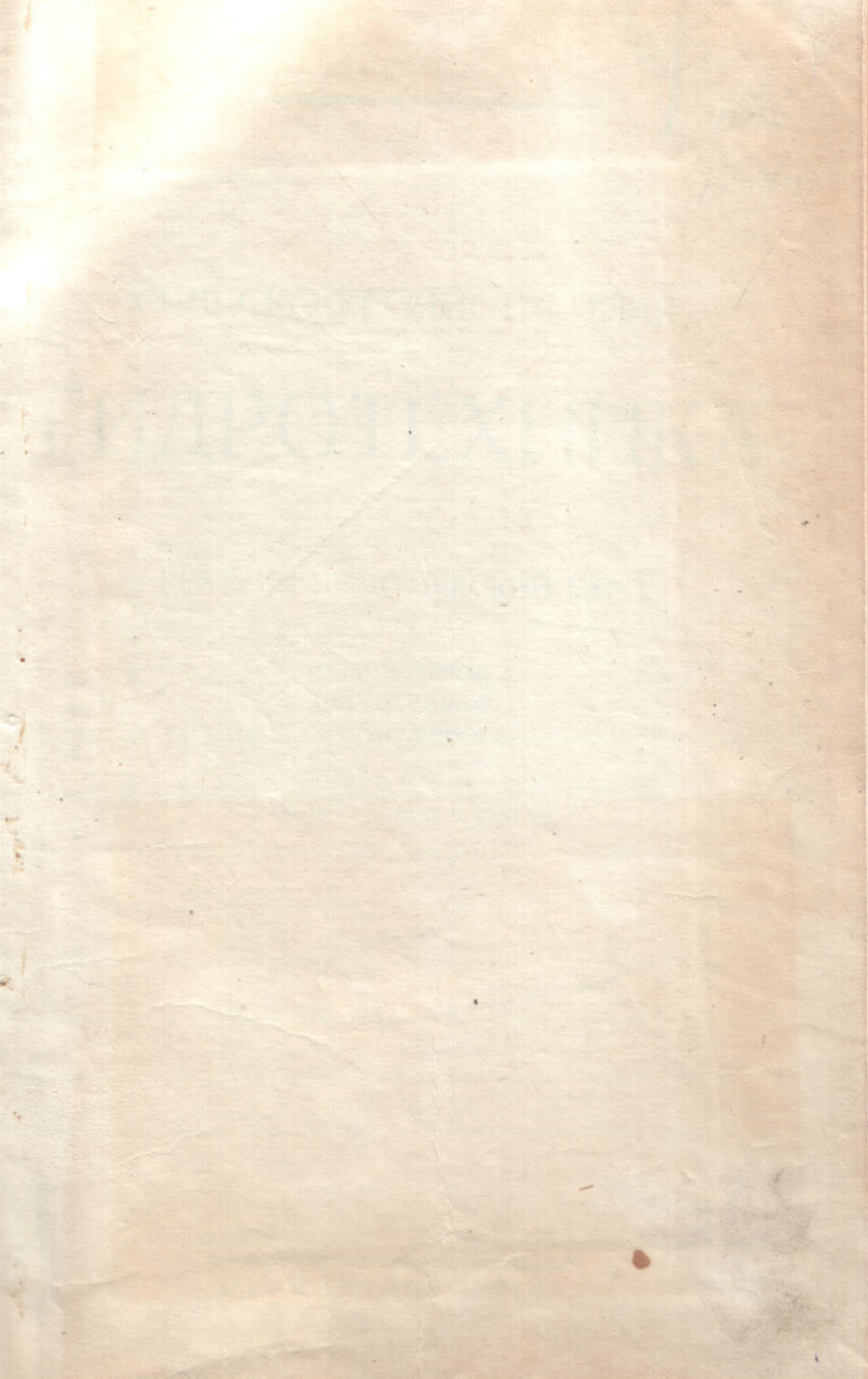


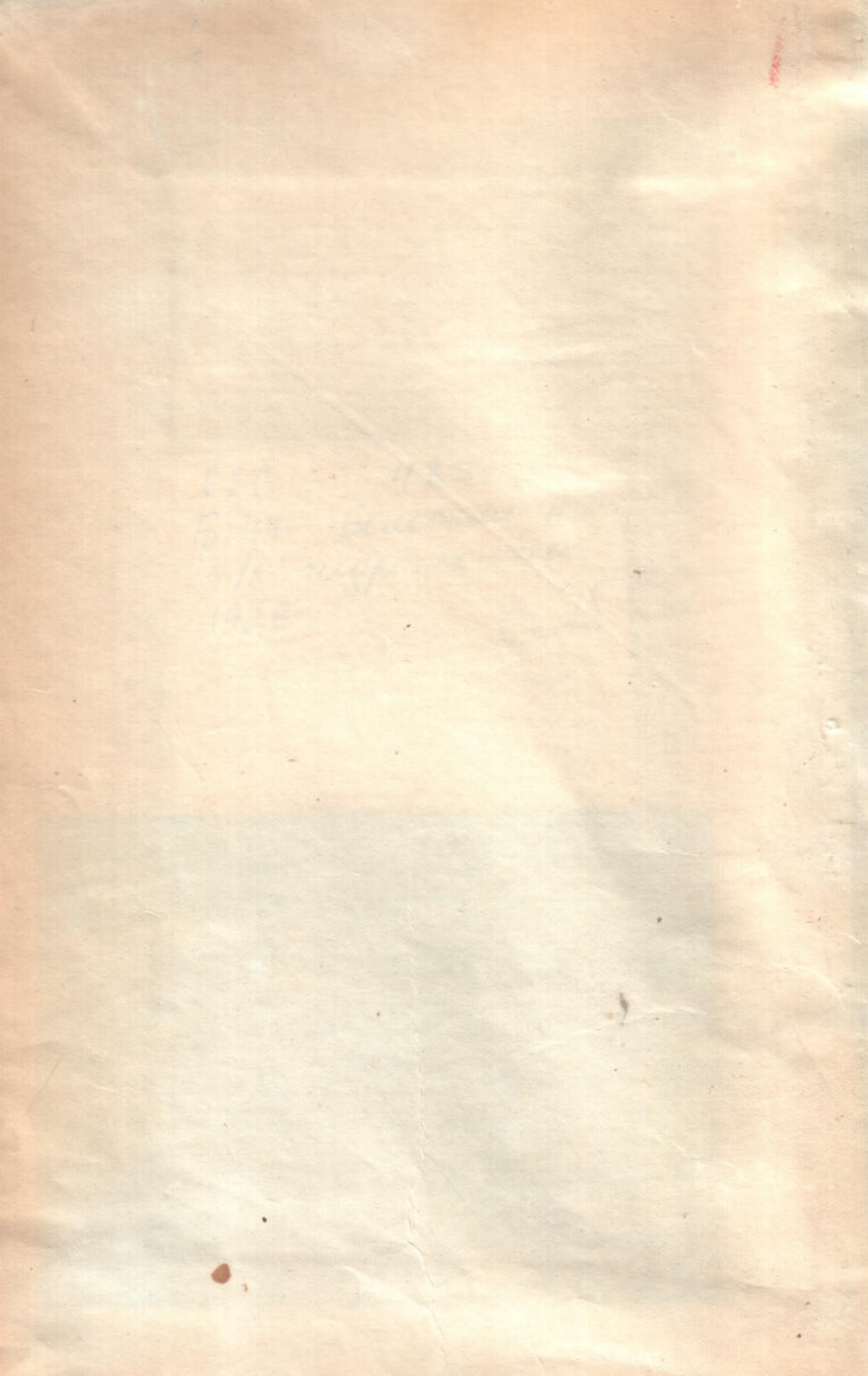
626
B-44

— 5884 —

70

4899





Инженер А. В. БЕЛЬСКИЙ

626
Б-44

СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ
ГИДРОТЕХНИКА

КРАТКИЙ ПРАКТИЧЕСКИЙ КУРС

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ
ЗНАЧИТЕЛЬНО
ИСПРАВЛЕННОЕ

С 359 ЧЕРТЕЖАМИ В ТЕКСТЕ

И
О
„НОВАЯ ДЕРЕВНЯ“
МОСКВА—1926

Напечатано в 1-й Гостиполит.
„Крымполиграфтреста“ в Сим-
ферополе в колич. 8.000 экз.
Зак. № 3.078. Главлит № 58.370
Крымлит № 3.698.

ПРЕДИСЛОВИЕ К III ИЗДАНИЮ

Появление в свет этой книги, в ее первом издании (в 1911 году), обязано Кучеровскому Культур-Техническому училищу, где автор тогда читал курс гидротехники, и для которой необходимо было составить такой популярный учебник, в котором были бы изложены элементарные основы предмета, соответственно программе курса. Это было время большого, оживленного интереса к гидротехническим работам; книга подошла к моменту, и через два уже года автор получил от издательства Девриена предложение готовиться к новому изданию.

Выпущенная наспех, в самый разгар войны, книга, при большом на нее спросе, появилась не только с опечатками и пропусками, но и с ошибками в содержании и с текстуальными неточностями.

Все это тщательно просмотрено и выправлено в настоящем III издании.

Кроме того, накопленный за промежуток времени между первым и третьим изданиями опыт нашей гидротехники и проверенные на нем положения и расчеты, поскольку они были в распоряжении автора, получили свое место в этой книге; то же сделано и по отношению к тем требованиям, нормам и приемам, которые закреплены практикой и вводятся в современные гидротехнические устройства.

Исправления внесены во все главы, но особенное внимание обращено на главу II „Обводнение“, где добавлены некоторые практические приемы постройки трубчатых колодцев и, по совету лиц, сочувствующих популяризации книги, расширены элементарные гидрогеологические понятия, необходимые для читателей, недостаточно осведомленных в этой области знаний.

В виду того, что книга нашла свое применение не только как справочник для практических работников-техников,

но и в качестве пособия в некоторых специальных учебных заведениях, введение, помещенное во втором издании, по требованию рецензентов, теперь совершенно выброшено.

Для лиц, знакомых с гидравликой и гидрологией, это введение является ненужным, а практических работников оно не удовлетворяет. Поэтому автор счел за лучшее пояснение формул, специальных терминов и положений привести в особых дополнительных примечаниях позади текста.

Все измерения выражены в метрических мерах.

Те обширные и чрезвычайно ответственные требования, которые предъявляются в настоящее время к сельскохозяйственным мелиорациям, несомненно, вызовут появление в этой области больших специальных трудов, среди которых предлагаемая книга должна занять весьма скромное место.

В заключение, считаю своим долгом выразить глубокую благодарность профессору Е. Е. Скорнякову за его советы, замечания. Приношу также благодарность нашим крупным деятелям на поприще с.-х. мелиорации профессору Р. П. Спарро, А. И. Костякову, А. П. Соловьеву, И. И. Вихляеву, В. В. Бронгулееву за их отзывы о моем труде и, наконец, научно-технической секции Курского отделения союза Всеработземлеса как за ее содействие, так и за материальную поддержку, давшую мне возможность произвести переработку книги и подготовку ее к печати.

А. В. Бельский.

Курск.

ВВЕДЕНИЕ

Область гидротехники чрезвычайно обширна; задача ее заключается в устройстве сооружений для рационального пользования водою и управления ею.

Все сооружения, имеющие то или иное отношение к воде, принадлежат к гидротехническим сооружениям, а все строительные работы, или производящиеся в воде, или имеющие своим назначением управление водою, как, например, устройство мостовых опор, набережных, речных и портовых сооружений, устройство плотин, каналов, дамб, водостоков (канализация) и водопроводов, наконец, устройство сооружений для эксплуатации движущей силы воды,—все эти работы являются работами гидротехническими.

В зависимости от назначения и характера устройств различаются и категории гидротехнических работ. Так, постройка портовых сооружений, гаваней, набережных, маяков и проч. относится к морской или портовой гидротехнике; работы по устройству пристаней, по улучшению рек, как путей сообщения, по их шлюзованию и оборудованию для целей судоходства входят в предмет ведения речной гидротехники; очистка сточных вод, водостоки (канализация), водопроводы и, следовательно, устройство водоснабжения относится к санитарной гидротехнике, и, наконец, устройство сооружений, имеющих целью управление водою для нужд земельных мелиораций, составляет объект сельско-хозяйственной гидротехники.

Под мелиорацией понимаются работы, имеющие свою целью улучшение природных условий земель. Поэтому к сельско-хозяйственно-гидротехническим работам относятся: 1) обводнение и сельское водоснабжение для питьевых, хозяйственных и противопожарных целей, 2) орошение земель—привод или задержание воды там, где она недостаточна для произрастания культивируемых растений, 3) осушение земель в смысле отвода излишка воды, препятствующей произрастанию растений, и регулирование речек с целью, как прекращения заболачивания земель, так и приведения в порядок водоприемников осушительных сетей, 4) укрепление оврагов с целью прекращения их роста, задержания овражных выносов, а также иссушения и дренирования земель.

Все перечисленные гидротехнические работы выполняются в строгом соответствии с правилами строительного искусства, конструируются на основах и законах гидравлики и строительной механики, проектируются согласно данных изысканий, основанных на приемах геодезической техники, и в мелиорациях проводятся в согласованности с положениями и требованиями агрономической науки.

Кроме этого, гидротехника строит свои работы на основах изучения природы как поверхностных, так и подземных вод, т. е. на выводах гидрологии и гидрогеологии. Затем, гидротехника соприкасается с прикладной (практической) механикой и, наконец, она считается с требованиями санитарного порядка, сталкиваясь с ними при разрешении своих многообразных задач.

В предлагаемом руководстве изложены приемы простых, наиболее ходовых, почти исключительно сельских гидротехнических работ, и совершенно не затрагиваются конструкции тех инженерных сооружений, которые обслуживают обширные земельные пространства, внося этим глубокие коренные изменения в природные условия целых областей с вытекающими отсюда улучшениями экономических и бытовых условий.

Описание таких работ, как, напр., устройство барражей, постройка сложных ирригационных сетей с вальцевыми или иных совершенных конструкций плотинами, регулирование больших рек с осушением обширных массивов и др., требующие применения инженерных познаний с расчетами на основах высшего математического анализа, выходит за рамки элементарного руководства и излагается в специальных курсах.

ГЛАВА I

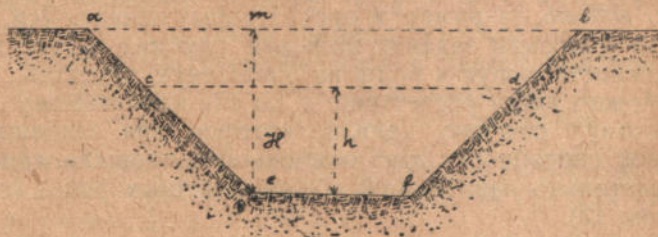
Перемещение воды

1. Канавы

Искусственное перемещение воды осуществляется устройствами двоякого рода: открытыми каналами или канавами, в которых вода движется самотеком, и закрытыми каналами или трубами, в которых вода может двигаться под напором.

Открытую канавою*) называется более или менее длинная и узкая выемка в земле, дно которой в поперечнике всегда горизонтально, продольный же профиль ее имеет уклон в сторону перемещения.

В неукрепленной канаве поперечное сечение всегда трапециoidalного профиля (фиг. 1). При назначении зало-



Фиг. 1.

жения *ae* и *bx* надо сообразоваться с плотностью и устойчивостью грунта; так, ординарный откос (1:1) применяется в черноземе и суглинке, полуторный откос (1:1^{1/2}) дается грунтам супесчаным, двойной (1:2)—для песчаных и глинистых; наконец, тройной и более пологий откос назначается в слабых иловатых землях, и, наоборот, в плотном торфяном слое откосы приближаются к вертикальным—1:1^{1/2} и даже 1:1^{1/4}—в моховых болотах.

Размеры канавы, т. е. глубина ее, ширина, по верху и по дну, определяются расчетною величиною живого сечения

*) Канавы и канал—понятия однозначные, только каналами называются канавы больших размеров или главные по отношению к соединяющимся с ними боковыми.

(см. прим. 1), но уже 20 сантим. ширина по дну не делается, так как это обыкновенная ширина лопаты, которою роется канава.

При определении глубины канавы надо иметь в виду, что чем меньше глубина, тем (для той же площади сечения) должна быть больше ширина дна, тем большую полосу земли приходится занимать под канаву; затем неудобство мелких канав заключается еще и в том, что такие канавы скорее заплывают, затаптываются скотом и заваливаются. С другой же стороны, недостатки очень глубоких канав заключаются в трудности их рытья, возрастающей по мере углубления, кроме этого, с увеличением глубины увеличивается давление воды на грунт и просачивание сквозь дно и бока. Для каждого угла наклонения откоса существует наивыгоднейшее отношение глубины и ширины по дну канавы. Так, обозначив глубину через h и ширину по дну — через b , имеем для ординарных откосов $b = 0,83$ или, приняв $b = 1$, получим $h = 1,2$. Для полуторных откосов $b = 0,61$ и при $b = 1 = 1,64$ (см. прим. 2). Таким образом наиболее выгодною формою является сжато-углубленная.

Зная площадь сечения канавы, легко подобрать все ее размеры. Однако же бывают случаи, когда приходится отступать от такого сжато-углубленного профиля и прибегать к уширенному типу. Это бывает, когда живое сечение канала очень велико, например, в оросительных каналах (см. ниже), где по условиям задания большая глубина канала не дает возможности выпуска воды на орошаемую площадь.

Можно вести расчет еще и по так называемому „экономическому“ сечению канала, которое при заданной пропускной способности дает наименьшую площадь сечения и следовательно наименьший объем земляных работ (см. примечание 13).

Уровень воды в канаве должен быть всегда ниже бровки на случай переполнения, не менее 0,40 метра, и этот запас надо иметь в виду при расчете отверстия канавы.

Наибольший уклон для канав без укрепления нужно считать 0,005; но такой уклон задается только в исключительных случаях, при крепком грунте и на небольшом протяжении. Обыкновенно же уклон для неукрепленного грунта выбирается от 0,005 до 0,00015; в среднем около 0,003.

В прямой зависимости от уклона находится скорость. При скорости в 0,10 метр. в секунду на дне канавы отлагается муть, подвешенная в движущемся потоке, вода застаивается, и в канаве заселяется водяная растительность, которая еще более понижает скорость. При движении же со скоростью больше 1 метра в секунду вода разрушает откосы, отрывая от них частицы грунта, особенно на поворотах. Наиболее выгодною скоростью надо считать от 0,30

до 0,80 метра, в среднем—0,60 метра в секунду. Для лотков с двойным каменным мощением на растворе скорость можно допустить до 4 метров, а при одиночном мощении насухо, но в плетнях—до 2 метров. Самая лучшая кирпичная кладка не выдерживает скорости большей 4 метров, а при скорости в 5 метров вода несет камни в 30 килограммов весом. В деревянных и бетонных лотках скорость доводят до 5 метров. Предельным же уклоном следует считать:

для чернозема	0,003
„ суглинистого грунта	0,005
„ мощения	0,05
„ дерновки	0,10
„ кирпичной кладки	0,20
„ деревянных лотков	0,50
„ бетонных	1,00

при чем эти цифры надо брать только в исключительных случаях, имея в виду, что при переполнении канавы скорость увеличится и может перейти предел допущенной. Поэтому лучше и надежнее не выходить за половину указанного предела.

Всякая канава рассчитывается на определенный расход (см. прим. 3), т. е. чтобы в единицу времени—в 1 секунду—она пропустила определенное количество Q воды. Для расчета поперечного сечения прежде всего задаются скоростью v (см. практический примерный расчет канавы в конце книги), а для этого соображаются с характером грунта и уклоном, руководствуясь формулой скорости

$$v = c\sqrt{Ri};$$

комбинируют скорость, живое сечение и уклон так, чтобы получить требуемый расход Q , не перейдя предела ни скорости v , ни уклона i .

На большом протяжении редко удается выдержать однообразный уклон и поэтому, чтобы везде сохранить заданный расход Q , приходится, сообразуясь с рельефами, изменять размеры сечения, т. е., например, уменьшить глубину h , но увеличить ширину по дну b , или, наоборот, приходится менять уклон i , конечно в пределах допустимого, чтобы не перейти за предел скорости.

При проведении канавы с переменным уклоном, можно в некоторых частях в крайнем случае снизить уклон почти до нуля, т. е. повести дно почти горизонтально, но ни в одной точке нельзя допускать обратных уклонов x_u (фиг. 2). Это понятно без особых пояснений: вода в открытой канаве не может подняться вверх.

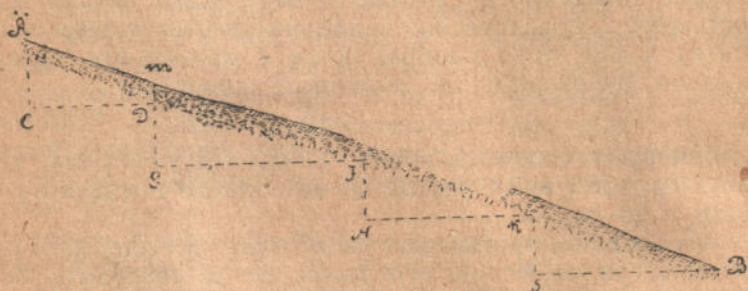
Если уклон местности настолько велик, что выходит за пределы допустимого, то канаву приходится вести с уступами (перепадами). Пусть, например, требуется проложить

канаву протяжением в 1000 метр. на местности, уклон которой 0,005; а уклон проектируемой канавы пусть будет не больше 0,002 и пусть глубина канавы будет равна 1 метру. Итак, все падение местности на протяжении 1000 метр. составит $0,005 \times 1000 = 5$ метр., а падение дна канавы $0,002 \times 1000 = 2$ метр. Опустив в начальной точке глубину канавы в 1 метр. и вычтя его из падения местности 5, получим 4, т. е. падение от дна канавы до конца должно



Фиг. 2.

быть 4 метра, а по заданию это падение должно быть 2 метра, следовательно на половине всего протяжения линия дна канавы пересечет поверхность земли и до конечной точки не дойдет, поэтому остальную половину надо провести с перепадами, число которых, если им давать высоту, например, в 50 сантиметров, будет равно разности падений местности и дна, деленной на высоту перепада, именно $(2 - 1) : 0,50 = 2$. Так как местность на очень небольших протяжениях имеет



Фиг. 3.

однообразный уклон, то обыкновенно место и число перепадов удобнее всего найти весьма несложным построением. Для этого на клетчатой бумаге проводим линию AB длиною в 1000 метр. так, чтобы точка A (фиг. 3) была выше точки B на 5 метр.; тогда AB изобразит линию местности. От точки A по вертикали вниз отложим глубину канавы AC и из C проведем CD с заданным уклоном. В том месте, где проектная линия C подходит к AB , намечаем первый перепад DE ; при чем точка D должна быть выбрана с таким расчетом, чтобы вода из канавы не вышла на поверхность земли, т. е. чтобы Dm было не меньше заданной высоты воды

в канаве. Затем из точки *E* ведем линию канавы с тем же уклоном до следующего перепада *FH*; также получается и третий уступ *KS*, после которого в точке *B* канава по заданию выходит на дневную поверхность.

Так как вода, падающая с уступа, развивает большую скорость и производит разрушение русла, то дно и стенки

перепада укрепляются деревом или камнем. Кроме этого, чтобы избежать развития большой скорости перед уступом, надо ширину дна делать не одинаковую, а суживая от

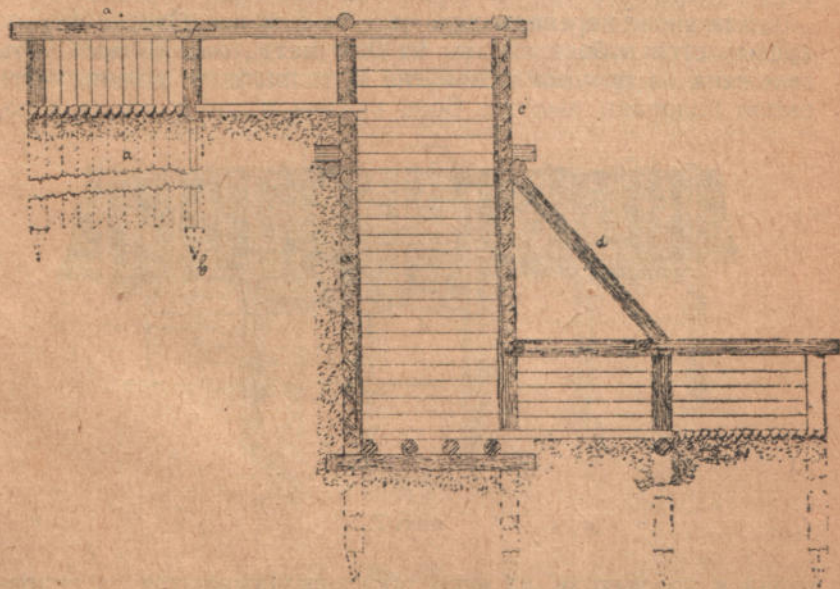


Фиг. 4.

одного порога (фиг. 4) и расширяя до следующего. Так, напр., если дно должно иметь ширину 0,30 метр., то выше порога его делают в 0,40, а под порогом в 0,20 метр.

Укрепляются перепады различно, в зависимости от размеров уступа и имеющегося под руками материала.

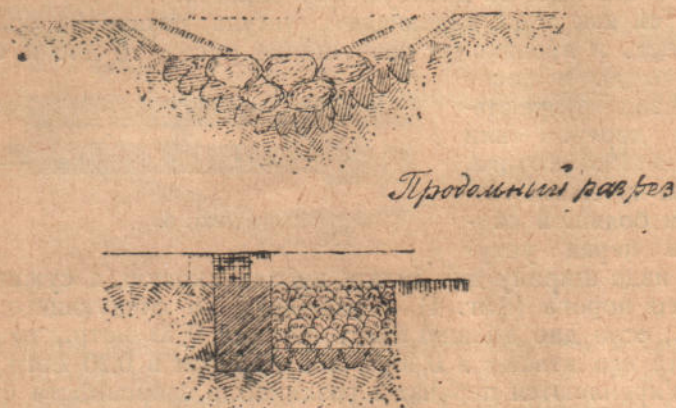
На фиг. 5 представлен тип очень прочного, сильного



Фиг. 5.

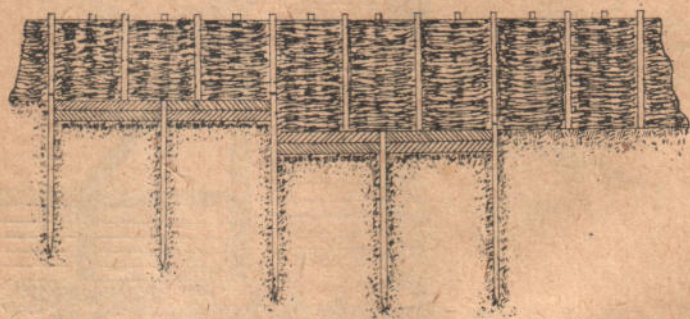
деревянного перепада для тех случаев, когда вода падает с очень большой (до 3 метр.) высоты. Такой перепад имеет у входа шпунтовые крылья, шпунтовой порог, стены его выполняются из пластин в закрой. Так как на стенку будет

бить вода, то для прочности она укрепляется подкосами. Чем высота падения меньше, тем и устройство перепада проще.



Фиг. 6.

Каменные перепады делают на цементе. Стенка порога врезывается в бока канавы на 0,50 метр., она должна быть заложена на прочном основании, и толщина ее должна быть около половины высоты. Бока канавы и дно у входа в пе-



Фиг. 7.

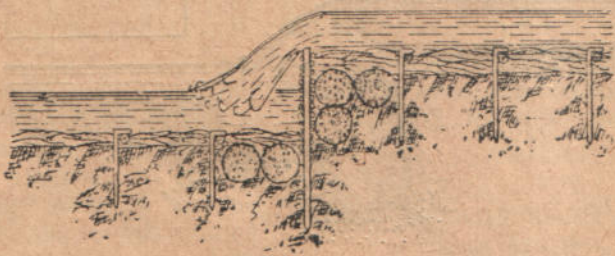
репад и по выходе из него также складываются на гидравлическом растворе и оштукатуриваются цементом в составе 1:3. Значительно лучшим для таких сооружений является бетон.

Если высота перепада не велика, например, 0,15—0,20 метр., то совершенно достаточно стенку сделать из бутового камня на мху или на навозе, толщиной, равной высоте

порога (фиг. 6), дно вымощивается камнем на длину, вдвое большую высоты порога; такое же мощение делается за порогом и по откосам канавы.

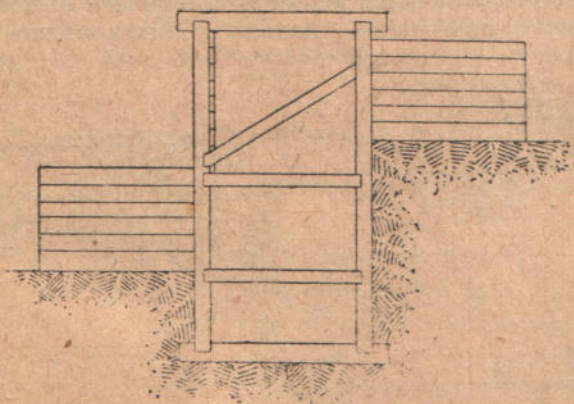
Весьма распространены плетневые и фашинные перепады.

Плетневые перепады (фиг. 7) устраиваются небольшой высоты—в 0,20—0,25 метр., при этом в дно канавы до и после перепада не менее как на метр втрамбовывается жирная глина, а сверху выстилается в два слоя дерн.



