

А. Э. Кржижановскій.

ПЛОТИНЫ

И

ЭКСПЛОАТАЦІЯ ЭНЕРГІИ ВОДЫ

ДЛЯ ПИТАНІЯ ДВИГАТЕЛЯ.



ТОМСКЪ.

Паровая типо-литографія П. И. Макушина. Благовѣщ пер., соб д.

1904.



ОПЕЧАТКИ.

Стр. Строчка	Напечатано.	Должно быть.
1 9	самыхъ	самихъ
5 13	Неѣловъ	Нееловъ.
14 29 (ур. b)	$h + y_2 = y + i$	$h + y_2 = y_1 + i$
14 20	c b	c d
15 12 (ур. g)	$-dy - i dx = \frac{V dv}{g} - \beta \frac{dx}{y}$	$-dy - i dx = \frac{V dv}{g} - \beta \frac{dx}{y} \frac{V^2}{g}$
15 15 (ур. h)	$y dv = v dy$	$y dV - V dy$
15 17	$dy + i dx = \frac{V^2 dy}{gy} + \beta^2 \frac{dx}{y} \frac{V^2}{g}$	$dy + i dx = \frac{V^2 dy}{gy} - \beta \frac{dx}{y} \frac{V^2}{g}$
16 1 и далѣе.	$i = \beta/2$	$i = \frac{\beta}{2}$
16 11	въ	
16 22	$d \frac{V^2}{2g} = \frac{V dV}{y} = \frac{V_1^2 - V^2}{2y}$	$d \frac{V^2}{2g} = \frac{V dV}{g} = \frac{V_1^2 - V^2}{2g}$
16 28	$\Theta = beu = byv$	$\Theta = b e U = b. V$
16 28	$v^2 = \frac{u^2 l^2}{y^2}$	$V^2 = \frac{U^2 e^2}{y^2}$
16 30	$dy = -i dx + \frac{1}{k^2} \frac{U^2 l^3}{y^3} dx$	$dy = -i dx + \frac{1}{k^2} \frac{U^2 e^2}{y^3} dx$
18 7 (ур. 2)	$\frac{ix}{e} = \Phi\left(\frac{z}{e}\right) - \Phi\left(\frac{z}{e}\right)$	$\frac{ix}{e} = \Phi\left(\frac{Z}{e}\right) - \Phi\left(\frac{z}{e}\right)$
22 примѣчаніе	Евлевича	Евневича.
30 послѣдняя	eas и dbt	eaf и dbg
31 1	dk и fh = gh	d K и fh = g K
31 2	heasutbdk	heasutbd K
31 3	hea и kdb	hea и Kdb
31 21—22	cd	ed
31 23	kh	K h
32 20	Гаусмалана	Гаусмана
35 снизу 2-я	это	этого
58 20	пупурнаго	пунурнаго

ОПЕЧАТКИ ВЪ ЧЕРТЕЖАХЪ.

19	пропущена на продолженіи линіи hkfeg буква K.	
Таблица VI	бакомъ	быкомъ
Таблица VII	тяжевой	ряжевой.

ОПЕЧАТКИ ВЪ ОГЛАВЛЕНІИ.

Послѣдняя строка	66 стр.	56 стр.
------------------	---------	---------

Предисловіе.

Наша техническая литература весьма бѣдна сочиненіями, трактующими о эксплуатаціи воды какъ двигательной силы для заводовъ. Предметъ этотъ самъ по себѣ распадается на два самостоятельныхъ отдѣла, на изученіе способовъ собиранія и сохраненія энергіи природныхъ водъ и на изученіе водяныхъ двигателей. Оставляя въ сторонѣ болѣе изслѣдованный нашей литературой послѣдній отдѣлъ, можно отмѣтить, что по вопросамъ перваго отдѣла у насъ имѣется кажется всего лишь одна печатная книга, посвященная ему, какъ самостоятельному предмету. Это книга г. Неелова „Плотины“, изданная въ 1884 г. и въ настоящее время совершенно исчерпанная въ продажѣ. Тѣ курсы, которые читаются въ нашихъ высшихъ учебныхъ техническихъ школахъ, появляясь въ видѣ литографированныхъ лекцій, не имѣютъ распространенія среди публики. Между тѣмъ интересъ къ этому предмету у насъ съ каждымъ годомъ возрастаетъ.

Новѣйшія усовершенствованія въ турбиностроеніи, усовершенствованіе въ передачѣ энергіи электричествомъ, безпрестанное возрастаніе дороговизны топлива, заставляють все чаще прибѣгать къ эксплуатаціи даровой силы природы—силы паденія воды. Заграничный опытъ и достигнутые тамъ великолѣпные результаты, еще болѣе поощряють нашу промышленность на этомъ пути. Въ то время, когда раньше дѣло эксплуатаціи воды велось почти исключительно такъ сказать кустарнымъ образомъ, находясь въ рукахъ доморощенныхъ техниковъ, теперь неоднократно по этимъ вопросамъ обращаются къ образованному специалисту, не рискуя затрачивать иногда значительный капиталъ безъ увѣренности, даже гарантіи въ успѣхѣ. Но такъ какъ такихъ специалистовъ у насъ въ Россіи пока очень мало, то мнѣ кажется каждое пособіе по этому предмету должно оказать пользу.

Составляя свою книжку, я имѣлъ въ виду въ возможно сжатомъ видѣ изложить все то, что по моему необходимо для правильнаго пониманія

и расчета эксплуатаціи воды, а такъ какъ эта эксплуатація почти никогда не обходится безъ сооруженія плотинъ, то мною собраны эмпирическія и теоретическія данныя для проектированія плотинъ и даны описанія различныхъ конструкцій. Далѣе, зная по опыту какое большее значеніе имѣетъ при проектированіи образецъ, я озабочился, чтобы въ прилагаемомъ атласѣ каждый типъ плотины имѣлъ, по крайней мѣрѣ, хоть одинъ дѣйствительно существующій образецъ.

Предназначая свою книжку для лицъ болѣе или менѣе подготовленныхъ технически, я, желая уменьшить размѣръ книги, выпускаю все то, что, имѣя лишь побочное отношеніе къ изложенію, должно быть извѣстно изъ элементарныхъ подготовительныхъ курсовъ физики, геодезіи, гидравлики и строительнаго искусства.

Располагаемая работа.

Всякая искусственная преграда, загораживающая течение рѣки съ цѣлью приподнять въ ней уровень воды, представляет водонапорную плотину. Если такой подъемъ совершается съ цѣлью приводить въ движеніе водяной двигатель, то плотина часто называется въ зависимости отъ завода, который приводится въ движеніе водой, мельничной, фабричной или заводской. Такъ какъ для движенія заводовъ эксплуатируются въ большинствѣ случаевъ небольшіе рѣки и ручьи, въ которыхъ воды часто слишкомъ мало для образованія всей нужной заводу двигательной силы, то изученіе какъ самыхъ рѣкъ, такъ и плотинъ съ точки зрѣнія наиболѣе правильнаго пользованія энергіей воды, является весьма важнымъ вопросомъ, на которомъ слѣдуетъ остановиться раньше изученія самой конструкціи плотинъ.

Какъ извѣстно изъ гидравлики, при перемѣщеніи нѣкотораго объема воды Θ куб. метр. изъ одного горизонта на другой, лежащей на H метр. ниже, независимо отъ того какимъ бы путемъ это перемѣщеніе ни совершалось, вода благодаря своему вѣсу производитъ работу, которая для объема Θ , выразится

$$L = \Theta H \cdot \gamma \text{ klg. mtr.}$$

Здѣсь γ , есть вѣсъ куб. метр. воды = 1000 klg. Если Θ будетъ секундный объемъ, иначе расходъ, то секундная работа, выраженная въ силахъ, будетъ

$$N = \frac{\Theta \gamma H}{75}; \dots (1).$$

Эту работу N (располагаемую работу воды) и можетъ воспринять двигатель съ извѣстными потерями въ зависимости отъ совершенства конструкціи. Плотина, обуславливая въ данномъ мѣстѣ рѣки значительную разницу между горизонтами верховой и низовой воды, даетъ возможность переводить воду изъ верхняго на нижній уровень, пропуская ее на этомъ пути черезъ машину двигатель, и такимъ образомъ утилизировать работу для завода.

Равенство (1) показываетъ, что располагаемая работа прямо пропорціональна Θ —секундн. расходу и H —подпору воды (H часто называютъ также напоромъ). Для полученія наибольшей работы слѣдуетъ стараться получить по возможности больше Θ и H . Остановимся на каждомъ изъ этихъ факторовъ работы отдѣльно.

Измѣнчивость расхода въ рѣкахъ и регулированіе прудами.

Расходъ данной рѣки въ опредѣленный моментъ есть величина, въ большинствѣ случаевъ зависящая исключительно отъ природныхъ условій, измѣняющихся въ теченіе цѣлаго года, почему и расходъ этотъ непрерывно колеблется. Общаго для всѣхъ рѣкъ соотношенія между расходами воды въ различное время года установить невозможно: въ зависимости отъ географической широты мѣстности, паденія самой рѣки, почвы бассейна и проч., эти соотношенія могутъ быть крайне различны и въ этомъ отношеніи каждая рѣка должна быть изучена отдѣльно. Большинство русскихъ рѣкъ весной во время таянія снѣговъ проносятъ въ теченіе нѣсколькихъ недѣль, а иногда даже и дней громадныя количества воды, расходъ ихъ въ это время превышаетъ въ 100—200 и болѣе разъ расходъ въ самое сухое время, нормальный же расходъ ихъ, продолжающійся большую часть года, въ 3—10 разъ болѣе наименьшаго. Однако и эти широкіе предѣлы отнюдь не общее правило.

Такое громадное колебаніе расхода надлежащимъ сооружеиіемъ плотины можетъ быть отчасти уравномѣрено. Дѣло въ томъ, что плотина, подпирая воду рѣки, можетъ заставить ее выйти изъ береговъ и залить прилегающія низменныя окрестности, такимъ образомъ можетъ быть образовано озеро или прудъ, который будетъ заполненъ при половодіи, затѣмъ запасомъ воды, полученнымъ такимъ образомъ, возможно будетъ пользоваться для пополненія недостатка въ сухое время.

Для полученія плана такого озера прежде всего слѣдуетъ составить топографическую карту рѣки и прилежащей мѣстности въ горизонталяхъ, затѣмъ, задавшись подъемомъ воды и зная, что поверхность озера будетъ горизонтальной, уже нетрудно опредѣлить какъ всю поверхность озера, такъ и весь объемъ его.

Однако весь объемъ воды въ прудѣ въ расчетъ принимаемъ быть не можетъ. Кромѣ различныхъ потерь, о которыхъ рѣчь впереди, въ большинствѣ случаевъ оказывается невозможнымъ спускать воду ниже извѣстнаго предѣла. Такъ, если такое озеро располагается непосредственно при плотинѣ или недалеко отъ нея и тутъ же у низовой стороны плотины нижній горизонтъ воды, то колебаніе воды въ озерѣ должно

сильно отражаться и на весь напоръ. Двигатель обыкновенно устанавливается для работы при опредѣленномъ напорѣ и безъ значительныхъ потерь особаго пониженія его не допускаетъ, это разъ, во вторыхъ согласно выраженію (1) работа одного и того же количества воды пропорц. напору; если этотъ напоръ понижается, то, слѣдовательно, и эксплуатация идетъ уже не такъ успѣшно. Если поэтому прудъ имѣетъ нѣкоторую постоянную или по временамъ ограниченную прибыль воды, то не слѣдуетъ слишкомъ понижать напоръ, потому что тогда при новомъ приливѣ воды въ прудъ вода можетъ уже не подняться до прежней высоты, и придется все время терять работу. Эти соображенія и заставляютъ пользоваться только лишь нѣкоторымъ слоемъ воды, толщина котораго составляетъ лишь часть всего напора.

У насъ можно видѣть пруды, гдѣ въ сухое время пониженіе уровня воды доходитъ до 50% напора, зато ужъ послѣ такого пониженія, работа двигателя на немъ прекращается вплоть до весны, когда онъ опять наполнится. Очевидно, что такого рода пониженіе не всегда рационально, и врядъ ли есть когда либо расчетъ при непрерывномъ притокѣ воды понижать напоръ больше 10—20%.

Все количество воды ниже спускнаго слоя, конечно, не можетъ идти въ расчетъ и поэтому углубленіе дна въ прудахъ рытьемъ ямъ, какъ мнѣ это случалось видѣть, совершенно бессмысленная и дорогая работа.

При расчетахъ запасныхъ прудовъ для небольшого напора, если отъ пруда требуется продолжительное регулирующее дѣйствіе, поверхность его получается очень значительной и иногда бываетъ невыгодно устраивать такіе пруды.

Поясню это лучше всего примѣромъ. Найдемъ поверхность пруда, нужную для образованія запаса воды, обеспечивающаго одну силу въ теченіе 2-хъ мѣсяцевъ, если извѣстно, что за это время напоръ понижается съ 3 до 2,5 metr. При чемъ для простоты будемъ полагать берега пруда на глубину 0,5 metr. вертикальными и положимъ, что полагаемая работа въ 100 klg. metr., въ сек. способна дать на валу двигателя одну силу.

Тогда принимая, что все время напоръ остается среднимъ = 2,75 metr., мы получимъ количество воды, необходимое для работы въ теченіе 60-ти 24 часовыхъ дней равнымъ

$$\frac{60.24.60.60.100}{2.75} = \infty 190 \text{ мил. кил. т. е. } 190.000 \text{ куб. metr.},$$

а такъ какъ съ пруда снимается слой въ 0,5 metr., то потребуется поверхность

$$= \infty 380.000 \text{ кв. metr.} = \infty 35 \text{ десятинъ.}$$

Далѣе считая, что одна сила въ состояніи дать доходъ, равный 1 к. въ часъ, весь доходъ за 60 дней будетъ 14 р. 40 коп., что на десятину покрытой водой земли дастъ лишь 40 коп. Но такой незначительный доходъ земля можетъ дать лишь исключительно.

Если бы напоръ былъ 30 metr., то допуская тоже колебаніе уровня въ процентахъ всего напора, мы получили бы съ десятины уже 40 рублей, а при напорѣ въ 300 metr. при возможности пониженія уровня на 50 metr., доходъ съ десятины залитой земли составилъ бы уже 4000 рублей.

Бываютъ, однако, случаи, когда и при небольшомъ паденіи прудъ очень выгоденъ. Такъ, на примѣръ, когда въ теченіе сутокъ или нѣсколькихъ дней машины работаютъ съ переменною силой.

Многія сельскія мельницы работаютъ только днемъ; тогда прудъ долженъ запасать всю воду, притекающую ночью.

Придерживаясь той же величины напора и колебанія уровня, какъ въ предыдущемъ примѣрѣ, найдемъ, что для одной силы на 12 час. дневной работы потребуется около 0,35 десятины пруда, и благодаря этой поверхности можетъ быть сохранено въ теченіе года 12.360 рабочихъ часовъ, что согласно предыдущей оцѣнкѣ сило-часа, дастъ намъ 43 руб., десятина же дастъ 125 рубл.

Такой небольшой запасный прудъ не только полезенъ, но иногда даже необходимъ, иначе при значительномъ колебаніи расхода воды въ двигателѣ, напоръ сталъ бы очень быстро падать, что вызвало бы остановку и вообще неправильности въ работѣ двигателя, запасъ же пруда, дѣлая колебанія уровня болѣе медленными, даетъ возможность своевременно уменьшать работу машины, не измѣняя скорости двигателя. Тамъ, гдѣ двигатель работаетъ на весь расходъ, отсутствіе хотя бы малаго пруда весьма вредно отзывается на всемъ ходѣ работъ и это всегда слѣдуетъ имѣть въ виду.

Къ поверхности пруда конечно должна быть отнесена и поверхность всей подпертой рѣки, но только отчасти, такъ какъ понижая уровень у запруды на нѣкоторую высоту h , мы вверхъ по теченію получаемъ все меньшія и меньшія пониженія, другими словами, глубина слоя, который можетъ быть снятымъ съ рѣки, по мѣрѣ удаленія отъ плотины все понижается. Къ этому явленію я еще возвращусь въ дальнѣйшемъ изложеніи.

Понятно, что расположеніе пруда не играетъ существенной роли. Чаще всего его строятъ непосредственно за плотиной, но бываютъ случаи, когда онъ располагается гдѣнибудь далеко отъ плотины вверхъ по теченію. Иногда для образованія пруда строятъ отдѣльную плотину и

убыль воды въ рѣкѣ пополняютъ выпуская по мѣрѣ надобности воду въ русло.

Кромѣ устройства пруда на рѣкѣ иногда можетъ оказаться выгоднымъ устроить прудъ для стока снѣговыхъ и дождевыхъ водъ и пользоваться запасомъ воды, образованнымъ такимъ образомъ. Каковъ бы, однако, прудъ ни былъ, всегда въ немъ происходитъ потеря воды отъ высыхания (испаренія), просачиванія въ землю и всасыванія. Испареніе зависитъ отъ величины пруда, времени года, климата и мѣстоположенія. Наблюденія показываютъ, что вообще говоря съ поверхности воды, защищенной отъ вѣтра (въ лѣсу, въ горахъ), испареніе въ три раза меньше, чѣмъ съ поверхности воды въ открытомъ мѣстѣ, при всѣхъ равныхъ прочихъ условіяхъ.

Г. Неѣловъ въ своей книгѣ указываетъ на одинъ прудъ въ Смоленской губерніи, хорошо, какъ онъ пишетъ, защищенный растительностью, который во время лѣтней засухи при сильномъ сѣверо-восточномъ вѣтрѣ далъ въ теченіе недѣли убыль воды на 6". По Волкову въ судоходныхъ каналахъ наибольшее испареніе въ сутки составляетъ $\frac{1}{2}$ ". Онъ даетъ формулу, опредѣляющую среднюю потерю воды въ сутки за время судоходства (250 дней) отъ испаренія, просачиванія и всасыванія въ землю, и черезъ шлюзъ; эта потеря по его формулѣ

$$= \left(\frac{1}{84} S + 60 \right) \text{ куб. саж.},$$

здѣсь S площадь пруда въ куб. саж., а 60 потеря въ куб. саж. черезъ шлюзъ).

Г. Неѣловъ предлагаетъ этой формулою пользоваться и для прудовъ, примѣняя ее для всего года, т. е. 360 дней, чѣмъ, по его мнѣнію, введется только большая надежность, такъ какъ зимой потери вообще меньше. Я, однако, полагаю, что эта формула имѣетъ лишь значеніе для почвъ совершенно или мало проницаемыхъ и только для сѣверо-западнаго раіона Россіи, гдѣ именно и дѣлались наблюденія Волкова. Слѣпо полагаться на эту формулу вообще рискованно, гораздо надежнѣе сдѣлать непосредственное наблюденіе хотя бы въ теченіе одного года, вырывъ предварительно на мѣстѣ предполагаемаго пруда нѣсколько большихъ ямъ и наполняя ихъ водою.

Если грунтъ окажется сильно проницаемымъ, то лучше для пруда искать другого мѣста.

Уменьшить непроницаемость можно бетонированіемъ дна и стѣнокъ водоема. Тошій бетонъ кладется слоемъ толщ. отъ 4 до 8" и сильно трамбуется, послѣ чего его присыпаютъ землею слоемъ 12—20". Вмѣсто бетона часто пользуются жирной мягкой глиной съ примѣсью мелкаго

песка, накладывая эту смѣсь слоями въ 4" толщиною и плотно утрамбовывая. На 1 объемъ жирной глины берется $1\frac{1}{2}$ объема мелкаго песку; полезно также прибавить известковаго молока въ количествѣ 5—10 литровъ на 1 куб. метръ земли. Общую толщину набивки дѣлають отъ 8—20"; этотъ слой присыпается для защиты, какъ и бетонъ, землею. Эти оба способа, особенно первый, весьма дорогіе и поэтому для большихъ прудовъ почти непримѣнимы, кромѣ того оба эти средства требуютъ для своего выполненія осушенія пруда.

Гораздо болѣе дешевымъ способомъ является впускъ въ водохранилище мути, образованной разбалтываніемъ глины или ила съ водою; къ этой мути полезно прибавить известковаго молока, главнымъ образомъ потому, что известь убиваетъ червей, которые дѣлая ходы въ днѣ бассейна способствуютъ его просачиванію. Муть, осѣдая, затягиваетъ всѣ болѣе проникаемыя мѣста, на которыя она именно и направляется токомъ просачивающейся воды. Этотъ способъ очень дешевый и при повторительныхъ приѣмахъ даетъ въ спокойныхъ водахъ хорошіе результаты, на что указываютъ опыты въ Баваріи и Франціи. Отдѣльныя мѣста усиленнаго просачиванія, такъ называемыя вымоины, которыя легко замѣтить по происшедшемъ углубленіи дна, хорошо исправляются подсыпкой въ образовавшіяся ямы по возможности самаго мелкаго песку. Надо наконецъ замѣтить, что съ теченіемъ времени прудъ самъ собою заилается и просачиваніе уменьшается.

Пруды для собиранія дождевыхъ и снѣговыхъ водъ.

Если прудъ сооружается на рѣкѣ и расчетъ его наполненія ведется на основаніи измѣренія расходовъ воды въ рѣкѣ въ различное время, то очевидно при этомъ уже само собою включаются и атмосферные осадки, которые вліяютъ на измѣненіе расхода въ рѣкѣ. Если же прудъ строится для наполненія исключительно атмосферными осадками, тогда опредѣленіе притока въ него воды усложняется. Какъ извѣстно, только часть атмосферныхъ осадковъ достигаетъ рѣкѣ, часть упавшей на землю воды испаряется, часть поглощается растеніями, часть просачивается въ землю и часть сливается по поверхности въ водоемъ; къ этой послѣдней части присоединяется со временемъ и часть воды изъ той, которая просочилась въ почву. Опредѣлить то количество воды, которая попадетъ въ бассейнъ изъ атмосферныхъ осадковъ довольно трудно. По наблюденіямъ многихъ ученыхъ это количество, въ зависимости отъ многихъ обстоятельствъ, для почвъ малопроницаемыхъ, или сами по себѣ насыщенныхъ водою, составляетъ отъ $\frac{1}{2}$ до $\frac{1}{4}$ выпавшихъ въ бассейнъ въ теченіи года осадковъ. Но если почва бассейна суха

и поглощаетъ воду или проницаема на значительную глубину, то въ прудъ можетъ не попасть ничего. Такъ, напримѣръ, черноземъ жадно поглощая воду въ состояніи удерживать ее почти въ двойномъ количествѣ противъ собственнаго вѣса; вода эта съ теченіемъ времени испаряется, и если это испареніе идетъ энергичнѣе, чѣмъ притокъ свѣжихъ атмосферныхъ осадковъ, то, конечно, ни одна капля воды изъ упавшихъ на черноземъ не попадетъ въ водосборникъ. Извѣстны также примѣры исчезновенія цѣлыхъ рѣкъ при вступленіи ихъ въ области песковъ или меловыхъ породъ.

Опредѣленіе самаго бассейна пруда при почвахъ проницаемыхъ тоже весьма затруднительно, такъ какъ водораздѣлы конечно тогда лежатъ на подпочвенныхъ непроницаемыхъ слояхъ, слѣдовательно могутъ быть обнаружены только геологическими изысканіями. Поэтому, въ виду всей сложности этого вопроса, если нѣтъ для даннаго мѣста достаточно данныхъ, добытыхъ непосредственнымъ опытомъ, благоразумнѣе всего поступить такъ, какъ это дѣлалось въ „экспедиціи по орошенію на югѣ Россіи и Кавказа“. Экспедиція занималась сооруженіемъ прудовъ для орошенія земель. Начальникъ этой экспедиціи генералъ Жилинскій въ своемъ очеркѣ пишетъ между прочимъ слѣдующее: „Осадки, выпавшіе весной, лѣтомъ и осенью имѣютъ лишь второстепенное значеніе. Наблюденія, произведенныя экспедиціей, показали, что только въ исключительныхъ случаяхъ дождевая вода замѣтно увеличивала количество воды въ водохранилищахъ. Изъ оставшихся зимнихъ осадковъ не все количество воды можетъ быть собрано въ прудъ, такъ какъ часть ея поглощается почвою на мѣстѣ таянія снѣговъ, а часть испаряется. Количество поглощенной воды зависитъ отъ состава почвы, отъ степени ея разрыхленія, отъ глубины промерзанія, отъ ея уклона и отъ условій, при которыхъ происходитъ таянье снѣговъ: при дружномъ и быстромъ таяніи въ почву проникаетъ воды менѣе, чѣмъ при медленномъ и постепенномъ; наконецъ послѣ сухой осени почва поглощаетъ весеннихъ водъ гораздо болѣе, чѣмъ послѣ осени дождливой. Снѣгъ, выпавшій на мерзлую почву, даетъ воды вдвое больше, чѣмъ на талую. Количество же испаряющейся воды зависитъ отъ температуры воздуха, отъ продолжительности пребыванія воды на почвѣ и отъ степени насыщенія послѣдней.

Наблюденія на югѣ Россіи еще не даютъ достаточнаго основанія для опредѣленія количества воды, теряющагося отъ поглощенія почвою и отъ испаренія. Экспедиція при вычисленіяхъ количества воды, какое можетъ скопиться въ водохранилищѣ, принимала въ расчетъ все количество зимнихъ осадковъ, такъ какъ зимою испареніе ничтожно, а фильтраціи нѣтъ вовсе“.

Далѣ онъ совѣтуетъ пруды исключительно для наполненія снѣговою водою дѣлать глубиною не менѣе 2 саж. у плотины, такъ какъ менѣе глубокіе скоро высыхаютъ и затягиваются иломъ. Изъ приведенныхъ въ очеркѣ расчетовъ видно, что зимой экспедиція считала не астрономическое время, а метеорологическое, т. е. 4 мѣсяца для юга Россіи.

Для опредѣленія площади бассейна брались водораздѣлы по наружной поверхности земли, такъ какъ промерзшая земля является для протекающей по ней воды непроницаемой. Не смотря однако на всю предусмотрительность бывали, правда, исключительные года, когда пруды экспедиціи не наполнялись водою; это всегда случалось послѣ очень сухой осени, когда снѣгъ выпадалъ на сухую землю.

Изъ всего сказаннаго можно заключить, что собираніемъ атмосферныхъ осадковъ въ пруды, не всегда можно достигъ неизмѣнныхъ изъ года въ годъ результатовъ, но они все таки могутъ служить хорошимъ подспорьемъ, при существованіи какого нибудь постоянного источника воды.

Здѣсь я привожу табличку атмосферныхъ осадковъ для различныхъ городовъ Россіи. Осадки распределены по временамъ года (астрономическимъ).

	СРЕДНІЕ ОСАДКИ ВЪ МИЛЛИМЕТРАХЪ.				
	Зима.	Весна.	Лѣто.	Осень.	Годъ.
Петербургъ .	74	87	180	129	470
Вильно . . .	88	131	207	137	563
Пинскъ . . .	77	119	256	145	597
Варшава . .	96	119	223	131	569
Кіевъ	89	112	206	121	528
Астрахань . .	36	41	44	35	156
Москва	94	116	195	133	538
Томскъ	41	56	189	82	368

Распределеніе испаренія изъ свободной поверхности воды по мѣсяцамъ, по наблюденію Главной Физической Обсерваторіи въ Петербургѣ, слѣдующее:

Мѣсяцы.	Январь.	Февраль.	Мартъ.	Апрѣль.	Май.	Іюнь.	Іюль.	Августъ.	Сентябрь.	Октябрь.	Ноябрь.	Декабрь.	Годъ
Испар. въ м./м.	4	4	10	19	33	60	63	44	29	18	9	5	298

Примѣчаніе. Эти данныя заимствованы изъ книги Академика Вильда „Объ осадкахъ въ Россійской имперіи“, а также набл. Физической обсерваторіи.

Для первоначальнаго наполненія пруда по наблюденіямъ потребуется отъ $1\frac{1}{2}$ до 3 разъ воды больше его вмѣстимости.

Собираніе воды съ болотъ.

Иногда сама природа образуетъ естественные пруды или озера, черезъ которые протекаетъ рѣка; значеніе такихъ естественныхъ образований въ смыслѣ регулировки расхода воды такое же, какъ и искусственныхъ. Такое же значеніе имѣютъ и болота, которыя очень часто попадаютъ въ бассейны рѣкъ.

Но здѣсь уже въ деталяхъ дѣйствіе нѣсколько другое; во первыхъ, такъ какъ болото представляетъ поверхность, покрытую растительностью, то испареніе съ поверхности будетъ другое, чѣмъ съ водяной, дальше сама растительность болота—мхи и почва—торфъ, впитываютъ въ себя воду и удерживаютъ въ себѣ, при чемъ торфъ разбухаетъ, чѣмъ и объясняется иногда наблюдаемое вспучиваніе торфяныхъ болотъ. По моему мнѣнію, однако, нѣтъ никакого основанія полагать, что въ болото попадетъ воды меньше, чѣмъ дадутъ осадки во всемъ бассейнѣ въ теченіе зимнихъ мѣсяцевъ. Если принять въ расчетъ кромѣ того, что торфяныя болота лежатъ на пластахъ непроницаемыхъ, что испареніе въ нихъ меньше, чѣмъ съ открытыхъ резервуаровъ, и наконецъ что, какъ утверждаютъ, торфъ обладаетъ свойствомъ впитывать влагу изъ воздуха, то я думаю, что рассчитывая на получение съ поверхности болота количества воды, равнаго зимнимъ атмосфернымъ осадкамъ его бассейна, мы сдѣлаемъ большой запасъ надежности.

Дѣло обыкновенно въ природѣ происходитъ такъ. Весною болота затопляются, при чемъ часть воды, сливаясь съ затопленной поверхности, уходитъ въ рѣки и уносится безъ всякой пользы, такъ какъ въ это время всегда избытокъ воды. Когда вѣшнія воды сойдутъ, начинается медленное питаніе рѣкъ болотною водою, такъ что до слѣдующей весны болото остается все еще напитанное водою, и можетъ впитать въ себя только небольшую часть свѣжаго притока. Большая же часть снѣговой воды опять пропадетъ даромъ. Но если помощью канавъ отводить все время воду такъ, чтобы до слѣдующей весны болото могло совсѣмъ высохнуть, то болото въ состояніи поглотить большую часть или всю снѣговую воду и затѣмъ въ теченіе всего слѣдующаго года можетъ равномерно помощью канавъ питать рѣку. Выгода здѣсь очевидная.

Если осенью во время дождей болота успѣваютъ наполняться водою вторично въ году, то очевидно тогда канавы слѣдуетъ рассчитывать такимъ образомъ, чтобы они успѣвали отводить воду до осени.

Для того чтобы собрать воду со всей поверхности болота, обыкновенно поступают такъ.

По главному склону болота, если таковой есть, или, если его нѣтъ, то по срединѣ проводятъ главную магистральную канаву, задача которой вмѣстить притокъ всей воды съ болота. Къ этой магистрали проводится подъ острымъ угломъ (приб. $40-60^\circ$) справа и слѣва рядъ параллельныхъ канавъ, которыя такимъ образомъ разбиваютъ всю площадь болота на параллельныя полосы. Эти второстепенные каналы, собирая воду съ поверхности болота, подаютъ ее въ главную канаву. Подводъ подъ острымъ угломъ дѣлается за тѣмъ, чтобы вода, вливаясь въ главную канаву, не имѣла скорости, направленной противъ движенія въ ней. Очевидно, что чѣмъ глубже эти второстепенные каналы, тѣмъ большимъ слоемъ воды можно воспользоваться, чѣмъ они ближе между собою, тѣмъ быстрѣе будетъ идти осушеніе всей площади болота. Съ другой стороны глубина второстепенныхъ канавъ должна быть согласована съ глубиной магистральной, въ томъ смыслѣ, что они не могутъ быть глубже магистральной. Разстояніе между канавами зависитъ отъ той скорости, съ которой мы желаемъ осушать болото и отъ природы самаго болота. За неимѣніемъ достаточнаго количества матерьяловъ, на которыхъ можно бы было основаться при проведеніи второстепенныхъ каналовъ, я могу привести лишь указанія, какъ строила эти каналы „Коммиссія по осушенію Пинскихъ болотъ“, работавшая подъ начальствомъ упомянутаго уже выше генерала Жилинскаго. Каналы рылись трепецоидальныя съ уклономъ стѣнокъ въ 45° , ширина ихъ по верху отъ 1 до $1\frac{1}{2}$ сажени, глубина 2,3 до 3,28 фута, рылись они въ торфѣ; длина такого канала бываетъ иногда 5 верстъ и даже больше. Разстояніе между параллельными каналами отъ версты до $1\frac{1}{2}$ версты. Уклонъ по дну давался такой, чтобы при заполненіи всего сѣченія канала водою, скорость въ немъ была около 0,3 metr.; это необходимо для избѣжанія засоренія канавъ пескомъ и иломъ.

Надо замѣтить, что при осушеніи Пинскихъ болотъ преслѣдовались сельскохозяйственныя цѣли, почему канавы должны были осушить поверхность сѣнокосовъ въ теченіе приблизительно 3 мѣсяцевъ, считая отъ весенняго разлива, съ другой стороны бесполезно и даже вредно было осушать болото глубже, чѣмъ на аршинъ, потому что тогда корни травъ лишаются влаги и сѣнокосъ плохъ. Этимъ объясняется какъ сравнительная частота канавъ, такъ и ихъ небольшая глубина. Для нашихъ цѣлей ихъ полезно дѣлать глубже и разстояніе между ними увеличить, а самое лучшее и правильное, это для каждаго канала у входа его въ магистраль сдѣлать шлюзъ, которымъ по желанію можно выпускать воду, регулируя притокъ.

Предполагая, что второстепенныя каналы выполняютъ свое назначеніе, т. е. подводятъ къ главной канавѣ то количество воды въ каждую секунду, на которое мы рассчитывали, уже нетрудно вычислить размѣръ магистральной каналы.

