

627,824 v
II-58

К. В. ПОПОВ

ЗЕМЛЯНЫЕ ПЛОТИНЫ

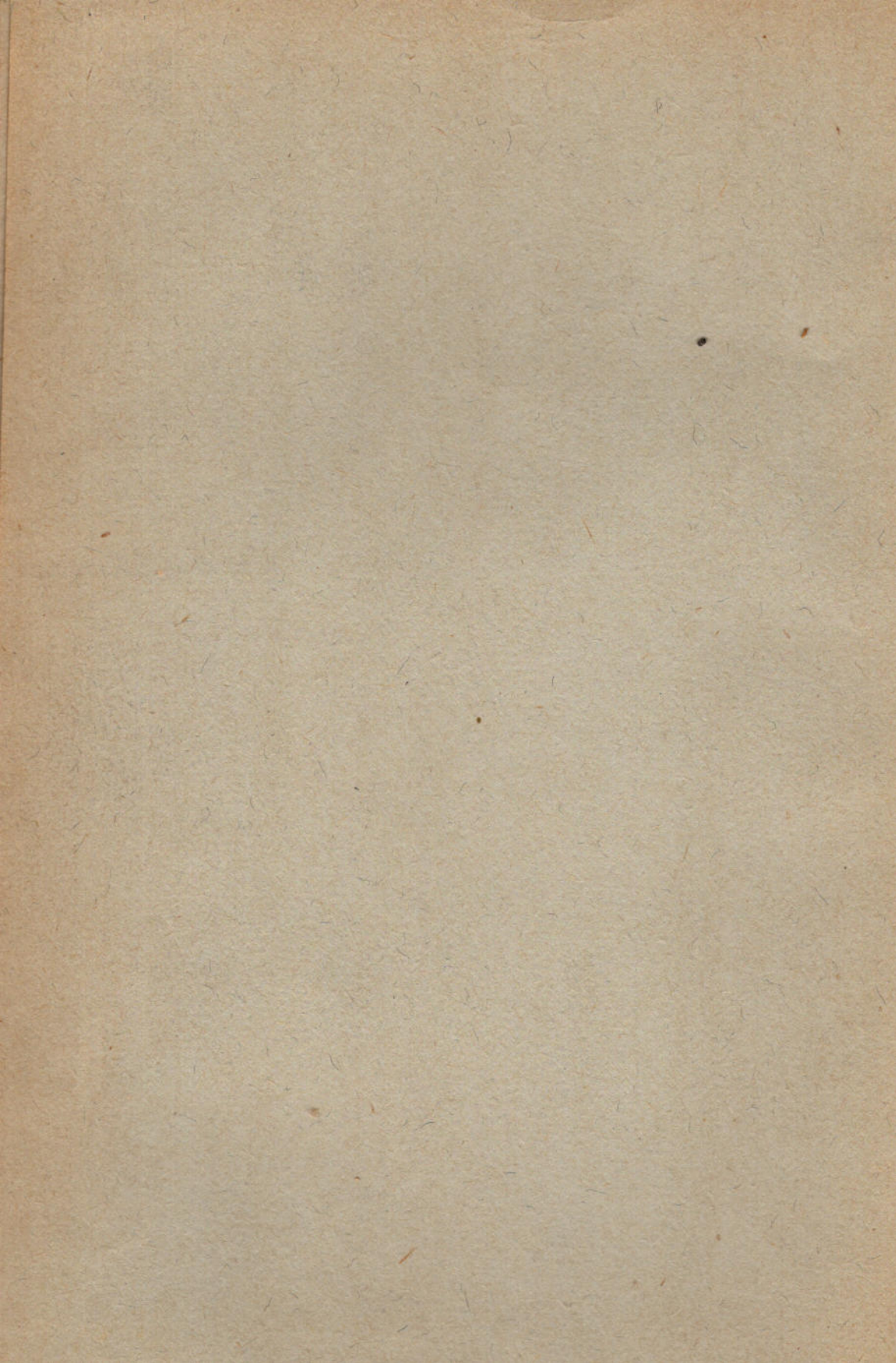


ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

1928

T25H5

N 389



З Е М Л Я Н Ы Е П Л О Т И Н Ы

626.4 607,
17-58

у

К. В. ПОПОВ

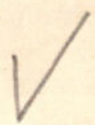
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ С.-Х. АКАДЕМИИ ИМ. ТИМИРЯЗЕВА

ЗЕМЛЯНЫЕ ПЛОТИНЫ И ИХ ВОДОПРОПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

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

да
54527

Киевский
Гидрометеорологический
институт
БИБЛИОТЕКА



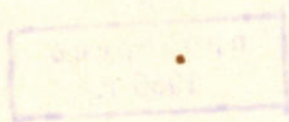
проверено
1966 г.



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА ☆ 1928 ☆ ЛЕНИНГРАД

И

Отпечатано в типографии Госиздата
„Красный пролетарий“. Москва,
Пименовская улица, дом 16,
в количестве 3 000 экз.
Главлит № А—7815
Гиз № 20848.



ПРЕДИСЛОВИЕ.

За последние годы проявляется все больший и больший интерес к вопросам развития мелиоративно-гидротехнического строительства. Достаточно указать на ассигнование государством больших средств на восстановление хозяйства Центрально-черноземной области, на образование особого фонда для борьбы с засухой, на восстановление и развитие ирригации Туркестана и Закавказья, а также на все увеличивающуюся самостоятельность самого населения путем организации мелиоративно-гидротехнических товариществ. В связи с этим развитием естественно усиливается и нужда в соответствующей литературе.

Русская мелиоративно-гидротехническая литература крайне бедна отдельными сочинениями. Если за последнее время и появились работы (проф. В. В. Подарева, инж. Н. И. Анисимова и др.), то они главным образом предназначены обслуживать студентов вузов и лиц с высшим мелиоративно-гидротехническим образованием.

Вопрос с обслуживанием гидротехнической литературой слушателей средних школ (мелиоративных техникумов) и работников средней квалификации (техников) низового аппарата до сего времени остается достаточно острым.

В особенности это выяснилось при проведении кампании общественных мелиоративно-гидротехнических работ в период 1923—1925 годов в Поволжье, на Северном Кавказе и в других местах Союза.

Ввиду всего вышеизложенного мною предпринята работа по составлению руководства по гидротехническим сооружениям, причем за основу взята программа курса гидротехнических сооружений, читаемого мною на мелиоративно-гидротехническом отделении Московского строительного техникума имени Каменева, а также на повторительных гидротехнических курсах при Центральной опытно-мелиоративной организации и в Государственном институте сельскохозяйственных мелиораций. При составлении руководства учтен и личный опыт постройки малонапорных плотин и небольших шлюзов-регуляторов в условиях Сибири и Туркестана в период 1912—1915 годов.

Согласно упомянутой программе весь курс гидротехнических сооружений подразделен на два больших отдела, каждый из которых в свою очередь делится на целый ряд более мелких подотделов.

Первый отдел посвящается изучению плотин и целого ряда других сооружений, составляющих отдельные части плотин, как, например, шлюзов (водопрпускным отверстием в плотинах с затворами для регулирования расхода воды), механизмов, которыми поднимают и опускают затворы, и других элементов плотин, а также производству изысканий и работ по постройке плотин.

Во втором отделе изучаются каналы и сооружения, связанные с проведением каналов, как, например, перепады, быстротоки, обратные сифоны (дюккера), акведуки, регуляторы различных порядков, водовыпуски, вододелители и др.

Изучение упомянутых выше сооружений, их типов и конструкций, методов расчета и проектирования, приемов постройки и условий их действия (эксплоатации) и составляет предмет курса „гидротехнических сооружений“.

Настоящим изданием выходит первый выпуск упомянутого выше руководства, посвященный земляным плотинам и водопрпускным сооружениям при них.

По земляным плотинам меньше всего имеется литературы на русском языке, несмотря на то, что эти сооружения у нас как раз наиболее распространены для самых разнообразных целей (ирригация, водоснабжение и пр.).

В основу книги, как указано было выше, положены лекции автора, причем некоторые отделы значительно дополнены, что нам казалось необходимым сделать для большей законченности книги.

При составлении настоящего руководства имелось в виду на основании предлагаемой работы дать возможность лицам, соприкасающимся с проектированием и постройкой земляных плотин, составить вполне законченный проект земляной плотины небольшого напора и водопрпускного сооружения при ней, не обращаясь к иностранным источникам и не теряя времени на ознакомление с отдельными русскими материалами, разбросанными в различных общих курсах и инструкциях, из которых некоторые не представляется возможным даже достать, а в особенности в провинции.

С этой целью в 18 главах работы в последовательном порядке излагаются с достаточной подробностью сведения, необходимые как для изысканий и исследований, так и для проектирования, выполнения работ и последующей технической эксплуатации сооружений.

В большинстве имеющейся по этому вопросу литературы приведены лишь описания сооружений и при этом большей частью из за-

граничной практики; необходимые же сведения об изысканиях и данные для проектирования обычно отсутствуют.

Придавая большое значение решению численных примеров до конца, до получения числового результата с заданной точностью, мною в 16-й главе приводятся статические расчеты водоспускных сооружений на отдельных численных примерах, взятых из практики существующих сооружений, чтобы сделать изложение более доступным и менее подготовленному читателю, а не загружать последнего сложными расчетами.

Вследствие точного перевода русских мер в метрические, на конструктивных чертежах получились не совсем удобные для практического пользования размеры отдельных элементов сооружений. При пользовании приводимыми в книге чертежами для проектирования следует неокругленные размеры округлять; так, например,

вместо 0,53 м принимать 0,55 м

"	1,07	"	"	1,10	"
"	1,28	"	"	1,30	"
"	1,92	"	"	1,90	"
"	2,13	"	"	2,15	"
"	3,19	"	"	3,20	"

и т. д.

Насколько автору удалось справиться с поставленной задачей— пусть судят читатели.

О всех желательных дополнениях и изменениях автор покорнейше просит сообщить. За указание недочетов заранее приношу свою благодарность.

Инженер-агроном *К. В. Попов.*

Петровско-Разумовское.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
Предисловие	5
Введение	11
Земляные вододержательные плотины.	
Глава I. <i>Исторические сведения. Классификация земляных плотин</i>	15
Глава II. <i>Рекогносцировочные и детальные изыскания.</i> Общие соображения. Определение водосборной площади бассейна и максимального стока талых и ливневых вод. Определение подпора от плотин. Топографическая съемка и нивелировка. Геологические и гидрогеологические исследования	16
Глава III. <i>Проектирование земляной плотины.</i> Подсчет объема водохранилища. Проектирование поперечного профиля. Влияние на устойчивость плотины фильтрации и капиллярности земляной массы. Подсчет объема земляных работ. Составление сметы и пояснительной записки	30
Глава IV. <i>Производство работ по возведению тела плотины.</i> Разбивка плотины и сооружений на месте и подготовка основания. Рытье котлована для замка и обратная засыпка его. Работы по возведению тела плотины	44
Глава V. <i>Укрепление откосов плотин.</i> Дерновые укрепления. Укрепление древесными посадками и посадкою семян различных растений. Фашино-хворостяные и плетневые укрепления. Каменные, бетонные и железобетонные укрепления	50
Глава VI. <i>Плотины из однородного грунта по всему сечению.</i> Примеры из русской практики. Примеры из заграничной практики	60
Глава VII. <i>Плотины с водонепроницаемым центральным ядром.</i> Английский способ возведения насыпи с применением ядра. Типовые конструкции	69
Глава VIII. <i>Плотины с защитной стенкой или с диафрагмой</i>	72
Глава IX. <i>Плотины смешанной конструкции</i>	75
Глава X. <i>Плотины из каменной наброски</i>	77
Глава XI. <i>Намывные плотины.</i> Основные типы намывных плотин. Производство работ	80
Глава XII. <i>Применение дренажа в земляных плотинах</i>	87
Глава XIII. <i>Сравнение земляных плотин разных типов</i>	89

Водосливные и водопропускные сооружения при земляных плотинах.

Глава XIV. <i>Водосливы.</i> Общие сведения и гидравлический расчет. Водосливы в виде естественного водообхода и обыкновенного земляного канала. Водосливы в виде	
--	--

Стр.

быстротока лотка. Водосливы в виде ступенчатого перепада. Водосливы с применением водобойного колодца. Водосливы смешанного типа . . .	93
Глава XV. <i>Водоспуски.</i>	
Общие данные. Гидравлический расчет. Открытые водоспуски. Трубчатые водоспуски. Водоспуски в виде прямого сифона	120
Глава XVI. <i>Статический расчет водоспускных сооружений.</i>	
Расчет каменно-бетонного водоспуска. Расчет деревянного водоспуска . .	179

Экономические и эксплуатационные данные.

Глава XVII. <i>Стоимость водосливов, водоспусков и отдельных работ по возведению тела плотины</i>	205
Глава XVIII. <i>Эксплуатация плотины и гидротехнических сооружений при них . .</i>	210
Приложение I. <i>Данные о выстроенных земляных плотинах за границей . .</i>	219
Приложение II. <i>Нормы наибольших расходов снеговых паводков в Европейской части СССР</i>	225
Литература	227

ВВЕДЕНИЕ

Плотиной вообще называется гидротехническое сооружение в виде стенки из того или другого материала, поставленной поперек естественного или искусственного русла водного потока для того, чтобы в этом потоке поднять уровень воды на определенную высоту и поддерживать его на этой высоте в течение более или менее продолжительного промежутка времени.

Плотины устраиваются для надобностей орошения, осушения, водоснабжения населенных мест, для судоходных целей, для предохранения местности от наводнения, для регулирования стока, а также и для промышленных целей (работа гидравлических двигателей и пр.).

Плотины могут быть классифицированы по:

- 1) назначению;
- 2) способу пропуска через них воды источника, который они перегораживают;
- 3) роду материала, из которого сделано тело плотины, и
- 4) типу затворов, которыми перекрываются водопропускные отверстия в них, а также по типу конструкций, которыми создается подпор в перегораживаемых источниках.

Согласно первому признаку, плотины могут быть подразделены на вододержательные и водоподъемные. Вододержательные плотины устраиваются для образования водохранилищ с целью накопления расхода того источника, который они перегораживают.

Вододержательные плотины разделяются на глухие и водосливные; плотина называется глухой (или плотиной с незатопляемым гребнем) в том случае, если в плотине не имеется совершенно отверстий для пропуска воды, и последняя не может переливаться через гребень; обычно, в случае переполнения водохранилища, подпираемой плотиной воде дается выход посредством водосливного канала, устраиваемого в стороне от тела плотины.

Когда же подпираемая плотиной вода, поднявшись до известной высоты, начинает переливаться через гребень плотины более или менее толстым слоем, тогда глухая плотина называется водосливной (или плотиной с затопляемым гребнем).

Водоподъемные плотины устраиваются для поднятия уровня воды в источнике (ручей, река, канал) до требуемого гори-

зонта. Такое повышение уровня может быть желательным для получения напора воды в целях использования силы падения воды, для отвода воды из реки в сторону, при условии сохранения определенного горизонта воды, как то, например, имеет место при устройстве искусственного орошения, для улучшения условий судоходства рек и для других целей.

Водоподъемные плотины, следовательно, в отличие от водоудержательных, предназначаются не для накопления расхода данного источника, а лишь для изменения условий прохождения этого расхода в данном поперечном сечении.

Водоподъемные плотины могут быть подразделены на плотины:

- 1) с затопляемым гребнем и
- 2) с незатопляемым гребнем.

В плотинах с затопляемым гребнем вода более или менее толстым слоем переливается через гребень плотины; эти плотины называются водосливными; плотины такого типа обычно поднимают воду на высоту не свыше 3 метров.

В плотинах с незатопляемым гребнем излишняя вода не переливается через гребень плотины, а обычно пропускается через особые отверстия, сделанные в самом теле плотины.

Если излишняя вода в водоподъемной плотине с незатопляемым гребнем пропускается путем открытия особых водоспускных отверстий, сделанных в теле плотины, не по всей длине, то такие плотины называются водоспускными (створчатыми).

Если же вода пропускается через плотину во всю ширину русла реки путем быстрого открытия всего пролета плотины, то такие плотины называются разборчатыми.

Водопропускные отверстия в плотинах с затворами (щитами) для регулирования расхода воды в потоке называются обычно шлюзами.

Согласно третьему признаку, плотины могут быть подразделены на земляные, фашинно-хворостяные, деревянные, каменные, бетонные, железо-бетонные и железные (металлические).

Можно также классифицировать плотины и по четвертому признаку; согласно этому признаку, плотины могут быть подразделены на щитовые, шандорные, спицевые, плотины со щитами Стонея, цилиндрические, сегментные, секторные, системы Тавернье, Дефонтеа, Шануана, Пуаре, многие типы американских плотин (Бертреп) и целый ряд других самых разнообразных систем.

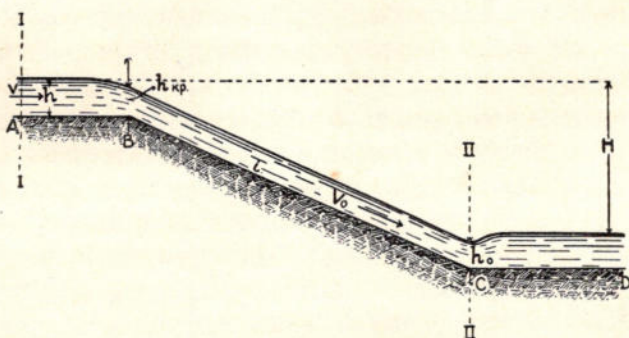
По вопросу применения тех и других систем плотин в различных областях гидротехники следует заметить, что все вышепоименованные типы могут быть применены с большим или меньшим успехом для всех тех целей, для которых вообще применяются пло-

тины. Все зависит от тех условий, при которых приходится строить плотину.

В настоящей книге мы рассмотрим земляные вододержательные плотины с водосливными и водоспускными приспособлениями и важнейшими деталями последних — перепадами, быстротоками и водоспусками.

Перепады устраиваются в тех случаях, когда уклон поверхности превосходит уклон дна канала; цель устройства перепадов состоит в том, чтобы избежать уклона дна канала большего, чем это допустимо в земляных руслах, и чтобы не проводить канала в больших насыпях; во всех этих случаях каналы ведут уступами (перепадами); эти уступы крепят (фашинами, деревом, камнем, бетоном, железо-бетоном) для того, чтобы развившаяся скорость воды при падении с одной ступени на другую не разрушала дна и стенок. Дно и стенки канала (откосы) до и после перепада обычно тоже укрепляются фашинами, деревом или камнем. В этих случаях перепады носят название ступенчатых; живая сила воды в значительной мере теряется на уступах при ударе, и скатившись вниз, получает безопасную скорость.

В том случае, когда перепад устраивается в виде наклонной плоскости с однообразным уклоном вместо вертикальных уступов, он носит название быстроготока; последний называется иногда водосливным лотком с наклонным полом. Вода, проходя по быстротоку, приобретает огромную разрушительную силу, а потому в конце быстроготока нужно создать такие условия, при которых вода не в состоянии была бы размывать дно и откосы канала. Достигается это путем применения решеток, вертикальных водобойных колодцев, защитных стенок и пр. Быстротоки, так же, как и ступенчатые перепады, могут возводиться из дерева, бетона, железо-бетона и прочих материалов. Схема быстроготока изображена на чертеже 1. Часто водосливные лотки типа быстроготока применяют в отвершках оврагов при укреплении последних.



Черт. 1.

ГЛАВА I.

ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН.

Земляные плотины как сооружения водоудержательные являются самым древним инженерным сооружением в области гидротехники, известным за много веков до нашей эры. Повидимому, эти сооружения появились впервые там, где население в силу природных водных условий принуждено было собирать и сохранять воду атмосферных осадков для обеспечения себя и своих животных питьевой водой. С этой целью и была построена первая запруда в естественной впадине земной поверхности. В дальнейшем в странах с недостаточным количеством атмосферных осадков население стало сберегать воду в особых водоемах-водохранилищах с целью использования собранной плотинами воды для орошения своих земельных угодий. Предания народов, записки древних историков и новейшие исследования археологов определенно указывают, что первые шаги в области постройки земляных плотин были предприняты в странах древней культуры — Малой и Средней Азии, Египте, Индии, Китае, Перу и Месопотамии.

Устройство водохранилищ путем рытья больших котлованов (копаней), как, например, построенное задолго до начала нашей эры озеро Мерис близ Мемфиса в Египте, сопряжено было с большими трудностями и огромной затратой рабочей силы; поэтому даже на заре человеческой культуры водохранилища устраивались путем сооружения запруд в естественных впадинах земли. В настоящее время земляная плотина как инженерное сооружение является одним из самых распространенных сооружений во всех странах в силу того, что материал, из которого возводят эти плотины находится всегда под рукою и не требует ни предварительной обработки, ни больших затруднений для своей разработки, позволяя возводить сооружение с помощью самых примитивных орудий.

Кроме того большое преимущество земляных плотин перед другими типами (каменными, бетонными и пр.) состоит в том, что они не подвергаются выветриванию, могут существовать более продолжительное время, а также обладают сейсмической стойкостью.

В настоящее время все встречающиеся типы земляных плотин могут быть сведены к следующим:

- 1) земляные плотины, состоящие из однородного грунта по всему сечению (чистый тип земляной плотины);
- 2) земляные плотины с центральным ядром, состоящим из водонепроницаемого грунта (разнородный материал);
- 3) земляные плотины, имеющие в своем теле защитную стенку, или диафрагму, из кладки на растворе, из железа или железобетона (земля комбинируется со множеством других материалов);
- 4) земляные плотины с каменной наброской (земля комбинируется с камнем);
- 5) плотины из каменной наброски и
- 6) наконец, по способу производства работ, отличают намывные плотины, или плотины гидравлического наполнения (смесь земли, гравия и камня).

В дальнейшем изложении будут приведены примеры для всех этих типов с указанием их отличительных черт и относительных достоинств и недостатков. Интересно здесь же отметить, что плотины 1-го типа, являются самыми древними, и только впоследствии, с развитием техники, стремление увеличить стойкость земляной плотины против фильтрации заставило инженеров долгое время мыслить в направлении комбинирования разнородных строительных материалов; результатом этих исканий явились и все другие типы плотин, поименованные в приводимой выше классификации.

В настоящей работе подробному рассмотрению подлежат земляные плотины небольшого напора и преимущественно 1-го и 2-го типов, как получившие наибольшее распространение у нас в Союзе, и только в сжатом виде будут разобраны плотины высокого напора всех прочих типов, построенные в большем количестве в других странах (Западная Европа, Америка, Египет, Индия и пр.).

ГЛАВА II.

РЕКОГНОСЦИРОВОЧНЫЕ И ДЕТАЛЬНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ.

Общие соображения.

Прежде чем приступить к устройству плотины с целью образования водохранилища (пруда) для тех или других хозяйственных надобностей, необходимо предварительно произвести ряд действий и вычислений, чтобы выяснить — хорошее ли место выбрано под плотину, какой высоты должна быть плотина, чтобы она задерживала достаточное количество воды, будет ли водохранилище пополняться или, может быть, оно часто будет оставаться без воды, есть ли хороший сброс для спуска лишней воды и так далее.

Все эти вопросы следует выяснить перед постройкой плотины.

Прежде чем приступить к подробным (детальным) изысканиям, следует произвести рекогносцировочное обследование всей местности, на которой предполагается построить вододержательную плотину.

С этой целью лицо, которому поручается работа, тщательно изучает по имеющейся трехверстной карте Главного штаба топографию местности ¹⁾. Наметив примерно на ней место будущего водохранилища, гидротехник выезжает на выбранное место; здесь он внимательно осматривает все имеющиеся лога (балки) и овраги, производит замер существующих водных источников, если таковые имеются, наносит схематически на карту площадь бассейна, которая захватывается выбранной балкой, собирает сведения о лицах и обществах, заинтересованных в пользовании обследуемыми источниками и пр.

В балке или овраге выбирает место для плотины, руководствуясь следующими соображениями:

1) ширина долины или балки в данном месте должна быть наименьшая, отчего и количество земляных работ тоже уменьшится;

2) берега долины должны быть возможно пологими, что дает лучшее сопряжение плотины с материком, а кроме того при пологих берегах удобнее подъезжать к воде с бочками и подводить скот для водопооя;

3) грунт под основанием плотины должен быть наилучшего качества;

4) если вблизи имеются ключи, то на них должно быть обращено самое серьезное внимание и выяснена их деятельность;

5) плотина должна быть так расположена, — чтобы скопление воды было наибольшее, но с другой стороны, чтобы подпертая вода не в состоянии была производить подтоп угодий посторонних землепользователей.

Если имеются ключи, питающие источник, на котором устраивают водохранилище, то следует плотину располагать так, чтобы подпор от нее не закрыл их.

Относительно самого водохранилища следует примерно решить следующие вопросы:

1) возможную высоту плотины;

2) распространение подпора от нее, который зависит от уклона местности (чем уклон местности меньше, тем величина распространения подпора больше и наоборот);

3) площадь водохранилища и его объем;

4) качество грунта дна и берегов водохранилища на предмет определения возможной фильтрации;

¹⁾ За неимением трехверстной карты площади больших бассейнов могут измеряться по десятиверстной карте.

2 Земляные плотины и их водопропускные сооружения.

5) вблизи будущей плотины подыскать место (резерв) с запасом земли, подходящей для насыпи плотины;

6) какой характер имеют весенние и ливневые воды, с большой ли скоростью текут и есть ли ледоход; установить и обозначить на месте знаками, до каких уровней доходили самые высокие воды — весенние и ливневые; это лучше выяснить опросом местного населения;

7) какое количество жителей и для каких целей и сколько им принадлежащего скота будет пользоваться водой, чтобы судить о том, хватит ли собранной воды для удовлетворения всех потребностей;

8) куда придется спускать лишнюю воду после того, как водохранилище наполнится, а также во время очистки его от наносов, и какие для этой цели понадобятся построить сооружения;

9) сделать приблизительный подсчет для выяснения выгоды постройки плотины в предполагаемом месте.

При проектировании водохранилищ для хозяйственных надобностей и для тушения пожаров необходимо их устраивать возможно ближе к селению или даже в самом селении; пруд для водопоя скота устраивается обычно на выгонах или в поле. Глубина водохранилищ, питающихся исключительно снеговыми водами, должна быть у плотины не меньше 3 — 4 м, во избежание порчи воды от загнивания к концу лета и промерзания зимой. При полевых прудах, которые должны обслуживать только период полевых работ, глубина может быть и меньше. Если величина водохранилища не может быть значительной, а предположенная к его наполнению вода не совсем чиста, то необходимо подумать и об устройстве фильтров.

Определение водосборной площади бассейна и максимального стока талых и ливневых вод.

Если рекогносцировочные изыскания обнаружат выгоду постройки плотины в определенном месте, то приступают к детальным обследованиям, которые обычно производятся в пределах площади будущего водохранилища и плотины, и заключаются в следующем.

Прежде всего следует выяснить, какое максимальное количество воды будет притекать к будущей плотине с данной водосборной площади, или бассейна, весной и во время ливня.

Водосборной площадью называется площадь, с которой вода весной во время таяния снега или во время дождей и ливней будет стекать к плотине. Эта площадь определяется или съемкой на месте, или измерением по картам Военно-топографического отдела Главного штаба или необходимые данные получают путем объезда верхом; величина ее должна быть вычислена достаточно точно, так

как ошибки при расчете водопропускных сооружений плотины могут привести, как увидим в дальнейшем, или к разрушению этих сооружений, когда площадь преуменьшена, или же к большим расходам по постройке сооружений, когда она сильно преувеличена. Количество воды и скорость ее в реках и долинах, как известно из гидрологии, зависит не только от водосборной площади, но также от ее формы, геологического строения, величины уклона, характера растительности и климатических особенностей данной местности.

В зависимости от уклонов, от наличия растительности и пахоты водосборные площади можно разбить на три группы: 1) площади нераспаханные, имеющие значительные скаты и дающие наибольший сток снеговых вод, с коэффициентом стока $\mu = 0,80$; 2) площади, запашанные и имеющие не очень большие скаты, с коэффициентом стока $\mu = 0,65$ и 3) площади, покрытые растительностью, равнинные, с коэффициентом $\mu = 0,50$. Коэф. стока называется отношение количества стекшей воды с данной площади к количеству выпавшей.

Если имеются для каждого частного случая полные метеорологические и гидрологические данные, то подсчет воды, поступающей в долину, может быть выражен следующей формулой:

$$Q = \mu \cdot \Omega \cdot h,$$

где

Ω — площадь водосбора,

h — годовое количество осадков для данной местности (выраженное в тех же единицах, что и Ω),

μ — коэффициент стока.

Коэффициент стока для предварительных подсчетов обычно принимают:

для больших бассейнов	$\mu = 0,50$,
„ малых „	$\mu = 0,67^1)$

Если нет метеорологических данных о количестве осадков в данной местности, то для определения максимального расхода снеговой (талой), а также ливневой воды приходится пользоваться эмпирическими формулами; из этих многочисленных формул и таблиц (Кестлина, Ишковского, Ляутенберга, Ланге, Спарро, Тарловского, Тифенбахера, Крамера и др.) рассмотрим только те, которые получили широкое распространение и проверены в течение целого ряда лет нашими работниками-практиками в действительных условиях.

Так, для учета стока снеговых вод в условиях правобережья Волги (Саратовская губерния) может служить формула, предложенная инженер-агрономом Тарловским:

¹⁾ Бельский, Сельскохозяйственная гидротехника, 1916 г., стр. 38.

$$Q = A(1 - \kappa\sqrt{F}) \cdot F,$$

где

Q — максимальный сток с данного водосбора в $м^3/сек$,

A — основная норма стока с $1 км^2$ в $м^3/сек$,

F — водосборная площадь в $км^2$ и

κ — коэффициент, зависящий от хода таяния, а также и от индивидуальных особенностей данной долины (степень вытянутости, крутизна склонов и русла и т. п.).

Коэффициент κ , по данным Тарловского, следует принимать для метрических мер равным 0,056.

По этой формуле для водосборных площадей до $17 км^2$ норма стока остается постоянной и равна $1,36 м^3/сек$ на $1 км^2$ водосбора.

Для водосборов свыше $57 км^2$ можно принимать норму стока в половинном размере от основной, т. е. $A = 0,68 м^3/сек$ на $1 км^2$ водосбора.

Для водосборных бассейнов между 17 и $57 км^2$ можно принимать норму стока q (модуль) на один $км^2$ промежуточную между двумя указанными по формуле:

$$q = 1,36 \cdot (1 - 0,056\sqrt{F}),$$

а максимальный сток со всего водосбора площадью F определять по формуле:

$$Q = q \cdot F = 1,36 \cdot (1 - 0,056\sqrt{F}) \cdot F$$

Следовательно, по мере увеличения площади бассейна, основная норма стока (модуль q) уменьшается и будет:

Для водосборов . . .	20 $км^2$	— 1,02 $м^3/сек$ на $1 км^2$
” ” . . .	25 ”	— 0,98 ” ” 1 ”
” ” . . .	30 ”	— 0,94 ” ” 1 ”
” ” . . .	40 ”	— 0,88 ” ” 1 ”
” ” . . .	50 ”	— 0,82 ” ” 1 ”
” ” . . .	57 ”	— 0,78 ” ” 1 ”

Для условий левобережья Волги (Новоузенский уезд и др.) профессор Ланге предлагает определять возможный максимальный расход весенних вод следующей выведенной им формулой:

$$Q = \kappa \cdot (9,1\sqrt{F} + 0,17F),$$

где

Q — максимальный расход в $м^3/сек$,

F — площадь водосбора в $км^2$ и

κ — коэффициент, зависящий от уклона водосбора, его формы и свойств поверхности; этот коэффициент принимается обычно $\kappa = 0,75 — 1,25$ (большие значения для больших уклонов).

Формулой Ланге следует пользоваться при водосборах больших $20 км^2$.

Для условий Тульской, Воронежской и примыкающих к ним других губерний Р. П. Спарро, на основании непосредственных наблюдений на 30 бассейнах, площадью от 89 до 1100 гектаров, при толщине снежного покрова от 200—250 мм, составлена таблица, которой можно пользоваться при расчетах (см. табл. на стр. 22).

Так как в некоторых случаях бывает, что количество ливневых вод превышает сток от талых (снеговых вод), а расчет водопропускных отверстий всегда ведется на максимальный расход, то в силу этих условий является необходимость учитывать секундный расход ливневых вод; если точных данных о продолжительности и интенсивности для данной местности ливней не имеется, то приходится пользоваться эмпирическими формулами.

Из этих формул рассмотрим старую формулу Кестлина как наиболее распространенную для расчета отверстий дорожных сооружений (мостов, труб и др.) в Ведомстве путей сообщения:

$$Q = 16F \cdot \alpha,$$

где

Q —расход в м³ в 1 секунду,

F' —площадь бассейна в км²,

α —коэффициент, зависящий от длины бассейна.

Так,

при длине бассейна от 0 до 3 ¹ / ₂ км	$\alpha = 1/4$
” ” ” ” 3 ¹ / ₂ —7 ”	$\alpha = 3/16 - 1/6$
” ” ” ” 7 —10 ¹ / ₂ ”	$\alpha = 1/8$
” ” ” ” 10 ¹ / ₂ —14 ”	$\alpha = 1/16$
” ” ” ” 14 —17 ¹ / ₂ ”	$\alpha = 1/32$

При этом для бассейнов промежуточной длины величины коэффициентов определяются интерполированием; для бассейнов с уклоном меньше 0,005, величину коэффициента α уменьшают наполовину. В 1896 году Инженерный совет при Ведомстве путей сообщения нашел возможным уменьшить величину Q вдвое для расчета отверстий мостов. Руководствуясь этим постановлением, можно без риска, рассчитывая по этой формуле водопропускные отверстия в гидротехнических сооружениях, брать ²/₃ от величины расхода стока Q , получаемой по формуле Кестлина.

При водосборных площадях до 55 км² расчет можно вести по формуле Кестлина-Николаи:

$$Q_{\max} = 16 \cdot \alpha \cdot \beta \cdot F,$$

где

F' —водосборная площадь в км²,

α } — коэффициенты, характеризующие бассейн и определяемые

β } из прилагаемой таблицы (см. табл. на стр. 23).

ТАБЛИЦА

Количество максимального стока в секунду с водосборных площадей от 100 до 1500 десятин и гектаров

Десятины и гектары	Куб. саж.	Куб. метров	Десятины и гектары	Куб. саж.	Куб. метров
100	0,350	3,10	700	1,680	14,00
125	0,420	3,72	725	1,722	14,35
150	0,506	4,48	750	1,763	14,69
175	0,580	5,14	775	1,802	14,90
200	0,650	5,40	800	1,840	15,20
225	0,717	5,96	825	1,877	15,50
250	0,781	6,49	850	1,913	15,80
275	0,842	7,00	875	1,947	16,07
300	0,900	7,50	900	1,980	16,35
325	0,959	7,99	925	2,012	16,61
350	1,015	8,46	950	2,043	16,87
375	1,069	8,90	975	2,072	17,10
400	1,120	9,20	1 000	2,100	18,00
425	1,169	9,60	1 050	2,150	18,50
450	1,215	10,00	1 100	2,200	19,00
475	1,259	10,50	1 150	2,300	19,90
500	1,300	11,00	1 200	2,400	20,80
525	1,350	11,42	1 250	2,500	21,70
550	1,400	11,83	1 300	2,600	22,60
575	1,450	12,25	1 350	2,700	23,45
600	1,500	12,60	1 400	2,800	24,30
625	1,547	13,00	1 450	2,900	25,10
650	1,593	13,39	1 500	3,000	25,90
675	1,637	13,60			

Длина бассейна в километрах l	α	Продольный уклон бассейна i (в тысячных)	β
0,5	1	0,001	0,188
3,75	0,5	2	0,250
7,50	0,25	3	0,313
11,25	0,188	4	0,375
15,00	0,125	5	0,500
18,25 и более	0,065	6	0,688
		7	0,875
		8	1,017
		9	1,158
		10	1,300
		15 и более	1,500

Значения α и β для промежуточных величин l и i определяются интерполяцией; уклон i исчисляется по формуле:

$$i = \frac{\sum i_n F_n}{F'}$$

где F_n — поверхность отдельных участков бассейна с однообразным уклоном i_n .

Расходы, определенные формулой, соответствуют ливню, дающему в 1 минуту слой воды толщиной в 1 мм. При других расчетных интенсивностях величины Q_{\max} пропорционально изменяются.

Поправки к формуле.

1. Если площадь поперечных скатов с средним уклоном менее $i = 0,003$ составляет $\frac{1}{3}$ или более от общей площади бассейна, то Q_{\max} уменьшается для площадей бассейнов в 5 и более кв. километров на 20%, а для площадей в 30 и более кв. километров — на 30%, причем для проектируемых величин бассейнов, коэффициент в пределах от 0,80 до 0,70 изменяется по интерполяции.

2. Если в состав площади бассейна входят несколько второстепенных поперечных тальвегов, то Q_{\max} определяется как сумма притоков по главному и по поперечным тальвегам в зависимости от площади, длины и уклона главного и каждого из второстепенных тальвегов, причем для последних тальвегов за длину следует прини-

мать сумму протяжения тальвега и части главного тальвега от выхода на него поперечного тальвега до плотины.

Ввиду исключительного значения, которое имеет расход весенних снеговых и ливневых вод при устройстве водохранилищ, необходимо установить величину его по возможности точно, так как на основании этих данных прежде всего рассчитывается объем водохранилища и пропускная способность сооружений при плотинах. Полученная по приведенным выше формулам величина расхода должна быть для большей точности поверена еще по формуле $Q = \omega \cdot v$, где скорость v определяется из формулы Шези — $v = c\sqrt{Ri}$, а значение коэффициента c берется по Гангилье-Куттеру.

Для того, чтобы определить по этим формулам расход, необходимо выяснить наивысший горизонт самых высоких вод в том месте, где устраивается плотина. Для определения его могут служить заметки, остающиеся на бортах балки после прохода талой или ливневой воды, подмывы, мусор, опросы местных жителей и прочие знаки. Когда высота горизонта определена, то определяется живое сечение ω и смоченный периметр p ; зная эти величины, определяют гидравлический радиус $R = \frac{\omega}{p}$. Для определения уклона долины делается нивелировка на 100 метров вверх и на 100 метров вниз от плотины. Коэффициент шероховатости c берется в зависимости от грунта; обычно его следует принимать равным 0,030. Этим же способом можно пользоваться при неимении данных о площади и форме бассейна.

Следует указать, что расчет на ливневые воды будет только в том случае точен, если для каждой местности будет известно количество выпадающей ливневой воды, площадь, захватываемая ливнем и коэффициент стока. Все эти данные могут быть получены только путем длительных стационарных наблюдений. За неимением этих данных приходится пользоваться приводимыми выше приближенными эмпирическими формулами. За время печатания появились нормы максимального стока талых вод инженера Д. И. Кочерина (см. приложение II).

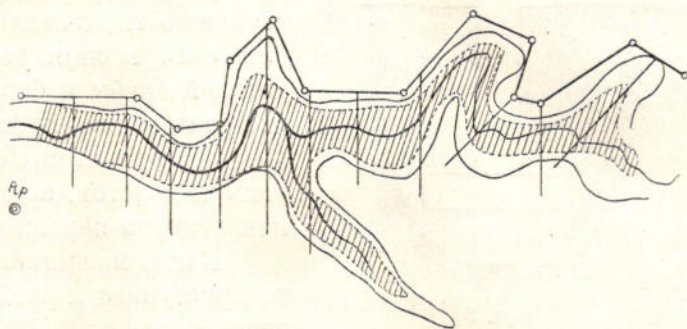
Определение подпора от плотины.

С целью точного определения величины подпора от плотины производится нивелировка вдоль балки, в которой предположено устроить водохранилище. Делается это следующим образом: наметив высоту горизонта воды перед плотинной, идут нивелировкой вверх балки пока не будет найдена точка с отметкой, равной указанному горизонту, где и будет конец подпора. Следует заметить, что горизонт подпертой воды не представляет горизонтальной линии, а изображается некоторой кривой, но ввиду незначительной разности между поверхностью протекающей воды до устройства плотины и поверх-

ностью подпора после устройства плотины этим обстоятельством при малых водохранилищах можно пренебречь. В том случае, если водохранилище образуемое плотиной, сравнительно большое или же плотина ставится на реке, величину подпора следует вычислять по формулам гидравлики (Бресса, Рюльмана, Талкмита и др.), так как на практике вопрос о длине подпруды имеет большое значение в юридическом отношении. Способы вычисления и построения кривой подпора будут указаны во 2-м выпуске (деревянные плотины)¹⁾.

Топографическая съемка и нивелировка.

Когда определена величина подпора, то приступают к мензуральной съемке всей долины, на которой должны быть показаны все изгибы последней, имеющиеся овраги, ключи, уголья и прочие (черт. 2). Также необходимо указать, в чьем пользовании находятся захватываемые разливом земли, и выяснить влияние на них подтопа.



Черт. 2.

В зависимости от величины водохранилища мензуральная съемка делается в масштабе $1 \text{ см} = 50 \text{ м}$, или $1 \text{ см} = 25 \text{ м}$. Для лучшего выяснения характера местности съемка иногда делается в горизонталях, которые наносятся в зависимости от желаемой точности через $0,25$ — $0,50 \text{ м}$. При небольших водохранилищах иногда мензуральной съемки вовсе не делают, а ограничиваются только съемкой и нивелировкой поперечников с применением простейших угломерных инструментов (гониометр, эккер и др.).

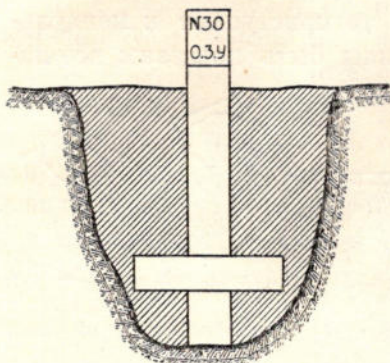
С целью определения емкости водохранилища снимаются поперечные профили, которые ведутся от магистрали. Магистральная линия ведется или по дну тальвега, или, если этому мешает вода, топкие места и другие причины,—по одному из берегов тальвега, начиная от оси плотины вверх на длину подпора и вниз метров на 100 — 200 и более.

Нивелировка ведется от репера, который устанавливается около места предполагаемой плотины, в районе будущих работ и вдоль балки (лучше на обоих берегах балки и в тальвеге по обе стороны оси плотины). Репера связываются между собою нивелировкой и служат для проверки при производстве и приемке работ отметок

1) Печатается Гизом.

плотины и всех искусственных сооружений. Лучше все репера, если есть возможность, связать нивелировкой с постоянной определенной точкой. Для этого можно воспользоваться цоколем близлежащего здания, пнями срубленных деревьев, рельсами железной дороги, существующими реперами и пр.

Если таких постоянных точек поблизости работ нет, то устанавливаются свои репера, которые бывают деревянные, металлические и каменные. Самый простой тип деревянного репера представляет собой зарытый в землю на всю глубину столб, длиной $\approx 1,5$ м и толщиной 18—20 см с врубленной внизу перекладиной (черт. 3).



Черт. 3.

Нивелировка магистрали делается возможно тщательнее в два нивеллира, или если в один, то два раза, с перекладкой трубы и беря два взгляда; магистраль также проходится с угломерным инструментом, которым измеряются углы поворотов, а также берутся румбы или азимуты первой и последней линии.

Когда магистральный ход пройден, то приступают к разбивке от него поперечных профилей. Профиля разбиваются или перпендикулярно к общему направлению тальвега (левая часть черт. 2), или же нормально к отдельным его участкам (правая сторона черт. 2). Поперечники разбиваются на расстоянии 50—100—200 и более метров, в зависимости от желаемой точности выяснения объема водохранилища, а также во всех характерных местах и нивелируются в один нивеллир, а наиболее крутые места—ватерпасовкой.

С целью более детального выяснения характера места, избранного под плотину, делается мензульная съемка в крупном масштабе — 1 см за 10 м или 1 см за 5 м. Этой съемкой захватываются и все те места, где предполагается устроить искусственные сооружения (водосливной канал, туннель, водоспуск и пр.).

Далее снимается продольный профиль по оси плотины и ряд поперечных, нормальных к первому, во всех характерных местах для подсчета объема земляных работ. Снимается также профиль по оси водосливного канала и берется несколько поперечников; вообще, во всех тех местах, где предполагается устроить искусственные сооружения, следует брать надлежащее количество поперечников.

Если водой из водохранилища предполагается пользоваться для целей орошения, то при этом необходимо сделать трассировку выводного канала. При намечании трассы следует избегать устройства дорогостоящих искусственных сооружений—мостов, сифонов, акведуков и пр.

Геологические и гидрогеологические исследования.

Прежде чем остановиться окончательно на том или ином месте для устройства водохранилища и плотины, следует обратить особое внимание на буровые и шурфовые работы, которые имеют в общем задачей выяснение характера залегания грунтов в месте предполагаемой запруды, выяснение характера грунта по площади будущего водохранилища и отыскание возможно ближе к запруде, хорошего качества грунта для возведения тела плотины, а также строительных материалов (камня, щебня и др.) для постройки других сооружений (водоспусков, водосливов и пр.).

Все эти работы должны быть произведены раньше детальных геодезических изысканий (съемки и нивелировки), чтобы в случае отрицательных результатов бурения можно бы было не тратить средств на дальнейшие исследования и искать более подходящего места для устройства водохранилища.

Для выяснения характера залегания грунтов (прочность, проницаемость) по оси плотины закладывается ряд буровых скважин, глубина которых зависит от размеров сооружения, и чем водохранилище больше, тем тщательнее и на большую глубину ведется бурение. Обычно при земляных запрудах замком стараются достичь сплошного слоя глины, который даже при самых малых водохранилищах не должен быть тоньше 1,2 м; лучше же 2 м и больше. Если в месте плотины будет обнаружен песчаный прослой, то необходимо убедиться — не выклинивается ли он за прудом. Поверхности встреченных пластов связываются с репером нивелировкой, которая выясняет их падение и простираение. Буровые скважины необходимо закладывать по оси плотины, возможно ближе друг от друга (через 4—8 м, в тальвеге — ближе, к берегам — реже), а кроме того желательно иметь две скважины вдоль тальвега, приблизительно под бровками будущего гребня плотины.

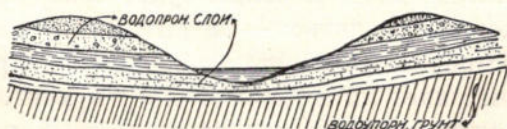
Грунты болотные, торфяные или илистые, а также пльвун, как общее правило, не могут служить основанием плотины и если к тому же залегают на такую глубину, при которой удаление их представляется экономически невыгодным, заставляют отказаться совершенно от выбранного для плотины места. Если грунт скалистый, то земляную плотину можно устраивать только в том случае, если будет сделана в теле плотины каменная диафрагма.

Для выяснения характера грунта на месте будущего водохранилища по обоим берегам и по дну балки закладывается ряд буровых скважин, на основании которых можно было бы судить о возможной величине будущих фильтраций в грунт. Бу-

ровые скважины в балке закладываются, в зависимости от длины пруда, через 200—300 м и в тех местах, где есть сомнение относительно направления движения грунтовых вод, по три в каждом сечении (на дне и по берегам). С целью практического определения проницаемости грунта делают рядом два шурфа на расстоянии 35 см друг от друга; в один из них наливают воды и следят за скоростью просачивания ее как в соседний шурф, так и в грунт, наблюдая одновременно за понижением горизонта влитой воды. Состав грунта можно проверить отмучиванием. Для этого следует образец грунта разболтать в сосуде с водой и дать ему отстояться; глина, как состоящая из более мелких частиц, окажется над песком. При этом, если глины будет больше двух третей и испытанный слой грунта в то же время будет толщиной не менее 70 см, то он может считаться достаточно водонепроницаемым. В случае, если бы пришлось все же остановиться на ненадежном грунте, необходимо принять меры к увеличению его водонепроницаемости; в таких случаях приходится прибегать к искусственному заполнению пор грунта — заилению или кольматажу, напуская неоднократно в пруд глину: взмученная вода, отстаиваясь, будет осаждать глину на дно и бока водохранилища. Лучше всего, конечно, когда на дне балки и на ее берегах под слоем дерна есть глина, которая может служить надежной гарантией, что вода не просочится из водохранилища.

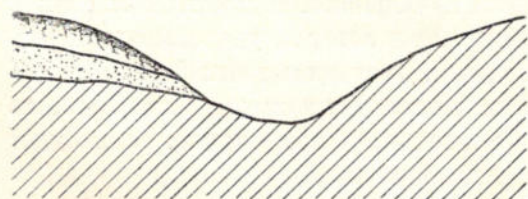
Следует заметить, что балка, предназначенная для водохранилища, только тогда окажется вполне пригодной, если бурением или шурфованием будет обнаружена в ней одна из нижеследующих характерных особенностей:

1) уровень грунтовых вод поднимается под обоими берегами и имеет склон к оси тальвега (черт. 4); при этом водохранилище будет наиболее обеспечено



Черт. 4.

водою, выпадающей и стекающей со склонов, а также просачивающейся по водопроницаемым слоям (синклинальное расположение напластований);



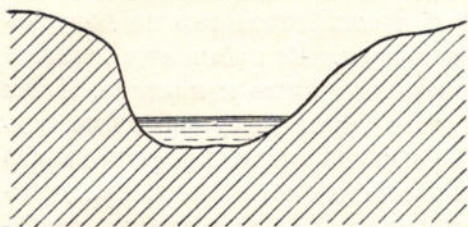
Черт. 5.

2) водоносный слой имеется только с одной стороны балки и имеет общее падение к оси тальвега; дно же балки и другой берег состоят из пород водонепроницаемых (черт. 5);

3) дно балки водоносно, а оба берега водонепроницаемы (черт. 6);

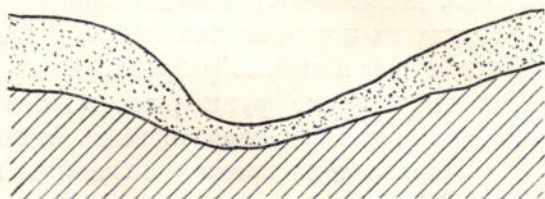
4) балка сухая; дно и берега образованы из водоупорных пород и, наконец,

5) балка сухая; под почвой неглубокий слой водопроницаемых пород, подстилаемых породами водоупорными, причем эти последние под берегами поднимаются выше проектного уровня воды в пруде (черт. 7).

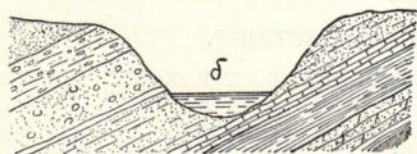
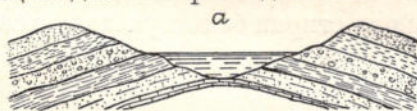


Черт. 6.

(черт. 8а), или, как говорят, антиклинальное расположение напластований, то этот случай считается совершенно не благоприятным при устройстве водохранилища. Если имеем наклонно-падающие пласты (черт. 8б), то в этом случае водохранилище можно устраивать только при особо благоприятных случаях напластований и после весьма тщательных дополнительных исследований, связанных с выяснением непроницаемости пород, слагающих дно и берега долины и глубины их залегания.



Черт. 7.



Черт. 8а, б.

Водоупорными грунтами следует считать чистую глину или глину с небольшой примесью песка и плотные каменные породы; водопроницаемыми — пески, сильно песчаные глины, ил, трещиноватые камни, мел.

При устройстве земляных плотин большое значение имеет количество грунта, вполне годного для возведения тела плотины, почему при изысканиях должно быть обра-

щено особенное внимание на выбор резервов — мест, откуда можно брать землю для насыпки.

Чистая глина негодна для возведения плотины, потому что зимой она пучится, при высыхании же лопается и дает большие трещины. Песок водопроницаем и потому также не может служить материалом для плотины. Растительный и илистый грунт требуют весьма пологих откосов; органические вещества, попадающиеся в них, при

гниению оставляют пустоты. Грунтом вполне годным для устройства плотин в наших условиях следует считать песчано-глинистый грунт (суглинок), содержащий 50—60% более или менее крупного песка. Глинистые земли, содержащие мелкий песок, безусловно не допускаются так же, как торфяная земля и подзол. Во избежание дальнейшей возки, резерв намечается по возможности ближе к плотине. В тех случаях, когда на дне балки оказывается грунт водоупорный на глубину свыше 3 м, резерв можно разбить на месте проектируемого пруда и таким образом увеличить емкость водохранилища, при условии экономической выгоды. К заложению резервов следует прибегать в исключительных случаях и остерегаться обнажения фильтрующих слоев, могущих поглощать собранную в водохранилище воду.

Одновременно с этим необходимо выяснить присутствие поблизости других строительных материалов и цены на них (лес, камень, щебень, песок и пр.), а если таковых вблизи будущей плотины нет, то откуда их придется доставлять и по какой цене, а также собрать сведения о количестве рабочих, свободных в нужное для работ время, о цене на рабочие руки различных квалификаций, а также целый ряд других данных, необходимых при проектировании сооружения.

И наконец во время производства изысканий для целей поселкового водоснабжения необходимо собрать сведения о количестве дворов, числе жителей и количестве крупного и мелкого скота. При определении размера потребной воды считать в сутки на каждую лошадь 4 ведра, на корову — $2\frac{1}{2}$ ведра, на мелкий скот — по 1 ведру. В общем же полагается на 1 двор в среднем до 40—50 ведер в сутки. На одного человека для питья, варки пищи и стирки белья расходуется 4 ведра в сутки.

Г Л А В А И I I I .

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ.

На основании произведенных изысканий составляется проект который состоит из:

- 1) подсчета объема водохранилища;
- 2) установления поперечного профиля плотины;
- 3) подсчета объема земляных работ;
- 4) смет на устройство искусственных сооружений;
- 5) проектных чертежей как самого водохранилища, так и искусственных сооружений;
- 6) данных бурения и
- 7) пояснительной записки с приложением гидравлических и статических расчетов всех искусственных сооружений, если таковые будут, а также способа производства работ.

Подсчет объема водохранилища.

Нанеся на бумагу полученные данные геодезических работ — план балки в горизонталях, продольные и поперечные профили в тех местах, где производилась нивелировка, — необходимо выяснить высоту плотины, предварительно подсчитав количество воды, потребное для тех надобностей, для каковых устраивается водохранилище, с прибавлением потерь на испарение и фильтрацию в пруде. Для учета последних принято считать, что за весь вегетационный период в центральных губерниях РСФСР потеряется примерно столб воды высотой в 1 м.

При проектировании больших водохранилищ данные о потерях на испарение с поверхности и просачивание в дно и бока водохранилища должны быть получены путем постановки соответствующих наблюдений.

Что касается данных по вопросу об учете испаряющейся воды с поверхностей водохранилищ, выстроенных в других странах, то следует заметить, что при предварительных расчетах для средне-европейских климатических условий следует принимать дневную высоту слоя испарения за лето 4 мм, а для зимних месяцев 1 мм, а за год в среднем считать 2 мм ежедневно. Подробное рассмотрение этого вопроса не входит в задачи настоящей работы.

Примерный подсчет емкости водохранилища, при условии, если балка, ручей или лощина, где предполагено водохранилище, имеет сравнительно ровные берега и нет разветвлений, может быть сделан по следующей формуле:

$$V = \frac{l \cdot b \cdot h}{6},$$

где

l — длина водохранилища (пруда),

b — ширина пруда у плотины и

h — глубина воды у плотины в самом пониженном месте (в тальвеге).

Более точное определение объема водохранилища можно сделать или при помощи плана в горизонталях, или же по поперечным профилям.

Пусть имеем часть плана водохранилища (черт. 9) с горизонталями, нанесенными через 0,50 м. При помощи планиметра или палетки определяются площади, заключенные между линиями равных отметок, далее полусумма смежных площадей умножается на расстояние между горизонталями по высоте, т. е. на 0,50 м. Складывая полученные результаты, определим объем водохранилища:

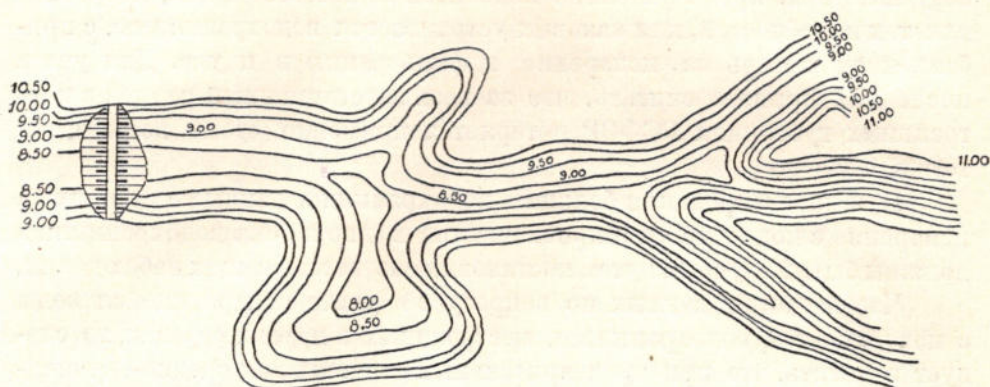
$$V = \frac{A+B}{2} \cdot 0,50 + \frac{B+C}{2} \cdot 0,50 + \frac{C+D}{2} \cdot 0,50 \dots,$$

где

A — площадь, заключенная в горизонталь 9,00,

B — " " " " " 8,50 и т. д.

В том случае, если поперечные профили водохранилища имеют параллельное направление, объем водохранилища можно подсчитать



Черт. 9.

по этим профилям следующим образом: сначала подсчитывают площади всех поперечных профилей, геометрически или планиметром; затем полусумму двух смежных профилей умножают на расстояние между ними, суммируют и получают объем водохранилища.

Если поперечные профили сняты не параллельно друг другу, то вычисление объема водохранилища ведут по горизонталям.

Проектирование поперечного профиля плотины. Влияние на устойчивость плотины фильтрации и капиллярности земляной массы.

При проектировании поперечного профиля земляной плотины, в особенности малых размеров, необходимо, чтобы этот профиль удовлетворял всем требованиям и данным, которые выработаны многолетней практикой постройки этих плотин, как-то: углов откосов, ширины гребня, превышения гребня над наивысшим уровнем воды в пруде и т. д. Все формулы, определяющие размеры отдельных элементов сооружения, носят чисто эмпирический характер.

Так, например, Люгер дает для ширины гребня формулу:

$$b = 3 + 0,3(h - 3),$$

а для ширины основания по низу:

$$L = b + H(\text{ctg } \varphi_1 + \text{ctg } \varphi_2),$$

где

h — напор воды перед плотиной,

H — высота плотины и

φ_1 и φ_2 — углы откосов, верхового и низового, образуемые с основанием.

Величины b , h , L и H в этих двух формулах выражаются в метрах.

По Траутвайну (Trautwine) (английская формула) ширина гребня:

$$b = 0,61 + 2\sqrt{H}.$$

Где b и H выражены в метрах.

По Понселе $b = 0,7 h$, а по Белидору $b = h$ (французские формулы).

Для определения размеров ширины основания плотины английский инженер Бассель (Bassell) в своей работе по земляным плотинам, исходя из статического расчета тела плотины под давлением воды на скольжение и опрокидывание, приводит такую формулу (в любых мерах):

$$L = \frac{\gamma \cdot k}{\sigma \cdot f} \cdot h,$$

где

h — напор воды перед плотиной,

k — коэффициент безопасности на скольжение, принимаемый им равным 10,

γ — вес воды в единице объема,

σ — вес материала плотины в единице объема и

f — коэффициент трения по основанию равный 1,00.

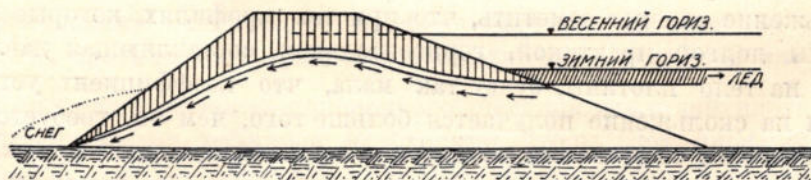
По вопросу о статическом расчете тела земляной плотины на скольжение следует заметить, что при тех профилях, которые выработаны долгой практикой, горизонтальная составляющая давления воды на тело плотины, будет так мала, что коэффициент устойчивости на скольжение получается больше того, чем это требуется для устойчивости сооружения из массы с прочной связностью между отдельными слагающими эту массу частицами, хотя бы эта масса была вполне проницаема для воды. И все-таки, несмотря на большой запас устойчивости земляных плотин на скольжение, практика плотиностроения знает не единичные случаи разрушения плотин; это указывает лишь на то, что в процессе разрушений земляных плотин участвуют факторы гораздо большей важности, чем ее статическая устойчивость.

Таковыми факторами являются: фильтрация воды через тело плотины, а также фильтрация воды по линии сопряжения тела плотины с основанием и капиллярность пористой массы. На эти факторы и должно быть обращено особенное внимание при проектировании

земляных плотин, в особенности в тех случаях, когда материал, из которого насыпается плотина, не вполне хорошего качества, а способ производства работ по возведению плотины по тем или другим причинам недостаточно тщателен (особенно в смысле ее уплотнения).

Если вода будет фильтроваться через тело плотины и в своем движении достигнет низового откоса (сухого) плотины и сохранит к тому же некоторый остаточный напор, вымывающая энергия которого будет в состоянии отрывать частицы сыпучей массы, то в результате этого явления получаются обычно оползни, размыв основания плотины у низового откоса, вынос материала из тела плотины и в результате полное разрушение плотины.

Влияние капиллярности на службу плотин в странах с холодным климатом и резкими колебаниями температур будет не менее разрушительным, если при проектировании не было обращено должного внимания на толщину слоя земли, перекрывающего депрессионную поверхность фильтрующей воды, так как малая толщина этого слоя, уменьшенная еще капиллярностью сыпучей массы, предоставит возможность промерзания смоченной земли и образования в ней в силу этого трещин — морозобоин, роль каковых весьма ясна. Кроме того, если плотина новая и в силу этого находится еще в периоде общей деформации — осадки, то трещины могут образоваться также и с открытой поверхности плотины параллельно толщине промерзшего слоя, потому что увлажненная осенними дождями с поверхности до высоты капиллярного слоя земляная масса плотины поверхностного слоя при замораживании образует как бы достаточно прочный свод, не участвующий в общей осадке плотины (черт. 10).



Черт. 10.

Такого направления трещины весной при подъеме воды в водохранилище выше их вершин образуют как бы сифоны, скорость движения воды в которых будет гораздо больше той, которая необходима для вымывания отдельных частиц грунта плотины; так как поднятие воды перед плотинной весной произойдет быстрее, нежели оттаивание грунта плотины по всей глубине промерзания, то в результате всего этого грунт плотины будет вынесен водою из-под замерзшей коры раньше, чем обрушится сам свод.

И наконец последний фактор, на который должно быть обращено также не меньшее внимание при проектировании поперечного профиля земляной плотины, — это сопряжение тела плотины с грунтом основания. Как бы хорошо не было приготовлено основание, даже с применением штыковки, при всей тщательности укатывания насыпаемого грунта для тела плотины, все же добиться прочной спайки с грунтом основания весьма трудно, а в особенности в том случае, если грунт основания проницаем для воды, так как фильтрующая вода, проникая под сооружение, будет вымывать грунт из-под плотины. В практике плотиностроения имеется весьма большое количество катастроф как результат не столь должного внимания к явлениям фильтрации. К тому же следует добавить, что последний фактор присущ не только сооружениям из земли, но и всем вообще видам гидротехнических сооружений из других строительных материалов (бетона, железо-бетона, дерева и пр.).

Не останавливаясь более детально на исследованиях этих трех основных факторов, укажем здесь только на тот поперечный профиль плотины, который будет в большей или меньшей степени удовлетворять всем этим трем условиям, принимая во внимание также и данные, выработанные долготейшей практикой постройки земляных плотин, а в особенности плотин небольшого напора, как в наших русских условиях, так и в условиях заграничной практики.

Так как давление воды на плотину по всей ее высоте неодинаково — внизу оно наибольшее, а сверху — наименьшее, то плотина для своей устойчивости против давления воды должна иметь в поперечном сечении треугольное очертание; такое очертание необходимо также и в силу того, что насыпная земля не может держаться вертикально и принимает, в зависимости от угла естественного откоса, наклонное положение. Стороны треугольного профиля плотины, или откосы, делаются обычно неодинаковыми: водный, или внутренний, обращенный к воде, по большей части берется 1:3, а наружный, или сухой, обращенный в противоположную сторону, делается полукторным или двойным ($1:1\frac{1}{2}$ — 1:2). Вообще же уклон откосов зависит от грунта, из которого возводится плотина, а также и от способа их укрепления.

Гребень теоретически мог бы оставаться острым, но это никогда не делается, так как при острой форме он скоро размоется атмосферными осадками и разрушится. Обычно ему придают ту или другую ширину. Ширина гребня должна быть не меньше 3 м, а если через плотину проходит проезжая дорога, то гребень уширяется до 5,5 — 6 м. Большая ширина гребня желательна и по условиям производства работ, так как позволяет легче маневрировать укаточными приспособлениями и рабочей силой. Гребню придают часто ширину в зависимости от высоты плотины, а также в зависимости от напора воды

перед плотиной. С этой целью практикой выработаны эмпирические формулы, которые были приведены нами выше.

Гребень плотины должен возвышаться над подпорным уровнем воды не менее, как на 1,4 м, а при длинном и широком водохранилище, ввиду возможного переката через плотину волн,— до 1,6 и даже до 2 м. Во всяком случае, гребень должен быть выше самого большого уровня воды весной на 1 м.

Высота максимальной волны, развиваемая в водохранилище при самом сильном ветре, может быть определена по формуле Стивенсона (Stephenson):

$$h = 0,37\sqrt{L} - 0,27\sqrt[4]{L} + 0,76,$$

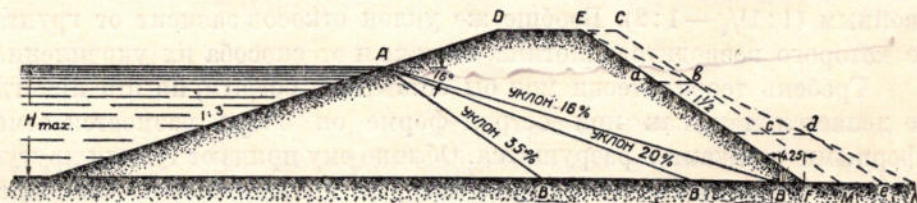
где L — наибольшая длина водохранилища в километрах, а h — в метрах.

При проектировании больших водохранилищ с этим необходимо считаться и назначать гребень плотины над подпорным горизонтом немного выше, чем эта величина получается по формуле.

Что касается до расположения плотины в плане, то самое выгодное, как кратчайшее, прямое и перпендикулярное к оси тальвега.

Для практической поверки поперечного профиля земляной плотины, в смысле достаточной надежности и непроницаемости тела плотины против фильтрующей воды, может служить графическое построение, полученное на основании опытных данных и наблюдений над существующими плотинами. Наиболее верным указателем надежности плотины является положение линии гидравлического уклона, или линии депрессии проникшей в насыпь воды между напорной и низовой сторонами плотины при наибольшем заполнении водохранилища, а потому плотина должна быть так спроектирована, чтобы эта линия, имея определенный уклон в зависимости от рода материала и уплотнения его, не выходила бы из пределов низового откоса плотины.

На чертеже 11 приведено это графическое построение. Прямая линия AB , проведенная от точки пересечения подпорного уровня



Черт. 11.

с внутренним (верховым) откосом с уклоном от 20 до 35% ($1/5$ — $1/3$) к горизонту, должна пересечь основание плотины внутри ее тела, несколько не доходя до нижней точки внешнего (низового) откоса.

Подробный расчет депрессионной кривой по способу Justin'a при водопроницаемом основании плотины см. вестн. ирригации за апрель и 1924 г.

Чем хуже материал тела плотины и слабее его уплотнение, тем меньший берется уклон линии депрессии. При отборном (по непроницаемости) и однородном материале, а также, если есть уверенность в том, что уплотнение и вообще вся работа по возведению плотины будет весьма тщательная, то уклон депрессионной линии может быть увеличен до 22—23%. В наилучших насыпях он может увеличиваться до 35%. Для плотин небольшого напора, устраиваемых у нас в сельскохозяйственных и других целях, на основании проверки профилей существующих плотин, можно принимать угол наклона депрессионной линии в 16—20° к горизонту, причем линия депрессии должна пересечь основание плотины, не доходя приблизительно 4,25 м до нижней точки низового откоса.

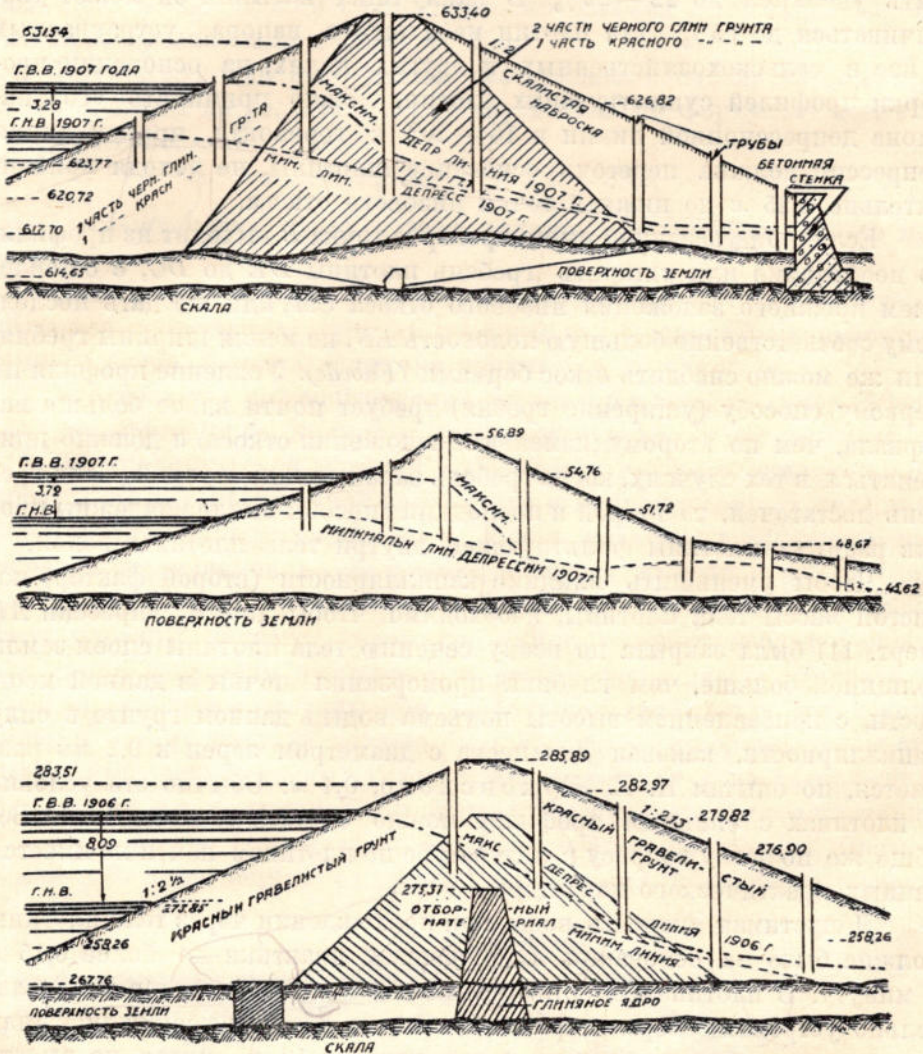
Если при указанной выше проверке точка *B* выходит из профиля, то необходимо или уширить гребень плотины *DE* до *DC*, с оставлением прежнего заложения низового откоса *CM*, или же дать последнему соответственно большую пологость *EN*, не меняя ширины гребня, или же можно снабдить откос бермами (*Fabede*). Усиление профиля по первому способу (уширение гребня) требует почти вдвое больше материала, чем по второму (изменение заложения откоса) и должно применяться в тех случаях, когда гребень задан слишком узкий. Если гребень достаточен, то второй и последний способы вполне надежны против размыва плотины фильтрующей внутри тела плотины водой.

Чтобы уменьшить влияние капиллярности (второй фактор) пористой массы тела плотины, необходимо, чтобы линия депрессии *AB* (черт. 11) была закрыта по всему сечению тела плотины слоем земли толщиной больше, чем глубина промерзания почвы в данной местности, с прибавлением высоты подъема воды в данном грунте в силу капиллярности, каковая для песка с диаметром зерен в 0,2 мм равняется, по опытам Н. Е. Жуковского, 0,4 м. Обычно это условие в плотинах с сильным профилем можно считать соблюденным. Вообще же по этому вопросу в литературе по плотинам почти не имеется данных практического характера.

Допустимая скорость воды при прохождении через тело плотины должна быть на основании американской практики не более 0,15 м в минуту. В плотинах высотой свыше 10 м с низовой стороны желательно устройство бERM шириною от 1,5 до 6 м; в высоких плотинах бЕРМЫ желательно устраивать через каждые 10 м, считая по высоте плотины. Иногда бЕРМЫ делаются и на водном откосе, где они служат всегда опорами для каменной наброски или другого какого-либо типа крепления.

Для определения фактического положения депрессионной линии в теле плотины было произведено довольно много наблюдений над существующими плотинами в условиях заграничной практики. Весьма

интересные данные по этому вопросу приводит Беклей¹⁾. Чертеж 12 показывает положение линии депрессии в трех различных плотинах при колебаниях уровня воды перед каждой плотиной. Для ведения наблюдений по профилю плотины на определенных расстояниях (в горизонтальном направлении) были заложены буровые скважины,



Черт. 12.

в которых и наблюдали стояние горизонтов воды, насыщающей плотину.

На основании этих наблюдений, а также и других опытных ис-

1) Висклеу, Irrigation pocket book, стр. 383.

L = H.C.

следований, можно указать на целый ряд общих положений, которые будут влиять на положение депрессионной линии в теле плотины.

