

М. М. Черепашинскій,
профессоръ Императорскаго Техническаго Училища.

2841482
ГИДРОТЕХНИЧЕСКІЯ СООРУЖЕНІЯ.

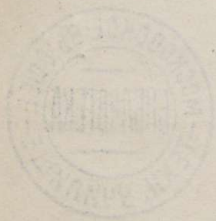
2

189 $\frac{8}{9}$.



МВТУ
им. Н. Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

Литографир. лекцій разрѣшаю: профессоръ *сн Черепанин*



ПОДПОРНЫЯ СООРУЖЕНІЯ

(Плотины)

1. ЦѢЛЬ И РОДЪ ПОДПОРНЫХЪ СООРУЖЕНІЙ.

18 Подпорными сооружениями называются вообще всё водянныя сооружения, задерживающія свободный стокъ воды, вслѣдствіе чего горизонтъ текучей воды поднимается т. е. образуется подпоръ. Мы будемъ разсматривать только такія подпорныя сооружения, которыя имѣютъ цѣлью поднять горизонтъ воды для пользы промышленности, сельскаго хозяйства и судоходства и не будемъ касаться тѣхъ плотинъ или подузапрудъ, которыя устраиваются для задерживанія рѣчныхъ наносовъ, и вообще для регулированія рѣкъ.

Для промышленности подпорныя сооружения имѣютъ важное значеніе въ соединеніи съ каналами, приводящими воду къ машинамъ-двигателямъ; для сельскаго хозяйства онѣ бываютъ необходимы при устройствѣ меліораций т. е. искусственныхъ орошеній и осушеній, а въ судоходствѣ онѣ употребляются главнымъ образомъ для увеличенія глубины воды.

Подпорныя сооружения раздѣляются:

а) по высотѣ ихъ вершинъ (гребня, вѣнца). Когда эта высота столь значительна, что вода никогда не переливается, то сооруженіе называютъ плотиной, а если она можетъ переливаться, то — запрудой. Запруда назыв. водосливомъ, если ея вѣнецъ расположенъ выше нижней воды и основной запрудой, если онъ ниже послѣдней. Когда вѣнецъ находится ниже горизонта самыхъ низкихъ водъ, то запруда наз. порогомъ.

б) По роду устройства различаются плотины изъ земли и камня, а запруды дѣлятся на неподвижныя или глухія и подвижныя. Глухія плотины бываютъ деревянныя, полумассивныя и массивныя; онѣ представляютъ сплошную запруду и потому не даютъ возможности измѣнять произвольно высоту подпора. Подвижныя запруды устраиваются самостоятельно или въ соединеніи съ глухими. Всего чаще употребляютъ запруды съ прорѣзами, или шлюзы, отверстія которыхъ закрываютъ щитами. Ихъ называютъ иногда свободными арками, если онѣ служатъ для отвода высокихъ водъ, и основными спусками, когда ихъ отверстія доходятъ до дна рѣки.

Смотря по назначенію раздѣляютъ шлюзы: подпорныя, оросительныя и осушительныя и т.д. Къ под-

вижнымъ запрудамъ принадлежать также разборчатня, которыя бываютъ: балочныя, тольчатня, клапанныя, барабанныя; если онѣ открываются напоромъ воды, то ихъ назыв. самодѣйствующими.

в) По положенію къ направленію теченія различаютъ запруды: прямыя, косыя, криволинейныя и ломанныя (Черт. 1. а, в, с и d).

2) ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО И ДѢЙСТВІЕ ЗАПРУДЪ

1) Подпоръ увеличиваетъ живое сѣченіе выше запруды.

Это обуславливаетъ меньшую скорость теченія, а вслѣдствіе того и меньшее паденіе рѣки. Поэтому высота подпора (т.е. разность шп высотъ новаго и прежняго горизонта воды (Черт. 2) отъ плотины вверхъ постепенно уменьшается и въ нѣкоторомъ мѣстѣ р дѣлается столь малой, что ускользаетъ отъ измѣренія, такъ какъ она меньше, чѣмъ колебанія, произведенныя теченіемъ воды. Расстояніе отъ плотины до предѣла измѣримости высотъ подпора назыв. подпорной длиною, а линія шпр продолжнаго профиля подпорной поверхности — подпорной кривою. Прямныя дѣйствія подпора не распространяются далѣ предѣла р т.е. они имѣютъ мѣсто только на протяженіи подпорной длины, но эта длина вообще не постоянна, она измѣняетъ

съ вмѣстѣ съ измѣненіемъ расхода воды въ рѣкѣ.

На основаніи подпорныхъ линій можно дѣлать заключенія о вліяніи подпора на вышерасположенныя мѣста т.к. повышение горизонта можетъ затруднить стокъ въ рѣку дождевыхъ и другихъ водъ изъ вышерасположенныхъ участковъ, можетъ произвести вредныя дѣйствія на другія подпорныя сооруженія и т.д.

Очевидно, что въ рѣкахъ съ малымъ паденіемъ подпорная длина больше, чѣмъ при болѣе крутомъ паденіи и что дѣйствіе подпора при высокихъ берегахъ менѣе чувствительно, чѣмъ при низкихъ; поэтому въ ровныхъ мѣстностяхъ нужна при устройствѣ запрудъ особая предусмотрительность. Особенно осторожнымъ надо быть при устройствѣ глухихъ плотинъ, такъ какъ онѣ не даютъ возможности регулировать высоту подпора, задерживаютъ высокія воды и образуютъ ледяные заторы. Стокъ высокихъ водъ можетъ быть облегченъ удлиненіемъ плотины; прежде для этой цѣли устраивали косыя запруды, что не цѣлесообразно, такъ какъ онѣ вредно дѣйствуютъ на берега. Глухія плотины нужно вслѣдствіе того строить не въ узкихъ, а широкихъ мѣстахъ рѣки; гдѣ послѣднихъ нѣтъ, то можетъ оказаться необходимымъ уширить профиль искусственно

или устроить при глухой плотинѣ нѣсколько щитовыхъ от-
верстій для спуска высокой воды.

2) Плотины удерживаютъ, влекомые водой, наносы и тѣмъ
повышаютъ русло ея. Часто поэтому требуютъ, чтобы при
глухой плотинѣ были основные спуски, посредствомъ ко-
торыхъ было бы возможно промывать дно рѣки.

Глухія плотины проще всѣхъ другихъ, какъ по устрой-
ству, такъ и по содержанію; вслѣдствіе того на всѣхъ
не славныхъ и не судоходныхъ рѣкахъ строятъ глухія
плотины; гдѣ нужно регулировать высоту горизонта или
промывать русло отъ наносовъ, тамъ употребляютъ подви-
жныя плотины со щитами (шлюзы), а на судоходныхъ рѣ-
кахъ наибодѣе цѣлесообразны - разборчатныя плотины. По
причинѣ приведенныхъ въ предъидущемъ послѣдствій под-
пора сооруженіе плотины требуетъ разрѣшенія началь-
ства. Иногда допускаемую высоту подпора отмѣчаютъ сва-
ей, забитой въ верховой водѣ, на небольшомъ разстоя-
ніи отъ плотины; обыкновенно сваю срѣзаютъ точно на
высотѣ допускаемаго подпора и эту работу исполняютъ
въ присутствіи свидѣтелей и понятыхъ. Въ судоходныхъ
рѣкахъ иногда ставятъ условіе, чтобы горизонтъ воды
не былъ опущенъ ниже нѣкотораго предѣла и тогда на

сваѣ наносится соотвѣтственная черта.

3) ВЫСОТА ПОДПОРА.

Для опредѣленія размѣров сѣченія протекающей черезъ запруду воды, нужно знать расходъ рѣки при разныхъ высотахъ уровня ея, соотвѣтствующихъ низкой, высокой водѣ и т. д. Если обозначимъ черезъ dF площадь бесконечно узкой горизонтальной полосы отверстія, находящейся на разстояніи h отъ горизонта воды и черезъ μ коэффициентъ истечения, то расходъ этой полосы (количество воды, проходящее черезъ нее въ секунду) $dQ = \mu \sqrt{2gh} \cdot dF$. Слѣдовательно расходъ всего отверстія:

$$Q = \mu \sqrt{2g} \int \sqrt{h} \cdot dF \dots \dots \dots (1)$$

Если вода притекаетъ къ отверстию со скоростью v , то вмѣсто h нужно въ эту формулу подставить $h+k$, гдѣ $k = \frac{v^2}{2g}$.

Для прямоугольнаго сѣченія шириной b и высотой a формула (1) даетъ, когда все отверстіе находится надъ водой (черт. 3)

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \cdot (h_1^{3/2} - h_2^{3/2}) \dots \dots \dots (2)$$

или подставивъ $H = \frac{h_1 + h_2}{2}$ будетъ $h_1 - h_2 =$

$$= (H + \frac{a}{2})^{3/2} - (H - \frac{a}{2})^{3/2} ; h_1 - h_2 = \frac{3}{2} a \sqrt{H} \left[1 - \frac{1}{96} \left(\frac{a}{H} \right)^2 - \frac{1}{2048} \left(\frac{a}{H} \right)^4 - \dots \right]$$

Когда $a \ll H$, то выраженіе въ скобкахъ можетъ быть при-

нято = 1 и тогда

$$Q = \mu b a \sqrt{2gH} \quad (3)$$

Эта формула всегда может быть употреблена вместо формулы (2), когда $h_2 > \frac{a}{2}$:

Если отверстие доходить до горизонта воды, то нужно во (2) поставить $h_2 = 0$, если вода притекает к отверстию со скоростью v , то $h_2 = \frac{v^2}{2g} = k$

Если часть отверстия находится под низовой водой, то для верхней части его действительна формула 2 или 3, а для нижней части, находящейся ниже горизонта CD высота напора постоянна и = разности высот уровней AB и CD (Черт.4). Поэтому

$$Q = b \sqrt{2g} \left[\mu (h_1 - h) \sqrt{h + \frac{2}{3}} + \mu (h^{\frac{3}{2}} - h_2^{\frac{3}{2}}) \right] \dots (4)$$

Кoeffициент истечения μ изменяется съ высотой и шириной переливающейся струи въ предѣлахъ (для нормальныхъ случаевъ) отъ 0,59 до 0,64; среднимъ числомъ $\mu = 0,62$.*) Только при очень малыхъ отверстияхъ μ из-

*) Новые данныя для коэффицента μ смотри: "Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieur" 1890, N49-52 и "Appareils des ponts et chaussees" 1890. Нормальнымъ случаемъ наз тотъ, въ кот. отверстие устроено въ вертикальной тонкой

много больше.

Высоты h нужно измерять на некотором расстоянии от отверстия, вообще не меньше 1 мтр.

Устройство краевъ отверстия имѣетъ вліяніе въ томъ отношеніи, что увеличеніе толщины гребня плотины, округленіе его и наклонъ передней плоскости тѣла запруды расходъ увеличиваютъ.

4. ВЫСОТА НАПОРА ВОДОСЛИВА. Если b — ширина водослива и h , — высота подпругенной воды надъ хребтомъ, то расходъ $Q =$

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left[(h+k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}} \right] \dots \dots \dots (5)$$

гдѣ $k = \frac{v^2}{2g}$ — скоростная высота подпругенной воды въ некоторомъ разстояніи отъ запруды. Последнимъ членомъ скобки вслѣдствіе его незначительности обыкновенно пренебрегаютъ. Коэффициентъ μ зависитъ отъ формы тѣла плотины; обыкновенно при сливнихъ запрудахъ гребень хорошо округляютъ (черт 5), а суженіе устраиваютъ направляющими стѣнками и тогда среднимъ числомъ

стѣнокъ такъ, что его края выступаютъ остро, какъ по отношенію ко дну, такъ и стѣнокъ приводнаго канала и сѣченіе послѣдняго значительно больше отверстия.

$\mu = 0,83$, слѣдов. $\frac{2}{3}\mu = 0,55$, такъ что по (5)

$$Q = 0,55b \sqrt{2g} (h+k)^{3/2}$$

$$Q = 0,55b \sqrt{2g} \left[(h+k) \sqrt{h+k} \right] \dots (6)$$

при $k = 0$, $Q = 0,55bh \sqrt{2gh} = 0,55b \sqrt{2gh}^{3/2}$ откуда

$h_1 = \left(\frac{Q}{0,55b \sqrt{2g}} \right)^{2/3}$. Но когда передняя стѣнка затрудни

вертикальна и гребень плоскій съ острымъ сливнымъ

ребромъ, то μ значительно меньше и тогда можно брать

$\frac{2}{3}\mu = 0,45$, если имѣются направляющія стѣнки и шири-

на b немного меньше ширины канала. Въ противномъ

случай $\frac{2}{3}\mu = 0,40$.

5) ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЛУХОЙ ЗАПРУДЫ. Обыкновенно даны:

расходъ Q и высота h подпруженной воды надъ низовой.

По предыдущимъ формуламъ получается одна изъ вели-

чинъ b или h_1 , если другая дана; при этомъ должно

имѣть въ виду, что h_1 не должно быть больше h . Высот-

та гребня надъ первоначальнымъ горизонтомъ $a = h - h_1$;

при $h - h_1 = 0$ получается основная запруда. Такъ какъ

запруды исполняютъ обыкновенно такимъ образомъ, что

формула (6) применима, и въ ней величиной k по ея

незначительности можно пренебречь, то получаемъ во-

дослively если $Q < 0,55bh \sqrt{2gh}$ и основную запруду,

если $Q > 0,55bh\sqrt{2gh}$

При $Q = 0,55bh\sqrt{2gh}$ находится гребень на первоначальном горизонте воды т.е. $h-h_1 = 0$.

По (6) получаем для высоты гребня над горизонтом неподпруженной воды (при $k=0$)

$$a = h - h_1 = h - \left(\frac{Q}{0,55b\sqrt{2g}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (7)$$

Примеръ. Въ рѣкѣ, которой расходъ во время низкихъ водъ $Q=7,47$ куб.м.; площадь поперечнаго сѣченія $F=17$ кв.м., а ширина его уровня $b=11,7$ м., требуется построить глухую плотину шириной 14,6 мтр такъ, чтобы подпоръ ея не превышалъ 0,73 мтр. Непосредственно передъ плотиною 1,84 куб.м. воды требуется отвести въ фабричный каналъ. Определить высоту a гребня запруды.

Рѣшеніе. Здѣсь $Q = 7,47 - 1,84 = 5,63$ куб.м.; $b = 14,6$ м
 $h = 0,73$ м; такъ какъ $Q < 0,55bh\sqrt{2gh}$, то запруда будетъ водосливъ

$$\text{По (7) } a = 0,73 - \left(\frac{5,63}{0,55 \cdot 14,6 \cdot 1,43} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,73 - 0,292 = 0,438 \text{ мтр}$$

При вертикальной передней стѣнкѣ и остромъ ребрѣ гребня было бы $h_1 = \left(\frac{5,63}{0,45 \cdot 14,6 \cdot 1,43} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,334$ и
 $a = 0,73 - 0,334 = 0,396$ мтр.

28

6. ПОДПОРНАЯ ВЫСОТА ОСНОВНЫХ ЗАПРУДЪ.

При основных запрудах гребень плотины находится ниже низоваго уровня. Отверстіе, черезъ которое сливается вода, дѣлится на двѣ части, изъ которыхъ верхняя гв соотвѣтствуетъ водосливу, а нижняя истеченію подѣ воду. Если обозначимъ коэффициентъ истеченія для верхней части черезъ μ_1 , а для нижней - черезъ μ_2 , то расходъ

$$Q = \frac{2}{3} \mu_1 b \sqrt{2g} \left[(h+k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}} \right] + \mu_2 b a \sqrt{2g(h+k)} \dots (8)$$

$$\text{или } Q = b \sqrt{2g(h+k)} \left[\frac{2}{3} \mu_1 h + \mu_2 a + \frac{2}{3} \mu_1 k \left(1 - \sqrt{\frac{k}{h+k}} \right) \right] \dots (8a)$$

и пренебрегая послѣднимъ членомъ

$$Q = b \sqrt{2g(h+k)} \left[\frac{2}{3} \mu_1 h + \mu_2 a \right] \dots (9)$$

глубина гребня подѣ низовымъ уровнемъ

$$a = \frac{Q}{\mu_2 b \sqrt{2g(h+k)}} - \frac{2}{3} \frac{\mu_1}{\mu_2} h \dots (10)$$

Такъ какъ скорость притекающей воды въ этомъ случаѣ большая, чѣмъ при водосливахъ, то величиной k въ предыдущихъ формулахъ пренебрегать нельзя.

По отношенію къ коэффициентамъ μ_1 и μ_2 различать слѣдующіе случаи:

1) Сливной профиль надѣ плотиной свободенъ на всемъ

протяжений, гребень хорошо округленъ

$\mu_1 = 0,80$ до $0,85$ въ среднемъ $\mu_1 = 0,83$, $\mu_2 = 0,67$.

Помощью этихъ значеній выйдемъ по (9) и (10)

$$Q = b \sqrt{2g(h+k)} [0,55h + 0,67a] \dots \dots \dots (11)$$

$$a = \frac{Q}{0,67b \sqrt{2g(h+k)}} - 0,82h \dots \dots \dots (12)$$

2) Сливной профиль какъ прежде, но гребень имѣеть форму (черт. 6) (напр. основная запруда образуетъ нижнее строеніе подвижной плотины, и всё ея подвижная части изъ воды удалены): $\mu_1 = 0,83$ $\mu_2 = 0,62$.

$$Q = b \sqrt{2g(h+k)} (0,55h + 0,62a) \dots \dots \dots (13)$$

$$a = \frac{Q}{0,62b \sqrt{2g(h+k)}} - 0,89h \dots \dots \dots (14)$$

3) Основная запруда, какъ нижнее строеніе подвижной плотины со стойками

$$\mu_1 = \mu_2 = 0,60 \text{ до } 0,65$$

4) Основная запруда со свободнымъ сливнымъ профилемъ до дна рѣки:

$$\mu_1 = \mu_2 = 0,75 - 0,85$$

Расчетъ обыкновенно производятъ для обеихъ предѣловъ коэффициента μ , чтобы узнать, какъ велика даваемая ими разница результатовъ.

Примѣръ. Требуется поднять средній уровень рѣки помощью глухой плотины на $h = 0,80$ мтр.

Даны: $Q = 60$ кв.м. $b = 30$ мтр и площадь профиля подпруженной воды $F = 90$ кв.м.; опредѣлить высоту гребня?

Рѣшеніе. Такъ какъ $0,55bh\sqrt{2gh} = 0,55 \cdot 30 \cdot 0,80$

$\sqrt{19,62 \cdot 0,80} < 60$ кв.м., то запруда будетъ основная.

Скорость притекающей воды $v = \frac{60}{90} = 0,67$ м.

$$k = \frac{0,67^2}{2 \cdot 9,81} = 0,023 \text{ м.}$$

$$\text{По (12) } a = \frac{80}{0,67 \cdot 30 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,823}} - 0,82 \cdot 0,80 = 0,088 \text{ м.}$$

$$\text{а по (14) } a = \frac{60}{0,62 \cdot 30 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,823}} - 0,89 \cdot 0,80 = 0,092 \text{ м.}$$

Обѣ формулы дадутъ приблизительное одинаковое значеніе вслѣдствіе того, что a слишкомъ мало сравнительно съ h и что въ обѣихъ формулахъ μ , одинаково и только μ_2 различны.

Если поставимъ въ (10) $\mu_1 = 0,80$ и $\mu_2 = 0,65$ то получимъ $a = 0,11$, а если въ (12) пренебрежемъ скоростной высотой k , то будетъ $a = 0,098$ мтр. Гребень запруды нужно поэтому расположить на $0,09$ мтр ниже го-

ризонта средней воды.

7) ПОДПОРНАЯ ВЫСОТА ПЛОТИНЫ СЪ ПРОРѢЗАМИ.

Сливной профиль въ этомъ случаѣ можетъ находиться совсѣмъ выше или совсѣмъ ниже низовой воды или нижнее ребро прорѣза можетъ находиться ниже, а верхнее - выше уровня низовой воды. Стокъ воды можетъ происходить, какъ при водосливахъ, когда она переливается черезъ край щита или когда щиты изъ воды совсѣмъ устранены. Расчетъ расхода во всѣхъ этихъ случаяхъ исполняется по даннымъ выше формуламъ и здѣсь приведемъ формулу только для случая, когда отверстіе прорѣза находится отчасти ниже, а отчасти выше горизонта низовой воды. По черт. 7 для нижней части отверстія

$$Q = \mu b (h_1 - h) \cdot \sqrt{2gh}, \quad \text{а для верхней:}$$

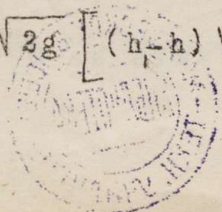
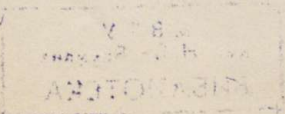
$$Q = \frac{2}{3} \mu b \cdot \sqrt{2g} (h^{3/2} - h_2^{3/2})$$

Поэтому весь расходъ:

$$Q = \mu b \cdot \sqrt{2g} \left[(h_1 - h) \cdot \sqrt{h} + \frac{2}{3} (h^{3/2} - h_2^{3/2}) \right] \dots \dots \dots (15)$$

Когда $h_2 = \frac{h}{2}$, то можно взять:

$$Q = \mu b \cdot \sqrt{2g} \left[(h_1 - h) \sqrt{h} + (h - h_2) \sqrt{\frac{h+h_2}{2}} \right] \dots \dots \dots (16)$$



При отверстіяхъ черт. 7 $\mu = 0,62$, а при черт. 8 (безъ выступа у дна) $\mu = 0,65-0,70$. Выраженіе (16) даетъ расходъ Q протекающей черезъ отверстіе основнаго спуска воды и для случая, изображеннаго на черт. 9 т.е. когда часть воды переливается черезъ вершину запруды, только въ этомъ случаѣ вмѣсто h, h_1 и h_2 нужно поставить $h+k, h_1+k$ и h_2+k . Такъ какъ въ запрудахъ съ прорѣзами можно помощью шитовъ сливной профиль увеличивать или уменьшать, то точный расчетъ здѣсь менѣе необходимъ, чѣмъ при глухихъ плотинахъ.

8) ПОДПОРНАЯ ВИСОТА ПРИ СЪУЖЕНІИ СѢЧЕНІЯ РѢКИ ВПОЛНѢ ОТКРЫТЫМИ ПОДВИЖНЫМИ ПЛОТИНАМИ ИЛИ МОСТОВЫМИ ОПОРАМИ. Подвижныя плотины при полномъ открытіи ихъ суживаютъ живое сѣченіе конструкціей неподвижныхъ частей. Подобное суженіе производятъ находящіеся въ водѣ мостовыя опоры, такъ какъ ихъ можно рассматривать какъ плотины, высота которыхъ не допускаетъ перелива воды.

Пусть $ADFL$ — профиль рѣки (чер. 10), въ которомъ устроена плотина съ основными спусками DE — сумма отверстій основныхъ спусковъ и KJ — сумма толщинъ

Гидротех. соор.



Л и с т ь 3.



ихъ устоевъ plus ширина глухой части плотины CG — первоначальный, а BH — подпруженной горизонтъ воды, такъ что CB = CH = b = высота подпора, DC = a — первоначальная глубина, F — профиль смачиваемаго сѣченія вверху плотины; тогда по (8) поставивъ $\mu_1 = \mu_2 = \mu$

$$Q = \mu b \sqrt{2g} \left\{ \left[\frac{2}{3} (h+k) + a \right] \cdot \sqrt{h+k} - \frac{2}{3} k \sqrt{k} \right\}$$

1-й Способъ. Прежде всего было бы нужно опредѣлить скоростную высоту $k = \frac{u^2}{2g}$ притекающей воды по формулѣ $u = \frac{Q}{F}$, но здѣсь F зависитъ отъ высоты горизонта BH, которая неизвѣстна; высота подпора можетъ поэтому быть опредѣлена непосредственно только тогда, когда правильность формы профиля даетъ возможность выразить F въ функціи h. Но въ дѣйствительности эта форма вше плотины обыкновенно неправильна и потому приходится дѣйствовать по способу приближенія.

Для этого ставимъ сначала $k = 0$ и изъ (8) опредѣляемъ высоту h, которая получится больше дѣйствительной; обозначимъ ее черезъ h_1 . Опредѣляемъ соотвѣтствующую этому h_1 скоростную высоту k, вставляемъ k и h_1 въ формулу (8) и опредѣляемъ расходъ Q_1 , ко-

торый будет $> Q$. Затѣмъ задаемся подпорной высотой h_2 , меньшей высоты h_1 ($h_2 < h_1$), определяемъ k_2 и затѣмъ подставивъ h_2 и k_2 въ (8) - расходъ Q_2 и т.д. ;

такимъ образомъ получимъ для подпора h_1 расходъ Q_1 ,

"	"	h_2	"	Q_2
"	"	h_3	"	Q_3 и т.д.

Принимаемъ расходы $Q_1, Q_2, Q_3, \dots$, какъ абсциссы и соответствующія имъ высоты h_1, h_2, h_3 , какъ ординаты, и строимъ кривую 2341 (черт. 11). Если отложимъ расходъ Q , какъ абсциссу, то ея ордината Qq будетъ искомая высота h . Обыкновенно получается довольно точный результатъ, если для кривой 231 определени три точки.

ДЛЯ ОПРЕДѢЛЕНІЯ ПОДПОРА, КАКОЙ БУДУТЪ ОБРАЗОВАТЬ ПРОМЕЖУТОЧНЫЯ ОПОРЫ, ИМѢЮЩАГО БЫТЬ ПОСТРОЕННЫМЪ МОСТА можно употреблять этотъ же способъ, при чемъ нужно разсматривать (черт. 10) DF - за первоначальную ширину рѣки, EF - сумму толщинъ, проектированныхъ промежуточныхъ опоръ, а DE - сумму мостовыхъ отверстій.

Если НА ПЛОТИНѢ СЪ ОСНОВНЫМИ СПУСКАМИ ГОРИЗОНТЪ ПОДНИМЕМОА ДО MN (черт. 10) ТАКЪ ЧТО ВОДА БУДЕТЪ ПЕРЕЛИ-

ВАТЬСЯ, то расходъ Q_3 протекающій черезъ основные спуски по ширинѣ DE опредѣлится по (8), а расходъ Q_p переливающейся на ширинѣ EF — по формулѣ (5) водослива. Если дана высота MN , то размѣры плотины и спусковъ нужно опредѣлить такъ, чтобы могъ протекать расходъ $Q = Q_3 + Q_p$. Иногда дана не только высота подпора, но и высота плотины и тогда требуется опредѣлить ширину спуска въ зависимости отъ расхода. Эта задача рѣшается то же по способу приближенія помощью интерполяціонной кривой, для построенія которой откладываемъ расходы, какъ абсциссы, а ширины основныхъ спусковъ, какъ ординаты. Этотъ способъ удобенъ и тогда, когда вмѣстѣ съ шириной спусковъ измѣняется количество переливающейся черезъ плотину воды, только тогда нужно полученный графически результатъ провѣрить вычисленіемъ.

Подобнымъ образомъ приходится дѣйствовать и тогда, если при данныхъ высотахъ горизонта воды и расходѣ Q требуется комбинировать различные способы стока.

Такъ, напримѣръ, положимъ, что количество воды которое должно быть отведено боковымъ каналомъ $= Q_k$, сли-

ваться через плотину Q_p , проходить через основную плотину Q_o , и проходить - основной спуск Q_s , то должно $Q_k + Q_p + Q_o + Q_s = Q$. Если эта сумма не равна Q и положим напри., что $Q_k + Q_p + Q_o + Q_s < Q$, то нужно увеличить расход посредством или увеличения падения профиля или посредством уменьшения высоты плотины, или увеличения ширины спусков. Можно также употреблять несколько этих средств одновременно; расчеты, которые во всех таких случаях нужно вести по очереди, не представлять никаких затруднений.

2-ой способ. Задача: определить высоту h подпора для данной ширины b спуска, может быть решена проще следующим образом: Если B (черт. 10) ширина горизонта неподпруженной воды, а f - ее смачиваемое сечение (площадь $CDFG$) то скорость воды у плотины:

$$v = \frac{Q}{f+Bh} \text{ и следов. } k = \frac{v^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{f+Bh} \right)^2 \dots\dots (17)$$

Скорость при входе воды в сужение профиля (т.е. при прохождении через профиль $BSED$):

$$v_1 = \frac{Q}{mb(a+h)} \dots\dots\dots (18)$$

$$\text{но } v_1^2 = 2g(h+k) = 2gh + v^2 \dots\dots\dots (19)$$

откуда $h = \frac{v_1^2 - v^2}{2g}$

$$h = \frac{1}{2g} \left[\left(\frac{Q}{\mu b(a+h)} \right)^2 - \left(\frac{Q}{f+Bh} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (20)$$

Если для первого приближенія поставимъ справа зна-
къ уравненія $h = 0$, то будетъ:

$$h_1 = \frac{1}{2g} \left[\left(\frac{Q}{\mu b a} \right)^2 - \left(\frac{Q}{f} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (21)$$

Если въ выраженіе (20) поставимъ справа уравненія
вмѣсто h это приближенное значеніе h_1 , то получимъ
для h величину, которая для всѣхъ практическихъ слу-
чаевъ даетъ удовлетворительную точность.

Когда допускаемый подпоръ h данъ, то опредѣляемъ
сначала v_1 по формулѣ:

$$v_1 = \sqrt{2gh + v^2} = \sqrt{2gh + \left(\frac{Q}{f+Bh} \right)^2} \dots\dots\dots (22)$$

и получаемъ по (18) свободное отверстіе

$$b = \frac{Q}{\eta (a+h) v_1} \dots\dots\dots (23)$$

Если требовалось опредѣлить отверстіе b такимъ
образомъ, чтобы скорость v_1 не превзошла данной ве-
личины, то опредѣляемъ сначала h по формулѣ:

$$h = \frac{v_1^2 - \left(\frac{Q}{f}\right)^2}{2g} \dots \dots \dots (24), \text{ а}$$

затѣмъ по (23) вычисляемъ b . Коэффициентъ μ измѣняется въ предѣлахъ отъ 0,80 до 0,95. Если при мостахъ и подвижныхъ плотинахъ дно не имѣетъ выступа (порога) и промежуточные опоры (быки) съ острыми ребрами, то можно брать $\mu = 0,90$ до 0,95.

ПРИМѢРЫ.

Примѣръ 1-й. Посредствомъ измѣренія во время половодья получено $f = 400$ кв.мтр. $B = 80$ м. $Q = 600 \text{ м}^3$. Для разборчатой плотины, которая въ этой рѣкѣ должна быть построена, принята ширина $b = 60$ м. и глубина $a = 5,0$ мтр. нижняго строенія подъ горизонтомъ неподпруженной высокой воды. Определить высоту подпора h и скорость v , для открытой плотины.

Рѣшеніе. Полагая $\mu = 0,90$ имѣемъ по (21)

$$h_1 = \frac{1}{2 \cdot 9,81} \left[\left(\frac{600}{0,90 \cdot 60 \cdot 5,0} \right)^2 - \left(\frac{600}{400} \right)^2 \right] = 0,137 \text{ мтр.}$$

и по (20) болѣе точное значеніе:

$$h = \frac{1}{19,62} \left[\left(\frac{600}{0,90 \cdot 60 \cdot 5,137} \right)^2 - \left(\frac{600}{400 + 80 \cdot 0,137} \right)^2 \right] = 0,120$$

Теперь получаемъ по (13)

$$v_1 = \frac{600}{0,90 \cdot 60 (5,0 + 0,130)} = 2,166 \text{ м.}$$

Для пробы опредѣлимъ расходъ по (8) подставивъ $h=0,130$.

Сперва получаемъ по (17)

$$k = \frac{1}{2,9,81} \left(\frac{600}{400 + 80 \cdot 0,130} \right)^2 = 0,109 \text{ м.}$$

и затѣмъ

$$Q = 0,90 \cdot 0,60 \sqrt{2,9,81} \left\{ \frac{2}{3} \left[(0,130 + 0,109)^{\frac{3}{2}} - 0,109^{\frac{3}{2}} \right] + 5,0 \sqrt{0,239} \right\} = 598.$$

(округливъ числомъ), что довольно согласуется съ полученнымъ измѣреніемъ $Q = 600 \text{ м.}^3$

Примѣръ 2-й. Предполагается посредствомъ водяныхъ сооружений, гребень которыхъ выступаетъ на 0,30 м. надъ уровнемъ низкихъ водъ, поднять горизонтъ воды на 0,15 мтр. Даны для низкихъ водъ: $f = 120 \text{ кв.}$, $B = 150 \text{ м.}$, $Q = 90 \text{ м.}^3$, $a = 1,1 \text{ м.}$

Опредѣлить ширину в суженнаго профиля (черт.12)

Рѣшеніе. По (22)

$$v_1 = \sqrt{19,62 \cdot 0,15 + \left(\frac{90}{120 + 150 \cdot 0,15} \right)^2} = 1,828 \text{ м.}$$

и по (23) принимая $\mu = 0,83$.

$$b = \frac{90}{0,83(1,10+0,15) \cdot 1,838} = 47,5 \text{ м.}$$

Примѣръ 3-ій. Определить высоту подпора для предыдущаго примѣра, если горизонтъ низкихъ водъ находится на 1,5 м. выше и при томъ $B = 180 \text{ м.}$, $f = 370 \text{ м.}^2$ и $Q = 540 \text{ м.}^3$; (черт. 13)

Рѣшеніе. Въ этомъ случаѣ средняя часть, шириной 47,5 м. образуетъ основной спускъ между тѣмъ какъ черезъ оба боковыя сооруженія вода переливается и такъ какъ ихъ гребень находится ниже уровня низкихъ водъ, то они образуютъ основную плотину, которой средняя ширина = $\frac{150+180}{2} = 165 \text{ м.}$, а глубина а гребня плотины надъ горизонтомъ низкихъ водъ у основного спуска $1,10+1,50 = 2,60 \text{ м.}$, а у основной плотины $a = 1,50 - 0,30 = 1,20 \text{ м.}$ Приближенное значеніе для высоты подпора даетъ формула (21), въ которой $b \cdot a = 117,5 \cdot 1,20 + 47,5 \cdot 2,60 = 264,5 \text{ м.}^2$ и беремъ $\mu = 0,80$ такъ что по (21)

$$h_1 = \frac{1}{19,62} \left[\left(\frac{540}{0,80 \cdot 264,5} \right)^2 - \left(\frac{540}{370} \right)^2 \right] = 0,224 \text{ м.}$$

и по (17) $k = \frac{1}{19,62} \left(\frac{540}{370+180 \cdot 0,224} \right)^2 = 0,088 \text{ м.}$

Если теперь подставимъ въ (8) $\frac{2}{3}u_1 = 0,55$ и для основной запруды $\mu_2 = 0,62$, а для основного спуска $u_2 = 0,30$ то при $h = 0,224$ и $k = 0,088$ получимъ

$$Q = 0,55 \cdot 180 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 (0,312^{\frac{3}{2}} - 0,088^{\frac{3}{2}}) + (0,62 \cdot 117,5 \cdot 1,20 + 0,80 \cdot 47,5 \cdot 2,60) \cdot \sqrt{2 \cdot 9,84 \cdot 0,312}} = 65,0 + 461 = 526 \text{ м.}^3$$

Q получилось слишкомъ малое, поэтому нужно h взять немного больше. Для $h = 0,235$ будетъ:

$$Q = 0,55 \cdot 180 \cdot \sqrt{19,62 (0,323^{\frac{3}{2}} - 0,088^{\frac{3}{2}}) + 186,3 \cdot \sqrt{19,62 \cdot 0,323}} = 69,0 + 469 = 538 \text{ м.}^3$$

Такъ какъ измѣреніемъ получено $Q = 540$, то видимъ, что $h = 0,235$ даетъ практически вполне удовлетвори- тельную точность.