Фиг. 8.

Фашинные перепады (фиг. 8) делают несколько выше до 0,50 метр., при этом фашины запускаются в откосы канавы. Под падающей струей водобой делается или из каменной наброски или из фашинной стельки, а до порога и за ним



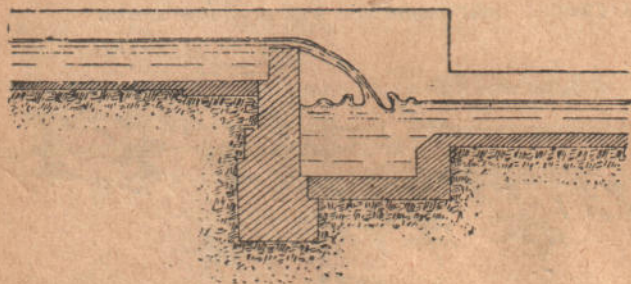
Фиг. 9.

дно и стенки канавы выстилаются хворостом, который поддерживается притугами и крючкообразными кольями.

Перепады имеют широкое применение в плотинных водосливах (см. ниже).

На перепадах, высота которых больше 0,50 м., необходимо ставить успокоители или водобойные колодцы (фиг. 9).

Падающая с уступа в колодец вода встречает водяной туюфьяк и успокоенная плавно переливается через край колодца. Деревянные колодцы устраиваются весьма просто, что видно из чертежа, но должны быть сделаны очень прочно и должны иметь крепкий надежный пол. В каменных или бетонных колодцах порог иногда делается наклонным (фиг. 10, 11).

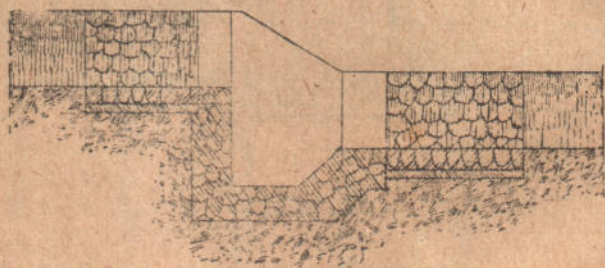


Фиг. 10.

Глубина водобойного колодца определяется по формуле Флина (фиг. 12)

$$x = 0,72 h^{1/2} d^{1/2},$$

где x искомая глубина от дна канавы нижнего бьефа, h — разность горизонтов воды верхнего и нижнего бьефа, d — глубина полного наполнения канавы. Обыкновенно глубина



Фиг. 11.

делается от 0,70 метр. до 1 метра, а разность высот стенок передней и задней должна быть не меньше 0,40 метр., иначе вращательное движение, образующееся в колодце, не успокаивает, а, наоборот, развивает скорость падающей воды. Что же касается длины колодца (по течению воды), то она определяется на основании того положения, что падающая в колодец вода описывает параболу (фиг. 13); и если толщина струи будет $= B$, то расстояние, на какое упадет верхняя струйка, зависит не только от высоты порога, но и от

скорости v ; расстояние это может быть определено по формуле

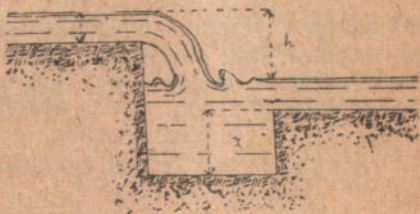
$$l = v \sqrt{\frac{2(H+B)}{g}}$$

и во всяком случае l должно быть не меньше $1\frac{1}{2} H$.

В успокоителях осаждается ил, поэтому от времени до времени их надо чистить, иначе они теряют свое значение.

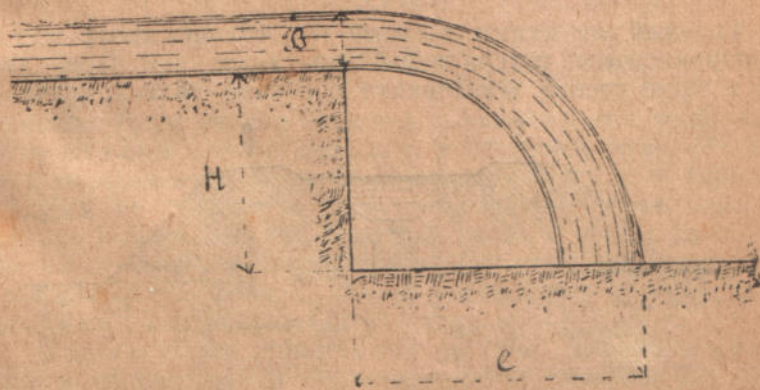
Самое выгодное положение канавы—в однообразной выемке, по прямой линии, без крутых изгибов, но иногда,

например, в оросительном деле, требуется, чтобы горизонт воды в канаве был выше окружающей местности, иначе нельзя полить площади, тогда приходится прибегать к насыпям, при чем в иных случаях канава только частью идет в насыпи, а



Фиг. 12.

частью в выемке (фиг. 14), иногда дно канавы идет по поверхности земли, а бока в насыпях (фиг. 15), иногда же вся канава проходит по насыпи (фиг. 16). Во всех этих случаях для сопряжения насыпи



Фиг. 13.

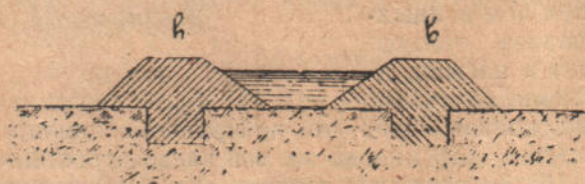
с грунтом необходимо устраивать так называемые замки, т. е. под насыпью во всю ее длину надо вырыть ров, который и забить плотно землею насыпи.

Площадка сверху насыпи называется банкетом (*bb*), ее делают слегка покатою в сторону от канавы, чтобы туда не стекала дождевая вода. Ширина банкета не делается меньше



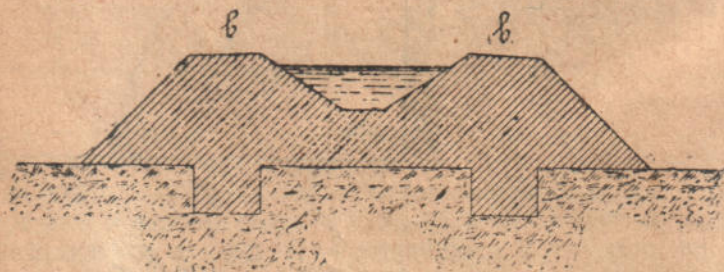
Фиг. 14.

0,60 метров. Наружный откос насыпи делают полукоренный и для укрепления засевают смесь овса с травами: костра, тимофеевки и овсяницы, корни которых дают скрепляющий густой войлок.



Фиг. 15.

Главный недостаток насыпей тот, что они почти всегда водопроницаемы; потеря воды происходит как через дно, так и через стенки. Фильтрация особенно сильна вначале;



Фиг. 16.

потом, когда дно и откосы заcolmатируются, т. е. произойдет заиление, тогда просачивание уменьшается. Другая слабая сторона насыпей та, что они подвергаются оседаниям.

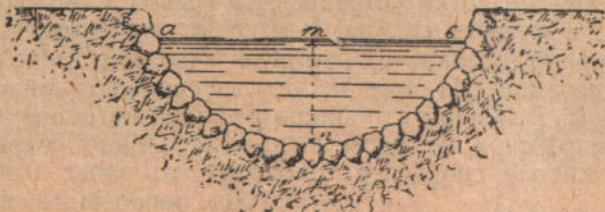
Наконец, очень большую опасность для насыпей представляют в степных местах СССР суслики, которые вырывают в откосах норы.

Постройка насыпей должна быть выполняема возможно аккуратнее. Землю надо насыпать тонкими слоями и сильно ее трамбовать. Почва под насыпью должна быть взрыхлена; в самой насыпи не должно быть веток, корней, камней, вообще ничего, что могло бы впоследствии вызвать просачивание. Если канава идет по косогору, то, чтобы в нее не попали посторонние воды, стекающие с возвышенности, роется отводная нагорная канава, спускающая воду куда-нибудь в низины. То же делается, когда канава идет в насыпи и является опасность подмыва со стороны ската.



Фиг. 17.

В тех случаях, когда грунт, по которому проложена канава, пропускает воду, или же когда от перемены уклона скорость сразу и значительно увеличивается, дно и откосы канавы должны быть укреплены. Простейшее укрепление

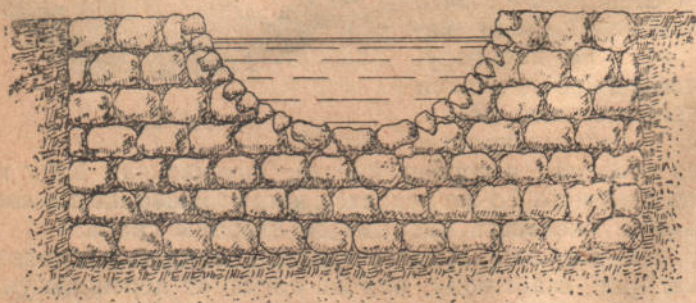


Фиг. 18.

дерновое. Дерн на дно кладется в два слоя так, чтобы шов не приходился против шва, т. е. в перевязку (фиг. 17), а в бока укладывается в так называемую стенку, т. е. дернины кладутся не плашмя, а горизонтальными рядами, одна на другую. Наилучшею одеждою для канав является каменная. Канавы с каменной облицовкою делаются или дугообразного очертания (лотки), или обыкновенного трапециoidalного, или с вертикальными стенками.

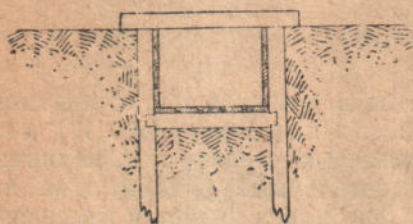
В лотках камни ставятся тычком (фиг. 18), при чем ряды тычков располагаются перпендикулярно течению. По середине делается так называемая простановка—камни берутся более крупные. Кладка ведется или насухо, или на навозе, или, наконец, на соломе. Стрелка лотка *mn* составляет около одной трети хорды *ab*. Такой лоток применяется при уклоне до 0,05; при большем же уклоне надо через 10—20 метр.

(в зависимости от крутизны) устраивать упорные пояса в виде стенок (фиг. 19), сложенных на гидравлическом растворе и запущенных как в дно, так и в бока на 1 м. В лотках отмаскивать бока надо выше наибольшего горизонта воды, так как наибольшее повреждение канавы происходит по линии уреза воды. Для правильного построения лотка употребляется шаблон, состоящий из двух одинаковых и параллельно скрепленных деревянных сегментов.



Фиг. 19.

Деревянные лотки устраиваются весьма просто (фиг. 20). В землю не меньше как на 1 метр от поверхности забивают попарно свайки, в которые торцевым шипом загоняют поперечины в том месте, где должно приходиться дно канавы. Эти пары столбиков располагаются на расстоянии 2 метр. пара от пары. Высота столбиков берется по расчету живого сечения с прибавкою на запас 0,30 метр.



Фиг. 20.

На поперечины настилаются доски и пришиваются гвоздями. Также досками обшиваются и стенки лотка. На стойках нарубаются торцевой шип, на который насаживается сквозным пазом верхняя поперечина, и шип расклинивается. При большом уклоне лоток ведется перепадами по 0,50—0,60

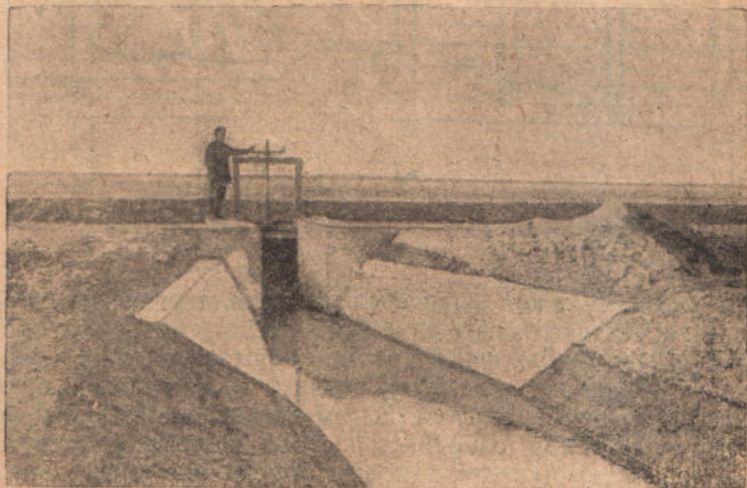
метр. в высоте. Если лоток устраивается с целью отведения воды в низкие места, то выходной конец лотка делается горизонтальным и расширяется (в $1\frac{1}{2}$ раза) воронкой, чтобы воде облегчить выход и уменьшить ее разрушительную скорость. Все части лотка непременно осмаливаются.

Наконец, канавы укрепляются бетонною облицовкою толщиной в 0,10—0,15 метр., у дна толще, а к бровке—тоньше.

На фиг. 21 изображена такая облицовка оросительного канала у шлюза—в сфере наибольшего движения воды, т. е. там, где размыв сильнее.

Если канава пересекает овраг, ручей, речку или другое углубление большей или меньшей глубины, то вода через такие низины проводится по желобу, который подпирается на весу и носит название акведука.

Акведук (иначе водопроводный мост) строится из различных материалов: из железа, бетона и дерева. Опоры деревян-

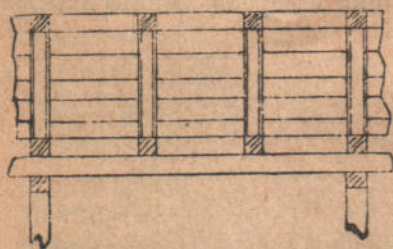


Фиг. 21.

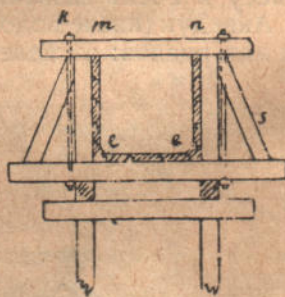
ного акведука ставятся через 2—3 метра и, как у всякого моста, состоят из устоев и быков. На опоры употребляются сваи, забитые по две в ряд. Расстояние сваи от сваи в ряду зависит от ширины желоба и должно быть таково, чтобы над сваями приходились бока желоба. На сваях на рубаются шипы, на них насаживаются насадки и расклиниваются. Само собой разумеется, что прежде зарубания шипов верхушки свай должны быть спилены по такой линии, которая бы шла с нужным для акведука уклоном. На насадки укладываются два прогона. Толщина их должна быть не меньше 0,20 метр., располагать прогоны надо непременно над сваями, чтобы не ослаблять прогонов, в них нельзя делать глубоких врубок, а только слегка прирубить, чтобы прогон не соскользнул с насадки. Если высота и ширина желоба не больше 1 метр., то пролет между опорами делается до 4 метр. Высота акведука над дном оврага должна быть такова, чтобы он не стеснял русла перекрываемого им оврага и чтобы самые высокие воды, проходящие по тальвегу, не подходили

до нижней грани прогонов. На построенный таким образом мост помещается желоб акведука (фиг. 22 и 23).

На прогоны через каждый 1 метр укладываются поперечины (лежни), при чем их на 0,02 метр. нарубают на прогоны. Концы лежней должны выходить за линию прогонов не менее как на половину ширины желоба *т.п.* С верхней сто-



Фиг. 22.



Фиг. 23.

роны каждого лежня выдалбливают в полдерева два гнезда. В гнезда устанавливают боковые стойки, высота которых определяется наибольшим уровнем воды в желобе. На шипы боковых стоек насаживаются верхние поперечины и связываются с лежнями болтами. Затем стойки подпираются подкосами *s*. В таком собранном остове желоба укладывают по половым лежням два угловые бруска (четверти), врубая их около 0,02 метр. в лежни и стойки, а между этими угловыми брусками *b* настилают пол досками, толщиной в 0,06 м. Такими же досками гладко обшивают стенные стойки внутри. При настилке пола и обшивке стен избегают делать стычку досок пола и стен на одном и том же лежне. В половых досках четвертей вынимать не следует, потому что от продолжительного пребывания под водою закраины четвертей разбухают, коробятся и раскрывают пазы. Конопатка в пазах держится плохо, выносится течением, и пол дает течь. Несравненно лучше делать полы так: кромки досок тщательно фугуют, чтобы, поставленные на ребро, они плотно прилегали бы одна к другой на всю их длину без просветов. Каждую доску прибивают к лежням двумя гвоздями, при чем под шляпки гвоздей надо навернуть немного конопатки, т. е. смоленой пакли. Прежде



Фиг. 24.

прибивки досок кромки их должны быть скошены по всей длине на половину их толщины. Полученный таким образом зазор (фиг. 24) в швах досок с внутренней стороны желоба необходим для хорошей проконопатки швов смоленой пенькой.

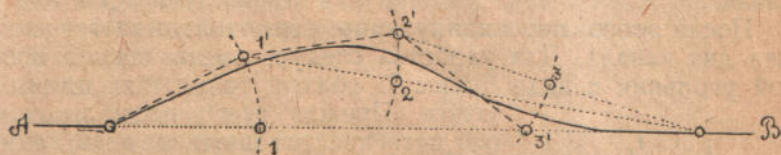
Ведомость земляных работ по выемке (такого-то) осушительного канала. Откосы 1:1

№№ пикетов	Расстояние	Глубина по выемке	Ширина		Площади		Объемы
			По дну	По верху	Частные	Средние	
0		0,70	0,60	2,00	0,81		
	100	—	—	—	—	0,99	99,00
1		1,11	„	2,80	1,17		
	50	—	—	—	—	1,10	55,00
1+50		0,96	„	2,50	1,04		
	50	—	—	—	—	0,93	46,50
2		0,72	„	2,00	0,82		
	100	—	—	—	—	0,95	95,00
3		1,03	„	2,60	1,08		
	100	—	—	—	—	1,03	103,00
4		0,94	„	2,40	0,99		
	100	—	—	—	—	0,90	90,00
5		0,70	„	2,00	0,81		
	80	—	—	—	—	0,88	70,40
5+80		0,88	„	2,30	0,96		
	20	—	—	—	—	0,87	17,40
6		0,66	„	1,90	0,78		
	100	—	—	—	—	0,78	78,00
7		0,67	„	1,90	0,78		
	100	—	—	—	—	0,79	
8		0,68	„	2,00	0,80		
	100	—	—	—	—	0,83	83,00
9		0,76	„	2,10	0,86		
	900						916,30 куб. метр.

Проделав необходимые камеральные работы, проект переносят в натуру,—это называется трассировать канал. Необходимо заметить, что при назначении канала нельзя допускать крутых поворотов, и ось канала в вершинах углов должна быть закруглена с радиусом не менее как в 100 метров. Бывают случаи, когда линию приходится трассировать не по проекту, а по заданному уклону, отыскивая его на местности. Это делается при помощи нивелировки: передвигается передняя рейка вправо и влево от пикетного

кола до тех пор, пока не будет отыскана точка заданного падения на расстоянии пикета, так делается на всех пикетах, а затем трасса выпрямляется с плавным закруглением (фиг. 26).

После назначения линии на местности, десятнику выдается выписка земляных работ с обозначением на пикетах глубин, ширины дна и ширины по верху.



Фиг. 26.

Затем на местности производится разбивка работ следующим образом: где стояла рейка, выставляются колышки с надписью, на какую глубину требуется сделать выемку. Пространство между пикетами разбивается на части, по 10 метр. каждая, и глубина выемки на этих участках определяется визирками. Для этого одна визирка ставится на одном (на-



Фиг. 27.

чальной) пикете, а другая на втором (следующем), при чем эта вторая визирка ставится не на земле c , а или поднимается над нею (см. фиг. 27), или опускается в землю настолько, чтобы расстояние от конца визирки s до проектной линии дна канавы mn , т. е. величина sn была равна проектной глубине канавы.

Имея под руками готовый разработанный проект, легко получить все нужные для целей разбивки величины. Когда две визирки установлены на пикетах, третья переносится и устанавливается последовательно на все участки. Если визирку приходится поднимать (см. фиг. 27), то для нахождения в этом месте, расстояние от конца визирки до поверхности земли, т. е. ef , вычитается из глубины bm , если же визирку приходится углублять в землю, то глубина канавы будет равна глубине ямки dg плюс величина bm . Так разбивается все междупикетное расстояние и приводится глубина к одному измерению bm . От следующего пикета глубина

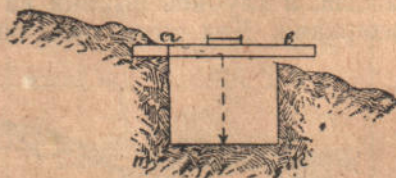
приводится по отношению к глубине sp и т. д. Нетрудно видеть, что если нивелировка и определение проектных глубин bm , cn и т. д. сделаны верно, то найденная только что описанным способом линия дна будет идти под однообразным уклоном без переломов. Все полученные таким образом определения полезно записать и выставить на колышках в соответственных местах. Разбитая линия является осью канала.

После этого перпендикулярно оси откладывается ширина дна канала. Для удобства следует иметь весьма простой угольник в виде буквы Т, сбитый точно под прямым углом. Прежде всего по колышкам оси натягивается шнур, на него длиною стороною кладется угольник, а по краю короткой стороны направо и налево от шнура отмечаются равные части, соответствующие половине дна.

Поступая так через каждые 10 м., получают обозначенные боковыми колышками две линии дна ab и cd (фиг. 28).



Фиг. 28.



Фиг. 29.

Очень полезно боковые колышки ставить в два ряда ef и gh , при чем ряды ab и cd точно обозначают ширину дна, а ряды ef и gh по бровкам откосов и непременно в направлении, перпендикулярном к оси. Эти же ряды колышков нужны для проверок глубины канавы в пикетных точках, потому что колышки по линии ab и cd уничтожатся при рытье. Затем приступают к рытью канавы. Если есть опытные землекопы, то канаву роют сразу с откосами, если же таких рабочих нет, то сначала роют канаву с вертикальными стенками шириною — по ширине дна, а потом уже делают откосы. В этом втором случае по колышкам ab и cd (см. фиг. 28) натягивают шнур, по которому краем лопаты отбивают линию дна (см. фиг. 29). Прежде всего роются участки около пикетных точек, т. е. через каждые 10 метр.; при этом рабочий кладет на поверхности на свое место уровень (по точкам g и h фиг. 28) и от него опускает отвес, длиною равный глубине канавы (по проекту) для данного места. Дорывшись до дна в двух ближайших пикетных пунктах (через 10 метров),

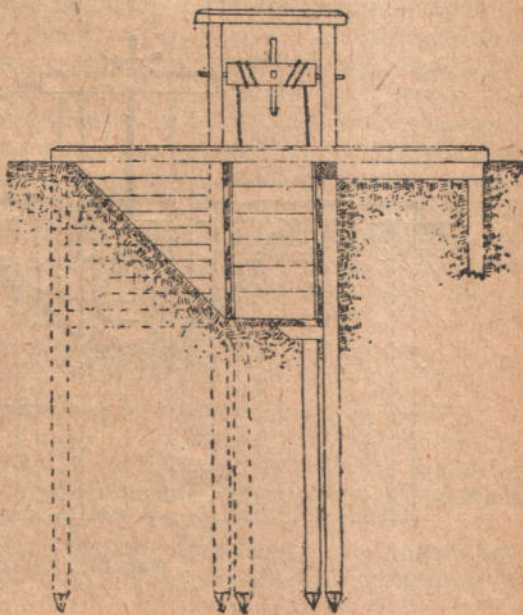
промежуток вынимают, проверяясь по визиркам, в то же время выравнивая дно в поперечном направлении по уровню. Когда вертикальная выемка сделана, откосы снимают по лекалу.

Рытье канав всегда следует начинать с пониженного конца, и выемку вести слоями, при этом, чтобы дождевые или грунтовые воды не могли затруднять рабочих, по оси выемки вырывают кювет или канавку для отвода воды и, по мере углубления выемки, углубляют и кювет.

Земля из выемки складывается за бровки канала в кавальеры с обыкновенными откосами, при чем при проведении канавы по косоугору кавальер складывается с верхней стороны, предохраняя канаву от верхних вод. Между бровкой и кавальером оставляется берма не меньше 1 метра.

Если канава ведется с уступами, то на перепадах нельзя сохранить однообразного наклона откосов, и так как за порогом высота выемки сразу увеличивается, то и откос должен быть врезан в бока дальше, и тогда план канавы с дном и откосами принимает вид, изображенный на фиг. 4.

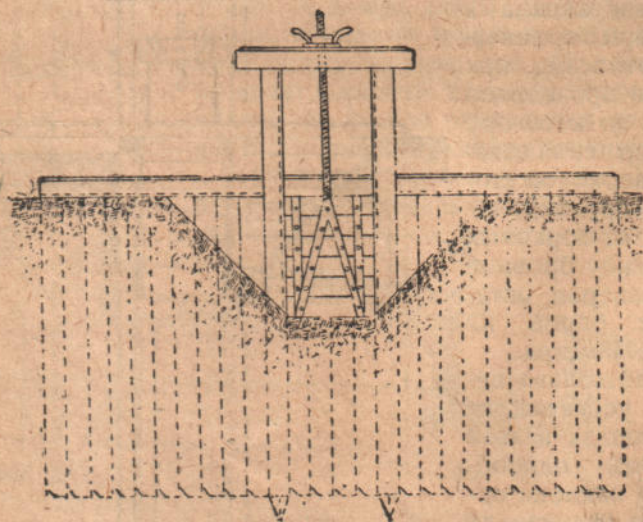
В том случае, когда воду из одной канавы надо пропустить в другую канаву или когда надо закрыть воду или поднять ее в канаве,—ставится щитовой затвор или иначе—шлюз. Устройство шлюзов бывает разнообразно, на фиг. 30 изображен простейший шлюз. Поперек канавы забиваются 4 сваи: две из них—крайние до бровки канавы, а две посередине канавы поднимаются выше уровня бровки—около метра. Между крайними и средними сваями пространство забирается досками, а в середине в пазах двух средних свай ходит щит из досок, в закрой соединяемых внутренними шипами. Щит поднимается воротком.



Фиг. 30.

Другой вид шлюза более сильного крепления (фиг. 31) состоит из шпунтового ряда. Щит из плотно прифугованных досок, соединяемых железными накладками. Подъем совершается посредством винта с прямоугольной нарезкою. На щите винт профилируется в развилину двумя полосами. На фиг. 21 изображен железный щит на оросительном канале с бетонным креплением. Щит поднимается винтовым устройством.

При рытье канав и при устройстве других гидротехнических сооружений иногда приходится встречаться с плы-



Фиг. 31.

вуном. Это грунт, состоящий из мельчайшего песка, сильно насыщенного водою. Он настолько пластичен, что по внешнему виду его легко смешать с глиною, от которой он отличается следующими признаками: смоченный в ком, он не имеет запаха, присущего глинам, чертит стекло, хрустит на зубах, разболтанный в стакане воды опускается на дно, тогда как глина долго остается в виде взвешенной мути; положенный на лист пропускной бумаги, выделяет воду, а глина нет; он вязок настолько, что засасывает инструменты и даже человека. Выемка заплывает вслед. При встрече с плывуном прибегают к креплению стенок шпунтами.

Когда канава вполне закончена, воду не следует пускать полным сечением и сразу, а постепенно; при этом надо следить за нею и немедленно исправлять все малейшие неточности и ошибки, которые неизбежно случаются при исполнении работ.

С течением времени каналы приходят в расстройство и не выполняют своего назначения. Если канава неверно рассчитана или плохо исполнена, если уклон очень мал, то вода, несущая ил, осаждает его на дно, образуя постепенно подпор; то же самое осажение ила происходит на крутых поворотах, при резком изменении уклона и при оплывании слишком крутых откосов. Одним из главных врагов канав является растительность, уменьшающая величину площади сечения и способствующая осажению наносов.

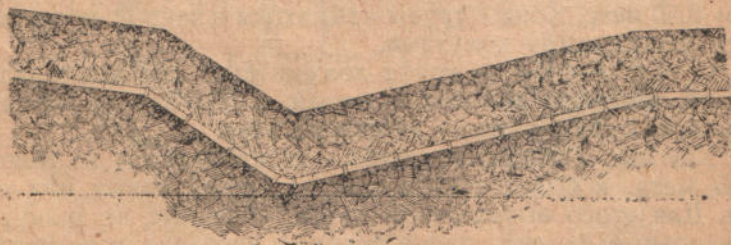
Всякие порчи и неисправности в частях канавы должны быть безотлагательно исправлены, а причину неисправности надо постараться устранить. При чистке канавы надо острою лопатой подрезывать стебли растений (но не вырывать их с корнем); снимая же наносы, не следует счищать их совершенно начисто, так как муть и ил способствуют прекращению фильтрации; тем более нельзя трогать уже устоявшихся откосов. Иногда при проведении канавы в откосе попадает камень; в видах экономии камень этот не вынимается из откоса, но когда грунт ослабевает, камень сползает и образует подпор; в предупреждение этого камень надо удалять и свежесыпанный откос укрепить мостовою или плетнем.

2. Трубы

(Водопроводы и водостоки)

Для перемещения воды, кроме открытых канав, употребляются каналы закрытые или трубопроводы, названные так потому, что они состоят из труб.

Движение воды в трубах отличается от движения ее в открытых канавах тем, что трубопроводы можно прокла-



Фиг. 32.