1) Линия депрессии низовой части плотины, особенно если она расположена в дренирующем материале, сравнительно мало зависит от подпорного горизонта, что ясно из прилагаемых чертежей;

2) часть плотины, построенная из дренирующего (водопроницаемого) материала и обращенная к водному откосу, насыщается водой почти до уровня подпертого горизонта перед плотиною, т. е. уклон депрессионной линии в этой части небольшой;

3) наиболее плотная водонепроницаемая часть плотины создает наибольшее падение депрессионной линии;

4) в зоне плотины, лежащей ниже линии насыщения, несомненно происходит движение воды, и в зависимости от уклона депрессионной линии, а также материала тела плотины получаются те или другие фильтрационные скорости.

По вопросу о наиболее рациональном уклоне депрессионной линии опытные данные дают достаточно разнообразные цифры. Так, американская литература рекомендует, как уже нами было сказано, принимать наклон линии депрессии от 20 до 35% к горизонту на основании данных, полученных комиссией экспертов при изучении этого вопроса в плотинах долины Кротон (Croton). Профессор Вейраух дает для уклона отношение от $\frac{1}{8}$ до $\frac{1}{18}$, не подкрепляя этих цифр никакими опытными и теоретическими данными. Нам кажется, что последние величины весьма осторожны и депрессионной линии можно давать более крутые уклоны. Изучая профили существующих плотин, построенных в различных странах света, мы пришли к заключению, что уклон депрессионной линии изменяется в пределах от $\frac{1}{8}$ до $\frac{1}{3}$, а отношение ширины плотины в ее основании к высоте плотины — в пределах от 4 до 5.

На основании последних американских данных ¹⁾ наиболее выгодное положение линии депрессии получается в том случае, если тело плотины сложено из непроницаемых материалов, а основание состоит из сравнительно проницаемого грунта, так как последний служит хорошим естественным дренажем для материалов, лежащих выше его. По этой же причине иногда тело самой плотины, как мы увидим впоследствии, складывают из различных материалов: часть, обращенную к воде, — из водонепроницаемых, а наружную по возможности из более пористых материалов. Применение дренирования в земляных плотинах в целях понижения положения депрессионной линии нами рассматривается на стр. 87.

Наконец для того чтобы обеспечить безопасность плотины от

1) См. Proceed. of. Am. Soc. C. E., vol XLIX, № 5 за 1923 г.

подмыва ее фильтрационной водою по линии сопряжения с основанием (третий фактор), необходимо при проектировании пользоваться опытными данными английского инженера Блея (Bligh). На основании своих многочисленных наблюдений он пришел к заключению, что длина фильтрационного пути, на котором расходуется вся энергия напора у плотины или другого гидротехнического сооружения, зависит исключительно от физического состояния грунта основания, на котором возведено сооружение. И если опытными данными удастся для каждого отдельного грунта найти некоторый коэффициент C , характеризующий физическое состояние грунта основания, то для определения длины фильтрационного пути по основанию сооружения будем иметь формулу:

$$L = C \cdot H,$$

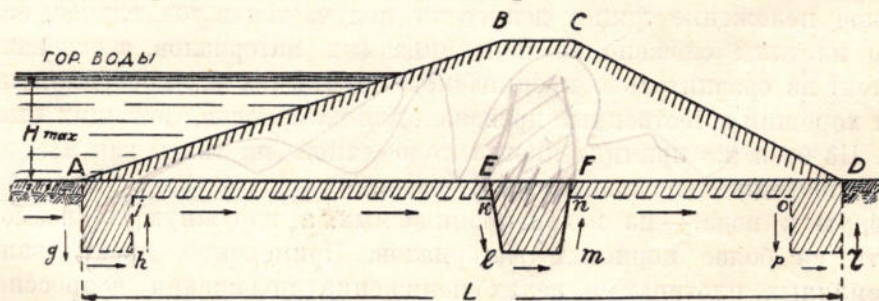
где H — напор у сооружения.

Если это условие при проектировании плотин будет соблюдено, то можно быть достаточно уверенным в прочности самого основания, а также в устойчивости тела плотины.

Блей дает нижеследующие значения для коэффициента C , подразделяя все встречаемые грунты на 4 класса:

- I класс. Дно реки сложено из самого тонкого мельчайшего песка и ила, как, например, река Нил. $C = 18$
 II класс. Тонкий мелкий слюдяной песок, как в реках Гималая или Колорадо в Соединенных штатах. $C = 15$
 III класс. Крупнозернистые пески, как в Центральной и Южной Индии. $C = 12$
 IV класс. Валуны или булыжник, смешанные с гравием и песком. $C =$ от 9 до 5.
 Для гравия и гравелистого песка можно принимать $C = 9$
 Для глыбы и гальки $C = 4 - 6$
 Для глинистых грунтов $C = 5 - 9$.

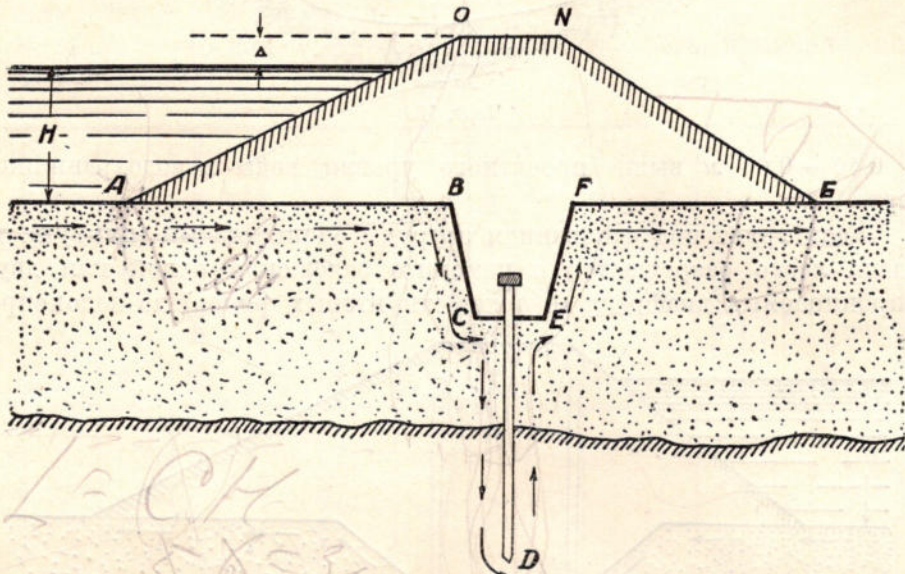
Для определения коэффициента C для грунтов, с которыми приходится оперировать в наших русских условиях, необходимо поставить специальные опытные исследования. Не имея таких опытов, к сожалению, приходится пользоваться приведенной выше табличкой.



Черт. 13.

Если длина L (ширина основания плотины) будет достаточной для данного грунта, т. е. $L = CH$, то линия сопряжения тела плотины с основанием будет прямая AD (черт. 13); если же она меньше

длины, полученной по формуле Блея, то необходимо ее удлинить путем устройства замка $ElmF$, так, чтобы $L = CH = AElmFD$, или же применить несколько замков, как показано на чертеже 13. И наконец, если грунт основания плотины весьма слабый и легко проницаемый для воды (песок, плавун), то можно заложить ниже замка одну или две непроницаемых диафрагмы (шпунтовые ряды) до водонепрони-

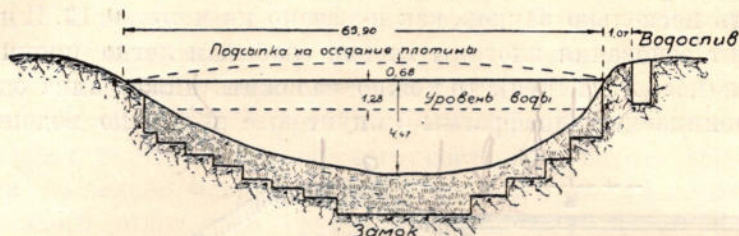


Черт. 14.

цаемого слоя с условием, чтобы длина пути фильтрации $L = CH = ABCDEFG$ (черт. 14).

Замком при земляных плотинах вообще называется земляная выемка $BCEF$ (черт. 14), сделанная по оси плотины и заполненная потом водонепроницаемым грунтом. Замки имеют назначение не только противостоять фильтрации воды по основанию плотины, но также при помощи их достигается наилучшее соединение тела плотины с материком, ими пересекаются всевозможные трещины и пустоты от сгнивших корней, а также норы и ходы мелких животных (сусликов, мышей и пр.). Ширину замок делается не меньше 2—3 м. Глубина замка проектируется в зависимости от величины подпора плотины, а также от глубины залегания материка и промерзания грунта в данной местности. Как общее правило, следует заметить, что в плотинах сельскохозяйственного типа (небольшого напора) глубина замка должна быть не меньше 1 м, и кроме того он должен врезаться в водонепроницаемый грунт на 0,40—0,60 м. Если материк залегает глубоко, то, чтобы избежать больших земляных работ, иногда даже с водоотливом, устраивают замок глубиною в 2—3 м, а далее забивают шпунтовый

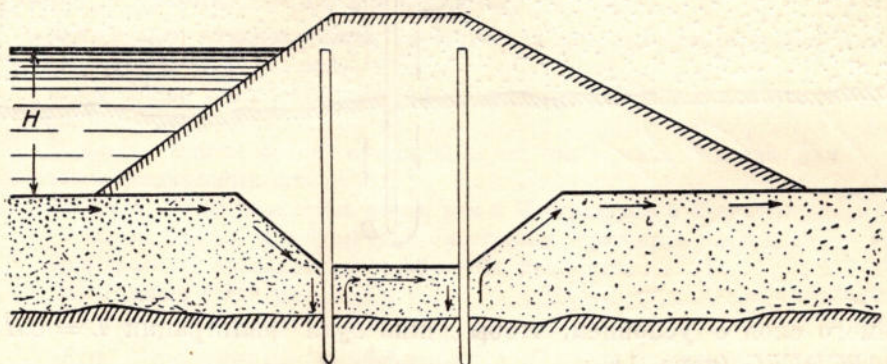
ряд, которым врезаются в подстилающую глину (черт. 14). Длиною замок делается во всю ширину балки, врезаюсь в ее берега уступами



Черт. 15.

на 0,40 — 0,60 м выше проектного уровня воды в водохранилище (черт. 15).

Если грунт под основанием запруды очень слабый (пльвун), то задача легко разрешается с помощью заложения одной или двух непроницаемых диафрагм (в виде шпунтовых рядов) до водонепро-



Черт. 16.

ницаемого пласта (черт. 16), продолжая последние иногда до уровня подпорного горизонта; последнее рекомендуется в особенности в тех случаях, когда тело плотины приходится строить из песчаного грунта. Лучше всего замку в поперечном сечении давать трапецидальную форму (а не прямоугольную) в целях наибольшего уплотнения его при осадке плотины и лучшего взаимного соединения материалов.

Подсчет объема земляных работ. Составление сметы и пояснительной записки.

После окончательного установления поперечного профиля плотины можно произвести подсчет объема земляных работ по возведению насыпи плотины. Этот подсчет можно сделать по известной формуле Винклера:

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot d,$$

где

F_1 — площадь поперечного сечения на одном из пикетов, например 3;

F_2 — тоже на пикете 4;

d — расстояние между пикетами 3 и 4.

Просуммировав эти попикетные объемы по всей длине плотины, получаем общий объем насыпи.

Удобнее всего для подсчета составить ведомость, примерно, по следующей форме:

№ пикетов.	Расстояние между пикетами: d	Высота насыпи: h	Ширина гребня плотины: b	Заложение верхового откоса: mh	Заложение низового откоса: nh	Ширина плотины по низу: $L = (b + mh + nh)$	Средняя ширина попер. профиля плотины: $\frac{1}{2}(b + L)$	Площади трапеций в точке перелома местности: $F = h \times \frac{1}{2}(b + L)$	Полусумма двух смежных площадей: $\frac{1}{2}(F_1 + F_2)$	Объем: $\frac{1}{2}(F_1 + F_2) \cdot d$

Примерно по этой же схеме можно подсчитать и другие земляные работы по возведению плотины (снятие верхнего растительного слоя, копание замка, водосливного канала и др.), что не представит больших затруднений. При подсчете объема насыпи плотины следует прибавлять 10—12% высоты плотины на каждом пикете на осадку насыпи.

К проекту необходимо приложить чертежи как самой плотины, так и искусственных сооружений, продольный и поперечный профиля по оси плотины и тальвега с нанесением на них данных бурений, сметы по всем видам работ и общую пояснительную записку.

Предварительные сметы должны составляться по Урочному положению, исполнительные — по ходу работ.

Чертежи к проекту земляной плотины желательно иметь в масштабе: общий план местности — 25 м в 1 см, поперечный разрез плотины — 1 м в 1 см, продольный разрез — 2 м в 1 см, фасад и разрез водослива или водоспуска — 0,5 м в 1 см, детали — 0,1 м в 1 см; вертикальный масштаб для геологических разрезов (на продольном и поперечных профилях) — $\frac{1}{2}$ м в 1 см; план водохранилища, в зависимости от величины — 25—50 м в 1 см.

Пояснительная записка в общем виде должна состоять из изло-

жения обстоятельств, послуживших поводом для составления проекта. В ней приводится подробное описание местности, результаты рекогносцировочных работ, ход подробных изысканий и наконец составленный проект с описанием всех сооружений, входящих в проект, с подробным гидравлическим и статическим расчетом и с приведением стоимости различных видов работ; в ней же намечается порядок производства работ и их организация, а также время, в которое может быть осуществлен проект и другие данные.

ГЛАВА IV.

ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ТЕЛА ПЛОТИНЫ.

Разбивка плотины и сооружений на месте и подготовка основания.

Прежде чем приступить к производству работ по возведению насыпи плотины, необходимо на основании проектных чертежей назначить плотину на месте, или, как говорят, произвести ее разбивку. Разбивка начинается с провешивания оси плотины (линия, делящая гребень плотины на две равные части); ось плотины закрепляется на обоих берегах балки прочными реперами за границами дамбы, с тем, чтобы знаки остались на все время работ и на основании их можно было бы в любое время линию оси возобновить. Когда ось на местности проведена, то приступают к разбивке замка и границ насыпки плотины (линии пересечения откосов с поверхностью земли). Для этого на пикетах, которые расставляются через каждые 4—10 м по оси плотины (в зависимости от желаемой точности обмера объема насыпи) в обе стороны от оси восстанавливают перпендикуляры и откладывают на них половину ширины гребня + величину заложения соответствующего откоса вправо и те же величины влево от оси; так, например, если ширина гребня принята в проекте 4 м, а высота насыпи плотины на одном из пикетов 6 м, то в сторону водохранилища нужно отложить от оси плотины 2 м на гребень + 18 м на откос, если последний тройной, а в сторону низового откоса нужно отложить 2 м на гребень + 9 м на откос если последний полуторный.

В точках пересечений границ откосов с поверхностью земли забивают колья, по которым натягивают шнур. Далее по шнуру во внутреннюю сторону отбивается лопатами линия в виде ровной неглубокой канавки, которая и выявит основание плотины по всей ширине балки.

Одновременно с этим отмечают соответствующими кольями границы очертания замка и все его уступы согласно проекту, а также все очертания и переломы водоспускных сооружений. После того как на месте определено положение плотины и отмечена площадь

основания, приступают к рытью котлована для замка. При этом предварительно на всей площади основания должен быть тщательно снят растительный и торфяной покров, деревья и кусты вырублены, а пни выкорчеваны, камни (крупнее 9—13 см) удалены.

Все это должно быть удалено на низовую сторону плотины и сложено в таком месте, чтобы при производстве работ и в дальнейшем, при эксплуатации, они не мешали бы.

Если дерн предполагается в будущем использовать для укрепления откосов или же для других надобностей, то его снимают ровными кусками — дернинами, которые относятся или отвозятся за черту работ и складываются в штабеля травой вниз, стараясь не встряхивать грунта; также необходимо сложить в штабеля и камни, которые в будущем также могут быть использованы. После снятия растительного слоя, для правильной передачи давления на основание, а также для лучшего скрепления насыпи плотины с грунтом, поверхностный слой земли по продольному профилю плотины планируется горизонтальными невысокими уступами (0,20—0,30 м), причем подъемы между ступенями необходимо срезать не вертикально, а наклонно (с откосом $1:1\frac{1}{2}$), а самым ступеням в плане придавать форму ломаных линий, во избежание образования прямолинейных прожилок.

Рытье котлована для замка и засыпка его.

На подготовленном месте по оси плотины роется котлован для замка (траншея), согласно размерам, указанным в проекте. Если глубина замка невелика — откопка производится на выкид, в противном случае устраивают выезды, и земля вывозится на тачках по катальным доскам. При значительных работах применяют конную вывозку на особых, легко опрокидывающихся подводах. Иногда, если количество земляных работ очень велико, работу ведут при помощи вагонеток,двигающихся с помощью конной тяги по легким рельсам (система Дековилля).

Если вынутая из котлована земля негодна для насыпки плотины, то ее отвозят за границу насыпи на низовую сторону. Если же грунт хороший, то его складывают отдельно в стороне; можно из этого грунта насыпать с верховой стороны плотины вал, который будет в случае паводков предохранять выемку от затопления. В случае появления в котловане воды прибегают к водоотливу, отнюдь не делая замка в воде. Иногда приток воды бывает настолько значительным, что имеющимися приспособлениями нельзя успеть откачать ее; в таком случае разбивают котлован на отдельные участки временными перемычками или шпунтами. Изолировав небольшой участок, откачивают из него воду тем или другим водоотливным приспособлением, продолжая работу, как на суше. Если по проекту ниже замка дол-

жен быть шпунт, то после выемки котлована приступают к его набивке. При значительном притоке грунтовых вод работа идет отдельными участками, так же, как и копанье котлована. Стенки котлована при слабых грунтах во избежание обвалов необходимо крепить. Для этого толстые доски или пластины располагаются вдоль стены и через всю ширину котлована распираются бревнами. Крепление стенок следует делать и в тех случаях, когда глубина котлована больше 3 м.

Если на дне котлована выбивается ключ, то таковой следует заглушить; с этой целью необходимо вокруг ключа вырыть ямку и забить последнюю, а также и отверстие самого ключа сухой смесью цемента и песка состава 1:1, с тщательной утрамбовкой, или же еще лучше—чистым цементом.

По окончании работ, связанных с рытьем котлована, приступают к устройству замка; большое внимание при этом должно быть обращено на выбор грунта. Выемка, из которой берется земля, называется резервом. Последний в видах экономии возки должен быть заложен возможно ближе к плотине. Если резервы запроектированы в районе будущего водохранилища с целью увеличения емкости последнего, то они должны быть заложены не ближе 10 м от подошвы верхового откоса плотины. Грунт для засыпки котлована выбирается для плотин высотой до 8 м в виде чистой жирной глины и только в исключительных случаях, ввиду отсутствия последней в районе работ, можно пользоваться суглинком. Перед насыпкою земли дно котлована взрыхляется на один штык, и он постепенно заполняется влажной, жирной глиною, которая разравнивается ровным слоем толщиной в 0,14—0,20 м, при этом комки должны разбиваться, а посторонние предметы—камни, корни растений и пр.—выбрасываются из котлована. Непосредственно вслед за разравниванием глины приступают к самому тщательному уплотнению насыпанного слоя, что делается деревянными трамбовками. Рабочие начинают трамбование с одного конца котлована, становятся в ряд и постепенно двигаются к другому концу. При этом следует наблюдать, чтобы не было отдельных углублений или возвышений, а также поката в одну какую-либо сторону. В случае очень сухой погоды надо глину в замке промачивать на ночь и в обеденный отдых, а когда начинают работу, надо глину всковыривать железными граблями или краем острой лопаты. Применение поливки необходимо и в тех случаях, если глина сухая (нужно брать воды примерно около 2,5 ведер на 1 кв. м поверхности).

Для набивки замка в сложных и более высоких плотинах (более 8 м) следует употреблять чистую глину, смешанную с водой и песком, примерно в составе 6 частей глины на 4 части песка, придавая

смеси густоту сырой земли. Для проверки достаточной густоты рекомендуется заполнить смесью ведро (цилиндрическое); если при опрокидывании ведра материал в нем остается, то последний считается годным к употреблению.

Нужно обращать особое внимание на тщательное смешение глины с песком, стремясь к тому, чтобы частицы глины заполнили промежутки между зернами песка, так как только при этом условии смесь является практически непроницаемой, по мнению профессора Форгеймера.

Инженер Герберт Вильсон¹⁾ (Herbert M. Wilson) рекомендует следующую идеальную смесь материалов:

Крупный гравий	1,00 куб. м
Мелкий песок	0,35 " "
Песок	0,15 " "
Глина	0,20 " "
Итого	1,70 куб. м

Эта смесь после трамбования дает объем, равный 1,25 куб. м., показывая, таким образом, уплотнение в $26\frac{1}{2}\%$.

Такую смесь следует употреблять при особо больших сооружениях и только в том случае, если это оправдывается экономическими соображениями.

Работы по возведению тела плотины.

После засыпки котлована (замка) приступают к насыпке самого тела плотины, которая в общем производится так же, как и насыпка замка — тонкими сплошными слоями толщиной от 0,10 до 0,25 м, с разравниванием и тщательным уплотнением каждого слоя помощью трамбовок, катков, колес, землевозных повозок или копытами лошадей, с легкой поливкой лейками. Повозки следует посылать в разный след, чтобы в одну сторону ехали груженные, а в другую — пустые; потом направление колес надо менять. Слои нужно сыпать по всей ширине плотины, а не то что сначала середину, а потом откосы; этого делать не следует, иначе будут щели. Поверхность слоев не должна быть горизонтальна, а несколько вогнута, с наклоном в $\frac{1}{25}$ по направлению оси плотины. Этим достигается лучшее увлажнение осевой части плотины, где требуется наибольшее уплотнение. Насыпь нужно вести на большую ширину против проектной с тем, чтобы, срезав под профиль по утрамбовке слоев, можно было получить плотину не только требуемого профиля, но и требуемой равномерной плотности. При сильном дожде работа приостанавливается, дабы дать возможность земле подсохнуть. Каждый слой по возмож-

1) H. Wilson, Irrigation Engineering, 1912 г., стр. 376.

ности должен заканчиваться в один рабочий день, а если это невозможно, то нужно дать стык слоям не поперек плотины, а продольный. Перед укладкой нового слоя, предыдущий следует проборошить для лучшей связи между ними. В сухое время, чтобы не дать земле высохнуть, слой с вечера и утром, за 2 часа до работы, необходимо полить из леек, однако не допуская образования луж. Грунт, идущий в насыпь плотины, должен быть естественно-влажный, рыхлый, не кусковатый. Сухая отвердевшая земля, комья, мерзлая земля или камни величиною больше 9—10 см не допускаются. Если земля в резерве плотно слежалась и трудно поддается лопате, то ее предварительно разрыхляют, применяя ударные инструменты (кирки, ломы и др.), или же вспашку плугом. Вообще нужно стараться достигнуть такого уплотнения земли, чтобы единица объема готового тела плотины была минимум на 35% тяжелее такого же количества грунта (приведенного в сухое порошкообразное состояние), который послужил для ее сооружения.

После окончательного возведения насыпи, откосы плотины срезаются (планируются) по лекалу, которое необходимо также иметь и во все время производства работ для проверки правильности заложения откосов. Лекало представляет собой сбитый из тонких досок прямоугольный треугольник, один катет которого равен 1 м, а другой, короткий, имеет длину, соответствующую заданному заложению, и снабжен отвесом. Так, например, при тройном заложении откоса меньший катет равняется 0,33 м и т. д. Принимая, однако, во внимание соответствующую осадку плотины в будущем, откосы должны быть во время работы круче проектных, а потому и у лекала меньший катет должен быть длиною не 0,33 м, а 0,37 м (если осадка насыпи принята в проекте в 10%). Пользование лекалами не представляет затруднений. При производстве работ следует установить на некотором расстоянии друг от друга несколько постоянных лекал, которые дадут возможность поверять откосы во все время работ. По мере возведения насыпи лекало можно будет переставлять.

Так как со временем тело плотины дает осадку, величина которой зависит от высоты плотины на данном пикете и степени ее уплотнения, то при работах необходимо насыпать плотину с запасом на 10—12% против проектных высот плотины.

Во избежание застоя воды на гребне последний делается выпуклым, со скатом в обе стороны от оси плотины, причем величина стрелы выгиба может быть принята в 2% от ширины гребня.

В том случае, если по плотине в будущем предполагается проезжая дорога, гребень ее замачивается камнем на песке с плотной расщебенкой и утрамбовкой по типу мощения шоссежных дорог.

Насыпку плотин в наших условиях следует начинать ранней

весной и производить медленно, так как только при таких условиях к следующей весне насыпь успеет слежаться настолько, чтобы выйти невредимой из борьбы с весенними водами, а кроме того плотины, возведенные весной, во первых, дешевле, вследствие дешевизны в это время рабочих рук и ненужности поливки водой, а во вторых, прочнее, так как земля с весны сама по себе достаточно влажна, а влажная земля хорошо укатывается и трамбуется. Нельзя делать плотину во время морозов, когда земля не трамбуется.

Во избежание размыва возводимой насыпи дождевыми водами во время производства работ, необходимо отводить их или особым каналом, сделанным на пологом берегу балки, или же оставлять в плотине запасное место для пропуска воды, которое впоследствии должно быть особенно тщательно заделано и соединено замками с остальной частью плотины, при весьма аккуратном трамбовании тонкими слоями. В случае постоянного притока воды можно ее отводить деревянными лотками. Для более высоких плотин способ пропуска ливневых вод в период работы должен быть специально запроектирован, принимая во внимание местные условия.

Так, например, в том случае, если в устраиваемой балке имеется постоянный ток воды, последнюю можно отвести особым косогорным каналом, подведя его к отметке гребня плотины и спустив воду снова в балку за плотинной, если это позволяют топографические условия местности. Следует однако заметить, что расход по устройству канала может быть довольно значительным. Поэтому в каждом частном случае экономические сравнения покажут, какой способ принять для отвода воды. Перевод воды через дамбу может быть сделан следующим образом: в насыпаемой запруде оставляется выемка достаточной величины для пропуска притекающей воды; впуск в выемку временно укрепляется хворостом; с низовой стороны плотины устраивается из досок лоток, тщательно проконопаченный и осмоленный, которым вода сбрасывается на дно тальвега. В предупреждение подмыва подошвы под струю кладут фашины и камень. Когда земляная насыпь достигнет значительной высоты, то канал для пропуска расхода переводят на другую сторону плотины. Для этого в начале выемки с обеих сторон ее забивают шпунт, оставляя небольшое отверстие в нем, и, чтобы прекратить сразу ток воды, устраивают щиты из 2 — 3 досок, которые и закрывают отверстие в шпунтовой линии. После того тщательно осматривается вся выемка, по которой протекала вода, и затем тщательно, тонкими слоями, с утрамбовкой, засыпается грунтом. Вода же, поднявшись до отметки дна нового канала, начинает переливаться с другой стороны плотины по особо устроенному лотку, а шпунт может быть вынут из тела плотины. Таким образом работа продолжается дальше.

Если при возведении плотины приходится пользоваться сухим грунтом или же насыпать плотину в очень жаркое время и в силу этого пользоваться смачиванием грунта водой, то можно применить следующий способ постройки: в том случае, если ширина основания плотины значительная, для удобства работ плотину разбивают по оси на две половины. Сначала ведут насыпку слоя на одной стороне; разравняв землю, устраивают по краям валики и наливают воду или при помощи ведер и насосов, или, если это по условиям местности бывает возможно, делают канал, которым и подают воду на плотину. Закончив поливку одной стороны, переходят на другую часть и т. д. Средний валик, отделяющий одну часть от другой, должен каждый раз насыпаться на новом месте, чем будет обеспечена правильная замочка и трамбовка средней части. Наружные валики также следует поливать и уколачивать деревянными трамбовками. Когда дамба выведена на значительную высоту, то производство работ на двух участках делается неудобным, и насыпка идет по всей площади.

Если при плотине устраивается открытый шлюз (водоспуск), то он строится раньше тела плотины и при возведении последней остается открытым для пропуска ливневых вод. Необходимо при этом при возведении плотины обратить особое внимание на тщательное и непроницаемое сопряжение тела плотины с боковыми стенками и открылками водоспуска.

На основании всего сказанного выше видно, что главнейшим условием устойчивости и непроницаемости земляных плотин является тщательное и аккуратное исполнение работы, в особенности по уплотнению материала дамбы, а потому при их возведении необходим весьма тщательный надзор технического персонала в течение всего времени производства работ.

Г Л А В А V.

УКРЕПЛЕНИЕ ОТКОСОВ ПЛОТИН.

Так как откосы земляных плотин подвергаются разрушающему действию волн водохранилища, а также атмосферному влиянию, то для сохранения их в целости прибегают к их укреплению. К последнему прибегают и в том случае, когда угол естественного откоса грунта весьма мал и когда хотят уменьшить количество земляных работ по устройству плотины.

Как общее правило следует заметить, что к укреплению откосов плотин следует приступать после того, как насыпь достаточно осядет, т. е. обыкновенно не раньше, как через 6 месяцев или даже через год после ее возведения.

В дальнейшем следует иметь в виду, что приводимые ниже типы укреплений применимы не только для откосов плотин, но и для других гидротехнических сооружений — каналов (осушительных, оросительных и др.) — в предупреждение размывания дна и откосов, искусственных сооружений и пр.

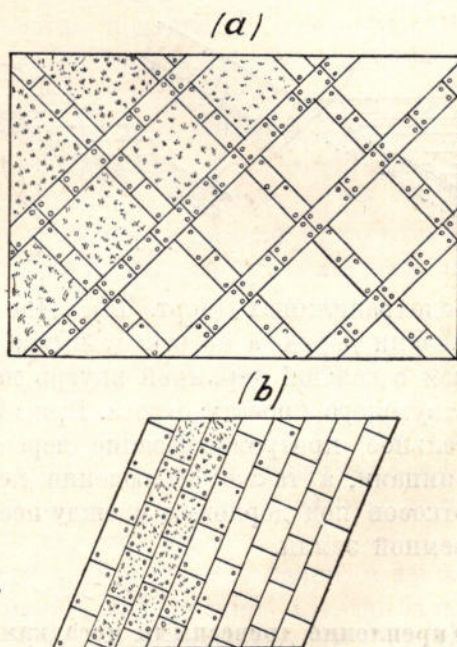
Все встречаемые типы укреплений и одежд можно классифицировать по роду материала на следующие группы:

- 1) дерновые укрепления;
- 2) укрепления древесными посадками и посадкою семян различных растений;
- 3) фашинно-хворостяные и плетневые укрепления;
- 4) деревянные укрепления;
- 5) каменные и бетонные укрепления;
- 6) железо-бетонные укрепления.

Дерновые укрепления.

Самым дешевым и часто встречающимся материалом, могущим послужить для укрепления дна и откосов каналов от размыва, а также откосов плотин, является дерн. Этот материал применим только при небольших скоростях воды в каналах (не больше 1 м в секунду), проходящих в слабых лессовых или песчаных грунтах, для укрепления от размывания волнами откосов плотин небольшого напора и пр. Прежде чем приступить к дерновке, откос, как общее правило, должен быть выправлен и спланирован.

Дерн выбирается с низкой травяной растительностью, с густыми и крепкими корнями. Режется он прямоугольниками в 50 см длины и 30 см ширины при толщине 8—10 см, правильно по шнуру лопатой или особым резаком, который тянут веревкой. Дерн необходимо перевертывать травой вниз и вообще стараться не сбивать с корней землю. Дерновые работы производятся или весной, или не раньше конца августа, так как в жаркое время дерн быстро высыхает и требует обильной поливки. При помощи дерна укрепление можно про-

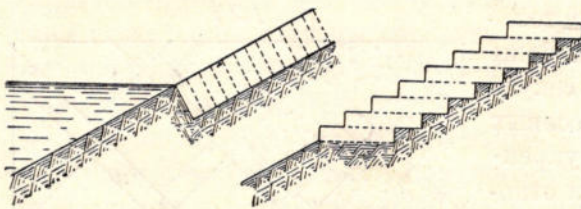


Черт. 17 а, б.

изводить несколькими способами. Первый способ применяется в каналах при малых скоростях (до $0,75$ м/сек), как временная мера, впредь до зарастания канала травой и до осадки бровок, а также для укрепления низового откоса плотин, и состоит в покрытии дна и откосов лентами дерна с квадратными промежутками, по 1 м в стороне, которые засеваются обычно низкорослыми травами — люцерной, тимофеевкой, клевером и др. (черт. 17 а).

Кладку, как общее правило, следует вести аккуратно, кладя дернины травой вверх, плотно прикладывая одну дернину к другой и прихлопывая деревянной колотушкой сверху. Чтобы дернины не сползали, их прибивают к земле деревянными спицами в 30 см длиной, по $3—4$ спицы на каждую дернину, как показано на чертеже 17 а.

Второй способ дерновой кладки (плашмя) состоит в сплошном покрытии ложа канала или откоса плотины дерном, причем при укладке необходимо соблюдать перевязку в швах (черт. 17 б). Кладку можно вести или нормально к бровкам и дну, или же наклонными слоями. Последний способ более рационален.



Черт. 18.

И, наконец, третий способ (дерновка в кладку) можно применить при более значительных скоростях в каналах до 1 м/сек, при слабых грунтах и для укрепления верхних откосов плотин при больших волнениях в водохранилищах (черт. 18). Дно канала обычно закрывается $3—4$ рядами дерна, а по откосу выкладывается ступенчатая стенка, отступающая с каждой дерниной внутрь на $8—10$ см для образования соответствующего проекту откоса. При этом способе также необходимо тщательное притрамбовывание деревянными колотушками и прибивка спицами, а также соблюдение перевязки швов. При плохом грунте откосов под дерновую одежду необходимо подсыпать хорошей черноземной земли.

Укрепление древесными посадками и семенами различных растений.

Наружный (низовой) откос может быть укреплен посадкой семян различных трав (люцерна, клевер, тимофеевка, овес и др.) весной. При песчаной насыпи откос, который предполагается засеять травой, предварительно должен быть покрыт слоем чернозема в $0,15$ м, насыпь из гравия необходимо покрывать слоем чернозема толщиной

в 0,30 м. Хорошо сеять травы в квадратных клетках по 1 м в стороне из дерновых полос.

Постоянное присутствие воды в больших каналах и регулярный пропуск ее через малые каналы создают благоприятные условия для укрепления их лесными насаждениями.

То же самое можно сказать и об откосах водохранилищ, подвергающихся ударам волн. Лесные насаждения не требуют больших затрат при посадке и большого ухода при росте.

Развистая крона деревьев затеняет зеркало водохранилищ и каналов и в значительной доле уменьшает испарение с поверхности.

Посадки производятся семенами, черенками и саженцами. Самыми лучшими породами для посадок являются все разновидности семейства *salix* — тал, верба, лоза, ива, тополь и др. Посадки делаются несколько выше горизонта постоянных вод. Для посадки черенков (свежесрубленные куски тала и вербы длиной в 0,40—0,60 м) делают ряд ямок при помощи железного кола или лома, в которые и опускают черенки; далее подсыпают землю и поливают водой.

Для посадки саженцев (молодые деревья 1—3 лет) копают яму достаточной глубины, чтобы в ней могли поместиться все корни. На дно ямы полезно класть немного удобрения. Затем яма заполняется землей и поливается водой.

Посадка производится или весной, когда деревья еще не оделись листвою, или же осенью, когда движение соков в растении прекратится. Если черенки или посадки заготавливаются заранее, то, чтобы они не высохли, их следует засыпать влажной землей или опускать в воду. Посадка черенками производится быстрее и обходится дешевле сравнительно с саженцами.

Посадка производится по откосу или горизонтальными, или же наклонными к течению рядами, на расстоянии, примерно, 1 м ряд от ряда и в 0,30 м — черенок от черенка.

Ливневые и паводковые воды обыкновенно несут, в особенности с распаханых и обнаженных склонов, огромное количество ила, который, попадая в водохранилище, оседает на дно, заиливая водохранилище, и уменьшает постепенно его емкость.

Чтобы эти воды не размывали дна и берегов балки, а также водохранилища и кроме того с целью задержания ила, по балке (в особенности в ее верховьях) полезно делать посадки (ветла, ольха, береза, осина и мелкие кустарниковые породы), которые, задерживая ил и препятствуя быстрому таянию снега, способствуют равномерному питанию водохранилища.

С целью задержания ила иногда выше водохранилища копают поперек балки ряд канав, параллельно друг другу, в расстоянии 60—100 м. На бровке канавы иногда устраивают плетень, впереди

которого делают отсыпь из земли, вынутой из канавы, с полуторным откосом. Ширину канавам по верху дают 1 м, при глубине ее в 0,40 м.

Посадки при укреплении откосов плотин полезно производить на внутреннем (водном) откосе, для чего следует употреблять кустарниковые породы, например, мелкую лозу, не дающую толстого ствола. Посадки на гребне плотины или на ее низовом (сухом) откосе не делаются, так как листва затеняла бы плотину и, поддерживая влажность, ослабляла бы ее.

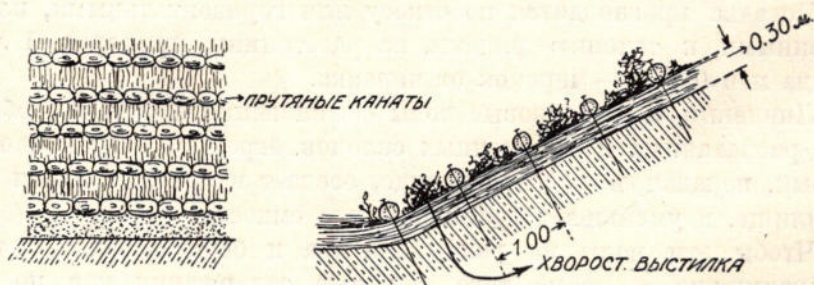
Кроме того корни деревьев, стремясь к влаге, протягивались бы к водохранилищу, открывая путь для фильтрации. При сильном ветре деревья могут быть вырваны с корнем, что послужит к разрушению плотины. После смерти деревьев корни, сгнивая, оставят ход для фильтрации воды.

Фашинно-хворостяные и плетневые укрепления.

Материалом для этих работ служат тал, верба и другие виды пород этих деревьев. При укреплении плетнями и фашинами хворост и колья следует употреблять свежие, живые, которые бы, принимаясь, давали корни и ростки. Применение тяжелых фашин имеет место при устройстве перепадов и быстротоков для уничтожения размывающего влияния воды.

Ввиду того, что способов укреплений весьма много, в настоящей работе будут приведены лишь наиболее распространенные и простые типы укрепления откосов плотин и каналов.

На чертеже 19 показано применение хворостяной выстилки и фашинных канатов для укрепления водных откосов плотин, под-

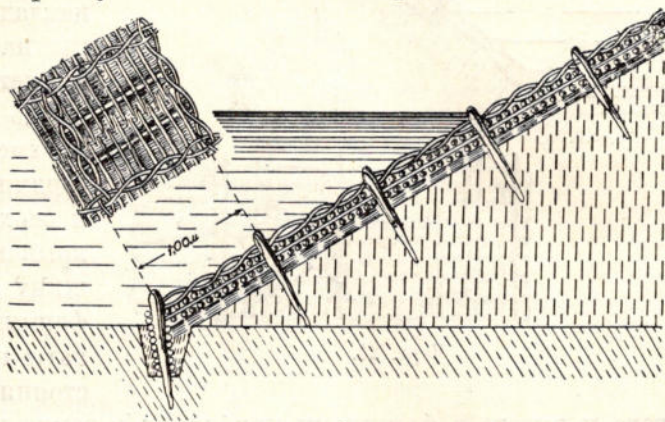


Черт. 19.

вергающихся размыву от волнения. По спланированному откосу делают выстилку из хвороста, толщиной около 30 см, нормально бровке, с переменным чередованием комлей в ту и другую сторону. Поверх хвороста укладываются фашинные канаты, через 1 м друг от друга, параллельно бровке откоса, прибиваемые к земле свежими таловыми кольями.

Укрепление откосов одними фашинными или прутяными канатами можно производить следующим образом: обделав соответственным образом откосы, укладывают канаты горизонтально или несколько наклонно на расстоянии около 0,5 м друг от друга, прибывая в местах пересечений кольями, имеющими на конце крючок; промежутки между канатами могут быть засыпаны землей и засеяны травами или же заполнены дерном, а при благоприятных условиях могут быть заилены сами собою. Крючком кольца захватывают канат и притягивают его к земле.

Укрепление по чертежу 20 заключается в применении сплетенных из хвороста так называемых мат, уложенных плашмя на откос, на подстилке из соломистого навоза; маты удерживаются на месте несколькими продольными и поперечными невысокими (в один или два слоя хвороста) плетнями,



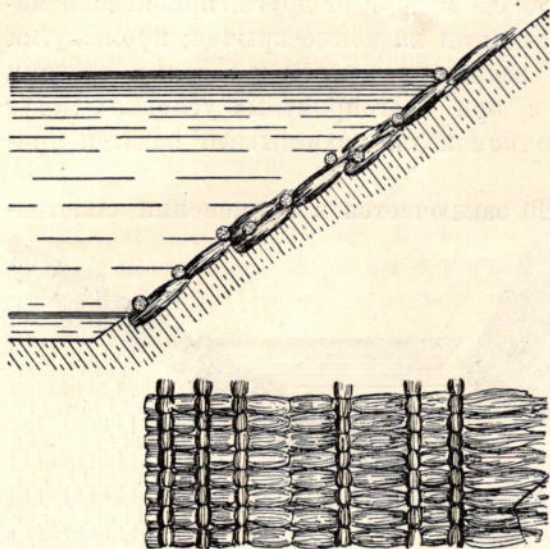
Черт. 20.

образующими квадратные клетки, примерно в 1 м в стороне.

При невысоких плотинах и небольших водохранилищах для предохранения водного откоса от размыва волнами весьма целесообразна следующая конструкция: по откосу плотины, параллельно ее гребню, примерно на 0,60 м ниже подпорного горизонта, проводится траншея, сечением $0,40 \times 0,40$ м, в нее забивается ряд колеев, длиной 2 м, толщиной 6—8 см, в расстоянии 0,40 м друг от друга; кольца оплетаются хворостом доверху, начиная с половины глубины траншеи до уровня на 0,60 м выше подпорного горизонта. Затем траншея заполняется землей с плотной утрамбовкой. Через каждые 2 м этот плетень укрепляется во избежание обвала поперечными плетнями (анкерами), для чего перпендикулярно к нему вверх по откосу забиваются 3—4 кола, которые оплетаются и скрепляются с продольным плетнем.

При больших водохранилищах (по длине и ширине) и невысоких плотинах верховой откос можно делать с бермой на уровне подпорного горизонта, шириною в 1,25—1,50 м и в таком случае укрепить откос можно, сделав по краям бермы плетни и посадив между ними черенками какую-либо кустарниковую породу (напр. иву).

Укрепление земляных откосов фашинами может производиться самыми разнообразными способами. Простейший состоит в том, что фашины укладывают нормальными рядами к оси сооружения по



Черт. 21.

откосу, метлой вверх. Фашины покрываются канатами и прибиваются к грунту кольями. Если откос большой, то кладут несколько рядов фашин, укрепляя низ каждого ряда. Для удобства накладывания одной фашины на другую, откос планируется уступами длиной до 1,5 м, в которые кладут двухметровые фашины. Последние упираются в уступ и верхушкой на 70 см закрывают вышележащую фашину (черт. 21). Уложив фашины, на них кладут канаты горизонтально в расстоянии 70 см один от дру-

гого и вместе с фашинами прибивают к земле кольями.

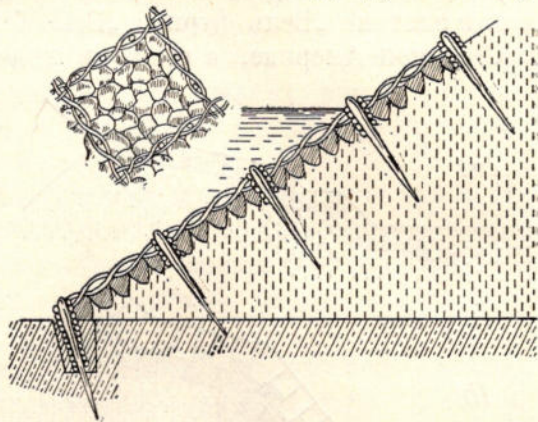
Иногда фашины кладут по откосу параллельно течению и прибивают кольями. Сверху засыпают глиной и тщательно трамбуют.

Каменные, бетонные и железобетонные типы укреплений.

Камень является прекрасным материалом для укрепления откосов плотин, русел каналов и других гидротехнических сооружений. Простейший тип укрепления камнем — обыкновенная мостовая из булыжника. Мостить можно на мху, солоmistом навозе, а при легко размываемом грунте — на слое песка, гравия или щебня. Поверхность, предположенная к мощению, предварительно должна быть спланирована, затем подсыпается слой песка или гравия толщиной 15—20 см и мостовщик приступает к укладке камней, причем камни ставятся возможно плотнее друг к другу, „тычком“, т. е. наибольшим измерением нормально к поверхности; промежутки между камнями заполняются возможно тщательнее щебнем, после чего вся вымощенная поверхность трамбуется. При укреплении откосов невысоких плотин верхняя часть мостовой, начиная на 0,25 м ниже подпорного уровня и до верхней бровки, может быть сделана на более толстом слое щебня, для чего откос соответствующим образом сре-

зывается. Внизу откоса мостовая должна во избежание сползания упираться в каменную призму или же в крепкий плетень, установленный на дне водохранилища у подошвы верхнего откоса вдоль всей плотины.

Весьма прочным укреплением является мощение камнем в плетневых корзинах. Для этого по спланированному откосу и перпендикулярно к нему забиваются рядами кольца, в расстоянии 1 м ряд от ряда и на таком же расстоянии друг от друга. Кольца забиваются в глубину на 70 см, оставляя сантиметров 13 наружу, и между кольцами делается заплетение. В квадратных пространствах между плетнями вынимается земля и производится мощение „тычком“ на мху или на соломистом навозе. Камни должны быть величиной не менее 22—27 см (черт. 22). На больших прудах верхняя часть мощения водного откоса должна быть сделана в плетневых корзинках.

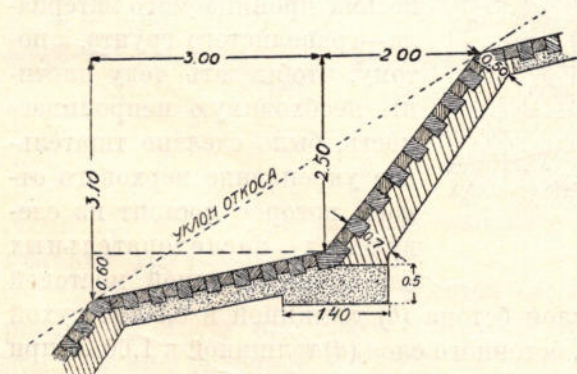


Черт. 22.

Если под рукой имеется камень, разбивающийся на плитки, укрепление можно вести так, как указано для дерновых типов (черт. 18), причем по выровненной поверхности камень укладывается плашмя; работа должна вестись тщательно, стараясь, чтобы под камнями не оставалось пустот, следствием чего может получиться осадка

их. Более прочным укреплением будет кладка камней в стенку, причем кладку можно вести насухо или же на каком-либо растворе—глинистом, известковом или цементном.

При больших земляных плотинах для укрепления верхнего откоса плотин обычно применяется каменная кладка на растворе или же бетонная одежда.



Черт. 23.

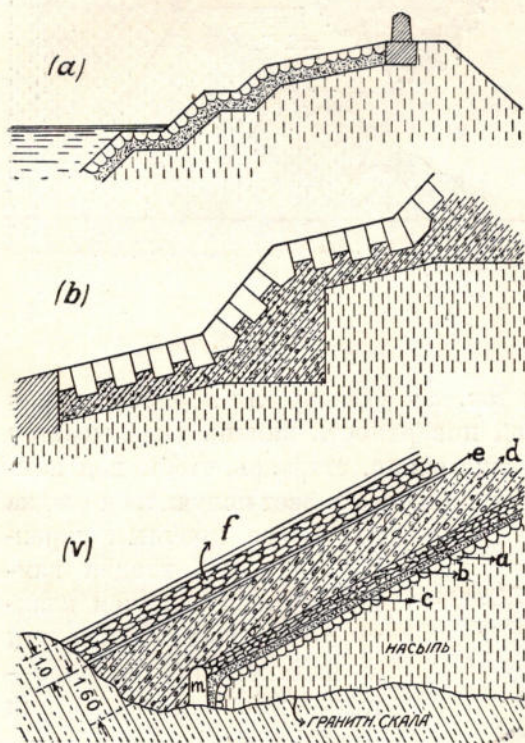
Укрепление часто делается в виде ступенчатой каменной кладки, покоящейся на бетонном основании, как это показано на чертеже 23, представляющем собой укрепление откоса французской плотины

„Миттерсгейм“ („Mittersheim“) в Эльзасе. Здесь каждый уступ образован из наклонной каменной стенки на растворе высотой в 2,50 м, толщиной в 0,50 м в верхней части и в 0,70 м — при основании, которое располагается на бетонном массиве толщиной в 0,50 м и шириной в 1,40 м. Две соседние стенки отделены бермой, имеющей падение в 0,60 м; толщина бермы равна 0,30 м, из которых 0,18 составляет слой бетона, а 0,12 — мощение.

Бетонная одежда может применяться в виде плит размерами $12,5 \times 17 \times 20$ см, уложенных по слою гравия, толщиной в 62 см, как в плотине „Бель фурш“ („Belle fourche“) в штате Южная Дакота в Северной Америке, а также в виде ступенчатой каменной мостовой, втопленной в бетонную

кладку (черт. 24 а и б). Чертеж 24 а представляет тип укрепления плотины „Форси неф“ („Forsy neuf“), а чертеж 24 б — плотины „Монтобри“ („Montaubry“) во Франции.

Как на весьма интересный тип бетонного укрепления верхнего откоса плотин следует указать на плотину „Оредон“ („Orédon“) во Франции (черт. 24 в). Плотина, предназначенная для образования искусственного подпора озера Орэдон, была сооружена из весьма проницаемого материала — гравелистого грунта, а потому, чтобы дать телу плотины необходимую непроницаемость, было сделано тщательное укрепление верхнего откоса, которое состоит из следующих последовательных слоев: из каменной мостовой



Черт. 24 а, б, в.

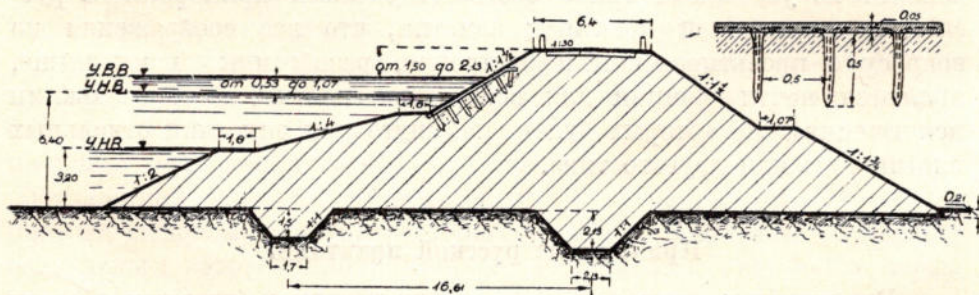
(а) с полуторным уклоном, слоя бетона (б) толщиной в 0,20 м, сухой кладки (с) толщиной в 0,30 м, бетонного слоя (д) толщиной в 1,60 м при основании и в 1,20 м при гребне плотины, слоя асфальта (е) толщиной в 0,02 м и последнего слоя сухой кладки и каменной мостовой (ф) толщиной в 1 м, служащего защитой против ударов волн, льда и пр.; большую роль при этом играет четвертый бетонный слой; вода, просочившаяся сквозь бетонную покрывку, не в состоянии попасть в насыпь пло-

тины, так как перехватывается на своем пути третьим слоем (из сухой кладки) и по поверхности второго бетонного слоя стекает в коллектор (*m*) в виде галереи в 1 м шириною и в 1,50 м высоту, идущей вдоль всей подошвы плотины; дно галереи врезано в гранитную скалу; на этой скале основана вся плотина; из коллектора фильтрационная вода выводится особым каналом за пределы плотины.

Бетонная одежда весьма часто применяется для укрепления дна и откосов каналов, в особенности оросительных, с целью сбережения воды в местностях, страдающих недостатком влаги, а также иногда и в судоходных. Кроме того, бетонная одежда применяется очень часто при начале и конце искусственных сооружений — на перепадах, в различного рода регуляторах, шлюзах, при устройстве сифонов, водобойных колодцев и т. д. Часто бетон служит только основанием для каменной кладки.

Применение железо-бетонной одежды для укрепления дна и откосов за последнее время получило большое распространение во всех странах. Эти конструкции во всех странах заняли почетное положение и начинают вытеснять другие материалы, что объясняется их прочностью, долговечностью и простотой.

В виде примера укрепления откоса железо-бетонной одеждой по способу проф. Мёллера приведем плотину с подпором в 6,40 м, запроектированную для условий Новоузенского уезда, Саратовской губ.



Черт. 25.

(черт. 25) второй поволжской изыскательной партией б. отдела земельных улучшений.

Работа по укреплению ведется следующим образом: по спланированному откосу пробивают в земле железным ломом несколько рядов скважин глубиной в 0,50 м на расстоянии 0,5 м ряд от ряда и на таком же расстоянии скважина от скважины; над каждым рядом скважин кладут по проволоке и, прикрепив к ней короткие куски проволоки, запущенные в скважины, заливают последние цементным раствором (1 часть цемента и 1 часть песка); по затвердении раствора покрывают откос слоем бетона толщиной в 5 см так, чтобы проволока

пришлась, примерно, посредине одежды, с каковой целью под проволоку подкладываются камешки соответствующей величины.

Система Мёллера была неоднократно испытана на различных судоходных каналах Германии; в результате испытаний было признано, что одежда эта особенно хороша для плотных и вообще малоизменяемых грунтов.

Если же приходится иметь дело с подвижным грунтом, способным принимать осадку или пучение, то предпочтительнее принять систему защиты менее жесткую, как, например, одежду из отдельных плит, так как в этом случае одежда Мёллера, вследствие изменения температуры и влажности, дает вертикальные трещины. Для избежания трещин рекомендуется оставлять стыки для расширения в конце каждого рабочего дня, примерно, через каждые 5 м.

ГЛАВА VI.

ПЛОТИНЫ ИЗ ОДНОРОДНОГО ГРУНТА ПО ВСЕМУ СЕЧЕНИЮ.

(Чистый тип земляной плотины.)

Перейдем непосредственно к описанию различных типов земляных плотин, согласно принятой нами классификации, иллюстрируя каждый из указанных типов соответствующими примерами из русской и заграничной практики; заметим, что все соображения по вопросу о проектировании и постройке, разобранные нами выше, являются почти общими для всех типов плотин, за несколькими исключениями, о которых будет упомянуто при описании отдельных плотин того или другого типа.

Примеры из русской практики.

Все плотины, выстроенные в наших условиях (главным образом для целей орошения и водоснабжения), следует отнести к типу чистых земляных плотин сравнительно небольшой высоты. Одна из самых высоких плотин — это плотина, устроенная в 1879 году на орошаемом участке в имении бывшем А. М. Жеребцова, на водоразделе двух притоков р. Медведицы — речек Арчады и Березовки. Плотина образует так называемое Верхне-осиновское водохранилище (старое) емкостью в 2 200—2 250 тысяч кубических метров. Высота плотины достигает 15 м, при глубине воды водохранилища у плотины до 14 м; ширина гребня плотины в середине 6—8 м, а в концах 4—6 м; откосы: водный — двойной и более пологий, низовой — полукруглый; длина плотины по подошве тальвега балки 64 м, а всей —

225 м, при объеме насыпи до 69 330 м³. Для лучшего сопряжения тела плотины с грунтом, для устранения опасной фильтрации воды под подошвой плотины, для уничтожения и преграждения случайных ходов, нор, корневых остатков и всяких трещин в почвенном слое, служащем основанием плотины, сделаны замки. Один замок выкопан вдоль всей плотины под ее серединой, глубиною до 1,5 м, шириной по низу 70 см и по верху 2 м, другой такой же — ближе к водному откосу. Во время постройки плотины все внимание было сосредоточено на устройстве водонепроницаемой и прочно сопряженной с грунтом насыпи; дно под водохранилищем представляло само по себе довольно водонепроницаемый материал — суглинистый чернозем, залегающий на глине, — и не нуждалось в каких-либо особых мерах, предупреждающих фильтрацию. В первое время после устройства водохранилища замечалась значительная потеря воды путем просачивания в грунт. Затем, с течением времени, дно и берега водохранилища заилялись и все меньше и меньше пропускали воду. В настоящее время потеря на испарение и фильтрацию в течение года составляет слой воды высотой от 0,60 до 1 м. Для подачи воды на орошаемые поля плотина снабжена двумя чугунными трубами, диаметром в 30 см, уложенными с уклоном около 0,005 по обе стороны плотины и снабженными особыми затворами; глубина воды над правой трубой — 3,92 м, а над левой трубой — 6,05 м, считая от горизонта высокой воды водохранилища, так что после использования воды для орошения остается еще достаточный мертвый запас воды, чтобы предохранить плотину и дно пруда от высыхания, промерзания и образования опасных трещин. Стоимость погонной сажени 12" чугунной трубы обходилась свыше 42 руб., что следует считать весьма большим расходом. Последние соображения, а также трудность совершенного сопряжения труб с земляной насыпью плотины заставили впоследствии заменить водоспускные трубы переносным железным прямым сифоном, описание которого см. стр. 177. Всего водой Верхне-осиновского водохранилища орошается площадь в 450—560 гектаров.

Кроме Верхне-осиновского водохранилища на этом же участке имеются еще три больших пруда — Дудачий, Крутовский и Ново-осиновский, вода которых также используется для орошения. Плотина Дудачьего пруда построена в 1881 году и имеет в высоту 10 м, в длину 700 м (вся), а по подошве тальвега бажки — 49 м; объем плотины составляет около 96 020 м³, а емкость водохранилища — до 2 350 тысяч кубических метров, из которых на мертвый объем воды приходится только 100 тысяч кубических метров, а на полезный — 2 250 тысяч. Всего водой Дудачьего водохранилища орошается 340—400 гектаров. Вода поступает в ирригационные каналы через две чугунных трубы, заложенных в теле плотины с левой и с правой сторон, причем

глубина воды над правой трубой—4,10 м, а над левой—4,58 м, считая от горизонта высокой воды водохранилища, при наибольшей глубине воды в последнем в самой пониженной точке тальвега 9 м.

Плотина Крутовского пруда возведена в 1887 году, при высоте 13 м, длине по подошве тальвега балки—53 м, полной длине—485 м и при глубине воды в самой пониженной точке тальвега—11—12 м. Объем водохранилища составляет 2 500—3 000 тысяч кубических метров, а орошаемая площадь 300—350 гектаров. В левой стороне плотины заложена труба, отметка верха которой равна 5,25 м над наивысшим горизонтом воды в водохранилище. Объем плотины составляет 81 300 м³.

И наконец последняя сравнительно большая плотина Ново-осиновского водохранилища, выстроенная в 1905 году, образует пруд емкостью до 800 тысяч кубических метров при длине плотины в 234 м и объеме в 50 000 м³. В остальном (ширина гребня, заложение откосов и пр.) все три плотины сходны с плотиной Верхне-осиновского водохранилища. Помимо этих четырех основных плотин на участке выстроено до двадцати четырех земляных небольших плотин для лиманного орошения 75 гектаров лужков. По вопросу о стоимости четырех главных плотин следует заметить, что все четыре плотины обошлись в 39¹/₂ тысяч рублей, из которых приходится на:

Верхне-осиновскую	12 500 руб.
Дудачью	12 000 „
Крутовскую	10 000 „
Ново-осиновскую	5 000 „

Таким образом, в среднем 1 кубический метр собранной в водохранилище воды обошелся в 4,8 коп., а 1 кубический метр насыпи плотины—в 13,8 к., причем в эту сумму не вошла стоимость оборудования трубчатых водоспусков при плотинах.

Из других сравнительно высоких плотин следует указать на ряд плотин, выстроенных для орошения на так называемом Каменском орошаемом участке в 35 верстах от города Артемовска (Украина). На реке Каменке возведена водоудержательная земляная плотина шириною по верху 3—4 м и высотой около 12 м; водный откос—1 : 2¹/₂, а наружный—1 : 1¹/₂. По правую сторону плотины в доломитовой скале нагорного берега высечен водослив в форме открытого канала с отвесными стенками для прохода избытка весенних вод; длина водослива 150 м, ширина—20,6 м; глубина—1,7 м; наибольший расход $Q = 31,8$ м³/сек. Для выпуска воды из водохранилища в оросительный канал под плотиной заложены две чугунных трубы, диаметром по 30 см (12"), конструкция которых описана нами на стр. 171. Объем образуемого этой плотиной Нижне-каменского водохранилища составляет около 330 тысяч кубических метров. Для питания водой Нижне-каменского водохранилища служат два водохрани-

лица на р. Плотке (приток р. Каменки): Верхне-плоткинское объемом 230 тысяч кубических метров и Нижне-плоткинское объемом 400 тысяч кубических метров. Из Нижне-каменского водохранилища с его двумя резервуарами на р. Плотке может орошаться площадь в 362 гектара.

На р. Каменке, выше впадения в нее р. Плотки, построено еще одно водохранилище — Верхне-каменское, объемом воды в 1 440 тысяч кубических метров. Водоохранилище образовано земляной плотиной, ширина которой по верху — 4 м, а высота — около 14 м. С правой стороны плотины устроен каменный с пятью перепадами водослив шириною в 16 м. Для выпуска воды в теле плотины заложена чугунная 30-см (12") труба. Верховые откосы всех плотин Каменского участка укреплены плетнями с засыпкой между ними камней.

На Тингутинском орошаемом участке (в Сталинградской губ.) в 1881 году экспедицией Жилинского поперек русла р. Малой Тингуты была устроена плотина с водосливным каналом (слева) в р. Большую Тингуту для отвода излишка весенних вод. Длина плотины равнялась 247 м, ширина гребня — 2 м, высота плотины в наиболее глубокой части реки — 12 м, откос водный 1 : 3 и наружный — 1 : 1 $\frac{1}{2}$. Водный откос был укреплен на площади 3 000 м² фашинами и камнями, а гребень плотины поднимался на 2,50 м выше нормального уровня воды в пруде. Водоохранилище, образованное этой плотиной, занимало площадь в 69 гектаров длиною в 2 700 м и объемом до 4 000 тысяч кубических метров. Водосливной канал был вырыт длиною в 555 м, шириною по дну — от 21 до 38 м и глубиною — от 1,34 до 3,20 м при полуторных откосах; горизонтальное дно канала было заложено на высоте нормального уровня воды в пруде, так что при указанном возвышении гребня плотины над этим уровнем, через водосливной канал мог переливаться слой воды толщиной в 1,5 м. Однако, несмотря на это, весенние воды 1882 года произвели размыв плотины на протяжении 38 м, почему плотину пришлось перестроить заново.

На этот раз она была устроена из двух частей — глухой, земляной и деревянного ряжевого водоспуска в теле плотины, заложеного в самой пониженной точке тальвега. Земляная часть плотины представляла насыпь, гребень которой имел ширину в 10 м, а на водном ее откосе была устроена берма на уровне высоких вод шириною в 10 м, причем откосу выше бермы дано двойное заложение, а ниже ее — тройное. Кроме того нижняя часть откоса была покрыта фашинником, загруженным камнем.

Конструкция деревянного водоспуска, устроенного в тальвеге р. Малой Тингуты, отверстием в 14,91 м и высотой в 3,83 м, описана ниже (черт. 73 а, б, в).

Эту вторую плотину постигла участь первой земляной плотины, но когда и при каких условиях, неизвестно.

В настоящем виде плотина представляет большую глухую земляную насыпь поперек всего русла р. Малой Тингуты длиной в 450 м, ширина гребня плотины — 9,6 м, наибольшая высота — 14,3 м и откосы: низовой — 1 : 1 $\frac{1}{2}$, верховой — со стороны воды — 1 : 3, а к подошве положе — 1 : 4 и 1 : 6. Верхняя часть откоса со стороны воды укреплена плетнем и засажена ивой (нижняя укреплена фашинником и камнем). Гребень плотины сделан выше уровня воды в пруде на 1 м. Объем водохранилища, образуемого плотиной, составляет 5 500 тысяч кубических метров, а площадь зеркала воды — 130 гектаров.

Старый водосливной канал в настоящее время заброшен и представляет мертвый овраг, довольно значительных размеров, а плотина продолжена через головную часть старого канала, почему он оказался отрезанным от водохранилища. Несколько выше этого места (метрах в 40) с той же левой стороны р. Малой Тингуты теперь устроен широкий (от 38 до 40 м) водослив с каменными перепадами и успокоителями, с каменной мостовой по дну и каменными откосами на $Q_{max} = 70-80 \text{ м}^3/\text{сек.}$

В 1908 году весенними водами водослив был разрушен. В настоящее время он весь капитально отремонтирован.

Для подачи воды из водохранилища в оросительный канал с левой стороны русла в теле плотины, на 10 м ниже гребня, заложены три чугунные водоспускные трубы, описание которых приведено на стр. 174—177.

Максимальный напор достигает 9 м. Поднятие воды в водохранилище еще на 1 м над дном водослива (при его начале) достигается шлюзом, устроенным на первом перепаде. После пропуска высоких вод шлюз закрывается деревянными щитами и до полива приблизительно на этой высоте удерживает воду.

Много земляных плотин (до 170) выстроено в Новоузенском уезде, Саратовской губернии для целей сельскохозяйственного водоснабжения и орошения, из которых опишем наиболее типичные.

При селе Дмитриевке, Куриловской волости, в 18 километрах от гор. Новоузенска, устроена на р. Казачьей Солянке плотина для водоснабжения села и главным образом для возможности искусственного орошения полей при механическом подъеме воды из водохранилища. Величина водосборной площади в среднем равна 270 км², при длине ее около 24 км и ширине около 11 км. При нормальном наполнении длина водохранилища — около 12 км, а наибольшая глубина у плотины — 6,80 м. При проходе весенних вод подпор воды может достигь величины 0,90 м, и поэтому самый высокий уровень воды в пруде будет $6,80 + 0,90 = 7,70 \text{ м.}$ Гребень плотины поднят выше

самого высокого горизонта воды на 1 м, и наибольшая высота плотины достигает $7,70 + 1,0 = 8,70$ м при ширине гребня в 6,4 м. Откосы плотины сделаны: водный — 1 : 3, а сухой — 1 : $1\frac{1}{2}$ и 1 : 2. При нормальном горизонте воды, соответствующем глубине воды у плотины в 6,80 м, объем водохранилища составит 1 790 600 кубических метров.

Излишняя весенняя вода сбрасывается в овраг „Облив“, в 2 км от его устья. Этот овраг представляет собой большую глубокую (6—8 м) и широкую (128—149 м) балку, впадающую в р. Большой Узень. Через этот естественный водослив-водообход сбрасывается весной до 220 м³ воды в 1 секунду при скоростях от 0,36—0,77 м/сек, признанных допустимыми для местного грунта.

Под основанием плотины сделаны три параллельных замка глубиною каждый по 2 м, а шириной 4 м по верху и 3 м внизу. Под всем основанием плотины снят растительный слой, и основание протыковано на глубину 0,20 м. При возведении плотины велась сортировка земли—черная сыпалась на откосы плотины, а глинистая в середину. Насыпка велась слоями с трамбованием ездой и ручными трамбовками и с поливкой водой. На осадку насыпи плотины по высоте дано было превышение против проектной высоты 12%. Объем насыпи плотины составляет 50 450 м³. Сметная стоимость составляет 12 743 руб. при длине плотины вместе с валами в 2 368 м.

На р. Ильинке, на землях Золотушинского и Орлово-гайского сельских обществ, выстроена земляная плотина для орошения 389 гектаров лиманов и для 150 гектаров правильного периодического орошения. Размеры плотины следующие: ширина гребня — 8 м при длине в 213 м, наибольшая высота плотины — 12,4 м, откосы: водный — 1 : 3, с двумя бермами шириною по 2 м каждая и находящимися по высоте ниже гребня плотины на 3,2 и 5,3 м; в пределах колебания горизонта воды в пруде водный откос укреплен плетнем; наружный откос в верховой части — 1 : $1\frac{1}{2}$, затем на 5,3 м ниже гребня плотины сделана берма шириною 5,3 м и дальше откос плотины двойной. Под плотинной устроены параллельные замки: в самом глубоком месте 8, а на остальном протяжении плотины по 4 замка. Размеры замков: главный шириной 4 м и глубиной 3,2 м, а остальные — шириною от 2,8 до 4,3 м и глубиною от 0,8 до 2 м. Плотина возведена из суглинистого грунта, а водохранилище, образованное плотинной, имеет емкость в 600 тысяч кубических метров.

Для оборудования лиманного орошения на р. Красной поставлена земляная плотина следующих размеров. Наибольшая высота плотины — 9,2 м с превышением гребня плотины над горизонтом самых высоких вод в 2,8 м, а плечей 1 м; длина плотины с плечами — 267 м, ширина гребня плотины — 8 м, откосы ее: водный — 1 : 3, а низовой — 1 : 2. Под плотинной заложено 5 замков глубиною

в 2 м и шириною по верху — 2 по 2,8 м и 3 по 2 м. Откосы плотины укреплены посадками, плетнями и дощатыми щитами.

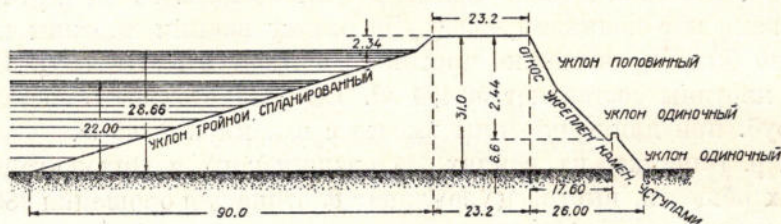
Средняя стоимость новоузенских плотин колеблется от 15,5 коп. до 20,6 коп. за 1 куб. метр. объема земляных работ по ценам довоенного времени.

Вышеприведенные данные дают достаточно полное представление о постройке плотин чистого типа в наших условиях.

Примеры из заграничной практики.

Плотины первого типа распространены в Индии, где до сих пор встречаются солидные сооружения, выстроенные сотни лет назад. Материал тела плотины — лёсс. Во Франции, Англии, Германии, в Америке и в других странах также имеется ряд плотин указанного типа, достаточно большой высоты.

На чертеже 26 представлен поперечный профиль плотины водо-

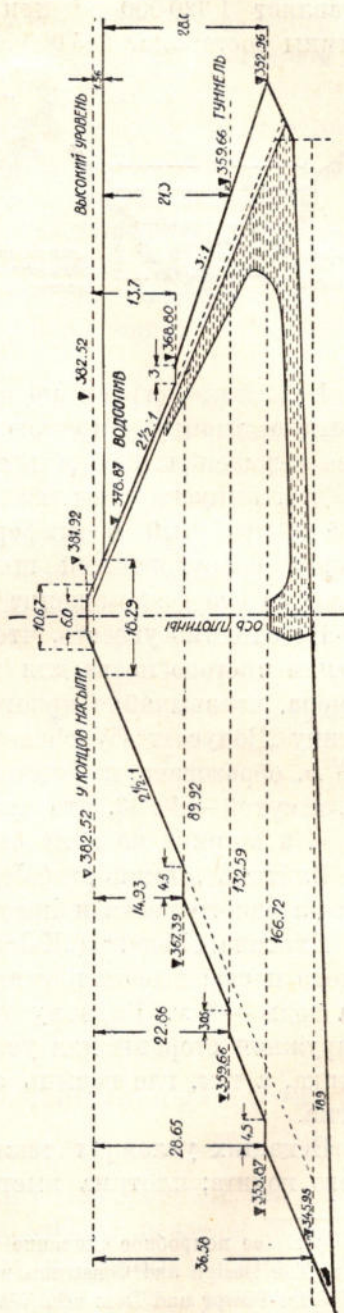


Черт. 26.

хранилища „Куммом“ (Cumtum), находящегося в Индии, в провинции Мадрас; сооружение ее относится ко времени начала истории индусов. Тело плотины насыпано из однородного материала (лёсса) без принятия каких-либо особых мер для уплотнения тела насыпи. Высота плотины равна 31 м, при ширине по гребню 23,20 м. Уклон откоса с верховой стороны — 1:3, а с низовой стороны, вверху — 1:1/2, а внизу — 1:1; верховой откос просто вымощен, а низовой укреплен тесаным камнем, располагаемым ступенчатым образом.

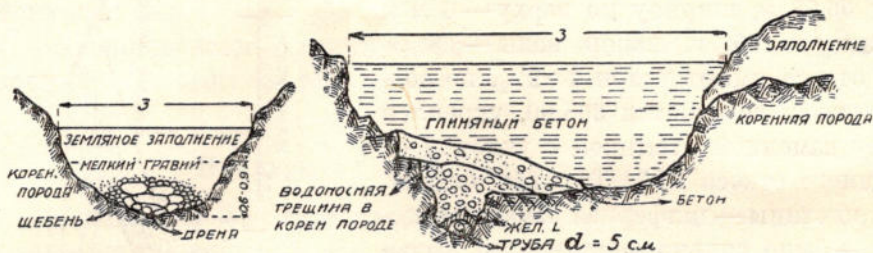
Наибольшая глубина воды равна 28,66 м, так что гребень плотины возвышается над горизонтом воды не менее, как на 2,34 м. Водослив устроен в 2 1/2 км от плотины в виде выемки, сделанной в соседних холмах; из водослива вода попадает в балку, по которой, пройдя значительное расстояние, она стекает в главную долину. Водоспуски были сделаны в двух концах плотины, т. е. в тех местах, где плотина упирается в склоны долины. Повидимому, здесь тщательно избегали подвергать плотину и склоны, на которые она опирается, действию слоя переливающейся воды.