Примѣръ 4. Черезъ рѣку, ограниченную вертикальными берегами, требуется провести мостъ. Расходъ половодья (высокой воды) $Q = 400 \text{ м.}^3$, ширина уровня $B = 50 \text{ м.}$, равномерная глубина $a = 3,50 \text{ м.}$, поэтому $f = 175 \text{ м.}^2$. Определить величину свободного отверстія такъ, чтобы скорость v , не превышала $3,20 \text{ м.}$ при $\mu = 0,90$.

Рѣшеніе. Приблизительно

$$h_1 = \frac{v_1^2 - \left(\frac{Q}{F}\right)^2}{2g} = \frac{3,20^2 - \left(\frac{400}{175}\right)^2}{19,62} = 0,256 \text{ м.}$$

$$h = \frac{3,20^2 - \left[\frac{400}{50 \cdot (3,50 + 0,256)} \right]^2}{19,62} = 0,291 \text{ м.}$$

По (23) $b = \frac{400}{0,90(3,50 + 0,291) \cdot 3,2} = 36,7 \text{ мтр.}$

3

9. ПОДПОРНАЯ КРИВАЯ.

Пригодное для практических потребностей уравнение подпорной кривой может быть составлено только для того случая, когда русло вверху плотины столь правильно, что размѣры его поперечнаго сѣченія и опытные коэффициенты можно бы было выразить въ функціи глубины воды. Но такой правильности на практикѣ обыкновенно нѣтъ, поэтому приходится опредѣлять подпорную кривую по способу приближенія. Расчетъ нужно начинать съ нижняго профиля *С* (черт. 14), для котораго высота подпора извѣстна и посредствомъ вычисленія паденія $AC = h$ на протяженіи $BC = l$ опредѣлить высоту точки *В*. Затѣмъ такимъ же образомъ, исходя отъ высоты *В* можно опредѣлить высоту точки *Е* и т.д. Если обозна-

чимъ черезъ

v_1 - среднюю скорость профиля С

p_1 - периметръ и F_1 - площадь его живаго сѣченія

v_2 , p_2 и F_2 - среднюю скорость, периметръ и площадь сѣченія В, отстоящаго отъ С на разстояніи = l

ξ - опытный коэффициентъ, то по правилу неравномернаго движенія воды, паденіе

$$h = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + \xi \frac{v_1 v_2}{2g} + \frac{1}{2} \left(\frac{p_1}{F_1} + \frac{p_2}{F_2} \right) l \dots \dots \dots (25)$$

Если расходъ рѣки Q , то v_1 опредѣляется изъ выраженія $v_1 = \frac{Q}{F_1}$, но v_2 не можетъ быть опредѣлено непосредственно, такъ какъ эта скорость зависитъ отъ глубины въ В, которая неизвѣстна; поэтому приходится дѣйствовать по способу приближенія; для этого опредѣляемъ паденіе h_0 неподпруженной воды между профилями В и С и принимаемъ для h величину h , меньшую h_0 , потому что паденіе подпруженной воды всегда меньше первоначальнаго паденія. Помощью h , находимъ F_2 и p_2 и затѣмъ по формулѣ (25) приближенную величину h которую обозначимъ черезъ h' . Посредствомъ этого h' можно получить болѣе точное значеніе для

F_2 и p_2 и затѣмъ помощью послѣднихъ болѣе точную величину h по (25)

Коефициентъ ζ зависитъ отъ площади и периметра профиля, поэтому при переходѣ отъ $\frac{p_1}{F_1}$ къ $\frac{p_2}{F_2}$ его величина измѣняется. При расчетѣ подпорной линіи дать достаточную для практики точность слѣдующее выраженіе Куттера, выведенное для рѣкъ, влекущихъ наносы (все въ метрахъ):

$$\zeta = 0,008 + 0,014 \frac{p}{F} \dots \dots \dots (26)$$

гдѣ $\frac{p}{F} = \frac{1}{2} \left(\frac{p_1}{F_1} + \frac{p_2}{F_2} \right)$

Всего лучше было бы, если время и средства позволять, опредѣлить ζ непосредственно въ той рѣкѣ, для которой требуется опредѣлить подпорную линію. Для этого нужно выбрать нѣсколько такихъ участковъ рѣки, которые по возможности находятся въ такихъ условіяхъ, въ какихъ послѣ сооруженія плотины будутъ находиться участки подпорной кривой, при чемъ въ каждомъ какъ профиль, такъ и скорость не должны измѣняться значительно. Для каждого участка опредѣляемъ среднюю скорость v и паденіе $\frac{h}{l}$ и опредѣляемъ ζ изъ уравненія:

$$h = \left\{ \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{P}{F} - l \right\} = \frac{2g}{v^2} \frac{h}{L} \frac{P}{P} \dots \dots (27)$$

Это уравнение получается изъ (25), если въ немъ поставимъ $v_1 = v_2 = v$ и $\frac{P}{F} = \frac{1}{2} \left(\frac{P_1}{F_1} + \frac{P_2}{F_2} \right)$.

Если будемъ выбирать паденія въ предѣлахъ тѣхъ разницъ, какія имѣютъ мѣсто въ подпорныхъ кривыхъ, то замѣтное измѣненіе величины $\left\{ \right\}$ произойдетъ только при переимѣнн значенія $\frac{P}{F}$ и опыты показываютъ, что это измѣненіе происходитъ по закону прямой линіи, такъ что можно написать:

$$\left\{ \right\} = a + b \cdot \frac{P}{F} \dots \dots \dots (28)$$

Коеффициенты а и b получаютъ слѣдующимъ образомъ: отъ начала координатъ N откладываемъ вычисленныя по (27) величины $\left\{ \right\}$, какъ абсциссы (черт. 15), а соотвѣтствующія имъ $\frac{P}{F}$, какъ ординаты, между полученными такимъ образомъ точками 1, 2, 3, 4, проводимъ среднюю линію ab и составляемъ для нея уравненіе (28).

Примѣръ. На черт. 16 представлена часть продольнаго профиля рѣки съ плотиною Т; нижнія отмѣтки относятся къ первоначальной поверхности С, А, воды, а верх-

нія - къ подпруженной т.е. къ подпорной кривой C_2
 B_2A_2 . Подпоръ $AA_2 = 0,30$ mtr, поэтому отгибка точки
 $A_2 = 3,915 + 0,30 = 4,215$.

Для вычисленія подпорной кривой взять профили А, В, С
на разстояніи 30 mtr между собой. Эти профили вообще
неправильны, но начиная от первоначальнаго уровня
вверхъ берега имѣютъ правильные полукруглые откосы
(г. 17), такъ что при поднятіи воды на t метровъ какъ
сѣченіе, такъ и периметръ подпруженной воды могутъ
быть легко вычислены.

Если обозначимъ черезъ

F_a - сѣченіе и p_a - периметръ первоначальнаго профиля

b - ширину горизонта неподпруженнаго

t - высоту подпора, то

$$F_n = F_a + (b + 1,5t) \cdot t$$

$$p_n = p_a + 3,6t$$

Для профиля А: $F_a = 65,8 \text{ м}^2$; $p_a = 76,5$ м и $b = 75,6$ mtr
слѣдов. при $t = 0,30$ mtr.

$$F_1 = 65,8t + (75,6 + 1,5 \cdot 0,3) \cdot 0,3 = 88,6 \text{ м}^2.$$

$$p = 76,5 + 3,6 \cdot 0,3 = 77,6 \text{ м}.$$

Такъ какъ $Q = 67,5 \text{ м}^3$, то $v = \frac{67,5}{88,6} = 0,762$.

Для опредѣленія F_2, p_2, v_2 дѣйствуемъ слѣдующимъ образомъ: паденіе не подпруженной воды B, A , на протяженіи $AB = 3,948 - 3,915 = 0,033$; паденіе подпруженной воды $B_2 A_2$ должно быть меньше; положимъ его $= 0,030$, тогда отмѣтка точки B_2 будетъ: $4,215 + 0,03 = 4,245$, слѣдов. высота подпора въ B т.е. $B B_2 = 4,245 - 3,948 = 0,297$.

Для профиля B получено измѣреніемъ

$$F = 69,4 \text{ м}^2, \quad p = 70,5, \quad b = 69,3.$$

поэтому

$$F_2 = 69,4 + (69,3 + 1,5 \cdot 0,297) \cdot 0,297 = 90,1 \text{ м}^2$$

$$p_2 = 70,5 + 3,6 \cdot 0,297 = 71,6 \text{ м.}$$

$$v_2 = \frac{67,5}{90,1} = 0,749 \text{ м.}$$

Такимъ образомъ получаемъ:

$$\frac{p_1}{F_1} = \frac{77,6}{88,6} = 0,876 \quad \frac{p_2}{F_2} = \frac{71,6}{90,1} = 0,795.$$

$$\frac{p}{F} = \frac{1}{2} \left(\frac{p_1}{F_1} + \frac{p_2}{F_2} \right) = 0,836.$$

и по (26)

$$\zeta = 0,008 + 0,014 \cdot 0,836 = 0,02.$$

Подставивъ эти значенія въ (25) получаемъ паденіе

отъ B_2 до A_2

$$h_2 = \frac{1}{19,62} \left[0,749^2 - 0,762^2 + 0,749^2 - 0,762^2 \cdot 0,836 \cdot 30 \right] = 0,0136$$

h_2 получено значительно меньше, чѣмъ было принято

т.е. чѣмъ 0,03 поэтому нужно повторить расчетъ, по-

ставивъ $h = 0,0136$ слѣдующимъ образомъ: Отмѣтка

подпорной кривой при В будетъ $4,215 + 0,0136 = 4,229$

слѣдов. подпорная высота въ В: $t = 4,229 - 3,948 = 0,281$

$$F_2 = 69,4 + \left[69,3 + 1,5 \cdot 0,281 \right] \cdot 0,281 = 88,9.$$

$$p_2 = 70,5 + 3,6 \cdot 0,281 = 71,5$$

$$v_2 = \frac{67,5}{88,9} = 0,759 \quad \frac{p_2}{F_2} = \frac{71,5}{88,9} = 0,804 \quad \frac{p_1}{F_1} = \frac{77,6}{88,6}$$

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{p_2}{F_2} + \frac{p_1}{F_1} \right) = 0,840$$

$$\zeta = 0,008 + 0,014 \cdot 0,840 = 0,02$$

Подставивъ въ (25) эти значенія и прежнія значе-
нія p , F , и v , получимъ:

$$h = \frac{1}{19,62} \left[0,759^2 - 0,762^2 + 0,02 \cdot 0,759 \cdot 0,762 \cdot 0,840 \cdot 30 \right] = 0,0146$$

Это паденіе подпущенной воды отъ B_2 до A_2 сложившее
съ отмѣткой точки A_2 , даетъ отмѣтку точки B_2 , кото-
рая $= 4,215 + 0,0146 = 4,230$, а подпорная высота при

$$B = 4,230 - 3,948 = 0,282$$

Разница между вычисленным подпором ($0,0146$) и предварительно принятым на основании первого расчета ($0,0136$) равна $0,0146 - 0,0136 = 0,001 = 1$ миллиметру. Такая разница не имеет заметного влияния на F_2 , p_2 и v_2 , а потому падение A_2 и $B_2 = 0,0146$ можно считать верным.

Теперь можно точно таким образом найти падение между B и C и т.д. и эту работу будем продолжать до тех пор, пока для h не получится столь малое значение, что им можно пренебречь (напр. при $h = 0,005$ мтр, такъ какъ высота колебанія воды вслѣдствіе теченія можетъ быть принята минимумъ 5 миллиметр.).

Иногда ПОДПОРНАЯ ДЛИНА l ДАНА и БЫВАЕТЪ НУЖНО ОПРЕДѢЛИТЬ СООТВѢТСТВУЮЩУЮ ЕЙ ПОДПОРНУЮ ВЫСОТУ. Эта задача рѣшается тоже по способу приближенія. Для этого задаемся нѣкоторой произвольной высотой подпора у плотины и определяемъ для нея по предыдущему подпорную длину. Последняя получится больше или меньше данной. Если она получится, напр., больше, то зна-

чить, что для подпорной высоты принята слишком большая величина. Поэтому задаемся другой меньшей высотой подпора и находим для нее новую подпорную длину и повторяем это действие еще раз, для произвольно принятой третьей подпорной высоты. Помощью этих трех данных находим искомую подпорную высоту графически следующим образом.

От произвольного начала O (черт. 18) откладываем подпорные высоты h_1, h_2, h_3 , как абсциссы, а как ординаты разницы между соответствующими этим высотам подпорными длинами и данной подпорной длиной и полученные точки C, D, E соединяем непрерывной кривой, которая пересечет ось абсцисс OB в точке h так что Oh = искомой подпорной высоте. (Принятые подпорные высоты обозначены через h_1, h_2, h_3 , а соответствующия им подпорные длины через l_1, l_2, l_3).

На основании полученной таким образом подпорной высоты h вычисляем подпорную длину l' и повторяем расчет, если l' значительно отклоняется от данной подпорной длины l . В большинстве случаев получается достаточно точное l уже при первом расчете.

10. ГЛУХІЯ ПЛОТИНЫ.

Глухія плотины строятъ изъ разныхъ матеріаловъ и формы ихъ поперечныхъ сѣченій бываютъ весьма разнообразны. Такъ ихъ изготовляютъ изъ глины, песку, камня, хвороста, фашинь, дерева, бетона и изъ смѣси этихъ матеріаловъ. Плотины изъ камня, хвороста и фашинь въ началѣ пропускаютъ довольно значительное количество воды, но со временемъ онѣ засоряются влекомыми водой наносами и дѣлаются также непроницаемыми, какъ плотины изъ глины. Дерево можно употреблять только для плотинъ краткосрочныхъ или въ такихъ, въ которыхъ оно будетъ находиться постоянно подъ водой. Иногда только внутренняя часть плотины (ядро) состоитъ изъ водонепускающаго матеріала камня, песка и т. п., а снаружи покрыта достаточно толстымъ слоемъ глины или обдѣлана деревомъ или камнемъ.

Толщина плотины измѣренная по направленію теченія должно удовлетворять двумъ условіямъ:

- 1) Плотина должна представлять водѣ такое сопротивленіе, чтобы ни въ какомъ случаѣ не могла быть водой разрушена.

2) Она должна быть водо-непропускаема и безопасна отъ подмывовъ.

Послѣднее условіе требуетъ гораздо большей толщины, чѣмъ первое; на него должно быть обращено особенное вниманіе въ случаѣ, когда нижній грунтъ проницаемъ, такъ какъ тогда могутъ образоваться подъ основаніемъ и по бокамъ водяныя жилы, увлекающія съ собою подвижной матеріалъ и такимъ образомъ нарушающія крѣпость плотины. Въ такомъ случаѣ плотина, построенная изъ малостоящаго матеріала съ большимъ запасомъ прочности будетъ надежнѣе сравнительно тонкой плотины изъ кладки.

СПОСОБЪ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНІЯ И ГЛУБИНА ФУНДАМЕНТА зависятъ тоже главнымъ образомъ отъ условія, чтобы не былъ возможенъ подмывъ, такъ какъ нагрузка грунта плотинной вообще незначительна. Когда почва водопроницаема, то самымъ лучшимъ и простымъ средствомъ для устраненія возможности образованія водяныхъ жилъ являются шпунтовые стѣнки. При расположеніи основанія на непроницаемомъ грунтѣ, какъ: глины, скала и проч. образуютъ въ немъ ровъ А, въ который фундаментъ плотины немно-

ра углубляется (черт 19)

Плотина соединяется съ берегами помощью устоевъ, которые должны быть по возможности прочно построены (еще лучше, если возможно, изъ кладки), такъ какъ они подвержены сильному напору воды. Чтобы не могло образоваться теченіе вдоль устоевъ, края ихъ должны входить глубоко въ берега. Чтобы облегчить стокъ воды устраиваютъ устои часто такимъ образомъ, что, начиная отъ гребня, они какъ сверху, такъ и внизу плотины постепенно приближаются къ берегамъ. Для той же цѣли плотины получаютъ обыкновенно **ВЕРХУ** и **ВНИЗУ** **ПОЛЬ**; верхній полъ по направленію къ плотинѣ немного поднимается; онъ называется **ПОНУРНИЙ** полъ, нижній полъ немного опускается и назыв. **СЛИВНИЙ** полъ. Надонъ понурнаго пола облегчаетъ отводъ льдинъ, но, если этотъ полъ слишкомъ длинный и плоскій, то на немъ легко скопляется лѣдъ.

Особенно прочно должна быть построена **ВЕРШНА** или **ГРЕБЕНЬ** плотины, чтобы могла хорошо сопротивляться напорамъ воды и льда и чтобы высота ея оставалась неизмѣнной, такъ какъ отъ нея зависитъ высота подно-

ра. Гребень деревянной плотины всегда бывает горизонтальный и состоит изъ крѣпкого бруса. Гребень каменныхъ плотинъ бываетъ тоже горизонтальный, но небольшое пониженіе его въ срединѣ желательнее; въ противоположномъ сѣченіи гребень массивныхъ плотинъ получаетъ криволинейную форму, радіусъ кривизны которой дѣлаютъ малымъ, чтобы уменьшить количество кладки, но онъ долженъ быть достаточно большимъ, чтобы не могъ быть поврежденнымъ водою или льдомъ. Особенно важное значеніе имѣетъ устройство СЛИВНАГО ПОЛА. Если послѣдній слегка наклоненъ, то вода стекаетъ съ него покойно, что для безопасности плотины весьма полезно; но при движеніи по наклонной плоскости скорость воды увеличивается и она входитъ съ большей скоростью въ русло, вслѣдствіе чего у конца сливнаго пола образуются большіе водовороты, которые бываютъ причиной сильныхъ подмывовъ. Но если задняя сторона плотины кругая или ступенчатая или вертикальная, то живая сила воды уничтожается ея поломъ, на который она падаетъ, и стекаетъ по нему спокойно. Въ этомъ случаѣ долженъ быть и примыкающія къ нему береговныя стѣнки имѣть особен-

но прочнее устройство. Падение воды производитъ два
легко замѣтные водоворота (черт.20); одинъ а обра-
зующійся вверху воды и другой б внизу ея, дѣйствую-
щій сильно на дно рѣки. При высокой водѣ высота на-
пора уменьшается, вслѣдствіе чего уменьшается верх-
ній водоворотъ (черт.21), а такъ какъ онъ легче за-
мѣтенъ, чѣмъ нижній, то на первый взглядъ кажется,
что при высокихъ водахъ подымѣтъ меньше, чѣмъ при
обыкновенныхъ. Но въ дѣйствительности бываетъ нао-
оборотъ, такъ какъ при высокихъ водахъ увеличиваются
нижніе водовороты.

Если съ низовой стороны устроены пологіи сливной
поль (черт.22), то нижнихъ водоворотовъ б нѣтъ, но
тогда вода стекаетъ по уклону слишкомъ быстро и по-
вреждаетъ русло на большомъ протяженіи. Такимъ обра-
зомъ видимъ, что какъ при вертикальной, такъ и на-
клонной задней стѣнкѣ плотины (черт.20 и 22) необ-
ходимъ сливной поль достаточно крѣпкій, чтобы могъ
хорошо сопротивляться дѣйствию воды. Длина этого
поля достигаетъ 15-20 мтр, а иногда и болѣе; его
изготавливаютъ часто изъ каменной отсыпки, но такъ

какъ послѣдняя особенно въ началѣ, вслѣдствіе подмывовъ сильно опускается и требуетъ постоянно новыхъ заполненій камнями, то полезно устроить сначала массивъ изъ фашиной кладки или тяжелыхъ фашивъ и уже на него сыпать камни. Мостовка здѣсь менѣе полезна, потому что отсиль изъ большихъ камней съ неправильными и неровными поверхностями лучше уничтожаетъ живую силу воды. Чѣмъ больше высота паденія воды и падающее количество, тѣмъ больше должны быть камни, чтобы водой не могли быть сдвинуты съ мѣста. Сливной полъ долженъ оканчиваться по возможности глубоко, ниже уровня низкой воды (что особенно важно при крутомъ уклонѣ его), такъ какъ тогда ея дѣйствіе на дно ослабляется верхней массой воды. Очевидно, что на протяженіи сливного пола берега должны быть тоже хорошо укрѣплены.

Поврежденіе береговъ всего лучше устраняется посредствомъ такого уширенія русла, какое образуется въ существующихъ плотинахъ, имѣющихъ неукрѣпленные берега; оно представлено на черт. 23. Такое уширеніе осо-

Плотина.

Л и с т ь 6.

бенно можно видѣть въ малыхъ руслахъ почти при каждой запрудѣ. Если мѣстныя обстоятельства не дозволяютъ такого измѣненія русла у плотины, то все-таки слѣдуетъ стараться дать ему хоть малое уширеніе, такъ какъ оно значительно уменьшаетъ дѣйствіе воды на дно и берега.

Когда глухая плотина получаетъ основной спускъ (черт. 24), то его устраиваютъ обыкновенно возлѣ устоя a и только въ рѣдкихъ случаяхъ онъ находится въ срединѣ плотины. Если съ верховой стороны плотины отводятъ воду каналомъ, то спускъ устраиваютъ на берегу противоположномъ устью канала, такъ какъ пониженіе уровня въ рѣкѣ при открытомъ спускѣ уменьшило бы полезное паденіе канала. Если бываютъ нужны полоскательныя плузы, то ихъ устраиваютъ на сторонѣ канала. Такимъ образомъ получается устройство, показанное на черт. 24. Къ устоя a примыкаетъ спускъ съ вешкой (цитомъ) n; k = глухая плотина; полоскательный плузь съ вешкою i находится у противоположнаго устоя b; у этого устоя находится устье c канала, закрываемое смотря по ширинѣ одной или нѣсколькими вешками d. Для чистки

устья устроены другой полоскательный плызь g съ вешкой h , при чемъ паденіе въ направленіи $cdhgm$ выравлено безъ уступовъ, l — сливной полъ, защищающій дно отъ подмывовъ. Укрѣпленіе дна и береговъ выше плотины вообще не бываетъ нужно; только когда при открытыхъ полоскательныхъ плызяхъ и спускахъ могутъ образоваться боковыя теченія, можетъ потребоваться укрѣпленіе дна выше плотины.

Разность горизонтовъ верховой и низовой воды производитъ давленіе на плотину и на грунтъ, на которомъ она расположена. Если въ нихъ образуются сквозныя щели, то можетъ произойти сильное теченіе, опасное для прочности сооруженія; для устраненія этого неудобства устраивается поперекъ рѣки въ верху плотины (при несовершенно водонепроницаемомъ грунтѣ) шпунтовая стѣнка trg . Также разность горизонтовъ стремится поднять полъ l , который долженъ быть вслѣдствіе того прочно соединенъ съ дномъ рѣки.

5 11. НЕПОДВИЖНЫЯ ДЕРЕВЯННЫЯ ПЛОТИНЫ.

Конструкція плотины зависитъ отъ ея назначенія и высоты подпора. При малой высотѣ она можетъ быть по-

строена вся изъ дерева, но при большой биваютъ нуж-
ны другіе матеріалы.

ОСНОВНАЯ ПЛОТИНА не требуетъ абсолютной водонепро-
ницаемости, поэтому часто бываетъ достаточно забить
рядъ свай (черт. 25), чтобы поднять горизонтъ до тре-
буемой высоты. Для защиты дна отъ подмывовъ засыпа-
ютъ его большими камнями или покрываютъ тяжелыми
фашинами. Когда требуется болѣе плотная плотина, то
устраиваютъ шпунтовую стѣнку (черт. 26), схватки SS
которой образуютъ гребень плотины.

СЛИВНАЯ ЗАПРУДА требуетъ большей тщательности испол-
ненія, чѣмъ основная. Но при малой высотѣ (до 1 и
максимум 1,5 mtr.) можно ограничиться тоже шпунтовой
стѣнкой и такъ какъ здѣсь вода падаетъ съ нѣкоторой
высоты, то необходимъ прочный сливной полъ (черт. 27),
оканчивающійся тоже шпунтовой стѣнкой и каменной
отсыпью, погруженною въ дно.

Такъ какъ верхняя часть водослива иногда остается
безъ воды, то она скоро сгниваетъ и требуетъ возо-
бновленія, между тѣмъ какъ нижняя часть остается
невредимой. Въ такихъ случаяхъ устраиваютъ верхнюю

часть независимо от нижней, какъ это представлено на черт. 28 и 28а. Нижняя, постоянно подъ водой находящаяся, часть состоитъ изъ шпунтовой стѣнки, срѣзанной на высотѣ дна рѣки. На стѣнкѣ насаженъ брусъ в, соединенный съ ней хомутами и болтами, въ этотъ брусъ входятъ шпунтами стойки, стоящія другъ отъ друга на разстояніи 3-4 мтр.; въ нази, вынутые въ этихъ стойкахъ, вставлены доски, образующія плотину; на верхнія шпунты стоекъ насаженъ другой брусъ, образующій гребень плотины; всѣ эти части соединены между собою желѣзными полосами и болтами. Съ днзовой стороны стойки подперты подкосами в₁, которые помощью желѣзныхъ полосъ соединены вверху съ гребнемъ и стойками, а внизу со слияннмъ воломъ. Послѣдній состоитъ изъ свай, забитыхъ въ грунтъ на разстояніи 3-4 мтр., на которыхъ помощью шпунтовъ насажены горизонтальные брусья, обтесанные на 2 канта и соединенные со сваями желѣзными полосами или помощью клиньевъ к, к (черт. 29). Къ этимъ брусьямъ настилъ пола прикрѣпленъ гвоздями.

Изображенія на черт. 26 до 28 конструкціи могутъ

бить употребляемы при высотѣ плотинъ 0,6 до 1,0 мтр., а при очень старательномъ исполненіи высота доходить до 1,5 мтр.

КОГДА ВЫСОТА ДЕРЕВЯННОЙ ПЛОТИНЫ БОЛЬШЕ 1 мтр., то она получаетъ нѣсколько параллельныхъ стѣнокъ изъ шпунтовыхъ или обыкновенныхъ досокъ, пространство между которыми заполняютъ глиной или хворостомъ. Когда разстояние стѣнокъ значительно, то устраиваютъ между ними одинъ или нѣсколько рядовъ свай. Въ странахъ богатыхъ деревомъ стѣнки изготовляютъ обыкновенно изъ бревенъ; ихъ называютъ ряжами или ражевymi стѣнками. Можно различать два ряда высокихъ деревянныхъ плотинъ: а) вертикальные и ступенчатые плотины, б) плотины съ наклоннымъ или криволинейнымъ сливнымъ лотомъ.

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ДЕРЕВЯННАЯ ПЛОТИНА представлена на черт. 30, 30а, 30б и 30с. Она расположена на скалистомъ грунтѣ, но камень не имѣетъ достаточно сопротивленія для ударовъ воды. Поэтому устроенъ сливной полъ S, состоящій изъ ряда X брусевъ, расположенныхъ въ соответственномъ углубленіи скалы, которые укрѣплены со

сторона плотины каковыми брусомъ в, привинченными къ стойкамъ плотины, а внизу железной полосой р, врезавной въ брусъ и прикрѣпленной къ скалѣ помощью каменныхъ болтовъ, расположенныхъ на разстояніи 1 мтр между собою; болты соединены со скалой помощью клиньевъ (черт. 30b и 30c). Стойки С, поддерживающія стѣнки плотины устроены на разстояніяхъ отъ 1 до 2 мтр.; онѣ погружены немного въ скалу и сверху соединены между собой схватками. Обѣ стѣнки связаны сверху поперечинами г, расположенными въ промежуткахъ между стойками, которыя соединены со схватками лапкой; черезъ концы этихъ поперечинъ проходятъ каменные болты, соединенные со скалой клиньями (черт. 30b и 30c). Такъ какъ болты и стойки сами по себѣ не имѣютъ достаточно сопротивленія напору воды, то между каждыми двумя противоположными стойками помещены подкосы. Къ стойкамъ прибиты гвоздями доски, образующія стѣнки; пространство между стѣнками заполнено глиной, хворостомъ или другимъ матеріаломъ. Вверху плотина покрыта досчатымъ настиломъ.

СТУПЕНЧАТАЯ ПЛОТИНА представлена на черт. 31a и 31b.

Она состоит из 3 параллельных шпунтовых стѣнок $g, b, и c,$ между которыми находятся ряды свай $б$ и $в$; подкосы устроены только въ верхней высокой стѣнкѣ, они упираются въ направляющія сваи верхней и средней шпунтовой стѣнки, при чемъ верхній конецъ ихъ находится со стороны подпруженной воды. При за-
полненіи тяжелыми матеріалами, напр., камнемъ съ хворостомъ, можно обойтись безъ діаровальныхъ раскосовъ. Высота ступенекъ 1 до 1,5 мтр. Слишкомъ низкія ступеньки невыгодны, такъ какъ онѣ увеличиваютъ количество деревянныхъ соединеній, которыя нужны при этомъ врубками ослабляютъ сооруженіе и увеличиваютъ стоимость его. Составъ этой плотины слѣдующій: a - устьемъ, къ нему примыкаетъ основной спускъ 1 со шлюзомъ d ; k - глухая часть плотины; f - полоскательный шлюзъ; c - промышленный каналъ, который можно разобцать отъ верхней воды помощью d , закрываемаго щитами. Для прочистки устья канала устроены второй полоскательный шлюзъ g съ вешкой h . По направленію $cdgh$ паденіе выровнено. На чертежѣ 31а представленъ, кромѣ разрѣза плотины видъ лѣваго устья a ; полъ 1

защищаетъ дно отъ подмыва; въ верхней части, со стороны подпруженной воды, укрѣпленіе дна и береговъ оказалось излишнимъ.

Для устраненіи просачиваній вдоль береговъ забита шпунтовая стѣнка g , врѣзанная въ берега; въ концѣ сливнаго пола 1 устроена еще одна шпунтовая стѣнка d , которая тоже врѣзана въ лѣвый берегъ.

Когда грунтъ недостаточно крѣпкій и устой высокій, то сваи стѣнки устоя могли бы быть выдавлены напоромъ земли наружу. Тогда ихъ скрѣпляютъ анкерами, перпендикулярными къ стѣнкѣ, обхватывающими ее направляющія сваи съ двухъ сторонъ и соединенныя съ ними болтами или помощью поперечины, прикрѣпленной къ сваямъ. Другой конецъ анкерныхъ схватовъ обхватываетъ находящуюся въ грунтѣ сваю, съ которой онѣ связаны тоже поперечиной. При высотѣ стѣнки до $2\frac{1}{2}$ мтр достаточно одинъ рядъ анкеровъ, при болѣе значительной высотѣ могутъ понадобиться 2 и болѣе рядовъ.

Болѣе солидныя деревянныя плотины получаютъ каменные

устои. (черт. 32)

опредѣляетъ планъ такого

устоя для плотины (черт. 31а); буквы имѣютъ то же значеніе, что одноименныя буквы на черт. 31б.

Основной и полоסקательный шлюзъ устраиваются по правиламъ, которыя будутъ уяснены ниже при изложеніи конструкціи шлюзовъ.

ПЛОТИНА СЪ НАКЛОННЫМЪ СЛИВНЫМЪ ПОЛОМЪ. (Черт. 33).

Гребень этой плотины состоитъ изъ крѣпкаго бруса, насаженнаго на шпунтовую стѣнку, къ которой примыкаетъ съ верховой стороны понурный, а съ низовой — сливной полъ; какъ тотъ, такъ и другой оканчивается шпунтовой стѣнкой. Пространство подъ понурнымъ поломъ всегда заполнено глиной, которой заполняютъ часто и нусти подъ сливнымъ поломъ; глина имѣетъ цѣлью образовать непроницаемую стѣнку и потому должна быть хорошо утрамбована. Глинистое ядро должно быть врѣзано въ дно и берега. Для укрѣпленія пологого настила забиваютъ сваи на разстояніяхъ 1,5-2-хъ мтр между собой; ихъ забиваютъ обыкновенно не на одной линіи, но такъ, чтобы онѣ обхватывали лежація на нихъ лежни попеременно съ одной и другой стороны; на нихъ дѣ-

даютъ прямоугольныя врубки, обхватывающія лежни и соединяютъ съ лежнями болтами, скобами или крѣпкими напоями. Соединеніе лежней съ нарубленными на сваяхъ шипами здѣсь неудобно, такъ какъ шипы скоро сгниваютъ.

Попуриный полъ получаетъ весьма небольшой уклонъ и понижается въ сторону противъ теченія лишь на столько, чтобы черезъ него могли передвигаться льдины, но сливной полъ слѣдуетъ оканчивать ниже горизонта самыхъ низкихъ водъ; его откосъ — шестерной до тройнаго. Для настила берутъ доски толщиной 8-10 st; ихъ хорошо прилаживаютъ, по возможности плотно придвигаютъ и прибиваютъ къ лежнямъ гвоздями; шпунты не устраиваютъ, такъ какъ они слишкомъ ослабляли бы доски. Для большей плотности иногда устраиваютъ двойной настилъ и швы закрываютъ рѣшетинами, прибитыми къ настилу. Гребневый брусъ полезно не совсѣмъ перекрывать настиломъ, такъ какъ онъ опредѣляетъ высоту плотины.

Глину нужно наносить осторожно слоями толщиной 10-15 st и крѣпко грамбовать; она не должна быть ни слишкомъ мокрой, ни слишкомъ сухой; наклонныя плоскости для половъ устраиваются постепенно во время нанесенія сло-

евъ; они должны быть тщательно выровнены, чтобы под настиломъ не было пустыхъ пространствъ.

