдѣ должно быть просверлено отверстіе устанавливаютъ хомутики кругомъ с и обхватываютъ трубу двумя хомутами A и A крѣпко завинченными болтами b. Верхнее полукольцо A, имѣетъ на хомутикахъ кружекъ и представляетъ собою гайку, въ которую ввинчивается коротенькую трубку ff съ фланцемъ g на верху. Въ средину ff помѣщенъ кранъ K, имѣющій такое устройство, что сквозь него можетъ проходить отверстіе сверла SS: На фланецъ g, располагаютъ каучуковый кружокъ l, а на него устанавливаютъ горизонтальную часть угла W, которую крѣпко привертываютъ къ фланцу g. Каучуковый кружокъ и образуетъ набивку для отверстія g не пропускающую воду изъ трубы. Въ уголъ W входитъ винтъ Z, оканчивающійся винтомъ; посредствомъ этого острія производятъ на сверлильномъ отверстіе SS требуемое давленіе; отверстіе сверла производится во вращеніе рукояткой K. Когда отверстіе просверлено, отвинчиваютъ уголъ W, отводятъ его въ сторону и подымаютъ отверстіе S такъ, чтобы его конецъ находился немного выше крана K, затѣмъ поворачиваютъ кранъ K на 90°, вслѣдствіе чего имѣетъ закроетъ трубу f. Послѣ того вынимаютъ сверло S и привинчиваютъ къ g трубу домоваго провода. Когда устройство послѣдняго окончено, впускаютъ въ

нею воду, поверяя въ соотвѣтственномъ краѣ ея. Особая часть FF навсегда остается привинченной къ изводу. Второй способъ, при которомъ въ уличныхъ проводахъ на соотвѣтственныхъ участкахъ помѣщаютъ особыя трубы а съ отвѣтвленіями d (фиг. 87) для предполагаемыхъ домашнихъ проводовъ обходится дороже при самомъ устройствѣ, такъ какъ онъ требуетъ большое число задвижекъ. Отростки обыкновенно закрываются привинченными къ нимъ краниками b, а задвижки C (фиг. 87) служатъ для того, чтобы при соединеніи домашняго провода съ отросткомъ (для чего нужно удалить краникъ), можно закрывать уличный проводъ такимъ образомъ, чтобы вода изъ него не выливалась въ отростокъ и чтобы другія потребители въ это время не оставались безъ воды. Особыя трубы а съ отвѣтвленіями вставляются въ проводъ только передъ тѣми зданіями или на тѣхъ участкахъ, гдѣ проклад-ка вновь ожидается въ скорости времени, въ противномъ случаѣ они будутъ представлять мертвый капиталъ. Проводъ отъ уличной трубы въ домѣ оканчивается обыкновенно на границѣ владѣнія задвижкой или краномъ, которымъ домо-хозяинъ можетъ правленіе водопровода и тѣмъ самымъ принудить потребителя къ исполненію его обязательствъ. Обыкновенно часть домоваго провода отъ уличной трубы до границы частнаго водопровода сооружается на счетъ владѣльца дома, но она считается частью публичнаго провода, такъ что ея содержаніе подлежитъ правленію водопровода. Устройство проводовъ внутри частныхъ владѣній предоставляется частнымъ владѣльцамъ и подлежитъ контролю правленія водопровода

Проводы въ домахъ.

Устройство водопровода въ зданіи при неограниченной системѣ разбора предусмотрено на фиг. 88, 89. Труба идущая отъ уличнаго провода, проводится подъ поломъ подвала къ внутренней стѣнѣ зданія (гдѣ она слабогнется обыкновенно краномъ a) поднимается вдоль стѣны черезъ всѣ этажи на чердакъ, гдѣ оканчивается послѣднимъ краномъ b. Отъ подъемной трубы выходятъ отводы въ отдѣльныя помѣщенія, въ которыхъ они оканчиваются кранами C. На верхнемъ концѣ подъемной трубы полезно устроить воздушный колодезь, чтобы сохранить безвредными гидравлическіе удары, происходящіе при внезапномъ открываніи и закрываніи кранова. На фиг. 88 указано простѣйшее устройство, при которомъ труба идетъ непосредственно къ питанію потребителя, а на фиг. 89 устроенъ двѣ подъемныхъ трубы, образующія параллелограммъ съ соединительными внизу (въ подвалѣ) и вверху (на чердакѣ). Относительно наиболѣе цѣлесообразнаго способа расположенія трубныхъ отводовъ и ихъ соединеній съ подъемной трубой не можетъ быть дано общихъ правилъ, такъ какъ это зависитъ отъ величины и положенія помѣщеній; вообще слѣдуетъ здѣсь руководствоваться тѣми же правилами, что и при устройствѣ главныхъ трубъ распредѣляющихъ воду по улицамъ. Важнѣйшія правила суть: 1. Непосредственно на томъ мѣстѣ, гдѣ подъемная труба входитъ въ зданіе, долженъ находиться главный кранъ. 2. Каждый проводъ выходящій изъ подъемной трубы, долженъ имѣть особый кранъ K, чтобы въ случаѣ надобности онъ могъ быть исключенъ изъ провода. 3. Труба не должна имѣть менѣе изгибовъ въ вертикальномъ направленіи

потому что въ вѣсокихъ точкахъ изгиба образуется подушка. Воздухъ вообще имѣетъ правильному теченію воды въ трубѣ. Вслѣдствіе эти подушки весьма неудобны, что весьма прекращаютъ теченіе воды въ подъемной трубѣ они остаются въ нихъ иногда цѣлыхъ изгибовъ нѣкоторыхъ случаяхъ причиной разрыва трубы зимой. 4. Труба должна быть защищена отъ дѣйствія тепла и холода, потому тамъ, гдѣ труба входитъ въ жилыя зданія снаружи, она должна находиться по крайней мѣрѣ на 1,25 mtr ниже поверхности грунта. Если бываетъ невозможно проводить трубы черезъ подстилающія отъ промерзанія, только окружаютъ дурными проводниками тепла: соломой, волокномъ и пр. Въ сильныхъ морозахъ эти средства бываютъ часто недостаточными и въ такихъ случаяхъ полезно бываетъ только, когда вода въ трубахъ не двигается спускать въ нихъ воду, чего ради открывъ немного кранъ, привести воду въ тихое, но постоянное движеніе. 5. Трубы не слѣдуетъ проводить черезъ углубленія въ стѣнахъ (особенно вдоль стѣнъ) и задѣлывать въ нихъ такъ, потому что тогда трудно бываетъ открыть ихъ поврежденныя мѣста. 6. Трубы не слѣдуетъ проводить вдоль стѣнъ снаружи зданія и вездѣ гдѣ возможно, ихъ слѣдуетъ вводить въ зданіе черезъ подвалъ и имѣя просматривать. Гдѣ необходимо провести трубу снаружи, тамъ она не должна соприкасаться съ холодной; для этого нужно въ стѣнѣ устроить небольшой каналъ и помѣстить въ него трубу такимъ образомъ чтобы она со всѣхъ сторонъ была окружена воздухомъ и заполнить каналъ дурными проводниками тепла: соломой, золой, древесными опилками и пр. Лучше всего проводить трубы внутри зданія и вдоль угловъ.

Домовыя трубы.

Трубы для домашнихъ проводовъ употребляются чугунныя оцинкованныя и свинцовыя и иногда также глиняныя и деревянныя. Чугунныя трубы употребляются преимущественно для проводовъ, находящихся въ садахъ или во дворѣ; внутри зданія онѣ неудобны, вслѣдствіе трудности исполненія направленія провода, ибо для каждаго изгиба приходится высверливать отдѣльную муфту. Желѣзныя трубы діаметромъ не болѣе 3/4" можно гнуть въ холодномъ состояніи; трубы же большаго діаметра изгибаютъ въ горячемъ состояніи. Такъ какъ желѣзныя трубы скоро ржавѣютъ, то во избѣжаніе этого ихъ покрываютъ гальваническимъ цинкомъ, а какъ цинковое покрытіе при нагрѣваніи трубы пропадаетъ, то для изгибовъ трубы, діаметромъ болѣе 3/4", вставляются, обобщая части, указанныя на фиг. 90 и 91, у которыхъ одинъ конецъ а представляетъ собою винтъ, ввинчивающійся въ трубу, а другой в-въ гайку для другой трубы. Для отвѣтвленій употребляются фасоны, представленные на фиг. 92 и 93; здѣсь каждый конецъ фасона представляетъ собою гайку. Для перемѣны діаметра употребляются фасоны, указанные на фиг. 94 и 95, также съ внутренней резьбой на концахъ в. Фасонныя части цинкаго провода, указанныя на стр 9, разнятся отъ только что описанныхъ фасоновъ домашняго провода только формами внѣшней резьбы и матеріаломъ. Всего чаще употребляютъ свинцовыя трубы, такъ какъ ихъ легко можно избѣгать по всѣмъ возможнымъ направленіямъ, оплетаемы и не подвержены изнашиванію, особенно когда вода мягкая, содержащая много извести и углекислоты. Для мягкой воды (содержащей менѣе, чѣмъ 0,005 углекислыхъ и сѣрнокислыхъ солей), употребляютъ свинцовыя трубы, обработанныя растворомъ сѣрнаго

хлѣбнаго камня (ибо мягкая вода растворяетъ свинецъ), который покрываетъ
нерастворимой пленкой сѣрнистаго свинца; или для той же цѣли надо
трубы водой, въ которой растворенъ фосфорнистый натръ въ отношеніи 0,0
и оставляютъ ихъ въ такомъ положеніи нѣсколько недѣль. Эти покра
тельными и способовъ, совершенно устраняющихъ раствореніе свинца пока
Въ послѣднее время употребляютъ часто тонкія оловянныя трубы, кажи
мая въ толстыя свинцовыя трубы. Трубы, ведущія отъ уличнаго провода
зданіе подвергаютъ пробному испытанію на давленіе отъ 10 до 20 атмосф
трубы не испытываютъ давленія, какъ напр. тѣ, которыя отводятъ воду и
кухонь, ваннъ и пр. испытанію не подвергаются и могутъ получать болѣе тонкія стѣнк

Соединеніе свинцовыхъ трубъ.

Конецъ одной трубы посредствомъ коническаго куска дерева уширяютъ воронк
зно (фиг. 96), вставляютъ въ него немного заостренный конецъ другой трубы
глубину 2-5 cmt и при посредствѣ нагрѣванія заплавляютъ концы. Для
ельнаго вещества берутъ: 1 частей олова на 3 части свинца; отдѣлится плавк
при 181° C. Спаиваемыя поверхности очищаютъ и покрываютъ насыщеннымъ
твореніемъ цинка съ соляной кислотой, выпареннымъ до густоты жидкаго си
къ этому раствору прибавляютъ нашатыря. Чтобы соединить одну тр
съ другой подъ угломъ, срѣзаютъ конецъ отвѣтвляющейся трубы подъ
вписывающимся угломъ и немного его заостряютъ. Затѣмъ прорѣзаю
въ главной трубѣ а отверстіе такимъ образомъ, чтобы первая труба м
была въ него вставлена подъ требуемымъ угломъ; при этомъ надо обра
вниманіе на то чтобы внутрь не выступала внутрь трубы; затѣ
этотъ стыкъ опаиваютъ (фиг. 97 и 98). На тѣхъ мѣстахъ, гдѣ тр
дится трубы часто разъединять, соединяютъ ихъ фланцами, которы
образуютъ отгибаніемъ концовъ трубы (фиг. 99) Затѣмъ фланцы хорош
прижимаютъ, надѣваютъ на нихъ желѣзныя или мѣдныя кольца а
крѣпко ихъ свинчиваютъ. Въ такихъ случаяхъ употребляютъ такж
винтовыя муфты (фиг. 100.) Для этого употребляютъ 2 короткія желѣзн
трубы а, изъ которыхъ одна имѣетъ немного выступающій бортъ b., а дру
утолщеніе с нарѣзкой. На первую надѣваютъ муфту d съ внутренней нар
и такимъ образомъ свинчиваютъ концы трубъ, между которыми для боль
плотности помѣщаютъ каучуковое кольцо. Подобное соединеніе употребля
ютъ каучуковыя трубы. Желѣзныя трубы соединяютъ съ свинцовыми f мягк
свинцовыя слойки. Желѣзныя трубы свинчиваютъ муфтами (фф. 101 и 102); на
цахъ ихъ получаютъ нарѣзки а и b длиною 2-3 cm или же соединяютъ ихъ
цами, которыя свинчиваютъ, помѣщая между ними для большей плотности
кольца изъ хорошаго каучука, волокна и т. п.

Подвижныя гибкія трубы употребляютъ для тушенія пожаровъ
ливки улицъ и пр. Ихъ изготовляютъ изъ каучука, холста или пеньки.
ныя употребляютъ рѣдко, вслѣдствіе ихъ высокой стоимости; онѣ удоб
при высокихъ давленіяхъ воды. Каучуковыя употребляютъ при не очень вы
давленіяхъ; для увеличенія крѣпости ихъ обматываютъ внутри пеньков
снаружи холстомъ. Когда тонкія трубы должны служить для всасыв

то они помещаются внутри сильно изогнутую по спирали проволоку съ цѣлью устранить ихъ спиноцѣпливаніе. Такую проволоку дѣлаютъ въ трубахъ и не всѣхъ вакоцѣлихъ. Пеньковыя трубы не плотныя, поэтому часто пеньку провариваютъ въ дубильной кислотѣ, а самые пеньковые рукава внутри обрезиниваются каучукомъ. Эти трубы соединяютъ между собою и съ другими трубами гидрантами посредствомъ металлическихъ трубокъ, прикрѣпленныхъ къ ихъ концамъ. Всего чаще употребляютъ свинчиваніе. На фиг. 103. обѣ пеньковыя трубки a и b снабжены на поверхности двумя кольцевыми углубленіями, на которыя надѣваютъ концы гибкихъ трубъ; оба конца металлическихъ трубъ соединены между собою винтовой трубкой d. На фиг. 104 показано часто употребляемое соединеніе. Труба a имѣетъ 2 кольцеобразныхъ утолщенія b, между которыми вращается кольцо C имѣющее діаметрально противоположныхъ выступа m m. Труба b оканчивается двумя полукольцами d, за которыя захватываютъ выступы m m кольца C прижимающія выступы другъ къ другу такъ быстро, какъ только они будутъ повернуты.

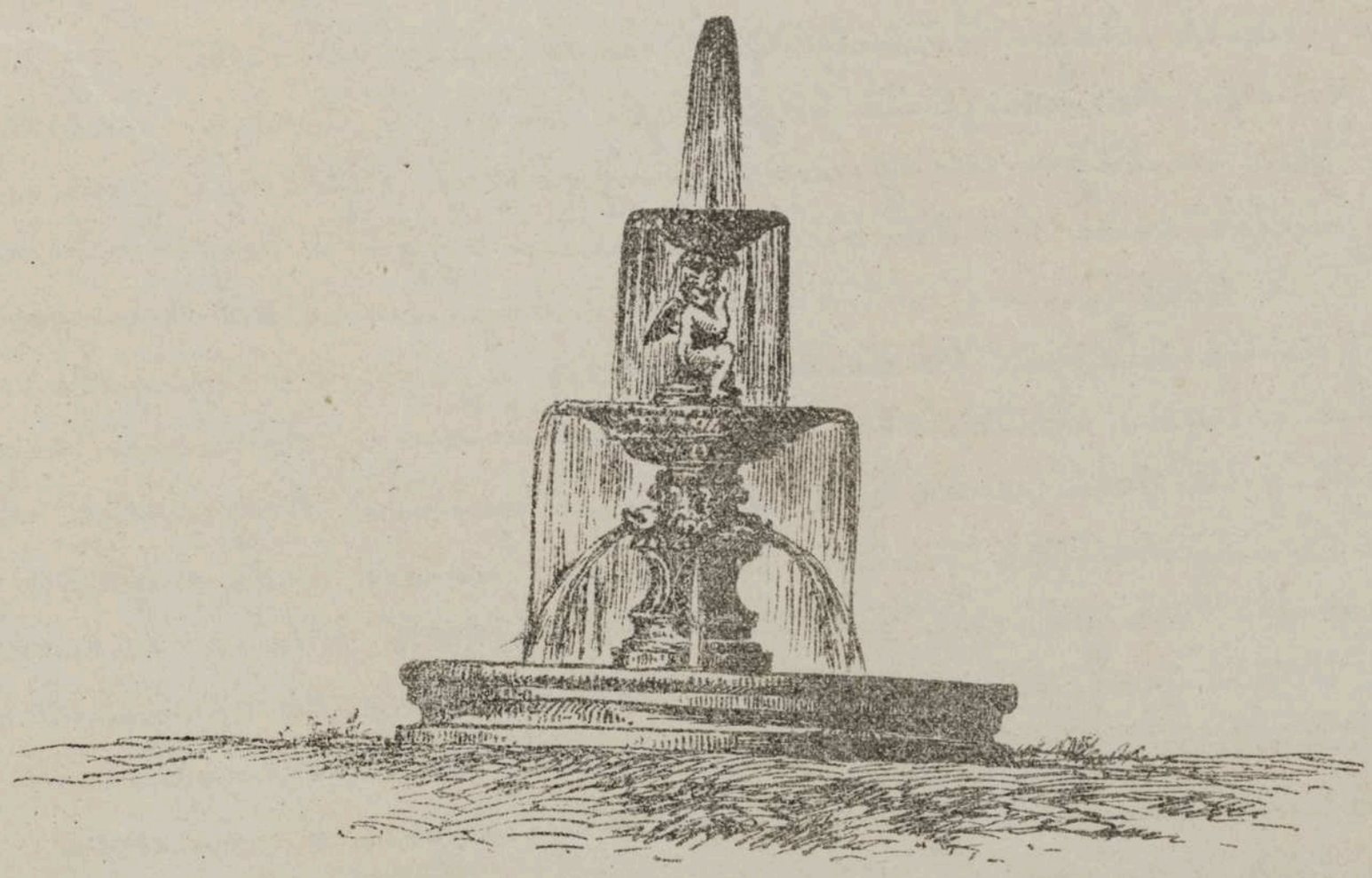
Шаровые краны Краны въ домовыхъ проводахъ устраиваютъ такимъ образомъ чтобы они при быстромъ вращеніи медленно открывались и закрывались. На фиг 107 у-казанъ такой кранъ съ горизонтальнымъ, а пунктиромъ C съ вертикальнымъ стокомъ. Вертикальные краны устраиваются для домашнихъ цѣлей: для поливки, для тушенія пожаровъ имѣютъ горизонтальный стокъ и надѣваютъ рукавъ). Труба имѣетъ вертикальную перегородку b, которая дѣлитъ сдѣланное надъ нею отверстіе на 2 части. Это отверстіе закрыто каучуковымъ кружкомъ m m, зажатымъ между фланцами. Этотъ кружекъ прижимается къ краямъ отверстія и къ перегородкѣ между ними клапаномъ v. Стержень клапана S имѣетъ винтовую нарѣзку, для которой служитъ муфта r, находящаяся снаружи. Эта муфта можетъ свободно вращаться, не перемѣщаясь поступательно. При вращеніи муфты стержень S вви-вается въ нее медленно, поднимаетъ въ средину каучуковый кружекъ m. и возстанов-ляетъ сообщеніе между особыми отдѣленіями a и b трубы. При другихъ устройствахъ это сообщеніе возстанавливается посредствомъ нажатія на муфту, которая послѣ прекращенія давленія на нее сама возвращается въ прежнее положеніе и закрываетъ трубу. Чтобы эти краны можно было употреблять для поливки, концы ихъ иногда имѣ-ютъ нарѣзки, на которыя можно привинтить гибкую трубу. Но обыкновенно устра-иваютъ для этой цѣли особые гидранты діаметромъ ½-¾ дюйма, которые помѣщаютъ по сторонамъ, а въ большихъ зданіяхъ на лѣстницахъ и коридорахъ. Для прикрѣп-ленія къ стѣнѣ они получаютъ особые фланцы x съ отверстіями для гвоздей или для винтовъ (фиг 108.) Гидранты въ садахъ имѣютъ такое же устройство, какъ и гидранты въ домахъ, но только вмѣсто вертикальныхъ они получаютъ горизонтальные фланцы которыми прикрѣпляются къ горизонтальному въ грунтѣ брусу, отверстіе для выхода воды обложено сверху и прикрыто чугунной крышкой, находящейся въ уровень съ поверхностью грунта. Проводъ къ садовымъ гидрантамъ получаетъ скатъ къ ни-жнему домашнему крану, чтобы открывши его можно было спустить изъ провода воду. Краны въ частныхъ владѣніяхъ сохнутъ изъ бассейна изъ кирпича или камня, а ино-гда изъ бетона, которой не крошатъ сильно изъ сала и воска, всѣхъ действіе чего можетъ получаться изъ песчаника; глубина бассейна бываетъ рѣдко больше метра; въ серединѣ поднимается проводная труба до горизонта воды, которая ска-

ниваемся соотвѣтственнымъ отверстіемъ. Высота струи зависитъ отъ формы отверстія. Изъ коническихъ наконечниковъ струя поднимается выше, чѣмъ изъ цилиндрическихъ. Высота струи увеличивается также съ діаметромъ наконечника. Иногда отверстія снабжаются различными украшеніями и фигурами. Бассейны получаютъ спускъ и переливъ; спускъ снабжается сѣткой. Обыкновенно спускъ и переливъ оканчиваются въ одной общей трубѣ. Для освѣженія воздуха въ помѣщеніяхъ устраиваютъ иногда фонтаны и въ комнатахъ. Для сохраненія свѣжести прозрачной устраиваютъ холодные шкафы, внутри которыхъ помѣщены трубы. Въ этихъ послѣднихъ движется постоянно свѣжая вода.

Водомѣры. Водомѣры помѣщаютъ въ дворовыхъ мѣстахъ только тамъ, гдѣ воды потребляется большое количество напр. въ большихъ домахъ, на пивоваренныхъ заводахъ и пр. Водомѣры должны удовлетворять слѣдующимъ условіямъ: 1) указывать точно количество воды, прошедшей черезъ приборъ, такимъ образомъ, чтобы его можно было всегда провѣрить напр. фляшами. 2) Водомѣръ долженъ быть построенъ такимъ образомъ, чтобы его можно было употреблять при всякомъ давленіи воды. 3.) Вода при проходѣ ея въ приборѣ должна причинять какъ возможно меньшую потерю напора. 4.) Водомѣръ не долженъ быть чувствителенъ къ загрязненію грязью, пескомъ и пр. 5. Стоимость водомѣра не должна быть высока. До сихъ поръ не существуетъ водомѣра, который удовлетворялъ бы вполнѣ всѣмъ этимъ условіямъ. Для практики достаточно, чтобы водомѣръ указывалъ расходъ воды съ точностью до 1% ведра, то есть водомѣры, которые указываютъ съ точностью до 1% Существуютъ двѣ системы водомѣровъ: турбинный и поршневой. Въ водомѣрѣ первой системы турбина приводится во вращеніе протекающей водой, при чемъ число оборотовъ вала передается счетчику; такъ какъ внутри извѣстныхъ предѣловъ число оборотовъ турбины пропорціонально количеству протекающей воды, то счетчикъ и можетъ служить для измѣренія. При второй системѣ приводится водой въ движеніе поршень; число поршневыхъ ходовъ передается счетчику, такъ что опредѣляется число полныхъ цилиндра, а слѣдовательно и количество протекающей воды. Поршневые водомѣры обладаютъ большой точностью; между тѣмъ какъ турбинные при малыхъ количествахъ страдаютъ еще тѣмъ неудобствомъ, что проходъ столь малаго количества воды недостаточенъ для приведенія колеса въ движеніе; по этому онъ открываетъ немного кранъ, можетъ спускать черезъ него воду продолжительное время и такимъ образомъ взять много воды, которая водомѣромъ вовсе не будетъ указана. Турбинные водомѣры дешевле поршневыхъ и, вслѣдствіе простоты ихъ устройства, не такъ легко портятся. Цѣна водомѣровъ колеблется между 50-200 руб. На фиг. 105 представлена схематическая водомѣра турбинной системы. Вода входитъ черезъ трубу B въ чугунный ящикъ A, помѣщенный въ другой такой же ящикъ B. Изъ A вода проходитъ черезъ сѣтчатое отверстіе и благодаря этому освобождается тяжелыя частицы въ ящикѣ A. Изъ пространства между A и B. вода по трубѣ E идетъ въ верхнюю половину водомѣра C. Послѣдній обыкновенно бываетъ чугунный и раздѣляется сѣткою на двѣ части CD. Верхняя половина C въ свою очередь раздѣлена на двѣ части: въ верхней части M къ которой вода не имѣетъ доступа, находится механизмъ счетчика K а въ нижней C- сѣтка, черезъ которую вода входитъ въ сарафанъ K,

движущий вал турбины; на этого барабана вода вытекает по направлению стрелок. Барабан надет на вертикальный вал F с бесконечным винтом G на конце зубчатым с ветвистой колесе, от которого движение передается стрелке, передвигающейся по циферблату, находящемуся на верхней крышке прибора. На фиг. 106 указан прибор Кеннеди, водомер поршневой системы. Он состоит из двух главных частей: 1, цилиндрического цилиндра A, в который входит вода и 2, пространства B для сжатого от воды. В A движется высокий поршень p. Стержень поршня S входит через сальник K и оканчивается вверху зубчатой полосой Z. Полоса Z сцеплена с зубчатым колесом b, имеющим два пальца a, из которых один захватывает стержень груза T, свободно вращающийся на оси колеса b, поднимает его вверх и опрокидывает в другую сторону. При обратном движении поршня p. колесо b получает обратное вращение и другой палец t вращает груз T в сторону, противоположную первой. Груз при каждом падении ударяет по стержню R храпа распределительного механизма, помещенного в M, вследствие чего вода то входит снизу поршня в цилиндр, то сверху и из него происходит подниманье и опускание поршня. Происходящее то в ту и другую сторону движение оси колеса b преобразовывается посредством конических зацеплений N в непрерывное вращательное движение в одну сторону, откуда идет передача счетчику.

Набивка поршня p состоит из круглого каучукового конца V, не соединенного с поршнем поршня, так что при движении поршня здесь происходит трение качения всегда меньше трения 1го рода.)



КАНАЛИЗАЦІЯ.

Цѣль канализаціи - отводъ изъ города загрязненныхъ водъ и нечистотъ. Водоснабженіе безъ канализаціи немыслимо, такъ какъ введенная вода не уничтожается и слѣдовательно, ее надо отвести. Отбросы населенныхъ мѣстъ состоятъ: 1, изъ кухонныхъ помоевъ, фабричныхъ заводскихъ водъ; 2, изъ дождевой воды стекающей съ улицъ и крышъ постройкъ; 3, изъ человѣческихъ отбросовъ; 4, изъ уличнаго навоза. Всѣ эти вещества требуютъ по возможности скорѣйшаго удаленія изъ города, потому что гніютъ и производятъ непріятный запахъ и наполняютъ воздухъ миазмами въ значительной степени содѣйствующими распространенію заразныхъ болѣзней. Отбросы нужно удалять раньше ихъ разложенія, которое начинается уже черезъ 24 часа, а иногда и раньше. Городскіе отбросы можно раздѣлить на два главныхъ класса: жидкіе и твердые по свойству жидкости. Жидкіе отбросы составляютъ по объему главнѣйшую часть; ихъ скорѣйшее удаленіе составляетъ поэтому главную заботу всякаго благоустроеннаго города. Всѣдствіе этого мы разсмотримъ сначала способы удаленія жидкихъ отбросовъ.