На чертеже 27 изображено поперечное сечение тела плотины „Табо“ („Tabeaud“) (Амадор, Калифорния), выстроенной под наблюдением Б. Басселя для компании „Standart Electric“. Плотина имеет высоту 36,58 м, ширину по верху — 6 м и по низу — 189 м, напор воды — 28 м. Оба откоса имеют уклон $1:2\frac{1}{2}$, но водный откос, до отметки 368,80, укреплен снизу каменной отсыпкой с уклоном ее внешнего откоса $1:3$. Так как основание плотины — шиферная коренная порода — было сильно трещиновато, в особенности близ подошвы верхового откоса плотины, то было решено сделать глинистую облицовку и отсыпку из камня по части верхового откоса плотины, чтобы обеспечить водонепроницаемость соединения между основанием и телом плотины. При производстве работ особое внимание было обращено на уплотнение насыпи, которое производилось двумя катками, запряженными каждый шестью лошадьми, весом один в 5 тонн, а другой в 8 тонн, с применением поливки слоев; показателем хорошего уплотнения земли в плотине служит коэффициент уплотнения ее в плотине; по отношению к местному материалу, взятому из шурфа, он равнялся 16%, а по отношению к материалу, взятому из вагонов, доставлявших землю, — 43%. Во время производства работ насыпь плотины дренировалась продольной и несколькими поперечными дренами, которые были устроены из двух 5-см (2") железных труб, уложенных по дну канавы, вырытой в плотной скалистой породе, и сверху забетонированы (главная дрена); другие дрена представляли канавы, заполненные камнями подходящей величины и твердости с засыпкой крупных камней щебнем в 2,5—7,5 см слоем в 45 см; поверх этого слоя щебня и мелкого гравия насыпана отборная глинистая набивка, тщательно



Черт. 27.

смоченная и уплотненная. Детали устройства дрен представлены на чертеже 28. Полезный объем водохранилища, образуемого плотиной, составляет 1320 000 м³ при зеркале пруда в 14,8 гектаров. Объем плотины составляет 285 000 м³.



Черт. 28.

Водослив устроен по правую сторону плотины и представляет открытую выемку шириною в 14,6 м и длиною в 91 м; порог водослива заложен на 3,05 м ниже гребня плотины.

Для выпуска воды из водохранилища служит туннель длиною в 885 м, пробитый в шиферной породе по левую сторону водохранилища, оборудованный щитовыми затворами, контрольными приборами на его южном конце¹⁾.

Необходимо указать, что имеются случаи благополучного применения чистого песка для плотин первого типа. В качестве одного примера, чрезвычайно яркого в этом отношении, можно указать на плотину „Вочусетт“ (Wachusset N. Dice, Mass²⁾). Эта плотина имеет длину 3048 м, образована из чистого песка и гравия; водный откос ее — 1 : 2, а сухой — 1 : 33, что чрезвычайно характерно; высота плотины 24,4 м, а ширина по низу 588,25 м²⁾.

Плотина „Джипор“ („Jeurope“) в Индии высотой в 18 м насыпана из одного песка и притом имеет песчаное основание³⁾.

Плотина „Кэлег“ („Kalegh“) в Индии также возведена из одного чистого песка; высота плотины — 15 м, ширина по гребню — 6 м, глубина воды — 9 м. Водному откосу дан уклон 1 : 4, а сухому — 1 : 3. С наружной стороны для устойчивости плотины устроена каменная отсыпка, а там, где насыпь сопрягается со скалой, — каменная диафрагма.

В наших условиях также имеется плотина, насыпанная из песчаного грунта; плотина выстроена Р. П. Спарро для образования

1) Более подробное описание устройства плотины можно найти в трудах: Wegmann, The Design and Construction of Dams, 1911; Schuyler, Reservoir for Irrigation, Water-Power and Domestic Water Supply; Бассель, Земляные плотины, перев. Павловского, 1917 г.

2) Americ. Civil eng. p. b. p. 1037.

3) Bligh. The pract. des. of irrig. works, 1927, стр. 344.

водохранилища в Погонно-лосиноостровском лесничестве под Москвою в 1904 году и стоит благополучно до сего времени; высота плотины — 6 м, ширина по верху — 6 м при водном откосе 1:3 и низовом 1:2. При устройстве плотины поперек долины был забит шпунтовый ряд с гребнем на высоте предполагаемого уровня воды в пруде; верховой откос был прикрыт торфом слоем в 0,60 м для придания ему водопорности.

Следует заметить, что при возведении тела плотины из песка, насыпи должна быть придана большая ширина по низу для того, чтобы линия депрессии не вышла из пределов очертания плотины (ее основания), а потому такая конструкция применяется обыкновенно только при малых напорах.

Для плотин чистого типа Беклей (Buckley)¹⁾ дает обобщенные цифры из существующей практики, которыми можно пользоваться при назначении поперечных профилей для невысоких плотин.

Высота плотины над поверхностью земли (в метрах)	<i>d</i> м	<i>b</i> м	Водный откос	Сухой откос	<i>l</i> м
4,50 и ниже	1,2—1,5	1,8	1:2	1:1 ¹ / ₂	от 6—7
от 4,50 до 7,50	1,5—1,8	1,8	1:2 ¹ / ₂	1:2	8,5—10
„ 7,50 „ 15	1,8	2,4	1:3	1:2	10
„ 15 „ 23	1,8—2	3	1:3	1:2	12,2—13,7

Здесь *l* — ширина плотины на уровне высокого горизонта воды, *d* — возвышение гребня плотины над высшим горизонтом и *b* — ширина гребня плотины.

ГЛАВА VII.

ПЛОТИНЫ С ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫМ ЦЕНТРАЛЬНЫМ ЯДРОМ.

Английский способ возведения насыпи с применением ядра.

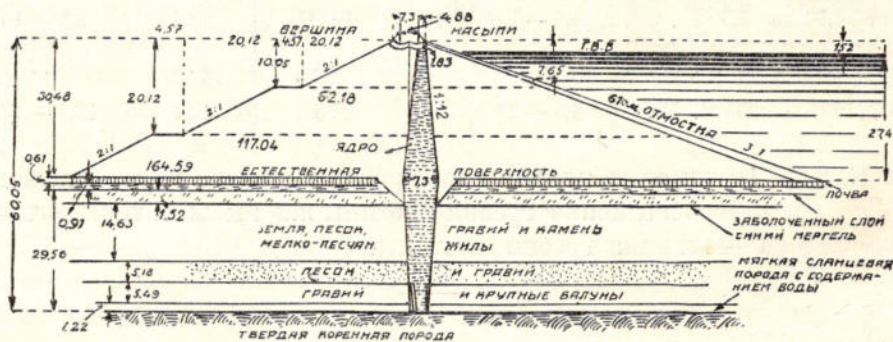
Располагая для устройства плотины разнородным материалом, применяют так называемый английский способ возведения насыпи, заключающийся в том, что ядро плотины устраивают из чистой мятой глины с песком или из другого водонепроницаемого грунта, насыпая грунт тонкими слоями, с тщательной утрамбовкой, в виде стенки с очень крутыми откосами (1:6); более плохую землю употребляют

¹⁾ Buckley, Irrigation pocket book.

на подсыпку к глинистой стенке с верховой и низовой стороны, причем самая плохая земля идет на образование низового откоса плотины. Глинистая стенка (ядро) толщиной в $\frac{1}{3}$ напора считается достаточно непроницаемой для воды. Ядро возводится выше горизонта воды, а иногда и до самого верха плотины, а своей нижней частью врезается в грунт основания (по возможности до водонепроницаемого грунта) по всей длине плотины. Переход от глиняного ядра к откосам плотины должен быть сделан возможно плавнее, для чего следует употреблять смешанный грунт из глины и растительной земли в разной пропорции, чтобы не было резкого перехода. Насыпь с откосом в 1:3, в виде присыпки с напорной стороны, предохраняет ядро от разжижения, а с противоположной стороны — с откосом 1:2 $\frac{1}{2}$ — от высыхания (температурные влияния); эта же присыпка необходима для обеспечения устойчивости. В этом типе плотин не следует допускать в теле никаких водоспускных приспособлений, устраивая последние в стороне от плотины.

Типовые конструкции

Плотина Ярроу (Yarrow), построенная для Ливерпульского водоснабжения в Англии, является наиболее интересным примером плотины второго типа. На чертеже 29 представлено ее поперечное сечение.

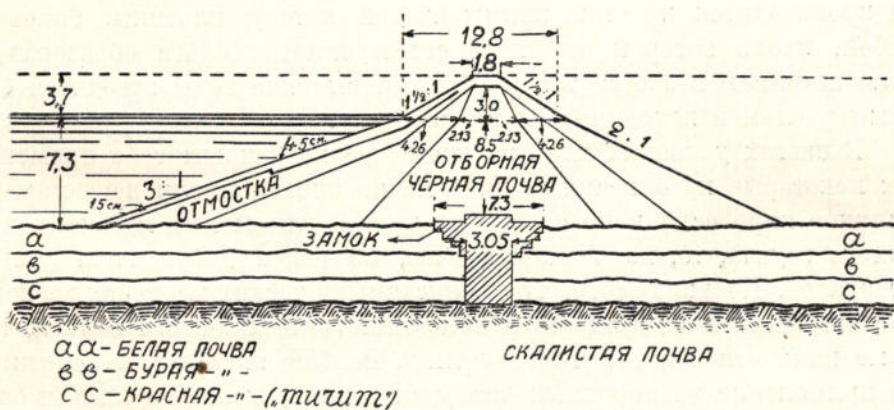


Черт. 29.

Место для плотины было исследовано на глубину ≈ 30 м ниже дневной поверхности для нахождения достаточно прочных и водонепроницаемых слоев. Была вырыта до коренной породы параллельно оси плотины траншея (замок) глубиной в 29,56 м и шириной в 7,3 м с одиначными откосами для первых 3 м глубины и с 1:12 откосами для следующих 26,56 м. Поверхность шиферной коренной породы оказалась рыхлой, трещиноватой и водоносной и чтобы обеспечить сухое основание для ядра плотины, нижняя часть траншеи обделана с каждой стороны кирпичной кладкой толщиной в 35 см; промежуток между стенами был заполнен бетоном состава 1:1:2. После заполнения тран-

шей земляным бетоном (песчано-глинистая смесь, увлажненная и тщательно перемешанная, обладающая консистенцией известкового раствора), была возведена одновременно с самой дамбой и верхняя часть ядра из земляного бетона, имеющая откосы в 1:12, при ширине по верху в 1,83 м. Для предупреждения фильтрации в месте соединения замка с основанием коренной породы по скалистому основанию были уложены две линии 152-мм (6") дренажных труб снаружи стен, образованных кирпичной кладкой, а кроме того были поставлены еще вертикальные трубы, диаметром в 229 мм (9"), приблизительно на высоту 8 м над верхом кирпичной кладки. Эти трубы были заполнены бетоном после того, как насосы, для откачки воды во время работы траншеи, были убраны. Высота плотины — 29 м, напор воды — 27,4 м, ширина гребня — 7,3 м, откос водный — 1:3, а низовой — 1:2 с двумя бермами по 4,57 м. Другие детали плотины можно усмотреть из прилагаемого чертежа.

В качестве другого примера плотины английского типа на чертеже 30 представлено поперечное сечение плотины водохранилища



Черт. 30.

„Ашти“ („Ashti“) в округе Шолапур Британской Индии. Запруженная плотиной вода служит для орошения 10 226 гектаров земли. Объем водохранилища около 40 миллионов м³, из которых около 6 миллионов теряется путем испарения и просачивания. Высота плотины — 11 м, водный откос, непосредственно подвергающийся действию воды — около 1:3, причем верхняя часть водного откоса, начиная от горизонта воды, — 1:1½; сухой откос имеет также перелом: верхняя часть его — 1:1½, а нижняя — 1:2. Ширина плотины по верху — 1,8 м; замок толщиной в 3,05 м в нижней своей части доведен до скалистого грунта (каменноугольный песчаник). Гребень плотины поднят над горизонтом воды на высоту 3,7 м.

После подготовки основания под плотину путем предварительной выкорчевки всех пней, растений и пр. была выкопана траншея (замок), которая потом была снова забита земляным бетоном с весьма тщательной утрамбовкой. Центральная часть насыпи плотины (над замком) сделана из черной отборной глинистой почвы; затем справа и слева от „ядра“ насыпалась всякая чистая земля от коричневого до красного цвета („бурая“ земля), а по краям положены продукты выветривания скалистых пород, известных в Индии под названием „мурум“. Со стороны воды устроена облицовка откоса, верхняя часть которого, подверженная ударам воды, состоит из крупных камней и поддерживается нижней частью, высланной мелкими камнями и простирающейся до самого дна водохранилища.

На правом и левом концах плотины расположены водоотводные каналы, проходящие сквозь плотину в виде туннелей яйцеобразной формы, вышиною около 1,4 м и шириной около 1 м. Эти туннели со стороны долины замыкаются стеной, от которой из каждого туннеля идут по три чугунных трубы диаметром по 0,3 м, снабженных задвижками, служащими для регулирования выпуска. Отвод высоких вод производится простой, примыкающей к телу плотины, боковой дамбой, вдоль которой откопкой естественного берега образовался канал шириною в 250 м; таким образом, высокие воды отводятся боковым руслом в находящуюся тут же реку.

В наших условиях ядро из глины редко находит себе применение; некоторые из описанных нами выше плотин имели в своем теле глиняное ядро если и не совсем из чистой глины как водонепроницаемого грунта, то, во всяком случае, из более доброкачественных материалов. Но ввиду того, что в описанных русских плотинах резкого разграничения между ядром и телом плотины провести нельзя, таковые нами отнесены к чистому типу. Вообще же следует заметить, что применение разнородных материалов для устройства плотин особенно рекомендовать нельзя, так как отдельные части сооружения имеют различную осадку, что отражается на их прочности.

Г Л А В А VIII.

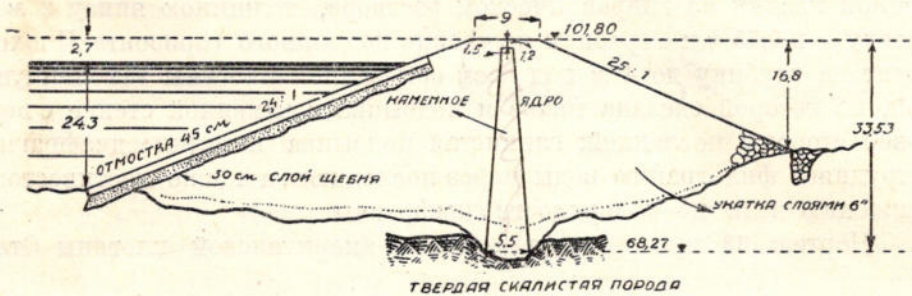
ПЛОТИНЫ С ЗАЩИТНОЙ СТЕНКОЙ ИЛИ ДИАФРАГМОЙ.

(Земля комбинируется со множеством других материалов.)

Если грунт русла на значительную глубину плохой, притом пропитанный водою, то плотину, насыпанную из одной только земли, хотя бы и по английскому способу, т. е. с применением глиняной стенки, помещенной в центре насыпи, нельзя считать особенно надежным сооружением. В таких случаях следует прибегать к устройству

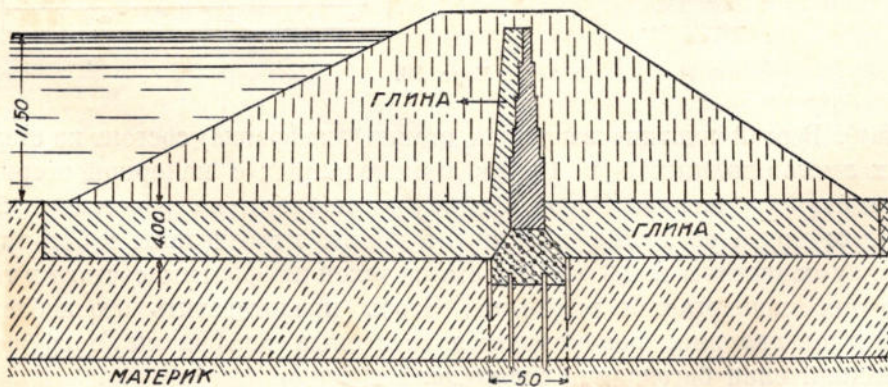
защитных стенок из более прочного материала, чем глина, а именно — из каменной кладки на растворе, железа, железобетона и дерева (шпунтов). Таким образом возник особый тип земляных плотин с диафрагмой из того или другого материала, получивший наибольшее распространение в Америке, Индии и Европе.

Если при устройстве плотины приходится иметь дело со скалистым материалом, то заслуживает внимания конструкция, которая может считаться типовой для Новой Англии (черт. 31) и представляет



Черт. 31.

одну из плотин долины Кротон (Croton). В центре плотины построена стена из каменной (бутовой) кладки на прочном скалистом основании; диафрагма (стена) предназначена лишь для предупреждения просачивания воды, но в то же время не является настолько солидной, чтобы в состоянии была работать, как подпорная стенка для воды или земли. Высота плотины — 27 м, ширина по верху — 9 м, толщина ядра по верху — 1,5 м, а по низу — 5,5 м. Превышение гребня плотины над



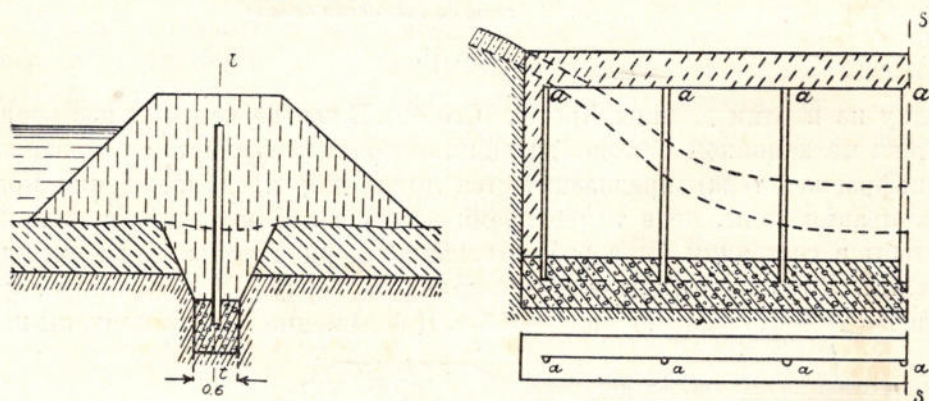
Черт. 32.

горизонтом воды в водохранилище — 2,7 м. Водный откос 1:2,4 защищен отмосткой толщиной в 45 см, уложенной на слое щебня, толщиной 30 см, а сухой откос 1:2¹/₂ ничем не защищен и только в ниж-

ней его части сделана каменная наброска. Постройка плотины велась слоями толщиной в 15 см с тщательной их укаткой.

На чертеже 32 представлена американская плотина Даймэнд (Diamond) с защитной стенкой, состоящей из трех частей: нижней, средней и верхней. Нижняя часть состоит из четырех шпунтовых рядов, из которых два средних забиты до материка; средняя часть состоит из бетонной кладки толщиной внизу в 5 м, вверху — в 2 м, вышиною — в 4 м. Верхняя часть защитной стенки устроена из каменной кладки на гидравлическом растворе, толщиной внизу 2 м и вверху — в 0,75 м и с гребнем на уровне подпорного горизонта. Плохой грунт на глубину до 4 м под всем основанием плотины заменен глиной, из которой сделана также и подсыпка к каменной стенке с верховой стороны последней; глинистая подсыпка по длине диафрагмы затрудняет фильтрацию воды через последнюю, а также противостоит движению воды по поверхности диафрагмы.

Чертеж 33 представляет сечение американской плотины Отей



Черт. 33.

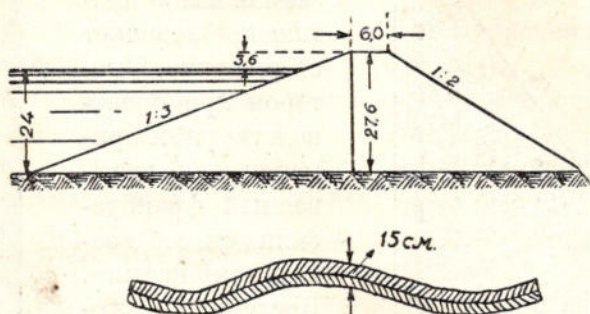
(Otay). В этой плотине защитная стенка (диафрагма) состоит из стальных листов толщиной в 12 мм, приклепанных с напорной стороны к стойкам из железа Зоре; стойки расставлены на расстоянии 2 м друг от друга по длине плотины, а концы их заделаны в бетонную кладку толщиной в 0,6 м. Недостаток такой диафрагмы состоит в том, что она подвергается ржавчине. Чтобы предотвратить это неблагоприятное явление, рекомендуется железные диафрагмы погружать в тонкий слой бетона или асфальта.

На чертеже 34 представлен профиль плотины в Порто-Рико. Диафрагма доведена до скалистого грунта (материка) и устроена из железобетона толщиной в 15 см; сечение диафрагмы волнообразное, чтобы увеличить момент сопротивления и создать большее сопротивление для воды, перемещающейся по боковой поверхности ее.

Применением железобетонных диафрагм небольшой толщины значительно сокращаются расходы на их устройство при вполне удовлетворительной работе конструкции.

Обычно каменному ядру придают следующие размеры: толщина по верху — 1,2 — 1,5 м, с уклоном 1:10 вниз, причем ядро должно иметь вполне надежное сопряжение со скалой по всей длине плотины, включая и береговые части ее, чтобы

избежать размыва тела плотины фильтрующей водой. Толщина ядра берется небольшая во избежание удорожания конструкции, однако достаточная для того, чтобы диафрагма могла оставаться прочной при оседании тела плотины.



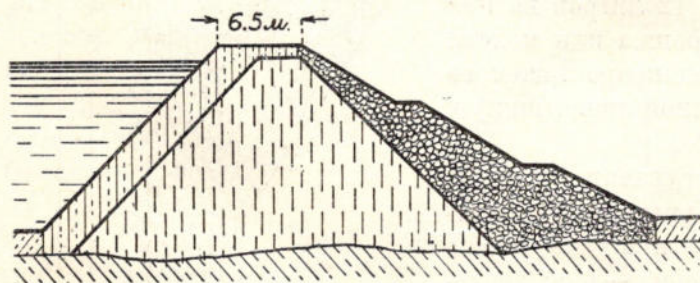
Черт. 34.

ГЛАВА IX.

ПЛОТИНЫ СМЕШАННОЙ КОНСТРУКЦИИ.

(Земля комбинируется с каменной наброской.)

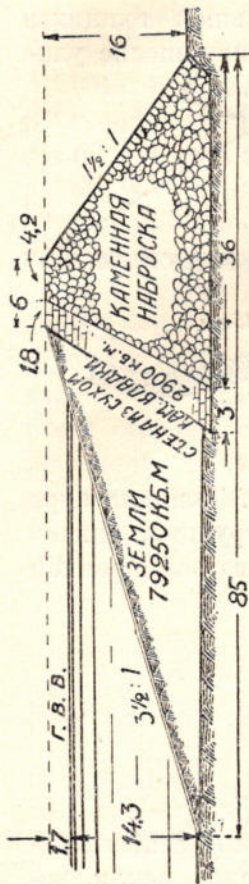
Чертеж 35 изображает поперечное сечение плотины „Schiesstothried“ в Германии. Ядро плотины возведено из песчаной земли, насыпанной слоями



Черт. 35.

в 0,20 м и уплотненной катками; спереди ядра сделана присыпка из сильно песчаной земли (85% по весу песка, а остальное — глина) с применением гидравлического раствора

в виде порошка или молока, в количестве до 20 литров на 1 м³ насыпи. Землю сыпали слоями в 0,10 м, доводя затем эту толщину тщательной укаткой до 0,05 м. Верховой откос плотины укреплен тонкой покрывкой из кладки на растворе; внизу покрывка упирается в каменную стенку, врезанную в гранитную скалу. Гребень и низовой откос плотины вымощены камнем.

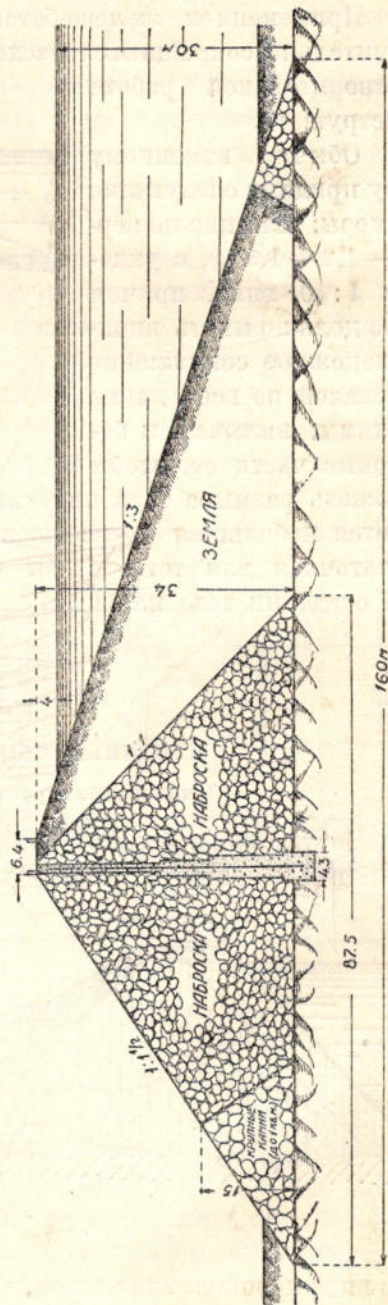


Черт. 36.

Следует заметить, что указанная выше плотина представляет сооружение, в котором при производстве работ применен так называемый французский способ возведения насыпи. Последний заключается в применении сильно песчаной земли (песку до 50%), насыпанной очень тонкими слоями и тщательно уплотненной при помощи катков с употреблением в дело довольно значительного количества гидравлической извести (до 12 литров на 1 м³

насыпи) в виде порошка или молока и с применением водонепроницаемого слоя (в виде каменной покрывки) у водного откоса.

Чертеж 36 дает сечение плотины „Эппер пикос“ („Upperg Pecos“). Высота плотины — 16 м при напоре воды в 14,3 м; ширина гребня — 6 м; верховой откос плотины — 1:3¹/₂ вымощен так же, как и гребень ее, 30-см каменной мостовой, а низовой откос имеет полуторное заложение; ширина по низу — 85 м. В августе 1893 года, вследствие недостаточной пропускной способности водосливных приспособлений, плотина сильным паводком была разрушена на протяжении 91 м по ее длине и во всю высоту. После этой катастрофы плотина была перестроена и снабжена



Черт. 37.

добавочным водосливом. Но паводком октября месяца 1904 года плотина снова была разрушена, а в 1905 году опять восстановлена по прежнему профилю, но с увеличением пропускной способности водосливных приспособлений.

Плотины разобранного типа устраивались до настоящего времени сравнительно небольшой высоты (не выше 18 м).

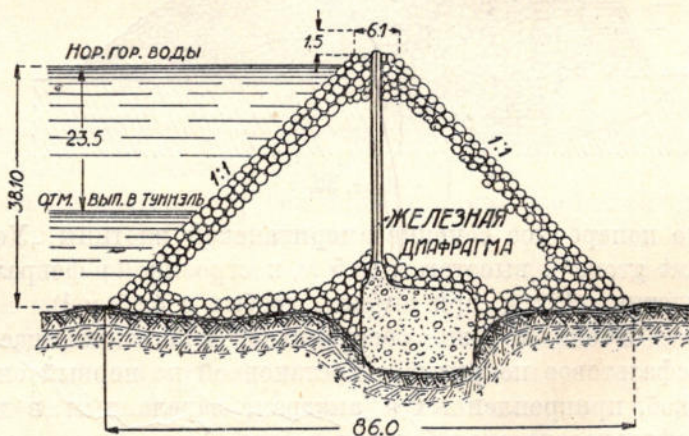
В наших условиях плотина этого типа запроектирована проф. Н. Н. Павловским в составленном им в свое время проекте устройства водохранилища в верховьях р. Салгира в Крыму для целей орошения (как один из вариантов) (черт. 37).

Насыпь, как видно из чертежа, состоит из каменной наброски с непроницаемым бетонным ядром и земляной отсыпки со стороны воды, при ширине по верху в 6,4 м, по низу — в 160 м и при глубине воды в 30 м; откос водный — тройной, а наружный — полуторный; внутренний откос каменной наброски — 1:1. Ядро состоит из бетонной стенки, поставленной на фундамент толщиной в наиболее глубокой части в 4,3 м и имеющей непроницаемую диафрагму из железных листов толщиной от 6 до 8 мм; железная стенка соединяется с бетоном особыми связями.

ГЛАВА X.

ПЛОТИНЫ ИЗ КАМЕННОЙ НАБРОСКИ.

По существу этот тип является переходным от земляных плотин к плотинам из каменной кладки на растворе, но большинство авторов (Бассель, Вильсон и др.) находят возможным отнести плотины из каменной наброски к земляным плотинам. Основанием к этому, повидимому, служит тот факт, что скелет плотины со временем заносится взвешенными в воде землястыми веществами, которые нацело заполняют промежутки между отдельными камнями.



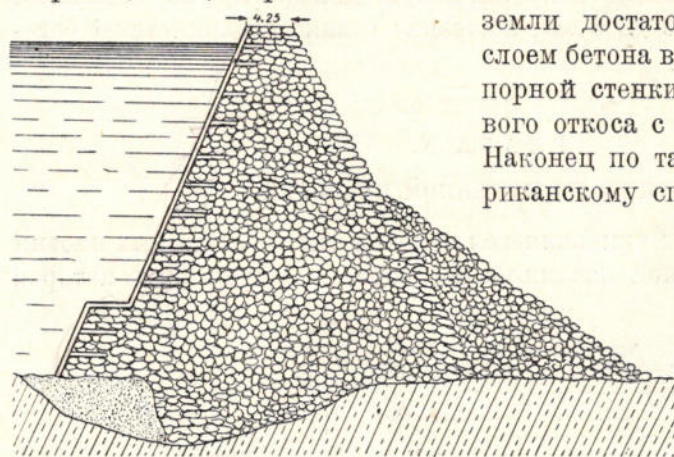
Черт. 38.

Основанием плотины из каменной наброски может служить

лишь неразмываемый материк (прочная скала, твердая глина и пр.), вследствие чего необходимо предварительное удаление размываемого слоя до неразмываемого материка. Плотины эти строятся отдельными слоями, как и земляные плотины; камни отдельных слоев тщательно укладываются с заполнением промежутков более мелкими камнями для того, чтобы при оседании тела плотины плотность наброски была наибольшая.

Чертеж 38 изображает поперечный профиль калифорнской плотины „Отей“ („Otay“). Ширина плотины поверху — 6,1 м, высота плотины — 39,6 м, напор воды — 38,1 м, откосы плотины оба сделаны одинаковыми. В центре плотины имеется металлическая диафрагма. Толщина последней вверху — 6 мм, а внизу — 8—12 мм; для предохранения от ржавчины диафрагма обмазана асфальтом и заключена в слой бетона толщиной в 5 см. Диафрагма своим нижним концом опущена в бетонную кладку, а верхний ее конец доходит до гребня плотины.

Для того чтобы сделать плотину из каменной наброски водонепроницаемой, верховой откос плотины может быть покрыт слоем



Черт. 39.

земли достаточной толщины или слоем бетона в виде наклонной подпорной стенки по плоскости верхового откоса с запуском в материк. Наконец по так называемому американскому способу плотина с вер-

ховой стороны обшивается одним или двумя рядами хорошо просмоленных досок (в виде щитов), как это показано на чертеже 39. На последнем изображе-

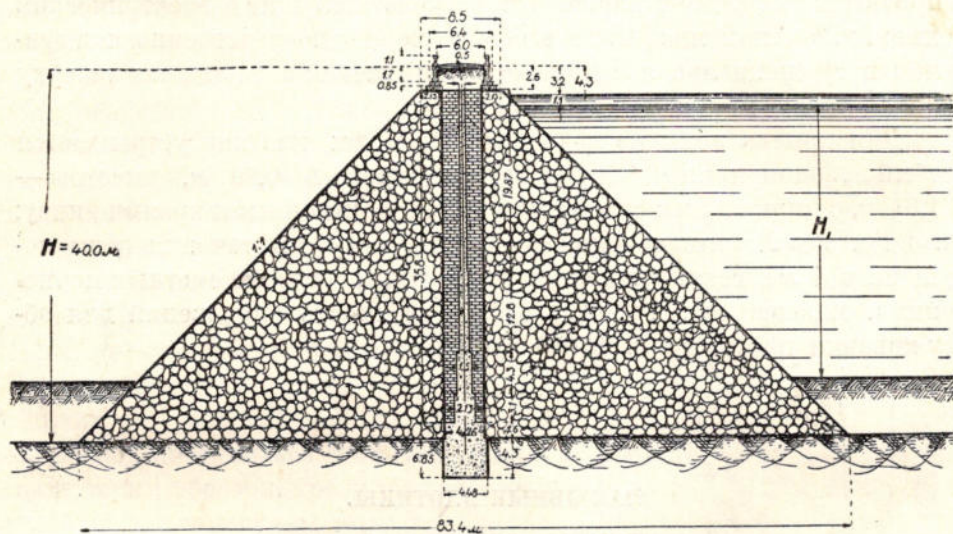
но поперечное сечение американской плотины „Уолнэт гроув“ („Walnut grove“), высотой в 33,5 м, построенной в феврале 1890 года; длина плотины 122 м, при ширине гребня в 4,25 м¹⁾.

Очень хорошо обеспечивает водонепроницаемость двухрядное асфальтовое покрытие с постановкой на первый снизу ряд железных скоб, прикрепленных к анкерам, заделанным в наброску. Толщина асфальтового слоя берется в 5 см. Укажем еще на такой способ достижения водонепроницаемости: откос обделывают ступенями, которые заливаются асфальтом, с выравниванием поверхности откоса под пря-

¹⁾ Более подробно см. Wilson, Irrigat. Engin., стр. 389.

мую требуемого уклона. Асфальтовую смесь готовят из 20% по весу асфальта и 80% по весу песка. Асфальт кипятят в течение 12 часов при температуре свыше 150°, с частым перемешиванием. Сверху заливку покрывают слоем чистого асфальта толщиной от 3 до 6 мм. Асфальтовое покрытие, эластичное и неразрушаемое от неравномерной осадки тела плотины, может быть применено для укрепления вообще откосов земляных плотин.

При обсуждении упомянутого уже проекта орошения водами р. Салгира техническим комитетом б. Отдела земельных улучшений был принят третий вариант плотины из каменной наброски (черт. 40), как



Черт. 40.

наиболее рациональный и экономически выгодный. (Заметим, что проект вообще не был осуществлен вследствие войны.)

Ядро этой плотины состоит из бетонной стенки, поставленной на фундамент толщиной в наиболее глубокой части в 4,48 м и имеющей непроницаемую диафрагму из железных листов толщиной в нижней части в 8 мм и в верхней в 6 мм (начиная с глубины около 20 м); для соединения железной стенки с бетоном имеются особые связи. Бетонная стенка имеет внизу толщину 1,50 м, каковая в верхней части изменяется до 0,53 м. Она окружена сухой кладкой, поставленной на тот же фундамент и имеющей в наиболее глубокой части общую толщину в 4,26 м, которая по мере приближения к берегам уменьшается. Ширина наброски по верху составляет 8,5 м; оба откоса наброски одинарные; на гребне плотины расположена надстройка для проезжей части (шоссированная дорога с полезной шириной в 5,3 м).

Наибольшая высота плотины — 34 м, а нормальный наивысший горизонт воды не доходит до верха плотины на 4,3 м.

Для закрепления уровня воды на определенной отметке запроектирован водосливной канал, сопрягающийся с водохранилищем особой головной частью (шириной в 8,5 м) и имеющий пропускную способность 15 м³/сек при повышении горизонта водохранилища на 1 м над нормальным.

Для опорожнения водохранилища запроектирован туннель круглого сечения диаметром 2,6 м, пробиваемый в скале. Внутри туннель обделан бетоном слоем в 0,30 м при составе 1:1:2. Затвор туннеля запроектирован в двух вариантах: 1) железный щит с электрическим подъемником, помещаемым в особой камере непосредственно над туннелем и 2) специальная задвижка, поднимаемая с площадки наверху туннеля также при помощи мотора.

Для приема воды из водохранилища при плотине устраивается особый „водоприемный“ туннель, шириною в 0,90 м, высотой — в 1,81 м, с циркульным сводом наверху и округленными краями внизу; бетонная обделка имеет толщину 0,20 м; скорость течения воды допущена в 1 м в секунду. Стоимость плотины, согласно сметным исчислениям, определена в 1 930 000 руб., а стоимость сооружений для обслуживания плотины — в 74 000 руб. ¹⁾

ГЛАВА XI.

НАМЫВНЫЕ ПЛОТИНЫ.

(Плотины гидравлического наполнения.)

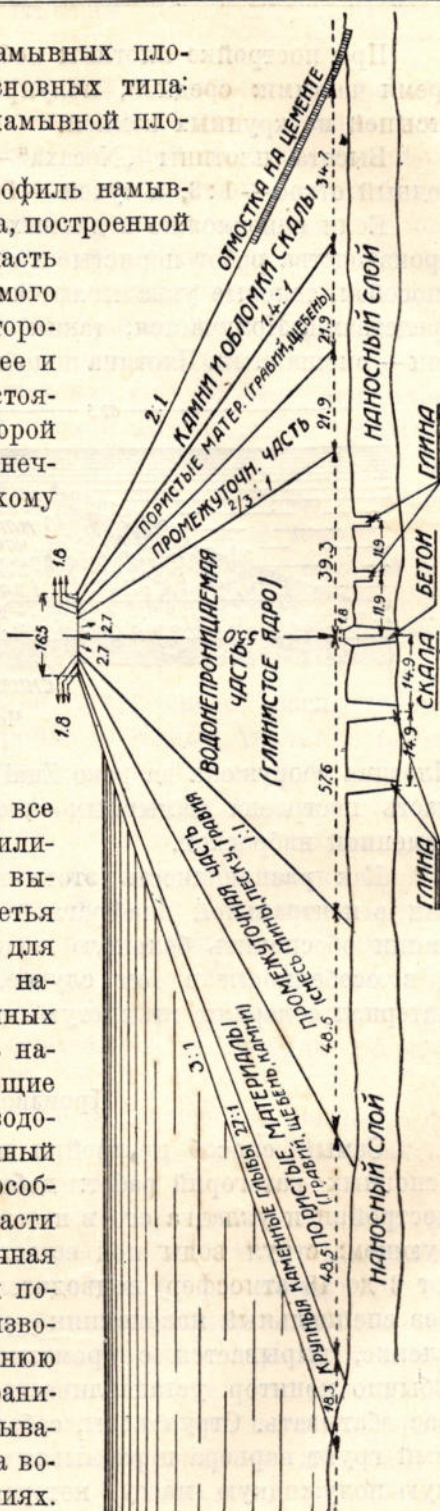
Основные типы намывных плотин.

Под таким названием известны земляные плотины, получившие весьма большое распространение в Америке, а за последнее время и в других странах света и отличающиеся от других типов земляных плотин только своеобразным методом постройки. Этот метод постройки применим лучше всего в горных районах, где можно найти источники воды, расположенные на значительной высоте над дном долины, где строится плотина. При этом методе возведения плотин вода служит для добывания (разработки) материала, заменяет транспорт, перенося материалы к месту работы, и наконец укладывает доставленный материал на место. Таким образом во всех трех стадиях производства работ используется соответственно эрозионная деятельность воды, переносящая способность ее и аллювиальная деятельность.

¹⁾ Более подробно с проектом плотины и сооружений при ней можно ознакомиться из приложения к „Журналу технического комитета“ при ОЗУ за № 1431.

Все встречаемые категории намывных плотин можно подразделить на три основных типа: 1) чистый, 2) смешанный и 3) тип намывной плотины с центральной диафрагмой.

На чертеже 41 представлен профиль намывной плотины „Несаха“ первого типа, построенной в 1909 году в Мексике. Средняя часть плотины состоит из водонепроницаемого глинистого грунта (ядро), по обеим сторонам которого расположены все более и более проницаемые материалы, состоящие из гравия, песку, щебня с некоторой примесью глины, прикрытые в конечном результате (по водному и сухому откосам) крупными камнями и глыбами скалы. Каждая часть плотины имеет вполне определенное назначение. Так, средняя часть плотины (глинистое ядро) обеспечивает тело плотины от фильтрации воды со стороны водохранилища. Полупроницаемая часть служит „фильтром“ для той воды, которая все же может просочиться из водохранилища и, таким образом, предупреждает вымывание частиц глины из ядра. Третья часть облегчает дальнейший дренаж для фильтрационной воды и наконец наружная часть, состоящая из крупных камней, обеспечивает устойчивость наружного откоса. Части, составляющие половину плотины, обращенную к водохранилищу, имеют назначения: крупный материал, уложенный по откосу, способствует его устойчивости, а другие части (пористые материалы и промежуточная часть) улучшают дренаж при самой постройке, облегчая сток воды, производящей „намыв“ не только во внешнюю часть, но и в сторону будущего водохранилища и предохраняют ядро от вымывания глины при колебании горизонта воды в водохранилище и при волнениях.

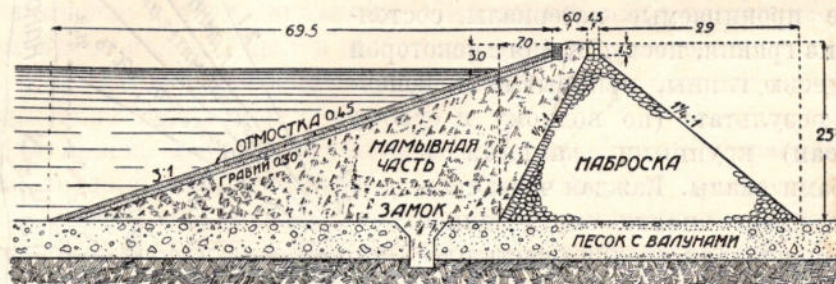


Черт. 41.

При постройке плотины небольшой высоты можно ограничиться тремя частями: средней, полупроницаемой и пористой, не применяя отсыпей из крупных камней.

Высота плотины „Несаха“ — 55 м, ширина по верху — 16,50 м, водный откос — 1:3, а сухой — 1:2.

Если невозможно в данных местных условиях доставить к месту производства работ пористые и скалистые материалы гидравлическим способом, таковые укладываются на место обычными механическими средствами. Получается, таким образом, второй тип намывных плотин — смешанный. Плотина подобного типа представлена на чертеже 42.



СИНЯЯ ГЛИНА

Черт. 42.

Плотина сооружена на реке Zuni в Новой Мексике, причем верховая часть построена намывным способом, а низовая является обычной каменной наброской.

Как разновидность этого типа, следует отметить подобный же тип с центральной диафрагмой (третий тип), устраиваемой при желании обеспечить большую водонепроницаемость намывной части, а в особенности в том случае, если имеющийся для этой части материал содержит глинистую примесь не в достаточной пропорции.

Производство работ.

Самый способ постройки намывных плотин складывается из трех основных категорий работ: добыча материала, доставка его к месту постройки и укладка его в насыпь плотины. Сущность способа в следующем: струя воды под естественным или искусственным напором (от 3 до 18 атмосфер) подводится по трубе к нужному месту, где через специальный наконечник — монитор, позволяющий менять направление, вырывается с громадной скоростью — до 60 м/сек и более. Обычно монитор устанавливается против карьера, который желают разрабатывать. Струя воды, с большой силой ударяя в разрабатываемый грунт карьера и размывая его, производит хорошо перемешанную полужидкую массу, которая, стекая по уклону, улавливается

специальными приемниками и направляется дальше по желобам, трубам или открытым каналам к месту постройки плотины. Здесь вдоль каждой подошвы обоих откосов будущей плотины устанавливается по одной линии распределительных желобов или труб, куда и поступает доставленный полужидкий материал из карьеров, который затем выпускается из них в нескольких точках по направлению, перпендикулярному к оси плотины, причем наиболее крупный материал (камни большие, обломки скал) отлагается тотчас же, близ места выхода его из желобов или труб; дальше отлагаются пористые материалы (щебень, гравий, песок) и наконец еще ближе к оси плотины, в ее средней части, отлагаются мелкие частицы. Материалы располагаются с уклоном от краев к центру, вследствие чего в средней части плотины образуется как бы бассейн стоячей воды, в котором и происходит осаждение мелких взвешенных в воде частиц, образующих широкое водонепроницаемое ядро; избыточная вода по специальным трубам отводится на наружный откос. По мере постройки плотины распределительные желоба или трубы поднимают и переставляют выше (через 2—3 м по высоте).

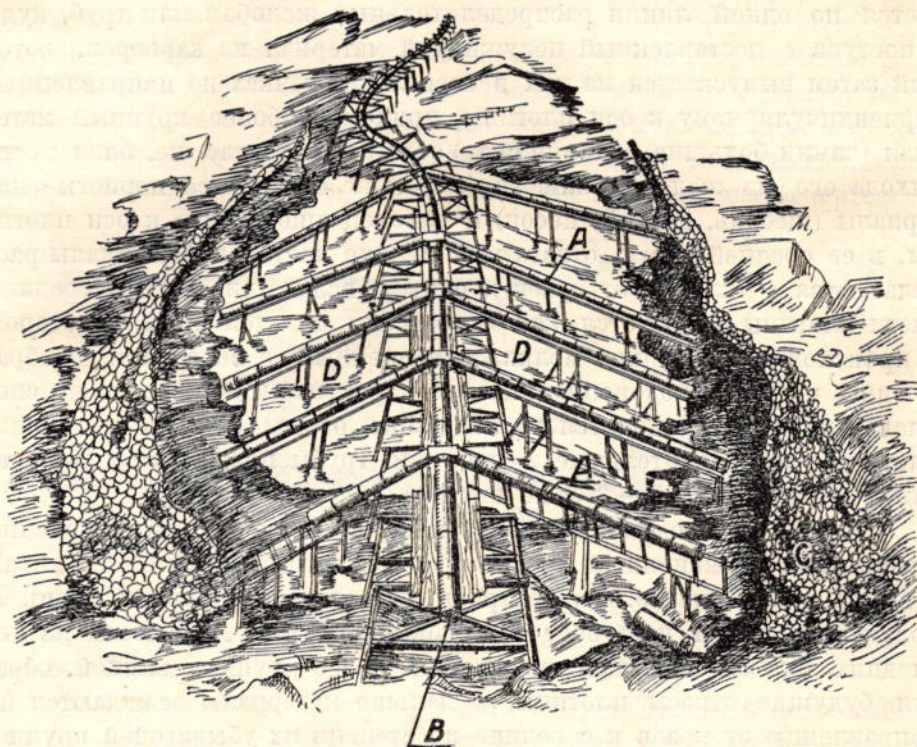
Чертеж 43 представляет несколько иной способ распределения материалов, примененный при постройке плотины „Акальтон“ („Asaltop“) на реке Тенанго. Из центральной распределительной линии *B* полужидкая масса поступает в боковые отростки *A*; вытекая из последних, она сначала дает части *C* из более крупных камней, образуя будущие откосы плотины, а дальше материалы осаждаются по направлению от краев к середине по степени их убывающей крупности, с образованием того же бассейна стоячей воды *D* в средней части плотины, как и в первом способе. Этот способ применим при сравнительно меньших высотах плотин. По мере возрастания высоты возводимой плотины поперечные отростки *A* постепенно укорачиваются.

При доставке материалов с обоих берегов необходимо иметь две системы распределительных желобов или труб, из которых каждая должна доходить только до середины дамбы.

Особенно следует обращать внимание при распределении материала на процентное содержание глины в общей массе материала, поступающего в распределительные желоба и трубы. Наилучшие результаты по Скайлеру получаются при содержании глины в общей массе от 10 до 30%. При большем процентном содержании глины происходит более медленное дренирование, что ведет к медленному затвердеванию материала плотины, откосы становятся неустойчивыми, почему им трудно придать желаемую величину, плотина дает осадку, появляются трещины.

При постройке намывных плотин происходит весьма значитель-

ное уплотнение материалов, достигая 10 или 11%, считая притом по отношению не к разрыхленному материалу, а к его плотности в естественном состоянии, как это имело место в Калифорнии для плотины



Черт. 43.

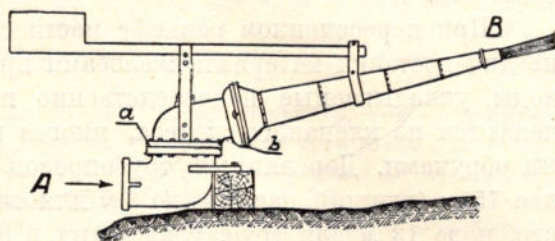
„Лэйк Френсез“ („Lake Frances“); кроме того, во время постройки, при спуске воды из центрального осадочного бассейна, происходит бесполезная утечка материала, которая в той же плотине доходила примерно до 4—5%. Считаясь с этой потерей и сильным уплотнением, следует количество добываемого материала увеличивать примерно на 15% по сравнению с объемом самой плотины.

Ввиду того, что в практике постройки намывных плотин возможны всякие затруднения, главным образом связанные с местными условиями (недостаток воды, малые напоры, а отсюда не совсем правильная укладка материалов по профилю), то при постройке необходим умелый и тщательный технический надзор. На постройку обычно требуется очень небольшой штат рабочих: по одному — у мониторов, три — на подводящих и три — на распределительных желобах, один — по починке желобов и общему надзору.

Для разработки грунта обычно стараются выбрать такой участок, чтобы он лежал выше места расположения плотины; тогда

может представиться возможность подавать полужидкую массу само-теком, и не придется пользоваться насосами. Для размыва вода подается в карьер под большим напором и поступает, как уже было сказано выше, в особые приборы, называемые гидравлическими мониторами, цель которых — придать вытекающей струе вид как бы жидкой колонны с колоссальной разрушительной силой и регулировать ее направление.

На чертеже 44 представлен двухшарнирный монитор; он может поворачиваться как в горизонтальной плоскости, так и в вертикальной благодаря шарнирным соединениям *a* и *b* (шариковые подшипники). Неподвижный наконечник *B* иногда заменяется особым направляющим соплом, снабженным для облегчения маневрирования особым рычагом; сопло может быть повернуто в любом направлении относительно оси рукава монитора, вследствие чего в точке *B* может быть получен перелом струи, которая своим давлением на стены наконечника приведет монитор весьма быстро в требуемое положение. Диаметр наконечников, до сих пор применявшихся при постройке намывных плотин, брался от 5 до 25 см при напорах от 30 до 180 м. Расход воды, необходимый для нормальной успешности размыва, колеблется примерно от 0,14 до 0,85 м³/сек.



Черт. 44.

В случае если по местным условиям получить для размыва воду в достаточном количестве, а главное под достаточным напором, не представляется возможным, то при разработке материалов пользуются методом „поверхностного смывания“; при этом методе грунт разрабатывается (разрыхляется, размельчается и т. д.) механическими средствами, а вода подается лишь для разжижения массы. Следовательно, процесс добычи материала как собственно при размыве, так и при поверхностном смывании заканчивается получением полужидкой массы.

Материал, размытый мониторами, поступает в приемники, где в случае надобности, разбавляется еще водой для получения более жидкой массы, которая затем, как было сказано выше, подается к месту работ по желобам, трубам и каналам.

Желоба применяются при наличии сплошного однообразного продольного уклона от приемника до плотины, в местностях не сильно пересеченных, дабы избежать устройства особо дорого стоящих эстакад и дамб для желобов. Желоба делаются из дерева, железа или

из того и другого материала вместе. Сечение желобам придают: прямоугольное — деревянным с обивкой внутри листовым железом, и полукруглое — железным. Уклоны желобам даются от 2 до 10‰, в зависимости от местных условий и состава подаваемой массы. Процент твердых материалов (по объему) в воде составляет в среднем около 25‰, колеблясь от 3 до 70‰, увеличиваясь для материалов средней крупности и особенно для мелких и глинистых. Расходы воды в желобах не превышают 0,85 м³/сек; в среднем же составляют примерно 0,3 м³/сек.

При пересеченном рельефе местности и недостаточном ее уклоне для доставки материала желобами применяют напорные трубопроводы, укладываемые непосредственно по поверхности земли. Трубы делаются из клепаного железа, иногда из досок, стянутых железными обручами. Деревянный трубопровод делается при напорах не более 75 м (лучший напор — до 6 м для труб, уложенных по поверхности, и до 13 м для труб, уложенных в земле), а железные же годны для всяких напоров.

Недостаток трубопроводов в том, что в них затруднено перенесение крупных скальных обломков, которые поэтому приходится предварительно раздроблять, трубы сильно изнашиваются, затруднительно устройство внутренней сменной обшивки и почти невозможен надзор за подаваемым материалом. Возможно применение труб и желобов совместно.

Открытыми каналами пользуются при большом количестве переносимого материала и очень крупном масштабе работ. Конечно, здесь опять-таки приходится считаться с наличием благоприятных топографических условий, во избежание устройства дорого стоящих сооружений — эстакад, сифонов, перепадов и пр.; дно канала должно быть прочно, чтобы выдерживать большие скорости, необходимые для передвижения крупных камней.

По вопросу об определении размера желобов, труб и каналов следует заметить, что пока еще не представляется возможности производить гидравлические расчеты, за отсутствием опытных данных даже в такой стране, как Америка, родина намывных плотин, где построено их сравнительно большое количество. При постройке пользуются обычно изучением практических примеров и описанием уже исполненных сооружений.

Ниже приведятся данные Скайлера и Басселя о размерах, уклонах и расходах желобов, труб и каналов, применявшихся при постройках намывных плотин в Мексике, Калифорнии и прочих странах.

Желоба. Так, при постройке плотины „Грэн вэлли“ („Grane Valley“) в Калифорнии применялся прямоугольный деревянный желоб, шириной $b = 30$ см, глубиной $h = 25$ см, при расходе $Q = 0,06$ м³/сек и уклоне $i = 8$ ‰.

Для плотины Milner: $b = 30$ см, $h = 30$ см, $Q = 0,04$ м³/сек и $i = 5\%$.

Для некоторых мексиканских плотин применялся деревянный желоб, обделанный железными листами при $b = 1,2$ м, с V -образным дном, $Q = 0,43 - 0,85$ м³/сек и $i = 5 - 8\%$; при постройке плотины Кротон (Croton) (Мичиган) применялся полукруглый железный лоток с диаметром $d = 76$ см, при уклоне $i = 8,9\%$ и $d = 50$ см, при $i = 15\%$; для плотины Nipagi пользовались металлическим желобом трапециoidalного сечения при ширине желоба по верху 69 см, по низу 34 см, при глубине $h = 25$ см и уклоне $i = 3\%$.

Главные желоба плотины Consonully представляют деревянные наклонные стенки, поставленные так, что дают ширину по верху 0,84 м, а по низу 60 см; дно вставлено железное, полукруглое, очерченное радиусом в 30 см; глубина воды 0,69 м, уклон $i = 4\%$, а боковые распределительные трапециoidalные желоба имеют ширину по дну 30 см.

Трубы. Диаметр их доходит до 50—60 см; так, например, при постройке плотины Несаха в Мексике диаметр главных металлических труб равен $d = 50$ см, а диаметр боковых распределительных труб $d = 41$ см; для плотины La Mesa в Калифорнии были применены деревянные трубы, диаметром $d = 60$ см, при расходе $Q = 0,17 - 0,22$ м³/сек. Потери на трение доходят до 80% общего напора в трубопроводах (плотина Silver Lake).

Каналы. Длина их обычно значительна. Так, при постройке плотины Switton (Савой) длина канала, подводящего материал, была равна $10\frac{1}{2}$ км, при продольном уклоне $i = 0,004$.

Что касается вопросов о подготовке основания, креплении откосов плотины, ширине по верху, запасе по высоте над наивысшим возможным горизонтом и пр., то по отношению к намывным плотинам остаются в силе все те основные соображения, которые приводились нами раньше.

Г Л А В А XII.

ПРИМЕНЕНИЕ ДРЕНАЖА В ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИНАХ.

При проектировании земляных плотин, в особенности, если они значительной высоты, следует обратить особое внимание на разработку вопросов искусственного дренирования в низовой их части, с целью понизить положение депрессионной линии и тем самым предупредить опасное по своим последствиям намокание низового откоса.

„Водонепроницаемость не существенна для устойчивости, но канализация весьма существенна“, — говорит Дилльмон (Dillmon) в своих дополнениях к работе Поля (Paul) ¹⁾. Еще в 1906 году Ребок (Rehbock) доказал лабораторными опытами, что плотины, сделанные даже из чистого песка, остаются устойчивыми, если они достаточно дренированы. Стрэндж (Strange), опытный теоретик и практик по сооружению земляных плотин, говорит, что полный

¹⁾ Proc. of amer. Civ. Ing. 1922 г., март и май.

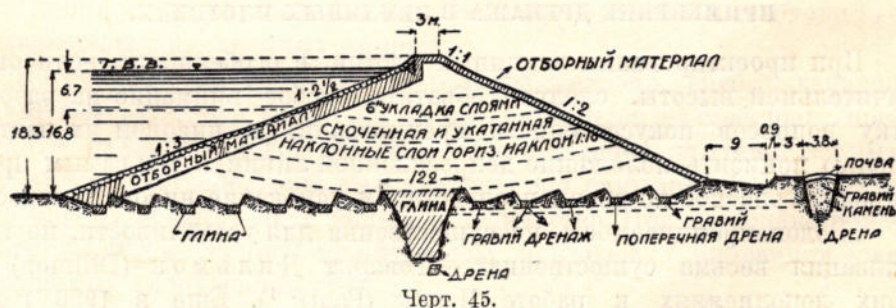
дренаж основания плотины есть вещь совершенно необходимая, так как несмотря на все меры предосторожности, часть воды, несомненно, проходит через замок или ядро из земляного бетона.

В случае если грунт основания по сравнению с материалами тела плотины является довольно непроницаемым, то устройство дренажа особенно желательно.

Дренажные траншеи обычно копаются глубиной в несколько метров перпендикулярно оси плотины; в некоторых случаях их направление следует рельефу поверхности (основанию плотины); после того как траншеи выкопаны, они заполняются камнями различной крупности, причем большие камни (глыбы) кладутся на дно, а по мере приближения кверху размер заполняющего материала постепенно уменьшается; сверху все прикрывается битым камнем или гравием. Иногда на дно канавы укладываются терракотовые водосточные трубы с промежутками в стыках, которые потом обсыпаются битым камнем или гравием.

Для лучшего дренирования делаются боковые ветви, питающие главный коллектор; эти боковые ветви обычно состоят из линии 15—20-см (6—8") терракотовых труб, уложенных с промежутками в стыках непосредственно на поверхности земли; стыки должны быть защищены гравием или битым камнем.

Дрены не следует укладывать слишком далеко друг от друга; для получения лучшего результата, расстояние между главными дренами (коллекторами) не должно быть более одной четверти ширины плотины по основанию. Со стороны низового откоса дренам должен быть обеспечен хороший отвод воды, для чего можно с низовой стороны плотины (у подошвы) устраивать наброску из крупных камней,



Черт. 45.

шириною в основании не больше одной трети ширины основания самой плотины, которая, с одной стороны, увеличивает безопасность сооружения, а с другой — уменьшает опасность намокания и разжижения грунта низовой части плотины.

В качестве одного из примеров, на чертеже 45 приведен про-

филь одной индийской плотины, в основании которой с низовой стороны расположены четыре продольных (параллельно оси плотины) траншей, заполненные гравием, которые и представляют собой дренажную систему; все эти траншеи соединены между собою трубами, расположенными перпендикулярно оси плотины и выводящими фильтрующую воду в общую дренажную канаву, лежащую вне тела плотины. Детали дрен плотины Tabeaud и описание их устройства изложены нами на стр. 67.

Г Л А В А XIII.

СРАВНЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН РАЗНЫХ ТИПОВ.

По вопросу о сравнении качеств того или другого типа плотин следует заметить, что каждый из описанных типов имеет в техническом мире сторонников и критиков.

Первый тип плотин имеет значительное преимущество перед остальными в простоте работы и в однородности самого тела, обеспечивающей определенность работы самого профиля (в смысле равномерного падения депрессионной линии). Виднейшие инженеры-практики всего мира считают, что при тщательном выполнении всех условий, связанных с возведением тела плотины, чистый тип земляной плотины является наилучшим из всех типов, за исключением намывных плотин, но последние требуют особенно благоприятных топографических и геологических условий для их возведения.

Плотины второго, а также третьего типа имеют условия, благоприятствующие работе низового откоса, и при тщательном выполнении работ по возведению ядра может быть достигнута полная водонепроницаемость тела плотины. Депрессионная линия имеет наибольшее падение около ядра. Но ядровые плотины имеют и многие недостатки. Маттерн (Mattern) считает, что: 1) при пересыхании глиняное ядро дает трещины, которые кладут начало разрушению всего сооружения, а кроме того в нем могут появиться кротовые ходы; 2) кроме того большим недостатком является недоступность осмотра самой главной в смысле водонепроницаемости части плотины, не позволяющая своевременно принять меры к исправлению; 3) разнородность в материалах, а в связи с этим и неравномерность в осадке (в особенности это относится к ядрам-диафрагмам из каменной или бетонной кладки); железобетонные диафрагмы более устойчивы против трещин, но они слишком дороги. Американский инженер Dillmon находит, что „применение внутренних ядер ошибочно; оно не всегда бесполезно, но всегда не экономично“. Джекино (Jaquinot) считает английские центральные ядра из песчаной глины слишком слабыми и полагает,

что для устойчивости ядра ему необходимо давать размеры: ширина по верху $b = 2$ м, откосы 1:1 или 3:2.

Фоллэ (W. Follet), имевший большой опыт в сооружении земляных плотин, полагает, что „соединение земли с каменной кладкой образует слабое место, и ядро из каменной кладки в земляной плотине есть элемент скорее ослабления, чем прочности“. Бассель в своей работе „Земляные плотины“ дает такое заключение: „ядро может воспрепятствовать свободному прохождению воды и чрезмерному просачиванию, но тем не менее целесообразность его проблематична“.

В своей работе „Современное положение вопроса о постройке водоподпорных сооружений“ проф. Р. Вейраух, критикуя возражения против ядровых плотин, считает, что глиняное ядро все же является наилучшей конструкцией, так как опасность со стороны кротов может быть избегнута при достаточно глубоком залегании верха ядра.

Более выгодным местоположением ядра в теле плотины следует считать такое, когда ядро сдвинуто в сторону верхового откоса и когда оно пересекает верховой откос плотины примерно на уровне нормального горизонта воды водохранилища, так как при этом устраняется проникновение воды в верховую часть плотины, получается более выгодное положение депрессионной линии и наконец ядро может быть использовано в качестве защиты плотины от разрушительного действия воды. Когда верховой откос плотины случайно по тем или другим причинам будет все-таки размыв, то ядро при таком расположении сможет защитить оставшуюся часть плотины от разрушения.

Такое расположение ядра получило большое распространение в Америке в Middle West. При выполнении проекта гидроэлектрической станции в Wisconsin близ Chippewa Falls подобное устройство ядра дало возможность сэкономить на каменной наброске до 60 тысяч долларов.

Плотины четвертого и пятого типов имеют то преимущество, что они могут быть выстроены на реке с самыми небольшими затруднениями. В плотинах из каменной наброски фильтрация не так опасна для сооружения, так как последняя допускает ее без особого вреда для прочности. С течением времени плотина из каменной наброски становится все прочнее и прочнее, а также менее водопроницаемой, так как пустоты заливаются наносами, содержащимися в реке. Не следует допускать переливания воды через гребень плотины, чтобы последняя не разрушалась. Возводить плотины этого типа следует на прочном и неразмываемом грунте при откосах надлежащего уклона, чтобы фильтрующаяся вода не производила оседания и разрушения плотины.

По мнению Люиджи (Luiggi) плотины из каменной наброски

для небольших высот имеют предпочтение перед другими типами в странах с частыми землетрясениями. В последнее время для обеспечения водонепроницаемости плотин из каменной наброски применяют по водной стороне или кладку, или железо-бетон.

Намывные плотины являются наиболее плотными по структуре, быстрыми по работе и удобными в отношении распределения материалов в профиле плотины. Их преимущество перед обычными земляными плотинами состоит именно в сильном уплотнении материала, которого невозможно достигнуть, применяя обычный способ уплотнения. Так, по исследованиям инженера Моргана (J. Morgan) оказалось, что состав средней их части почти тождествен с таковым же для хороших синих глин в естественных отложениях. По новейшим исследованиям Поля (Ch. Paul) в округе Миами в Соединенных штатах оказалось, что из двадцати двух наблюдений, сделанных им во время постройки, в состав ядра входил следующий материал:

Род материала	Размеры	Крайнее значение в процентах	Среднее значение в процентах
Мелкий гравий	от 1 — 2 мм	0	0
Крупный песок	0,5 — 1	0 — 1,1	0,1
Средний „	0,25 — 0,5	0 — 1,8	0,3
Мелкий „	0,1 — 0,25	0,1 — 13,7	3,0
Мельчайший песок . .	0,05 — 0,1	2,3 — 33,2	18,2
Ил	0,05 — 0,005	40,4 — 72,0	55,9
Глина	0 — 0,005	9,5 — 33,7	22,2

Такие ядра по прошествии нескольких месяцев по исполнении становятся устойчивыми в смысле плотности, так как они потом не растекаются, если даже окружающий их материал плотины будет удален. Депрессионная линия имеет наибольшую крутизну в средней части плотины (ядро).

Если приходится строить высокую плотину при дорогой рабочей силе, то намывные плотины значительно выгоднее обычных земляных. Если за предел высоты обычной земляной плотины принять высоту в 30 м, то намывные плотины возможны при высоте в 90 м и даже больше, лишь бы ширина их по основанию была достаточна по условиям фильтрации.

Этот тип заслуживает самого серьезного и исключительного внимания, имея, повидимому, в будущем стремление массового распространения во всех частях света. В наших условиях намывные плотины, как наиболее стойкие против землетрясений, а также по условиям благоприятного рельефа местности для их возведения, должны получить большое распространение в гористых местностях (Туркестан, Кавказ и др.).

На основании всего изложенного о земляных плотинах можно сказать, что, при надлежаще выбранном профиле, плотины эти могут служить не только десятки, но и сотни лет для самых разнообразных целей. Простота, дешевизна и быстрота работ в связи с возможностью постройки земляных плотин практически почти на любых основаниях, а также ряд других преимуществ, как то сейсмическая стойкость и пр., заставляют обратить особенное внимание на этот тип сооружений.

В приложении в конце книги приводятся данные о высоких земляных плотинах в условиях заграничной практики.

ВОДОСЛИВНЫЕ И ВОДОПРОПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПРИ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИНАХ.

Г Л А В А XIV.

ВОДОСЛИВЫ.

Общие сведения и гидравлический расчет.

Водохранилища, как об этом уже сказано было выше, обычно питаются или постоянными источниками — ключами, речками — или же скапливающимися в них атмосферными осадками, в наших условиях обычно весенними. Емкость прудов-водохранилищ обыкновенно значительно менее количества воды, собирающейся перед плотиной, а потому является потребность в спуске излишней воды, могущей накопиться весной или летом во время сильных дождей; сооружения, удовлетворяющие данной потребности, получили название водосливов. Водосливы, следовательно, устраиваются только для пропуски излишней воды, угрожающей поднять уровень в водохранилище выше допустимого.

При устройстве земляных плотин следует стремиться располагать водосливы в стороне от них, пользуясь для этого соседними балками и оврагами. Только в самых исключительных случаях можно делать их в теле плотины, принимая при этом все меры к уничтожению продольных фильтраций и учитывая все последствия, которые могут произойти, если осадки отдельных частей сооружения будут неравномерны.

Обычно, при небольших плотинах, водослив устраивается на отлогом берегу балки, метрах в четырех от плотины. Расчет пропускной способности водослива должен учитывать максимум паводковых или ливневых вод, превышая их на некоторую величину на случай непредвиденных происшествий, так как в истории плотиностроения можно найти не одну катастрофу, которая произошла исключительно только благодаря недостаточной пропускной способности водосливов. Поэтому на гидравлический расчет отверстия водослива должно быть при проектировании обращено самое серьезное внимание. Для некоторой разгрузки водосливов и на случай особых катастрофических ливней Р. П. Спарро рекомендует, где это по местным условиям возможно, устраивать запасные водосливные каналы с дном на 0,40 м выше уровня дна основного водослива.

Для гидравлического расчета отверстия водослива можно пользоваться формулой, даваемой в гидравлике для незатопленного широкого водослива с закругленным входным ребром. Формула эта в общем виде представляется так:

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(H + \frac{u_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}},$$

где

Q — максимальный секундный расход, способ определения которого приведен выше на стр. 18 и в приложении II,

b — ширина водослива,

H — возвышение уровня воды в пруде над порогом (верхней площадкой) водослива,

u_0 — скорость подхода воды к водосливу,

m — коэффициент, зависящий от конструкции водослива; для случая незатопленного широкого водослива с закругленной кромкой $m = 0,35$.

По этой формуле искомая ширина водослива определится:

$$b = \frac{Q}{m\sqrt{2g}\left(H + \frac{u_0^2}{2g}\right)^{3/2}} = \frac{Q}{0,35\sqrt{2g}\left(H + \frac{u_0^2}{2g}\right)^{3/2}} = \frac{Q}{1,55\left(H + \frac{u_0^2}{2g}\right)^{3/2}}.$$

Для пользования этой формулой обычно величиной H можно задаться, т. е. выяснить — на сколько можно поднять горизонт воды в пруде без особого неудобства в смысле подтопа земель. Обычно для наших условий величина H принимается для деревянных и каменных водосливов в 0,90 — 1 м, а для плетневых $H = 0,40$ м.

Величина скорости подхода u_0 в водохранилищах больших обычно принимается равной 0 (если $u_0 < 0,5$ м/сек); если водохранилище небольшое и притом питается значительным водным источником, то скорость подхода должна быть учтена (при $u_0 > 0,5$ м/сек).

При $u_0 = 0$ (как это практически обычно и бывает) ширина отверстия:

$$b = \frac{Q}{1,55H^{3/2}}.$$

Для облегчения работы по подсчету ширины водослива можно составить таблицу для различных H или же график и ими в дальнейшем пользоваться¹⁾.

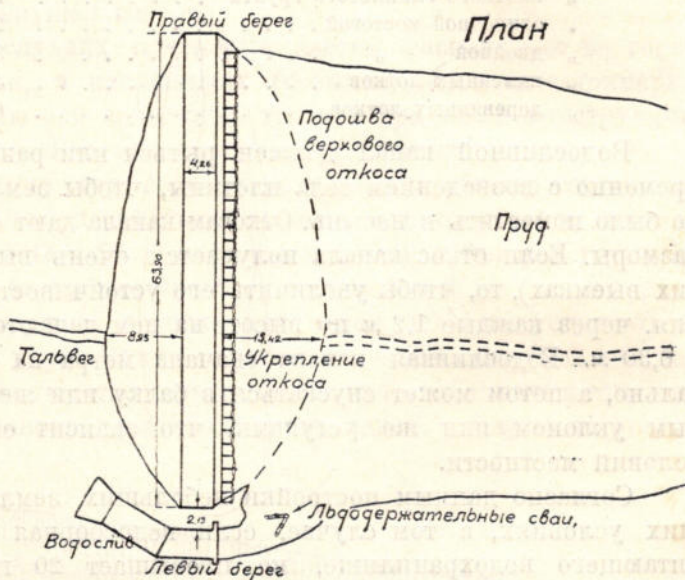
Все встречаемые типы водосливов могут быть подразделены на следующие:

¹⁾ Р. П. Спарро. Пособие для сельского водоснабжения, 1927 г., стр. 27.

- 1) водослив в виде естественного водообхода;
- 2) " " " обыкновенного земляного канала с укреплением дна и откосов или же без укрепления;
- 3) водослив в виде быстротока-лотка (с наклонным полом);
- 4) " " " ступенчатого перепада (тип перепада);
- 5) " " с водобойным колодцем;
- 6) " " смешанного типа.

Водослив в виде естественного водообхода и обыкновенного земляного канала.

В очень редких случаях топографические условия местности позволяют найти подходящую ложбинку с одной из сторон плотины, чтобы использовать ее для устройства водослива в виде естественного водообхода; чаще же всего приходится устраивать искусственный водослив в виде водоотводного канала, который в зависимости от уклона и характера грунта укрепляется тем или иным способом. Дно такого канала закладывается обычно на уровне наивысшего горизонта воды в водохранилище, т. е. обычно ниже



Черт. 46.

гребня плотины на 1,10 — 1,25 м. Такой канал, начинаясь перед плотиной, огибает один из ее концов, идет с определенным уклоном и спускается в балку к искусственно укрепленной площадке (черт. 46).

Гидравлический расчет канала может быть сделан по известным формулам гидравлики (Шези, Базена, Гангилье-Куттера и др.), причем уклон должен быть выбран такой, чтобы при заданном уклоне не получились размывающие канал скорости. Комбинируя величины скорости, поперечного сечения и уклона, можно подобрать канал таких размеров, чтобы он в состоянии был пропустить максимальный расход, не перейдя предела скорости.

Обыкновенно уклон для неукрепленных каналов колеблется в пределах от 0,005 до 0,0002, в зависимости от грунта.

Предельным уклоном следует считать:

Для суглинистого грунта	0,01
„ дерновых укреплений	0,15
„ мощеных поверхностей	0,10
„ кирпичных лотков	0,30
„ деревянных „	1,00
„ бетонных „	1,50,

причем эти цифры следует брать только в исключительных случаях и без особой необходимости не следует переходить за их половину.

Предельными допускаемыми максимальными скоростями следует считать:

Для обыкновенного песчаного грунта	0,91 м в 1 сек.
„ плотного песчаного грунта	1,06 м „ 1 „
„ обыкновенного глинистого грунта	1,22 м „ 1 „
„ плотного глинистого грунта	1,83 — 1,90 „
„ одиночной мостовой	2,5 м в 1 „
„ двойной „	3,5 м „ 1 „
„ каменных лотков	4,75 м „ 1 „
„ деревянных лотков	6,60 м „ 1 „

Водосливной канал должен рыться или раньше, или же одновременно с возведением тела плотины, чтобы землю из канала можно было поместить в насыпь. Откосам канала дают обычно полуторные размеры. Если откос канала получается очень высокий (при глубоких выемках), то, чтобы увеличить его устойчивость против разрушения, через каждые 1,2 м по высоте на нем делаются бермы шириною в 0,30 м. Водосливная канава сначала метра на 4 ведется горизонтально, а потом может спускаться в балку или же одним однообразным уклоном или же уступами, что зависит от топографических условий местности.