Главная шпунтовая стѣнка продолжается въ берегахъ на разстояніи 1,5 мтр и больше, и она здѣсь получаетъ высоту береговъ. Чтобы соединеніе верхней части съ нижней было крѣпкое и плотное, устраиваютъ его слѣдующимъ образомъ: нѣсколько шпунтовыхъ досокъ ш, ш, ш, срѣзать на высотѣ средней низкой части (черт. 34) главный брусъ А продолжается надъ сваями ш и принимаетъ простымъ зубомъ къ первой высокой сваѣ р. Крайняя стойка S и короткія, шпунтовныя доеки С, С входятъ въ А сплошнымъ шиномъ, а верхній брусъ В начинается у этой стойки S.

Наклонныя плотины могутъ быть выгодны только въ случаѣ, когда количество переливающейся воды всегда малое, а глубина низовой воды большая, такъ какъ въ этомъ случаѣ живая сила стекающей воды уничтожается большей массой внизу и тѣмъ устраняются подмывы береговъ и дна. Во всѣхъ прочихъ случаяхъ вертикальныя и ступенчатныя плотины выгоднѣе наклонныхъ. Всѣ плотины заполняемыя рыхлымъ матеріаломъ должны быть по-

крыты настиломъ для защиты отъ размываній; тѣ плоскости, которыя временно могутъ оставаться безъ воды, не должны быть горизонтальны, чтобы вода на нихъ не застаивалась; для этого достаточно уклонъ $\frac{1}{50}$ до $\frac{1}{20}$.

Устойчивость деревянныхъ плотинъ противъ напора воды достигается, какъ изъ предыдущихъ примѣровъ видно, помощью подкосовъ; уклонъ послѣднихъ полезно брать единичнымъ (т. е. подъ 45°). Для плотинъ съ за-
подненіемъ получается при этомъ уклонъ, что ТОЛЩИНА ДОЛЖНА РАВНЯТЬСЯ ВЫСОТѢ; но даже тогда, когда подкосовъ нѣтъ, не слѣдуетъ толщину дѣлать меньшей, хотя для напора воды имѣлось бы достаточное сопротивленіе и при меньшихъ размѣрахъ. Большая толщина плотины обезпечиваетъ ее отъ образованія водяныхъ жиль внутри матеріала заполнения, которыя могутъ быть весьма опасными для сооруженія, между тѣмъ какъ увеличеніе толщины увеличиваетъ стоимость работы мало, такъ оно требуетъ главнымъ образомъ увеличеніе объема настоящаго рыхлаго матеріала и небольшого увеличенія числа свай. Особенно не слѣдуетъ

скупиться съ толщиной тогда, когда нижній грунтъ водопроницаемъ и плохо сопротивляется текучей водѣ; въ этомъ случаѣ толщину слѣдуетъ увеличивать значительно, какъ это видно изъ черт. 33.

12. ПЛОТИНЫ ИЗЪ ДЕРЕВА И КАМНЯ

Устройство этихъ плотинъ вообще такое же, какъ и деревянныхъ, но устои ихъ бываютъ обыкновенно каменные, хотя иногда ихъ дѣлаютъ также деревянными. Плотины изъ дерева и камня строить въ такихъ мѣстностяхъ, гдѣ оба эти матеріала имѣются въ большомъ количествѣ, но гдѣ нѣтъ камней большихъ размѣровъ. Тогда изъ дерева устраиваютъ остовъ, который связываютъ камни неправильно набросанные или уложенные въ видѣ сухой кладки и тѣмъ обезпечиваетъ неизмѣняемость формы сооруженія. Сухая кладка и каменная осыпь пропускаютъ вначалѣ воду, но со временемъ заносятся влекомымъ водой иломъ и дѣлаются непроницаемыми. При большой толщинѣ плотины для уменьшенія промежутковъ между камнями закладываютъ ихъ пескомъ, гравіемъ или хрящемъ, а иногда выводятъ нетолстую стѣнку во всю высоту плотины изъ

кладки на гидравлическомъ растворѣ или поверхность всей плотины покривать мостовкой на растворѣ. Этого рода плотины могутъ быть тоже вертикальныя, ступенчатая и наклонныя.

На черт. 35 представлена плотина съ вертикальнымъ спускомъ. Она состоитъ изъ расположенныхъ одинъ на другомъ деревянныхъ ростверковъ, промежутки между которыми по возможности плотно заполнены камнями. Плотина оббѣдана кругомъ настиломъ изъ досокъ, прибитыхъ гвоздями; только съ низовой стороны, начиная съ нѣкотораго разстоянія ниже самого низкаго горизонта обшивки отсутствуетъ. Эта конструкція весьма пригодна для широкихъ рѣкъ. Этотъ чертѣжъ (Fig. 35) изображаетъ поперечное сѣченіе плотины, построенной на рѣкѣ Шуйлькиль близъ Феръ-Маунтъ (Fair-Mount), которая поднимаетъ горизонтъ для водоснабженія города Филадельфія; ея длина — 357 мтр.

Черт. 36 и 37 представляютъ ступенчатую плотину изъ бревень (ряжевая рубка), которая по конструкціи одинакова съ предыдущей, но плоскость ея гребня и верхъ ступенки образованы сплошнымъ рядомъ бревень,

вследствіе чего обшивка отсутствует. Бревна въ этихъ плотинахъ вырубаютъ настолько, чтобы между отдѣльными ростверками оставались промежутки приблизительно $= \frac{1}{3}$ толщины бревна; эти промежутки заполняютъ камнями или хворостомъ; образованныя бревнами кѣтки необходимо заполнять камнями.

На черт. 38 и 39 представлена НАКЛОННАЯ ПЛОТИНА, ОСНОВАННАЯ НА МЯГКОМЪ ГРУНТѢ. Остовъ состоитъ вверху изъ ряда свай, забитыхъ на разстояніяхъ 2 метр. другъ отъ друга, соединенныхъ вверху схватками.

Близу плотины сваи забиты частоколомъ и связаны тоже схватками. Черезъ 4 mtr верхнія сваи соединены съ нижними горизонтальными схватками S, а въ промежуткахъ устроены въ плоскости сливного пола связи t, соединенныя съ верхними и нижними схватками лавой и желѣзными полосами. Ниже горизонта низкихъ водъ полъ продолжается въ видѣ 5 рядовъ свай, (изъ которыхъ послѣдній забить частоколомъ), заполненныхъ крупными камнями. Плотины вымощены правильно обтесанными вверху камнями большихъ размѣровъ.

Черт 40 и 41 представляютъ устройство наклонной

плотины на скалистомъ грунтѣ, которое видно изъ чертежа и не требуетъ поясненія. На чертежѣ видно, также способъ соединенія со скалой верхняго бруса помощью желѣзныхъ стержней.

Черт. 42 и 43 представляютъ плотину со ступенькой и наклоннымъ сливомъ на мягкомъ грунтѣ. Средняя наклонная часть вымощена тесовымъ камнемъ; она заключена между двумя стѣнками изъ свай; обѣ стѣнки связаны наклонными схватками на разстояніяхъ двухъ метр. (2 mtr). Ширина верхней ступеньки 1,5 м, а нижней - около 5 mtr.

Обѣ послѣднія плотины выложены сухой кладкой, но и каменная отсыпь имѣла бы здѣсь достаточную крѣпость. Главное вниманіе нужно обращать на правильность и безупречность верхней мостовки, пока послѣдняя не повреждена, то, при принятыхъ на чертежахъ размѣрахъ, и простая отсыпь можетъ сопротивляться самому сильному теченію. Растворъ нуженъ только тогда, когда требуется совершенная непроницаемость.

Для вертикальных плотинъ, изображенныхъ на черт. 35-37 достаточна толщина = 1 до $1\frac{1}{2}$ -ной высоты; въ

плотинахъ черт. 38-43 (имѣющихъ наклонныя плоскости) толщина значительно больше и она должна имѣть такую величину, чтобы, не смотря на подвижность отдѣльных частей, она не могла быть повреждаема высокими водами. Правильная толщина можетъ быть опредѣлена только опытнымъ данными.

Черт. 44, 45 представляютъ вертикальный и горизонтальный разрѣзы деревянной плотины, скрѣпленной со стороны подпора наклонной плоскостью изъ каменной отсыпи. Плотину образуетъ стѣнка изъ горизонтальныхъ бревень, заложенныхъ между вертикальными стойками.

13. КАМЕННЫЯ ПЛОТИНЫ.

Малыя плотины строятъ часто изъ тесоваго камня, а большія изъ бута или бетона, но буювня облицовываютъ тесовымъ камнемъ. Бетонъ представляетъ особенно хорошій матерьялъ для фундаментовъ на скалѣ, потому что, сдѣлаясь хорошо съ камнемъ, дѣлаетъ просачиваніе воды невозможнымъ. Для внутреннихъ частей кладки можно употреблять цементъ низкихъ сортовъ.

При устройствѣ каменной плотины на земляномъ грунтѣ необходима, для предупрежденія подмывовъ въ верхѣ

ней части, через всю ширину рѣки шпунтовая стѣнка; полезно устроить такую же стѣнку и внизу плотины. Шпунтовые стѣнки должны прилегать плотно къ кладкѣ, какъ это видно напр. на черт. 46. На мягкомъ грунтѣ нуженъ свайный ростверкъ, и здѣсь часто устраиваютъ подъ вершиной плотины третью шпунтовую стѣнку; но дерево можно употреблять только въ такихъ мѣстахъ гдѣ оно будетъ постоянно находиться подъ водой. Сливной полъ каменныхъ плотинъ часто бываетъ криволинейный, при чемъ кривую составляютъ обыкновенно изъ дугъ круга. Но эта форма обуславливаетъ толщину, которая больше высоты, слѣдовательно, чрезмѣрна, поэтому ее можно рекомендовать тамъ, гдѣ камень дешевъ. Въ плотинѣ Fig. 47 только верхняя часть построена изъ камня, а нижняя состоитъ изъ бетона. При малой глубинѣ низовой воды бываетъ нужно, по уясненной выше причинѣ, укрѣплять сливное дно на большемъ протяженіи (Fig. 48); но когда глубина низовой воды большая и количество переливающейся воды малое, то потребуется укрѣпленіе изъ каменной отсыпи на небольшомъ протяженіи.

Въ плотинѣ Fig. 49 сливной полъ въ концѣ немного поднимается; такое устройство полезно, такъ какъ оно уменьшаетъ скорость воды въ этомъ мѣстѣ и уничтожаетъ часть ускоренія, которое вода приобрѣла при движеніи по наклонной плоскости.

КАМЕННЫЯ ВЕРТИКАЛЬНЫЯ ПЛОТИНЫ должны получить крѣпкій сливной полъ достаточно широкій для того, чтобы водовороты уничтожались въ его предѣлахъ. На черт. 50 представлена каменная плотина съ наклоннымъ сливнымъ поломъ (построенная Тельфордомъ, въ Англіи). Плотина Fig. 51 имѣетъ горизонтальный сливъ, устроенный вверху выступъ не нуженъ и излишне увеличиваетъ стоимость, но округленіе передняго ребра полезно, такъ какъ оно тогда не такъ легко повреждается тяжелыми предметами.

Толщина стѣнки зависитъ отъ напора воды, но такъ какъ дѣйствіе его не покойно, но сопровождается ударами и сотрясеніями, то нужно брать большой запасъ прочности. При болѣе значительной высотѣ толщина снизу вверху можетъ уменьшаться, соотвѣтственно формѣ равнаго сопротивленія. Такимъ образомъ получится

профиль Fig 52 (пунктирная линия представляет линию давления, построение которой указано на Fig. 53). При такой формѣ сливающаяся вода лучше примыкаетъ къ стѣнкѣ и стекаетъ болѣе покойно, чѣмъ при плоской вертикальной стѣнкѣ.

Полезно устраивать очертаніе стѣнки съ низовой стороны по параболѣ, зависящей отъ скорости наибольшей переливающейся массы. Для опредѣленія этой параболы имѣемъ (употребляя прежнія обозначенія)

$$v = \frac{Q}{bh} ; \quad Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left[(h+k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}} \right]$$

слѣдов.

$$v = \frac{2}{3} \frac{\mu}{h} \sqrt{2g} \left[(h+k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}} \right] \quad (A)$$

Пусть t — время паденія до нѣкоторой точки параболы, тогда, принявъ начало координатъ въ вершинѣ плотины, будетъ

$$x = \frac{gt^2}{2} \quad y = vt$$

откуда уравненіе параболы

$$y^2 = \frac{v^2}{2g} x \quad (B)$$

Примѣръ. На черт. 52 принято $h = 1$ м. Скорость прите-

жающей воды $u = 0,8$ $g = 9,81$ слѣдов. $k = \frac{u^2}{2g} = 0,0326$.

Опытный коэффициент $\ell = 0,83$.

Подставивъ эти значенія въ (А) получимъ $y = 2,56$ и по (В) уравненіе параболы $y^2 = 1,34x$.

Эта форма выгодна не только по отношенію къ стоку воды, но она соотвѣтствуетъ также наиболѣе цѣлесообразному распредѣленію матеріала для того случая, когда плотина подвержена наиболѣе сильному напору воды.

14 ОПРЕДѢЛЕНІЕ ЛИНИИ ДАВЛЕНІЯ

Для построенія линіи давленія принимаемъ вѣсъ 1-го куб. метр. для воды = 1000 кил., для кладки 2500 кил. Разсматриваемъ единицу длины плотины; высоту ея дѣлимъ на равныя части и длину одной части обозначимъ черезъ Δd , давленіе на горизонтальную полосу на глубинѣ d будетъ (такъ какъ ширина ея = Δd , а длина = 1) $1000 \cdot \Delta d \cdot d$, а вѣсъ соотвѣтственнаго слоя кладки, при толщинѣ $a = 2500 \cdot \Delta d$. Приведемъ давленіе воды къ вѣсу кладки для чего имѣемъ, если пригведемъ высоту нагрузки отъ воды обозначимъ черезъ Z (Черт. 53)

$$2500Z \Delta d = 1000 \Delta d \Delta d$$

откуда $Z = \frac{1000}{2500} d = 0,4d$

Положимъ, что задняя стѣнка плотины имѣетъ въ поперечномъ сѣченіи видъ вертикальной прямой; изъ уравненія $Z = 0,4 d$ слѣдуетъ, что конечныя точки всѣхъ Z будутъ находиться на прямой, которая встрѣтитъ вертикаль стѣнки на высотѣ уровня воды (потому что для $d=0$ будетъ $Z=0$). Такъ какъ стѣнка вертикальна то давленія воды на нее горизонтальны.

Принимаемъ Z и a (или нѣкоторыя части ихъ) какъ силы, при чемъ силы Z горизонтальны, а силы a — вертикальны и слагаемъ ихъ соотвѣтственно. Въ силовомъ многоугольникѣ AOB нанесены на вертикали OB величины $\frac{1}{3}a$, какъ вѣса дямеллей 1 до 5 кладки и на горизонтальной отложены давленія воды посредствомъ величинъ $\frac{1}{3}Z$. Для опредѣленія линій, по которымъ дѣйствуютъ вѣса кладки и давленія воды, построены веерочный многоугольникъ для вертикальныхъ силъ $\frac{1}{3}a$ и для горизонтальныхъ $\frac{1}{3}Z$, затѣмъ опредѣлены равнодѣйствующія:

изъ напора 1-го и вѣса 1

" " 1,2 - " 1,2

" " 1,2,3 - " 1,2,3

Линія давленія отклоняется столь значительно, отъ вертикали, что было бы нецѣлесообразно располагать швы горизонтальныя, они устроены поэтому перпендикулярно къ линіи давленія и изъ чертежа видно, что при такомъ устройствѣ давленіе распределяется въ плотинѣ довольно равномерно.

Такимъ же образомъ построена на черт. 49 линія давленія для плотины, представленной на черт. 46.

Если и здѣсь проведемъ швы перпендикулярно линіи давленія, то получимъ лучшую связь наружныхъ камней съ внутренней кладкой, вслѣдствіе чего послѣднее устройство заслуживаетъ предпочтенія (Fig. 49).

МАССИВНЫЯ ПЛОТИНЫ

изготавливаютъ также изъ разныхъ другихъ матеріаловъ, какъ обыкновенныхъ фашинь, тяжелыхъ фашинь и т. п.

На черт. 54 представленъ разрѣзъ плотины, ядро которой состоитъ изъ гравія или хряча, нагруженнаго каменной отсыпью и снаружи тщательно вымощеннаго.

ПОДВИЖНЫЯ ПЛОТИНЫ

Къ подвижнымъ плотинамъ принадлежатъ все подпорныя сооруженія, помощью которыхъ можно въ извѣстныхъ предѣлахъ измѣнять высоту подпора. Они могутъ быть раздѣлены на СТВОРЧАТЫЯ, ШАНДОРНЫЯ, ТОЛЪЧАТЫЯ и КЛАПАННЫЯ ПЛОТИНЫ.

А. СТОРЧАТЫЯ ПЛОТИНЫ (ШЛЮЗЫ).

Створы употребляются главнымъ образомъ для закрыванія отверстій въ глухихъ плотинахъ промышленныхъ заведеній (преимущественно мельницъ). Шлюзы употребляются также вмѣсто глухихъ плотинъ въ случаѣ, когда для предупрежденія разлива во время половодья бываетъ нужно заграждающія части совсѣмъ или отчасти устранять и тогда они соединены обыкновенно съ неподвижными мостами; кромѣ того они устраиваются въ судоходныхъ рѣкахъ для пропуска судовъ. Ихъ можно раздѣлить:

- 1) На спуски;
- 2) " пропускныя шлюзы;
- 3) " неподвижные мосты;
- 4) " шлюзы особой конструкціи

1) СПУСКИ

бываютъ нужны, когда расходъ воды превышаетъ тотъ, который долженъ быть доставленъ водяному двигателю; они назначаются поэтому для отвода (спуска) лишней воды. Спускъ доходить болѣею частью до гребня плотины, но иногда даже до дна рѣки и тогда называется основнымъ спускомъ. Последний имѣетъ цѣлью не только отведеніе лишней воды, но также удаленіе насосовъ, складываемыхъ водой вверху плотины. Такой спускъ представленъ на черт. 31а и 31б. Спускъ 1 лишней воды со щитами п примыкаетъ къ лѣвому береговому устью а, основной спускъ l со щитомъ i находится у праваго устья. При С отвѣтвляется мельничный каналъ, закрываемый щитомъ d, а для промывки его устроенъ полоскательный шлюзъ g, закрываемый щитомъ h; gm — сливной полъ этого шлюза, при чемъ g представляетъ наклонную, am — горизонтальную плоскость.

Отверстія въ спускахъ закрываются вертикальными деревянными или желѣзными щитами, которые при малыхъ размѣрахъ называютъ ВЕШКАМИ (длина вешки не болѣе

4 фут. а вертикальная высота 2-3 фут.) Когда величина отверстія большая, то его дѣлать деревянными или желѣзными стойками или каменными быками на части меньшей ширины, а при большой глубинѣ воды составляютъ щиты изъ нѣсколькихъ частей, потому что управление большими щитами затруднительно. Каменные бычки строить по тѣмъ же правиламъ, что и каменные мостовыя опоры, а деревянные — по правиламъ деревянныхъ мостовыхъ опоръ. Чтобы можно было прислонять къ нимъ щиты устраиваютъ въ нихъ съ верхней стороны четверти или пазы шириной 8-10 ст., которые при каменныхъ опорахъ часто обиваютъ желѣзными полосами. Только совсѣмъ малые щиты можно прислонять прямо къ кладкѣ, между тѣмъ какъ уже при небольшомъ напорѣ воды полезно для уменьшенія тренія поверхность скользящаго покрыть желѣзной полосой или въ пазъ кладки вставить деревянную стойку; при большемъ напорѣ обиваютъ и края щитовъ желѣзомъ. Черт. 56 и 57 представляютъ оковку для щита входящаго въ пазъ каменной опоры, къ кладкѣ прикрѣплена чугунная шина п, а края щита обдѣланы желѣзной по-

лосой V. Когда опора изготовлена из буга или кирпича, то пазы и четверти должны быть выложены тесовым камнем.

Нижняя часть плуза имѣть точно такое устройство, какъ низкая деревянная плотина т.е. она состоитъ изъ понурнаго и сливного пола, порога или гребня и 3-хъ шиновыхъ стѣнокъ, изъ которыхъ одна находится подъ порогомъ, одна въ началѣ понурнаго и одна - въ концѣ сливного пола. Полы соединены съ грунтомъ помощью свайнаго ростверка, состоящаго изъ свай и лежней.

(черт. 58) Конецъ понурнаго пола долженъ быть хорошо защищенъ отъ подмывовъ. На томъ мѣстѣ, гдѣ будетъ лежать щитъ необходимъ порогъ q , изъ крѣпкаго деревяннаго бруса или желѣзной балки, или прочной каменной конструкции

Щиты обыкновенно дѣлаютъ подъемные, въ исключительныхъ случаяхъ ихъ замѣняютъ поворотными (въ родѣ воротъ) или вставными балками. Устройство подвижныхъ плотинъ со щитами зависитъ главнымъ образомъ отъ употребляемаго для нихъ матеріала и отъ ихъ величины. Конструкция устоевъ зависитъ тоже отъ матеріала

да, но главнымъ образомъ отъ мѣстныхъ обстоятельствъ и отъ назначенія плотины.

БЫЧКИ (СЕРЕДОВНЕ УСТОИ).

Бычки устраиваются по тѣмъ же правиламъ, что и мостовые быки; для устраненія боковыхъ теченій и водоворотовъ они получаютъ сверху и внизу острія ребра (отводы) и толщина ихъ бываетъ почти равна толщинѣ мостовыхъ опоръ и только при незначительныхъ конструкціяхъ эта опятьомъ установленная величина можетъ быть сдѣлана меньшей 1. mtr.

Длина бычка должна быть достаточной для сопротивленія напору воды. При опредѣленіи его устойчивости принимаютъ двойную безопасность и при опредѣленіи сопротивляющагося вѣса пренебрегаютъ вѣсами отводовъ.

Пусть черт. 59, BEFD — каменная опора по устраненіи переднихъ и заднихъ отводовъ, S — ея центръ тяжести, P — вѣсъ ея, RO — шить, θ_2 — напоръ на опору, θ_1 — напоръ на шить RO, Q — равнодѣйствующая изъ θ_1 и θ_2 , h — плечо FL силы Q, c = HF — плечо вѣса P, отсюда условія равновѣсія имѣемъ $Q \cdot h - P \cdot c = 0$, отсюда

$$c = \frac{Qh}{P} \text{ и для двухкратной прочности } c = \frac{2Qh}{P} \quad (d)$$

Щитъ устанавливають обыкновенно вертикально, но иногда, какъ на черт. 59 принято, даютъ ему наклонное положеніе; MN — горизонтъ воды, давленіе Q , на щитъ опредѣляемъ такимъ же образомъ, какъ въ предыдущемъ примѣрѣ, оно изобразится трапеціей AROC, которой сторона AC встрѣчаетъ продолженіе щита OR въ точкѣ U на поверхности воды. Сила Q , перпендикулярна къ OR. Выражая все въ метрахъ получимъ по отношенію къ единицѣ длины плиты, напоръ воды на ламель шириной

Δd , приведенной къ вѣсу кладки = $Z \Delta d \cdot 2500^*)$ и на всю высоту щита — $\sum z \Delta d \cdot 2500 = 2500 \sum z \Delta d$ килогр. Но $\sum z \Delta d$ = площади трапеціи ORAC; если обозначимъ ее черезъ f_1 , то напоръ на единицу длины щита = $f_1 \cdot 2500$. Если разстояніе между бычками въ свѣту = $2f$ мтр., то $Q_1 = 2f_1 \cdot 2500$.

Высота бычковь должна превышать самый высокій горизонтъ MN воды; ихъ напоръ, отнесенный къ единицѣ длины, изобразится поэтому греу оленьникомъ VMD, гдѣ $VD = OC$; если площадь этого треугольника обозначимъ черезъ f_2 , а длину DF бычка въ мтр. — черезъ l , то

*) — разстояніе от ламели до уровня воды.

$Q_2 = ef_2 \cdot 2500$ кил. Q_1 проходить через центр тяжести трапеции АВОС, а Q_2 — через центр тяжести треугольника ДВД. Равнодействующая Q определяется всего проще графически (если $Q_1 \parallel Q_2$ — помощью веревочного многоугольника). Необходимая длина ДВ получается по способу приближения, задаваясь произвольной величиной e и проверяя ее по формулѣ L (или по способу уясненному въ курсѣ мостовъ для устоевъ и быковъ). Но длина ДВ бычка зависитъ не только отъ условія устойчивости, но также отъ удобства и возможности укрѣпленія щитовъ, замыкающихъ приборовъ и устройствъ для передвиженія щитовъ. Для возможности доступа къ каждому щиту устраивается вдоль плотинъ помостъ, ширина котораго требуетъ часто столь большой длины бычковъ, что она больше той, какая необходима для устойчивости.

10 8 ДЕРЕВЯННЫЯ СТОЙКИ (Черт. 58, 60-62)

представляютъ деревянный шлюзъ о 2 отверстіяхъ. Подобнымъ образомъ можно устроить произвольное число отверстій. Средовыя стойки имѣютъ по 2 четверти (или фальца); въ устояхъ устроены стойки, соответствующія

середовымъ, имѣющія по одному фальцу. ВЫСОТА СТОЕКЪ опредѣляется условіемъ, чтобы между щитомъ и подъемнымъ устройствомъ было достаточно мѣста для такого поднятія щита, при которомъ онъ весь находился бы выше горизонта воды.

Порогъ, на который ложится опущенный щитъ долженъ быть соединенъ неизмѣнно съ ростверкомъ понурнаго и сливного пола. Стойки соединяются съ порогомъ тоже неизмѣнно, но такъ, чтобы ихъ легко можно было устранить и замѣнить новыми, для чего удобно употреблять желѣзныя полосы съ болтами, имѣющими достаточно сопротивленія для противодѣйствія силѣ, съ которой вода часто стремится поднять стойки вверхъ. Неизмѣняемость положенія стоекъ достигается помощью ПОДКОСОВЪ, устроенныхъ съ низовой стороны, которые внизу опираются въ лежни ростверка, расположенные параллельно теченію. Всѣ деревянныя соединенія должны быть связаны болтами, а при болѣе значительныхъ сооруженіяхъ — болтами и желѣзными полосами.

Стойки соединяются между собой сверху брусомъ, который называютъ КРАСНЫМЪ БРУСОМЪ. Часто имъ пользу-

ются для установки подъемных приборовъ и тогда подобныя конструкции бывають нужны на каменных опорахъ. Красный брусь устраняетъ возможность перекашивания стоекъ, отъ него зависитъ поэтому неизмѣняемость вертикальнаго положенія стоекъ; ихъ устойчивость по направленію теченія обезпечена подкосами

ПЛОТЪ СЪ ПОДВИЖНЫМИ СТОЙКАМИ

получають у береговыхъ устьевъ одинаковое устройство съ неподвижными; но между берегами (въ руслѣ) они должны быть устроены такъ, чтобы всѣ части, препятствующія свободному теченію воды, могли быть изъ нея удалены. Обыкновенно въ этомъ случаѣ нижніе концы стоекъ обиты желѣзомъ, какъ для увеличенія ихъ долговѣчности и крѣпости, такъ и для увеличенія сопротивленія стремящейся поднять ихъ силѣ воды. Порогъ получаетъ въ соотвѣтственныхъ мѣстахъ углубленія такихъ размѣровъ, что въ нихъ могутъ быть впущены концы стоекъ; эти отверстія часто тоже обивають желѣзными полосами; ихъ устройство обыкновенно слѣдующее (Черт. 63 и 64) Порогъ состоитъ изъ двухъ ба-

докъ а и в, соединенныхъ между собой болтами и помещенныхъ между двумя рядами свай съ лежнями С, С, къ которымъ съ верховой стороны примыкаетъ шпунтовая стѣнка t. Балки а и в связаны съ обоими рядами свай и со шпунтовой стѣнкой болтами. Нижняя балка а идетъ непрерывно черезъ всю ширину рѣки, а верхняя прерывается у каждой стойки, такъ что остаются 4-угольные отверстія, въ которыя входятъ концы стоекъ. Верхняя грань балки а образуетъ дно отверстій.

Вверху подвижныя стойки опираются на мостъ, который на всемъ протяженіи разбираемой части плотины не долженъ имѣть промежуточныхъ опоръ. Мостъ долженъ сопротивляться горизонтальнымъ давленіямъ стоекъ, онъ представляетъ поэтому горизонтальную ферму. Образецъ конструкціи такой формы простаго вида представленъ на черт. 63 и 64; ав, а, в, — пояса, с, с — раскосы, у, у — желѣзныя тяги, замѣняющія вертикали; подкосы соединены съ поясами врубками и болтами. При расчетѣ этихъ фермъ нужно принимать во вниманіе и не равномерную нагрузку, происходящую

отъ того, что нѣкоторые щиты могутъ быть подняты и давленіе воды будутъ передавать только остальные щиты. Наиболѣе невыгодное дѣйствіе на раскосы опредѣлится всего проще помощью инфлюентныхъ линій. Въ точкахъ 1 пояса привинчены къ устоямъ. Для укрѣпленія стоекъ служатъ балки пп, расположенныя на такомъ другъ отъ друга разстояніи, что стойки между ними могутъ пройти свободно. Стойки къ этимъ балкамъ часто прикрѣпляются болтами. Для расположенія подъемнаго прибора могутъ быть устроены двойныя перила (Fig. 63). Иногда располагаютъ стойки наклонно, опирая ихъ на мостъ безъ всякаго съ нимъ соединенія; это устройство менѣе прочно, чѣмъ предыдущее, но это облегчаетъ установку и разборку плотины.

Обыкновенно стойки получаютъ такую длину, что шты упираются въ нихъ по всей своей высотѣ и тогда, когда они совсѣмъ вынуты изъ воды (Fig. 58 и 63). Но, въ случаѣ, когда требуется, чтобы при закрытой плотины (т.е. опущенныхъ щитахъ) вода могла свободно черезъ нее переливаться, то промежуточные конструкции не должны быть выше щитовъ. Такое устрой-

живаютъ плотно ихъ кромками и соединяютъ между со-
бой крѣпко шпонками и оковками (изъ желѣзныхъ по-
лосъ) (Fig. 58 и 61). Въ широкихъ щитахъ употребле-
ютъ и діагональныя шпонки (Fig. 65). Когда же-
лѣзные оковки достаточно прочны, то можно ^{безъ шпонокъ} обойтись.
Если стойки деревянныя, то малые щиты прислоняютъ
къ нимъ непосредственно, такъ что дерево скользитъ
по дереву. Къ каменной и бетонной кладкѣ можно при-
слонять прямо лишь очень малые щиты; даже при не-
значительномъ напорѣ воды лучше каменные пазы по-
крывать желѣзными полосами. При большомъ напорѣ
должны быть покрыты желѣзомъ, какъ каменные, такъ
и деревянныя плоскости скольженія; такими же поло-
сами обиваютъ тогда и края щитовъ для уменьшенія
тренія, какъ это было уяснено выше (Fig. 69 и 70).

ОБЛЕГЧЕНІЕ ПОДЪЕМА ЩИТОВЪ

можетъ быть достигнуто уменьшеніемъ ихъ размѣровъ
или уменьшенія тренія посредствомъ превращенія тре-
нія скольженія въ треніе каченія. При употребленіи
последняго способа укрѣпляютъ на стойкахъ и устояхъ
ролики, какъ это указано на черт. (Fig. 71 и 72).

ство бываетъ часто обусловлено ледоходомъ. Оно представлено на черт 65, 66 и 67, гдѣ высота стоекъ не больше высоты щитовъ. Съ низовой стороны стойки укрѣплены чугунными угольниками, прикрѣпленными болтами къ лежнямъ ростверка и къ стойкамъ. (Щиты этой плотины подвѣшены цѣпами къ рѣшетчатымъ барабанамъ, при вращеніи которыхъ щиты приводятся въ движеніе (Fig. 68)).

ЖЕЛѢЗНЫЯ СТОЙКИ изготовлены изъ одно или двутаврового желѣза; первыя образуютъ четверти, а вторыя — пазы. Также весьма удобныя для стоекъ называется корытообразное желѣзо , образуя четверти СС, для чего обыкновенно два такихъ желѣза соединяются въ одну стойку . Пригодны для невысокихъ плотинъ.

ЩИТЫ.

Щиты изготовляють изъ дерева или желѣза.

ДЕРЕВЯННЫЯ ЩИТЫ изготовляють изъ досокъ, толщина которыхъ зависитъ отъ давленія воды и вообще не бываетъ менѣе 5 сантиметр. (исключая очень малыхъ сооружений). Она опредѣляется расчетомъ. Доски прила-

Прикрѣпленныя къ цѣтамъ полосы прилажены къ роликамъ такимъ образомъ, что края цѣтовъ немного отстаютъ отъ стоекъ и съ ними не соприкасаются. Но эти промежутки между цѣтами и стойками скоро заполняются грязью, вслѣдствіе чего подъемъ цѣтовъ дѣлается еще труднѣе, чѣмъ безъ роликовъ; послѣдніе поэтому можно употреблять только на рѣкѣ съ чистой водой и гдѣ приходится часто приводить ихъ въ движеніе. Уменьшеніе размѣровъ цѣтовъ достигается:

- 1) помощью устройства узкихъ отверстій или прорѣзовъ; часто эта ширина бываетъ не болѣе 1-го мтр, но среднимъ числомъ она = 2 мтр; въ плотинахъ черт. 65 ширина отверстій превышаетъ 3 мтр. Въ разборчатыхъ плотинахъ (напр. со съёмными стойками) слишкомъ малая ширина цѣтовъ затрудняетъ разборку и тогда часто предпочитаютъ устраивать широкіе цѣты.
- 2) Помощью уменьшенія высоты цѣтовъ, т.е. составляютъ цѣтъ изъ нѣсколькихъ частей такъ, что каждая часть можетъ быть поднимается отдѣльно. Такъ какъ напоръ воды на каждую часть меньше напора, соответствующаго всей высотѣ цѣты, то и ее сопре-

тисленіе тренія меньше. Устройство такихъ щитовъ бываетъ различно; одно изъ нихъ состоитъ въ томъ, что каждая вышерасположенная часть ложится тупо на нижнюю, двигаясь въ одномъ общемъ пазѣ. Съ подъемнымъ приборомъ соединена только верхняя часть щита, съ этой частью соединена слѣдующая помощью двухъ дѣней такимъ образомъ, что первая можетъ быть поднята, не трогая нижней, до такой высоты, при которой ея нижнее ребро находится на горизонтѣ воды; при дальнѣйшемъ подъемѣ первой части начнетъ подниматься вторая и т.д. Для уменьшенія высоты между краснымъ брусомъ и горизонтомъ воды употребляютъ часто слѣдующій способъ подъема. Поднимаютъ, какъ и въ предыдущемъ случаѣ, верхній щитъ, пока онъ совсѣмъ не выйдетъ изъ воды и продолжаютъ его подъемъ до тѣхъ поръ, пока на поверхности воды не покажется верхній край слѣдующаго щита. Теперь опускаютъ верхній щитъ до его прикосновенія съ нижнимъ, сдѣлываютъ оба щита вмѣстѣ и поднимаютъ ихъ дальше вверхъ и т.д. Во время опусканія верхняго щита нижній удерживается на мѣстѣ напоромъ воды

Оба щита соединяютъ выѣстъ помощью цѣпей или по способу, изображенному на черт. 90 посредствомъ штырей. Этотъ послѣдній способъ особенно бываетъ удобенъ тогда, когда послѣ поднятія верхняго щита, горизонтъ воды понизится на столько, что верхній край слѣдующаго щита дѣлается доступнымъ и тогда нѣтъ надобности соединять оба щита цѣпями: на моментъ опускаютъ верхній щитъ, соединяютъ его съ нижнимъ и затѣмъ поднимаютъ оба одновременно. Когда щитъ состоитъ только изъ двухъ частей, то часто каждая часть получаетъ особое подъемное устройство и движется въ особомъ навіѣ (черт. 74 и 76) или въ особой четверти (Fig. 73 и 75).