Удаленіе жидкихъ отбросовъ. Къ жидкимъ веществамъ, скорѣйшее удаленіе которыхъ изъ густонаселенныхъ мѣстъ существенно, принадлежатъ главнымъ образомъ дождевая, домашнія и фабричныя воды, а также и урина людей и животныхъ. Дождевыя воды вредны тогда, когда къ нимъ примѣшаны органическія вещества. Нѣкоторая часть жидкостей можетъ быть поглощаема грунтомъ и отчасти испаряется. Въ слабо населенныхъ мѣстностяхъ этихъ естественныхъ средствъ вполнѣ достаточно для удаленія жидкихъ отбросовъ. Въ городахъ гдѣ въ многоэтажныхъ домахъ большое число людей скопляется на одномъ мѣстѣ и гдѣ вслѣдствіе замощенія дворовъ и улицъ поглощеніе воды грунтомъ почти равно нулю необходимы другія средства для отвода негодныхъ жидкостей. Прежде для этой цѣли устраивали по серединѣ улицъ или по бокамъ канавы куда и спускались воды изъ примыкающихъ къ нимъ владѣній, а потомъ отводились къ ближайшему пріемнику. Этотъ способъ употребляется въ большинствѣ русскихъ городовъ, не исключая и Москвы. Существованіе этихъ каналовъ, представляющее большой недостатокъ и въ малонаселенныхъ городахъ, для большихъ городовъ есть просто бѣдствіе. Въ нихъ собираются грязныя воды съ немощеныхъ улицъ и дворовъ много, а въ случаѣ дождя и днемъ, въ нихъ спускаются жидкости относимыя снизу. Воды въ нихъ всегда грязныя содержащія обыкновенно значительное количество органическихъ веществъ какъ напр. домашній навозъ. При недостаточности скорости протекающей въ нихъ жидкости бываетъ часто недостаточна для уноса твердыхъ частицъ вслѣдствіе чего часть ихъ остается въ канавахъ и загрязняетъ воздухъ. Какимъ зломъ являются эти канавы хорошо-это извѣстно всякому, кому приходится въ весь годъ проводить въ Москвѣ. Сильный дождь иногда промываетъ эти канавы, но всѣмъ съ ними мѣшаютъ тѣснящіяся осадками почти улицъ и тротуаровъ, заваленныя тамъ колодцы и подвальныя помѣщенія и водянистую сырость въ нижнихъ этажей. Немалыя неудобства представляютъ эти канавы и зимой, потому что хотя морозъ и прекращаетъ гніеніе находящееся въ

мых веществъ, но за то напоминаетъ тех слюдок, который препятствуетъ свобод-
ному стоку водъ, вследствіе чего зимнем стекленія въ расходе воды, что въ
интересахъ здоровья не желательно. Отсюда этих канавъ обходится
очень дорого. Изъ этого следуетъ, что осадкіе отбросы должны быть удалены изъ
города такимъ образомъ, чтобы: 1, не стекали по населенным улицам и не
заражали воздухъ; 2, во время дурной погоды не распространялись по улицам и дво-
рам; 3) не могли быть выкачиваемы домохозяевами на улицу; 4, в зимнее не за-
мерзали; 5, не были бы заманчивы для детей зимней. Эта цель достигается
всего лучше помощью подземных каналовъ, расположенных на такой глубине
до которых мороз не доходитъ, т.е. на 1 или 2 арш и имеющих требуе-
мое паденіе для скораго стока осадковъ. Существуетъ две системы канализации:
I Сплавная - (все въ каналъ) II Раздельная. По первой системе каналъ отво-
дитъ какъ осадкіе, так и послеосадкіе отбросы, кроме твердых, а по вто-
рой только осадкіе, кроме домовых водъ. При сплавной системе не обходимъ
устройство открытых колодцевъ, при раздельной все-колодцы не нужны. Движе-
ніе отбросовъ при сплавной системе происходитъ подъ действіем силы тя-
жести. Эта система не всегда действуетъ удовлетворительно, потому что дне-
вной расходъ воды сильно колеблется, пропорціонально ему колеблется и количество во-
ды въ сплавных каналах, а потому при малой скорости движенія осаждаю-
ся тяжелыя части отбросовъ. Эти части разлагаются и образуютъ вредные газы.
во время дождя поступающая въ каналы вода вымываетъ эти газы черезъ от-
верстія каналовъ на поверхность улицы и заражаетъ воздухъ на большое разстояніе
При раздельной системе канализации устраивается искусственный двигатель воды
посредствомъ разряженнаго или сжатаго воздуха. Сплавная система выгоднее
такъ какъ есть условія. По устройству каналовъ раздельная система обходится
дешевле потому что каналы при такой системе имеютъ меньшее сечение (до-
ждевыя воды не попадаютъ въ каналы) но дороже сплавной по устройству и содер-
жанію машинъ (насосовъ). Вопросъ полезна или вредна сплавная система
до сихъ поръ еще не решенъ и общее его решеніе едва ли возможно, такъ какъ мест-
ныя условія имеютъ на это важное вліяніе. По его решенію для канализаціи
городовъ не имеетъ важнаго значенія: независимо отъ этого решенія канали-
зація всегда будетъ необходима, такъ какъ способъ отведенія осадкихъ отбро-
совъ не сохраняетъ вопроса можетъ только сомнительнее въ томъ, обязательно ли
и не осадкіе отбросы отводить помощью тех же каналовъ, как и осад-
кіе изъ нихъ. Здесь нужно заметить что какая бы канализація не была
нѣкоторая часть не осадкихъ отбросовъ всегда будетъ попадать въ каналы; съ дру-
гой стороны невозможно устроить такіе каналы, которые отводили бы все не-
осадкіе отбросы: уличную грязь, навозъ конюшенъ, золу кухонныя остатки и пр.
придется выносить при какой бы то ни было канализаціи Для составленія предва-
рительнаго проекта канализаціи необходимо имѣть планъ города съ
приблизительными отрезками въ масштабѣ $\frac{1}{10000}$. На планъ должны быть
нанесены горизонтали чтобы знать водораздельныя линіи и где возможно нужно бу-
дущее расширеніе города. Для определенія глубины каналовъ нужны кроме того
горизонтали низкихъ, среднихъ и высокихъ водъ въ разныхъ мѣстахъ и высота грунтовыхъ
водъ для того чтобы удалить грунтовыя воды, заполняющія не глубокіе подвалы.

×× Количество отводимых вод.

Каналы должны отводить: 1) домашнія, публичныя и промышленныя воды, количество которыхъ извѣстно; 2) дождевыя воды, попадающія на участокъ канала и на тѣхъ смежныхъ съ нимъ участкахъ, вода которыхъ имѣетъ движеніе внизъ проходитъ черезъ него. 3) грунтовыя воды въ случаѣ когда таковыя въ видѣ осушительныхъ канализацій подвалы и пр., Запотѣваемые грунтовыми водами. Можно принять на одного жителя 140 litr. въ сутки воды, израсходованной для домашнихъ публичныхъ и промышленныхъ цѣлей, а такъ какъ максимальный расходъ въ часъ превышаетъ средній вдвое, то на одного жителя нужно принять въ часъ $\frac{2 \cdot 140}{24} = 11,7$ litr. Для мѣстностей говорящихъ фабрикъ и заводовъ можно брать вдвое менѣе. Для опредѣленія количества воды, которое должно быть отведено изъ отдѣльныхъ цѣлыхъ участковъ надо знать число жителей этихъ участковъ. Такъ какъ число это довольно непостоянное и съ теченіемъ новыхъ построекъ увеличивается, то лучше всего опредѣлить его исходя изъ площади участка, соображаясь съ густотою населенія. Въ Берлинѣ приходится на одного человѣка въ центрѣ города 19,6 кв. метр., а въ предмѣстьяхъ смотря по обстоятельствамъ 30,32 до 51 метр. (въ этихъ цифрахъ включены уже улицы и публичныя площади). Дождевыя воды составляютъ главный факторъ, имѣющій вліяніе на величину сѣченія каналовъ. Во время ливня количество дождевой воды можетъ превышать количество остальныхъ городскихъ водъ болѣе чѣмъ въ 100 разъ; для поглощенія ея потребовались бы каналы чрезвычайныхъ размѣровъ. Такъ какъ дождевыя воды не представляютъ особенно большой непріятности, если не сразу попадутъ въ каналы, да и большіе ливни вообще рѣдки, то обыкновенно принимаютъ во вниманіе при расчетѣ каналовъ уменьшенный дождь. При большихъ ливняхъ высота дождя можетъ превышать 4,7 cmtr въ часъ. Въ Лондонѣ при расчетѣ каналовъ принимаютъ высоту дождя только въ 0,054 cmtr и предполагаютъ, что изъ мощеныхъ улицъ вся вода, а изъ немощеныхъ только половину отводятъ каналы. Въ Берлинѣ послѣ многихъ наблюденій принято за основаніе для расчета высота дождя 2,3 cmtr въ часъ и предполагается что только одна пятая дождевой воды, т.е. 0,77 cmtr попадаетъ въ каналы. Изъ этого количества дождевой воды $\frac{6}{7}$ спускаются въ реки, а $\frac{1}{7}$ составляетъ испаряющуюся высоту дождя $\frac{1}{7}$ 0,77 = 0,11 cmtr въ часъ высачивается изъ каналовъ наносами. Въ Вѣнѣ принято для центральныхъ мощеныхъ частей города за высоту дождя падающаго въ каналы въ часъ 6,25 m/m для окраинныхъ частей, имѣющихъ немощеныя улицы 3,17 m/m. Изъ этихъ данныхъ видно, что каналы не расчитываются на количество дождя во время ливня, такъ какъ тогда потребовались бы для каналовъ слишкомъ большія размѣры. При опредѣленіи профиля каналовъ проектирующему иногда приходится сообразоваться съ мѣстными условіями, такъ что въ этомъ отношеніи не могутъ быть даны правила, которыя были бы примѣнимы для всякаго случая.

×× Уклонъ дна каналовъ.

Каналы должны получить такой уклонъ чтобы скорость воды въ нихъ была

достаточна для снаваемых въ нихъ веществъ, которыя въ нихъ попадаютъ. Опытомъ показано, что для этого нужна скорость не менѣе 0,6 – 0,75 mtr въ секунду. Если обозначимъ черезъ V скорость въ секунду въ метрахъ H – площадь живого сѣченія канала p – периметръ, J – паденіе, т. е. отношеніе разности высотъ двухъ точекъ дна канала h къ горизонтальному разстоянію между ними – l и z коэффиціентъ сопротивленія, то $J = z\frac{v^2}{2g}\cdot\frac{p}{f}$ ..... (1) $V = \sqrt{\frac{2}{z}g\frac{f}{p}\cdot J}$ ..... (2) Коэффиціентъ z зависитъ отъ скорости и данъ въ слѣдующей таблицѣ: v mtr 0,05; 0,10; 0,25; 0,15; 0,18; 0,25; 0,30; 0,40; 0,50; 0,75; 1,0 z 0,013; 0,012; 0,0103; 0,0107; 0,0094; 0,0090; 0,0068; 0,0084; 0,0082; 0,008; 0,0078. Формулу 2 можно написать такъ $V = C\sqrt{\frac{f}{p}J}$ ..... (3) часто принимаютъ по Дитмеръ коэффиц. C = 50. Изъ формулы (3) слѣдуетъ, что скорость при одномъ и томъ же уклонѣ J увеличивается съ увеличеніемъ живого сѣченія, поэтому для достиженія одинаковой скорости главные каналы могутъ получить меньшіе уклоны, чѣмъ побочные. Въ главныхъ каналахъ, которые собираютъ воду изъ побочныхъ всегда течетъ довольно значительная масса воды, между тѣмъ какъ въ послѣднихъ нерѣдко воды и совсѣмъ не бываетъ. Какъ наименьшую скорость можно принимать для большихъ каналовъ въ діаметрѣ > 0,9 mtr $V = 0,65$ mtr., для среднихъ – отъ 0,45 до 0,9 mtr $V = 0,9$ mtr; для малыхъ — отъ 0,15 до 0,45 $V = 1,1$ mtr. Такъ какъ количество воды протекающей черезъ каналы всегда переменно, то часто оно бываетъ такъ незначительно, что скорость теченія не достигаетъ принятыхъ величинъ, всѣдствіе чего въ каналахъ отлагаются осадки. Бываетъ нужно каналы время отъ времени прочищать. Очистку производятъ вымываніемъ или ручными способами. Для каналовъ должно имѣть такое положеніе, чтобы въ нихъ могла стекать вода изъ не очень низкихъ подваловъ зданій; этимъ опредѣляется наивысшее положеніе каналовъ. Поэтому глубина подваловъ при проектированіи каналовъ должна быть принята во вниманіе.

Расположеніе каналовъ въ планѣ – Каналы располагаются по улицамъ и переулкамъ и ихъ уклоны, гдѣ это возможно соотвѣтствуютъ уклонамъ натуральной поверхности. Уклонъ каналовъ должно быть не прерывающимся, т. е. дно въ одной и той же точкѣ, гдѣ возможно, не должно имѣть перелома (иначе произойдетъ потеря скорости). Если городъ лежитъ на рѣкѣ и поверхность земли по обѣимъ сторонамъ падаетъ къ рѣкѣ, то каналы S помѣщаютъ въ планѣ расположеніе, указанное схематически на фиг. 1. Какъ открываются каналы въ рѣку показано на фиг. 2. Если рѣка напр. при C загружена, то такъ какъ дно каналовъ должно быть выше горизонта рѣки, это получило бы слишкомъ высокое положеніе. Каналы a, B, a', B' въ такомъ случаѣ не доводятъ до рѣки: вдоль рѣки устраиваютъ собирающіе каналы – коллекторы, параллельно берегамъ, которые отводятъ воду каналовъ a, B, a', B' въ рѣку ниже плотины C въ точкѣ dc фиг. 1). Когда въ каналы спускаются на ночь помои, то обыкновенно не дозволяется спускать ихъ въ рѣку въ черту города; тогда вдоль береговъ надо устроить сборные каналы S^1, S^{II} (фиг 3) въ которые входятъ каналы SS. Каналы $S^1 S^{II}$ спускаютъ помои въ рѣку ниже города по теченію рѣки у точки A. Устройство каналовъ въ $S^1 S^{II}$ часто затруднительно, поэтому они идутъ вдоль береговъ находящихся слѣдовательно на низкой мѣстности и бываютъ трудно

канализационный участокъ, не пользующійся проточною водою для промывки и
Въ такихъ случаяхъ бываетъ часто необходимо выкачивать изъ каналовъ S^{II}
нечистоты насосами. Во время сильныхъ дождей каналы $S^{I} S^{II}$ будутъ недоста
точны для отведенія всей воды притекающей къ нимъ по каналамъ SS
Вслѣдствіе недостаточнаго стока вода въ каналахъ могла бы подняться
до такой высоты, что часть ея черезъ колодцы, которыми эти каналы со
единены съ поверхностью улицъ, вылилась на нижнія улицы и залила
ихъ нечистотами. Чтобы этого не было, соединяютъ каналы S^{I}, S^{II} съ
рѣкою перепускными каналами V, называемыми запасными выпусками
Въ разрѣзѣ запасной выпускъ представленъ на фигурѣ (4). Когда вода
въ каналѣ во время дождя поднимается выше уровня ab, то она переливается въ
запасный спускъ V, а отсюда въ рѣку или какой нибудь другой резервуаръ.
Пока горизонтъ воды въ S^{I} ниже ab вода стекаетъ по каналу S^{I} до устья A
Запасные спуски спускаютъ нечистую воду въ рѣку въ черту города. Такой спускъ
признается не особенно вреднымъ, потому что онъ происходитъ въ дождливый
день послѣ того, когда вода въ каналахъ достигнетъ опредѣленной высоты, и
этихъ поръ большая часть нечистотъ будетъ унесена теченіемъ къ спускному
но такъ какъ нечистоты производимыя во время дождя стекаютъ черезъ
запасные выпуски въ рѣку въ предѣлахъ города, то этотъ способъ все-
таки нежелателенъ. Когда устройство каналовъ S^{I} затруднительно по
каналамъ S располагаютъ параллельно рѣкѣ (фиг 5) которые отводятъ
воду въ сборные каналы S^{II}, а послѣдніе въ рѣку при A. Это расположе-
ніе спусковъ нельзя по неудобству, что затрудняетъ устройство за-
пасныхъ выпусковъ. Если рѣка омываетъ городъ кругомъ, то употреб-
ляютъ радіальное расположеніе (фиг. 6) устройство двухъ каналовъ въ AC
и DB вмѣсто одного A'B' будетъ неудобнѣе и дороже, потому что въ
всѣхъ случаяхъ для уклона потребовалось бы вдвое большей высоты нача-
льной точки канала надъ концевой. Въ городѣ приходится нерѣдко комби
нировать всѣ эти системы, употребляя для различныхъ участковъ сооб-
разительно мѣстнымъ условіямъ различныя системы. Во всякомъ слу-
чаѣ при проектированіи сѣти каналовъ должно имѣть въ виду буду-
щее увеличеніе города. Въ этомъ отношеніи наиболѣе удобна сказывается
радіальная система, такъ какъ верхніе проводы находятся въ центрѣ
города сосредоточено въ мѣстности, гдѣ увеличеніе населенія не можетъ
быть ограничено, а потому и количество воды, протекающей въ каналѣ
въ будущемъ не измѣнится существенно. Но эта система можетъ быть
употреблена только въ двухъ случаяхъ: когда сообщественный участокъ
города окруженъ рѣкою или когда воду изъ каналовъ рѣдко выкачивать на
сосами. Приступая къ проектированію сѣти каналовъ, нужно прежде
всего раздѣлить городъ на участки. Проектировать сѣть для каждаго
участка и отводить собираемую воду изъ участка въ назначенное для
этого мѣсто. Число участковъ зависитъ потому отъ числа мѣстъ удоб-
ныхъ для спуска воды; особенно большимъ оно не должно быть, потому что
сборные каналы, которые служатъ для каждаго участка отходящими вообще
дорого. Особенно нужно ограничивать [illegible] участковъ, когда [illegible]

воду изъ каналовъ выхаливать насосами, вслѣдствіе большой стоимости насосныхъ станцій. Общихъ правилъ для опредѣленія величины сборныхъ каналовъ дать не возможно, но можно держаться принципа: избѣгать большого числа каналовъ одинаковой величины и заканчивать ихъ по возможности одними большими каналами, получающими одинъ большой каналъ изъ станціи нѣсколько слабыхъ каналовъ, стоитъ дешевле послѣдняго. На фиг. 7 и 8 указаны два системы устройства сѣти для участка, имѣющаго правильный видъ. На фиг. 7 показано такое расположеніе каналовъ: вдоль главной улицы идетъ отводный каналъ PQ въ который опоражниваются каналы станціи деленія A, B, C, D въ которые въ свою очередь опоражниваются короткіе каналы изъ переулковъ. На фиг. 8 отводной каналъ $Q P Q^1$, въ него опоражниваются каналы идущіе вдоль каждой улицы $a'a$, $b'b$, $c'c$, $d'd$; въ эти послѣдніе входятъ короткіе каналы изъ переулковъ. Система каналовъ на фиг. 7 по устройству сѣти схожа съ системой представленной на фиг. 8. Каналы въ первомъ случаѣ обойдутся дешевле потому что требуется меньше паденія и глубины. Такъ какъ количество воды протекающей по каналамъ, весьма переменно, а между тѣмъ желательно, чтобы скорость теченія была всегда по возможности большая наивыгоднѣйшая форма будетъ та, которая представляетъ движенію воды при самыхъ высокихъ наполненіяхъ наименьшее сопротивленіе. Этому условію всего лучше удовлетворяетъ яйцевидная форма сѣченія, обращенная узкимъ концомъ вверхъ. Для большихъ каналовъ которыхъ высота превышаетъ два метра и по которымъ протекаетъ постоянно достаточное количество воды, оказывается наиболѣе выгодной круглая или трубчатая форма, потому что при одинаковой площади сѣченія периметръ круглаго сѣченія менѣе яйцевиднаго и слѣдовательно потеря напора будетъ менѣе. Для овальной или яйцевидной сѣченія берутъ отношеніе высоты къ наибольшей ширинѣ 3:2. Малые каналы на жилѣ разсчитаны, что въ нихъ невозможно проходить, поэтому высота ихъ 0,8 mtr достаточна вслѣдствіе трудности исполненія ихъ круглыми. Запасные выпуски и вообще каналы большихъ размѣровъ полезно для уменьшенія высоты форсу представленную на фг. 10, со стоящую изъ полукруга abc и дуги adc. Когда форма сѣченія опредѣлена по размѣрамъ его разсчитываютъ по правиламъ изложеннымъ въ курсѣ водоснабженія. Если R площадь, въ которой вода стекаетъ въ каналъ k - наибольшая высота данную въ секунду, а kh часть этой высоты, которая попадаетъ въ каналъ, то расходъ на которой должно быть разсчитанъ каналъ $Q = kh R$. Въ Парижѣ принимаютъ $h = 0{,}0018$ mtr и $k = \frac{1}{3}$. Каналы получаютъ всегдашній малый размѣръ. При опредѣленіи высоты каналовъ нужно имѣть въ виду запасные выпуски, положеніе которыхъ опредѣляется горизонтомъ воды того пріемника въ который спускаютъ воду изъ этихъ выпусковъ. Для предупрежденія засоренія дѣлаютъ каналовъ дѣлаютъ малые 20-25 cm. Вѣтвь одного канала должна соединяться съ вѣтвью другого подъ тупымъ угломъ въ противномъ случаѣ если напр. вѣтвь (фиг. 13 a и b. идетъ подъ острымъ угломъ къ каналу, то вытекающая изъ нея вода задерживаетъ движеніе въ каналѣ. Происходящее отъ этого неудобство уменьшается скатомъ

ственными увеличением сечения труда (т. е канала) напорные должно быть только больше, чем больше вклинивается входящих в главный канал. При расчете труб нужно принимать во внимание потерю напора, происходящую при переменных направлениях, площади сечения и т. п.. Эти потери определяются по формулам данным в инженерных водоснабжения. Так напр. при переменном направлении на 90° и при скорости $v = 1$ м потеря на напор $j = 0,984 \frac{v^2}{2g} = 0,05$ mtr. Для составления проекта канализации должны быть исполнены предварительно следующие работы: 1) Должен быть изготовлен точный план города и окрестностей в масштабе $\frac{1}{10000}$, с нанесенными на нем горизонталями 2. В водоносности города содержащая площадь и будущий планы (строительные) города, высотные реперные точки поверхности, а также и подземных и существующих каналов, напорный; главные и средние горизонты принимающих приемников в масштабе $\frac{1}{2.500}$. 3) Изследование горизонта грунтовых вод на всем протяжении канализируемой поверхности, наблюдение горизонтов приемников. 4) Бурение для определения геологического сложения грунта и для составления геологических профилей. 5. Подробная нивелировка всего пространства города. 6. Занесение полученных при нивелировании высот в планы городских участков, составленных в масштабе $\frac{1}{500}$. Эти планы содержат границы отдельных владений, положение каналов газовых и водопроводных труб, существующих каналов, высоты последних и пр. данные, знание которых необходимо при проектировании канализации. На эти планы наносятся планы каналов со всеми ревизионными частями, проектированными колодцами, устьями запасными выпусками, домовыми проводами и т. п. Затем строятся продольный и поперечный профили каналов. Пример продольного профиля представлен на фиг. 14.

Материалы употребляемые при сооружении каналов.

Внутренняя поверхность каналов подвергается постоянному действию грязной жидкости и испорченного воздуха, она должна поэтому сохранять в себе прочный материал. Такими материалами служат: 1) Крепкий натуральный камень. 2) Хороший жженый обыкновенный кирпич 3) Бетон 4) глазурованные гончарные трубы 5) железо 6) Асфальт

a) Каналы из бутового камня и кирпича.

Бутовый употребляется редко для каналов, всвязи с трудностью выполнения гладких внутренних стенок, которые не представляют большого сопротивления. Такие каналы нужно бывает обмазывать внутри цементом, а так как цемент плохо сопротивляется действию грязной жидкости, то употребление его для этой цели нецелесообразно. Бутовый камень употребляется для каналов тоже очень редко. Иногда только для каналов с прямоугольным профилем (фиг. 15) и то только тогда, бутовый камень дешев; с круглым же профилем совсем не употребляется, всвязи с большой тяжестью. Каналы с прямоугольным сечением сооружаются из двух частей: высота у них больше основания

и такихъ размѣровъ, чтобы по каналамъ можно было пройти. Бетонъ держится самъ собой, всесторонній одинаковаго давленія со всѣхъ сторонъ. Кирпичъ самый удобный матеріалъ для каналовъ, потому что изъ него безъ затрудненій можно изготовить каналы круглыя и овальныя профили. Кирпичъ долженъ быть хорошо обожженъ и непроницаемъ для воды; этимъ условіямъ всего лучше удовлетворяетъ клинкеръ - особымъ способомъ приготовленный кирпичъ - (переженъ) / См. Строит. матер. курсъ В.Г. Заѣзжаго) Чтобы кирпичные каналы могли получить внутри ровную гладкую поверхность безъ обмазки цементомъ кирпичи должны имѣть одинаковые размѣры, ровныя поверхности и плотныя ребра. Особенное вниманіе надо обратить изготовленію для канала, потому что оно подвержено непрерывному дѣйствію воды, проникающей по каналу и вымывающей частицы, попадающія случайно въ каналы какъ напр. песчинокъ, камешковъ, уличной грязи и т.п. Для дна поэтому надо выбирать самый лучшій клинкеръ. Чтобы можно было контролировать правильность устройства дна, часто заставляютъ изготовлять его не въ плашъ, а на поверхности земли частями длиною отъ 1 до 1,5 mtr. Для этого приготовляютъ раму (фиг. 16, 17) изъ брусьевъ ab, cd длиною около 1,5 mtr и шириною равной наружной ширинѣ канала; на этой рамѣ изготовляютъ шаблонъ для akkdcb; правильность формы контролируется шаблономъ. Рама устроена разборчатая. Эти части опускаютъ въ яму разбираютъ раму, прислаживаютъ отдѣльныя части правильно другъ къ другу и заливаютъ изготовляемую верхнюю часть. Иногда дно изготовляютъ изъ кремня или плотнаго песчаника или также иногда изъ особыхъ фасонныхъ частей изъ обожженной и глазурованной глины (черт. 18). Отверстія О спускаютъ для впуска грунтовой воды. Такъ какъ дно изъ этихъ матеріаловъ трудно соединить между собою водонепроницаемымъ образомъ, потому что при усадкѣ изъ въ грунтовой водѣ, вода размываетъ цементъ прежде, чѣмъ онъ окрѣпнетъ, то дно лучше выполнять предпочтеніе.