Согласно данным постройки небольших земляных плотин в наших условиях, в том случае, если водосборная площадь бассейна, питающего водохранилище, не превышает 20 гектаров ($1/5 \text{ км}^2$), а также при пологих склонах ниже плотины, рекомендуется для пропуска вод устраивать водослив в виде обыкновенного земляного канала, лучше в плотном глинистом грунте, без укрепления дна и откосов его. Обычно такому каналу дают уклон не больше 0,005, при ширине дна его в 2 м и при полуторных откосах. В некоторых случаях, для ослабления струи воды, устраивают два канала с дном на одном уровне по обеим сторонам плотины.

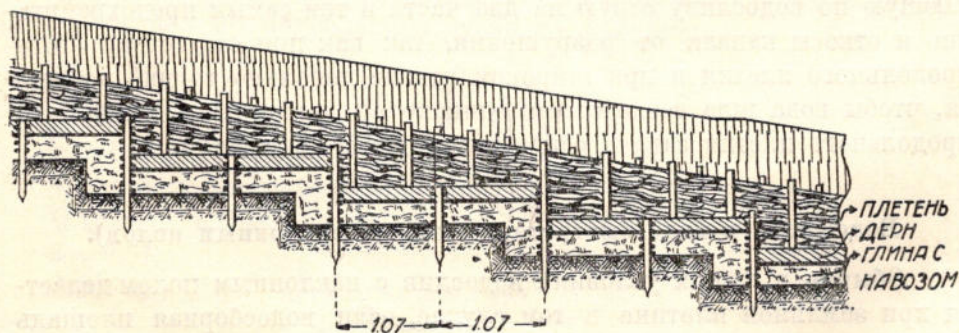
Если же водосборная площадь бассейна не превышает $1/2 \text{ км}^2$, а также в случае сравнительно небольшой крутизны склона балки ниже плотины, водосливные каналы можно делать с уклоном до 0,1, причем дно и откосы их должны быть закреплены камнем с применением плетневых клеток.

В наших условиях постройки водосливных каналов при небольших земляных плотинах наиболее рациональным типом укрепления, выдержавшим многократное испытание, считается следующий: по дну канала, а также и по откосам (на высоту 0,60 м) прокапываются траншеи (ровики), глубиной и шириной в 0,40 м в клетку через 2 м ровик от ровика. В траншеи забиваются кольца длиной в 1 м так, чтобы верх их возвышался над дном канала и над поверхностью его откосов на 0,20—0,25 м. Кольца, как продольные, так и поперечные, заплетаются хворостом от дна траншеи до верха, после чего траншеи плотно забиваются глиной, а клетки пространства между плетнями замазываются камнем „тычком“ по мху, мятой соломе, солоmistому навозу, с плотной расщепенкой под трамбовку. Дну канала придают небольшую вогнутость (в виде желобка) с тем, чтобы небольшое количество воды могло стекать посередине канавы, не омывая откосов и тем самым не разрушая их.

В некоторых случаях плетневые клетки располагают не горизонтальными рядами, а наклонными (косыми), под углом примерно в 45° к направлению оси водослива, так как при такой конструкции подошва откоса канавы страдает меньше от размыва.

Описанный выше тип водосливного канала обычно состоит из трех частей: верхней горизонтальной площадки длиной в 4 м, наклонной части длиной в 16—20 м с уклоном в 0,10 и нижней горизонтальной площадки на уровне дна балки длиной в 4 м.

В некоторых случаях водосливной канал делается уступчатым, в виде перепада, с укреплением порогов его плетнями. Этот тип водослива имеет преимущество перед только что описанным в том, что вода при своем движении по водосливу, падая с уступа на уступ,



Черт. 47.

разделенные горизонтальными или слегка наклонными площадками, теряет в значительной мере свою живую силу на уступах при ударе и, скатившись вниз, получает безопасную скорость. Такой тип ступенчатого водослива, укрепленный плетнями, представлен на черте-

же 47. Канал роется рядом горизонтальных терасс (площадок) с уступами в 0,30 м. Первая площадка делается длиной не меньше ширины гребня плотины, а последующие — не меньше 2,14 м. На каждом пороге ставится два плетня на расстоянии 1,07 м один от другого в особо приготовленные для этого канавки, которые роются в поперечном направлении, шириной в 0,30 м и должны врезаться в откосы не меньше, чем на 0,60 м. В эти канавки через каждые 0,30 м забиваются дубовые и вербовые кольца толщиной в 6 см. Для колец предварительно пробивают двухметровым колом ямки. Хворост для плетня следует брать свежий, ровный, с обрубленными ветвями. Плетение ведется в одну хворостину с запуском плётки в обе стороны по 65 см. Пространство между плетнями затрамбовывается глиной, тщательно перемешанной с навозом, причем навоза берется больше, чем глины. Надо, чтобы концы колец были выше горизонтальных площадок сантиметров на 7. Дно и откосы дернутся или мостятся камнем на мху или на соломе. Можно также откосы укреплять и плетнями, которые ставятся одновременно с поперечными плетнями, перекрещиваясь с ними. Плетень возвышается над серединой площадки на 60 см, образуя наклонную линию, параллельную общему уклону водосливного канала (черт. 47). Промежуток между плетнями и откосом затрамбовывается глиной с навозом.

Выход в дно балки рекомендуется при этом укрепить слоем хвороста, верхушками против воды, с закреплением его прутяными канатами.

В тех случаях, когда площадки приходится делать очень широкими, ставят по середине площадок (по оси водослива) продольный плетень, назначение которого состоит в том, чтобы разделить протекающую по водосливу струю на две части и тем самым предохранить дно и откосы канала от разрушения, так как при отсутствии этого продольного плетня и при широком канале довольно трудно добиться, чтобы вода шла везде слоем одинаковой толщины. Постановкой продольного плетня задача разрешается довольно удачно.

Водосливы в виде быстрогока-лотка (с наклонным полом).

Обычно в наших условиях водослив с наклонным полом делается при земляной плотине в том случае, если водосборная площадь бассейна не превышает $1\frac{1}{2}$ км², а общее падение водослива не больше 4 м. В том случае, если грунт позволяет забивать сваи, водослив делается деревянным; в противном случае водослив делается каменно-бетонным или же железо-бетонным. В самом общем виде водослив с наклонным полом состоит из верхней горизонтальной площадки АВ (черт. 1) длиной 4 — 6 м, называемой обычно понурным полом, из

наклонной части BC с уклоном не больше 0,38 (водобойный пол) и из нижней горизонтальной площадки CD длиной до 4—6 м, устраиваемой обычно на дне оврага (сливной пол).

Ширина отверстия быстротока может быть рассчитана по формуле, приведенной на стр. 94. В этих типах сооружений необходимо сделать добавочный гидравлический расчет для определения той глубины h_0 и скорости v_0 воды, которые установятся в конце водобойного пола (точка C); расчет этот в конечном счете необходим для суждения о том — будет ли скорость, полученная в конце быстротока, допустима для данного материала, из которого устраивается водослив, или же нет.

Упрощенный гидравлический расчет для быстротока с прямоугольным сечением шириною b и высотой h может быть сделан следующим образом (черт. 1).

Пусть нам известны в сечении I—I быстротока:

глубина воды h ,
 ширина b ,
 скорость воды v .

На основании этих данных мы можем определить расход воды в сечении (I—I) водослива

$$Q = h \cdot b \cdot v = \omega \cdot v,$$

где $\omega = b \cdot h$.

Для дальнейших расчетов необходимо определить глубину воды в водосливе, которая установится в точке B ; эта глубина $h_{кр}$ есть критическая глубина (наименьшая), до которой может упасть уровень воды при ее движении от подводящего канала до точки B . Эта глубина соответствует минимуму удельной энергии¹⁾ и может быть определена для прямоугольного русла по формуле:

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot b^3}}$$

где

$\alpha = 1,1$,
 b (ширина быстротока),
 Q (расход воды) $= \omega \cdot v$,
 $g = 9,81$.

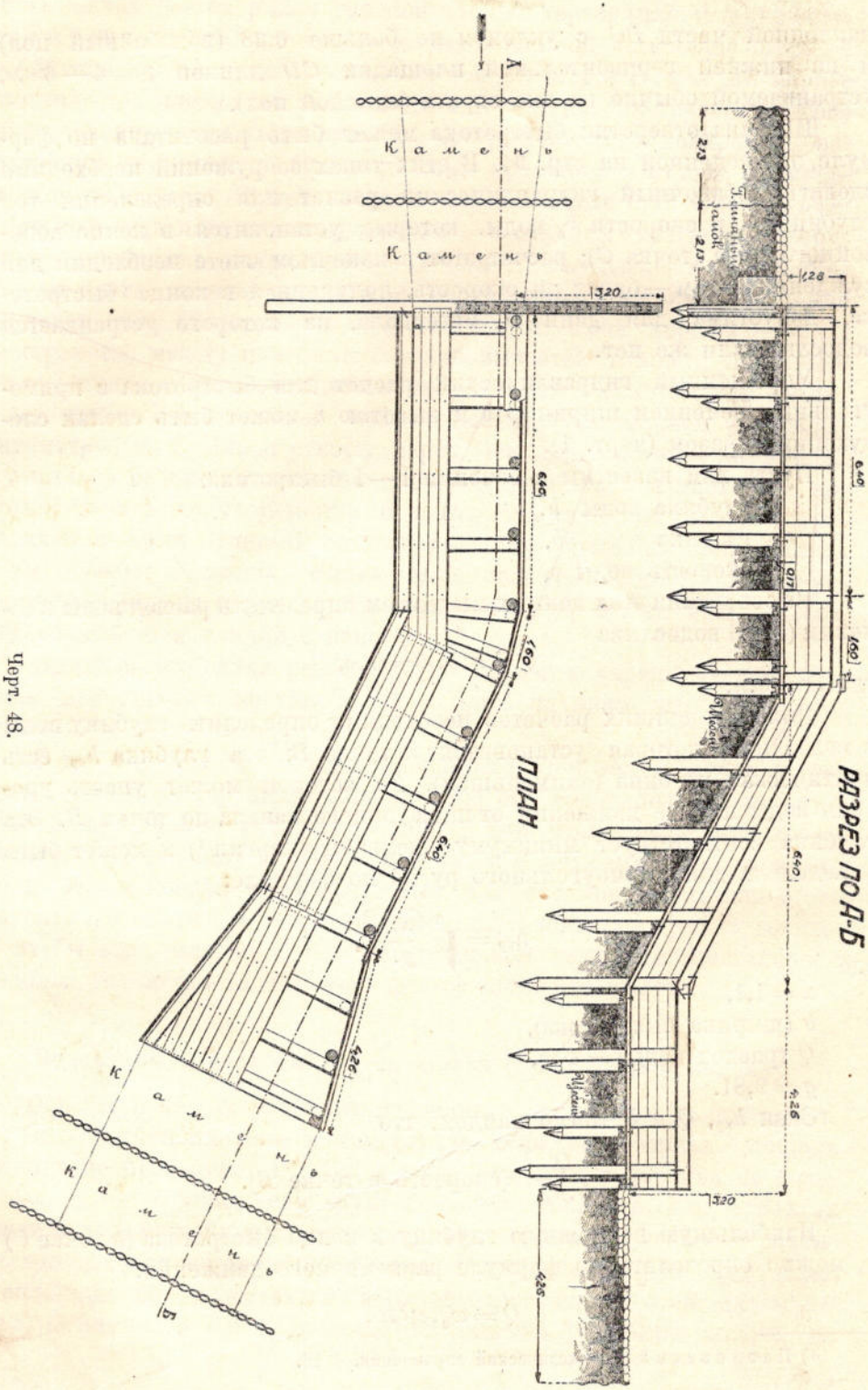
Зная $h_{кр}$, Q и b , легко найдем, что

$$v_{кр} = \frac{Q}{b \cdot h_{кр}} \quad (\text{скорость в точке } B).$$

Наибольшую возможную глубину в конце быстротока (в точке C) h_0 можно определить по формуле равномерного движения:

$$Q = \omega_0 \cdot c \sqrt{Ri},$$

¹⁾ Павловский И., Гидравлический справочник, § 16.



Черт. 48.

где

$$\omega_0 = h_0 \cdot b \text{ (площадь живого сечения в сечении II—II),}$$

$$R = \frac{\omega_0}{p_0} = \frac{h_0 \cdot b}{b + 2h_0},$$

$$c = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \text{ (значение коэффициента } c \text{ для „новой“ формулы)}$$

Базена; c может быть взят и по другим формулам),

i — уклон дна быстротока на протяжении от B до C .

Задаваясь различными значениями для величин h_0 , определим

$$\omega_0, c, \sqrt{R} \text{ и } \sqrt{i},$$

после чего находим расход в сечении II—II

$$Q = \omega_0 \cdot c \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

и сравниваем его с заданным расходом Q в сечении I—I в начале быстротока; при достаточном совпадении расходов окончательно определяется величина h_0 .

Зная h_0 , можно определить наибольшую скорость v_0 , которая установится в конце быстротока:

$$v_0 = \frac{Q}{\omega_0} = \frac{Q}{b \cdot h_0}.$$

Для определения глубин в промежуточных точках быстротока, между точками B и C , необходимо пользоваться уравнением неравномерного движения и составленными на сей предмет таблицами Бресса, Дюпюи-Рюльманна, Толкмитта и др. Практически из всех скоростей необходимо знать только ту наибольшую, которая получится в конце быстротока, так как она не должна быть больше допустимой для данного материала сооружения. Приведенным выше подсчетом можно пользоваться и для быстротоков, устраиваемых обычно на каналах, чаще всего на ирригационных. Лиц, интересующихся более подробным и точным расчетом, отсылаем к специальным работам по вопросам неравномерного движения жидкостей в открытых руслах ¹⁾.

Тип деревянного водослива с наклонным полом, наиболее распространенный в наших условиях при плотинах небольшой высоты, представлен на чертеже 48. Весь водослив со стенками обычно устраивается в материковом грунте. Высота стенок делается в 1,28 м. На

¹⁾ Жук С. Я., „Лесославные лотки“, Ленинград, 1925 г.; Бахметев, „Неравномерное движение в открытом русле“, Петербург, 1912 г.; Павловский, „Гидравлический справочник“, Ленинград, 1924 г., и др.

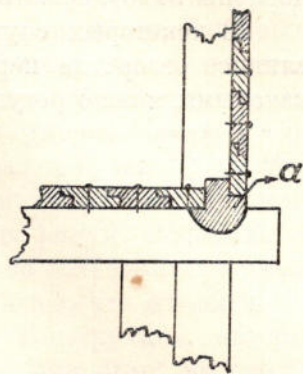
границе понурного и водобойного пола (в точке *B*) забивается брусчатый шпунтовый ряд из 22-см (5-вершковых) бревен на глубину, в зависимости от грунта, но не меньше, чем на 2 м. Шпунтовый ряд, продолжаясь в обе стороны за линии очертаний водослива по 3,20 м, составляет так называемые открылки водослива. Шпунтовый ряд открылок забивается на ту же глубину и возвышается до высоты стен водослива. Назначение шпунтового ряда — не допускать фильтрации воды как под самый флютбет (основание, пол) водослива, так и по линии сопряжения его стен с землей; поэтому при забивке шпунта нужно быть особенно внимательным и следить за тем, чтобы он был забит плотно, без искривлений и зазоров. В верхней части его следует проконопачивать. Если шпунтовый ряд при забивке начинает выпирать в сторону, то его выпрямляют домкратами и упорками и бьют, пока он не выпрямится, после чего упорки снимают.

На гребень шпунтового ряда насаживают так называемый „красный брус“ (шапка, король) с прокладкой войлоком, пропитанным суриком; этот брус, образуя так называемый порог водослива, вытесывается из 27—31-см (6—7-вершкового) бревна и прикрепляется скобами к шпунтовому ряду. На верхней грани порога отбираются четверти для пологового настила. Верх красного бруса должен быть точно на отметке принятого нормального горизонта воды в водохранилище, что проверяют, связывая порог нивелировкой с репером.

Далее по всей площади основания забиваются половые или так называемые ростверковые сваи рядами, параллельными шпунтовому ряду, так, чтобы и между рядами и между сваями в ряду расстояние было бы от 1,5 до 2 м, что зависит от плотности грунта основания; сваи для полов забиваются обычно на 1,5 м из 22-см (5-вершковых) бревен и срезаются на такой высоте, чтобы насадки, положенные на них, приходились точно на уровне нижней стороны пола водослива. Насадки располагаются на сваях поперек оси водослива и скрепляются со сваями прямыми сквозными шипами с клином и скобами или болтами; к насадкам пришивается половой настил из пластин в закрой, горбом книзу, или же из 6-см ($2\frac{1}{2}$ "') дубовых досок. Стенные сваи из 22-см бревен забиваются в грунт на глубину не менее 2 м с расстоянием друг от друга от 1,5 до 2 м; на верхние части ственных свай накладываются поперечные насадки, служащие распорками, в которые и упираются ственные сваи в водосливах шириной до 4 м; для отверстий водосливов больше 4 м ственные сваи должны быть прикреплены к особым анкерным сваям при помощи особых деревянных схваток, скрепляемых со сваями скобами или болтами.

Для образования стен водослива и откосных крыльев к ственным

сваям с наружной стороны (со стороны земли) подшиваются пластины в закрой (в четверть), выпиленные из 22-см круглого леса, или же из 9-см (2-вершковых) досок. Для большей прочности и плотности углов в месте соединения пола со стенами предварительно со стенными сваями скрепляются шипами и скобами особые лежни *a* (черт. 49), в которых вынимаются для подшивки половых и стенных досок соответствующие четверти.



Черт. 49.

В концах понурного, водобойного и водосливного полов, во избежание подмыва грунта фильтрующейся водою, опускается шпунтовая стенка из пластин (в закрой) на глубину 1 м. С этой же целью впереди главного шпунтового ряда роется замок глубиной в 1,20 м и шириной в 0,80 м и забивается с тщательной утрамбовкой глиной.

При производстве работ нужно особенно аккуратно следить, чтобы между полом и стенками не было щелей. Перед настилкой полов подполье должно быть очищено от щепок, мусора и всякого другого хлама, накапливающегося обычно при бойке свай, после чего в подполье снимается верхний слой земли на 0,30 м и забивается до насадок песком, мелким щебнем, а в крайнем только случае растительной землей с примесью навоза или мятой соломы, но не глиной, так как последняя под полами будет пучиться и не пропускать воды, между тем как грунт под водосливом должен быть легким, чтобы вода, просочившись через полы или через шпунт, не задерживалась и проходила в почву. Слой щебня под полами толщиной в 0,17 м вполне предохраняет полы от гниения и выпирания их при промерзании грунта. Если есть постоянный приток воды, то вместо щебня можно закладывать хворост.

Горизонтальные площадки впереди водослива и ниже его укрепляются мощением камнем в плетневых клетках. Заложение откосов приводной к водосливу канавы принимают 1:1 или 1:1¹/₂, в зависимости от грунта, причем откосы, как приводной к водосливу канавы, так и отводной, укрепляются мощением.

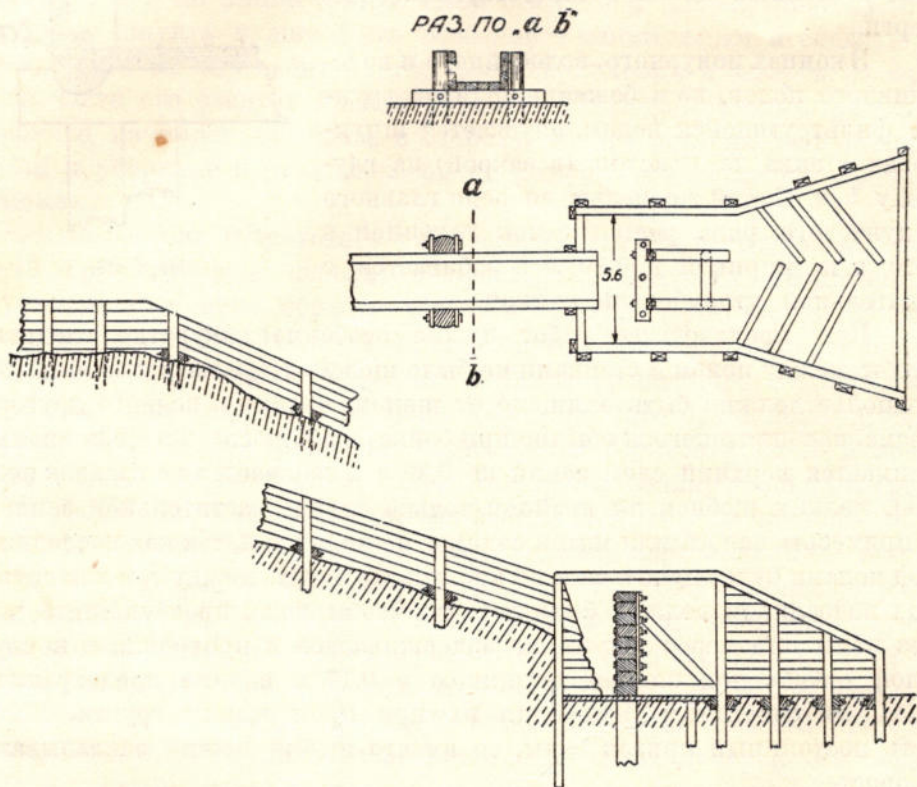
Хвостовая часть сливного пола на дне оврага выполняется воронкой (раструбом), выпускающей воду уширенным сечением, следовательно, с уменьшенной скоростью. Для постепенности сжатия струи воды при ее входе в водослив приводная канава делается также в виде раструба. Для большей долговечности лучше, если есть возможность, устраивать водослив из дубового леса.

Все деревянные части (свай, насадки, схватки, доски и пр.)

должны быть за 2 раза просмолены жидкой смолой, а трещины и щели проконопачены смоляной пенькой (паклей).

Впереди водослива, в расстоянии 6—10 м, должны быть установлены льдоудержательные сваи (черт. 46).

В некоторых случаях по тем или другим соображениям водосливное отверстие перекрывается щитовыми затворами, маневрируя каковыми, можно регулировать расход воды, протекающей через водо-



Черт. 50.

слив, поддерживая, например, горизонт воды в пруде выше нормального и пр. В таком случае обычно стенки и открьлки водослива повышаются до 1,7 м; открьлки удлиняются с 3,20 до 4,26 м. Весь пролет водослива подразделяется вертикальными опорными стойками на отдельные (в 1 м ширины) части; эти стойки укрепляются в красном бруссе, а вверху упираются в горизонтальный брус; в этих стойках вырезаются четверти для установки затворов. Затворы делаются из 7-см ($1\frac{1}{2}$ -вершковых) досок, нарезанных в четверть и скрепленных брусками высотой в 0,80—1 м и шириною в 1 м. Более подробно о щитовых затворах и их конструкции см. стр. 140.

Описанный выше тип водослива-быстротока применим для отверстий шириною до 4 м.

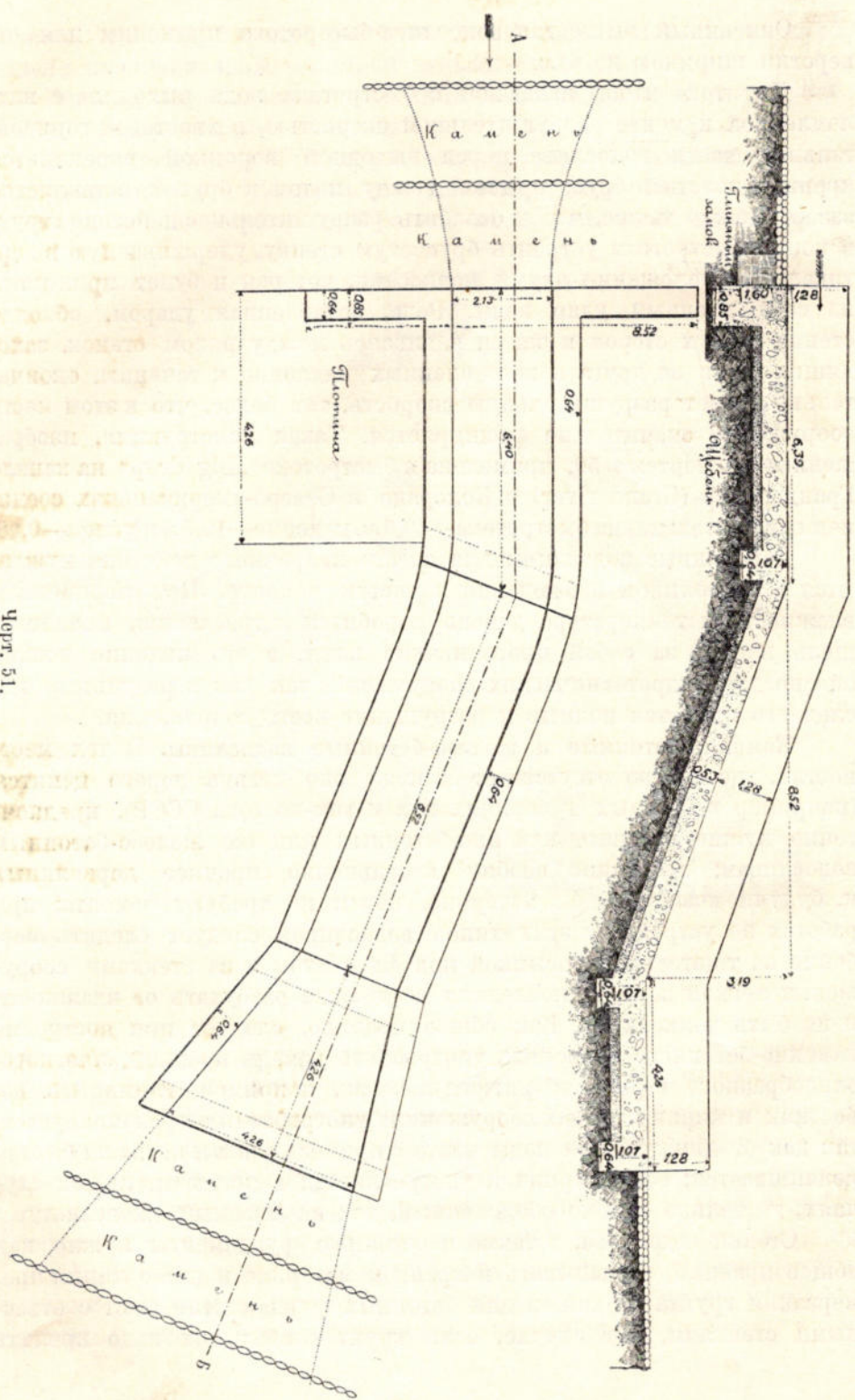
Для того чтобы падающая с быстротока вода выходила с надломленной и менее разрушительной скоростью, в хвостовой горизонтальной части водослива перед выходной воронкой укрепляется крепкий толстый брус, причем между полом и брусом оставляется зазор. Можно также, чтобы ослабить разрушительное действие струи, в конце быстротока устроить брусчатую стенку, удерживаемую в вертикальном положении двумя подкосами, которая и будет принимать на себя главный удар воды. Вода, ослабленная ударом, обходит стенку с двух сторон и затем, извиваясь между рядом стенок, заходящих друг за друга и поставленных наклонно к течению, окончательно теряет разрушительную скорость, тем более, что в этом месте сооружение значительно расширяется. Такая конструкция, изображенная на чертеже 50, применена в быстротоке „Big drop“ на канале Гранд ривер (Grand river) в Колорадо в Северо-американских соединенных штатах; длина быстротока—40,5 м, падение—10,5 м и уклон—0,28.

Деревянные водосливы для своего исправного действия нуждаются в постоянном наблюдении и частом ремонте. При переменной влажности и температуре дерево коробится и трескается, малейшая щель влечет за собой просачивание воды, а это явление весьма опасно для гидротехнических сооружений, так как в результате последнего является подмыв и разрушение всего сооружения.

Каменно-бетонные и железо-бетонные водосливы. В тех местностях, где дерево отсутствует или же оно весьма дорого ценится (например в степных губерниях юга и юго-востока СССР), предпочтение нужно отдавать каменно-бетонным или же железо-бетонным водосливам; последние вообще несравненно прочнее деревянных и, будучи возведены на материке, почти не требуют ремонта; при работах по устройству этих типов водосливов следует следить особенно за тщательной засыпкой под флютбетом и за стенками сооружения легкой землей; последняя не должна разбухать от влажности и не быть комковатой. Как общее правило, следует при постройке каменно-бетонного водослива употреблять камень крепкий, плотного, однообразного строения; мягкий же, как, например, глинистый известняк и кирпич, в этих сооружениях употреблять не рекомендуется, так как от движущейся воды часто с примесью ила и песка он быстро изнашивается; если кирпич и употребляется в исключительных случаях, то только сильно обожженный, так называемый „железняк“.

Стенки водослива, а также и бетонные фундаменты нужно, как общее правило, закладывать в крепком материке и ниже линии промерзания грунта. Траншеи для бетонных фундаментов роют с отвесными стенками, и в случае, если грунт слабый, их надо крепить

Черт. 51.



досками; чтобы к доскам не приставала бетонная масса, их смазывают мылом. На дно траншей нужно набить сантиметров на 22—36 мелкого щебня и сильно его затрамбовать. Бетон берется в составе 1 : 3 : 6. Стенки складываются на цементном растворе в составе 1 : 3; на расшивку швов следует брать более сильный состав — 1 : 2. Пол водослива, а иногда и стенки штукатурятся таким же раствором; чтобы штукатурка хорошо держалась, к еще неокрепшему цементу прибавляется обыкновенными гвоздями проволочная сетка, по которой и делают намет.

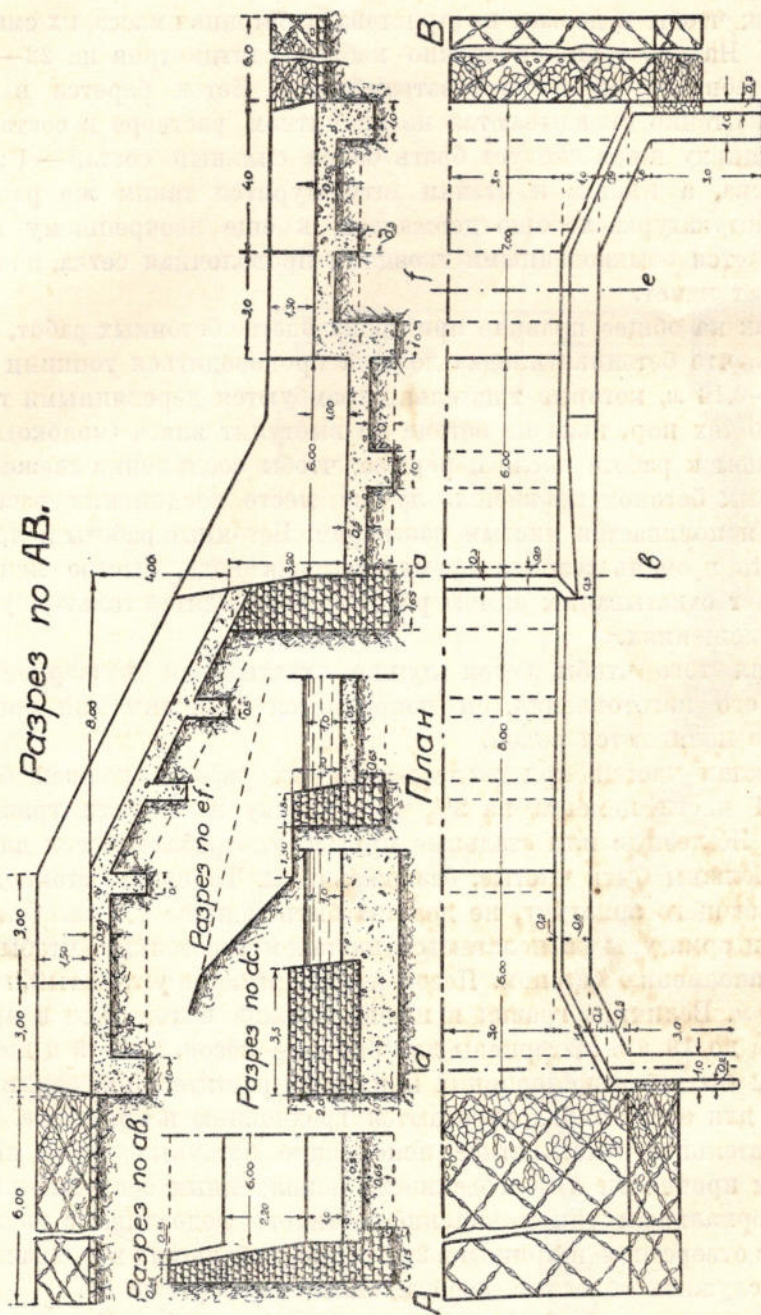
Как на общее правило при производстве бетонных работ, следует указать, что бетонная кладка должна производиться тонкими слоями в 0,10—0,16 м, которые тщательно трамбуются деревянными трамбовками до тех пор, пока на бетоне не выступит влага (молоко). Перед приступом к работе после перерыва, чтобы соединение свежей части со старым бетоном произошло лучше, место соединения расковыривается и поливается чистым раствором. Бетонные работы нельзя производить в очень жаркое время, так как вода, быстро испаряясь, нарушает схватывание; зимою работы производятся только в утепленных помещениях.

Для того чтобы бетон лучше схватывался в жаркое время после его изготовления, он покрывается мешками или рогожами, которые поливаются водой.

Состав частей при железо-бетонных работах должен быть не ниже 1 части цемента на $2\frac{1}{2}$ части песка и 4 части гравия или щебня. Железные или стальные прутья, употребляющиеся для арматуры, должны быть чистые, без ржавчины. Толщина бетонного слоя, покрывающего арматуру, не должна быть меньше 1,5 см. Отдельные стержни арматуры располагаются на таком расстоянии, чтобы не мешать заполнению бетоном. Песок предпочитается угловатый, не крупнее 5 мм. Величина гравия и щебня должна находиться в пределах от 5 мм до 19 мм. Материалы для бетона — песок, гравий и щебень — должны быть без посторонних примесей (растительной земли, глины и пр.), для этого они подвергаются грохочению и промывке. Вообще же тщательное и аккуратное исполнение бетонных работ является залогом прочности и долговечности исполненных сооружений.

Нормальным типом каменно-бетонного водослива с наклонным полом с отверстием шириною в 2,13 м при небольших водохранилищах может служить водослив, изображенный на чертеже 51.

Высота стенок — 1,28 м; длина открылок — 3,20 м. Впереди понурной части в материке устраивается бетонная шпунтовая стенка (запуск, зуб), глубиною в 1,6 м и шириною (толщиною) в 0,85 м, назначение которой то же самое, что и шпунтового ряда в деревянном водосливе. Бетонная шпунтовая стенка продолжается в стороны под



Черт. 52.

открылками на длину открылок, т. е. на 3,20 м; толщина бетонных полов делается 0,43—0,53 м, а толщина стен 0,53—0,64 м, в зависимости от грунта. В конце понурного и водобойного полов устраиваются небольшие бетонные замки (запуски) на глубину до 0,50 м и шириною

в 0,64 м, а в конце сливного пола замок устраивается глубиной в 1,07 м и толщиной в 0,64 м. Назначение этих замков то же, что и шпунтовых пластинчатых стен в деревянном наклонном водосливе. Сливной пол имеет в своем конце расширение на 2,13 м, по 1,07 м с каждой стороны. Под полы на грунт укладывается слой щебня в 0,10—0,16 м толщиной. Входной и выходной каналы вымащиваются по откосам и по дну на протяжении 4,26 м.

Если по тем или другим причинам необходимо будет закрывать отверстие водослива щитовыми затворами, то в таких случаях основной бетонной шпунтовой стенке дают глубину до 2,13 м, открылки удлиняют до 4,26 м, стенки водобойного пола повышают до 1,7 м, а толщина полов достигает 0,53—0,63 м. Все остальное не изменяется.

Бетон употребляется на замки и полы, а стены с открылками можно складывать из камня на цементном растворе.

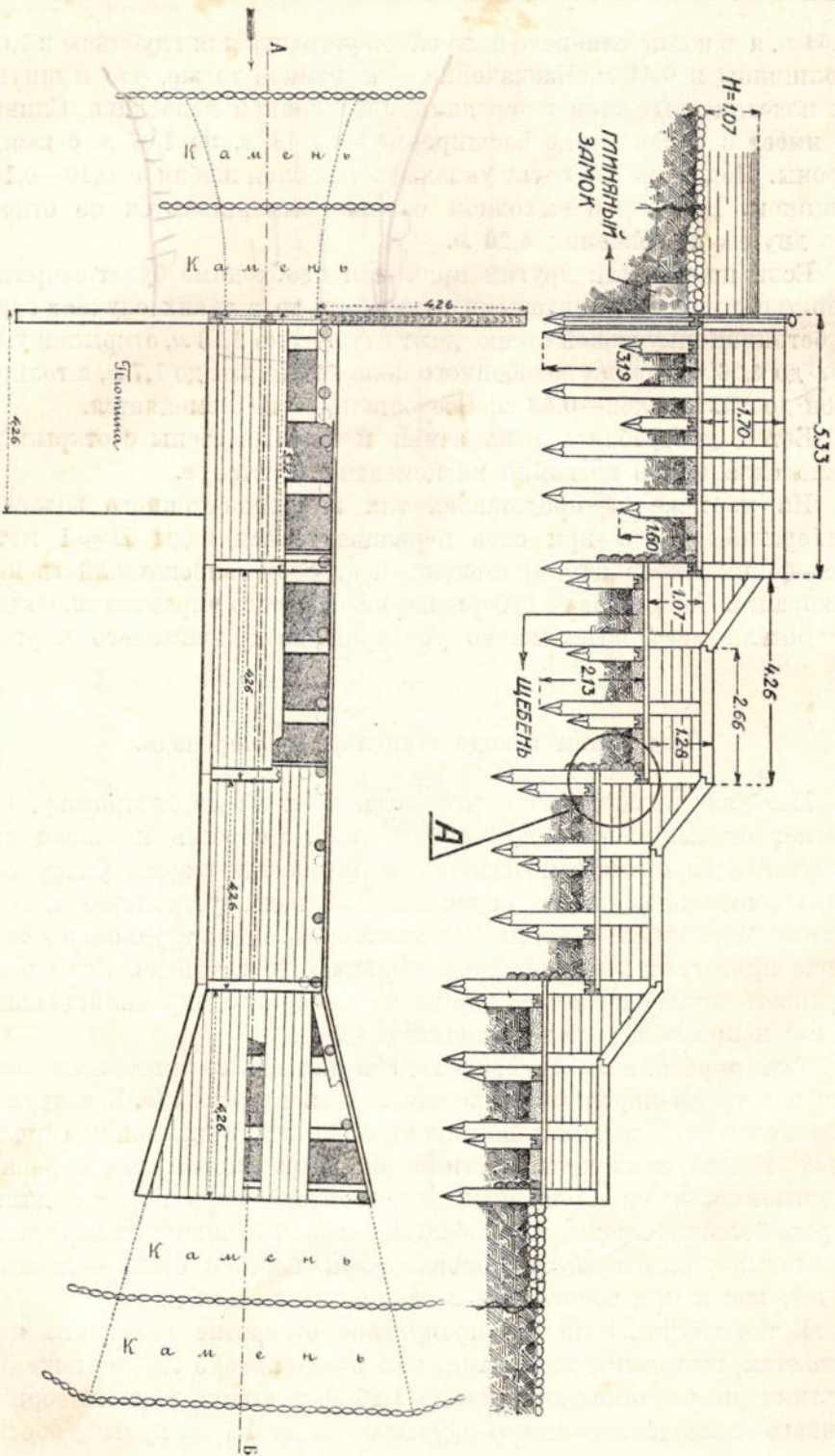
На чертеже 52 представлен тип каменно-бетонного водослива с отверстием в 6 м при слое переливающейся воды $H=1$ метру, с водобойным колодцем, примененный отделом сельскохозяйственных мелиораций Саратовского губернского земельного управления. Отдельные детали устройства можно усмотреть из прилагаемого чертежа.

Водосливы в виде ступенчатого перепада.

Мы уже видели выше, что вода, проходя по быстротоку, приобретает огромную разрушительную силу. Скорость и живая сила увеличиваются с высотой падения и крутизной уклона быстротока. При значительной массе спускающейся воды устройство колодца и укрепление нижней части водослива дело очень трудное, и в таком случае прибегают к применению ступенчатого перепада. Его следует устраивать при водосборной площади бассейна водохранилища свыше $1\frac{1}{2}$ км² и при общем падении свыше 4 м.

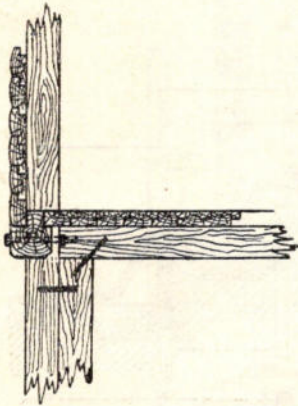
Тип **деревянного ступенчатого водослива** со щитовыми затворами и с тремя перепадами представлен на чертеже 53а. Конструкция этого водослива весьма напоминает водослив с наклонным полом, только вместо наклонной части здесь устраивается ряд перепадов с горизонтальными площадками, высотой каждая в 1,07 м и длиной в 4 раза больше высоты, т. е. в 4,26 м. Остальные элементы перепада — шпунтовый ряд, открылки, половые сваи, полы и стены — делаются так же, как и при водосливах с наклонным полом.

В том случае, если водопропускное отверстие водослива перекрывается щитовыми затворами, как представлено на чертеже 53а, открылки необходимо удлинить до 4,26 м, а стенка первого горизонтального пола (водобойного) повышается до 1,7 м, против соответ-

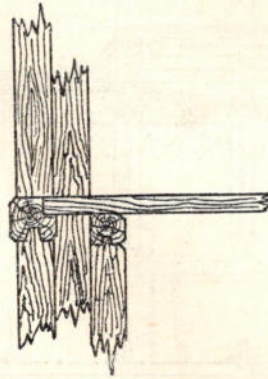


Черт. 53а.

ствующих элементов водослива без щитов. Весь водослив следует устраивать в материковом грунте.



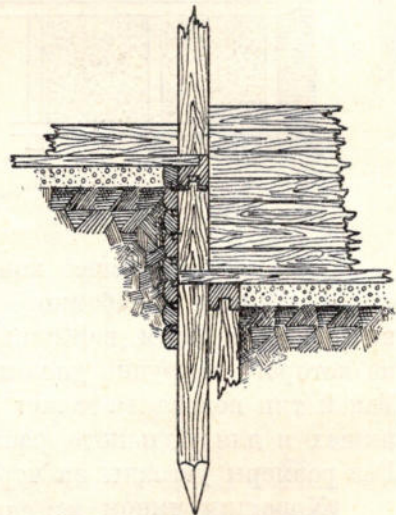
Черт. 53б.



Черт. 53в.

Впереди водослива забиваются льдоудержательные сваи, которые перекрываются насадками и скрепляются с ними хомутами.

На чертежах 53б, 53в и 53г представлены отдельные детали соединения пола со стеной, шпунтового ряда с насадкой красного бруса и перепада деревянного ступенчатого водослива, изображенного в плане и разрезе на чертеже 53а.

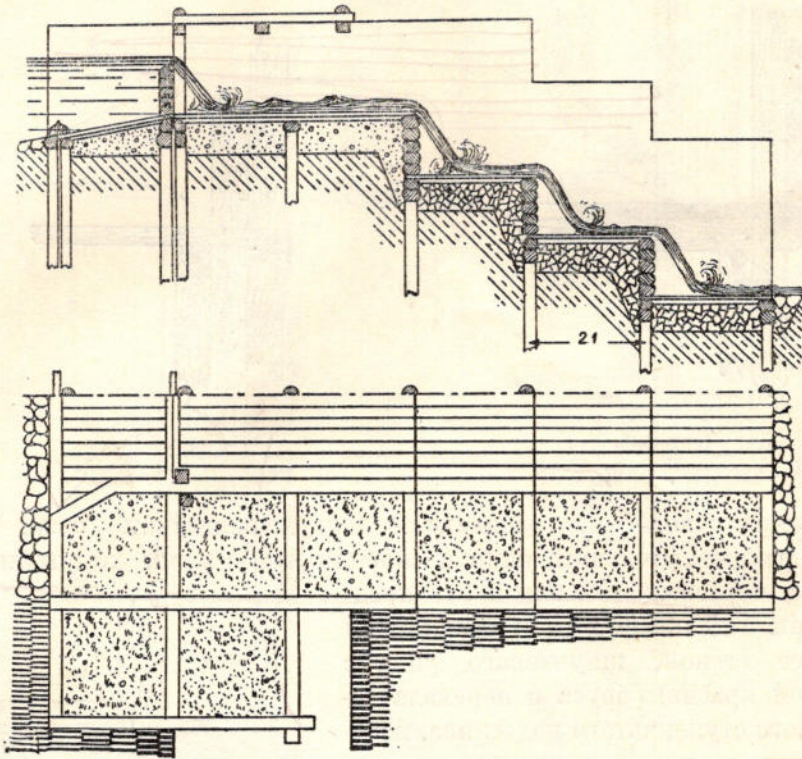


Черт. 53г

На чертеже 54 изображен ступенчатый водослив бревенчато-ряжевого типа. Водослив огражден с боков ряжевными ящиками, основанными на сваях и загруженными землей. Уступы срублены из целых бревен, а дно покрыто проконопаченным и просмоленным двойным досчатым настилом. Под понурным и водобойным полами произведена загрузка песчано-глинистой землей (с 50% песку), а подполами ступенчатой сливной части загрузка сделана мелким камнем.

Для предохранения от фильтрации, со стороны напора воды, забито два параллельных шпунтовых досчатых ряда, которые проходят, не прерываясь, во всю ширину водослива и его открылок в виде ряжевых ящиков.

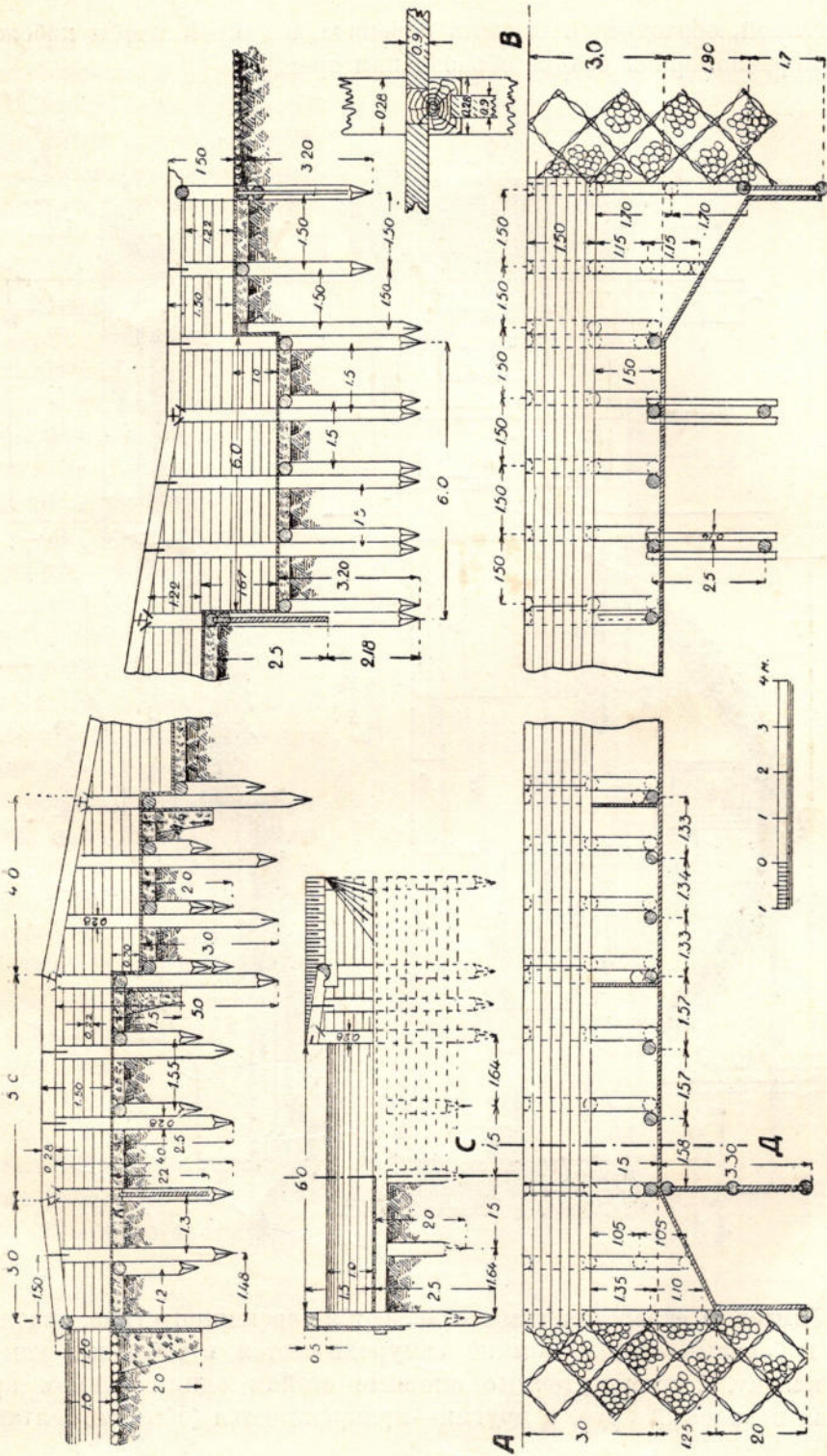
На водосливе, для регулирования расхода воды, могут устанавливаться щитовые затворы в виде шандоров, как это и показано на чертеже.



Черт. 54.

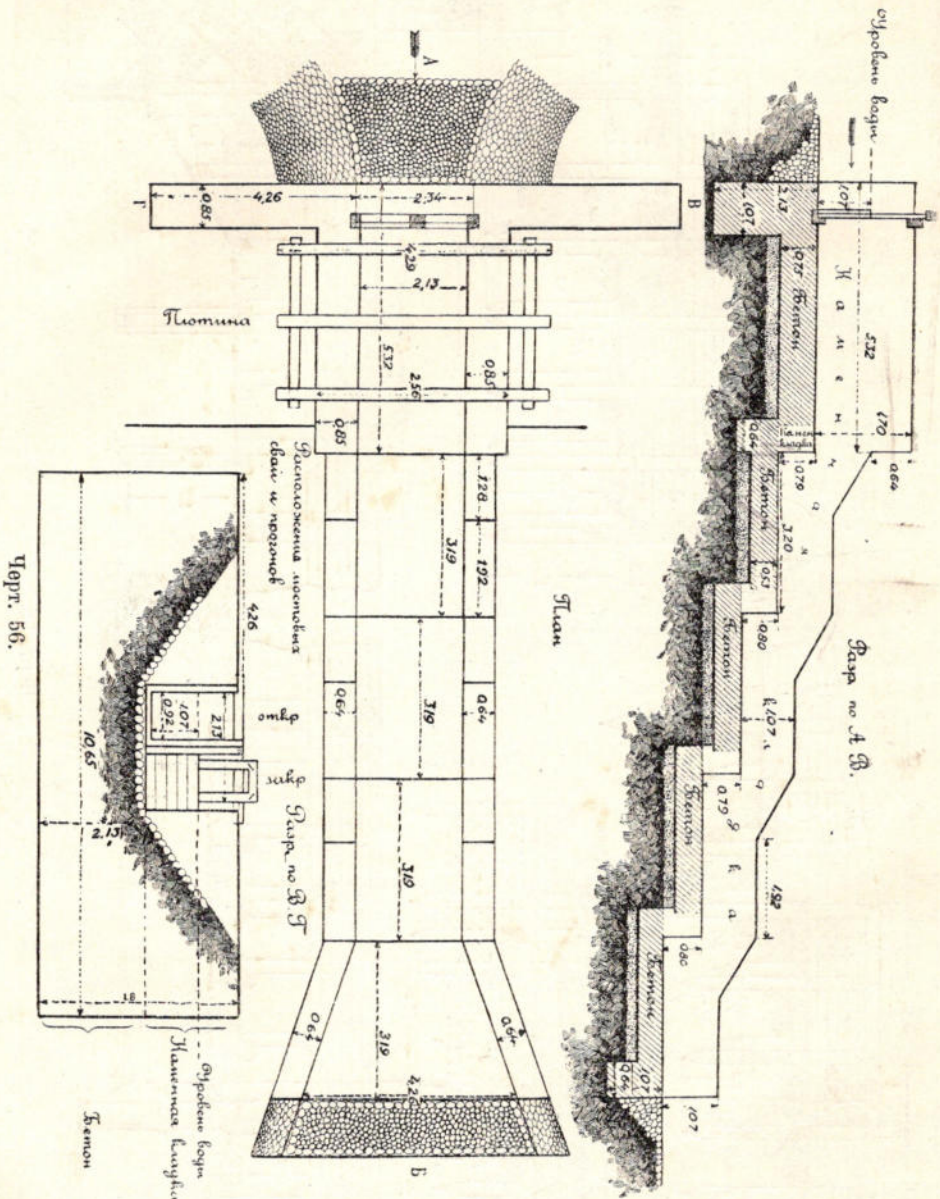
Весьма интересная конструкция (типа ступенчатого перепада) с применением водобойного колодца с отверстием в 6 м при напоре воды над порогом водослива $H = 1$ м представлена на чертеже 55, из которого нетрудно уяснить все детали отдельных устройств ее. Такой тип водослива может быть применен на больших водохранилищах и для большого расхода воды, протекающей по водосливу. Все размеры указаны на чертеже в метрах.

Хорошим типом **каменно-бетонного водослива** с применением щитовых затворов является конструкция, представленная на чертеже 56. Наклонная часть заменена здесь рядом перепадов; каждый перепад состоит из каменной вертикальной стенки, толщиной в 0,50 м и вышиною в 0,79—0,85 м; последняя своим основанием поκειται на бетонном полу, толщиной в 0,53 м, а одной из своих сторон (на чертеже левой) примыкает к тому же бетонному полу, причем необходимо, чтобы конец бетонного пола (горизонтальной площадки) соединялся



Черт. 55.

со стенкой, образующей ступень перепада, в закрой, чтобы избежать при неравномерной осадке образования трещин.



Щитовые отверстия обычно делают деревянного типа; красный брус и боковые стойки обычно замуровываются в бетон и в каменную кладку, а промежуточные опорные стойки одним концом врубаются в красный брус, а другим—прикрепляются (обычно болтами).

к горизонтальному упорному брусу (лава), перекрывающему отверстие водослива, и концами вделанному в каменную кладку стен.

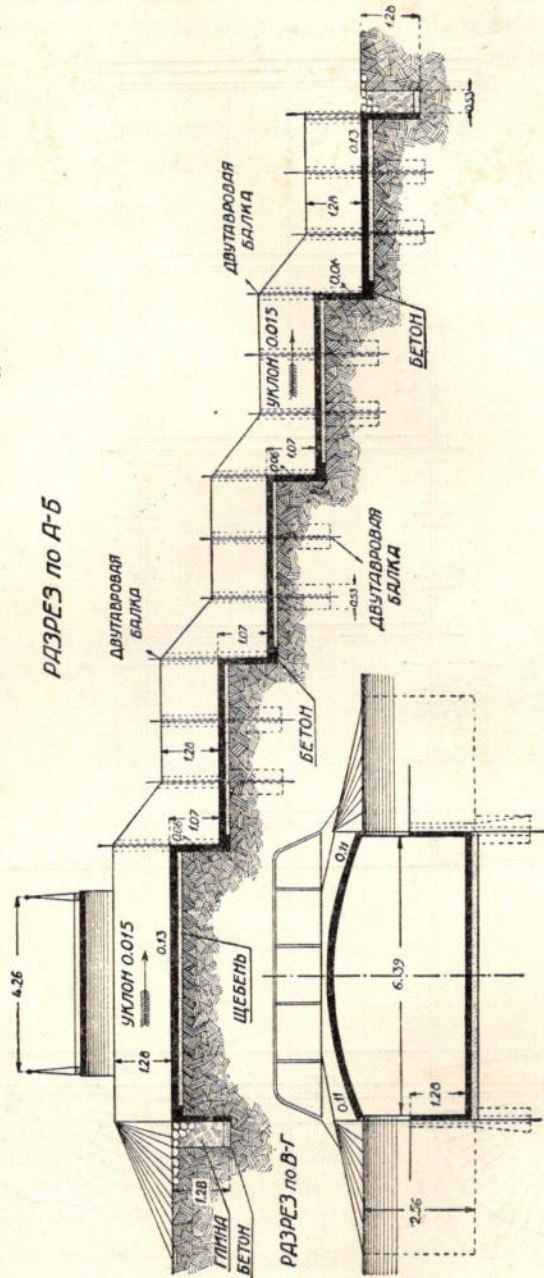
Вместо бетона для горизонтальных площадок можно с успехом применить сплошные железо-бетонные плиты толщиной в 0,12—0,20 м.

Впереди водослива, на месте, где глубина воды при полном водохранилище не меньше 70 см, забиваются льдодержательные сваи из 22-см леса, в расстоянии 1 м одна от другой.

Все другие детали конструкции водослива ясны из прилагаемого чертежа. Для сообщения одного берега водохранилища с другим через водослив перекидывается обычно мостик простейшей системы.

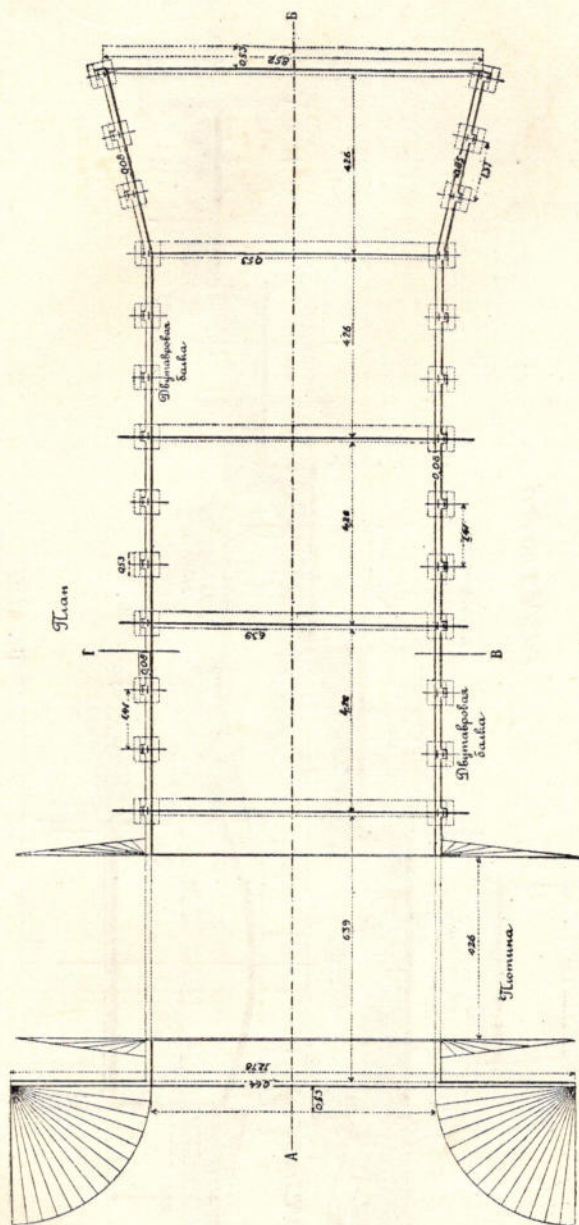
Железо-бетонные водосливы со ступенчатой сливной частью в общем виде могут устраиваться так, как и водосливы-быстротоки, где наклонная часть заменяется рядом отвесных ступеней с горизонтальным дном. Иногда уступы могут делаться не отвесные, а под некоторым углом к горизонту. Последнее устройство их в значительной степени облегчает производство работ.

Хороший тип железобетонного ступенчатого водослива с 4 перепадами, шириной отверстия в 6,39 м, показан на чертеже 57а, б, в. Водослив выстроен при полевом водохранилище с. Каширского Воро-



Черт. 57 а.

нежского уезда. Горизонтальные площадки перепада, длиною каждая по 4,26 м, состоят из отдельных железо-бетонных плит, толщиной в 0,13 м, уложенных на слое бетона, толщиной в 0,08 — 0,12 м;



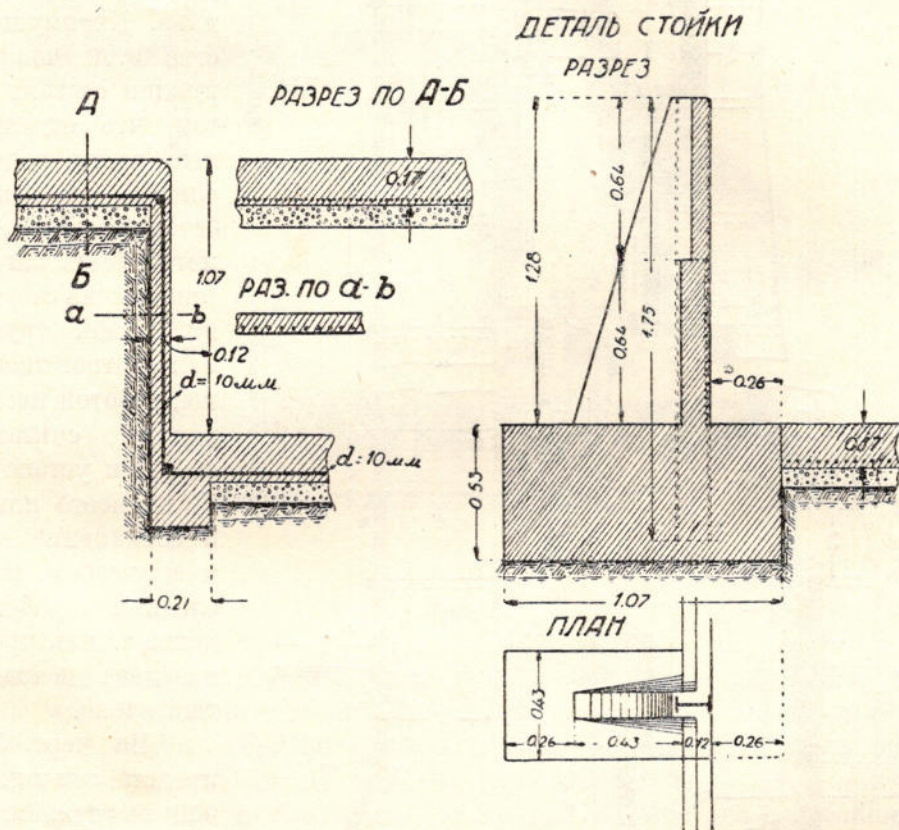
Черт. 57 б.

плиты имеют арматуру из проволоки диаметром в 6 мм, при расстоянии между проволоками в 40 мм. Уступы перепадов состоят также из плит высотой в 1,07 м и толщиной в 0,06 — 0,12 м; арматура ordinaria, при диаметре проволоки $d = 10$ мм и расстоянии между ними в 85 мм. Боковые стенки перепада высотой в 1,28 м представляют собой плиты длиной в 1,41 м и толщиной в 0,08 м; эти плиты своими концами закладываются в щеки железных двутавровых балок № 14 (стойки), концы которых забетонированы в фундаментные (бетонные) камни размером $0,43 \times 0,53 \times 1,07$ м; высота стоек — 1,75 м, а на уступах — 2,77 м. Каркас стенных плит образован из поперечных проволок толщиной в 4 мм, при расстоянии одна от другой проволоки сверху стены в 40 мм, внизу — в 25 мм и от внут-

решней части стен — в 12 мм. Длина плеч впереди водослива — 3 — 4 м; глубина замка — 1,5 — 2 м; последний предпочтительнее набивать из бетона таким же образом, как и при каменно-бетонных водосливах.

Нижний сливной пол имеет расширение. В рассматриваемой конструкции впереди первой площадки и в конце последней сделаны, для предупреждения фильтрации, глиняные замки, глубиной в 1,28 м и шириной в 0,53 м; основание под замками состоит из слоя бетона, толщиной в 0,16—0,20 м; выше этого слоя замок с тщательной утрамбовкой засыпается глиной.

Порядок производства работ при постройке водослива в общем сводится к следующему: сначала набиваются замки из бетона и осно-



Черт. 57 в.

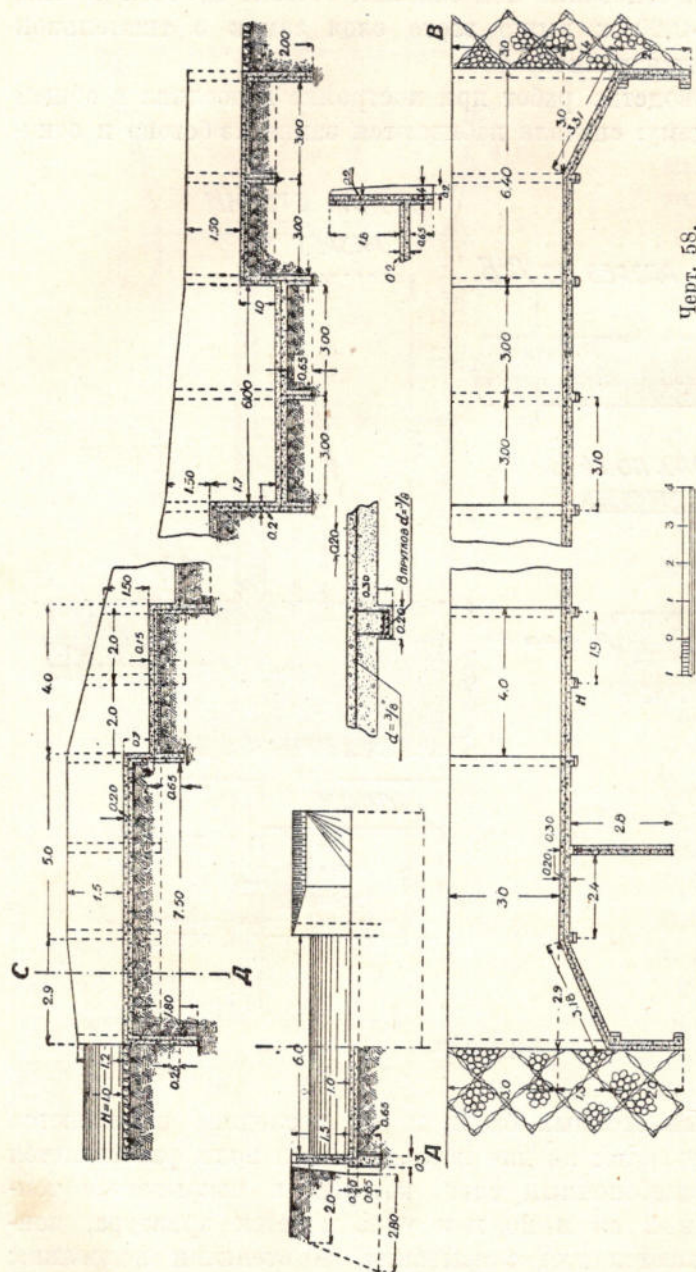
вания для железных стальных балок и эти последние вставляются в еще мягкий бетон; затем на дно котлована под полы расстилается и разравнивается щебеночный слой, который и покрывается тонким слоем бетона в 2 см и по нем укладывается арматура, концы которой выпускаются для связывания со стенками водослива; арматура слегка притрамбовывается и закрывается верхним слоем бетона.

Стенки водослива изготавливаются отдельными плитами, которые спускаются и скрепляются между полками двутавровых балок.

Через водослив переброшен мост, состоящий из железобетонной плиты арочного типа и железных перил.

Все другие подробности конструкции видны из чертежа. Преимущество этой конструкции состоит в том, что отдельные части водослива — железобетонные плиты, — могут быть изготовлены на стороне. Самой трудной и ответственной работой необходимо считать сборку и установку на место плит и соединение их между собой. Последняя работа должна быть произведена весьма тщательно.

На черт. 58 представлен типовой чертеж железобетонного водослива с применением водобойного колодца при ширине отверстия $b = 6$ м, и напоре $H = 1$ м. Конструкция водослива



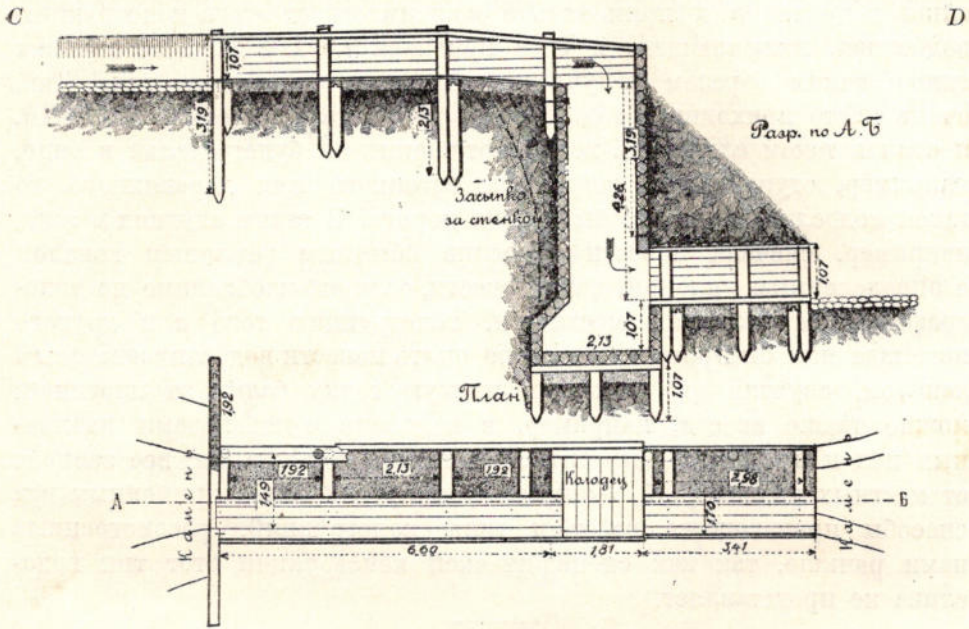
Черт. 58.

ва разработана отделом сельскохозяйственных мелиораций Саратовского губернского земельного управления.

Водослив с применением водобойного колодца.

Этот тип водослива применяется в тех случаях, когда вследствие обмылов берегов балки не представляется возможным устроить длинного водослива ранее рассмотренных нами типов и при водосборных бассейнах величиною не больше 30 гектаров.

На чертеже 59 представлен тип очень прочного деревянного



Черт. 59.

водослива для тех случаев, когда вода падает с очень большой высоты 4,26 м. Такой водослив состоит из приводного лотка, длиной 6,60 м, в начале горизонтального и в конце имеющего небольшой уклон в 0,09, водобойного колодца глубиной в 5,33 м и отводящего лотка длиной 3,20 м, имеющего дно на 1,07 м выше дна водобойного колодца. В начале водослива делается шпунтовая стенка (открылка); стены водослива исполняются из пластин, соединенных в закрой, а самый колодец (его стенки и дно) — из круглого леса, или же из тяжелых пластин в закрой; впереди и в конце водослива сделана двойная отсыпка из камня в виде раструбов. Все остальные подробности конструкции водослива ясны из чертежа.

Необходимо заметить, что водобойные колодцы только тогда будут вполне удовлетворять своему назначению, когда за ними будет организован надлежащий уход. Вода с собою всегда несет частицы ила, а иногда и посторонние предметы, которые, осаждаясь, посте-

пенно заполняют водобойный колодец. Если последний систематически не очищается, то он может быть совершенно занесен и потеряет свое назначение.

Водослив смешанного типа.

В некоторых случаях, в силу местных условий (топографических и других), приходится делать отступление от описанных выше типов водосливов и применять в зависимости от этого конструкцию водослива, включающего в себе признаки двух и даже нескольких типов; таким образом получается водослив смешанного типа. Так, очень часто приходится водосливной канал делать весьма длинным, и если в таком случае на всем протяжении он будет сделан в виде, например, ступенчатого водослива, бетонного или деревянного, то такой водослив обошелся бы весьма дорого. В таких случаях можно, например, сначала провести водослив обычным земляным каналом с определенным уклоном, затем ввести, если это необходимо по топографическим условиям местности, конструкцию того или другого перепада или быстротока, и дальше опять провести водослив земляным каналом, спустив его в самую низкую точку балки за плотиной; можно также ввести, например, в водослив с перепадами наклонный пол и пр. Могут встретиться и другие комбинации; все зависит от местных условий. К смешанному типу водослива применимы все способы производства работ и типы конструкций, рассмотренные нами раньше, так как специфической конструкции этот тип водослива не представляет.

ГЛАВА XV.

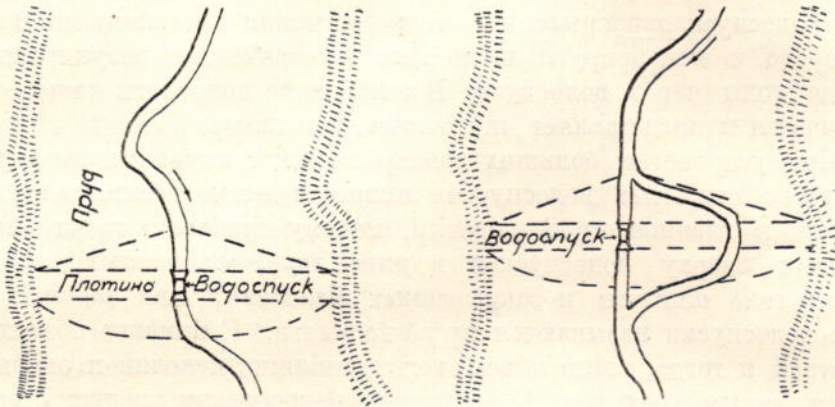
ВОДОСПУСКИ.