Для устройства второго паза или второй четверти привинчиваютъ къ стойкѣ особый брусъ.

ЖЕЛѢЗНЫЕ ЩИТЫ.

На черт. 91 и 92 представленъ желѣзный щитъ, состоящій изъ двухъ частей, изъ которыхъ каждое имѣетъ особое подъемное устройство. Щиты изготовлены изъ желѣзныхъ листовъ, соединенныхъ между собой  (крытообравия) желѣзомъ, приклепаннымъ къ

дистамъ. Въ бычкахъ и устояхъ помѣщены тоже  же-
лѣза, образующія по каждую сторону пазъ; порогъ обра-
зованъ тоже  желѣзомъ, соединеннымъ со стойками;
въ послѣднее входитъ ребро опущеннаго щита. На нѣко-
торомъ разстояніи отъ нижняго щита устроены пазы
верхняго тоже помощью  желѣза; соотвѣтственный
порогъ укрѣпленъ вверху нижняго щита въ особой бал-
кѣ (которая легко могла быть устроена желѣзной).

ПОДЪЕМНЫЕ ПРИБОРЫ

12
Малые щиты, на которые дѣйствуетъ слабый напоръ,
подвѣшиваются иногда въ одной точкѣ. Но при такомъ
устройствѣ они легко перекашиваются и заземляются
въ пазахъ при подъемѣ и опусканіи. Поэтому укрѣпле-
ніе въ двухъ точкахъ болѣе цѣлесообразно.

Точки подвѣса должны находиться въ средней плоско-
сти щита, на одной вертикалѣ съ его центромъ тяже-
сти, чтобы щитъ, когда онъ будетъ вынутъ изъ воды,
висѣлъ вертикально и не сходилъ съ четверти, а въ
случаѣ пазовъ - не заземлялся въ нихъ (Fig 77, 73 и
75, также Fig. 58).

Иногда отступать от этого правила для упрощения устройства, что для четвертей безвредно до тех поръ, пока на щитъ давить вода, но даже, когда щитъ сойдетъ съ четверти, его легко въ нее вновь вставить. Для устранения зацеппения щита въ пазахъ въ Мюнхенскомъ Пратерѣ употребили слѣдующее устройство (Fig 79 и 80) Щитъ подвѣшенъ къ цѣнямъ въ точкахъ К съ низу ой стороны, вълѣдствіе чего во время подъема щитъ напираетъ на пазъ влѣво (въ сторону подпруженной воды) и зацеппение его здѣсь предупреждается пружинами *m*.

Щиты поднимаются помощью цѣпей, зубчатыхъ полосъ и другихъ устройствъ.

ПОДЪЕМНЫЯ ЦѢПИ

Простѣйшее устройство подъема помощью цѣпей представлено на черт. 58 и 61 Цѣпи навиваются на деревянный валъ, который на обоихъ концахъ просверленъ, такъ что помощью рычаговъ валъ можетъ быть приведенъ во вращеніе для чего достаточно двоихъ рабочихъ. Если требуется установить щитъ на опредѣленной высотѣ, то онъ удерживается помощью рычага,

какъ это указано на черт. 58, упирая рычагъ на красный брусъ. Лучше было бы для этой цѣли употребить храповикъ, который могъ бы получить устройство, подобное изображенному на черт. 68, употребленное для плотины Fig. 65. Здѣсь валы желѣзные, а для цѣпей устроены барабаны изъ крѣпкихъ желѣзныхъ кружковъ и круглыхъ стержней. Подъемъ производить помощью рычаговъ, какъ при деревянномъ валѣ, вставляя рычагъ между стержней барабана.

На черт. 81, 82 представленъ подъемный приборъ, устроенный для цитовъ Fig. 79 и 80.

На желѣзный валъ надѣты чугунныя части конической формы, имѣющія винтообразныя углубленія для цѣпи, которая вслѣдствіе того навивается на кругъ тѣмъ большаго діаметра и потому поднимается съ тѣмъ большей скоростью, чѣмъ болѣе онъ выступаетъ изъ воды т.е. чѣмъ меньше напоръ воды на него. При такомъ устройствѣ бываетъ нужна во время подъема почти одинаковая сила. Подъемъ производится помощью рычага съ крюкомъ (см. пунктиръ на черт. 82, дѣйствующимъ на храповое колесо).

На черт. 83, 84 и 85 на желѣзный валъ надѣто зубчатое колесо, сцѣпленное съ шестерней, приводимой въ движеніе рукояткой. Цѣпь навивается на валъ между двумя кружками при чемъ и здѣсь, какъ въ предыдущемъ случаѣ, цѣпь поднимается съ возрастающей скоростью. Въмѣсто обыкновенныхъ цѣпей употребляются также цѣпи, сочлененныя болтами. ПОДЪЕМНЫЕ СТЕРЖНИ имѣютъ устройство винтовыхъ болтовъ или зубчатыхъ полосъ.

ВИНТОВЫЕ БОЛТЫ

проходятъ черезъ цилиндрическое отверстіе краснаго бруса, на которомъ расположена плита, служащая опорой для гайки. Если цѣпь подвѣшена только въ одной точкѣ, то достаточно 6 или 8 граниная гайка, приводимая во вращеніе ключемъ. Иногда къ гайкѣ придѣлываютъ 4 ручки и тогда называютъ ее ШПИДЕМЪ. Вращеніе гайки для подниманія и опусканія цитовъ производится въ этомъ случаѣ посредствомъ ручекъ. Когда для одного цита устроены два винтовыхъ болта, то гайки бываютъ цилиндрическія съ зубчатой поверхностью. Каждая изъ этихъ повер-

хностей сдѣляется съ безконечными винтами, устрой-
 ными на одномъ объемѣ вала, такъ что вращая послед-
 ній, оба болта перемикаются точно на одинаковую вы-
 соту, для чего размѣры винтовыхъ нарѣзокъ и беско-
 нечныхъ винтовъ должны быть точно одинаковы. Чтобы
 болты не представляли большаго сопротивленія необхо-
 димо ихъ чисто и часто смазывать жидкимъ масломъ,
 что въ большинствѣ случаевъ трудно исполнимо; поэ-
 тому предпочитать имъ

ЗУБЧАТЫЯ ПОЛОСЫ.

хотя при одинаковомъ раскодѣ матеріала болты имѣютъ
 болѣе значительную крѣпость.

Устройство подъема комель зубчатой рейки предста-
 влено на черт. 86, 87, на которомъ принято, что стой-
 ки состоятъ изъ  желѣза, но они могли бы быть и
 деревянными. На валъ W_1 надѣты неподвижно зубчатое
 колесо Z и зубчатая цестерня S , сдѣланная съ рей-
 кой p . Колесо Z приводится въ движеніе безконечнымъ
 винтомъ W посредствомъ рукоятки V . Рейка p прохо-
 дить черезъ отверстіе краснаго бруса A , на которомъ
 прикрѣплены подшипники вала W_1 и винта W , и фрик-

ціонний роликъ.

На черт. 88 и 89 представлень такой же приборъ для щита, состоящаго изъ двухъ частей, изъ которыхъ каждая соединена съ валомъ помощью двухъ зубчатыхъ реекъ Z и З. Какъ въ Z, такъ и въ З устроены по двѣ рейки L и L, (Fig 88), изъ которыхъ одна поднимаетъ верхній, а другая нижній щитъ; обѣ рейки проходятъ сквозь отверстія краснаго бруса A. Діаметръ шестерни S верхняго щита, подверженнаго меньшему напору, взятъ больше діаметра шестерни I нижняго щита; и, и фрикціонные ролики. Зубчатя шестерни, принадлежація одному щиту, надѣты на одну общую ось; каждый щитъ имѣетъ особый подъемный приборъ (эта конструкція употреблена для щитовъ, изображенныхъ на черт. 91 и 92)

Въ очень малыхъ щитахъ (площадью не болѣе 1 кв. мтр.) продолжаютъ шпонки немного вверхъ (черт. 93) и соединяютъ поперечиной q. При открываніи расшевеливаютъ щитъ въ четвертяхъ, взявшись рукой за поперечину и наклоняютъ его противъ теченія до тѣхъ поръ, пока онъ не отвалится отъ стоекъ; тогда щитъ всплываетъ

и вынимают его изъ воды руками или помощью привязанной къ нему веревки.

Другой простой способъ подъема щита состоитъ въ томъ, (черт. 94) что его постепенно вываживаютъ кверху помощью одного или двухъ рычаговъ, поддѣвая ихъ концы подъ пальцы подъемнаго стержня и опирая на красный брусъ. Когда щитъ начнетъ выходить изъ воды, то подхватываютъ его за пальцы руками.

В. ШАНДОРЫ.

Уже выше было сказано, что ширина щитовъ особенно въ случаѣ, когда требуется быстрое открываніе, должна быть небольшая; щиты поэтому не могутъ быть употребляемы тогда, когда требуется закрывать широкое отверстіе безъ промежуточныхъ стоекъ. Эта цѣль достигается помощью вертикальныхъ или горизонтальныхъ брусьевъ, располагаемыхъ плотно между собою, которые называютъ шандорными брусьями или ШАНДОРАМИ

Если не требуется быстрое закрываніе и открываніе плотины, то балки вставляются въ пазы, устроенные въ устояхъ. Для этого придѣлываютъ къ каждому

брусу по 2 крючка Fig 95-96 или по 2 серьги Fig 98-99 или кольца. Въ первомъ случаѣ задѣваютъ за крючки кольцами, а въ послѣднемъ употребляютъ крючки - надѣтая въ обоихъ случаяхъ на длинныя стержни.

Когда требуется быстрое открываніе, то на одной сторонѣ устанавливается вертикальный брусъ р (чер. 97) или стойка, вращающаяся около горизонтальной оси, которая держитъ всю плотину. На противоположномъ берегу устраивается, какъ въ предыдущемъ случаѣ, пазъ п, но съ большимъ уширеніемъ вверхъ для того, чтобы концы шандорныхъ брусьевъ въ пазъ не могли заземляться. Стойка р нижнимъ концомъ входитъ въ соответственное углубленіе, устроенное въ днѣ русла, а вверху придерживается засовомъ, передвигаемымъ зубчатымъ колесомъ съ рукояткой. Когда желаютъ открыть плотину, то отодвигаютъ засовъ, вслѣдствіе чего шандоры, потерявъ опору, падаютъ въ воду. Чтобы они не могли быть унесены теченіемъ, должны всѣ части быть соединены съ берегомъ цѣпами или веревками. Шандоры вставляются также, какъ въ

прежнихъ случаевъ; они должны поэтому быть снабжены крюками или кольцами (черт. 95, 96, 98 и 99). Шандорные брусья должны быть окованы желѣзомъ на обоихъ концахъ, а стойки р - на нижнемъ концѣ и тамъ, гдѣ онѣ опираются на засовъ и эти оковки должны имѣть такой вѣсъ, чтобы вслѣдствіе ихъ дерево не могло всплывать и погружаться само въ воду.

Иногда деревянныя стойки замѣняютъ желѣзными изъ двутавровыхъ балокъ; такъ какъ такія стойки, вслѣдствіе большаго вѣса, бываетъ затруднительно поднимать, то обыкновенно соединяютъ ихъ съ дномъ посредствомъ шарнира, около котораго они могутъ вращаться и укладываться въ соответственное углубленіе дна. Для подниманія и опусканія отсекъ употребляютъ шпиль съ валомъ, на который наматывается цѣпь, прикрѣпленная къ другому концу стойки. Вообще въ послѣднее время разныя части подвижныхъ плотинъ извотворяютъ часто изъ желѣза.

ОПРЕДѢЛЕНІЕ РАЗМѢРОВЪ ОТДѢЛЬНЫХЪ ЧАСТЕЙ ШЛЮЗОВЫХЪ ПЛОТИНЪ

- 1) СВАЙНЫЯ РОСТВЕРКЪ Сваи забиваютъ обыкновенно
- Плотины.

въ разстояніяхъ 1-1,5 мтр по вершинамъ квадрата т.е. въ одинаковыхъ разстояніяхъ по направленію теченія и по перпендикулярному къ нему направленію. Діаметръ свай 25-30 см.; діаметръ лежней ростверка (перпендикулярныхъ къ теченію) - 25 до 30 см. Свайные ростверки бываютъ необходимы и при крѣпкомъ грунтѣ, чтобы вода не могла поднять сливной полъ. Если разстояніе свай между собой обозначить по одному направленію черезъ a , а по другому - черезъ b и разность горизонтовъ воды выше и ниже плотинъ - черезъ h , то сила, стремящаяся поднять сваю вверхъ $P = 1000 \cdot abh$ килогр. Сваи должны быть забиты на такую глубину, чтобы ихъ сопротивленіе выдерживанію было больше P . Лежни должны быть соединены со сваями скобами или железными полосами, а доски настила прибиваются къ лежню гвоздями, при чемъ каждая доска прибивается къ каждому лежню двумя гвоздями. Концы лежней, примыкающіе къ опорамъ, впускаются немного внутрь опоры для лучшаго укрѣпленія ихъ на мѣстѣ. Размѣры щитовъ, шандорныхъ брусьевъ и стоек (об-

$$\text{Давление въ } B = \frac{M}{l} = \frac{\gamma b h}{6l} \left[3a(a+h) + h^2 \right]$$

Моментъ въ сѣченіи S, находящемся на глубинѣ x ниже верхняго горизонта, при $x < h$

$$M_x = R(m+x) - \gamma b \frac{x^2}{2} \cdot \frac{x}{3}$$

M будетъ максимумъ для $x = \zeta$ получаемаго изъ условия $\frac{dM}{dx} = 0$ т.е. $2B - \gamma b \zeta^2 = 0$

Подставивъ это значеніе получимъ

$$M_{mx} = B \left(m + \frac{2}{3} \zeta \right), \text{ гдѣ } \zeta = \sqrt{\frac{2B}{\gamma b}}$$

$$\text{Если } \zeta > h, \text{ то } M_{mx} = \frac{A^2}{2\gamma b h} = \frac{(D-B)^2}{2\gamma b h}$$

Это уравненіе получается легко, взявъ моментъ нижней нагрузки для сѣченія T

Если, напр., $l = 6,0$, $a = 1,0$, $h = 3,0$ и $b = 1,5$ то $m = l - (a+h) = 2,0$ и такъ какъ $\gamma = 1000$ кил.

$$D = \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 3,0}{2} (2 \cdot 1,0 + 3,0) = 11250 \text{ кил.}$$

$$B = \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 3,0}{6 \cdot 6,0} \left[3 \cdot 1,0 (1,0 + 3,0 + 3,0)^2 \right] = 2625 \text{ кил.}$$

$$\zeta = \sqrt{\frac{2 \cdot 2625}{1000 \cdot 1,5}} = 1,87 \text{ и}$$

$$\text{такъ какъ } \zeta < h, \text{ то } M = 2625 \left(2,0 + \frac{2}{3} \cdot 1,87 \right) = 8530 \frac{\text{кил}}{\text{мтр}}$$

ляются по правилам машино-строения.

РАЗСЧЕТ СТОЙКИ.

производится всего проще слѣдующимъ образомъ:

(см. черт. 100, на которомъ означаетъ CG — стойку,

VJ — верхній уровень воды, AB — дно, CD и EF —

подкосы. Напоръ воды изображаемъ графически; для

части CE — стойки онъ представится треугольникомъ

ЖКЕ, а для части EG — трапеціей ЕГНК. Будемъ вы-

ражать всѣ размѣры въ метрахъ. Если ширина щита

S — то горизонтальная полоса его Δd находящаяся

на глубинѣ $\dot{Z}$ испытываетъ напоръ $\Delta d \cdot Z = S \cdot d \cdot 1000 \cdot \Delta d$,

такъ что $Z = S \cdot d \cdot 1000$ килогр.

Такъ какъ въ этомъ уравненіи переменными суть толь-

ко Z и d, то графически ординаты Z дадутъ прямую

линію.

Раздѣлимъ плоскости КЖЕ и ЕГНК на ламелли высотой

Δd , примемъ величины Z или ихъ части $\frac{Z}{n}$ за силы,

построимъ веревочные многоугольники SR и QP; по-

лучимъ помощью замыкающихся сторонъ SP и QP да-

вленія въ точкахъ C, E и G, а также максимальные

моменты частей CE и EG. Давленіе въ C и E разла-

гаемъ по направленію подкоса и стойки. Слагающая D сжимаетъ подкосъ, а слагающая V растягиваетъ стойку CE; кромѣ того CE изгибается моментомъ $h.mn$, гдѣ h полюсное разстояніе.

Горизонтальное давленіе въ точкѣ E складывается изъ давленія части DE и EG; собственно стойку SEG слѣдовало бы рассчитывать какъ непрерывную балку о 3 опорахъ, но вслѣдствіе большихъ сотрясеній, которыми она подвергается, можно ограничиться приближеннымъ расчетомъ, такъ какъ онъ даетъ большіе размѣры

РАЗСЧЕТЪ СТОЙКИ, ОПИРАЮЩЕЙСЯ ВВЕРХУ НА ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ БРУСЪ В, НЕ ИМѢЮЩЕЙ ПРОМЕЖУТОЧНЫХЪ ОПОРЪ. (Черт. 101)

Пусть $AB = l$, g — весь 1 куб. метр. воды, b — разстояніе отъ середины до середины щита двухъ смежныхъ отверстій, a — глубина низовой воды, h — высота подпора. Полный напоръ на стойку $D = \gamma \frac{bh}{2} (2a+h)$, а его моментъ по отношенію къ A:

$$M = \gamma b \left[ah \cdot \frac{a+h}{2} \left(a + \frac{h}{3} \right) \right] = \gamma \frac{bh}{6} \left[3a(a+h) + h^2 \right]$$

доножек) опредѣляются расчетомъ, но дѣлаются не меньше нѣкоторыхъ, практикой установленныхъ минимальныхъ размѣровъ. Такъ уже выше было сказано, что для щитовъ берутъ доски толщиной не меньше 5 см. при болѣе тонкихъ доскахъ бываетъ невозможно прочное прикрѣпленіе къ нимъ шпонокъ, соединяющихъ ихъ между собой и трудно бываетъ предупредить несмотря на оковки, чтобы вслѣдствіе перемены сырости, сухости щиты не коробились. Для желѣзныхъ щитовъ можно брать листы толщиной до 2 см.

Толщина стоекъ подкоса и краснаго бруса должна быть не меньше 12 см., а при большихъ отверстіяхъ не меньше 20 см.

При расчетѣ принимаютъ допускаемое напряженіе, максимумъ для дерева 60 кил на 1 кв.см.

" " желѣза 700 " " "

" для чугуна при сжатіи 700 " " на 1 кв.см.

" " " " растяж. 150-250 " " "

Для большихъ частей подвергаемыхъ растяженію, чугунъ употреблять не слѣдуетъ.

Конструкція и размѣры подъемныхъ приборовъ опредѣ-

По формулѣ $KJ = Mc$ или $KW = M_{\text{тх}}$ получаются для деревянной стойки слишком большіе размѣры, поэтому беремъ для нея двуглавровую балку. Если положимъ для желѣза $K = 700 \frac{\text{кг}}{\text{кв.см}}$, то моментъ сопротивленія этой балки долженъ быть

$$W > \frac{M_{\text{тх}}}{K} = \frac{853000}{700} > 1219 \frac{\text{кв.см}}{\text{см}}$$

РАЗСЧЕТЪ ЩИТОВЪ. (Черт. 102)

Щиты подвергаются внизу большему напору, чѣмъ сверху, но увеличивать толщину досокъ сверху внизъ было бы затруднительно, поэтому рассчитываютъ щиты на максимальный напоръ и даютъ имъ постоянную толщину. Обозначимъ черезъ $2l$ — ширину отверстія, d — разстояніе нижней грани щита отъ уровня воды, e — толщину досокъ, то напоръ на горизонтальную полосу высотой 1 см. на глубинѣ $d = \frac{1}{100} \cdot 2l \cdot d \cdot 1000$. Для расчета удобно брать только l въ метрахъ, а прочіе размѣры въ сантиметр., такъ что l получится въ см.

Если черезъ K обозначимъ безопасное напряженіе въ килогр. на 1 кв.см, то по формулѣ изгиба

$$\frac{1}{2} p l^2 = \frac{1}{6} k b e^2$$

гдѣ l — $\frac{1}{2}$ ширины щита въ сантиметр., p — давленіе въ килогр. на 1 погон. сантиметр. щита и $b = 1$ сантиметр. Полное давленіе на ширинѣ $2l = \frac{1}{100} 2l \cdot d \cdot 1000$, слѣдов. на 1 сантиметр. ширины $\frac{1 \cdot 2l \cdot d \cdot 1000}{100 \cdot 200l}$ — поэтому

$$p = \frac{1}{10} d; \quad \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10} d l^2 = \frac{1}{6} k \cdot l \cdot e^2 \quad \text{откуда} \quad e = l \sqrt{\frac{6}{20} \cdot \frac{d}{k}}$$

Для дерева $k = 60$ такъ что $e = \frac{1}{10} l \cdot \sqrt{\frac{d}{2}}$, гдѣ e и l въ сантиметр., а d въ метр.

ЖЕЛѢЗНЫЙ ЩИТЪ

можетъ быть составленъ изъ листовъ разной толщины, скрѣпленныхъ ребрами 1, 2, 3, 4 (см. чер. 91, 92 и 103).

Для опредѣленія толщины листовъ и реберъ выражаемъ напоръ Z въ килограммахъ, въ зависимости отъ глубины d въ метр., всѣ остальные размѣры беремъ въ сантиметр. Для 1-го сантиметр. высоты щита, котораго длина $2l$ сантиметр.

$$Z = \frac{1}{100} \cdot \frac{2l}{100} \cdot d \cdot 1000 = 0,2ld.$$

По этому уравненію могутъ быть изображены напоры плоскостями 4CD3, 3DE2 помощью веревочныхъ

многоугольниковъ между 43, 32, 21 можно опредѣлить максимальные моменты для вычисленія толщинъ листовъ и давленія на ребра 1, 2, 3, 4 для расчета ихъ. Для большей безопасности замѣняютъ трапеціи 4CD3, 3DE2 и т.д. прямоугольниками 4GD3, 3HE2....

Такимъ образомъ на части 1, 2 2, 3 3, 4 нагрузка ^{р 2л. 2л.} будетъ распредѣлена равномерно и для расчета листовъ между 1 и 2 получаемъ формулу $\frac{1}{2} p l^2 = \frac{1}{6} k \cdot 2l \cdot e^2$ гдѣ $p = 0,2ld$ и слѣдов. $e = m \cdot \sqrt{0,3 \frac{d}{k}}$

Такимъ же образомъ толщина листовъ между 2 и 3 $e = n \cdot \sqrt{0,3 \frac{d_2}{k}}$ и между 3 и 4 $e = o \cdot \sqrt{0,3 \frac{d_3}{k}}$; d, d_2 и d_3 выражены въ mtr, а прочіе размѣры въ сантиметр. $k = 700 \frac{\text{кил}}{\text{ксм}}$. Для расчета реберъ беремъ тоже равномерную нагрузку. Моментъ сопротивленія ребра $R = \frac{1}{2} p l^2$

(при отверстіи 2l) Здѣсь p - давленіе на 1 пог. см. ребра. Такъ напр. полное давленіе на ребро 2 при этихъ предположеніяхъ $= \frac{1}{2}$ площади 2JF1 + $\frac{1}{2}$ площ. 3HE2 = $mz_1 + nz_2$ поэтому напоръ $= 0,2l(md_1 + nd_2)$ на всю длину 2l см. и на 1 погон. сантиметр. $p = 0,1 (md_1 + nd_2)$; слѣдов. $R = \frac{1}{20} l^2 (md_1 + nd_2)$.

Полезно располагать ребра такимъ образомъ, чтобы на каждое изъ нихъ приходилось одинаковое давление, тогда

$$pd_1 + pd_2 = pd_2 + ed_3 = ed_3 + pd_4$$

СОПРОТИВЛЕНІЕ ДВИЖЕНІЮ ЩИТОВЪ.

Подъемные приборы обыкновенно устраиваютъ съ такимъ расчетомъ, чтобы для подъема щита требовалось не болѣе 1-го или 2-хъ рабочихъ.

Коеффициентъ тренія дерева на деревѣ, дерева на желѣзѣ и желѣза на желѣзѣ въ этихъ конструкціяхъ менѣе 0,3, но вслѣдствіе возможныхъ засореній его не слѣдуетъ брать ниже 0,3, кромѣ того принимаютъ, что напоръ на весь щитъ постоянный и равный тому, какой получается для низшаго ребра его. Если высоту щита обозначимъ черезъ i (въ сантимтр.), ширину (въ сантимтр.) черезъ $2l$, а глубину его низкой грани подъ уровнемъ низкихъ водъ = d метровъ, то давление на щитъ $N = 0,2lq \cdot i$, поэтому сопротивленіе тренія fN для $f = 0,3$ будетъ $0,06lq \cdot i$ килогр.

Примѣръ. Положимъ, что въ точкахъ 1, 2, 3, 4 (ч. 103)

устроены фрикціонные ролики, и будемъ, какъ и прежде, принимать за напоры прямоугольники G43D, H32E и J21F. Давленіе на оба ролика з будетъ $P = m_1z_1 + m_2z_2$ и такъ какъ $z = 0,2l_1d$, то $P = 0,2l_1(m_1d_1 + m_2d_2)$, слѣд. на 1 роликъ оно $= 0,2l_1(m_1d_1 + m_2d_2)$. Ролики слѣдуетъ распредѣлять такъ, чтобы давленіе на нихъ были почти одинаковы.

Шандорные брусья получаютъ одинаковую толщину, также какъ и доски деревяннаго щита. Стойки шандорныхъ плотинъ рассчитываются по тѣмъ же правиламъ, что и стойки щитовъ и устоевъ.

С. ИГОЛЬЧАТЫЯ ЗАПРУДЫ.

Въ игольчатыхъ запрудахъ плотина образуется наклонными, почти вертикальными брусьями, называемыми иголками или тоже шандорами. На двѣ рѣки опору для иголокъ образуетъ балка, прикрѣпленная ко дну или какая нибудь другая конструкция, представляющая выступающій надъ дномъ небольшой порогъ; вверху иголки опираются на балку или мостъ. Промежуточныхъ опоръ иголки не получаютъ никогда, такъ что они имѣютъ только двѣ опорныя точки: одну на днѣ

и другую вверху - надъ водой. Толщина иголокъ про-
вѣряется расчетомъ, а ширина зависитъ отъ вѣса,
который ограниченъ тѣмъ, что иголку долженъ вста-
влять и вынимать одинъ рабочій. Длина ихъ должна
быть такая, чтобы верхніе концы выступали изъ во-
ды и во время самыхъ высокихъ водъ.

Вода никогда не должна переливаться черезъ иголь-
чатую плотину, поэтому въ такихъ мѣстахъ, гдѣ го-
ризонть воды можетъ подниматься быстро и неожидан-
но игольчатая плотина соединяютъ со спусками. Бал-
ки, на которыя опираются иголки вверху, обыкновен-
но располагаютъ на подвижныхъ опорахъ, которыя мо-
жно укладывать на дно, вслѣдствіе чего длина иголь-
чатыхъ плотинъ можетъ быть произвольна.

Игольчатая плотина изобрѣтены французскимъ инжене-
ромъ Пуаре (Poigée), который построилъ первую та-
кую плотину въ 1873 г. на р. Іоннѣ (Ionne).

Всѣ построенныя вполнѣдствіи этого рода плотины
представляютъ только подражанія конструкціи Пуаре.
Длина иголокъ зависитъ отъ глубины воды; въ суще-
ствующихъ плотинахъ она не превышаетъ 4 mtr, изъ

которых 0,30 мтр отходить на ручку; (толщина игло-
локъ бываетъ 4 до 10 см., а ширина около 15 см.;
впрочемъ обѣ эти величины опредѣляются расчетомъ).
За максимумъ длины можно принимать 4 мтр, а за ми-
нимумъ толщины - 4 см. Чѣмъ тоньше иглоки, тѣмъ
легче ими дѣйствовать и потому не слѣдуетъ никогда
дѣлать ихъ толще, чѣмъ необходимо.

РАСЧЕТЪ ТОЛЩИНЫ ИГОЛОКЪ. На черт. 104 означаетъ AD
иглоку, которая внизу опирается на выступъ дна A,
а вверху имѣетъ опору въ D; VW - горизонтъ высшихъ,
ST - горизонтъ низкихъ водъ. Нагрузка иглоки про-
исходитъ отъ напора воды; на полосу высотой Δn и
шириной b , находящейся на глубинѣ x , напоръ равня-
ется, если Δn и b выразимъ въ сантиметр., а x въ
метр.

$$\frac{\Delta n}{100} \cdot \frac{b}{100} \cdot 1000 = 0,1 \cdot b \cdot X \cdot \Delta n$$

Если отложимъ x на мѣстѣ Δn , какъ ординату (принимъ
AB за ось абсциссъ, то площадь узкой полосы Δn
будетъ $x \cdot \Delta n$; напоръ изобразится прямой BC, которая
отъ ординаты SC, соответствующей горизонту низкихъ
водъ, переходитъ въ прямую CE, параллельную AB

Примем ЕСВ за линию нагрузки, построим для нее силовой и веревочный многоугольники MQN; помощью замыкающей линии MN получим в силовом многоугольнике (который на черт. 104 не вычерчен) давления P_1 и P_2 ; если полюсное расстояние h , а максимальная ордината UV веревочного многоугольника = Y_m , то максимальный момент $M = 0,1b.h.Y_m$. Иголки всегда делают деревянными; обозначим через K - безопасное напряжение дерева, e - толщину иголки, которой ширина b , то по формуле изгиба простой балки

$$M = \frac{1}{6}kbe^2 \dots \dots (I)$$

где $k = 60$ кил. на 1 кв.см.; подставив для k значение, получим

$$M = 10be^2, \text{ откуда } e = \sqrt{\frac{M}{10b}}$$

Так как горизонт VW находится всегда вблизи опоры D, то можно принять, что он проходит через D; равнодействующая давления на иголку будет тогда в расстоянии $= \frac{2}{3} AD$ от D. Если расстояние точки D от горизонта S обозначим через t , длину SD - через $2l$ и ширину иголки через b ; то напор на

иглоку $Q = \frac{b}{100} \cdot \frac{2l}{100} \cdot \frac{2}{3} t \cdot 1000 = \frac{4}{30} b l t$. Максимальный момент при предположении равномерной нагрузки

$$M = \frac{Q \cdot 2l}{8} = \frac{4}{30} \cdot \frac{2}{8} b l^2 t = \frac{1}{30} b l^2 t. \text{ По формулѣ (1):}$$

$$\frac{1}{30} b l^2 t = \frac{1}{6} k b e^2, \text{ для } k = 60, e = \frac{l}{10} \sqrt{\frac{t}{3}} \quad (\alpha)$$

Въ этой формулѣ глубина t выражена въ метрахъ, а l и e въ сантиметрахъ.

Исслѣдованіе формулы (α) показываетъ, что высокія игольчатныя плиты возможны безъ неудобства только при небольшой разности t высотъ подпруженной и низовой воды. Напоръ воды для $t = 3$ до 4 мтр требуетъ уже столь тяжелыхъ игловокъ (шандоровъ), что бываетъ затруднительно вынимать ихъ и устанавливать руками одному человѣку. Находящаяся въ водѣ часть иглойки получаетъ обыкновенно прямоугольное сѣченіе, а верхняя часть такую форму, чтобы легко было брать ее руками. Иногда каждая иглойка получаетъ на разстояніи 50. см. ниже ручки крючокъ, который можно захватывать крюкомъ, чѣмъ облегчается подъемъ ея и установка. Если плита устроена такимъ образомъ, что при открываніи иглойки падаютъ въ воду, то ихъ

соединяють веревкой, продѣтой черезъ отверстія, сдѣланныя въ верхнихъ концахъ. Желѣзныя оковки получаютъ только большія иглоки. Плоскости соприсаганія должны быть точно прилажены, чтобы иглоки образовали плотную плотину.

ОПОРА ИГОЛОКЪ НА ДНѢ РѢКИ.

Если дно рѣки состоитъ изъ скалы, состоящей изъ хрѣпкаго камня, то бываетъ достаточно выровнять дно и вытесать въ немъ фальць для иглоковъ. Но если изготовленіе правильнаго фальца затруднительно, то укрѣпляютъ въ немъ брусъ помощью каменныхъ болтовъ (черт. 105).

Когда грунтъ не скалистый, то бываетъ нуженъ простой или свайный ростверкъ, забученный бетономъ или мостовкой или дно вымачивается тесовымъ камнемъ. Ростверкъ изготовляется въ двухъ частяхъ такимъ образомъ, что низовая часть на 10-20 см. выступаетъ надъ верховой; въ образованный такимъ образомъ фальць укрѣпляютъ брусъ, на который опираются иглоки; этотъ брусъ часто бываетъ двойной.

Если дно вымачивается тесовымъ камнемъ, то фальць

изготавливается изъ камня и игёлки опираются на него непосредственно (черт. 111) или образуютъ выступъ помощью деревяннаго бруса, укрѣпленнаго въ мостовой (черт. 108).

ОПОРА ИГОЛОКЪ ВВЕРХУ.

Опора вверху должна имѣть достаточное сопротивленіе для напора P_2 (черт. 104), производимаго на нее игёлками. Иногда такой опорой служить мостъ, который бываетъ нуженъ для того, чтобы можно было къ игёлкамъ подходить или устраивать неподвижные бики, на которые укрѣпляютъ балки, служащія игёлкамъ опорой. Но это устройство бываетъ тогда, когда не требуется, чтобы во время высокихъ водъ русло было свободно отъ всякихъ сооружений. Въ противномъ случаѣ игёлки опираются на брусъ, расположенные на желѣзныхъ рамахъ, устроенныхъ такимъ образомъ, что они могутъ ложиться горизонтально на дно рѣки. Этотъ послѣдній случай самый обыкновенный.