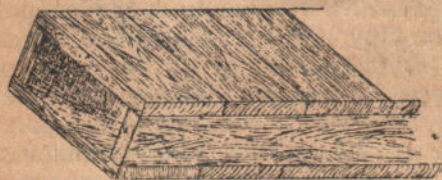
дывать не только по уклону вниз, но и с подъемом вверх, и это дает возможность проводить воду по низинам, оврагам и возвышенностям, не устраивая ни акведуков, ни тоннелей, а лишь укладывая трубы в грунт на такую глубину, при которой они не могли бы промерзнуть (фиг. 32).

Перемещение воды по трубам может совершаться двояко: 1) или неполным сечением и самотеком, когда линия канала идет по однообразному уклону,

2) или же полным сечением, т. е. под напором, когда линия канала идет с переменным уклоном, параллельно рельефу местности.

В этом втором случае возможны два положения: 1) когда место окончания трубы лежит ниже, чем ее начало, тогда вода течет самотеком, при этом самотек будет и в тех случаях,

когда какая-нибудь последующая точка лежит выше предыдущей, но самотек прекращается, если одна из точек лежит выше начальной; 2) когда окончание трубы лежит выше ее начала,



Фиг. 33.

тогда вода уже не движется самотеком, а нагнетается насосом.

При движении не под напором и неполным сечением применяются трубы деревянные (четыреугольные) и бетонные дырчатые, при движении же полным сечением и под напором употребляются деревянные круглые трубы, затем чугунные, железные, свинцовые и гончарные (последние для небольших напоров).

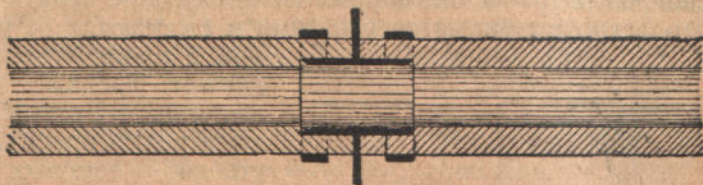
Деревянные трубы четырехугольного сечения делаются из крепких дубовых досок (фиг. 33); боковые части трубы состоят из досок, положенных вдоль, а нижние и верхние части из коротких досок в закрой и поперек трубы. Доски пришиваются гвоздями и осмаливаются внутри и снаружи. Прямоугольное сечение трубы делается с основанием, вдвое большим высоты, при чем основание не следует делать большим 0,50 метр. Концы трубы стыкаются в закрой и скрепляются деревянными хомутами.

Сверху и с боков труба должна быть сначала завалена глиной, потом затрамбована землей, а под дно трубы надо проложить дерн зеленою стороною вниз.

Круглые деревянные трубы высверливаются из толстых (0,25 метр. и более в диаметре) бревен сосновых или еловых. Для этого выбираются свежесрубленные не ошкуренные, ровные, не сучковатые бревна и просверливаются сверлами диаметром в 0,05 метр. При этом необходимо, чтобы сверло непременно шло центрально. После сверления бревно прочищают круглыми, гладкими, дубовыми шестами и концы бревен стягиваются обручами из полосового железа.

Соединяются такие деревянные трубы вставным железным цилиндром с толщиной стенок в 20 мм., диаметром в 0,15 метр. и длиною в 0,15 метр.; края цилиндра заострены,

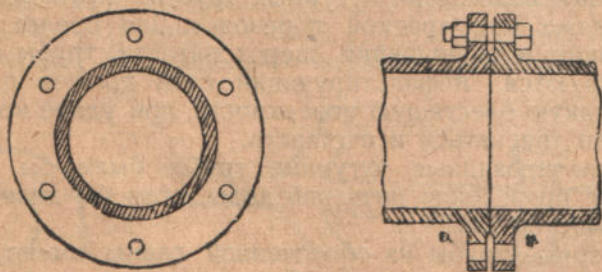
а посередине его делается выступ—реборда (фиг. 34). По этой реборде бьют молотком и вгоняют цилиндр в обе трубы. Соединение считается хорошим, если в стыках не будет заметно протекания; просачивание же скоро обыкновенно прекращается само собою.



Фиг. 34.

Иначе соединение делается так: в муфте из котельного железа, толщиной в 0,02 метр, длиною и диаметром в 0,15 метр., выдавливается посередине валик, а края муфты заостряются. В торцах выбирается углубление до половины валика, муфта приставляется к обоим торцам, а по противоположным концам труб бьют чекушей; таким образом муфта входит в оба дерева.

Деревянные трубы самые дешевые, но они трескаются и если долго стоят без воды, то больше других портят ее вкус. Употребляются при давлении не больше 2 атмосфер, т. е. при высоте подъема не больше 20 метр. Укладываются деревянные трубы с уклоном не менее 0,001 и не более 0,005.

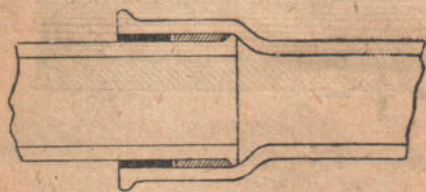


Фиг. 35.

Из металлических труб наилучшими считаются железные. Диаметр их различен, начиная от 8 мм. На концах таких труб имеются винтовые нарезки с муфтами; иногда соединение делается фланцами. Для этого каждая труба имеет на концах приливы (фланцы) *aa* (фиг. 35), с отверстиями, в которые пропускаются болты, и соединяют фланцы двух смежных труб. Между фланцами помещают тонкое прокладочное кольцо из пеньковой плетенки или папки, пропитанной

горячим маслом (при большом давлении из резины); прокладка делается для того, чтобы вода не просачивалась в соединении. Главный недостаток железных труб — их дороговизна. Для водоотвода употребляются черные трубы, а для чистой воды — оцинкованные.

Свинцовые трубы еще дороже железных и не практичны тем, что легко пробиваются гвоздями и сжимаются от ударов, а кроме этого со-



Фиг. 36.

держат вредные для питья соли. Употребляются редко, преимущественно в домовых ватерклозетах.

Наибольшее применение в водопроводном деле имеют чугунные трубы. Диаметр их

различен, начиная от 50 мм., длина также не одинакова. Соединяются раструбами, располагая соединения так, чтобы растроб был обращен против течения (фиг. 36). Пространство на $\frac{2}{3}$ забивается смоленой веревкою, а остальная $\frac{1}{3}$ заливается расплавленным свинцом и зачеканивается зубилом. Такое соединение не так жестко, как соединение фланцами, и в случае небольшого искривления линий труб от неравномерной осадки грунта соединение в раструбы не производит порчи труб, тогда как при фланцевом соединении нередки случаи раскалывания.

Главный недостаток чугунных труб их хрупкость, они бьются даже при тряской перевозке. Для предохранения от ржавчины и уменьшения шероховатости, трубы внутри асфальтируются. Асфальтирующий слой должен представлять гладкую блестящую поверхность, при ударе молотком не должен трескаться и отставать.

Асфальтированные чугунные трубы были бы вполне годны для проведения питьевой воды, если бы диаметр их был меньше 50 мм.

Гончарные трубы из обожженной глины имеют длину до 1 метр. и диаметр различный. Соединяются раструбами: при этом, на $\frac{1}{3}$ раструба заполняются смоленой паклей, а на $\frac{2}{3}$ жирною глиной. Для уменьшения трения покрываются глазурью. Главный недостаток этих труб — хрупкость и малое давление, которое они выдерживают.

При соединении гончарных труб применяется асфальтовая замазка.

Гончарные трубы очень подходящи для сельских самотечных водопроводов, но главное их применение для целей канализации сточных вод. Когда приходится брать трубу большого диаметра и прокладывать ее под дороною или

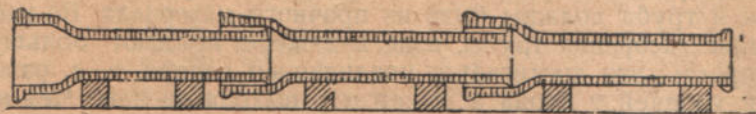
улицею, то, в случае опасения, что труба может быть расколота передвигающимися по улице повозками, трубе дается овоидальное яйцевидное сечение, обращенное утоненным концом вниз (фиг. 37). Отношение между высотой и наибольшей шириной делается, как 3:2. Такая форма обуславливает равномерность скорости движения воды и устраняет скопление осадков на дне, потому что в нижней части, где сечение меньше, скорость будет большая и плавающие в воде вещества будут уноситься по течению, не осаждаясь.

Трубы должны быть заложены в земле на глубине около 2 метр., если же в силу необходимости их приходится помещать на меньшей глубине, то в предупреждение замерзания над ними надо сделать земляной валик, самые же трубы обсыпать золою, опилками, обложить навозом или обернуть войлоком.

При укладке труб надо наблюдать, чтобы они лежали в грунте плотно и не могли бы сдвинуться при загрузке их

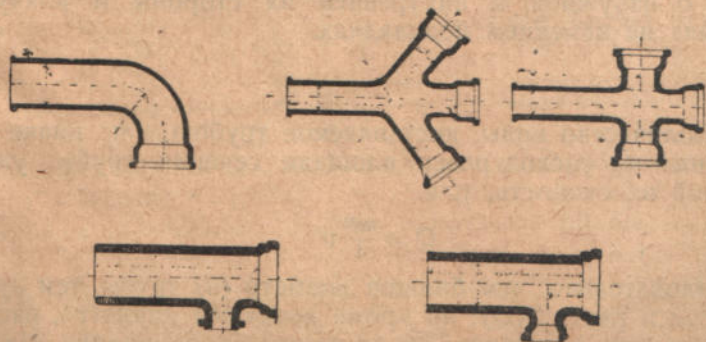


Фиг. 37.



Фиг. 38.

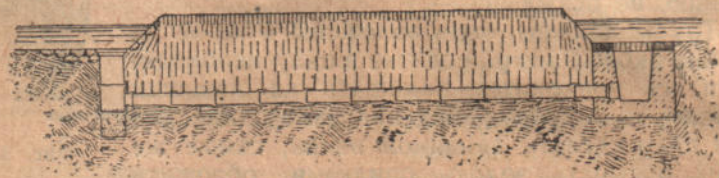
потом землю, иначе соединения концов разойдутся и будут пропускать воду. Поэтому в слабых грунтах надо под трубы класть подкладку из дерева или кирпича (фиг. 38).



Фиг. 39.

Для соединения пересекающихся линий водопровода (фиг. 39) тройники, крестовины, поворотные отводы.

Трубы иногда применяются и при перемещении воды канавами. Этот случай, когда одну канаву надо провести под другою или же под дорогою. Такой трубопровод называется обратным сифоном или дюкером (фиг. 40). Наиболее отвечающим цели является сооружение в виде двух вертикальных колодцев, соединенных горизонтально трубою. Дно верхового колодца опущено ниже трубы для осаждения наносов, откуда их по временам вычерпывают. Вода



Фиг. 40.

в дюкере находится под напором, поэтому, как колодцы, так и труба должны быть из прочного материала. Во избежание засорения трубы, воде в дюкере придают большую скорость; это достигается увеличением напора, т. е. разности уровней у входа в дюкер и у выхода из него. Чем выходное отверстие будет ниже входного, тем движение воды вытекающей будет происходить быстрее. При начале и в конце сифона ставится каменная на цементе или деревянная шпунтовая стенка.

Дюкеры устраиваются из разных материалов; простейший вид дюкера выполняется из сосновых досок, соединенных в шпунт на просмоленном войлоке. Доски осмаливаются с наружной и внутренней их стороны и кладутся в землю на каменных подкладках.

Количество воды, доставляемое трубою, или иначе секундный ее расход равен площади сечения трубы, умноженной на скорость, т. е.

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} v$$

и следовательно, чем больше диаметр (d) трубы, тем будет больше и расход (Q); но кроме величины диаметра, расход зависит еще от напора^{*)} и от длины трубопровода. Ни напор, ни длина не показаны в вышеприведенной формуле, они входят в выражение скорости (v). Чем больше напор, тем скорость увеличивается, но чем длиннее труба, тем

*) Диаметр всегда измеряется внутри трубы.

скорость уменьшается. Последнее объясняется возрастанием трения, которое увеличивается с длиной трубы. Не остается без влияния на скорость и состояние поверхности трения, т. е. внутренней поверхности трубы; поэтому в трубах новых или с гладкими стенками скорость движения воды значительно большая, нежели в трубах старых и шероховатых.

Если требуется пропустить по трубе заданное количество Q воды в секунду, то для определения поперечного сечения трубы F задаются скоростью v и тогда

$$F = \frac{Q}{v},$$

а так как $F = \frac{\pi d^2}{4}$, то, найдя величину F , находят и диаметр трубы d .

При расчете трубопроводов обыкновенно принимают скорость = 1 метр. в секунду. Слишком большая скорость увеличивает потерю на трение, кроме того при очень большой скорости происходят гидравлические удары во время записания трубы кранами или клапанами, вследствие чего труба может лопнуть. Напротив, при слишком тихом движении, заключающаяся в воде муть осаждается на стенках трубы.

В небольших трубопроводах (менее 20 метр.) потери напора в расчет не принимаются, и при выборе диаметра трубы для заданного расхода или при определении расхода по имеющемуся диаметру трубы можно пользоваться следующей таблицей.

Таблица для подбора диаметров труб при скорости в 1 метр

Диаметр трубы в миллиметрах	13	25	50	75	100	127	152
Секундный расход в кубич. метрах	0,0001	0,0005	0,0019	0,0042	0,0075	0,0116	0,0177
Часовой расход в ме- трах (кругло)	370	1700	6640	14620	27560	41510	59780

Чтобы получить указанный в этой таблице расход, необходимо трубе дать достаточный уклон, так:

для трубы в 13 мм. уклон должен быть не менее . . .	0,1
" " " 25 " " " " " " " " . . .	0,06
" " " 50 " " " " " " " " . . .	0,03
" " " 75 и 100 " " " " " " " " . . .	0,02
" " " 127 — 152 " " " " " " " " . . .	0,01

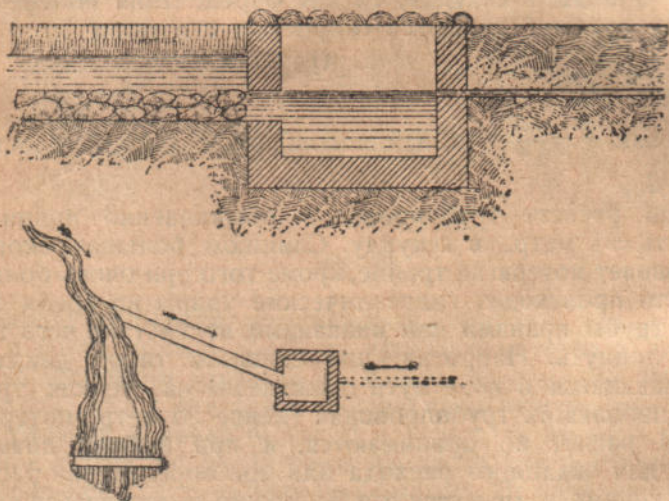
С увеличением уклона увеличивается скорость, а следовательно и расход.

Трубы, как и открытые каналы, применяются и для водопроводных устройств и в целях водоотвода.

А. Водопроводные устройства

Сеть труб с приспособлениями для целей водоснабжения называется водопроводом.

Сооружение всякого водопровода состоит из трех частей: I—устройства для приема воды, II—устройства для доставки воды на место и III—устройства для раздачи воды.



Фиг. 41.

В целях водоснабжения пользуются водою колодцев рек, ручьев и ключей.

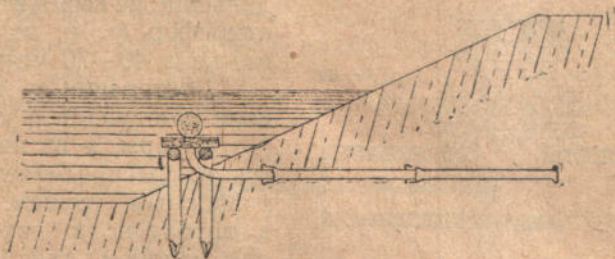
Простейшее устройство для приема воды из ручья или потока выполняется следующим образом. На ручье (фиг. 41) вода подпруживается плотинкой; выше ее по течению роется канавка с очень слабым уклоном и набросанными в нее камнями; канавка сообщается с каменной, закрытою деревянною крышкою, цистерною, а из цистерны уже выходит водопроводная труба, помещенная, как показано на чертеже, у верхнего горизонта воды в цистерне. Таким образом, вода из источника, проходя сквозь каменную наброску канавки, оставляет здесь крупные песчинки и посторонние плавающие предметы, а мелкие иловатые частицы отлагаются на дне цистерны, которую от времени до времени надо чистить.

Для приема воды из рек с чистою водою на дне реки укладывается приемная труба (фиг. 42), имеющая вертикальный штуцер с храпком на конце.

Другое, лучшее устройство имеет вид ящика (фиг. 43) из свай, забитых частоколом с прозорами. Внутри этого ящика ставится другой досчатый с отверстиями и в этом

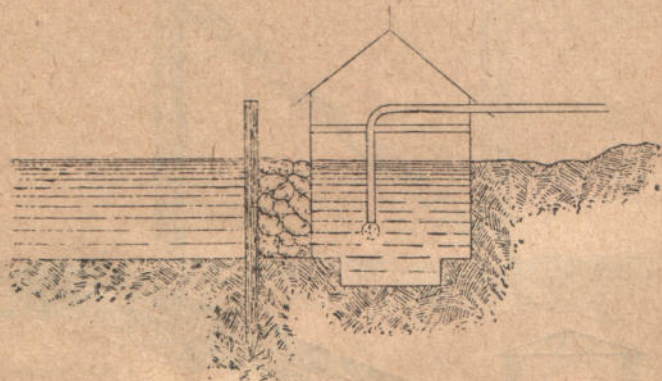
втором ящике помещается приемная труба. Между стенками обоих ящиков набрасываются камни.

Для доставления воды на место почти исключительно применяются чугунные трубы, при чем для небольшого водопровода диаметр выбирается от 5 до 15 сантиметр. Так как



Фиг. 42.

линия трубы идет параллельно земной поверхности с постоянно изменяющимся уклоном, то в повышенных точках трубы собирается воздух, выделяющийся из воды. Скопляясь в большом количестве, воздух давит на воду и может остановить ее движение в трубах; поэтому в больших водопро-



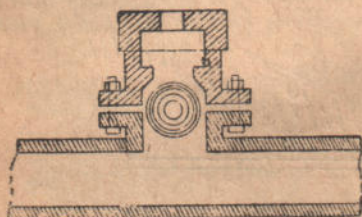
Фиг. 43.

водах устраивают автоматические, воздушные выпуски—вантузы. Эти приборы (фиг. 44) имеют в середине шар, плавающий в воде; когда воздух соберется в трубе и начнет давить на воду, шар опускается, выпускает воздух, снова поднимается водою и закрывает отверстие, через которое могла бы вылиться вода.

Более простое, но уже не автоматически действующее устройство вантузов заключается в небольшой вертикальной трубке, включенной в трубопровод, выходящей на

поверхность земли и снабженной краном. Когда движение воды в трубах будет замечено уменьшающимся, открывают кран вантуза и выпускают скопившийся воздух.

Трубы водопровода рассчитываются на рабочее давление не больше 10 атмосфер, обыкновенное же рабочее давление не выходит за 4—7 атмосфер (т. е. на высоту подъема 40—70 метр.).

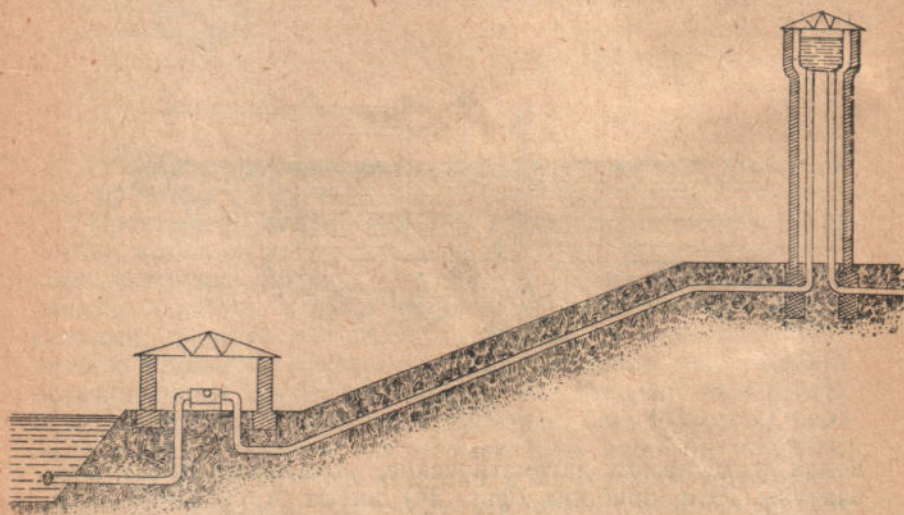


Фиг. 44.

Доставленная трубами вода поступает в сборные резервуары, а из них самотеком распределяется по разборным трубам. Чтобы в трубах вода находилась под напором, такой резервуар или водоем помещается

на возвышенном месте, напр., на холме.

Стенки его выводятся или из бетона толщиной в 0,10 метр., или из кирпича на цементе в 1 кирпич; на дно утрамбовывается слой щебня толщиной в 0,30 метр., а сверху его такой же толщины слой бетона. Стенки резервуара поднимаются на 0,50 метр. над поверхностью земли и от них вокруг метра на 2 делается скат, отмасиваемый камнем. Такое устройство

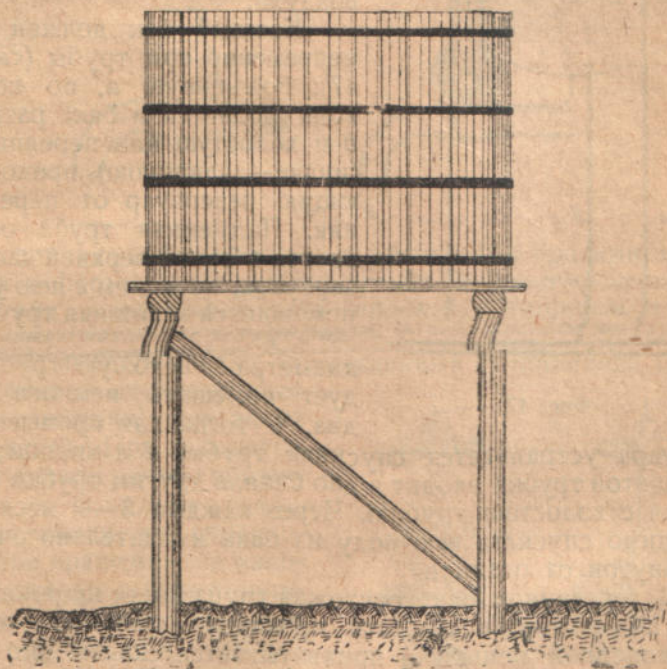


Фиг. 45.

обеспечивает резервуар от загрязнения поверхностными водами. Поверх стен, по железным балкам делают сводики (бетонные), и все засыпается толстым (до 1 метра) слоем земли. Для вытяжки надо поставить небольшую вентиляционную трубу, но доступ воздуха вообще нежелателен,

потому что с ним в воду попадают зародыши организмов, которые затем там размножаются. Точно также нежелательно проникновение света, способствующего размножению водорослей. На случай чистки в крыше бассейна надо иметь люк.

Когда такого резервуара устроить на возвышенности нельзя, то бак ставится или в особой водонапорной башне, как, например, это делается на железнодорожных станциях (фиг. 45), или его помещают на чердаке отапливаемого высокого, господствующего над местностью здания. Вода в бак подается насосом.



Фиг. 46.

Баки делают деревянные или железные. На деревянный бак берутся дубовые в 0,03 метр. толщиной доски и стягиваются четырьмя железными обручами из полосового железа с пряжками из круглого железа. Бак на емкость до 5000 литров (фиг. 46) должен иметь диаметр около 2 метр. и высоту около $1\frac{1}{2}$ метр.

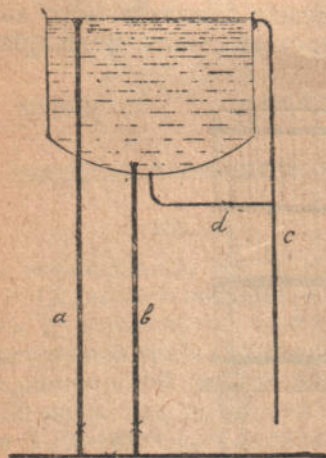
Железные баки цилиндрической формы склепываются из котельного железа. Стенки и днища их должны иметь толщину в 5 мм. при емкости до 5 куб. метров и в 6 мм. — более 5 куб. метр. Емкость бака должна быть рассчитана на дневное потребление воды. При этом, чтобы нужную емкость получить при наименьшей затрате железа, следует

придерживаться отношения высоты бака к его диаметру, как 1:2. По верхнему краю бака для жесткости приклепывается поясok из углового железа. Внутри и снаружи бак окрашивается масляною краскою.

Против замерзания бак должен быть утеплен. Для этого его окружают деревянною, подбитою войлоком обшивкою.

Чтобы под баком не заводилась плесень и гниль, его надо ставить на железных или деревянных балках, для свободного хода воздуха.

Каждый бак должен иметь непременно три трубы (см. фиг. 47): подъемную *a*, по которой вода подается в бак; расхожую *b* и холостую или переливную *c* (иначе—залишнюю), предохраняющую резервуар от переполнения. Подъемная труба оканчивается в самой верхней части резервуара, на одном с нею уровне помещается залишняя труба. Эти две трубы делаются одинакового диаметра. Расхожую трубу следует помещать немного выше дна, и тогда для промывки резервуара устраивается спускная трубка *d* с краном; один конец этой трубки входит в дно бака, а другим трубка соединяется с холостой трубою. Через каждые 3—4 месяца необходимо спускать всю воду из бака и тщательно очищать его внутри от осадков.



Фиг. 47.

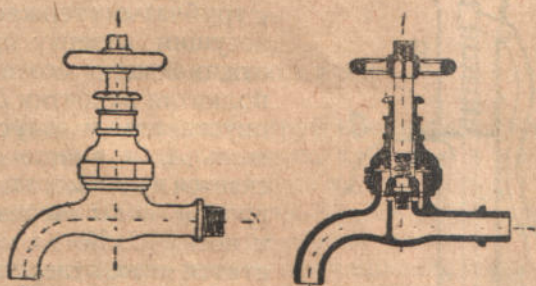
В деревянном баке расхожая труба имеет широкий фланец, под который кладется прокладка резиновая или из просмоленной пеньки и прихватывается сквозь дно и наружный фланец болтами.

При проведении труб в зданиях надо стараться избегать длинных горизонтальных линий, лучше поставить лишнюю вертикальную трубу, чем вести воду горизонтально.

Если труба проходит через холодное помещение, ее надо обернуть войлоком или соломенными жгутами; в теплом же помещении надо трубы прокладывать в стальных бороздах, за пол-кирпича и закладывать борозды штукатуркою, так как на поверхности металлических труб осаждаются водяные пары и образуют капель.

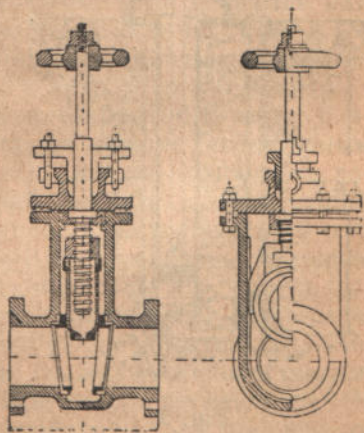
Диаметр домовой магистральной трубы выбирается не менее 0,025 метр., а затем вода разводится по направлению течения трубами уже меньшего диаметра. Краны должны иметь диаметр меньший, чем диаметр трубы, на которой они

ставятся. Устройство разборных кранов должно быть таково, чтобы их нельзя было открывать и закрывать за один раз, поэтому простые (самоварные), в четверть оборота краны не должны иметь места в водопроводах. Образующиеся при быстром запирании гидравлические удары могут порвать трубы. Единственно допустимым и для водопроводов являются так называемые вентильные (многооборотные) краны.



Фиг. 48.

Различие между простым и вентильным кранами заключается в форме запирающего органа: в простых кранах он имеет вид конического тела (пробки) с прорезом, и запирание достигается его поворотом; в вентильных же кранах (фиг. 48) имеется клапан, утверждаемый на шпинделе, поднимающемся и опускающемся при вращении маховичка (рукоятки). При закрытом кране клапан плотно прижимается к кожаному седлу, и протекания не происходит; при вращении же маховичка в левую сторону шпindel поднимается, клапанная щель постепенно открывается и вода протекает из трубы; при обратном движении маховичка клапан приближается к седлу, приток жидкости постепенно уменьшается, и кран запирается без малейшего гидравлического удара.

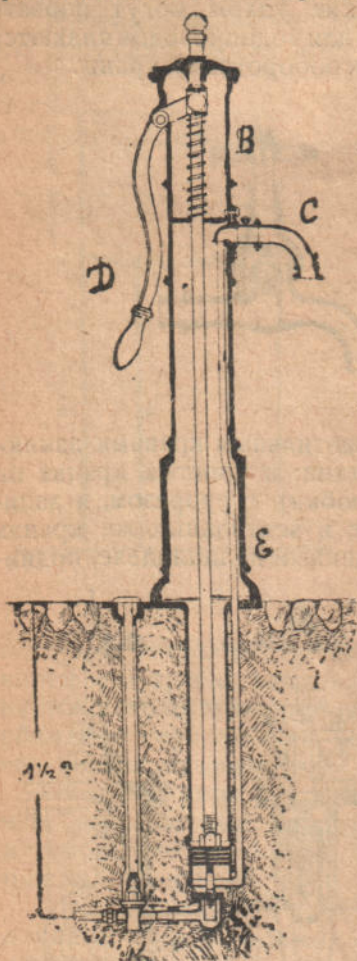


Фиг. 49.