Общие данные.

Водоспуск, как и водослив, составляет одну из необходимейших частей пруда — водохранилища.

В отличие от водослива, который обычно предназначается только для спуска полых вод, в видах безопасности плотины, водоспуск дает возможность выпустить воду или полностью или до любого горизонта. Назначение водоспуска состоит в выпуске рабочей воды в оросительный или утилизационный канал. В известных случаях водоспуск может принять на себя роль водослива, а также служить для освобождения водохранилища от наносов. Водосливы вообще устраиваются в стороне от плотин; тогда как водоспуски обыкновенно устанавливаются посредине плотины, по тальвегу балки, ручья и в наиболее пониженной точке плотины.

Как на общие условия, которым должны удовлетворять водоспуски, следует указать, что ось водоспуска должна совпадать с осью тальвега, причем предпочтительнее останавливаться на том месте, где тальвег имеет прямое направление, примерно, параллельно общему очертанию берегов долины или балки, на которых устраивается плотина (черт. 60 а). В том случае, когда тальвег глубоко промыт или слишком извилист, а также если в тальвеге имеется проточная вода, которая будет затруднять работу водоспуска, то место для водоспуска выбирается в стороне (черт. 60 б). Котлован для водоспуска роется в этом случае при соблюдении нижеследующих условий: 1) ось водоспуска должна быть параллельна оси тальвега или же составлять с ней острый угол; 2) дно водосливного пола должно быть горизон-



Черт. 60 а, б.

тально и находиться на высоте дна тальвега; 3) от водосливного пола должна отходить канава, соединяющая водоспуск с тальвегом, причем направление этой канавы должно по возможности совпадать с дальнейшим направлением тальвега; 4) с верхней стороны вода к водоспуску также должна подводиться канавой с направлением, близким к направлению оси водоспуска.

Так как устройство водоспусков обходится вообще сравнительно дорого, то их строят только в том случае, если водослив получается слишком широкий (например свыше 16 — 20 м), а также, если водосборная площадь бассейна, питающая водохранилище, превышает 2 кв. км и имеет распаханые склоны и действующие овраги, которые будут способствовать сильному заилению.

Ввиду различных назначений водослива и водоспуска, порог последнего располагается значительно ниже, чем порог водослива, а иногда непосредственно на дне пруда или реки, или немного выше, а самый водоспуск устраивают в виде прореза (шлюза) в теле плотины,

в виде туннеля (при каменных плотинах), или же в виде труб, сделанных из того или другого материала (дерево, камень, бетон, железобетон и пр.). Водоспуск обычно снабжается щитовыми затворами для регулирования протекающего по нему расхода воды.

На основании этого все встречаемые типы водоспусков могут быть классифицированы по трем признакам.

По расположению в теле плотины водоспуски могут быть открытые сверху и закрытые; первые представляют ничто иное, как прорез надлежащей ширины, сделанный во всю высоту плотины и состоящий из двух продольных (боковых) стенок с откосными крыльями, нескольких поперечных стенок в виде шпунтовых рядов, каменных или бетонных запусков или зубьев, основания водоспуска в виде пола, который обычно носит название флютбета; сверху такой водоспуск перекрывается служебным или проезжим мостиком, с которого и маневрируют щитовыми затворами при регулировании расхода воды через водоспуск. В таком виде водоспуск чаще всего встречается и представляет ничто иное, как шлюз.

При устройстве больших водохранилищ с высокими запрудами устройство открытых водоспусков является делом весьма затруднительным, а главное очень дорогим, почему прибегают к устройству закрытых сверху водоспусков в виде труб, уложенных так или иначе в теле плотины и закрываемых клапанами или задвижками. Такие водоспуски называются трубчатыми. К помощи последних прибегают и тогда, когда объем водохранилища невелик и он выпускается малым расходом. К трубчатым водоспускам следует отнести водоспуск сифонного типа, имеющий применение при небольших водохранилищах для целей орошения.

Как открытые водоспуски, так и трубчатые разделяются по роду материала, из которого они делаются; отсюда водоспуски могут быть деревянными, каменными, бетонными, железобетонными, железными и наконец смешанной конструкции (комбинация бетона с деревом и железом).

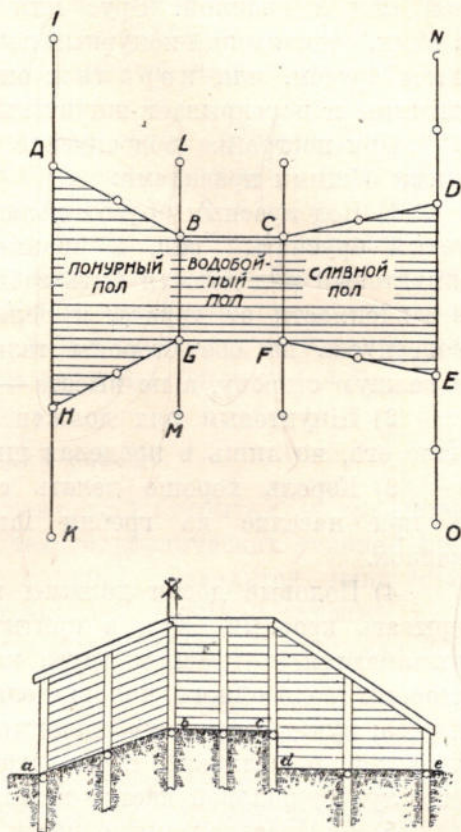
Кроме того открытые водоспуски могут классифицироваться по числу отверстий (пролетов), на которые разделяется промежуточными опорными бычками и стойками пролет водоспуска. Таким образом, водоспуски бывают однопролетные, двухпролетные, трехпролетные и наконец многопролетные.

При очень высоких земляных и каменных плотинах водоспуск имеет вид каменных труб, соединенных иногда с каменными колодцами (шахтами), с несколькими отверстиями по высоте плотины для выпуска воды. Водоспуски устраиваются также на каналах, предназначенных для сплава леса, орошения, осушения; причем водоспуски на осушительных и оросительных каналах обычно называются го-

ловными шлюзами в начале канала, распределителями, регуляторами — в прочих местах канала.

Когда не хотят устройством водоспуска в теле плотины ослаблять последнюю, то устраивают обычно при каменных плотинах на скалистом основании, а также при больших земляных плотинах, в материке туннель в обход сооружения. Туннели устраиваются еще и в том случае, когда водохранилище подвергается сильному заилению. Туннель подводится под самое дно водохранилища; пуская из водохранилища воду под большим напором и с огромной скоростью, стараются произвести размыв наносов и вынос их через туннель вниз.

Чтобы выяснить отдельные элементы открытого водоспуска, на чертеже 61 в схеме представлен деревянный тип водоспуска, получивший широкое распространение в нашей гидротехнической практике при малонапорных земляных плотинах. Части этого сооружения носят обычно нижеследующие названия: боковые стены на протяжении расширения *HG* и *AB* называются верхними крыльями (открылками), а на протяжении расширения *CD* и *FE* — низовыми крыльями, на протяжении *GF* и *BC* — боковыми стенками; пол от начала водоспуска (*a*) до щитового затвора (*b*) называется понурным полом, от щита до начала задних крыльев (*bc*) называется водобойным и наконец задняя часть пола (*de*) называется сливным полом. Понурный пол воспринимает все давление воды и предупреждает фильтрацию, наклон его делается от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{3}$ в сторону водохранилища для постепенного сжатия переливающегося через флютбет потока воды. Водобойный пол воспринимает удар переливающейся через затворы воды и делается горизонтальным или же с небольшим уклоном в сторону течения. Водосливной пол сопрягает водобойную часть с дном тальвега и делается горизонтальным, или же с небольшим уклоном в сторону течения, для того, чтобы вода



Черт. 61.

не застаивалась и тем самым не вызывала преждевременного гниения дерева. Между водобойным и водосливным полами обыкновенно устраивается небольшой перепад, высотой в 0,40 — 0,60 м. Для защиты дна тальвега от подмыва в конце сливного пола делается отсыпь из камня или из фашин. Фашинами укрепляется дно пруда впереди понурного пола. Стены могут быть или с одиночной обшивкой или с двойной. Брус или несколько брусьев, соединенных в один, отделяющий понурный пол от водобойного, называется красным брусом, или королем; он идет по линии внутренней бровки плотины и перекрывает шпунтовый ряд *LM*.

При постройке водоспусков следует руководствоваться следующими общими правилами:

1) Под красным брусом должен быть обязательно забит шпунтовый брусчатый ряд, в крайнем случае хотя бы досчатый; этот шпунтовый ряд должен быть забит в землю не менее как на 2 — 2,5 м, в зависимости от грунта, и должен быть продолжен и за пределы водоспуска на обе стороны тела плотины не менее, как на 2 м в каждую сторону, а по высоте — до горизонта высокой воды.

2) Шпунтовый ряд должен быть и под понурным полом, в начале его, но лишь в пределах ширины водоспуска.

3) Король хорошо делать составным — из двух, трех брусьев и при насадке на гребни шпунта подкладывать просмоленный войлок.

4) Половые доски должны идти вдоль водоспуска и не перекрывать красный брус, а притыкаться в особые четверти, которые вынимаются в красном бруссе как со стороны понурного, так и со стороны водобойного полов; делать в досках четверти не рекомендуется; лучше соединять половые доски в притык с хорошей проконопаткой и заливкой швов варом, а швы перекрывать планками; еще лучше половой настил делать двойным с перевязкой швов.

5) Как все подземные части, так и надземные должны быть два раза покрыты каменноугольной смолой, а в особенности должно быть обращено внимание на тщательную осмолку всех врубок и сопряжений. Осмолка должна производиться горячей смолой, причем осмаливаемая поверхность предварительно должна быть высушена. Для предупреждения просачивания через стены, пазы обычно конопатятся паклей со смолой. Так как скорость воды в сооружениях бывает весьма значительной, то чтобы предупредить вымыв конопатки и смолы, полезно на швы накладывать небольшие рейки, прибиваемые гвоздями.

6) Водоспуск строится раньше, чем возводится самое тело плотины, тут же вслед за забивкой замка.

7) Пространство между открылками и шпунтовым рядом запол-

няется землей с самой тщательной утрамбовкой; стараться не допускать комков и камней путем сортировки земли; особенно тщательно следует при производстве работ следить за засыпкой и утрамбовкой пространства между стенками и открылками и примыкающим к ним насыпным грунтом самого тела плотины.

8) Под полами водоспусков насыпается щебень, а там, где имеется проточная вода, укладываются фашины.

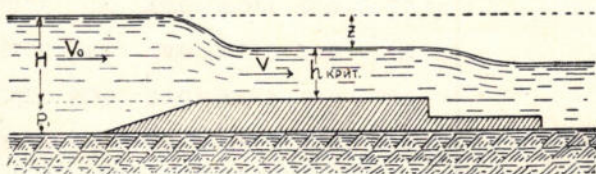
9) Впереди основного шпунтового ряда *LM* устраивается, как и в водосливах, плотно утрамбованный глиняный замок в предупреждение фильтрации.

Трубчатые водоспуски должны, как общее правило, покоиться на материковом грунте или же на особом основании (ростверке), специально приготовленном для этого, но не в насыпи плотины, чтобы предотвратить изменение положения трубы от осадки тела плотины. Закладывать трубу надо возможно ниже (но не на дне пруда), чтобы ниже отверстия трубы оставался постоянно слой „мертвой воды“, который будет предохранять дно пруда и самое тело плотины от трещин при переменном действии тепла и холода.

Гидравлический расчет.

При гидравлическом расчете отверстий открытых и трубчатых водоспусков следует исходить из тех гидравлических условий прохода воды через водоспуски, при которых приходится чаще всего работать сооружениям во время их эксплуатационной службы.

Расчет ширины отверстия водоспусков ведут на максимальный секундный расход во время половодья (когда щиты открыты и водоспуск работает полным сечением) по формуле для затопленного водослива практических форм с широким порогом и закругленным входным ребром (конструктивно последнее условие всегда можно выполнить), как показано на чертеже 62.



Черт. 62.

Формула эта в самом общем виде представится так:

$$Q = \sigma_n \cdot m \cdot b_c \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2},$$

где

Q — максимальный секундный расход водосбора;

σ_n — коэффициент затопления;

m — коэффициент расхода через водослив, зависящий от конструкции его;

b_c — действительная („эффективная“) ширина водослива;

H_o — полный напор над порогом водослива, или „исправленный“ напор с учетом скорости подхода v_o , т. е.

$$H_o = H + \frac{v_o^2}{2g}.$$

При малых v_o (например, при $v_o < 0,5$ м/сек) можно принимать

$$H_o = H.$$

Если водоспуск по ширине разбивается на ряд более мелких пролетов при помощи промежуточных стоек или бычков, то, примерно, в среднем полагают

$$b_c = \varphi \cdot b,$$

где

$\varphi = 0,85 — 0,95$ в зависимости от степени стеснения потока промежуточными стойками и плавности их очертаний, а b — геометрическая ширина водоспуска.

Выражением $b_c = \varphi \cdot b$ учитывается боковое сжатие при входе воды в водоспуск.

Для определения „коэффициента затопления“ проф. Н. Н. Павловский ¹⁾ приводит следующую таблицу его значений:

$\frac{a_o}{H_o}$	$\frac{z_o}{H_o}$	ζ_n	$\frac{a_o}{H_o}$	$\frac{z_o}{H_o}$	ζ_n	$\frac{a_o}{H_o}$	$\frac{z_o}{H_o}$	ζ_n
до 0,7	$\geq 0,30$	1,000	0,90	0,10	0,740	0,98	0,02	0,300
0,75	0,25	0,973	0,92	0,08	0,676	0,99	0,01	0,256
0,80	0,20	0,930	0,94	0,06	0,597	0,995	0,005	0,183
0,83	0,17	0,888	0,95	0,05	0,553	0,997	0,003	0,143
0,85	0,15	0,853	0,96	0,04	0,498	0,998	0,002	0,119
0,87	0,13	0,814	0,97	0,03	0,434	0,999	0,001	0,084

Для определения коэффициента расхода проф. Б. А. Бахметев дает следующее выражение:

$$m = \varphi \cdot k \cdot \sqrt{1 - k} \quad (A,$$

где

$$k = \frac{h_{кр.}}{H_o};$$

¹⁾ Н. Павловский, Гидравлический справочник, 1924 г.

значение k связано следующими зависимостями с коэффициентом φ и m :

$$k = \frac{2 \cdot \varphi^2}{1 + 2 \cdot \varphi^2} \text{ или } k = \sqrt[3]{2m^2} \quad (D)$$

На основании опытных данных можно принимать следующие значения m , вычисляя k по уравнению (D), а затем φ по уравнению (A):

Тип порога водослива	m	k	φ
Порог с закругленным входным ребром (плавный вход)	0,35	0,63	0,92
Порог без закругления ребра (неплавный вход)	0,32	0,59	0,85

Пользуясь всеми вышеприведенными данными, нетрудно подсчитать ширину водоспуска, учитывая все гидравлические явления, которые будут иметь место при проходе воды через водоспуск.

Очень часто в руководствах по гидравлике формула для затопленного водослива с широким порогом дается в следующем виде:

$$Q = \varphi \cdot b \cdot a_0 \sqrt{2g \left(z + \frac{v_0^2}{2g} \right)},$$

с учетом скорости подхода к водосливу

$$v_0 = \frac{Q}{b \cdot (H + p_1)},$$

или же в упрощенном виде:

$$Q = \varphi \cdot b \cdot a_0 \cdot \sqrt{2gz},$$

где скорость подхода $v_0 = 0$; a_0 — глубина водосливной струи в конце порога, принимаемая по Бахметеву равной $h_{кр}$.

Коэффициент расхода $\varphi = 0,85 - 0,92$ (в среднем $\varphi = 0,9$).

При $\varphi = 0,85$, $z = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2g} = 1,4 \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2g}$;

При $\varphi = 0,92$, $z = 1,18 \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2g}$;

Кроме того, $z = H - a_0$.

Скорость воды в водопуске (в конце порога):

$$v = \varphi \cdot \sqrt{2g \cdot \left(z + \frac{v_0^2}{2g} \right)}.$$

Скорость эта v для деревянных водоспусков не должна превышать 3 метров, а для каменных и бетонных — 4,5 метра в секунду. (Материалы технического комитета при отделе мелиорации и водного хозяйства. Выпуск 3, 1925 г.)

Критическая глубина приблизительно, если нет потерь, может быть определена из соотношения $h_{кр} = \frac{2}{3} H_0$, или же $h_{кр} = \frac{2}{3} H$.

На основании приведенных уравнений можно подсчитать ширину отверстия водоспуска b , задаваясь другими величинами.

Результат по этим двум формулам, как будто бы на первый взгляд различным, получается почти одинаковым, в чем мы и убедимся на численных примерах, приведенных нами ниже.

Во многих руководствах и инструкциях весьма часто рекомендуется применять при расчетах отверстий водоспусков и водоспускных плотин вообще приближенную формулу Дюбуа (Dubuat), данную им еще в начале XIX столетия. Ширина отверстия b по этой формуле с учетом скорости подхода получается в следующем виде:

$$b = \frac{Q}{\mu \cdot \left[\frac{2}{3} \left(z + \frac{v_0^2}{2g} \right) + a_0 \right] \cdot \sqrt{2g \left(z + \frac{v_0^2}{2g} \right)}}$$

где обозначения те же.

Коэффициент μ принимается в пределах от 0,6 до 0,8, смотря по форме крыльев водоспуска; при косых крыльях, гладких стенках пропуска и вообще при наиболее благоприятных условиях входа и выхода воды из водоспуска и наименьших сопротивлениях

$$\mu = 0,85 - 0,95.$$

При пропусках по негладким стенам и при менее благоприятных условиях входа и выхода:

$$\mu = 0,7 - 0,85.$$

И наконец при очень неблагоприятных условиях

$$\mu = 0,6 - 0,7.$$

Из тех значений коэффициентов, которые нами приведены выше, можно уже заключить, что формула не имеет достаточно устойчивых коэффициентов, что ведет к произволу при ее применении в практике.

На основании этого следует пользоваться ею только в том случае, когда нужно получить приблизительный результат для предварительных расчетов, а также для сравнения результатов, полученных по другим формулам, отсылая во всех тех случаях, когда нужно получить результат более точно, к первым двум формулам, которые нами приведены выше.

В качестве примера пользования приводимыми формулами, а также для сравнения результатов, даваемых ими, сделан следующий численный расчет:

Пусть:

$$\begin{aligned} v_0 &= 0,70 \text{ м/сек (скорость подхода)} \\ H &= 2,88 \text{ м} \\ p_1 &= 0,53 \text{ м} \\ b &= 1,00 \text{ м (для упрощения расчета)} \\ a_0 &= 2,00 \text{ м (возвышение низового горизонта над} \\ &\quad \text{порогом водослива).} \end{aligned}$$

Определим, будет ли этот водослив при данных условиях затопленным или затопленным; если $a_0 > 0,6 H_0$, то водослив затопленный, и истечение будет происходить при одном перепаде z , а если $a_0 < 0,6 H_0$ — водослив незатопленный и истечение происходит с 2 перепадами.

$$H_0 = H + \frac{v_0^2}{2g} = 2,88 + \frac{0,7^2}{19,62} = 2,91$$

Имеем:

$$a_0 > 0,6 H_0; 2,00 > 1,75,$$

следовательно, водослив затопленный;

$$z_0 = z + \frac{v_0^2}{2g} = L, 088 + \frac{0,7^2}{19,62} = 0,91 \text{ м}, z = H - a_0 = 2,88 - 2,00 = 0,88 \text{ м}.$$

Находим коэффициент расхода m , пользуясь предложенными выше зависимостями или же беря этот коэффициент из соответствующих таблиц, причем для простоты будем считать, что боковое сжатие отсутствует ($b_c = b$).

Находим отношение:

$$\frac{a_0}{H_0} = \frac{2,00}{2,91} \approx 0,69; \frac{z_0}{H_0} = \frac{0,91}{2,91} \approx 0,31$$

и по таблице на стр. 126 соответствующий этим отношениям коэффициент затопления $\sigma_n = 1,00$.

По формуле $m = \varphi \cdot k \sqrt{1 - k}$ определяем коэффициент расхода, беря значение для $\varphi = 0,92$ (плавный вход) и для $k = 0,63$ из другой таблицы, приведенной на стр. 127. Подставляя эти значения в формулу для коэффициента расхода, получаем

$$m = 0,92 \times 0,63 \sqrt{1 - 0,63} = 0,35.$$

Подставляя в основную формулу вычисленные выше значения, получим, что:

$$Q = \sigma_n \cdot m \cdot b_c \sqrt{2g \cdot H^{3/2}}_0 = 1,00 \times 0,35 \times 1,00 \sqrt{2g \cdot 2,91^{3/2}} = 0,35 \times 4,43 \times 4,96 \approx 7,69 \text{ куб. м/сек.}$$

Применяя при тех же условиях 2-ю формулу, получим:

$$Q = \varphi \cdot b \cdot a_0 \cdot \sqrt{2gz_0} = 0,92 \times 1,00 \times 2,00 \cdot \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,91} = 0,92 \times 2,00 \cdot \sqrt{17,85} \approx 0,92 \times 2,00 \times 4,23 \approx 7,78 \text{ куб. м/сек.}$$

Скорость воды на пороге водоспуска определится по формуле:

$$v = \varphi \sqrt{2gz_0} = 0,92 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,91} = 0,92 \times 4,23 = 3,89 \text{ м/сек.}$$

Величина перепада:

$$z = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2g} \dots \dots \dots (a);$$

при

$$v_0 = 0,70 \text{ м/сек и } \varphi = 0,92$$

$$z = \frac{1}{0,92^2} \cdot \frac{3,89^2 - 0,70^2}{2 \times 9,81} = 1,18 \times 0,75 \approx 0,89 \text{ м,}$$

из чего усматриваем почти полное совпадение с величиной, полученной раньше по формуле $z = H - a_0 = 0,88$ метра.

По этой же формуле (а) можно определить первый перепад z в случае незатопленного водослива.

Если мы подсчитаем расход, при тех же условиях, по формуле Дюбюа, то получим следующий результат (при $\mu = 0,80$)

$$Q = b \cdot \mu \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot z_0 + a_0 \right) \cdot \sqrt{2g \cdot z_0} = 1,00 \cdot 0,80 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot 0,91 + 2,00 \right) \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,91} = 1,00 \times 0,80 \times \\ \times 2,61 \times \sqrt{17,85} = 0,80 \times 2,61 \times 4,23 = 0,8 \times 11,04 \cong 8,83 \text{ куб. м/сек.}$$

При $\mu = 0,7$ (средние условия)

$$Q = 0,7 \times 2,61 \times 4,23 \cong 7,73 \text{ куб. м/сек.}$$

Последний результат совпадает с данными расхода, полученными по первым двум формулам.

В том случае, когда бытовая глубина h_2 (глубина, которая устанавливается в естественном, нестесненном русле водного потока) меньше $h_{\text{крит.}}$, или же $a_0 < 0,6H$, водослив получается незатопленным и ширину отверстия следует рассчитывать по той же формуле, которая приводилась при расчете отверстий водосливов (см. стр. 94).

Если же $h_2 > h_{\text{крит.}}$, то водослив затопленный (бытовая глубина покрывает критическую глубину и делает ее $h_{\text{кр.}} = h_2$) и для расчета отверстий необходимо применять формулы, разобранные нами выше. Для водосливов без порога, когда вода подходит по горизонтальному дну (безнапорные трубы, открытые мостики и пр.), принимаем коэф. $\varphi = 1$.

Для определения бытовой глубины необходимо знать максимальный расход от ливневых или талых вод, а также профиль поперечного сечения тальвега в месте предполагаемого устройства плотины и его уклон.

Путем подбора находится горизонт, который будет соответствовать максимальному расходу. В этом случае, конечно, очень трудно добиться того, чтобы полученный расход, по подобранному ошущью горизонту, точно был бы равен расходу заданному. Этого равенства и не стоит добиваться, так как практически расхождение в расходах может доходить до 5%. Разность между отметками, найденными путем подбора, горизонта воды и тальвега даст бытовую глубину h_2 .

Нам пришлось остановиться несколько подробнее на вопросах, связанных с гидравлическим расчетом отверстий открытых водоспусков только потому, что этот вопрос до настоящего времени не получил достаточной ясности как в смысле разнообразия предлагаемых различными авторами формул, так и в смысле общей невыясненности картины прохождения воды через водоспуск и неопределенности в применении предлагаемых коэффициентов.

При гидравлическом расчете трубчатых водоспусков следует иметь в виду, что почти во всех случаях эти водоспуски работают под тем или другим напором воды, скопленной в водохранилище, а

потому и при расчетах их следует пользоваться формулами гидравлики, которые применяются при расчете напорных труб под насыпями.

При расчетах исходят из наибольшей допустимой скорости как в трубе, так и по выходе из нее, в зависимости от типа укрепления при выпуске.

Предельными средними скоростями для труб в зависимости от грунта или рода крепления следует считать следующие ¹⁾:

1. Для плотно-глинистого грунта $v = 1,9$ м/сек.
2. " одиночной каменной мостовой $v = 2,5$ "
3. " двойной " " $v = 3,5$ "
4. " каменных лотков $v = 4,75$ "
5. " деревянных лотков $v = 6,60$ "

Основная расчетная формула представится в следующем виде:

$$Q = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g \cdot H}, \quad \text{где}$$

ω — площадь поперечного сечения трубы;

H — напор над центром тяжести трубы;

μ — коэффициент расхода, определяемый по формуле:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{0,5 + \frac{\lambda \cdot l}{d} + 1}}$$

в которой:

l — длина трубы;

d — диаметр трубы;

λ — коэффициент шероховатости.

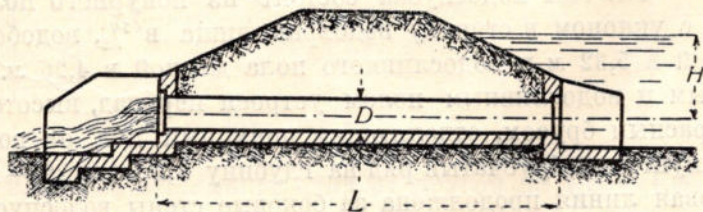
В среднем значения для λ можно принимать следующие: клепаные железные трубы $\lambda = 0,025 = \frac{1}{40}$;

чугунные (большого диаметра) и бетонные трубы $\lambda = 0,02 = \frac{1}{50}$.

Точнее эти значения для различных труб можно определить по формуле Дарси-Маннинга, а также и по любой из формул, определяющих коэффициент c формулы Шези $v = c \cdot \sqrt{Ri}$ (по Куттеру, по старой и новой формулам Базена и пр.), помня, что

$$\lambda = \frac{8 \cdot g}{c^2}$$

В качестве примера определим пропускную способность трубчатого водоспуска в виде чугунной трубы длиной



Черт. 63.

¹⁾ Н. Н. Павловский Гидравлический справочник, 1924 г.

$L = 30$ м и диаметром соответственно $D_1 = 1,5$ м и $D_2 = 1$ м при наибольшем допустимом напоре $H_{\max} = 2,5$ м (черт. 63), уложенной в теле земляной плотины.

Если $D_1 = 1,5$ м, то площадь поперечного сечения

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} = \frac{3,14 \times 1,5^2}{4} = 1,79 \text{ м}^2;$$

коэффициент расхода:

$$\mu_1 = \frac{1}{\sqrt{0,5 + \frac{0,02 \times 30}{1,50} + 1}} = \frac{1}{\sqrt{1,9}} = \frac{1}{1,38} = 0,725.$$

Если $D_2 = 1$ м, то

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} = \frac{3,14 \times 1^2}{4} = 0,785 \text{ м}^2;$$

коэффициент расхода:

$$\mu_2 = \frac{1}{\sqrt{0,5 + \frac{0,02 \times 30}{1,00} + 1}} = 0,69.$$

Под напором $H_{\max} = 2,5$ м расход трубы будет:

$$Q_1 = \mu_1 \times \omega_1 \times \sqrt{2g \cdot H_{\max}} = 0,725 \times 1,79 \times 6,99 \cong 9,07 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

$$Q_2 = \mu_2 \times \omega_2 \times \sqrt{2g \cdot H_{\max}} = 0,69 \times 0,785 \times 6,99 \cong 3,79 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Пользуясь этими же формулами, можно решить обратную задачу: по данному расходу водоспуска определить диаметр трубы.

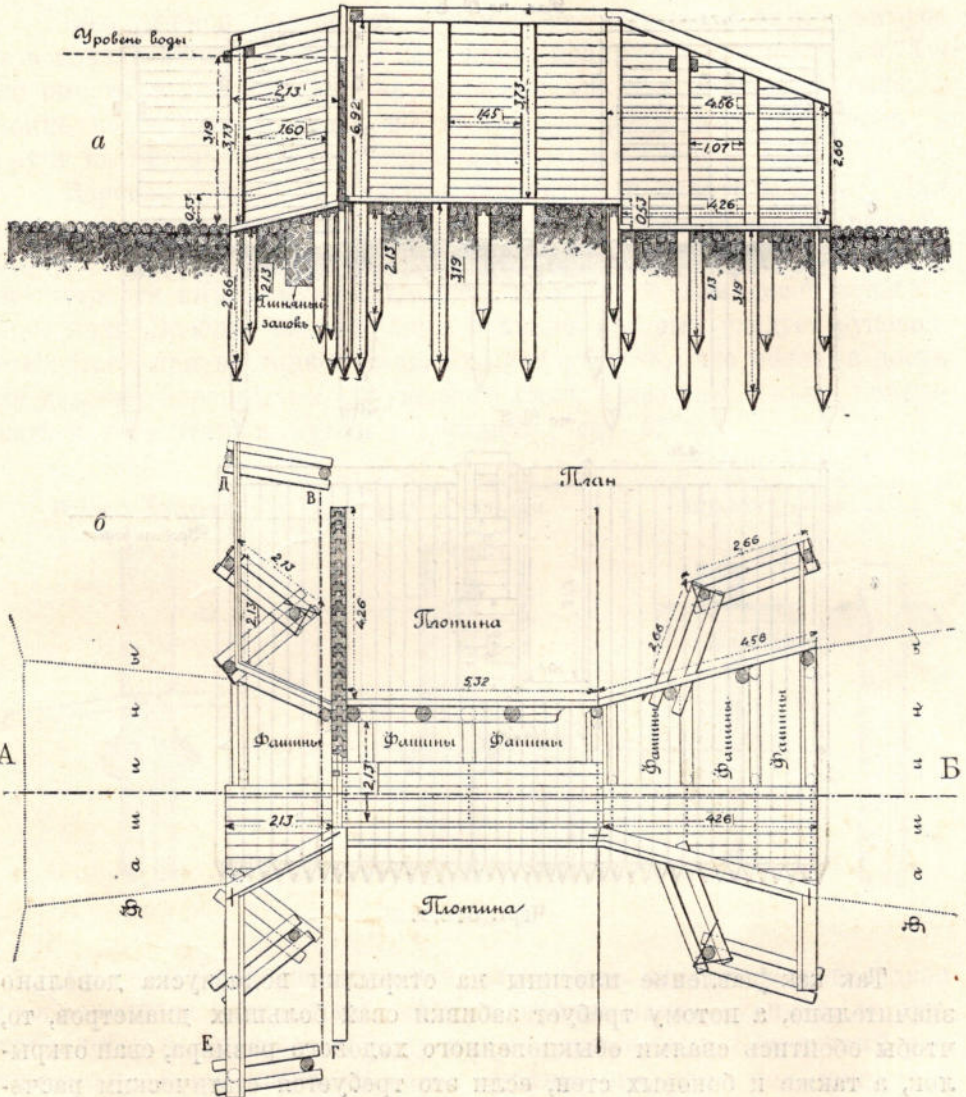
Открытые водоспуски.

Досчатые деревянные водоспуски. Тип деревянного досчатого двухпролетного водоспуска на свайном основании, с отверстием шириной в 2,13 м, выработанный в условиях русской практики, представлен на чертеже 64 а, б, в, г.

Флютбет водоспуска состоит из понурного пола, длиной 2,13 м и с уклоном в сторону водохранилища в $1/4$, водобойного пола, длиной в 5,32 м и водосливного пола длиной в 4,26 м. Между водобойным и водосливым полом устроен перепад, высотой в 0,53 м. Под красным брусом, отделяющим понурный пол от водобойного, забит шпунтовый брусчатый ряд на глубину 3,2 м из 22 — 27 см леса; шпунтовая линия продолжена за боковые стены водоспуска в обе стороны в тело плотины на 4,26 м, а высота его здесь равняется высоте стен водоспуска. Понурный пол сделан в виде раструба с расширением

в начале его по 1 м в каждую сторону. Боковые стены понурного пола понижаются в сторону водохранилища на 0,60 м; в начале пола, по обеим сторонам, образованы из забитых в землю свай из 22—27-см

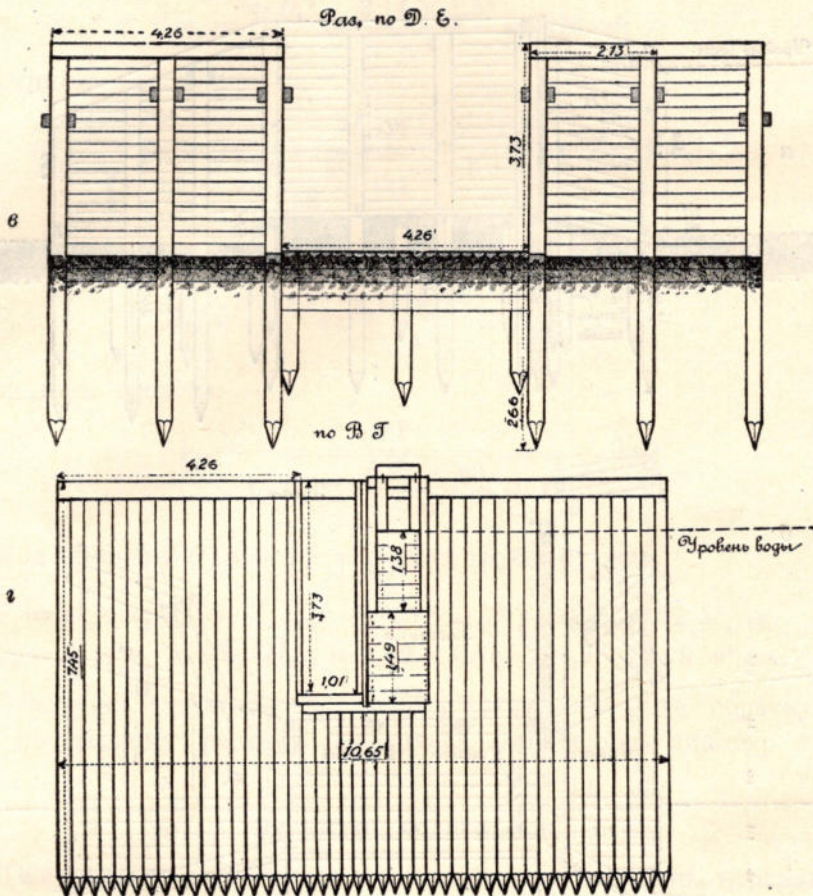
Рис. по А Б



Черт. 64 а, б.

бревен, высотой в 3,73 м, отстоящих одна от другой на 1,28—1,60 м и обшитых со стороны плотины досками (пластинами) в закрой в виде горизонтального шпунта, открьлки длиной каждая 4,26 м (как общее правило — не меньше $\frac{1}{2}$ ширины отверстия водоспуска); в начале

понаурного пола в грунт опущена на глубину 1 м шпунтовая стенка из пластин (тип облегченного шпунтового ряда, который в больших водоспусках может быть заменен обычным шпунтовым рядом); на ту же глубину опускается и основание открьлок.



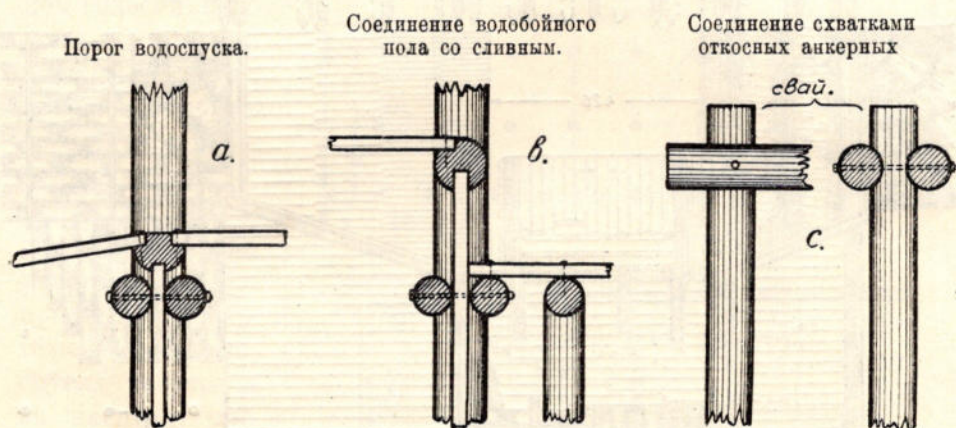
Черт. 64 в, г.

Так как давление плотины на открьлки водоспуска довольно значительно, а потому требует забивки свай больших диаметров, то, чтобы обойтись сваями обыкновенного ходового размера, свай открьлок, а также и боковых стен, если это требуется статическим расчетом, притягиваются особыми анкерными схватками к анкерным сваям, забитым в промежутки между открьлками и шпунтовым рядом, как показано на чертеже. Анкерные свай должны забиваться в плотине дальше плоскости обрушения; схватки с анкерными сваями соединяются болтами и должны быть располагаемы по возможности перпендикулярно к линиям удерживаемых ими свай.

Боковые стенки водоспуска высотой в 3,73 м состоят из забитых в землю свай на глубину в 3,2 м и в 1,6 м центр от центра и обшитых со стороны земли пластинами в закрой. Стенные сваи для устойчивости в некоторых случаях (где это необходимо по расчету) также притягиваются анкерными схватками к особо забитым анкерным сваям.

Водосливной пол имеет в конце расширение в виде раструба и в начале от него отходят, постепенно понижаясь от высоты в 3,73 м до высоты в 2,66 м, такие же открылки, как и у понурного пола; в конце водосливного пола, во избежание фильтрации, опущена в грунт на глубину 1 м шпунтовая стенка из пластин.

Перепад состоит из пластин, подшитых к забитым сваям. Для настилки понурного и водобойного полов на верхней грани красного бруса вынимаются четверти, к которым и притыкаются доски. Такие же четверти вынимаются и на шаночном бруске для досок водобойного пола. Вообще, как на общее правило, которым следует руководствоваться при настилке полов, следует указать, что половые доски не должны перекрывать шпунтового ряда, а должны только примыкать к четвертям, вынутым в насадках (черт. 65 а).



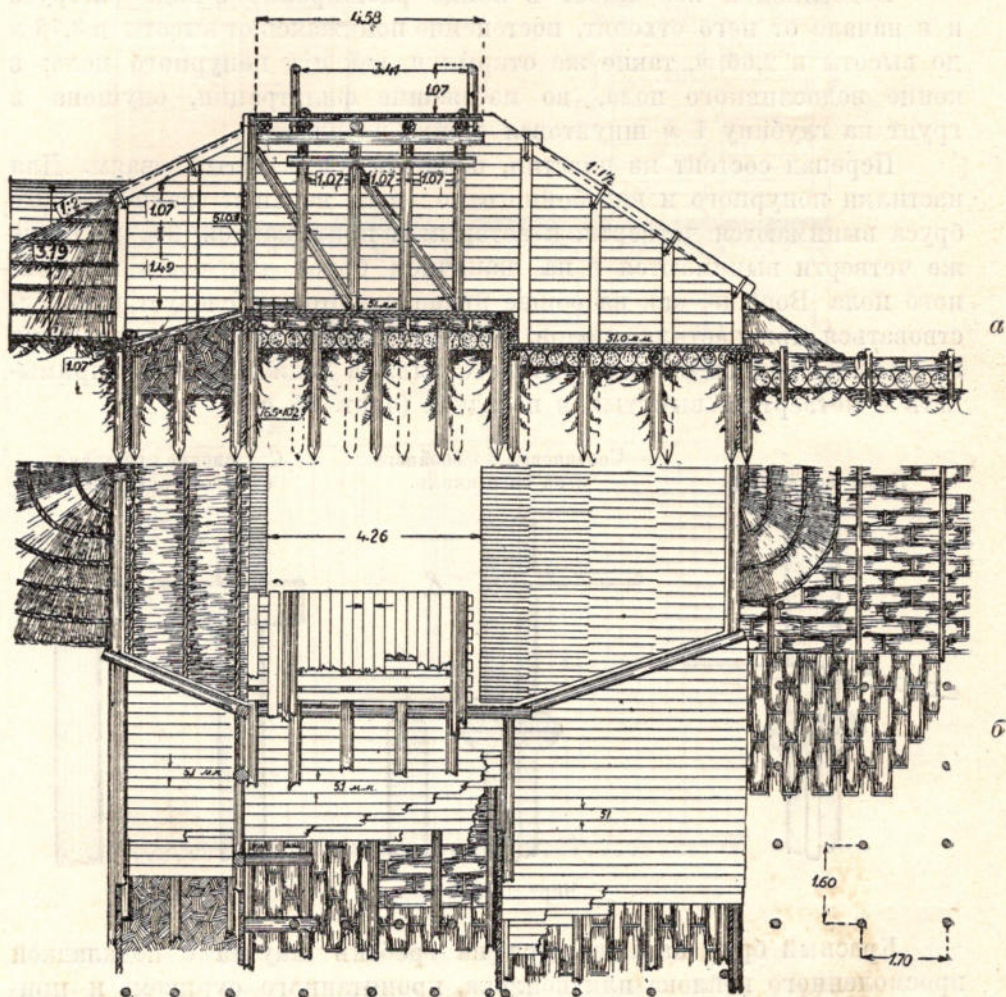
Черт. 65 а, б и с.

Красный брус насаживается на гребень шпунта с подкладкой просмоленного войлока или войлока, пропитанного суриком, и прикрепляется к шпунтовому ряду железными скобами. Шпунтовый ряд тщательно конопатится. Впереди шпунтового ряда, под понурным полом, делается из плотно утрамбованной глины замок. Под полы положены фашины и последними обделано русло тальвега на протяжении 4 м впереди водоспуска и на таком же протяжении позади.

Отверстие водоспуска закрывается щитами, которые прислоняются к вертикальным стойкам, укрепляемым нижним концом в красном бруске и приболченном верхним концом к насадке шпунтового

ряда или к мостовому прогону. Средняя стойка, делящая пролет на две равные части, в данном случае съемная.

Щитовые затворы сделаны из дубовых 5-см досок, сплоченных в шпунт или в закрой, и поднимаются вручную; конструкция их ясна из чертежа, а также и все другие детали, не затронутые настоящим описанием.



Черт. 66 а, б.

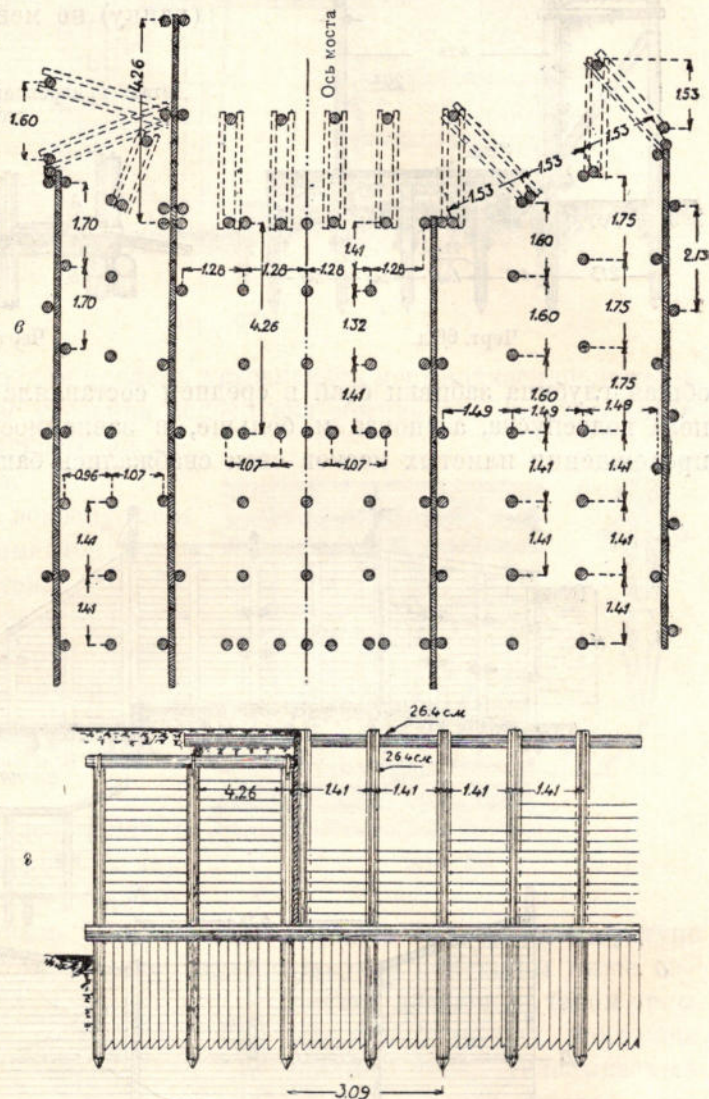
На чертеже 66 а, б, в, г, д, е представлен деревянный досчатый водоспуск для постоянного подпора воды до 3,19 м, с допущением переливания через шандорные доски слоя воды толщиной до 0,5 м. Под полом водоспуска устроено четыре поперечных шпунтовых ряда, доведенных до материка, если грунт под основанием слабый; для более же плотных грунтов два низовых шпунтовых ряда необязательны и могут быть

заменены заборчатой стенкой. Стойки для шандоров (съемные) отстоят друг от друга на 1,41 м. Через 4,26 м устроены постоянные коренные стойки в виде бычков с подкосами, упирающимися в мостовые сваи. Боковые стенки понурной части имеют расширение к напорной стороне под углом 60—75° к оси плотины. Прилежащие к водоспуску конуса укреплены хвостяной выстилкой выше уровня воды. Дно русла ниже водоспуска укреплено за концом водосливного пола фашинами. Фашины также положены под водобойным и водосливным полами. Все другие детали конструкции можно видеть из прилагаемого чертежа. Мост водоспуска рассчитан на нагрузку тяжелой фуры весом в 5 тонн.

На чертеже 67 представлен деревянный досчатый водоспуск на сплошных сваях с двумя шпунтовыми рядами — понурным и водо-

бойным, отверстием в 4,26 м и высотой тоже в 4,26 м, устроенный в числе 17 инженером Ф. Ф. Пржемыцким во время производства гидро-

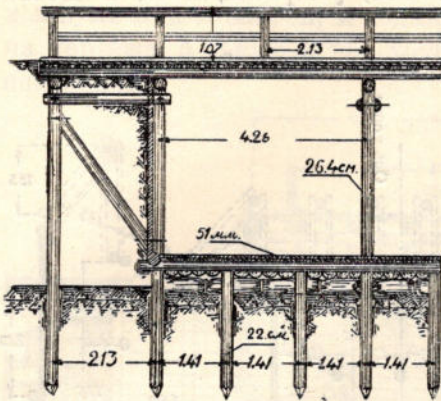
План расположения свай.



Разрез по королевому шпунтовому ряду.

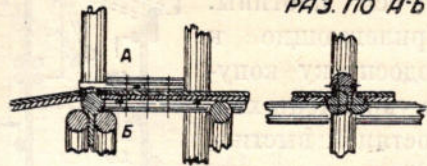
Черт. 66 в, г.

технических работ по обводнению селений Курской губернии в 1901—1907 гг. Длина переднего шпунтового ряда из 9-см досок делалась с каждой стороны отверстия не меньше ширины его; сваи забивались в водупорный грунт (глину) не меньше, как на 1 м;



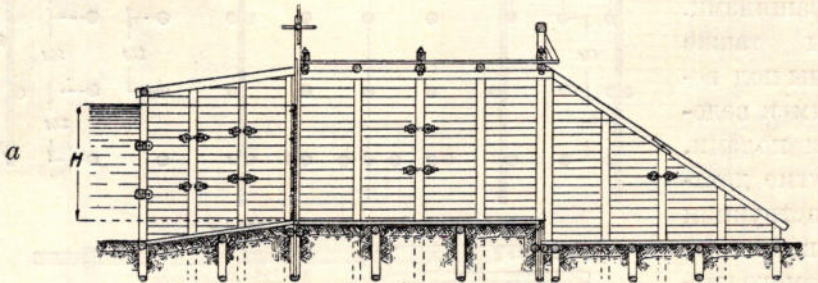
Черт. 66 д.

Деталь прикрепления низа постоянной стойки.

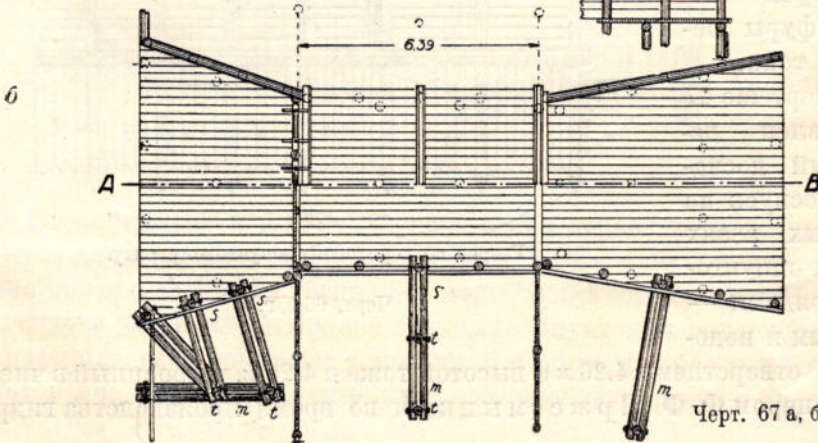
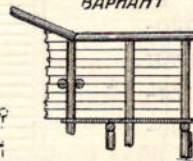


Черт. 66 е.

общая глубина забивки свай в среднем составляла около 4 м ниже пола водоспуска, а иногда и больше, в зависимости от грунта. При прохождении илистых песков сваи снабжались башмаками.

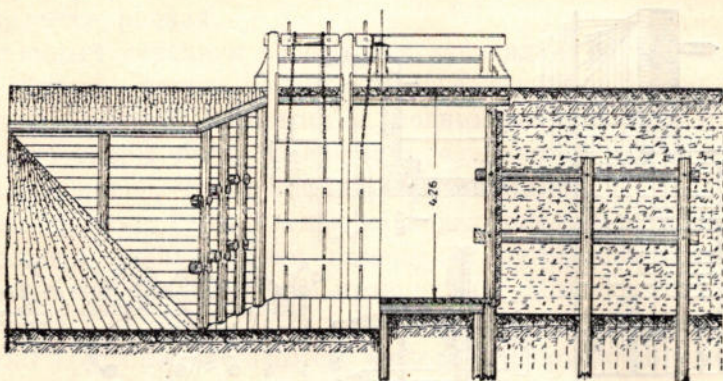


ВАРИАНТ



Черт. 67 а, б.

При отверстиях больше 4,26 м (от 4,26 до 10 м) водоспуск делился на части рядами свай, на которых строился мост (на подбалках), или

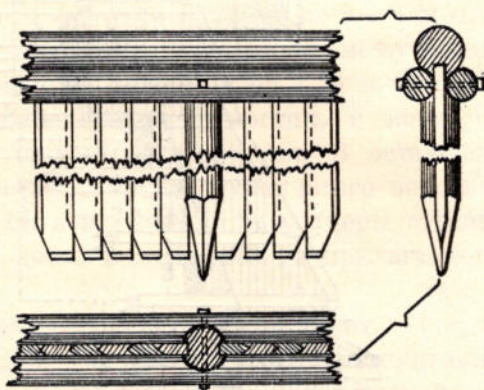


Черт. 67 в.

же, при одном сквозном пролете, устраивался мост подкосной системы, и тогда всё верхнее строение водоспуска обычно поднималось выше, до 0,5 м, чтобы подкосы не мешали проходу льда.

Конструкция водоспуска и его отдельных элементов в деталях ясна из чертежа.

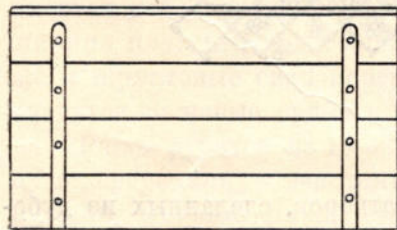
Чертеж 68 представляет в фасаде, плане и разрезе деталь шпунтового ряда с положенной на него насадкой, а чертеж 65с — соединение схватками откосных и анкерных свай.



Черт. 68.

Чертеж 65а изображает в детали порог водоспуска, а чертеж 65b — соединение водобойного пола со сливным;

из последнего чертежа видно, что на уступе сливного пола направляющие схватки шпунта помещены ниже шапачной насадки на таком уровне, чтобы на них пришелся настил пола, укладываемый на 0,60 м ниже порога.



Черт. 69.



На чертеже 49 изображена деталь соединения пола водоспуска с боковой обшивкой из 9-см досок, соединенных в четверть и прибитых с

Щиты между опорными промежуточными стойками ставятся один на другой, для чего в верхней и нижней кромке каждого из них выбирается четверть, за исключением нижнего щита, у которого кромка делается ровной.

Подъемный механизм водоспуска, как видно из чертежа 67, состоит из обычного ворота, на который наворачиваются железные цепи с кольцами на концах, которыми и поднимают затворы с моста. Оба конца цепи должны быть совершенно одинаковой длины и должны наматываться ровно, чтобы щит не перекашивался.

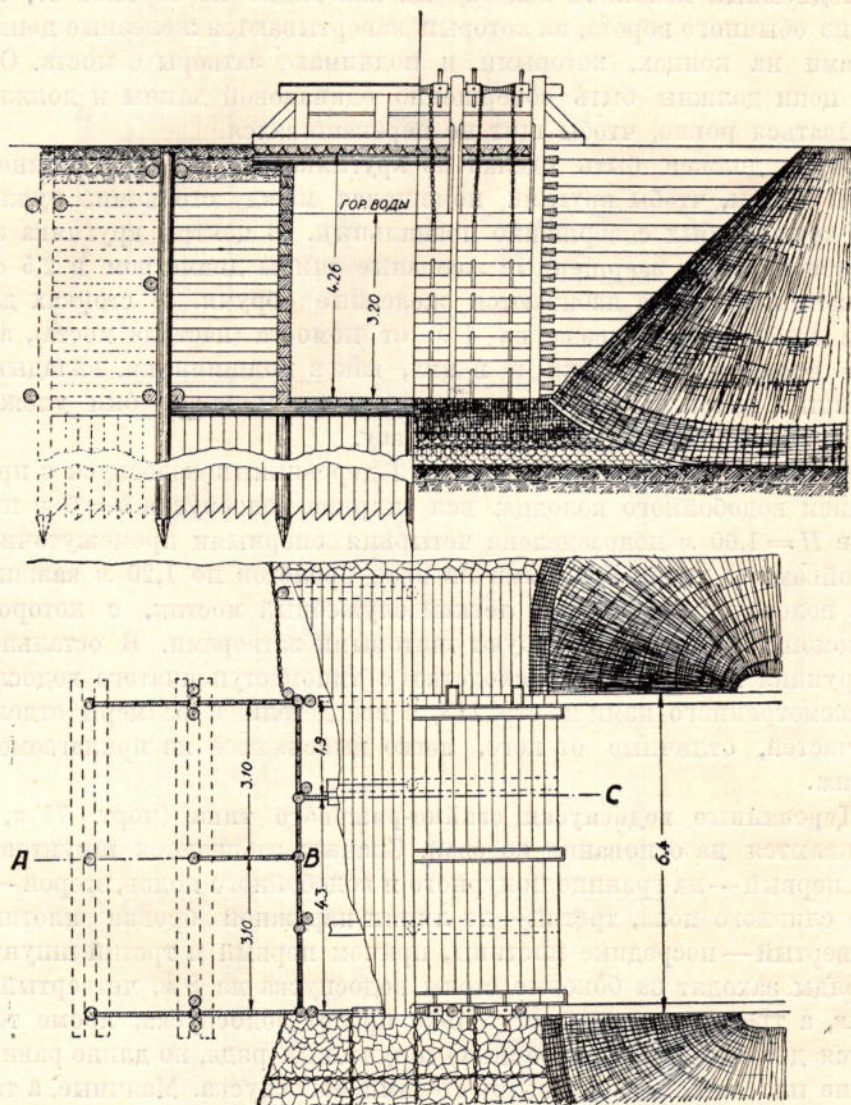
Ворот должен быть сделан из кругляков в 22 см толщиной, и такой длины, чтобы кругляк помещался между стойками; нужно, чтобы кругляк был совершенно правильный. В центры кругляка загоняются на 18 см завершенные железные шипы диаметром в 2,5 см, а на концы кругляка набиваются железные обручи. В стойках для ворота выбираются гнезда на 1 м от помоста (настила моста), а в гнезда вставляются втулки и в них, как в подшипники, вкладываются шипы валов. Нужно следить за тем, чтобы ворот был уложен совершенно горизонтально, по ватерпасу.

Чертеж 70 представляет досчатый деревянный водоспуск с применением водобойного колодца; вся ширина водоспуска $b=6$ м при напоре $H=1,60$ м подразделена четырьмя опорными промежуточными стойками и двумя боковыми на пять пролетов по 1,20 м каждый. Через водоспуск переброшен легкий служебный мостик, с которого при помощи ворота маневрируют щитовыми затворами. В остальном конструкция имеет большое сходство с типом ступенчатого водослива, рассмотренного нами на стр. 113, а все детали и размеры отдельных частей, отличные от него, легко выясняются из прилагаемого чертежа.

Деревянные водоспуски свайно-ряжевого типа (черт. 71 а, б) устраиваются на основании из свай. Сначала забиваются шпунтовые ряды: первый — на границе понурного и водобойного полов, второй — в конце сливного пола, третий — по линии наружной бровки плотины и четвертый — посередине плотины, причем первый и третий шпунтовые ряды заходят за боковые стены водоспуска на 8 м, четвертый — на 4 м, а третий перекрывает только пролет водоспуска; кроме того имеется два боковых (поперечных) шпунтовых ряда, по длине равных ширине плотины, под боковыми стенами водоспуска. Маячные, а также и шпунтовые сваи перекрываются насадками, на которые затем и кладутся ряжевые срубы.

Ряжи рубятся из 18—20-см дубовых или сосновых бревен в лапу (сковороднем) с запотемком, или коренным шипом, причем с наружной стороны ряжи соединяются лапой и притом без остатка, а между собой в пересечениях — простой врубкой.

Венцы ряжей тщательно припазовываются и соединяются вставными шипами. Бревна ряжей должны идти по всей длине совершенно горизонтально, а стык одного ряда должен перекрываться следующим цельным бревном. Стенки ряжей, для большей устойчивости,



Черт. 71 а.

соединяются особыми анкерными схватками в трех местах — внизу, посередине и наверху. Кроме того, через каждые три венца бревна прикрепляются болтами к особым анкерным сваям, забитым внутри ряжей.

Одновременно с укладкой венцов производится их конопатка с осмолкой за два раза как внутри, так и снаружи, причем особое внимание должно быть обращено на осмолку торцевых частей нарубки.

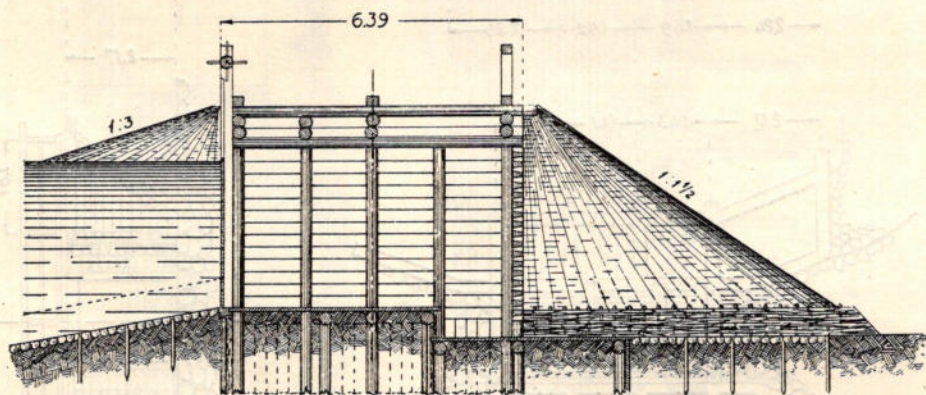
После этого ряжи загружаются землей с тщательной утрамбовкой. Ни в коем случае нельзя загружать ряжевых ящиков глиной, во избежание расстройств врубок при замерзании глины зимой, а также недопустима загрузка легкими растительными землями (торфом и др.). Лучшим материалом для загрузки могут служить песчано-глинистые грунты с незначительным процентом содержания глины (до 25%).

Сверху ряжи заканчиваются насадками, на которых укрепляются прогоны моста.

Откосных крыльев ряжевые водоспуски могут не иметь, но откосы продолжают, как общее правило, в обе стороны, на длину, равную ширине отверстия.

Понурный пол делается из каменной мостовой в плетневых клетках, а конуса у входа дернуются и оплетаются плетнями по основанию. Водобойный пол делается из досок, а сливной только частью из досок, а дальше продолжается мощением.

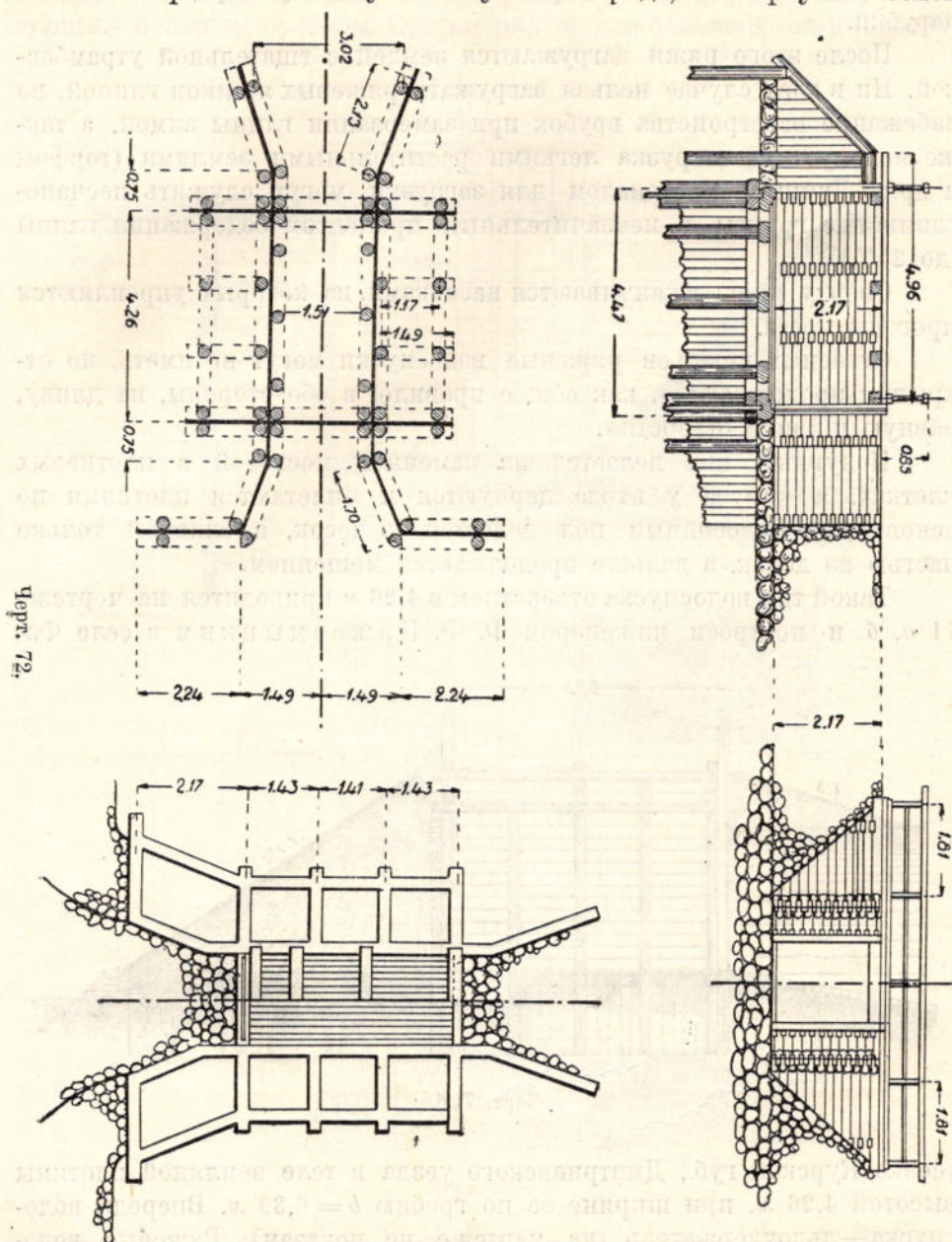
Такой тип водоспуска отверстием в 4,26 м приводится на чертеже 71 а, б и построен инженером Ф. Ф. Пржесмыцким в селе Фа-



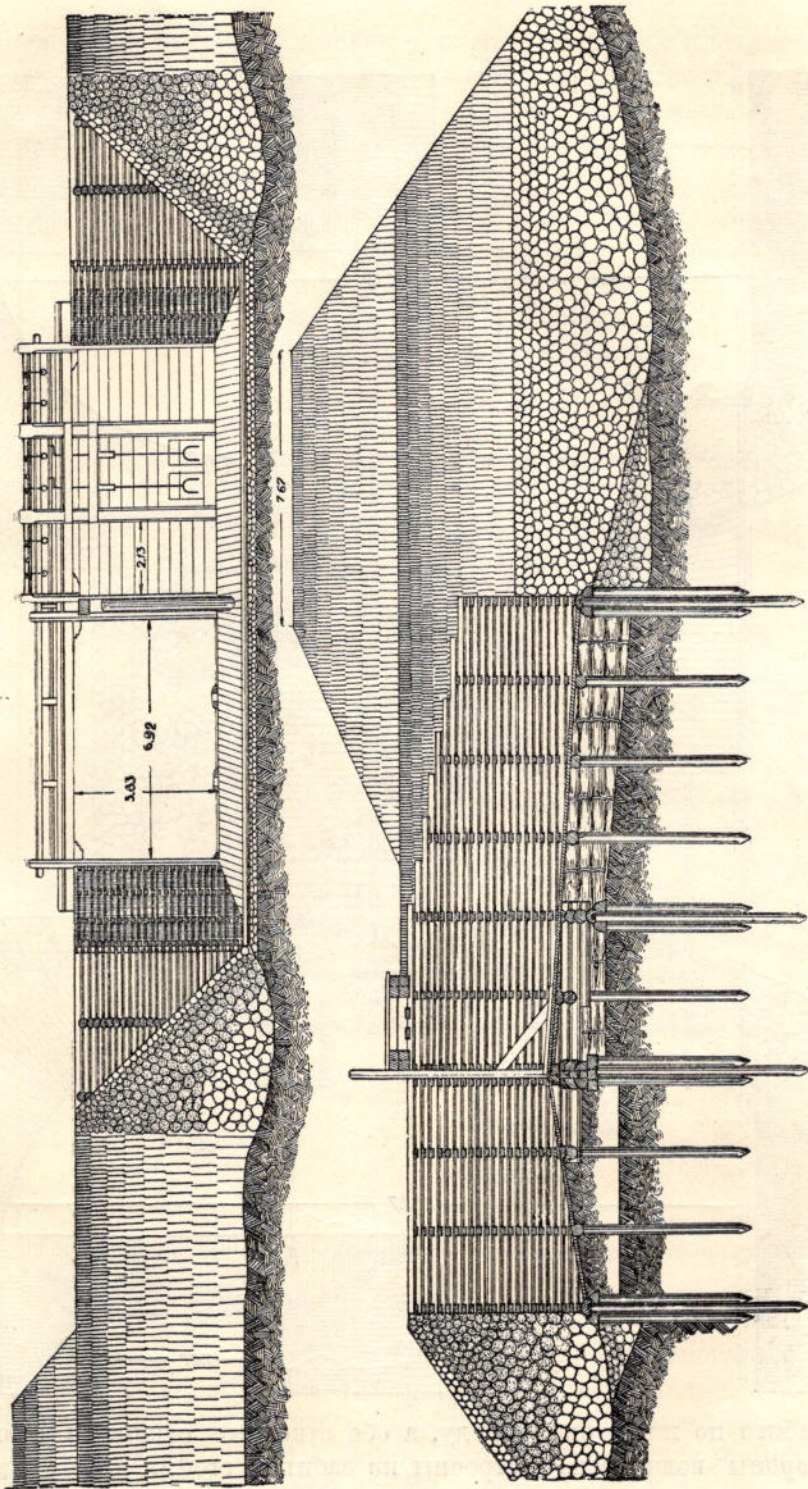
Черт. 71 б.

теевке Курской губ., Дмитриевского уезда в теле земляной плотины высотой 4,26 м, при ширине ее по гребню $b = 6,39$ м. Впереди водоспуска — льдоудержатель (на чертеже не показан). Ряжевые водоспуски доступнее для устройства вследствие значительно меньших (по длине) размеров требующегося лесного материала, чем досчатые, но зато их следует считать менее долговечными при их эксплуатации.

Второй тип однопролетного свайно-ряжевого водоспуска изображен на чертеже 72; здесь обе поперечные стенки — понурная и водобойная — образованы внизу из шпунтового ряда, а сверху и с боков

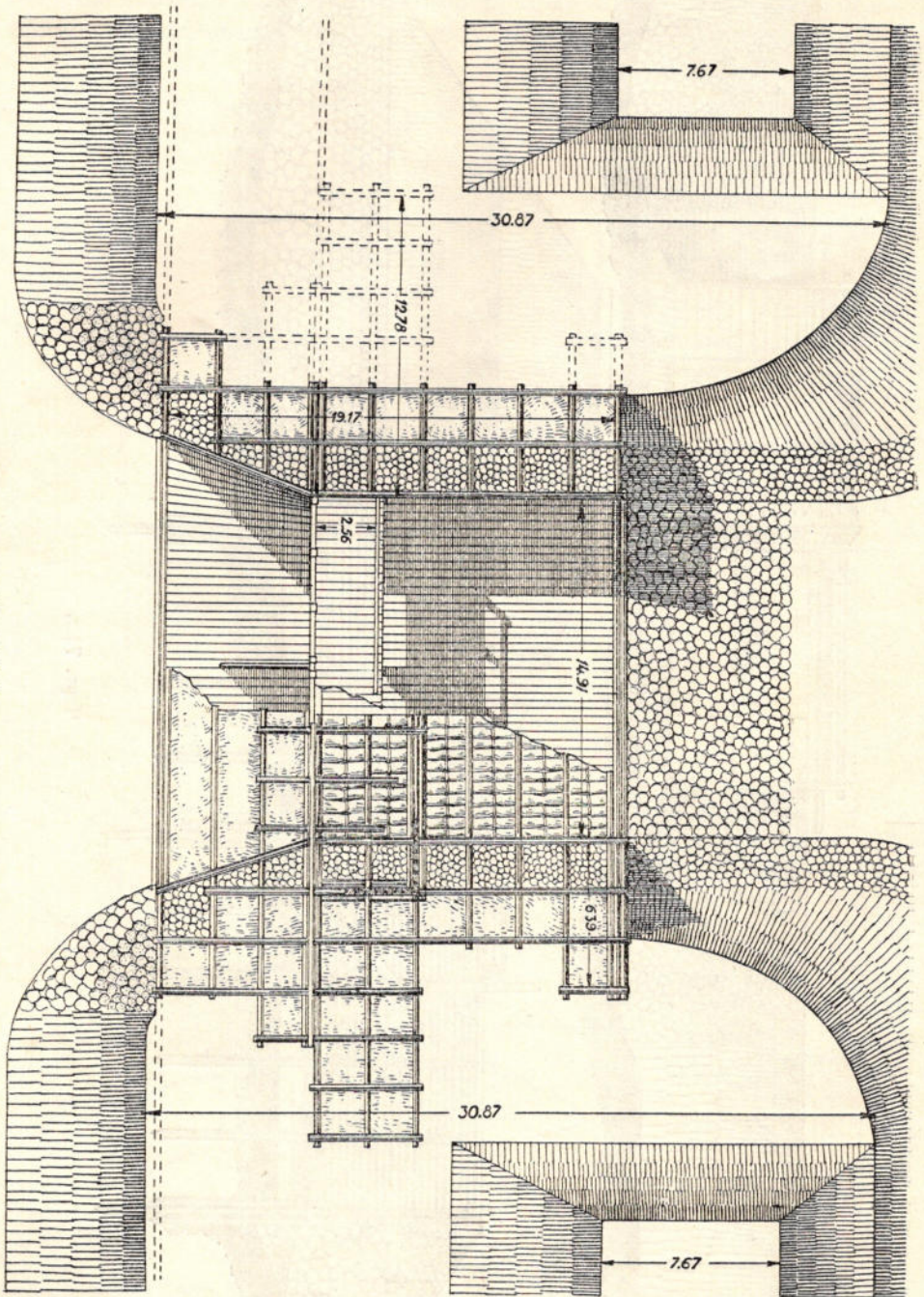


водопроемного отверстия составляют часть ряжа, образующего соответствующую продольную стенку водоспуска — шлюза и его откосное крыло с верховой стороны. Под лицевыми гранями обеих ряжей



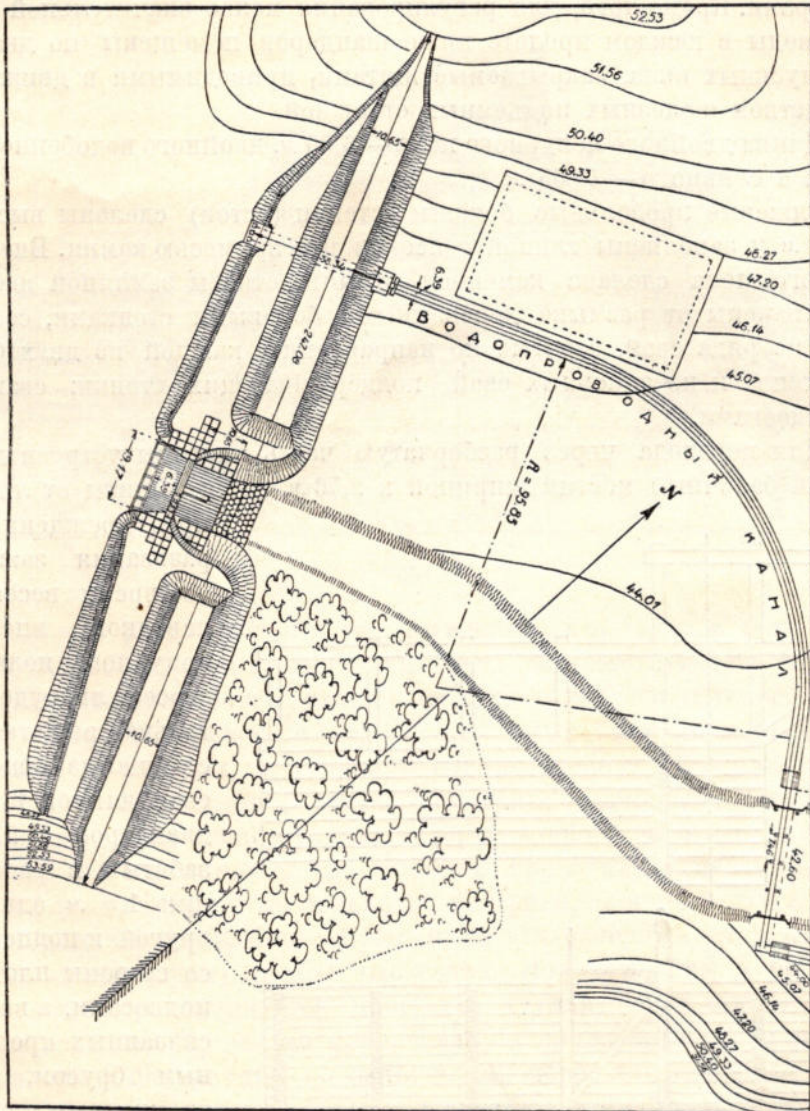
Черт. 73 а.