ИГОЛЬЧАТЫЯ ПЛОТИНЫ ВЪ СОЕДИНЕНІИ СЪ МОСТОМЪ.

Примѣръ такой плотины представленъ на черт. 106 и
Плотины.

107. Иголки опираются вверху на балку АВ, которая своими концами прикасается къ опорамъ моста. Балка подвѣщена помощью двухъ зубчатыхъ реекъ къ подъемному прибору, укрѣпленному на перилахъ. Когда желаютъ открыть плотину, то поднимаютъ балку вверху, вслѣдствіе чего иголки, потерявъ опору, падаютъ въ воду. Чтобы они не могли быть унесены теченіемъ, соединяютъ ихъ верхніе концы веревкой или цѣпью, одинъ конецъ которой прикрѣпленъ къ мостовой опорѣ помощью кольца. Когда требуется установить запруду, то опускаютъ балку и устанавливаютъ одну иголку за другой.

ИГОЛЬЧАТЫЯ ПЛОТИНЫ СЪ НЕПОДВИЖНЫМИ УСТОЯМИ или БЫКАМИ. Такая плотина получилась бы изъ предыдущей, если бы балка АВ была прикрѣплена неподвижно къ мостовымъ опорамъ, что было бы возможно въ случаѣ, когда не требуется, чтобы, напр., для прохода судовъ высота подъ мостомъ была свободна.

Такія плотины можно бы строить и независимо отъ моста и тогда вмѣсто мостовыхъ опоръ были бы нужны особые устои и быки, къ которымъ могла бы быть при-

крѣплена балка АВ. Нагрузка этой балки равномерна, при чемъ каждая иголка производитъ на нее давленіе P_2 (черт. 104). Расчетъ этой балки по формулѣ изгиба, поэтому весьма простъ; если бы моментъ сопротивленія одиночнаго бруса оказался недостаточнымъ, то его можно усилить устройствомъ двойнаго бруса или замѣнить его горизонтальной фермой. Вообще для возможности доступа къ иголкамъ почти всегда устраиваютъ вдоль нихъ мостики, и только въ рѣдкихъ случаяхъ употребляютъ для этого лодки.

Неподвижныя опоры строить изъ камня, дерева и жѣлѣза; на черт. 105 и 105а представлена игольчатая плотина съ деревянными опорами, построенная на скалистомъ грунтѣ. Опоры расположены на разстояніяхъ 5 mtr другъ отъ друга и каждая состоитъ изъ двухъ наклонныхъ брусевъ, входящихъ концами въ скалу и соединенныхъ съ послѣдней каменными болтами. Верхними концами эти брусья опираются взаимно и вершина соединена со скалой особымъ каменнымъ болтомъ. Въ верху къ этимъ ногамъ привинчены поперечины q , на которыхъ расположены 3 балки a, b, c ,

распертыя брусками p , на которыхъ устроены досчатый настилъ, шириною 1,6 мтр. Крайнія балки a и c связаны съ ногами желѣзными полосами, а ноги скрѣплены стойками S, S . Иголки i опираются на мостъ ac , а внизу на брусъ t , прихвѣщенной къ скалѣ каменными болтами. Въ мягкомъ грунтѣ было бы затруднительно укрѣпить прочно наклонныя ноги и тамъ деревянныя опоры состояли бы изъ стоекъ, укрѣпленныхъ для сопротивленія напору воды, горизонтальными и діагональными схватками. Когда опоры изготавляютъ изъ желѣза, то ихъ всегда дѣлаютъ неподвижными.

ИГОЛЬЧАТЫЯ ПЛОТИНЫ СЪ ПОДВИЖНЫМИ РАМАМИ.

Первая такая плотина была построена инженеромъ Поаре близъ Эпина (Epineau) на р. Говнь въ 1837 г. Каждая изъ промежуточныхъ опоръ этой плотины представляетъ желѣзную раму, поворачивающуюся около горизонтальной оси, находящейся на днѣ рѣки. Въ вертикальномъ положеніи рамы соединяются желѣзными стержнями съ вилкообразными выступами, разстояніе которыхъ равно взаимному разстоянію рамъ; эти вил-

ки обхватываютъ верхніе пояса рамъ. Рамы укладываются на днѣ въ устроенномъ для нихъ углубленіи, такъ что при открытой плотинѣ никакая часть ея не выступаетъ надъ дномъ. При разборкѣ этой плотины нужно вынимать одну иголку за другой, что бываетъ неудобно, когда открываніе плотины должно происходить быстро. Поэтому въслѣдствіи плотины Поаре получили устройство, изображенное на черт. 108, 109 и 110. Черт. 108 представляетъ сѣченіе по направленію теченія, черт. 109 - вертикальный видъ установленной плотины, т.е. сѣченіе перпендикулярное къ берегамъ, а черт. 110 - горизонтальный видъ, на которомъ удалены внизу рамы, лежація на днѣ, а сверху установленныя вертикально). Рама скрѣплена діагональнымъ стержнемъ. Продолженія ея нижняго стержня образуютъ шипы а, а, около которыхъ она поворачивается. Дно вымощено тесовымъ камнемъ и въ немъ устроено углубленіе mnpq, идущее непрерывно отъ одного берега до другого. Въ этомъ углубленіи помѣщены брусья А и В, которые удерживаются въ правильномъ разстояніи поперечными брусками р, устроен-

ними подъ каждой рамой. Брусъ В соединенъ съ дномъ помощью брусковъ С и клиньевъ К и К. Въ брусѣхъ А и В находятся подшипники для шиповъ а, а рамы, обдѣланныя металломъ; брусъ А выступаетъ изъ дна вверхъ и на него опираются нижніе концы иглокъ. Въ верху на рамахъ лежатъ доски d, d, такимъ образомъ, что на конецъ одной доски располагается конецъ другой; черезъ обѣ доски и черезъ верхній стержень рамы проходитъ шкворень b, который можно свободно руками вынимать и вставлять. Доски соединяютъ рамы между собою и на нихъ опираются иголки i. Каждая двѣ рамы соединены между собой цѣпью, имѣющую такую длину, что одна рама можетъ стоять, а другая лежать на днѣ; для укрѣпленія концовъ цѣпи служить стержень u съ ушкомъ. Иголки связаны между собою веревкой, продѣтой черезъ отверстія, устроенныя въ ихъ верхнихъ концахъ. Разборку плотины начинаютъ съ берега; для этого вынимаютъ шкворень b и отодвигаютъ доску d, вслѣдствіе чего иголки падаютъ въ воду, а сдѣлавшаяся свободной рама укладывается на дно; затѣмъ можно перейти къ слѣ-

дующей рамы и т.д. Установка плотины производится обратнымъ способомъ. Помощью цѣпи сначала поднимаютъ рамы, ближайшія къ берегу, передвигаютъ на нихъ доски и соединяютъ двѣ рамы болтами, послѣ чего переходятъ къ слѣдующей рамы и т.д. и затѣмъ устанавливаютъ иголки одну за другой. На черт. 111-116 представлена болѣе совершенная конструкція этого рода плотинъ, при чемъ черт. 111 изображаетъ разрѣзъ плотины вертикальной плоскостью, параллельной берегу, на которомъ видны конструкція клепанной рамы изъ угольниковъ, иголки, верхнія доски.

Черт. 112 - вертикальный разрѣзъ изъ рамы, видъ иголокъ и пр.

Черт. 113 - поперечный видъ шиповъ, около которыхъ поворачивается рама.

Черт. 115 - вертикальный видъ нижняго угла рамы, къ которому прикрѣпленъ шипъ S.

Черт. 116 - горизонтальный разрѣзъ этого угла, на которомъ видно соединеніе шипа съ рамой.

Черт. 114 - разрѣзъ того же угла по АВ.

На верхнихъ поясахъ рамъ устроены ролики V (черт. 111)

черезъ которые проходить общая цѣпь для всѣхъ рамъ. На берегу эта цѣпь навивается на валъ, приводимый во вращеніе помощью рукоятки. Чтобы опустить крайнюю раму, сматываютъ столько цѣпи съ вала, чтобы эта рама могла улечься на дно; затѣмъ соединяютъ цѣпь съ помощью крючка со слѣдующей рамой, опускаютъ эту на дно и такъ далѣе. Наматывая затѣмъ цѣпь на валъ можно въ обратномъ порядкѣ поднимать постепенно одну раму за другой. Слабымъ мѣстомъ въ этихъ конструкціяхъ являются шипы S, которые подвергаются изгибу; болѣе правильное устройство представлено на черт. 118, въ которомъ шипы подвержены простому срыванію; черт. 117 показываетъ соединеніе шипа съ рамой.

Иголки въ этихъ плотинахъ иногда замѣняютъ щитами, движущимися въ пазахъ рамъ; разстояніе между рамами обыкновенно не болѣе 1 мтр, а высота щитовъ для удобства подъема рѣдко превышаетъ $\frac{3}{4}$ мтр. При болѣе глубокой водѣ дѣлать щитъ по высотѣ на 2 или 3 части.

На Москворѣцкихъ плотинахъ конструкція могла быть

упрощена вслѣдствіе того, что рамы этихъ плотинъ приходится опускать на дно рѣки обыкновенно только одинъ разъ въ годъ (такъ какъ въ теченіи лѣта уровень въ Москвѣ-рѣкѣ измѣняется мало). Ширина отверстій этихъ плотинъ 1,1 до 1,25 mtr, а высота рамъ (глубина подпруженной воды) 2,3 до 3,1 mtr. Отверстія здѣсь закрываютъ горизонтальными досками, сѣченіе которыхъ имѣетъ высоту 25 см., а толщину 7 см., прислоненными къ рамамъ. Доски поднимаются крюками для чего къ каждой доскѣ прикрѣплены по 2 куса дерева. Для поднятія верхнихъ досокъ достаточно двухъ рабочихъ, но для нижнихъ нужны 4 человѣка.

Для закрыванія отверстій употребляютъ также плоскости, изготовленныя изъ деревянныхъ стержней, соединенныхъ собою шарнирами такимъ образомъ, что могутъ быть наворачиваемы на валъ (въ родѣ жалюзій). Такихъ плотинъ имѣется нѣсколько на р. Сенъ во Франціи.

РАЗСЧЕТЪ РАМЪ. Если t — глубина воды (черт. 119, таб. 9), n — длина AD иголокъ и l — разстояніе двухъ смежныхъ рамъ, то на одну раму дѣйствуетъ равнодѣй-

ствующая сила воды, перпендикулярная къ иглокамъ.

$$W = \frac{1000t \cdot n \cdot l}{2} \quad (\text{гдѣ всѣ размѣры въ мтр}); \text{ ея точка}$$

приложенія q отстоитъ отъ конца D иглокъ на раз-
стояніи $Dq = \frac{1}{3}AD$. Эта сила W уравнивается ре-

акціей R точки D , которая параллельна W и сопро-

тивленіями стержней d и c (изъ равновѣсія узла B
легко узнать, что напряженія стержней a и b зави-

сятъ только отъ нагрузки узла B ; если узелъ B не
нагруженъ, то напряженія $a=b=0$). Такимъ образомъ

находимъ, что въ равновѣсіи находятся 4 ^тсилы: W ,

R , d и c . Поэтому равнодѣйствующая S двухъ изъ нихъ

равна и прямо противоположна равнодѣйствующей

двухъ остальныхъ. Силы W и d пересѣкаются въ G ,

а силы c и R въ точкѣ H поэтому S проходитъ че-

резъ G и H . Разлагаемъ силу W на слагающія d и S

(черт. 119а), а силу S на слагающія R и c . При

этомъ расчетѣ не принята во вниманіе нагрузка

стержней рабочими, потому что она случается рѣд-

ко и всегда дѣйствуетъ весьма короткое время.

АНАЛИТИЧЕСКІЙ РАЗСЧЕТЪ (ч. 120)

Давленіе въ B получается такимъ же образомъ, какъ

давление на стойку съ той только разницей, что иголки всегда немного наклонены и потому будетъ,

если $\angle$ - уголъ иголки съ вертикалью и b - расстояние рамъ, напоръ $D = \frac{bh(2a+h)}{2cs\alpha}$ и моментъ $M = \frac{bh}{6cs\alpha} \left[3a(a+h)+h^2 \right]$.

Давление въ В: $B = \frac{M}{I}$ и въ А: $A = D - \frac{M}{I} = D - B$

$$\max M = \frac{B}{cs\alpha} \left(m + \frac{2}{3} \right) = \frac{A^2}{2f b h} \quad \} = \sqrt{\frac{2Bcs\alpha}{f b}}$$

По способу Риттера получаемъ

$$z = +\frac{Bc}{e} \quad y = -\frac{Bf}{g}$$

Примѣръ. Высота горизонта подпруженной воды = 2,4

м; высота рамы 2,6 mtr и горизонтъ низовой воды

0,30 , поэтому $h = 2,1$ и $m = 0,2$; длина АВ = 2,65 ,

слѣдов. $cs\alpha = \frac{2,60}{2,65} = 0,98$, $cs^2\alpha = 0,96$.

Для =1mtr будетъ $D = \frac{1000 \cdot 2,10}{2 \cdot 0,98} (2 \cdot 0,30 + 2,1) = 2890$ кил.

$$M = \frac{1000 \cdot 2,10}{6 \cdot 0,96} \left[3 \cdot 0,30(0,30 + 2,10) + 2,10^2 \right] = 2390 \text{ м/к}$$

$$B = \frac{2390}{2,65} = 903 \text{ к, } \quad \} = \sqrt{\frac{2 \cdot 903 \cdot 0,98}{1000}} = 1,33 \text{ м}$$

Положимъ, что поперечное сѣченіе иголокъ квадратъ

со стороной 8 см. Тогда давление иголки въ В: $\beta =$

$= 0,08 \cdot 903 = 72 \text{ к}$ и максимальный моментъ

$$\frac{72}{0,98} (0,20 + \frac{2}{3} 1,33) \text{ м/к} = \text{пх.М.}$$

Такъ какъ моментъ сопротивленія иголки $W = \frac{8.8^2}{3} = 85,4$, то наибольшее напряженіе иголки

$$\gamma = \frac{\text{пх.М}}{W} = \frac{80.100}{85,4} = 94 \text{ к/кв.см.}$$

Верхняя доска, на которую опираются иголки, нагружена равномернo въ 903 кил. на 1 погон. метръ.

При выниманіи иголки нужно преодолѣть давленіе β ; если ручка иголки находится на разстояніи 0,5 мtr отъ опоры В, то сила, нужная для того, чтобы иголку отодвинуть, будетъ $P = \frac{72.2,65}{2,65+0,50} = 30,5 \text{ кил} = 3,7 \text{ пуд.}$

В. ПЛОТИНЫ СЪ КЛАПАНАМИ.

Запруду въ этихъ плотинахъ образуютъ вертикальныя щиты, вращающіеся около горизонтальной оси и называемые клапанами. Иногда устраиваютъ также щиты съ вертикальной осью, но они менѣе удобны, такъ какъ препятствуютъ свободному теченію воды, а образуемая ими запруда не представляетъ болѣе плотности, чѣмъ клапаны съ горизонтальной осью. По-

слѣдніе опрокидываются въ горизонтальное положеніе напоромъ воды; но имѣются устройства, въ которыхъ клапаны поднимаются напоромъ; поэтому различаютъ плотины: а) открываемыя напоромъ воды, б) открываемыя и закрываемыя напоромъ. Оба рода употребляются съ давняго времени для увеличенія подпора въ глухихъ плотинахъ, а со времени изобрѣтенія Поаре начали употреблять ихъ и для закрыванія спусковъ.

1. КЛАПАННЫЯ ПЛОТИНЫ, ОТКРЫВАЕМЫЯ НАПОРОМЪ ВОДЫ. Простѣйшее устройство этихъ плотинъ представляютъ доски, шириной до 30 см., длиной отъ 3-5 мтр., которыя употребляютъ для возвышенія гребня глухой плотины. Ихъ соединяютъ съ гребнемъ шарнирами и укрѣпляютъ шпонками, прибитыми гвоздями. При внезапныхъ паводкахъ они опрокидываются сами собой, такъ какъ подпираются съ низовой стороны легкими подкосами, не имѣющими достаточно сопротивленія для напора. Когда вода спала, то доски устанавливаютъ вновь руками. На черт. 122, 123, 124 и 125 представлена конструкція Тенара (Tenard), употреблен

ная на р. Иль (Isle); она устроена на гребнѣ глухой каменной плотины для увеличенія образуемаго послѣдней подпора. Плотина состоитъ изъ двухъ рядовъ клапановъ, изъ которыхъ низовыя a образуютъ плотину, а верховыя b служатъ только для облегченія доступа къ низовымъ. Клапаны вращаются около шарнировъ, укрѣпленныхъ въ деревянномъ брусѣ, заѣланномъ въ кладкѣ глухой плотины. Низовые клапаны a удерживаются въ стоячемъ положеніи стержнями t, соединенными съ клапанами шарнирами, а внизу упирающимися на выступъ C, прикрѣпленный къ кладкѣ. Верховые клапаны b соединены цѣпами со столбиками ш, находящимися немного выше ихъ такимъ образомъ, что не могутъ быть опрокинуты напоромъ; къ этимъ столбикамъ прикрѣпленъ горизонтальный брусъ, служащій опорой для щитовъ b при ихъ горизонтальномъ положеніи и къ нему прикрѣплены костыли V, придерживающіе пружинныя полосы S. Поперекъ рѣки устроены два горизонтальныхъ желѣзныхъ стержня, оканчивающіеся зубчатыми рейками; одинъ изъ этихъ стержней идетъ вдоль костылей y, а другой - вдоль вы-

ступовъ с. На дтихъ стержняхъ устроены выступы та-
кимъ образомъ, что при передвиженіи эти выступы
постепенно захватываютъ за полосы h и за подкосы t
и отодвигаютъ ихъ съ мѣста. Когда плотина разобра-
на (черт. 125) и хотятъ ее установить, то съ берега
передвигаютъ стержень, идущій вдоль костылей у
вслѣдствіе чего полосы h освобождаются; одинъ кла-
панъ за другимъ поднимается и удерживается въ вер-
тикальномъ положеніи напоромъ воды. Плотина дѣла-
ется теперь доступной и клапаны а устанавливаются
руками. Такъ какъ клапанъ б немного ниже клапана а,
то пространство между а и б быстро заполняется во-
дою, вслѣдствіе чего клапанъ б падаетъ обратно и
замыкается костылемъ у. Если хотятъ разобрать пло-
тину, то помощью зубчатого колеса и рукоятки пере-
двигаютъ стержень, идущій вдоль выступовъ с, кото-
рый отодвигаетъ одинъ подкосъ за другимъ, вслѣдствіе
чего клапаны а, потерявъ опору, падаютъ на гребень
глухой части плотины.

Шаноанъ (Chanoine) измѣнилъ систему Тенара такимъ
образомъ, что верховые щиты б устранилъ, а вмѣсто

нихъ устроилъ игольчатую плотину Поаре (черт. 126 и 127); кромѣ того стержень, идущій вдоль выступовъ с, на которые упираются нижніе концы подкосовъ, клапановъ, онъ приводитъ въ движеніе водянымъ колесомъ. Это колесо приходитъ въ движеніе тогда, когда горизонтъ воды поднимается выше нѣкотораго предѣла; плотина такимъ образомъ сдѣлана самодѣйствующей по отношенію къ открыванію ея. Установка плотинъ происходитъ такимъ образомъ, что сначала устанавливаютъ игольчатую плотину, а затѣмъ рабочіе, находясь на послѣдней, захватываютъ помощью длинныхъ стержней, оканчивающихся крючками за бугели у (черт. 127), укрѣпленные на концахъ щитовъ и поднимаютъ послѣдніе до тѣхъ поръ, пока покосы не упрутся въ соотвѣтственные выступы. (Подробности см. Annales des ponts et chaussées 1851 и Allg. Bauzeitung 1857).

17

15. САМОДѢЙСТВУЮЩІЯ ПЛОТИНЫ.

Эти плотины состоятъ обыкновенно изъ клапановъ (съ горизонтальной осью), устроенныхъ такимъ образомъ, что напоръ при низкомъ горизонтѣ держитъ ихъ

запертыми, а при высокомъ онъ ихъ открываетъ. Само-
дѣйствующая плотина съ горизонтальной осью предста-
влена на черт. 128 и 129. Ось устроена на разстояніи
 $= \frac{2}{3}$ максимальной глубины; когда горизонтъ ниже, то
давленіе на нижнюю часть клапана будетъ больше, чѣмъ
на верхнюю и плотина остается закрытой, а если го-
ризонтъ поднимается выше этого максимальнаго, то
клапанъ опрокинется и займетъ положеніе черт. 129.
На черт. 130-133 изображена плотина, представляющая
комбинацію обыкновенной клапанной плотины съ само-
дѣйствующей. Подкосъ отодвигается отъ выступа, какъ
и въ плотинѣ Тенара, помощью передвиженія соотвѣт-
ственнаго стержня. Но этотъ подкосъ соединень не
со щитомъ, а съ желѣзной рамой (черт. 130) около
верхняго стержня (vv) которой щитъ можетъ вращать-
ся; рама вращается около горизонтальной оси на днѣ
русла. Если плотина разобрана и желаютъ ее поднять,
то помощью крючковъ, надѣтыхъ на длинныя рукоятки,
захватываютъ за выступающую поперечину р (черт. 132),
прикрѣпленную для этой цѣли къ щиту и поднимаютъ

желѣзную раму до тѣхъ поръ, пока подкосъ не заскочитъ за выступъ укрѣпленной на днѣ чугунной плиты; при этомъ клапанъ остается въ горизонтальномъ положеніи, вслѣдствіе чего не приходится преодолевать напоръ. Когда желѣзная рама въ своемъ положеніи укрѣплена, то поворачиваютъ клапанъ около его оси vv и придаютъ ему надлежащее положеніе.

САМОДѢЙСТВУЮЩІЯ ПЛОТИНЫ СЪ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ состоятъ изъ двухъ полотнищъ неодинаковой ширины и неодинаковой высоты. Пусть AB (черт. 134 табл. 9) ось вращенія вертикальнаго клапана $CJKNFD$ то ширина высокаго полотнища $CJKA$ должна быть меньше ширины низкаго $ANFD$ т.е. должно $b-a < a$. Въ такомъ случаѣ если горизонтъ VW перешелъ высоту NF , то при дальнѣйшемъ поднятіи воды напоръ на сторонѣ $JKAC$ увеличивается сильнѣе, чѣмъ на сторонѣ $NFDA$. При нѣкоторой высотѣ VW будетъ равновѣсіе; при болѣе значительной высотѣ напоръ на $JKAC$ получитъ перевѣсъ и ворота откроются. Пусть b — полная ширина и x — предѣльная глубина воды (т.е. уровень не долженъ подниматься выше VW), h — высота низкаго полотнища

NFDA и требуется опредѣлить его ширину a. Если ЕН -
линія напора, то на СК давить $\frac{\gamma x}{2} (b-a)$, а на АГ -
напоръ $\gamma \left[x + (x-h) \right] \frac{h}{2} a$

Для равновѣсія должно

$$\frac{\gamma x^2}{2} (b-a) = \frac{\gamma h}{2} (2x-h) a$$

Откуда $x = \frac{x^2 b}{x(2h+x) - h^2}$

ПЛОТИНЫ, УСТАНОВЛИВАЕМЫЯ И ОТКРЫВАЕМЫЯ НАПОРОМЪ
ВОДЫ. Онѣ изготовляются изъ дерева и желѣза. При-
мѣръ деревянной конструкціи представленъ на черт.
135, 136, 137 и изображающихъ построенную въ Пенсиль-
ваніи плотину Уайта. Черт. 135 указываетъ видъ уста-
новленной плотины; оба клапана удерживаются въ под-
нятомъ положеніи напоромъ воды, находящейся въ про-
странствѣ f, которая посредствомъ канала a сообща-
ется съ подпруженной водой. Это сообщеніе достига-
ется посредствомъ открытія, устроеннаго въ устьѣ ци-
та c (черт. 137) и закрытія щита d, вслѣдствіе чего
подпруженная вода входитъ черезъ трубу (каналъ) и
отверстіе a въ пространствѣ f снизу клапановъ. Если
требуется клапаны опустить, то закрываютъ c и открыв-

васть d, послѣ чего вода стекаетъ изъ пространства f черезъ отверстіе a и трубу e внизъ, такъ какъ e сообщается съ низовой водой, и клапаны падаютъ на дно какъ вслѣдствіе своего вѣса, такъ и вслѣдствіе вѣса находящейся надъ ними воды и получаютъ положеніе чер. 136.

Углубленіе въ днѣ устроено такимъ образомъ, что при лежащихъ клапанахъ никакая часть ихъ не выступаетъ выше дна рѣки. Для установки клапановъ пользуются напоромъ, обусловленнымъ разностью горизонтовъ верховой и низовой воды, для чего открываютъ шить d и закрываютъ C.

На черт. 138-141 представлена желѣзная самодѣйствующая плотина Дефонтена (Defontaines). На черт. 138 и 139 изображена конструкція желѣзнаго клапана, вращающагося около горизонтальной оси O. Верхняя часть S клапана служитъ запрудой, а нижняя S - помещается внутри цилиндрическаго барабана, изготовленнаго изъ желѣзныхъ листовъ (черт. 140) толщиною 7^м/ш и имѣетъ такое устройство, что дѣлитъ пространство на двѣ плотно между собою отдѣленныя части. Для дости-

женія полной непроницаемости края нижняго клапана S обдѣланы съ одной стороны кожаной полосой, при-
мыкающей къ стѣнкамъ барабана, а съ другой - рези-
новой полосой. Въ a и c имѣются отверстія, изъ ко-
торыхъ посредствомъ трубы сообщается: a - съ верхо-
вой и b съ низовой водой или наоборотъ: b сообща-
ется съ верховой и a съ низовой водой, для чего
трубы закрываются и открываются задвижками. Сверху
барабанъ закрыть непроницаемой крышкой, такъ что
при закрытыхъ отверстіяхъ a и c онъ совсѣмъ разоб-
щенъ отъ воды.

Когда плотина открыта (черт. 140) такъ что клапанъ
имѣетъ положеніе $S_1 S_2$, то пространство bc сообщается
съ верховой водой, а отверстіе a - съ низовой.
Если желаютъ установить клапанъ, то даютъ задвиж-
камъ такое положеніе, чтобы вода изъ bc могла сте-
кать внизъ, а черезъ a вошла верховая вода. Послѣ-
дняя произведетъ на S давленіе и приведетъ его въ
положеніе $S_3 S_4$. При обратномъ положеніи задвижекъ
клапанъ приметъ обратно горизонтальное положеніе.
Шистовскій строить эту плотину изъ дерева слѣдую-

шимъ образомъ: Мѣсто барабана занимаютъ двѣ перемычки, устроенныя каждая изъ двухъ рядовъ шпунтовыхъ свай; между этими перемычками во всю длину плотины образуется каналъ (барабанъ), раздѣленный поперечными стѣнками на части, т.н. ящики, сообщающіеся между собой посредствомъ устроенныхъ въ этихъ стѣнкахъ отверстій. Каждый ящикъ закрыть сверху досчатымъ полотнищемъ, вращающимся на желѣзныхъ петляхъ, прикрѣпленнымъ къ верхнему брусу низовой стѣнки канала. Сверху, на верховомъ ребрѣ полотнища, перпендикулярно къ его площади укрѣпленъ наглухо деревянный щитъ. Когда полотнище, поворачиваясь на петляхъ, опустится въ ящикъ, то щитъ опустится внизъ на столько, что его верхнее ребро будетъ въ уровень съ верхнимъ брусомъ канала и плотина опущена (передняя сторона щита и передняя сторона канала обдѣланы по дугѣ круга); когда полотнище имѣетъ горизонтальное положеніе, то укрѣпленный на немъ щитъ образуетъ плотину.

РАЗСЧЕТЪ КЛАПАННОЙ ПЛОТИНЫ.

Пусть АВ черт. 142 таб. 9 клапанъ съ горизонтальной

осью R, b - его ширина, λ - уголъ наклона съ вертикалью, m - длина AR нижней и n - длина RB верхней половины. Полный напоръ на клапанъ:

$$D = \frac{\gamma b}{2cs\lambda} \left[(a+h)^2 - a^2 - s^2 \right]$$

и его моментъ по отношенію къ A

$$M = \frac{\gamma b}{2cs\lambda} \left\{ (a+h)^3 - a^3 - s^2 [3(a+h) - 2s] \right\}$$

Плечо напора D для оси R обозначимъ черезъ e, считая его положительнымъ, когда D находится ниже R и отрицательнымъ - если выше R, то $M_a = D(m-e)$

поэтому
$$e = m - \frac{Ma}{D}$$

Когда e положительно, то клапанъ прижимается внизу и тогда давленіе $A = \frac{De}{m} = D - \frac{Ma}{m}$

При $e=0$ клапанъ находится въ равновѣсіи, а при отрицательномъ e онъ отстаетъ отъ порога и отверстіе открывается. Если бы самодѣйствующаго открыванія не требовалось, то e не должно быть отрицательно и при самомъ высокомъ горизонтѣ воды.

Давленіе на ось R, перпендикулярное къ AB-R = $\frac{Ma}{m}$

Моментъ нужный для открыванія клапана = A.m

Верхняя часть клапана находится въ состояніи балки.

закрепленной однимъ концомъ и свободной на другомъ.

Максимальный моментъ въ R

$$M = \frac{\gamma b}{8} \left(n \cdot cs\alpha + s \right) \cdot \left(n + \frac{s}{cs\alpha} \right)^2 - \frac{\gamma b s^2}{2cs\alpha} \left(n + \frac{1}{3} \frac{s}{cs\alpha} \right)$$

$$M = \frac{\gamma b}{8cs\alpha} \left[(n \cdot cs + s)^3 - s^2 (3ncs\alpha + s) \right] \quad \text{----} (\mu)$$

Въ этой формулѣ принято, что горизонтъ низовой воды находится не выше R.

Нижняя часть клапана заземлена въ R, а на нижнемъ концѣ дѣйствуетъ давленіе А. Максимальный моментъ происходитъ въ R $\mu = M$ (формула μ). Такъ какъ черезъ верхъ клапана переливается часто немалое количество воды, то къ напряженію отъ напора тихой воды слѣдуетъ прибавить напряженіе отъ ударовъ.

Если v — скорость движенія и k — опытный коэффициентъ, то нормальное давленіе Р вслѣдствіе живой силы на плоскость F

$$P = k\gamma F \frac{v^2 cs^2\alpha}{g}$$

Скорость v не одинакова для разныхъ точекъ клапана и она вверху болѣе значительна, чѣмъ внизу; для верхней части RB клапана можно поставить $v = \sqrt{2gs}$

и тогда приходящееся на эту часть давление от ударовъ

$$P = k \gamma b n \frac{v^2 cs^2 \Delta}{g} = 2k \gamma b n s cs^2 \Delta$$

и плечо его равнодѣйствующей по отношенію къ $R = \frac{n}{2}$, такъ что его моментъ

$$M_1 = P \frac{n}{2} = k \gamma s b n^2 cs^2 \Delta$$

Полный максимальный моментъ $M_{\max} = M + M_1$

Приблизительно $k = 0,5$

Примѣръ. Ширина клапана $b = 1,2$ mtr, его длина $AB = 3,0$ mtr, длина нижней части $m = 1,4$ и верхней $n = 1,6$, высота подпруженного горизонта надъ порогомъ $a+h = 3,2$, а высота низоваго горизонта $= 1,5$; $cs\Delta = 0,8$

Имѣемъ: $(m+n)cs\Delta = 2,4$, слѣдов. $S = 3,2 - 2,4 = 0,8$

$$D = \frac{1000 \cdot 1,2}{2 \cdot 0,8} [3,2^2 - 1,5^2 - 0,8^2] = 5510 \text{ кил.}$$

$$M_a = \frac{1000 \cdot 1,2}{6 \cdot 0,8^2} (3,2^3 - 1,5^3 - 0,8^3) [3 \cdot 3,2 - 2 \cdot 0,8] = 7600 \frac{\text{кил}}{\text{mtr}}$$

$$e = 1,4 - \frac{7600}{5500} = +0,02 \text{ mtr}$$

Клапанъ еще прижимается къ порогу, но онъ откроется (какъ это расчетомъ можно провѣрить), если вода поднимется на 0,13 мтр.

Давленіе $A = 5510 - \frac{7600}{1,4} = 90$ кил. Для открытія клапана достаточно поѣтому моментъ $90 \cdot 1,4 = 126$ кил.

мтр. Максимальный моментъ тихой воды

$$M = \frac{1000 \cdot 1,2}{6 \cdot 0,8^2} \left[(1,6 \cdot 0,8 + 0,8)^3 - 0,8^2 (3 \cdot 1,6 \cdot 0,8 + 0,8) \right] =$$

$$= \frac{1200}{3,84} [9,0 - 2,96] = 1890 \frac{\text{кил.}}{\text{мтр.}}$$

а моментъ живой силы воды

$$M_1 = 0,75 \cdot 1000 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 0,8^2 = 1180 \frac{\text{кил.}}{\text{мтр.}}$$

слѣдов. $M_{\text{тих}} = 1890 + 1180 = 3070 \frac{\text{кил.}}{\text{мтр.}}$

На этотъ моментъ нужно рассчитать клапанъ.

18

РЕЗЕРВУАРНЫЯ ПЛОТИНЫ.

Резервуарныя или прудовыя плотины устраиваются для образованія водохранилищъ или прудовъ, въ которыхъ могла бы собираться въ большемъ количествѣ вода, протекающая по ручью или потоку. Наиболѣе удобнымъ мѣстомъ для этой цѣли является самое узкое мѣсто долины или оврага, загражденіе котораго образуетъ резервуаръ. Такія плотины строятъ изъ земли, камня,

а также изъ смѣси камня съ деревомъ. Соединеніе земли съ кладкой оказалось нецѣлесообразной, такъ какъ вслѣдствіе большой разницы въ осадкѣ этихъ обоихъ матеріаловъ нельзя рассчитывать на ихъ совмѣстное сопротивленіе и кладка или земляная насыпь требуетъ такой толщины, какъ если бы она одна сопротивлялась напору воды.

Размѣры этихъ плотинъ бывають иногда весьма значительны и глубина воды доходить до 50 мтр. Также значительно бываетъ количество скопляющейся въ водохранилищѣ воды и разрывъ такой плотины можетъ имѣть весьма печальныя послѣдствія; сооруженіе такой плотины должно поэтому исполняться со всевозможною тщательностью. Каждый резервуаръ долженъ имѣть: 1) спусковой каналъ, черезъ который можно бы спустить съ него всю воду; этотъ каналъ устраивають часто въ плотинѣ, но лучше, если онъ находится внѣ ея и 2) переливъ, который нуженъ для того, чтобы уровень воды не поднимался до самого гребня плотины и вода черезъ него не переливалась. Переливъ образуютъ часто простымъ пониженіемъ гребня

плотины въ одномъ или нѣсколькихъ мѣстахъ или, что лучше, его устраиваютъ тоже внѣ плотины. Мѣста, черезъ которыя вода будетъ переливаться и по которымъ вода будетъ стекать, должны быть хорошо обезпечены отъ размывовъ.