б) **Каналы изъ бетона и цемента.** Бетонъ. Каналы изъ бетона требуютъ всего условія неровности внутренней поверхности обмазки цементомъ или обдѣлки клинкеромъ. Для бетона берутъ одну часть портландскаго цемента 2 ч. песку и 3 ч. щебня, кусками не болѣе 3,5 cmt. Сперва приготовляютъ смѣсь изъ цемента и песку и потомъ уже присыпаютъ гравій. Для изготовленія канала (фиг. 19.) устанавливаютъ въ немъ форму для нижней части внутренняго профиля, питающуюся вокругъ ея бетонъ, затѣмъ такимъ же образомъ готовится и верхняя часть. Форму обиваютъ иногда цинковыми листами. Изготовленіе бетонныхъ каналовъ идетъ очень скоро. Цементъ. Для кладки можно брать употреблять только портландскій цементъ самого высокаго качества, потому что другіе цементы плохо сопротивляются дѣйствію воды, проникающей по каналамъ. Признаки хорошаго цемента слѣдующіе: 1) тѣсто изъ чистаго цемента составленное на одинъ день на воздухѣ и затѣмъ 6 дней подъ водой должно имѣть сопротивленіе разрыву 25 klgr на 1 □ cm. 2) смѣсь изъ одной части цемента (по вѣсу) и 3 части песку послѣ твердѣ

продолжительности отвердѣванія достигла нѣкотораго сопротивленія 5 кд на кв см. 3) при пропускѣ черезъ смѣсь, имѣющую 90 отверстій на 1 кв см. остатокъ на ситѣ не достигаетъ превышаетъ 25% 4) цементъ не достигаетъ схватыванія ранѣе 40-60 мин.. Изъ цемента изготовляются тяжкія трубы которыя армируются болѣшой крѣпостью и большой точностью профиля.

С. Глиняныя трубы. Глиняныя трубы употребляются до діаметровъ 0,75 м. Трубы должны быть хорошо обожжены и внутри глазурованы для уменьшенія тренія и увеличенія водонепроницаемости. Особенно большое вниманіе слѣдуетъ обращать на внутреннюю и внѣшнюю обливку трубъ состоящихъ изъ пористой глины. Признаки хорошей глиняной трубы слѣдующіе: правильный круговой профиль, безъ вмятинъ одинаковая толщина стѣнокъ, ясный звукъ, небольшая хрупкость. Въ нижеприведенной таблицѣ показана толщина стѣнокъ для трубъ различнаго внутренняго діаметра. Размѣры взяты въ сантиметрахъ.

Внутренній діаметръ 7,62; 10,6; 15,24; 22,86; 25,40; 30,48; 38,1.

Толщина стѣн. фаянс. гл 0,95; 1,21; 1,59; 1,9; 2,22; 2,54; 2,85.

Толщина стѣн. изъ обыкн гли 0,95; 1,27; 1,9; 2. ; 2,54; 2,79; 3,17. Трубы размѣры которыхъ приведены въ таблицѣ, слѣдуетъ употреблять при глубинѣ хомутовъ до 4 м. При большей значительной глубинѣ въ глинистомъ грунтѣ толщина стѣнокъ должна быть увеличена. Такъ какъ глиняныя трубы вообще хрупки то имъ необходимо испытывать на сжатіи. Аппаратъ посредствомъ котораго производится это испытаніе изображенъ на фиг 23. Испытуемая труба а укладывается въ деревянный ящикъ в и засыпается пескомъ в такъ какъ этотъ матеріалъ не сжимается и передаетъ давленіе во всѣ стороны почти равномѣрно (см. курсъ Засыпного) Давленіе производится грузомъ Q при посредствѣ рычага d. Трубы соединяются между собою муфтами; для набивки употребляютъ смазанный дегтемъ пеньковый шнуръ и цементную глину. Длина муфтъ около 6 см, а просвѣтъ для набивки 1-2 см (фиг. 20 а) Иногда бываетъ нужно для вставки новой вмѣсто негодной при замѣнѣ испорченной вынуть трубу изъ провода; для этого приходится немного проводъ такъ, чтобы онъ образовалъ кривую линію и замѣнить вынимаемую трубу. Но при этой операціи легко сломать смежную съ вынутой трубой. Чтобы облегчить замѣну испорченныхъ трубъ новыми, устраиваютъ трубы (фиг. 20 в) съ половинными муфтами т. е трубы имѣющія муфты только на нижней половинѣ, но тогда горизонтъ воды не долженъ повышаться выше центра трубы, потому что вода въ противномъ случаѣ можетъ вытекать изъ трубы черезъ верхнюю часть стыка. Для этого случая $F = \frac{Q}{v} = \frac{\pi d^2}{8}$, откуда $d = \sqrt{\frac{8Q}{\pi v}}$ Употребляются также муфты, состоящія изъ 2 половинъ (фиг. 20 с) подвижныя муфты передвигаются вдоль трубы въ видѣ плоскихъ колецъ (фиг. 20 d) Теперь эти средства рѣдко употребляются. Входныя шахты устраиваются на небольшихъ другъ отъ друга разстояніяхъ, такъ что между двумя шахтами трубы идутъ по прямымъ линіямъ, всякій разъ

стика их не замерзнет, а для будущих отвлетвлений у нее во время прокладки труб на соответственных местах помещаются пустышки для этого колена.

д) **Цементные трубы.** - Цементные трубы изготовляются из хорошего портландского цемента. Они отличаются большими сопротивлением, правильностью формы сечения и могут получать большую гладкость внутренней поверхности воды вследствие несовершенно гладкой внутренней поверхности их получается несколько большее сопротивление чем в чугунных.

е) **Железные и чугунные трубы.** - Эти трубы вследствие своей дороговизны употребляются только тогда, где давление воды столь значительно, что стенки труб не могут иметь требуемую прочность и где требуется плотное соединение труб между собою напр. при проведении воды под реки (сифоном).

ж) **Асфальтовые трубы** - Значительно дешевле железных и отличаются от последних еще тем, что они разрушаются от действия воды, протекающей по каналам. Они выдерживают большое внутреннее давление, чем стенки и потому весьма пригодны для проведения труб и вообще для проводов подверженных небольшим напор

Сооружение каналов.

Ров для канала получает по возможности малую ширину, чтобы уменьшить объем вынимаемого грунта и облегчить движение людей во время производства работ. Не глубокие рвы устраиваются таким же образом, как при устройстве водоснабжения показано на нижеприведенных расположений друг от друга поперечных стенок. Более глубокие рвы выкапываются непрерывно, а стенки укрепляются досками в (фиг 21 расположенными горизонтально и прикрепленными планками к вертикальным и почти вертикальным стенкам рва и распорками S. При большой глубине вполне одной доски составляют опору их 2 или 3 и более досок, расположенных одна над другой - поперек которой укладывают вертикальные брусья b прижимаемые к доскам распорками S. Иногда между отдельными рядами досок помещаются вертикальные стойки b (фиг. 22.) которые сущат досками опорами. Распорки S соединяются с U помощью деревянных брусьев K и прибиваются к брусу O гвоздями. Расстояние между распорками S по длине рва, достаточно быть таким, чтобы между ними свободно было пропускать свободно самый большой кусок сооружения как напр. строительные материалы, собранные на поверхности земли, так и для канала, трубы и пр. Это расстояние доходит от 1,5 до 2 mtr Диаметр распорок S брусьев от 12 - 15 cm, а толщину досок 3 cm. При рве совсем плотных грунтах стенки получают слабую обделку из досок (фиг 23) Обделывают таких стенки рва слабо в сухих грунтах доходить до глубины 10,5 mtr. Когда грунт пропитан водою, то рассматриваемую обделку употребляют только до горизонта грунтовой воды, а образуют по возможности плотную стенку вро

стенку изъ вертикальныхъ брусьевъ, вбитыхъ въ грунтъ на подобіе свай (фиг 24). Затѣмъ вынимаютъ между этими стѣнками грунтъ при непрерывномъ выкачиваніи воды. Этотъ способъ даетъ возможность достигнуть глубины до 1,5 mtr ниже горизонта грунтовой воды. При болѣе значительной глубинѣ употребляющейся способъ описанъ въ статьѣ о спускныхъ колодцахъ. Обдѣлываніе вертикальными брусьями стѣнки въ сухомъ грунтѣ при малыхъ длинѣ и ширинѣ ямы какъ напр. стѣнки входныхъ шахтъ и проч. Въ такомъ случаѣ окапываютъ въ бровкѣ рамку V (фиг 26) соотвѣтственно внутреннему очертанію рамы въ свѣтѣ // поперечной улицы, угли этой рамы обиваютъ а посемъ въ. Рамку укладутъ внутрь ямы и между ней и грунтомъ вкапываютъ вертикально или немного наклонно брусья d. Образуется нѣчто въ родѣ колодца, со дна котораго и выкапываютъ грунтъ (фиг 27 V и S - стѣнки рамы) По мѣрѣ углубленія ямы закладываютъ вторую рамку, причемъ давленіе грунта передается съ помощью рамы на одну стѣнку на другую. Это давленіе при большой глубинѣ требуетъ сильныхъ брусьевъ d и крѣпко ихъ распираетъ. Для устраненія этого неудобства помѣщаютъ между грунтомъ и брусьями клинья C (фиг 28); брусья обиваютъ брусьями. Если забываютъ вбить какой нибудь брусъ глубже, то устраненіе клина между этимъ брусомъ и грунтомъ, посѣ чего вбиваютъ брусъ на требуемую глубину и заставляютъ клинъ на прежнее мѣсто. Чтобы при вбиваніи брусья на верхнемъ концѣ не раскалывались, ихъ стягиваютъ вверху желѣзными хомутами. Когда ровъ вырытъ, то на поверхности улицы укладутъ поперекъ его бревна a (фиг 29); на эти бревна // длинѣ рва укладутъ ребра b; по концамъ и серединѣ кладутъ вторую C, спускающій грузъ въ ровъ. Чтобы рамы V и S не сдвигались съ мѣста ихъ иногда притягиваютъ къ бревнамъ a помощью желѣзныхъ тягъ d. Когда глубина рва превышаетъ найденную на практикѣ величину, то изготовляютъ будничнымъ способомъ подъемную стѣнку. Обдѣлка этими стѣнками указана для слабаго грунта на фиг 30, а для болѣе крѣпкаго на фиг 31.

Основаніе канала - каналы не получаютъ обыкновенно никакого основанія, такъ какъ ихъ вѣсъ вообще менѣе вѣса того грунта, съ котораго они занимаютъ. Только при очень плохомъ грунтѣ устраиваютъ деревянный ростверкъ изъ продольныхъ и поперечныхъ лежней и настилаютъ на доски безъ углубленія (фиг 32) или въ весьма невыгодныхъ случаяхъ съ углубленіемъ нижней поверхности (фиг 33) Бетонныя трубы укладываются на продольные деревянные брусья, стыки которыхъ располагаются на поперечныхъ брускахъ (фиг 34). При большомъ напорѣ воды воды, ямы окружаютъ шпунтовыми стѣнками отъ горизонта грунтовой воды (фиг 35) выкапываютъ грунтъ до требуемой глубины и устраиваютъ основаніе изъ слоя бетона, толщиною около 0,4 mtr Послѣ этого вкапываютъ изъ пространства между шпунтовыми стѣнками воду и производятъ кладку уже въ сухомъ пространствѣ.

Исполнение кладки. Толщина кладки бывает въ одинъ кирпичъ, а для малыхъ каналовъ даже въ ½ кирпича. Въ Англіи опредѣляютъ часто толщину стѣнки для круглыхъ каналовъ по формулѣ $A = \frac{12V}{100}$, гдѣ A толщина кладки въ футахъ, а разстояніе канала отъ поверхности и V - внѣшній радіусъ тоже въ футахъ. При большомъ напорѣ воды (въ водоносномъ грунтѣ) нужно и для малыхъ каналовъ давать не менѣе кирпича. Когда высота грунтовыхъ водъ надъ каналомъ = 2 м, то толщину стѣнъ дѣлаютъ болѣе кирпича, потому что при такомъ давленіи вода проходитъ сквозь поры стѣнокъ при толщинѣ ихъ въ 1 кирпичъ. Кладку всего удобнѣе производить ложкомъ (фиг 32 и 33) потому что ложкомъ тогда каналы большихъ радіусовъ изготовляетъ изъ обыкновеннаго каменщика, непрерывный слой цемента между рядами кирпичей способствуетъ непроницаемости стѣнокъ для воды и получается меньшее число вертикальныхъ швовъ. Большіе каналы исполняются партіями рабочихъ: одна партія изготовляетъ дно канала, другая закладываетъ крыланка для средней части канала и часть кладку этой части, а послѣдняя изготовляетъ верхнюю часть; наконецъ четвертая заканчиваетъ цементовіемъ швы въ готовой части канала и исполняетъ верхній сводъ цементомъ толщиною въ 1 ст. Кладку ведутъ такъ, что низовые канала (по направленію теченія) бываетъ готово рядомъ верховые. Послѣ затвердѣванія раствора засыпаютъ каналъ слоями утрамбовывая каждый слой и поливая водою. Когда яма будетъ засыпана возстановляютъ мостовую. При овальныхъ каналахъ засыпка съ боковъ производится одновременно съ кладкой. Для каналовъ изъ гончарныхъ трубъ вырываютъ ровъ, дно котораго получаетъ точный уклонъ. Замѣнъ послѣдовательно криволинейныхъ засыпокъ изготовляютъ для трубы желобчатое ложе съ соотвѣтственнымъ углубленіемъ для муфтъ. Опустивши трубу въ ровъ, конецъ ея обвиваютъ пенькою смазанною дегтемъ вставляютъ этотъ конецъ трубы въ муфту предыдущей, проконопативъ правильность положенія и послѣ помощью деревяннаго стержня уплотняютъ набивку, которую затѣмъ снаружи заглаживаютъ жирной глиной. Замѣнять бетонную цементомъ не слѣдуетъ, потому что цементъ крошится и увеличиваясь во время затвердѣванія можетъ разорвать муфту. Для безопасности положенія трубъ ихъ засыпаютъ пескомъ до высоты не менѣе 20 ст надъ ихъ вершиной, уплотняя песокъ поливаніемъ его водою. Засыпку и траншейную мостовую весьма осторожно. При глинистомъ грунтѣ засыпку пескомъ надо доводить до высоты 60-80 ст надъ вершиною трубы. Доски и распорки, которыми были укрѣплены стѣнки рва, слѣдуетъ вынимать одновременно съ засыпкой.

Соединеніе сходящихся каналовъ. Чтобы по возможности уменьшить потерю паденія, происходящую при измѣненіи направленія теченія, стѣнки каналовъ должны сходиться безъ всякихъ внезапныхъ переломовъ, т.е. стѣнки одного канала должны переходить касательно въ стѣнки другого. На фиг. 36 указанъ способъ устройства соединенія двухъ овальныхъ каналовъ. Каналъ OKM, котораго профиль KEO входитъ въ каналъ LN, имѣющій профиль YCND; послѣ соединенія этихъ двухъ каналовъ, общій каналъ имѣетъ профиль RTPF. Здѣсь поэтому пересѣкаются три цилиндрическія поверхности, изъ которыхъ одна OKM имѣетъ криволинейную ось. Если бы это пересѣченіе было устроено по правиламъ начертательной геометріи, то своду на протяженіи

CF трудно было бы дать достаточную крѣпость. Это соединеніе поэтому укрѣпляется слѣдующимъ образомъ: каналы LN и MO ведутъ до линіи CD и DE, опредѣляемыхъ точкой D въ которой пересѣкаются наружныя линіи aD и bD стѣнокъ каналовъ; продолженіе каналовъ закрываетъ сводами, состоящими изъ круговыхъ частей такъ, что въ EC внутренняя направляющая свода есть полуокружность CHE; въ AB - полуокружность діаметра AB и т.д. Пяты такого свода въ точкахъ f и G приходятся противъ точекъ CE, слѣдовательно линія свода отъ CE къ fG. Сходящіяся стѣнки обращенныхъ сводовъ нижней части канала начиная отъ D до конечной точки E' срѣзаются горизонтальной или кривою поверхностью на небольшой высотѣ надъ дномъ (фр. 37) На фиг 38 и 41 показано соединеніе трехъ каналовъ. Устройство соединенія каналовъ упрощается настолько, что на стыкѣ соединенія устраиваютъ смотровые колодцы, которыхъ отверстіе внизу имѣетъ многоугольный видъ DEfG а сверху суживается и переходитъ въ прямоугольное (фиг 36-37) Переходовъ въ городахъ новый каналъ должно перекрывать существующій; въ такомъ случаѣ новый каналъ должно быть проведенъ такъ чтобы во время его сооруженія теченіе воды по старому руслу не прекращалось. На фиг 39-х представляетъ старый каналъ, а AD и AC - новый. До точекъ E и F новый каналъ можетъ быть сооруженъ безпрепятственно; затѣмъ закрываютъ новый каналъ въ E и F а старый въ D и перекачиваютъ воду изъ стараго въ D. Новый въ E или соединяютъ обѣ части каналовъ вытяжной трубой DE такъ что вода продолжаетъ теченіе въ новомъ каналѣ. Когда затѣмъ часть DE новаго канала сооружена устраиваютъ запруды E и D. Запруды эти обыкновенно состоятъ изъ мѣшковъ съ пескомъ. Ставятъ плотину въ F и продолжаютъ каналъ по направленію отъ D. Большія сочлененія трубы вводятся въ каналъ такимъ же какъ и въ предъидущей (фр 40) причемъ отверстіе для входа трубы дѣлаютъ кладкою изъ кирпича. Такъ какъ кривая часть трубы переходитъ въ прямолинейную, устраиваютъ смотровой колодецъ. Проводы, идущіе отъ зданій и вообще трубы діаметра отъ 1 до 0,16 мтр вводятъ въ каналъ помощью особыхъ частей изъ обожженной глины (фиг 42 и 43) Устье входящей трубы должно быть устроено на высотѣ обыкновеннаго горизонта трубы въ каналѣ помощью отъ падающихъ въ него воды загрязняла бы теченіе воды въ каналѣ, а при неисправномъ положеніи устья, оно скоро могло бы быть занесено грязью. Для удобства чистки трубы должны укладываться только по прямымъ линіямъ и поворотныя точки должны быть, гдѣ они измѣняютъ направленіе, устраиваютъ входные колодцы (фиг. 44, 45, 46.) Колодцы получаютъ обыкновенно круглое сѣченіе; внизу они должны имѣть такой размѣръ, чтобы рабочій могъ въ немъ производить нужныя для чистки и промывки трубъ работы, для чего ширина колодца достаточна въ 1 мтр; вверху эта ширина можетъ быть уменьшена до 0,5-0,6 мтр Толщина кладки ½ - 1 кирпичъ. Колодецъ сверху покрываютъ чугунной крышкой - въ деревянной или каменной рамѣ. Чтобы облегчить входъ въ колодецъ, укрѣпляютъ въ стѣнкѣ его чугунныя полосы, имѣющія видъ показанный на чер 47-48; онѣ играютъ роль ступенекъ. Дно колодца получаетъ небольшой уклонъ въ сторону теченія. Въ этихъ колодцахъ происходитъ всегда потеря напора, которая при расчетѣ должна быть принята во вниманіе. При входѣ двухъ трубъ съ противоположными направленіями теченія полезно располагать ихъ устья на разной высотѣ, чтобы теченія не встрѣчались прямо. Развѣтвленія дренажныхъ трубъ устраиваютъ помощью особыхъ фасонныхъ частей (фр 49. Такъ какъ отвѣтвленія обыкновенно не устраиваютъ одновременно съ линіями

проводами, то въ шурфахъ ихъ вставляются крышки въ обыкновенной рамкѣ, которая замазывается глиной.

Пересѣченіе съ газовыми и водопроводными трубами.

Эти трубы не слѣдуетъ проводить сквозь каналы, чтобы не усиливать послѣдствія просѣдающихъ. Обыкновенно онѣ находятся выше каналовъ и иногда при засыпкѣ каналовъ нужно особенно тщательно уплотнить землю подъ трубами, чтобы при осадкѣ грунта образовалось подъ ними пустое пространство; въ противномъ случаѣ отъ давленія сверху могла бы произойти поврежденіе трубы. Часто возводятъ сверху канала стѣнку, на которой и лежатъ эти трубы (фр. 50, 51) или возводятъ двѣ стѣнки между которыми проходитъ труба (фр. 52)

Въ широкихъ улицахъ во избѣжаніе встрѣчи съ этими трубами устраиваютъ иногда каналы близъ тротуаровъ; но это устройство обходится дороже, потому что вмѣсто одного канала приходится дѣлать два, — зато дослѣдованія трубы выходятъ коротки.

Пересѣченіе канала рѣкой.

При пересѣченіи направленія, по которому долженъ быть проложенъ каналъ, рѣкой, оврагомъ и.т.п. проводятъ иногда дюкеръ рѣки сифономъ. Такой сифонъ представленъ на фиг. 53. Каналъ подъ дномъ рѣки имѣетъ посредствующій уклонъ. Верхнія части соединяющіяся съ нижними помощью колодцевъ A и B, которыхъ дно ниже дна канала, чтобы оставить мѣсто для осадковъ и не допустить ихъ въ нижній каналъ. Помощью затвора S можно задерживать воду въ колодцѣ и запасомъ для промыванія нижняго канала, впустивъ ее въ каналъ сразу (каналъ имѣетъ уклонъ отъ A къ B. N и N — запасные выпуски.

Устройство для осмотра и чистки каналовъ.

Чтобы можно было входить въ каналъ для чистки и починки, устраиваютъ на разстояніи 200–300 mtr. одинъ отъ другого входные или смотровые колодцы. Ширина ихъ внизу обыкновенно равна ширинѣ канала, а вверху 0,5–0,6 mtr. такъ что они имѣютъ видъ четырехугольныхъ усѣченныхъ пирамидъ, которыхъ двѣ стѣнки стоятъ на стѣнкахъ канала, а двѣ другія на сводѣ укрѣпленномъ (фр. 54–55) подъ стѣнками гуртами O. Отверстіе вверху прикрывается крышкой (фр. 56) При большихъ каналахъ только одна стѣнка колодца опираетъ на стѣнки канала, а три остальныя на сводъ, укрѣпленный гуртами (фиг 57–58) Въ улицахъ съ большимъ движеніемъ располагаютъ входное отверстіе какъ возлѣ тротуаровъ, чтобы не стѣснять движенія въ сѣняхъ, когда нужно входить въ каналъ (фр 59–60). Крышка колодца должна въ этомъ случаѣ плотно закрываться, чтобы газовой воздухъ не поднимался въ зданій, а вентиляціонное отверстіе должно быть надъ самымъ каналомъ въ срединѣ улицы. Для малыхъ каналовъ, въ которые входить нельзя смотровые колодцы должны быть устроены на разстояніи не болѣе 70–100 mtr. Ихъ располагаютъ на всѣхъ перекресткахъ, поворотахъ улицъ, на развѣтвленіяхъ каналовъ и пр. (фр. 61, 62) Такіе колодцы даютъ круглое сѣченіе, діаметра – 1 mtr, отверстіе вверху дѣлаетъ не болѣе 0,5–0,6 mtr. Между двумя колодцами такіе каналы устраиваютъ по прямой линіи. Когда, чтобы прочистить каналъ недостаточно одного промыванія, каналы чистятъ такимъ образомъ, какъ описано въ водоснабженіи.

Канатовыя отверстія.

Чтобы въ кривыхъ и сложныхъ улицахъ уменьшить число входныхъ колодцевъ, часто ихъ замѣняютъ канатовыми

отъ крепительно, въ которыя для провѣрки состоянія канала опускаютъ фонарь и смотрятъ въ колодецъ, видно ли свѣтъ послѣдняго, чѣмъ убѣждаются, что очищеніе канала свободно или нѣтъ на пространствѣ отъ сдѣланнаго отверстія до колодца. Эти отверстія состоятъ обыкновенно изъ гончарныхъ трубъ, діам 16 сант (фиг 63, 64)

Устройство для промыванія каналовъ. Промываніе каналовъ производится водой каналовъ или особо для этой цѣли проведенной водой. Для промыванія начало канала покрываютъ его отверстіе деревяннымъ кружкомъ S (ф. 65) прикрѣпленнымъ къ трубкѣ стержнемъ P, опирающимся другимъ концомъ въ противоположную стѣнку канала. Этотъ стержень приводятъ въ движеніе сверху цѣпью K. Для лучшей плотности прикасанія кружковъ S снабжаютъ концы ихъ кожаными кольцами изъ каучука, а конецъ трубъ особой фасонной частью изъ гончарной глины цилиндра (ф. 66, 67) F. фасонная часть, а плавучій клапанъ, в-кольцо изъ кожи, прикрѣпленное къ клапану жестяными кольцами. Клапаны поднимаются вверхъ цѣпью. На ф 68 представленъ автоматически дѣйствующій клапанъ, когда вода въ колодцѣ достигнетъ извѣстной высоты, поплавокъ помощью цѣпи поднимаетъ клапанъ. Также автоматически дѣйствующее устройство, представленное на ф. 69. Ящикъ A вращается около оси 1 къ чертежу; онъ устроенъ такимъ образомъ, что когда ящикъ пустой, то центръ тяжести находится въ части B, а когда ящикъ наполненъ въ части A. Слѣдовательно, когда ящикъ наполнится жидкостью, онъ опрокидывается, принимая положеніе a b опираясь объ новую часть прежнее положеніе. Такимъ образомъ притекаю щая по каналу C вода, служитъ для промыванія канала C. Устройство это полезно для каналовъ, по которымъ течетъ обыкновенно малое количество воды. Въ большихъ каналахъ достаточно закрыть только часть отверстія, чтобы задерживать достаточное для промыванія количество воды, но разстояніе промывныхъ колодцевъ не должно быть въ этомъ случаѣ большое, потому что скорость теченія воды въ каналѣ на протяженіи между колодцами къ концу канала значительно уменьшается и струя воды уже не съ такимъ усиліемъ промываетъ конецъ канала. На ф. 69, 70, 71 представлено когда отверстіе овальнаго канала вполнѣ закрыто дверкою A. Для открыванія и закрыванія канала служитъ зубчатая полоса Z, которая приводится въ движеніе сверху при помощи зубчатаго колеса. Дверки соединены съ полосою стержнемъ S. Когда каналъ открытъ, то дверки занимаютъ положеніе A 'а стержень S'. На фиг 70 представлено въ увеличенномъ видѣ сочлененіе двери съ стержнемъ. На ф. 72–73 клапанъ K закрываетъ только часть отверстія канала. Ударяя сверху по H прикасаетъ клапанъ K при помощи рычага AB къ каналу. Чтобы открыть каналъ нужно тянуть за K вверхъ. На ф. 74 показано устройство при употребленіи для промываній рѣчной. Клапанъ K поднимается съ помощью цѣпи, спускаясь подъ дѣйствіемъ своего вѣса. Труба T прикрѣплена на высотѣ горизонта въ низкихъ водъ. Употребляютъ для промываній также автоматически дѣйствующіе клапаны. Цѣль устройства всѣхъ этихъ клапановъ та, чтобы накопить воды и впустить ее сразу большой массой; вода тогда устремляется съ большой силой унося съ собой всѣ тяжелыя части. Когда для промываній употребляютъ воду каналовъ по клапанъ должен быть закрытъ очень хорошо время и какъ ранѣе сказано промывные колодцы должны находиться на недалекомъ другъ отъ друга разстояніи. Въ самомъ дѣлѣ во время закрытія клапана въ верхъ въ этотъ каналъ осаждаются тяжелыя части ея, при открытіи клапана онѣ переносятся далѣе; при большой длинѣ канала между промывными колодцами скорость воды въ нижней части канала была бы недоста-

точка для перемещения твердых частиц въ слѣдующій колодецъ; тогда пришлось бы для устраненія загрязненія канала добавочное промываніе, вводя въ каналъ посторонняго воду - Обыкновенно устраиваютъ канализацію такъ, чтобы для промыванія можно было пользоваться водопроводами. Устройство для промываній каналовъ увеличиваетъ стоимость канализаціи; поэтому часто начинаютъ не устраиваютъ этихъ приспособленій, но при исполненіи кладки слѣдуетъ имѣть въ виду каналы, которыми впослѣдствіи потребуется промываніе каналовъ будущаго спасенія внѣ слѣдствій.