Если обозначимъ черезъ V среднюю скорость воды въ канавѣ, въ metr. P периметръ омываемой части каналы, въ metr. F площадь въ metr. поперечнаго сѣченія, i паденіе дна, g —ускореніе силы тяжести = $=9,81$ metr., и χ нѣкотор. опыты коэф., то по формулѣ Вейсбаха

$$i = \chi \frac{1}{2g} \cdot V^2 \frac{P}{F};$$

кромѣ того расходъ каналы въ куб. metr. $\Theta = F \cdot V$.

Въ этихъ выраженіяхъ скорость должна быть такова, чтобы не произошло размыва грунта, и во вторыхъ, чтобы канава не заносилась пескомъ, иломъ и проч. Первое изъ этихъ требованій уменьшаетъ скорость, а второе увеличиваетъ. Изъ существующихъ у насъ каналовъ, вырытыхъ въ землѣ и торфѣ, а также изъ существующихъ каналовъ во Франціи, можно заключить, что эта скорость должна заключаться въ предѣлахъ отъ $0,3$ metr.— $0,5$ metr. Большую скорость можно допускать только въ скалистыхъ и каменистыхъ грунтахъ. Коэф. χ мѣняется въ зависимости отъ скорости, при скорости $V=0,3$, $\chi=0,009$, а при $V=0,5$ до 1 metr., $\chi=0,008$.

Примѣчаніе: Хотя въ Гидравликахъ для избѣжанія размыва скорость V допускается нѣсколько меньше указанныхъ предѣловъ, однако, это на практикѣ неисполнимо. Ссылку на французскіе каналы я основываю на таблицѣ, приведенной въ книгѣ Дингельштедта (Сельско-хозяйственная гидравлика 1904 г.).

При указанныхъ выше скоростяхъ уклонъ дна канала обыкновенно выражается въ десяти тысячныхъ доляхъ. Для полѣскихъ каналовъ этотъ уклонъ меньше $0,0003$, такъ какъ крайнія осушаемыя болотныя площади отстоятъ на 150 верстъ отъ рѣки Припяти, лежа въ тоже время на 24 сажени выше уровня этой рѣки, куда именно и отводится вода болота.

Присоединеніе рѣкъ другого бассейна и ключи.

Понятно, что средствомъ увеличенія расхода рѣки можетъ служить присоединеніе къ данной рѣкѣ иного бассейна. Въ мѣстностяхъ гористыхъ часто случается, что горный хребетъ, служащій водораздѣломъ для рѣкъ, текущихъ по противоположнымъ склонамъ, въ тоже время, вслѣдствіе своей извилистой формы, дѣлаетъ возможнымъ, безъ значительныхъ затратъ, помощью канала или иногда короткой тоннели, вывести

воды, стекающія по одному стоку горы, на противоположный, гдѣ они и могутъ быть включены въ общій бассейнъ. Такого рода устройства очень часто можно видѣть въ гористыхъ странахъ съ развитой эксплуатаціей водяной силы, напр. въ Швейцаріи, Австріи и Италіи. Въ сравнительно ровной мѣстности, подобнаго рода соединеніе бассейновъ, хотя и возможно, но затраты рѣдко окупаются выгодами.

Заканчивая о средствахъ увеличенія расхода, считаю умѣстнымъ сказать нѣсколько словъ о ключахъ.

Образованіемъ своимъ ключи обязаны той водѣ, которая, проникнувъ въ почву, движется тамъ по склонамъ непроницаемыхъ пластовъ; съ теченіемъ времени подъ почвою образуются ходы, по которымъ устанавливается движеніе уже цѣлыми струйками. Струйки эти въ формѣ ключей и пробиваются въ низменныхъ частяхъ земной поверхности. Ключами особенно богаты овраги и берега рѣкъ. Нѣкоторые изъ нихъ даютъ громадное количество воды. Нефловъ приводитъ въ примѣръ нѣсколько ключей, вода которыхъ непосредственно послѣ выхода изъ земли приводитъ въ движеніе цѣлыя мельницы и затѣмъ уже въ формѣ рѣчки течетъ дальше. Ключи служатъ большимъ подспорьемъ въ питаніи небольшихъ рѣкъ и игнорировать ихъ поэтому не слѣдуетъ. Изъ особенностей ключей можно отмѣтить ихъ засоряемость и пониженіе производительности ключа при повышенномъ давленіи на его жерло.

Первое легко можетъ быть устранено прочисткой жерла ключа, которую слѣдуетъ производить довольно глубоко внутрь земли, помощью земнаго бура или въ крайнемъ случаѣ заступа.

Второе зависитъ отъ того, что истеченіе воды изъ жерла ключа совершается подъ давленіемъ на воду подземныхъ слоевъ жидкости. Если увеличивается давленіе на жерло, положимъ вслѣдствіе того, что оно покрывается слоемъ воды, то, понятно, выталкивающая давленіе уменьшается, а поэтому уменьшается и скорость истеченія. Ключъ можетъ совсѣмъ перестать давать воду или пробиться гдѣ нибудь въ другомъ мѣстѣ, гдѣ этого добавочнаго давленія не существуетъ. Для избѣжанія такого случая слѣдуетъ русло канала, по которому течетъ вода изъ ключа, держать возможно чистымъ отъ всякихъ засореній, и строя плотину, имѣть ввиду, чтобы ключъ не оказался подъ поверхностью пруда. Часто ключи бьютъ періодически, появляясь только весной и исчезая лѣтомъ. Такіе ключи мало полезны потому, что весной и безъ того обыкновенно много воды. Расчистка такихъ ключей тоже бесполезна потому, что только ускорить изсяканіе. Если же ключъ бьетъ въ теченіе цѣлаго года почти съ постоянной силой, то тогда можно надѣяться, что расчистка дастъ хорошіе результаты.

Причины, ограничивающія высоту напора.

Переходя теперь къ разсмотрѣнію другого фактора располагаемой работы, къ напору, должно отмѣтить слѣдующія обстоятельства, мѣшающія безпредѣльному увеличенію этого фактора:

1) Слишкомъ высокій подъемъ воды потребуеъ и очень высокой плотины, но матеріалы изъ которыхъ возводится плотина, а также и грунтъ основанія не всегда позволяютъ такое увеличеніе.

2) Количество матерьяла, а слѣдовательно и стоимость плотины на единицу ея длины возрастаетъ почти пропорціонально квадрату высоты плотины, кромѣ того въ большинствѣ случаевъ поперечные профили рѣкъ таковы, что, перешагнувъ извѣстную высоту, плотина получается непропорціонально длиною; такъ наримѣръ (чер. 1) линія АВ показываетъ верхъ или гребень плотины, при увеличеніи напора на небольшую высоту h , длина плотины увеличилась до MN, т. е. почти вдвое. Поэтому стоимость плотины вообще возрастаетъ быстрѣе квадрата высоты, а такъ какъ выгода отъ увеличеннаго напора согласно уравненію (1) возрастаетъ лишь пропорціонально напору, то отсюда видно, что не всегда выгодно увеличивать напоръ, такъ какъ затрата можетъ не окупиться.

3) Образование напора всегда сопровождается подъемомъ воды въ руслѣ далеко вверхъ по теченію. Это повышеніе можетъ вызывать нежелательное затопленіе нѣкоторыхъ береговыхъ участковъ или образовывать нижній подпоръ у существующихъ уже на рѣкѣ плотинъ. Эти обстоятельства крайне важны, и раньше опредѣленія высоты плотины всегда должны быть приняты въ расчетъ.

Опредѣленіе профиля подпруженной рѣки.

Покажемъ какимъ образомъ, строя плотину, можно опредѣлить очертаніе въ продольномъ разрѣзѣ той поверхности, которую представитъ намъ запруженная рѣка. Рѣшеніемъ этого вопроса занимались нѣсколько гидравликовъ и на основаніи теоретическаго изученія неравномѣрнаго движенія воды въ рѣкѣ ими были выведены формулы, которыя даютъ почти тождественные результаты. Этими формулами обыкновенно и пользуются при рѣшеніи вопроса. Кромѣ нихъ существуютъ еще эмпирическія данныя для опредѣленія этого профиля, однако всѣ они даютъ слишкомъ не надежные результаты и поэтому можно настоятельно совѣтовать ихъ не употреблять, что именно и дѣлаетъ такое авторитетное лицо, какъ гидравликъ „Dupuit“.

Перейдемъ теперь къ выводу такъ называемаго уравненія подпруженной линіи.

Пусть на чертежѣ (2) АВ представляетъ продольный профиль дна рѣки, линія LM, параллельная АВ, есть профиль поверхности незапруженной рѣки.

Послѣ того, какъ въ точкѣ (В) была устроена плотина, продольный профиль подпруженной воды выразился линіей PR. Уголъ паденія АВТ назовемъ черезъ φ , глубину незапруженной рѣки—е, ширину рѣки, которую будемъ полагать всегда постоянной черезъ b. Возьмемъ два бесконечно близкихъ верт. сѣченія ab и cd, пусть o и o₁ ихъ центры тяжести.

Замѣтимъ, что такъ какъ уголъ φ всегда очень малъ, то совершенно безразлично, будемъ ли мы длину участка считать по горизонтальному направленію или по дну, такъ какъ, принимая вмѣсто длины линіи длину ея проэкціи при весьма маломъ φ дѣлаемъ ошибку на бесконечно малое высшаго порядка. По этой же причинѣ безразлично, будемъ ли мы считать глубину рѣки по вертикали или перпендикулярно ко дну.

Называя длину участка черезъ l, скорость въ сѣченіи ab черезъ V₁, а въ сѣченіи cb—V₂, глубина этихъ сѣченій черезъ y₁ и y₂ и замѣчая, что давленіе въ центрѣ тяжести сѣченія равно половинѣ глубины, легко написать на основаніи уравненія Д. Бернули слѣдующее соотношеніе:

$$h = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + \eta \dots (a),$$

гдѣ h есть пониженіе поверхности воды, а η работа сопротивленій на разсматриваемомъ пути.

Съ другой стороны по чертежу видно $h + y_2 = y_1 + l \operatorname{tg} \varphi$ или по малости φ , полагая $\operatorname{tg} \varphi = i$, имѣемъ

$$h + y_2 = y_1 + l \cdot i \dots (b).$$

Собирая уравненія (a) и (b) имѣемъ

$$-(y_2 - y_1) + l \cdot i = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + \eta \dots (c)$$

Сопротивленіе η по Вейсбаху можетъ быть выражено такъ:

$$\eta = \mathfrak{J} \frac{P}{A} \cdot l \cdot \frac{V^2}{2g}$$

гдѣ $\mathfrak{J}$ коэффициентъ, P омываемый периметръ сѣченія, а A площадь;

$$y \text{ насъ } \frac{P}{A} = \frac{2y + b}{by} = \frac{2 \frac{y}{b} + 1}{y};$$

мы будемъ полагать, что (y) очень мало въ сравненіи съ b , тогда приблизит.

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{y};$$

и для нашего случая:

$$\eta = \mathcal{J} \frac{1}{y_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} \dots (d).$$

Собирая (с) и (d) въ одно имѣемъ:

$$-(y_2 - y_1) + li = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + \mathcal{J} \frac{1}{y_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} \dots (f)$$

Выберемъ теперь координатныя оси такъ, чтобы ось X была BA , а ось $y - By$, тогда $l = -dx$, $y_1 = y$; $V_1 = V$

уравненіе f будетъ

$$-dy - i \, dx = d \left(\frac{V^2}{2g} \right) - \mathcal{J} \frac{dx}{y} \cdot \frac{V^2}{2g} \text{ или}$$

$$-dy - i \, dx = \frac{V \cdot dv}{g} - \mathcal{J} \frac{dx}{y} \dots (g)$$

Такъ какъ расходъ Θ запруженной и незапруженной рѣки одинъ и тотъ же, то обозначая скорость незапруженной рѣки черезъ u имѣемъ $\Theta = beu = byv$, откуда $ydv = -vdy \dots (h)$

собирая g и h имѣемъ:

$$dy + i \, dx = \frac{V^2 dy}{gy} + \mathcal{J}^{1/2} \frac{dx}{y} \frac{V^2}{2g}$$

откуда:

$$\frac{dy}{dx} = - \frac{i \left(1 - \frac{\mathcal{J}}{2i} \cdot \frac{V^2}{gy} \right)}{1 - \frac{V^2}{gy}} \dots (k)$$

Выраженіе (k) представляетъ дифференціальное уравненіе кривой.

Такъ какъ $\frac{dy}{dx}$, есть тангенсъ угла, который дѣлаетъ касательная къ кривой съ осью абсциссъ, то отсюда слѣдуетъ:

1) Если $i = \bar{J}/2$, тогда $\frac{dy}{dx} = -i = -\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} (180 - \varphi)$ и профиль подпруды обращается въ горизонтальную прямую АВ (чер. 3).

2) Если $i > \bar{J}/2$, тогда $\frac{dy}{dx} < -i$ и кривая, все время идя отъ плотины, будетъ находиться ниже горизонта АВ, такъ что она будетъ имѣть направленіе АС. Очевидно, что при этомъ подпруды не можетъ идти дальше горизонта АВ.

Такъ какъ $\bar{J}$ составляетъ для рѣки приблизительно 0,008, то на практикѣ и принимаютъ, что при паденіи рѣки $i > 0,004$ линия подпруды горизонтальна и дальше точки В не распространяется.

3) Если $i < \bar{J}/2$ тогда $\frac{dy}{dx} > -i$ и кривая пойдетъ по АД, для рѣшенія вопроса въ этомъ случаѣ приходится въ выведенное нами выраженіе (g) интегрировать.

Мы сдѣлаемъ это придерживаясь Рюльмана. Напишемъ выраженіе (g) такъ

$$dy = -\frac{V, dv}{g} - i dx + \bar{J} \frac{1}{y} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots (h)$$

Такъ какъ при небольшихъ паденіяхъ и скорости въ рѣкѣ невелики, то членъ $-\frac{V, dv}{g}$ Рюльманъ отбросилъ, какъ вообще количество сравнительно съ dy весьма малое. Въ самомъ дѣлѣ, пусть имѣемъ два сѣченія рѣки, пусть въ первомъ глубина = 1 metr. и $V = 0,5$, а во второмъ глубина 2 metr., тогда $V = 0, 25$ metr. При переходѣ изъ одного сѣченія въ другое, измѣненіе y или $dy = 1$ metr., измѣненіе же живой силы $d \frac{V^2}{2g} = \frac{V, dv}{y} = \frac{V^2 - V^2}{2g} = \infty 0,01$ metr.

Кромѣ того видно, что отбрасывая этотъ членъ, увеличивается лишь надежность, потому что идя отъ плотины вверхъ получимъ для пониженія глубины на отброшенную величину меньше, чѣмъ на самомъ дѣлѣ. И такъ мы вправѣ написать

$$dy = -i dx + \bar{J} \frac{dx}{y} \cdot \frac{V^2}{2g}; \dots (l)$$

изъ выраженія $\Theta = beu = byv$, мы имѣемъ $V^2 = \frac{U^2 l^2}{y^2}$, а потому называя $\frac{\bar{J}}{2g}$ черезъ $\frac{1}{k^2}$ мы уравненіе (l) напомнимъ такъ.

$$dy = -i \cdot dx + \frac{1}{k^2} \cdot \frac{U^2 l^2}{y^3} \cdot dx \dots (g)$$

Съ другой стороны, примѣняя уравненіе (d) для равномернаго движенія незапруженной рѣки и замѣчая, что тогда $\tilde{\eta} = h =$ понижению дна рѣки, такъ какъ вся двигательная сила тяжести идетъ на преодоленіе сопротивленія, мы напишемъ:

$$h = \frac{3}{2g} \cdot \frac{1}{e} \cdot U^2, \text{ откуда}$$

$$\frac{h}{1} = i = \frac{U^2}{ek^2} \text{ или } \frac{U^2}{k^2} = ie,$$

вставивъ это выраженіе въ (g) получимъ

$$dy = -i \cdot dx + dx \frac{i \cdot e^3}{y^3} = dx \cdot i \left(\frac{e^3}{y^3} - 1 \right) \text{ или}$$

$$i \cdot dx = \frac{y^3 dy}{e^3 - y^3} \dots \dots (m)$$

Интегрированіемъ этого выраженія можетъ быть найдена связь, между разстояніемъ x отъ плотины и глубиной рѣки y , на этомъ же разстояніи, что дастъ возможность по точкамъ опредѣлить весь профиль.

При выводѣ уравненія (m) были сдѣланы слѣдующія допущенія: 1) равенство ширины рѣки до и послѣ запруды, 2) весьма большая ширина рѣки по сравненію съ глубиной.

Эти оба положенія не всегда на практикѣ имѣютъ мѣсто. Несмотря, однако, на это, ежедневный опытъ убѣждаетъ насъ, что результаты, даваемые уравненіемъ (m) вполне достаточны и надежны для практики, почему пользованіе этой формулой и общепринято.

Для облегченія рѣшеній Рюльманъ выраженіе (m) нѣсколько преобразоваль, положивъ въ немъ $y = e + z$, гдѣ z очевидно есть подъемъ воды въ запруженной рѣкѣ надъ поверхностью незапруженной въ соотвѣтственномъ сѣченіи. Тогда уравненіе (m) будетъ

$$i \cdot dx = \frac{(e+z)^3}{e^3 - (e+z)^3} = - \left[1 + \frac{e^3}{(e+z)^3 - e^3} \right] dz.$$

Непосредств. дѣленіемъ находимъ:

$$i \cdot dx = -e \left[\frac{1}{3} \frac{dz}{z} + \frac{2}{3} \frac{dz}{e} + \frac{2}{9} \frac{z \cdot dz}{e^2} - \frac{1}{9} \frac{z^3 dz}{e^3} + \frac{1}{27} \frac{z^3 dz}{e^4} \dots \right]$$

Ограничиваясь достаточнымъ количествомъ членовъ и интегрируя въ предѣлахъ отъ плотины, гдѣ $z = Z$, до произвольнаго сѣченія, Рюльманъ получилъ результатъ, который представилъ въ такомъ видѣ:

$$\frac{i \cdot X}{e} = \Phi \left(\frac{Z}{e} \right) - \Phi \left(\frac{z}{e} \right)$$

Правая часть этого выраженія представляетъ очевидно интеграль отъ количества заключеннаго въ скобкахъ въ предъидущемъ уравненіи. Для облегченія вычисленій $\Phi\left(\frac{z}{e}\right)$, для различныхъ отношеній $\frac{z}{e}$ Рюльманъ составилъ таблицу, которую приводимъ ниже.

И такъ въ случаѣ, когда паденіе $i < 0,004$, слѣдуетъ пользоваться равенствомъ

$$\frac{i \cdot x}{e} = \Phi\left(\frac{z}{e}\right) - \Phi\left(\frac{z}{e}\right) \dots \dots (2)$$

и слѣдующей таблицей.

$\frac{z}{e}$	$\left(\Phi \frac{z}{e}\right)$	$\frac{z}{e}$	$\left(\Phi \frac{z}{e}\right)$	$\frac{z}{e}$	$\left(\Phi \frac{z}{e}\right)$	$\frac{z}{e}$	$\left(\Phi \frac{z}{e}\right)$	$\frac{z}{e}$	$\left(\Phi \frac{z}{e}\right)$
0,01	0,0067	0,1	0,835	1	2,2841	1,9	3,2553	10,0	11,4117
0,02	0,2444	0,2	1,1361	1,1	2,3971	2,0	3,3595	15,0	16,4117
0,03	0,3863	0,3	1,3428	1,2	2,5084	2,5	3,8754	20,0	21,4147
0,04	0,4889	0,4	1,5119	1,3	2,6179	3,0	4,3844	30,0	31,4153
0,05	0,5702	0,5	1,6611	1,4	2,7264	3,5	4,8911	50,0	51,4157
0,06	0,6376	0,6	1,7980	1,5	2,8337	4,0	5,3958	100	101,4158
0,07	0,6958	0,7	1,9266	1,6	2,9401	5,0	6,4019		
0,08	0,7482	0,8	2,0495	1,7	3,0458	6,0	7,4056		
0,09	0,7933	0,9	2,1683	1,8	3,1508	8,0	9,4097		

Значеніе буквъ слѣдующее: i —паденіе, x длина участка рѣки, e —глубина не запруженной рѣки, Z и z —подъемъ воды, считая отъ поверхности не запруженной рѣки, Z въ нижнемъ сѣченіи разсчитываемаго сѣченія, а z въ верхнемъ по теченію.

Для того, чтобы показать какъ пользоваться этой таблицей, сдѣлаемъ примѣръ:

Рѣка съ естественнымъ паденіемъ $\frac{1}{5000}$ и среднею глубиною 2 фута, подперта плотиною такъ, что у плотины подъемъ составилъ 3 фута, т. е. глубина 5 фут. Найти, на какомъ разстояніи отъ плотины подъемъ составилъ 2 фута.

У плотины $\Phi\left(\frac{Z}{e}\right) = \Phi\left(\frac{3}{2}\right) = \Phi(1,5) =$ по таблицѣ 2,8337, въ томъ сѣченіи гдѣ подъемъ 2 фута $\frac{z}{e} = 1$; $\Phi\left(\frac{z}{e}\right) = \Phi(1) = 2,2841$, послѣ постановки этихъ значеній въ уравненіе (2) получимъ $\frac{X}{5000.2} = 0,5496$, Откуда $X = 5496$ фут., на такомъ разстояніи отъ плотины вода поднимается на 2 фута.

Если бы глубина и подъемъ рѣки намъ были бы заданы не въ футахъ, а въ метрахъ или саженьхъ, то безъ всякаго измѣненія хода рѣшеній, мы получили бы для X выраженіе въ метрахъ или саженьхъ.

Разсматривая вышеприведенную таблицу замѣчаемъ, что она начинается съ отношенія $\frac{z}{e} = 0,01$. На практикѣ при такихъ условіяхъ z выходитъ обыкновенно столь малымъ, что такимъ подъемомъ смѣло можно пренебречь. Рюльманъ и полагаетъ принимать существованіе подпора на разстояніи отъ плотины до точки, гдѣ $\frac{z}{e} = 0,01$, дальше этой точки подпоръ не пойдетъ и слѣдовательно подъемъ равенъ нулю.

Способъ удаленія излишка подпираемой воды.

Вода, подпираемая плотиною, поднявшись до высоты гребня, если не находитъ гдѣ нибудь особаго для себя пути, станетъ переливаться черезъ гребень, образуя водосливъ; сама плотина называется тогда водосливной. Иногда для выхода воды устраиваются въ плотинѣ особыя прорѣзы, называемые водоспусками; водоспуски эти снабжаются отверстіями, закрываемыми и открываемыми по желанію, черезъ которые можно выпускать воду. Иногда спускъ воды устраивается трубами простыми и сифонными. Расчетъ водопропускной способности, водосливовъ, большихъ отверстій и трубъ разсматривается въ гидравликѣ; формулы для такихъ расчетовъ имѣются во всѣхъ справочныхъ книгахъ, поэтому, опуская этотъ вопросъ, я прямо перехожу къ описанію плотинъ.

Выборъ грунта подъ основаніе плотины.

По роду матерьяла плотины могутъ быть раздѣлены на земляныя, деревянныя и каменные. Для того, чтобы плотина отвѣчала своему назначенію, она должна быть не только прочна, но и непроницаема. Очевидно, что этимъ же свойствомъ долженъ обладать и грунтъ, на которомъ возводится плотина. Чистый песчаный грунтъ хотя и не сжимаемъ, но зато онъ обладаетъ большею проницаемостью, а кромѣ того легко размывается водою. Поэтому песокъ нельзя считать благопріятнымъ основаніемъ для плотины, во всякомъ случаѣ такое основаніе требуетъ огражденій изъ шпунтовыхъ свай, что дорого стоитъ. Гораздо надежнѣе плотный глинистый грунтъ, при толщинѣ около 2 аршинъ и болѣе. Чистая глина непроницаема для воды при гораздо меньшей толщинѣ, но она легко размывается водою, да кромѣ того во время морозовъ пучится (увеличивается въ объемѣ), при чемъ, конечно, прочность плотины страдаетъ. Чтобы этого не произошло, глина хорошо должна быть защищена какъ отъ дѣйствія проточной воды (стоячая вода ей не вредна), такъ и отъ дѣйствія мороза, для чего глина должна быть прикрыта толстымъ слоемъ земли. При такихъ условіяхъ чистая, слежавшаяся плотная глина, можетъ считаться лучшимъ грунтомъ подъ основаніе.

Прекраснымъ по своимъ качествамъ грунтомъ является суглинокъ, представляющій смѣсь глины съ пескомъ. При содержаніи 50 до 60% по объему болѣе или мѣнѣе крупнаго песку, такой суглинокъ слабо сжимаемъ, неразмываемъ, не пучится отъ мороза, и почти также непроницаемъ какъ глина. Если песокъ очень мелкій, то суглинокъ легко размывается, если глины очень много, онъ начинаетъ пучиться отъ мороза; какой бы, однако, суглинокъ не былъ по содержанію песка, все же, при достаточно глубокомъ залеганіи и толщинѣ, надо считать его основаніемъ хорошимъ.

Скала также представляетъ, при достаточной толщинѣ, весьма хорошее основаніе для плотины, но часто въ скалѣ бываютъ трещины. Для обезпеченія непроницаемости всѣ трещины подъ основаніемъ плотины должны быть отысканы и тщательно забиты глиной или залиты бетономъ. При возведеніи земляной плотины на скалѣ, трудно достигается непроницаемость между подошвой основанія плотины и скалой, почему на скалѣ чаще всего возводятся каменные плотины.

Остальные грунты для основанія плотины мало пригодны или вслѣдствіе своей большой проницаемости или большой сжимаемости, и ранѣе возведенія плотины должны быть сняты вплоть до надежнаго слоя или надлежащимъ образомъ укрѣплены.

Земляныя плотины.

Обращаясь теперь къ самому тѣлу земляной плотины, надо замѣтить, что не всѣ тѣ земли, которыя хороши какъ грунтъ подъ основаніе, годятся для возведенія самой насыпи. Здѣсь первое мѣсто принадлежитъ суглинку съ содержаніемъ 50—60% крупнаго песка. Такимъ же матерьяломъ, какъ суглинокъ, является и лесъ. Будучи воздушнаго происхожденія, лесъ въ приролѣ часто попадаетъ въ довольно рыхломъ видѣ, но при тщательной укладкѣ въ тѣло плотины нетолстыми слоями, съ утрамбовкою и поливкою водою, эта рыхлость исчезаетъ и тогда лесъ ничѣмъ не отличается отъ суглинка. За неимѣніемъ суглинка надлежащаго состава его можно составить искусственно разминаніемъ глины съ пескомъ или хрящемъ. Съ пользою для возведенія плотины можетъ быть употребленъ также крупный иловатый или съ примѣсью чернозема песокъ.

За неимѣніемъ ничего лучшаго, можно употреблять въ плотину и песокъ средней крупности, мелкій, но не пылеобразный. Черноземъ или растительная земля безъ примѣси песка и глины употребляются только для очень невысокихъ плотинъ. Черноземъ самъ по себѣ принадлежитъ къ землямъ непроницаемымъ и поэтому отчасти можетъ замѣнять глину, но онъ очень сжимаемъ, легкоовѣсенъ и пучится отъ мороза.

Тѣло плотины никогда не возводится исключительно изъ слѣдующихъ матерьяловъ:

- 1) Изъ чистой глины, хотя изъ нея часто внутри тѣла плотины возводятся вертикальныя стѣнки для непроницаемости.
- 2) Изъ очень мелкаго пылеобразнаго песка, вслѣдствіе размываемости.
- 3) Изъ гравія и гальки вслѣдствіе проницаемости.
- 4) Изъ слабой торфянистой земли, вслѣдствіе сжимаемости, легкости и проницаемости.

Если при возведеніи плотины берутъ нѣсколько сортовъ земли, то слѣдуетъ наблюдать, чтобы болѣе непроницаемые клались съ верхового (напорнаго) края плотины.

Такъ какъ на практикѣ пользуются въ большинствѣ случаевъ такою землею, которая имѣется по близости, то для опредѣленія большей или меньшей пригодности матерьяла, практики пользуются простыми способами сравненія. Составъ суглинка легко опредѣляется отмучиваніемъ. Проницаемость выкапываніемъ ямокъ, наливаніемъ въ нихъ воды и наблюденіемъ времени всасыванія. Размываемость бросаніемъ кусковъ земли въ текущую воду и наблюденіемъ образованія мути. Всѣ

эти приемы хотя даютъ результаты очень не точные, но для сравнительной оцѣнки достаточны.

Иногда при возведеніи плотины изъ проницаемаго матерьяла, полезно знать абсолютную его проницаемость, для опредѣленія потери, могущей произойти отъ этого.

Опытъ насъ учитъ, что скорость просачиванія воды можетъ быть выражена слѣдующей формулой

$$U = \varphi \frac{h}{l}; \quad *)$$

гдѣ U — скорость, φ нѣкоторый числовой коэф. въ зависимости отъ матерьяла, h — напоръ, подъ которымъ происходитъ протеканіе и l толщина проницаемаго слоя.

Для песка φ зависитъ отъ величины песчинокъ.

При діаметрѣ песчинокъ $\delta = 0,54$ — $\varphi = 0,0032$

$\delta = 0,7$ — $\varphi = 0,0053$

$\delta = 0,8$ — $\varphi = 0,0098$

$\delta = 0,9$ — $\varphi = 0,0159$

Этой табличкой, однако, на практикѣ возможно пользоваться лишь крайне рѣдко, такъ какъ въ природѣ земли представляютъ смѣсь частицъ весьма различной крупности.

Для опредѣленія непроницаемости непосредственнымъ опытомъ, я пользовался слѣдующимъ простымъ приборомъ.

Мною были взяты двѣ бутылки съ отбитыми донышками, соединенныя между собою резиновой дюймовою трубкою (чер. 4). Въ нижній сосудъ вставлены были двѣ рамки m и n , обтянутыя тонкою сѣткою, пространство между сѣтками наполнялось испытуемою землею. Для того, чтобы не образовалось течіе вдоль стѣнокъ бутылки, бутылка раньше насыпанія земли смазывалась саломъ. Тонкая латунная сѣтка легко можетъ прорваться при насыпаніи и утрамбовываніи земли, почему непосредственно подъ ней была натянута сѣтка изъ толстой проволоки и съ крупными ячейми; эта послѣдняя сѣтка поддерживала первую, прилегающую непосредственно къ землѣ. Ячей тонкой сѣтки должны быть настолько мелки, чтобы испытуемая земля не могла проходить черезъ нихъ и уноситься водою. Если установить сосуды какъ на чертежѣ и въ верхній сосудъ налить воды, поддерживая ее на постоянномъ уровнѣ, то черезъ нѣкоторое время изъ нижняго станетъ выливаться вода. Количество вытекающей въ 1" воды я находилъ непосредственнымъ измѣреніемъ; отсюда можно было опредѣлить

Примѣчаніе. Эта формула выведена также и теоретически. Смотри Курсъ гидравлики Евлевича.

и скорость просачивания U . Движение воды через слой e совершалось под напором h (чер. 4) за вычетом потерь, изъ которыхъ самая важная при прохожденіи черезъ сѣтку (въ трубкѣ скорость была невелика), эта потеря есть $\beta \frac{U^2}{2g}$; а поэтому

$$U = \varphi \frac{h - \beta \frac{U^2}{2g}}{e};$$

откуда легко найти φ .

Величина β опредѣлится слѣдующимъ опытомъ. Земля вынимается, остаются только двѣ сѣтки, и заставляютъ черезъ нихъ протекать воду подъ напоромъ h' ; пусть скорость въ поперечномъ сѣченіи нижней бутылки будетъ V , тогда $\frac{V^2}{2g} + \beta \frac{V^2}{2g} = h'$, h' и V можетъ быть найдено непосредственными измѣреніями.

Зная коэффициентъ φ , возможно приблизительно опредѣлить потерю на просачиванія воды черезъ плотину. Допустимъ, что имѣемъ трапециoidalную въ сѣченіи плотину, размѣры которой указаны на чертежѣ (5). Взявъ метръ длины плотины по направленію перпендикулярно къ чертежу, и предполагая для простоты, что движеніе просачивающейся воды горизонтальное, мы для какого нибудь элемента m n вправѣ написать, скорость просачиванія:

$$u = \varphi \frac{y}{h + 3y}$$

(значеніе буквъ по чертежу). Элементарный расходъ черезъ безк. узкій элементъ m n ,

$$dq = \varphi \cdot 1 \, dy \frac{y}{h + 3y};$$

весь расходъ по всей высотѣ плотины,

$$\begin{aligned} \Theta &= \varphi \int_0^h \frac{dy \cdot y}{h + 3y} = \varphi \cdot h \left(\frac{1}{3} - \frac{\ln 4}{9} \right) \\ &= \Theta = 0,18 \, \varphi \, h \end{aligned}$$

если φ будетъ 0,005, то расходъ на кв. метръ вертик. проэкціи плотины будетъ 0,0009, т. е. 0,9 литра. При большой длинѣ плотины расходъ этотъ можетъ быть столь значительнымъ, что весь притокъ воды будетъ теряться просачиваніемъ.

Скорость просачиванія въ отдѣльных частяхъ никоимъ образомъ не должна быть больше той, при которой уносится земля, такъ какъ при этомъ неминуемо разрушится плотина.

Прочные размѣры земляной плотины и способы возведенія.

Займемся теперь опредѣленіемъ прочныхъ размѣровъ плотины. Земляная плотина имѣетъ въ поперечномъ разрѣзѣ видъ трапеціи (чер. 6.) $BE = CF = h$ называется высотой плотины, уголъ $CDI =$ углу естественнаго откоса въ воздухѣ, а уголъ BAE въ водѣ.