На черт. 143 представлень въ планѣ примѣръ устройства земляной плотины съ принадлежностями. Нужную для употребленія воду прозодать въ этомъ резервуарѣ черезъ двѣ желѣзныя трубы S, уложенныя въ слой жирной глины, діаметръ трубъ 0,46 м; въ нижнемъ концѣ онѣ закрыты задвижками. Въ 1864 г. по неизвѣстной причинѣ эта плотина прорвалась въ М и на-дѣлала много вреда.

ЗЕМЛЯННЫЯ ПЛОТИНЫ могутъ быть устраиваемы преимущественно на земляной поверхности и гдѣ имѣется въ достаточномъ количествѣ подходящій матеріаль.

Водопроницаемыя земляныя породы не должны быть употребляемы. Въ гравіи и пескѣ образуются теченія, которыя могутъ произвести разрывъ. Также теченія могутъ образоваться въ жирной глинѣ вслѣдствіе появляющихся въ ней трещинъ, когда она суха. Всего

лучше употреблять тощую, песчаную глину, снимать ее слоями и тщательно утрамбовывать. Постороннія вещества, какъ дернъ, торфъ, дерево и вообще такія, которыя могутъ гнить или разрыхляться, необходимо тщательно удалять. Глину надо наносить горизонтальными слоями толщиной около 20 см ; наклонные и изогнутые слои не оказались целесообразными. Каждый слой нужно крѣпко трамбовать. Если не имѣется вполне непроницаемая земля, то можно только среднюю часть или ядро построить изъ хорошей плотной глины, а боковыя части могутъ состоять и изъ менѣе хорошаго матеріала.

Въ очень малыхъ плотинахъ ширина гребня бываетъ 1 мтр, откосы одиночные или полуторные, а высота гребня надъ наивысшемъ горизонтомъ воды 0,5 мтр. Въ большихъ резервуарахъ могутъ принести большой вредъ волны особенно тогда, когда онѣ переделяются черезъ гребень и заливаютъ его; въ резервуарѣ Chadzilly, котораго длина 1500м, а глубина 20м высота волнъ достигаетъ 3-хъ мтр; Кранцъ (Франція) совѣтуетъ возвышать гребень надъ уровнемъ при глу-

бинахъ 20-30 mtr на 2 и 3 mtr, а при глубинѣ 40-50 mtr на 3,5 mtr. Внутренній водой омываемый откосъ, а также гребень долженъ быть хорошо вымощенъ; иногда для защиты отъ волнъ устраиваютъ вверху каменную стѣнку (черт. 144), тогда высота плотины можетъ быть уменьшена на высоту этой стѣнки. Мостовку откосовъ замѣняютъ иногда каменной отсыпью и нижней части даютъ болѣе пологій откосъ. Въ резервуарѣ Торси устроили крутые вымощенные камнемъ откосы съ наклонными очень пологими берегами, но это устройство вслѣдствіе неравномѣрной осадки земли и кладки оказалось нецѣлесообразнымъ. Каменные плотины можно считать вполне прочными только тогда, когда онѣ основаны на скалистомъ грунтѣ. Для уменьшенія расхода матеріала даютъ каменной стѣнкѣ вверху по возможности малую толщину, а книзу утолщаютъ ее соотвѣтственно напору; при чемъ за допускаемое напряженіе принимаютъ 6-10 кил. на 1 кв.см. При опредѣленіи толщины верхнихъ слоевъ кладки нужно принимать во вниманіе силу волнъ. Кранцъ предлагаетъ слѣдующія размѣры:

При глубинѣ воды	5	10	15	20	25	30	35-50
ширина гребня	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	50 mtr
высота гребня надъ гориз. воды	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	35

Если резервуаръ находится въ защищенной отъ вѣтровъ мѣстности или когда его площадь сравнительно съ глубиной небольшая, то эти размѣры могутъ быть уменьшены. Чтобы увеличить крѣпость стѣны, дать внутренней части профиля часто видъ дуги, такъ что стѣна представляетъ напору родъ горизонтальнаго свода. На черт. 145 представлень профиль каменной плотины высотой 34 mtr. Ширина гребня принята 4 mtr, а наивысшій горизонтъ воды на 2 м ниже гребня. Форма профиля была бы наивыгоднѣйшая, если бы линія давленія совпадала съ его осью, но это невозможно, потому что давленіе измѣняется вмѣстѣ съ горизонтомъ воды; крайнія положенія получатся для переполненнаго и для порожняго резервуара. Обѣ эти линіи давленія не должны выходить изъ средней трети кладки. Такъ какъ тщательную кладку исполнить тѣмъ труднѣе, чѣмъ она толще, то для нижнихъ слоевъ принимаютъ большую прочность, чѣмъ для верхнихъ. Соотвѣтственно этому

выбрана форма профиля черт. 145, его среднія трети опредѣлены линіями ABC и DEF.

ПОСТРОЕНІЕ ЛИНІИ ДАВЛЕНІЯ черт. 145-149.

Длину стѣны беремъ = 1, профиль дѣлимъ горизонтальными прямыми на 9 частей равной высоты.

а) ПОРОЖНИИ РЕЗЕРВУАРЬ Дѣйствующими силами суть только вѣса кладки, линія давленія будетъ поэтому построенный на этихъ вѣсахъ веревочный многоугольникъ.

Силовой многоугольникъ чер. 146 и помость его веревочный многоугольникъ чер. 149. Если опредѣлимъ для каждой ламелли точку, въ которой она пересѣкается ея равнодѣйствующей, то получимъ линію давленія НЕКО; такъ, напр. равнодѣйствующая вѣса кладки, дѣйствующаго на 77 встрѣчаетъ эту линію въ точкѣ К, поэтому К есть точка линіи давленія.

б) ПОЛНЫИ РЕЗЕРВУАРЬ.

Для наполненнаго резервуара нужно складывать вѣса кладки съ напорами воды. Пусть (черт. 150) CD - горизонтъ воды, MN - произвольная часть внутренней (омиваемой водой) стѣнки кладки, I - ее го-

горизонтальная ширина (слѣдов. площадь $b.e$), Z — центр тяжести этой части, i — расстояние центра Z отъ горизонтали DD_1 , въ которой горизонтъ воды встрѣчаетъ стѣнку и u — расстояние того же центра отъ уровня. Напоръ воды на $MM, N, N = \gamma.b.e.u$ (гдѣ γ — вѣсъ кубической единицы воды; расстояние W его точки приложения V отъ DD_1 , $W = \frac{J}{S}$, гдѣ J — моментъ инерціи и S — статическій моментъ площади MM, N, N по отношенію къ DD_1 . Пусть J_0 — моментъ инерціи той же площади $b.e$ по отношенію къ оси Z_1, Z_2 , проходящей черезъ центръ тяжести и R — радіусъ инерціи, то

$$J = J_0 + b.e.i^2$$

и такъ какъ $J = k^2 b.e$, то

$$J = b.e(k^2 + i^2) \quad S = b.e.i$$

поэтому
$$W = \frac{b.e(i^2 + k^2)}{b.e.i} = \frac{i^2 + k^2}{i}$$

или
$$\frac{W}{\sqrt{i^2 + k^2}} = \frac{\sqrt{i^2 + k^2}}{i}$$

Изъ послѣдняго уравненія получаемъ для W слѣдующее построеніе: Возставляемъ въ Z къ MN перпендикуляръ, откладываемъ на немъ $ZU = K$, соединимъ U съ D , такъ

что $UD = \sqrt{i^2 + k^2}$ и въ U возставляемъ къ UD перпендикуляръ UV, который встрѣчаетъ NM въ искомой точкѣ V.

Помощью этого построения опредѣлены на черт. 145

точки приложенія напоровъ 2, 3, 4...9. Такъ какъ ширина е принята = 1, то $J_0 = \frac{1}{12} 1b^3 = K^2 b$ слѣдов.

$$K = b \sqrt{\frac{1}{12}} = 0,289b.$$

Обозначимъ черт. 150 черезъ $\angle$ уголь лямелли MN съ горизонталью и черезъ C - ея вертикальную высоту NP, то напоръ MN

$$N = \gamma b e . y = \gamma b e i \sin \angle = \gamma c e i \text{ и при } e = 1; N = \gamma c i (\angle)$$

(потому что $y = i \sin \angle$ и $b . \sin \angle = c$).

Если раздѣлимъ стѣнку на части равной высоты, то переменной въ ($\angle$) будетъ только величина i.

Пусть γ_1 - вѣсъ кубической единицы кладки, γ - средняя толщина лямелли кладки высотой C и шириной = 1 $T = \gamma_1 c$ и въ уравненіи справа знака равенства переменной будетъ только величина m. На чертѣ 145 принято:

$$\gamma = 1000 \text{ кил. } \gamma_1 = 2200 \quad c = 4^m,$$

$$N = 1000 . 4 . i \text{ кил. } = 4i \text{ тоннъ}$$

$$T = 2200.4 \text{ м.} = 8,8 \text{ м. тонн}$$

Для $i = 1 \text{ м}$ и $m = 1$ будетъ $N = 4$ и $T = 8,8$

(Такъ какъ чертежъ исполненъ въ масштабѣ $\frac{1}{400}$, то

для $i = \frac{1}{400}$ мтр., $N = 4$ тон. и для $m = \frac{1}{400}$ мтр

$T = 8,8$ тон. Такъ какъ $\frac{1}{400}$ мтр = $2,5 \text{ м}^3/\text{м}$ то на черт.

для $i = 1 \text{ м}^3/\text{м}$ $N = \frac{4}{2,5}$ тон. = $1,6$ тон. и для $m = 1 \text{ м}^3/\text{м}$

$T = \frac{8,8}{2,5} = 3,52$ тон.

Чтобы на чертежѣ $1 \text{ м}^3/\text{м}$ означалъ 10 тоннъ, нужно вмѣ-

сто i отложить $\frac{1,6}{10}$. $i = 0,16$ и вмѣсто $m = \frac{3,52}{10} =$

$= 0,352 \text{ м}$. Въ такомъ масштабѣ нанесены на чертеж.

147 напоры воды, а на чертеж. 146 - вѣса кладки.

Помощью веревочнаго многоугольника черт. 148 полу-

ченъ равнодѣйствующія напоровъ 2,23,24.... Величи-

ны этихъ равнодѣйствующихъ опредѣлены на черт. 146

и помощью сложения ихъ съ вѣсами кладки получаются

силы, опредѣляющія опорную линію. Такъ для нва 77

получилась опорная точка I помощью прямой $SI \parallel VW$.

Такъ какъ линіи давленія наклонены къ горизонталямъ,

то для устраненія скольженія слѣдовало бы нва про-

вести перпендикулярно, но при томъ было бы нужно

напр. нва 77 провести перпендикулярно къ линіи SI

соотвѣтствующей полному и къ линіи KS - порожнему резервуару. Поэтому будетъ наиболее целесообразно провести шовъ такъ, чтобы онъ дѣлилъ уголь этихъ обоихъ перпендикуляровъ пополамъ.

Напряженіе матеріала получается по формулѣ

$$\sigma = \frac{N}{L} + \frac{Me}{J} ;$$

Если означимъ толщину кладки черезъ m , то

$$L = m \frac{J}{e} = \frac{\frac{1}{12} m^3}{\frac{m}{2}} = \frac{m^2}{6}$$

(Смотри лекціи Строит. механики: "Подпорныя стѣны")

Линіи давленія показываютъ, что въ порожнемъ состояніи наиболее напряжена внутренняя стѣнка AN черт. 145, а въ полномъ - наружная BM.

СПУСКИ ДЛЯ ОПОРОЖНЕНІЯ РЕЗЕРВУАРА.

Если отверстіе для спуска устроено внизу, то находящаяся здѣсь подъ большимъ напоромъ воды устремляется въ отверстіе съ большой силой и въ этомъ случаѣ легко могутъ образоваться вдоль стѣнокъ ярубы, образующей спускъ, сквозныя теченія весьма вредныя для прочности плотины. Такіе спуски слѣ-

дуетъ поэтому всегда, когда это возможно, устраивать въ крѣпкомъ грунтѣ внѣ плотины. Если это не возможно, то надо трубу изготовлять со всевозможной тщательностью. Спускныя трубы строить изъ камня или чугуна; деревянныхъ трубъ слѣдуетъ избѣгать, потому что частія исправленія ихъ производятъ сотрясенія, нарушающія прочность плотины. Указанныя на чертежѣ 144 и 144а утолщенія не только увеличиваютъ крѣпость кладки, но также предупреждаютъ образованіе теченій вдоль трубы.

Каналы и трубы закрываютъ щитами или клапанами. Щиты употребляютъ при шахтахъ, какъ на черт. 144.

Клапаны употребляютъ у подошвы плотины; они открываются посредствомъ рычаговъ и цѣпей, проложенныхъ по откосу на роликахъ или каткахъ.

Щиты и клапаны въ высокихъ плотинахъ подвержены большому напору, затрудняющему ихъ открываніе и закрываніе. Поэтому устраиваютъ иногда нѣсколько спускныхъ отверстій, одно надъ другимъ; открываютъ при полномъ резервуарѣ сначала верхнія отверстія и, когда горизонтъ воды достаточно понизился, переходятъ къ ниж-

жимиъ.

ИСПОЛНЕНІЕ ПЛОТИНЪ.

ВЫБОРЪ МѢСТА. Мѣсто для плотинъ опредѣлено обыкновенно условіями русла, цѣлью ея сооруженія, а также стоимостью. Обыкновенно выбираютъ профиль средней ширины русла, потому что въ узкихъ мѣстахъ профиль былъ бы плотинкой чересмѣрно сужень, а въ широкомъ она обошлась бы слишкомъ дорого и сооруженіе ея было бы затруднительно. Часто оказываются весьма удобными мѣста на развѣтвленіяхъ или раздвоеніяхъ русла, такъ какъ они облегчаютъ исполненіе, отводъ воды и нужны въ послѣдствіи исправленія. На судоходныхъ рѣкахъ оказываются часто особенно удобными профили съ естественными препятствіями судоходству. При выборѣ мѣста для плотины нужно обратить вниманіе на нѣе лежація пространства, которыя необходимо защитить отъ наводненія и вмѣстѣ не должна быть уничтожена возможность стока воды съ нихъ. Существенное вліяніе на выборъ мѣста имѣютъ также свойства русла.

РОДЪ ПЛОТИНЫ зависитъ главнымъ образомъ отъ ея на-

значенія, свойства рѣки, стоимости устройства и содержания. Когда плотину строятъ на рѣкѣ не судоходной для мельницы, то отдаютъ предпочтеніе глухой плотинѣ со спусками для высокихъ водъ. Но глухія плотины задерживаютъ свободный стокъ высокихъ водъ, поэтому могутъ быть допускаемы только тамъ, гдѣ онѣ для вышерасположенныхъ мѣстностей будутъ безвредны. Въ противномъ случаѣ бываетъ необходимо строить подвижныя плотины, и тогда прежде всего слѣдуетъ выбирать плёзы со стойками, а затѣмъ уже игольчатая и клапанная.

ПЛЁЗЫ СО ШИТАМИ И СТОЙКАМИ

слѣдуетъ строить вмѣсто глухихъ плотинъ для мельницъ на рѣкахъ не судоходныхъ, а также на такихъ судоходныхъ, гдѣ высокія воды и ледоходы не особенно опасны; гдѣ вообще высота горизонта колеблется въ небольшихъ предѣлахъ. На судоходныхъ рѣкахъ наиболѣе удобны игольчатая плотины. Онѣ оказались целесообразными какъ на малыхъ, такъ и на большихъ рѣкахъ; небольшое количество крѣпкихъ опоръ, простота конструкціи, легкой сравнительно уходъ и легкость регулированія стока

воды составляют ихъ важныя преимущества передъ клапанными, которыя при открытіи сразу увеличиваютъ чрезмѣрно живой профиль и тѣмъ производятъ сильныя удары воды, нарушающіе крѣпость сооруженія, а установка и исправленія представляютъ не малыя затрудненія.

КЛАПААННЫЯ ПЛОТИНЫ употребляютъ вообще только тамъ, гдѣ горизонтъ воды мѣняется быстро и часто, гдѣ вслѣдствіе того требуется скорое освобожденіе русла отъ заграждающихъ его конструкцій. Но для этого обыкновенно достаточно устройства клапановъ въ одномъ или нѣсколькихъ отверстіяхъ плотины.

Для исполненія плотины должны быть составлены смѣты для нѣсколькихъ системъ, оказывающихся для даннаго случая подходящими и выбираютъ наиболѣе дешевую.

При сооруженіи плотины бываетъ нужно временное пониженіе горизонта воды на мѣстѣ стройки или даже полное осушеніе этого мѣста при посредствѣ перемычекъ. Всего легче бываетъ устройство свайнаго ростверка или бетоннаго фундамента, при которыхъ не

требуется полного удаленія воды, и только для соору-
женія верхнихъ частей плотины бываетъ нужно сухое
пространство. Фундаментъ долженъ имѣть такую глуби-
ну, чтобы плотина имѣла прочное основаніе и подмы-
вы не были возможны. Нужныя для огражденія мѣста
стройки перемычки могутъ только тогда занимать всю
ширину рѣки, если имѣется особое русло, черезъ ко-
торое можно отвести воду; въ противномъ случаѣ пе-
ремычки занимаютъ только часть ширины русла, такъ
что плотину строить по частямъ.

При сооруженіи подвижныхъ плотинъ сначала изготовля-
ютъ на днѣ нижнее строеніе, служащее для помѣщенія
и расположенія подвижныхъ частей. Особенное вниманіе
въ этомъ случаѣ надо обратить на прочное устройство
сливного пола, который при этихъ конструкціяхъ под-
вергается часто сильнымъ ударамъ воды.

Фундаментъ часто изготовляютъ изъ бетона, для кото-
раго бываетъ нужны шпунтовныя или досчатыя стѣнки;
изъ пространства между ними удаляютъ слабый иловатый
грунтъ; этотъ грунтъ иногда можетъ быть употребляемъ
для изготовленія бетона.

листъ 14

Сметатки.

Стр. 5 строка 13 сверху

" 9 формула 4

16 формула 15 и 16

128 формула (м)

129 в равенство ϵMa

} пропущены
скобки.

Стр 8 равенство $k = \frac{v^2}{2g}$ (где k знак. скоростной напор.

" 9 не отпечатан в приложении: случаем
" назван тот и т. д. и тонкой, стальной
также и т. д.

Стр. 13 Теория относится к (стр. 6).

" 13 Не отпечатан в формула (8a) под
корнем числитель k ($\sqrt{\frac{k}{h+k}}$)

" 13 строка 3^я снизу не отпечатан после
коэфф. μ_1 и μ_2 "нужно" разложить и т. д.

14. Исходя из трех строк нужно итать.
разсчит. обыкновенно производят для
обоих предельных коэфф и, чтобы узнать,
какая величина даваемая или разность
результатов

Стр. 22 в форму (23) пропустить коэф. $\mu \left(\frac{Q}{\mu a h} \right)$

Стр. 27 строка 5 снизу и стр. 28 строка 2 сверху
вместо буквы С должны стоять буквы

Стр. 28 формула 25 такова: $h = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} + \left\{ \frac{v_1 v_2}{2g} \times \frac{1}{2} \left(\frac{R_1}{F_1} + \frac{R_2}{F_2} \right) \right\} l$

Стр. 50 не отпечат. 2 строка сверху: и имеют
"точно значение", что и т. д.

Стр. 66. строка 7 сверху нужно читать "насосов",
вместо "насосов".

Стр. 69. Последние три строки нужно читать
"плого веса P, то из ур-ия равновесия
имеем $Q \cdot h - P \cdot c = 0$, откуда $c = \frac{Q \cdot h}{P}$ и для
двукратной прочности $c = \frac{2Q \cdot h}{P}$.

Стр. 70 строка 2 снизу нужно читать: "длину
85 буква в мт - через e, то $Q_2 = e \cdot 2500 \text{ мм}^2$ "

Стр. 70 первая строка снизу нужно читать "Z -
раздет. у. т. и т. д.

Стр. 77. строка 8 сверху: "можно" вместо "можно".

Стр. 85 строка 4 снизу: нужно слово Z "вместо" можно;

Стр. 96. последняя строка нужно "напоры площади"
4883, 3882...

Стр. 97 строка 8^{ая} сверху: нужно "получили"
формулу $P \cdot \frac{2m}{2m} = \frac{1}{2} P m^2 = \frac{1}{6} k l v^2$. Величины
 $m, m, 2m$ означают высоты частей 12, 13, 34

Стр. 97 строка 3^я снизу. Давление на ребро =
 $= mZ_1 + nZ_2$, по формуле кантор = $m \cdot 0,2ld_1 + n \cdot 0,2ld_2 =$
 $= 0,2l(md_1 + nd_2)$, где Z_1 и Z_2 - давление на гаси 12, 23.

Стр 99 Давление на один ролик = $0,1l(md_1 + nd_2)$

Стр 101 равенство таково $\frac{\Delta n}{100} \cdot \frac{l}{100} \cdot K \cdot 1000 = 0,16 K \Delta n$

На этой стран. строка 8 снизу нужно
 читать „находящейся на глубине K (высоты).

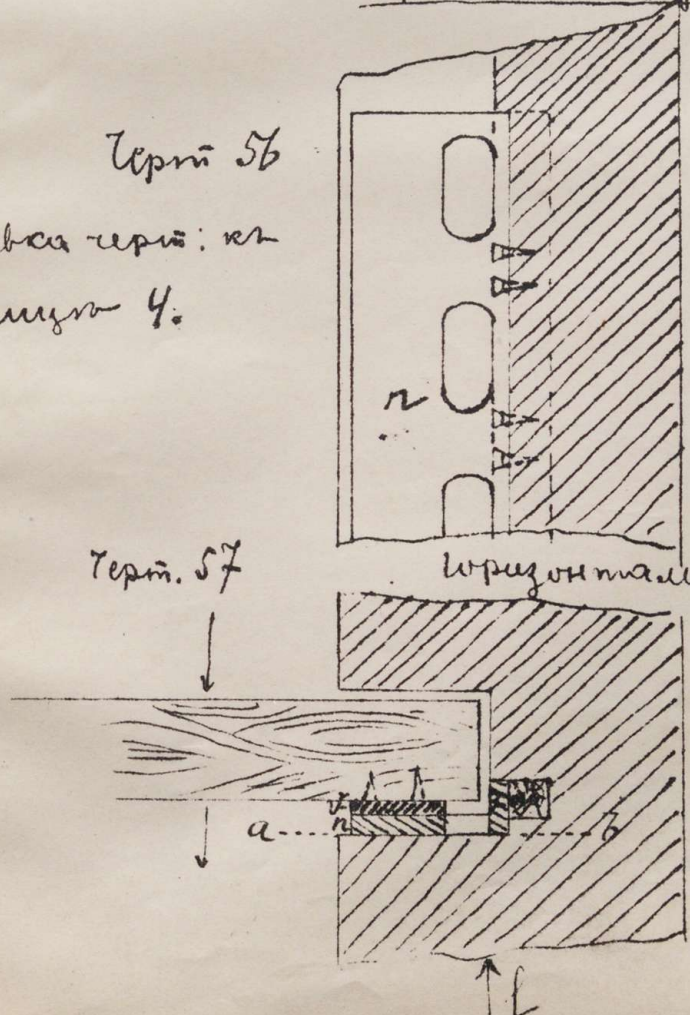
Вертикальный разрез по аб (Вид
 по стрелке в,
 при чем щит
 снят.)

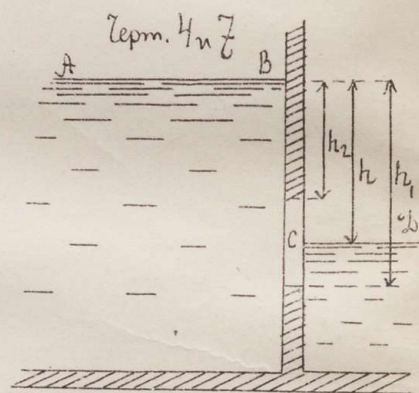
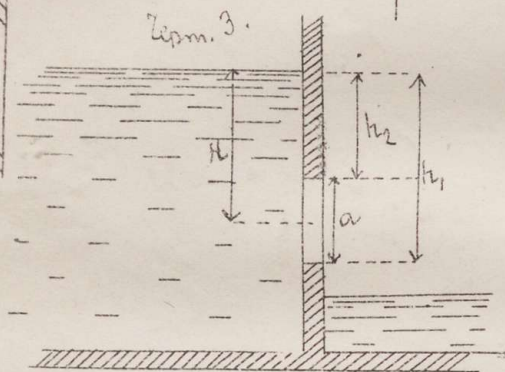
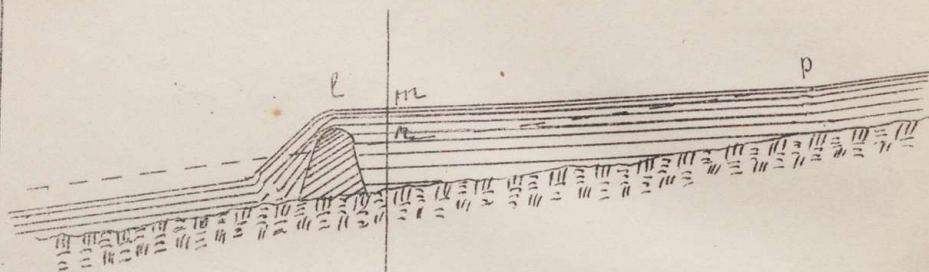
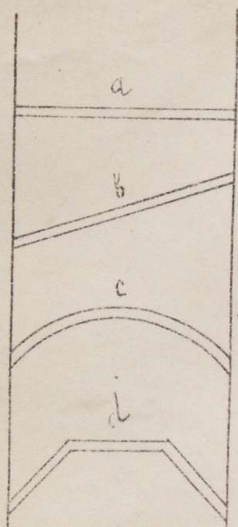
Черт 5б

Поправка черт: к
 таблице 4.

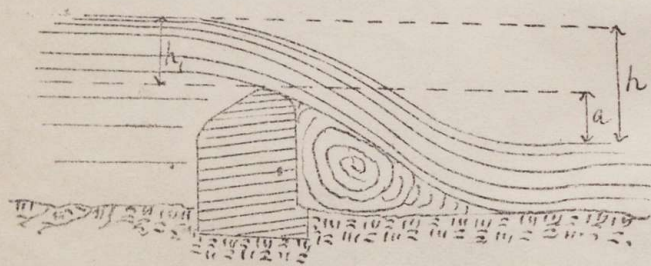
Черт. 5г

Горизонтальный

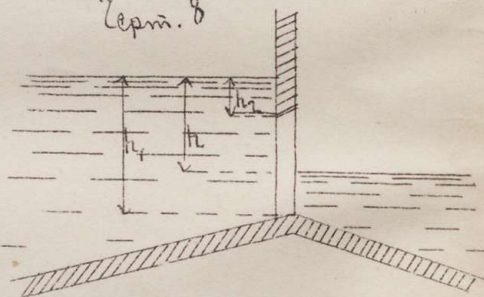




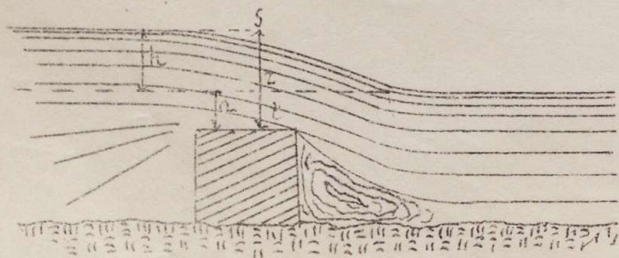
Зем. 5.



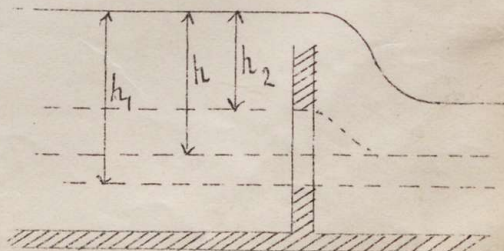
Зем. 8



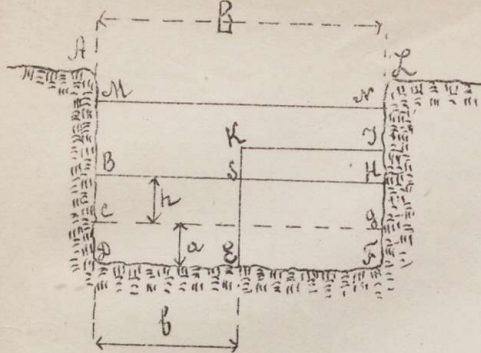
Зем. 6.



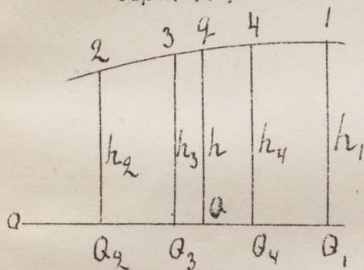
Зем. 9



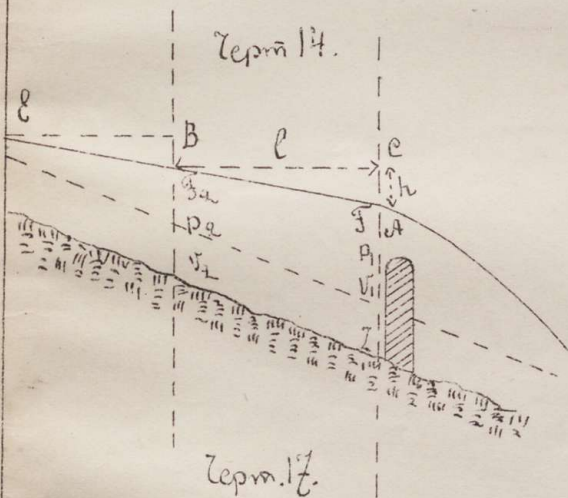
Черт. 10.



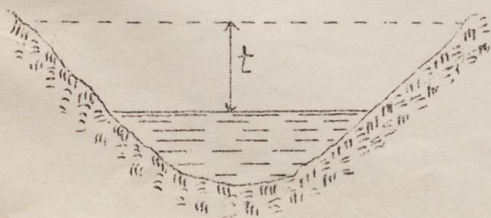
Черт. 11.



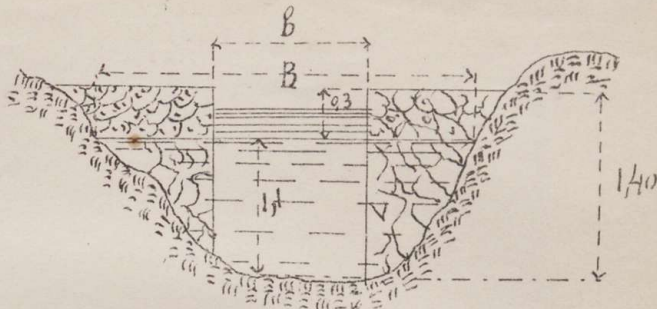
Черт. 14.



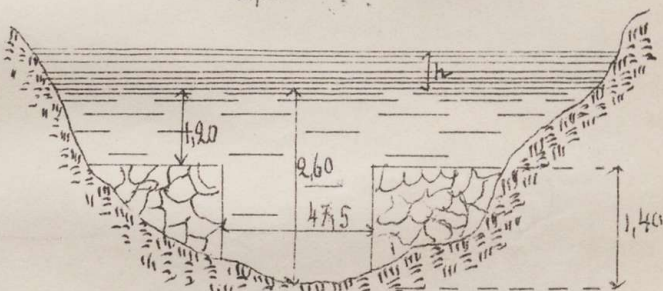
Черт. 17.



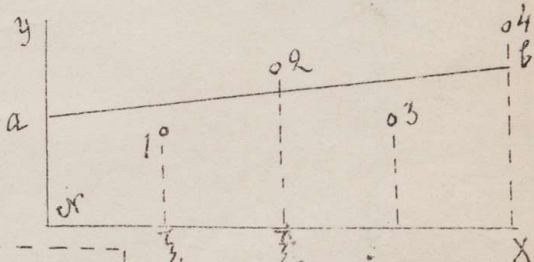
Черт. 19.



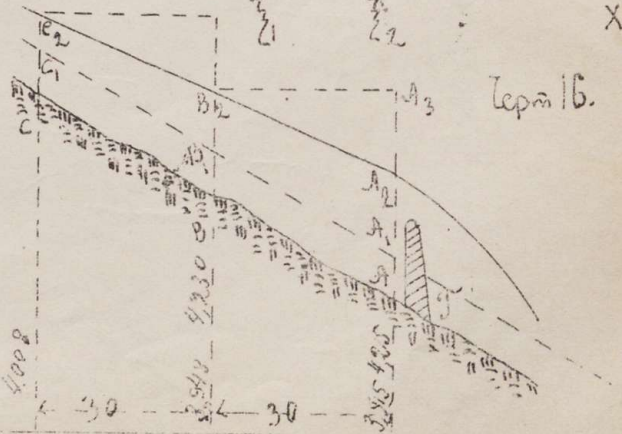
Черт. 13.



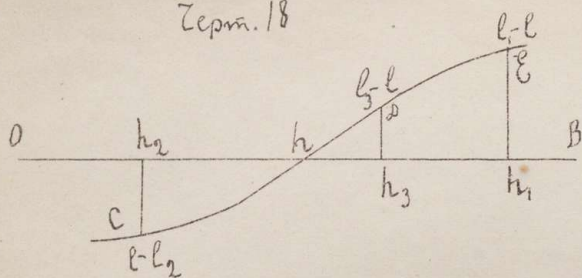
Черт. 15.



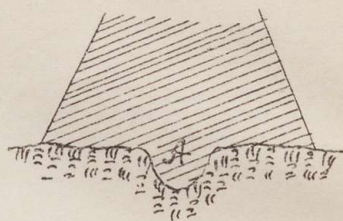
Черт. 16.