Устройство для впуска воды въ каналы. Улицы и дворы соединяютъ съ каналами посредствомъ вертикальныхъ колодцевъ, открытыхъ вверху, черезъ которые могутъ стекать въ каналъ дождевыя и домашнія воды. Эти колодцы снабжаются вверху рѣшетками, чтобы въ нихъ не могли попадать большіе предметы: отверстія рѣшетокъ имѣютъ величину отъ 1,5 до 2 стм. Дно колодцевъ находится ниже дна каналовъ, чтобы песокъ и прочія тяжелыя вещества осаждались въ колодцахъ и не попадали въ каналъ. Отъ времени до времени бываетъ очищеніе этихъ колодцевъ отъ осадковъ; для облегченія этой чистки часто помѣщаютъ надъ колодцами ящики, которые вынимаютъ вмѣстѣ со накопившемся въ немъ грязью. Чтобы черезъ отверстія этихъ колодцевъ нельзя выходить въ улицы воздухъ каналовъ послѣдніе соединяютъ съ колодцемъ посредствомъ особаго рода сифоновъ наполненныхъ водою, которая препятствуетъ выходу воздуха изъ канала наружу. Такъ какъ число сточныхъ колодцевъ бываетъ очень большое то они въ высокой степени увеличиваютъ стоимость канализаціи; ихъ конструкція должна быть по возможности простая недорогая. На ф. 75 представленъ сточный колодецъ въ вертикальномъ разрѣзѣ; в-собирающая грязь, внизу изогнутая труба образуетъ сифонъ. Эта труба внизу должна быть хорошо подбита глиной, или, что еще лучше, опирается на особо для этой цѣли изготовленную плиту. Это устройство сифона неудобство при понижеціи воды въ колодцахъ ниже точки а, выходъ для воздуха каналовъ должна охранять, а потому необходимо наблюдать, чтобы горизонтъ воды въ колодцѣ постоянно былъ выше а. Отъ этого неудобства свободенъ сифонъ S (фиг. 76) но онъ подверженъ засоренію поэтому неудобенъ для улицъ съ большимъ движеніемъ, гдѣ постоянно образуется много грязи, изъ которой не малая часть попадаетъ въ каналы, но онъ весьма удобенъ для малосодержательныхъ улицъ и дворовъ, гдѣ сифоны часто очищаются. Воды въ сточныхъ колодцахъ послѣ дождя, и отъ колодцевъ распространяется непріятный запахъ отъ разлагающейся въ немъ грязи. Это неудобство значительно уменьшается устройствомъ колодца представленнаго на ф. 77, гдѣ испаряющаяся поверхность уменьшена до величины ав и гдѣ кромѣ того еще имѣется сифонъ S. Такое устройство слѣдовало бы употреблять всюду для колодцевъ, расположенныхъ возлѣ тротуаровъ, гдѣ выходящій изъ нихъ запахъ особенно непріятенъ для проходящихъ. На черт. колодецъ представленъ изъ чугуна, но онъ можетъ быть изготовленъ и изъ другого матеріала. Расположеніе сточныхъ отверстій въ улицахъ опредѣляется слѣдующимъ образомъ. Тротуары должны быть расположены не ниже 8 и не выше 16 стм. надъ поперечнымъ улицы; поэтому высота 16-8 = 8 стм. можетъ быть употреблена падающей сточной канавы. Если уклонъ канавы $\frac{1}{250}$, то длина отъ верхней ея точки до колодца 8.250 = 2000 стм. = 20 мт. и слѣдовательно разстояніе между колодцами ав = 2.20 = 40 мт. фиг. 78 представляетъ поперечное сѣченіе, а фиг 79 планъ канализированной улицы. Такъ какъ сточные колодцы расположены у самыхъ тротуаровъ, то они не стѣсняютъ движенія. Выходящія изъ нихъ трубы должны входить въ каналъ по касательной къ

господскому. Діаметръ этихъ трубъ достаточно брать 16 стн такъ какъ ужасно если всегда большой, но труба такого діаметра можетъ быть употреблена для мирскихъ нужд.

Проводы отъ частныхъ владѣній.

Проводы отъ частныхъ владѣній къ каналамъ состоятся обыкновенно тоже изъ трубъ 16 стн въ діаметрѣ. Мѣста, въ которыхъ проводъ пересѣкаетъ стѣны зданій отмѣчаютъ заранѣе. На соотвѣтственныхъ стѣнахъ въ уличномъ проводѣ вставляютъ фасонныя части, начиная отъ которыхъ идущая къ частному владѣнію труба наклонена къ уклономъ не менѣе $\frac{1}{150}$. Трубы проводятъ подъ фундаментомъ стѣнъ или пробиваютъ для нихъ въ стѣнѣ отверстія, но ни въ какомъ случаѣ не слѣдуетъ укладывать ихъ вблизи. Эту трубу проводятъ обыкновенно до средины или другого удобнаго мѣста, въ которомъ устраиваютъ домашній стоячій колодезь. Часто эти трубы развѣтвляются на два рукава, одинъ изъ которыхъ идетъ въ стоячій колодезь, а другой въ собираемый грязи фиг. 80, въ которомъ оседаютъ крупные мѣста съ водяной водой песчинки грязь и пр. На черт. ... въ собираемъ представленъ изъ чугунной обогнутой цѣпью, А - крышка изъ мѣста. Вертикальная труба для спуска домашнихъ нусорныхъ водъ изготовляющаяся чугуна, горшковой или фаянсовой ... соединенія отдѣльныхъ трубъ употребляютъ смазанную дегтемъ пеньку или ... съ, а иногда портландскій цементъ. Отъ этихъ трубъ идетъ трубка діаметромъ 4-іхъ стн вверхъ оканчивающаяся выше крыши зданія. Служитъ эта трубка для отведенія дурного воздуха изъ трубъ наружу. Отверстія трубъ снабжаются сѣтками, чтобы твердыя вещества не могли въ нихъ попадать. Ихъ располагаютъ обыкновенно вдоль домовыхъ ... убъ, чтобы вода въ нихъ не замерзала. На фиг. 81 представленъ планъ, а на фиг. 82 разрѣзъ по ABCDEF пятиэтажнаго зданія съ частными проводами для отвода водъ. MN - вертикальная труба начинающаяся въ подвалѣ и оканчивающаяся надъ крышей; C - кухня; W - ванная, K - ватеръ-клозетъ. Вода изъ C, W, K стекаетъ проходя черезъ сифоны въ трубу MN. Во дворѣ устроенъ стоячій колодезь S съ собирателемъ грязи къ нему текутъ воды изъ водосточныхъ трубъ по проводамъ A, B, домашнія воды отводятся изъ MN по трубѣ MS. Отъ колодца S идетъ съ уклономъ $\frac{1}{50}$ труба SS' къ уличному каналу. Правильное устройство домашнихъ проводовъ должно быть обращено особенное вниманіе, такъ какъ отъ нихъ зависитъ въ значительной степени успѣхъ канализаціи.

Отводъ грунтовыхъ водъ черезъ каналы.

При устройствѣ канализаціи имѣется въ виду обыкновенно понизить горизонтъ грунтовыхъ водъ, чтобы низко расположенныя подвальныя и проч. помѣщенія освободились отъ воды и сырости. Часть этихъ водъ стекаетъ при обыкновенномъ устройствѣ каналовъ вдоль ихъ стѣнокъ, но сильно грунтъ вокругъ нихъ никогда не можетъ быть утрамбованъ настолько, чтобы въ немъ не оставались небольшія пустоты по которымъ могутъ просачиваться вода. Для увеличенія дренажнаго устройства каналовъ берутъ часто для засыпки ихъ нижней части песокъ или щебень, только когда и ... ки нужно вмѣсто обдѣлывать тѣмъ же матеріаломъ, чтобы дренирующій слой былъ непрерывенъ. Для сильно грунтовыхъ водъ значительно чаще укладываютъ вдоль каналовъ дренажныя трубы діаметромъ 20-30 стн, воду изъ которыхъ спускаютъ въ ближайшія рѣки и пруды, а иногда въ смотровые и сточные колодцы, но въ послѣднихъ случаяхъ нужно отверстія этихъ трубъ въ колодцахъ оставлять самодѣйствующими клапанами, чтобы при поднятіи горизонта воды въ колодцахъ, вода изъ нихъ не могла попадать въ почву.

Вентиляція каналовъ.

Даже при самомъ хорошемъ устройствѣ каналовъ въ нихъ образуются гнилые газы, которые легко

воздуха и могут поэтому выходить через отверстия колодцев и на наружу. Во время дождя пока-
ломцев въ эти каналы вода вытесняет эти газы, значительная часть которых через
домашние проводы может войти въ помѣщения зданий. Въ холодную погоду, когда темпе-
тура въ помѣщеніях выше, чѣмъ снаружи, внѣшнее давленіе воздуха можетъ производить тоже дѣйствіе
что и вода во время дождя. Поэтому необходимы устройства для искусственной вентиляціи каналовъ. Для
того часто водосточныя трубы зданій ведутъ непрерывно въ каналы и оканчиваютъ не въ вер-
хнемъ сводѣ канала. Но вентиляція одними стоячими трубами недостаточна, потому что во время
дождя, когда вентиляція всего болѣе нужна, они не дѣйствуютъ, такъ какъ сами наполнены водой стекаю-
щей съ крышъ. Поэтому устраиваютъ иногда особыя вентиляціонныя трубы, начинающіяся у верхъ
ней каналовъ, которыя подобно водосточнымъ трубамъ идутъ вдоль стѣнъ выше крышъ зданій а
также соединяютъ каналъ съ фабричными трубами. Для очищенія воздуха устраиваютъ иногда въ
смотровыхъ колодцахъ угольные фильтры, черезъ которые и долженъ проходить воздухъ каналовъ, вы-
ходящій наружу. На фиг. 83-84 показано устройство фильтра помѣщеннаго въ смотровомъ колодцѣ.
Фиг. 83 - вертикальный разрѣзъ, фиг. 84 горизонтальный видъ. Въ крышкѣ колодца устроены
два кольцеобразныхъ отверстія O,O. Крышка помѣщается въ рамкѣ a. Къ рамкѣ прикрѣпленъ сосудъ
dd, въ который вставленъ фильтръ f. Выходящая черезъ отверстія OO вода собирается въ кольцевомъ про-
странствѣ dd, внизу котораго осаждается грязь. Когда горизонтъ воды достигнетъ высоты b, то черезъ
отверстія b вода входитъ въ кольцеобразный каналъ S, по которому стекаетъ въ колодецъ. Фильтръ
имѣетъ видъ Архимедова винта, котораго винтовая поверхность имѣетъ отверстія въ видѣ сѣтки,
черезъ которыя долженъ проходить выходящій изъ канала воздухъ. Весь винтъ наполненъ древеснымъ углемъ

Удаленіе воды каналовъ.

Когда въ каналахъ текутъ только домашнія воды и дождевыя, тогда можно спускать ихъ безъ всякой
очистки, если только расходъ воды въ рѣкѣ настолько великъ для того, чтобы отводить обыкновенно вред-
ныя хотя бы вредныя воды каналовъ. Но когда въ каналы спускаютъ и нечистоты, то спускъ ихъ въ рѣку
можно допустить только въ сильныхъ городахъ расположенныхъ на большихъ рѣкахъ. Спускъ
фабричныхъ водъ въ рѣку можетъ быть допущенъ только тогда, когда опредѣлено, что эти воды
не содержатъ вредныхъ веществъ, въ противномъ случаѣ, они должны быть очищены предвари-
тельно фильтрами или химически. Когда спускъ въ рѣку не допускается, то выкачиваютъ воды изъ
каналовъ насосами, которые по магистральнымъ трубамъ гонятъ ихъ въ поля для орошенія, устро-
енныя на значительномъ разстояніи, чтобы распространяемый ими дурной запахъ не доходилъ
до города. Гдѣ возможно тамъ поля орошенія должны быть устроены въ нижней сторонѣ отъ горо-
да, чтобы воды въ нихъ не могли возвращаться въ городъ. Желательно также, чтобы при выборѣ
мѣста для нихъ принимали во вниманіе преобладающее направленіе вѣтра. Такъ какъ оро-
шенія часто занимаютъ большія пространства, которыя вблизи города свободными не имѣются
но ихъ устройство требуетъ поэтому большихъ затратъ. Промышленныя жидкія отбросы
называемыя обыкновенно непригодными къ употребленію. Прежде разсчитывали что 1 гектаръ
(0,92 десятины) достаточенъ для 1000 жителей, затѣмъ уменьшали это число до 500, до 200; нако-
нецъ послѣдній, тщательно веденный наблюденія, что оно не должно быть больше 50. Допуская на 1 гектаръ
по человѣку потребовалось бы для Москвы при ея 800,000 населеніи 8000 гектаровъ или 7560
десятинъ земли для полей орошенія. Вслѣдствіе этого неудобства сточныя системы предпо-
лагаютъ отводить нечистоты по особымъ трубамъ, не смѣшивая ихъ съ дождевой и исчи-
ной водой. Система эта называется раздѣльной. Она требуетъ двухъ проводовъ, что
и составляетъ главное препятствіе ея распространенія. Нечистоты въ этомъ случаѣ
гонятъ по трубамъ сжатымъ (система Шока) или разрѣженнымъ воздухомъ

(системы Либкнехта). При первой системе, всегда здѣсь невозможности устроить провод
временно положенных существуетъ опасность засоренія трубъ просачивающимися сквозь
стыковыя соединенія нечистотами похожему въ самыхъ крупныхъ отношеніяхъ системѣ Ли
ра засасываетъ предмѣстья. Воздухъ каналовъ приходится выкачивать насосами всегда,
каналы имѣютъ столь низкое положеніе, что вода изъ нихъ не можетъ стекать въ рѣку.
Главныя дѣйствующія части насосныя станціи имѣютъ такое же устройство, какъ и дѣй
проводовъ. Главный собирательный каналъ оканчивается вблизи насоснаго зданія собир
емъ песку, имѣющемъ подобное же устройство, какъ собиратель грязи, въ которомъ
осаждается попавшій въ каналы песокъ, грязь и пр. тяжелыя вещества. Проводъ из
собирателя къ насосамъ снабженъ сѣткой, которая задерживаетъ попавшія вещества;
нія могли бы попасть въ помпы насосовъ и тѣмъ прекратить ихъ дѣйствіе. Собиратель
соединенъ большимъ запаснымъ выпускомъ съ близкой рѣкой, что бы во время силь
дождей не нужно было выкачивать всю воду изъ каналовъ на поля, а можно было бы
часть ея по запасному выпуску выпускать въ рѣку. Обыкновенно насосы разсчитываются
сяду дождя 1,3 стк въ 24 ч. принимая что только половина идетъ по каналамъ к
сосамъ, остальная вода спускается въ рѣку. Всякія перемѣны такого теченія въ
въ каналахъ насосная станція должна быть устроена для переключенія работы на
помощу цилиндрообразно вѣнцово одной большой машины устанавливаютъ нѣсколько ма
Таф. 86 представляетъ пріемъ устройства насосной станціи. Предположимъ, что
находится между двумя рѣками и къ ней подходятъ два коллектора O и C, приво
канальныя воды двухъ участковъ города. Коллекторъ C оканчивается колодцемъ S
мѣсяцъ собирательнымъ грязи снабженнымъ рѣшеткой V черезъ которую вода прохо
во внутреннюю трубу M. Отъ M вода движется по сифону W, проведенному подъ р
къ колодцу S_2, устроенному по краю у собирателя грязи (съ низкимъ дномъ) а от
по каналу N въ резервуаръ F изъ котораго выкачиваютъ насосами. Въ S собираются
мъ обоихъ каналовъ (S^1 собиратель песку канала C, рѣшетка) Сифоны соединяю
двухъ параллельныхъ трубъ, снабженныхъ на концахъ клапанами. Отъ коло
S, S^1 и S_2 идутъ къ рѣкѣ запасные выпуски N, N^1 и N_2, которыхъ отверстія къ рѣк
имѣютъ клапаны, чтобы во время высокихъ водъ въ нихъ не входила вода изъ рѣки
Напорной трубой dd проведенъ подъ правой рѣкой сифонъ. На напорной
мѣстахъ отъ нихъ воздушные, а на наименьшихъ спускные краны. Краны о
на сколько удаленныхъ отъ станціи задвижками, чтобы въ случаѣ
добности можно было отдѣльныя части трубы изолировать. Отъ этой тр
dd идетъ къ рѣкѣ въ клѣть W, которая при Z закрыта обыкновенной задвижкой
Эта задвижка открывается во время столь высокихъ водъ, что запасные выпу
не дѣйствуютъ.

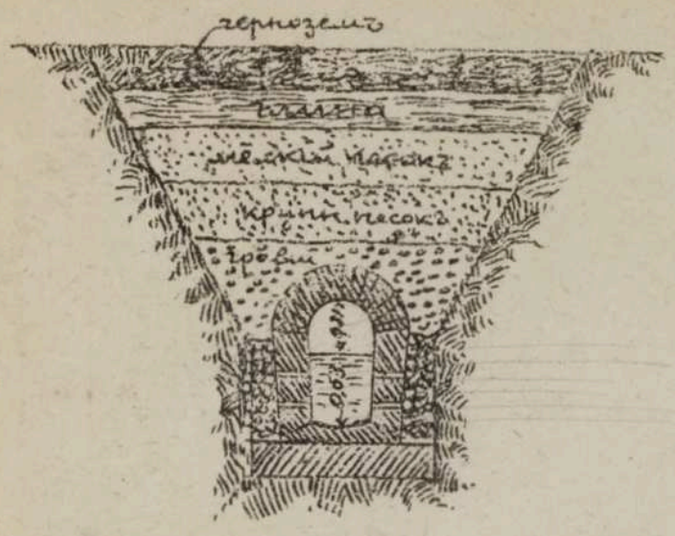
— Конецъ. —

На страницѣ 45 строчка 5^ая вмѣсто Системы неограниченнаго разбор
слѣд. читать „Перемежающаяся или Англійская система.

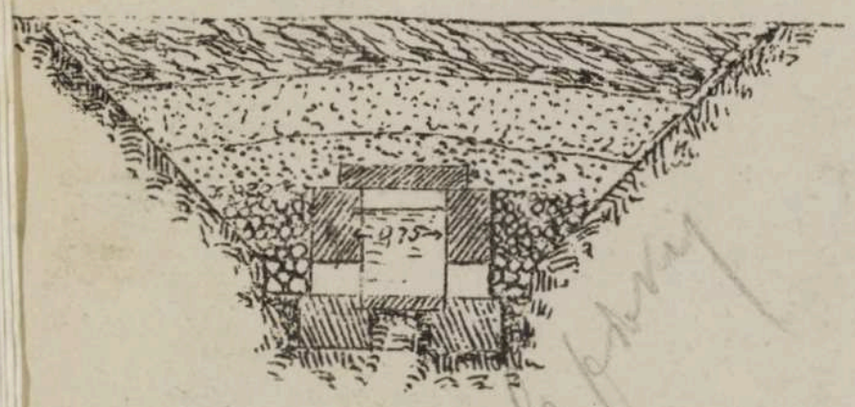
Издатель Дронсейка

Таблица 1.

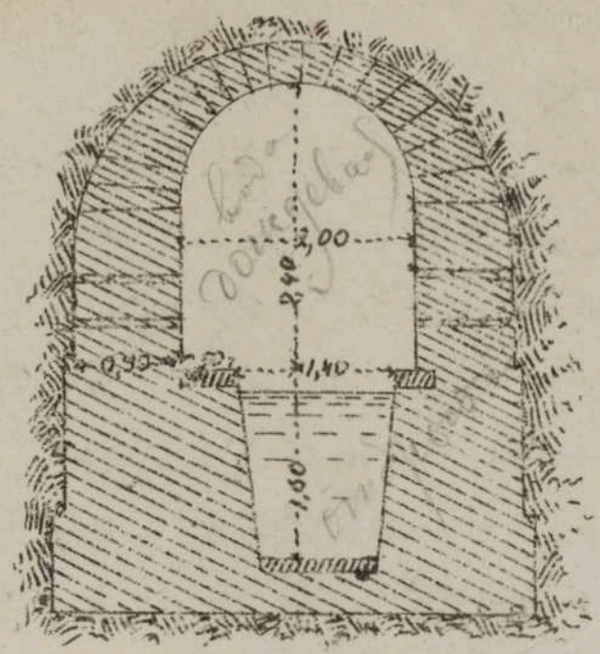
Фиг. 1.



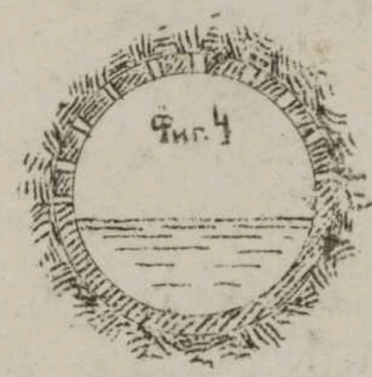
Фиг. 2.



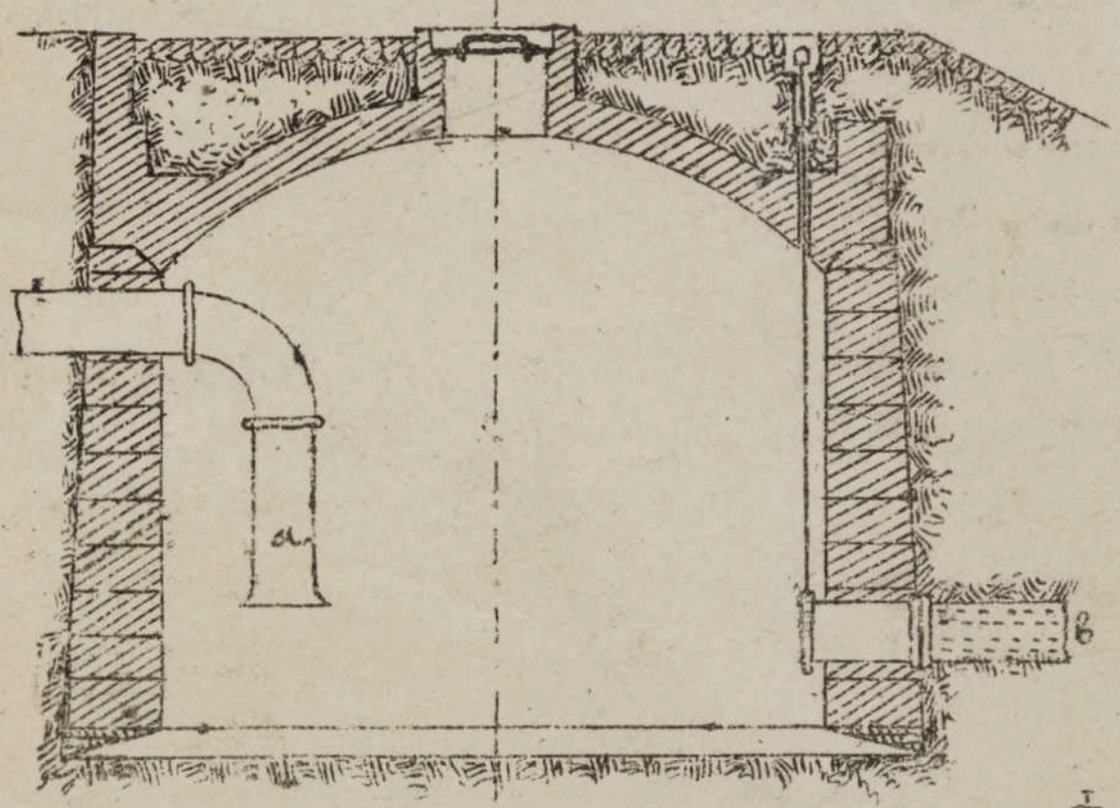
Фиг. 3.



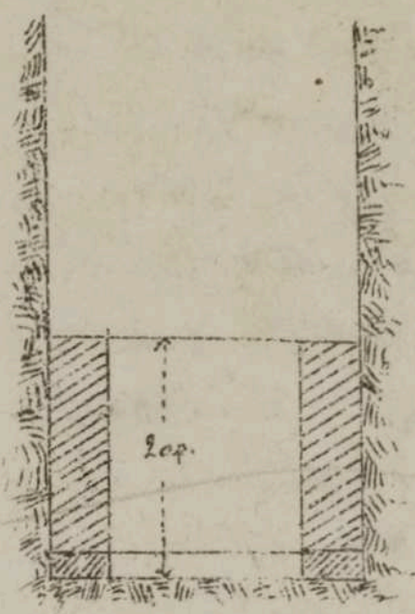
Фиг. 4



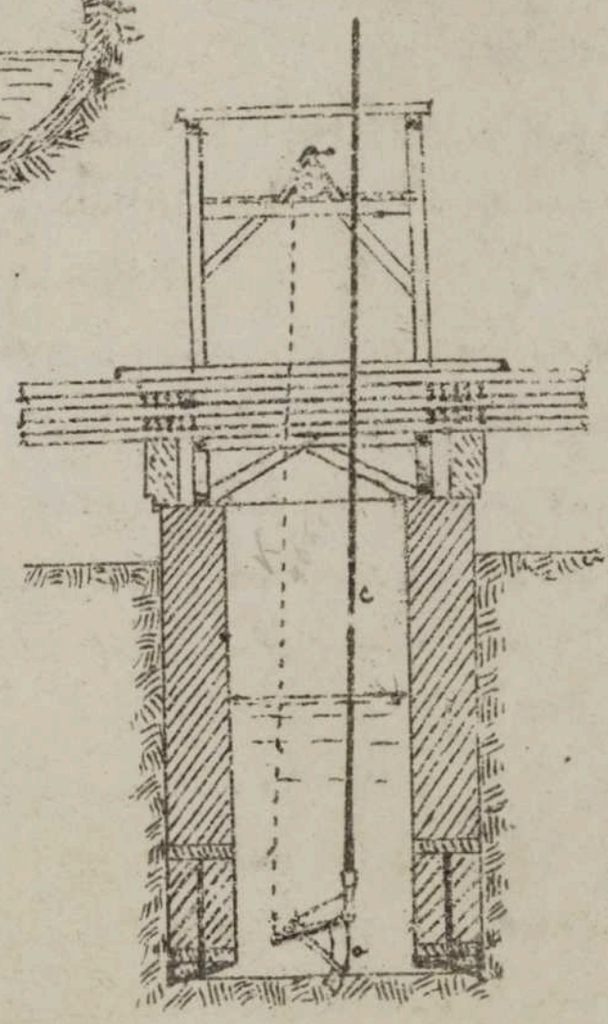
Фиг. 5.