Разрушеніе плотины подъ напоромъ воды состоитъ въ сдвигеніи ея по плоскости AD . Силы дѣйствующія будутъ такія: на плоскость AB дѣйствуетъ нѣкоторое нормальное усиліе P , какъ результатъ давленія воды. Силу P можно разложить на горизонтальную p_1 и вертикаль. p_2 . Сила. p_1 старается передвинуть плотину, а p_2 прижимаетъ плотину къ плоскости AD , увеличивая треніе въ этой плоскости. Подобно силѣ p_2 дѣйствуетъ и вѣсъ всей плотины. Для большей надежности будемъ полагать, что вся плотина пропитана водою, тогда вѣсъ ея будетъ вѣсомъ тѣла, погруженнаго въ воду.

Для примѣра положимъ, что плотина возведена изъ суглинка, верховой откосъ пусть будетъ двойной, а низовой ординарный, и рассмотримъ часть плотины длиною равную единицѣ.

Тогда давленіе

$$P = AB \cdot \frac{h}{2} \cdot 1 \cdot \gamma \quad (\gamma \text{ — вѣсъ куб. metr. воды});$$

$$p_1 = \frac{h^2}{2} \gamma; \quad p_2 = h^2 \gamma$$

Вѣсъ всей плотины въ водѣ будетъ $G = \frac{b + b + 3h}{2} \cdot h (\varphi - \gamma)$, гдѣ φ вѣсъ кубическаго метра земли, для суглинка $\varphi = \infty 2 \gamma$.

Принимая коэффициентъ тренія земли о землю приблиз. равнымъ $1/3$, мы напишемъ равенство проэкціи силъ на горизонтальную ось. Будемъ имѣть:

$$p_1 = (p_2 + G) \cdot f;$$

а если примемъ двукратную надежность, то

$$2 p_1 = (p_2 + G) f \dots (3).$$

Подставивъ вмѣсто буквъ ихъ значеніе окончательно найдемъ $b = 1/2 h$.

Такимъ образомъ толщина плотины въ гребнѣ должна быть не менѣе $1/2$ высоты. Однако этотъ теоретическій выводъ имѣетъ для практики лишь второстепенное значеніе.

Во первыхъ въ немъ не принято въ расчетъ динамическое дѣйствіе, которое можетъ проявиться во время волненія въ водохранилищѣ, отъ

удара льдинъ и проч., а во вторыхъ на разрушеніе плотины весьма существенное вліяніе оказываетъ климатъ мѣстности, въ особенности промерзаніе.

Во Франціи, гдѣ промерзаніе крайне ничтожно, для плотинъ возводимыхъ изъ отборнаго матерьяла, при весьма тщательной работѣ берутъ:

$$b = 3 + \frac{5}{17} (h - 3).$$

h и b . выражены въ метрахъ.

Въ Россіи при обыкновенномъ матерьялѣ и обыкновенныхъ приемахъ возведенія насыпи считаютъ необходимымъ имѣть ширину плотины въ гребнѣ $b = h$ — высотѣ плотины.

На Уралѣ, гдѣ промерзаніе доходитъ до 4—5 аршинъ, b берутъ не менѣе $1,5 h$ до $2 h$, считая эти размѣры необходимыми.

Въ этихъ выраженіяхъ b , есть измѣреніе на высотѣ верхняго горизонта воды.

Откосы насыпи дѣлаются съ верховой стороны тройной и четверной, съ низовой тройной, до единичнаго, въ зависимости отъ качества земли. Опытъ показываетъ, что откосъ лучше сохраняется, если онъ сдѣланъ уступами. Уступы отдѣляются горизонтальными или слегка наклонными бермами. Точно также полезно откосы дѣлать положе къ основанію плотины.

Для защиты отъ размыва часто верховой откосъ мостятъ или покрываютъ слоемъ камня на гидравлич. растворѣ, низовой откосъ укрѣпляется дерномъ и посадкой ивы, лозы и проч. Бермы на низовомъ откосѣ, если онѣ есть, снабжаются отводящими дождевую воду канавками.

Самое производсто работы по сооруженію плотины происходитъ въ слѣдующемъ порядкѣ: на выбранномъ мѣстѣ на поверхности земли разбивается очертаніе подошвы плотины, отмѣчая точки периметра колышками. Весь верхній растительный, слабый и проницаемый, слой въ предѣлахъ этого очертанія снимается. Для лучшаго соединенія подошвы основанія съ грунтомъ, грунтъ или взрыхляется тяжелой желѣзной бороной, или выкапываются по основанію вдоль всей плотины нѣсколько канавъ, самая крупная изъ нихъ находится какъ разъ подъ будущимъ гребнемъ и называется замкомъ. При очень высокой плотинѣ обыкновенно канавъ не дѣлаютъ, такъ какъ тяжесть такой плотины достаточна для обезпеченія хорошаго прилипанія подошвы къ грунту.

Если непроницаемый грунтъ находится слишкомъ далеко для того, чтобы выемкой дойти до него, тогда непроницаемость достигается забивкой шпунтовыхъ рядовъ.

Противъ гребня плотины, на одинаковомъ разстояніи отъ средней линіи гребня, равномъ приблизит. около 0,5 metr. вбиваются два ряда

параллельныхъ шпунтовыхъ свай, въ заранѣе вырытую канаву. Длина свай должна быть такова, чтобы концы ихъ фута на 2—3 входили въ непроницаемый слой (Чер. 7). Если при этомъ и земля насыпи проницаема, то высота шпунтового ряда доходитъ до верхняго горизонта воды. Пространство между сваями забивается глиной.

Возведеніе самой насыпи производится постепенно, слоями. Когда земля будетъ навезена и разровнена до толщины слоя около одного фута, его слегка поливаютъ водой и трамбуютъ въ ручную или вальцами, затѣмъ верхній слой разрыхляется бороной или тяжелыми желѣзными граблями, и опять насыпается слѣдующій слой и т. д.

Если плотина возводится изъ песка, то ни трамбовки, ни поливки водою не требуется, но тогда, для устраненія просачиванія, часто устраивается ядро изъ глины. Ядро это (черт. 8) представляетъ вертикальную глиняную стѣнку, возводимую во всю высоту плотины. Размѣры ея показаны на чертежѣ.

Стѣнка возводится слоями одновременно со всей насыпью, глина трамбуется съ поливкой водою, къ которой полезно прибавить известковаго молока, или къ самой глинѣ золы, какъ средство противъ кротовъ, мышей и червей, портящихъ непроницаемость стѣнки своими ходами.

Высота плотины должна быть такою, чтобы не только вода при высокомъ стояніи не достигала гребня, но чтобы даже волны не могли выплескиваться на гребень, такъ какъ переливающаяся вода очень легко можетъ разрушить плотину. Гребень плотины долженъ быть поэтому по крайней мѣрѣ на аршинъ выше самаго высокаго горизонта подпруды.

Ввиду осадки, которую даетъ земляная насыпь, высота плотины должна быть процент. на 10 больше расчетной.

Максимальная высота земляныхъ плотинъ у насъ по Неелову не больше 7 саж. Однако, при отборномъ матерьялѣ и хорошемъ выполненіи они могутъ быть гораздо выше.

У Зброжека приведенъ примѣръ весьма древней плотины, построенной изъ лесса въ Индіи, за много вѣковъ до Рожд. Христ., которая до сихъ поръ прекрасно выполняетъ безъ малѣйшаго ремонта свое назначеніе, подпирая воду на 13 саж. Французскіе инженеры и въ настоящее время возводятъ земляныя плотины для подобныхъ подпоровъ, но для этого употребляется лишь отборный матерьялъ и самые способы возведенія довольно дороги, такъ что стоимость такой плотины часто сравнивается съ каменной.

Для тѣла такой плотины употребляется исключительно естественный или искусственно приготовленный суглинокъ, съ содержаніемъ не менѣе 50⁰/₀ крупнаго песка. Возведеніе насыпи производится въ сухую, солнеч-

ную погоду, для скорѣйшаго просыханія. Каждый слой не толше 20 см., увлажняется поливкой растворомъ цемента или гидравлической извести, и раздавливается гладкими шоссейными вальцами вѣсомъ пуд.—70 до 150 (на пог. дюйм. длины катка—2 до 3 пуд.). Затѣмъ для образованія неровной поверхности прокатываютъ такими же, но уже рубчатыми вальцами. Глубина и ширина рубцевъ около 10 см. Если при этомъ выступает много влаги, то на поверхность сыплотъ сухой порошокъ цемента или извести. На приготовленную такимъ образомъ поверхность насыпается слѣдующій слой и такъ дальше. Въ результатѣ получается масса, которую спустя нѣкоторое время трудно пробить ломомъ. Верховой откосъ въ такихъ плотинахъ обдѣлывается каменной кладкой на гидравлическомъ растворѣ.

По даннымъ у Зброжека на 1 куб. саж. земли такой плотины требуется около 7 пуд. гидравлической извести или цементу.

На черт. 9—10, представлены поперечные размѣры трехъ плотинъ, построенныхъ генераломъ Жилинскимъ на югѣ Россіи. Двѣ изъ нихъ имѣютъ верхній откосъ вымощеннымъ бутовымъ камнемъ на соломѣ, всѣ имѣютъ въ основаніи выемки, о значеніи которыхъ было говорено. Одна имѣетъ для непроницаемости одну продольн. шпунтовую стѣнку.

Чертежи 11—12—13—14 представляютъ разрѣзъ одной изъ французскихъ плотинъ, снабженной сифонными и обыкновенными трубными водоспусками, устроенными въ особой каменной башнѣ. Сифонъ дѣйствуетъ автоматически, понижая уровень до опредѣленной черты. Нижнее отверстіе, закрываемое щитомъ (фиг. 11—13), служить для совершеннаго опоражниванія резервуара.

На черт. 12 виденъ разрѣзъ самаго землянаго тѣла. Верховой откосъ уступчатый обдѣланъ каменной кладкой на цементномъ растворѣ. По гребню плотины устроено шоссе. Собирающаяся дождевая вода отводится особымъ каналомъ (пунктиръ) въ кюветъ у подошвы плотины.

Выбирая мѣсто подъ плотину, слѣдуетъ заботиться, чтобы въ предѣлахъ подошвы не попадались ключи, справиться съ которыми очень трудно. Кромѣ того желательно обезпечить плотину отъ динамическаго дѣйствія на нее воды, поэтому весьма хорошо если выше плотины находятся выступы почвы, которые могли бы улавливать удары волнъ, льдинъ и проч.; такъ если (чер. 15) А и В суть выступающіе холмы, то плотину слѣдуютъ располагать за холмами напр. въ С. Точно также полезно если передъ плотиною съ ея верховой стороны существуетъ природный подъемъ почвы; въ этомъ случаѣ вода, подвигаясь къ плотинѣ, вбѣгая по наклонной плоскости будетъ терять живую силу и слѣд. дѣйствовать менѣе разрушительно.

Простѣйшіе способы укрѣпленія поверхности земляной плотины.

Земляныя плотины могутъ прекрасно сопротивляться напорному и даже ударному дѣйствію воды, но только до тѣхъ поръ, пока не образуется болѣе или менѣе сильное просачиваніе черезъ плотину или проливаніе воды черезъ ея гребень, тогда частицы земли быстро уносятся потокомъ и плотина разрушается. Ввиду этого представляется крайне опаснымъ устраивать непосредственно въ земляномъ тѣлѣ плотины какіе либо каналы для пропуска воды, безъ укрѣпленія стѣнокъ этого отверстія болѣе надежными матерьялами. Простѣйшимъ средствомъ защиты стѣнокъ земляного водопропуска, употребляемымъ, впрочемъ, только для водосливовъ, есть фашина.

Фашина представляетъ собою пучки хвороста, изъ тонкихъ гибкихъ вѣтвей. Вѣтки эти вяжутся такъ, что толстыя комлевые части укладываются въ одну сторону, а вершины въ другую, длина такого пучка около 10 футовъ, діаметръ около одного фута, обвязка производится въ двухъ трехъ мѣстахъ, тѣми же гибкими вѣтками. Такая фашина называется однокомельной (чер. 16); двухкомельная вяжется нѣсколько иначе: комли кладутся къ концамъ пучка, а вершины вѣтокъ сходятся въ средней части; длина такой фашины почти вдвое больше однокомельной. Лучшимъ обвязочнымъ матерьяломъ служатъ молодые побѣги лозы, ивы, тополя. На самую фашину хороши всѣ лиственные мягкія породы и только въ крайнемъ случаѣ употребляютъ хвойныя породы. Съ верховой стороны плотины фашину кладутъ обыкновенно такъ, чтобы комель лежалъ у насыпи, а вершина противъ движенія воды; укладываютъ ее плотно другъ къ дружку, слегка наклонными къ горизонту рядами, пересыпая каждый рядъ землей (лучше всего хрящемъ), втрамбовывая ее между промежутками хвороста, пока весь рядъ совершенно не будетъ прикрытъ. Тогда кладутъ слѣдующій рядъ и т. д. Иногда каждый рядъ укрѣпляется на мѣстѣ не только засыпкой земли, но еще и колышками. Для того поверхъ cadaго слоя фашины протягиваютъ канатъ толщиною отъ 1,5 до 2 вершковъ, витой изъ вѣтокъ; этотъ канатъ прибивается къ землѣ суковатыми колышками (черт. 16). Вода, двигаясь противъ вѣтокъ, встрѣчаетъ большое сопротивленіе, вѣтки оттопыриваются, что способствуетъ забиванію земли и листьевъ, въ сравнительно небольшіе углы между вѣткой и ея побѣгами, фашина быстро затягивается иломъ и дѣлается непроницаемой. Поэтому подобнаго рода укладка весьма пригодна для задѣлки промоинъ въ земляномъ тѣлѣ плотины, быстро прекращая просачиваніе. Въ этихъ случаяхъ для ускоренія дѣйствія, передъ фашиной вверхъ по теченію часто бросаютъ кромѣ земли навозъ, солому и куски дерна,

которые наносятся токомъ воды между вѣтками и очень быстро останавливаютъ всякое теченіе. На гребень плотины фашина кладется обыкновенно двукомлевая, укладывая каждую фашину вдоль гребня. Съ низовой же части кладутъ однокомлевую фашину и опять комлемъ къ насыпи. При такой укладкѣ вода быстро сбѣгаетъ скользя по вѣткамъ и не проникаетъ въ тѣло плотины, что могло бы произвести сперва разрушеніе земли, а потомъ и обвалъ. Вездѣ фашину требуется укладывать плотно другъ къ дружку и хорошо присыпать хрящемъ, а въ крайнемъ случаѣ обыкновенной землей. Черт. (17—18) изображено укрѣпленіе водоспуска въ земляномъ тѣлѣ помощью фашины.

Иногда вмѣсто фашины пользуются мѣшками, или рогожными кулями, наполненными пескомъ ($\frac{3}{4}$ объема мѣшка), укладывая ихъ точно также, какъ фашину.

Иногда также защищаютъ поверхность земли отъ размыва, покрывая ее плетнемъ, сдѣланнымъ изъ вѣтокъ лозы, тополя или ивы, прикрѣпляя плетень къ землѣ колышками.

Можно также укрѣпить поверхность земли, вымостивъ ее крупнымъ камнемъ.

Однако, всѣ эти способы, изъ которыхъ фашинный самый прочный, могутъ быть примѣняемы лишь при толщинѣ переливающейся струи всего лишь въ нѣсколько дюймовъ, кромѣ того не обладаютъ долговѣчностью. Особенно вредно для описанныхъ поверхностныхъ укрѣпленій попеременное пребываніе ихъ то въ воздухѣ, то въ водѣ, фашина и мѣшки гниваютъ при этомъ очень быстро, морозъ тоже дѣйствуетъ очень вредно, раздробляя разбухшія вѣтки.

Если приходится имѣть дѣло со спускомъ большого количества воды, съ большою скоростью, и если желательно имѣть водоспускъ, который могъ бы служить продолжительное время, то обыкновенно въ томъ мѣстѣ, гдѣ предполагается сдѣлать выпускъ воды, земляную плотину прерываютъ, или, какъ говорятъ, дѣлаютъ прорѣзъ плотины. На мѣстѣ прорѣза возводится деревянная или каменная плотина, которая и снабжается водоспускомъ. Къ описанію этихъ плотинъ я и приступаю.

Деревянные плотины.

Деревянные плотины въ большинствѣ случаевъ сооружаются съ такимъ расчетомъ, чтобы онѣ постоянно или по временамъ могли служить для пропуска опредѣленнаго количества воды. Глухими деревянными плотины строятся развѣ только въ исключительныхъ случаяхъ. Такъ какъ русло рѣки представляетъ наиболѣе удобное мѣсто для пропуска большихъ количествъ воды, то и водоспуски очень часто сооружаются на самомъ руслѣ.

Во всякой деревянной плотинѣ можно различать три части: 1) фундаментъ; 2) боковыя стѣнки или плечи, которыми деревянная плотина упирается въ насыпь или въ берега; 3) верхнее строеніе, возводимое на фундаментѣ.

Фундаментъ деревянной плотины въ свою очередь можетъ бытъ раздѣленъ на три типа: 1) свайный, 2) ряжевой; 3) изъ слани.

Свайное основаніе.

Свайное основаніе самое распространенное. Оно состоитъ изъ нѣсколькихъ рядовъ шпунтовыхъ свай, назначеніе которыхъ главнымъ образомъ устранить просачиваніе, и нѣсколькихъ рядовъ круглыхъ свай, поддерживающихъ верхнее строеніе. Шпунтовые ряды быются изъ брусевъ, толщина которыхъ колеблется отъ 4 до 12", въ зависимости отъ твердости грунта, кромѣ того при очень твердомъ грунтѣ на концѣ сваи надѣвается желѣзный заостренный наконечникъ—башмакъ. Круглыя сваи бываютъ толщиною отъ 5 до 8 вершковъ.

Разбивка на мѣстѣ шпунтовыхъ линій производится слѣдующимъ образомъ. Пусть чер. 19 изображаетъ въ планѣ рѣку, на которой предполагается строить плотину. Пусть далѣе намъ извѣстно, на какую высоту будетъ подперта вода, а также какую ширину отверстія въ плотинѣ надо сдѣлать для пропуска воды. Тогда по срединѣ русла рѣки проводятъ прямую MM' , параллельную берегамъ, затѣмъ прямую PO къ ней перпендикулярную, отъ точки пересѣченія о откладываютъ вправо и влево $ob = oa =$ половинѣ ширины водоспуска. Прямую ab принимаютъ за линію основного шпунтоваго ряда, надъ которымъ будутъ стоять шиты. Этотъ рядъ самый важный и долженъ быть сдѣланъ изъ самыхъ толстыхъ и длинныхъ свай; онъ продолжается также на нѣсколько сажень въ берега къ точкамъ P и O . Кромѣ этого ряда забиваютъ обыкновенно еще нѣсколько шпунтовыхъ рядовъ, вверхъ по теченію забиваютъ одинъ или два ряда, первый cd на разстояніи ok , равномъ отъ 4 до 7 фут., второй lk , на разстояніи отъ первого $ek = 3$ до 6 саж. Часто ряда cd не дѣлаютъ.

Внизъ по теченію отъ линіи PO тоже забиваютъ нѣсколько рядовъ шпунтовыхъ свай, послѣдній изъ нихъ st лежитъ на разстояніи ov , равномъ отъ 4 до 7 разъ взятому подпору, достигаемому плотиною. Число всѣхъ поперечныхъ (по движенію рѣки) шпунтовыхъ рядовъ во всей плотинѣ опредѣляется какъ частное отъ раздѣленія подпора воды, выраженного въ футахъ на 4. Всѣ поперечныя шпунтовые ряды продолжаются на нѣсколько сажень въ берега. Для окончательнаго очертанія всей площади выпуска проводятъ прямыя eas и dbt парал-

лельно MM' , и прямые he и dk , такъ, чтобы $fh = qh =$ отъ $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{4}$ ab . Тогда фигура $heasutbdk$, представить очертаніе въ планѣ водоспуска; линія hea и kdb , тоже суть линіи шпунтовыхъ свай, забитыхъ между поперечными шпунтовыми рядами, но ихъ не перерѣзающія.

Иногда шпунтовые сваи бьются даже и по линіямъ as и bt . Кромѣ рядовъ шпунтовыхъ бьются еще ряды и круглыхъ свай; разстояніе между сваями и рядами берется отъ 3 до 5 фут. Ряды круглыхъ свай бьются только въ предѣлахъ очертанія водоспуска; въ берега ихъ никогда не продолжаютъ.

Всѣ ряды свай прикрываются насадками, на которыхъ уже стелются полы и возводится верхнее строеніе. Продольной разрѣзъ (по $r'k'f'$) представленъ на чер. 20. Для построенія его поступаютъ такъ: пусть вертикаль zo , есть линія главнаго шпунтоваго ряда, пусть дальше $f'g'$, есть горизонтъ подпертой воды.

Отъ точки z , по вертикали откладываемъ zo , равное глубинѣ водоспуска, точка o , будетъ верхнею точкой насадка на главный шпунтовый рядъ. Положеніе насадокъ на другихъ шпунтовыхъ рядахъ опредѣляется изъ слѣдующихъ данныхъ. Полъ, прикрывающій сваи выше точки o , называемый понурнымъ, обыкновенно дѣлается состоящимъ изъ горизонтальной площадки ok , до перваго шпунтоваго ряда cd (смотри планъ), и изъ наклонной части ek , идущей отъ насадка ряда cd , до насадка ряда kh , съ уклономъ отъ $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{10}$ къ горизонту. Если выше основнаго ряда бьется только одинъ крайній шпунтовый рядъ, то полъ имѣетъ наклонное положеніе eo (на чертежѣ пунктиръ). Ниже основнаго ряда полъ называется водосливнымъ; онъ можетъ быть сдѣланъ или весь горизонтальный ov , или слегка наклоннымъ om , или наконецъ въ видѣ нѣсколькихъ горизонтальныхъ площадокъ, понижающихся уступами. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ первая площадка, называемая водобойнымъ поломъ, начинается на высотѣ насадка основнаго ряда, уступы дѣлаются высотой отъ 3 до 5 фут. Насадокъ на основномъ ряду носитъ названіе мертваго или краснаго бруса, на него идетъ самый крупный и отборный матерьялъ, не мѣнѣе 8 вер. въ квадратъ. Онъ образуетъ порогъ, на которомъ устанавливаются щиты для выпуска воды. Пространство подъ полами забивается тяжелыми и непроницаемыми матерьялами. Всякая горизонтальная площадка уступчатаго пола ограничена шпунтовыми рядами, т. е. она начинается у верхележащаго шпунтоваго ряда и кончается на насадкѣ нижняго. Назначеніе понурныхъ половъ обезпечить непроницаемость плотины, назначеніе сливныхъ защитить отъ подмыва дно $r'k'$ ниже плотины.

Для объясненія причинъ подмыва дна, мы приведемъ чертежи (21 и 22), представляющіе собою сводъ наблюденій, сдѣланныхъ на одной изъ французскихъ рѣкъ.

На рѣкѣ имѣлась изображенная на чертежѣ каменная плотина, подпирающая воду на 2 metr., толщина переливающейся струи измѣнялась отъ 0,5 до 2 metr. Изъ чертежа видно, что вода въ пространствахъ В и С, была увлечена переливающейся струею въ круговое движеніе. Это круговое движеніе въ простр. С и обусловливаетъ подмывъ дна. Очевидно, что если сливному полу дать очертаніе нижняго края струи, то ни водоворота, ни подмыва произойти въ простр. С не можетъ.

Устройство сливныхъ половъ въ видѣ уступовъ предпочтительно передъ другими, такъ какъ при этомъ вода, падая съ высоты, каждый разъ при ударѣ о полъ теряетъ значительную часть своей живой силы, вслѣдствіе чего и размывающая ея сила уменьшается. Каковъ сливной полъ бы ни былъ, считаютъ за правило, чтобы послѣдній спускной элементъ его во время спуска воды погружался по крайней мѣрѣ на 2 фута ниже нижняго горизонта воды въ рѣкѣ. Этимъ предупреждается размывъ дна.

Всѣ эмпирическія данныя, приведенныя до сихъ поръ, заимствованы мною изъ курса проф. Гаусмалана.

Онъ считаетъ также необходимымъ, чтобы вслѣдъ за порогомъ былъ горизонтальный водобойный полъ, длина котораго 5 до 7 разъ взятому напору надъ порогомъ; если этой площадки нѣтъ и весь сливной полъ сдѣланъ наклоннымъ, то онъ говоритъ, что для избѣжанія подмыва, длина пола, считая отъ порога, должна быть по крайней мѣрѣ равной 20 напорамъ надъ порогомъ. Само собою понятно, что часть такого длиннаго пола можетъ быть замѣнена какимъ либо другимъ укрѣпленіемъ дна отъ размыва.

По даннымъ другихъ авторовъ длина понурныхъ половъ дѣлается отъ h до $2h$, гдѣ h весь напоръ воды, считая отъ верхняго до нижняго горизонта, длина водобойной части $3h$ до $5h$, сливной $6h—7h$; если при этомъ грунтъ дна слабый, то для избѣжанія подмыва за полами дѣлается каменная отсыпь, настилка изъ тяжелой съ камнями внутр. фашины и проч., иногда погружаютъ фашинный тюфякъ.

Фашинный тюфякъ готовится слѣдующимъ образомъ: на ровномъ мѣстѣ готовится сѣтъ изъ прутянныхъ канатовъ, съ квадратными ячейками около 3 фут. въ сторонѣ (Чер. 23). Для этого сперва кладутъ рядъ параллельныхъ канатовъ по длинѣ тюфяка, на него накладываютъ рядъ канатовъ перпендикулярныхъ; во всѣхъ точкахъ пересѣченія канаты перевязываются тонкими прутяными же канатиками (вицями). На образованную такимъ образомъ сѣтъ укладывается слоями одно-

комельная фашина. Настилка первого слоя дѣлается такъ, что фашина лежитъ перпендикулярно нижнимъ канатамъ сѣти, направляясь метлой по теченію рѣки, второй слой кладется перпендикулярно первому, третій перпендикулярно второму и т. д. При укладкѣ наблюдаютъ: 1) чтобы фашина къ фашинамъ прилегала по возможности плотно, 2) чтобы въ каждомъ слоѣ комли фашиновъ были прикрыты метлами слѣдующаго ряда, 3) чтобы метлы фашиновъ въ слояхъ нечетныхъ выступали на 3—4 фута за низовой канатъ сѣти, прикрывая такимъ образомъ доступъ воды подъ сѣть, 4) чтобы толщина каждого поперечнаго и продольнаго слоя взятая вмѣстѣ, во всѣхъ точкахъ была приблизительно постоянной.

Каждый слой фашины слѣдуетъ пересыпать крупнымъ пескомъ или землей. Предпочтительно первымъ.

Когда такимъ образомъ будетъ уложено нужное количество слоевъ, на верхній слой накладывается такая же прутяная сѣть, какъ и внизу, и обѣ сѣти накрѣпко стягиваются веревками черезъ всю толщу тюфяка. Веревки эти привязываются къ узламъ нижней сѣти, передъ началомъ укладки фашины. Для того, чтобы ихъ легче было протягивать черезъ всю толщу тюфяка къ угламъ верхней сѣти, обыкновенно поступаютъ такъ: во всѣхъ узлахъ, гдѣ привязаны веревки, вбиваютъ въ нижнюю сѣть вертикальные колышки, къ которымъ привязываютъ концы веревокъ; эти колышки и остаются во все время укладки фашины, выдергиваются они только послѣ укладки верхней сѣти и перевязки. Стягиваніе веревками тюфяка производится во всѣхъ узлахъ по периметру сѣтей, въ средней же части можно стягивать черезъ одинъ узелъ.

Въ длину тюфякъ можетъ быть сдѣланъ равнымъ ширинѣ рѣки, въ ширину же его не дѣлаютъ болѣе 5,5 саж. При большей ширинѣ удобнѣе погружать нѣсколько тюфяковъ рядомъ. При неровномъ днѣ тюфякъ полезно дѣлать по возможности тонкимъ, чтобы онъ, легче деформируясь, хорошо приставалъ ко дну. Максимальная толщина тюфяка не больше 6 фут. Для окончательнаго погруженія тюфяка на дно, его нагружаютъ камнемъ. Чтобы этотъ камень не скатывался съ поверхности, въ тюфякъ вбиваютъ нѣсколько рядовъ колышковъ, такъ, чтобы заостренные концы этихъ колышковъ оканчивались въ нижнемъ слоѣ фашины, но не проходили черезъ этотъ слой. Верхніе выступающіе концы колышковъ переплетаются ивой, такъ что образуется на поверхности тюфяка нѣсколько рядовъ забориковъ, между которыми и насыпается камень. Послѣ опусканія тюфяка на дно, иногда для окончательнаго его фиксированія, сквозь него вбиваютъ нѣсколько рядовъ круглыхъ свай.

Разсмагивая плотины, существующія у насъ въ Россіи, можно замѣтить, что большинство изъ нихъ обладаютъ гораздо меньшимъ числомъ поперечныхъ по рѣкѣ шпунтовыхъ рядовъ, какъ это слѣдовало бы по расчету согласно приведеннымъ выше даннымъ.

Шпунтовый рядъ представляетъ самую дорогую часть всякой плотины, понятно поэтому желаніе по возможности уменьшить число шпунтовыхъ рядовъ. Съ другой стороны при болѣе или менѣе благопріятныхъ условіяхъ почвы иногда бываетъ достаточно одного шпунтоваго ряда для непроницаемости. Еще болѣе надежнымъ въ смыслѣ непроницаемости представляется устройство двухъ шпунтовыхъ рядовъ, основнаго и крайняго, подъ понурнымъ поломъ, съ загрузкой пространства между этими рядами непроницаемымъ матерьяломъ, и устройствомъ понурнаго пола. Изъ остальныхъ рядовъ, нѣкоторое значеніе имѣетъ лишь послѣдній рядъ, подъ водобойной горизонтальной площадкой, такъ какъ, поддерживая воду подъ водобоемъ на высотѣ порога, препятствуетъ гніенію основнаго ряда, увеличивая долговѣчность всей плотины и непроницаемость основнаго ряда. Остальные ряды для непроницаемости имѣютъ лишь второстепенное значеніе, они болѣе важны для прочности, а послѣдній рядъ подъ сливнымъ поломъ, кромѣ того, часто служитъ защитой отъ подмыва плотины.

Круглыя сваи, какъ было сказано раньше, назначаются лишь для воспріятія вертикальной нагрузки. При недостаточномъ количествѣ шпунтовыхъ рядовъ, послѣдніе уже не въ состояніи принять безопасно всю слагающую горизонтальнаго давленія воды, и тогда приходится въ подмогу имъ передавать это давленіе и на круглыя сваи. Сооруженныя такимъ образомъ плотины, тѣмъ не менѣе, могутъ быть достаточно прочными и служить достаточно долго. Какъ на примѣръ такой плотины, я могу указать плотину, существовавшую на рѣкѣ Исѣ, Гродненской губерніи, при заводахъ помѣстья Слонимъ-Албертинъ. При длинѣ водоспуска въ 15 саж. и напорѣ свыше 2 сажень, плотина имѣла всего лишь 2 шпунтовыхъ ряда, изъ которыхъ одинъ основной, а другой въ началѣ понурнаго пола; несмотря на это, плотина прослужила вполнѣ исправно болѣе пятнадцати лѣтъ. Къ этому времени течь черезъ основной рядъ, вслѣдствіе обгниванія свай, настолько увеличилась, что принуждены были приступить къ капитальному ремонту. Порогъ въ этой плотинѣ былъ заложенъ на высотѣ сажени отъ нижняго уровня, подъ водобойнымъ и сливнымъ полами никакой засыпки сдѣлано не было, ясно поэтому, что на всю сажень высоты стѣна шпунтоваго ряда представляла условія, наиболѣе благопріятныя для гніенія. Еслибы подъ водобойнымъ поломъ былъ еще одинъ шпунтовый рядъ, то основной

рядъ былъ бы сохраненъ лучше, и ремонтъ состоялъ бы лишь въ исправленіи этого послѣдняго ряда, что обошлось бы гораздо дешевле.

Непроницаемость каждаго шпунтового ряда достигается по возможности точной пригонкой шиповъ и плотной пригонкой насадковъ поверхъ шпунтового ряда. На черт. (24—25) изображена шпунтовая свая, приготовленная для забивки, такая же круглая свая и желѣзные башмаки, первый для шпунтовой, второй для круглой сваи.

Немаловажную роль играютъ также тѣ приемы, которыми пользуются при забивкѣ свай.

Прежде всего требуется изслѣдовать ту линію дна, по которой предполагается пробить сваи. Это дѣлается помощью желѣзнаго съ острымъ концемъ стержня, называемаго щупомъ. Этимъ стержнемъ прощупываютъ всю линію, замѣчая нѣтъ ли на ней крупныхъ камней, пней и проч., всѣ эти предметы должны быть удалены, или, въ случаѣ невозможности, слѣдуетъ избрать другую линію.

Для правильности забивки необходимо установить вдоль всей линіи направляющія для свай рамы, для чего раньше надо забить по обѣ стороны шпунтовой линіи круглая сваи, на которыхъ уже насаживаются направляющіе брусья. Чер. 26, 27, 28 показываютъ устройство такихъ рамъ. Продольное разстояніе между сваями берется отъ 5 до 7 футовъ. Если приходится забивать шпунтовые сваи въ промежутокъ между ранѣе забитыми, то обыкновенно идутъ постепенно отъ одного края отверстія къ другому и послѣднюю сваю обдѣлываютъ слегка клиномъ для того, чтобы плотнѣе прижать всѣ сваи (чер. 29). Для того, чтобы брусья рамъ не могли отгибаться въ сторону, черезъ оба щековые брусья пропускаются стягивающіе болты, *m*, чер. 26, приблизительно на разстояніи сажени другъ отъ друга. Во время забивки сваи, на томъ мѣстѣ гдѣ былъ болтъ *m*, его вынимаютъ и пропускаютъ рядомъ, сквозь уже забитую сваю.