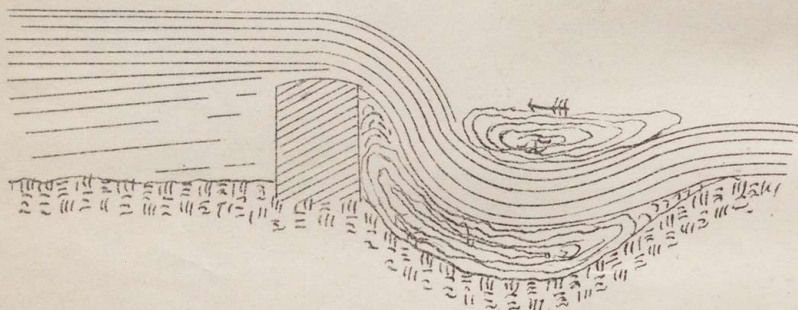
Земл. 18



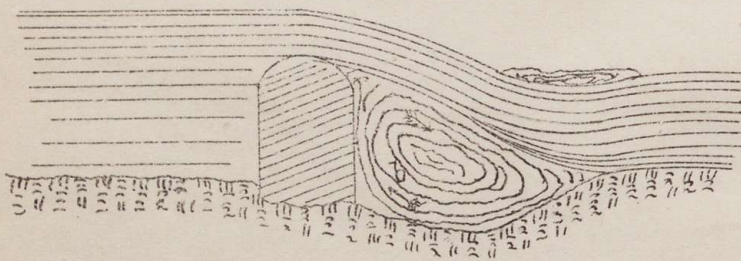
Земл. 19.



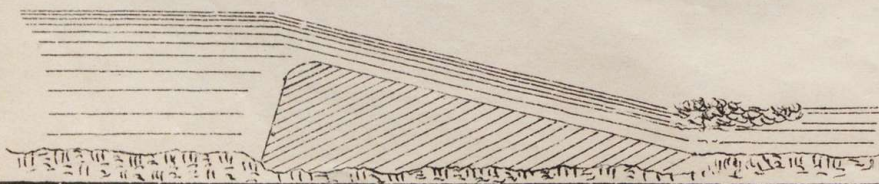
Земл. 20



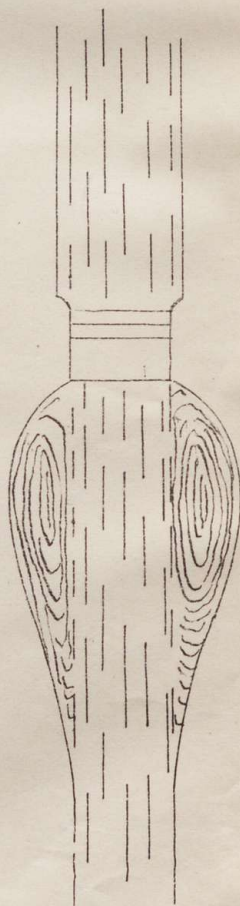
Земл. 21.



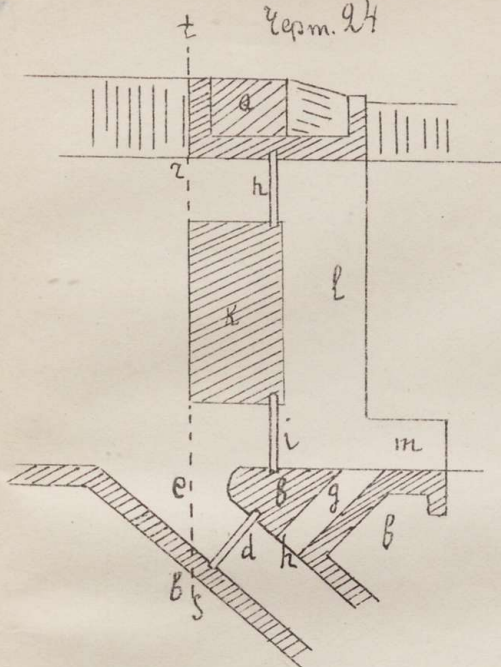
Земл. 22



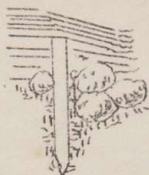
Земл. 23.



Черм. 24



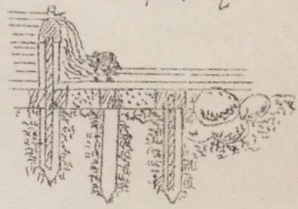
Черм. 25



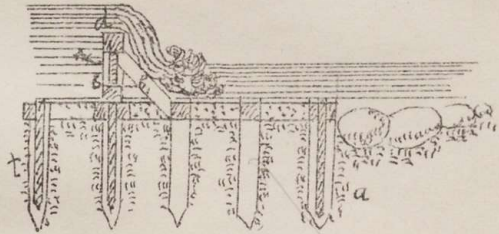
Черм. 26



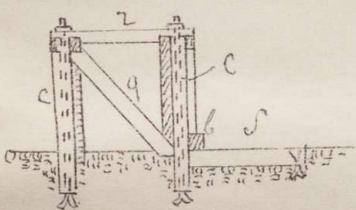
Черм. 27.



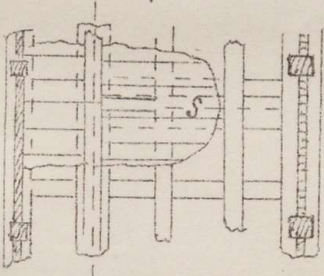
Черм. 28



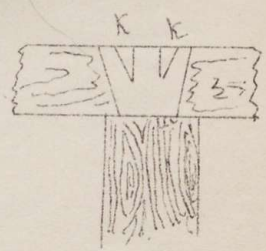
Черм. 30



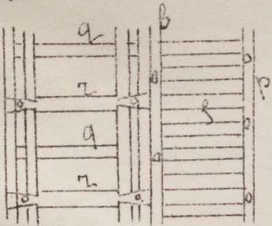
Черм. 28a



Черм. 29

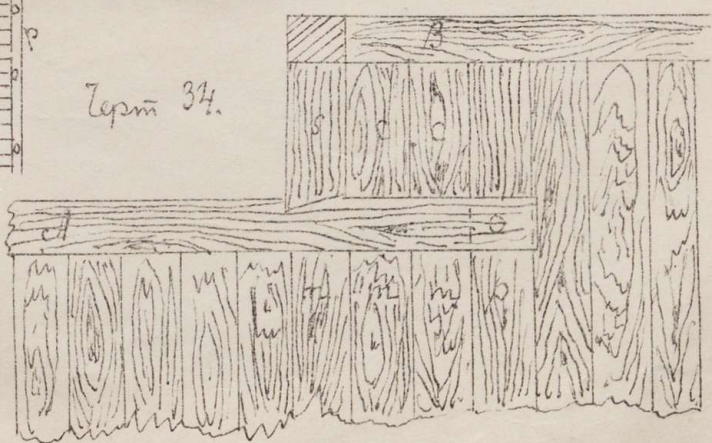
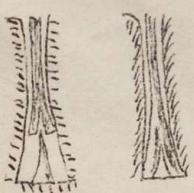


Черм. 30a

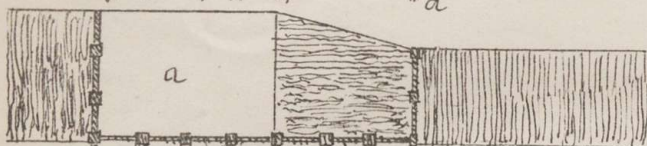
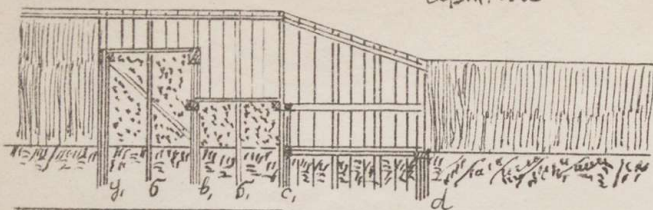


Черм. 34.

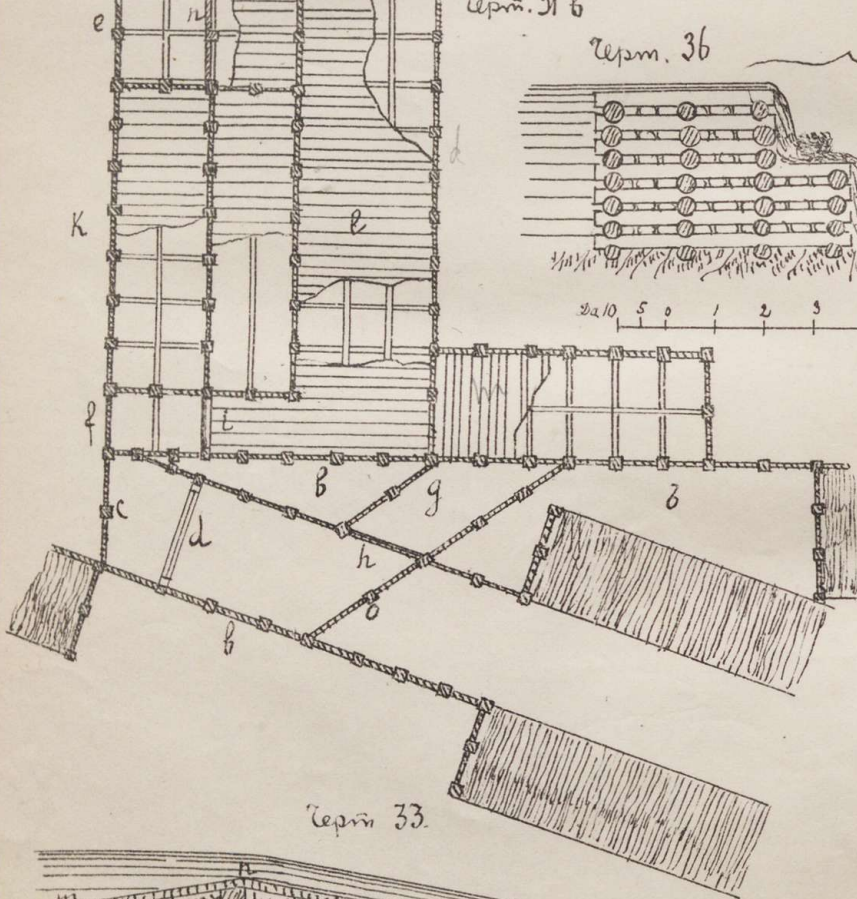
Черм. 30 б. и 30 в.



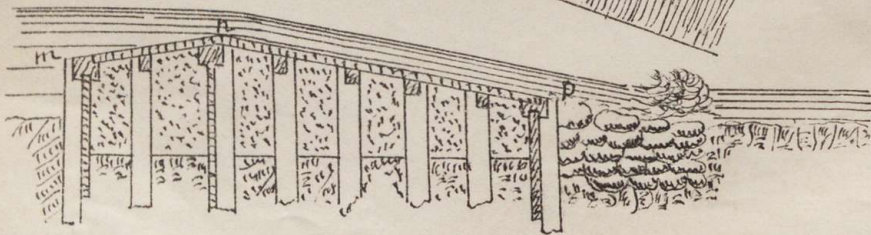
Черт. 31a



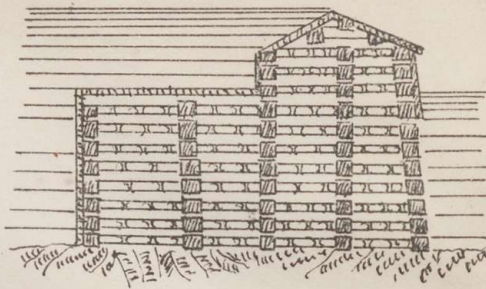
Черт. 31b



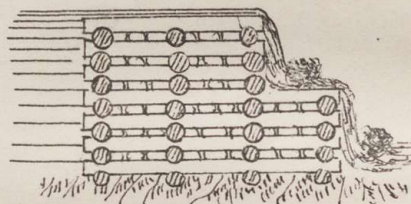
Черт. 33



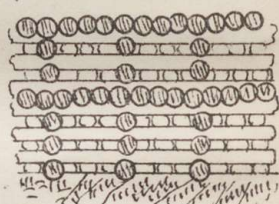
Черт. 35



Черт. 36

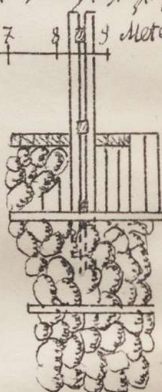


Черт. 37

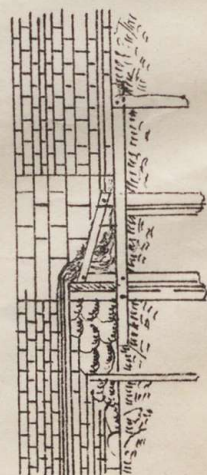


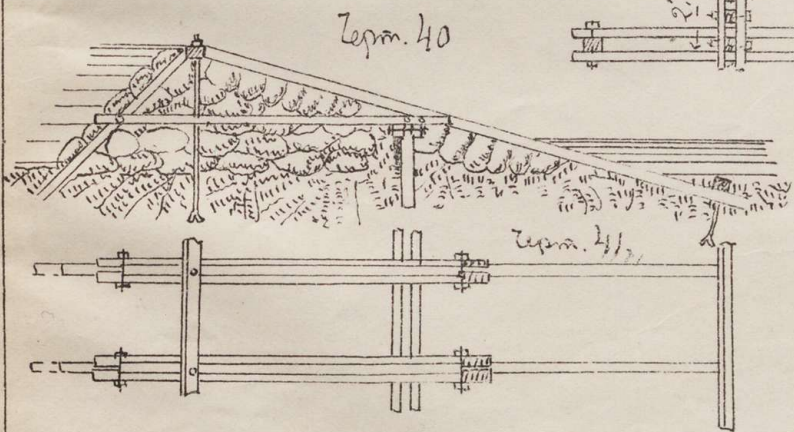
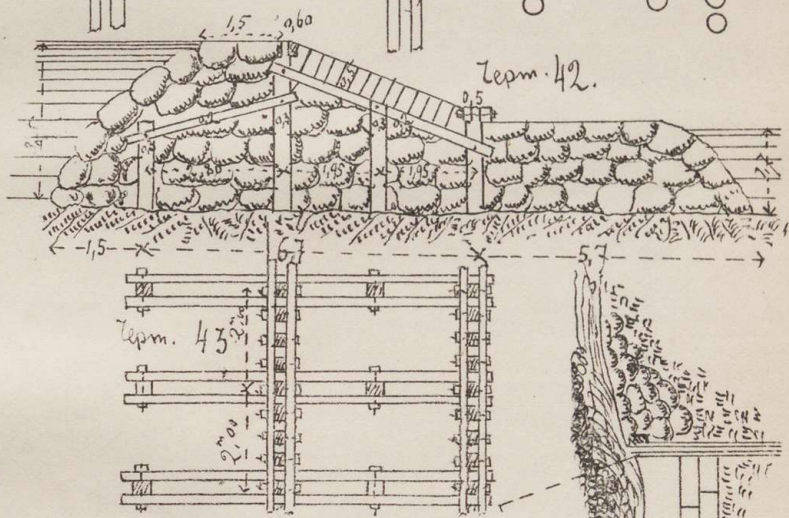
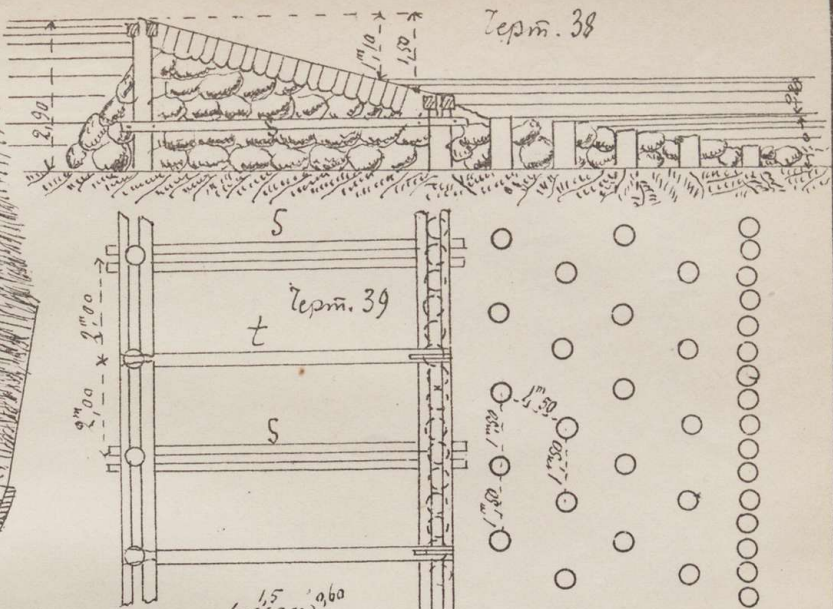
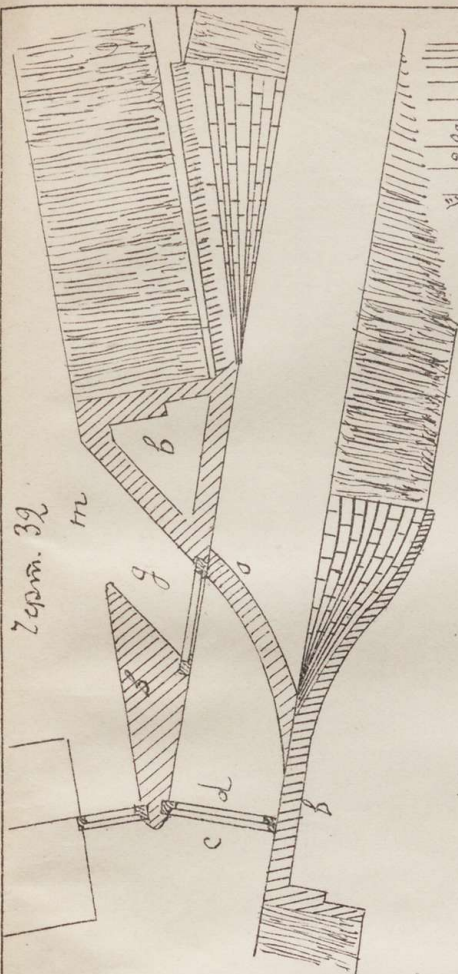
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meter

Черт. 45

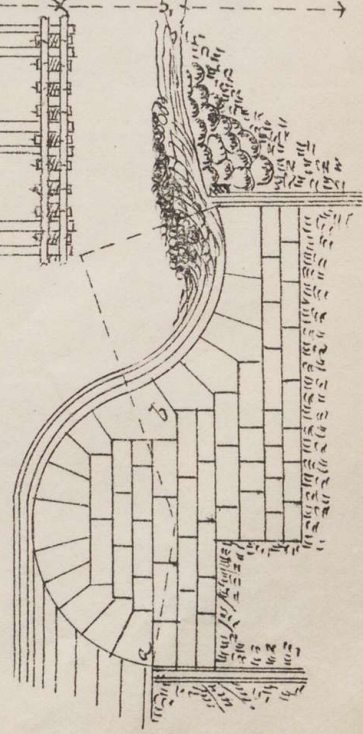


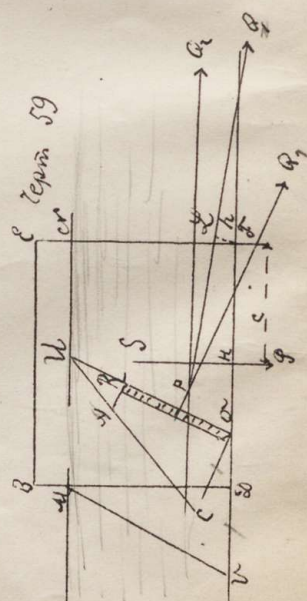
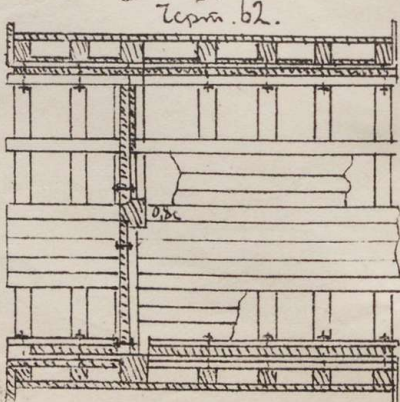
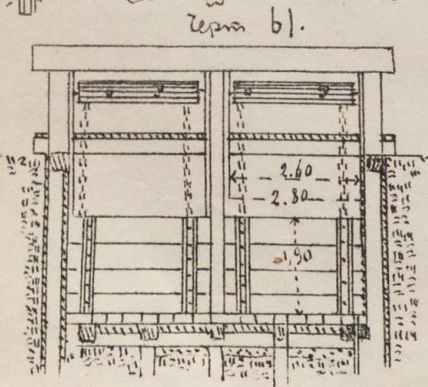
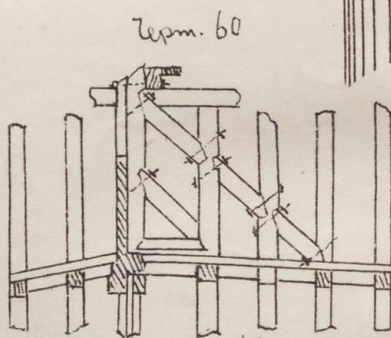
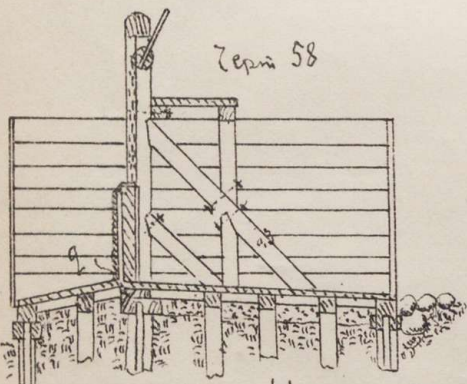
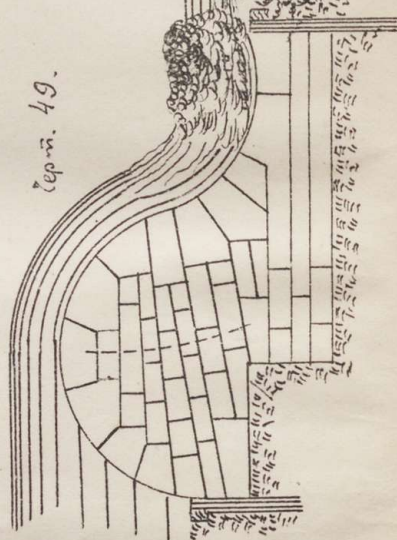
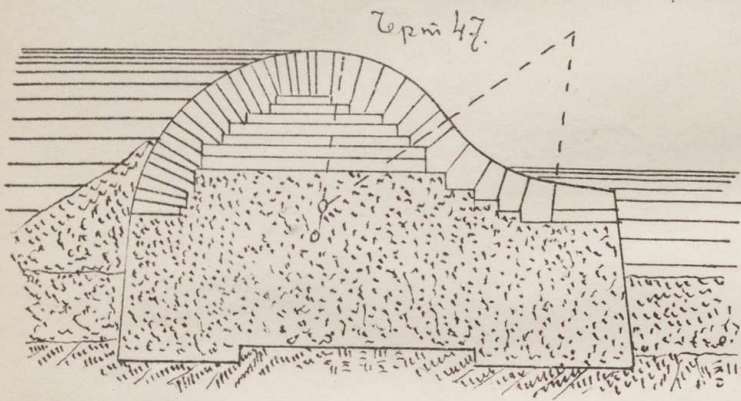
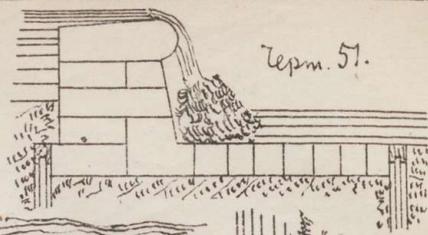
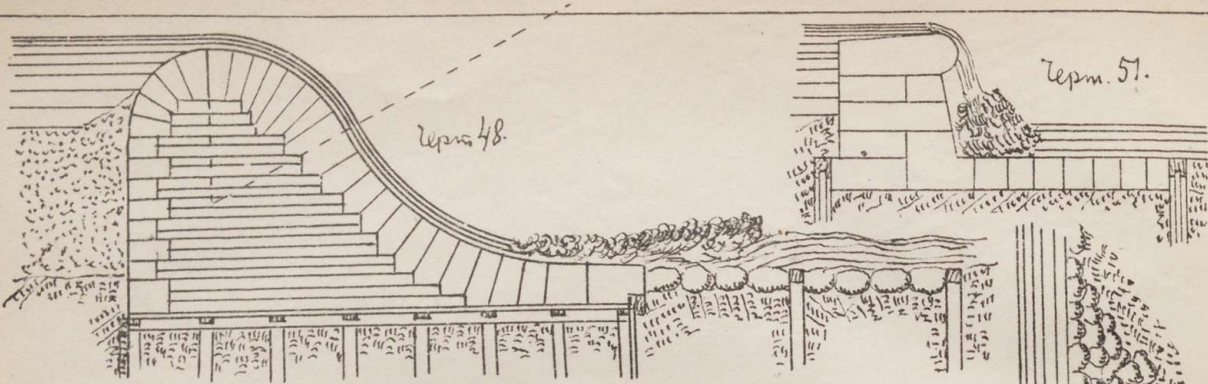
Черт. 44

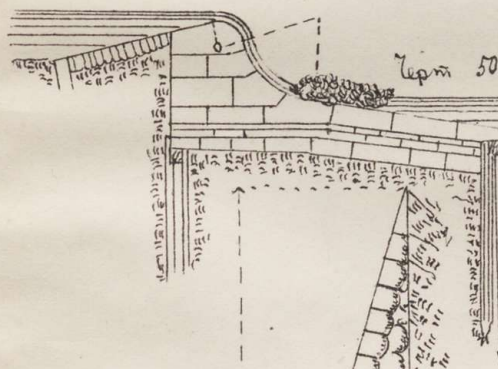
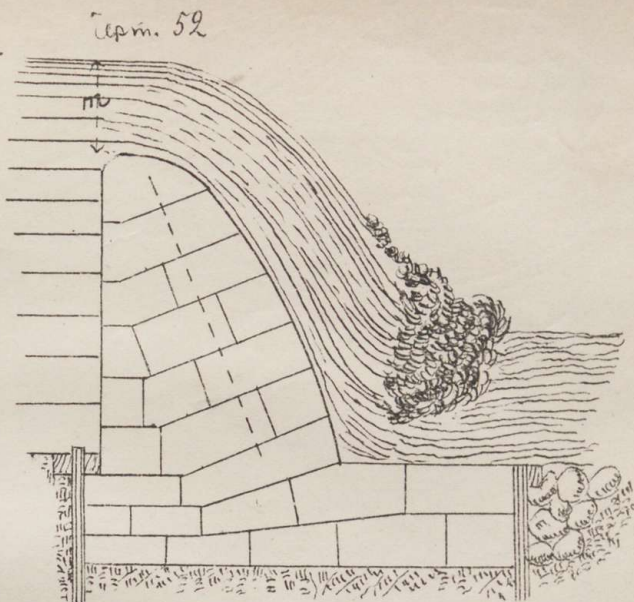
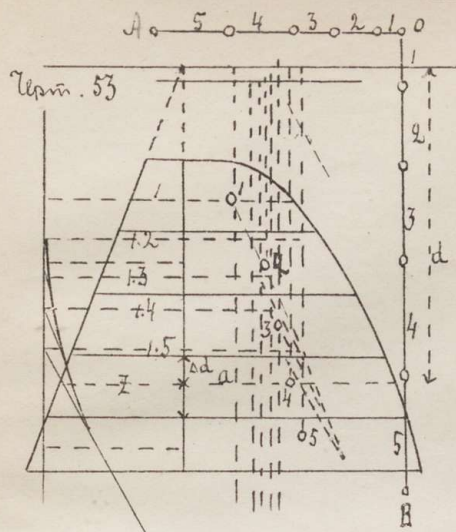




Зем. 46.

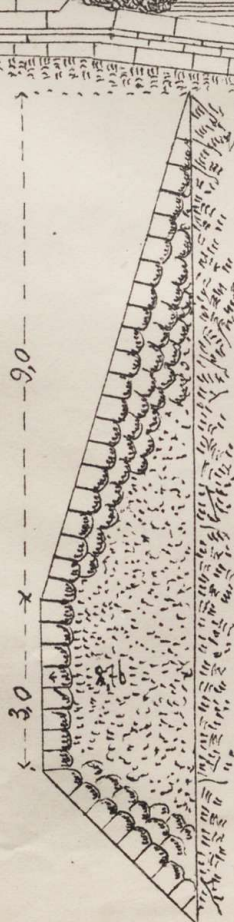




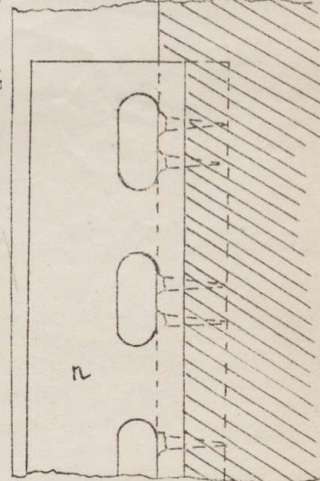


Вертикальный разрез п. а б

Терм. 54.

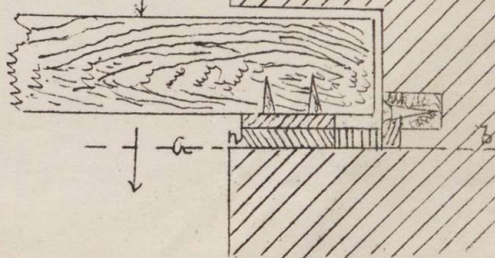


Терм. 56



Горизонтальный разрез

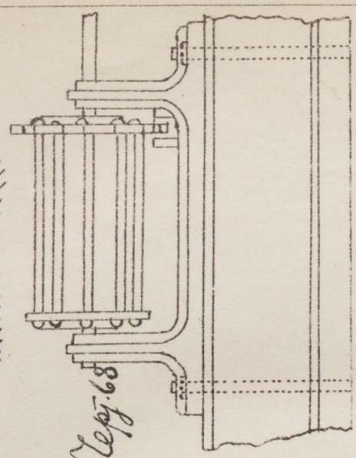
Терм. 57



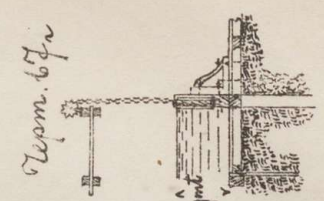
См. поправку



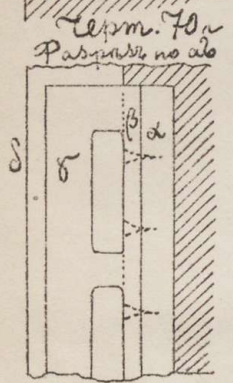
Черм. 69



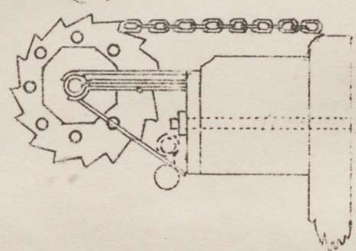
Черм. 68



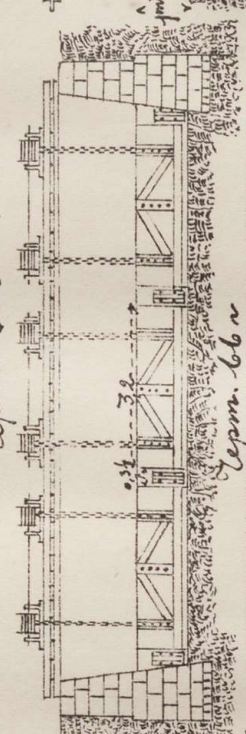
Черм. 67



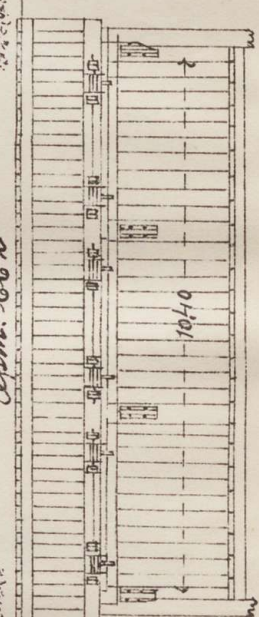
Черм. 70
Пасмурно 20



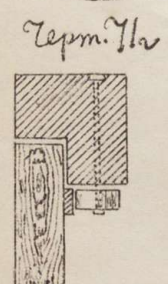
Черм. 66



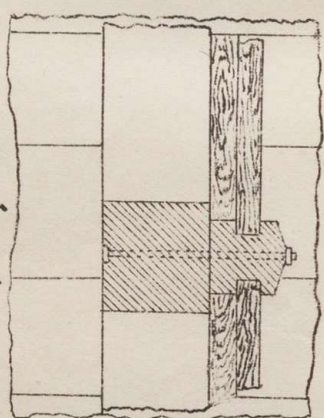
Черм. 65



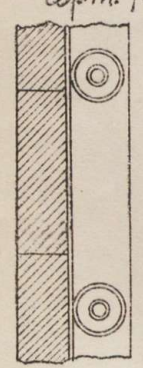
Черм. 64



Черм. 71

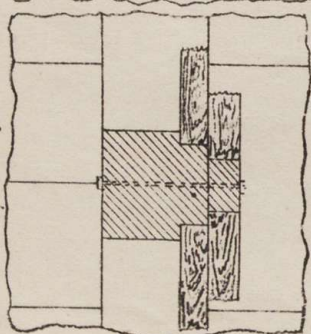


Черм. 74

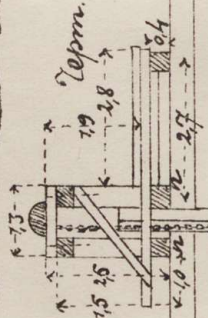


Черм. 72

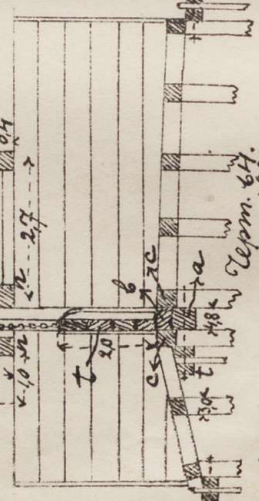
Черм. 73



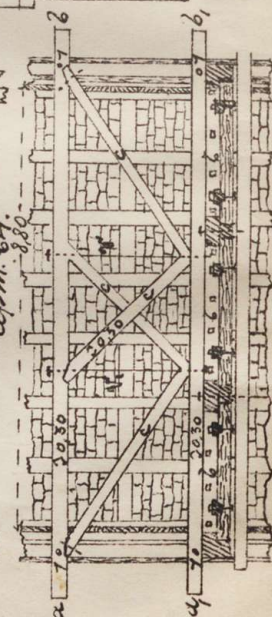
Черм. 63



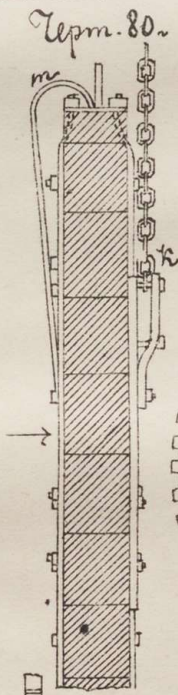
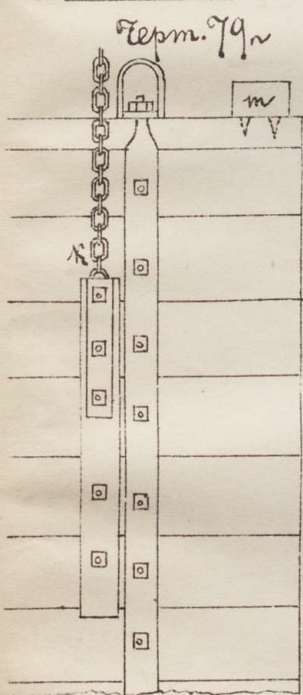
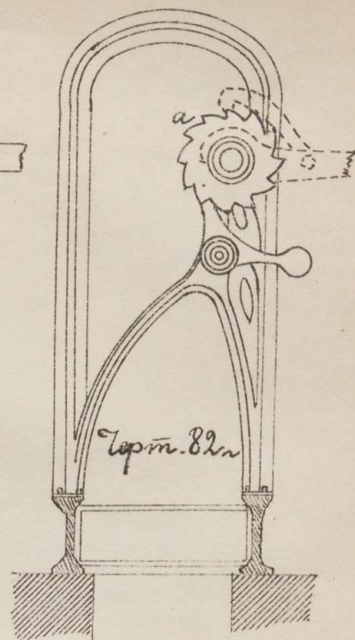
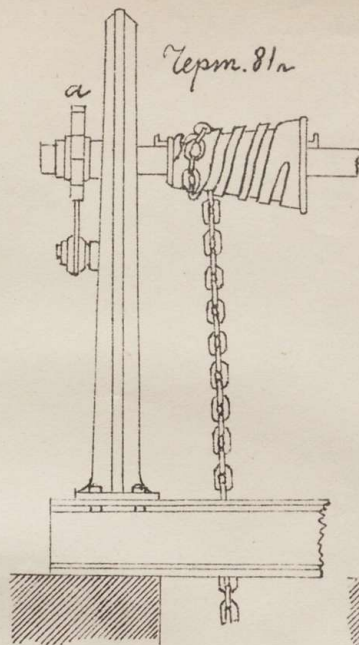
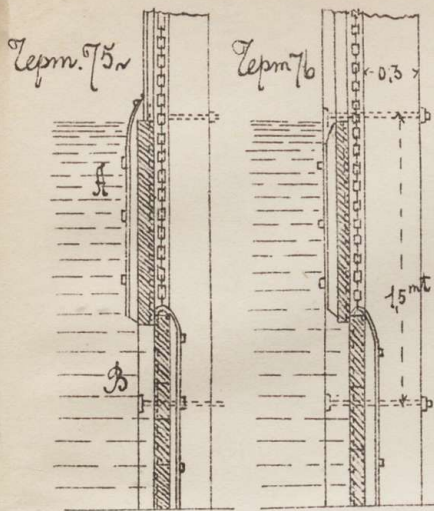
Черм. 62