Черт. 73 б.



тоже забито по шпунтовому ряду, а обе откосные открылки с нижней стороны водоспуска устроены из забитых стоймя досок. Такой

водоспуск может быть применен как при земляных плотинах, так и на осушительных и оросительных каналах, в качестве шлюза-регулятора. Все остальные детали и размеры ясны из чертежа.



Черт. 73 в.

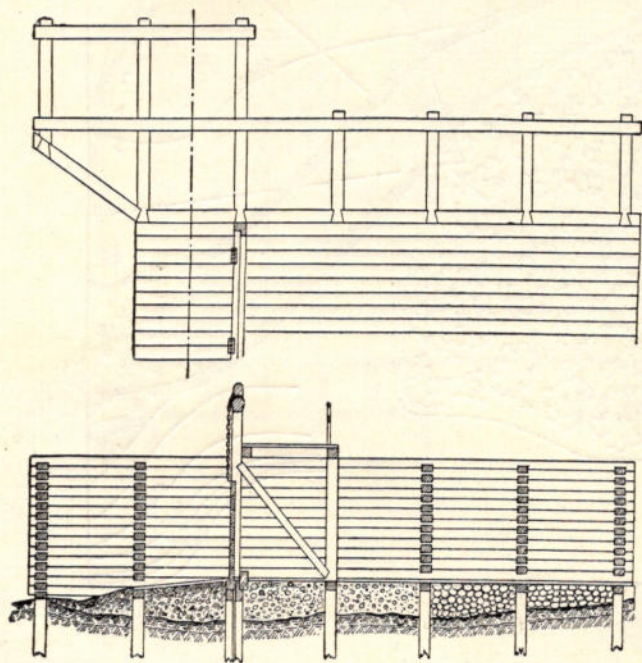
Примером ряжевого водоспуска на свайном основании значительного отверстия в водохранилищах для обводнительных и оросительных целей может служить водоспуск на Тингутинском орошаемом участке в Сталинградской губернии, выстроенный экспедицией Жилинского (черт. 73 а, б, в).

Отверстие водоспуска в 14,91 м разделено посредине бычком на два пролета, причем каждый пролет в свою очередь разделен промежуточными опорными стойками на три отверстия, закрываемые шандорами. Кроме того, для регулирования менее значительной прибыли воды в каждом пролете ниже шандоров помещены по два водопропускных окна, закрываемые щитами, приводимыми в движение посредством железных подъемных стержней.

Длина двойного понурного пола — 6,39 м, двойного водобойного — 2,13 м, а сливного — 10,65 м.

Ряжевые продольные боковые стенки (устой) сделаны высотой в 4,00 м и заполнены глиной с песком и с примесью камня. Впереди сливного пола сделана каменная отсыпь; откосы земляной насыпи предохранены от размыва деревянными боковыми стенками, состоящими из ряда свай, забитых по направлению каждой из двух боковых стенок и из анкерных свай, поддерживающих стенки; сваи обшиты досками.

Для перехода через разборчатую часть плотины устроен деревянный балочный мостик шириной в 2,56 м, а для защиты от льда и



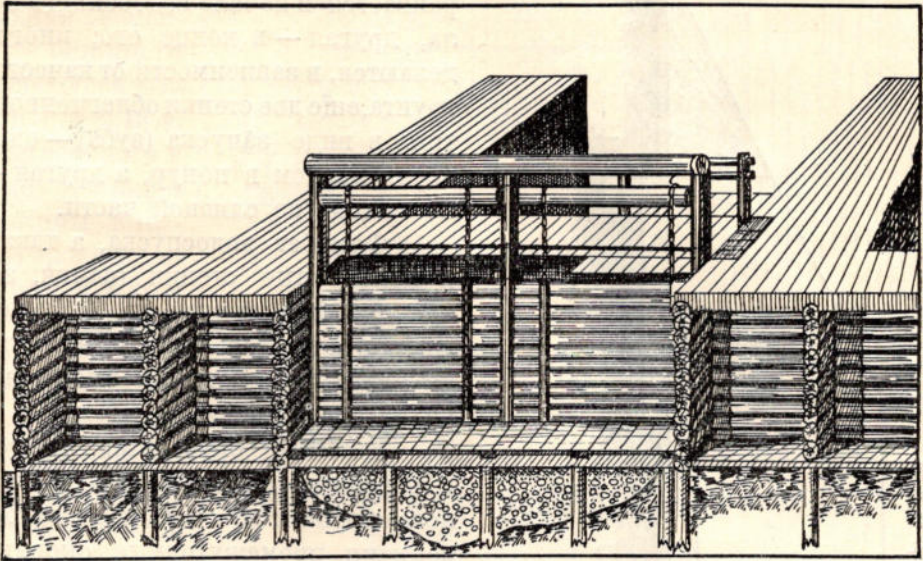
Черт. 74 а.

предупреждения образования зажоров во время весенних паводков впереди понурного пола построена льдоудержательная решетка, состоящая из сосновых свай, длиной в 8 м и диаметром в 31 см, забитых в расстоянии 1,5 м одна от другой и подпертых со стороны плотины подкосами, а сверху связанных продольным брусом, прикрепленным к сваям железными хомутами. Длина деревянной решетки 50 погонных метров, чи-

стое отверстие — 123 кв. м, и верхний брус расположен на 3,20 м выше порога водослива.

Водоспуск рассчитан на максимальный расход воды $Q = 53,4 \text{ м}^3/\text{сек.}$

В двухпролетном водоспуске, который изображен на чертеже 74 а, а в перспективном виде на чертеже 74 б, обе продольные стенки устроены из ряжей, а поперечная стенка сделана внизу в виде

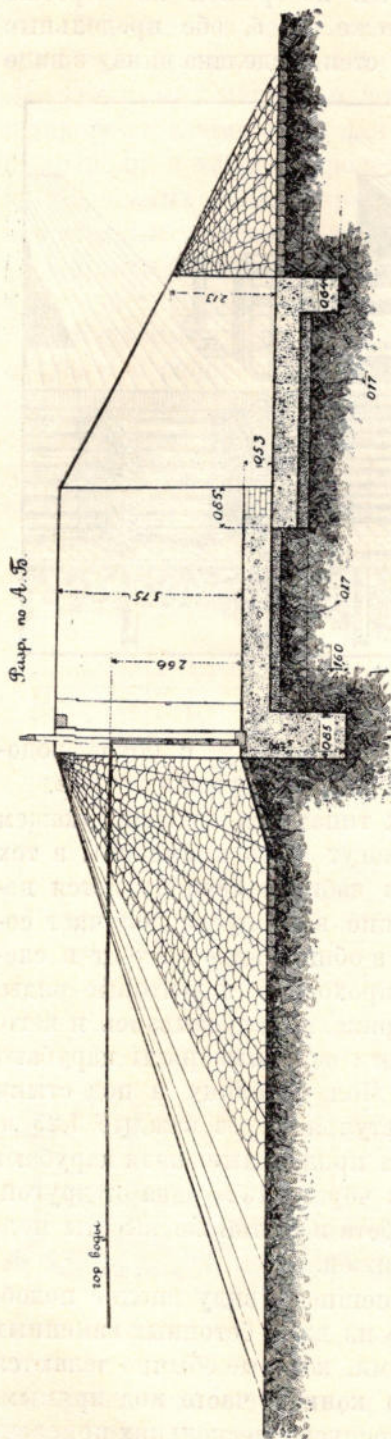


Черт. 74 б.

шпунтового ряда, забитого под затворами, а сверху, с боков водопропускного отверстия, составляет часть соответствующего ряжа.

Не останавливаясь дальше на этих типах водоспусков, укажем здесь еще, что ряжевые водоспуски могут быть применены в тех случаях, в которых по условиям грунта забивка свай является невозможной. В последнем случае основание водоспуска получает совершенно другую конструкцию, которая в общем виде состоит в следующем: по тем линиям, где должны проходить шпунтовые ряды, роятся рвы глубиной не только до материка, но и врезываясь в него. В эти рвы закладываются срубы и на эти основные ряды нарубают лапой (сковороднем) продольные связи. Под середину и под стыки этих связей рекомендуется поставить стулья через каждые 4,25 м, чтобы середина бревен не провисала. На продольные связи нарубают в полдерева поперечины не дальше, как через 2,13 м одна от другой. К поперечинам прибиваются доски флутбета и с этой же высоты поднимаются обыкновенной рубкой стены ряжей.

Каменно-бетонные водоспуски по внешнему виду вполне подобны деревянным и состоят в общем виде из двух бетонных каменных продольных стенок с откосными крыльями, которые обычно делаются в виде подпорных стенок, загнутых по концам часто под прямым, а иногда и под острым углом к оси водоспуска, нескольких попереч-



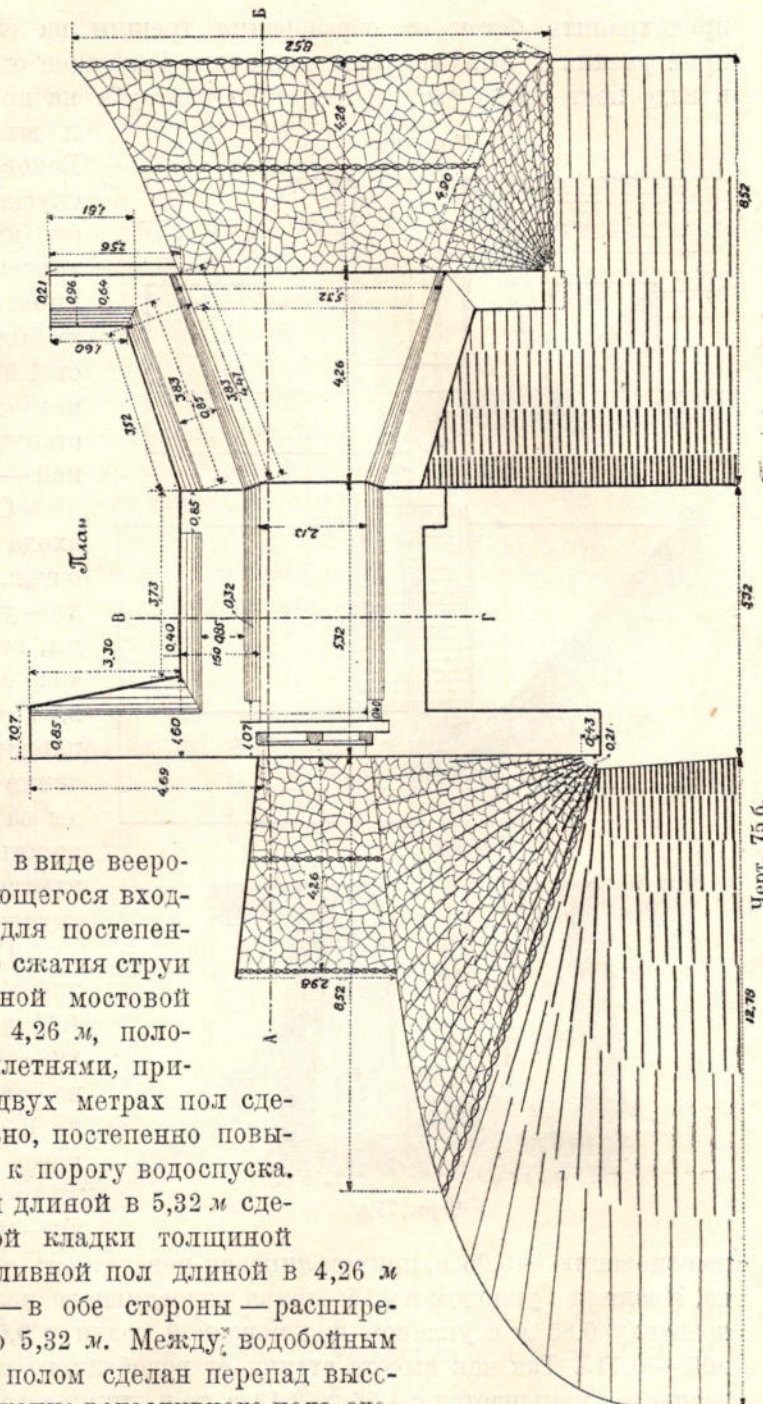
ных стенок, которые соответствуют шпунтовым рядам деревянного водоспуска — одна стенка обычно устраивается в начале водобойного пола, другая — в конце его; иногда делаются, в зависимости от качества грунта, еще две стенки облегченного типа в виде запуска (зуба) — одна перед входом в понур, а другая — по выходе из сливной части.

Флютбет водоспуска, а также и поперечные стенки (замки, запуски) устраиваются из бетонной кладки, а продольные стены и плечи (открылки) — из каменной кладки на гидравлическом растворе.

Красный брус втапливается в бетонную кладку флютбета и в него врубаются своими нижними концами промежуточные опорные стойки, а боковые опорные стойки замуровываются в каменную кладку стен. Щитовые затворы устраиваются такие же, как и в деревянных водоспусках. При водоспусках с отверстиями больше 4,26 м устраивается обычно промежуточная опора или в виде каменного быка, или же по типу, приведенному на чертеже 76. Каменно-бетонные водоспуски, как общее правило, должны возводиться на плотном, надежном грунте; там же, где грунт под основанием плотины слабый, илистый, прибегают к возведению каменного водоспуска, в исключительных случаях строя его на особом свайном ростверке или на опускных колодцах, что обходится весьма дорого. Лучше в таком случае отказаться от постройки каменного водоспуска, заменив его деревянным.

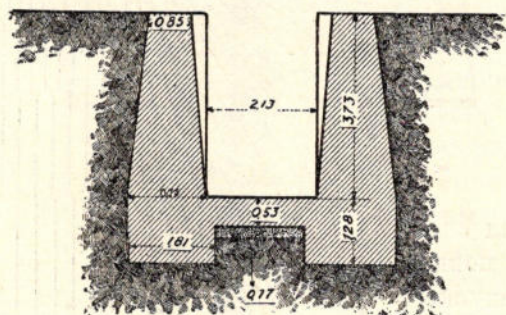
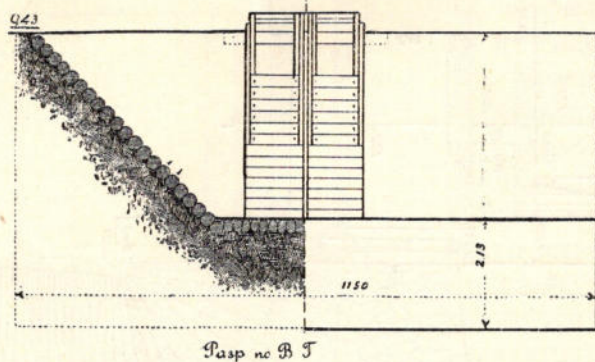
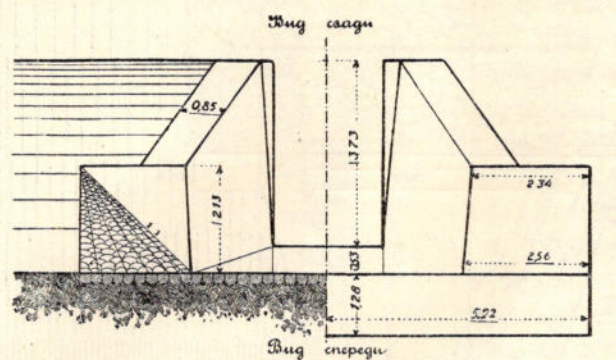
На чертеже 75 а, б, в представлена конструкция каменно - бетонного водоспуска шириной в 2,13 м, выстроенного в теле земляной плотины высотой 4,26 м и шириной в 4,26 м с тройным водным и двойным сухим откосами.

Впереди понурного пола устроен бетонный замок, опущенный на глубину 2,13 м; толщина замка 0,85 м. Понурный пол сделан, в виде веерообразно расширяющегося входного отверстия для постепенного и плавного сжатия струи воды, из каменной мостовой на протяжении 4,26 м, положенной между плетнями, причем на первых двух метрах пол сделан горизонтально, постепенно повышаясь на 0,53 м к порогу водоспуска. Водобойный пол длиной в 5,32 м сделан из бетонной кладки толщиной в 0,53 м. Водосливной пол длиной в 4,26 м имеет в конце — в обе стороны — расширение с 2,13 м до 5,32 м. Между водобойным и водосливным полом сделан перепад высотой в 0,53 м. В конце водосливного пола сделан второй замок глубиной 1,28 м и толщиной 0,64 м. Под водобойный и водосливной пол насыпан мелкий щебень толщиной в 0,17 м, чтобы



Черт. 75 б.

предохранить бетон от образования трещин на случай глубокого промерзания и выпучивания подпочвы. Выходное отверстие сделано в виде постепенно расширяющегося раструба на протяжении 4,26 м



Черт. 75 в.

и вымощено камнем. Боковая стенка водоспуска высотой в 4,26 м (от низа пола) имеет трапециодальное сечение с шириной по верху 0,85 м, а по низу от 1,6 до 1,81 м, с уклоном передней грани стенки в 0,0857, а задней — 0,015.

Спереди — у места входа воды в водоспуск, а также и сзади — у места выхода воды, стены впущены на 4,69 м (спереди) и на 2,56 м (сзади) в тело плотины в предупреждение фильтрации воды за стены. Эти впущенные стены называются плечами водоспуска.

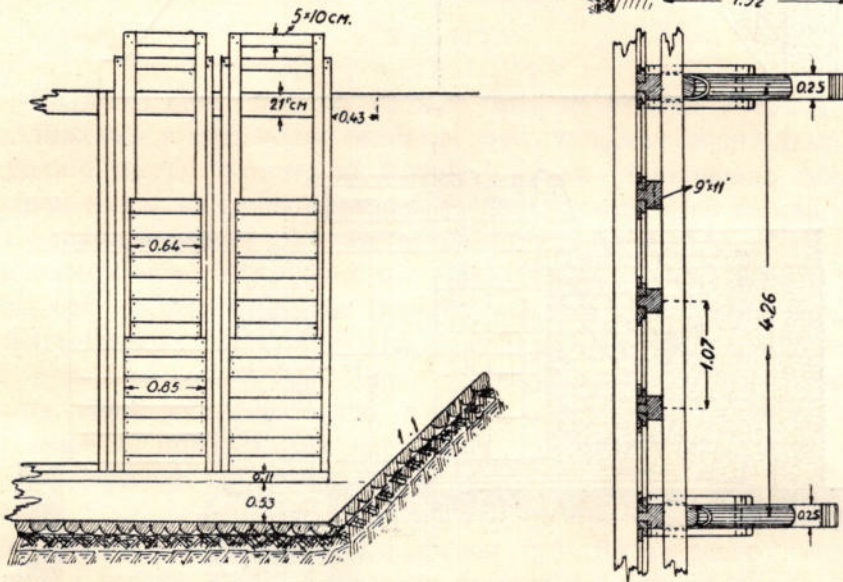
Стенка верхнего плеча имеет высоту 4,26 м, ширину по верху — 0,85 м и ширину по основанию — от 1,07 до 1,6 м, а стенка нижнего плеча — высоту 2,13 м, ширину по верху — 0,64 м, а ширину по основанию — 0,96 м, причем лицевая поверхность стенки вертикальна, а задняя с уклоном в 0,15; стенка водосливного пола имеет ширину по верху 0,85 м с уклоном для передней грани в 0,0857 и для задней — 0,115. Так как высота стенки от водобойного пола к концу водоспуска уменьшается с 4,26 до 2,13 м, то и ширина основания ее соответственно уменьшается с 1,6 до 1,28 м; толщина в 1,28 м соответствует толщине стенки водобойного пола на высоте 1,13 м от поверхности.

Конусы водоспуска (откосы плотины) с верховой и низовой стороны вымощены камнем.

Затворы устроены такие же, как и при деревянных водоспусках, причем красный брус и боковые стойки замуровываются в бетон пола и в каменную кладку стен.

Если отверстие водоспуска будет больше 4,26 м, то можно применить в качестве постоянной промежуточной опоры (бычка) конструкцию, которая представлена на чертеже 76 и которая по своим размерам соответствует основным размерам типа водоспуска, разобранного нами выше, и детали которой вполне можно уяснить из прилагаемого чертежа.

Чертеж 77 представляет несколько измененный тип каменного водоспуска,

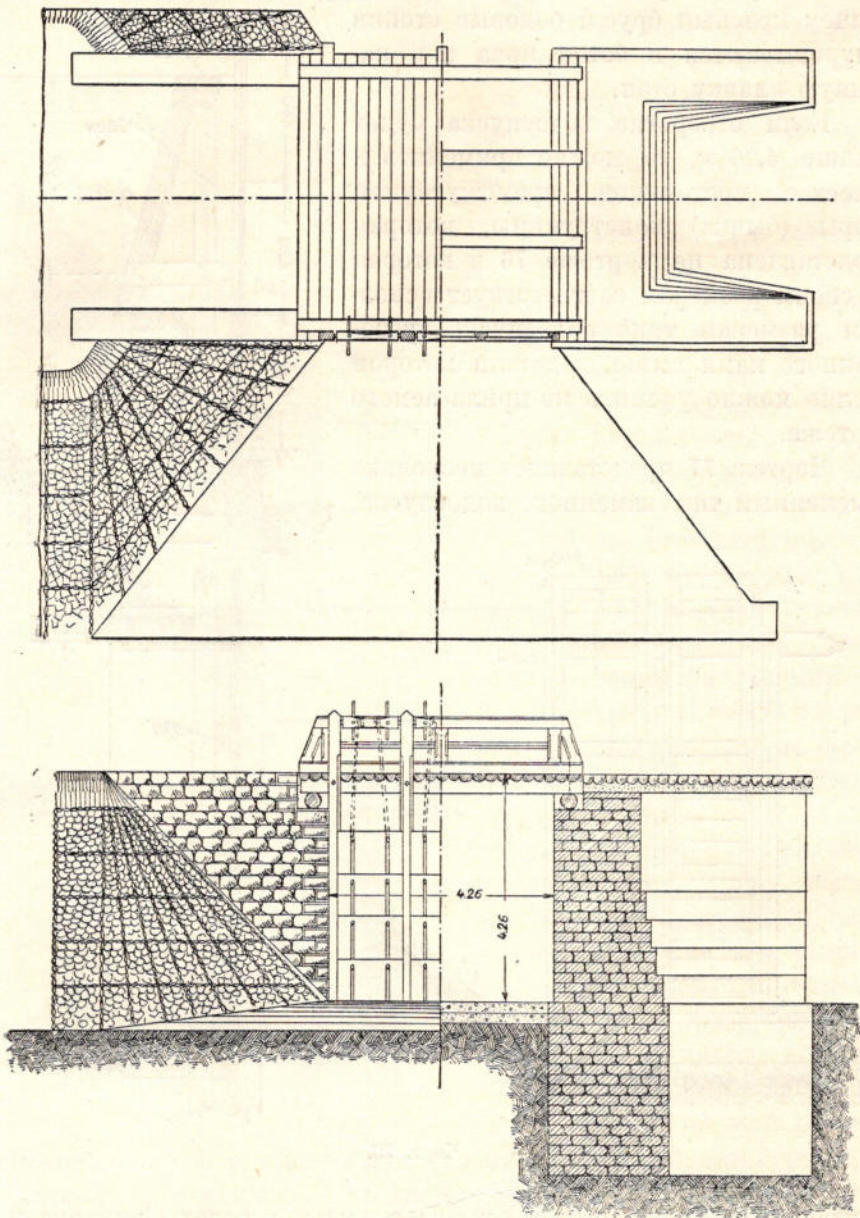


Черт. 76.

построенный инженером Пржесмьцким в селах Свиарка и Михайловка Курской губернии, шириной отверстия в 4,26 м и 8,52 м в теле земляных плотин высотой в 4,26 м.

Поперечные стенки водоспуска (замки) сделаны из каменной кладки, так же, как и боковые стенки и плечи, а полы—из бетона,

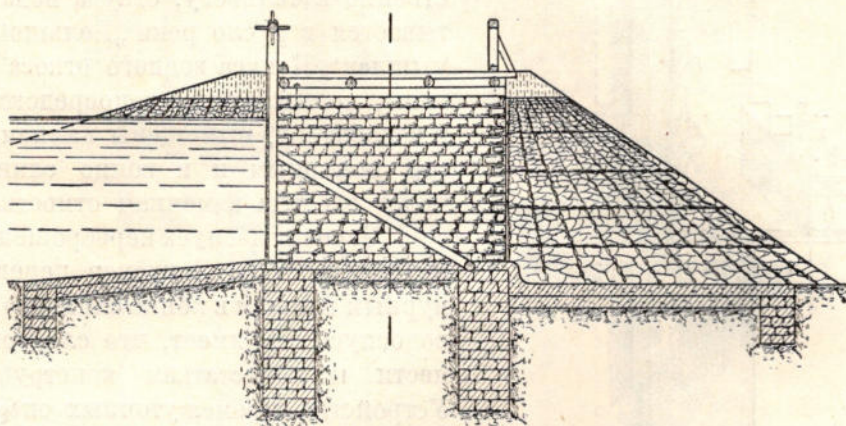
причем поперечных стенок сделано четыре, из них две облегченного типа в виде запусков — одна вначале понура, а другая — в конце



Черт. 77 а.

слива; крылья заменены конусами и укреплены плетнями в клетку с заброской камнем. Перепад между водобойным и водосливным полами сделан в виде „гуська“. Красный брус заделан в бетонную мас-

су у входа в водобойную часть. Промежуточные опорные стойки, заделанные нижним концом в красный брус и упирающиеся своим верхним концом в прогон служебного мостика, примерно на половине их высоты, подпираются для их большей устойчивости деревянными круглыми подкосами; нижние концы подкосов заделаны в особый брус, втапливаемый в бетонную кладку.



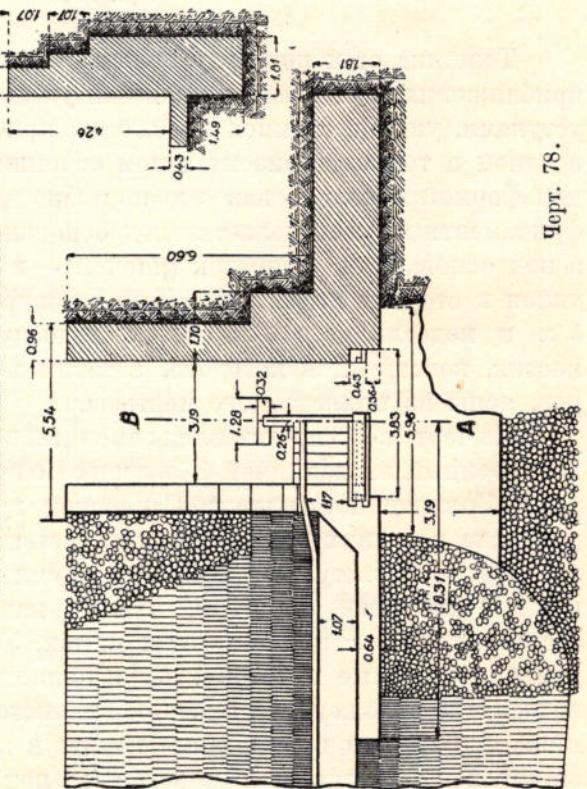
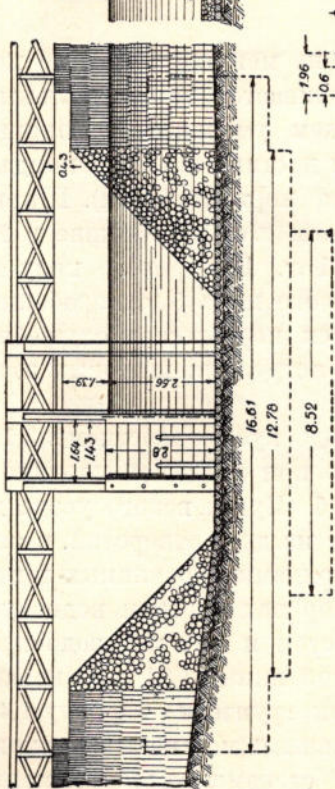
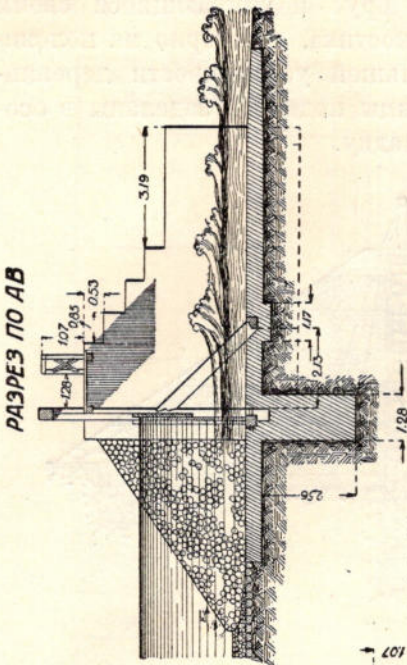
Черт. 77 б.

Толщина стен по верху должна быть не меньше 1 м, а по мере приближения к основанию толщина увеличивается горизонтальными уступами, уширяющимися по 0,20 м, причем уменьшение толщины в одном и том же горизонтальном сечении достигается трапециoidalной формой в плане, как это показано на чертеже (план). Ширина фундаментных рвов делается под основанием стен в подошве в 2 м, а под основанием открылок (плечей) — в 1 м. Понурному полу дан уклон в сторону воды в $\frac{1}{10}$. Длина понурного пола 5 м, водобойного 5 м и водосливного 6 м. Через водоспуск переброшен служебный мостик, конструкция которого, а также конструкция щитовых затворов, ясны из прилагаемого чертежа.

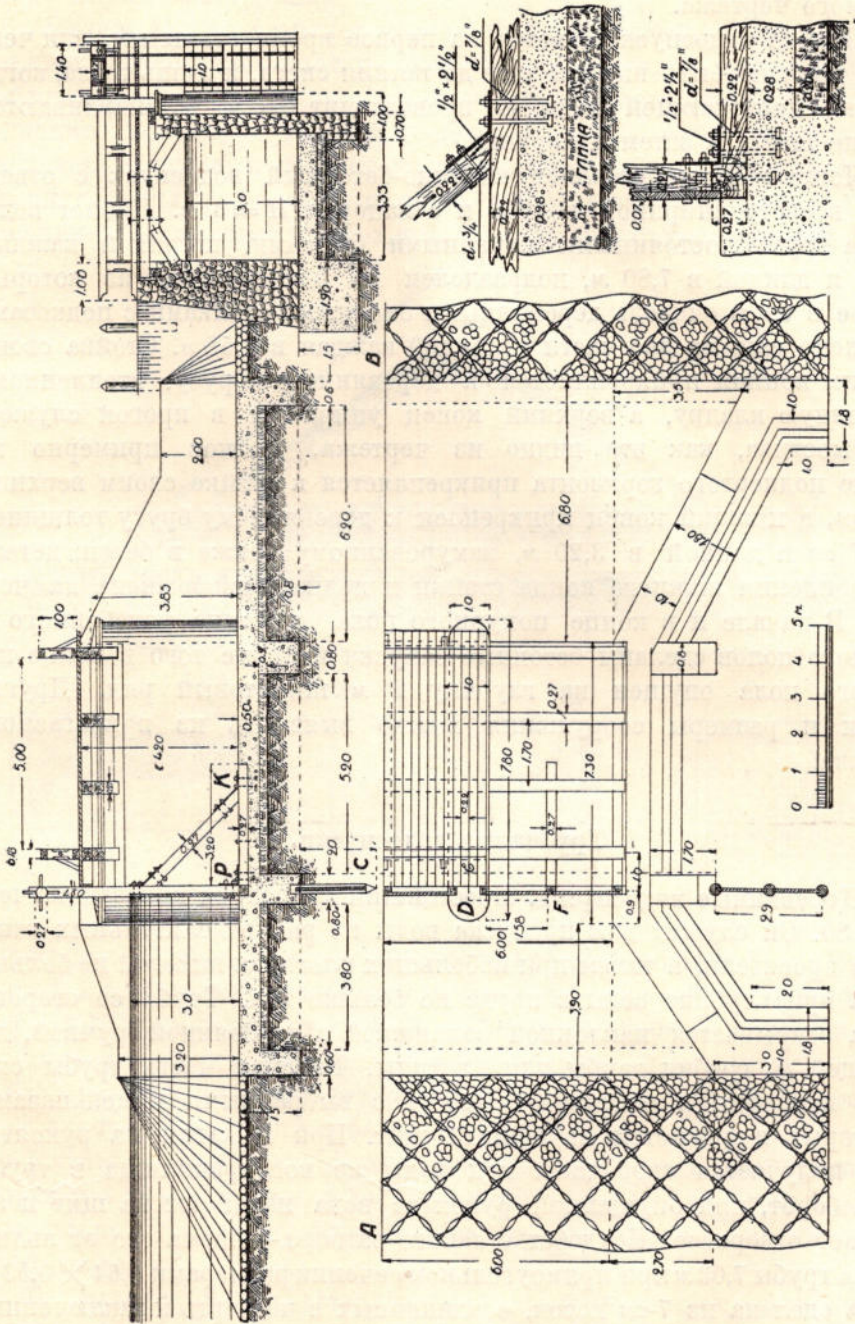
На чертеже 78 представлен каменный водоспуск отверстием в 3,19 м, выстроенный экспедицией Жилинского при земляной плотине на реке „Большой Камышлак“ Самарской губ. Пугачевского уезда для пропуски весенних вод. Водоспуск состоит из двух отверстий, каждое по 1,43 м в свету, закрываемых двумя рядами деревянных щитов, каждый вышиной в 1,40 м, причем напор над порогом водоспуска составляет 2,66 м при закрытых щитах. Устои и флютбет водоспуска каменные; первые высотой 4,26 м и толщиной внизу 1,81 м. Основание водоспуска заложено на плотном глинистом грунте на глубину 1,49 м ниже флютбета и промерзания грунта в данной местности. По линии затворов построена под порогом и под стенами устоев каменная

стенка глубиной 2,56 м, а толщиной 1,28 м. Общая длина флютбета составляет 10,9 м, а его толщина 0,43 м. Понурная часть имеет длину 3,19 м, а водобойная (она же сливная) — 7,7 м. Сливной пол примыкает непосредственно к тальвегу, откуда вода скатывается в русло реки „Большой Камышлак“. Конуса водного откоса плотины, примыкающие непосредственно к водоспуску, вымощены камнем. Перед понурным и в конце сливного полов сделана каменная отмостка.

Через водоспуск переброшен служебный мостик. Запусков перед понурным полом и в конце сливного пола водоспуск не имеет, что следует отнести к недостаткам конструкции. Устройство промежуточных опорных



Черт. 78.



Черт. 79.

стоек и подкосов к ним, а также и щитовых затворов, ясно из прилагаемого чертежа.

Весной водоспуск остается на первое время открытым, для чего щиты должны быть вынуты еще до таяния снега, и лишь тогда, когда глубина протекающей воды не превосходит 0,5 м, устанавливаются нижние щиты, а затем и верхние.

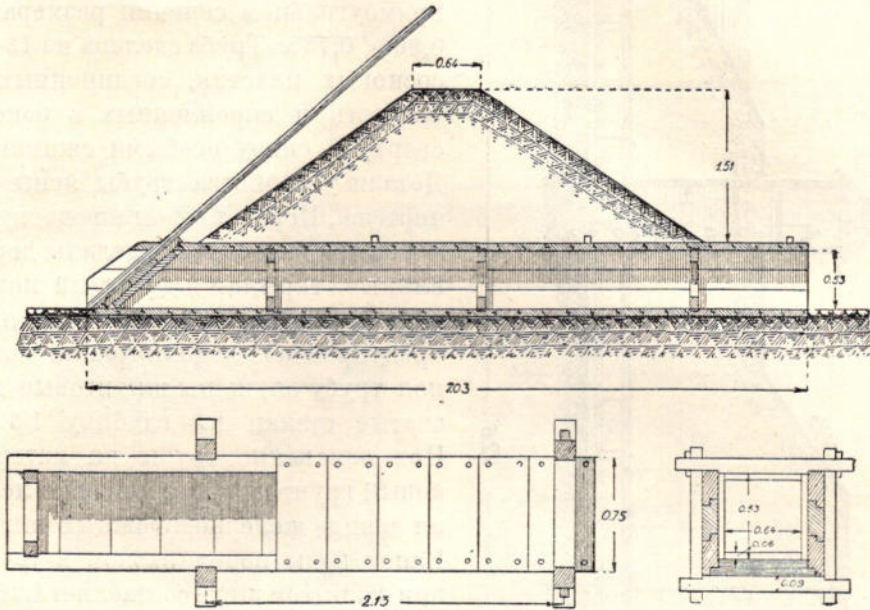
Чертеж 79 представляет каменно-бетонный водоспуск с отверстием в свету шириной в 10 м и с напором $H = 3$ м. Пролет водоспуска двумя постоянными каменными бычками, шириной каждый в 1 м и длиной в 7,80 м, подразделен на 3 отверстия, из которых каждое в свою очередь деревянными опорными стойками с подкосами разделено еще на две части шириной каждая в 1,58 м. Стойка своим нижним концом прикрепляется к деревянному брусу, втопленному в бетонную кладку, а верхний конец упирается в прогон служебного мостика, как это видно из чертежа. Подкос примерно на уровне подпертого горизонта прикрепляется к стойке своим верхним концом, а нижний конец прикреплен к деревянному брусу толщиной в 0,27 см и длиной в 3,20 м, замурованному также в бетон; деталь прикрепления нижнего конца стойки и подкоса изображена на чертеже. В начале и в конце понурного пола, в конце водобойного и сливного полов сделаны бетонные запуски и кроме того в конце понурного пола опущен на глубину 2 м шпунтовый ряд. Другие детали и размеры сооружения можно выяснить из прилагаемого чертежа.

Трубчатые водоспуски.

Деревянные водоспуски. Простейший водоспуск показан на чертеже 80. Он служит для пропуска воды из распределительных каналов в оросители, а также при небольших плотинах высотой не больше 2 м и при глубине воды в пруде не больше 1 м. Труба со стороны пруда закрывается наклонной задвижкой с деревянной ручкой, доходящей до гребня дамбы или плотины. Входная часть трубы скошена наклонно и обделана в рамку с выбранными в ней пазами, в которых и движется наклонный щит. При нажатии на рукоятку щита получается свободный ход воды из водохранилища в трубу, и, наоборот, при опущенной рукоятке вода нажимает на щит и закрывает отверстие. Неудобство такого затвора — порча его от льдин. Длина трубы 7,03 м при прямоугольном сечении размерами $0,64 \times 0,53$ м. Труба сделана из 7-см досок, соединенных в четверть и заключенных в нескольких местах по длине трубы в особые обвязки, как это видно на поперечном разрезе. Перед входом в трубу и позади трубы сделано каменное мощение. Входное и выходное отверстия не имеют

открылок, а также отсутствует шпунтовая стенка, что следует отнести к недостаткам конструкции.

Чертеж 81 представляет деревянный трубчатый водоспуск, устроенный при земляной плотине около села Коростино Саратовской губ. Камышинского уезда для выпуска воды из водохранилища с целью орошения. Водоспуск уложен с левой стороны водохранилища на материковом грунте и состоит из деревянной трубы длиной в 42,6 м, при внутренних размерах — ширине 0,70 м и высоте 0,53 м с двумя деревянными колодцами: верхним, со стороны пруда, высотой 5,8 м

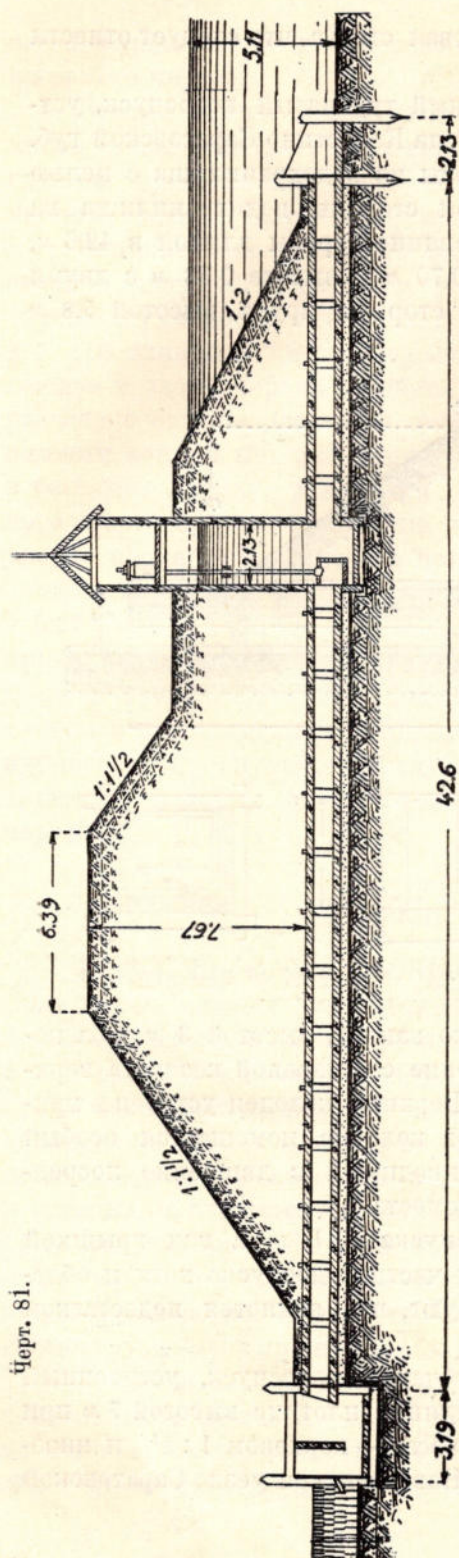


Черт. 80.

и нижним, со стороны ирригационного канала, высотой 3 м. Оба колодца в плане имеют квадратное сечение со стороной квадрата верхнего в 2,13 м, а нижнего — в 3,19 м. Верхний колодец устроен в насыпанном к плотине банкете. В этом колодце помещается особый пробкообразный щитовой затвор, приводимый в движение посредством винтового стержня с особого помоста.

Высота напора над дном водоспуска 5,11 м, а над крышкой отверстия 4,58 м. Входная и выходная части водоспуска хотя и обделаны, но шпунтовые стенки отсутствуют, что является недостатком конструкции.

На чертеже 82 представлен трубчатый водоспуск, устроенный экспедицией Жилинского при земляной плотине высотой 7 м при ширине ее по гребню $b = 4,26$ м и откосах — верхом 1 : 2 $\frac{1}{2}$ и низом — 1 : 1 $\frac{1}{2}$ на Очеретиной балке в Новоузенском уезде Саратовской

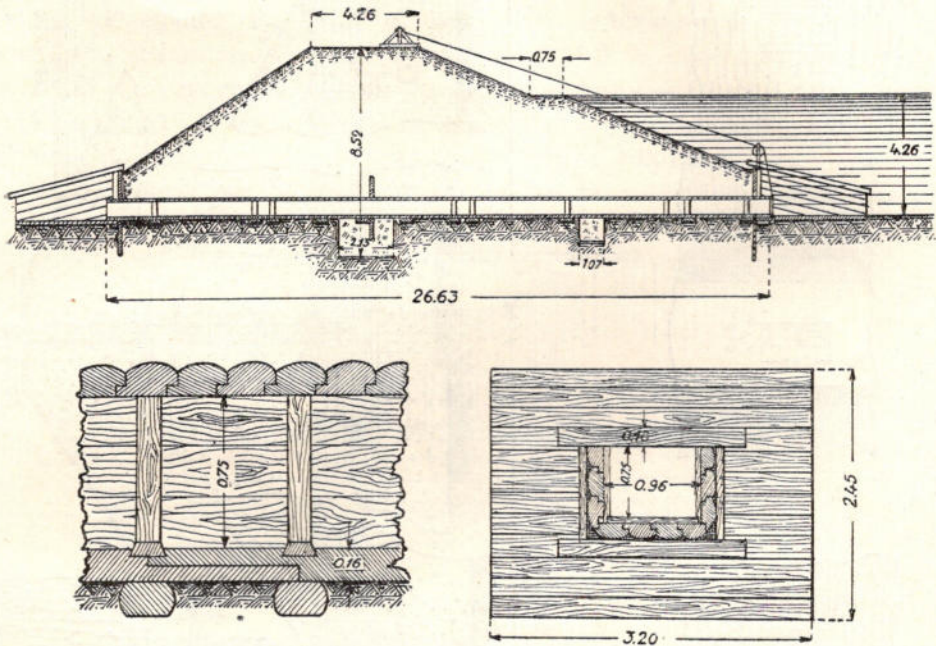


Черт. 81.

губ. (Валуийский орошаемый участок) для затопления земель в целях орошения. После затопления вода спускается через водоспуск путем открытия в нем щита с помощью подъемного механизма, конструкция которого в общем виде представлена на чертеже. Длина водоспуска 26,63 м при поперечном прямоугольном сечении размерами $0,96 \times 0,75$ м. Труба сделана из 13-см сосновых пластин, соединенных в четверть и скрепленных с боков, сверху и снизу особыми сжимами. Детали устройства трубы ясны из чертежа. Перед входом в водоспуск и позади водоспуска сделаны деревянные открылки и досчатый пол в виде раструба, а кроме того для предупреждения фильтрации воды под трубу опущены шпунтовые досчатые стенки на глубину 1,6 м. Под основание трубы на материковый грунт положены особые лежни в виде железнодорожных шпал. Напор воды перед входом в трубу при закрытом щите составляет 4,26 м.

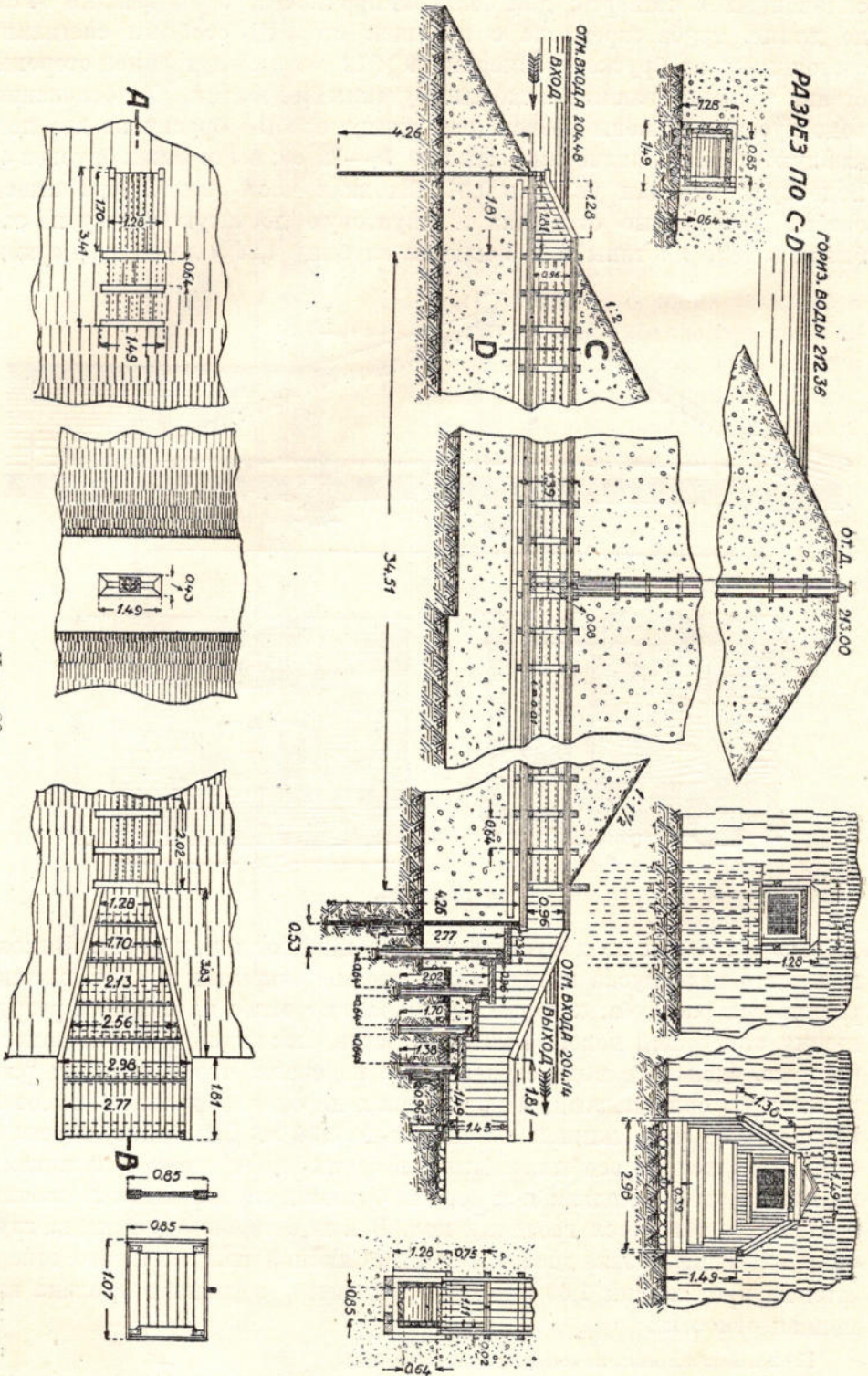
Чертеж 83 представляет деревянную водоспускную трубу в теле земляной плотины для выпуска воды из водохранилища в ирригационный канал с целью орошения участка Купластовки Джетысуйской губ. Алмаатинского уезда (в Казакстане). Расход через водоспуск $Q = 4,5 \text{ м}^3/\text{сек}$. Проектная стоимость водоспуска 1820 рублей по ценам довоенного времени. Основание водоспуска заложено на высоте 1,86 м от дна водохранилища. Поперечное сечение трубы прямоугольное, 0,85 м шириной и 0,64 м высотой и состоит из досок (пластин) 13×27 см,

сплоченных в четверть; для большей прочности, через каждые 64 см по длине, труба скреплена с внешней стороны особыми сжимами, состоящими из брусков размерами 9×13 см, а с внутренней стороны стенки трубы обделаны гладко выструганными досками. Под основание водоспуска положены во всю его длину особые брусья по два под каждую сторону, размерами каждый 18—23 см; всего таких брусьев 4. Водоспуску придан уклон в 0,01. Входная часть водоспуска имеет особые деревянные открьлки и шпунтовую досчатую стенку из забитых в тело плотины и в землю на глубину 4,26 м досок, размерами



Черт. 82.

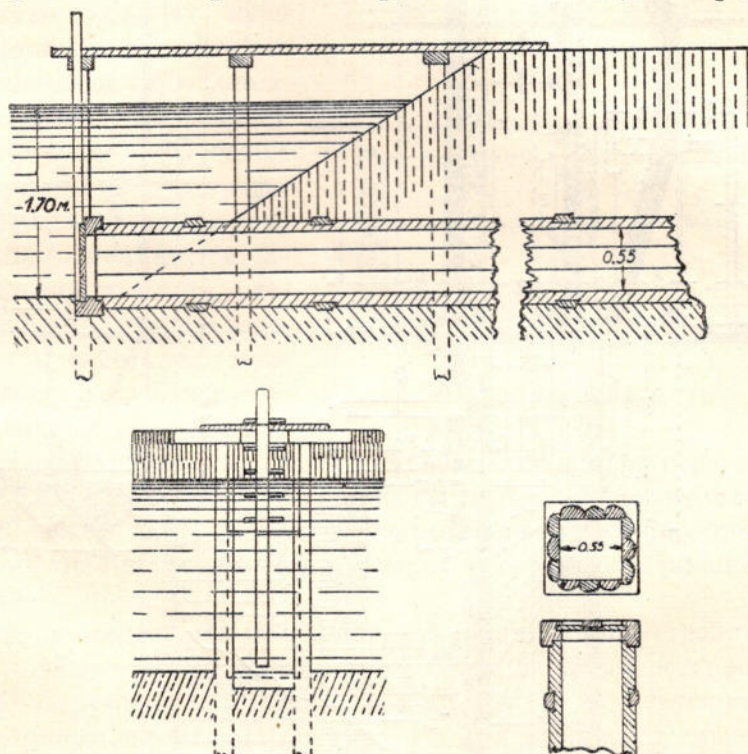
13×23 см, чтобы не допустить фильтрацию воды под трубу. Выходная часть водоспуска имеет также особые открьлки в виде расширяющегося раструба, которые предохраняют откос плотины от разрушения стекающей водой. Выходная часть, как видно из прилагаемого чертежа, сделана в виде ступенчатого перепада, чтобы ослабить разрушающую силу падающей воды; таких перепадов сделано 4, высотой каждый 0,32 м, а длиной площадки в 0,96 м. Основание перепада (пол) покоится на особых, забитых в землю, пяти сваях с насадками на них; к этим насадкам и к особым брусьям, скрепленным со сваями болтами, прибавается гвоздями пол. В конце трубы опущена на глубину 4,26 м шпунтовая досчатая стенка. Сливной пол выходного отверстия на протяжении 1,49 м сделан досчатый, а дальше сделана каменная отмостка.



Черт. 83.

Щитовой затвор водоспуска, устройство которого видно из прилагаемого детального чертежа, помещается в особом деревянном колодце, образованном из 7-см стоек длиной 8,63 м, связанных через каждый метр поперечными брусьями; колодец обшит внутри досками стоймя в шпунт. В этом колодце помещается подъемный механизм для маневрирования затвором, состоящий из железной штанги, к нижнему концу которой прикреплен деревянный щит, а верхний конец с нарезкой и гайкой снабжен особой рукояткой (в виде колеса), вращая которую поднимают или опускают затвор. Вертикальный колодец облегчает также и присмотр за действием и ремонтом затворных механизмов. Высота плотины 11,3 м при ширине гребня $b = 2,13$ м и откосах — водном 1 : 2, а наружном — 1 : 1½. Длина водоспуска 34,51 м, не считая открылок. Устройство всех остальных элементов можно усмотреть на прилагаемом чертеже.

Хороший тип деревянного трубчатого водоспуска представлен

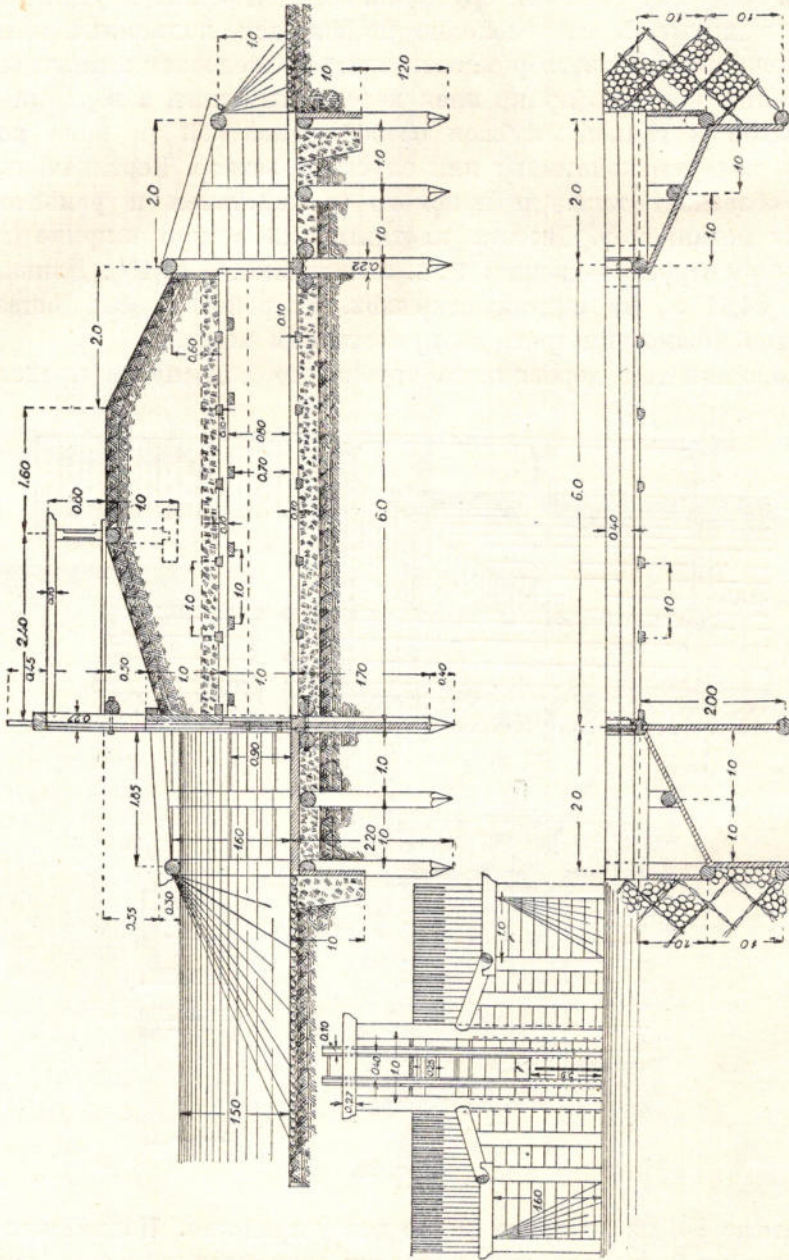


Черт. 84.

на чертеже 84, из которого видно все устройство. Подъемный механизм состоит из деревянной рукоятки, скрепленной со щитом, поднимаемая и опуская которую, с особого служебного мостика, открывают или закрывают отверстие водоспуска.

Несколько видоизмененный тип водоспуска изображен на чертеже 85.

Деревянная труба с клапаном на шарнире для небольших от-



Черт. 85.

верстий 0,2—0,5 м делается из досок в 5—8 см толщины, соединенных снаружи обвязкой (рамкой) из таких же досок.

Если стенки образованы из нескольких досок, то их приходится привинчивать болтами к рамке, во избежание вдавливания и выгибания внутрь.

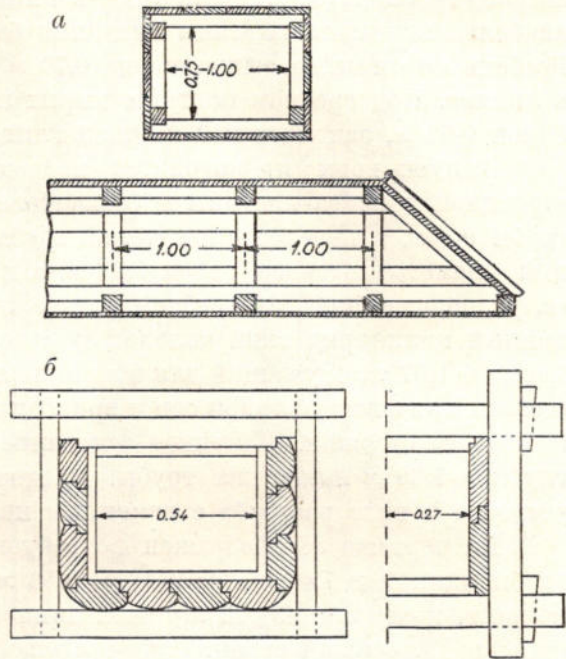
Для труб отверстием от 0,5 до 1,50 м в стороне прямоугольника делаются рамы из брусков 10×10 см через каждые 1,0—1,5 м по длине трубы, причем для большей прочности эти рамы соединяются еще между собою вверху и внизу продольными брусками, как показано на чертеже 86 а.

На чертеже 86 б представлены отдельные конструкции в деталях самих деревянных трубчатых водоспусков из досок и пластин, устройство которых ясно из чертежей и в особых пояснениях не нуждается.

В общем, по вопросу об устройстве трубчатых водоспусков, не только деревянных, но и других конструкций (каменных, бетонных, чугунных и пр.), следует заметить, что проведение трубы сквозь тело плиты всегда сопровождается значительным риском образования фильтрационных путей для воды по наружной поверхности таких труб. Всякая неплотность в засышке трубы или неравномерность ее осадки может дать начало образованию фильтрации, причем выполнение починок при эксплуатации связано с большими трудностями.

Ввиду сказанного наибольшее внимание при устройстве трубчатых водоспусков должно быть обращено на предупреждение каких-либо фильтрующих токов воды. С этой целью под трубами должно быть устроено достаточно прочное и возможно неподвижное основание во избежание неравномерных осадок и произведено особо тщательное трамбование глины снаружи трубы; кроме того в начале, конце и в отдельных промежуточных точках трубы необходимо устраивать поперечные стенки в виде щитов или шпунтовых стенок, затрудняющих образование долевых фильтрационных струй.

К достоинствам трубчатых водоспусков следует отнести то, что



Черт. 86 а, б.

они могут быть проведены на любой глубине пруда, что дает возможность использовать воду любых горизонтов.

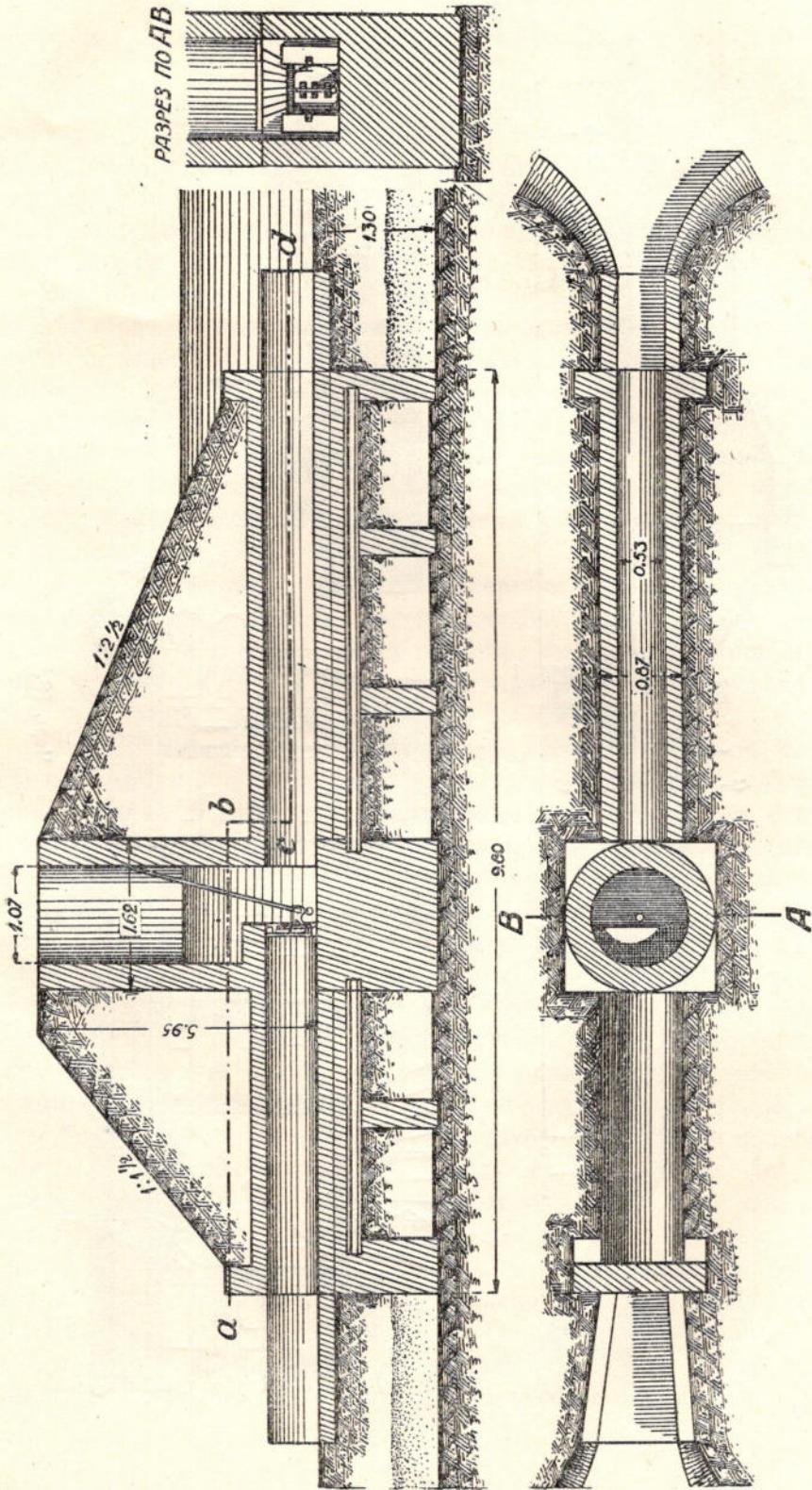
Каменные водоспуски. На чертеже 87 представлен водоспуск из лекального кирпича на цементном растворе, построенный экспедицией Жилинского при плотине на балке „Унгун-Таричи“ (в Калмыцкой степи) для лиманного орошения. Плотина имеет в длину 356 м, ширину гребня 2,13 м, при откосах — водном 1 : 2¹/₂ и наружном — 1 : 1¹/₂; наибольшая высота плотины над дном балки составляет всего 3,50 м. Гребень плотины возвышается на 0,70 м над весенним уровнем воды в лимане. Под гребнем плотины вырыт замок шириной 3,2 м и глубиной 0,50 м, заполненный жирной глиной.

Выпуск воды производится посредством каменной трубы, построенной поперек плотины в ее наиболее пониженной части. Длина трубы 9,8 м; в поперечном сечении труба представляет круг, внутренний диаметр которого равен 0,53 м, а наружный — 0,87 м. В части ее, расположенной под гребнем, к ней пристроен вертикальный каменный цилиндрический колодец высотой 3 м, при внутреннем диаметре в 1,07 м, служащий для помещения железного затвора, вращающегося на горизонтальной оси и приводимого в движение посредством железного стержня. Каменное основание этого колодца заложено на глубине 1,30 м ниже дна трубы. Входная и выходная часть трубы устроена в виде раструба с каменным полом.

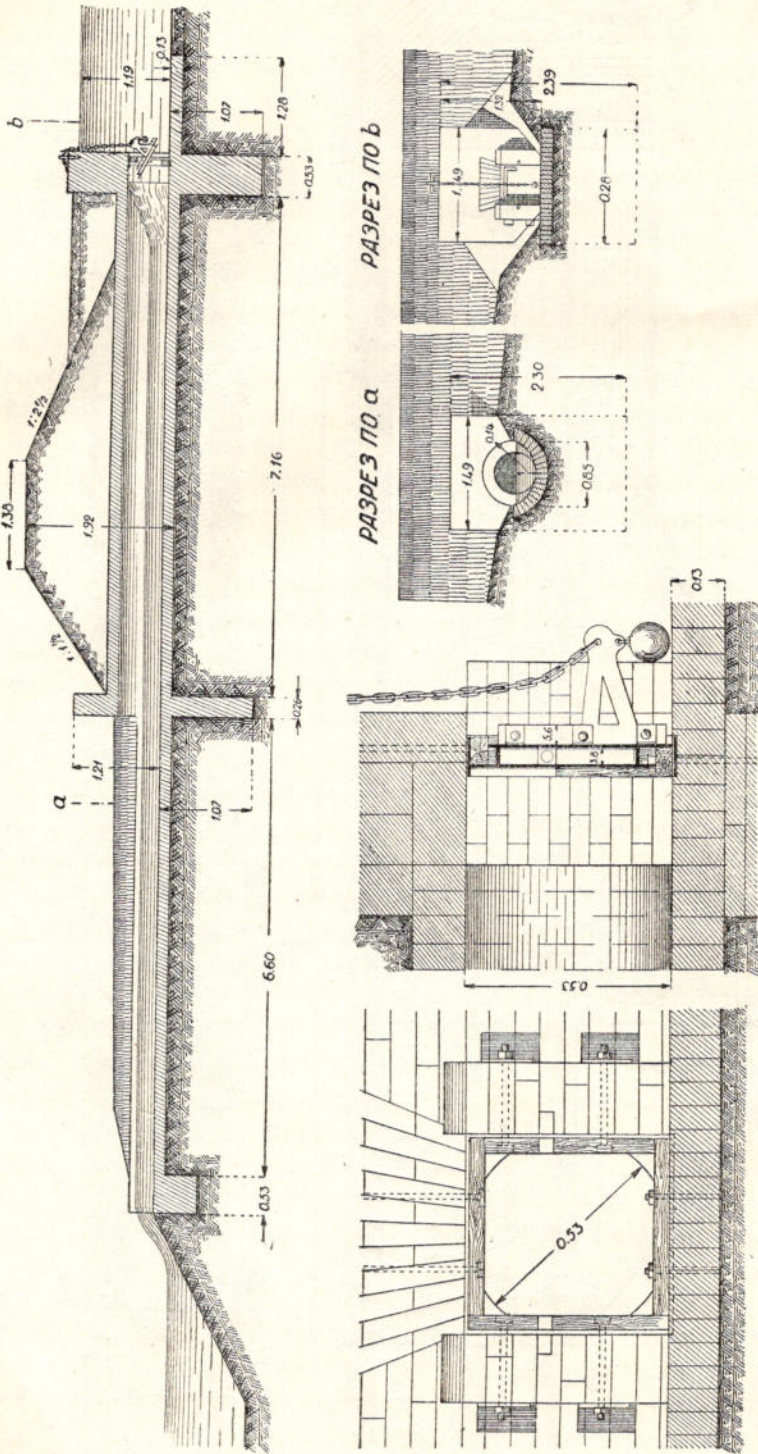
На чертеже 88 изображен водоспуск в виде круглой каменной трубы длиной в 7,46 м, диаметром 0,53 м из лекального кирпича на цементе, построенной той же экспедицией на урочище „Харашальджин“ в Калмыцкой степи. Затвор сделан в виде железного вращающегося на оси щита с шаровым противовесом, который поднимают вместе с затвором при помощи железной цепи. К трубе с наружной стороны примыкает каменный лоток длиной 7,13 м, препятствующий размывам канавы, по которой вода стекает в тальвег. С верховой стороны трубы на протяжении 1,28 м сделан также каменный пол толщиной 13 см. В конце каменного лотка, с низовой стороны, для предупреждения фильтрации, сделан запуск в виде каменного замка (зуба) глубиной 64 см и шириной 53 см. Такие же запуски сделаны с верховой стороны трубы под затвором глубиной 107 см и шириной 53 см и в конце трубы глубиной 107 см и шириной 26 см.

Отдельные детали отделки входного отверстия можно видеть на прилагаемом чертеже.

Для выпуска воды из небольших прудов употребляют гончарные трубы; голову трубы (входное отверстие) и часть ее, где расположены затворы, устраивают из бетона, причем вначале делается запуск в грунт для предупреждения продольных фильтраций. Труба составляется из отдельных звеньев, соединяющихся при помощи



Черт. 87.



Черт. 88.

раструбов. С выходной стороны труба также заканчивается бетонной частью.