На магистральных трубах в ответвлениях для выключения ветки из сети, напр., на случай ремонта, ставятся клапанные задвижки. Наибольшим успехом пользуется задвижка Лудло (фиг. 49). Помещаются задвижки в особых колодцах, подобных тем, какие устраиваются на канализационных сетях (см. ниже).

Разборные краны на открытом воздухе помещаются в особых колонках следующего устройства (фиг. 50).

На конце водопроводной трубы с задвижкой *K* имеется кран *A*, над этим же краном на поверхности земли устанавливается колонка с рукояткой *D* и носком *C* для разбора воды; рукоятка *D* соединена с трубчатым стержнем крана *A*, несущим наверху пружину *B*, отжимающую его вверх. При поднятии рукоятки *D* стержень опускается и опускает поршень *A*, а вместе с тем опускается и кольцо, закрывающее проход воды через трубу *E* к носку *C*. Когда кольцо опустится ниже отверстий в стенках нижней трубки, то вода через эти отверстия проходит в трубу *E* и в носок *C*. Если же рукоятка отпущена, то поднимающийся пружиной стержень поднимет и поршень *A*, и тогда вода, оставшаяся в трубке *E*, уходит вниз в пространство, освобожденное поршнем *A*, и уже не может замерзнуть в трубке и разорвать ее.



Фиг. 50.

Для определения количества воды, на которое нужно рассчитывать водопровод, принимаются следующие примерные нормы:

1) на одного человека для питья, варки пищи и стирки белья расходуется в сутки 50 литр.;

2) на лошадь, корову и вообще на одну голову крупного скота—40 литр.;

3) на 1 штуку мелкого скота—15 литр.;

4) на поливку садов и улиц 0,01 куб. метр. на 4 кв. метр.

При этом летом расход увеличивается, зимою уменьшается. Выяснив требуемый расход воды и определив по предыдущему (см. таблицу на стр. 33) размер трубы при скорости в 1 метр, надо еще принять во внимание величину напора, которую при коротком трубопроводе пренебрегали.

Во время движения воды по трубе, вследствие трения ее о стенки и ударов на поворотах, коленах, при входе и проч., происходит потеря энергии движения, или напора (h) и если длина трубы очень велика, площадь ее сечения очень мала и общий напор (H) незначителен, то весь напор потеряется на преодоление гидравлических сопротивлений и из нижнего отверстия трубы вода вытекать не будет (см. примечание 10).

Б. Водоотвод

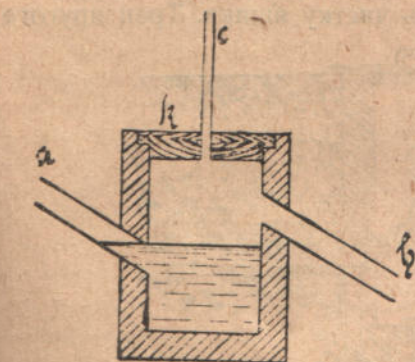
тех случаях, когда сеть труб прокладывается с целью удаления дождевых, хозяйственных, kloачных и др. вод, она называется сточною или канализационною сетью.

Для успешного действия канализации необходимо устроить сток так, чтобы трубы не могли засоряться и чтобы во время работы прочищались сами собою (автоматически).

Для этого надо, чтобы побочные стоки примыкали к главным стокам (коллекторам) под острыми углами, а затем необходимо, чтобы трубам был дан достаточный и постоянный уклон.

Для сточных вод применяются или чугунные трубы, или керамиковые (глиняные с соляной поливой).

Соединения последних труб делаются или на глине, или на смоле с забивкою смоленою пенькою. Диаметр труб в 0,10 метр., а коллектора в 0,15 метр. считается вполне достаточным для любого количества хозяйственных вод. Лучший уклон для сточных труб 0,02—0,03. При очень большом уклоне воды текут очень быстро, плавающие частицы не могут следовать за ними и осаждаются по стенкам. При уклоне же меньшем 0,01 происходит застой жидкости и загрязнение трубы.



Фиг. 52.

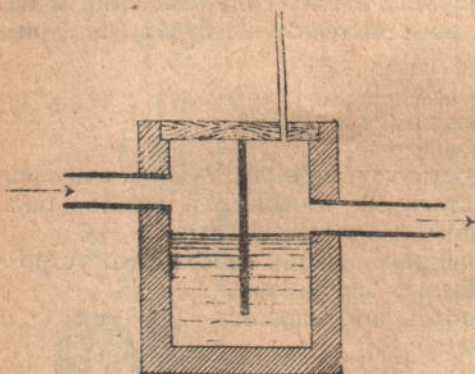
Уклон также находится в связи с диаметром—чем диаметр меньше, тем уклон должен быть больший. Так, при диаметре в 0,15 метр. уклон достаточен в 0,02; при диаметре же в 0,05 метр. уклон должен быть не меньше 0,05.

Чтобы в помещение не проникал запах клозетных и поварных вод, на сточных трубах помещаются сифоны—водяные затворы в виде изогнутой трубы (фиг. 51). Ставятся



Фиг. 51.

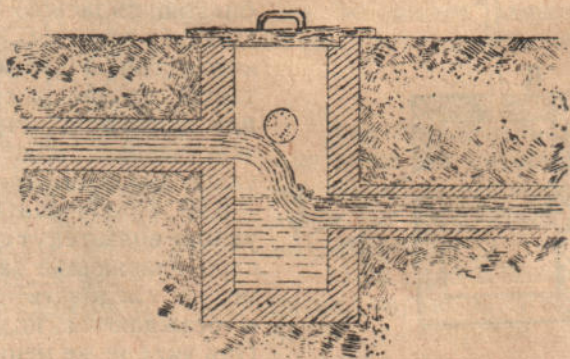
сифоны непосредственно под приемниками сточных вод (раковины, умывальники, писсуары и пр.) и отводящее колено сифона соединяется со спускною трубою. Диаметр сифона должен точно соответствовать диаметру трубы. Гидравлические затворы устраиваются также в другом виде и носят



Фиг. 53.

название трапов, при чём трапы ставятся на конце домовой сточной трубы перед входом в дворовую или уличную канализационную ветвь. Сущность трапа, изображенного на фиг. 52, заключается в том, что в кирпичном цементированном ящике отверстие *b* выходной трубы расположено выше, чем конец *a* трубы впускной, который таким образом всегда затоплен и защищен от проникновения

в него запаха со стороны трубы *b*. Так как в ящике скопляются поднимающиеся по трубе *b* газы, то для отвода их надо в крышке поставить трубку *c*, крышка должна быть съемною, но плотно закрывающеюся, чтобы можно было время от времени производить чистку ящика. Трап другого



Фиг. 54.

устройства изображен на фиг. 53. Каменный ящик разделен на две части деревянною перегородкою, не доходящею до дна на 0,05 метр. И перегородка, и крышка могут сниматься во время чистки трапа, но перегородка плотно соединяется с крышкой сверху и с боков. Благодаря перегородке выходная часть совершенно изолирована от входной. В крышке ставится вытяжная трубка.

Для наблюдения над действием сети, а также для очистки от осадков устраиваются смотровые колодцы (фиг. 54). Их ставят на главном коллекторе, на поворотах и на прямых участках в расстоянии не больше 100 метр. Колодцы лучше делать из бетона, с толщиной стенок в 0,10 метр., а дна 0,15 метр. Диаметр колодцам дается не менее 0,50 метр. Сверху устраивается прочная крышка. Необходимо принять меры к тому, чтобы вода в колодце не замерзала.

ГЛАВА II

Обводнение

Под названием обводнительных работ понимается устройство таких гидротехнических сооружений, которые собирают воду в целях водоснабжения, для хозяйственных надобностей, для борьбы с пожарами и, наконец, в целях увлажнения воздуха.

1. Источники водоснабжения

Вода, испаряясь с поверхности земли, рек, озер и морей и обращаясь сначала в пар, а потом в облака, возвращается снова на землю в виде дождя. При этом она частью снова испаряется, частью стекает в низины—в реки, озера, моря, а частью просачивается в землю. Такой непрерывный круговорот воды в природе совершается под действием солнечной теплоты.

В каждом моменте своего пути вода может быть собрана и утилизируема для целей обводнения. Так, в цистерны и бассейны можно собирать воду дождевую. Затем можно использовать воду, протекающую по поверхности земли в виде ручьев и рек или собранную в озера и пруды. Можно далее брать воду, просочившуюся в верхние слои земной коры, и ту подземную воду, которая собралась в данном месте с отдаленных площадей и находится под землею на большой глубине. Можно, наконец, брать воду, которая выступает на поверхность земли в виде ключей и родников.

Свойства и качества воды зависят от того момента, в который она будет взята на пути ее круговорота.

Атмосферная вода в верхних слоях воздуха находится в чистом виде, но, падая дождем, вода поглощает частицы пыли и сажу, насыщается газами и зародышами микроорганизмов. Собирая такую воду, надо первоначально дать части этой воды стечь на сторону; это в особенности относится к тем случаям, когда вода собирается с крыш; необходимо надо дать крышам обмыться.

Атмосферная, дождевая и снеговая вода, стекающая в пруд, изменяется в своем составе, в зависимости от длины

пути и свойств проходимых ею мест, так как одни вещества растворяются водою, а другие уносятся ею во взмученном состоянии. Поэтому атмосферная вода прудов уже значительно отличается от атмосферной дождевой воды, собираемой в цистерны.

Речная вода. Реки питаются частью атмосферною водою, стекающей с поверхности земли, а частью просачивающеюся в берегах и в дне почвенною (грунтовою) водою.

Проточная вода при своем движении приходит в соприкосновение с минеральными и органическими веществами и потому она более или менее загрязнена. На степень засорения реки имеет большое влияние густота населения местности, поэтому речная вода, протекающая по густо населенным местам, вредна для здоровья и без предварительной очистки безусловно не должна употребляться для питья и приготовления пищи. Особенно сильно загрязнена речная вода во время половодья, тогда она богата всевозможными бактериями. Происходит это от того, что в половодье вода несет много ила и грязи, которые являются рассадниками микроорганизмов.

Присутствие аммиака, азотистой кислоты и хлора указывает на загрязнение речной воды продуктами разложения, животными отбросами, мочей и экскрементами.

Исследованиями однако же установлено, что река всегда обнаруживает стремление освободиться от посторонних веществ и, при благоприятных условиях, речная вода, на значительном удалении от источников загрязнения, снова приобретает свою чистоту.

Это благодетельное свойство природы называется самоочищением рек. В процессе самоочищения участвуют механические, химические и биологические факторы. Именно: нечистоты, попавшие в реку, разжижаются обильным количеством чистой речной воды и оседают на дно и берега, в это же время происходит окисление загрязняющих воду органических веществ растворенным в воде кислородом и полное их обезвреживание различными микроорганизмами, населяющими реку. В результате, углекислота, сероводород и аммиак, получающиеся при разложении, уходят в воздух, образующийся нерастворимый углекислый ил садится на дно, и вода становится чистою, годною для питья. Расстояние от места спуска нечистот, на котором самоочищение речной воды становится заметным, зависит от скорости течения, характера русла и берегов и степени загрязнения. За границей принято считать самоочищение достаточным при пробеге воды около 20 километров без новых попутных загрязнений. Вообще же самоочищение идет тем быстрее, чем многоводнее река и чем скорость течения больше.

При быстром течении получается избыток кислорода, и происходит деятельный процесс окисления, тогда как при медленном движении воды и малом притоке возможны процессы гнилостного разложения. Поэтому спуск kloачной жидкости и фабричных помоев в медленно текущие мало-водные реки должен быть разрешаем только после предварительного обезвреживания этих вод, напр., путем устройства так называемых полей орошения, когда грязная вода разливается тонким слоем по поверхности и при посредстве дренажа процеживается сквозь землю.

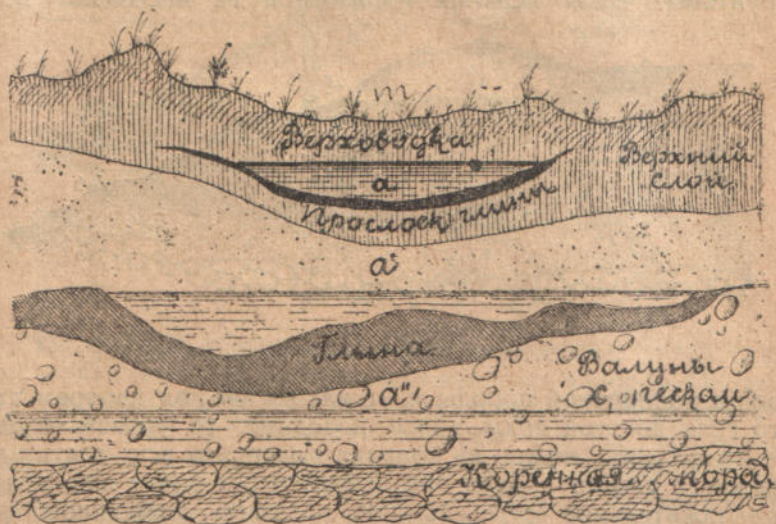
Грунтовая вода. Основную или первозданную породу, подстилающую осадочные породы, является гранит, выклинивающийся под Ленинградом и Екатеринославом на поверхность земли, а в других местах залегающий на глубине до сотен метров.

Вся затем толща земной коры между гранитом и почвою состоит из ряда чередующихся пластов разнообразных пород, как осадочных—коренных, морского происхождения (напр., девонские известняки, юрские глины), так и ледниковых наносов (глины, гравий, пески). Все эти породы делятся на две категории: породы водопроницаемые, пропускающие воду, и породы непроницаемые для воды, водоупорные. К первой категории принадлежат все пески, гравий, трещиноватые известняки, некоторые песчаники, песчаные глины и мергеля. К водонепроницаемым же относятся жирные глины, плотные без трещин известняки и песчаники, сланцы, гранит и другие плотные каменные породы. Просачивающаяся с поверхности вода, подчиняясь закону тяжести, опускается сквозь проницаемые грунты до тех пор, пока на ее пути не встретится слой водоупорный. Тогда на этом пласте вода задерживается и, скопясь на нем, образует водоносный слой. Если водоупорная порода залегает непосредственно под верхним почвенным слоем, то вода, задержанная на этой породе, и носит название верховодки. Иногда верховодка задерживается небольшим пропластком плотной глины, вклиненным в водопроницаемом грунте (см. фиг. 55). Стоит только прокопать или пробурить этот прослой—и вся верховодка уйдет вниз. Этим обстоятельством пользуются иногда при осушении земель *).

Так как все пласты пород расположены с наклоном в ту или другую сторону, то и вода, просочившаяся до водоупорного пласта, медленно движется по его наклону, и не отдельными струйками или жилами, как принято думать, а сплошным водяным слоем, образуя как бы подземную реку. Скорость движения подземной воды вообще очень

*) См. вертикальный дренаж.

незначительна и зачастую не превосходит нескольких сантиметров в сутки; глубина потока чрезвычайно различна — от одного, двух, до 20 и более метров, ширина же неопределенно велика и измеряется километрами. Очень часто вместе с подземной водой движется и пловун, если он составляет водоносный слой, при чем, сплошь и рядом, песчинки его бывают такой малости, что не представляется никакой возможности отделить песок от воды.



Фиг. 55.

Таким образом, под водопроницаемым пластом порода на некоторую высоту насыщена водою, очень медленно движущаяся в сторону наклона нижнего водоупорного пласта, и этот насыщенный пласт называется водоносным пластом с водоносным горизонтом.

На участке А (фиг. 56) проникающая в почву вода задерживается слоем глины *aa* и образует верховодку. Затем вода протекает в пески на площадке С, но площадка эта невелика, и питание слоя 2 будет не обильно, горизонт же 3 с площадью питания *BB* будет уже значительно более водоносным.

Все эти подземные воды называются грунтовыми, причем для случая, изображаемого на фиг. 56, мы имеем грунтовые воды трех горизонтов, из которых первый — верховодка.

Происхождение грунтовых вод объясняется непосредственным просачиванием выпадающей на поверхность земли дождевой и снеговой воды, иногда возможны случаи

протекания воды из верхнего пласта в нижний, когда разделяющий водоупорный пласт имеет трещины, когда он слаб, размыт и сделался рыхлым. (Существует еще спорная теория Фольгера об образовании подземных вод через конденсацию паров воздуха под землей—теория подземной росы).

Верховодка, расположенная в верхних ледниковых наносах, подвержена колебаниям в зависимости от метеорологических условий и поэтому не дает надежного запаса воды. Грунтовые воды верхних горизонтов не насыщают всей

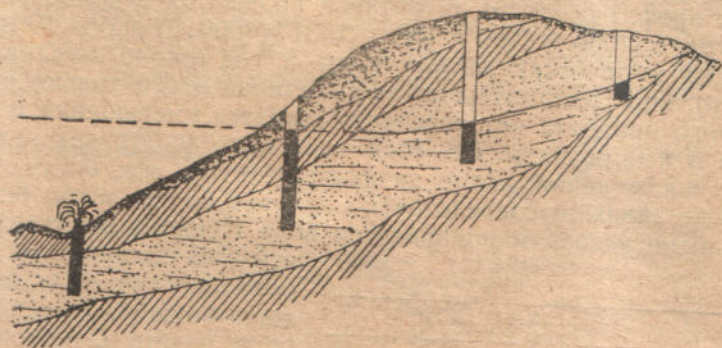


Фиг. 56.

толщи водоносной породы и не находятся под напором, так что если до этой воды дойти колодцем, то уровень в нём не поднимется, можно из колодца вычерпать всю воду и до прежнего своего уровня она дойдет через более или менее продолжительное время. И чтоб получить возможно большее количество воды из таких верхних горизонтов, надо колодцем пройти весь пласт до его подошвы.

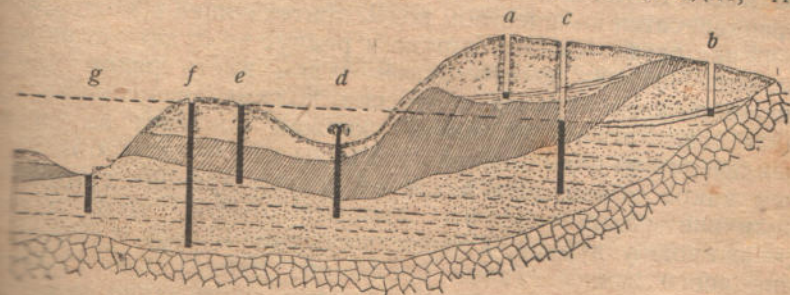
Но чем глубже располагается водоносный слой, тем количество воды в нем больше, тем она чище и такая вода уже находится под гидростатическим напором (см. фиг. 57 и 58). Коренные породы собирают воду с весьма удаленных от данной местности площадей, где эти породы выходят на дневную поверхность. Стекая по породе, вода образует сначала не совершенно заполненный собою пласт, а далее все пустоты, трещины и щели заполняются водою по всей толще пласта (см. фиг. 57, 58). Тогда вода приобретает напор тем больший, чем вода ниже того уровня, с которого началось переполнение пласта. И такая вода, находящаяся под напором, расположенная на коренной породе и такую же породю перекрытая, называется артезианскою водою. Если к такой воде пройти буровую скважину, вода не только заполнит собою всю скважину, но в некоторых случаях ее даже не придется извлекать из скважины насосом, так как вода будет бить фонтаном. Таким образом один и тот же водоносный горизонт в одном месте не дает никакого подъема воды в колодце (фиг. 57), в другом—даст

воду с незначительным напором и в третьем—даст артезианскую воду. При чем при артезианской воде совершенно не имеет значения, опущена ли скважина до дна водоносного пласта или она только вошла в него—количество воды, подаваемой скважиною, совершенно не изменится.



Фиг. 57.

На фиг. 58 изображено такое положение, когда скважины находятся под большим или меньшим напором. Именно: в *a*—верховодка, в *b*—под слабым гидростатическим напором, в *c*—уже под большим напором, так как, стесненная покрывкою и находящаяся под давлением, вода получает свободный выход, в *d*—вода фонтанирует, в *e*—изливается по поверхности, в *f*—несколько до нее не доходит, что



Фиг. 58.

объясняется условиями рельефа, но напор для *c*, *e* и *f*—совершенно одинаков, наконец, в *g* вода уже под слабым гидростатическим напором, так как сверху нет придавливающей покрывки и вода рядом выклинивается ключами.

Запасы артезианских вод находятся в зависимости от площади водосборной площади, от количества выпадающих осадков, от физико-географических условий площади

водосбора, от водопрпускной способности горных пород, слагающих водоносные пласты, и от условий их залегания. Если взять площадь водосбора всего только в 100 кв. километров, количество годовых осадков в 500 миллиметров и если принять, что инфильтруется из них только $\frac{1}{5}$ (как учит проф. Гефер), то на питание подземных вод поступает ежегодно $(1000 \times 1000 \times 100 \times 0,001 \times (500:5))$ около 10 миллионов кубических метров воды в год (около миллиарда ведер). При рациональной эксплуатации этого только ежегодного прироста нет оснований ожидать уменьшения и дебета и напора воды. Но если извлекать воду сверх годового поступления, напор начинает падать и тем более, чем больше скважин сосредоточено на этом пласте и чем более сильными насосами поднимается вода из скважин. Это объясняется следующими соображениями.

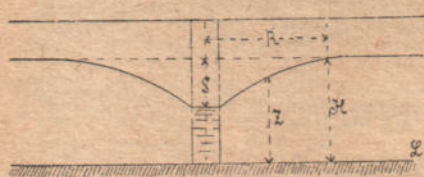


Рис. 59.

Если скважина опущена до некоторого пласта L (фиг. 59) с напором H , то, при отсутствии расхода из колодца, вода в нем будет стоять на том же уровне, как и в грунте. Но если из колодца откачать воду на величину s , то вода из

грунта устремляется в колодец, и вокруг скважины образуется воронкообразная поверхность депрессии с некоторым радиусом R . Когда количество извлекаемой воды из колодца уравнивается количеством воды, притекающей к колодцу, то воронка останется постоянной и радиус ее будет установившимся. Но если вместо одной будем иметь рядом две и более скважин, кривая депрессии должна значительно понизиться. Увеличение числа скважин повлечет за собою извлечение из водоносного слоя воды в количестве большем, чем какое может дать в тот же период времени приток на величине радиуса R , это вызовет отнятие воды одною скважиною у другой, а затем понижение напора и уменьшение всего запаса. Такое понижение напора при сильном выкачивании воды насосами вызовет возрастание скорости движения подземных вод к пониженной точке, а вместе с этим и передвижение мелких частиц водоносного слоя, что будет иметь своим последствием размыв грунта, дислокацию слоев, отвалы у дна скважин и не только их закупорку, но искривления и смещения.

Поэтому на одном водоносном пласте скважины не следует закладывать ближе 500 метров одна от другой.

Необходимо считаться с тем явлением, что при возрастании количества скважин в одном месте, даже и на

значительном расстоянии, напор воды падает, что особенно заметно на фонтанирующих колодцах, вытекающая струя которых уменьшается, и по высоте фонтана и по величине секундного расхода, а в конце концов самоистекание совершенно прекращается и вызывает необходимость применения насоса. Иногда местное уменьшение воды в колодце происходит вследствие засорения скважины песком или илом, и после прочистки скважины дебет ее восстанавливается.



Фиг. 60.

Пределом подземных вод считается глубина около 10 километров, так как ниже этой границы горные породы переходят в пластические водонепроницаемые сланцы.

Выходы грунтовых вод. Речные долины, как и овраги являются результатом эрозии, т. е. размывающей деятельности воды, сбегаящей по поверхности земли. Постепенно, веками и тысячелетиями углубляясь в породы, овраг доходит до водоносного пласта и прорезывает его. С этого момента из водоносного пласта начинается фильтрация воды в овраг, которая затем течет по уклону и образует реку. Инfiltrация воды атмосферных осадков постоянно питает грунтовую воду, которая в свою очередь питает реки. Таково нормальное соотношение между надземным и подземным водным режимом.

Вследствие истока грунтовой воды в реки поверхность грунтовых вод опускается по направлению к реке, образуя параболическую кривую (фиг. 60). Если во время половодья вода в реке поднимается, достигая, напр., точки *m*, то она протекает в почву до тех пор, пока не встретит поднимающуюся с более крутым уклоном в сторону от реки поверхность грунтовых вод. Следствием сего явится подпруживание грунтовой воды и поднятие ее уровня, и если в сфере подпора по соседству с рекой будет находиться колодец, то на нем не только отразится это колебание уровня, но такой колодец будет питаться за счет речных фильтратов. Это последнее обстоятельство будет особенно заметно в том случае, когда из колодца будут брать большое количество воды, и когда ее уровень в колодце

опустится ниже уровня реки, тогда вода из реки начинает поступать в колодец. На колодцы, расположенные вдали от реки, влияние ее не распространяется.

Выход грунтовой воды в реку обнаруживается взмучиванием местами песка, или появлением на поверхности реки пузырьков воздуха. Если грунтовая вода вливается в реку сильную струей, она иногда не дает реке покрыться в этом месте льдом.

Бывают однакоже и такие случаи, когда реки, постепенно углубляясь через водоупорную породу, доходят до такого пласта, где уровень воды стоит ниже дна реки и тогда река исчезает или вполне или частично.

Грунтовая вода, выклинивающаяся или в дне или в стороне оврага, склона или долины, образует родники или ключи. При этом если породы размягчены и вода в состоянии пробиться струйками между частицами глины, песка и камешков, то она вымывает себе проход — канал, по которому уже вытекает беспрепятственно; поэтому ключи и встречаются в берегах рек, на дне оврагов, там, где сыро и где земля размягчена. В том же случае, когда при недостатке влаги, породы, из которых выбивается ключ, уплотняются и засыхают (как, напр., это замечается у глин), вода не в состоянии пробиться, и ключ исчезает. Но стоит дождем размягчить породу или сделать искусственную расчистку, и ключ появится снова.

Качество и состав подземных вод зависит от геогностических свойств тех пород, которые пронизываются водами. Если преобладают породы, содержащие малорастворимые соединения, как кварц, полевой шпат и др., то в воду переходит очень мало минеральных веществ, и она при выпаривании дает небольшой плотный осадок; из мела же, известняка, доломита вода извлекает известь и магнезию в виде углекислых солей, а в пластах каменной соли и гипса вода оказывается с содержанием хлористых и сернистых соединений в виде сульфатов и хлоридов. Вообще же артезианская вода содержит много известковых соединений (углекислой и сернокислой извести); иногда в ней обнаруживается присутствие сероводорода, быстро улетающего на воздухе. Бывают и такие случаи, когда совершенно прозрачная вода, выходящая из артезианской скважины, становится вдруг бурой и непрозрачной. Это указывает на присутствие закиси железа и объясняется часто тем, что избыточная в воде углекислота растворяет стенки железных труб скважины, подтверждением чего служит выделение пузырьков воздуха и неприятный запах. Если это явление продолжается и количество железа превосходит более 0,1 мг. в 1 литре, то такая вода считается негодной для питья.

Говоря вообще, чем глубже подземный поток и чем длиннее проходимый им путь, тем больше в нем присутствуют растворы минеральных веществ. Наименее минерализованы воды песчаных водоносных пластов, эти воды мягкие; наоборот же воды с более высоким содержанием углекислоты обладают большим количеством кальция и магния, делающими эти воды жесткими. Качество питьевой воды не ухудшается от некоторой степени жесткости (12°, см. ниже), так как известь идет на образование костей и противодействует излишнему развитию желудочной кислоты, но жесткая вода неудобна для различных технических целей, как, напр., для питания паровых котлов (образование накипи), для пивных заводов, для сахарных заводов, писчебумажных фабрик и пр. Кроме того в жесткой воде плохо растворяется мыло, идет больше топлива на варку овощей, понижается их питательность (особенно бобовых) и ухудшается вкус; плохо также заваривается кофе и чай. Но за то жесткая вода, образуя осадок извести, защищает от ржавчины железные трубы.

Самая мягкая вода—это вода рек, ручьев, вообще вода проточная, она также мягче воды ключевой. Так как углекислота текущей воды частью исчезает, то кальций и магний превращаются в нерастворимые выпадающие карбонаты, почему родниковая вода мягче ключевой.

Насколько чиста вода глубоких подземных слоев, настолько сильна загрязненность верховодки. Просачивающаяся вода увлекает с собою в толщу кровли также и микроорганизмы, которые частью там и задерживаются; количество микроорганизмов, задерживающихся в кровле, будет тем больше, чем более мелкозернист песок и чем длиннее путь, проходимый просачивающейся водой. Слой почвы, лежащий ближе к поверхности, более всех других богат зародышами микроорганизмов, количество которых быстро убывает с глубиною, поэтому грунтовая вода тем лучше, чем глубже она залегает. На глубине 8 метр. нетронутая земля уже не содержит бактерий; в песчаной почве и на пахотных землях их нет на глубине 2 метр., а под травянистым покровом они исчезают обыкновенно на глубине 1 $\frac{1}{2}$ метр. Что же касается вод, то бактерии встречаются в грунтовой верховодке почти всегда, при чем они быстро размножаются и при благоприятных условиях могут жить чрезвычайно долго. Различаются бактерии безвредные и патогенные; последние являются возбудителями различных болезней: холеры, тифа, дизентерии и сибирской язвы. Вода извлекает из почвы, пропитанной органическими остатками и различными отбросами, продукты органического распада, загрязняется и спускает их в водоносные слои. Поэтому соседство с колодцами пошлых и выгребных ям, плохо устроенных водосточных

труб, кладбищ, навозных куч и т. п. неизбежно отзывается на составе воды таких колодцев, при чем район загрязнения зависит от степени проходимости почвы. И колодезная вода густо населенных мест почти всегда оказывается испорченной и негодною к употреблению не только для питья, но вообще для хозяйственных надобностей.