Насадокъ на гребень шпунта дѣлается въ пазъ, но черезъ каждые 3 до 6 фут., одну или двѣ сваи изъ шпунтового ряда пропускаютъ шипомъ насквозь, черезъ всю толщину насадка; этотъ шипъ расклинивается и удерживаетъ насадочный брусъ на мѣстѣ. Кромѣ того для удержанія бруса служатъ и желѣзные скобы (чер. 30).

Особенную заботу прилагаютъ при пригонкѣ мертваго бруса къ основному шпунтовому ряду. Здѣсь въ пазъ бруса прокладывается передъ окончательной насадкой на мѣсто полоса войлока или крестьянскаго сукна, промоченнаго въ кипящей смолѣ, для большей непроницаемости. Самому брусу стараются придать возможно большую прочностъ, такъ какъ разрушеніе это ряда особенно опасно, и онъ подверженъ наибольшему давленію. На черт. 30—31 показаны конструкціи такихъ

брусевъ и способы ихъ прикрѣпленія. Шпунтовые ряды вмѣстѣ съ ихъ насадками выдерживаютъ горизонтальное давленіе отъ воды, которое нетрудно подсчитать, зная разность горизонтовъ воды и все устройство верхняго строенія. Сила эта старается погнуть шпунтовую линію и изломать или расколоть вдоль насадокъ. Существующія конструкции мертвыхъ брусевъ, созданныя практиками, довольно примитивны и не всегда удовлетворяютъ своему назначенію; очень часты случаи ихъ разрушенія. Это надо имѣть въ виду и, сооружая плотину, всѣ насадки шпунтовыхъ рядовъ соединять съ мертвымъ брусомъ продольными по рѣкѣ брусьями такъ, чтобы давленіе могло быть распределено на всѣ шпунтовые ряды. Только при такомъ устройствѣ можно надѣяться, что давленіе передастся какъ на всѣ шпунтовые сваи, такъ и на ту загрузку, которая будетъ произведена подъ понурнымъ и сливнымъ полами.

Мертвый брусъ желательно по возможности имѣть по всей длинѣ цѣльнымъ, но однако это нельзя считать за непремѣнное условіе. Если шпунтовыхъ рядовъ недостаточно, или они плохо связаны между собою, то часто случается, что давленіе на мертвый брусъ передается круглымъ сваямъ. Одинъ изъ способовъ выравниванія погнушагося ряда состоитъ именно въ томъ, что мертвый брусъ стараются подвинуть клиньями, вколачивая ихъ въ щель с (чер. 32), между шипомъ круглой сваи и насадкомъ, упирающимся въ мертвый брусъ. Для свободы движенія, позади шипа въ насадкѣ должно быть удлинено гнѣздо. Въ упомянутой выше плотинѣ на рѣкѣ Исѣ мертвый брусъ при пролетѣ въ 15 саж. состоялъ изъ трехъ частей, соединенныхъ встыкъ; противъ каждаго конца отдѣльной части забивался продольный по рѣкѣ рядъ круглыхъ свай, такъ что поперечное разстояніе между рядами свай противъ стыковъ было не больше фута, въ то время какъ въ прочихъ мѣстахъ около 4 футовъ. Что всѣ круглыя сваи облегчали работу мертваго бруса, ясно можно было судить по виду шиповъ, прижатыхъ лишь переднею частью къ своимъ гнѣздамъ, а также нѣсколько наклоненному положенію нѣкоторыхъ отдѣльныхъ свай.

Длина шпунтовыхъ свай для непроницаемости должна быть таковою, чтобы концы свай входили на 2—3 фута въ непроницаемый слой. Но если этотъ слой залегаетъ очень глубоко, то конечно приходится сваи брать и короче. Въ этомъ случаѣ увеличеніе разстоянія между шпунтовыми рядами полезно, такъ какъ при этомъ возрастаетъ путь для просачиванія въ обходъ нижнихъ концовъ свай.

Разъ существ. просач. воды подъ шпунт. рядами, то вода, попадая снизу въ пространство подъ сливные полы, можетъ произвести столь сильное давленіе, что настилъ половъ можетъ быть сорванъ. Чтобы этого не произошло, необходима подъ полами достаточно тяжелая и не-

проницаемая нагрузка, какъ напр. толстый слой глины, бетона, правильная каменная кладка на гидравл. раств. и проч. Эта же нагрузка подъ понурными и сливными полами играетъ еще и роль балласта, препятствующаго передвиженію плотины въ горизонтальномъ направленіи. Длина круглыхъ свай, если онѣ служатъ только для поддержанія верхняго строенія, берется обыкновенно не больше длины шпунтовыхъ, но если круглыя сваи участвуютъ и въ сопротивленіи горизонтальнымъ силамъ, тогда глубина вбиванія свай связана съ условіемъ прочнаго ея ущемленія въ грунтѣ. Зная изгибающую сваю силу и разстояніе точки приложенія этой силы отъ дна, можно подсчитать и глубину забоя.

Древесныя породы, идущія на свайную работу суть дубъ, лиственница, сосна, черная ольха и ель. Долговѣчность дуба и лиственницы въ частяхъ, находящихся попеременно въ водѣ и воздухѣ, считается до 40 лѣтъ, при такихъ же условіяхъ сосна и ольха стоятъ 20 до 25 лѣтъ, ель не болѣе 15. При условіи постояннаго нахожденія подъ водою долговѣчность каждой породы увеличивается болѣе чѣмъ въ $2\frac{1}{2}$ раза, ольха же не уступаетъ дубу.

Ряжевое основаніе.

Если грунтъ таковъ, что забить въ него сваи невозможно, то каждый шпунтовый рядъ замѣняютъ бревенчатымъ срубомъ или ряжемъ. Для этого поперекъ рѣки по дну и нѣсколько сажень въ берега выкапываютъ рвы шириною отъ 1 до 2 саж., глубиной до самаго материка или даже нѣсколько глубже. Въ каждой такой канавѣ устанавливается продолговатый срубъ изъ тщательно пригнанныхъ бревенъ. Каждый срубъ поперечными стѣнками раздѣляется на клѣтки. Срубъ обыкновенно заранѣе рубится на берегу, въ канавѣ производится лишь окончательная сборка. Послѣ сборки всякій мусоръ и щепки удаляются и все пространство клѣтокъ и кругомъ сруба въ канавѣ засыпается непроницаемымъ матерьяломъ, на примѣръ жирнымъ суглинкомъ. Устроенный такимъ образомъ срубъ представляетъ какъ бы отдѣльную шпунтовую стѣнку. Для прочности всѣ срубы должны быть соединены между собою вдоль рѣки, для чего служатъ соединительныя стѣнки, возводимыя на разстояніи другъ отъ друга 1 до 2 сажень; стѣнки эти, соединясь въ лапу или врубкой въ полъ дерева съ основными стѣнами срубовъ, соединяютъ прочно все основаніе въ одно цѣлое. Для поддержанія соединительныхъ стѣнъ иногда подъ ними вкапываютъ стулья. Поверхъ стѣнъ накатываются брусья параллельно срубамъ и на нихъ уже настилаются полы; на чер. 33 пред-

ставлено въ продольномъ разрѣзѣ такое основаніе, состоящее изъ трехъ срубовъ, замѣняющихъ шпунтовые ряды. Въ настоящее время вмѣсто круглыхъ бревенъ на длинные ряды чаще употребляютъ обдѣланные и пришпунтованные брусья, при этомъ непроницаемость стѣнъ возрастаетъ какъ отъ болѣе точной пригонки брусевъ, такъ и отъ того, что къ гладкимъ брусчатымъ стѣнамъ гораздо плотнѣе прилегаетъ земля, не образуя при осадкѣ пустыхъ пространствъ во всю длину брусевъ, что всегда имѣетъ мѣсто при круглыхъ бревнахъ на линіи ихъ прилеганія.

Верхніе вѣнцы сруба съ нижними полезно соединять желѣзными скобами. Если ряжевое основаніе устанавливается на скалѣ, тогда нижній срубъ притягиваютъ къ скалѣ фундаментными болтами, и для плотнаго прилеганія выравниваютъ неровности дна бетономъ. Ходовые размѣры главныхъ срубовъ обыкновенно принимаются: разстояніе между осями длинныхъ стѣнъ около одной сажени, разстояніе между поперечными соединительными стѣнками тоже около сажени. Къ недостаткамъ этого основанія надо отнести: 1) трудность исполненія, такъ какъ для установки такого основанія требуется отводъ и откачка воды, и 2) большое количество строеваго матерьяла, сравнительно съ шпунтовымъ основаніемъ. По прочности оно не уступаетъ, а даже превышаетъ шпунтовое. Ввиду послѣдняго, при очень большихъ напорахъ и глубинѣ воды, шпунтовое свайное основаніе нарощаютъ ряжевымъ. По Эброжеку такое нарощеніе дѣлается всегда при напорѣ меньше одной сажени, когда порогъ выходитъ выше одной сажени надъ дномъ и при напорѣ больше сажени, когда высота порога болѣе $1\frac{1}{2}$ сажени надъ дномъ. Чер. 34 представляетъ продольный разрѣзъ шпунтоваго основанія съ ряжевымъ нарощеніемъ.

Основаніе изъ слани.

Сланью называется совершенно ровный еловый жерднякъ толщиною въ комлѣ отъ 2 до 3 верш. и длиною отъ 15 до 20 арш.

Слань идетъ въ дѣло въ свѣже срубленномъ видѣ, кора съ нея не снимается, $\frac{2}{3}$ длины всего деревца, считая отъ комля совершенно очищается отъ вѣтвей, на остальной части вѣтки снимаются только съ двухъ діаметрально противоположныхъ сторонъ. Приготовленное такимъ образомъ деревцо можетъ хорошо прилегать къ плоскости, касаясь къ ней по всей длинѣ ствола.

Слань укладывается рядами на дно, въ воду, длиной ствола по теченію и метлой противъ теченія. При укладкѣ надо имѣть въ виду достиженіе большей непроницаемости и устраненіе возможности

подмыва дна подъ сланью. Для этого считаютъ правиломъ укладывать каждый рядъ слани такъ, чтобы деревцо плотно прилегало къ деревцу и чтобы метловой конецъ лежалъ на 4—6 вершк. ниже комлеваго. Для послѣдней цѣли или выбирается соотвѣтственное мѣсто рѣки, или вырывается въ днѣ углубленіе, или, наконецъ, подкладываютъ подъ комли бревно, иногда укрѣпленное на круглыхъ вбитыхъ или вкопанныхъ сваяхъ. Подъ каждый рядъ слани, кромѣ того, подбрасываютъ подъ комли еловой лапки, каждый рядъ присыпается хрящемъ и вѣтки уминаются ногами, такъ, чтобы они сплотнились бы и образовали связь для всего слоя слани. Слѣдующій слой слани начинаютъ класть, подавшись нѣсколько впередъ противъ теченія, такъ, чтобы метлы новаго ряда вполне прикрыли метлы уже положеннаго. Число рядовъ для надлежащей защиты дна отъ подмыва должно быть не менѣе четырехъ. Послѣдній верхній слой выравнивается въ направленіи поперечномъ теченію добавкой слани по ватерпасу и, наконецъ, все основаніе прижимается ко дну верхнимъ возводимымъ на немъ строеніемъ.

Для непроницаемости спереди метловой части слани дѣлается отсыпь изъ перемежающихся тонкихъ слоевъ хряща, соломистаго навоза и глины. Эти матерьялы теченіемъ, просачивающейся сквозь слань воды, увлекаются и съ теченіемъ времени затягиваютъ всѣ ходы, черезъ которые сочилась вода.

Устройство этого основанія производится обыкновенно прямо въ руслѣ рѣки безъ отведенія воды въ сторону, но для хорошихъ результатовъ требуется достаточная опытность.

Изъ всѣхъ видовъ основанія это самое дорогое по количеству потребнаго матерьяла, кромѣ того при немъ нельзя устранить просачиванія подъ сланью, если только дно рѣки не представляетъ само по себѣ непроницаемаго грунта.

Въ виду сказаннаго это основаніе можетъ примѣняться лишь при сравнительно небольшихъ напорахъ и тамъ, гдѣ стоимость строевого матерьяла ничтожна. Въ настоящее время подобнаго рода основаніе плотины встрѣтить довольно трудно, но за то часто изъ слани строятся у насъ цѣлыя небольшія глухія плотины. Для этого, правда, употребляется не отборный матерьялъ, а всякій, имѣющійся подъ рукою, малоцѣнный матерьялъ, какъ напр. молодая березка, сосновыя и еловыя вѣтви, всякій кустарникъ и проч., укладка его производится также, какъ и слани. Послѣ того какъ положенъ послѣдній слой, на него накладываютъ толстый слой земли для окончательнаго укрѣпленія вѣтокъ отъ всплыванія, а съ верховой стороны производится присыпка толстаго слоя земли. Построенная такимъ образомъ плотина

можетъ быть отнесена скорѣе къ земляной съ укрѣпленіемъ сланью. Сланью пользуются также часто и при задѣлкѣ промоинъ въ земляной плотинѣ, когда приходится работать на текучей водѣ.

Боковыя стѣны.

Боковыя стѣны плотины или устои имѣютъ назначеніе воспрепятствовать подмыву землянаго тѣла, примыкающаго къ плотинѣ.

При шпунтовомъ свайномъ основаніи роль этихъ стѣнъ могутъ исполнять шпунтовые ряды, забиваемые вдоль боковаго очертанія водоспуска. Высота этихъ стѣнъ должна быть равною высотѣ земляной насыпи. При этомъ стѣна будетъ испытывать напоръ земли, подѣйствіемъ котораго можетъ быть погнута. Чтобы укрѣпить стѣну употребл. устройство, показанное на чер. 35—36. Чер. 37—38 показываетъ болѣе простое устройство боковыхъ стѣнъ. Когда напоръ земли болѣе 1,5 саж., тогда указанные конструкции по своей малой прочности непригодны, и тогда употребляется ряжевое укрѣпленіе (черт. 39—40).

Въ этомъ случаѣ ряжи обыкновенно устанавливаются на круглыхъ сваяхъ. Если при этомъ уже забить раньше шпунтовый рядъ по очертанію водоспуска, то лицевая сторона ряжа устанавливается на гребнѣ шпунтоваго ряда, какъ это показано на чер. 41. Колодцы ряжей забиваются камнемъ и глиной. Если ряжи ставятся непосредственно на землѣ, или только на круглыхъ сваяхъ, тогда надо наблюдать, чтобы нижній вѣнецъ ряжа по крайней мѣрѣ фута на 2 лежалъ ниже поурнаго пола, такъ какъ иначе ряжъ легко можетъ быть подмытъ.

Иногда также употребляются для укрѣпленія боковъ водоспуска каменные стѣнки чер. 41—42, самое прочное, но вмѣстѣ съ тѣмъ и самое дорогое укрѣпленіе. Боковыя стѣны во время спуска воды бываютъ подвержены ударамъ со стороны плывучихъ тѣлъ, какъ то: льдинъ, стволовъ деревьевъ и проч.; для того, чтобы эти ударяющіяся тѣла не вредили стѣнкамъ, поверхность послѣднихъ должна быть гладкой, тогда ударяющееся тѣло скользитъ по ней. Если стѣнки возводятся изъ круглыхъ бревенъ, то лицевая сторона должна быть въ достаточной мѣрѣ сглажена топорами. Въ прежнее время для гладкости часто лицевую стѣну ряжа обшивали толстыми досками, однако гораздо дешевле и надежнѣе будетъ эту стѣну срубить изъ пришпунтованныхъ брусевъ, причемъ конечно выиграетъ и непроницаемость. Въ настоящее время обыкновенно такъ и поступаютъ.

Верхнее строеніе.

Верхнее строеніе плотины бываетъ стоечной и ряжевой системы. Первое состоитъ въ томъ, что вдоль мертваго бруса устанавливается рядъ вертикальныхъ или иногда слегка наклонныхъ къ сливному полу стоекъ. Каждая пара стоекъ образуетъ раму, въ пазы которой опускаются досчатые щиты. Послѣдніе, опираясь нижнимъ краемъ въ мертвый брусъ, преграждаютъ движеніе воды по сливнымъ поламъ и поднимаютъ ея горизонтъ выше порога. Для выпуска воды изъ запруды щиты приподнимаются вверхъ или совершенно вынимаются. Для крѣпости стойки образуются, смотря по напору, изъ одного, двухъ и трехъ брусевъ; съ низовой стороны они должны быть подперты подкосами. Для избѣжанія пошатыванія въ направленіи, перпендикулярномъ теченію, поверху стойки связываются горизонтальными брусьями съ боковыми стѣнами плотины. Часто надъ плотиною дѣлается мостъ, тогда мостовое строеніе служить прекрасной связью стоекъ въ направленіи перпендикулярномъ оси рѣки. Спереди стойки иногда устанавливается наклонный брусъ, защищающій стойку во время движенія воды отъ ударовъ льдинъ, коими стойка можетъ быть повреждена. Для этой же цѣли служитъ и досчатая обшивка стойки съ ея подкосами.

На чер. 43—44 представлены двѣ такія стойки, на черт. 45 представлена стойка чрезвычайно сильной конструкціи, установленная на свайно-ряжевомъ основаніи.

Болѣе простые виды стоекъ будутъ приведены ниже при чертежахъ плотинъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ на примѣръ при сильномъ ледоходѣ, когда опасаются поломки стоекъ ударами льдинъ, стойки устраиваютъ отъемными, такъ что для пропуска воды вынимаются не только щиты, но и стойки, и тогда вода безпрепятственно можетъ устремиться во весь проходъ между боковыми стѣнками. Чер. (46) даетъ понятіе объ устройствѣ такой стойки: здѣсь стойка установлена нижнимъ концемъ въ чугунную коробку, привернутую къ мертвому брусу, подкосъ же къ ней сдѣланъ на шарнирахъ. Подобнаго рода стойки устанавливаются однако очень рѣдко, такъ какъ заводскія плотины воздвигаются, вообще говоря, на небольшихъ рѣкахъ, гдѣ ледоходы незначительны. Для устраненія опасности отъ льда, бываетъ достаточно въ нѣсколькихъ саженьяхъ выше плотины забить противъ нея одинъ или нѣсколько рядовъ въ шахматномъ порядкѣ круглыхъ свай и связать ихъ между собою насадками; этими сваями большія глыбы льда будутъ остановлены, малая же не опасны.

Ряжеее верхнее строение представляет собою продолговатый срубъ изъ трехъ длинныхъ стѣнъ поперекъ рѣки и нѣсколькихъ поперечныхъ вдоль. Срубъ на нѣсколько сажень запускается въ берега и клѣтки его загружаются камнемъ и глиною. Устанавливается это верхнее строение или на ряжевомъ же фундаментѣ, или на фундаментѣ изъ слани. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ оно прижимаетъ слань ко дну.

Иногда нижній срубъ ряжа ставятъ на шипы свай, вбитыхъ сквозь слань, но при этомъ надо имѣть въ виду необходимость обезпечить свободную осадку ряжа, по мѣрѣ того, какъ станетъ осѣдать слань. Для этой цѣли дѣлается запасъ въ шипахъ и гнѣздахъ.

На нѣкоторой высотѣ въ длинныхъ стѣнахъ ряжа дѣлаются окна, закрываемыя щитами, черезъ которые по желанію можно пускать воду.

Для прочности считается необходимымъ, чтобы всѣ длинныя стѣны, до порога спускныхъ оконъ состояли изъ цѣльныхъ бревенъ, точно также необходимо сдѣлать изъ цѣльныхъ бревенъ два—три ряда выше оконъ. Высота оконъ не болѣе 1,5 арш., разстоянія между поперечными стѣнами около 1 саж. На высотѣ порога окна устраивается иногда сливной полъ, пространство подъ которымъ набивается суглинкомъ. Съ верховой стороны сруба дѣлается отсыпь изъ перемежающихся слоевъ хряща, навоза, глины и еловыхъ лапокъ, называемая отмеломъ.

Ряжеее верхнее строение никакихъ особыхъ преимуществъ не представляетъ, наоборотъ, оно дорого по количеству матеріала. Въ силу небольшой высоты оконъ, оно всегда выходитъ длиннѣе, чѣмъ стоечной системы. Требуется очень частаго ремонта отсыпи выше порога. Весною, если льдины закроютъ спускныя окна, что можетъ случиться вслѣдствіе ихъ малой высоты, возможно разрушеніе плотины или прорывъ береговъ въ обходъ плотины. Въ настоящее время эта система верхняго строенія примѣняется рѣдко и то только для небольшихъ напоровъ. Въ прилагаемомъ атласѣ у насъ имѣются чертежи, а въ концѣ книжки описаніе двухъ такихъ плотинъ.

Какъ уже было сказано, для закрыванія пролета между стойками и оконъ въ ряжевыхъ стѣнахъ, употребляются щиты, которые дѣлаются изъ досокъ. Конструкція ихъ видна изъ черт. 47—48. Изображенные на этихъ чертежахъ щиты поднимаются вверхъ обыкновенно помощью кола, подводя конецъ его подъ перекладину С и дѣйствуя какъ рычагомъ. При большихъ отверстіяхъ употребляютъ иногда щиты составные, состоящіе изъ двухъ—трехъ отдѣльныхъ щитовъ, доски при этомъ соединяются желѣзными полосами чер. 49—50. На чертежѣ 50 показано примѣненіе простѣйшаго ворота для подъема такихъ щитовъ. Каждый изъ составныхъ щитовъ поднимается отдѣльно. Для того чтобы крюкомъ захватить за ухо, на крюкъ

надѣвають палку. Конструкція крюка и палки изобр. на чер. 51; послѣ того, какъ крюкъ надѣтъ на ухо щита, палку легко вывинтить.

Если разстояніе между стойками очень велико, то иногда вмѣсто щитовъ употребляются шандоры, т. е. пригнанные брусья, закладываемые каждый отдѣльно. Шандоры бываютъ вертикальные и горизонтальные, констр. послѣдн. видна на черт. 52 (Вертикальныя шандоры для заводскихъ плотинъ не употребляются, такъ какъ при нихъ трудно избѣжать течи). Площадь отдѣльнаго щита рѣдко бываетъ больше $1\frac{1}{2}$ сажени, при большихъ размѣрахъ съ нимъ трудно обращаться. Разсчитать толщину досокъ щита, конечно, не трудно, зная напоръ на него воды. При составномъ щитѣ, нижніе составляющіе могутъ быть сдѣланы изъ досокъ болѣе толстыхъ. При разсчитываніи силы для подъема щита надо имѣть въ виду, что вслѣдствіе примерзанія, разбуханія и проч., коэф. тренія щита о пазъ будетъ очень значителенъ. Коэффиц. этотъ обыкновенно вполне достаточно принимать равнымъ 1.

Для того, чтобы обезпечить свободу подъема щитовъ во всякій моментъ, все пространство надъ понурнымъ поломъ прикрывается досчатымъ настиломъ, поддерживаемымъ особыми стойками, установленными на понуръ, такъ что доски лежатъ на нѣсколько дюймовъ выше поверхности воды. Настилъ этотъ прикрывается въ свою очередь толстымъ слоемъ навоза и соломы. При такихъ условіяхъ вода подъ нимъ, даже на Уралѣ, не замерзаетъ, что даетъ возможность, при первыхъ признакахъ наступающаго половодья, легко выкинуть всѣ щиты.

Быки.

Я уже сказалъ, что обыкновенно стараются, чтобы мертвый брусъ былъ цѣльнымъ. При ряжевомъ строеніи длинныя стѣны должны содержать также цѣльныя бревна, поэтому если пролетъ водоспуска выходитъ очень большимъ, то, сообразуясь съ имѣющимся строевымъ матеріаломъ, его разбиваютъ на нѣсколько отдѣльныхъ, раздѣляемыхъ быками. Быки бываютъ ряжевые и каменные.

Ряжевые быки возводятся на круглыхъ сваяхъ. Иногда всѣ или часть наружныхъ стѣнъ быка для непроницаемости возводится на шпунтовомъ ряду. Если такого шпунтоваго огражденія быкъ не имѣетъ, то первый нижній вѣнецъ его долженъ быть заложенъ достаточно глубоко, чтобы не могло произойти подмыва снизу. Ряжевой быкъ состоитъ изъ 3 или 4 длинныхъ стѣнъ (по рѣкѣ) и нѣсколькихъ попереч-

ныхъ. Такъ какъ наружныя стѣны должны быть гладкими и непроницаемыми, то ихъ чаще всего строятъ не изъ круглыхъ бревенъ, а изъ обдѣланныхъ и пришпунтованныхъ брусевъ. Съ верховой стороны, для разсѣканія воды, быкъ имѣетъ заостренную форму; острый уголъ укрѣпляется особымъ угольнымъ брусомъ, прикрѣпленнымъ къ стѣнамъ желѣзными хомутами. Разстояніе между продольными и поперечными стѣнами отъ 0,75 до 1 саж., вся ширина быка отъ 1,5 до 3 саж. т. е. въ два или три ящика. Ящики загружаются камнемъ и суглинкомъ. Въсѣ быка по Гаусману должны составлять отъ 5 до 7 разъ взятое горизонтальное, приходящееся на него давленіе воды. Каменные быки по своей формѣ не отличаются отъ ряжевыхъ. Ставятся они или прямо на материкъ, или на основаніе изъ круглыхъ свай, въ этомъ случаѣ по периметру ограждаютъ ихъ шпунтовымъ рядомъ. Толщина каменнаго быка не менѣе 5—8 фут. Детали устройства быковъ хорошо видны на чертежахъ отдѣльныхъ плотинъ, помѣщенныхъ въ атласѣ.

Каменные плотины.

Каменные плотины можно раздѣлить на два типа. Первые, для сравнительно небольшихъ паденій, которыя замѣняютъ деревянные водоспуски, и глухія, замѣняющія земляныя, для всевозможныхъ паденій. Въ смыслѣ долговѣчности камень представляетъ большія преимущества по сравненію съ деревомъ. Но для того, чтобы плотина, сложенная изъ камня, обладала непроницаемостью, она должна доходить до материка. Если материкъ глубоко и грунтъ слабый, то при небольшой высотѣ плотина можетъ быть возведена на свайномъ основаніи, а для обезпеченія непроницаемости кругомъ по всѣму периметру ограждается шпунтовымъ рядомъ. Само собою понятно, что кладка должна быть возводима на гидравлическомъ растворѣ. Такія плотины дѣлаются водосливными, но часто также имѣютъ верхнее строеніе стоечной системы; стойки могутъ быть деревянные или желѣзныя. Плотина должна имѣть достаточную длину и подходящий профиль для устраненія размывающаго дѣйствія воды.

Въ то время, когда въ деревянной плотинѣ сопротивленіе сдвигенію подъ напоромъ воды достигается главнымъ образомъ лишь благодаря крѣпости дерева, въ каменныхъ плотинахъ этому сдвигенію противодействуетъ почти исключительно въсѣ, почему и сама плотина болѣе надежна. Всѣ части плотины рассчитываются такъ, чтобы въ камнѣ могли появиться лишь сжимающія силы, а для этого, какъ извѣстно, равнодѣйствующая въса и давленія воды на плотину должна пройти

черезъ среднюю треть основанія. На одной изъ прилагаемой таблицы изображено нѣсколько такихъ плотинъ, въ концѣ книжки имѣется ихъ краткое описаніе.

Глухія каменные плотины устраиваются обыкновенно для большихъ напоровъ. Спускать воду при такихъ напорахъ находятъ болѣе удобнымъ помощью желѣзныхъ или чугунныхъ трубъ, такъ какъ каменные водоспуски при большихъ напорахъ очень дороги, кромѣ того, вслѣдствіе весьма большой скорости въ нихъ воды, не всегда можно быть увѣреннымъ въ ихъ прочности. Желѣзная труба можетъ быть вдѣлана въ нижнюю часть плотины, и при достаточной длинѣ въ состояніи отводить воду въ безопасное отъ подмыва мѣсто. Труба съ верховой стороны запирается клапаномъ.

Рациональный профиль такихъ плотинъ при употребл. наим. кол. матерьяла выработанъ сравнительно недавно, почему и плотины эти только недавно стали распространяться. Я изложу вкратцѣ основанія, послужившія для нахождения этого профиля.

Какъ извѣстно изъ простыхъ геометрическихъ фигуръ, треугольникъ, поставленный на основаніе, обладаетъ наибольшою устойчивостью подѣ дѣйствіемъ силъ въ его плоскости, такой профиль и слѣдовало бы придать каменной плотинѣ.

Но треугольникъ при основаніи BC (чер. 53) можетъ имѣть вершину въ A_1 , A или A'' , спрашивается какой изъ этихъ профилей предпочтительнѣе.

Тупымъ уголъ B дѣлать нельзя, такъ какъ при этомъ стѣнка $A'B$ свѣшивалась бы и отдѣльные камни могли бы оторваться и упасть. Остаются два профиля: при прямомъ углѣ B и при остромъ. Для того чтобы опредѣлить какой изъ этихъ профилей выгоднѣе, поступимъ такъ.

Зная что опрокидывающею силой какъ въ первомъ, такъ и во второмъ случаѣ будетъ одна и таже горизонтальная сила давленія воды, приложенная на высотѣ $\frac{1}{3}$ напора, опредѣлимъ моменты сопротивленія опрокидыванію вокругъ ребра C , для перваго и втораго случая, полагая длину плотины по гребню $= 1$. Обозначимъ $BC = b$; $AB = h$, $AA'' = e$, вѣсъ плотины $= G$.

При углѣ B прямомъ моментъ сопротивленія будетъ $= G \cdot \frac{2}{3} \cdot b$.

Для профиля $BA''C$, кромѣ вѣса, сопротивляться опрокидыванію будетъ и вертикальное давленіе воды на стѣнку $A''B$, равное вѣсу водяной призмы съ основаніемъ $AA''B$, и высотой равную единицѣ. Точка приложенія этой силы лежитъ на высотѣ $\frac{1}{3} h$.

Нетрудно вывести, что если δ есть вѣсь куб. единицы воды, то моментъ силы сопротивленія для треугольника $BA''C$

$$\text{будетъ} = G \left(\frac{2}{3} b - \frac{e}{3} \right) + \frac{eh\delta}{2} \left(b - \frac{e}{3} \right);$$

если первый профиль выгоднѣе, то

$$G \cdot \frac{2}{3} b > G \left(\frac{2}{3} b - \frac{e}{3} \right) + \frac{eh\delta}{2} \left(b - \frac{e}{3} \right);$$

если γ есть вѣсь куб. единицы кладки, тогда

$$G = \frac{bh}{2} \cdot \gamma$$

и поэтому:

$$\frac{e b h \gamma}{6} > \frac{e h \delta b}{2} - \frac{1}{6} e^2 h \delta,$$

неравенство возможно, когда

$$\frac{\gamma}{\delta} > 3 - \frac{e}{b}$$

Твердые породы камня, изъ котораго возводятся каменные плотины, имѣютъ обыкновен. удѣльный вѣсъ какъ разъ около 3, поэтому для нихъ профиль въ видѣ прямоугольнаго треугольника является наиболѣе рациональнымъ, но этотъ профиль въ виду нѣкоторыхъ соображеній долженъ быть нѣсколько измѣненъ.

Гребень плотины всегда долженъ нѣсколько возвышаться надъ горизонтомъ воды. Толщина гребня должна быть достаточной, какъ для сопротивленія дѣйствию волнъ, могущихъ произойти въ водохранилищѣ, такъ и для того, чтобы надлежаще сопротивляться дѣйствию атмосферныхъ влiянiй. Эти соображенiя заставляютъ вершину треугольника наращивать прямоугольною частью (чер. 54).

Дальнѣйшее измѣненiе треугольной формы получается изъ расчета. Для устойчивости каменной стѣнки вообще, какъ извѣстно, считаютъ необходимымъ, во первыхъ, чтобы максимальное напряженiе сжатiя не превышало бы извѣстной нормы, и, во вторыхъ, чтобы нигдѣ въ кладкѣ не могли проявиться растягивающiя силы. Эти же требованiя ставятся и при расчетѣ каменной плотины. При расчетѣ надо имѣть въ виду два случая. Первый случай, когда резервуаръ наполненъ водою; въ этомъ разѣ наибольшее сжатiе появляется на низовомъ ребрѣ, а второй, когда резервуаръ пустъ—наибольшее сжатiе на верховомъ ребрѣ. Расчетъ можетъ быть произведенъ графически, основанiя его слѣдующiя.

Пусть на чертежѣ (54) изображенъ профиль плотины. Пусть R будетъ равнодѣйствующая вѣса G всей части плотины, выше сѣченія MN , и горизонтальнаго давленія воды S . Перенесемъ точку приложенія силы R въ точку C , и здѣсь ее разложимъ на S и G .

Сила S старается сдвинуть плотину по плоскости MN . Чтобы этого не произошло, необходимо $S \leq G f$, гдѣ f = коэф. тренія, для кам. кладки принимаютъ 0,76.

Для увеличенія тренія въ плоскости MN , при кладкѣ слѣдуетъ соблюдать перевязку камней по высотѣ стѣнъ, по крайней мѣрѣ каждый горизонтальный слой долженъ имѣть выступающіе изъ своей верхней плоскости камни, препятствующіе сдвигенію слѣдующаго слоя. Иногда для этой же цѣли швы кладки не дѣлаютъ горизонтальными, а слегка наклонными, такъ чтобы уголъ шва и равнодѣйствующей R приближался къ прямому.