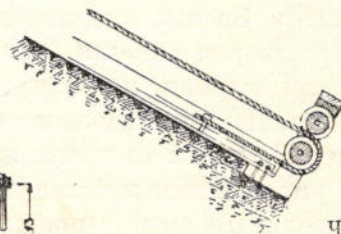
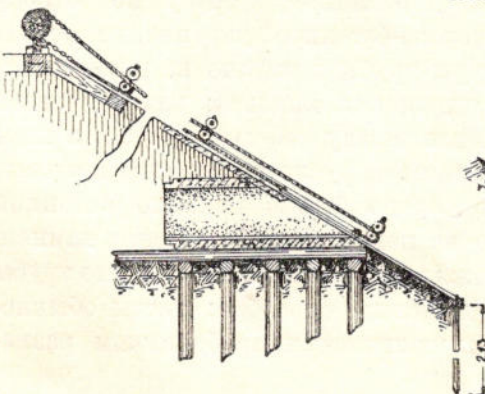
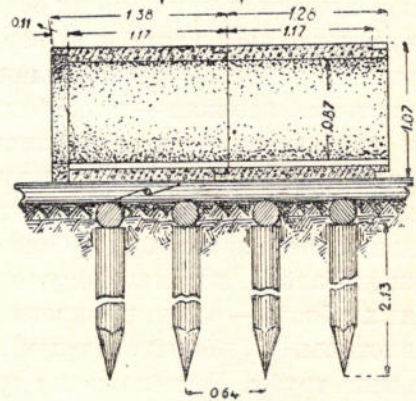
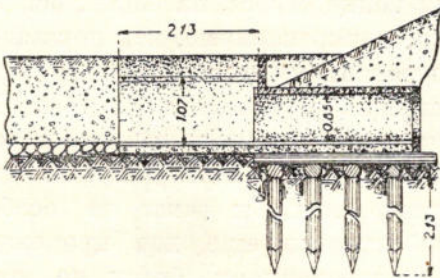
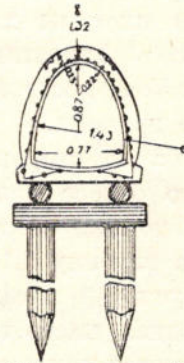
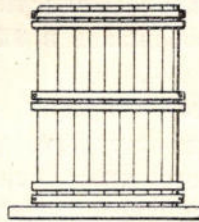
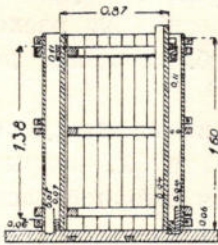
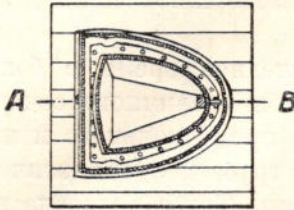
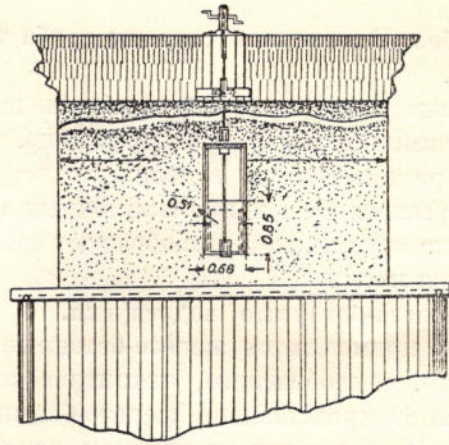
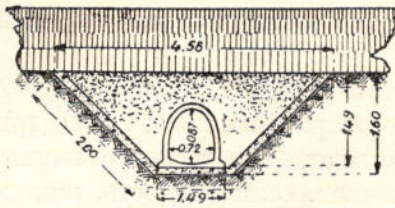
Если размеры одной трубы недостаточны для пропуска всей необходимой воды из водохранилища, то устраиваются две или три трубы рядом. Иногда водоспуски устраиваются из тесаного камня, с прикрытием стен и промежуточных бычков, если они есть, каменными же арками, которые образуют своды; поверх последних делается земляная насыпь.

Железо-бетонные водоспуски. В последнее время с большим успехом применяются железо-бетонные трубы различного сечения — круглого, яйцеобразного, эллиптического, прямоугольного и пр. На чертеже 89 представлена железо-бетонная труба полуэллиптического сечения, покоящаяся на свайном основании. Труба устроена в теле земляной плотины для выпуска воды в целях орошения участка „Лепского“ Алмаатинского уезда Джетысуйской губ. на расход $Q = 2,6 \text{ м}^3/\text{сек}$; постройка трубы обошлась в 3 117 руб. по ценам довоенного времени.

Труба со стороны входного отверстия скошена по плоскости верхового откоса плотины, часть которого, выше трубы, покрыта железо-бетонной одеждой. Немного ниже основания входной части трубы на глубину 2,13 м забит шпунтовый ряд, верх которого перекрыт брусчатой насадкой, размерами 18—23 см.

Входная часть трубы закрывается железным щитом, который передвигается при помощи особого каната, наворачивающегося, у основания входной части и на верхнем конце откоса, на блоки, оси которых помещены в особые планочки, прикрепленные, как показано на чертеже: верхняя — к особому деревянному устройству по откосу и гребню плотины, а нижняя заделана у основания трубы. Блок, расположенный на гребне плотины, имеет рукоятку, вращая которую можно передвигать канат, а вместе с ним и щит. Для того чтобы движение каната было более плавное и чтобы канат не особенно прогибался, по низовому откосу устроено еще два промежуточных блока — один прикреплен к деревянному брусу по откосу плотины, а второй заделан в железо-бетонное укрепление откоса выше трубы. Расположение арматуры трубы показано на поперечном разрезе. Труба изготовлена из отдельных звеньев; каждое звено длиной в 1,38 м. Звенья соединяются между собою в закрой, а швы заливаются раствором цемента. Отводящее русло трубы (дно и откосы канала) на протяжении, примерно, около 2,13 м покрыто бетонной одеждой, а дальше дно вымощено на некотором протяжении камнем.

Инженер Ермолаев предложил делать железо-бетонные трубы следующим упрощенным и более дешевым способом: листы обыкновенного кровельного железа продырявливаются пробойником разме-



Черт. 89.

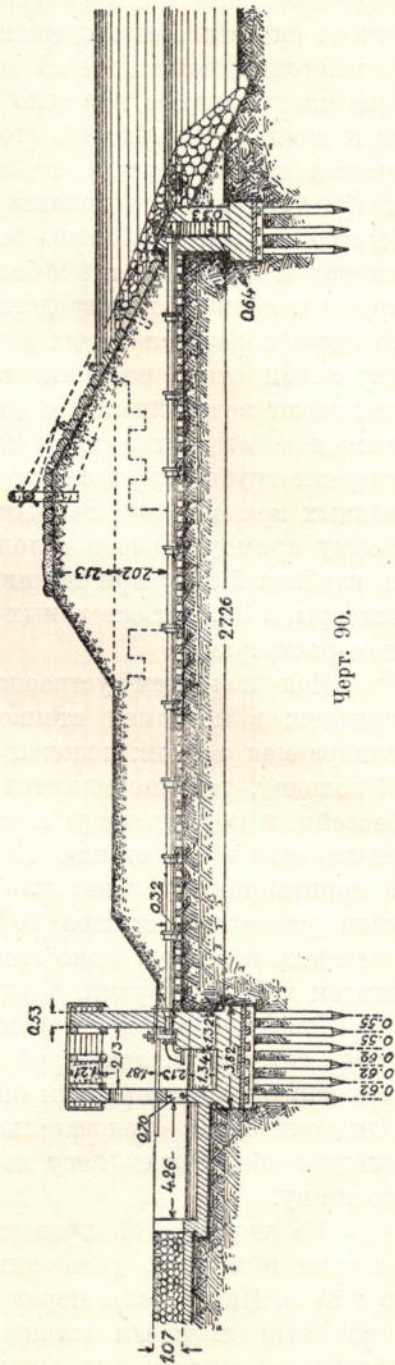
рами дыр в 4 см и в расстояниях между ними по 10 см; затем листы сгибаются соответственно диаметру будущей трубы, края соединяются фальцем и на поверхность полученной железной трубы, как внутри, так и снаружи, делается наброска из цементного раствора состава 1 : 3. Поверхность трубы потом затирают терками. Общая толщина трубы делается в 6 см. Отдельные кольца трубы, таким образом приготовленные, устанавливаются на место в притык, а швы между ними заливаются цементным раствором. Входная и выходная части трубы обделываются каменной кладкой.

Железные и чугунные водоспуски.

На чертеже 90 изображен трубчатый водоспуск для выпуска воды из водохранилища в оросительный канал, устроенный в теле земляной плотины Каменского орошаемого участка, Екатеринославской губ., Артемовского округа экспедицией Жилинского.

Водоспуск состоит из двух рядов чугунных труб, диаметром 32 см каждая, уложенных на деревянном ростверке в материке. Каждый ряд труб имеет в длину 27,26 м и составлен из 10 звеньев, соединенных между собою раструбами с заливкой стыков свинцом и тщательно зачеканенных. Трубы закрываются со стороны напора воды особыми затворами в виде чугунной заслонки, помещенными на каменном фундаменте в виде колодца, в который и впущены верхние концы труб; этот колодец имеет длину 1,4 м, ширину — 0,64 м и глубину от нижнего края труб — 2 м, причем толщина стенок 53 см, а толщина основания колодца 85 см; основание колодца в виде свайного ростверка.

Затворы приводятся в движение при помощи железных цепей и ворота, находящегося на водном откосе плотины, близ гребня ее;



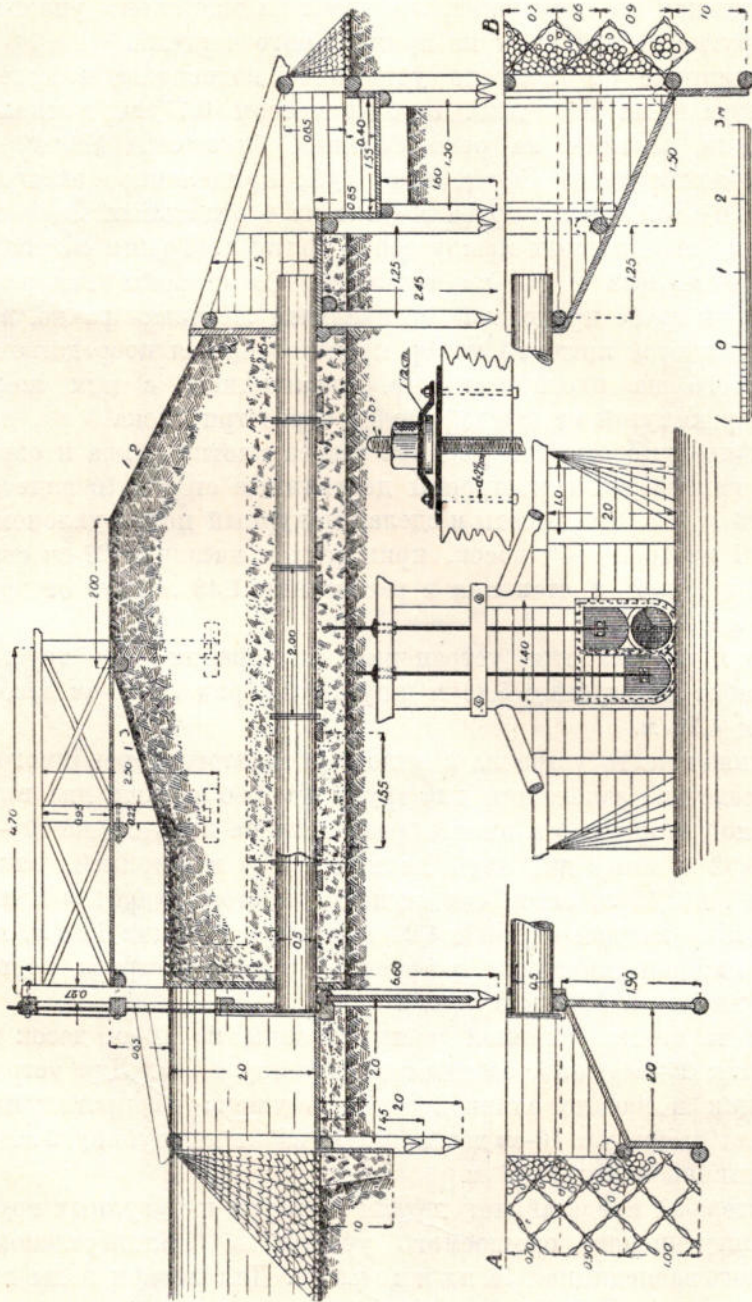
Черт. 90.

железная цепь поддерживается в трех местах, по длине верхового откоса плотины, вымощенного камнем, при помощи особых блоков, оси которых помещены на особых подставках, втопленных в каменную кладку откоса и в тело плотины; гребень плотины также вымощен камнем. С верховой стороны плотины, в том месте, где помещается входное устье трубы, сделана каменная отсыпь для того, чтобы предупредить попадание в трубы ила и тем самым не дать им быстро засоряться. Какого бы устройства ни был затвор, всегда вода из трубы вырывается с большой силой, и если выходной конец трубы направить непосредственно в оросительный (земляной) канал, то здесь образовалась бы вымоина, а затем начал бы разрушаться наружный откос плотины; в предупреждение этого у конца трубы помещают водобойный колодец. В рассматриваемой нами конструкции выходное отверстие труб сделано следующим образом: с нижней стороны трубы закрываются винтовыми затворами по типу водопроводных кранов, помещенными на каменном фундаменте, имеющем форму прямоугольного колодца; длина колодца 2,13 м, ширина 2,13 м и глубина 2,13 м при толщине задней стенки, на которой покоятся затворы, в 1,32 м и остальных трех в 0,53 м. Колодец основан на свайном ростверке.

Над колодцем устроена каменная будка, покрытая железной крышей; в передней стенке сделана железная решетчатая дверь, запираемая замком; колодец имеет досчатый пол на железных балках. К колодцу, где помещаются затворы, примыкает особый каменный бассейн, в который вода поступает из колодца посредством отверстия, сделанного в его стенке. Из бассейна вода может быть направляема в ирригационный канал или прямо в балку при помощи двух отверстий размерами каждое 70×70 см, сделанных в передней стенке бассейна, закрывая одно или другое из этих отверстий деревянным щитом или шандорами.

Расход через две трубы определен в $0,58 \text{ м}^3/\text{сек}$. Следует заметить, что при укладке труб требуется большая аккуратность, помня, что как бы тщательно ни была уложена труба, она все же нарушает однородность, а следовательно, и устойчивость тела плотины. На зиму следует обязательно воду из труб спускать, иначе труба может дать трещину.

На чертеже 91 представлены две железные трубы диаметром каждая в 0,50 м, уложенные в теле земляной плотины, высотой в 2,85 м. Напор воды перед трубой 2,00 м. Каждая труба закрывается железным щитовым затвором, которым маневрируют с деревянного служебного мостика при помощи винтового подъемного механизма. Входная часть трубы, так же, как и выходная, обделаны в виде деревянных открылок с досчатым полом в виде раструба, а для пре-



Черт. 91.

дупреждения фильтрации воды под трубу, с верхней стороны трубы (в ее начале), опущен шпунтовый ряд. В конце трубы пол сделан с применением водобойного колодца. В начале и в конце открылок как дно, так и откосы вымощены камнем. Труба покоится на дере-

вянных лежняк по типу шпал, лежащих на тщательно уплотненной глине. Другие детали ясны из прилагаемого чертежа.

На чертеже 92 показано устройство водоспуска в виде двух рядом уложенных железных труб диаметром 0,77 м, длиной 22 м в основании плотины на реке Солянке, близ села Малый Узень в Новоузенском уезде Саратовской губ., примененное экспедицией Жилинского. Каждая труба состоит из 6 отдельных звеньев длиной 3,64 м, соединенных между собой болтами. Трубы склепаны из котельного железа в 10 мм толщины. Со стороны напора воды $H=4,26$ м к трубе приделана вертикальная железная рамка, в пазах которой движется щитовой затвор, поднимающийся посредством устанавливаемого на плотине ворота, соединенного с ним железной цепью, перекинутой от каждой трубы через три блока.

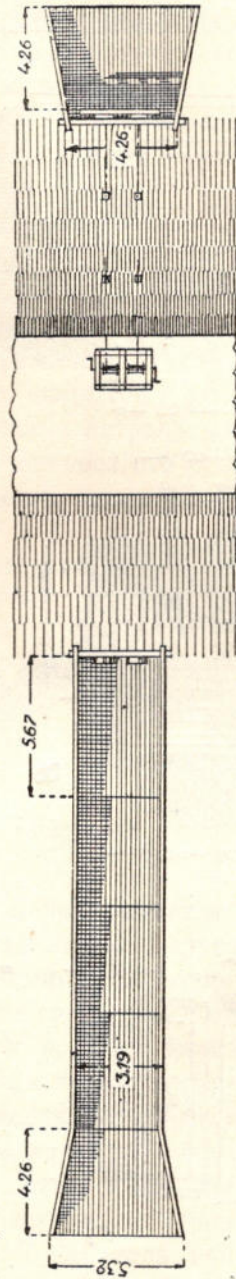
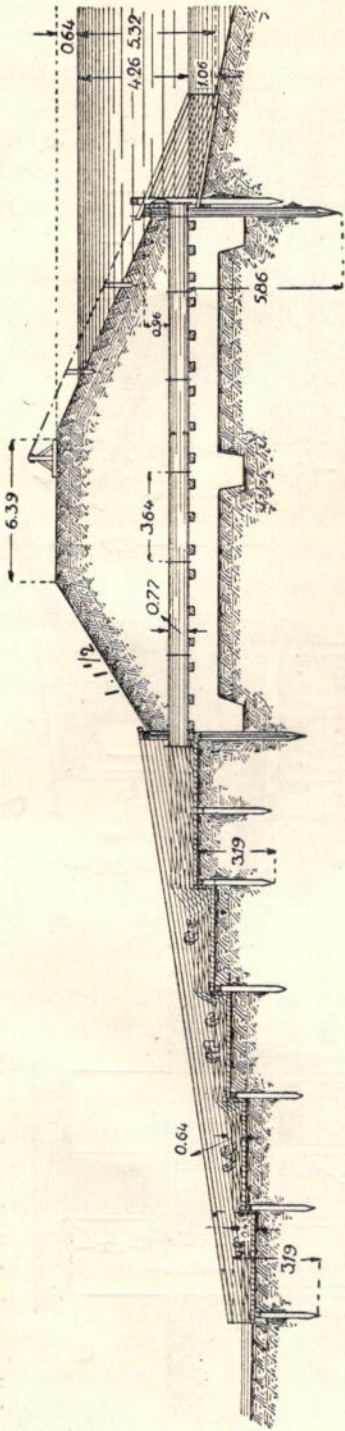
Для предупреждения размыва откоса плотины, дна и оврага со стороны напора воды построены деревянные стенки (в виде открылок) в 1,06 м и 2,13 м высоты и сделан понурный пол с уклоном в сторону воды из 10 см (4") досок, пришитых к насадкам 27-см свай, забитых под полом и стенками в расстоянии 1,43 м друг от друга на глубину 3,2 м.

Точно так же для устранения фильтрации под трубы, под стенку забит на глубину 5,86 м шпунтовый ряд из 10-см досок протяжением 4,26 м.

Сливная часть устроена в виде ступенчатого деревянного перепада, вследствие заложения дна трубы на 2,66 м выше дна тальвега. С наружной стороны эта высота разделена на пять ступеней — верхняя на 0,32 м ниже дна труб длиной 5,67 м и шириной, как и все остальные, в 3,19 м; затем три ступени высотой по 0,64 м и нижняя 0,43 м; длина каждой ступени 4,26 м и высота стенок 1,28 м, причем ширина нижней площадки, устроенной в виде раструба, составляет 3,19 м в начале и 5,32 м в конце.

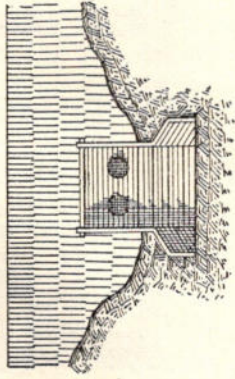
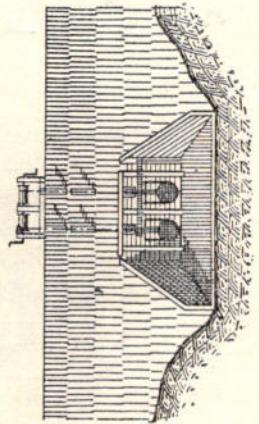
Пол и стенки сливной части сделаны из 10-см досок и прикреплены к 27-см сваям, забитым на глубину 2,5 м. Для устранения фильтрации в начале сливной части опущена на протяжении 4 м шпунтовая стенка из 10-см досок; шпунт забит на глубину 2 м. Общая длина сливной части 22,77 м.

Чертеж 93 представляет детали затворов и чугунных труб плотины Тингутинского орошаемого участка в Сталинградской губ., устроенного экспедицией Жилинского. Для подачи воды из водохранилища в оросительный канал и на поля с левой стороны русла в теле плотины на 10 м ниже гребня заложены 3 чугунные водоспускные трубы длиной каждая 38 м при диаметре в 30 см. Трубы заложены на 8 м ниже дна водослива, имеющегося также при плотине. Со стороны водохранилища трубы примыкают к каменному

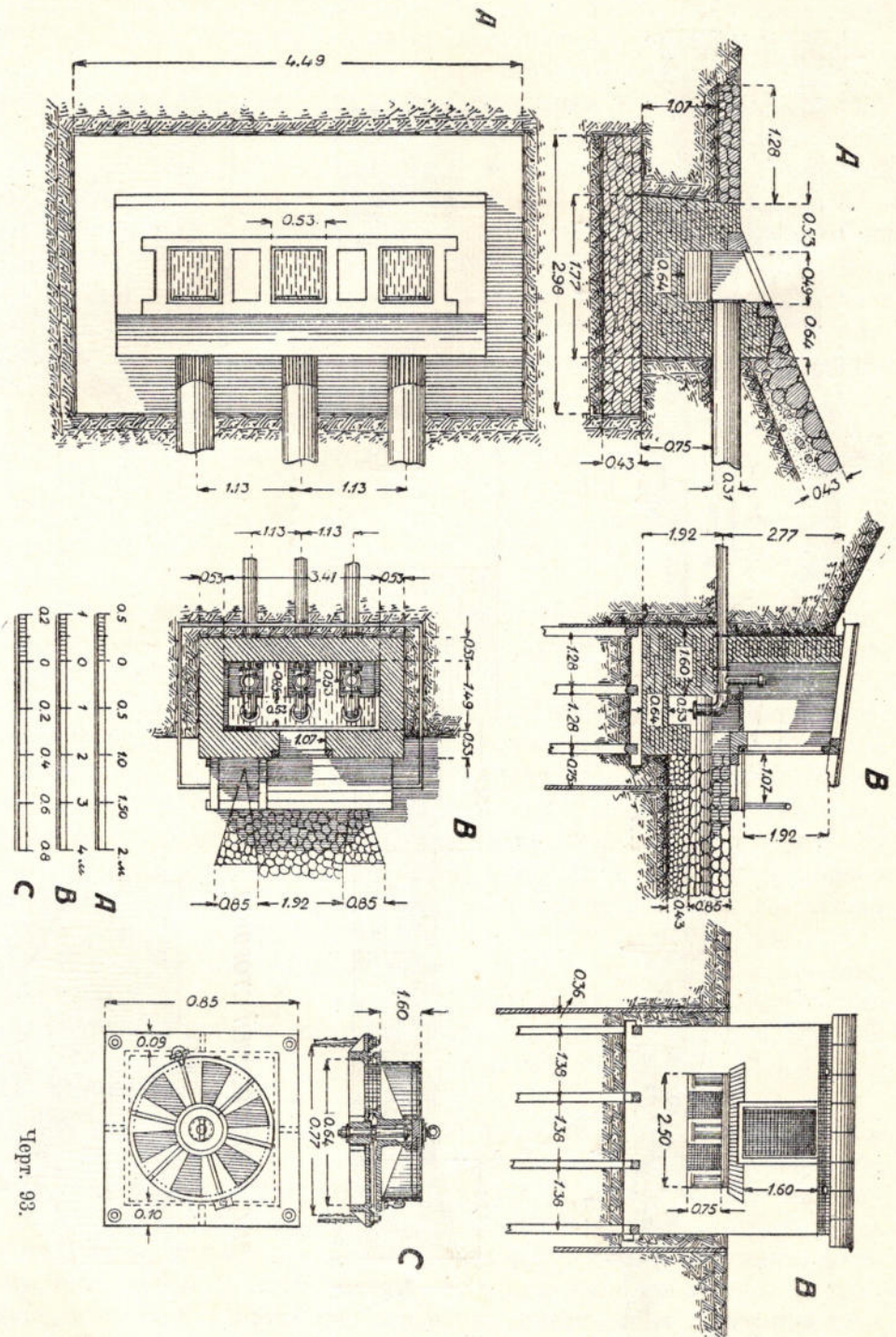


ВИД С ВНУТРЕННЕЙ СТОРОНЫ

ВИД С НАРУЖНОЙ СТОРОНЫ



Черт. 92.



Черт. 93.

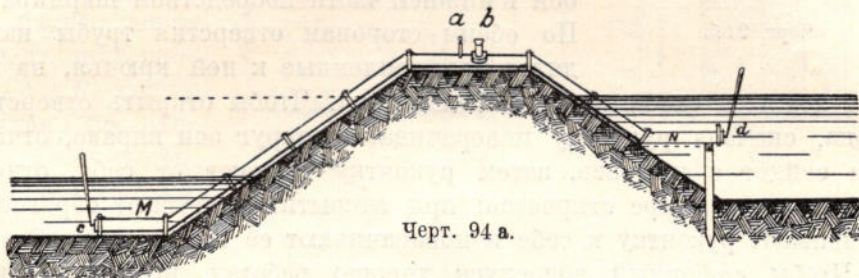
колодцу, плоская, чугунная крышка которого имеет наклонное положение и снабжена отверстиями, составляющими секторы круга и закрываемыми чугунной заслонкой; конструкция затвора в деталях показана на чертеже.

Со стороны выхода трубы примыкают к каменному колодцу, составляющему головную часть водопроводного канала, и заканчиваются чугунными камерами с затворами. Колодец имеет свайное основание. Все другие детали можно усмотреть из чертежа.

Водоспуск в виде прямого сифона.

В том случае, когда приходится возводить земляную плотину из грунта мало водоупорного, то лучше в ней не устраивать водоспускных труб, а воспользоваться для выпуска воды в каналы (например в целях орошения) прямым железным переносным сифоном, преимущество которого перед закрытой трубой состоит в том, что тело плотины остается совершенно нетронутым. Достоинством сифона является также возможность переноса его с одного места на другое, а также дешевизна по сравнению со стоимостью трубчатого железного водоспуска.

Сифоны устраиваются следующим образом (черт. 94 а). Через



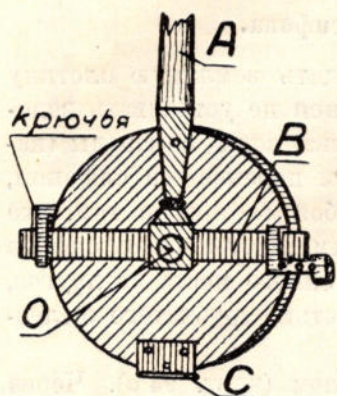
Черт. 94 а.

гребень плотины или дамбы перекидывается труба, которая одним концом погружается в водохранилище, а другой конец спускается по сухому откосу до дна водоприемника (колодца или канала).

Вверху трубы, лежащей на гребне плотины, имеется два плотно закрываемых отверстия *a* и *b*, одно диаметром в 5 см, а другое значительно уже. Концы сифона также снабжены затворами. Выпуск воды из пруда производится следующим образом. Закрываются плотно оба концевые затвора *c* и *d*, а верхние же отверстия *a* и *b* открываются, и через одно из этих отверстий *b* наливается вода в сифон насосом или прямо ведрами; второе же отверстие — воздушник *a* — служит для выхода воздуха. Когда вода наполнит трубу и начнет выливаться из воздушного отверстия, то оба открытые отверстия тщательно закрываются деревянными пробками с намотанными на

них тряпками. Затем открывают сначала верховой затвор *d*, а потом низовой — *e*, и вода польется через сифон из водохранилища в канал. Для прекращения работы открывается отверстие *b*, через которое накачивалась вода, и как только воздух попадет в сифон, последний перестает работать.

Отдельные звенья труб соединяются флянцами. Для действия сифона необходимо, чтобы все соединения были сделаны тщательно и не пропускали воздуха, для чего между флянцами прокладываются резиновые или кожаные кольца, покрытые суриком.



Черт. 91 б.

Хорошая конструкция затвора, представленная в схеме на чертеже 94 б, может быть устроена следующим образом: берется два железных кружка, один диаметра большего, чем диаметр сифона, другой — диаметра меньшего; между этими кружками зажимается кожаный, пропитанный жиром, кружок одинакового диаметра с большим кружком. В центре этих трех сболченных кружков, образующих затвор сифона, укрепляется рукоятка *A* со скобою *B*, причем рукоятка может поворачиваться на оси *O*. Крышка соединена с трубой в нижней части посредством шарнира *C*. По обеим сторонам отверстия трубы находятся прикрепленные к ней крючья, на которые ложится скоба, когда сифон закрыт.

Чтобы открыть отверстие сифона, сначала рукоятку поворачивают вокруг оси вправо, отчего скоба сойдет с крючьев, затем рукоятку толкают от себя, отчего крышка на шарнире откроется; при закрытии поступают обратно — притягивают рукоятку к себе и поворачивают ее влево.

Чтобы сифонный водоспуск хорошо работал, необходимо выполнить следующие условия: 1) горизонт воды в пруде — водохранилище — должен быть выше уровня дна канала, в который спускается вода, 2) колено сифона, оканчивающееся в водоприемнике *M*, должно быть длиннее колена, находящегося в пруде *N* (всасывающее колено) и 3) необходима полная герметичность затворов и всей его поверхности, чтобы в сифон не мог пройти воздух.

При заряджении сифона на последнее обстоятельство следует обращать особое внимание.

Сифонные водоспуски с большим успехом применялись в русской практике на орошаемых участках.

Водоспуск в виде туннеля нами не описывается, так как в русских условиях, по крайней мере, до настоящего времени, он себе применения не нашел.

Г Л А В А XVI.

СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОСПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ.

Для лучшего уяснения, изложение метода статического расчета будем вести в виде решения отдельных примеров.

Расчет каменно-бетонного водоспуска.

1. Расчет промежуточных опорных стоек. Давление воды P на стойку AB при закрытых щитах равно весу водяной треугольной призмы ACD , имеющей основанием площадь треугольника ACD (черт. 95 а), а высотой b — расстоянием между стойками.

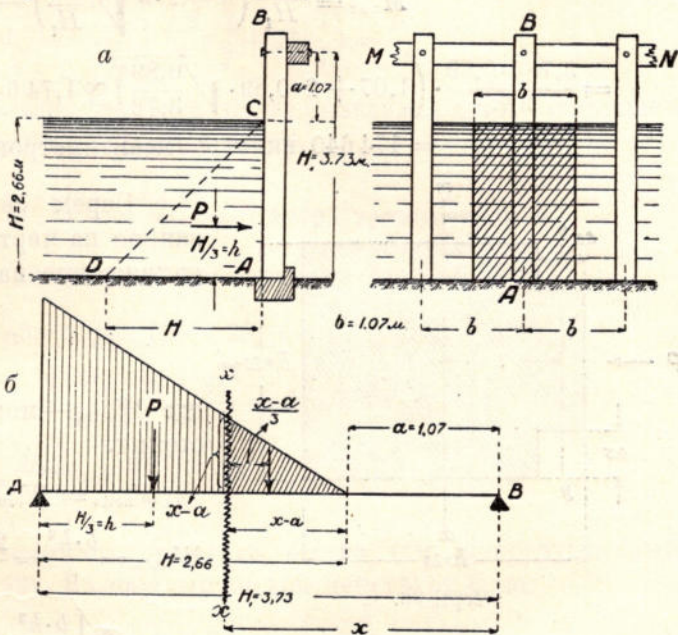
$$P = \frac{H \cdot H}{2} \cdot b \cdot \gamma = \frac{2,66 \times 2,66}{2} \times 1,07 \times 1000 \cong 3785 \text{ кг,}$$

где

γ — вес 1 куб.метра воды (1000 кг),

$b = 1,07 \text{ м.}$

Стойка под действием силы давления воды будет изгибаться, как балка, лежащая на двух опорах A и B , нагруженная по схеме, представленной на чертеже 95 б, причем опорой B служит горизонтальный упорный брус MN , к которому стойки врубаются и прикрепляются обычно болтами. Этот брус в большинстве случаев служит прогоном для служебного мостика.



Черт. 95 а, б.

Опорная реакция:

$$A = \frac{P \cdot \left(H_1 - \frac{H}{3} \right)}{H_1} = \frac{3,785 \cdot \left(3,73 - \frac{2,66}{3} \right)}{3,73} \cong 2,882 \text{ т} \cong 2882 \text{ кг.}$$

Опорная реакция:

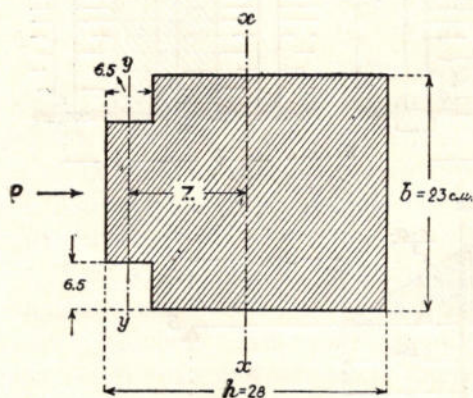
$$B = \frac{P \cdot \frac{H}{3}}{H_1} = \frac{P \cdot H}{3 \cdot H_1} = \frac{3,785 \cdot 2,66}{3 \cdot 3,73} \approx 0,903 \text{ т} \approx 903 \text{ кн.}$$

Изгибающий момент в сечении „ $x-x$ “, на расстоянии x от опоры B :

$$M_{xx} = B \cdot x - \frac{(x-a)^2}{2} \cdot \frac{(x-a)}{3} = B \cdot x - \frac{(x-a)^3}{6} \dots (I)$$

Чтобы найти наибольший изгибающий момент, нужно взять первую производную по x выражения (I) и приравнять ее нулю $\frac{d(M_{xx})}{dx} = 0$; в результате этого получим квадратное уравнение, из которого найдем величину x . Подставив найденное выражение для x в уравнение (I), определим значение максимального изгибающего момента в таком виде:

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{P \cdot h}{H_1} \left(a + 2 \cdot h \sqrt{\frac{h}{H_1}} \right) = \\ &= \frac{3,785 \cdot 0,89}{3,73} \cdot \left(1,07 + 2 \cdot 0,89 \cdot \sqrt{\frac{0,89}{3,73}} \right) \approx 1,74 \text{ 640 тоннометров} = \\ &= 174 \text{ 640 килограммсантиметров.} \end{aligned}$$



Черт. 96.

Берем сечение стойки, указанное на чертеже 96. Допускаемое напряжение на изгиб:

$$n = \frac{M_{\max}}{W_{\text{netto}}},$$

где W_{netto} — момент сопротивления стойки.

$$W_{\text{netto}} = W_{\text{brutto}} - W_{\text{ослабление пазов}}$$

$$W_{\text{brutto}} = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{23 \times 28^2}{6} = 3005,3 \text{ см}^3$$

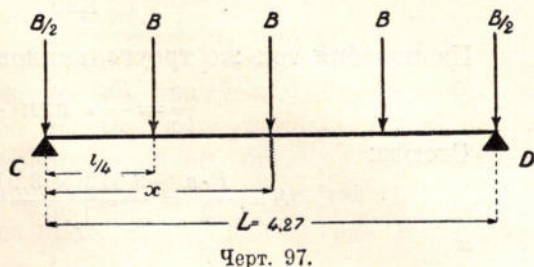
$$\begin{aligned} W_{\text{ослабление пазов}} &= \frac{2 \cdot [J_{yy} + \omega \cdot z^2]}{\frac{h}{2}} = \frac{2 \cdot \left[\frac{b \cdot h^3}{12} + \omega \cdot z^2 \right]}{\frac{h}{2}} = \\ &= \frac{2 \cdot \left[\frac{6,5^4}{12} + 6,5^2 \cdot 10,75^2 \right]}{\frac{28}{2}} = 719 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

$$W_{\text{netto}} = 3005,3 - 719,0 \approx 2 \text{ 286 см}^3.$$

Допускаемое напряжение на изгиб:

$$n = \frac{M_{\max}}{W_{\text{netto}}} = \frac{174\,640}{2\,286} \cong 76,4 \text{ кг/см}^2 < 80 \text{ кг/см}^2.$$

2. Расчет верхнего горизонтального упорного бруса MN. Расстояние между опорными бычками $l = 4,27$ м (см. черт. 98 а). На упорный брус будет передаваться в точках прикрепления к нему стоек опорная реакция $B = 903$ кг (см. выше) в виде пяти сосредоточенных грузов по схеме, представленной на чертеже 97.



Опорная реакция $C = D = 2B$. Изгибающий момент в сечении „ $x - x$ “:

$$M_{xx} = C \cdot \frac{l}{2} - \left(\frac{B}{2} \cdot \frac{l}{2} + B \cdot \frac{l}{4} \right) = \frac{B \cdot l}{2}.$$

Это же выражение момента будет максимальным значением ввиду симметричности нагрузки на балку.

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{B \cdot l}{2} = \frac{0,903 \times 4,27}{2} = 1,92795 \text{ тоннометров} = \\ &= 192\,795 \text{ килограммсантиметров.} \end{aligned}$$

Принимая сечение бруса (20×28) см, получим:

$$\begin{aligned} W &= \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{20 \times 28^2}{6} = 2\,613 \text{ см}^3, \text{ а} \\ n_{\text{изгиб}} &= \frac{M_{\max}}{W} = \frac{192\,795}{2\,613} \cong 73,8 \text{ кг/см}^2 < 80 \text{ кг/см}^2. \end{aligned}$$

3. Расчет постоянного опорного бычка (см. конструктивный чертеж 76 на стр. 153). На каждый бычок действует сила:

$$P = \sum \left(\frac{B}{2} + B + B + B + \frac{B}{2} \right) = 4B = 4 \cdot 903 = 3\,612 \text{ кг.}$$

$$l = 1,20 \text{ м; } z = \sqrt{H_1^2 + l^2} = \sqrt{(3,73)^2 + (1,20)^2} \cong 3,91 \text{ м.}$$

Схема бычка в упрощенном виде представлена на чертеже 98 а. Силу P раскладываем по двум направлениям: на силу S_1 и силу S . Сила S_1 будет растягивать заднюю стойку AB , а сила S — сжимать подкос BC бычка.

Силы S_1 и S определяем из подобия треугольников (см. черт. 98б).

$\Delta S_1 ad \propto \Delta abc$; из подобия следует, что:

$$\frac{S_1 a}{ad} = \frac{ab}{bc}, \text{ или } \frac{S_1}{P} = \frac{H_1}{l}.$$

Отсюда:

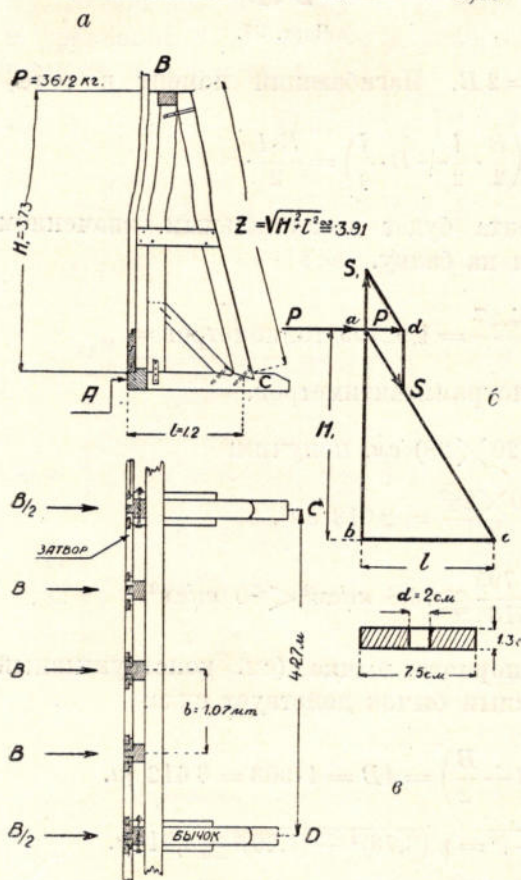
$$S_1 = \frac{P \cdot H_1}{l} = \frac{3612 \times 3,73}{1,20} \approx 11\,227,3 \text{ кг.}$$

Из подобия тех же треугольников следует, что:

$$\frac{ac}{bc} = \frac{Sa}{ad}, \text{ или } \frac{z}{l} = \frac{S}{P}.$$

Отсюда:

$$S = \frac{P \cdot z}{l} = \frac{3612 \times 3,91}{1,20} \approx 11\,769,1 \text{ кг.}$$



Черт. 98 а, б, в.

а) Расчет задней стойки AB на растяжение от силы S_1 .

Сечение стойки принимаем

$$\omega = 25 \times 20 = 500 \text{ см}^2.$$

Допускаемое напряжение:

$$n = \frac{P}{\omega};$$

$$n = \frac{S_1}{\omega} = \frac{11\,227,3}{500} = 22,2 \text{ кг/см}^2.$$

б) Расчет железных накладок на растяжение от силы S_1 .

Соединение задней стойки с нижним горизонтальным брусом AC , втисненным в бетон, сделано для большей прочности при помощи двух железных накладок, которые прикрепляются к стойке и брусу 4 болтами, диаметром каждый $d = \frac{3}{4}'' = 2 \text{ см.}$

Сечение накладки $\omega_{\text{brutto}} = 75 \times 1,3 \text{ см}$ (см. схему на чертеже 98 в).

Сечение двух накладок: $\omega_{\text{netto}} = 2 \cdot (7,5 - 2) \cdot 1,3 = 14,3 \text{ см}^2;$

$$n_{\text{расч.}} = \frac{S_1}{\omega_{\text{netto}}} = \frac{11\,227}{14,3} = 786 \text{ кг/см}^2.$$

с) Расчет болтов на срезывание от силы S_1 .
Площадь срезывания четырех болтов в двух плоскостях:

$$\omega = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 4 \cdot 2 = 2 \cdot \pi \cdot d^2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 2^2 = 25,12 \text{ см}^2;$$

$$n_{\text{срезывание}} = \frac{S_1}{\omega} = \frac{11\,227}{25,12} = 447 \text{ кг/см}^2.$$

д) Расчет подкоса на продольный изгиб от силы $S = 11\,769 \text{ кг}$. Подкос сконструирован из дубового дерева круглого сечения диаметром $d = 25 \text{ см}$. В данном случае оба конца подкоса свободны и остаются на первоначальной оси бруса, а потому принимаем для расчета формулу Эйлера для второго случая ¹⁾.

Допускаемый раздавливающий критический груз по формуле Эйлера:

$$S_{\text{крит.}} = \frac{\omega \cdot \pi^2 \cdot J}{m \cdot \alpha \cdot l^2},$$

где π^2 принимается примерно $= 10$;

J — наименьший экваториальный момент инерции =

$$= \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot (25)^4}{64} = 19\,165 \text{ см}^4;$$

$\omega = 1$ (величина, установленная опытным путем),

$m = 10$ (допускаемый запас прочности);

$\alpha = \frac{1}{\varepsilon} = \frac{1}{120\,000}$ (коэффициент удлинения для дуба),

$l = 391$ (длина подкоса в сантиметрах); $l^2 = 391^2 = 152\,881$.

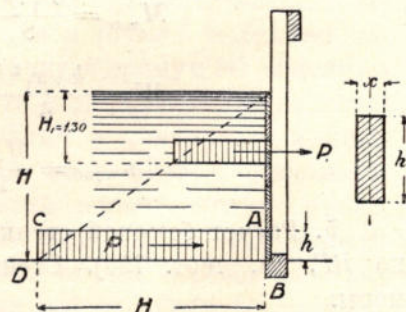
Подставляя все эти величины в формулу Эйлера, получим:

$$S_{\text{крит.}} = \frac{1 \cdot 10 \cdot 19\,165 \cdot 120\,000}{10 \cdot 152\,881} \cong 15\,042 \text{ кг}.$$

Действительная нагрузка на подкос $S < S_{\text{крит.}}$ (допускаемой); следовательно, подкос, с принятым нами диаметром в 25 см, выдержит.

4. Расчет щитовых затворов.

В самых невыгодных условиях будет находиться нижняя доска AB (черт. 99), которую и подсчитаем на изгиб, как балку, лежащую на двух опорах и нагруженную равномерно распределенной нагрузкой от давления воды.



Черт. 99.

¹⁾ Hütte, ч. I, 1916 г., стр. 565.

Принимаем:

$H = 2,88$ м (на случай внезапных паводков глубина воды принимается на 0,22 м больше действительной 2,66 м),

$l = 1,00$ м (длина щитовой доски),

$h = 0,25$ м (ширина доски),

$x = 6,5$ см (толщина доски).

На доску AB действует сила от давления воды в виде прямоугольной призмы, имеющей основанием прямоугольник $ABCD$, а высотой — длину щитовой доски $l = 1,00$ м. В действительности у призмы давления основанием будет трапеция, а не прямоугольник, но для простоты расчета и кроме того в запас прочности нами за основание водяной призмы принят прямоугольник.

Вес призмы $P = H \cdot l \cdot h \cdot \gamma = 2,88 \cdot 1,00 \cdot 0,25 \cdot 1,00 = 0,720$ т = 720 кг.

$$M_{max} = \frac{P \cdot l}{8} = \frac{720 \cdot 100}{8} = 9\,000 \text{ кг/см.}$$

Момент сопротивления доски:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{h \cdot x^2}{6} = \frac{25 \times 6,5^2}{6} = 176,04 \text{ см}^3.$$

Допускаемое напряжение на изгиб:

$$n = \frac{M_{max}}{W} = \frac{9\,000}{176,04} = 51 \text{ кг/см}^2.$$

Другие верхние доски теоретически можно было бы делать толщиной гораздо меньше, чем нижняя, но обычно, по конструктивным соображениям, все доски берутся одинаковой толщины с нижней.

В рассматриваемой нами конструкции щитовые затворы сделаны на разной глубине, разной толщины, как это можно усмотреть из чертежа 76. Толщина досок на глубине 1,30 м принята в 5 см.

$$P_1 = l \cdot h_1 \cdot H_1 \cdot \gamma = 325 \text{ кг.}$$

$$M_{max} = \frac{P_1 \cdot l}{8} = \frac{325 \cdot 100}{8} = 4\,062 \text{ кг.}$$

$$W = \frac{h \cdot x_1^2}{6} = \frac{25 \times 5^2}{6} = 104,1 \text{ см}^3.$$

$$n_{изгиб} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{4\,062}{104,1} = 39 \text{ кг/см}^2.$$

5. Расчет боковой стенки водобойного пола водоспуска (сечение по $BГ$, см. черт. 75б). Стенке приданы следующие основные размеры:

высота стенки от поверхности пола	= 3,73 м
" " " низа пола	= 4,26 "
толщина стенки по верху	= 0,85 "

толщина стенки по низу у поверхности пола = 1,60 м
 толщина стенки у основания пола = 1,70 „

Уклон передней грани стенки (в сторону водоспуска) = $\frac{0,43}{3,73} = 0,115$.

„ задней „ „ (в сторону плотины) = $\frac{0,32}{3,73} = 0,0857$

Самый расчет стенки сделан графически по способу Понсле, как наиболее распространенному и понятному, при следующих предположениях:

Вес единицы засыпки (земли) $\gamma = 1,6 \text{ т.}$
 Вес бетонной кладки $\gamma_1 = 2,2 \text{ т.}$
 Угол естественного откоса засыпки $\varphi = 33^\circ$.
 Угол трения $\varphi_0 = \varphi = 33^\circ$.
 Подвижная нагрузка на плотине в виде толпы людей $p = 400 \text{ кг/м}^2$.
 Угол трения подошвы стенки по мокрому грунту $\varphi_1 = 25^\circ$.

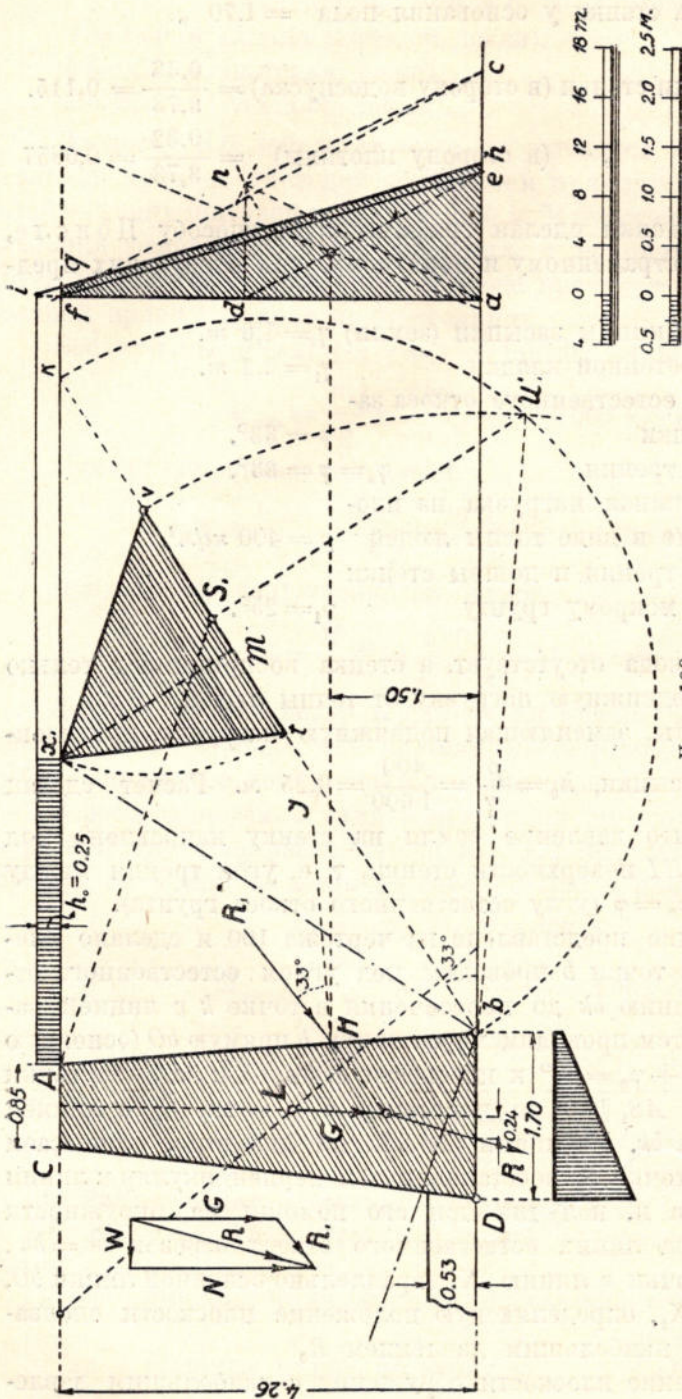
В водоспуске вода отсутствует, а стенка воспринимает только давление земли и подвижную нагрузку от толпы людей.

Высота ординаты, заменяющая подвижную нагрузку, приведенная к материалу засыпки, $h_0 = \frac{p}{\gamma} = \frac{400}{1600} = 0,25 \text{ м.}$ Расчет сделан в предположении, что давление земли на стенку направлено под углом φ к нормали NI поверхности стенки, т. е. угол трения между стенкой и грунтом $\varphi_0 = \varphi$ (углу естественного откоса грунта).

Самое построение представлено на чертеже 100 и сделано следующим образом: из точки b проводим под углом естественного откоса к горизонту линию bk до пересечения в точке k с линией засыпки за стенкой; затем проводим через точку b прямую bO (основную линию) под углом $\varphi + \varphi_0 = 66^\circ$ к плоскости стенки bA ; затем из точки A проводим линию $AS_1 \parallel bO$ до пересечения в точке S_1 с линией естественного откоса bk . На линии bk , как на диаметре, описываем полуокружность; из точки S_1 восстанавливаем перпендикуляр к линии естественного откоса и, получив при его помощи на окружности точку u' , засекаем на линии естественного откоса отрезок $bv = bu'$. Проведя далее из точки v линию vX_1 параллельно основной линии bO , мы получим точку X_1 , определяющую положение плоскости сползания (обрушения) с наибольшим давлением R_0 .

То же определение плоскости обрушения с наибольшим давле-

нием R_0 , может быть сделано аналогичным построением относительно основной линии bo , если продолжить основную линию до пересечения ее в точке O



Черт. 100.

ния ее в точке O с линией засыпки, или же относительно линии Ak , где точка k — пересечение линии естественного откоса с поверхностью засыпки.

Если отложить на прямой bk от точки v отрезок $vt = vX_1$ (или засечь из точки v радиусом $= vX_1$ линию естественного откоса в точке t), то площадь треугольника vX_1t по умножении на плотность земли γ выразит давление земли R_0 на один погонный метр стенки высотой в 4,26 м, без учета добавочной нагрузки:

$$\begin{aligned}
 R_0 &= \text{пл-ди } \triangle\text{-ка} \\
 &X_1 vt \times \gamma \times 1,00 = \\
 &= \frac{tv \times X_1 m}{2} \times \gamma \times 1,00 = \\
 &= \frac{2,65 \times 2,1}{2} \times \\
 &\times 1,6 \times 1,00 = \\
 &= 4,452 \text{ т} = 4452 \text{ кг.}
 \end{aligned}$$

Чтобы определить давление на

стенку с учетом добавочной нагрузки высотой $h_0 = 0,25$ м, произведено следующее геометрическое построение для преобразования треугольника tX_1v в равновеликий ему треугольник aef . На линии $ac = tX_1$ построен треугольник anc , равновеликий треугольнику tX_1v ; через точку n проведена горизонтальная линия nd ; точка f соединена с точкой c прямою fc , из точки d проведена линия de , параллельная fc , до пересечения в точке e . Тогда треугольник aef будет представлять эпюру давлений (напряжений) на стенку без учета добавочной нагрузки. Чтобы получить полное давление R_1 на стенку (с учетом временной нагрузки), поступаем следующим образом: через точку i проводим линию ih , параллельную линии fe ; тогда трапеция $fgha$ выразит собою давление R_1 на стенку bA :

$$R_1 = \frac{(fq + ah) \cdot af}{2} \cdot \gamma \cdot 1,00 = \frac{(0,08 + 1,38) \cdot 4,26}{2} \times 1,6 \times 1,00 = 4,976 \text{ т} = 4976 \text{ кг.}$$

Точка приложения этого давления к задней грани стенки расположена на высоте центра тяжести трапеции давления, который определен графически (точка O); направление давления R_1 будет под углом $\varphi = 33^\circ$ к нормали HI стенки.

$$\begin{aligned} \text{Вес стенки } G &= \text{площади трапеции } AbDC \times 1,00 \times \gamma_1 = \\ &= \frac{(0,85 + 1,70) \cdot 4,26}{2} \times 1,00 \times 2,200 = 11\,946 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Точка приложения веса будет в центре тяжести трапеции (точка L).

Для определения равнодействующей R от веса стенки и давления земли построен силовой треугольник R_1GR в соответствующем масштабе, из которого и определена сила $R = 15\,520$ кг; она пересекает основание стенки bD на расстоянии $c = 0,24$ м от ее середины.

Затем сила R разложена графически на вертикальную составляющую $N = 14\,920$ кг, и горизонтальную составляющую $W = 3\,960$ кг.

Наибольшее напряжение на грунт при неравномерном сжатии для прямоугольного сечения определяем по формулам:

$$\begin{aligned} \max n &= \frac{N}{a \cdot l} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot c}{a}\right) = \frac{14,92}{1,70} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,24}{1,70}\right) = +16,21 \text{ т/м}^2 = \\ &= +1,62 \text{ кг/см}^2 \\ \min n &= \frac{N}{a \cdot l} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot c}{a}\right) = \frac{14,92}{1,70} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot 0,24}{1,70}\right) = +1,34 \text{ т/м}^2 = \\ &= +0,13 \text{ кг/см}^2. \end{aligned}$$

Полученные напряжения меньше допускаемых на всякие грунты, которые вообще считаются пригодными для возведения на них того

или другого основания. Эпюра напряжений на грунт представлена на прилагаемом чертеже.

Равнодействующая R не выходит из пределов средней трети основания стенки bD . Требование относительно точки приложения равнодействующей соответственных сил G и R_1 имеет место для всякого произвольно взятого шва кладки, так как каждый шов по отношению к вышележащей части стенки находится в тех же условиях, что и подошва bD по отношению ко всей стенке $AbDC$.

Принимая угол трения подошвы стенки по мокрому грунту $\varphi_1 = 25^\circ$, для которого $\operatorname{tg} \varphi_1 = 0,466$, получим силу трения =

$$= N \cdot \operatorname{tg} 25^\circ = 14\,920 \times 0,466 \cong 6\,953 \text{ кг};$$

коэффициент устойчивости стенки на скольжение:

$$m = \frac{N \cdot \operatorname{tg} 25^\circ}{W} = \frac{6\,953}{3\,960} \cong 1,75,$$

что более чем достаточно.

Глубина заложения основания h_1 определяется обычно по формуле Паукера:

$$h_1 > h_0 \cdot \operatorname{tg}^4 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad \text{где}$$

h_0 — высота воображаемого слоя земли, весом равного весу сооружения.

φ — угол естественного откоса грунта.

В нашем случае глубина заложения определена, сообразуясь с глубиной залегания материка и с глубиной промерзания грунта, которая принята применительно к Центрально-промышленной области РСФСР в 1,10 м; стенки же заложены на глубину 1,28 м ниже поверхности пола, как это видно из чертежа 75 в.

Масштаб для длин и сил при графическом расчете см. на черт. 100.

Следует заметить, что для определения давления земли на стенку с учетом временной (добавочной) нагрузки можно пользоваться общей формулой:

$$R_1 = \frac{1}{2} \cdot \left(\gamma + \frac{2 \cdot p}{H_1} \right) \cdot y \cdot \eta,$$

в которой:

γ — удельный вес засыпки; в нашем случае $\gamma = 1,6$;

p — временная нагрузка на погонную единицу насыпи:

$$p = 400 \text{ кг/м}^2 = 0,40 \text{ т/м}^2;$$

H_1 — длина перпендикуляра из точки b на линию засыпки Af ; в нашем случае $H_1 = H = 4,26$ м;

y — длина стороны X_1v треугольника давления X_1vt ;

$$y = X_1v = vt = 2,65 \text{ м};$$

η — длина перпендикуляра X_1m ; $X_1m = 2,10 \text{ м}$.

Подставляя все эти цифровые величины в формулу, получим:

$$R_1 = \frac{1}{2} \cdot \left(1,6 + \frac{2 \cdot 0,40}{4,26} \right) \cdot 2,65 \cdot 2,10 = 4,975 \text{ м} = 4975 \text{ кг}.$$

Для определения этого же давления можно воспользоваться свойством, что при прямой стенке наличие на сыпучем теле сплошной равномерной нагрузки изменяет величину давления на стенку в отношении:

$$\frac{R_1}{R_0} = \frac{H + 2 \cdot h_0}{H}.$$

Откуда получим:

$$R_1 = \frac{R_0 \cdot (H + 2 \cdot h_0)}{H} = \frac{4,452 \cdot (4,26 + 2 \cdot 0,25)}{4,26} = 4,975 \text{ м} = 4975 \text{ кг}.$$

Величины получаются сходные между собой, что и следовало ожидать.

6. Расчет стенки низовой открылки (см. черт. 75 а, б, в).

Стенке даны следующие основные размеры:

длина открылки = 2,56 м,

высота стенки = 2,13 м,

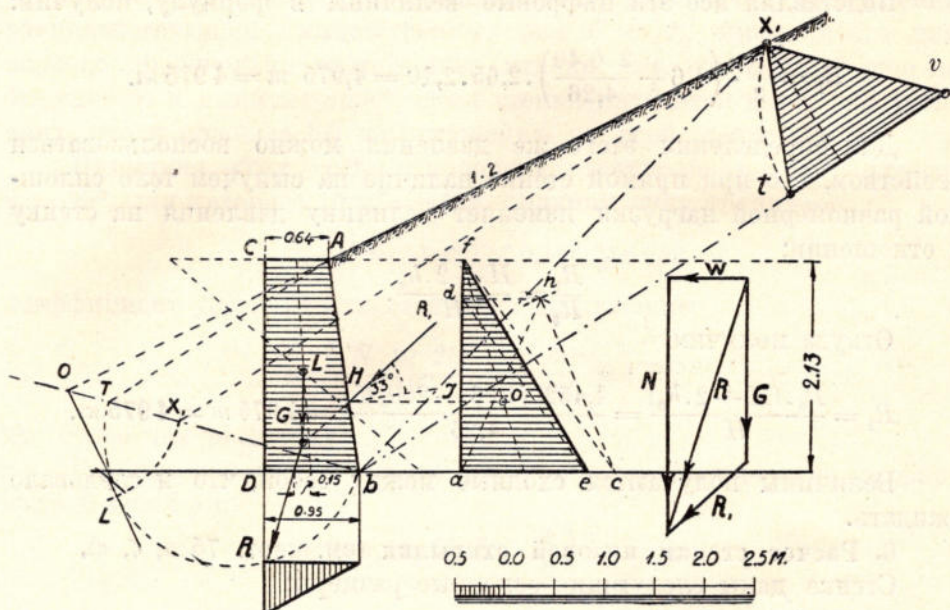
ширина по верху = 0,64 м,

ширина по низу = 0,95 м.

Лицевая поверхность стенки вертикальна; задняя с уклоном в $\frac{0,31}{2,13} \approx 0,15$; поверхность засыпки имеет уклон 1:2, соответственно низовому откосу плотины.

Самое графическое построение для определения наибольшего давления представлено на чертеже 101 и сделано следующим способом: из точки b под углом к горизонту естественного откоса $\varphi = 33^\circ$ проведена линия bv ; из той же точки b проведена под углом $\varphi + \varphi_0 = 66^\circ$ к стенке bA основная линия bO , которая пересекает продолжение линии засыпки AX_1 в точке O ; через точку A проведена до пересечения с основной линией в точке T линия AT параллельно линии естественного откоса bv ; затем на линии bT , как на диаметре, описана полуокружность bLT ; из точки O проводится касательная OL к полуокружности, и точка L сносится на диаметр путем засечки диаметра полуокружности радиусом OL в точке x_1 ; через точку x_1 проводится линия $x_1X_1 \parallel bv$ до пересечения с линией засыпки в точ-

ке X_1 , которая и определит положение плоскости обрушения bX_1 ; далее через точку X_1 проведена линия X_1v параллельная основной линии bO до пересечения ее с линией естественного откоса в точке v , а из точки v , как из центра, радиусом равным vX_1 , линия bv засе-



Черт. 101.

кается в точке t , а полученный таким построением треугольник vX_1t (его площадь умноженная на плотность засышки) определит максимальное давление земли на рассчитываемую стенку, считая на 1 погонный метр длины стенки.

$$R_0 = \frac{1,91 \times 1,41}{2} \times 1,600 \times 1,00 \cong 2,154 \text{ т} = 2154 \text{ кг.}$$

Площадь треугольника aef по умножении на плотность засышки определит также давление земли на стенку R_2 , которое должно теоретически равняться R_0 .

$$R_2 = \frac{2,13 \times 1,26}{2} \times 1,60 \times 1,00 = 2,147 \text{ т} \cong 2147 \text{ кг.}$$

Небольшое расхождение получилось вследствие не абсолютно точного графического построения.

Рассчитываемое давление R_1 получим, беря среднее арифметическое:

$$R_1 = \frac{R_0 + R_2}{2} = \frac{2154 + 2147}{2} \cong 2151 \text{ кг.}$$

В остальном все построение проведено так же, как это подробно описано при расчете стенки водобойного пола.

Собственный вес стенки:

$$G = \text{пл. трапеции } AbDC \cdot 1,00 \cdot \gamma_1 = \frac{(0,64 + 0,95) \cdot 2,13}{2} \cdot 1,00 \cdot 2,2 = 3,725 \text{ т} = 3725 \text{ кг.}$$

Непосредственно из чертежа 101, для которого приняты масштабы: для длин $1/75$, а для сил $1 \text{ мм} = 150 \text{ кг}$, имеем:

равнодействующая сил R_1 и G	$R = 5400 \text{ кг}$,
вертикальная составляющая равнодействующей N	$N = 5150 \text{ кг}$,
горизонтальная " "	$W = 1600 \text{ кг}$,
эксцентриситет " "	$e = 0,15 \text{ м}$.

Наибольшее и наименьшее напряжение на грунт:

$$\max n = \frac{N}{a \cdot 1} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot e}{a}\right) = \frac{5,15}{0,95} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,15}{0,95}\right) = 10,569 \text{ т/м}^2 = 1,06 \text{ кг/см}^2$$

$$\min n = \frac{N}{a \cdot 1} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot e}{a}\right) = \frac{5,15}{0,95} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot 0,15}{0,95}\right) = 0,271 \text{ т/м}^2 = 0,03 \text{ кг/см}^2$$

Сила трения $= N \cdot \text{tg } 25^\circ = 5150 \times 0,466 \cong 2400 \text{ кг}$.

Коэффициент устойчивости стенки на скольжение:

$$m = \frac{N \cdot \text{tg } 25^\circ}{W} = \frac{2400}{1600} = 1,50.$$

Глубина заложения стенки принята такая же, как в первом случае, т. е. 1,28 м, руководствуясь высказанными выше соображениями.

Кроме рассчитанных двух подпорных стенок, необходимо также сделать подсчет еще двух стенок — боковой стенки водосливного пола и стенки верхней открышки. Ввиду того, что расчет последних может быть сделан по аналогии с рассмотренными нами выше, таковой не приводится, а указываются только основные размеры отдельных элементов стенок, удовлетворяющих условиям прочности и устойчивости (см. конструктивный черт. 75 а, б, в).

Так, для стенки водосливного пола принято:

ширина стенки по верху	$= 0,85 \text{ м}$,
уклон передней грани	$= 0,0857$,
уклон задней грани	$= 0,115$.

Так как высота стенки от водобойного пола к концу водоспуска уменьшается с 4,26 м до 2,13 м, то ширина основания ее соответственно уменьшается с 1,60 м до 1,28 м; толщина в 1,28 м соответствует толщине стенки водобойного пола на высоте 2,13 м от поверхности.

Для стенки верховой открылки длиной в 4,69 м и высотой 4,26 м принято:

ширина стенки по верху = 0,85 м,
 ширина по низу, у стенки водобойного пола = 1,60 м,
 ширина по низу в конце открылки = 1,07 м.

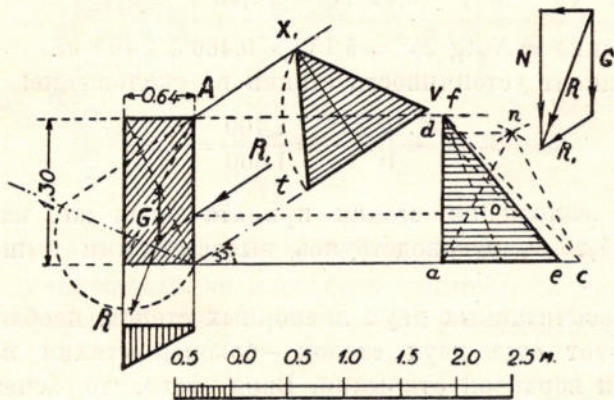
На чертеже 102 представлена типовая боковая подпорная стенка бетонного водослива применительно к русским условиям:

высота стенки = 1,30 м,
 толщина „ = 0,64 м.

Толщина стенки определена графическим расчетом по способу Понселе, при условиях, указанных в расчете стенки водобойного пола водоспуска, причем откос засыпки ΔX_1 принят $1:1\frac{1}{2}$. Масштаб для длин принят $\frac{1}{67}$, а для сил — $1 \text{ мм} = 132 \text{ кг}$.

Давление земли на один погонный метр стенки:

$$R_1 = \text{пл. треугольника } X_1 vt \cdot \gamma \cdot 1,00 = \frac{1,29 \times 1,09}{2} \times 1,60 \times 1,00 = 1,125 \text{ т} = 1125 \text{ кг}.$$



Черт. 102.

Вес стенки $G = 1,30 \cdot 0,64 \cdot 2,2 \cdot 1,00 = 1,830 \text{ т} = 1830 \text{ кг}$.

Равнодействующая веса стенки и давления земли $R = 2620 \text{ кг}$.

вертикальная составляющая равнодействующей $N = 2450 \text{ кг}$,

горизонтальная „ „ „ $W = 920 \text{ кг}$,

эксцентриситет „ „ „ $e = 0,09 \text{ м}$.

Наибольшее и наименьшее напряжение на грунт:

$$\max. n = \frac{N}{a \cdot 1} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot e}{a}\right) = \frac{2,45}{0,64} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,09}{0,64}\right) = 7,05 \text{ т/м}^2 = 0,71 \text{ кг/см}^2$$

$$\min. n = \frac{N}{a \cdot 1} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot e}{a}\right) = \frac{2,45}{0,64} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot 0,09}{0,64}\right) = 0,61 \text{ т/м}^2 = 0,06 \text{ кг/см}^2.$$

Сила трения = $N \cdot \text{tg } 25^\circ = 2450 \cdot 0,466 \cong 1142 \text{ кг}$;

коэффициент устойчивости стенки на скольжение:

$$m = \frac{N \cdot \operatorname{tg} 25^\circ}{W} = \frac{1 \cdot 142}{920} \cong 1,24.$$

В приводимых выше графических расчетах типовых подпорных стенок, применяемых в большом количестве при каменно-бетонных водоспусках и водосливах земляных плотин, угол трения сыпучего тела по стенке φ_0 принят всюду равным углу естественного откоса φ . Это сделано для того, чтобы показать, что при этом условии подпорные стенки указанных выше размеров стоят не разрушаясь при многих сооружениях, выстроенных в разных углах Союза.

Вообще же по вопросу о величине угла трения φ_0 следует заметить, что он может изменяться в пределах от нуля до φ , смотря по характеру сооружения. Многие авторы, как Фокль, Винклер, Мюллер-Бреслау и другие не рекомендуют брать φ_0 более $\frac{1}{2} \cdot \varphi$ или $\frac{2}{3} \cdot \varphi$, что, повидимому, объясняется желанием иметь некоторый запас прочности.

Если стенка имеет гладкую поверхность и притом обильно смочена водой, то обычно принимают $\varphi_0 = 0$, так как при таком предположении давление земли на стенку R_0 будет направлено перпендикулярно к поверхности стенки, что является самым невыгодным направлением для стенки. Случай принятия $\varphi_0 = 0$ следует применять при расчетах мостовых устоев, набережных, плотин и других гидротехнических сооружениях. Экономически это хотя и невыгодно, но, имея в виду просачивание воды за стенами гидротехнических сооружений и целый ряд других факторов, не поддающихся точному учету, лучше всего при расчетах во избежание риска принимать $\varphi_0 = 0$, а направление давления земли R_0 считать перпендикулярным стенке¹⁾.

Самым лучшим разрешением вопроса следует, конечно, считать определение угла трения φ_0 путем постановки соответствующих опытов, что нужно отнести к области лабораторных исследований.

7. Толщина полов t бетонного водоспуска или водослива может быть определена по следующей чисто эмпирической формуле, составленной применительно к нашим русским условиям²⁾:

$$t = \frac{3 \cdot b^2 \cdot (Q + G) + b \cdot \sqrt{9 \cdot b^2 \cdot (Q - G) + 96 \cdot G \cdot H \cdot M}}{16 \cdot M},$$

где

b — ширина отверстия,

H — высота струи воды,

G — вес 1 см³ воды = 0,001 кг,

Q — вес 1 см³ бетона = 0,00247 кг,

M — сопротивление бетона растяжению примерно 15 кг/см².

¹⁾ Проф. Прокофьев И. П., Статика сыпучего тела, Москва, 1924 г.

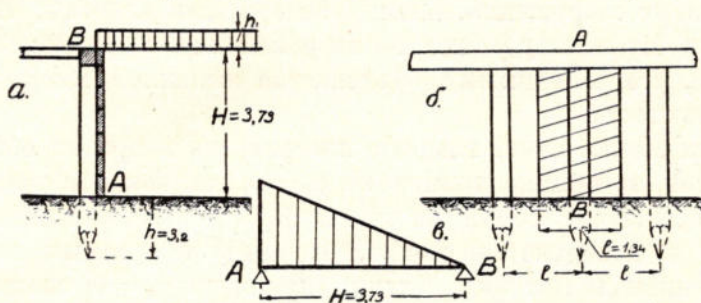
²⁾ Спарро Р. П. Пособие для с.-х. водоснабжения, Москва, 1911 г., стр. 39.

Расчет деревянных водоспускных сооружений.

В том случае, если мы имеем дело с деревянным водоспуском, то расчет щитовых затворов, опорных стоек, упорного горизонтального бруса и других частей можно делать, основываясь на тех же принципах как при разобранном нами выше типовом расчете каменно-бетонного водоспуска, а потому ниже приводится расчет только тех из элементов деревянных водоспусков и водосливов, которые отсутствовали в разбираемой нами выше конструкции водоспуска.

8. Расчет стенных свай деревянного водоспуска.

Для отверстий водоспусков шириной до 4,26 м стенные сваи упираются обычно в распорки, как это показано на чертеже 103 а, б;



Черт. 103 а, б, в.

если же отверстие водоспуска больше 4,26 м, то стенные сваи должны быть прикреплены к особым, так называемым „анкерным“ сваям.

Принимаем для расчета:

вес 1 куб. метра засыпки (земли) $\gamma = 1,6$ тонн,

угол естественного откоса $\varphi = 33^\circ$,

диаметр свай $d = 31$ см,

расстояние между сваями $l = 1,34$ м

(центр от центра),

толщину засыпки h_1 , заменяющую подвижную

нагрузку от толпы $p = 400$ кг/м².

$$h_1 = \frac{p}{\gamma} = \frac{400}{1600} = 0,25 \text{ м.}$$

Давление земли на 1 погонный метр:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \cdot (H^2 + 2 \cdot H \cdot h_1) \cdot 1,00, \text{ при } \varphi_0 = 0.$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1,6 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{33^\circ}{2} \right) \cdot (3,73^2 + 2 \cdot 3,73 \cdot 0,25) \cdot 1,00 = 3,724 \text{ т} = 3724 \text{ кг.}$$

Максимальное давление земли на 1 сваю:

$$P_{\max} = P \cdot l = 3724 \times 1,34 = 4990 \text{ кг.}$$

Для простоты рассчитываем сваю на изгиб, как балку на двух опорах A и B (при наличии распорки) пролетом $H = 3,73$ м, нагруженную равномерно распределенной нагрузкой по закону треугольника от давления земли, а не по закону трапеции (черт. 103 в):

Наибольший изгибающий момент ¹⁾:

$$M_{\max} = \frac{2}{9 \cdot \sqrt{3}} \cdot P_{\max} \cdot H = 0,128 \times 4990 \times 373 \cong 238243 \text{ кг/см.}$$

Момент сопротивления свай:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 31^3}{32} = 2925 \text{ см}^3.$$

Допускаемое напряжение на растяжение и сжатие при изгибе:

$$n = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{238243}{2925} \cong 81 \text{ кг/см}^2.$$

Расстояние между стенными сваями $l = 1,34$ м выбрано с тем, чтобы длину водобойного пола $= 5,33$ м можно было бы разделить на 4 равные части.