Микроорганизмы попадают в колодец не только с поверхностными водами, но с ведрами и ушатами. Ключевая вода содержит значительно меньше как органических веществ и продуктов их разложения, так и микроорганизмов. Присутствие тех и других увеличивается у выхода ключа из земли—при прохождении через слои, близкие к поверхности почвы. Поэтому ключевую воду надо собирать не у самого выхода ключа, а раньше—в глубине водоносной породы.

Ключевая вода хороша еще и тем, что она отличается равномерностью и постоянством температуры и независимо ее от времени года.

Так как вода составляет насущную потребность человека, то при устройстве водоснабжения главное внимание должно быть обращено на качество воды, чтобы количество механических примесей, солей и газов не превосходило тех пределов, когда вода уже оказывается вредною для здоровья.

Хорошая питьевая вода должна быть приятного освежающего вкуса, без всякого привкуса, должна быть прозрачною, без цвета и запаха с температурою от 7 до 12° и не должна давать осадка. Если эти признаки имеются налицо, то вода в огромном большинстве случаев может считаться годною без дальнейшего анализа.

Желтовато-коричневый цвет воды указывает на присутствие в ней гуминовых веществ и является благоприятной средою для размножения микроорганизмов. Запах аммиака и хлопьевидная муть указывают на происходящие в воде процессы разложения органических веществ, а запах хлора и плотный осадок показывают сильное загрязнение воды, в этом случае совершенно непригодной для питья.

Вообще же в 1 литре питьевой воды должно быть:

1. Органических веществ не более 30 мг.
2. Азотистой кислоты (N_2O_3) следы.
3. Аммиака (NH_3) следы.
4. Азотной кислоты (N_2O_5) 15 мг.
5. Хлора (Cl) не больше 8 мг., если он является продуктом распада органических веществ, и до 35 мг., если хлор несомненно минерального происхождения.
6. Серной кислоты (SO_3) 100 мг.
7. Окиси магния ($KMgO_4$) 10 мг.
8. Сухого остатка после выпаривания 500 мг.
9. Жесткость общая (CaO) 20 немецких градусов.

Следует однако же заметить, что приведенные цифры не имеют абсолютного значения. Есть местности, в которых вообще нет хорошей питьевой воды, и тогда следует выбрать лучшую воду из имеющихся плохих и при этом приходится примириться с тем, что та или другая из приведенных норм окажется превышенной.

Для очистки воды от бактерий и механических примесей употребляются фильтры. Процесс очистки состоит в том, что движущаяся вода на каждой точке своего пути встречает препятствия, промежутки между которыми меньше объема взвешенной в воде мути, которая и задерживается этими препятствиями. Обыкновенно вода пропускается через слой сыпучего, нерастворимого материала, каковым почти исключительно является чистый кварцевый песок.

Фильтр делается в виде чана с двойным дном; верхнее дно дырчатое. В промежуток между доньями вставляется кран. На верхнее дырчатое дно кладется слой в 0,30 метр. щебня, на него насыпается слой в 0,20 метр. гравия, дальше слоем в 0,10 метр. крупный песок и сверху засыпается мелкий песок таким слоем, как и суммарный слой нижний, т. е. в 0,60 метр. Сверх песка наливается вода, при чем она всегда должна держаться слоем такой же толщины, как и слой песка, т. е. в 0,60 метр. Вода, проходящая через фильтр, образует на поверхности песка осадок в виде растительной пленки, состоящей из многочисленных колоний бактерий, при чем качество фильтрованной воды будет тем выше, чем эта пленка толще; вода же, прошедшая сквозь фильтр раньше образования пленки, получается слабо очищенной и должна быть спущена.

Когда фильтр засорится и перестанет пропускать воду, что случается недели через две—три, его надо чистить. Для этого снимается пленка и верхний слой песка. Когда после нескольких очисток слой песка утонится наполовину, фильтр догружается новым чистым песком. Чтобы на время чистки не останавливалась фильтрация, следует фильтр разделить пополам и воду пускать то в одно отделение, то в другое. В первое время после очистки, пока не образуется пленка, фильтр дает воду неочищенную.

Нельзя воду заставлять проходить через фильтр с большою скоростью, иначе фильтрация будет несовершенною. Скорость через фильтр должна быть не больше 250 литр. в сутки с поверхности в 0,01 кв. метра.

Обводнительные работы по их характеру можно разделить на три категории:

1) соби́рание подпочвенных открытых вод, так называемый каптаж ключевой воды;

- 2) соби́рание подпочвенных закрытых вод, иначе — устройство колодцев, и
 3) соби́рание атмосферных дождевых и снеговых вод, или устройство водохранилищ (прудов).

2. Каптаж ключевой воды

Гидротехнические работы, заключающиеся в расчистке и соби́рании отдельных струй в одно целое, называются каптажными работами*).

При разработке ключей надо отдать преимущество тем, которые выходят из-под мест ненаселенных и не из верховодки. Ключевая вода выклинивается различно: — полоской в виде „потного места“, с ярко окрашенной растительностью, или в виде отдельных струек, сбегаящих по склону, или — отдельную мощную струей, или, наконец, — в виде луж и озерков на ровной местности.

Предварительно необходимо произвести исследование мощности водоносного слоя, наклона как водоносной, так и подстилающей породы и, наконец, определить площадь водосбора.

Все выходы ключей и колодцы в ближайшей окружающей местности и на том же водосборе занивелировываются.

Затем производится разведка грунта. Для выяснения подстилающей породы закладывается буровая скважина на 2—3 метра ниже выхода источника, вторая скважина закладывается над источником для определения мощности водоносного пласта и еще две скважины по обеим сторонам выхода для выяснения прости́рания пласта.

Все места скважин занивелировываются.

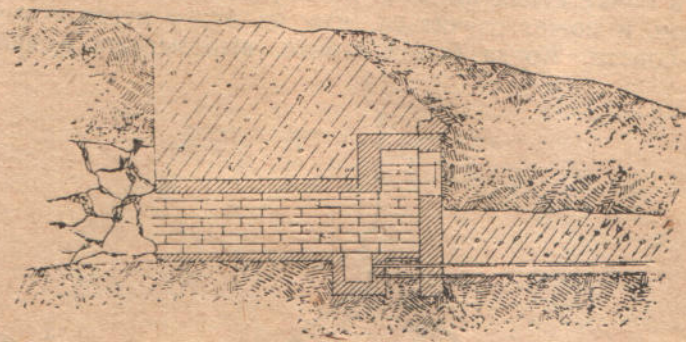
Затем непосредственным измерением определяется дебет источника. При выклинивании источника с более глубоких горизонтов, когда ясно видна бьющая вверх вода, никаких изысканий не требуется.

Для сбора грунтовых вод применяются различные сооружения в виде камер (цистерн) и труб. Так, напр., место выхода ключа расчищается по возможности до коренной породы, по которой течет главная струя, и над этим местом устраивается закрытый резервуар (фиг. 61), из которого вода отводится по трубе к насосу или бассейну. Существенно важно устроить отвод воды из резервуара таким образом, чтобы не было подпора, иначе ключ может промыть себе выход в другом месте и оставить сооружение без воды.

Другой вид каптажной цистерны представлен на фиг. 62. На склоне ставится бетонная камера, вода в которую поступает по сборным гончарным дырчатым трубам, заложенным

*) Название происходит от французского выражения travaux de captage — захватные работы.

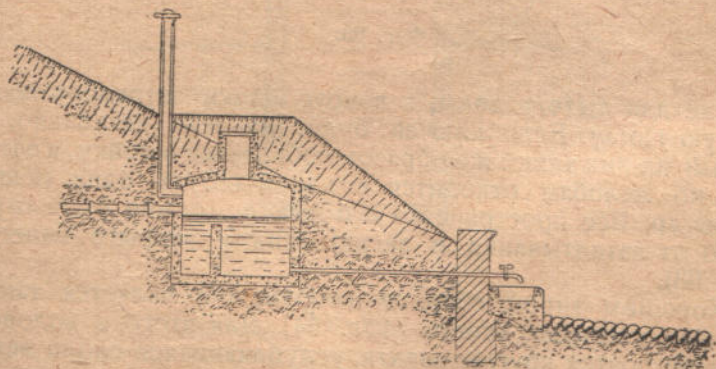
в водоносном слое. Внутри в камере сделана перегородка для осадков. Из камеры вода по оцинкованной железной трубе передается на разбор под землю, пропускается сквозь каменную подпорную стенку и заканчивается краном. В предупреждение замерзания кран должен иметь затвор внутри



Фиг. 61.

стенки. Лучше иметь две трубы, и на одной из них кран должен быть всегда открытым для образования постоянного протока.

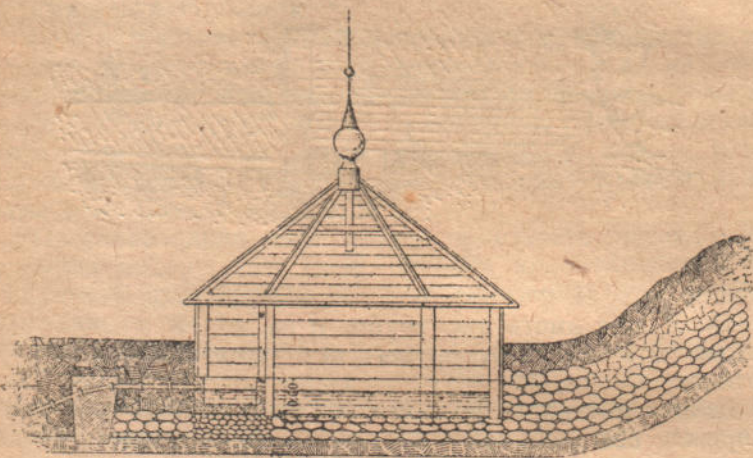
Если в местности ровной ключ выбивается снизу вверх, то прежде всего снимают растительный и рыхлый слой, на



Фиг. 62.

котором происходит просачивание, а затем в этом месте понижают уровень воды, вычерпывая ее вместе с землею. Потом дают воде отстояться и, бросая в нее древесные опилки, замечают по ним то место, откуда выходит вода, и тогда над этим местом устанавливают или бездонную конической формы бочку с железными обручами, или

деревянную трубу и легкими ударами по краям осаживают ее в землю, вычерпывая в это же время из середины бочки грунт. Так делают до тех пор, пока бочка не погрузится настолько, что верхний край ее только немного будет возвышаться над уровнем воды. Нельзя допускать, чтобы слой воды в бочке стоял высоко, потому что вода будет давить на ключ, и может случиться, что из этого места источник уйдет совсем. Когда бочка забита, вырезают в ней от-



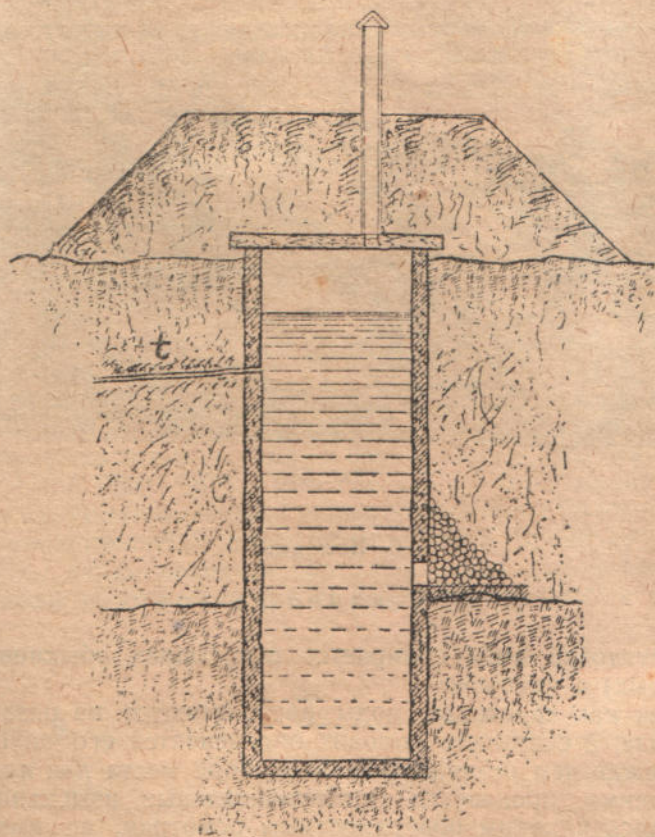
Фиг. 63.

верстие для выхода воды, а вокруг бочки затрамбовывают жирную глину. Если ключей будет найдено несколько, то каждый из них таким же образом собирается в бочку, а затем вода по желобам отводится в какой-нибудь один общий резервуар. Все пространство с бочками должно быть ограждено от затаптывания и загрязнения и закрыто навесом (фиг. 63).

Хорошим типом сборных сооружений является также бетонная ключевая камера (фиг. 64). Для этого в водоносном слое роется круглая шахта, углубляющаяся около метра в подстилающий глинистый слой. По мере углубления в шахту опускают деревянный цилиндр диаметром около 2 метр., в который на расстоянии 0,15 метр. (толщина бетонного дна и стенок) вставляется другой цилиндр. Бетон берется в составе: 1—цемента, 3—песка и 7—гравия и накладывается на дно шахты и между стенок цилиндра. В одном месте в стенке оставляется отверстие, к которому проводят гончарные дырчатые трубы и заваливают их камнем. Сверху цистерна перекрывается крышкой с лазом и заваливается

землей. В верхней части цистерны делается вентиляционная труба. Собранная вода по трубке *t* проводится по назначению.

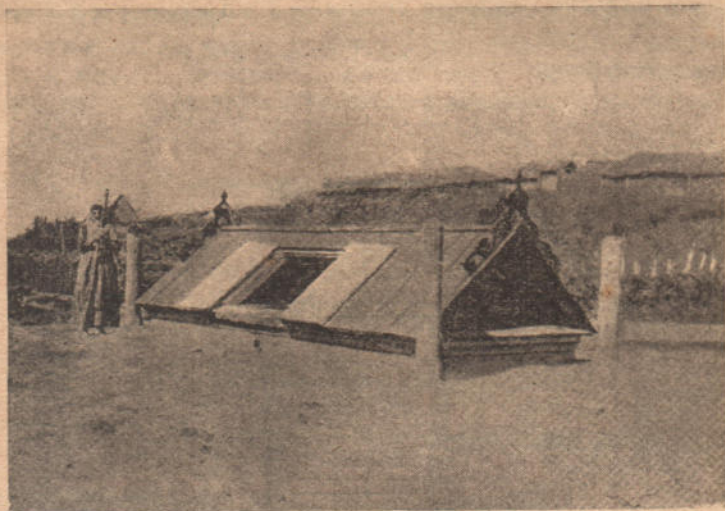
Простейшее устройство для сбора ключевой воды выполняется следующим образом. Раскапывается место выхода ключа и над ним ставится сруб метра в 3 длину и в 2 шири-



Фиг. 64.

ною, при чем более длинную сторону сруб ставится по направлению движения ключевой воды, для выхода которой в срубе оставляется отверстие на всю ширину сруба. Сруб опускается ниже подстилающей породы, образуя собою яму для осаждения ила. В противоположной стенке сруба делается отверстие для выхода воды так, чтобы это выходное отверстие было ниже входного. Сверху сруб перекрывается крышкой, с боков затрамбовывается глиною, и сверху заваливается землей.

Если выход ключа донный, сруб ставится четырехсторонний вроде колодезного, и над срубом делается будка с люком для разбора воды (фиг. 65).



Фиг. 65.

3. Колодцы

А. Изыскания на воду

Грунтовая вода собирается в колодцах обыкновенных (шахтных) и трубчатых.

Так как грунтовые воды распределяются по глубинам, а стоимость колодца определяется его глубиной, то, прежде чем остановиться на выборе места для колодца, необходимо произвести инструментальные изыскания, не доверяясь никаким поверхностным осмотрам, не имеющим никакой цены.

Для определения места на устройство колодца проф. Гефер (Г. Гефер — „Подземные воды и источники“) рекомендует такой способ. Вопрос сводится к определению тальвега T (фиг. 66), т. е. самой пониженной линии долины, и решается построением. В произвольном масштабе рисуется дно долины AB и определяются углы наклона склонов α и β , которые строятся по транспортиру у точек A и B , затем стороны углов продолжают до точки их пересечения T , где и будет тальвег. Точка C , лежащая над тальвегом по вертикальной линии, представляет то место, где следует заложить колодец с наибольшей вероятностью встретить

воду. Глубина CT колодца определяется по профилю. Следует заметить, что склоны AT и BT под землей идут несколько круче, чем находясь над дном долины, так как последние несколько смягчены эрозией.

Наиболее надежное решение вопроса дает нивелировочная связь с существующими колодцами, а также выходами ключей и реками.

Наметив место будущего колодца, отыскивают вблизи его и не далее, как на 5 километров, несколько (не менее двух) уже существующих колодцев с достаточным количеством хорошей питьевой воды. При чем колодцы, хотя приблизительно, должны быть расположены на одной линии с будущим колодцем x (фиг. 67). От колодца A к колодцу B через точку x ведется нивелировка и кроме того в колодцах A и B определяется горизонт воды.



Фиг. 66.

Построив затем профиль и нанеся на нем отметки уровня воды A и B (фиг. 68), можно сделать предположение о глубине x будущего колодца. Решение получается более верным, если представляется возможным сделать проверку по нескольким парам колодцев (фиг. 69). Тогда, определив горизонт воды по колодцам A и B , позеряют его по C и D . Если



Фиг. 67.

профили покажут глубину предполагаемого колодца более 10 метр., или если на расстоянии 5 километров нет колодцев или выходов ключей, тогда необходимо произвести исследование грунта или шурфованием или бурением.

Шурфование есть способ определения грунта посредством рытья ям (шурфов). Обыкновенная форма шурфа прямоугольная или круглая, наименьшие размеры его 1 метр в диаметре или стороне квадрата. Работа шурфа состоит в том, что рабочий посредством лопаты, кирки или лома (смотря по твердости грунта) подрывает грунт на дне ямы

и накладывает его в ведра или корзины, которые опораживаются наверху другим рабочим.

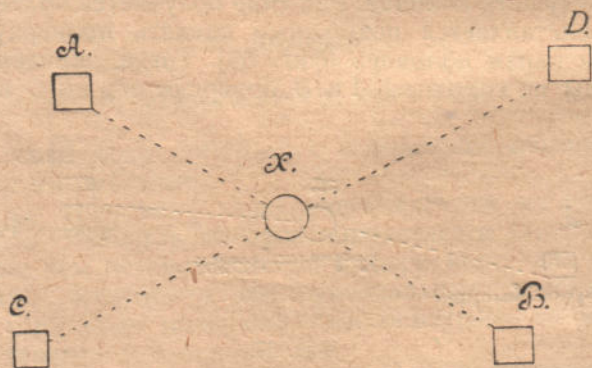
Только в каменистом грунте держатся вертикальные стенки шурфа на значительной глубине; в прочих грунтах стенки поддерживаются деревянною одеждою—крепями. Последние состоят из рам, сколоченных из толстых досок,



Фиг. 68.

пластин или тонких бревен. За рамы закладываются доски, которые крепко прижимаются к грунту клиньями, забиваемыми между рамами и досками.

В шурфовании есть много неудобств: дороговизна, медленность работы и необходимость предосторожностей от



Фиг. 69.

несчастных случаев. Поэтому наилучшим способом для разведки грунта является бурение.

Разведочное бурение заключается в пробивке на данную глубину цилиндрического канала, из которого извлекаются образчики грунта. Бурение производится особыми инструментами, называемыми буравами или бурами.

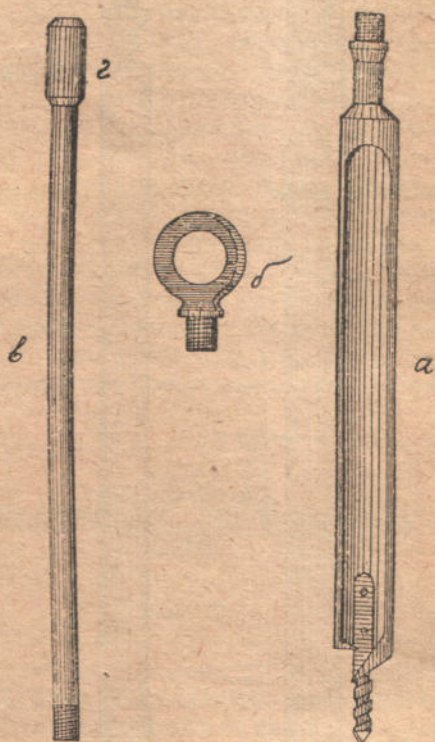
Комплект разведочного бурава до глубины 40 метров дает диаметр скважины в 6 сант. и состоит из следующих

частей (фиг. 70): буровой ложки *a*, с винтозым стержнем вверху и винтовым наконечником внизу, при чем этот наконечник расположен эксцентрично по отношению к оси бурава, затем пробки с ушком *b*, нужного по длине бура числа трубчатых штанг *в* с винтовой нарезкою на концах и соединяющихся муфтами *г*.

Далее (фиг. 71) необходимые части: змеевик *s*, пирамидальный бур *b*, желонка *г*, долото плоское и фасонное (зетовое), обсадные трубы *t*, соединяющиеся муфтами и для этого снабженные резьбой, стальной башмак *k* и подтрубок *p**).

Бурение начинается с того, что в намеченном месте роется неширокая яма, около метра глубиною. Затем берется обсадная труба, на нижний конец которой навинчивается башмак *k*; с ним труба опускается в яму, устанавливается строго по отвесу, обсыпается землею и плотно утрамбовывается, при чем отвесность проверяется все время, пока труба не будет окончательно и твердо установлена. Этот прием установки первой трубы требует полной аккуратности и строгого внимания, так как в противном случае вызывается задержка работы, а иногда и поломка инструмента. Хотя обсадные трубы назначаются главным образом для удержания от обрушения грунта или от затягивания скважины плывунами, но даже при поверхностном, неглубоком бурении и при очень стойком грунте первая труба является необходимою; при ней бур идет правильно, не качаясь в стороны, и скважина не искривляется, да и вытаскивание бура с отвинчиванием штанг на трубе более удобно, чем без нее.

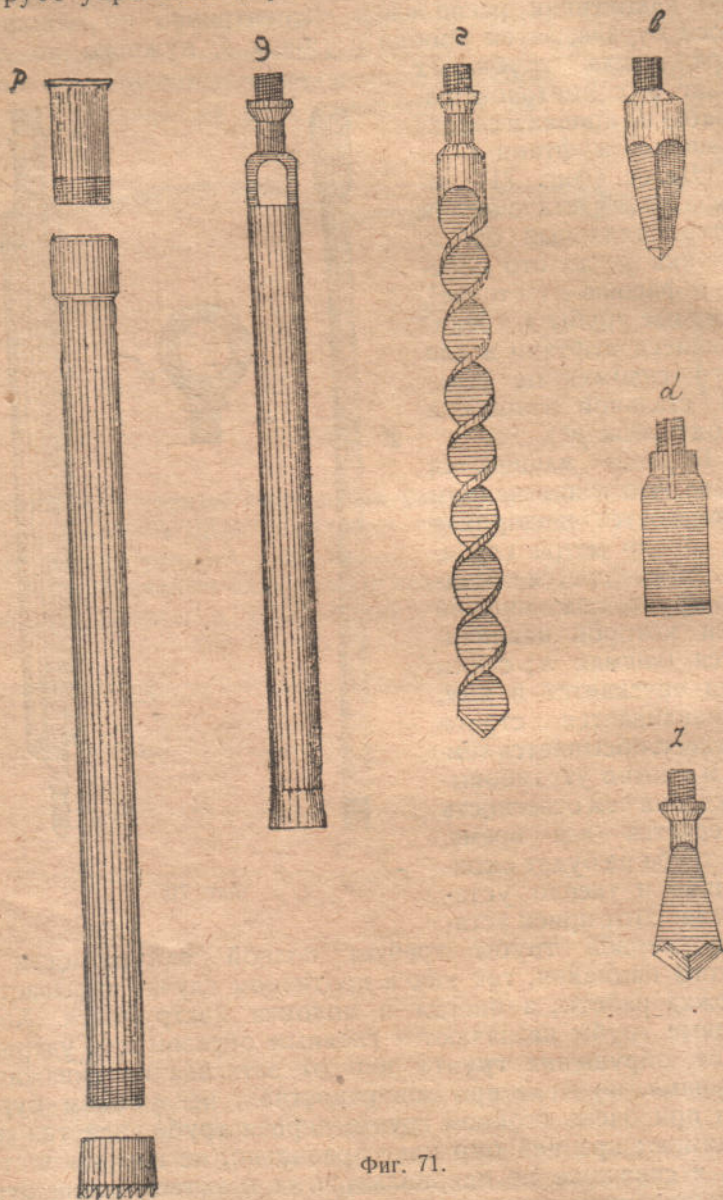
Когда первая труба станет, то на верхнюю часть ее, на муфту навинчивается подтрубок *p*, который предохраняет



Фиг. 70.

*) Другие части указаны при описании хода бурения.

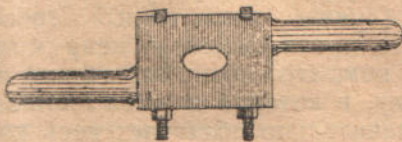
нарезку трубы от ударов по ней муфтами буровой штанги.
 На трубе укрепляют деревянный хомут (фиг. 72), не очень



Фиг. 71.

близко к концу, чтобы не смять нарезки, и, поворачивая за ручки хомута вправо, слегка нажимая, углубляют трубу до подтрубка. После этого собирают бур, т. е. свинчивается

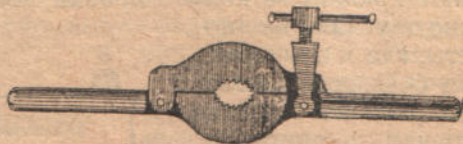
нужное число штанг (обыкновенно две), на низ их укрепляют буровую ложку, а одну из штанг зажимают в шарнирный поворотный хомут (фиг. 73), и бур опускается в обсадную трубу. Затем, рабочие берутся за ручки поворотного хомута и поворачивают бур вправо по ходу винта.



Фиг. 72.

Загнав так сантиметров на 15—20, бурав вынимают и ложку очищают. По мере погружения бурава его наращивают так, чтобы он шел ниже обсадных труб. После нескольких погружений бурава, его вынимают, подтрубок

отвинчивается, а на его место навинчивается вторая обсадная труба, при чем хомут (фиг. 72) на нижней трубе не должен сниматься. Когда вторая труба свинчена с первой, на ней закрепляют второй хомут и только после этого снимают первый. Затем так же, как и с первой трубой, поворачивая вправо хомутом и нажимая, осаживают вторую трубу до тех пор, пока она не даст отказа. Так продолжается работа и дальше, т. е. навинчивается опять подтрубок, опускается бурав и, по мере углубления, наращиваются трубы и штанги. Очень важно, когда еще бурение неглубоко, поверять отвесность труб и подправлять их, подталкивая землю то с той, то с другой стороны.



Фиг. 73.

Когда бурав вынимается для очистки ложки, свинчивание производится посредством клещей (фиг. 74), которыми захватывается штанга ниже муфты и удерживается от развинчивания, а другими клещами, наоборот, вращением влево верхняя штанга отвинчивается.

При вынимании бурава штанги надо развинчивать, чтобы бурав не сгибался, иначе он может сломаться.

Так ведется бурение метров до 8, если же нужно идти на большую глубину, работу ведут с треногою. Берут 3 бревна толщиной сантиметров в 15, а длиною в 6 метров и концы их соединяют болтом диаметром в 3 сант. На одной из ног набивают планки для стремянки. Затем две ноги кладутся в одну сторону в расстоянии между их концами метра в 3 и у концов этих ног выкапываются ямки с отвесными стенками, а третья нога со стремянкой кладется на противоположной стороне и примерно против середины

двух других ног. Подвигая эту ногу вперед по направлению двух других, мы заставим всю треногу подняться. После этого ноги укрепляются забитыми у их основания кольями.

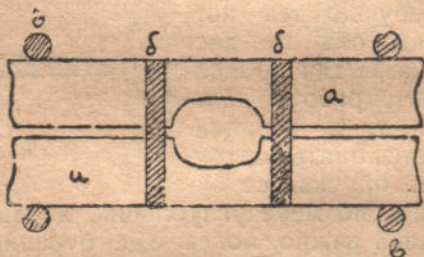


Фиг. 74.

Далее на болт, скрепляющий сверху треногу, вешается блок, а через него пропускают канат (лучше проволочный трос) с привязанным к нему крюком, этот крюк, опущенный до

земли, определяет собою точку, в которой должна быть заложена скважина. Тренога значительно облегчает весь ход работы, при чем получается возможность отвинчивать более длинные штанги, а если они короткие, то по две и более сразу, что очень ускоряет работу.