Когда такими средствами сила S будетъ уравновѣшена, то оставшаяся сила G произведетъ равномерное сжатіе сѣченія и изгибъ его, какъ результатъ момента $G e$, гдѣ e разстояніе центра тяжести сѣченія отъ точки C . Если допустимъ, что рассматриваемъ погонную единицу длины плотины и обозначимъ длину MN черезъ b , тогда легко видѣть,

что напряженіе въ сѣченіи MN отъ сжатія будетъ $Z = \frac{G}{b}$;

а отъ изгиба на ребрахъ M и N

$$S = \pm \frac{6 G e}{b^2};$$

сложное напряженіе на ребрѣ N не можетъ быть больше допускаемаго Kz , а на ребрѣ M не можетъ быть меньше нуля, такъ какъ тогда бы кладка растягивалась, а потому для точки M имѣемъ

$$\frac{G}{b} \left(1 + \frac{6e}{b} \right) \leq Kz \quad A.$$

а для точки N_1

$$\frac{G}{b} \left(1 - \frac{6e}{b} \right) \geq 0 \quad (A_1)$$

Послѣднее неравенство выполнено, когда $e \leq \frac{b}{6}$, отсюда вправѣ сдѣлать общее заключеніе, что, вообще, растяженій въ кладкѣ не появится, если равнодѣйствующая пройдетъ въ средней трети рассматриваемаго сѣченія.

Въ томъ случаѣ, когда резервуаръ пустъ, нетрудно вывести, что сложное напряженіе сжатія на ребрѣ M будетъ $= \frac{G}{b} \left(1 + \frac{6e}{b} \right)$; (здѣсь e

разстояніе точки пересѣченія силы G съ прямою MN до середины этой прямой т. е. центра тяжести).

По условію $\frac{G}{b} \left(1 + \frac{6e'}{b} \right) \leq Kz \dots (A_2)$.

Напряженіе на ребрѣ M намъ нѣтъ надобности опредѣлять, требуется лишь, чтобы направленіе силы G не вышло изъ средней трети основанія. На основаніи замѣченнаго раньше это вполнѣ достаточно, чтобы не появилась растягивающая сила.

Теперь уже нетрудно выяснитъ себѣ, какъ слѣдуетъ производить графическій расчетъ. Задавшись предварительно формой прямоугольнаго треугольника съ прямоугольнымъ придаткомъ, соотвѣствующимъ гребню плотины, переходятъ постепенно отъ одного горизонтальнаго сѣченія къ другому, ниже лежащему. Удобнѣе всего всю высоту плотины раздѣлить на нѣсколько горизонтальныхъ слоевъ. Для всякаго горизонтальнаго сѣченія необходимо, чтобы направленіе вѣса всей выше лежащей части, и направленіе равнодѣйствующей вѣса и давленія воды на всю вышележащую часть не выходили изъ средней трети сѣченія, необходимо также, чтобы неравенство (A) и (A_2) выполнялись.

Обыкновенно на низовомъ откосѣ стараются соблюсти равенство $\frac{G}{b} \left(1 + \frac{6e'}{b} \right) = Kz$, на верховомъ же, вслѣдствіе вертикальности стѣны, достаточно, чтобы было выполнено неравенство (A_2) ; если Kz выходитъ слишкомъ велико, тогда требуется уширить сѣченіе, отодвигая слишкомъ нагруженное ребро дальше отъ середины сѣченія.

Пользуясь такимъ методомъ расчета, мы и приходимъ къ подобному профилю, какой имѣетъ каменная глухая плотина, возведенная во Франціи на рѣкѣ Фюрансѣ (смотри атласъ). На профилѣ ея показаны также и линіи давленій, т. е. геометрическое мѣсто точекъ пересѣченія кажд. горизонтальнаго сѣченія съ равнодѣйствующими силъ, дѣйствующихъ на часть плотины выше этого сѣченія. Легко обнаружить, что эти линіи не выходятъ изъ средней трети.

Плотина воздвигнута на скалѣ, поверхность которой нарочно сдѣлана неровной для лучшей перевязки и связи цементомъ.

Изъ наблюденія существующихъ плотинъ описаннаго типа можно заключить, что при высотѣ плотины больше 30 metr. единственнымъ надежнымъ основаніемъ для нея является скала. При высотѣ меньше 30 метр., можно возвести ее и на обыкновенномъ плотномъ материкѣ, но на особомъ каменномъ фундаментѣ, заложенномъ достаточно глубоко. Разсчитывая фундаментъ, надо принимать въ соображеніе возможность проникновенія воды подъ подошву фундамента и оказаніе на нее давленія снизу.

При слабѣмъ грунтѣ гораздо надежнѣе устройство земляной плотины. Напряженіе на сжатіе въ существующихъ плотинахъ для известняка и песчаника отъ 6 до 7,5 кил., для гранита отъ 8 до 12 кил. на кв. сантим.

При образованіи большихъ водохранилищъ размѣры гребней плотины должны быть по Крапцу.

Напоръ (метры)	5	10	15	20	25	30	50
Высота гребня надъ водою. .	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Толщина гребня	1	2,5	3	3,5	4	4,5	5

При небольшихъ водохранилищахъ, когда волненіе не опасно, толщину гребня можно уменьшать, но меньше метра эта толщина вообще не берется.

Совершенно особый видъ каменной плотины представляетъ плотина, воздвигнутая въ 1902 году англичанами поперекъ рѣки Нила въ цѣляхъ орошенія. Это грандіознѣйшее въ мірѣ сооруженіе, стоившее на наши деньги около 24 мил. руб., представляетъ собою гигантскую гранитную стѣну, длиной около 2-хъ верстъ, ширина въ гребнѣ 7 metr., откосъ съ низовой стороны $\frac{2}{3}$. Съ верховой стороны имѣется громадная каменная отсыпь съ уклономъ къ горизонту лишь 0,056, высота плотины мѣстами достигаетъ до 110 metr. считая отъ подошвы. Напоръ воды можетъ достигнуть до 30 metr. Плотина въ средней части на протяженіи 759 саж. имѣетъ 180 выпускныхъ отверстій, въ видѣ узкихъ, но длинныхъ въ вертикальномъ направленіи оконъ. Каждое окно запирается съ верховой стороны особымъ щитомъ, приводимымъ въ движеніе ручной лебедкой. Для лучшей регулировки уровня окна располагаются группами на различной высотѣ. Фундаментомъ для плотины послужило гранитное дно русла.

На чер. (54а) изображенъ перспективный видъ этой плотины съ низовой стороны.

Временныя плотины.

Устройство плотинъ, какъ вообще и всѣ гидротехническія работы, не представляетъ особой трудности, когда условія позволяютъ производить ихъ въ сухомъ мѣстѣ—въ воздухѣ, но разъ приходится исполнять ихъ въ водѣ, тогда дѣло усложняется. Изъ описанныхъ нами раньше работъ, въ стоячей водѣ могутъ быть исполнены: возведеніе земляной насыпи, пробивка шпунтового ряда, и вообще забивка свай.

На текучей водѣ эти работы уже затруднительны, но если требуется заложить фундаментъ каменной плотины, сдѣлать глубокую выемку въ днѣ, то тогда уже требуется обязательно устраненіе воды. Приемы, употребляемые для этой цѣли, могутъ быть различны въ зависимости отъ мѣстныхъ условій. Иногда все русло рѣки отводятъ въ сторону, прорывъ обходный каналъ; тогда на мѣстѣ возводимой плотины остается лишь стоячая вода, въ которой уже легче работать. Послѣ окончанія работы каналъ задѣлываютъ фашиной, землей, хворостомъ, камнемъ и проч., рѣка же направится въ старое русло, на возведенную плотину.

Если почему-либо отвести рѣку нельзя, то часто ширину рѣки раздѣляютъ на нѣсколько участковъ, одинъ изъ нихъ ограждается особою временной плотиной, рѣка тогда направится, черезъ остальную не огражденную часть, въ огражденномъ же пространствѣ, образуется стоячая вода, которую въ случаѣ надобности можно откачать насосами и работу производить насухо. Когда такимъ образомъ часть плотины будетъ сооружена, временную плотину уничтожаютъ и ограждаютъ слѣдующій участокъ, вода между тѣмъ можетъ быть направл. на неогражденную часть, въ томъ числѣ и на сооруженную уже часть водоспуска и т. д.

Эти временныя огражденія, сами по себѣ представляютъ плотины, отъ которыхъ не требуется особой прочности и даже абсолютной непроницаемости, но важно, чтобы ихъ стоимость была бы минимальной, чтобы ихъ можно было быстро сооружать и такъ же быстро уничтожать.

При ихъ возведеніи выступаетъ на первый планъ опытность и смысленность руководителя. Здѣсь не только важно избрать соотвѣтствующій типъ плотины, согласно всей суммѣ существующихъ мѣстныхъ условій, но также и самый приемъ возведенія плотины надо измѣнять въ зависимости отъ этихъ крайне разнообразныхъ для всякаго отдѣльнаго случая условій. При неумѣломъ, не соотвѣтственномъ пользованіи приемами всегда можно рисковать, что плотина во время работы будетъ снесена теченіемъ. Я опишу нѣсколько, чаще всего встрѣчающихся, типовъ временныхъ плотинъ.

Огражденіемъ въ стоячей водѣ, а также и въ движущейся, когда скорость движенія невелика, можетъ служить шпунтовый рядъ. Особый интересъ представляетъ возведеніе такого ряда на движущейся водѣ.

Забивка обыкновенно ведется съ двухъ концовъ ряда, стуживая отверстіе до тѣхъ поръ, пока вода въ оставшейся пролетъ устремится съ такой силой, что начинается подмывъ дна въ этомъ мѣстѣ; тогда забивку прекращаютъ.

Въ оставшійся свободный пролетъ въ направляющую раму вставляють столько прилаженныхъ другъ къ дружку шпунтовыхъ свай, сколько надо для заполнения всего пролета. Сваи эти своими заостренными концами касаются поверхности воды, а отъ паденія удерживаются клинышками, заложенными между сваей и щекой направляющей рамы. Иногда сваи попарно связываются желѣзными скобами.

На особыхъ подмосткахъ, расположенныхъ съ обѣихъ сторонъ образованной такимъ образомъ висячей стѣны, располагаются другъ противъ друга рабочіе съ ручными бабами, съ такимъ расчетомъ, чтобы на двухъ рабочихъ приходилось не болѣе 4-хъ свай.

По данному сигналу рабочіе ударяють по щекамъ рамы, отъ сотрясенія клинышки выскакиваютъ, вся стѣна падаетъ и съ размаху вонзается заостренными концами свай въ дно. Теперь начинается спѣшная забивка свай ручными бабами. Въ это время къ основанію свай съ напорной стороны опускають мѣшки съ пескомъ, чтобы воспрепятствовать водѣ подмыть дно, въ обходъ заостренного конца сваи, что можетъ произойти оттого, что остановленная вода, подымаясь, станетъ надавливать на дно. Когда такимъ образомъ сваи будутъ укрѣплены вчернѣ, дальнѣйшая ихъ забивка ведется копромъ на достаточную глубину.

Шпунтовое огражденіе изъ брусевъ, по своей дороговизнѣ, примѣняется рѣдко, чаще примѣняютъ огражденіе досчатое изъ пришпунтованныхъ досокъ, въ связи съ земляными отсыпями. Такія огражденія извѣстны подъ названіемъ перемычекъ. На чер. 55 представлена перемычка изъ двухъ рядовъ шпунтовыхъ досокъ, забитыхъ въ ручную на глубину 2—3 фут. съ засыпкой глины между ними. Легко видѣть, что присыпкою земляныхъ откосовъ ее легко преобразовать въ настоящую земляную плотину. Разстояніе между стѣнками берется равнымъ глубинѣ воды.

На чер. 56 представлена перемычка изъ одного ряда наклоненныхъ досокъ и земляной присыпки. Подобнаго рода перемычки часто устанавливаются на понурномъ полу деревянныхъ плотинъ при ремонтѣ щитовыхъ стоекъ и мертваго бруса; для того, чтобы концы досокъ не скользили по полу, полезно вбивать въ нихъ заостренные съ двухъ концовъ гвозди; однимъ концомъ гвоздь вбить въ торецъ доски, а другой заостренный конецъ вонзится въ полъ.

Иногда впрочемъ для этой же цѣли устраив. перемычки изъ горизонт. досокъ (чер. 32).

Вмѣсто досокъ иногда берутъ прямо колья, забивая ихъ жидкимъ частоколомъ, промежутки между ними затѣмъ задѣлываются соломой, навозомъ, дерномъ, бросая эти матерьялы вверхъ по теченію; тогда токъ воды самъ направляетъ эти матерьялы въ промежутки частокола, послѣ чего дѣлается присыпка изъ земли.

Плотина изъ хвороста, замѣчательная дешевизной, строится слѣдующимъ образомъ: поперекъ рѣки забиваютъ одинъ или нѣсколько рядовъ круглыхъ свай, свая отъ свай въ разстояніи отъ 1 до 2 аршинъ. Свай связываются поверхъ уровня воды насадками, по которымъ кладется временно досчатый помостъ. На помостѣ заготовляютъ матеріалъ для постройки плотины, съ него же происходитъ и постройка. Пуки связаннаго хвороста сбрасываютъ въ воду такъ, чтобы каждый пукъ своей длиной лежа поперекъ теченія, упирался бы въ свай, и не могъ бы быть унесенъ теченіемъ; пуки эти шестами прижимаются ко дну и присыпаютъ хрящемъ, гравіемъ, галькой и даже камнемъ; если при этомъ замѣчаютъ, что вода начинаетъ подмывать дно, опускаютъ съ верховой стороны уложеннаго слоя мѣшки съ пескомъ, прижимая ихъ ко дну. Когда такимъ образомъ будетъ уложенъ первый слой, такъ что ни всплыванія, ни подмыва его не происходитъ, накладываютъ второй слой и т. д., пока наконецъ вся требуемая высота не будетъ заложена. Получается проницаемая, но все же задерживающая воду стѣна. Затѣмъ заброской съ верховой стороны навоза, соломы съ землей, кусковъ дерна и проч. достигается мало по малу затягиваніе большихъ отверстій въ хворостѣ и достаточная непроницаемость плотины. Такія плотины хорошо удаются при грунтѣ дна твердомъ и неразмываемомъ, какова напр. плотная глина.

При каменистомъ и скалистомъ днѣ устраиваютъ временно плотины изъ насыпныхъ камней. Изъ камней, насыпаемыхъ въ воду, возводится валъ до того толстый, чтобы напоръ воды не могъ его разрушить. Когда каменная стѣна воздвигнута, непроницаемость ея достигается присыпкой чередующихся слоевъ навоза, земли, дерна, песка и проч.; для затягиванія отверстій полезно бросать солому, опуская ее на дно, куски дерна.

Экономію въ количествѣ камня, а также и большую прочность достигаютъ въ случаѣ набрасыванія камней не прямо въ рѣку, а въ ранѣ установленный бревенчатый срубъ. Срубы эти для экономіи, а также для легкости опусканія въ воду могутъ быть сдѣланы съ большими щелями между бревнами (чер. 58), при этомъ вода будетъ не особенно сильно напирать, находя черезъ щели свободный проходъ. Назначеніе сруба только задержать камень, непроницаемость же достигается земляною отсыпью съ напорной стороны. Описанныя плотины по своей прочности часто исполняютъ роль постоянныхъ плотинъ, но они почти всегда сильно текутъ.

При возведеніи упомянутой раньше Нильской плотины, для временнаго огражденія раньше всего построили валъ изъ насыпныхъ гро-

мадныхъ гранитныхъ глыбъ, вѣсъ которыхъ достигалъ до нѣсколькихъ сотъ пуд.

Несмотря на это, теченіе было такъ сильно, что въ нѣкоторыхъ мѣстахъ эти камни были сдвигаемы. Для укрѣпленія пришлось въ эти мѣста побросать цѣлые вагоны, наполненные камнями. Вѣсъ такого вагона съ содержимымъ доходилъ до 2000 пуд. Когда наконецъ каменный валъ былъ возведенъ, то впереди его вверхъ по теченію образовалась совершенно спокойная вода. Въ ней возвели плотину изъ мѣшковъ съ пескомъ, которая, примыкая своими концами къ каменной стѣнѣ, оградила пространство для производства работъ; послѣ этого для непроницаемости, со стороны напора, было насыпано громадное количество песка и затѣмъ приступили къ откачкѣ паровыми насосами воды. Откачка эта продолжалась безостановочно во все время работы, чтобы не дать собратъся просачивающейся водѣ.

Изъ этого описанія мы видѣли также, что хорошимъ огражденіемъ служить плотина, сложенная изъ мѣшковъ. Для дешевизны мѣшки часто берутся рогоженные, нагружать ихъ лучше хрящемъ, или по возможности крупнымъ пескомъ, къ которому прибавляютъ и гальки. Мѣшокъ никогда не долженъ быть набитымъ вплотную, такъ какъ это мѣшаетъ ему плотно прилегать. Обыкновенно наполняютъ его не болѣе $\frac{3}{4}$ объема. На черт. (59) показана схематически плотина изъ мѣшковъ.

Французскія плотины.

Эти плотины даютъ возможность очень быстро освободить весь пролетъ водоспуска отъ какихъ бы то ни было загражденій, напр. стоекъ, щитовъ и проч., предоставляя такимъ образомъ совершенно свободный проходъ водѣ и плавающимъ тѣламъ. Какъ фабричныя, эти плотины примѣняются рѣдко, главное же примѣненіе онѣ находятъ для судоходства. Я поэтому даю лишь самое краткое описаніе трехъ наиболѣе распространенныхъ типовъ *).

Плотина Пуаре изображена на чер. 60 *a, b, c, d*. Какъ видно изъ этихъ чертежей, стойки этой плотины представляютъ желѣзныя вращающіяся вокругъ оси нижняго гаризонтальнаго ребра рамы. Фундаментъ плотины имѣетъ во всю длину пролета нишу, въ которую стойки вращеніемъ могутъ быть уложены (чер. *a* и *b*). Какъ опускать, такъ и поднимать эти стойки надо по очереди, двигаясь отъ одного

*) Подробности расчета этихъ плотинъ можно найти въ книжкѣ: „Матеріалы для проектированія французскихъ водопольемныхъ плотинъ“. К. А. Акуловъ. Кіевъ 1902 г.

берега къ другому. Передъ опусканіемъ рамы раньше снимаются вертикальные шандоры и досчатый помостъ съ каждаго пролета между двумя стойками. Затѣмъ рабочіе, располагаясь на помостѣ слѣдующаго пролета, снимаютъ соединительную полосу съ ручкой и двумя вилками (с) и этой же полосой отталкиваютъ раму, которая вращаясь падаетъ на дно и попадаетъ въ нишу. Подъемъ рамы совершается при движеніи рабочихъ въ обратномъ направленіи помощью цѣпей. Послѣ приведенія въ вертикальное положеніе, рама фиксируется на мѣстѣ соединительной полосой С и половымъ настиломъ.

Разборъ и собираніе такихъ плотинъ производится очень быстро.

Иногда вмѣсто шандоровъ употребляютъ щиты.

Въ городѣ Москвѣ на той же рѣкѣ существуетъ подобнаго рода плотина. Одновременно съ судоходными цѣлями, здѣсь пользуются также напоромъ для приведенія въ дѣйствіе турбинъ.

Плотина Шануана представляетъ рядъ наклонныхъ досчатыхъ щитовъ, устанавливаемыхъ въ одну линію вдоль мертваго бруса. Одинъ изъ щитовъ изображенъ на чер. 61. Здѣсь мы видимъ, что щитъ имѣетъ горизонтальную ось вращенія нѣсколько ниже центра его тяжести. Эта ось есть въ тоже время верхнее ребро желѣзной рамы, могущей въ свою очередь вращаться вокругъ оси своего нижняго горизонтальнаго ребра, укрѣпленнаго шипами въ подшипникахъ на мертвомъ брусьѣ. Желѣзная рама поддерживается подпоркой (чер. 61), соединенной однимъ концомъ съ рамой при помощи шарнира, а другимъ концемъ опирающейся въ выступъ особой чугунной коробки, вдѣланной въ фундаментъ. Коробка эта надъ выступомъ имѣетъ простроганную дорожку. Достаточно столкнуть конецъ подпорки съ выступа, чтобы онъ, скользя по дорожкѣ, пришелъ въ движеніе, при чемъ щитъ вмѣстѣ съ рамой падаетъ на дно. Сталкиваніе подпорокъ производятъ съ берега, помощью особой телѣжки (чер. 61), катающейся на направляющей балкѣ, задѣланной въ фундаментъ. Установку щитовъ на мѣсто производятъ съ лодки. Эта система даетъ возможность также регулировать напоръ воды автоматически; для этого положеніе оси вращенія щита рассчитываютъ такъ, чтобы при подъемѣ воды выше нормы, моментъ давленія на верхнюю часть щита превысилъ бы моментъ давленія на нижнюю часть, тогда очевидно щитъ повернется въ горизонтальное положеніе и пропуститъ воду.

Плотина Дефонтена. На чер. 62 изображенъ поперечный разрѣзъ этой плотины. Верхняя плоскость фундамента здѣсь возвышается приблизительно на $\frac{1}{2}$ нормальнаго подпора надъ нижнимъ горизонтомъ. Вдоль всего пролета устроенъ каналъ, показанный на чертежѣ. Каналъ этотъ черезъ 1,5 метра по длинѣ раздѣленъ чугунными діафрагмами (досками), имѣю-

щими два отверстія, одно горизонтальное А, другое вертикальное В, сверху по діафрагмамъ перекрытъ чугунными же досками и концами своими соединяется съ водопроводами, находящимися въ быкѣ и устоѣ. При чемъ въ каждой изъ опоръ одинъ водопроводъ сообщается съ отверстіемъ А, а другой съ отверстіемъ В. По оси канала между діафрагмами и прикрывающими ихъ досками вставлены (смотри чертежъ) чугунныя трубы съ внутренними кольцевыми и наружными плоскими приливами. Наружные приливы этихъ трубъ связаны болтами съ чугунными досками, а внутренніе служатъ подшипниками для осей вращенія. Въ каждомъ промежуткѣ между діафрагмами помѣщается щитъ, состоящій изъ двухъ почти равныхъ по высотѣ частей: верхней или собственно щита, находящагося снаружи фундамента, и нижней или контръ-щита, находящагося въ каналѣ (чер. 62). Контръ-щитъ имѣетъ криволинейную форму. Контръ-щитъ и щитъ имѣютъ два цѣльныхъ ребра, пропущенныя въ прорѣзъ трубы и въ ней насаженныя на ось вращенія; къ ребрамъ прикрѣплена желѣзная обшивка.

Щиты стоятъ и поддерживаютъ подпоръ, какъ показано на чер. 62 въ томъ случаѣ, если отверстіе А, посредствомъ соотвѣтственныхъ водопроводовъ въ опорахъ, сообщено съ верхней водою; щиты опускаются и укладываются, какъ показано пунктиромъ, если посредствомъ водопроводовъ отверстіе А сообщено съ нижней водою, а отверстіе В съ верхней; щиты лежащіе поднимаются, если сообщить отверстіе А съ верхней, а В съ нижней водою. Такимъ образомъ всѣ манипуляціи со щитами здѣсь производятся весьма быстро и съ береговаго устоя.

Краткое поясненіе прилагаемыхъ чертежей.

Поперечный разрѣзъ плотины на рѣкѣ Фюрансѣ во Франціи. Табл. V.

Плотина сооружена въ 1866 году изъ мѣстнаго камня гранитной породы; при ея проектированіи впервые были приняты соображенія, изложенныя выше въ текстѣ. Плотина запираетъ входъ горнаго ущелья, образуя резервуаръ воды съ содержаніемъ 1600 тысячъ кубич. метровъ. Этотъ громадный резервуаръ наполняется водою въ то время, когда рѣка Фюрансѣ богата ею и служитъ для пополненія недостатка въ сухое время, когда въ прежнее время водоснабженіе вблизи лежащаго города С-тъ Этьена, а также расположенныхъ ниже по рѣкѣ заводовъ страдали отъ недостатка. Плотина построена на сплошной скалѣ и своими концами упирается также въ береговыя скалы.

Наибольшій подпоръ 50 метр., ось плотины въ планѣ имѣетъ дугообразную форму, обращенную выпуклостью къ запрудѣ, радіусъ этой дуги около 250 метр., хорда т. е. запираемый плотиною пролетъ 100

метр. Дугообразная форма, уподобляя тѣло плотины своду, увеличиваетъ конечно ея сопротивленіе напору, хотя въ расчетъ это обстоятельство и не принималось.

Никакихъ отверстій въ тѣлѣ плотины не существуетъ. Для опоражниванія резервуара служатъ двѣ чугунныя трубы въ 0,4 метра діаметромъ каждая и одна въ 0,216 метра. Для прокладки этихъ трубъ пришлось пробить тоннель, соединяющую резервуаръ съ сосѣдней долиной, куда и производится спускъ. Тоннель заложена на высотѣ 8 метр. отъ низжайшей точки дна водохранилища. Труба для прочности задѣлана въ каменную кладку, занимающую 11 метровъ длины тоннели отъ резервуара.

Для регулированія горизонта воды служитъ еще одна тоннель, расположенная на высотѣ 44,5 метровъ отъ дна, кромѣ того въ верховьяхъ запруды прорыто обходное широкое водосливное русло. Въ это русло можно также направлять воду рѣки, когда она богата мутью, во избѣжаніе заиливанія водохранилища.

Эта плотина безъ водопроводовъ обошлась въ 900 тысячъ франковъ. Устройство нижней тоннели 2 метра высоты, 1,8 м. ширины и 200 длины, вмѣстѣ съ чугун. труб. и затворами обошлось въ 102 тыс. ф.; верхняя тоннель высот. 1,95 м., шириною 1,5 и длиною 65 метр., стоила 18 тыс. франковъ.

Ряжевая водосливная плотина. Табл. IV.

Чертежъ плотины снятъ изъ существующаго устройства въ Ковенской губ. на небольшой рѣчкѣ, протекающей въ имѣніи Окниста. Въ виду превосходной строительной почвы (слежавшаяся жирная глина), эта плотина обладаетъ полною непроницаемостью. Особенность этой плотины представляетъ прислоненная стѣнка С изъ прищипнутыхъ наклонно поставленныхъ досокъ, назначеніе которой увеличить непроницаемость. Пространство подъ досками затрамбовано глиной, а съ наружной стороны сдѣлана пологая отсыпь изъ навоза и земли. Для того, чтобы при осѣданіи ряжа доски своими верхними прислоненными концами могли скользить, опорное бревно съ наружной стороны ряжа отесано. Ряжевые ящики наполнены глиной съ примѣсью камня и прикрыты полами изъ одного ряда досокъ.

Ряжевая плотина на основаніи изъ слани. Табл. VI.

Плотина существуетъ на одномъ изъ притоковъ рѣки Припети въ Минской губ. Плотина ряжевымъ быкомъ раздѣлена на два пролета. Ящики быка и береговыхъ устьевъ загружены суглинкомъ съ примѣсью камня, а также большого количества желѣзнаго шлака, который ока-

зался по близости. Пространство подъ понурнымъ поломъ затрамбовано слоями суглинка и навоза. Вверхъ по теченію устроена пологая отсыпь (отмель). Этотъ отмель состоитъ изъ перемежающихся тонкихъ слоевъ еловой лапки, навоза, хряща и глины. Верхній слой покрытъ болѣе толстымъ (вершковъ 2) настиломъ изъ еловыхъ вѣтокъ съ лапкой и хорошо присыпанъ пескомъ и галькой. Отмель прикрываетъ и вершину слани, уменьшая просачиваніе. Показанные на черт. водобойный и сливной полы, на самомъ дѣлѣ отсутствуютъ, а пространство подъ ними засыпано крупнымъ камнемъ и шлакомъ. Водопропускныя окна закрываются достатами щитами, скользящими въ пазахъ брусчатыхъ рамъ, вставленныхъ въ отверстія ряжевыхъ стѣнъ (на чертежѣ не показаны). Надъ плотиной сдѣланъ проѣзжій мостъ.

Деревянные шлюзы (водоспуски) на оросительныхъ каналахъ Валуискаго участка Самарской губ. Табл. VII.

Эти шлюзы построены экспедиціей по орошенію юга Россіи и могутъ служить примѣромъ небольшихъ водоспусковъ при спокойномъ протеканіи воды. Какъ видно изъ чертежей, водоспускъ не имѣетъ ни сливныхъ половъ, ни боковыхъ укрѣпленій. Такая конструкція можетъ быть допущена только лишь при весьма благопріятныхъ условіяхъ грунта, такъ какъ при открываніи щитовъ вода съ силой устремляется въ каналъ и легко можетъ образовать вымоину вслѣдъ за порогомъ. Обыкновенно вслѣдъ за порогомъ часть русла канала обдѣлываютъ досками, или по крайней мѣрѣ мостятъ дно и боковые откосы крупнымъ камнемъ, для устраненія возможности подмыва.

Тингутская плотина. Табл. VII и VIII.

Плотина эта сооружена тою же экспедиціей по орошенію, на рѣкѣ Малой Тингутѣ, Астрахан. губерніи, для образованія оросительнаго пруда. На ситуац. планѣ видна часть запруды и главный оросительный каналъ. Сначала вся плотина была сдѣлана глухою и деревяннаго водоспуска не имѣла, излишекъ же воды отводился особымъ вырытымъ въ верховьяхъ запруды водосливнымъ русломъ. Послѣ размыва плотины весною 1882 года, приступили къ ремонту ея. Земляное тѣло укрѣпили двумя рядами шпунтовыхъ свай, пробитыхъ параллельно на разстояніи 4 саж., между которыми вынули весь наносный грунтъ, вплоть до глинистаго материка, пространство между сваями заполнили глиной при тщательномъ трамбованіи и самое тѣло плотины утолстили; тутъ же

рѣшили сдѣлать деревянный водоспускъ и держать воду ниже, чѣмъ это было раньше. Этимъ именно объясняется значительное возвышеніе старой, неразмытой части плотины надъ мостовымъ настиломъ водоспуска (таб. VIII, фасадъ и рѣзрѣзъ).

Деревянная разборчатая часть плотины съ ряжевymi устоями построена посрединѣ оврага. Отверстіе плотины 7 саж. раздѣлено посрединѣ бычкомъ на два пролета, при чемъ каждый пролетъ въ свою очередь раздѣленъ стойками на три отверстія, закрываемыя шандорами. Кромѣ того для регулированія менѣе значительной прибыли воды въ каждомъ пролетѣ, ниже шандоровъ, помѣщены по два водопропускныхъ окна, закрываемыхъ щитами, приводимыми въ движеніе посредствомъ желѣзныхъ подъемныхъ стержней.

Ряжевые устои имѣютъ высоту 1,9 саж., при чемъ ящики заполнены глиною съ пескомъ и съ примѣсью камня. Впереди сливнаго пола сдѣлана каменная отсыпь; откосы земляной насыпи предохранены отъ размыва деревянными боковыми стѣнками, состоящими изъ ряда свай, забитыхъ по направленію каждой изъ боковыхъ стѣнокъ и обшитыхъ досками. Стѣнки поддерживаются анкерными сваями. Для перехода черезъ водоспускъ устроенъ деревянный балочный мостикъ, а для защиты отъ льда во время весеннихъ паводокъ, впереди попернаго пола построена льдоудержательная рѣшетка, состоящая изъ четырехъ саженныхъ семивершковыхъ сосновыхъ свай, забитыхъ на разстояніи 0,75 саж. одна отъ другой, подпертыхъ со стороны плотины подкосами и на верху связанныхъ продольнымъ брусомъ. Деревянной рѣшетки 25 пог. саж. и верхній брусъ расположенъ на 1,5 саж. выше порога плотины.

Для пропуска водъ изъ водохранилища въ оросительный каналъ, на лѣвомъ берегу, поперекъ тѣла плотины, уложены въ материкъ три чугунныя трубы, каждая діаметромъ 12" и длиною 18 саж. Эти трубы со стороны водохранилища примыкаютъ къ каменному колодцу, коего чугунная крышка снабжена затворами для впуска воды. Концы трубъ со стороны выхода также примыкаютъ къ каменному колодцу, и къ концу каждой изъ нихъ придѣлана чугунная коробка, запираемая шиберомъ.

Водопроводный оросительный каналъ проходитъ черезъ русло рѣки въ видѣ деревяннаго акведука на сваяхъ, чертежи котораго имѣются на табл. VII.

Плотина на рѣкѣ Трухановкѣ, Витебской губ. Табл. IX.

Эта плотина построена нѣсколько лѣтъ тому назадъ для приведе-
нія въ движеніе мельницы. Странный на первый взглядъ выборъ
мѣста у поворота рѣки объясняется какъ свойствомъ рѣки, такъ
и характеромъ почвы. Очень высокіе берега рѣчки, до 2-хъ сажень
въ межень и больше, обнаруживаютъ слѣдующее напластованіе: первый
слой отъ поверхности почвы представляетъ тонкій слой растительной
земли, ниже слѣдуетъ слой мелкаго песка толщиною 2—3 аршина,
дальше песокъ переходитъ въ суглинокъ, чѣмъ глубже, тѣмъ
все болѣе и болѣе обогащенный глиной; еще глубже подъ русломъ
рѣки залегаетъ чистая слежавшаяся глина. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ
глина образуетъ холмы, выступающіе на поверхность почвы береговъ.
Весь бассейнъ рѣчки холмистый и въ тоже время состоитъ по пре-
имуществу изъ глинистыхъ почвъ, вслѣдствіе чего эта рѣченка послѣ
каждаго дождя очень быстро и очень сильно прибываетъ, выполняя
по края свое русло. Спустя нѣсколько часовъ уровень уже пони-
жается до нормальнаго. Весною во время таянія снѣговъ рѣчка вы-
ступаетъ изъ береговъ и разливъ держится иногда до 2-хъ недѣль.

Выборъ мѣста подъ плотину былъ сдѣланъ на слѣдующихъ осно-
ваніяхъ: 1) На мѣстѣ расположенія зданія вода не бывала даже и
весною. 2) Весь лѣвый берегъ представлялся въ данномъ мѣстѣ доста-
точно прочнымъ, такъ, какъ отступя нѣсколько сажень отъ него, за-
легалъ мощный слой жирной глины, выступая на поверхность почвы;
отдѣльная жила этой глины пронизывала въ нѣкоторыхъ мѣстахъ
берегъ во всю вышину. 3) Правый берегъ, представляющій полу-
островъ, не имѣлъ на себѣ слоя песка, который вѣроятно съ тече-
ніемъ времени былъ смытъ водою. Подъ растительнымъ слоемъ прямо
залегалъ суглинокъ. Высота этого берега была на аршина 2 ниже
лѣваго, такъ что во время разлива вылившаяся изъ береговъ вода
направлялась по указанію стрѣлки (смотри ситуацион. чертежъ), гдѣ
пониженіе почвы было наибольшее. Такимъ образомъ здѣсь во время
половодія образовался естественный водосливъ, благодаря которому на-
поръ на предполагаемую плотину долженъ былъ бы значительно умень-
шенъ. 4) Выбранное мѣсто находилось почти у самой границы владѣній,
что позволяло использовать почти все паденіе на участкѣ владѣльца.