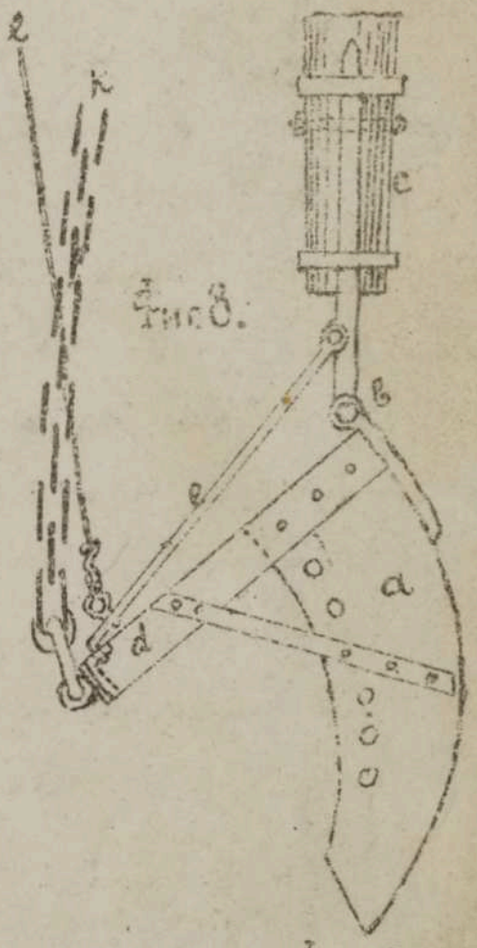
Фиг. 6.



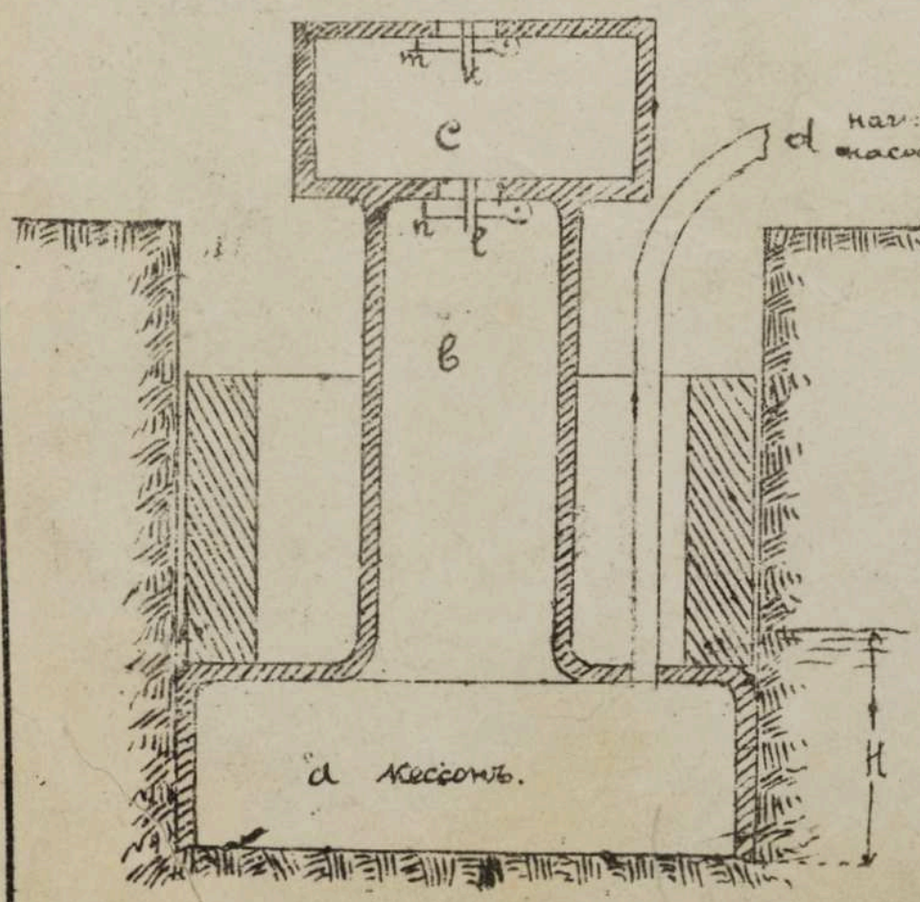
Фиг. 7.



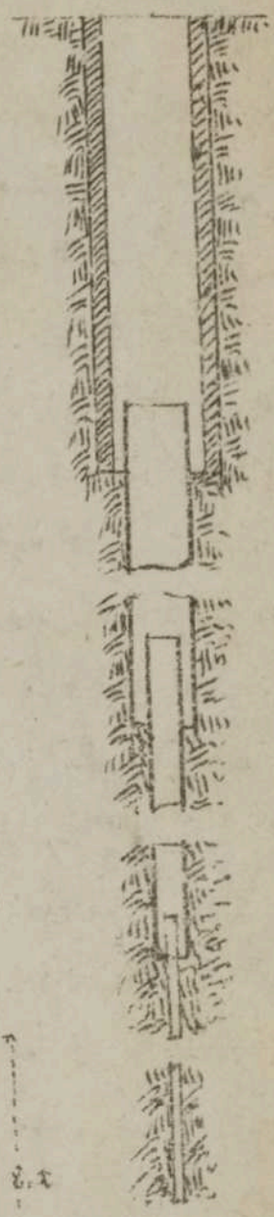
Фиг. 8.



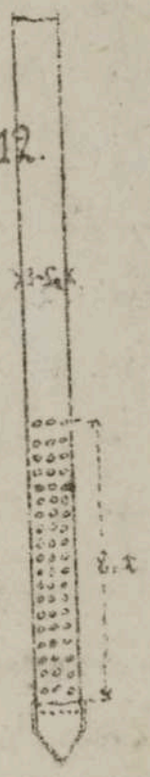
Фиг. 9.



Фиг. 10.

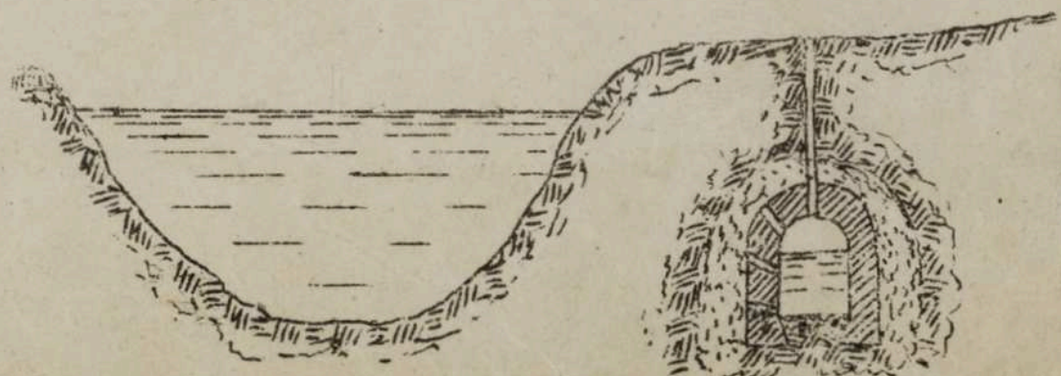


Фиг. 12.

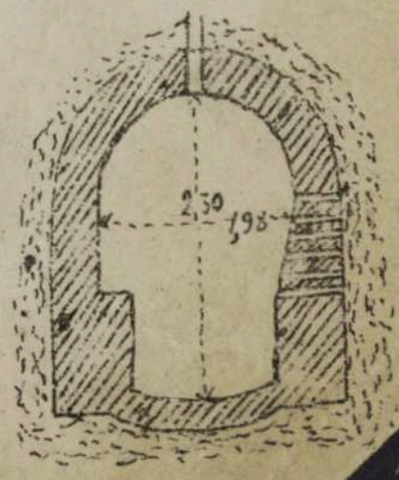


Фиг. 13.

Фиг. 14.

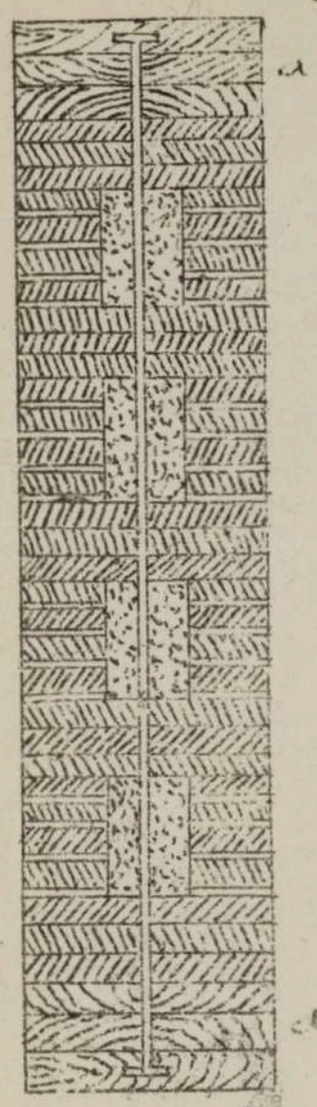


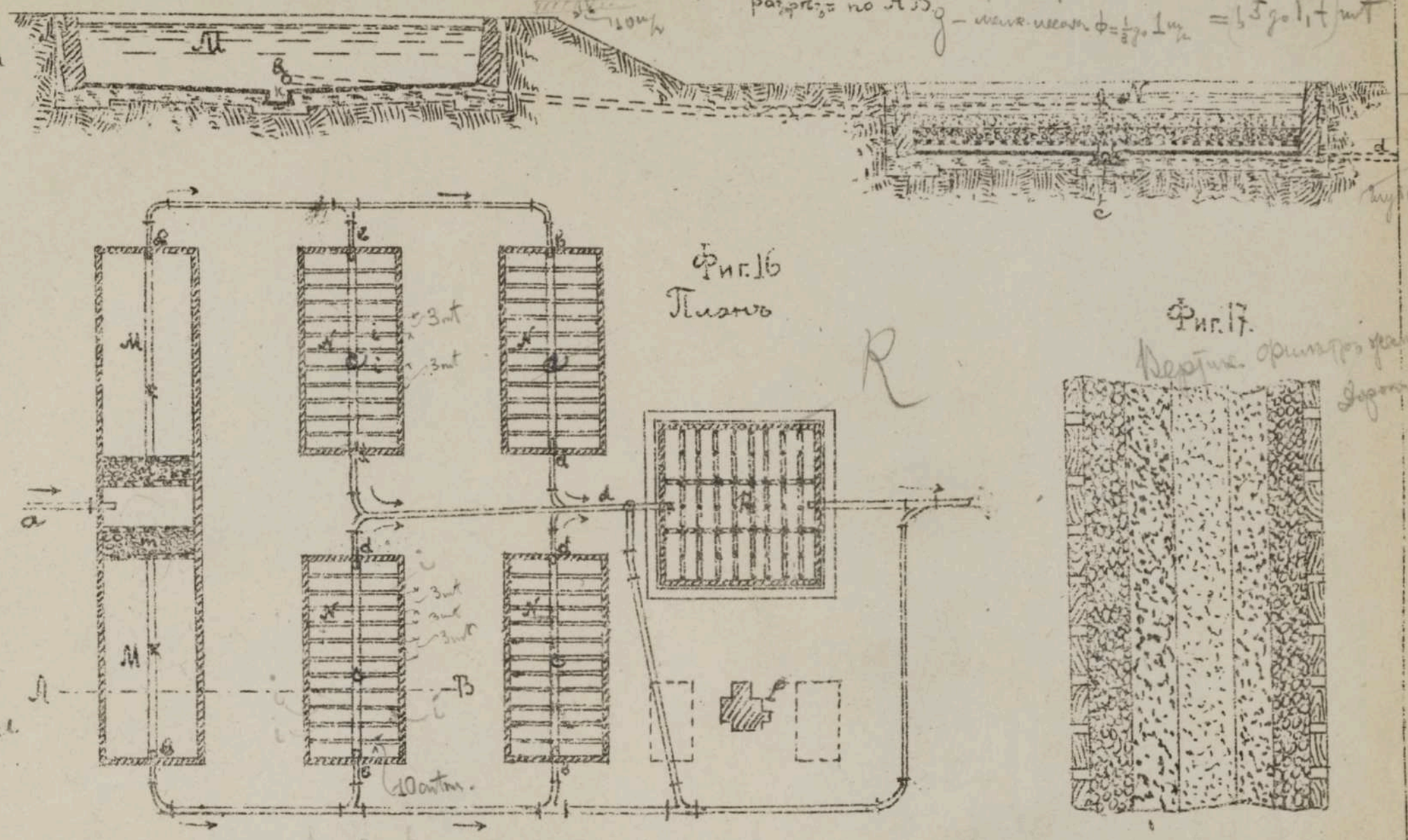
Фиг. 15.



Фиг. 11.

разрѣзъ стѣнки





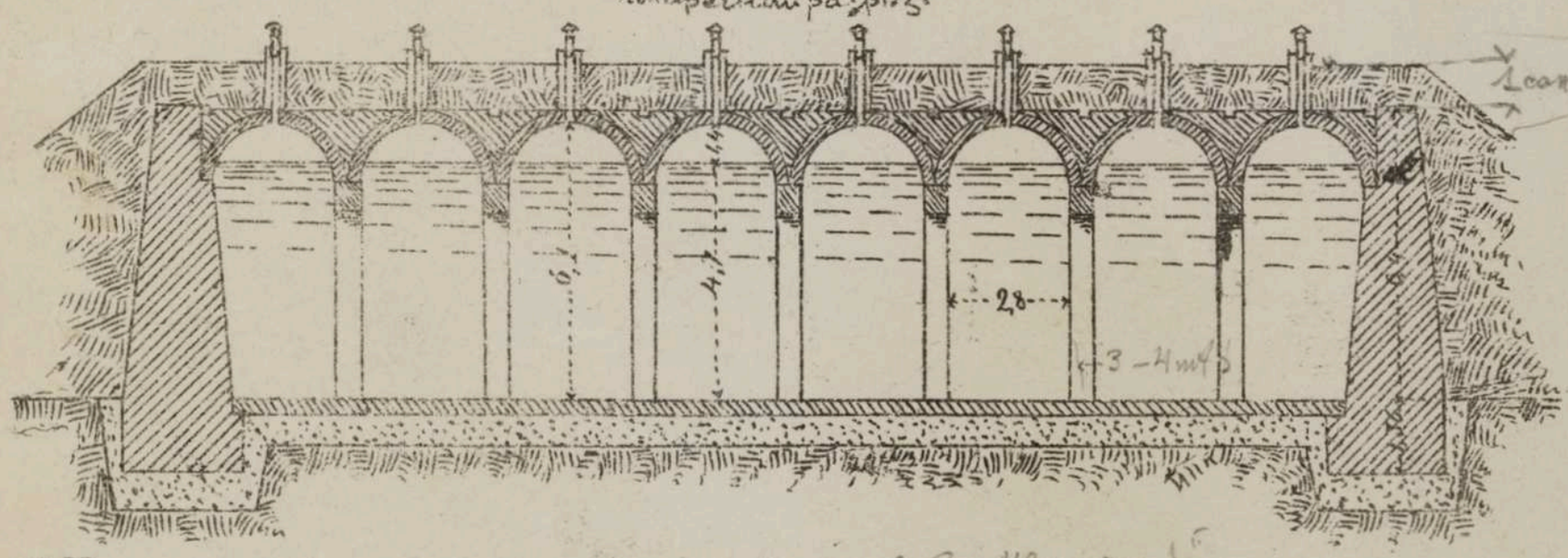
Фиг. 16

Планъ

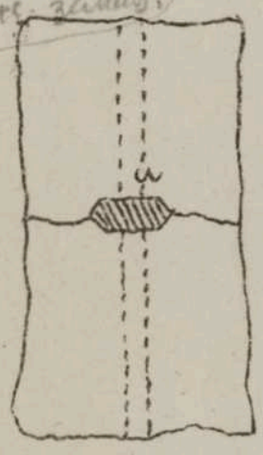
Фиг. 17.

Фиг. 13.

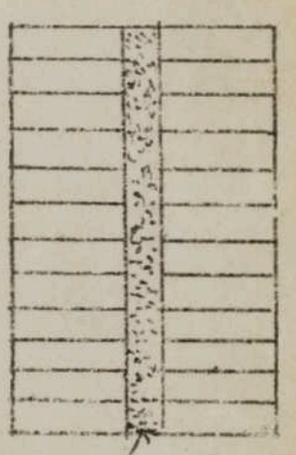
поперечный разрѣзъ



Фиг. 23

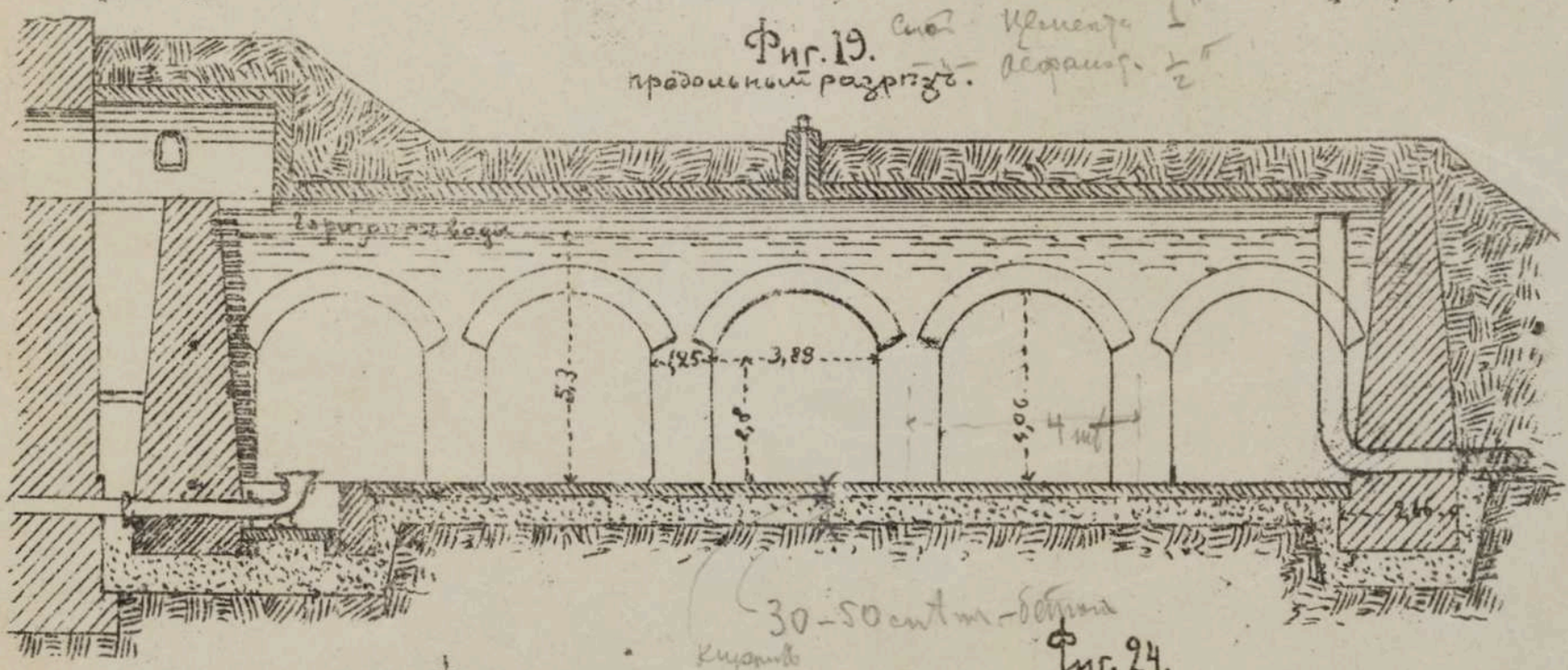


Фиг. 22.

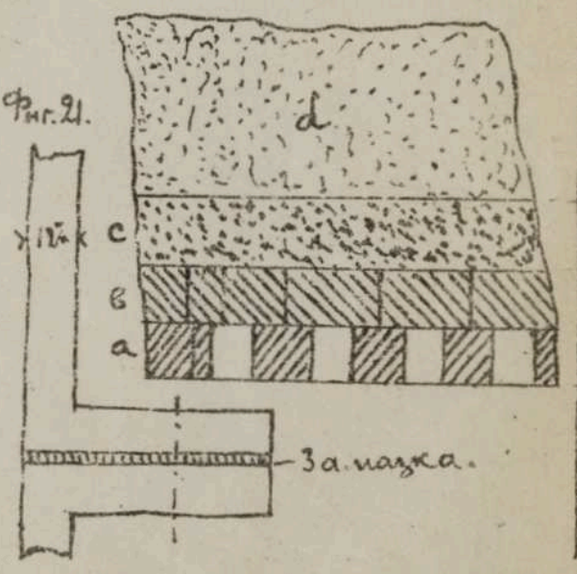


Фиг. 19.

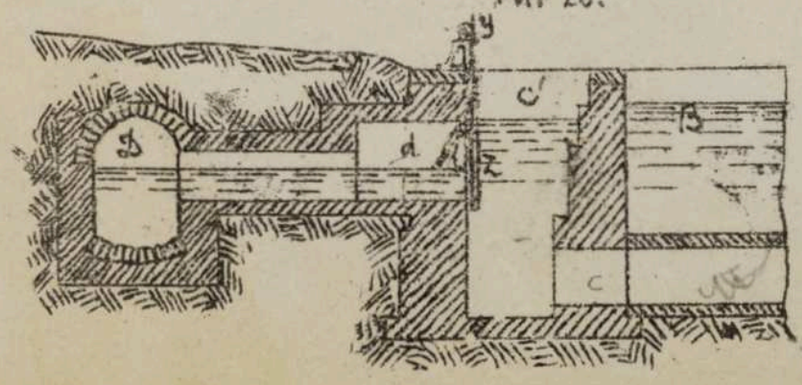
продольный разрѣзъ.



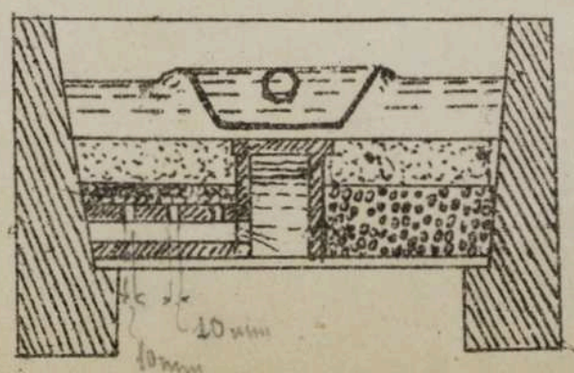
Фиг. 21.



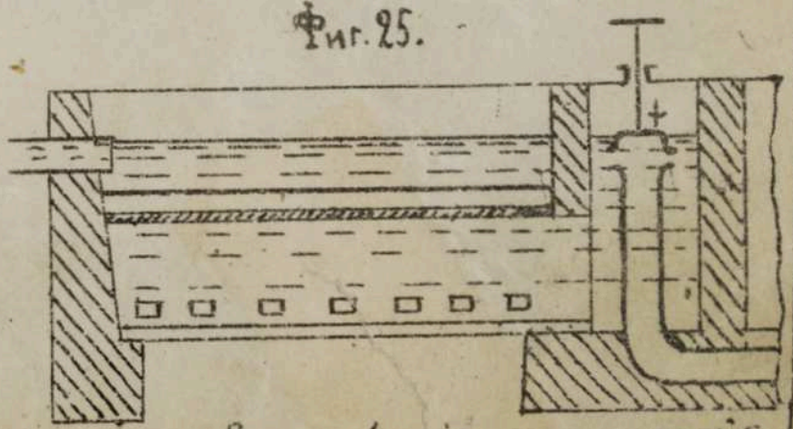
Фиг. 20.



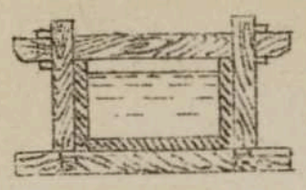
Фиг. 24.



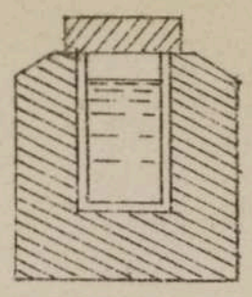
Фиг. 25.



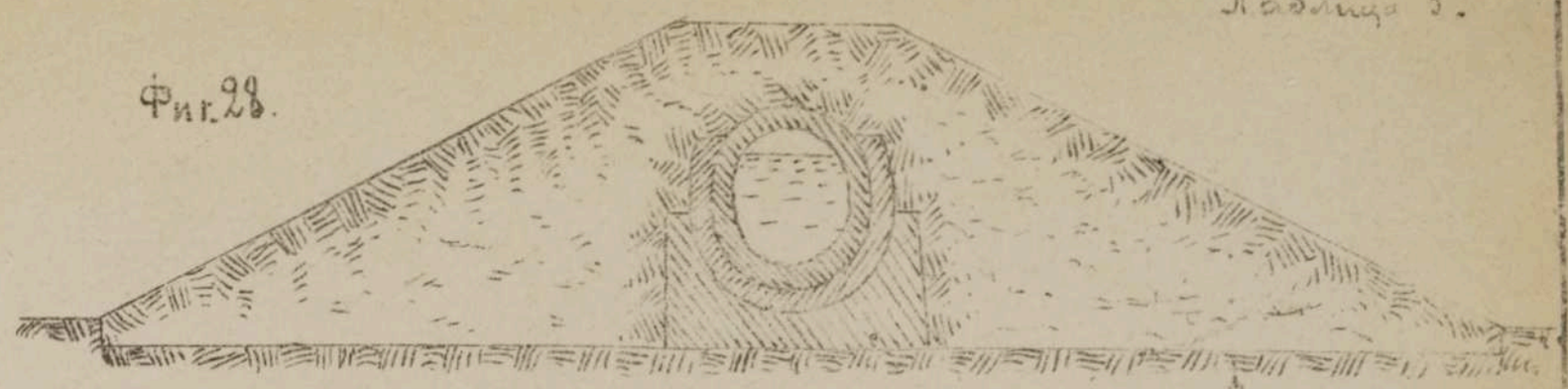
Фиг. 26.



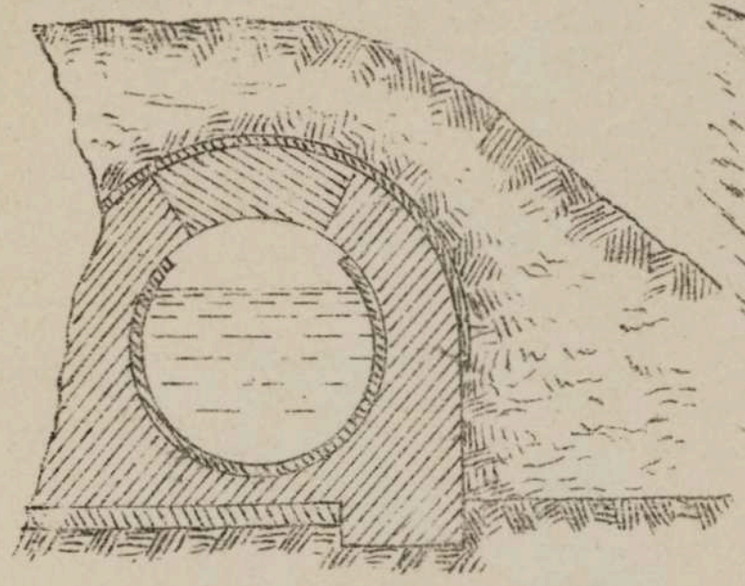
Фиг 27.