Когда треноги установлены, под центром их роется шахта шириною и глубиною в 1 метр и перекрывается досками, по середине которых оставляется отверстие для прохода штанг и обсадных труб. Затем берут ложку со штангой, смазывают ее муфту олеонафтом и ввинчивают пробку; задевают крюком за кольцо пробки, поднимают ложку и осторожно опускают на дно шахты, где и намечают точку скважины. После этого рабочие берутся за ручки шарнирного хомута и вращают его вправо. Сделав так оборотов 5, вынимают ложку и очищают от породы, вновь опускают, поднимают на блоке и так проходят 2 метра.



Фиг. 75.

После этого берут обсадную трубу с башмаком *t* (фиг. 71), один деревянный хомут (фиг. 72) зажимают под муфтой, а другой—ниже. За первый хомут поддевают канат и поднимают трубу на блоке, а потом осторожно опускают ее в шахту, ставят строго по отвесу и начинают осторожно вращать, слегка нажимая на концы хомута. Опустив трубу, примерно, на полметра, еще раз ее проверяют и закрепляют в шахте центрами (фиг. 75).

Центры состоят из двух половин *a*, длиною в 60—80 сантим. с вырезанными полукругами, диаметра, равного диаметру трубы. Этими полукругами труба обхватывается на поверхности земли и сколачивается планками *b*, а центры укрепляются на месте кольями *в*, вколачиваемыми в землю.

После установки трубу продолжают вращать. Когда она даст отказ, на нее навинчивается подтрубок (фиг. 71).

и в скважину опускается ложка. После 5—6 поворотов ложки на ключах, ее „срывают“, т. е. резко поднимают сантиметров на 10, вновь опускают, проходят раз 5—6, опять срывают и т. д., пока не пройдет вся ложка, тогда ее извлекают из скважины. Пока штанга одна, подъем ложки из скважины совершается очень просто и даже на руках, если же штанг опущено несколько, извлечение ложки делается следующим образом: на муфту верхней штанги навинчивается пробка б (фиг. 70), за ушко пробки захватывают крюком, спущенным с блока, и двое или трое рабочих тянут за конец каната, переброшенного через блок, а двое других рабочих захватывают клещами (фиг. 74) за штангу и, поворачи-



Фиг. 76.

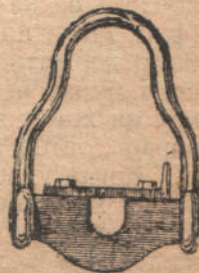
вая слегка вправо, помогают поднимать. Когда штанга подтянута до блока, на обсадную трубу кладут вилку (фиг. 76), развилина которой шире штанги, но уже муфты; это делается на тот случай, если штанга сорвется, чтобы она не упала в скважину, так как муфтой она задержится за вилку. Раз-



Фиг. 77.

винчивают так: один рабочий захватывает клещами штангу на 15 сант. выше муфты и поворачивает влево, а другой захватывает клещами муфту и удерживает инструмент. Вместо муфто-

вых клещей, употребляется цепной ключ (фиг. 77), который подходит ко всякому размеру и потому применяется также для развинчивания обсадных труб. Для той же цели, т. е. для развинчивания штанг, применяется еще фарштул (фиг. 78), весьма удобный прибор, который к тому же служит и для вытаскивания штанг; тогда пробка с ушком не навинчивается на штангу, а крюк захватывает за петлю фарштула. Когда таким образом несколько штанг отвинчено, на последнюю, вышедшую из скважины, навинчивается опять пробка или укрепляется фарштул и вновь поднимаются штанги доверху. При развинчивании надо не забывать класть на верх обсадной трубы вилку.



Фиг. 78.

Вместо вилки, которая легко может сдвинуться и упасть, лучше класть на трубу фарштул.

Так поступают, пока весь прибор с ложкой не выйдет из скважины. Очистив ложку, опускают бур также осторожно по частям и, чтобы инструмент не упал в скважину,

на обсадной трубе должна лежать вилка в то время, когда штанги свинчиваются.

Когда ложкой пройдут на 2—3 метра ниже трубы, последнюю „расхаживают“, т. е., вынув бурав, трубу осторожно поворачивают, стараясь понемногу ее приподнимать. Расхаживание освобождает трубу от сжатия ее грунтом, при этом стенки грунта становятся глаже, что способствует погружению трубы. Это следует делать чаще: по окончании ежедневной работы и при ее начале. Когда одна труба осажена, и надо наращивать другую, отвинчивают подтрубок, берут следующую трубу, смазывают нарезку, зажимают на ней хомут и, подвязав под его рукоятки канат, поднимают трубу на блоке, а затем осторожно опускают на осаженную уже трубу, направляя нарезку второй трубы в сторону осаженной, и сейчас же завинчивают ее, вращая за ручки хомута вправо и в то же время задерживая от вращения нижнюю трубу цепным ключом. После этого колонна труб слегка приподнимается на блоке, и в это время освобождается хомут, лежащий под муфтой нижней, осаженной трубы.

Затем колонна опускается в скважину и продолжается та же работа, т. е. погружается труба до отказа, затем пускается бурав, вынимается и вновь опускается ниже труб, вновь расхаживаются трубы, наращивается следующая труба и т. д.

В плотных, вязких глинах и слежавшихся суглинках нельзя работать ложкой, тогда пускают змеевик (фиг. 71-*s*), при этом через несколько оборотов надо приподнимать инструмент, чтобы его не захватило породой. Если на дне скважины попадает камень или галька, что легко заметить по звуку, надо или раздвинуть гальку, отодвинуть или разбить камень, для этого надо вынуть бурав, отвинтить ложку, а на ее место навинтить пирамидальный бур (фиг. 71-*b*); подняв при этом бурав настолько, чтобы можно было держать за поворотный хомут, сразу, по команде бросают бурав в скважину, а в это время двое рабочих, нажимая на хомут вниз, поворачивают инструмент на $\frac{1}{4}$ оборота вправо, затем вновь поднимают, вновь бросают и т. д.

Когда удары сделаются глухими, тогда бурав вынимают, берут желонку (фиг. 71-*g*), привинчивают к ней узенькое ушко, к нему привязывают веревку и по веревке опускают желонку в скважину. Желонка представляет собою трубу с клапаном. Это устройство желонки позволяет набирать в нее погружением не только сыпучий грунт, но и воду. Когда желонка опущена в скважину, где разбит камень или гравий, то ею делают 10—20 ударов, потом вынимают, опоражнивают, споласкивают и вновь опускают—так проделывают, пока не будет вынута вся измельченная порода.

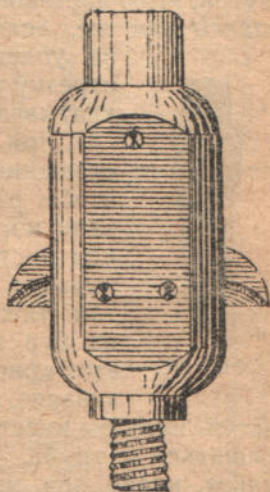
В плотных грунтах, где прохождение весьма затруднено, применяется расширитель (фиг. 79), сглаживающий стенки скважины и делающий ее равною диаметру трубы, которая свободно опускается. При опускании расширителя необходимо полости его ножей сжать и перевязать тонкою провололочкой, чтобы ножи не упирались в стенки трубы и не задерживалось бы опускание инструмента. Доведя буров до дна скважины, надо им резко ударить, тогда провололочка разорвется и ножи раздвинутся.

В сплошных каменистых напластованиях применяются долота, фасонное или зетовое (фиг. 71-з) при очень крепком каменистом грунте и плоское (фиг. 71-д) в грунте не слишком крепком. При бурении в песке и гравии, когда порода не держится в ложке, работают желонкой, для чего инструмент вынимается, на место ложки навинчивается желонка, ее опускают в скважину, делают 10—20 ударов, все время поворачивая, чтобы песок не захватил желонку, и, когда уже не будет слышно стука клапана, инструмент вынимают, опорожняют, ополаскивают и вновь опускают.

Так как в песке стенки не держатся, трубы надо осаживать вслед за буром, для чего на хомут по обе стороны трубы навешивают мешки с песком одинакового веса, а рабочие, постепенно и медленно вращая, осаживают трубы.

Наибольшей трудностью отличается бурение в пльвуне: песок поднимается в трубах нередко на значительную высоту, захватывая при этом желонку. Этот грунт стараются пройти возможно скорее, работая без перерыва, осаживая обсадные трубы грузом, и, когда пльвун будет заперт трубами, его вычерпывают желонкой, но иногда мощность пласта бывает так велика, и приток пльвуна настолько быстр, что закрепить его является делом чрезвычайно большой трудности. Тогда надо в скважину налить воды до самого верха и держать ее так все время, чтобы вода давила на пльвун, а для ускорения работы надо вести бурение желонкой не на штангах, а на канате. Бывают однако же случаи, когда, несмотря на все меры, песок заполняет скважину, и работу приходится бросать.

Случается, что при несоблюдении осторожности часть инструментов или падает в скважину или ломается в ней; тогда извлечение таких частей делается при помощи ловилок.



Фиг. 79.

БУРОВОЙ ЖУРНАЛ

скважины №, заложенной (там-то). Скважина начата и закончена (такого-то) числа, месяца и года.

№ №	Пройденные породы	Глубина залегания в метрах	Мощность	Водоносный горизонт					Разрез скважины
				№ №	Глубина залегания в метрах	Мощность	Установившийся уровень	Приток литров в час	
1	Растительный слой	0,00	0,30	1	2,70	—	—	15,90	Здесь помещается схематический чертёж (фиг. 82)
2	Желтая глина . .	0,30	0,65		Вода горько-соленая, заперта трубами				
3	Песок с водой . .	0,95	3,30						
4	Глина бурая . . .	4,25	2,30	2	9,28	0,85	9,34	30,5	
5	Глина бурая с хрящем	6,55	2,73		Вода приятно освежающего вкуса, без привкуса, цвета и запаха				
6	Хрящ с водою . .	9,28	0,85						
7	Камень	10—13	—						

Определение притока воды в скважине делается так:

Замазывают дно желонки (башмак ее) глиною и откачивают из скважины определенное количество ведер воды. После откачки уровень в скважине может занять три разных положения:

1—после откачки уровень воды поднимается.

2—после откачки уровень воды понижается.

3—после откачки уровень воды не изменяет своего положения.

Заметив уровень в скважине, откачивают желонкою воду в течение часа, после чего вновь измеряют уровень.

Пусть скважина диаметром (2")—50,8 мм. и 1 ведро в такой скважине дает столб воды, равный 5,62 метр.

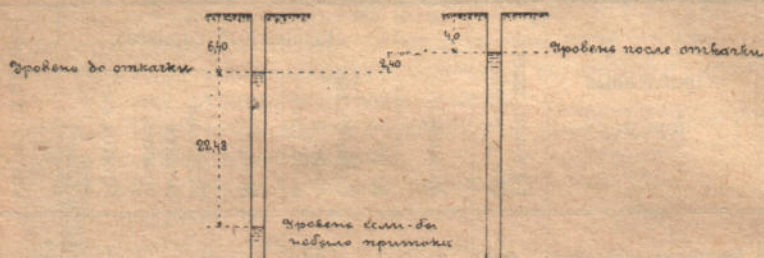
1-й случай. Уровень воды повышается

Пусть уровень воды до откачки 6,40 метр. Положим, что уровень воды после откачки поднялся до 4,00 метр.

Таким образом, уровень воды относительно первоначального положения повысился на 2,40 метр. (см. фиг. а).

Предположим, что в течение часа выкачено 4 ведра.

Если бы не было притока, то уровень воды понизился бы относительно первого положения на $5,62 \times 4 = 22,48$.



фиг. а

Но оказывается, что уровень поднялся на 2,40 метр. Следовательно, пока происходила откачка, в течение часа прибыло воды

$$22,48 + 2,40 = 24,88 \text{ метр.}$$

что даст:

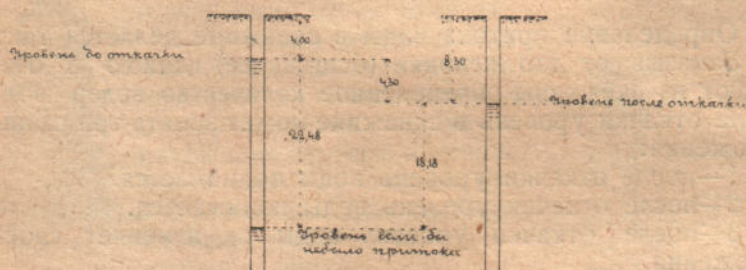
$$24,88 : 5,62 = 4,43 \text{ вед.}$$

2-й случай. Уровень воды понижается

Пусть уровень воды до откачки 4,00 метр.

Уровень воды после откачки 8,30 метр.

Уровень воды относительно первоначального положения понизился на 4,30 метр. (см. фиг. б).



фиг. б

Если в час мы выкачали, положим, тоже 4 ведра, следовательно в час прибыло воды

$$22,48 - 4,30 = 18,18 \text{ метр.,}$$

что составляет:

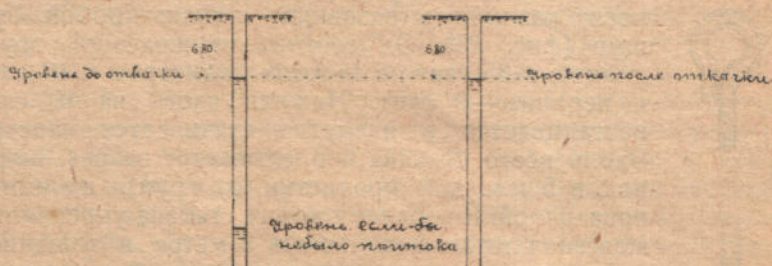
$$18,18 : 5,62 = 3,23 \text{ вед.}$$

3-й случай. Уровень воды не изменяется (см. фиг. с)

В этом случае приток равен расходу, т. е. 4 ведрам.

Вместе с определением дебета скважины берется и проба на качество воды. При чем порция должна быть взята

в количестве не менее $2\frac{1}{2}$ литров. Бутыль должна быть предварительно тщательно вымыта испытуемой водою, затем после наполнения должна быть плотно закупорена пробкою и залита сургучем.



фиг. 8

После окончания бурения трубы вынимаются из скважины. При большой глубине дело это довольно трудное. Обыкновенно на верхнее звено трубы накладываются накрест два хомута и, поворачивая трубу непременно только вправо, осторожно поднимают ее рычагами, блоком, домкратами; нередко всеми тремя вместе.

Если при подъеме труба сорвется и останется в скважине, то берут штангу с муфтой или метчик и наворачивают холст, чтобы образовать поршень. Такой поршень опускают в оставшуюся трубу, затем его постепенно вращают и в это время сыплют в скважину песок понемногу, чтобы песчинки заполняли все промежутки между поршнем и трубою; когда будет насыпано около метра, осторожно с поршнем поднимают и трубу.

После этого скважина забивается деревянным колом на глубину 1 метра и засыпается так, чтобы образовался земляной тур в метр вышиною.

Место скважины подробно описывается в буровом журнале и связывается нивелировочным ходом с каким-нибудь определенным репером.

Когда бурение закончено, инструмент должен быть разобран, очищен, а муфты и винтовые части смазываются олеонафтом.

Если буровые работы приходится вести вдали от города, а тем более в степи, где ни о каких мастерских не может быть речи, то, во избежание остановок или задержек в работе, кроме необходимого комплекта инструментов, а также запасных штанг, труб и муфт, надо иметь и такие вспомогательные инструменты, как гаечный ключ для деревянных хомутов, клупп, труборез, домкраты, не говоря уже о молотках, веревках, топорах, гвоздях, канате и проч.

Кроме бурения, есть еще один способ разведки водоносного горизонта, который по сравнению с предыдущим может быть назван кустарным. Применяется он на небольших глубинах и в таких грунтах, как глина, мел, лёсс и влажный песок. Прибор, употребляемый при этом, носит различные названия: стакан, пробой, буршуп (фиг. 83). Он состоит из железной трубы длиной в 35 сант., с нижним диаметром в 10 сант. и верхним—9 сант. Нижняя часть на 10 сант. насталивается и изнутри стачивается наостро. Вдоль всего стакана продельвается разрез, шириною в 5 м.м. для прочистки от грунта железною лопаточкой. К верхнему концу стакана укрепляется железная штанга длиной в 3 метра и толщиной в 2 сант., заканчивающаяся в верхней части кольцом для веревки. Штанга прикрепляется к стакану так: нижний конец штанги разрубается на 3 части и образует лапки, которые изнутри стакана укрепляются двумя заклепками по $1\frac{1}{2}$ сант. Вес всего шупа около 20 кгр. Работу ведут с невысокою треногою, через прикрепленный к ней на стержне блок с переброшенным через нее канатом, привязанным к ушку. Стакан поднимают на высоту немного более полуметра и сразу пускают, так делают ударов 10, потом вынимают, очищают стакан и так ведут работу. Поднимать бур выше полуметра не следует, так как он может быть сильно захвачен породой, и тогда вынимать его бывает крайне трудно. При опытности и ловкости рабочих можно работу вести и без треноги, а прямо с руки, но это требует большой внимательности и осторожности, особенно вначале, когда легко можно испортить работу, искривив скважину. Дойдя до водоносного грунта, применяют обыкновенную желонку.



Фиг. 83.

Б. Обыкновенные (шахтные) колодцы

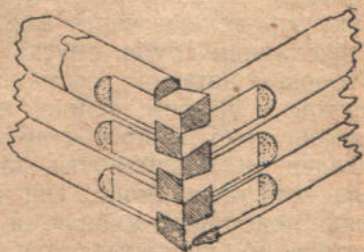
Когда путем разведки определится та глубина, до которой надо опустить колодец, заготавливают материал и приступают к рытью шахты, т. е. ямы, в которой устанавливаются стенки колодца.

Дно ямы, обыкновенно, остается открытым, боковые же стенки закрепляются очень тщательно деревом, камнем или бетоном.

Деревянные колодцы бывают или квадратного, или шестиугольного сечения. У первых длина стороны „в свету“ делается около $1\frac{1}{2}$ метра и только в очень плотных,

каменистых породах уменьшается до 1 метра; для шестиугольных же колодцев диаметр шахты берется в $1\frac{1}{2}$ метра, так что сторона шестиугольника получается „в свету“ около 0,70 м.

Для четырехугольных колодцев роется шахта квадратная, для шестиугольных — круглая. Сначала до глубины около 2 метр. землю копают „на выкид“, а затем поднимают ее бадьей. Для этого над устьем шахты ставятся две стойки, на которые прочно утверждается поперечина и к последней крепко привязывается блок, через который перебрасывается просмоленный канат, толщиной в 3 сант. с привязанным к нему железным штырем, на концы которого веревочными петлями надевается дубовая с железными обручами бадья литров в 60 емкости. Другой конец каната наворачивается на вертикальный ворот (кабестан), устанавливаемый в 3—4 метра от шахты; расстояние между стенками ворота делается в 3 метра. В предупреждение несчастных случаев следует ежедневно пробовать канат, для чего бадью нагружают камнями до 150 килограмм. и, то поднимая, то опуская ее, убеждают в прочности каната.



Фиг. 84.

Шахту роют без крепей до тех пор, пока на стенках не начнут появляться трещины, указывающие на возможность обрушения. В стойких, тощих грунтах иногда удается пройти шахту без крепления метров до 20; в жирной же быстро сохнущей глине редко можно опуститься глубже 2—3 метр. За состоянием стенок шахты надо очень внимательно следить и, как только появятся трещины, сейчас же следует прекратить выкопку и немедленно приступить к креплению срубом. При рытье шахты необходимо проверять ее отвесность. Сруб готовится одновременно с рытьем шахты. На сруб употребляются бревна в 18—20 сант. толщиной или, для неглубоких колодцев, пластины. Для квадратного колодца длина бревна или пластины должна быть в 1,78 метра, из них 1,42 м. чистого света и по 18 сант. с каждого конца на соединение в косую лапу (фиг. 84) без зуба, для шестиугольного колодца длина пластины 0,98 м.—по 13 сант. с каждого конца на соединения. Следует заметить, что сруб квадратный предпочтительнее шестиугольного; так как площадь у первого при указанных размерах получается больше, нежели у второго, затем число углов в каждом венце у второго больше, следовательно и работы на венец затрачивается больше, а работа стоит дороже, наконец, косые врубки в углах

менее прочны, чем прямые, и вся шестиугольная призма получается менее устойчивою, нежели четырехгранная.

При рубке звенья номеруются. Бревна необходимо пазить: врубать и причерчивать, чтобы сквозь щели не просачивалась грязь и песок, а стороны бревен, обращенные внутрь колодца, следует стесывать.

Лучший лес для сруба ольха, липа или береза, как сообщающие воде меньший привкус древесины, но эти породы не прочны в земле; дуб сохраняется дольше всякого другого дерева, зато портит вкус, особенно свежей рубки и в первое время. Правильнее всего было бы ту часть сруба, которая опущена в воду, делать из ярового леса, а выше горизонта воды — из дуба.

При укладке сруба главное внимание обращается на то, чтобы он шел правильно в вертикальном направлении. Проверку эту делают через каждые 4—6 метр. Одновременно с опусканием сруба, опускают в колодец (в бадьях) и глину, которую тщательно затрамбовывают пространство между шахтой и срубом. Глина, кроме ее водопроницаемости, сжимает сруб и способствует его устойчивости. Когда сруб выведен до поверхности, дальнейшее углубление колодца делается „подводкой“, для чего под два противоположные венца подбивают клинья, а под два других осторожно и постепенно подкапываются. При этом временно нижние звенья необходимо скрепить с вышележащими железными скобами и на метр от низа расшивать досками, пока будет идти подводка. Когда образуется углубление, достаточное для подвода пластин, их подкладывают (соединяя в углах), снизу пригоняя на места. Затем то же продельвают со второю половиною и тогда выбирают землю из середины, и так ведут работу все глубже.

Иногда же делают так: под срубом на глубине 3—4 венцов выбирают землю, а затем, постукивая по сторонам и по углам, заставляют срубы садиться. Этот способ хуже, так как легко может вызвать искривление сруба.

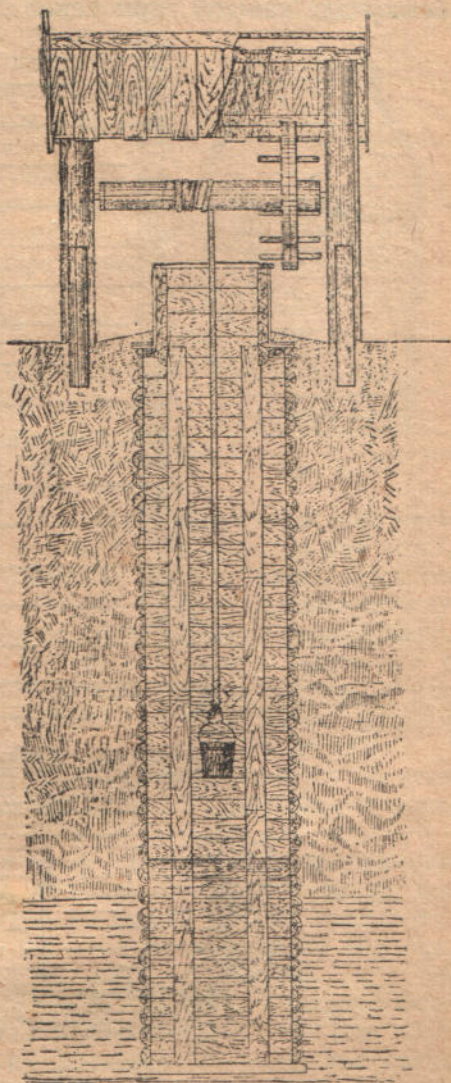
Заканчивают колодец, пройдя водоносный слой. Если мощность этого пласта не исследована предварительной разведкой, то надо быть осторожным, чтобы не пробить подстилающий пласт и не спустить в воду в нижележащий. Под нижний венец сруба подкладывается основание, в виде рамы из бревен с удлиненными концами, сопряженными в полдерева, а на дно шахты надо положить или доски в разбежку, или слой щебня (гравия). Для прочности и устойчивости стенки сруба на всю их длину расшиваются пластинами или досками, а венцы один с другим соединяются вставными шипами. Чтобы сквозь сруб не попала в колодезь верховодка, вокруг него на 1 метр и на глубину не меньше 1½ м. роется яма, в которую затрамбовывается жирная глина.

Сруб не доводится до поверхности на 1 метр и заканчивается уменьшенной головкою в сечении 0,75 м. (фиг. 85). Это уменьшение отверстия сруба предохраняет стенки от отбивания их ведрами, при чем в ведра не попадает грязь и слизь, неизбежно покрывающая стенки. Вся головка доверху готовится в четверть с шипом „в потемок“ в углах, кроме того, венцы насквозь прохватываются болтами, концы которых расклепываются в холодном состоянии. Головка сверх земли обшивается досками, наверху обводится досчатою рамою и закрывается крышкой на петлях. Крышка при этом должна быть такого размера, чтобы в отверстие проходило только ведро воды. Этим колодец предохраняется и от излишнего загрязнения и от введения в него большого притока холодного воздуха.

Над землею сруб возвышается на 0,75 метр. Вокруг колодца на 2 м. надо сделать плотно утрамбованный скат и отмостить его камнем.

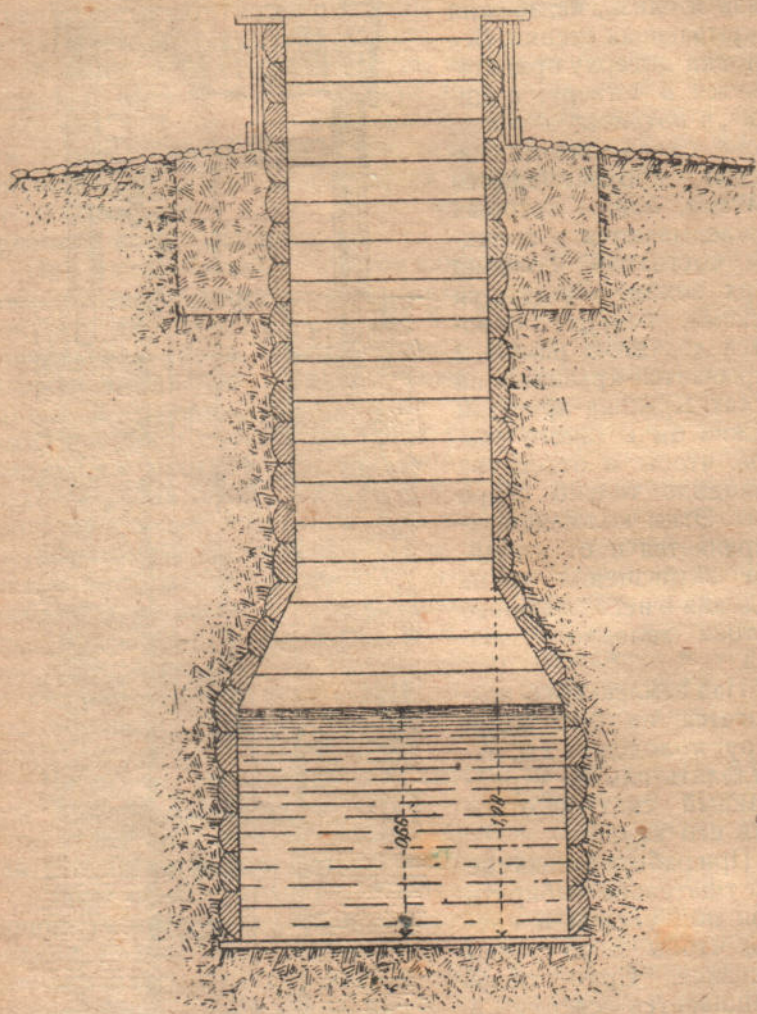
При работе в пльвуне надо тщательно выбирать песок под углами и следить, чтобы сруб ровно опускался. Сруб тогда наращивается сверху и остается нагруженным на ночь; при тщательной очистке от пльвуна сруб за ночь опускается до 1 метра. Полезно на ночь класть временный досчатый пол, тогда утром легче выбрать воду и песок.

Если воды хотят получить больше, а работу шахты уменьшить и съэкономить на срубе, то строят колодцы



Фиг. 85.

шатровые (фиг. 86). При этом венцы плотно припазываются, бревна ставятся на шипы и сруб расширяют брусками, по 2 на каждую сторону, через 3—4 венца, в разбежку для каждой пары венцов.

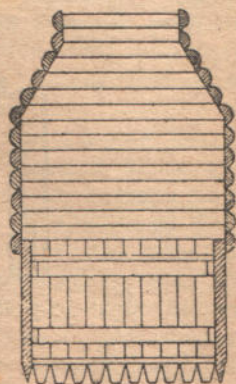


Фиг. 86.

Прежде чем приступить к подводке шатровой части, надо иметь заготовленный материал. Так как шатер имеет все уширяющееся направление, то венцы готовятся по строго расчерченным размерам, так, чтобы диагонали от центра были равны.

Это делается и в самом колодце. Отыскивается центр шахты, от которого откладываются к углам равные расстояния. Это требование необходимо соблюдать по отношению к каждому новому подводимому венцу. Глубина уширения обыкновенно делается в 2 метра и последующая затем ширина колодца делается в 2 метра. Таким образом длины каждого венца выполняются согласно чертежа и точных размеров.

Шатровые колодцы устраиваются и в случае очень водоносного пльвуна, когда шахта быстро заплывает. В этом случае к расширению шатра приступают, как только появится вода, и когда шатер будет закончен, под последние его звенья подкладываются более длинные бревна, а внутри этого шатра ставят другой—меньший в виде ящика. Сборку его ведут со дна вверх, тщательно припазовывая звенья и проконопачивая мхом,



Фиг. 87.