Послѣ выбора мѣста приступлено было къ опредѣленію распола-
гаемой работы.

Нивелировка выяснила, что паденіе на длинѣ участка въ 3,5 верстѣ
составляетъ въ среднемъ около $\frac{1}{2100}$, средняя ширина рѣки была около

7 саж., средняя глубина около 0,2 саж. Нормальный расход 1,2 куб. метр. При таких данных легко вычислить по формулѣ Рюльмана (смотри опредѣл. проф. подпруженной рѣки), что если сдѣлаемъ у плотины напоръ 0,75 саж., у верхняго конца участка (граница владѣній) получимъ подъемъ воды крайне незначительный, именно около 0,02 саж. Этотъ подъемъ не превышалъ обычнаго колебанія уровня, такъ что не былъ даже замѣченъ крестьянами, деревня которыхъ располагалась какъ разъ у границы. Впослѣдствіи имѣлось въ виду напоръ нѣсколько увеличить, войдя въ соглашеніе съ крестьянами.

Въ виду значительной высоты береговъ, водоспускъ строили безъ отвода рѣки. Такъ какъ грунтъ въ смыслѣ непроницаемости былъ достаточно благопріятенъ, хотя и довольно легко размывался вслѣдствіе очень мелкаго песка, входящаго въ составъ суглинка, то все таки для удешевленія плотины рѣшили пробить только одинъ основной шпунтовый рядъ, понурной же и водосливный ряды замѣнили стѣнками изъ горизонтальныхъ поставленныхъ на ребро досокъ. Стѣнки эти изъ припазованныхъ съ вставнымъ шипомъ досокъ прислонены и прибиты гвоздями къ рядамъ круглыхъ свай (смотри чертежъ).

Весь пролетъ водоспуска раздѣленъ былъ на двѣ части въ 3 и 5 сажень, пролеты эти отдѣлены стѣнкой изъ шпунтовыхъ досокъ, пробитыхъ вдоль русла. Въ составъ этой стѣнки вошли три очень крупныя и длинныя квадратныя сваи, которыя послужили для укрѣпленія направляющихъ рамъ при забивкѣ досокъ. Кромѣ того эти сваи значительно увеличили сопротивленіе стѣнки дѣйствию силъ направленныхъ вдоль русла, что было весьма желательно такъ какъ къ этой стѣнкѣ своими концами прилегали мертвые брусья обоихъ пролетовъ. Главный шпунтовый рядъ пробили на 4 сажени въ берегъ, кромѣ того къ нему прилегаютъ крылья изъ шпунтовыхъ досокъ, пробитыхъ въ каждый берегъ на 4 сажени.

Лѣвый пролетъ водоспуска представляетъ щитовую плотину, порогъ который заложенъ былъ у самой межени. Правый пролетъ сдѣланъ водосливнымъ, и порогъ его заложенъ на высотѣ предполагаемаго горизонта запруды. Къ постройкѣ праваго пролета приступили только тогда, когда лѣвая часть была совершенно окончена. По мѣрѣ забиванія шпунтовыхъ свай въ правомъ пролетѣ вода стала приподниматься и вскорѣ потекла черезъ порогъ лѣваго пролета, не мѣшая работать на правомъ.

Когда такимъ образомъ оба пролета плотинъ были готовы, лѣвую часть закрыли щитами и приступили къ постройке водопровода къ двигателю.

Боковыя стѣнки сдѣланы ряжевными. Понурныя и сливные полы сдѣланы изъ одного ряда 2-хъ дюймовыхъ досокъ, соединенныхъ

въ пазъ съ вставнымъ шипомъ. Пространство подъ понуромъ забито жирной глиной, подъ водобоемъ перемежающимися слоями глины, песка, фашины и навоза. Ряжевые ящики засыпаны суглинкомъ, съ добавкой на дно навоза и лапки. Камень въ дѣло не употреблялся, такъ какъ такового по близости не имѣлось.

Деревянный водоспускъ Маринской водной системы. Табл. VII.

Послѣ того, что уже было сказано въ описаніи предыдущихъ плотинъ, здѣсь остается сказать немного. Разсмотрѣніе чертежа лучше всего выяснитъ детали. Заполненіе пространства подъ понурными и водобойными полями здѣсь сдѣлано тощимъ бетономъ.

Деревянный водоспускъ Вышневолоцкой системы. Табл. VIII.

Этотъ водоспускъ имѣетъ нѣкоторыя особенности. Подпоръ воды надъ мертвымъ брусомъ очень значителенъ, до 2,5 саж. Для уменьшенія давленія на щиты, стойки поставлены очень близко другъ отъ друга. Онѣ не имѣютъ подкосовъ въ вертикальной плоскости, но опираются въ нѣсколько горизонтальныхъ брусевъ, задѣланныхъ концами въ быки и устои. Брусья эти въ свою очередь имѣютъ подкосы въ горизонтальной плоскости. Пролетъ между каждыми двумя стойками закрывается нѣсколькими досчатыми щитами, поднимаемыми вверхъ помощью ворота. Водоспускъ имѣетъ двойной рядъ стоекъ и щитовъ, что очень удобно для ремонта. Закрытъ всегда бываетъ второй рядъ по теченію, первый же запасной. Во время ледохода, вынимаются не только щиты, но и стойки, что легко сдѣлать, такъ какъ стойка здѣсь представляетъ вертикальный брусъ, свободно входящій въ неглубокія направляющія углубленія горизонтальныхъ брусевъ и нижнимъ концомъ вставленный въ чугунную коробку, привернутую къ мертвому брусу. Точно также не затруднительна и установка стоекъ на мѣсто. Пространство подъ полами задѣлано бетономъ и слоемъ правильной каменной кладки на цементѣ, для того, чтобы препятствовать давленію просачивающейся воды на полы снизу вверхъ. Досчатая обшивка верхней горизонтальной плоскости быковъ имѣетъ особые дверцы, открывъ которые можно наблюдать состояніе загрузки быка.

Плотина Сестрорѣцкая (Табл. XII и XIII).

Была построена проф. Гаусманомъ въ 1862 году и обошлась въ 240 тысячъ рублей. По матеріалу эта плотина представляетъ нѣчто среднее между каменной и деревянной. Грунтъ, на которомъ воздвигнута плотина, былъ весьма плохимъ. Плотная надежная глина залегала

лишь на глубинѣ 37 фут. отъ верхняго горизонта воды, надъ этой глиной лежалъ слой въ нѣсколько футовъ иловатого, весьма неоднороднаго наноснаго слоя, съ большимъ количествомъ камней, гальки, песка и проч. Слой этотъ былъ пронизываемъ водою и легко разжижался подъ ея давленіемъ. Выше этого слоя лежалъ мелкозернистый легко-размываемый песокъ (плавунъ). Въ виду такихъ свойствъ грунта строителемъ была допущена большая осторожность. Число поперечныхъ шпунтовыхъ стѣнъ было доведено до 8, ряды 1, 3, 4 и 8, считая по теченію, продолжены были далеко въ берега, такъ что длина каждого была 70 сажень, въ то время когда пролетъ водоспуска составлялъ лишь около 15 саж., считая въ этомъ и толщину быковъ. Шпунтовые сваи достаточной длины для того, чтобы своими концами вошли фута на 2 въ глину, были снабжены тяжелыми желѣзными башмаками, но все таки не всѣ изъ нихъ могли пробиться черезъ слой ила, попадая въ немъ на камни, поэтому нельзя было избѣжать просачиванія воды. Для уменьшенія этого просачиванія, между 2 и 3—4 и 5—7 и 8 рядами въ предѣлахъ отверстія водоспуска выбирали на нѣкоторую глубину песокъ и пространство заполняли бетономъ. Лишь между 7 и 8 рядами бетонъ былъ заложенъ на надлежащую глубину до материка.

Производить очень глубокую выемку между рядами 2 и 3—4 и 5, представлялось весьма затруднительнымъ, какъ вслѣдствіе возрастанія напора съ внѣшнихъ сторонъ на шпунтовые стѣнки, при чемъ стѣнки могли погнуться, такъ, главнымъ образомъ, отъ того, что съ углубленіемъ возрастало и просачиваніе воды, и откачивать ее становилось все труднѣе.

Такимъ образомъ только послѣдняя бетонная стѣнка вполне преграждала движеніе просачивающейся воды, просочившаяся же подъ передними бетонными стѣнками вода могла подняться вверхъ и оказать большое давленіе на водосливные полы, и даже сорвать ихъ. Для устраненія этого сдѣланы два пола, нижній и верхній, пространство между ними заложено правильной каменной кладкой на цементномъ растворѣ. Каждый деревянный полъ состоитъ изъ двухъ рядовъ 2-хъ дюймовыхъ досокъ, причемъ стыки кромокъ нижнихъ досокъ прикрываются верхней. Пространство подъ нижнимъ поломъ заполнено тощимъ бетономъ. Тяжесть каменной кладки противодѣйствуетъ нижнему напору, а ея непроницаемость проникновенію воды подъ верхній полъ. Мертвый брусъ сдѣланъ изъ гранитныхъ обтесанныхъ глыбъ, соединенныхъ желѣзными пирами и цементомъ. Береговая стѣны и быки построены изъ каменныхъ обколотыхъ глыбъ. Всѣ выступающіе углы каменной кладки обдѣланы гранитнымъ обтесаннымъ камнемъ. Водоспускъ имѣетъ три пролета въ 25 фут. каждый; эти 25 фут. въ свою очередь двумя чугунными стойками раздѣлены

на три отверстія, запираемые досчатыми щитами. Каменная отсыпь у водослива укрѣплена рядами круглыхъ свай, соединенныхъ насадками, такъ какъ при значительной скорости воды камень легко сносится.

На таб. XIII представленъ также разрѣзъ старой сестрорѣцкой плотины. Плотина эта существовала на другомъ рукавѣ рѣки, въ настоящее время наглухо задѣланномъ.

Плотина на Рейнѣ близъ Шаунаузена. (Табл. XIII).

Плотина сооружена на рейнскихъ порогахъ, предшествующихъ водопаду; она идетъ по дну русла параллельно берегу. Такъ какъ рѣка имѣетъ здѣсь громадное паденіе и отдѣленная часть русла, въ нижнемъ концѣ плотины, заперта шлюзами, то горизонтъ воды между берегомъ и плотиной держится на уровнѣ воды въ рѣкѣ у верхняго конца плотины. Такимъ образомъ у нижняго конца плотины получается подпоръ, равный пониженію горизонта въ Рейнѣ на длинѣ всей плотины. Вслѣдствіе особенностей ложа рѣки въ этомъ мѣстѣ, пришлось примѣнить нѣсколько своеобразную конструкцію. Плотину составляетъ прочная деревянная стѣна изъ крупныхъ бревенъ. Въ планѣ эта стѣна имѣетъ видъ ломанной линіи, сообразно съ изгибами берега. Концы бревенъ, образующихъ стѣну, заложены въ особые чугунные рамы А, могущія вращаться на вертикальномъ желѣзномъ кругломъ стержнѣ Е, укрѣпленномъ наглухо въ каменномъ днѣ русла. Для укрѣпленія этихъ стержней были въ скалѣ выверчены цилиндрическія отверстія съ коническимъ расширеніемъ книзу; въ это расширение опускали желѣзный клинъ В, на клинъ расщепленнымъ концомъ надѣвался стержень и ударами молота въ верхній конецъ осаживался на мѣсто, при чемъ нижній конецъ, расклиниваясь плотно, прилегалъ къ коническому отверстию. Часть А закрѣпляется въ должномъ положеніи винтами с. Для большей прочности стойка Е поддерживается чугунной подпоркой Д, надѣтой втулкой нижняго конца на стоящій рядомъ со стойкой Е круглый желѣзный стержень, укрѣпленный нижнимъ концомъ въ скалѣ. Такъ какъ ложе рѣки во многихъ мѣстахъ здѣсь имѣетъ глубокія трещины, благодаря которымъ вода могла бы устремляться подъ деревянную стѣну, то для устраненія этого въ трещины были опущены штанги Г, прикрѣпленныя къ верхнему бревну деревянной стѣны и служащія поддержкой для каменныхъ плитъ и бетона, которыми были задѣланы щели.

Каменный камышлатскій водоспускъ Самарск. губ. (Табл. XIV).

Водоспускъ построенъ при земляной плотинѣ, возведенной экспедиціей по орошенію на югѣ Россіи, для образованія искусственнаго оросительнаго пруда. Разрѣзъ земляного тѣла плотины вмѣстѣ съ разрѣзомъ закрѣпленной въ немъ деревянной водоспускной трубы показанъ на чертежѣ. Эта труба выводитъ воду въ оросительную канаву. Для пропуска весеннихъ водъ, въ земляной плотинѣ построенъ каменный водоспускъ, состоящій изъ двухъ отверстій, каждое 0,67 саж. въ свѣту, закрываемыхъ двумя рядами деревянныхъ щитовъ, каждый вышиною 0,65 сажени, при чемъ напоръ надъ порогомъ шлюза составляетъ 1,25 саж. Устои и основаніе водоспуска каменные. Такъ какъ для водоспуска выбрано такое мѣсто, гдѣ подъ его основаніемъ оказался плотный глиняный грунтъ, то это послѣднее заложено лишь на 0,7 саж. ниже дна, т. е. ниже замерзанія грунта. По линіи затворовъ построена подъ порогомъ и подъ стѣнами устоевъ каменная стѣнка въ 1,2 саж. глубиною и 0,6 саж. толщиною. Толщина каменной кладки, замѣняющей понурной и сливной полъ (флютбета) 0,2 саж. Конусы внутренняго откоса, примыкающіе къ водостеку, вымощены камнемъ. Весною водоспускъ открывается еще до таянія снѣговъ и лишь когда послѣ весенняго разлива глубина протекающей черезъ водоспускъ воды не болѣе 0,25 саж., щиты ставятся на мѣсто.

Схематическій чертежъ устройства эксплуатаціи силы въ Кубель близъ С-тѣ Галленъ въ Швейцаріи. (Табл. XV).

Это устройство можетъ служить примѣромъ эксплуатаціи большаго паденія воды. Энергія, получаемая здѣсь гидравлическими двигателями, тутъ же перерабатывается въ электрическій токъ, который питаетъ города С-тѣ Галленъ и гор. Геризо, гдѣ служитъ для освѣщенія улицъ и домовъ и движенія трамваевъ. Напоръ здѣсь достигаетъ до 93,8 метр., расходъ до 4 куб. метр. въ 1". Энергія здѣшней гидроэлектрической станціи, приведенной въ дѣйствіе только лишь съ 1900 года, можетъ быть доведена до 3500 силъ. Напряженіе электрическаго тока 10000 вольтъ. Вода, питающая двигатели, получается изъ небольшой рѣчки Урнешъ; къ этой рѣчкѣ въ послѣдствіи предполагается присоединить еще другую, Зиттеръ, пробивъ соединительную штольню въ 500 метр. длины. Въ настоящее время вблизи городка Геризо построена небольшая водосливная плотина поперекъ русла Урнеша. Нѣсколько выше этой плотины начинается длинная тоннель (4626 метр.), отводящая подпертую воду въ сосѣдную, высоко расположенную долину. Выходъ этой долины

запертъ каменной глухой плотиной и такимъ образомъ образовано озеро, назначеніе котораго собрать запасъ воды, когда ее много въ рѣкахъ и пополнять недостатокъ въ скудное водою время. Поверхность озера (часть котораго въ планѣ видна на чертежѣ) занимаетъ 17 гектаровъ. Водоемъ представляетъ запасъ воды около 2.000.000 куб. метр. Каменная плотина, подпирающая это озеро, имѣетъ дугообразную форму, выпуклостью обращенную къ озеру, длина хорды ея 105 метр., высота ея 23,5 метр., толщина у основанія 15, а въ гребнѣ 3 метра. Тоннель, приводящая воду въ озеро, имѣетъ размѣры въ свѣту: 1,8 метра ширины, 1,9 метра высоты и уклонъ дна $0,75^0/_{00}$ (0,75 м. на 1000 метр.). Тоннель снабжена въ верхнемъ концѣ рѣшеткой и въ верхнемъ и нижнемъ концѣ щитовыми затворами. Она въ состояніи при заполненіи всего сѣченія дать 4,16 куб. метр. воды въ секунду. Приводъ воды къ двигателямъ сдѣланъ стальною трубою діаметра 1,6 метра. Труба заложена въ каменную плотину и проходитъ частью по продолженію долины, частью же спускается по обрыву внизъ къ рѣкѣ, гдѣ расположена гидроэлектрическая станція. Общая длина трубы 293 метра, въ верхнемъ концѣ она снабжена рѣшеткой и затворомъ. Кромѣ этого въ особой будкѣ при плотинѣ помѣщается контрольный горловой затворъ. Въ двухъ мѣстахъ трубы сдѣланы муфтовые соединенія для того, чтобы она могла свободно удлиняться. Труба лежитъ на особо возведенныхъ фундаментныхъ каменныхъ столбикахъ. По желѣзному мостику она проходитъ на другой берегъ рѣки и здѣсь развѣтвляясь, подводитъ воду къ шести гидравлическимъ двигателямъ (колеса Пельтона), расположеннымъ внутри зданія. Стоимость этого сооруженія составляетъ около 4 мил. франковъ. Наполненіе резервуара водой производилось почти цѣлый годъ; наполняли не сразу во всю глубину, а слоями. Послѣ каждаго поднятія горизонта дѣлали въ нѣсколько недѣль передышку. Такимъ образомъ дали время хорошенько сплотиться дну подъ давленіемъ, и кромѣ того всѣ слабыя мѣста и щели дна были своевременно открыты и задѣланы. Такая предосторожность была необходима, вслѣдствіе очень высокаго расположенія озера, а слѣдовательно и большой опасности для всей окрестности въ случаѣ его прорыва. Для поддержанія горизонта воды на постоянномъ уровнѣ въ озерѣ сдѣланъ въ лѣвой части плотины водосливъ въ формѣ ящика. Перелившаяся вода по каналу отводится къ обрыву и тамъ разливаясь широкой, но тонкой струей, стекаетъ въ русло рѣки. Каналъ имѣетъ нѣсколько перепадовъ съ колодцами, остающаяся въ которыхъ вода (слой около 1 метра), принимая ударъ падающей струи, предохраняетъ каналъ отъ разрушенія.

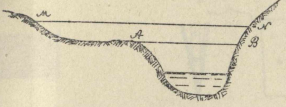
Типы часто встречающихся водосливных плотинъ. (Табл. VIII и XIII).

Первая изъ нихъ деревянная свайно-ряжевая, съ устоями изъ припунктованныхъ бревенъ. Вторая каменная, на свайномъ основаніи, съ профилемъ очертанія сливающейся струи, что должно предохранить отъ размыва дна. Третья имѣетъ форму не рациональную, какъ въ смыслѣ количества употребленнаго матерьяла, такъ и потому, что вода, падая свободно съ высоты гребня на дно, должна обладать большой разрушительною силой и поэтому потребуется сильная защита дна. Эта форма, однако, довольно часто примѣняется при небольшихъ рѣчкахъ, особенно тамъ, гдѣ заботятся о красотѣ, такъ какъ водопадъ, образуемый такой плотиною въ этомъ отношеніи имѣетъ свои достоинства.

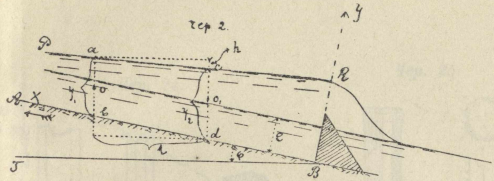
Оглавленіе.

	стр.
Располагаемая работа воды	1
Измѣнчивость расхода въ рѣкахъ и регулированіе прудами	2
Прудъ для собиранія дождевыхъ водъ	6
Собираніе воды съ болотъ	9
Присоединеніе рѣкъ другаго бассейна и ключи	11
Причины, ограничивающія высоту напора	13
Опредѣленіе профиля подпруженной воды	13
Способъ удаленія излишка подпираемой воды	19
Выборъ грунта подъ основаніе плотины	30
Земляныя плотины	28
Прочныя размѣры земляной плотины	24
Простѣйшіе способы укрѣпленія поверхности земляной плотины	28
Деревянная плотина	29
Свайное основаніе	30
Ряжее основаніе	37
Основаніе изъ слани	38
Боковыя стѣны	40
Верхнее строеніе	41
Быки	43
Каменныя плотины	44
Временныя плотины	49
Французскія плотины	53
Краткое описаніе прилагаемыхъ чертежей, а именно: 1) каменной плотины на рѣкѣ Фюренсъ; 2) Ряжевой водосливной; 3) Ряжевой на основаніи изъ слани; 4) Деревянныхъ шлюзовъ на оросительныхъ каналахъ; 5) Тингутской плотины; 6) Плотины на рѣкѣ Трухановкѣ; 7) Водоспускъ Марьинской системы; 8) Водоспускъ Вышневолоцкой системы; 9) Сестрорѣцкой плотины; 10) Плотины на Рейнѣ близъ Шаугаузена; 11) Каменнаго камышлатскаго водоспуска; 12) Эксплоатаціи водяной силы въ Кубелѣ въ Швейцаріи; 13) Часто встрѣчающихся типовъ водосливныхъ плотинъ.	66

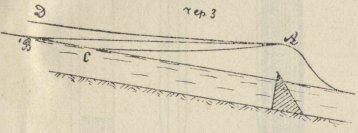
чер. 1



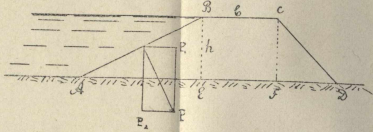
чер. 2



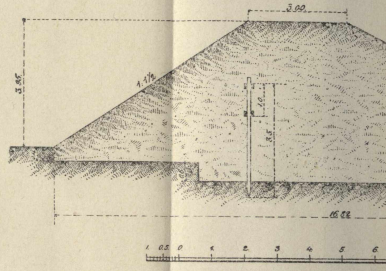
чер. 3



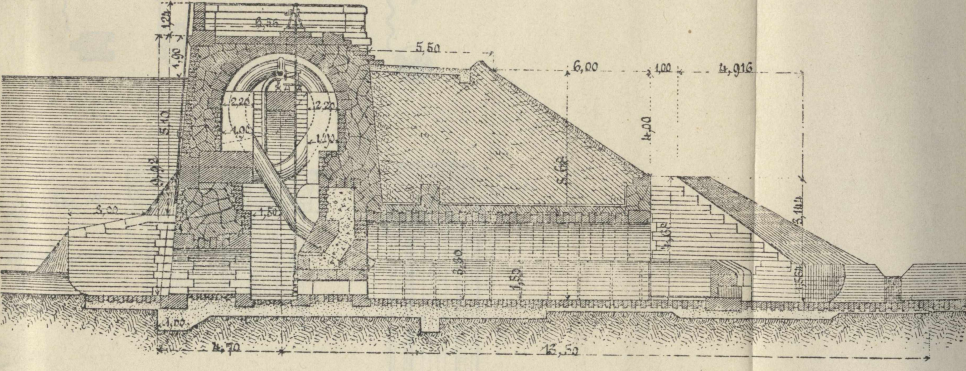
чер. 6



Чер. 9.



Чер. 11 (разм. 60 метр.).



Чер. 12

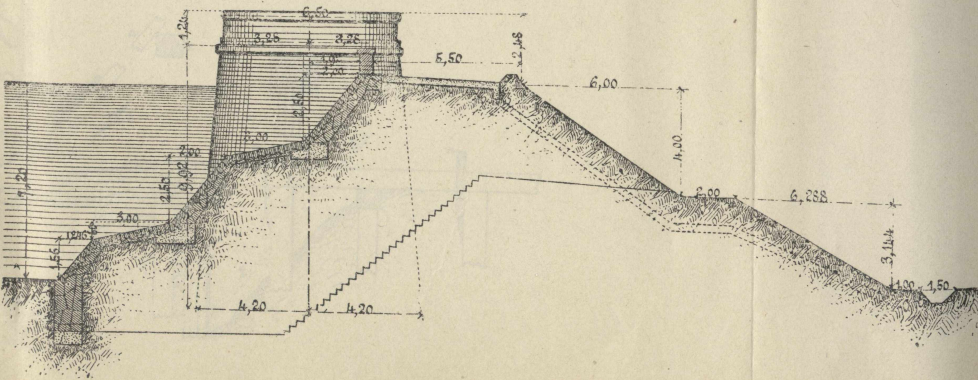
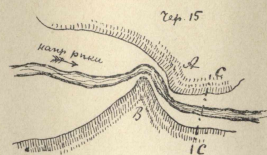
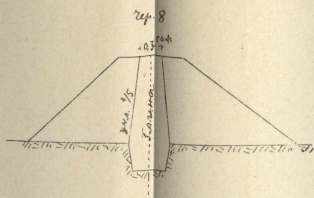
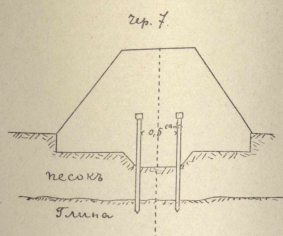
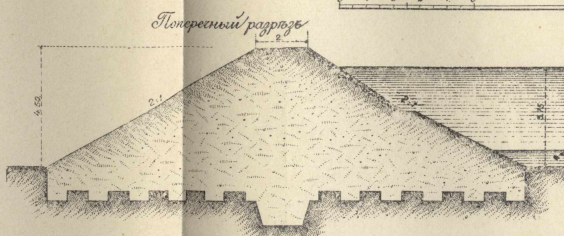
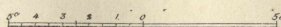


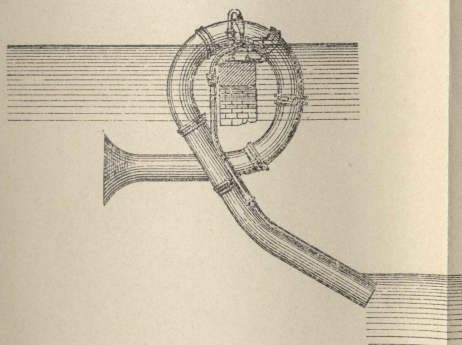
Таблица I.



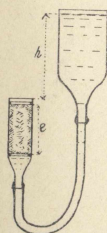
Чер. 10.



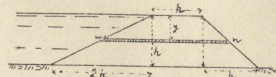
Чер. 14.



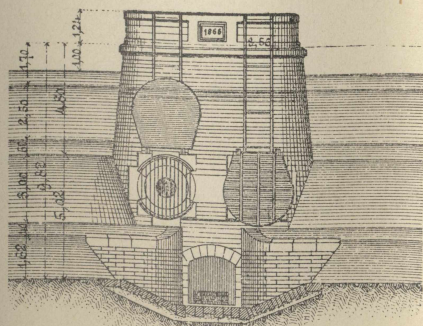
Чер. 4.



Чер. 5.



Чер. 13.



Чер. 10 а (разм. в саж.).

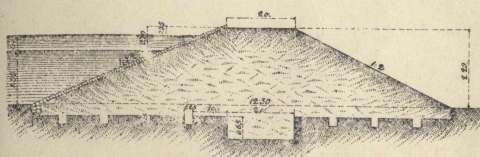
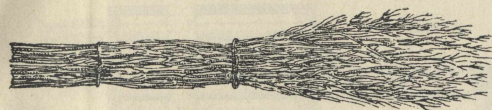
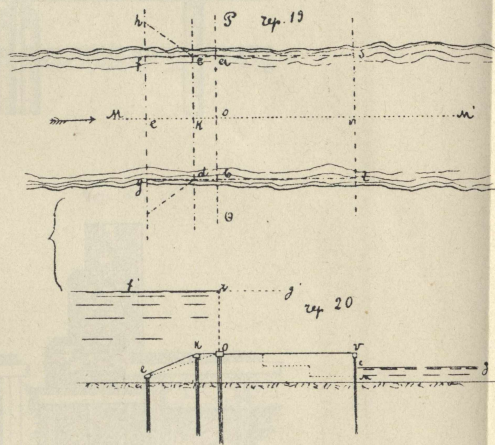
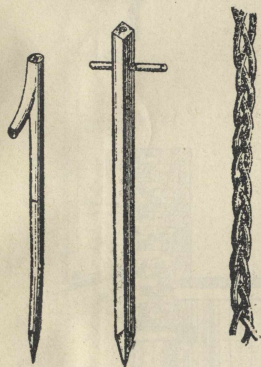


Таблица II.

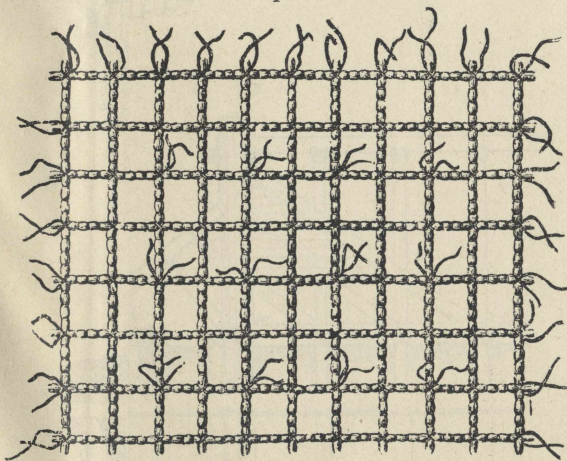
Чер. 16.



Чер. 16
(Колышки для укрепления фа-
шина и прутяной канат).



Чер. 23.



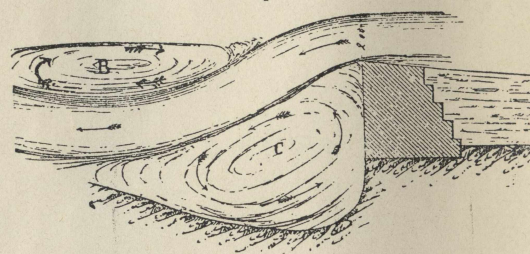
Чер. 23. (Укладка фашины на сть).



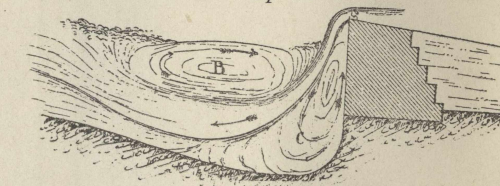
Чер. 17



Чер. 21.



Чер. 22.



Чер. 24 а.

фашина након.
для заделки свай.

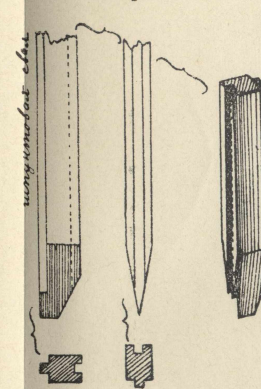


Чер. 25 а.

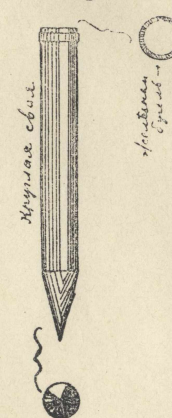
фашина након.
для заделки свай.



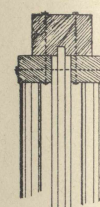
Чер. 24.



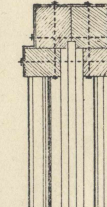
Чер. 25.



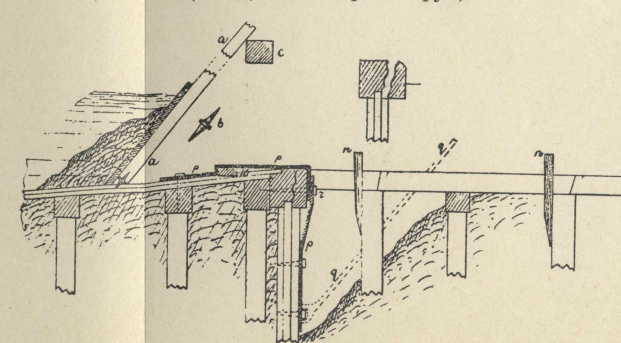
Чер. 30



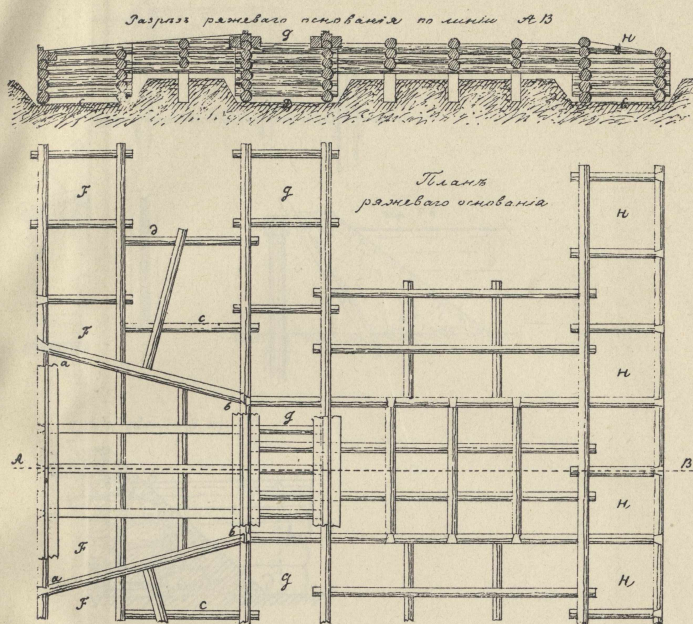
Чер. 31



Чер. 32. (Ремонтъ мертвого бруса).