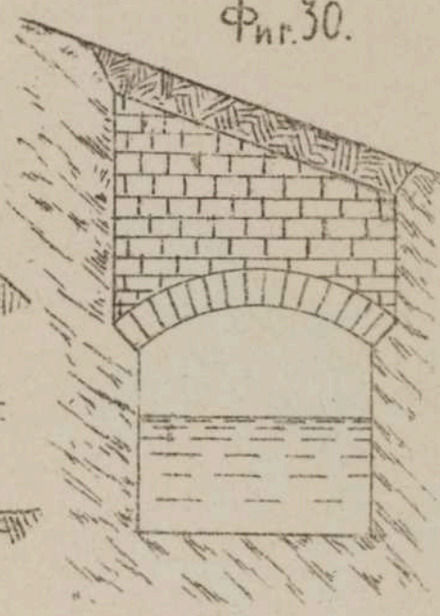
Фиг. 28.



Фиг 29.

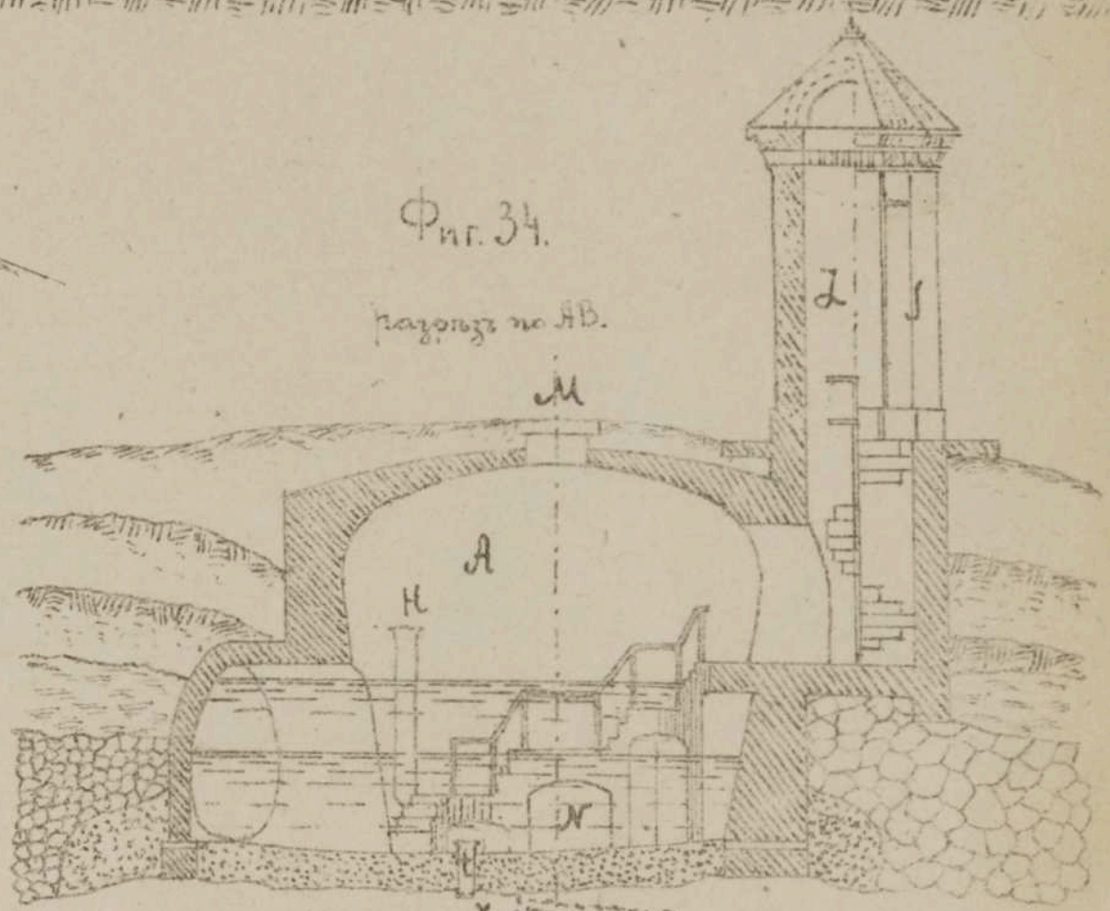


Фиг. 30.

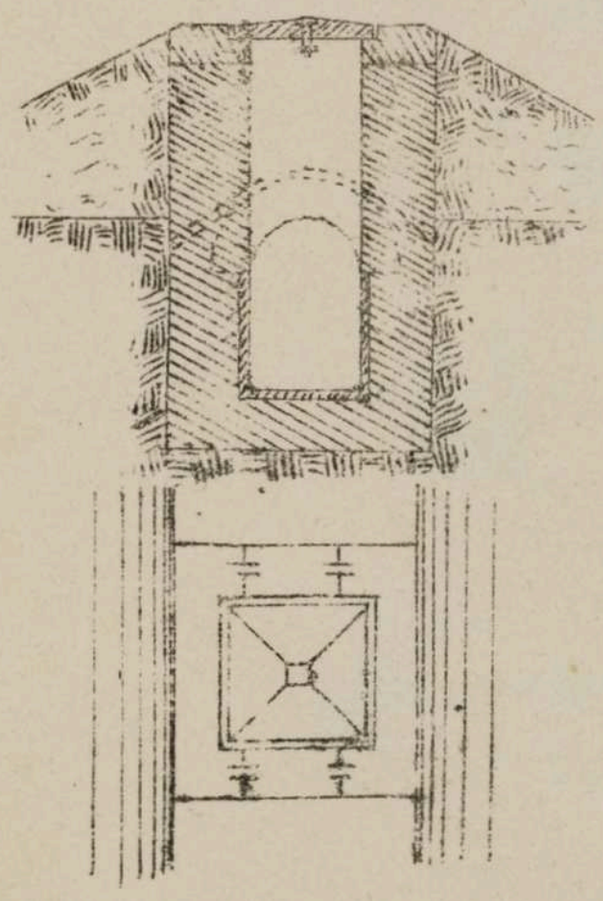


Фиг. 34.

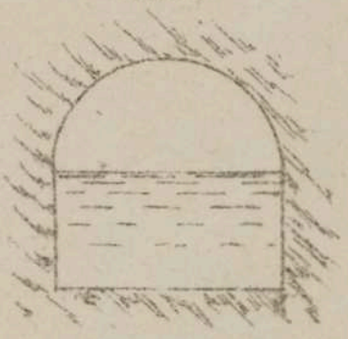
разрѣзъ по АВ.



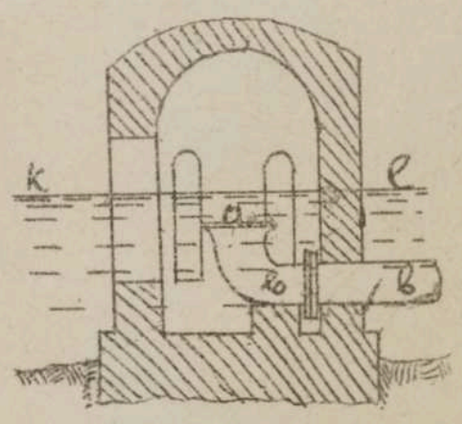
Фиг 32.

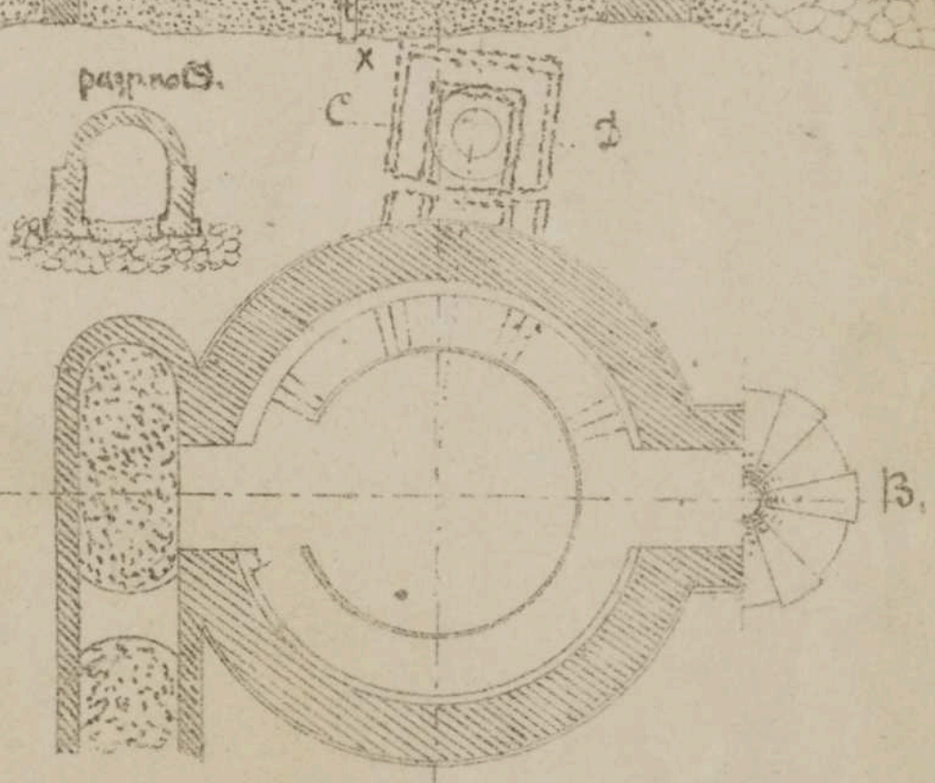


Фиг 31.

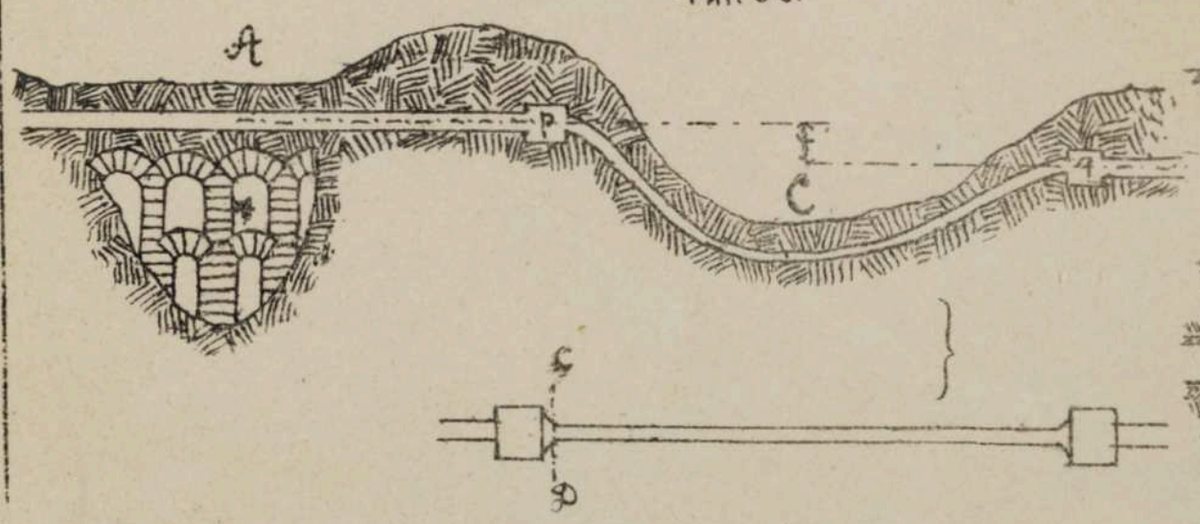


Фиг. 33.

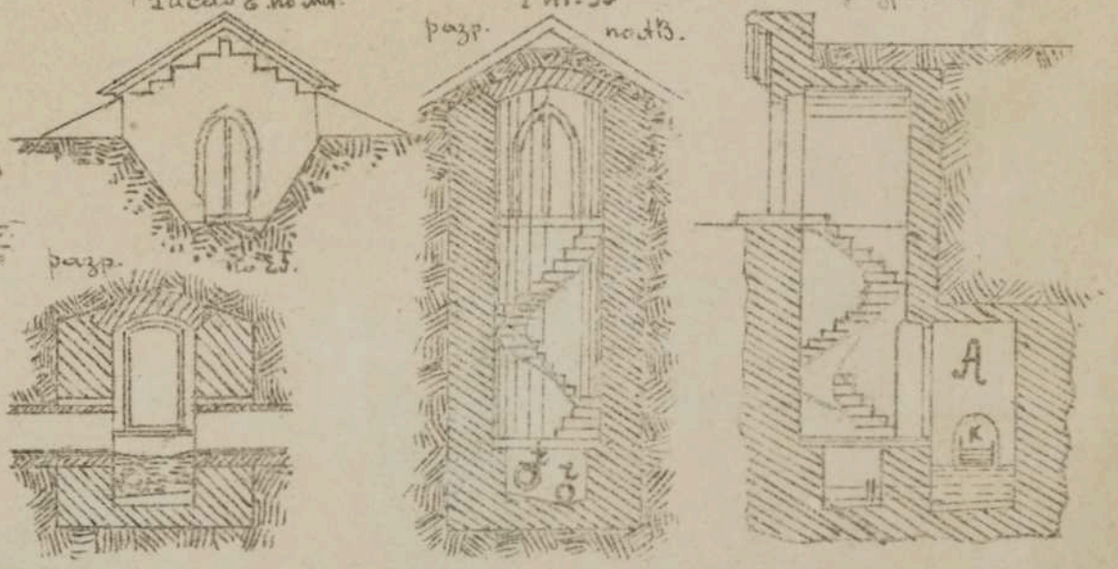




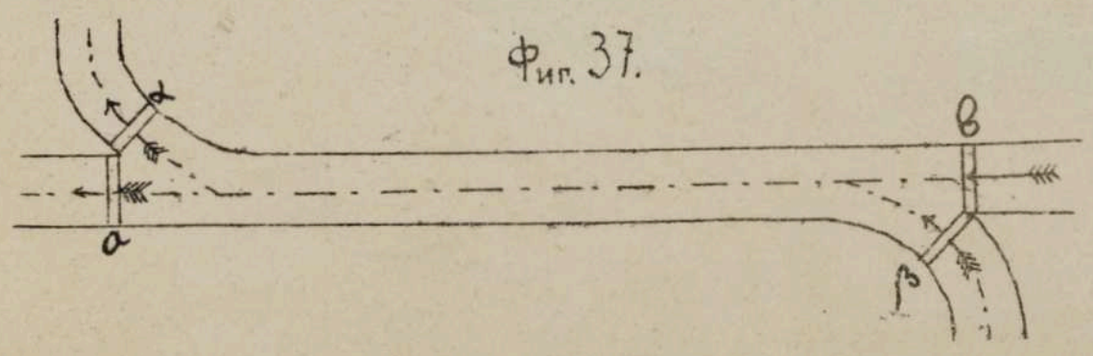
Фиг. 36.

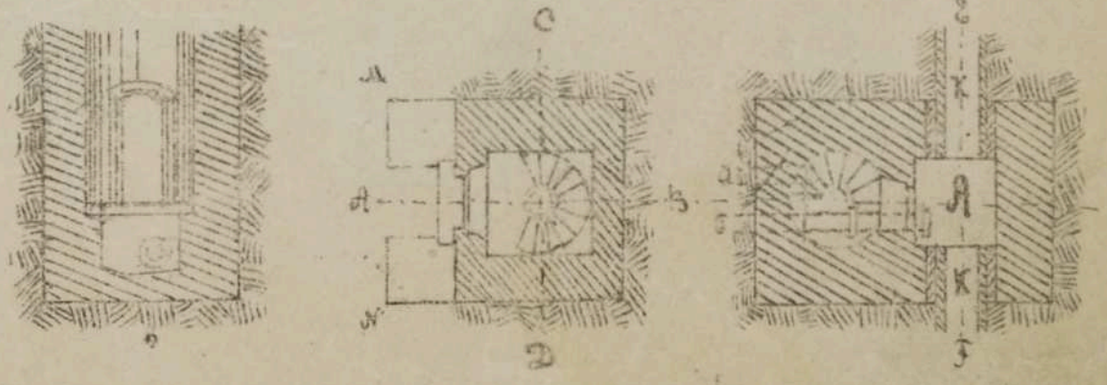


Фиг. 35

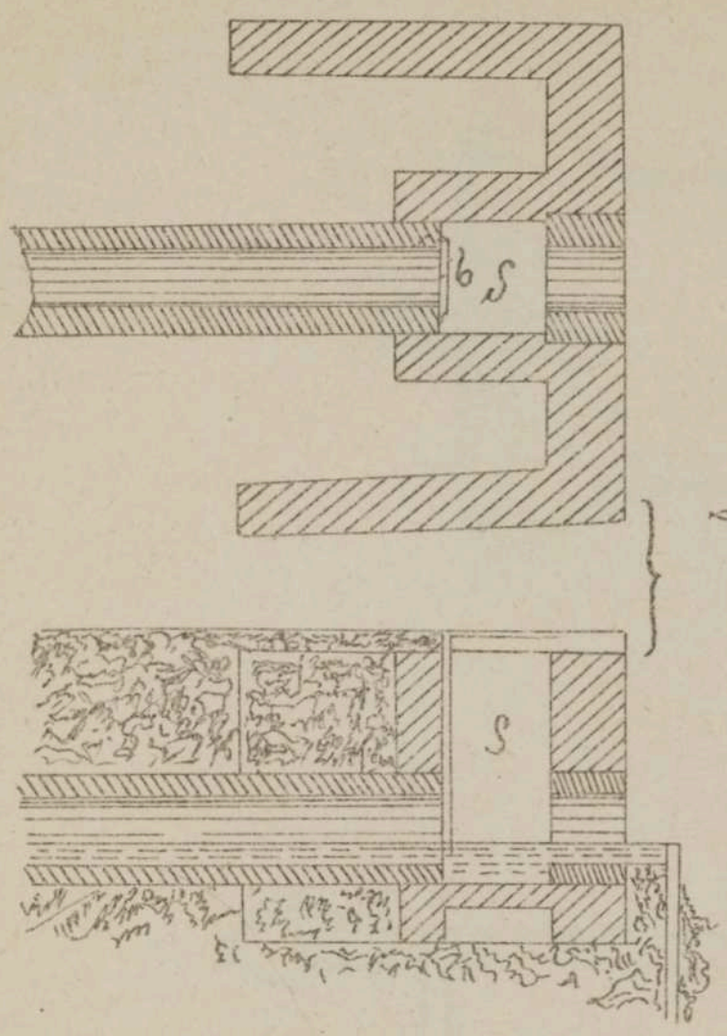


Фиг. 37.

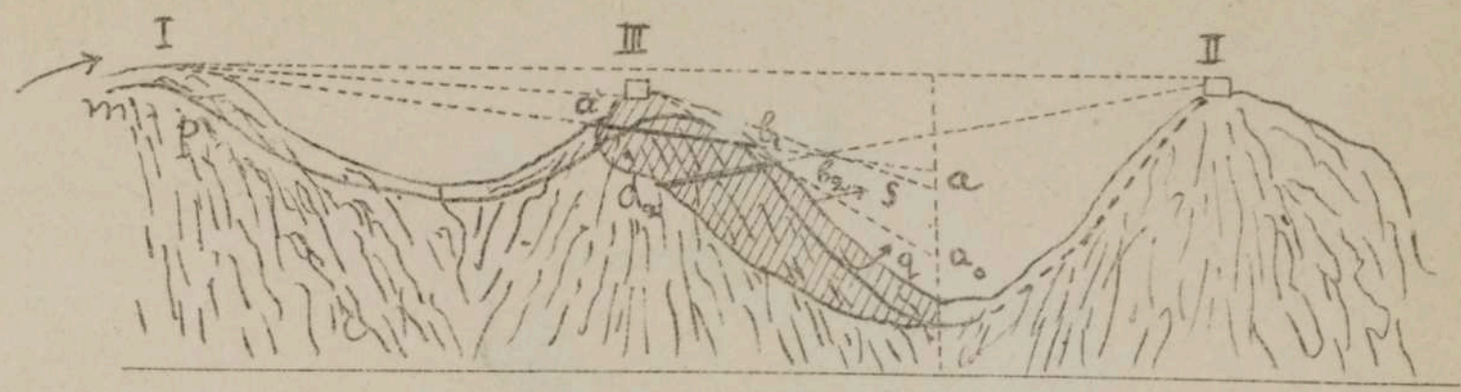




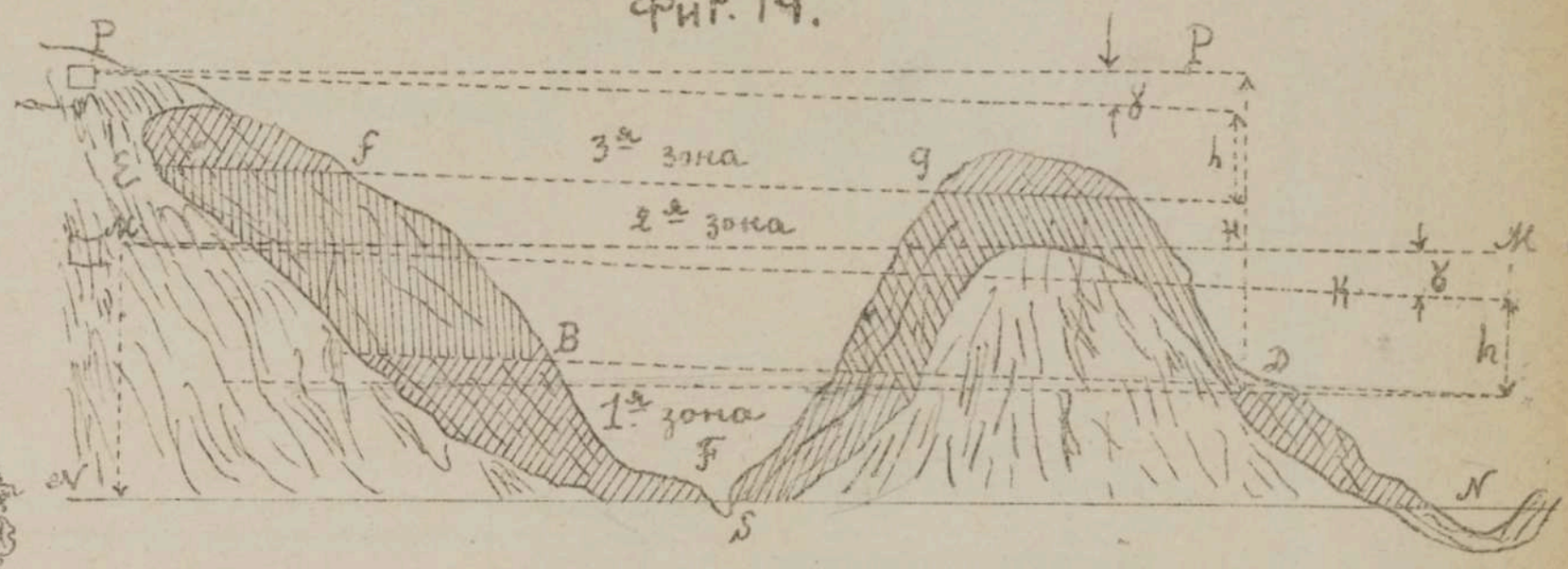
Фиг. 42.



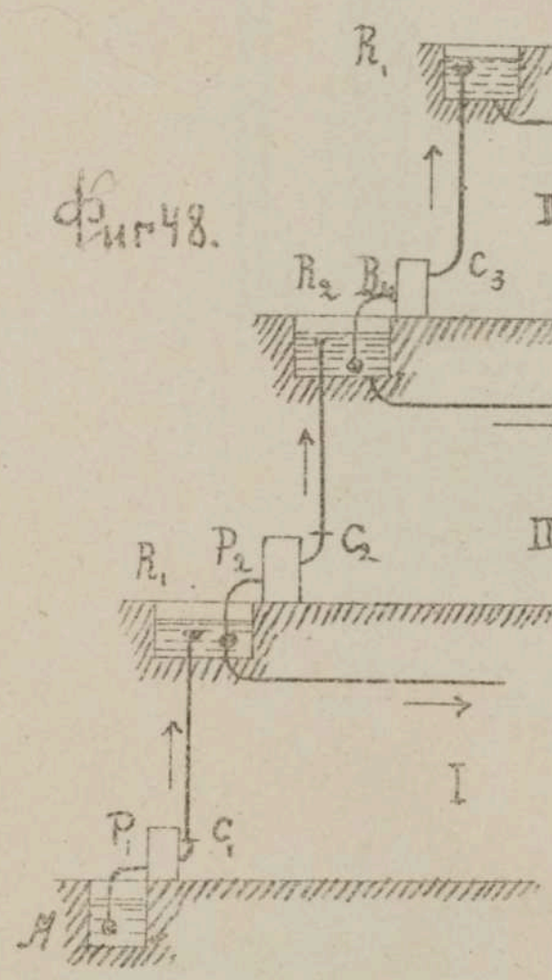
Фиг. 43.



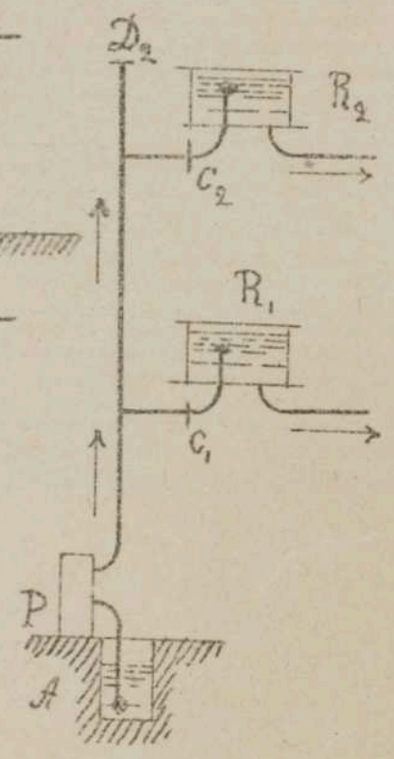
Фиг. 44.



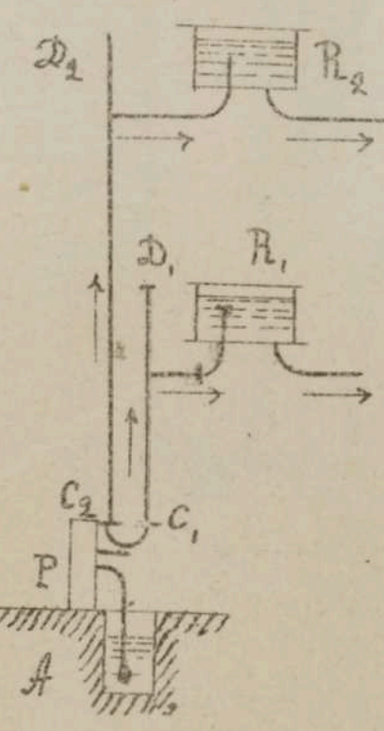
Фиг. 48.



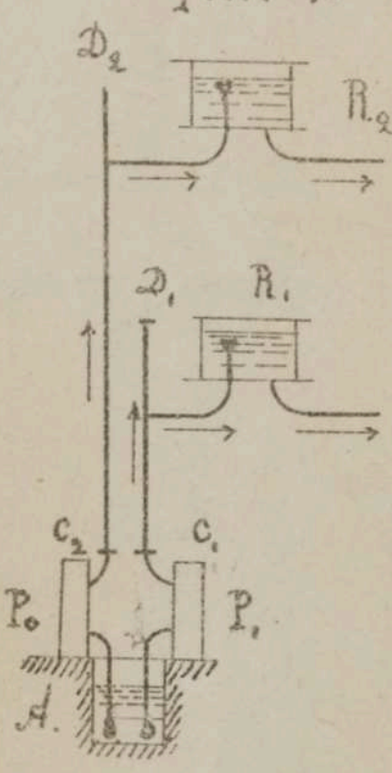
Фиг. 45.