При наличии распорки на нее будет передаваться опорная реакция B от давления земли $P_{\max} = 4990$ кг, которая будет равна:

$$B = \frac{1}{3} \cdot P_{\max} = \frac{4990}{3} \cong 1663 \text{ кг.}$$

Последнее усилие будет сжимать распорку, которая и должна быть рассчитана на сжатие с введением коэффициента φ уменьшения основного напряжения на сжатие при продольном изгибе по формуле Навье:

$$\varphi = \frac{1}{1 + 0,00256 \cdot \left(\frac{l}{d}\right)^2} \text{ (для круглого сечения),}$$

$$\varphi = \frac{1}{1 + 0,00192 \cdot \left(\frac{l}{h}\right)^2} \text{ (для прямоугольного сечения), где}$$

l — расчетная длина сжатого элемента в сантиметрах,

d — диаметр поперечного сечения „ „

h — высота поперечного сечения „ „

Подставляя для нашего случая в формулу Навье для круглого сечения соответствующие значения для l и d , получим коэффи-

¹⁾ Hütte, часть I, стр. 604.

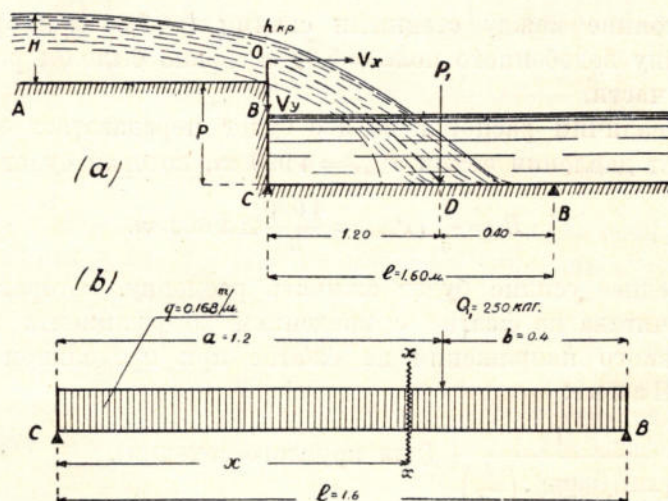
циент φ , а умножая принятое нами при расчете допускаемое напряжение на сжатие при изгибе n на полученный коэффициент, получим допускаемое напряжение на сжатие для распорки; это допускаемое напряжение должно быть больше действительного напряжения, которое будет равно:

$$\frac{R}{\omega} = \frac{B}{\pi \cdot d^2/4}$$

Если в конструкции водоспуска поперечные распорки отсутствуют, то стенные сваи рассчитываются как балки, заделанные своим нижним концом в точке A .

9. Расчет деревянного водобойного пола. Водобойный пол водослива испытывает, кроме равномерно распределенного давления воды, еще давление и от действия динамической нагрузки, которая получается при ударе падающей воды, влияние которой должно быть учитываемо при расчетах половых досок водосливов.

Пусть имеем (черт. 104 а):



Черт. 104 а, б.

напор воды на водосливе	$H = 1,00 \text{ м}$
расход воды через водослив	$Q = 3,10 \text{ м}^3/\text{сек.}$
высота порога водослива	$p = 1,00 \text{ м}$
ширина водослива	$b = 2,00 \text{ м}$

Критическая глубина на пороге водослива:

$$h_{кр.} \approx \frac{2}{3} \cdot H = \frac{2}{3} \cdot 1,00 = 0,67 \text{ м.}$$

Силу удара падающей струи P_1 определим из теоремы, что изменение количества движения в течение некоторого времени t равно импульсу силы P_1 в течение того же времени, т. е. что

$$m \cdot (v_2 - v_1) = P_1 \cdot t.$$

Отсюда:

$$P_1 = \frac{m \cdot (v_2 - v_1)}{t} \dots \dots \dots (A)$$

Из механики известно, что масса тела равна весу, деленному на ускорение от силы тяжести, т. е. $m = \frac{P}{g}$; вес же воды равен расходу (объему), умноженному на вес единицы объема ее:

$$P = Q \cdot \gamma \text{ или } m = \frac{Q \cdot \gamma}{g};$$

Подставляя последнее выражение в уравнение (A), получим:

$$P_1 = \frac{m \cdot (v_2 - v_1)}{t} = \frac{Q \cdot \gamma}{g \cdot t} \cdot (v_2 - v_1) \dots \dots \dots (B),$$

где v_1 — равнодействующая из скоростей в начале движения потока (точка O),

v_2 — равнодействующая из скоростей в конце движения потока (точка D).

Будем рассматривать падающую струю как бы сосредоточенной в одной точке O (в центре тяжести сечения), на высоте над порогом перепада:

$$CO = \left(p + \frac{h_{кр.}}{2} \right) = h = \left(1,00 + \frac{0,67}{2} \right) \cong 1,33 \text{ метра.}$$

Полагая для простоты расчета в сечении OC потока свободное падение струи вниз на пол водослива CB и совершенно незначительное влияние горизонтальной составляющей скорости v_x на силу удара струи, и кроме того считаясь с тем, что в начале падения (точка O) вертикальная составляющая скорости $v_y = 0$, получим, что равнодействующая v_1 из скоростей v_x и v_y будет:

$$v_1 = v_y = v_x = 0$$

Рассуждая аналогичным образом по отношению к сечению P_1D потока, получим, что равнодействующая v_2 из скоростей v_x и v_y , как первое приближение, в конце падения струи (точка D) будет:

$$v_2 = v_1'.$$

Подставляя значения скоростей $v_1 = 0$ и $v_2 = v_{y1}$ в уравнение (B) и относя расход Q ко времени t , получим, что:

$$P_1 = \frac{Q \cdot \gamma \cdot t}{g \cdot t} \cdot v_2 = \frac{Q \cdot \gamma}{g} \cdot v_2 \dots \dots \dots (C),$$

где вертикальная составляющая скорости падающей струи:

$$v_2 = v_{y1} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 1,33} = 5,10 \text{ м/сек.}$$

Горизонтальная составляющая средней скорости на пороге водослива:

$$v_x = \frac{Q}{\omega} = \frac{Q}{b \cdot h_{кр.}} = \frac{3,10}{2 \times 0,67} \cong 2,30 \text{ м/сек.}$$

В течение t секунд частица воды, находящаяся в центре тяжести сечения O , пройдет в горизонтальном направлении путь $CD = v_x \cdot t$, а в вертикальном направлении путь $CO = \frac{gt^2}{2} = 1,33 \text{ м.}$

Отсюда имеем:

$$t^2 = \frac{2 \times 1,33}{9,81} = 0,27 \text{ и } t = \sqrt{0,27} = 0,52 \text{ сек.}$$

Точка приложения силы удара P_1 будет отстоять от гребня перепада на величину:

$$CD = v_x \cdot t = 2,30 \times 0,52 \cong 1,20 \text{ м.}$$

Сила удара на всю ширину водослива $b = 2 \text{ м.}$

$$P_1 = \frac{Q \cdot \gamma \cdot v_2}{g} = \frac{3,10 \times 1,00 \times 5,10}{9,81} \cong 1,612 \text{ т} \cong 1\,612 \text{ кн.}$$

Давление от удара на доску шириной $0,25 \text{ м}$ будет:

$$Q_1 = \frac{P_1}{2 \times 4} = \frac{1\,612}{8} = 202 \text{ кн.}$$

Кроме того на доску будет давить столб воды в виде равномерно распределенной нагрузки высотой, примерно равной критической глубине, т. е. $0,67 \text{ метра.}$

Нагрузка на 1 кв. метр $p = 0,67 \times 1,00 = 0,67 \text{ т/м}^2 = 670 \text{ кн/м}^2$, а нагрузка на один погонный метр доски шириной в $0,25 \text{ м}$ будет:

$$q = \frac{p}{4} = \frac{670}{4} \cong 168 \text{ кн.}$$

Рассматривая для простоты расчета половую доску как разрезную балку, лежащую на двух опорах C и B пролетом $l = 1,60 \text{ м}$

(обычное расстояние между половыми сваями), загруженную по схеме, представленной на чертеже 104 б, будем иметь:

$$M_B = C \cdot l - Q_1 \cdot b - \frac{q \cdot l^2}{2} = 0;$$

$$C = \frac{2 \cdot Q_1 \cdot b + q \cdot l^2}{2 \cdot l} =$$

$$= \frac{2 \times 0,202 \times 0,40 + 0,168 \times 1,60^2}{2 \times 1,60} = \frac{0,59}{3,20} = 0,185 \text{ м.}$$

Изгибающий момент в сечении „ $x-x$ “, на расстоянии x от опоры C :

$$M_{xx} = C \cdot x - \frac{q \cdot x^2}{2} \dots \dots \dots (D)$$

Для нахождения наибольшего изгибающего момента, берем первую производную от M_{xx} по x и приравниваем ее нулю, т. е.

$$\frac{d(M_{xx})}{dx} = 0.$$

$$\frac{d(M_{xx})}{dx} = C - qx = 0.$$

Откуда:

$$x = \frac{C}{q} = \frac{0,185}{0,168} = 1,10 \text{ м.}$$

Подставляем значение для $x = 1,10$ м в уравнение (D), получаем:

$$M_{\max} = 0,185 \times 1,10 - \frac{0,168 \times 1,10^2}{2} \cong 0,10186 \text{ тоннометров} \cong 10186 \text{ кг/см.}$$

Принимаем толщину досок $h = 6$ см (1,3 верш.), при ширине $b = 25$ см.

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{25 \times 6^2}{6} = 150 \text{ см}^3;$$

$$n_{\text{изгиб}} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{10186}{150} = 68 \text{ кг/см}^2.$$

Если учесть не только вертикальную составляющую скорости v_{y1} в точке D , но также и горизонтальную составляющую скорости $v_{x1} = v_x$, что заведомо явится преувеличенным, то получим для полной скорости, затраченной на удар, величину:

$$v_2 = \sqrt{2g \cdot \left(h + \frac{v_x^2}{2g} \right)} = \sqrt{2g \cdot h + v_x^2} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 1,33 + 2,30^2} =$$

$$= \sqrt{31,38} = 5,6 \text{ м/сек.}$$

Сила удара на всю ширину водослива $b = 2$ м:

$$P_1 = \frac{Q \cdot \gamma}{g} \cdot v_2 = \frac{3,10 \times 1,00 \times 5,60}{9,81} = 1,770 \text{ т} = 1770 \text{ кг}$$

Делая вычисления по аналогии с приведенными выше, получим:

$$M_{\max} = 10\,718 \text{ кг/см.}$$

При толщине досок в 6 см и ширине $b = 25$ см, получим наибольшее напряжение на изгиб:

$$n_{\text{изгиб}} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{10718}{150} \cong 72 \text{ кг/см}^2.$$

Из этих расчетов видно, что размеры, получаемые для досок, соответствуют примерно размерам досок в 7 см ($1\frac{1}{2}$ верш.), употребляемых в нашей русской практике постройки водосливов.

На приводимый выше расчет следует смотреть, как на первое приближение с большими несомненно допущениями в сторону запаса прочности. К таковым допущениям следует отнести: глубину воды на водосливной площадке, вертикальное направление силы P_1 , разрез досок на опорах и целый ряд других. И все-таки толщина досок получается нормальная, а это показывает, что практически доски толщиной в 6—8 см рассматриваемую нагрузку всегда при напоре $H = 1,00$ м выдержат.

11. Расчет боковых стенок деревянного водослива и водоспуска.

Первый случай: засыпка земли за стенами водослива ограничена горизонтальной плоскостью, как показано на чертеже 105а.

Принимаем:

угол трения $\varphi_0 = 0$ (в запас прочности),

угол естественного откоса $\varphi = 35^\circ$,

вес единицы засыпки $\gamma = 1,8 \text{ т.}$

Из строительной механики известно, что давление земли на единицу площади стенки или напряжение его (единичное давление) на некоторой глубине y будет:

$$n_y = \gamma \cdot y \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right),$$

где для рассматриваемого случая

$$\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 0,271.$$

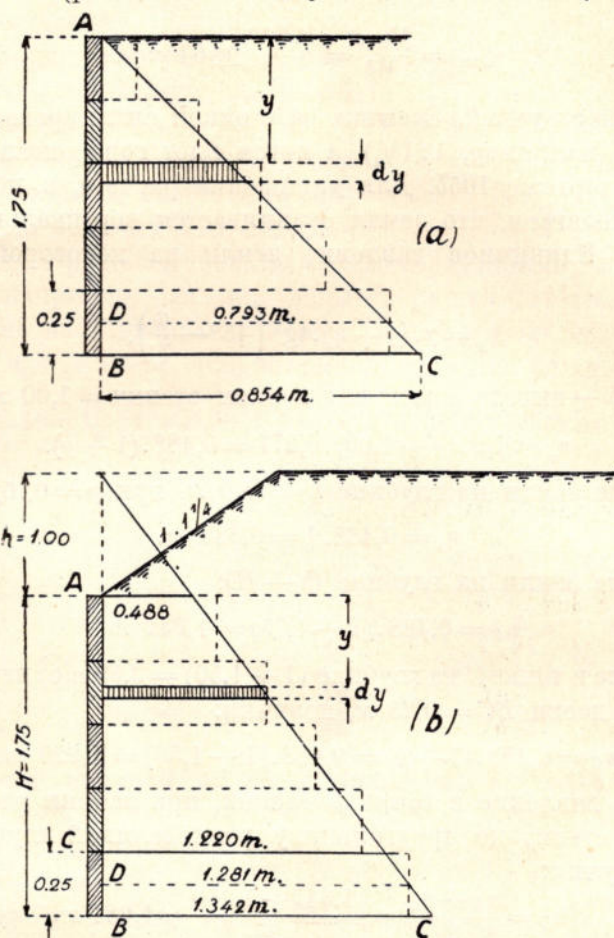
Следовательно $n_y = 1,8 \times y \times 0,271 = 0,488 \cdot y$.

Максимальное давление в точке B стены получим:

$$n_{\max} = 0,488 \cdot y = 0,488 \times 1,75 = 0,854 \text{ т.}$$

Для простоты расчета нагрузку по треугольнику ABC заменяем равновеликой ей ступенчатой нагрузкой (пунктир), деля высоту стенки $AB = 1,75$ м на отдельные интервалы так, чтобы каждый интервал соответствовал ширине доски $b = 0,25$ м.

В самых невыгодных условиях будет находиться нижняя доска, которую и рассчитаем, как балку, лежащую на двух опорах с пролетом $l = 1,42$ м (расстояние между стенными сваями), в предполо-



Черт. 105 а, б.

жении, что по водосливу вода не течет, как более невыгодный случай загрузки.

Давление земли в точке D стенки:

$$p_D = 0,488 \cdot y = 0,488 \times \left(AB - \frac{b}{2} \right) = 0,488 \times \left(1,75 - \frac{0,25}{2} \right) = 0,793 \text{ м.}$$

Давление земли на нижнюю доску стенки:

$$q = 0,793 \times 0,25 = 0,198 \text{ т/пог. м.}$$

$$M_{\max} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{0,198 \times 1,42^2}{8} = 0,04999 \text{ т/м} = 4999 \text{ кг/см.}$$

Принимаем толщину досок в 4,5 см (1 верш.).

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{25 \times 4,5^2}{6} = 82,5 \text{ см}^3.$$

$$n_{изг.} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{4999}{82,5} \cong 61 \text{ кг/см}^2.$$

Второй случай. Засыпка за стенкой спланирована с некоторым откосом (например, 1:1 $\frac{1}{4}$), а потом идет горизонтально, как это показано на чертеже 105b. Для упрощения расчета, в пользу запаса прочности, полагаем, что земля оканчивается вертикально (пунктир на чертеже). Единичное давление земли на некоторой глубине y будет:

$$n_y = \gamma \cdot (y + h) \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right),$$

где

h — высота земли над верхом стенки = 1,00 м,

$$n_y = 1,8 \cdot (y + 1,00) \cdot 0,271 = 0,488 \cdot (1 + y).$$

Давление земли на глубине $h = 1,00$ м, при $y = 0$, будет:

$$n_h = 0,488 \cdot 1 = 0,488 \text{ т.}$$

Давление земли на глубине $(h + H)$:

$$n_B = 0,488 \cdot (1 + 1,75) = 1,342 \text{ т.}$$

Давление в точке C на глубине $(1 + 1,50) = 2,50$ м от верха засыпки, при ширине доски $BC = 0,25$ м, получим:

$$n_C = 0,488 \cdot (1 + y) = 0,488 \cdot (1 + 1,50) = 1,220 \text{ т.}$$

Среднее давление в точке D стенки, при замене распределения давления на стенку по треугольнику равновеликой ступенчатой нагрузкой, получим:

$$n_D = \frac{n_B + n_C}{2} = \frac{1,342 + 1,220}{2} = 1,281 \text{ т.}$$

На самую нижнюю доску стенки шириной $b = 0,25$ м и длиной в 1 м придется давление:

$$q = n_D \cdot b = 1,281 \times 0,25 = 0,321 \text{ тонн на пог. метр.}$$

При расстоянии между стенными сваями $l = 1,42$ м, получим:

$$M_{max} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{0,321 \times 1,42^2}{8} = 0,08089 \text{ тоннометров} = 8089 \text{ кг/см.}$$

При толщине доски в 5 см, момент сопротивления:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{25 \times 5^2}{6} \cong 104 \text{ см}^3.$$

$$n_{изг.} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{8089}{104} \cong 78 \text{ кг/см}^2.$$

12. Расчет стених свай водослива в том случае, если эти сваи упираются в распорки, можно производить так же как и сваи водоспуска; если же распорки отсутствуют — сваю можно рассчитывать, как балку, заделанную одним концом в землю. Самый расчет не приводится, так как особых затруднений он не представляет.

13. При расчете половых досок водоспуска, половых балок, или насадок, а также половых свай под насадками следует руководствоваться нижеследующими соображениями.

Пусть, например, давление воды сверху на половые доски будет равно 1 тонне на 1 квадратный метр площади пола; для доски в 1 м длиной и в 0,20 м (черт. 106) шириной давление будет:

$$P = 1 \times 1 \times 0,20 \times \gamma = 0,20 \times 1000 = 200 \text{ кг.}$$

$$M_{\max} = \frac{P \cdot l}{8} = \frac{200 \times 100}{8} = 2500 \text{ кг/см.}$$

Принимаем ширину доски $b = 20$ см, толщину доски $h = 5$ см.

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{20 \times 5^2}{6} = 83 \text{ см}^3.$$

$$n_{\text{изг.}} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{2500}{83} = 30 \text{ кг/см}^2.$$

14. Расчет половой балки А (насадки) круглого сечения на изгиб (черт. 106).

Пусть пролет будет $L = 2$ м,

диаметр насадки $d = 22$ см.

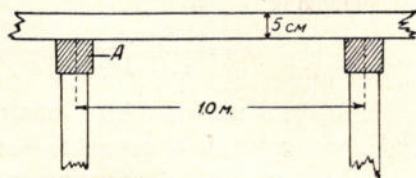
Нагрузка на насадку будет: $P = 2000$ кг.

$$M_{\max} = \frac{P \cdot L}{8} = \frac{2000 \times 200}{8} = 50000 \text{ кг/см.}$$

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3,14 \times 22^3}{32} = 1065 \text{ см}^3.$$

$$n_{\text{изг.}} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{50000}{1065} = 47 \text{ кг/см}^2.$$

Сваи, забитые под половыми балками, должны быть рассчитаны каждая на сжимающее сваю усилие $Q = 2000$ кг, которое должно быть уравновешено силой трения земли о часть боковой поверхности свай, находящуюся под землей. Если принять силу трения $\delta = 0,3$ кг на один квадратный сантиметр боковой поверхности свай, забитой



Черт. 106.

в землю, то, при диаметре сваи $d = 22$ см, глубина забивки сваи h определится из равенства:

$$Q = \pi \cdot d \cdot h \cdot \delta.$$

Отсюда:

$$h = \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot \delta} = \frac{2000}{3,14 \times 22 \times 0,3} \cong 100 \text{ см} = 1 \text{ м}.$$

Обычно же половые сваи забивают на глубину в 1,50 м для плотного грунта, а стенные—от 2 до 3 м.

Сила трения δ принимается для:

мягкой глины	0,1 кг/см ² ,
пльвучего песка	0,2 кг/см ² ,
плотного песка и глины	0,3 кг/см ² ¹⁾

Для более точного расчета сопротивления сваи следовало бы учесть также еще и сопротивление у острия сваи при ее погружении, которое обычно принимается на 1 см² поперечного сечения сваи: для гравия 5—10 кг (в зависимости от глубины), для глины 4—7 кг.

15. Расчет свай, а также более подробный расчет свайного и ряжевого основания разбираются нами в книге о деревянных плотинах на реках; там же подробно рассматривается вопрос о расчете простейших подъемных механизмов для затворов ²⁾. Здесь же укажем на формулу, которой можно руководствоваться при определении усилия, необходимого для поднятия затворов:

$$P = Q \cdot f \pm G,$$

где:

P —сила, необходимая для подъема или опускания затвора,

Q —давление воды на затвор,

G —собственный вес затвора,

f —коэффициент трения скольжения.

Знак плюс относится к случаю подъема затвора, а знак минус—к случаю опускания затвора.

Коэффициент трения f принимается:

для дерева по дереву в воде $f = 0,70$

„ железа по железу $f = 0,50$.

Из этого следует, что выгодно края затворов обить железом, чтобы уменьшить подъемную силу P ³⁾.

1) Нütte, часть III, стр. 297, изд. 1917 года.

2) Издается Гизом.

3) Лиц, желающих остановиться более подробно на принципах расчета шлюзов, отсылаем к работе проф. В. В. Подарева, Гидротехнические сооружения. 1. Плотины, выпуск III.

Г Л А В А XVII.

СТОИМОСТЬ ВОДОСЛИВОВ, ВОДОСПУСКОВ И ОТДЕЛЬНЫХ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ТЕЛА ПЛОТИНЫ.

Стоимость ¹⁾ водосливов и открытых водоспусков при земляных плотинах находится в тесной зависимости от тех местных условий, при которых приходится возводить сооружение, поэтому дать абсолютно точные цифры является делом весьма затруднительным. К таким условиям следует отнести топографический характер местности, характер напластования и глубину залегания грунта, размеры будущего водохранилища, цены на материалы и рабочие руки, тип и конструкцию сооружений и пр. Ниже приводится примерная стоимость сооружений в ценах довоенного времени на рабочую силу и материалы по тем отчетным данным, которые имеются в нашей малочисленной гидротехнической литературе.

Так, например, на основании произведенных за время с 1901 по 1907 год гидротехнических работ по обводнению селений Курской губернии, инженер Ф. Ф. Пржемыцкий дает следующие средние цифры по стоимости сооружений: средняя стоимость постройки водохранилища со всеми вспомогательными к нему сооружениями (водосливы или водоспуски) составляет около 4 440 руб. (Эта цифра получена им на основании устройства 52 водохранилищ с высотой плотин до 4,27 м).

Стоимость водохранилищ в выемках (копани) объемом 100—950 куб. саж. составляет 900—1 500 руб.; средняя по четырем устроенным таким водохранилищам составляет 1 200 руб.

Стоимость водохранилища с плотиной и водосливым каналом с укреплениями емкостью от 800 до 8 000 куб. саж.— от 800 до 5 700 руб. Средняя из 26 устроенных таких водохранилищ составит 2 440 руб.

Водоохранилище с плотиной и открытым водоспуском в теле ее объемом от 1 200 до 46 000 куб. саж. обходилось от 4 100 руб. до 12 600 руб. Средняя стоимость такого водохранилища, выведенная на основании 22 построенных, составляет 6 900 руб.

¹⁾ Все цены как на выполненные уже работы в наших условиях отнесены к старым мерам.

Относительно стоимости отдельных видов работ по устройству тела плотин можно привести следующие данные:

1. Стоимость выемки 1 куб. саж. замка под плотину в сухом грунте (без водоотлива) 1 р. 75 к.—2 р. 50 к.
2. То же с водоотливом 3 " — " —5 " — "
3. Забивка замка глинистым грунтом . 2 " 50 "
4. Насыпка тела плотины 1 " 50 " —2 " 50 "

Средняя стоимость 1 куб. саж. земляных работ на основании последних данных получится около 2 руб. 50 коп., а стоимость 1 куб. саж. удержанной в водохранилище воды составит около 80 коп.

Р. П. Спарро приводит данные о стоимости водосливов и водоспусков при земляных плотинах высотой до 2,50—3,00 саж., полученные им на основании составленных смет по Урочному положению на запроектированные и выстроенные сооружения.

Все эти данные нами сведены в таблицу (стр. 207).

Приведенные в таблице денежные суммы подсчитаны на основании стоимости материалов и рабочей силы по ценам довоенного времени, применительно к Центрально-черноземному району (Воронежская, Тамбовская, Орловская и другие губернии).

При ширине отверстий, больших, чем показано в графах настоящей таблицы, стоимость можно определить путем интерполирования, имея в виду, что при увеличении ширины отверстия водосливов и водоспусков должны увеличиваться также и размеры отдельных элементов их (сечения подпорных стенок, толщина полов и др.), что и следует принимать во внимание при определении стоимости сооружений.

Жилинский, в своем очерке работ экспедиции по орошению на юге России и Кавказе, приводит следующие цифры:

Погонная сажень земляной плотины для пруда глубиной не менее 2 саж.—100 руб., а погонная сажень отверстий водосливов—

деревянных 300 руб.
каменных 500 "

Погонная сажень глухой земляной плотины, устроенной для ярусного лиманного орошения, высотой 3 саж.—300 руб., а погонная сажень отверстий водосливов:

деревянных 400 руб.
каменных 700 "

Наименование сооружения	Стоимость при ширине отверстия в:											
	1 саж.			1,50 саж.			2,00 саж.			3,00 саж.		
	от	до	р. к.	от	до	р. к.	от	до	р. к.	от	до	р. к.
	Р. к.	Р. к.	Р. к.	Р. к.	Р. к.	Р. к.	Р. к.	Р. к.	Р. к.	Р. к.	Р. к.	Р. к.
1. Деревянный водослив с наклонным полом, тип быстротoka, с падением в 1 1/2 саж. и длиной по оси 8 саж.	812-74	1 209-68		964-34	1 439-17		1 094-78	1 638-08		1 375-75	2 065-06	
2. Деревянный водослив с тремя перепадами (тип ступенчатого перепада)	924-70	1 381-01		1 076-24	1 609-29		1 249-85	1 870-25		1 533-23	2 333-87	
3. Деревянный водослив со плужами и тремя перепадами	1 064-26	1 581-68		1 255-26	1 870-29		1 439-45	2 148-70		1 849-11	2 717-79	
4. Стоимость каждого добавочного перепада	148-34	222-48		182-26	274-72		212-82	320-39		276-85	417-03	
5. Стоимость моста через водослив	127-95	194-34		163-49	245-19		185-50	278-67		233-51	355-58	
6. Каменно-бетонный водослив с наклонным полом (тип быстротoka)	815-68	1 127-29		957-93	1 326-28		1 110-88	1 738-19		1 387-54	1 924-20	
7. Стоимость устройства каменно-бетонного водослива со плужами и четырехъя перепадами	1 188-81	1 644-37		1 367-58	1 894-64		1 550-17	2 149-90		1 911-04	2 656-50	
8. Стоимость каждого добавочного каменно-бетонного перепада	124-84	172-21		149-14	205-99		173-45	239-76		222-06	307-35	
9. Деревянный водоспуск досчатого типа	1 645-66	2 483-22		1 806-14	2 723-25		1 961-74	2 956-32		2 368-12	3 561-54	
10. Мост через деревянный водоспуск	(см. пункт 5)											
11. Каменно-бетонный водоспуск с высотой стен 1,75 саж, длиной водобойного пола 2,50 саж, водосливного пола—(2,00 саж.), с высотой перепада между водобойным и водосливным планами в 0,25 саж. с исчислением стоимости моста	2 197-30	3 038-92		2 351-96	3 279-08		2 511-03	3 482-69		2 857-77	3 975-11	
12. Стоимость моста через каменно-бетонный водоспуск (отдельно)	127-72	183-21		158-60	226-81		194-98	277-86		241-55	343-59	

Для сравнения русских цен с заграничными, приведем расценки работ по контрактам Ирригационного департамента в Америке ¹⁾.

1. Выемка или углубление	от —	руб. 65 коп.	до 1 руб. 56 коп.	за 1 куб. м.
2. Насыпь	—	” 52	” 1	” 30
3. Приготовление и укладка мятой глины	1	” 30	” 3	” 23
4. Каменная наброска	3	” 60	” 4	” 80
5. Сухая вымостка	4	” 80	” 8	” 40
6. Обкладывание дерном	—	” 48	” 1	” 20

Как видно из приведенной таблицы, расценки довольно высокие, в особенности по сравнению с нашими русскими ценами.

Бассель приводит табличные данные для северной плотины водохранилища „Wachusett“:

Наименование работ	Количество (куб. м.)	Цены за единицу (в рублях)	Сумма (в рублях)	В % ко всей сумме.
Плотина (дамба)	4 038 462	0,13	525 000	34,7
Траншея (замок)	416 923	0,52	216 800	19,3
Отмостка откосов	3 826	5,75	220 000	14,6
Шпунты, водоотлив и пр.	—	—	234 000	15,5
Предварительные изыскания, надзор и пр.	—	—	240 000	15,9
Общая стоимость	—	—	1 515 800	100,0

По вопросу стоимости работ по устройству земляных высоконапорных плотин в условиях заграничной практики приводятся нижеследующие данные:

При постройке плотины „Löntsch“ в Швейцарии устройство 1 куб. м ядра, считая добычу материала в карьере, подвозку и трамбование, обошлось по 2 руб. 06 коп. за куб. м, а устройство остальной насыпи по 1 руб. 11 коп. — 1 руб. 30 коп.; грунт подвозился в ручных тележках и трамбовался вручную слоями в 0,20 м.

У плотины „Charmes“ во Франции объемом в 206 000 куб. м устройство бетонной защитной стенки у подошвы верхового откоса обходилось по 17 руб. 36 коп. за 1 куб. м, а устройство насыпи, считая подготовку основания под плотину, добычу материала в карьере, подвозку и уплотнение катками, — по 1 руб. 19 коп. за 1 куб. м; бе-

¹⁾ По Wilson'y, Irrigation Engineer, стр. 507.

тонная ступенчатая крышка верхового откоса стоила 4 руб. 82 коп. за 1 кв. м.

У плотины „Belle Fourche“, в Северной Америке, объемом в 1 160 000 куб. м, устройство 1 куб. м насыпи, считая добычу материала паровыми лопатами, подвозку в поездах локомотивами по рельсовому пути при среднем расстоянии возки 1 200 м и укатку паровыми катками, обходилось в 72 коп.; облицовка верхового откоса бетонными плитами стоила 5 руб. 37 коп. за 1 кв. м.

При устройстве плотины „Cold Springs“, в Северной Америке, добыча материала паровыми лопатами, подвозка локомотивами, разравнивание и перемешивание грунта (глины и песку) боронами и культиваторами и укатка слоями в 0,15 м катками в 5 тонн с упряжкой шестеркой лошадей обходилась по 1 руб. 06 коп. за 1 куб. м.

Плотина „Escondido“, в Калифорнии из каменной наброски объемом в 28 000 куб. м обошлась по 6 руб. 02 коп. за 1 куб. м.

Полная стоимость устройства земляной плотины со всеми водо-пропускными приспособлениями, но не считая затрат на отчуждение земли под плотину и резервуар, на 1 куб. м выражается следующими цифрами:

плотина „Cold Springs“ в Америке	1 руб. 41 коп.
„ „ „Belle Fourche“ „	1 „ 71 „
„ „ „Charmes“ во Франции	1 „ 99 „
„ „ „Mohretal“ в Германии	1 „ 53 „
„ „ „Grüssau“ „ „	2 „ 73 „
„ „ „Solingen“ „ „	2 „ 73 „
„ „ „Schliessrothried“ во Франции	2 „ 92 „
„ „ „Straschin-Prangschin“ в Германии	3 „ 94 „
„ „ „Heidewasser“ „ „	1 „ 76 „

Что касается стоимости намывных плотин, то, по Скайлеру, 1 куб. м обходился от 20 коп. до 1 руб.

По отдельным плотинам стоимость 1 куб. м намывных плотин такова:

плотина „Santo Amaro“ в Бразилии	11—14 коп.
„ „ „Tyler“ в Северной Америке	13 „
„ „ „Croton“ в штате Мичиган	17 „
„ „ „Iorgba“ в Калифорнии	20 „
„ „ „Waialua“ на острове Oahu, Hawaii	28 „
„ „ „Silver Lake“ в Калифорнии	28 „
„ „ „Terrace Dam“ „ „	35 „
„ „ „Lake Frances“ „ „	50 „
„ „ „Nuuanu“, на острове Honolulu, Hawaii	60 „

При устройстве плотины „Little Bear Valley“ в Калифорнии, частью по способу намыва, частью обычным способом, 1 куб. м плотины обошелся в 72 коп.; бетонное ядро плотины обошлось по 18 руб. 06 коп. за 1 куб. м кладки.

ГЛАВА XVIII.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ НИХ.

Если всякое инженерное сооружение, даже самое простое, для правильного и продолжительного несения той службы, для которой оно предназначено, требует постоянного наблюдения, ухода и ремонта, то в особенности в последнем нуждаются водоудержательные земляные плотины и искусственные сооружения при них (водоспуски, водосливы и др.). Следует всегда помнить, что плотины ни в коем случае не должны быть оставляемы без надзора; во-время замеченные повреждения и своевременно принятые меры к их устранению только и могут обеспечить продолжительную и полезную службу сооружения, тогда как ничтожное повреждение, но своевременно незамеченное и неустраненное, обычно приводит сооружение к полному разрушению.

Самым опасным временем года для земляных плотин, да и для других видов гидротехнических сооружений, в нашем климате нужно считать весну, когда обычно бывают наибольшие колебания уровня воды и когда оттаивает земля, или, как его принято называть, время „половодий“.

К этому времени плотина должна быть в полном порядке, для чего необходим тщательный ее осмотр и исправление всех повреждений.

Во время половодья необходим неуклонный надзор за состоянием сооружения.

После же прохода полых вод все повреждения, причиненные этими последними, должны быть немедленно исправлены.

Перед наступлением зимы, когда снег еще не выпал, необходимо тело плотины тщательно осмотреть и убедиться в отсутствии нор и ходов животных (сусликов, кротов, хорьков, ежей и др.); в случае нахождения их, необходимо животных выгнать водой, а самые ходы забить навозом с землей, с тщательной утрамбовкой.

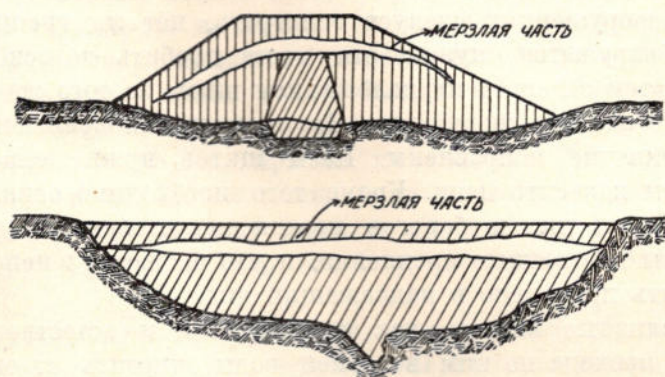
Холодные зимы нашего климата обычно являются причиной разрушения плотин. Промерзание тела плотины в состоянии ослабить ее сопротивляемость напору воды, так как весной при оттаивании земля пучится, распухает и разжижается; в особенности опасным является промерзание плотины в местах соприкосновения ее с искусственными сооружениями, и для того, чтобы предохранить последние от значительного промерзания, прибегают к покрытию этих мест соломой или просто к забрасыванию их снегом.

Следует иметь в виду, что вода, замерзая, увеличивается в объеме и благодаря этому свойству часто повреждает гидротехнические

сооружения. Попадая в жидком состоянии в самые незначительные скважины и щели, вода, замерзая, может их сильно увеличить и тем самым нарушить связь между частями сооружения; так, например, вода, попавши в гнезда шипов, при своем замерзании может приподнять промежуточные опорные стойки деревянного водоспуска и ослабить соединение их с другими частями, может нарушить плотное соединение полового настила; просачиваясь между швами каменной кладки, вода в состоянии нарушить связь между отдельными камнями и способствовать их раскалыванию и т. д.

В новых плотинах, выстроенных в конце лета или осенью и не выдержавших еще прохода полых вод, возможны повреждения, которые обычно и приводят к их разрушению в наших русских условиях и о которых частично сообщалось при рассмотрении вопроса проектирования поперечного профиля.

Во время осенних дождей наружные части плотин пропитываются водой, зимой они промерзают и становятся твердыми, но в силу того, что общая осадка плотины вследствие ее позднего возведения к наступлению морозов еще не заканчивается, а незамерзшая часть плотины продолжает оседать, тогда как промерзшая оседать лишена возможности, то все эти условия обычно приводят к образованию особых пустот, трещин-морозобоин в виде как бы особых сводов, не принимающих участия в общей осадке плотин (черт. 107). Эти



Черт. 107.

пустоты чрезвычайно опасны, так как весной, во время половодья, они обычно заполняются водой, которая, пробившись к наружному откосу плотины, в состоянии вызвать разрушение плотины. Разрушение чаще всего происходит в том месте, где плотина имеет наибольшую высоту, ибо здесь осадка насыпи больше всего. Бдительным наблюдением во время половодья за состоянием плотины можно предотвратить размыв.

С этой целью перед началом весеннего таяния следует очистить гребень и откосы плотины от снега и осмотреть все трещины. Обнаруженные трещины должны быть немедленно залиты жидким раствором глины с навозом и затрамбованы; если окажется, что трещины глубокие (сквозные), то необходимо их еще заложить мешками с землей с засыпкой промежутков навозом или золой; последняя, просачиваясь первое время, будет их потом затягивать. В некоторых случаях, в особенности при наличии поперечных сквозных трещин, а также и продольных, весьма рациональной мерой является раскапывание их до основания путем выкопки в теле плотины поперечных замков длиной 1,2—1,5 м, шириной 0,2—0,7 м, и глубиной на 0,2—0,4 м ниже основания трещины и забивки этих замков по возможности тем же грунтом, из которого возводилось тело плотины с тщательной утрамбовкой; при сквозной поперечной трещине замков устраивается несколько — посредине плотины и по краям гребня ее. В особенности следует обращать особенное внимание на забивку трещин в местах соединений водоспусков и водосливов с телом плотины.

Весенний осмотр водоспускных приспособлений должен заключаться в освидетельствовании состояния щитовых стоек, полового настила и боковой обшивки, для чего необходима их предварительная очистка от снега и льда. Кроме того нужно испытать действие затворов — достаточно ли они свободно ходят в пазах. В каменно-бетонных сооружениях следует осмотреть, нет ли трещин, и если таковые обнаружатся, нужно эти места пробить до основания трещины, а затем заделать их наложением швов из того же материала, из которого сделано сооружение. Все очевидные повреждения должны быть немедленно исправлены. Пазы щитов нужно смазать, а на самые щиты навесить цепи. Кроме того необходимо освидетельствовать состояние дна и берегов позади искусственных сооружений, где сделаны добавочные крепления, и что окажется в неисправности, должно быть приведено в надлежащий вид.

Водосливные каналы, как копаные, так и естественные, необходимо до прохода по ним весенней воды очистить от снега, чтобы не образовать опасного подпора; чистку необходимо произвести как можно позже, чтобы не дать дну и стенкам водослива оттаять до начала прохода половодья, так как в противном случае оттаявшая земля не в состоянии будет выдержать той скорости воды, какую сможет выдерживать мерзлая.

Перед весенним половодьем необходимо заранее заготовить в достаточном количестве материалы для исправления плотин: талую землю, солому, золу, рогожные кули или мешки, коровий навоз, фанари, багры, носилки, глину, гальку, ломы, лопаты, доски, бревна,

плетни, гвозди, камни для укрепления дна и откосов, хворост, тачки, плотничий и прочий инструмент и т. п. Все материалы и инструменты для исправлений должны быть в количестве большем против обычного времени, особенно важно позаботиться о большем количестве кулей или мешков и обеспечить возможность быстрого наполнения их землей.

После принятия всех перечисленных выше предварительных мер необходимо с начала таяния зорко следить за ходом прохода полой воды, ни на одну минуту не выпуская из внимания влияния воды на сооружение. Впервых, нужно следить, нет ли просачивания (фильтрации) сквозь тело плотины; последнее, при большом напоре, в особенности в первое время после постройки плотины, явление обычное. И если просачивающаяся струя не увеличивается и вода выходит прозрачная, без мути, то на такое просачивание можно смотреть, как на явление временное, которое должно вскоре прекратиться. Если же вода идет мутная, значительной струей или сильно бьющим ключом, то это указывает на наличие опасного разжижения тела плотины.

Для отыскания места просачивания выбирают время, когда вода в водохранилище находится в покое, т. е. когда нет течения в водоспуске и когда нет волнения от ветра. Потом вдоль всей плотины, с ее верховой стороны, насыпают в воду древесные опилки или мелкий конский навоз, которые, постепенно намокая, медленно и спокойно опускаются на дно; в той же части плотины, где должно быть просачивание, опилки и частицы навоза уносятся течением воды, направляясь к одной точке. Найдя таким образом место просачивания, необходимо его забить глиной с навозом, заложить мешками с землей, прибив их кольями, и сверху засыпать талой землей и кизяковой золой, если последняя имеется; в случае необходимости закладку мешков вперемежку с засыпкой землей и золой продолжать до тех пор, пока просачивание не прекратится.

В случае, если просачивание обнаружится возле береговых стен водоспуска, то нужно пробить верхний мерзлый слой земли позади водоспуска и подсыпать мятой глины с навозом вместе с тщательным трамбованием.

Когда значительное просачивание будет обнаружено под полами водоспуска (журчание и течь воды), то следует в полу пробуровать плотничным буравом дыры и помощью железного прута определить глубину и пространство вымоин. Если это исследование обнаружит возможность опасности, то нужно поднять половые доски и сделать тщательное заполнение всех пустот под понурным полом глинистой землей, а под водобойным и сливным полами — гравием или щебен-

кой, после чего снова прибить доски, а дыры забить деревянными пробками с проконопаткой и заливкой варом. Кроме того необходимо исследовать находящийся впереди пола шпунтовый ряд.

При пропусках воды через водосливы и водоспуски необходимо следить за действием воды на укрепление дна и берегов, за сливными полами, чтобы не дать возможности подмывам принять опасные размеры. Управление притоком талой воды в плотинах с водосливом и водоспуском можно производить следующим образом: когда вода станет сильно подниматься и грозить переливом через гребень плотины, сейчас же нужно открыть затворы и ждать, когда пройдет сильная вода, после чего щиты закрыть. В случае, если опять будет замечено поднятие воды выше нормального горизонта, щиты нужно открыть вторично и так поступать до тех пор, пока опасного поднятия воды больше наблюдаться не будет. Если же прибывь воды все-таки будет столь сильна, что может явиться предположение о переливе ее через гребень плотины, то единственное средство к предотвращению разрушения плотины — временное повышение плотины в наиболее пониженных ее местах. Это временное повышение можно сделать из досок, ставя их на ребро вдоль плотины со стороны воды и забрасывая за них землю; для этой цели можно также употребить и мешки или рогожные кули, набитые землей, укладывая их не поперек, а вдоль насыпи, и наконец можно повесить плотину совместным употреблением досок и мешков.

При угрожающем для плотины повышении уровня воды делаются иногда временные обходы.

Чрезвычайно разрушительно влияют на земляные плотины волны. Если ветер сильно гонит на плотину волны, и последние начнут разрушать водный откос, то размываемую часть откоса необходимо немедленно начать укреплять; лучше всего это укрепление производить досками, переставляя их с повышением воды в водохранилище. Можно также применить для борьбы с разрушением мешки с землей, бревна и плетни.

Очень часто вода, по причине небрежности при ее управлении, начинает производить подмывы около водоспускных и водосливных приспособлений, образуя глубокие рытвины, благодаря которым начинают терять свою устойчивость половые, стенные и даже шпунтовые сваи. В таком случае следует закрыть водоспуск, а в ямы и выбоины к сваям и шпунтовым линиям укладывать мешки с землей, причем сыпать просто землю лопатами не рекомендуется, так как ее будет сносить вода, тогда как мешками концы свай будут прижиматься; между мешками забрасывают хворост, навоз, куски дерна и землю. Наложив так несколько рядов, открывают водоспуск и пускают воду; спустя некоторое время опять закрывают отверстие, вновь за-

брасывают яму мешками с землей и повторяют эту операцию до достижения сваями полной устойчивости.

После окончания прохода весенней воды необходимо сделать подробный осмотр всех частей сооружения и выяснить все повреждения, произведенные весенним паводком. Ремонт должен быть сделан вскоре после весеннего половодья.

Ввиду того, что вода водохранилищ в условиях нашего крестьянского хозяйства имеет чрезвычайно большое значение, необходимо при эксплуатации прудов иметь постоянный надзор и уход за прудовой водой, так как плохая вода является источником многих инфекционных заболеваний.

Для защиты водохранилища от попадания в него, вместе с потоками воды, навозной жижи и всякой грязи следует его окопать канавами и вывести их за низовой откос плотины, самые же склоны водосборной площади не следует распахать, а оставить их под кустарником или лугом. В водохранилищах ни в коем случае нельзя допускать мыть грязное белье, особенно от заразных больных, мочить лен и коноплю, которая не только грязнит воду и сообщает ей неприятный запах, но и делает ее вредной для животных и человека.

Безусловно необходимо не спускать в пруд навоза, трупов умерших животных, гнили и др.

Живущие в воде животные и растения ежегодно в большом количестве умирают, входя главной составной частью в так называемый ил. Это скопление вредно отражается на качестве прудовой воды, так как, загнивая, ил заражает и портит воду. Одним из средств борьбы с скоплением ила планктонного происхождения является разведение крупных рыб, которые, поедая мелочь (червей и пр.), предотвращают возможность им гнить в воде и кроме того освежают и очищают воду процессами дыхания и вообще усиливают ее циркуляцию. Прекрасным очистителем вод является рак, а из растений — камыш.

В зимнее время необходимо делать возможно больше прорубей на всей площади водохранилища, иначе вода, лишенная доступа кислорода воздуха, делается затхлой и негодной для употребления, и в ней задыхается рыба.

Время от времени водохранилище необходимо подвергать чистке от заиления его овражными выносами. Главный и наиболее радикальный способ очистки заключается в вынутии слоя ила после спуска воды посредством, например, сифона или путем сделания в теле плотины особого временного прорыва. После выпуска воды ил выкапывают и складывают в груды на берегах, где последний выветривается и промерзает; ил является прекрасным удобрением, а потому его рекомендуется свезти на пахотные земли и там разбро-

сать, как это делают с обычным навозным удобрением. Вынимать ил со дна водохранилища нужно осторожно, чтобы не обнажить дна, которое может дать большие трещины и будет сильно фильтровать; выемку ила нужно делать с откосами 1:5, отступив от очертания (подошвы) откоса не менее, как на 4 метра.

Если для очистки водохранилища от воды делался прорыв в теле плотины, то последний после очистки тщательно опять заделывается путем применения шпунтовой стенки или же просто глиной.

Вообще же следует иметь в виду, что чем чаще будет меняться вода в водохранилищах, тем она будет здоровее.

ПРИЛОЖЕНИЯ.

Приложение I.

Данные о земляных плотинах в условиях заграничной практики 1).

№№ по порядку	Название плотины	Местонахождение	Максимальная высота плотины в метрах	Ширина по верху в метрах	Откосы:		Превышение гребня над уровнем воды в мет.	Полезная глубина (считая до водоспускного отверстия) в метрах	Примечание
					водный	низовой			
1	Calaveras . .	Calif.	73,00	7,6	1 : 3	1 : 2 ¹ / ₂	3,00	—	Полунамывная
2	LittleBearValley	"	61,00	6,1	1 : 2 ¹ / ₂	1 : 2	4,50	—	Бетонное ядро
3	Nesaha № 2 . .	Mexico	58,00	16,5	1 : 3	1 : 2	4,90	—	Глиняное ядро, намывная.
4	Terrace . . .	Colo...	55,00	7,6	1 : 3	1 : 2	4,60	—	Глин. центр. часть, бетон. ядро, нам.
5	Swift(a) . . .	Mont.	50,00	—	1 : 1 ¹ / ₄	—	—	—	—
6	Linville . . .	N. C.	49,00	6,1	1 : 3	1 : 2 ¹ / ₂	7,3	—	Полунамывная
7	Paddy Creek .	N. C.	49,00	10,7	1 : 2,72	1 : 2,69	9,15	—	—
8	Terrace . . .	Colo...	48,00	6,1	1 : 4	1 : 2	1,5	—	—
9	Goose Creek .	Idaho	44,00	4,9	1 : 3	1 : 2	2,3	—	Желез.-бет. ядро
10	Idaho Irr. Co .	Idaho	41,00	1,2	1 : 3	1 : 2,5	—	—	—
11	Patillas . . .	PortoRico	41,00	6,1	{ 1 : 3 1 : 2	1 : 2	—	—	Полунамывная
12	Ochaco . . .	Ore...	39,00	5,5	1 : 2,5	1 : 2	4,6	—	Намывная
13	San Leandro . .	Calif.	38,00	8,5	1 : 3	1 : 2,5	1,5	—	—
14	Catawba . . .	N. C.	37,00	6,1	1 : 3	1 : 2,5	7,3	—	Полунамывная
15	Englewood . .	Ohio	38,00	7,6	{ 1 : 2 1 : 4	{ 1 : 2 1 : 4	5,00	—	Намывная
16	Tabeaud . . .	Calif.	37,50	6,1	{ 1 : 2,5 1 : 3	1 : 2,5	2,4	21,4	Укатка слоями в 0,15 и 0,20 м
17	Owl Creek . .	S. Dak.	37,00	5,8	{ 1 : 2 1 : 5	1 : 2	4,6	—	Укатка слоями в 0,15 м
18	Lahontan . . .	New.	36,50	6,1	1 : 3	1 : 2	3,6	—	Укатка тонкими слоями
19	Apishapa . . .	Colo...	36,50	5,8	{ 1 : 2 1 : 3	1 : 2	2,4	—	Укатка слоями в 0,3 м
20	Druid Lake . .	Md.	36,00	18,3	1 : 4	1 : 2	1,5	25,0	Глиняное ядро
21	Dodder . . .	Ireland	35,00	6,7	1 : 3	1 : 3	—	—	—
22	Belle Fourche	S. Dak.	35,00	6,1	{ 1 : 2 1 : 3	{ 1 : 1 ³ / ₄ 1 : 2	4,6	—	Укат. сл. в 0,15 м

1) Сведения о наиболее высоких русских плотинах с достаточной полнотой даны на стр. 60.

Продолжение.

№№ по порядку	Название плотины.	Местонахождение	Максимальная высота плотины в метрах	Ширина по верху в метрах	Откосы:		Превышение гребня над уровнем воды в мет.	Полезная глубина (считая до водоспускного отверстия) в метрах	Примечание
					водный	низовой			
23	Temescal . . .	Calif.	35,00	5,5	1:3	1:5	1,5	—	—
24	Standley Lake	"	34,50	6,1	1:2 1:3	1:2	1,5	—	Глин. ядро, без укатки
25	Ashokan Dikes	N. Y.	33,50	10,4	1:2 1:2 ^{1/2}	1:2 1:2 ^{3/4}	1,6	—	Бетон. ядро; укат. сл. в 0,10 и 0,15 м
26	Titicus	N. Y.	33,50	9,15	1:2,4	1:2,5	2,7	—	Каменное ядро, укатка слоями.
27	Beaver Park .	Colo...	33,00	4,9	1:2	1:1 ^{1/2}	—	—	Водн. отк. покрыт жел.-бет. одежд.
28	Mudduk	India	33,00	—	1:3	1:2 ^{1/2}	—	—	—
29	Gatun	Panama	35,00	—	1:4 1:7,67	1:4,1 1:8 1:16	9,15	—	Полунамывная
30	Germontown .	Ohio	32,60	7,6	1:2 1:4	1:2 1:4	4,6	—	Намывная
31	Quemahoning .	Fa...	32,00	6,1	1:3 1:4	1:3 1:4	4,00	—	—
32	Cavite	PortoRico	32,00	6,1	1:2 ^{3/4}	1:2	4,60	—	Укатка слоями
33	Somerset . . .	Vt	32,00	—	1:3	1:2,5	3,00	—	Полунамывная
34	Cummum . . .	India	31,00	—	1:3	1:1	3,66	27,5	—
35	Dale Dike . . .	England	31,00	3,66	1:2 ^{1/2}	1:2 ^{1/2}	—	—	—
36	Marengo	Алжир	30,8	—	—	—	—	—	—
37	Torside	England	30,5	—	—	—	—	25,6	—
38	Morris	Conn.	30,50	6,1	1:2 ^{1/2} 1:3	1:2	2,50	—	Бетон. ядро, слой в 0,15 м
39	Crane Valley .	Calif.	30,50	6,1	1:2	—	—	—	—
40	Waialua	Hawaii	29,87	—	1:4	1:1 ^{1/2}	3,0	—	Дерев. ядро. С низ. стор. пл. скал. набр.
41	Cold spring . .	Ore...	29,87	6,1	1:3	1:2	3,0	—	Укатка слоями
42	Honey Lake . .	Calif.	29,25	6,1	1:3	1:2	1,80	—	Глиняное ядро
43	Qued Meurad .	Алжир	29,00	—	—	—	—	—	—
44	Pilarcitos . . .	Calif.	28,95	7,30	1:2	1:2	1,50	—	Глиняное ядро, укатка слоями
45	Waghad	India	28,95	1,80	1:3	1:2	4,25	24,69	—
46	Bradfield . . .	England	28,95	3,65	1:2 ^{1/2}	1:2 ^{1/2}	—	—	—
47	Temescal	Calif.	28,95	3,65	1:4 ^{1/2}	—	—	—	Глиняное ядро

Продолжение.

№№ по порядку	Название плотин.	Местонахождение	Максимальная высота плотин в метрах	Ширина по верху в метрах	Откосы:		Высота гребня над уровнем воды в мет.	Полезная глубина (считая до водоспускного отверстия) в метрах	Примечание
					водный	низовой			
48	San Andreas .	Calif.	28,95	7,30	1:3 ¹ / ₂	1:3	1,50	—	Глин. ядро, укатка слоями
49	Edgelaw . . .	Шотланд.	28,35	—	1:3	1:2 ¹ / ₂	—	—	—
50	St. Andrews .	Ирланд.	28,34	7,6	—	—	—	—	—
51	Seivier Bridge	Utah.	28,00	9,75	1:3	1:4	4,00	—	Ядро из стали и бетона
52	Haiwee . . .	Calif.	27,70	6,1	1:2 ¹ / ₂	1:2 ¹ / ₂	3,00	—	—
53	Woodhead. . .	England	27,43	—	—	—	—	22,00	—
54	Leviston . .	Idaho	25,90	4,9	1:3	1:2	—	—	Полунамывная
55	Sweet water								
56	Nagar	India	26,60	—	—	—	—	—	—
57	Rosebery . .	Шотланд.	26,60	—	—	—	—	—	—
58	Yarrow . . .	England	26,50	9,15	1:3	1:2	1,80	—	Глиняное ядро
59	Forrest Park .	Md...	26,50	4,60	1:3	1:25	1,50	—	Глиняное ядро
60	Turdoff . . .	Scotland.	25,90	3,00	1:3	1:2 ¹ / ₂	—	—	—
61	Main Channal	Idaho	26,20	6,1	1:4	1:1 ¹ / ₂	—	—	Скалист. набр.
62	Snake River								
63	Vehar	India	25,60	7,3	1:3	1:2 ¹ / ₂	1,80	—	Скалист. набр.
64	North Dike .	Mass...	25,00	5,72	1:2	1:33 ¹ / ₃ 1:16 ³ / ₈	4,60	—	Деревянное ядро, укатка слоями
65	Wachusett .								
66	Sherburne Lake	Mon...	25,30	6,70	1:3	1:2	3,00	—	Укатка слоями в 0,15 м
67	Cold Spring .	Ore...	25,00	6,10	1:3	1:2	2,13	—	—
68	Atlanta . . .	Georgia	25,00	12,19	—	—	—	—	—
69	Middle Dam	Idaho	24,70	6,1	1:4	1:1 ¹ / ₂	—	—	Деревянное ядро; с низовой стороны скалист. набр.
70	Sukae River								
71	Roddlesworth .	England	24,4	4,9	1:3	1:2 ¹ / ₂	3,65	—	—
72	Minidoka . . .	Idaho	24,4	7,6	—	—	3,00	—	Бетонное ядро

Продолжение.

№ по порядку	Название плотины	Местонахождение	Максимальная высота плотины в метрах	Ширина по верху в метрах	Откосы:		Превышение гребня над уровнем воды в мет.	Полезная глубина (считая до водоспускного отверстия) в метрах	Примечание
					водный	низовой			
73	Gladhouse . . .	England	24,10	3,65	1:3	1:2 ¹ / ₂	3,20	—	—
74	Taylorville . . .	Ohio	23,77	7,6	1:2 1:3	1:2 1:3	5,80	—	Намывная
75	Rahe	England	23,77	—	1:3	1:2	—	—	—
76	Lockington . . .	Ohio	23,77	7,6	1:2 1:3	1:2 1:3	4,30	—	Намывная
77	Silsden	England	23,77	—	1:3	1:2	—	—	—
78	Talla	Scotland	23,77	6,1	1:4	1:3	—	—	Глиняное ядро
79	Dobbins Creek.	Calif.	23,50	1,8	1:3	1:2	1,80	—	Намывная
80	Glencourse . . .	Scotland	23,50	—	1:3	—	—	—	—
81	Throttle	N. Mex.	23,50	7,60	1:2 ¹ / ₂	1:1 ¹ / ₂	2,50	—	Стальное ядро (диафрагма)
82	Leeshaw	England	23,50	—	—	—	—	—	—
83	Wayoh	England	23,16	6,70	1:3	1:2 ¹ / ₂	—	—	—
84	Ekruk	India	22,85	6,1	1:3	1:2	—	19,80	—
85	Upper Crystal	Calif.	22,85	—	1:2	1:2	—	—	Глиняное ядро, укатка слоями
86	Springs								
87	Sanguiuella . .	N. Mex.	22,85	6,1	1:3	1:2	—	—	Полунамывная
88	Ceros (7-я плотина)	Spain	{ 22,85 до 9,15	—	1:3	1:2	—	—	Укатка слоями
89	Wissota	Wis...	22,85	6,1	1:2 1:3 ¹ / ₂	1:2	3,00	—	Железобет. ядро
90	Nehr	India	22,60	2,4	—	—	—	—	—
91	Leeming	Irland.	22,25	3,0	1:3	1:2	—	15,20	—
92	Huffman	Ohio	22,25	7,6	1:2 1:3	1:2 1:3	4,60	—	Намывная
93	South Fork . . .	Pa...	22,00	6,1	1:2	1:1 ¹ / ₂	—	—	—
94	Dixville	N. H.	21,34	7,6	1:2	1:1 ¹ / ₂	1,50	—	Железобет. ядро
95	Lake Francis . .	Colo...	21,34	6,1	1:3	1:2	—	—	—

Продолжение.

№№ по порядку	Название плотины	Местонахождение	Максимальная высота плотины в метрах	Ширина по верху в метрах	Откосы:		Превышение гребня над уровнем воды в мет.	Полезная глубина (считая до водоспускного отверстия) в метрах	Примечание
					водный	низовой			
96	Zuni	N. Mex.	21,34	6,10	1 : 3	1 : 1 ¹ / ₄	3,00	—	—
97	Anasagur	India	21,3	6,1	1 : 4	—	—	—	—
98	Pangran	India	20,7	2,4	—	—	—	12,8	—
99	Upper Deer Flat	—	20,7	6,10	1 : 3	1 : 2	2,13	—	Укатка тонкими слоями
100	Phelps Brook . .	Conn.	20,7	4,60	1 : 2 1 : 3	1 : 2 ¹ / ₂	3,65	—	Бетонное ядро
101	Harlaw	Шотлан.	20,4	—	—	—	—	19,50	—
102	South Dam . . .	Idaho	20,12	6,10	1 : 4	1 : 1 ¹ / ₂	—	—	Деревянное ядро, низовая часть укреплена скалистой наброск.
103	Snake River . . .								
104	Lough Vartry . .	Ирлан.	20,12	8,50	1 : 3	1 : 2 ¹ / ₂	—	—	—
105	La Messa	Calif.	20,12	6,10	1 : 1 ¹ / ₂	1 : 1 ¹ / ₂	—	18,3	—
106	Mukti	India	19,80	3,00	1 : 3	1 : 2	—	12,5	—
107	Bog Brook	N. Y.	19,80	7,60	1 : 2	1 : 2 ¹ / ₂	2,50	—	Каменное ядро
108	Piedmont	Calif.	19,80	—	1 : 2	1 : 2	—	—	—
109	Amsterdam . . .	N. Y.	19,80	—	—	—	—	—	—
110	Sudbury	Mass.	19,50	4,26	1 : 2	1 : 2 1 : 2 ¹ / ₂	2,13	—	Бетонное ядро
111	Snake River . . .	Calif.	19,50	3,65	1 : 2	1 : 1 ¹ / ₂	—	—	—
112	Clenwild	N. Y.	19,50	4,00	1 : 2	1 : 2 ¹ / ₂	2,13	—	Каменное ядро
113	Stubden	Ирланд	19,20	3,65	1 : 3	1 : 2	—	—	Глиняное ядро
114	Iunction	Mich.	18,60	3,65	1 : 4	1 : 3	3,65	—	Намывная с глиняным ядром
115	Den of Ogil . . .	Шотлан.	18,3	—	—	—	—	15,2	—
116	Tytam Bag	Hong. Kong.	18,28	9,15	1 : 3	1 : 2	—	—	Ядро
117	Loganlea	Шотлан.	18,00	3,00	1 : 3	1 : 2 ¹ / ₂	—	16,8	—
118	Conconully	Idaho.	18,00	6,1	1 : 3	1 : 2	—	—	Намывная
119	Ashti	India	17,68	1,80	1 : 3	1 : 2	—	12,8	—
120	Chollas Heights	Calif.	17,00	5,50	1 : 3	1 : 2	1,50	—	Стальное ядро; укатка слоями

Продолжение.

№№ по порядку	Название плотин	Местонахождение	Максимальная высота плотины в метрах	Ширина по верху в метрах	Откосы:		Превышение гребня над уровнем воды в мет.	Полезная глубина (считая до водоспускного отверстия) в метрах	Примечание
					водный	низовой			
121	Cedar Grove .	N. Y.	16,80	5,50	1:3	1:2	1,80	15,2	Бетонное ядро; укатка слоями.
122	Hinckley . . .	N. Y.	15,24	6,10	1:2 ^{1/2}	1:2	2,50	—	То же.
123	Merced	Calif.	15,24	6,10	1:3	1:2	—	—	Тонкими слоями.
124	Rotlen Park .	England.	15,24	6,10	1:3	1:2	—	—	Глиняное ядро.
125	Vale House . .	„	14,30	5,50	1:3	1:2	—	—	То же.
126	Jackson Lake .	Wyoo...	13,70	6,10	1:3	1:17/8	2,50	—	Намывная
127	Mormon . . . }	Calif.	13,70	1,80	1:1 ^{1/2}	1:1 ^{1/2}	—	—	—
128	Canyon . . . }								
129	Uley Brook . .	England	12,80	7,60	1:3	1:2	—	—	Глиняное ядро
130	Lower Deer Flat	—	13,10	6,10	1:3	1:2	2,20	—	Укатка слоями
131	Peary	Ireland	12,20	3,65	1:3	1:2	—	—	Глиняное ядро
132	Cuyamaca . .	Calif.	12,20	4,60	1:2	1:2 ^{1/2}	2,00	—	То же
133	Monument . . }	Colo...	12,20	6,10	1:3	1:2	—	—	—
134	Creek . . . }								
135	Swift	Mont.	12,20	6,10	1:3	1:1 ^{1/2}	—	—	Бетон. ядро, низ. часть вся из скалистой наброски
136	Miton	Ohio	12,20	6,10	1:2	1:2	2,80	—	Укатка слоями
137	Sugar Loaf . .	Colo...	11,60	7,60	1:3	1:2	2,50	—	Укатка слоями
138	Cochele Poudre	Colo...	11,60	—	1:3	—	—	—	Укатка слоями
139	South Dike of }	Calif.	11,30	—	1:3	1:2	—	—	—
140	Sweelwater . }								
141	Little Horse . }	S. C.	10,70	—	1:3	1:1 ^{1/2}	—	—	Каменное ядро
142	Creek . . . }								
143	Lianefydd . .	Nales.	9,75	3,00	1:3	1:2	—	—	Замок глубиной 46,90 м
144	Charleroi . .	Pa...	7,60	3,65	1:1 ^{1/2}	1:1 ^{1/2}	—	—	Укатка слоями
145	Bog Brook . .	№ 1	7,60	3,65	1:2	1:2	—	—	Каменное ядро

Приложение II.

Инженер Д. И. Кочерин, ¹⁾ обработав соответственным образом фактические материалы по максимальному стоку талых вод, дает следующее уравнение общего вида, связывающее модули наибольшего стока талых вод q_m с площадями F :

$$q_m = \frac{a}{F^n} - b \dots \dots \dots (I)$$

Параметры уравнения (I) a , b и n , изменяющиеся по территории Европейской части Союза довольно последовательно, следует брать из следующей таблицы:

№№ район	РАЙОН	a	b	n
1	Север	1,43	0,28	0,112
2	Северо-восток	1,66	0,26	0,123
3	Унженско-Ветлужский	1,68	0,28	0,143
4	Северное заволжье	2,06	0,28	0,144
5	Московский	2,82	0,42	0,148
6	Запад	2,88	0,13	0,236
7	Средняя полоса	3,35	0,15	0,235
8	Юг и юго-запад	3,57	0,07	0,288

Для промежуточных и смежных областей примерные значения параметров можно определять интерполяцией.

Для некоторых главнейших градаций площадей модули наибольшего стока талых вод q_m , в согласии с приведенным выше уравнением (I) и применительно к восьми районам Европейской части Союза ССР, указаны в таблице: (см. стр. 226):

¹⁾ См. Гидротехнический сборник, № 1, Москва, 1927 г.

Модули наибольших расходов талых вод q_m .

Район		Север	Северо-восток	Увженско-Ветлужский	Северное заволжье	Московский	Запад	Лесостепь	Юг и юго-запад
Площ. бас-сейна в км ²									
500 000		—	0,07	—	—	—	—	—	—
250 000		0,075	0,10	—	0,064	—	—	—	—
100 000		0,113	0,14	—	0,110	—	0,06	0,07	0,06
50 000		0,145	0,185	—	0,150	0,146	0,09	0,11	0,09
25 500		0,180	0,22	0,114	0,200	0,210	0,13	0,16	0,12
10 000		0,230	0,27	0,170	0,265	0,300	0,20	0,23	0,18
5 000		0,27	0,32	0,22	0,325	0,38	0,26	0,30	0,24
2 000		0,32	0,37	0,27	0,390	0,48	0,32	0,38	0,30
1 000		0,38	0,44	0,34	0,480	0,59	0,43	0,51	0,42
500		0,43	0,51	0,41	0,56	0,71	0,53	0,62	0,53
250		0,49	0,58	0,48	0,65	0,82	0,65	0,76	0,66
100		0,57	0,68	0,59	0,78	1,00	0,82	0,98	0,88
50		0,65	0,76	0,68	0,89	1,13	1,01	1,18	1,06
25		0,72	0,85	0,78	1,01	1,29	1,21	1,42	1,34
10		0,82	0,99	0,92	1,20	1,58	1,52	1,80	1,76
5		0,91	1,10	1,05	1,35	1,70	1,83	2,14	2,15
2,5		1,01	1,22	1,20	1,52	2,03	2,18	2,55	2,67
1,0		1,15	1,40	1,40	1,78	2,40	2,75	3,20	3,50

Список литературных источников, использованных для работы.

І. РУССКАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Акулов К. А., Судходные каналы и их устройство, С. Петербург, 1912 г.
2. Анисимов Н. И., Плотины, часть I, Москва, 1923 г.
3. Бассель Б., Земляные плотины, перевод Н. Н. Павловского, Петроград, 1917 г.
4. Вейраух, Водоподпорные сооружения. Сборники и монографии по вопросам науки и техники, вып. I, Берлин, 1923 г.
5. Журин и Пославский, Проектирование земляных плотин, „Вестник ирригации“ за 1924 г., № 3, 4, 5, Ташкент.
6. Зброжек, Курс внутренних водяных сообщений, изд. 1915 года, отд. III.
7. Технический комитет при Отделе мелиорации и водного хозяйства НКЗ, вып. 3, 1925 г.
8. Спарро Р. П., Пособие для с.-х. водоснабжения, 1911, 1915, и 1927 гг., Москва (текст и атлас), 1-е, 2-е и 3-е изд.
9. Нейлов Д. Д., Устройство плотин, том 1 — 3, С.-Петербург, 1884 г.
10. Пржесмыцкий Ф. Ф., Работы по обводнению селений Курской губ., 1908 г. (текст и атлас).
11. Техническая энциклопедия, изд. „Просвещение“. См. плотины, водоспуски, водосливы и пр.
12. Сельскохозяйственная энциклопедия, изд. Девриена. См. водоспуски и водосливы земляные плотины и пр.
13. Сури А. А., Водоснабжение, ч. I, Ленинград, 1926 г.
14. Люгер, Водоснабжение городов, русский перевод, 1904 г.
15. Жилинский, Очерк работ экспедиции по орошению на юге России и Кавказе с атласом чертежей, С.-Петербург, 1892 г.
16. Подарев В. В., Плотины, вып. III и IV, Москва, 1925 г.
17. „ „ Плотины, литографированное изд., Москва, 1905 г.
18. Атлас чертежей подотдела сельскохозяйственных мелиораций Саратовского губернского земельного управления, Саратов, 1926 г.
19. Попов К. В., Гидротехнические сооружения (конспект лекций), литографированное изд., Москва, 1926 г.
20. Спарро Р. П., О бетоне и его применении, Москва, 1911 г.
21. Левин К. А., Орошение и обводнение земельных угодий.
22. Ненько Я. Т., Подходы к проектированию земляных плотин, Харьков, 1923 г.
23. Костяков А. Н., Очерки по орошению на юге и юго-востоке России, Москва, 1914 г.
24. Подарев В. В., Земляные плотины, литографирован. изд., Москва, 1906 г.
25. Павловский Н. Н., Гидравлический справочник, Ленинград, 1924 г.
26. „Охрана и уход за плотинами“, изд. попечительства о трудовой помощи, С.-Петербург, 1914 г.
27. Флини, Ирригационные каналы и относящиеся к ним сооружения, С.-Петербург, 1908 г.

28. Новгородский М., Устройство запруд и плотин, 1915 г.
29. Бельский А. В., Сельскохозяйственная гидротехника, 1916 г., 2-е издание и 1927 г. 3-е изд.
30. Ростовцев, Охрана земляных плотин во время прохода весенних вод, 1914 г.
31. Фишер, Плотины в сельском хозяйстве, 1908 г.
32. Ростовцев В. Н., Инструкция по охране земляных плотин и гидротехнических сооружений при них во время прохода весенних вод, Саратов, 1928 г.

II. ИНОСТРАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Wilson, Irrigation Engeneering, 1912 г.
2. Buckley, Irrigation Pocket book, 1913 г.
3. Schuyler, Reservoirs for irrigation, Water-Power and Damestic Water-Supply, 1912 г.
4. Bligh, The practical design of irrigation Works, 1912 г. и 1927 г.
5. Wegmann, The Design and Construction of Dams, 1911 г.
6. P. Ziegler, Der Talsperrenbau, 1911 г.
7. Журнал „Proceedings of the Am. Soc. C. E. „The Design of Earth Dams“, статья Justin'a и прения по ней, том XLIX, 1923 г.
8. De Mas, Canaux, 1904 г.
9. Parker, The control of Water, 1913 г. и 1925 г.
10. Straneg, Jndian storage reservoirs with Earthen dams, 1913 г.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА — ЛЕНИНГРАД

Б. АРКАНОВ

ОРОШЕНИЕ

Стр. 316.

Ц. 4 р.

Г. Д. ДУБЕЛИР, В. М. ТОЛСТОПЯТОВ

ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ

Изд. исправл. и дополн.

Стр. 392.

Ц. в пер. 6 р. 90 к.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА — ЛЕНИНГРАД

ВИЛЬЯМС

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАБОТ
ПО УКРЕПЛЕНИЮ РЕЧНЫХ
РУСЕЛ

С 13 чертежами

Перев. с англ. С. А. Реймана

Стр. 52+3 табл. на отд. листе.

Ц. 50 к.

Э. Э. КЕРН

ОВРАГИ

ИХ ЗАКРЕПЛЕНИЕ, ОБЛЕСЕНИЕ
И ЗАПРУЖИВАНИЕ

Изд. 8-е, испр. и доп.

Стр. 164.

Ц. 1 р. 75 к.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА — ЛЕНИНГРАД

Проф. Р. П. СПАРРО

МЕЛИОРАТИВНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

Второе издание

Стр. 235.

Ц. 2 р. 80 к.

А. ДУБАХ и Р. СПАРРО

ОСУШЕНИЕ БОЛОТ ОТКРЫТЫМИ КАНАВАМИ

Издание исправленное

и дополненное

Стр. 368.

Ц. 4 р.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА — ЛЕНИНГРАД

В. Г. БЛЕЙ

ИРРИГАЦИОННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Стр. 181.

Ц. 1 р. 50 к.

Проф. ШПЕТЛЕ

ОСУШЕНИЕ ПОЧВЫ ПОДЗЕМНЫМ ДРЕНАЖЕМ

Перевод с немецкого

с изменен. и дополнен. проф. А. Д. Дубаха

Стр. 95.

Ц. 1 р. 20 к.



С. 25 к/у

Переплет 30 кст