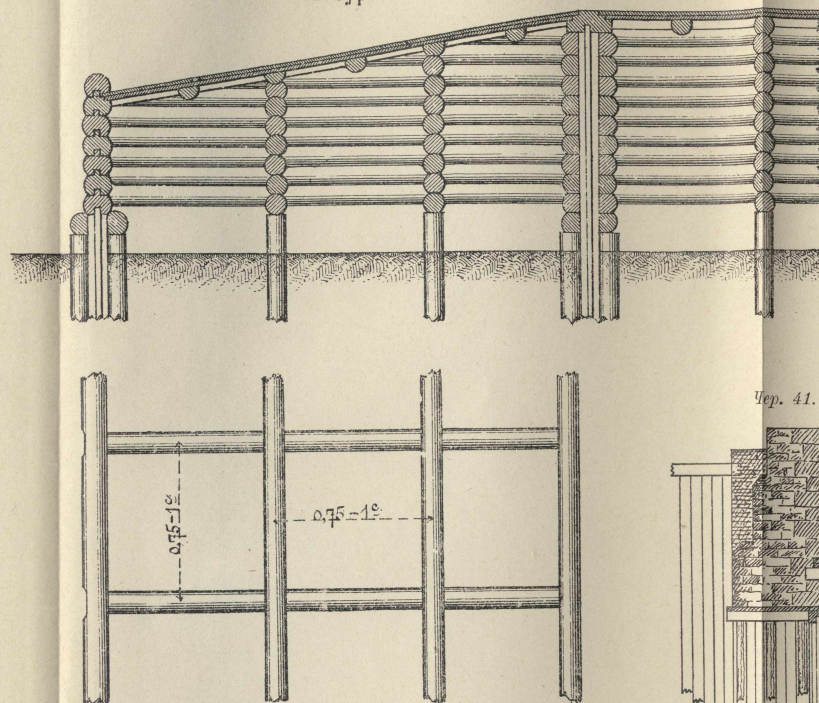


Чер. 33.



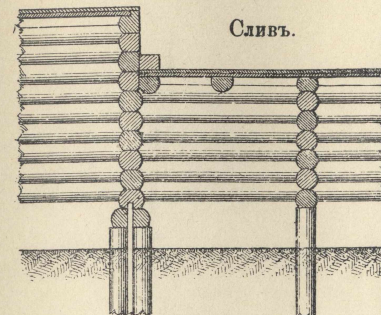
Понурь.

Чер. 34.



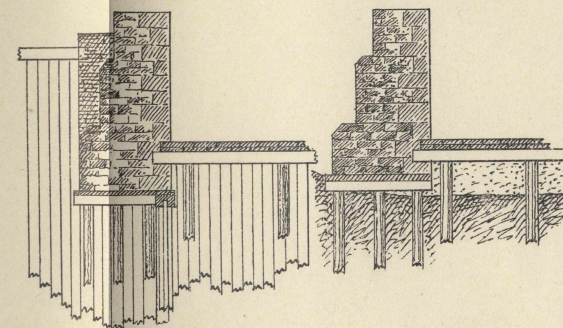
Водобой.

Сливъ.



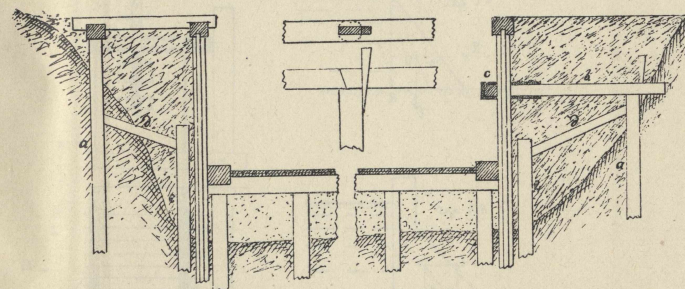
Чер. 41.

Чер. 42.

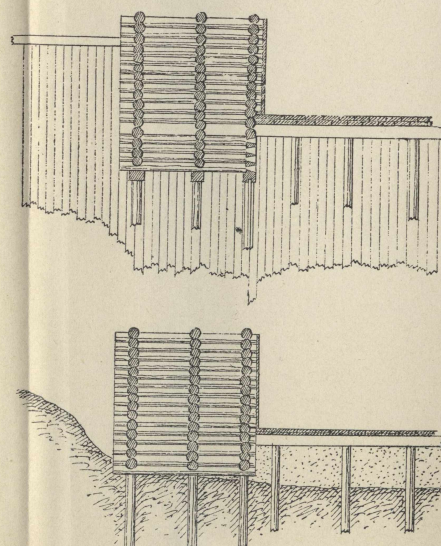


Чер. 35.

Чер. 36.

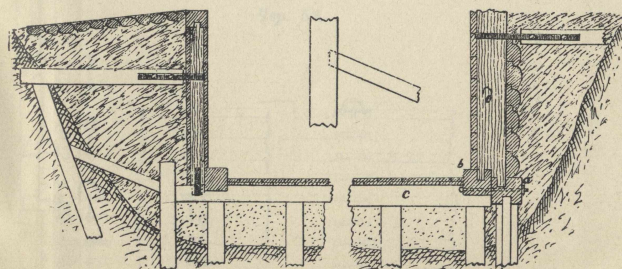


Чер. 40 и также 39.

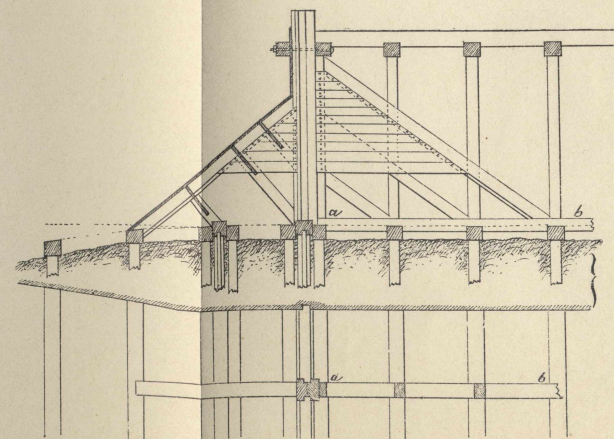


Чер. 37.

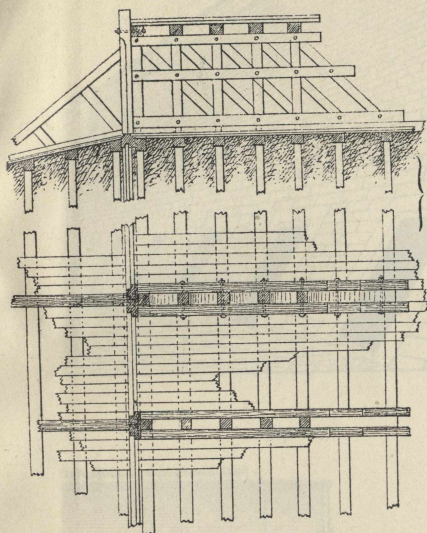
Чер. 38.



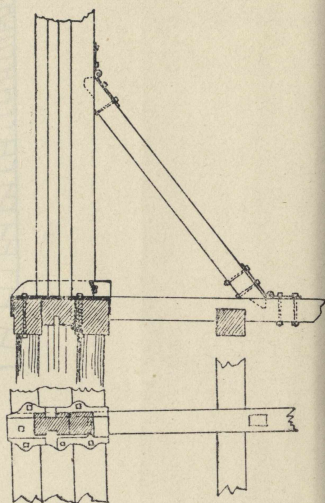
Чер. 43.



Чер. 44.



Чер. 46.



Чер. 45.

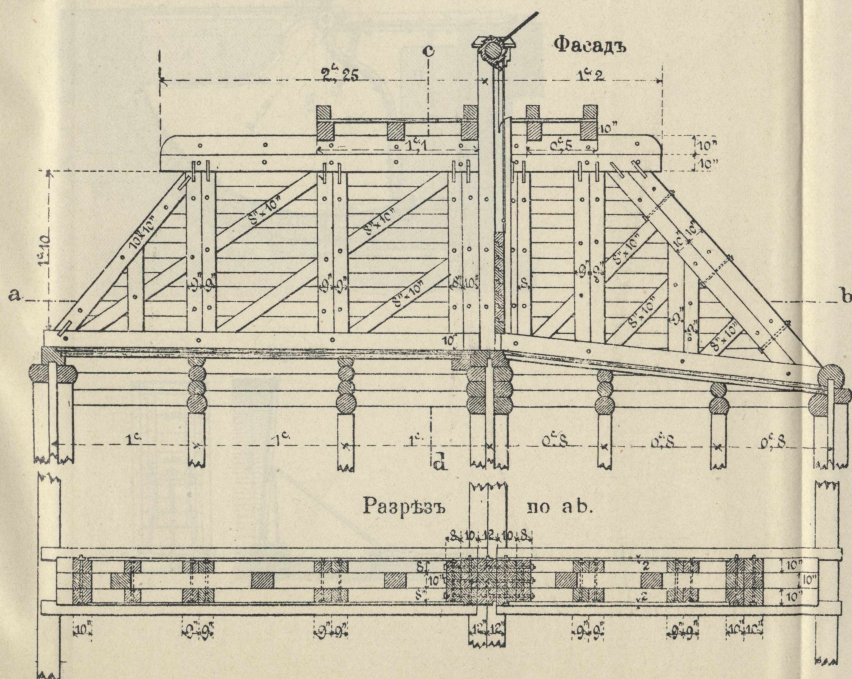
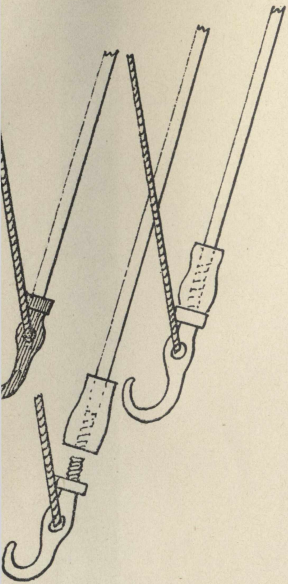
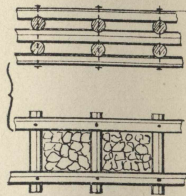


Таблица IV.

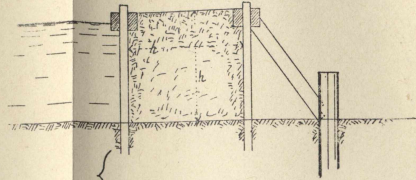
Чер. 51.



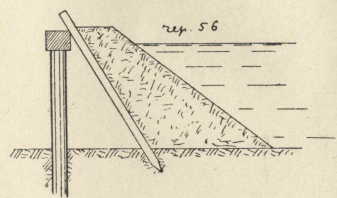
Чер. 58



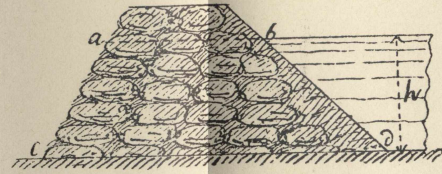
Чер. 55



Чер. 56



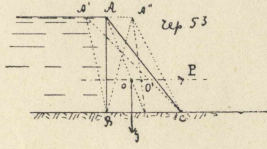
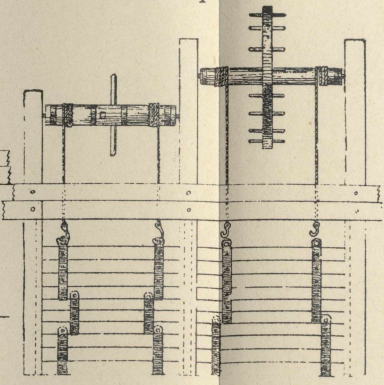
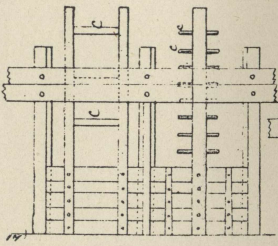
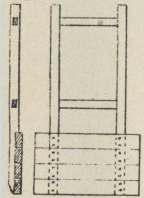
Чер. 59 ($ab=h$; $cd=2-3h$).



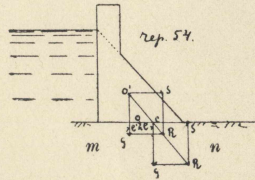
Чер. 48.

Чер. 50

Чер. 47 a



Чер. 54.



Чер. 47 b

Чер. 49.

Чер. 52.

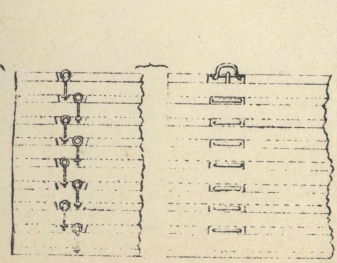
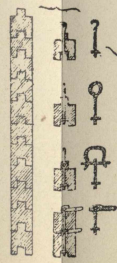
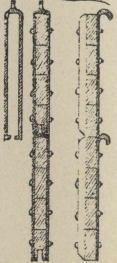
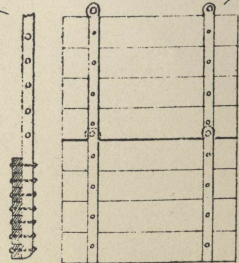
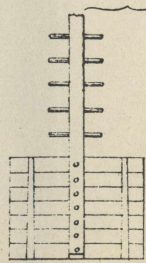
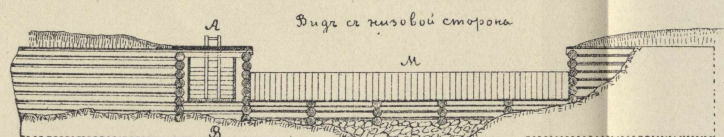
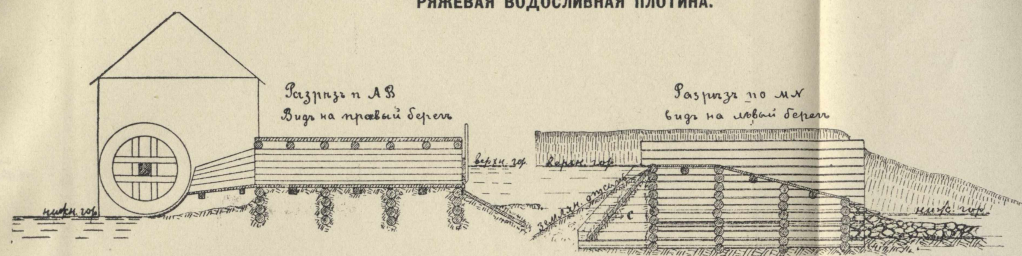


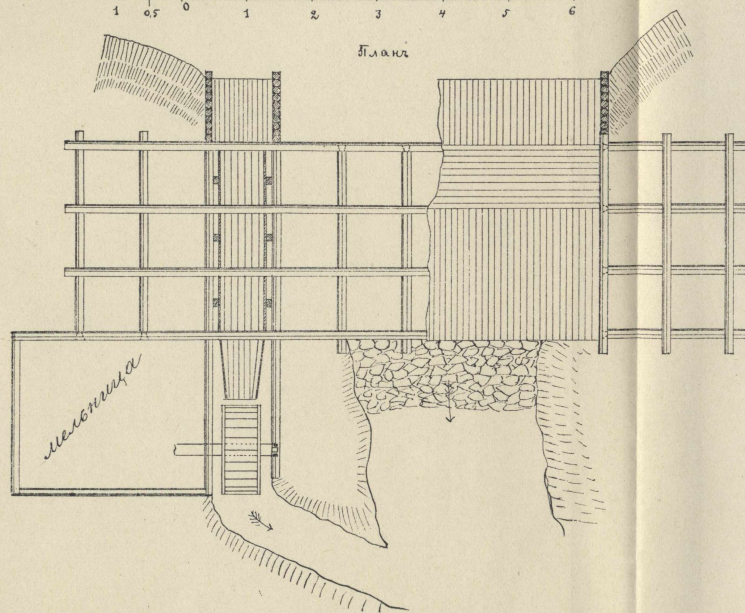
Таблица VI.

РЯЖЕВАЯ ВОДОСЛИВНАЯ ПЛОТИНА.

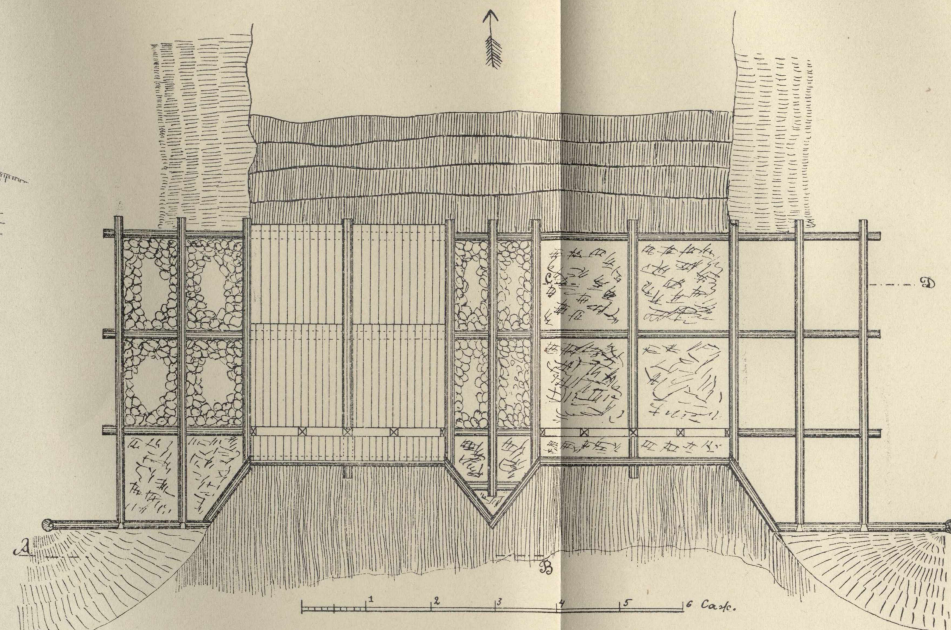


Масштабъ
1 0,5 0 1 2 3 4 5 6

Планъ

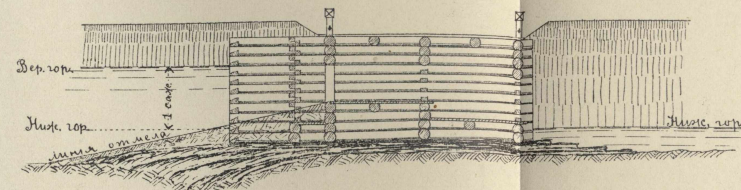
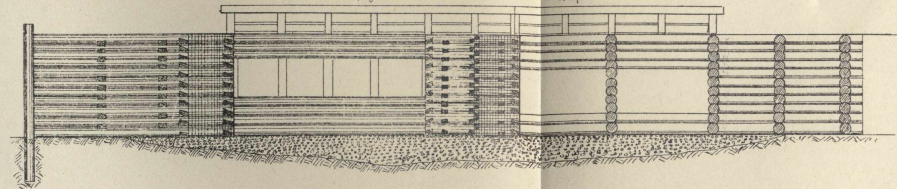


РЯЖЕВАЯ ПЛОТИНА НА ОСНОВАНІИ ИЗЪ СЛАННИКА, СЪ БАКОМЪ ПОСРЕДИНѢ.

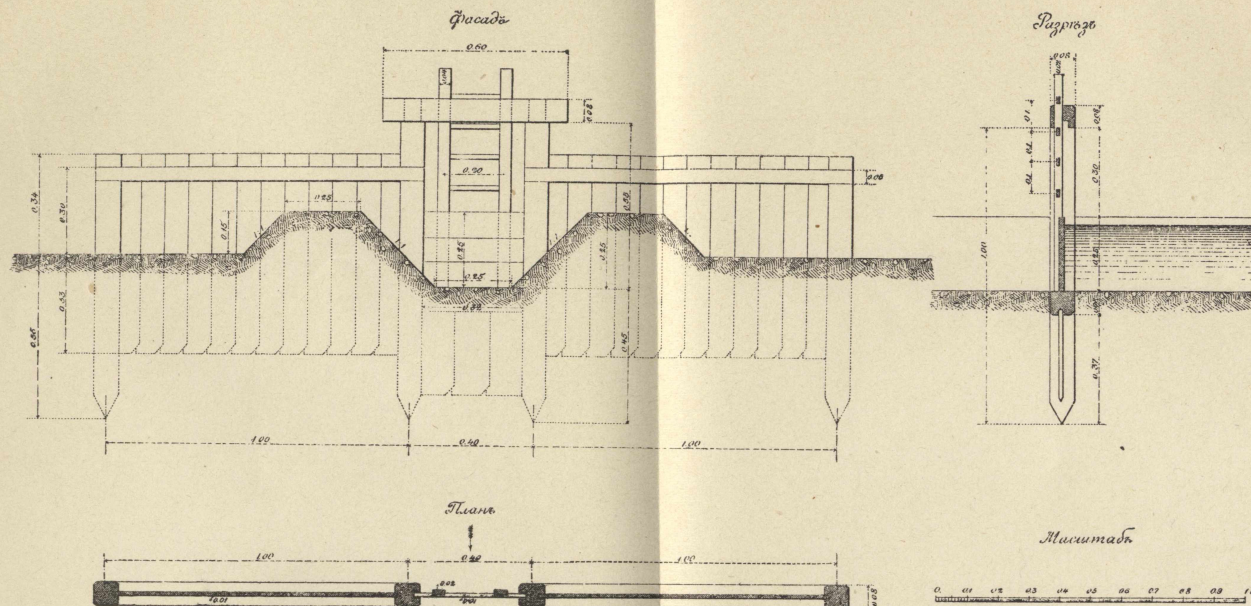
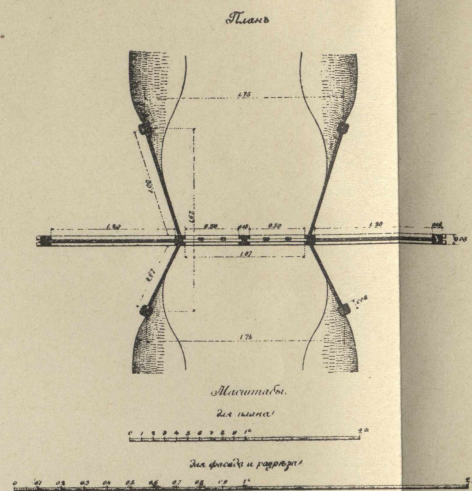


Видъ съ низовой стороны

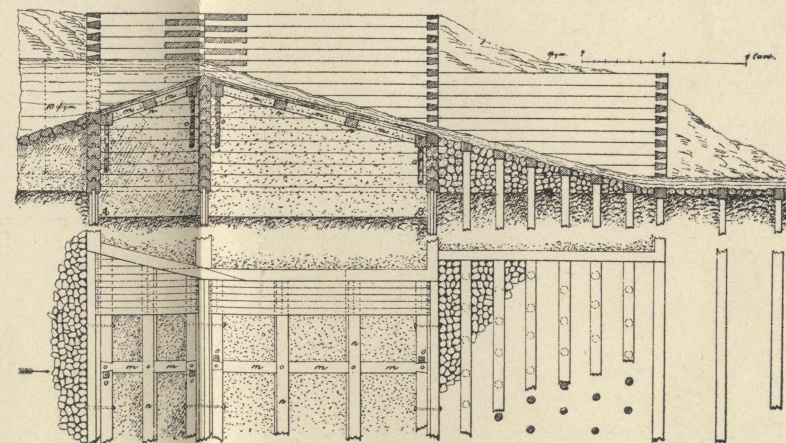
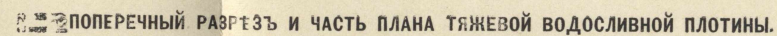
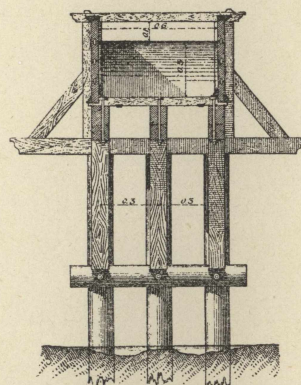
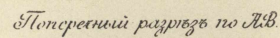
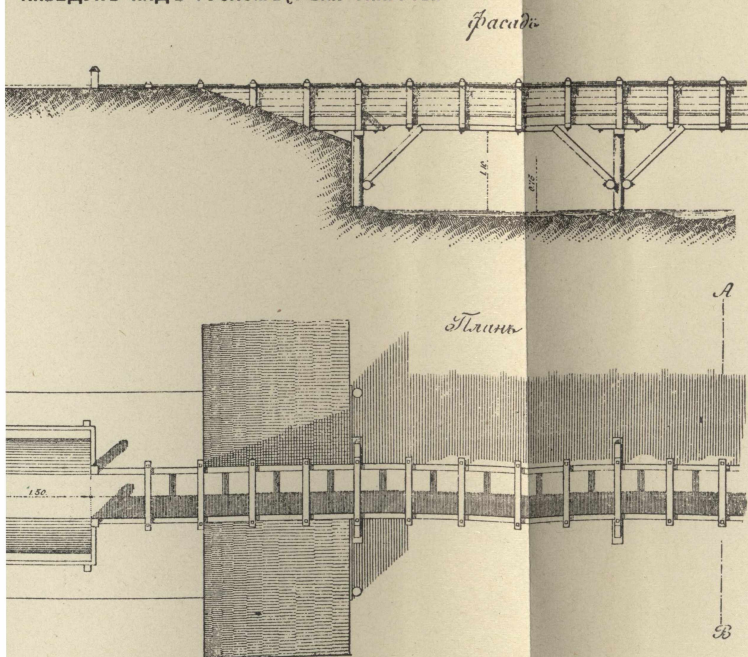
Разрѣзъ по СД



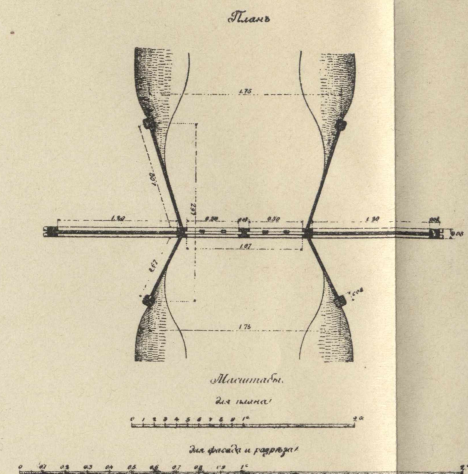
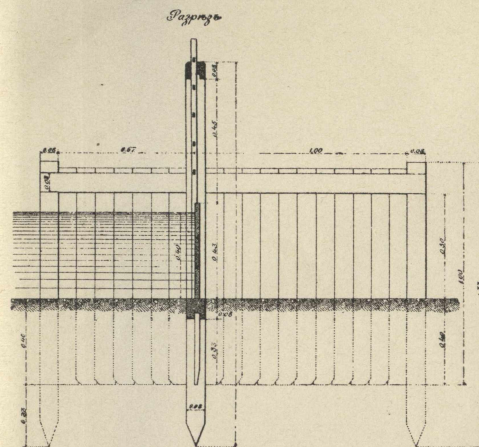
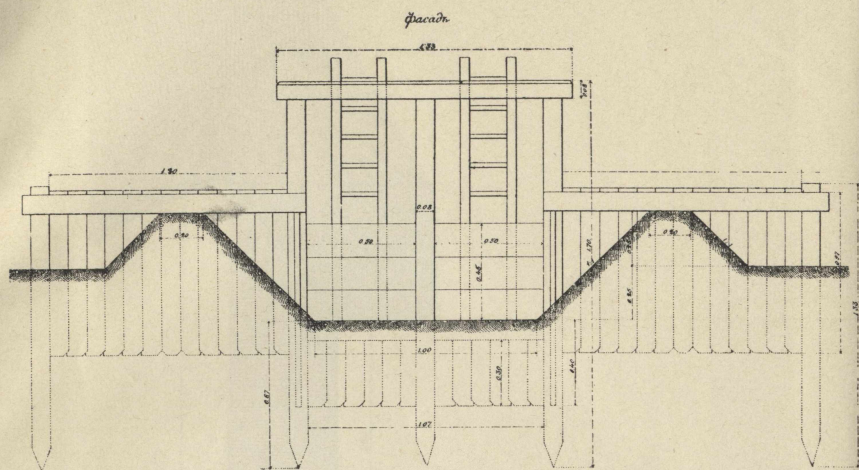
ДЕРЕВЯННЫЙ ШЛЮЗЪ НА НЕБОЛЬШОЙ НАНАВЪ (разм. въ саж.).



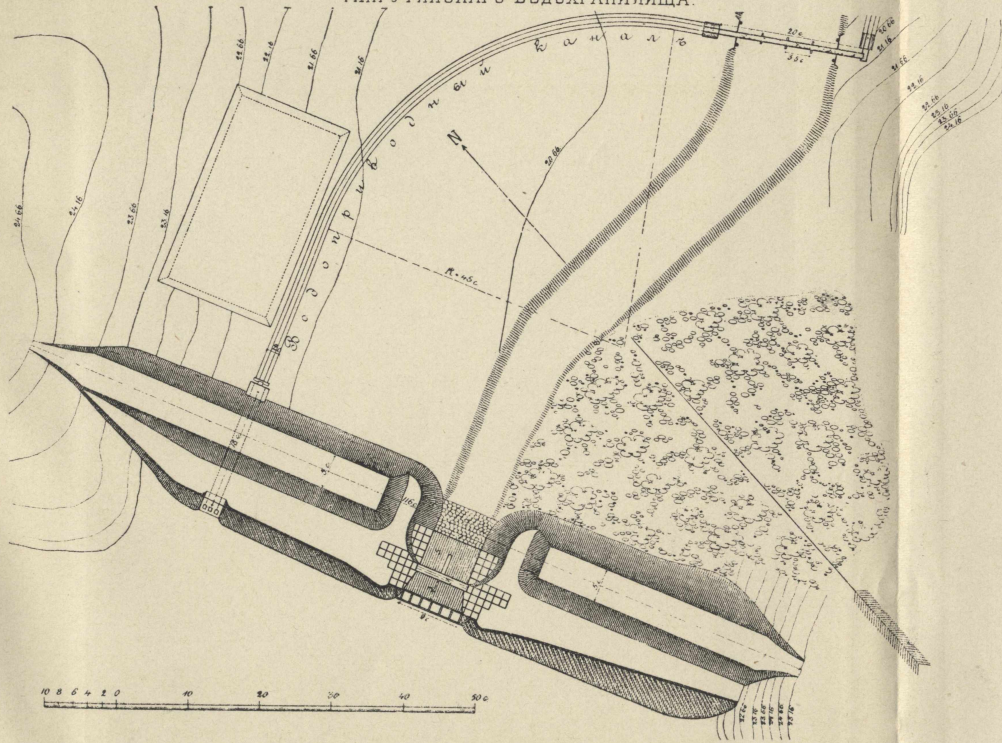
АКВЕДУКЪ НАДЪ РУСЛОМЪ РѢКИ ТИНГУТЫ.



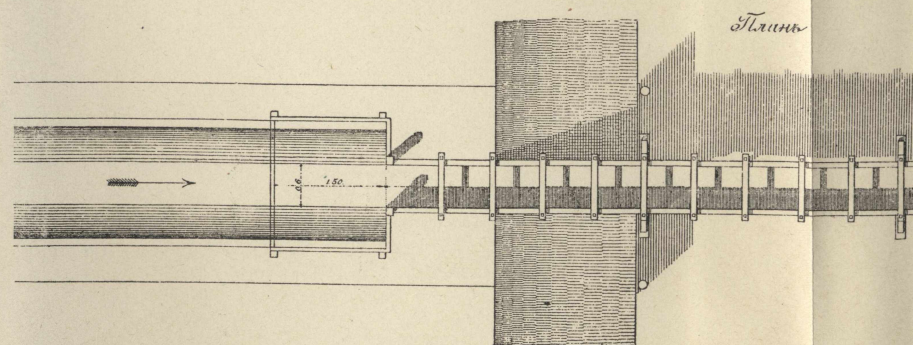
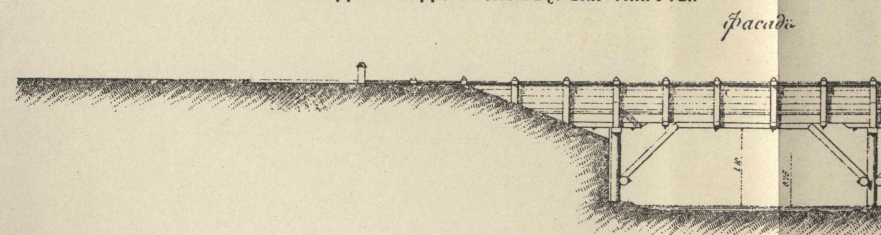
ДЕРЕВЯННЫЙ ШЛЮЗЬ
НА ВОДОПРИВОДНОМЪ КАНАЛѢ ВАЛУЙСКАГО УЧАСТКА.