чтобы всеми мерами добиться непроницаемости. Нижние венцы при этом заостряются, для чего бревна на них выбираются толще, так получается род ножа, которым ящик легче погружается. Пльвун выбирается из ящика и забрасывается за стенки в пространство между ящиком и шатром. Ни в каком случае нельзя вычерпывать из пльвуна воду, потому что тогда пльвун притекает с большею силою, может образовать за срубом пустоты и вызвать опасное перекошение всей шахты. Ящик должен возвышаться над горизонтом пльвуна на 5—6 венцов.

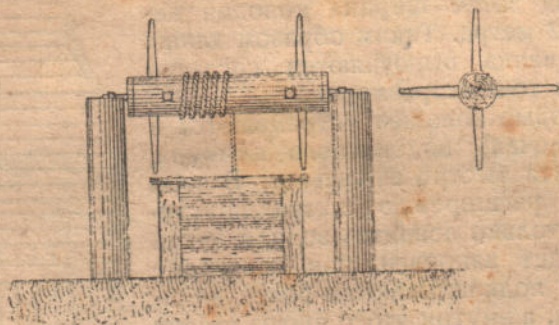
Иногда вместо ящика внутри шатра забивается со всех четырех сторон шпунт из досок (фиг. 87), которым и запирается пльвун.

На дне колодцев в пльвунах насыпается фильтрующий материал, слоем до 1 метра, сначала из мелкого песка, потом из более крупного и затем из щебня разной крупности.

Пола не делают только в случае очень слабого притока, но щебень до 20 сант. надо засыпать непременно.

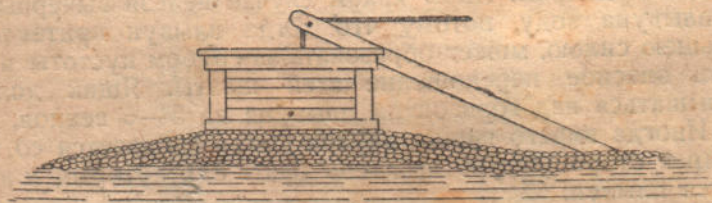
Устройство колодцев—работа трудная и опасная. Особенно вредными для здоровья оказываются колодезные газы. Обыкновенно присутствие их узнается по тому, что свеча начинает тухнуть (на глубине 15 метров уже приходится работать со свечей). Так как газы скопляются за ночь, по утрам колодезники „прокачивают“ колодец, для чего, прежде чем приступить к работам, несколько раз спускают и поднимают бадю или рогожу. Углекислота в изобилии выделяется из каменноугольных пород или из иловатых и черных глин.

Для защиты от дождей над колодцем на двух столбах с подкосинами устраивается зонт. Столбы над землею ставятся на высоту до $2\frac{1}{2}$ м., с расстоянием между ними в 1 м. Между столбами помещается вал с посаженными на концах бугелями, имеющий в центрах осевые шипы из заершенного



Фиг. 88.

круглого железа. Вал помещается на высоте $1\frac{1}{2}$ метр. над землею и лежит шипами в подшипниках, укрепленных на столбах. При глубине колодца до 6—8 м. применяется ворот, для чего в вал накрест вставляются деревянные спицы (фиг. 88); для глубоких колодцев вал снабжается деревян-



Фиг. 89.

ным колесом, диаметром в $1\frac{1}{2}$ метр. с рукоятками на его окружности. Наконеч очень практичное приспособление: блок на отдельном бревне (фиг. 89), а еще лучше — блок на бревне и на железных кронштейнах внутри колодца ниже крышки. Но самым лучшим устройством для разбора воды из колодца является насос. Если же вода выбирается ведрами, то надо непременно требовать, чтобы ведро было одно—общественное, так как прицепные ведра и веревки являются распространителями заразы.

Чтобы вода в колодце не застаивалась и не портилась, надо, чтобы глубина воды была не больше $1-1\frac{1}{2}$ метр. и чтобы вода чаще выбиралась.

Постоянно возобновляемая вода как бы приобретает свойства текучей. Если же вода не возобновляется, то она портится, главным образом оттого, что органические вещества в срубе разлагаются и сообщают воде неприятный вкус и гнилой запах. Необходимо не менее одного раза в год колодец чистить, т. е. снимать с дна тонкий слой ила и тины, при этом, если в колодце нет досчатого дна, надо такую чистку производить осторожно, чтобы не углублять сруб.

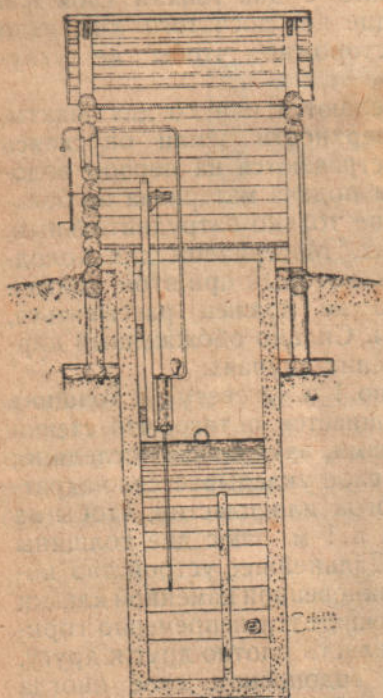
Каменные колодцы делаются или со дна шахты, поднимаясь кверху, или с поверхности земли опускаясь к дну. Колодцы первого рода устраиваются на первом водоносном слое, так как и работа и подача материала на большую глубину является делом не только затруднительным, но и небезопасным для рабочих. Материалом для колодцев служит естественный камень, который при этом должен быть крепким, постелистым, но не должен рассыпаться, окрашивать и портить вкус воды. Сильно обожженный кирпич употребляется только в крайних случаях.

Диаметр колодца обыкновенно 1 м. (в свету), а толщина стенок до 0,50 метр. Работа начинается с того, что стенки шахты крепят досками и распорками, заклинивая последние; затем на дне шахты в водоносном слое укладывается квадратный помост в 2 м. в стороне, из досок или пластин, чтобы на нем поместился диаметр колодца в 1 м. плюс две толщины кладки по 0,50 м., т. е. тоже 1 м. Дальнейшее устройство колодцев ничем не отличается от обыкновенной каменной кладки на поверхности земли; кладка должна идти непременно горизонтальными рядами, камни надо класть плотно друг к другу, с тщательною расщебенкою. В водоносном слое иногда кладку ведут насухо, хотя лучше всего ее вести на цементном растворе, в особенности если камни крупные, неправильной формы или кирпич; только при камнях слоистых пород, напр., известковых, когда их легко обделать плитами любого размера, можно кладку вести насухо, но в верхней части колодца для защиты от верховодки надо непременно употреблять раствор. По мере поднятия кладки, досчатые крепи снимаются и пространство за колодцем засыпается и забивается трамбовкой. В глубоком колодце каменщики работают в люльках, висящих на веревках, перекинутых через блок на перекладине над колодцем.

Верх колодца закрывается деревянною крышкою, скат в зонт—как у деревянных колодцев.

При обильном водою и неглубоком—до 6 метр.—водоносном горизонте весьма хорошим является такое устройство бетонного колодца (фиг. 90). Шахта опускается ниже водоносного горизонта, врываясь в подстилающий водоупорный пласт (в глину) и там закладывается бетонное дно

толщиною в 0,10 м. в составе 1 цемента + 3 песка + 4 гравия или 1 цемента + 4 песка. На дно шахты ставится цилиндр из плотного котельного железа диаметром в 1 м. или опалубка из досок: между стенками шахты и опалубки накладывается бетон и трамбуется. Вода в колодец поступает



Фиг. 90.

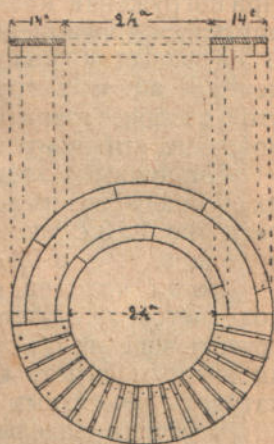
по гончарным, глазированным, дырчатым в верхней половине трубам. Колодец разгораживается бетонною перегородкою для отложения в первом отделении мелкого песка. На предельном горизонте закладывается трубка для постоянного стока и освежения воды. Когда колодец закончен, дырчатые поверхности труб покрываются мхом, щебнем, крупным песком и сверху засыпаются глиною. Колодец закрывается крышкой с люком на случай починки, чистки и т. п. Для разбора воды лучше всего поставить насос с маховиком и все заключить в будочку, оставив снаружи маховик и разборную трубу.

Когда приходится шахтою проходить через водоносный горизонт в особенности через пльвун и когда колодец получается большой глубины, когда рытье такой шахты является делом мало того что дорогим, но и опасным, тогда прибегают к устройству каменных, так называемых, „опускных колодцев“, не требующих предварительного рытья шахты, а следовательно и крепления ее.

Прежде всего делается деревянная кольцевая площадка (ростверк), на которой будет возводиться кладка. Размер площадки согласуется с диаметром колодца; для колодцев глубиною до 30 м. внутренний (чистый) диаметр его делается обыкновенно в 1 м., а за наружные стенки колодца рама должна выступать на 3 сант. Начертив на земле или на помосте круг такого диаметра, берут брусья в 18 сант., режут их на косяки в 13 сант. в квадрате, которые затем укладывают на черте круга так, чтобы образовалось кольцо с диаметром внутри в 1 метр. За этим кольцом, concentрически с ним, делается такое же второе по расчету толщины

стенки $= 0,1D + 0,10$ м., где D — диаметр внутри колодца (фиг. 91). Косяки крепятся между собой гвоздями, а на кольца накладывают куски досок, которые прибиваются гвоздями и обрезаются по очертанию кругов по косякам. Таким образом получается деревянная площадка для возведения на ней каменной стены. Чтобы облегчить опускание ее в землю, наружный обод снабжается резцом. Для этого площадку переворачивают низом вверх и на наружном ободу укрепляется резец из углового железа (фиг. 92).

Когда площадка готова, в назначенном для колодца месте роют круглую яму глубиной в 2 м.*) и такого диаметра, чтобы свободно помещалась площадка. Дно ямы тщательно планируется по ватерпасу и на него укладывается площадка. После этого приступают к каменной кладке. Ведется она очень тщательно на цементном растворе в составе 1:3, с соблюдением перевязки и горизонтальности рядов; швы должны быть возможно тоньше. Камни выбираются постелистые и грани их, приходящиеся внутрь колодца, должны быть более узки, чем грани, обращенные к тылу, тогда они будут заклинивать друг друга и не будет выпирания их внутрь колодца. Так выводится кладка на высоту 0,50 м., затем на ней кладется кольцо из широкого шинного железа, параллельное нижнему, и с нижним кольцом это верхнее соединяется 6 штырями из круглого железа (штыри, конечно, пропускаются раньше, чем



Фиг. 91.



Фиг. 92.

будет выведена кладка, в которую они замуровываются). В нижней раме штырь удерживается головкой, а к верхней прикрепляется гайкой. Эта вторая рама скрепляется такими же штырями с третьей и т. д. Для уменьшения трения между кладкой и прилегающим к ней грунтом по наружной окружности нижней рамы следует сделать обшивку тесом, упирая верхние торцы обшивки во второе кольцо.

Когда кладка будет выведена выше поверхности земли на 1 м., тогда устанавливают перекладину с блоком и кабан, а в колодец опускают бадью. Рабочий посредине дна колодца роет воронкообразное углубление и равномерно подкапывается кругом под деревянное кольцо. Вследствие

*) Глубже 2 м. трудно рыть на выкидку, трудно затем в такую яму спускаться материал и неудобно в ней работать.

тяжести кладки выдавливаются из-под кольца к середине дна частицы грунта, и кольцо вместе с кладкою опускается. Земля извлекается из колодца бадьей. Когда верх кладки опустится до поверхности земли, каменщики опять доводят кладку до высоты 1 метра, вновь подрывают грунт и т. д. При погружении кладки необходимо следить, чтобы колодец опускался равномерно, постепенно и не перекашиваясь. В случае если колодец наклонится в одну сторону, надо немедленно подрывать грунт с противоположной стороны и на этой стороне усилить нагрузку, поднимая стенку, пока колодец не выравняется.

Кирпичные колодцы делаются глубиною 6—8 м., строить их лучше всего из лекального кирпича на том же цементном растворе 1:3 с такою же толщиной стенок, как и каменных колодцев, т. е. в $0,1D + 0,10$ м.

Когда колодец опущен до такой глубины, с которой получается уже достаточный приток воды, то его надо погрузить еще на 50 сант., вынув для этого землю, а затем на дно надо насыпать гравия. Стенки колодца полезно оштукатурить цементным раствором в составе 1:2.

В стенки заделываются железные скобы для лазания внутрь. Головка колодца или оставляется из того же самого камня, только выбирается лучший и выкладывается на цементе, или кладется из кирпича и штукатуруется цементом.

Вокруг колодца непременно делается глиняное кольцо шириною и глубиною не менее метра, кругом на 2 м. устраивают мостовую (это непременно при опускных колодцах), поднимая ее у головки.

Дальнейшее устройство—т. е. крышка, ворот и зонт, делается, как и у других колодцев.

Бетонные опускные колодцы для глубины 15 метров делаются из отдельных колец (фиг. 93). Они отличаются своею непроницаемостью, монолитностью, гладкостью стенок, облегчающею их опускание, прочностью, долговечностью и чистотою. Кольца изготовляются в железных формах, состоящих из внутренней трубы, наружного кожуха, чугунной подкладки и верхней муфты. Формы делаются соответственно размерам колец, которые имеют внутренний диаметр около 1 м., высоту 0,70 м. и толщину стенок 0,10 м. Бетон берется в составе: 1 цем. + 3 песка + 5 гравия; нижние кольца в особенности для глубоких колодцев делаются без баласта в составе 1 ч. цемента и 5 част. песка.

В бетон закладывается железный каркас из проволоки в 3 мм., именно: горизонтальный пояс на 13 сант. от низа кольца и на 13 сант. от верха, а затем еще два—на равном расстоянии между нижним и верхним поясами. Вертикальные стержни размещаются по окружности на расстоянии

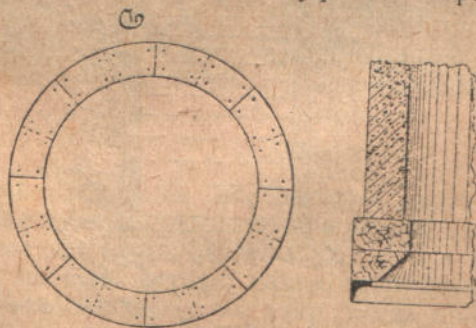
около 15 сант. друг от друга. Стержни проволокой же перетягиваются с поясами.

На ровной площадке кладется подкладка, на нее ставится кожух и труба, внутри которой помещаются клинья. Между кожухом и трубой накладывается слой в 0,10—0,15 м.



Фиг. 93.

бетона и плотно стамбовывается железной бабкою; затем накладывается новый слой и так поднимается до верха. Верх сглаживается и на него накладывается муфта для образования фальца стыка в составе 1:2. После этого, осторожно, изнутри трубы вынимаются клинья, и тогда труба ослабляется и отстает от бетона; затем соединительные болты кожуха вынимаются, кожух раскрывается на шарнирах и снимается. Кольцо на подкладке остается до 2, до 4 дней, после этого его можно положить на бок. Чтобы

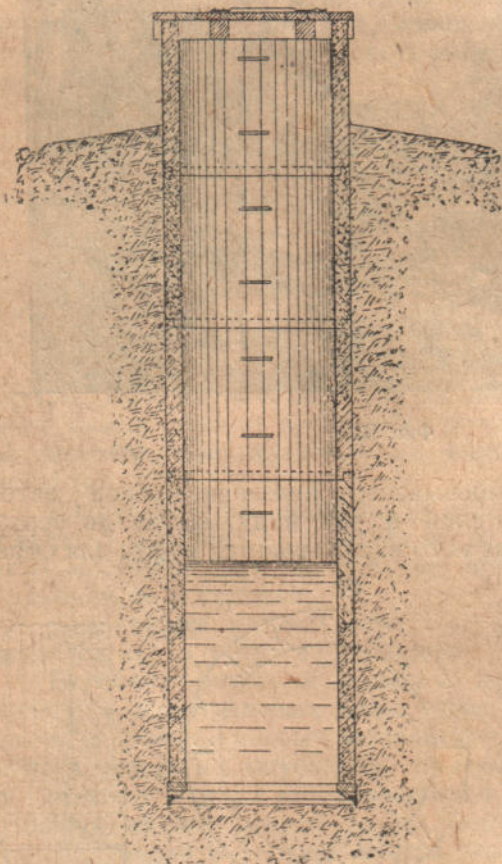


Фиг. 94.

не было прилипания бетона, все части формы и подкладки смазываются раствором серого мыла. В течение 10—14 дней фальцо надо раза 2—3 в день поливать, а через месяц можно брать в дело, перевозить же можно только недель через 6; при перевозке надо особенно тщательно упаковывать стыки. При опускании колодца в кольцах накрест делаются отверстия,

которые после установки колодца забиваются деревянными пробками.

Сначала роется яма глубиной около метра, и дно ее выравнивается по ватерпасу. На дно кладется рама с ножом внизу (фиг. 94) и на нее ставится первое кольцо. Промазав фальц цементным раствором в составе 1:2, ставят второе кольцо, затем подрывают землю, поднимают ее бадьей на



Фиг. 95.

блоке, укрепленном на треноге над колодцем; посредством того же блока двумя стержнями накрест поднимают кольцо и осторожно опускают его, наблюдая сверху по уровню, чтобы оно не перекашивалось. Когда кольцо сравняется с землей, снова фальц промазывают раствором, ставят следующее кольцо и т. д.

Если колодец задержится при опускании, то, во избежание разрыва между кольцами, сверху кладут платформу, нагружают ее тяжестью и осторожно пробуют надавливать на кольца. Когда колодец опущен в водоносный слой, насыпают на дно гравия, слоем в 20—30 сант. В нижнем кольце для прохода воды проделываются отверстия, а для ла-

зания заделывают железные скобы (фиг. 95). Головка обделывается крышкой и для разбора следует поставить насос (фиг. 96).

В. Трубочатые (буровые) колодцы

Подземная вода может быть собираема, кроме обыкновенных, в трубочатые колодцы, состоящие из железных труб.

Стенки трубчатых колодцев таким образом совершенно непроницаемы ни для верховодки, ни для сточных и вообще грязных вод, тогда как стенки колодцев шахтных, не только деревянных, но и каменных, даже бетонных, с течением времени становятся водопроницаемыми. Затем, как бы тщательно ни закрывалась головка шахтного колодца крышкой, все-таки в него сверху попадает грязь, а с ведрами заносится зараза. Таким образом, преимущество буровых колодцев перед шахтными: гарантия в смысле чистоты и незагрязняемости; чистота воды и предохранение ее от болезне-



Фиг. 96.

творных микроорганизмов; большее постоянство дебита; наконец, безопасность для жизни и здоровья при устройстве. Трубчатые колодцы стоят дешевле шахтных уже при глубине в 10 саж., но все же есть случаи, когда трубчатыми колодцами нельзя заменить шахтные, так, напр., когда мощность водоносного слоя не велика, когда вода в скважине находится на очень большой глубине и качка своими домашними ручными приспособлениями является недостаточной.

Простейшие трубчатые колодцы — абиссинские, иначе называемые Нортонскими, мгновенными, американскими. Они погружаются в землю до грунтовых вод, если уровень последних располагается не глубже 6 метр.

Абиссинский колодец состоит из железных оцинкованных труб диаметром $2\frac{1}{2}$ — $6\frac{1}{2}$ см., соединяющихся

нарезными муфтами. Нижняя труба продырявлена и покрыта прочною, густою, металлическою сеткою, предохраняющею трубу от всасывания в нее вместе с водою песку и илу.

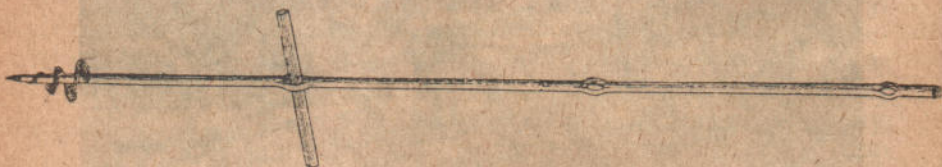
Стальной наконечник опускной трубы снабжен винтообразным, или копьевидным острием (фиг. 97) и внутри имеет шаровой клапан.

Для погружения трубы сначала делают скважину специальным земляным буром (фиг. 98), а затем в мягких грунтах трубы ввинчиваются при помощи простого железного ворота (фиг. 99). Труба с копьевидным наконечником не ввинчивается, а забивается в землю.

Для этого ставится тренога, на которой укрепляется пара блоков. Ставится фильтровая труба и на нее навинчивается первая, а затем вторая. На муфту первой трубы надевается и крепко затягивается хомут. На хомут ставится баба с отверстием для трубы и подвешивается через блоки (фиг. 100). Забивать надо не спеша и следить, чтобы трубы шли отвесно; наращивать трубы надо до тех пор, пока фильтр не войдет в водоносный слой. Это узнается следующим образом. Пройдя 2 метра, бросают в трубу маленькую дробинку и слушают, не плеснет ли вода.



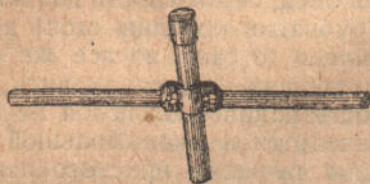
Фиг. 97.



Фиг. 98.

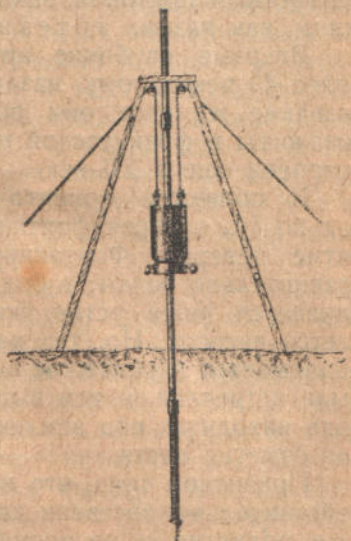
Так надо сделать через следующих 2 метра и еще через 2 метра. Если раньше 6 метров обнаружится вода, дальнейшую работу прекращают, трубу догоняют до муфты, вкапывают в землю два бруса и на них ставят насосную колонку с качалкою (фиг. 101).

Хотя теоретически поршень должен присасывать воду с глубины 10 метров, но вследствие конструктивных несовершенств насоса, высота подъема принимается в 6 метров, считая от уровня воды до верхнего размаха поршня. Поэтому если на глубине 6 метров воды не обнаружится, надо работу прекратить и трубы вынуть. Если бы вода оказалась



Фиг. 99.

на глубине 8 метров, то можно вырыть шахту, глубиною в 2 метра, укрепить ее деревом или бетоном и на дне шахты забить трубы до 6 метров. Затем сверху трубы на дне шахты поместить насосный цилиндр с поршнем, а поршневую тягу пропустить в нагнетательную трубу, навинченную на насосный цилиндр. Труба эта сверху шахты сообщается с колонкою (фиг. 102), внутри которой проходит насосная тяга к качалке. Чтобы колодец работал и зимою, в шахту набивается солома, а чтобы не замерзла в колонке вода, ниже ее делается в шахте спускной краник. Сначала из колодца вода будет ити мутная, а затем, когда вокруг фильтра отложится крупный песок и вытянется муть, вода пойдет чистая.



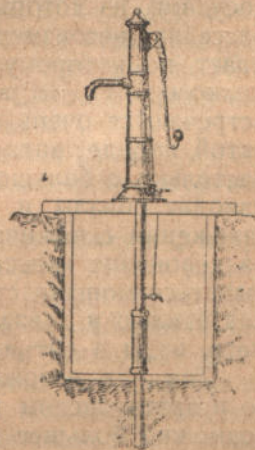
Фиг. 100.



Фиг. 101.

Производительность абиссинских колодцев выражается в 40—50 литров в минуту при диаметре в $6\frac{1}{2}$ см. Конечно, можно ставить подряд несколько таких колодцев и соединять их сливные носки одним общим желобом или трубою большого диаметра, и таким образом общее количество добываемой воды получится любой величины.

Как обыкновенные, так и абиссинские колодцы редко основываются на коренной породе, залегающей в большинстве случаев на значительной глубине, поэтому по большей части колодцы закладываются на местных водоносных горизонтах в ледниковых наносах. Иногда эти горизонты простираются



Фиг. 102.

до 5—6 километр., но вода в них, как и всякая верхняя грунтовка, подвержена случайностям, колебаниям и дает

небогатый приток. Поэтому в тех случаях, когда требуется иметь воду в большом количестве, с постоянным неизменным притоком, закладывают глубокие буровые скважины, так назыв. артезианские колодцы.

Впервые глубокие артезианские скважины появились более 40 веков тому назад, во времена Моисея в Египте, название же свое они получили от первой европейской скважины в французской провинции Артуа, где она была устроена еще в XII веке.

В обществе принято называть артезианскою водою только ту, которая фонтаном бьет из скважины. Такое понятие неверно. Фонтанирующие самоизливающиеся воды сравнительно редки; в большинстве горизонт воды устанавливается ниже устья скважины, из которой вода извлекается насосом. Но, тем не менее, артезианская вода всегда поднимается в скважине выше того уровня, на котором она была встречена, и тем выше, чем под большим давлением вода находится под землею, а также и чем ниже абсолютная отметка места.

Признаком того, что встреченная скважиною вода есть действительно артезианская, служит, во-первых, внезапное поднятие ее во время бурения, во-вторых, при энергичной и продолжительной (по крайней мере часов 10) откачке артезианская вода быстро опять становится на свой горизонт, и, в-третьих, если в скважину налить воды, то уровень ее в скважине не повысится, так как он пойдет на восстановление равновесия между двумя сообщающимися сосудами, из которых один—область питания артезианского бассейна несоизмеримо более другого—скважины. Если пласт, по которому циркулирует артезианская вода, очень мелкозернист, то вода поднимается медленно, но иногда встречаются очень обильные водоносные слои в трещиноватой породе; вода в этих случаях вырывается из скважины настолько с большою силою, что выбрасывает трубы, производит обвалы и проч., как, напр., это имело место при заложении скважины в Брянском арсенале, когда внезапно из девонских известняков с сильнейшим шумом стала вырываться мощная струя, поднимавшаяся на несколько метров над землею и дававшая в первое время больше 25.000 куб. метр. воды в сутки.

Так как заложение буровой скважины дело дорогое, то в артезианском колодце стараются получить не только возможно большее количество воды, но и больший ее напор, и с этою целью при бурении проходят несколько водоносных горизонтов, пока не остановятся на коренной породе с достаточною водоносною мощностью.

Выбор места для буровой скважины—дело очень трудное, часто сопряженное с большим риском. Успех бурения

зависит от удачного сочетания благоприятных условий рельефа и геологического строения. Для получения артезианской воды необходимо, чтобы существовал водопроницаемый пласт, замкнутый сверху и снизу водоупорными породами; затем, чтобы был значительный напор, т. е. чтобы между высотой площади питания и местом колодца была большая разность уровней, наконец, чтобы расстояние между этими пунктами не превышало 1—2 сотен километр. Последнее обстоятельство объясняется тем, что по мере удаления от площади питания напор теряется, потому что на большом расстоянии наблюдается фильтрация воды даже в водонепроницаемом ложе.

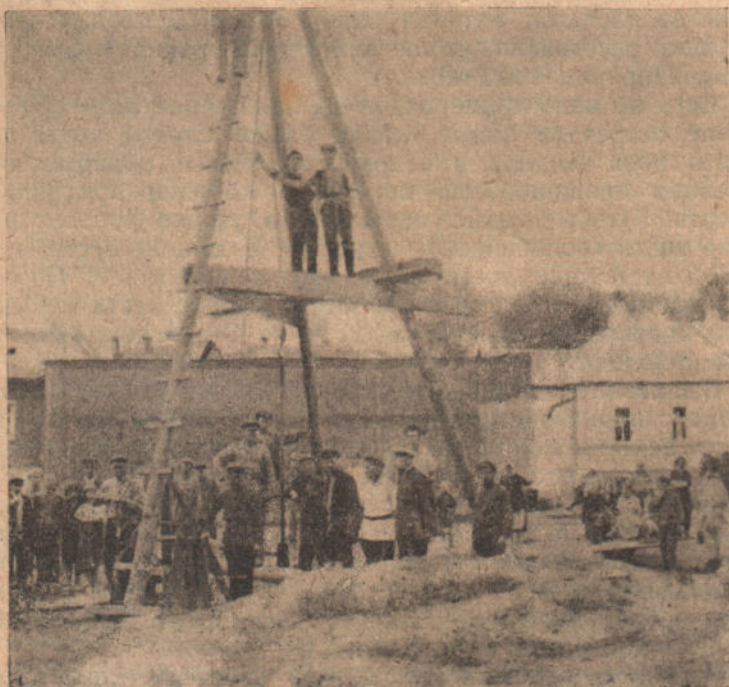
Есть не мало примеров, когда на глубине 200—300 метров не встречали воды; бывали также случаи, когда найденная вода уходила в недра земли сквозь обнаруженную бурением трещиноватую породу, и колодец приходилось бросать. Чтобы быть уверенным в успехе работы, надо точно знать геологическое строение в данном месте, а это дело в настоящее время пока еще невозможное. Поэтому наиболее верное решение вопроса о выборе места для скважины достигается нивелировкой по 2—3 соседним артезианским колодцам.