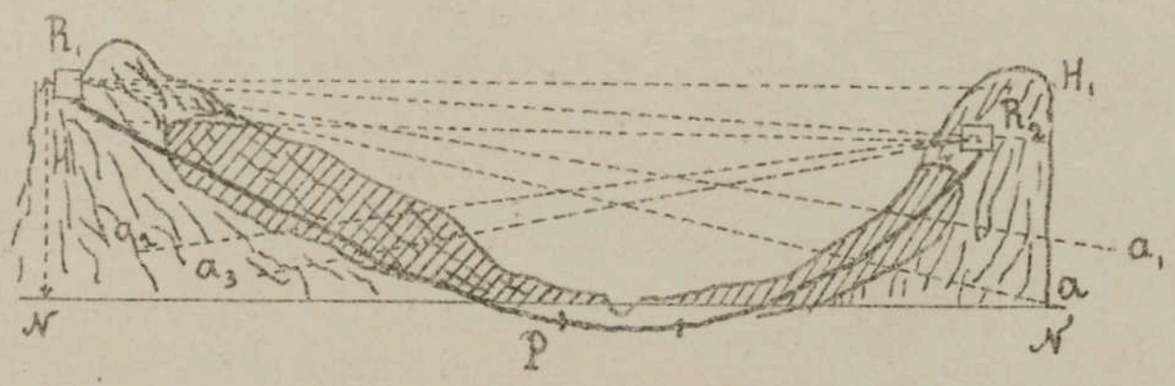
Фиг. 46.



Фиг. 47.



Фиг. 49.



Фиг. 38.

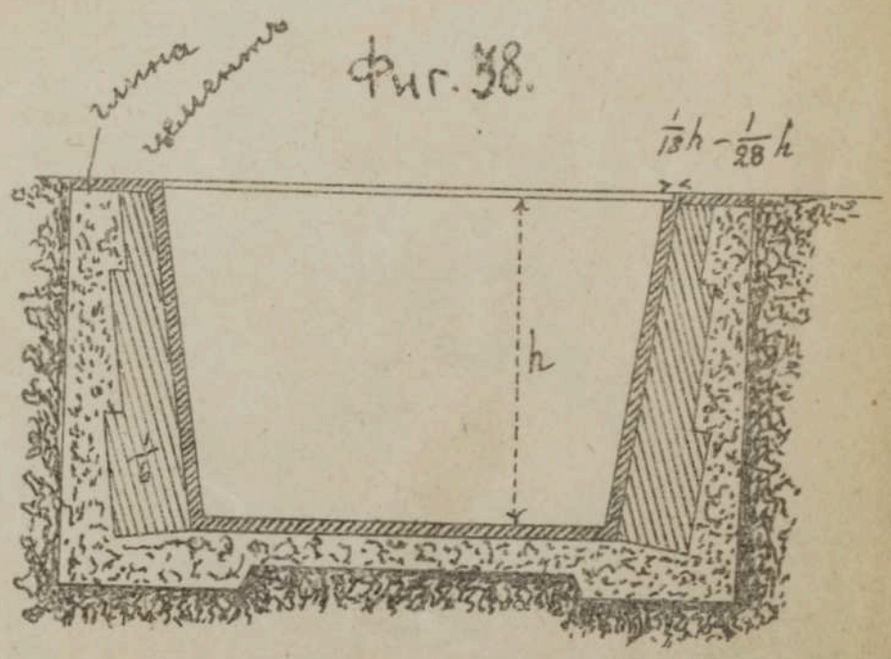
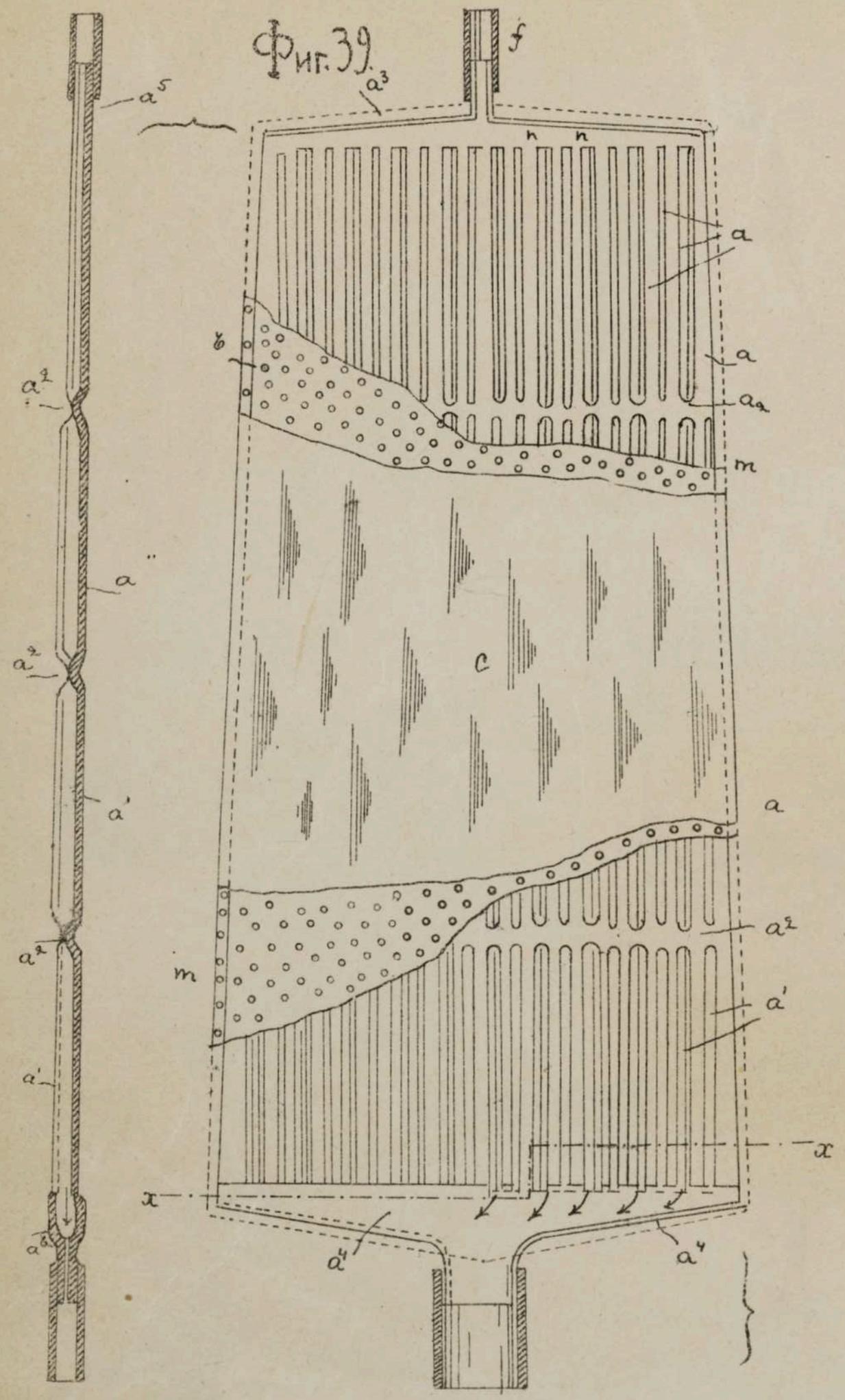
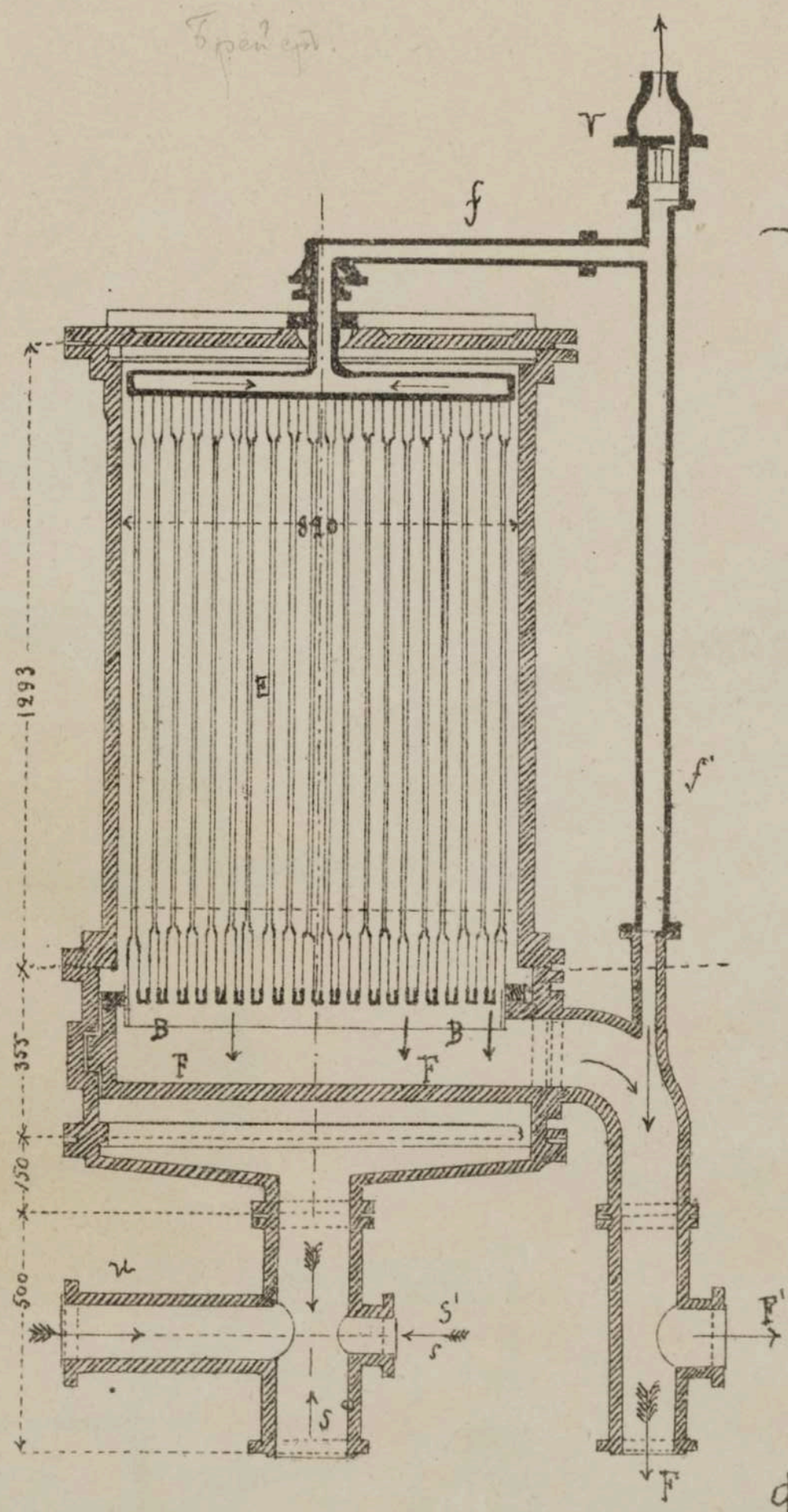


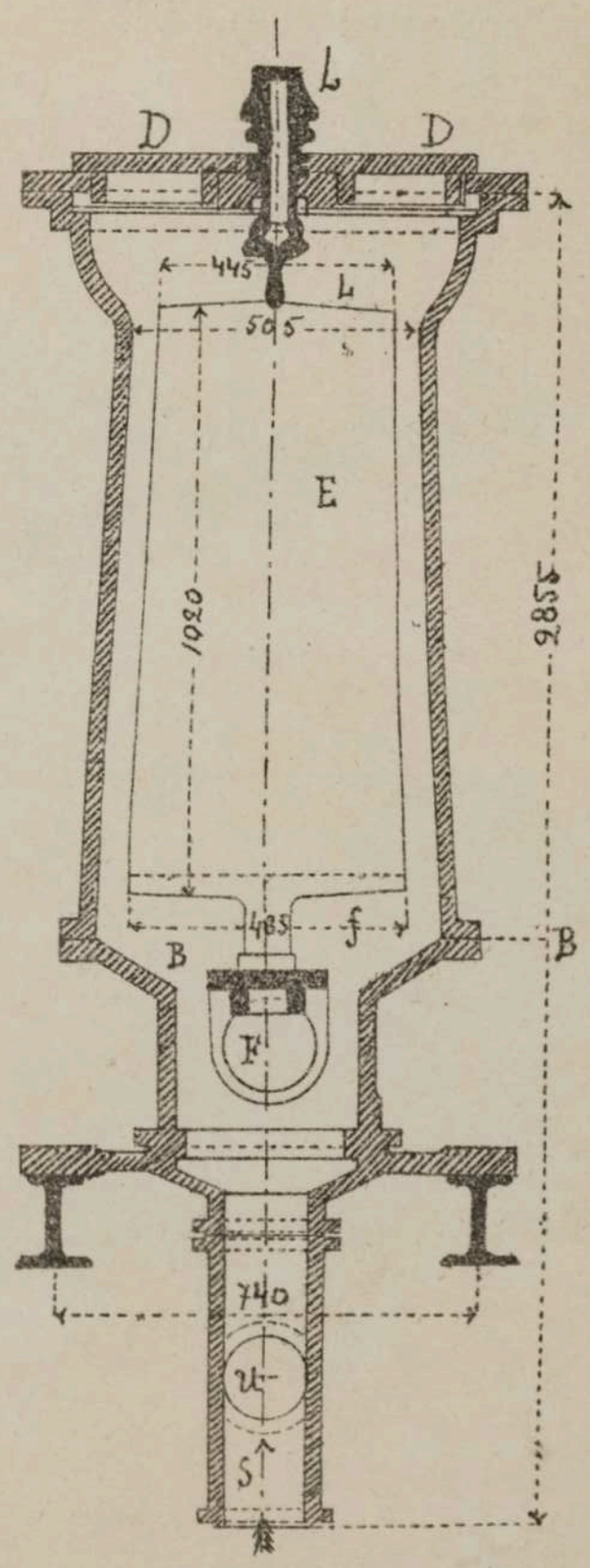
Таблица 5.

Фиг. 39.

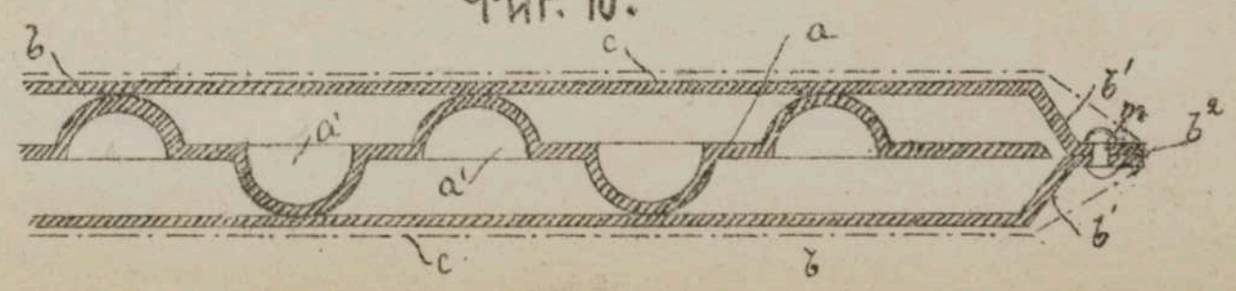


Фиг. 41.





Фиг. 40.



Фиг. 50

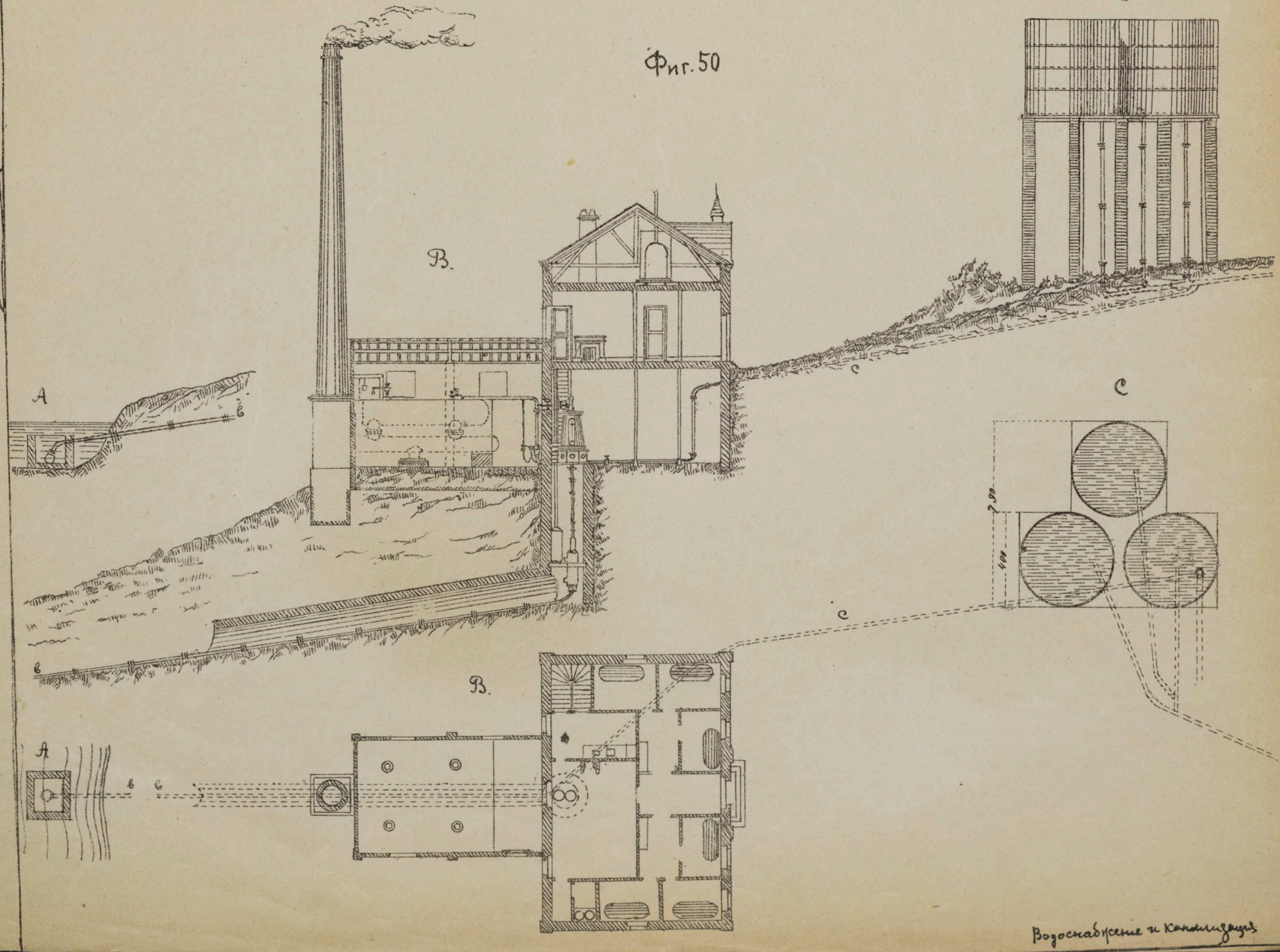
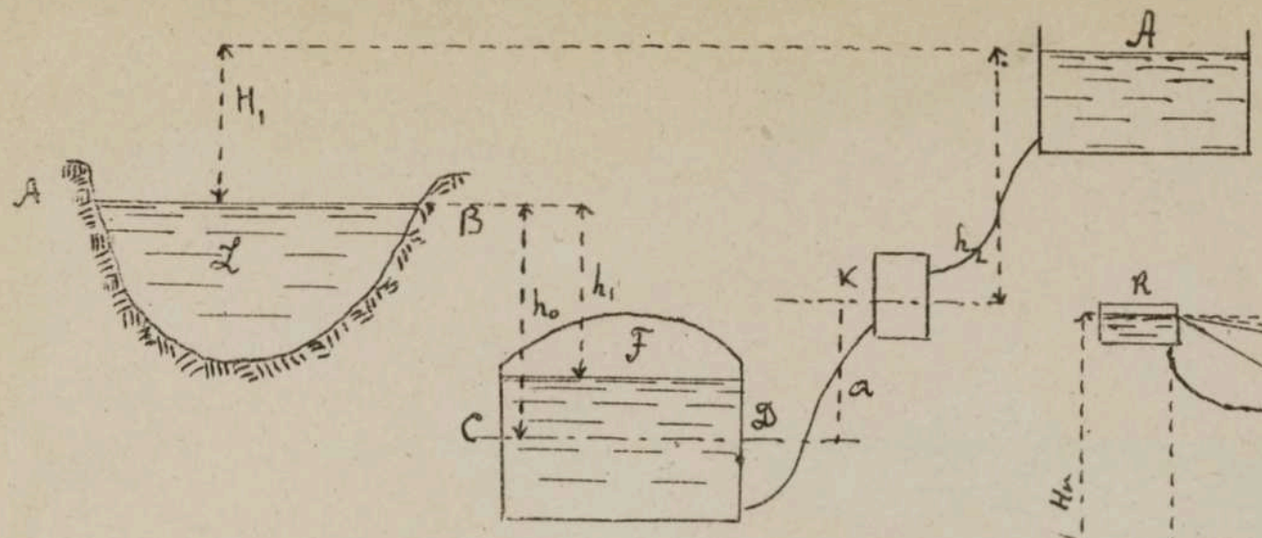
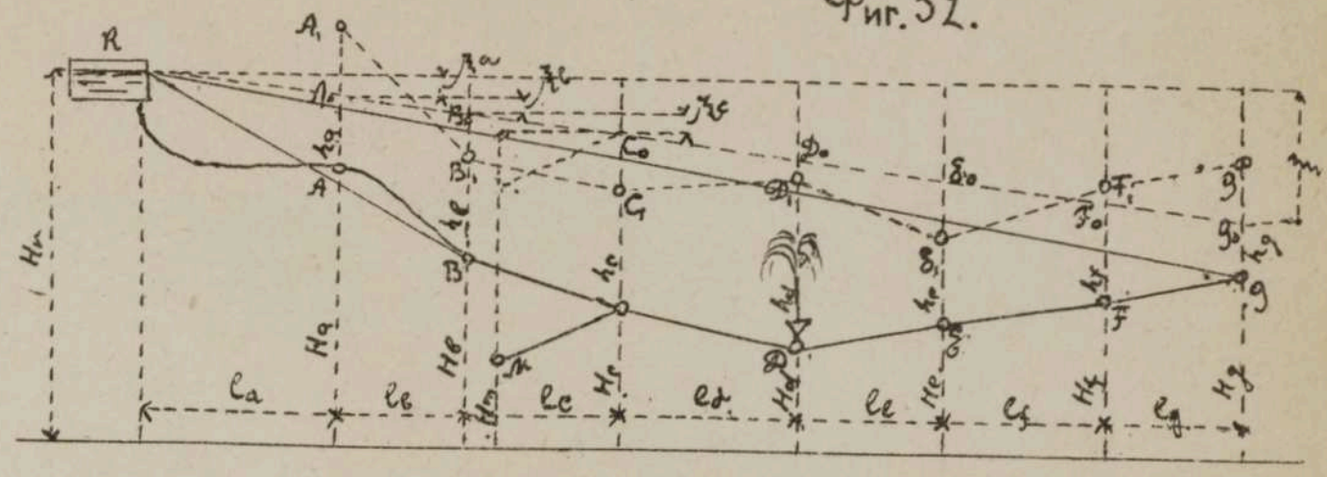


Таблица 7ая

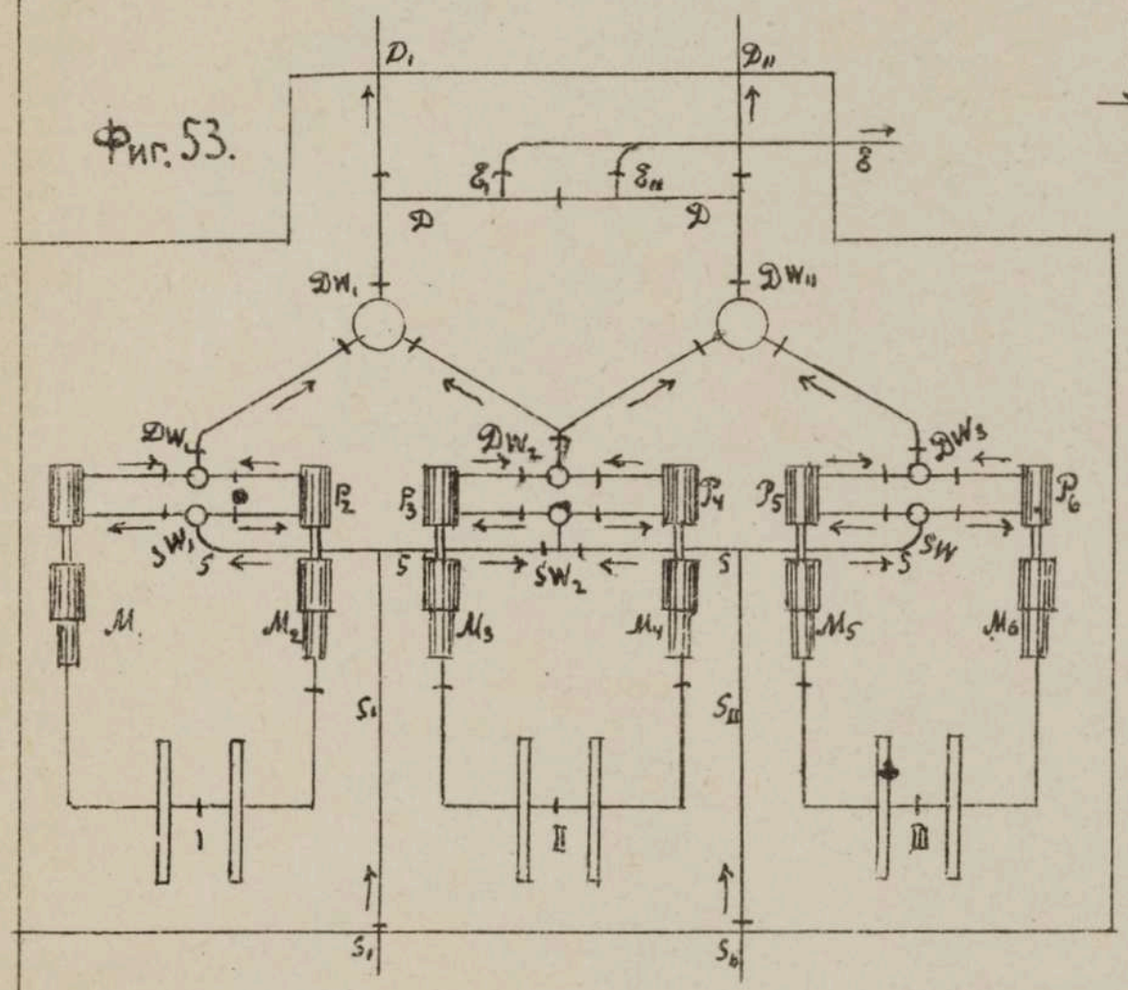
Фиг. 51.