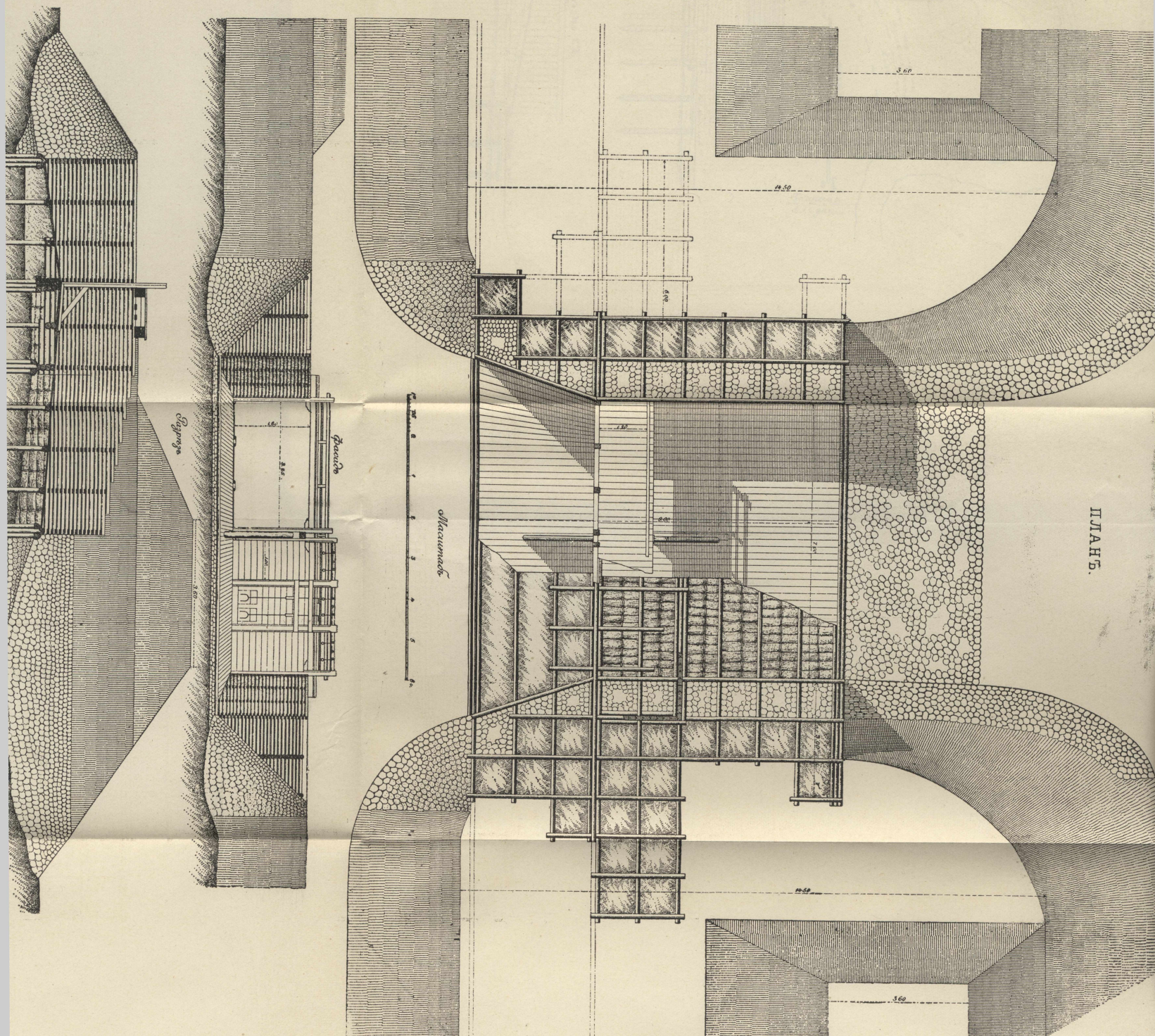
ПЛАНЪ
ЧАСТИ
ТИНГУТИНСКАГО ВОДОХРАНИЛИЩА.



АКВЕДУНЪ НАДЪ РУСЛОМЪ РѢКИ ТИНГУТЫ.

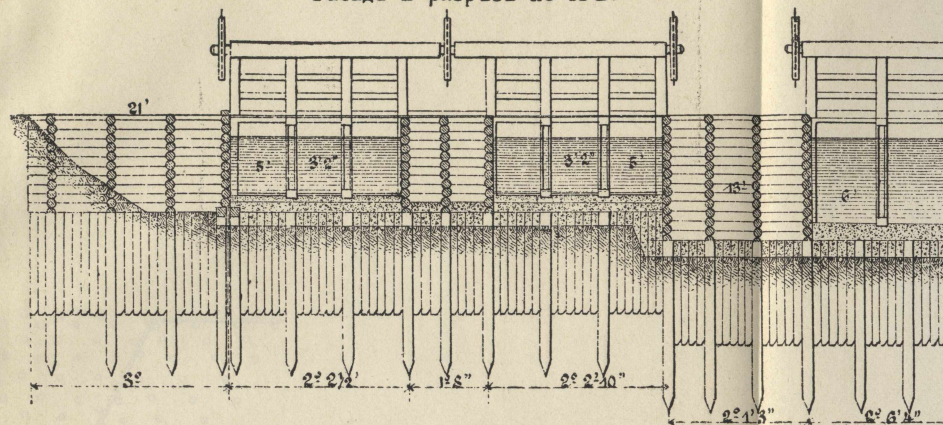


ПЛАТ.

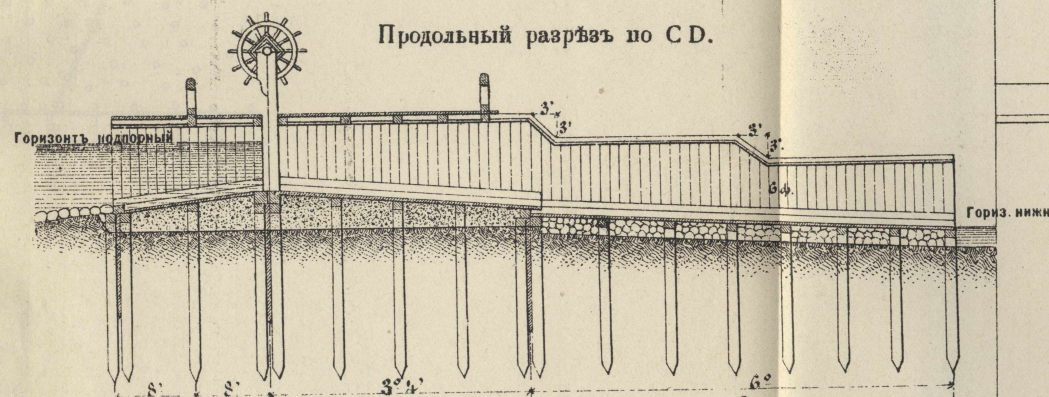


ВОДОПУСКЪ НА ОДНОМЪ ИЗЪ КАНАЛОВЪ МАРИНСКОЙ СИСТЕМЫ.

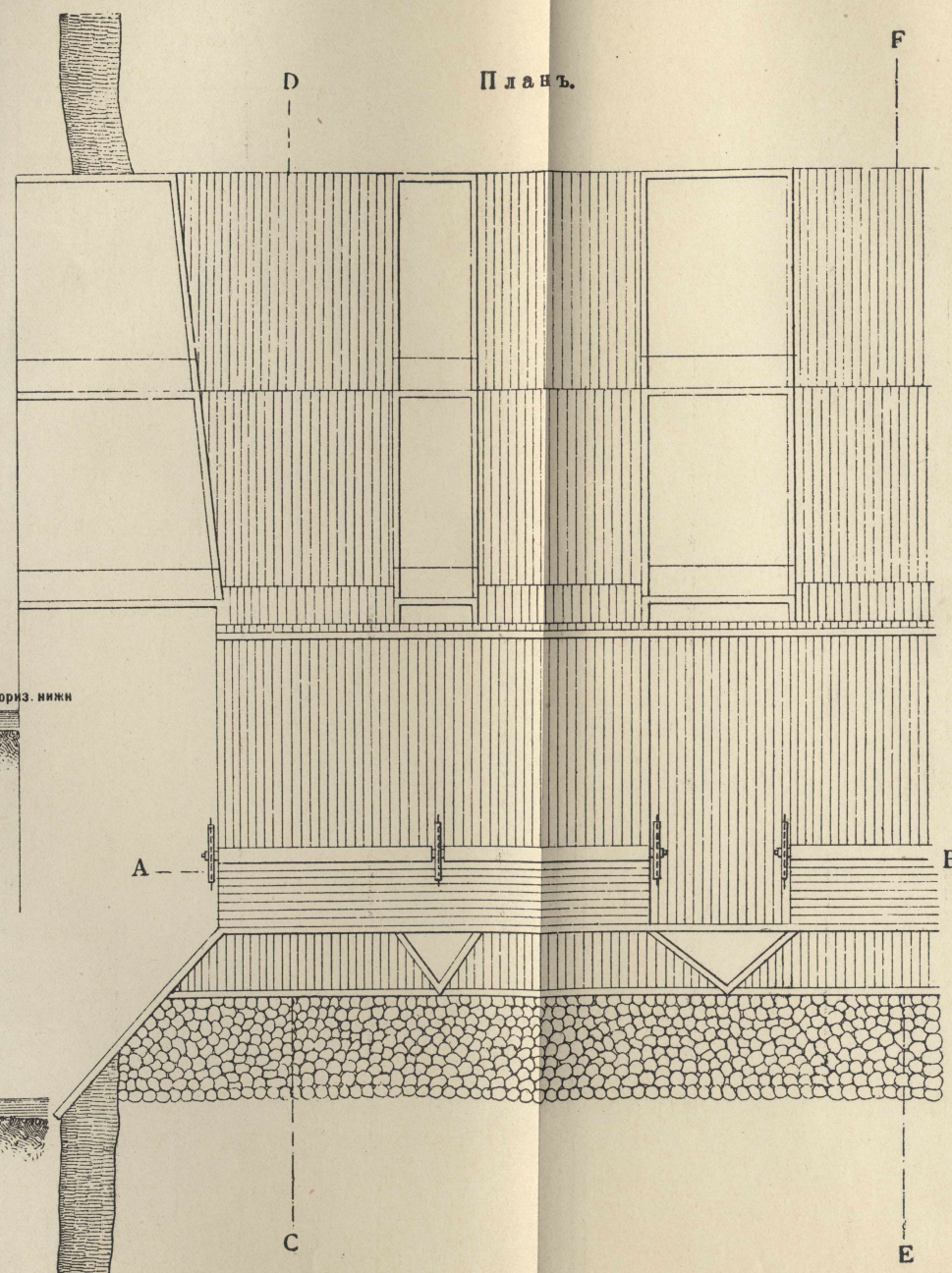
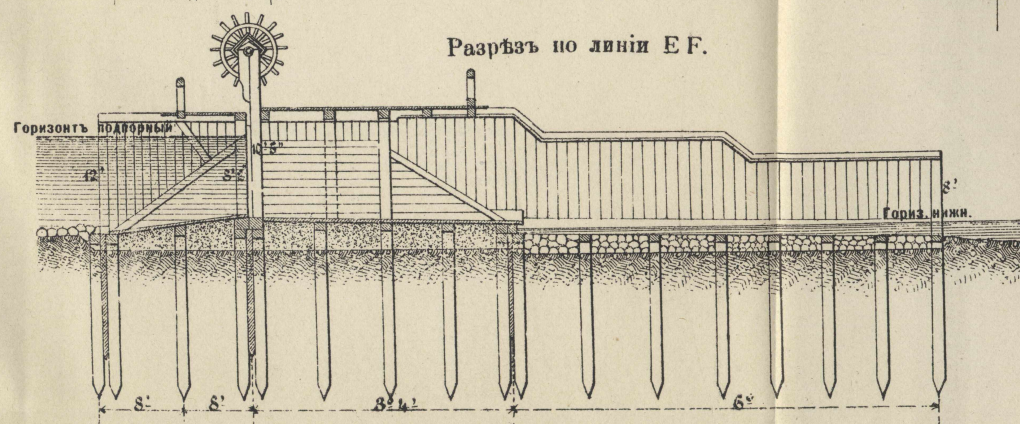
Фасадъ и разръзъ по А В.



Продольный разръзъ по С D.



Разръзъ по линіи Е F.



ВОДОПУСКЪ НА ОДНОМЪ ИЗЪ КАНАЛОВЪ ВЫШНЕВОЛОЦКОЙ СИСТЕМЫ.

Фасадъ.

A

Масштабъ къ черт. 1—2.

0 1 2 3 4 5 6 7 саженъ

Черт. 2.
Планъ.

Разрѣзъ по А.

Масштабъ къ черт. 3.

2 1 2 3 саженъ

Подпольный горизонтъ.

Гориз. низшихъ водъ.

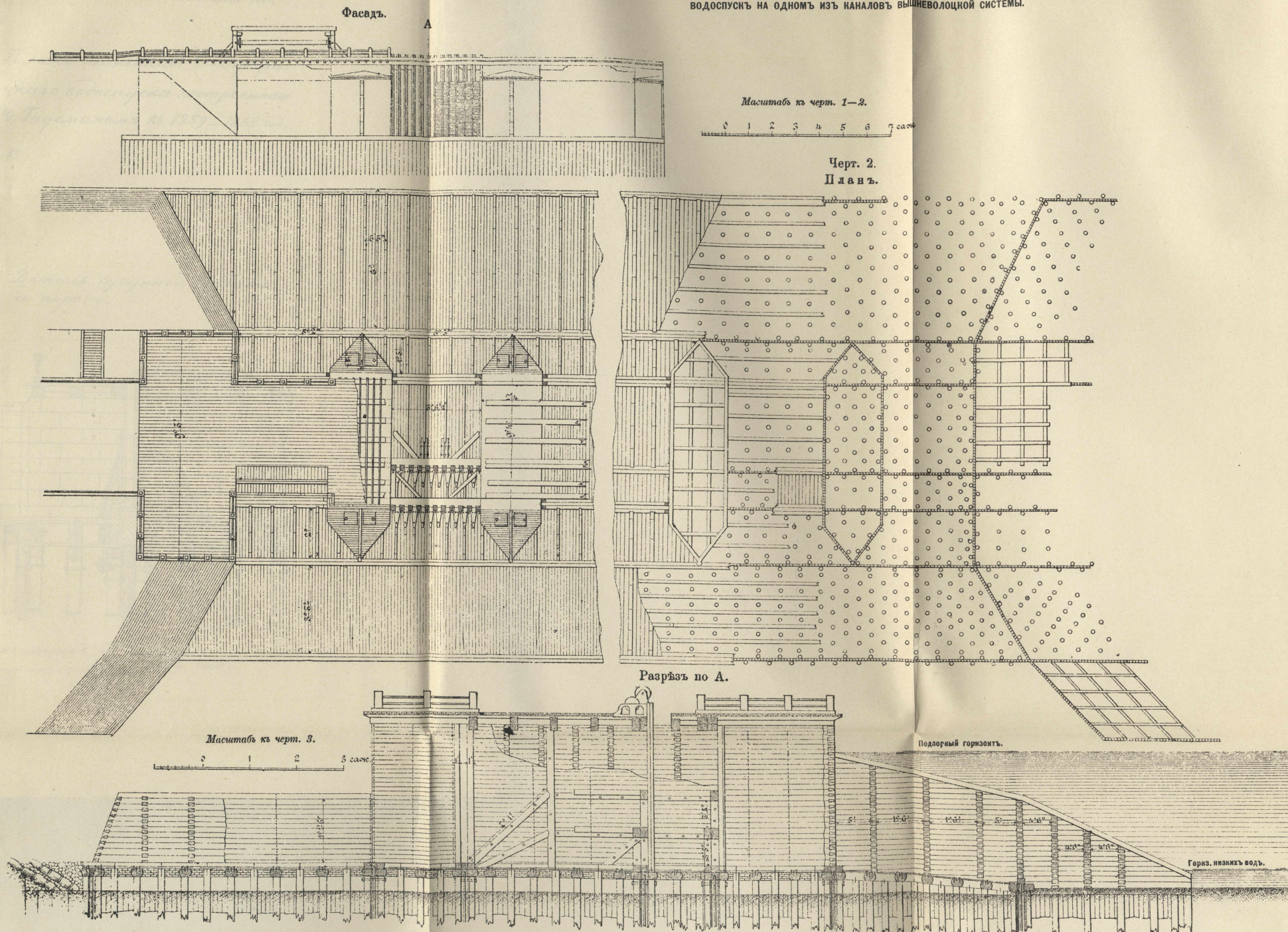


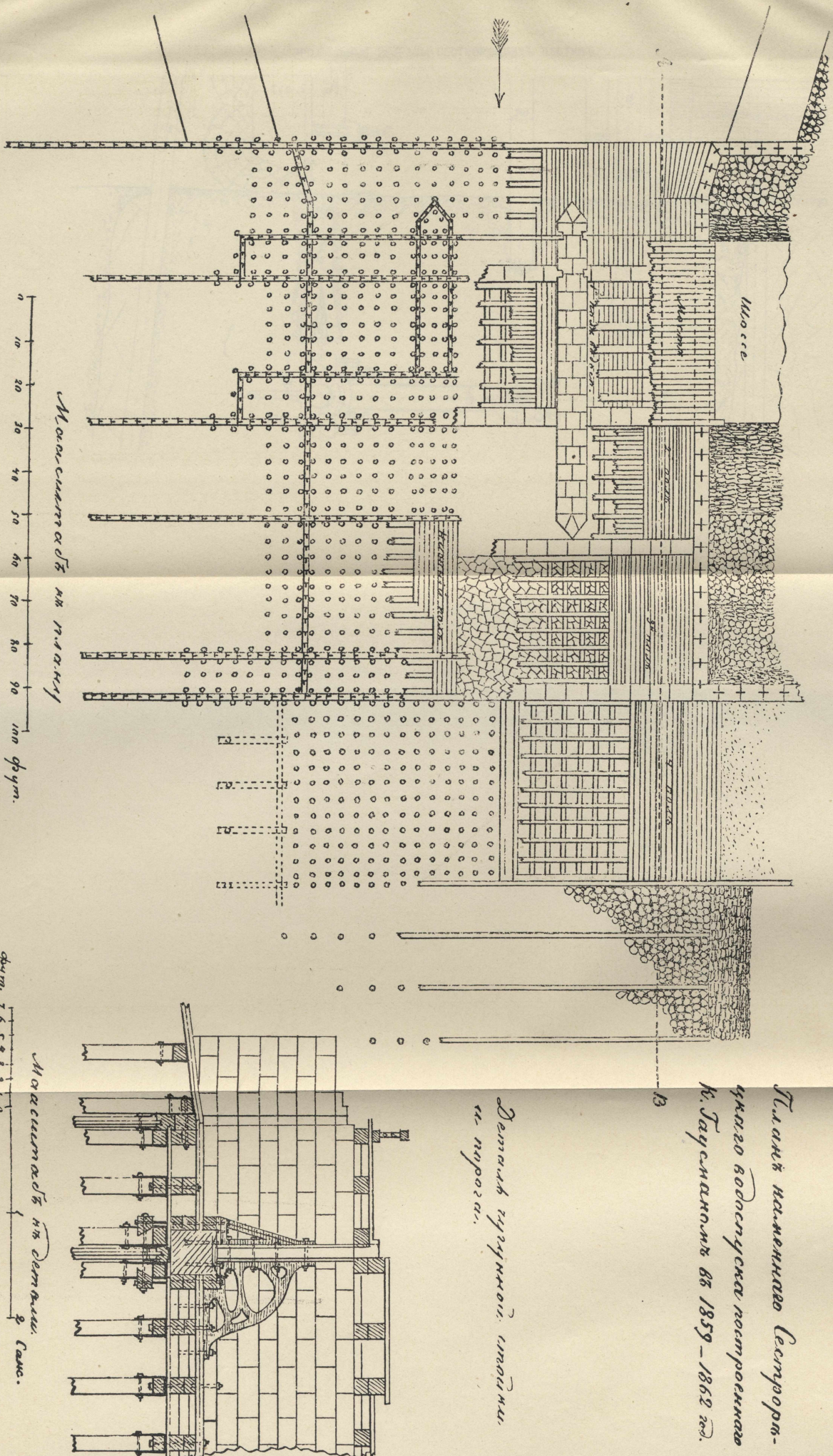
Таблица XII.

Планъ наметнаго батареона
указо водопускна построеннаго
в. Даусманова въ 1859 - 1862 год.

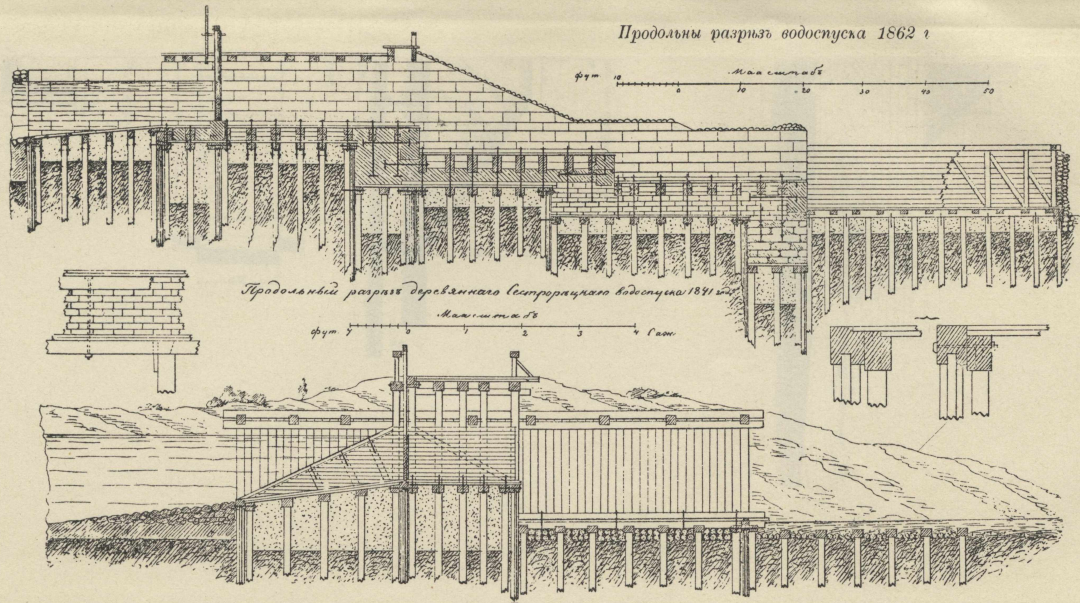
Деталь турчинской стѣны
и порога.

Масштабъ въ пядяхъ
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 фут.

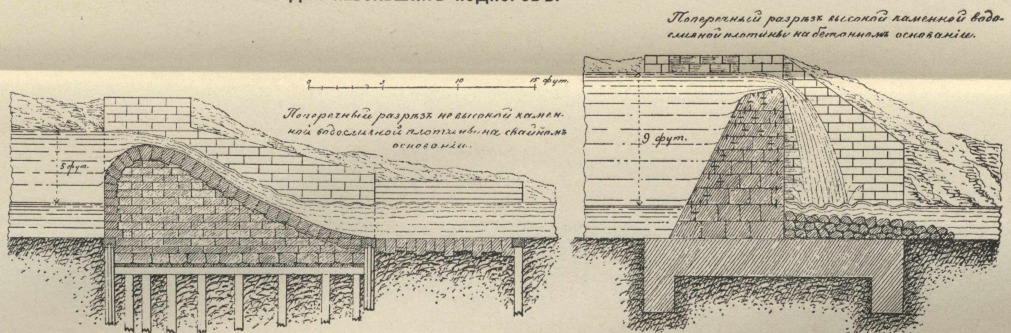
Масштабъ въ сажняхъ
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 фут.



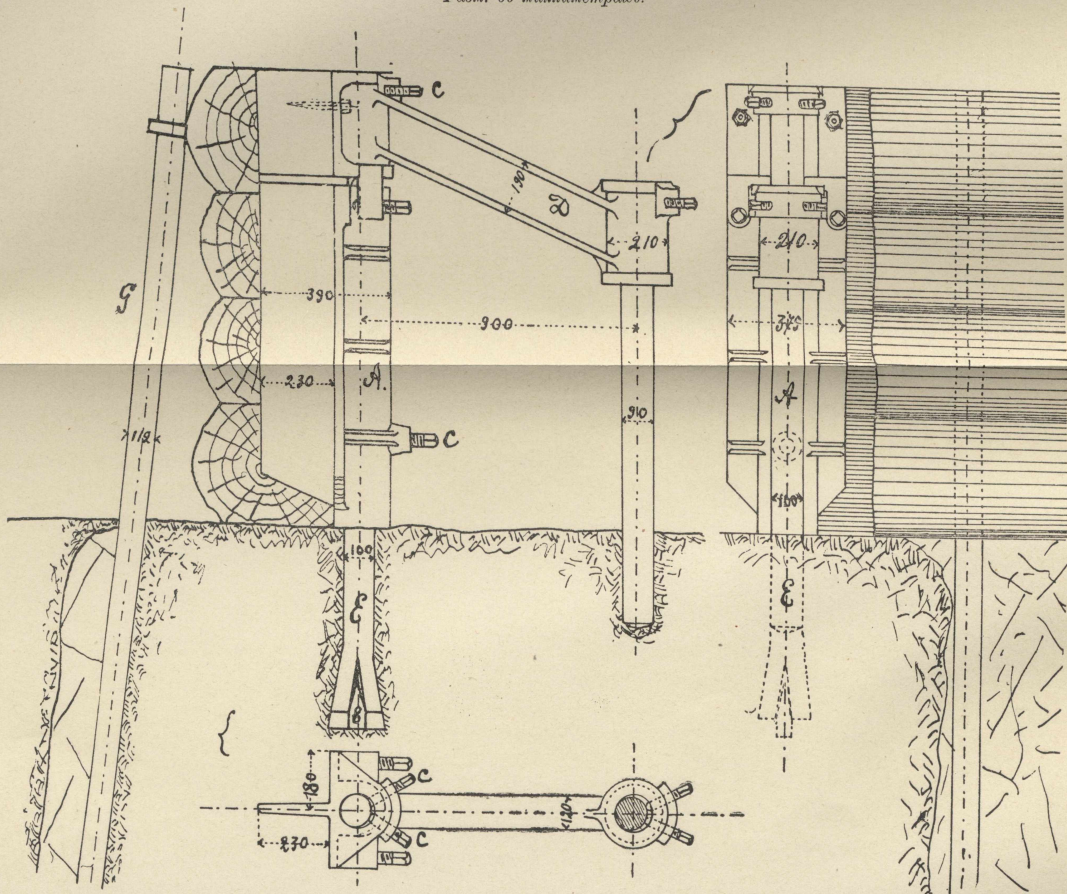
ПРОДОЛЬНЫЕ РАЗРѢЗЫ СЕСТРОРЕЦКИХЪ ПЛОТИНЪ.



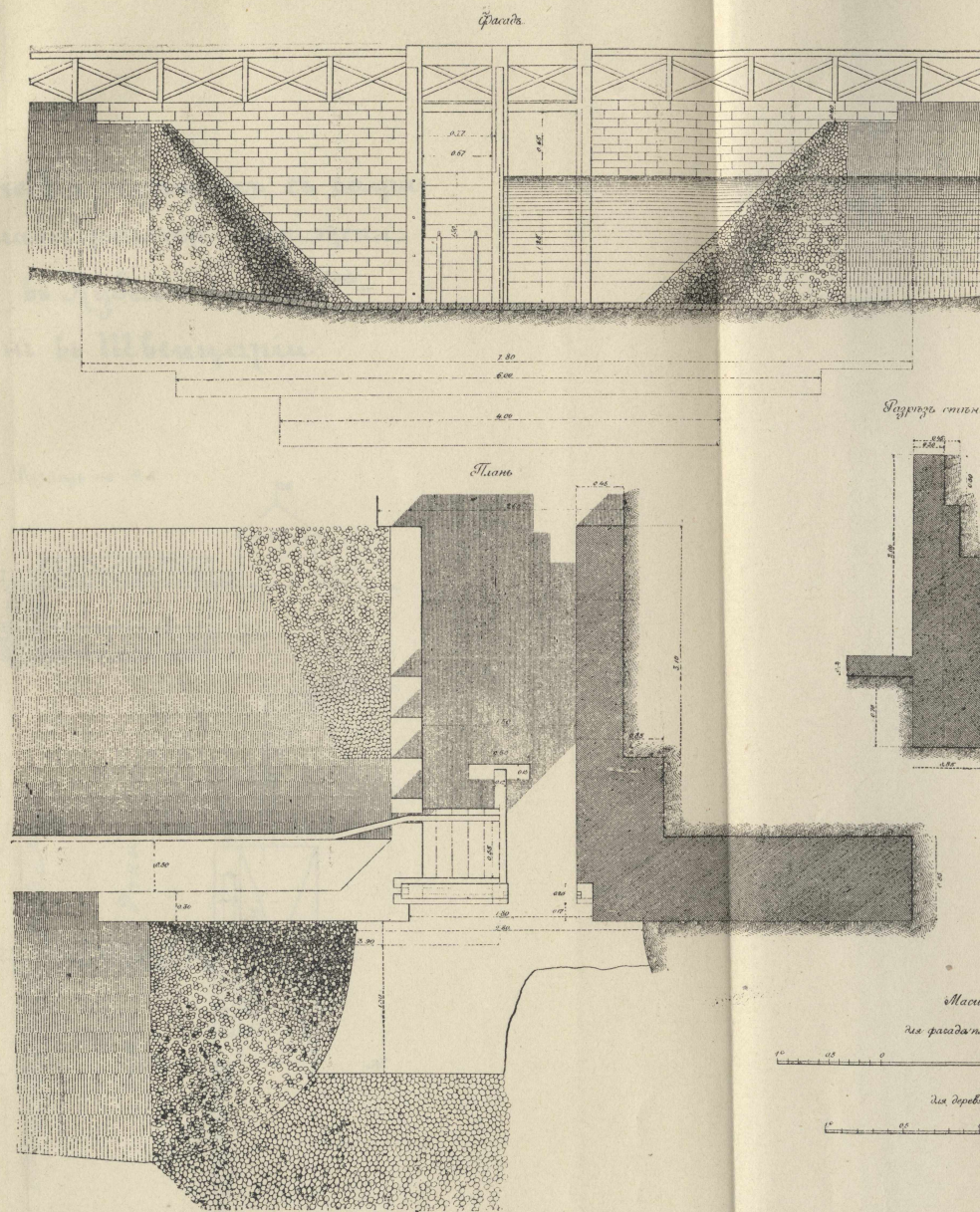
КАМЕННАЯ ПЛОТИНА ДЛЯ НЕБОЛЬШИХЪ ПОДПОРОВЪ.



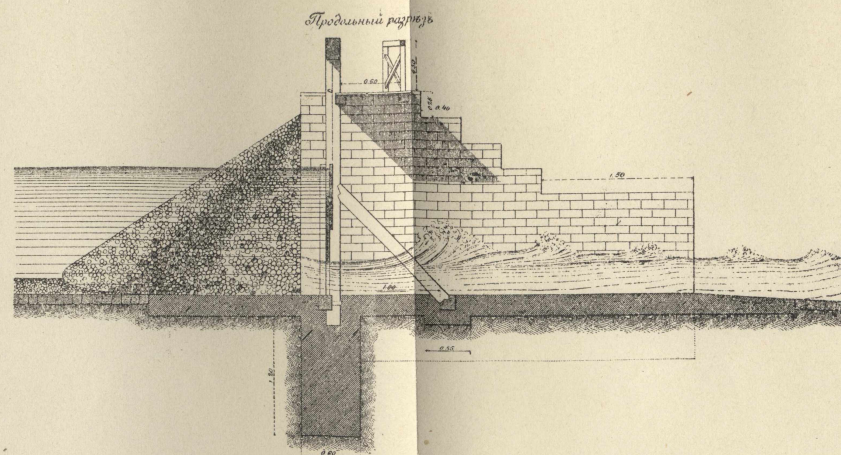
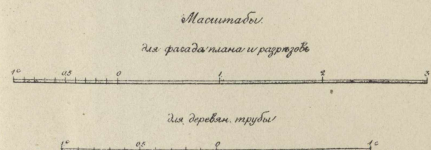
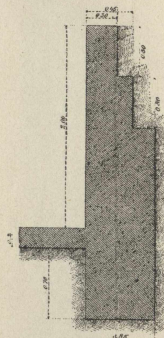
ПЛОТИНА НА РЕЙНѢ БЛИЗЪ ШАУГАУЗЕНА (водопадъ).
Разм. въ миллиметрахъ.



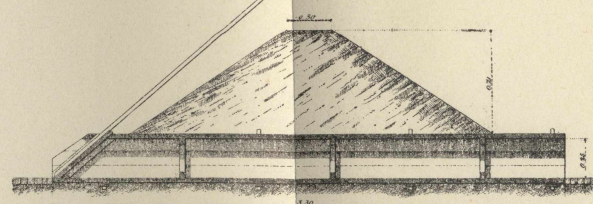
ВОДОСПУСКЪ ПРИ ПЛОТИНѢ НА РѢКѢ БОЛЬШ. КАМЫШЛАКѢ.



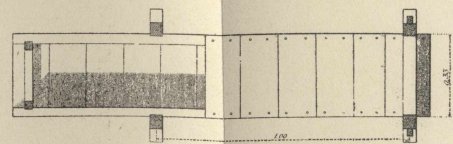
Разрѣзъ стѣны.



Деревянная труба для пропуска воды



Планъ



Поперечный разрѣзъ

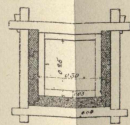
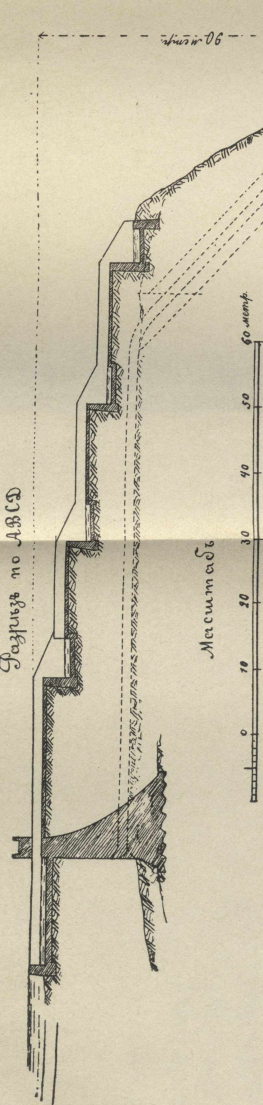


Таблица XV.

Схематический чертеж съ соору-
женіемъ главн. разливн. устр-экціи:
вод. силъ въ Кудель дмзъ С^м—
Баленъ въ Швеціи

Разрѣзъ по АБСД



Планъ