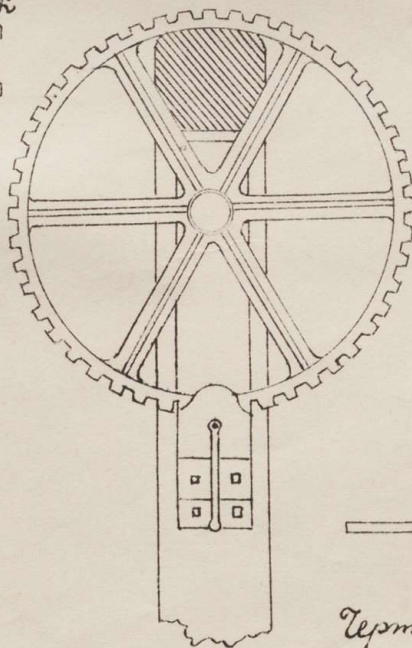
Черм. 61



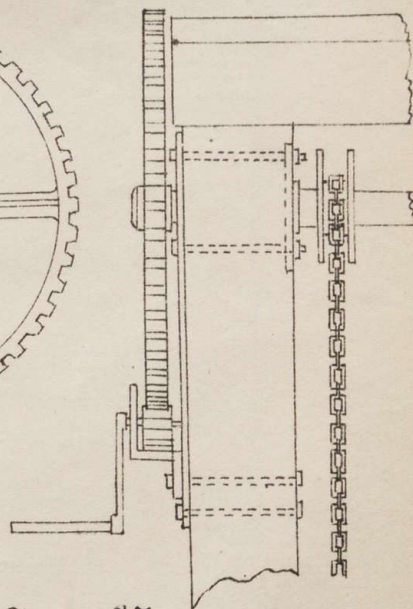
Черм. 60



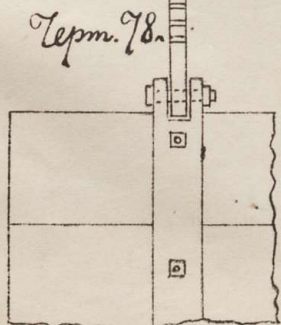
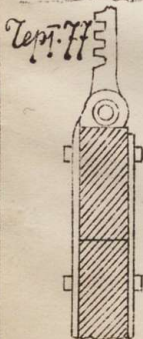
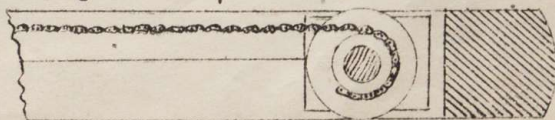
Черт. 83

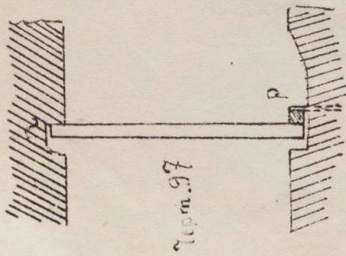


Черт. 84



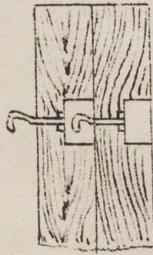
Черт. 85



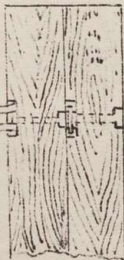


Черт. 97

Черт. 95



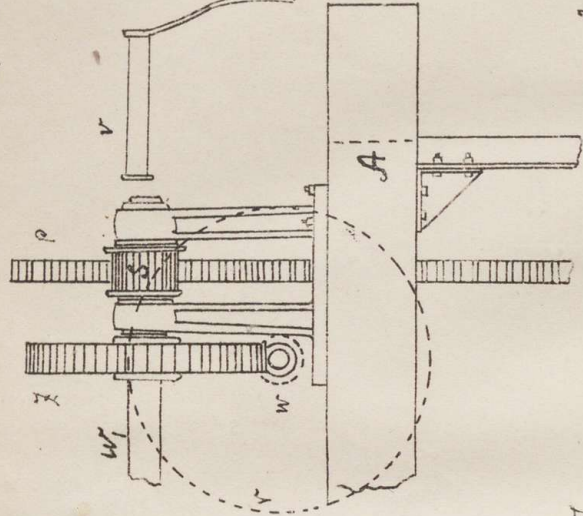
Черт. 98



Черт. 96

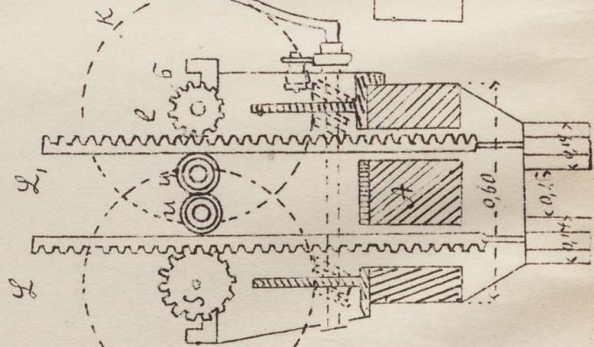


Черт. 99

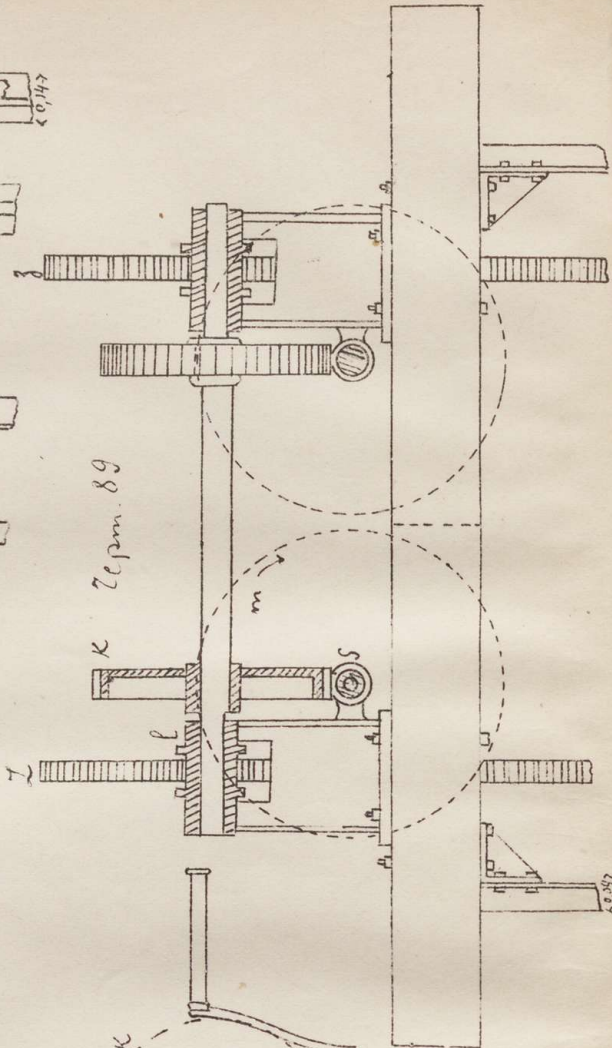


Черт. 86.

Черт. 87

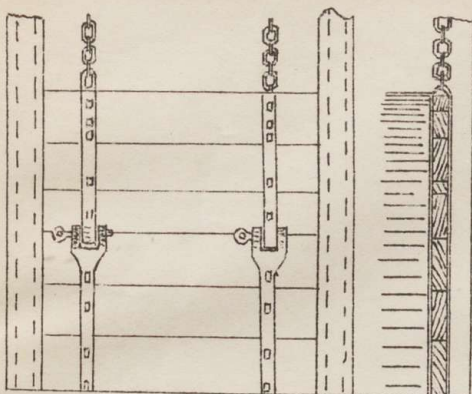


Черт. 88.

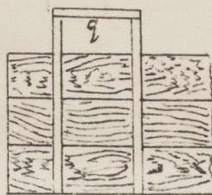


Черт. 89

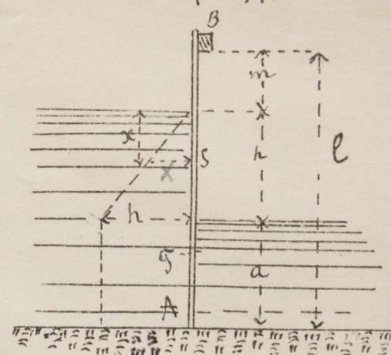
Черт. 90



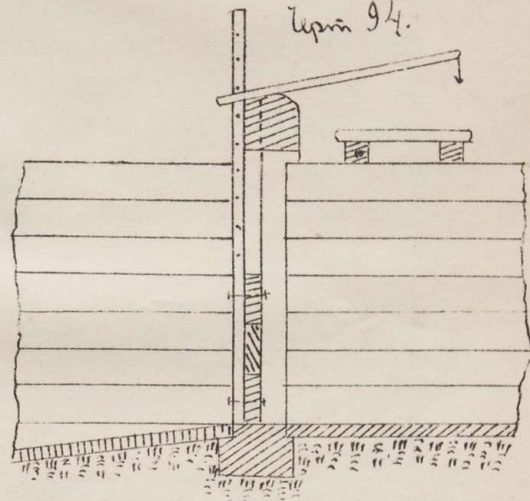
Черт. 93



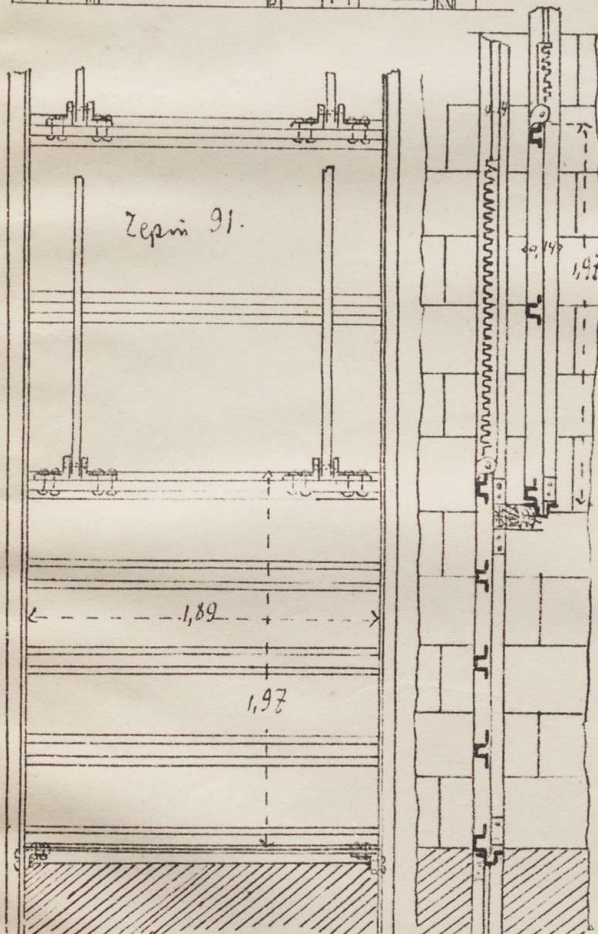
Черт. 101.



Черт. 94.



Черт. 91.



Черт. 100.

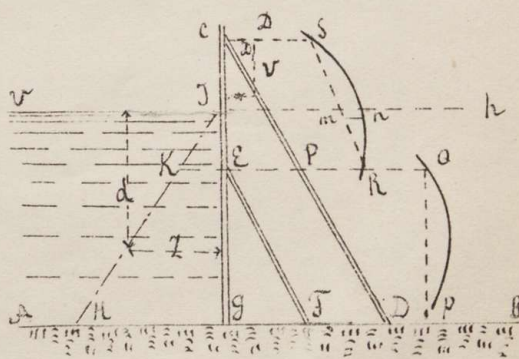
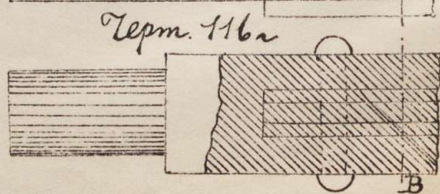
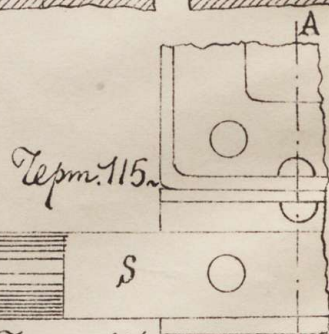
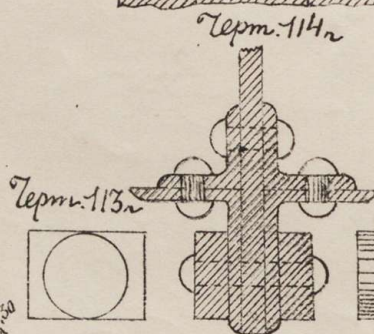
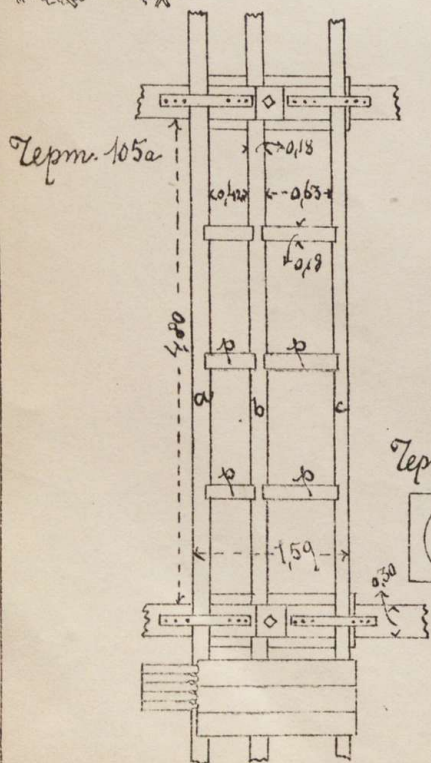
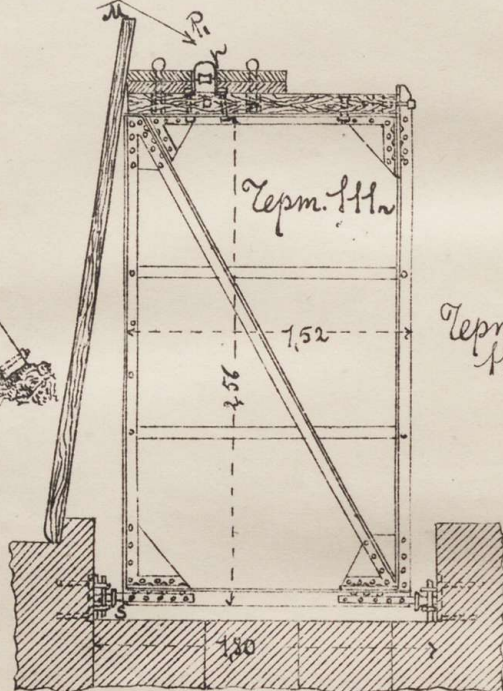
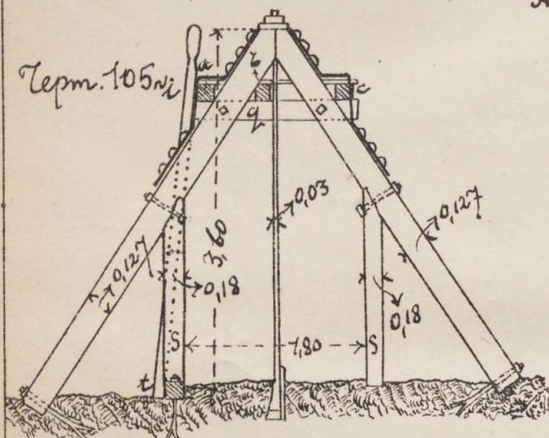
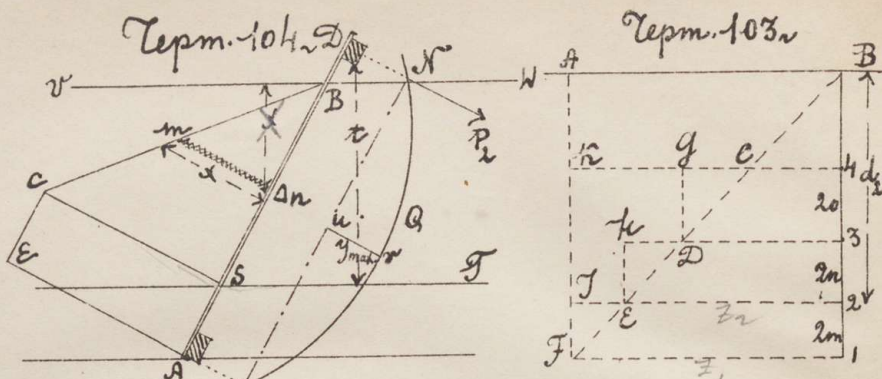
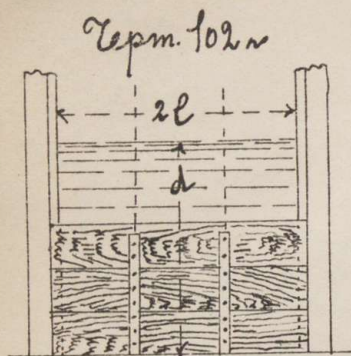
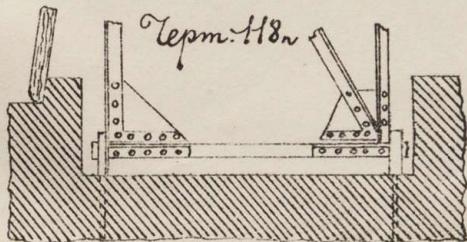
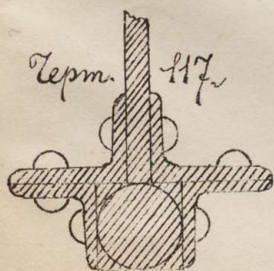
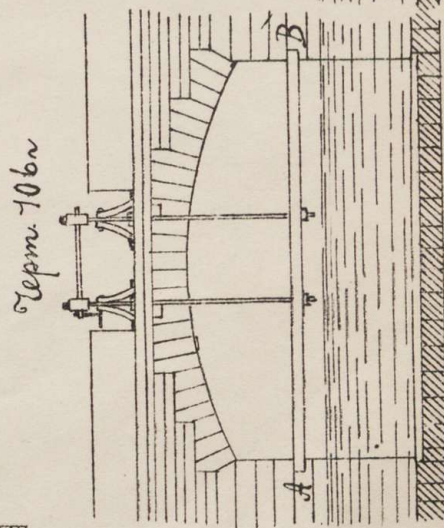
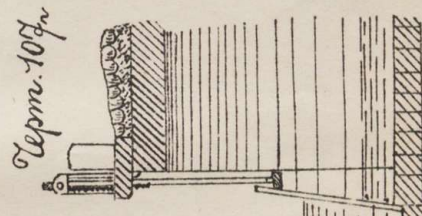
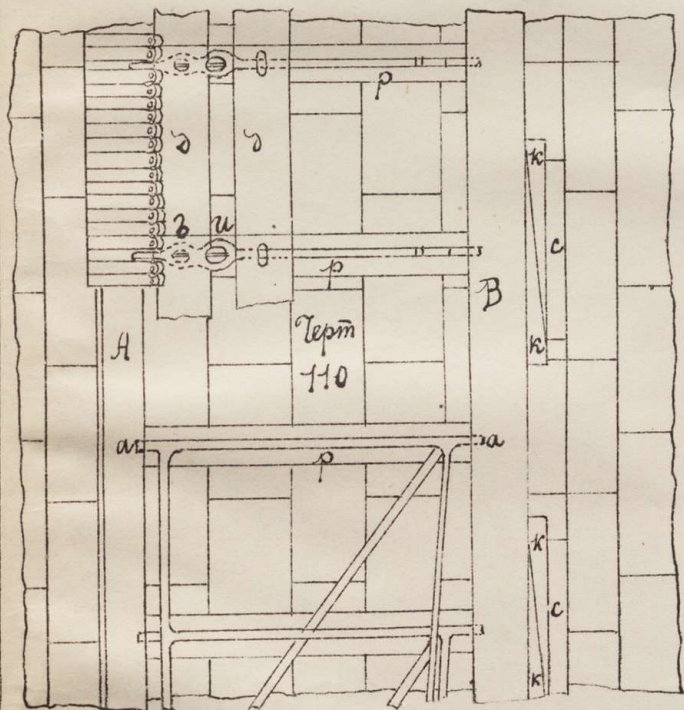
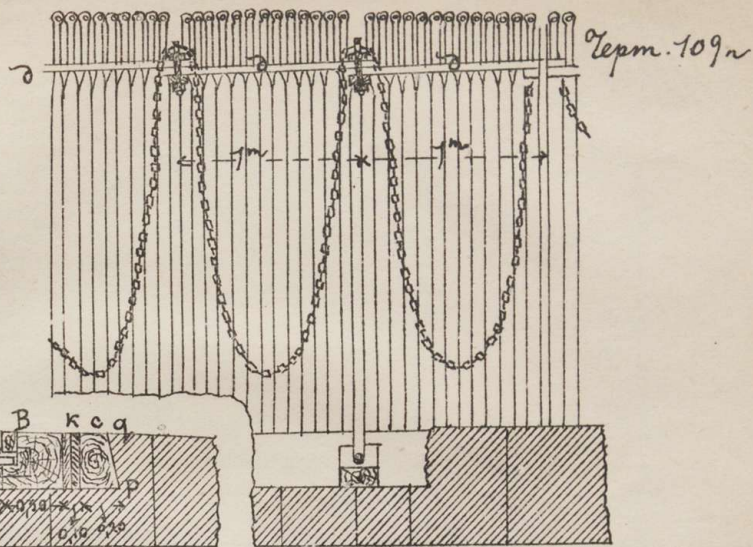
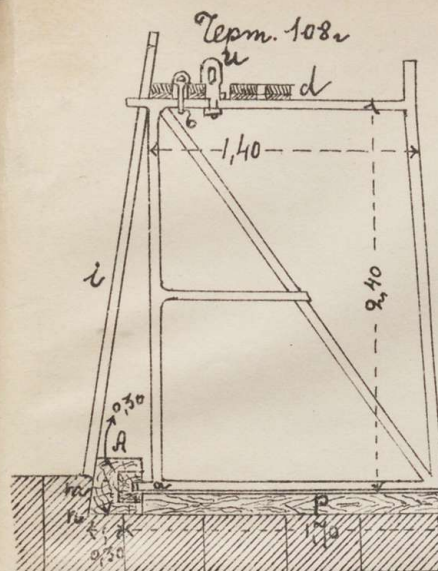
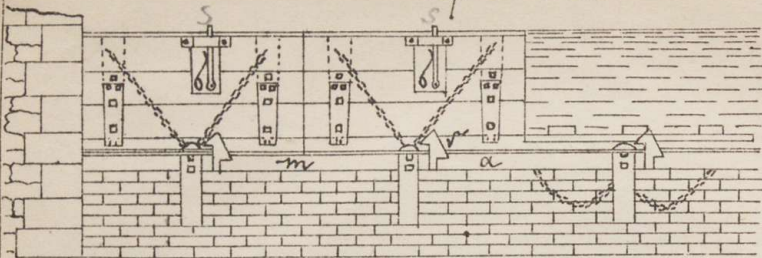


Таблица 7₂

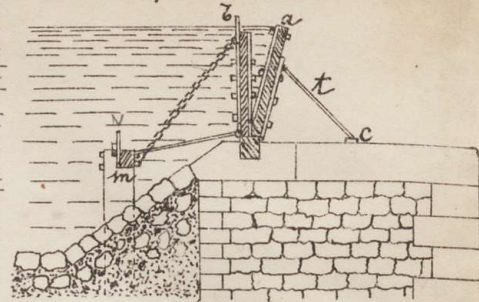




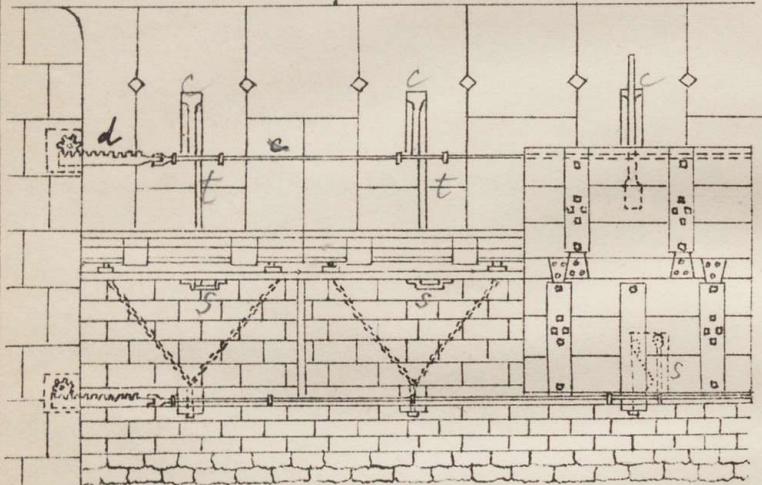
Тепм. 122~



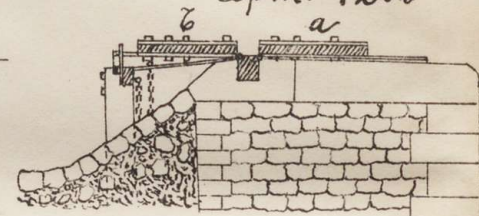
Тепм. 124~



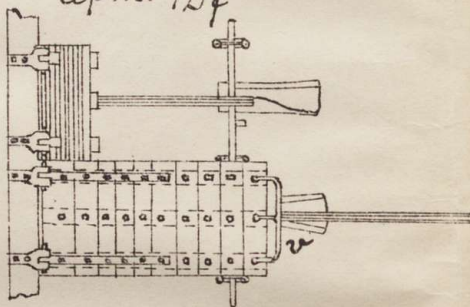
Тепм. 123.



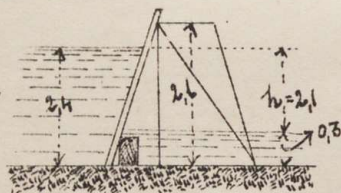
Тепм. 125~



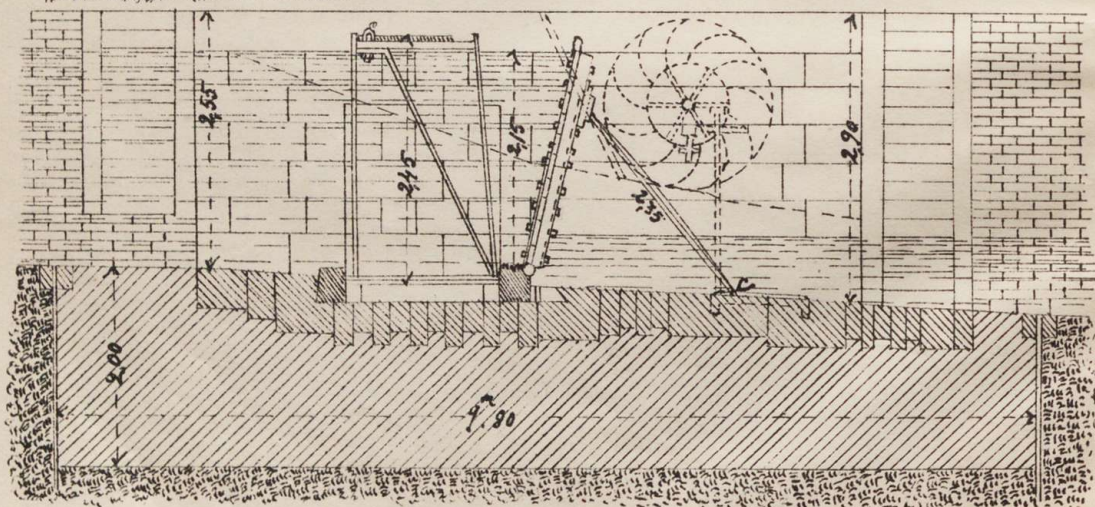
Тепм. 127

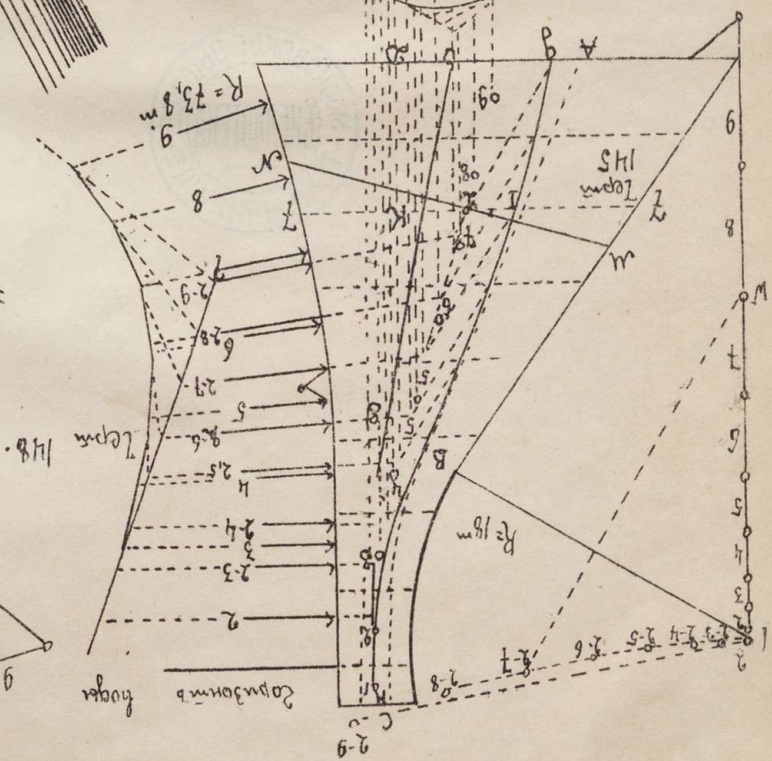
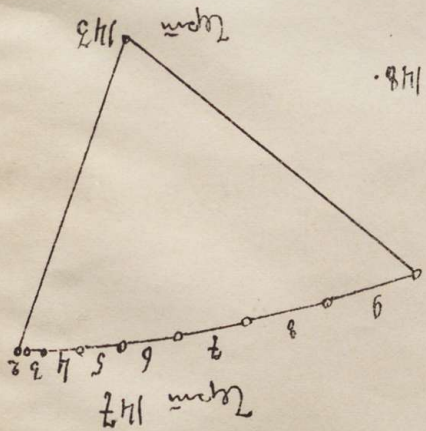
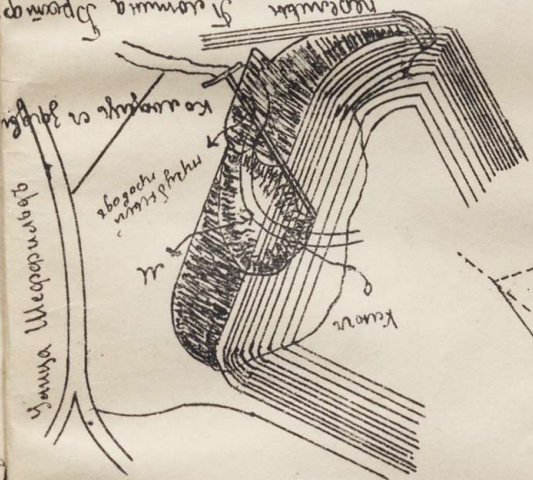
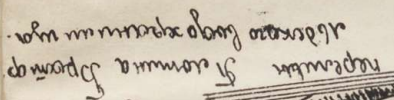
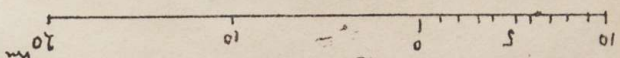


Тепм. 124~



Тепм. 126~





Полтора Порека
всего отъема.