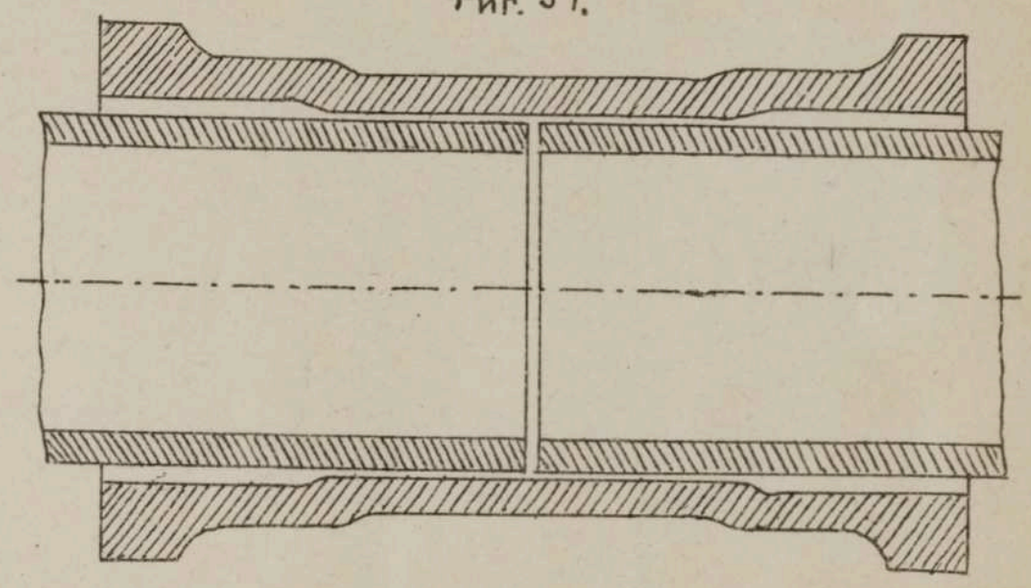
Фиг. 52.



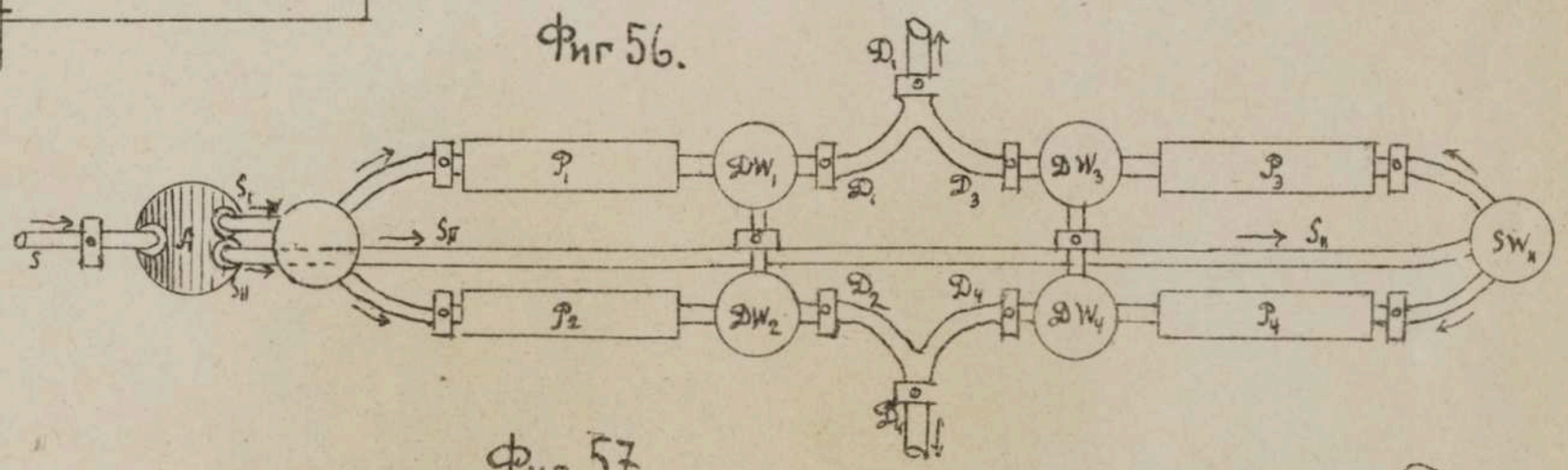
Фиг. 53.



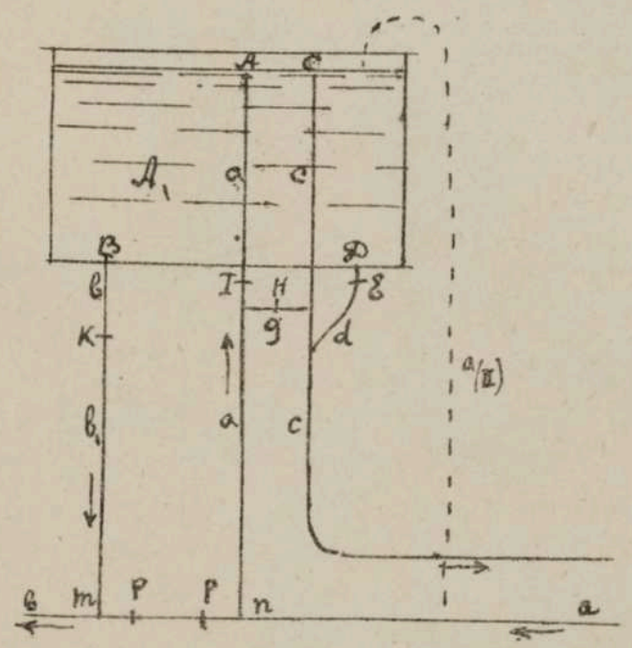
Фиг. 54.



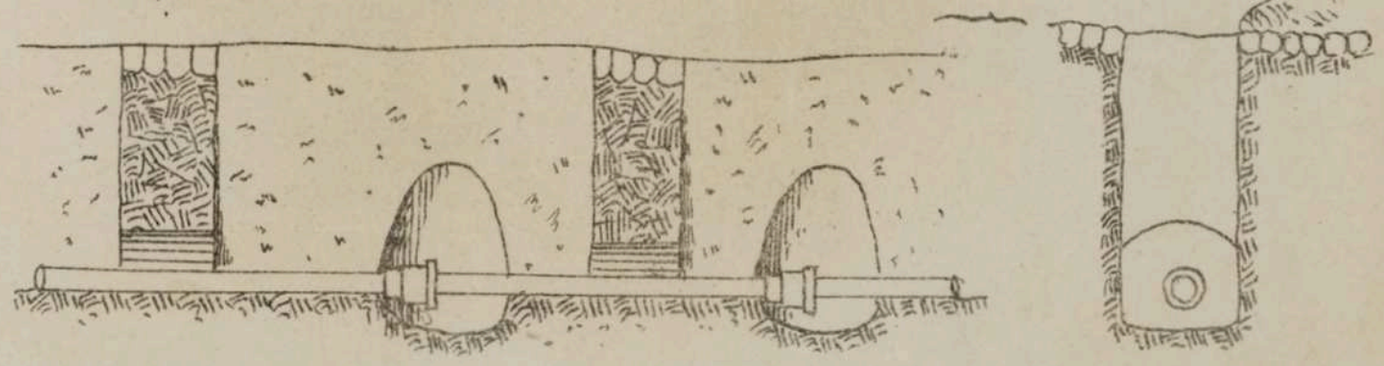
Фиг 56.

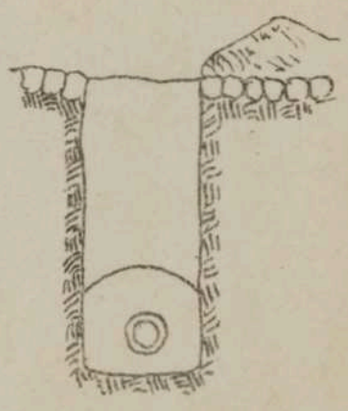


Фиг. 55.

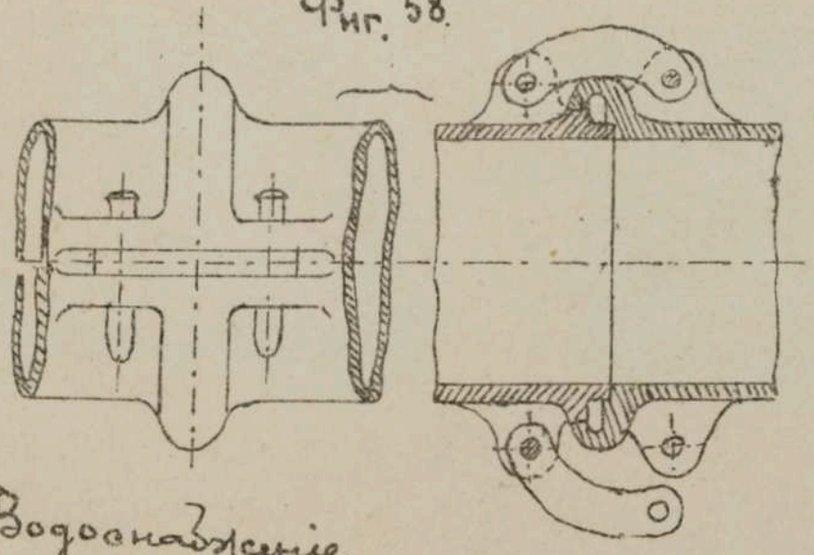


Фиг. 57.



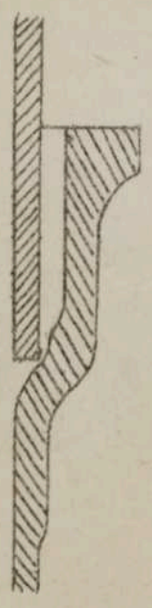


Фиг. 58.

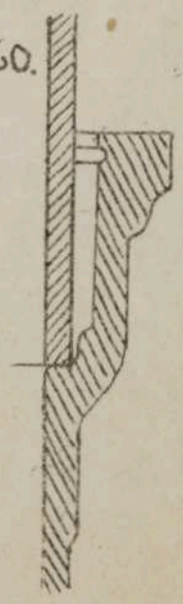


Водоснабжение

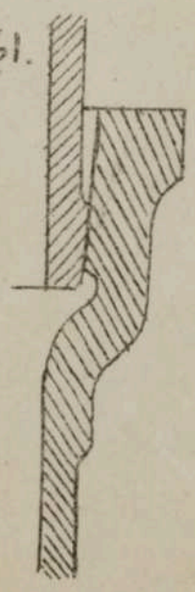
Фиг. 59.



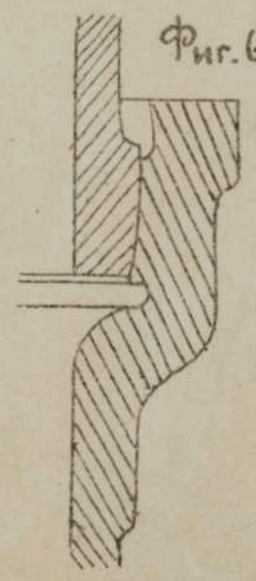
Ф. 60.



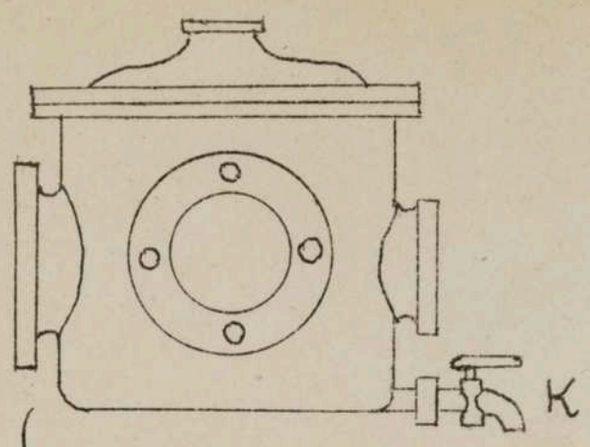
Ф. 61.



Фиг. 62.



Фиг. 63.



Фиг. 64.

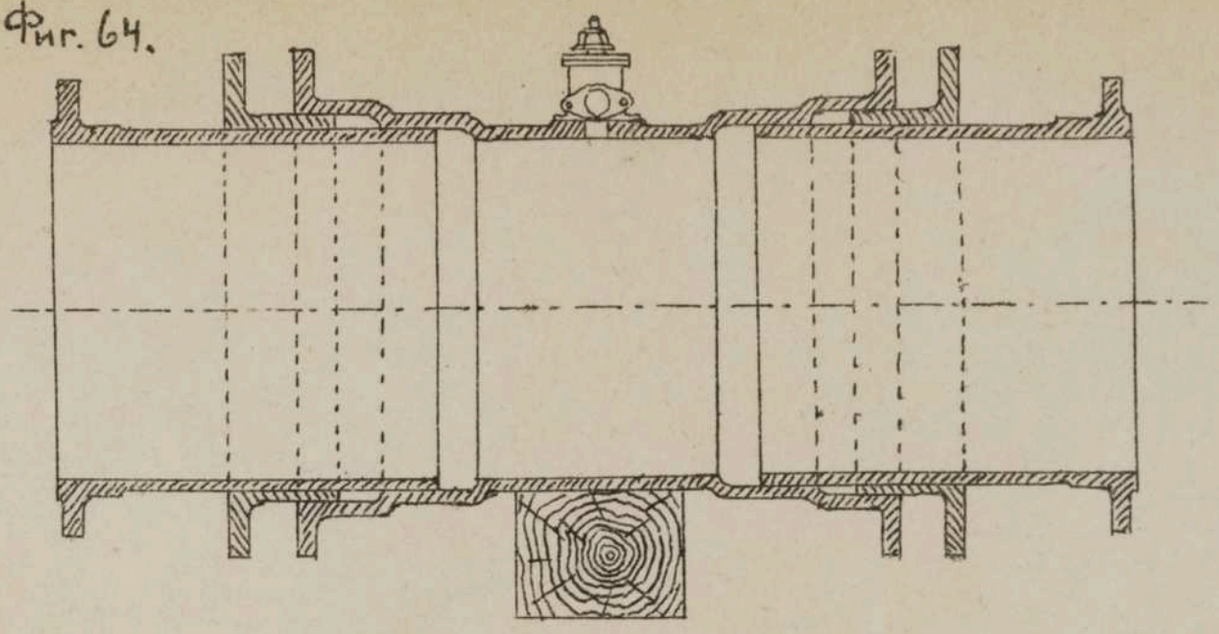
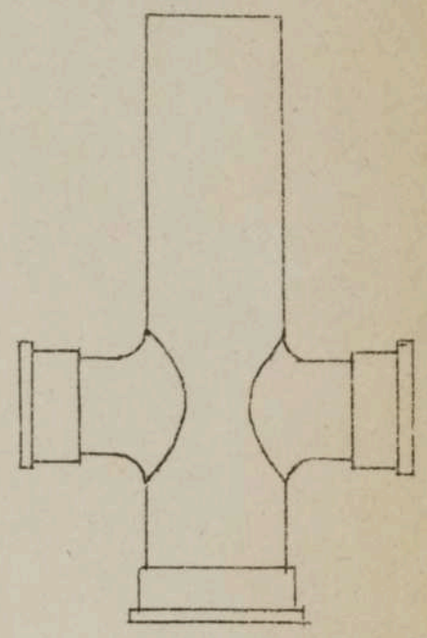
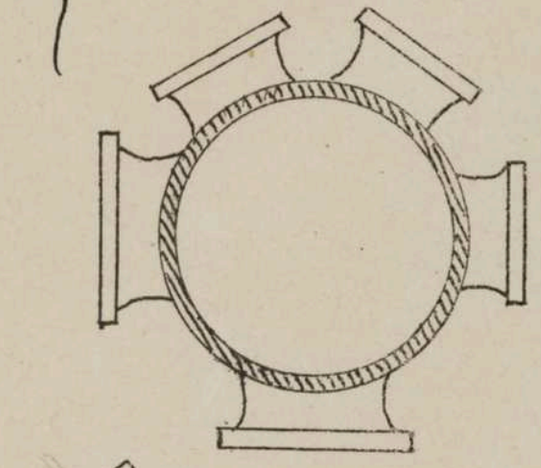


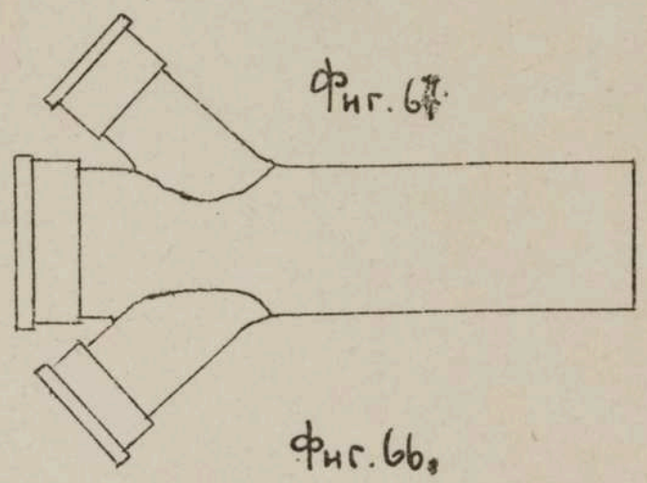
Таблица 8.

Фиг. 68

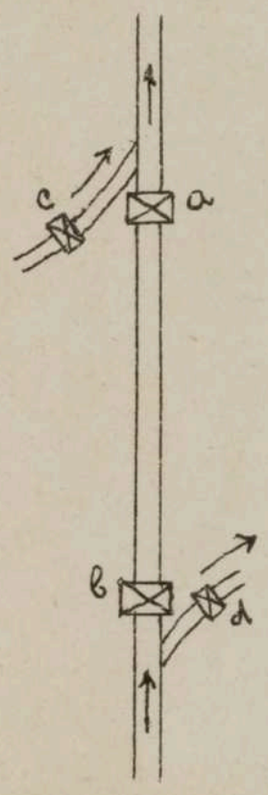




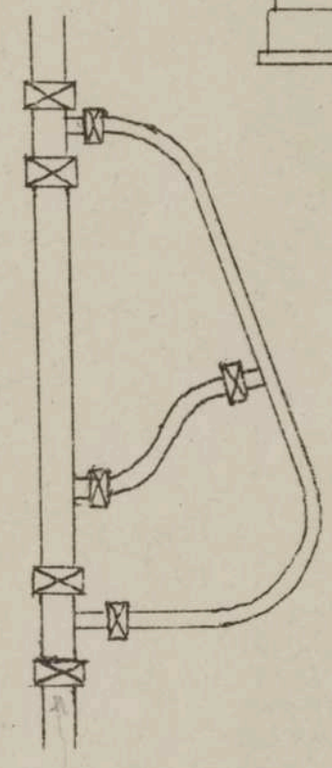
Фиг. 67.



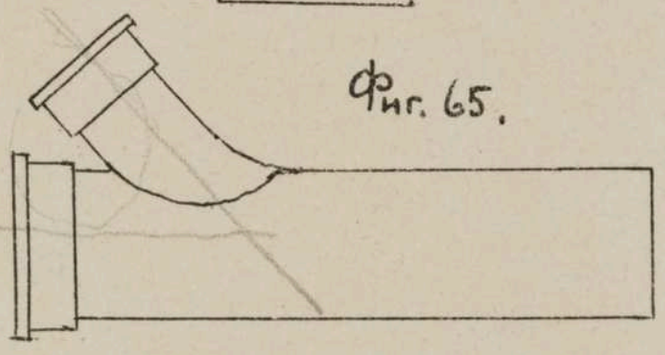
Фиг. 69.



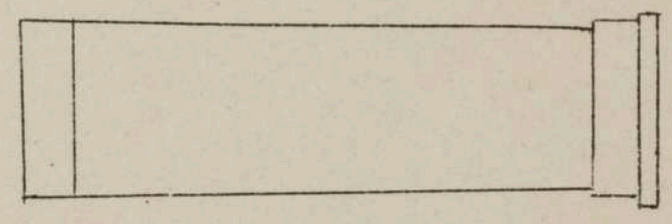
Фиг. 70.



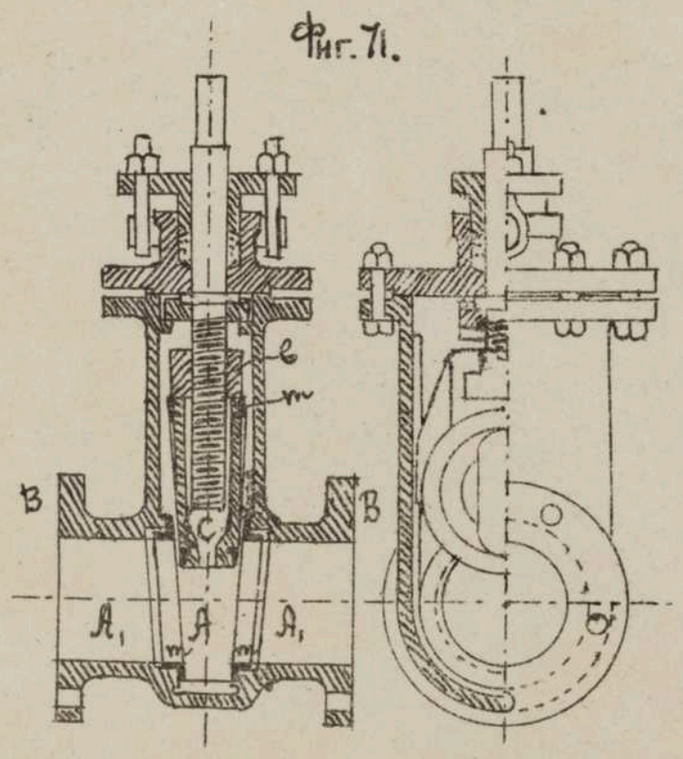
Фиг. 65.



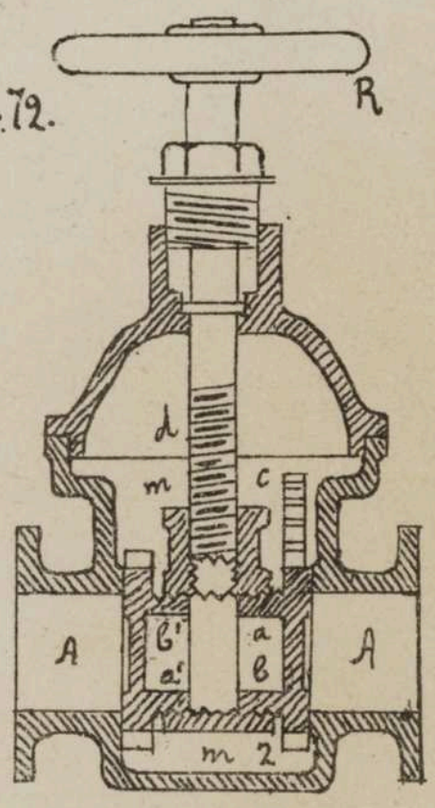
Фиг. 66.



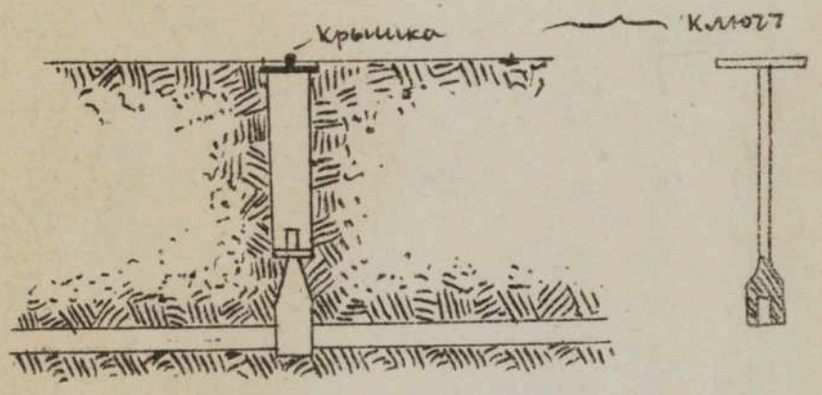
Фиг. 71.



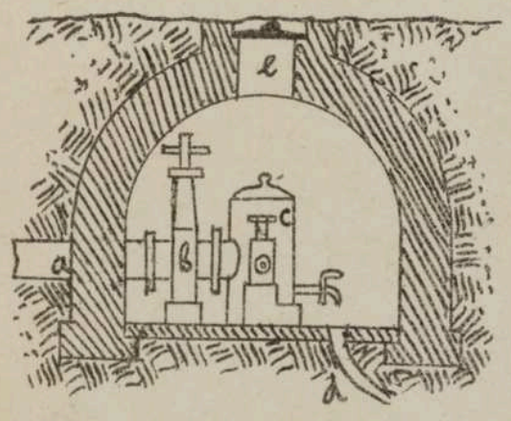
Фиг. 72.



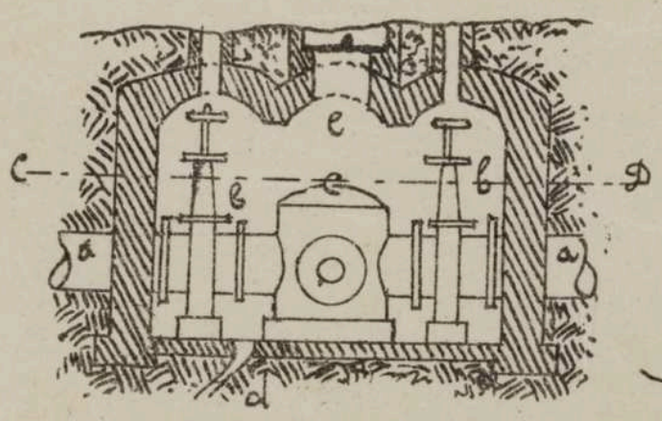
Фиг. 73.

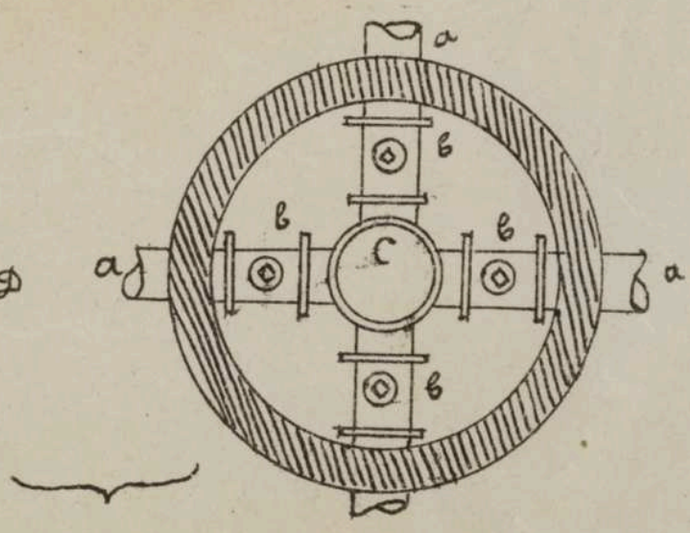
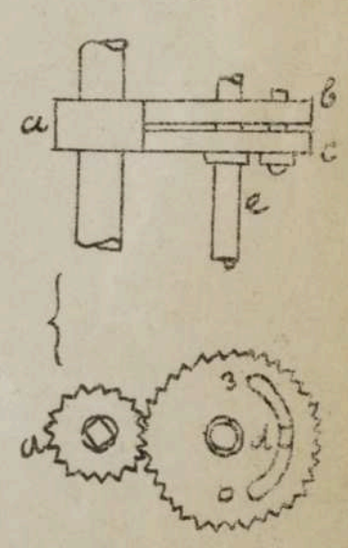


Фиг. 74.



Фиг. 75





Фиг. 76