Заложение артезианской скважины в общих чертах сходно с производством разведочного бурения, но так как артезианские колодцы закладываются иногда на очень большую глубину, то буровой инструмент для них берется более массивным, обсадные трубы, навсегда остающиеся в скважине, употребляются большего диаметра и большей плотности. Поднятие штанг из скважины делается стальным проволочным канатом или цепью и не просто руками рабочих, а при посредстве ворота или лебедки. Самое бурение бывает ударное и иногда ведется с промывкой.

Работа до глубины 200 метров ведется ручным способом, при большей глубине выгоднее машинное бурение с двигателем.

В назначенном для колодца месте роют шахту в 2 метра шириною и такой же глубины. Над шахтой ставят вышку (копер) или в 3 ноги (фиг. 103) или в четыре (фиг. 104), если бурение глубокое и рассчитанное на продолжительное время. Для этого берутся толстые бревна, длиною не менее 8 метров, и для устойчивости скрепляются как диагональными, так и поперечными охватами. На вышке настилается два или три помоста с прорезанным централью над скважиною отверстием для прохода бурава и труб. Помосты настилаются на поперечинах, приболченных к ногам вышки. От непогоды вышка обшивается тесом; сверху укрепляется блок, а внизу помещается лебедка (или ворот). Вышка поднимается или таким способом, который описан в разведочном

бурении, или так: бревна укладываются вершинами на козла—два бревна с одной стороны козел, а третье между ними—с другой. На это третье бревно набивается стремянка. Вершины бревен схватываются болтом. Затем рабочие становятся у каждой из двух ног и подают их вперед—на козлы. Когда бревна подойдут на козлах наполовину, два из них вкапывают в ямки, а дальнейший подъем уже делается третьим бревном—стремлянкой.

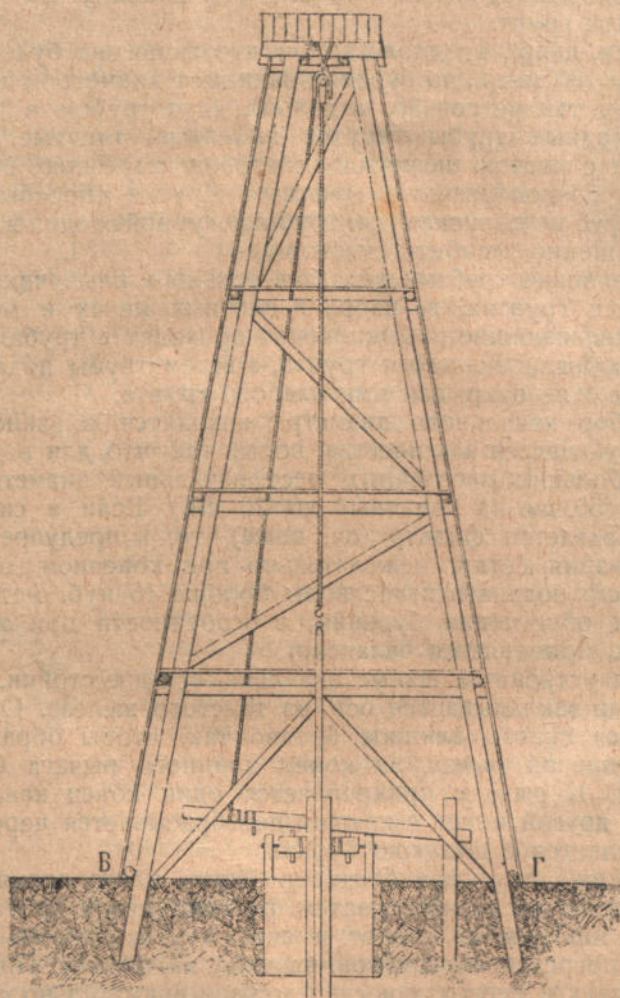


Фиг. 103.

Центр скважины определяется крюком, опущенным на канате через блок.

Копер ставится центрально над шахтой, закрываемую помостом с прорезом над скважиною. Обращается особенное внимание на вертикальность обсадных труб и на тщательность закрепления ими стенки скважины. Это обстоятельство очень важно потому, что иначе вода верхних горизонтов может проникнуть вдоль обсадных труб вниз, в разрабатываемый водоносный слой, и, наоборот, при плохом закреплении стенок, артезианская вода, находящаяся под напором, может промыть себе путь вверх, снаружи обсадных труб, и этим может вызвать обвалы земли.

Ударное бурение ведется желонкою, при чем буровые штанги берутся трубчатые, плотные, наружным диаметром в 4 и более сант. Что касается диаметра скважины, то он не одинаков по длине и находится в зависимости от глу-



Фиг. 104.

бины колодца. Сначала идут трубы большого диаметра, затем он уменьшается с таким расчетом, чтобы скважина заканчивалась трубой 11¹/₂ см. В редких случаях, при очень большой глубине, конечный диаметр выбирается в 9 см., так как это уменьшает дебет скважины, обыкновенно же

диаметр труб (а следовательно желонки и долот) начинается от 25, затем идет в 21,15 и, наконец, в 11 $\frac{1}{2}$ см. (как исключение 9 см.). Начальный диаметр берется в зависимости от предполагаемой глубины скважины. Одним диаметром в среднем проходят около 30—40 м. и тем меньше, чем сильнее осыпается грунт.

Если, напр., предполагается, что скважина будет иметь глубину 100 метр., то бурение начинают диаметром в 15 см., проходят так метров 30, а дальше идут трубой в 11 $\frac{1}{2}$ см.

Обсадные трубы берутся железные, тянутые, толсто-стенные с чистою несмятою винтовою нарезкою, соединяющиеся бочкообразными муфтами. Другие способы соединения труб не допускаются: трубы могут войти одна в другую и совершенно загубить скважину.

Крепление трубами делается только в плавучих и осыпавшихся грунтах, а, напр., в плотных мелах и мергелях крепление излишне. Обыкновенно проходят в трубах до такого необваливающегося грунта, а затем трубы поднимают, но только не открывая ими слабого грунта.

Выбор начального диаметра находится в зависимости от требуемого количества воды, так что для водоснабжения больших населенных мест начальный диаметр доходит до 50 см. (а конечный до 35 см.). Если в скважине устанавливается фильтр (см. ниже), то, в предупреждение изнашивания сетки, нежелательно при конечном диаметре в 11 $\frac{1}{2}$ см. подавать в час воды больше 15 куб. метр.

Для облегчения бурения, в особенности при твердых породах, применяется балансир.

Для устройства его устанавливаются две стойки, между которыми закладывается ось из толстого железа. Ось пропускается сквозь длинное бревно так, чтобы образовался неравноплечий рычаг, за конец длинного рычага берутся рабочие. К рычагу прикрепляется один конец каната или цепи, а другой конец с крюком перебрасывается через блок и скрепляется с штангою бурава.

Рабочие опускают балансир книзу, в это время бурав поднимается в скважине, затем рабочие сразу бросают балансир, инструмент падает в скважину, направляемый мастером посредством хомутов, надетых на штангу. При работах в мелах и мергелях мастер должен внимательно следить, чтобы желонка набиралась не больше половины, иначе ее может захватить и она застрянет в скважине. То же бывает и с вязкими глинистыми песками.

При работе долотом в плотном и каменистом грунте применяются ударные штанги, отличающиеся от обыкновенных более толстыми стенками, а следовательно и большим весом. Ударная штанга всегда берется только одна и помещается у самого долота, перемещая таким образом своим

весом центр тяжести всего бурава на долото и этим уменьшая возможность поломки инструмента при ударах. На ударную штангу наворачивается нужное число обыкновенных. При работе долотом надо бурав поднимать возможно скорее, а при ударе мастер поворачивает бурав на четверть оборота.

Особенно зорко надо наблюдать за пlyingном, который быстро поднимается и заполняет скважину. Стараются, не теряя ни минуты, закреплять его обсадными трубами, а затем в трубы засыпается глина или наливается вода, и скважина очищается желонкой с шаровым клапаном.

Работа ускоряется с применением промывки, но такое бурение возможно только в теплое время и когда не преследуется цель иметь хорошие образцы проходимых пород. В этом случае на нижний конец пустотелой штанги навинчивается полое внутри долото с отверстиями (фиг. 105), а к верхней (надземной) части штанги прикрепляется сальник (фиг. 106), резиновый рукав которого соединяется с нагнетательным



Фиг. 105.

рукавом насоса, устанавливаемого неподалеку в стороне (фиг. 107). Работа ведется ударами, а в это время насосом накачивают воду внутрь штанги. Достигнув забоя (дна скважины), вода разжижает грунт и, двигаясь в пространстве между штангами и обсадными трубами, поднимается вместе с грунтом по трубам вверх и выливается наружу (для удобства выливания полезно к верху обсадных труб прикрепить рукав). Чтобы конец бурава не был засосан разжиженным грунтом, надо, во-первых, чтобы опускание труб шло одновременно с опусканием бурава, во-вторых, — накачивать воду надо по возможности непрерывно и, в-третьих, во время роздыха штанги надо немного приподнимать на фарштуле,



Фиг. 106.

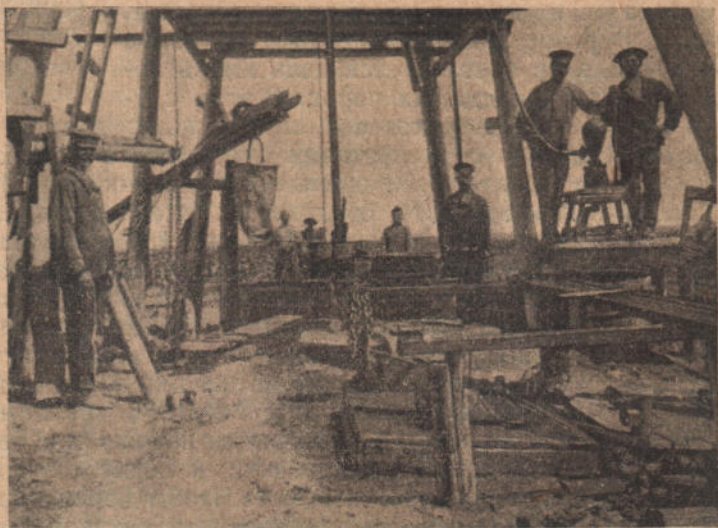
чтобы инструмент висел, но во все время бурения с промывкой инструмент из скважины не вынимается, кроме только случаев, когда нужно сменить долото.

Заканчивают скважину большей частью в коренных осадочных породах и сравнительно редко в гранитах — именно: вблизи Ленинграда, в Херсонской и Екатеринославской губерниях, т. е. там, где гранит залегает неглубоко. Коренные морские породы на десятки верст отличаются одинаковостью силы притока и однородностью условий промывки воды.

Так, напр., в губерниях Московской, Тульской, Рязанской, Смоленской, Калужской, Тверской, Новгородской

эксплуатируются воды каменноугольной системы, угленосной свиты. Далее к югу, губернии Орловская, Курская, Киевская, Полтавская, Харьковская находятся в сфере так называемой южно-русской мульды, теряющейся в Донецком крае. Водоносными бассейнами мульды являются мел, мергеля подмеловые сеноманские пески, черные юрские глины, в Орловской и Брянской губерниях—девонские породы. Наиболее постоянным и обильным водоносным горизонтом мульды являются сеноманские пески.

Бурением доходят не только до водоносного слоя, но и врезаются в него метров на 10. После того как в скважине



Фиг. 107.

получилась вода, приступают к ее откачке, в целях определения дебета скважины, а главное с целью очистки ее. Откачка является делом существенно необходимым, и без откачки работа не может считаться законченной. Откачкой высасываются вокруг фильтра мелкие частицы песка, а располагающийся вокруг крупный песок является естественным фильтром; таким образом, в трещинах породы и в мелу получается чистый, свободный, расширенный ход. В песках откачка производится до 4—5 дней под ряд, в мелу—до 2—3 недель и вообще до тех пор, пока в заданное время не будет получаться заданное количество совершенно светлой, чистой воды.

Для откачки употребляется насос простого устройства, для чего после окончания бурения в обсадные трубы

опускают другие меньшего диаметра. У верхнего стыка нижней трубы укрепляют клапан, открывающийся вверх. Простейший клапан состоит из двух железных колец, между которыми проложена кожа. Кольца сквозь кожу скреплены заклепками. На верхний конец этой всасывающей трубы укрепляют коленчатую отводную трубку, в которой делают отверстие, а сквозь него пропускают рабочие штанги с поршнем или Летестю с манжетами, или устраиваемым следующим образом: на конец штанги навинчивается кружок из толстого железа, плотно, но вместе с тем свободно входящий в насосную трубу, в кружке просверливают 5—6 дырочек диаметром около $\frac{1}{4}$ " , а поверх кладут три кружка радиально разрезанной кожи так при этом, чтобы разрезы не приходились один на другом. Все кружки вместе с железным скрепляются centrally штангою. Длина штанг должна быть такова, чтобы поршень на 1 метр не доходил до клапана. Верх штанг подхватывается крюком балансира, которым и производят качку.

Скважина заканчивается фильтром. Это не что иное, как обыкновенная дырчатая труба диаметром меньшим, чем диаметр последней обсадной трубы. Фильтр обтянут медной проволокою и покрывается медною сеткою с отверстиями различной крупности, в зависимости от величины зерен песка водоносной породы. Дно фильтра закрывается пробкою. Сверх фильтра наворачивается холостая труба с муфтою, но так как эта труба, как и фильтровая, имеет диаметр меньший, то зазор закрывается „галстуком“ (фиг. 108) из резины или из промасленной пеньки. Холостая труба необходима на тот случай, если по недосмотру мастера фильтр опустится ниже конца обсадных труб. Поэтому чем такая труба длиннее, тем лучше; она при наличии галстука не дает песку подняться в скважину мимо фильтра. Попытки подвешивать фильтр к насосному цилиндру приводили к печальному результату: скважину затыгивало песком.



Фиг. 109.



Фиг. 108.

Для того, чтобы опустить фильтр в скважину, в муфте холостой трубы делается вырез, показанный на фиг. 109. Затем берется крюк в виде креста и на этом крюке фильтр с холостой трубою погружается в скважину; после этого

крюк поворачивается по вырезу и вынимается, а фильтр остается на месте.

Когда опускается фильтр, обсадные трубы приподнимаются на его длину, и таким образом фильтр обнажается в водоносном грунте.

Бывают однако же случаи, когда поднять трубы нельзя: или они сильно захвачены или скважина фонтанирует, и тогда нарушение труб может вызвать обход воды за трубами и повлечь за собою обвалы (как это имело место в Брянском арсенале), или когда приходится проходить мелкие пески, тогда приходится работать через фильтр. Для этого на нижний конец фильтра наворачивается труба одинакового с фильтром диаметра с фрезером (башмаком на конце) и так проходят нужную глубину. После этого закупоривают дно нижней холостой трубы деревянной пробкой, которая опускается сверху от устья скважины, и когда пробка в воде разбухнет (часов через 20—25), присыпают немного цемента. Делают и иначе. Горсть цемента завязывается в мешочек, привязывается к штангам и опускается на дно. Затем штанги надавливаются, мешочек разрывается, и высыпавшийся цемент закупоривает отверстие.

Время от времени фильтр приходится извлекать из скважины, когда сетка облепится мелким песком, и дебет скважины понизится или если сетка проржавеет, и скважина начнет давать муть. В таких случаях, пока фильтр меняется, обсадные трубы опускаются на длину фильтра, а проще—труб не трогают, так как это усложняет работу, и кроме того от поднятия и опускания трубы могут сорваться с муфт, а прорабатывают скважину через фильтр, как об этом сказано выше, т. е. трубами, наворачиваемыми ниже фильтра.

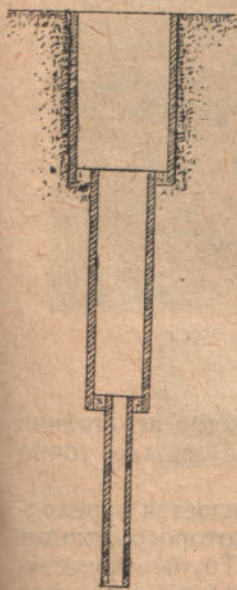
В плотных меловых и мергелистых породах, где стенки скважины держатся без труб и не заплывают, нет надобности ставить фильтр, который вообще нежелателен и удорожая стоимость скважины и уменьшая ее дебет, к тому же он довольно скоро засоряется или изнашивается, но в таких грунтах, как глины, пески, не говоря уже о пльвунах, фильтр необходим даже и в самоизливающихся скважинах, в особенности, если под песками непосредственно простирются глины; без фильтра возможны обвалы глины, размывы и выносы глин, а также обход воды за трубами.

Можно оставить скважину без фильтра и в том случае, когда кровлю обильного песчаного водоносного слоя составляет каменная плита; плиту следует разбить, но кусков не вынимать, чтобы они образовали естественный фильтр.

После установки фильтра, из скважины вынимают рабочие трубы начальных диаметров и оставляют только трубы последнего диаметра (11¹/₂ сант.), в которые опущен фильтр.

Получающиеся при вынимании труб пустоты и зазоры необходимо тщательно засыпать глиною с песком.

В некоторых случаях трубы не вынимаются: если перекрыт водоносный слой с плывуном или если конечный диаметр очень мал и не дает возможности поставить насосный цилиндр, тогда трубы большого диаметра остаются, а трубы меньшего диаметра вырезаются внутренним трубоборезом до точки *s* (фиг. 110), а пространство *t* между трубами тампонируется цементом. Для этого берут тонкую трубку, к ней приделывают жестяной ковшик, в трубку наливают воду, насыпают цемент и добавляют немного мыла. Трубку водят около стенок трубы большого диаметра, вода с цементом выливается и закрывает



Фиг. 110.

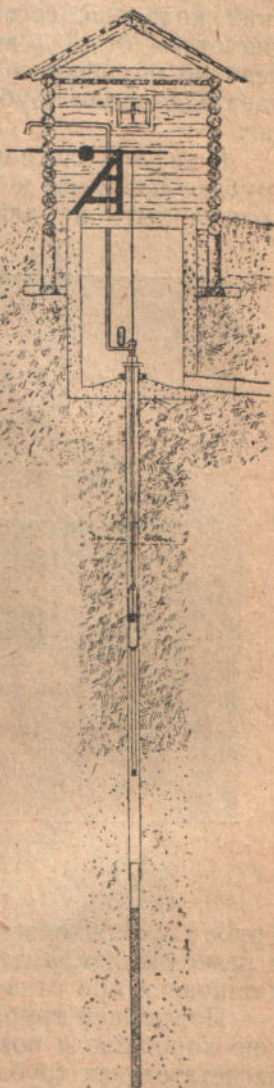
пространство между трубами. Излишек цемента, попадающего в скважину, извлекают желонкою.

Дальнейшее оборудование артезианского колодца состоит в устройстве шахты и установке насоса.

Шахта или выкладывается кирпичом на цементе, или делается из бетона. Чтобы удалять скопляющуюся на дне шахты воду, делаются боковые отводы из гончарных трубок (фиг. 111). Для предохранения насоса от порчи и шахты от засорения над нею

ставится будка (фиг. 112), сквозь стены которой пропускается конец разборной трубы и качательный механизм—маховик или рычаг.

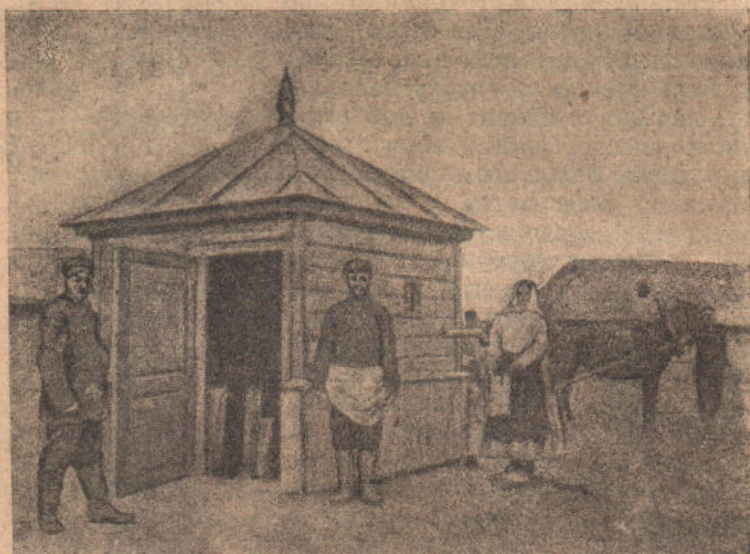
Если горизонт воды в скважине устанавливается выше, не глубже 6 метр., то в шахте ставится обыкновенный



Фиг. 111.

колодезный насос. Если же вода стоит ниже, то для подачи ее наверх употребляются специальные насосы для артезианских колодцев, состоящие из медного рабочего цилиндра диаметром от $11\frac{1}{2}$ до 6 сант. (чем вода ниже, тем диаметр меньше), опущенного в обсадные трубы. От цилиндра вверх идет подъемная труба, внутри которой движется поршневая тяга.

К нижней части цилиндра приворачивается всасывающая труба с храпуном и шаровым клапаном. Всасывающая труба должна быть не длиннее линии присасывания—6 метров.



Фиг. 112.

Труба эта необходима на тот случай, когда напор неустойчив и резко падает, а также когда горизонт не вполне точно установлен при откачке.

Подъемная труба на дне шахты заканчивается переходною коробкою и воздушным колпаком, от которого отходит нагнетательная труба диаметром в 5 сант. Трубы применяются черные, сваренные, толстостенные, но там, где в условиях залегания пород можно ожидать образования H_2S от соединения с ржавчиной, там обсадные трубы надо ставить оцинкованные, насосные же трубы следует всегда применять оцинкованные.

Переходная коробка перекрывается крышкою, снабженною сальником, назначение которого—устранить пропуск наружу воды между штангой и стенками трубы. Чтобы

в подъемной трубе не замерзала вода, около поверхности коробки делается маленькое отверстие; на лето оно забивается. Движущийся механизм при неглубоком (до 10 метр.) стоянии воды выполняется с маховиком и зубчатой передачей, а при глубоких горизонтах применяются качалки, коленчатые валы с рычагами и противовесами. Чем глубже

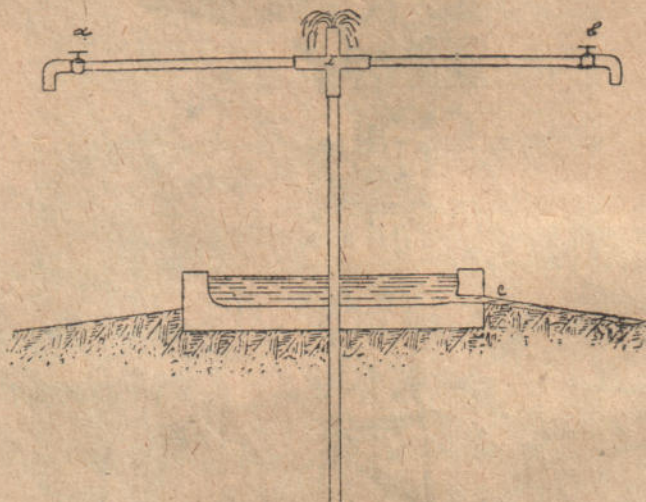


Фиг. 113.

погружен рабочий цилиндр, тем тяжелее качать; до 40 метр. применяется ручная сила, при большей глубине надо пользоваться конным приводом, при глубине в 60 метр. необходимо ставить механические двигатели, напр., нефтяные. В тех местах, где можно ожидать постоянства ветров с силою не менее 4 метров в секунду, весьма подходящими являются ветряные двигатели (фиг. 113). Двигатель помещается сверху башни, состоящей из железных ног, расположенных

так, что середина башни центрально приходится над устьем скважины. Насосные штанги соединяются с штангами двигателя. При насосе в $11\frac{1}{2}$ сант. при средней силе ветра двигатель может подать до 10 куб. метр. воды в час.

Самоизливающиеся скважины представляют собою непроизводительно растрчиваемый капитал, а не его ежегодное приращение. Нередко такая растрата выражается в 50 и 80%. Для сохранения давления и прекращения напрасной траты, необходимо применение затворов, это достигается наращиванием трубы почти до предела напора, чтобы вода только слезилась, не более 150 литров в час, и установкой двух кранов *a* и *b* (фиг. 114), при чем, во избежание



Фиг. 114.

гидравлических ударов при запираии, краны должны быть непременно вентильные. Иначе при резком запираии кранов может на дне скважины, получиться песочная пробка, которая закупорит скважину.

Известны случаи, когда мальчик сразу закрывал отверстие тряпкой, и скважина совершенно прекращала свое действие.

Количество самоистекающей воды в единицу времени не зависит от диаметра скважины, и скважина, диаметр которой вдвое больше соседней, не дает количества воды вдвое большего; дебет ее увеличивается незначительно. Объяснение этого явления находится в понижении поверхности депрессии у скважины.

В тех же случаях, когда трубчатый колодец устраивается для водоснабжения с водопроводом, а также и в целях

противопожарных, т. е. когда необходимо иметь напорный бак, этот последний устанавливается в особом здании водопомпы, над шахтой скважины. Здание обыкновенно служит и квартирой машиниста, поэтому вода в баке не замерзает (фиг. 115).

С течением времени фильтровая сетка разрушается, и скважина начинает тянуть песок, тогда надо извлечь фильтр,

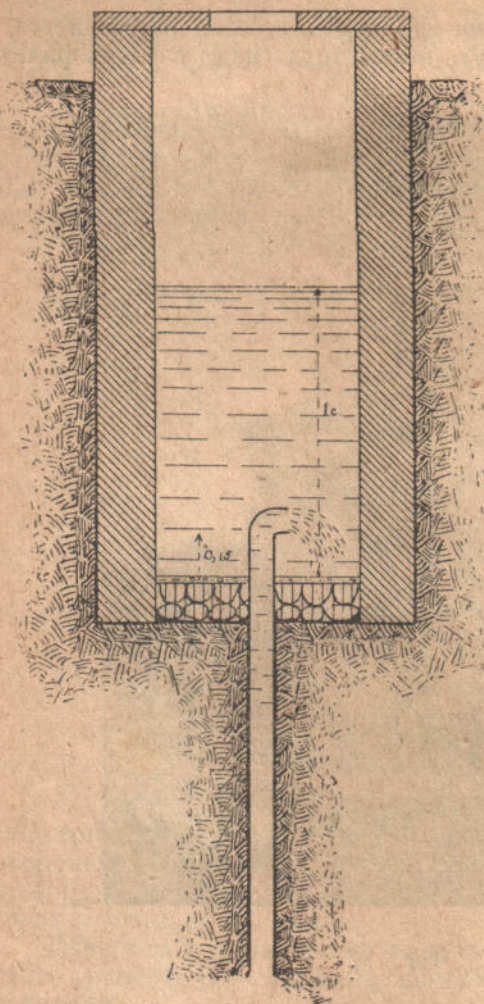


Фиг. 115.

переменить сетку и расчистить скважину откачкой до получения светлой чистой струи и вновь поставить фильтр.

Кроме рассмотренных типов колодцев, иногда устраиваются так называемые смешанные, т. е. частью шахтные и частью трубчатые. Выполняются они следующим образом. Закладывается скважина и крепится трубами; затем на 2 метра ниже горизонта воды, поднявшейся в скважине, опускается шахта и крепится бетоном или кирпичом. Труба

в шахте срезывается выше дна на 0,30 метр. (фиг. 116), а дно заделывается камнем или кирпичом и заливается цементом. Такого рода устройства нельзя, конечно, делать на большую глубину, так как шахтный колодец уже на 40 метр строится с очень большими трудностями.



Фиг. 116.

4. Водохранилища

Атмосферные воды, выпадающие в виде дождя или образующиеся от таяния снега, огромными массами сбегают по оврагам и долинам, зачастую причиняют там не мало бедствий и теряются без пользы для человека, а, между тем, эти же самые воды, задержанные и собранные в водоемы, могут прекрасно послужить человеку на пользу его хозяйственных интересов.

Если поперек оврага поставить непроницаемую для воды стенку, то сбегаящая по оврагу вода, встречая преграду, остановится, станет подниматься до верха преграды, затем часть воды перельется, а часть останется вровень с гребнем преграды и

образует, таким образом, искусственное водохранилище или пруд. Эти искусственные водоемы, в особенности в степной полосе России, зачастую обеспечивают существование хозяйства: около прудов группируются поселения, появляется древесная растительность; пруд снабжает водой крестьянское хозяйство, служит водопоем для скота, является резервуаром

на случай пожаров, в нем разводят рыбу, около пруда держат плавающих птиц, из него поливают огороды, и нередко пруды являются главными источниками искусственного орошения.

То гидротехническое сооружение, которое ставится поперек оврага, долины или водного потока и которое поднимает впереди себя воду, называется плотиною или запрудюю.

Простейшим видом водохранилища является сажалка или копань. Обыкновенно копань представляет из себя яму четырехугольной формы с пологими (до 1:5) откосами или же яму, частью вырытую, частью окруженную плотиною, насыпанною из водонепроницаемого грунта. У одного из концов плотины делается прорез, на случай переполнения копани. Глубина копаней делается не меньше 2 метр., и только при постоянном притоке воды она может быть уменьшена до 1,5 метра. К копани вода может быть подведена сборными канавами с уклоном не больше 0,001, при чем при входе в копань дно канавы должно понижаться десятерным откосом. Для копаней наиболее подходящими местами являются те, когда можно рассчитывать на поступление воды в них снизу (через дно) и с боков. Это наичаще встречается в долинах и поймах рек, где небольшой толщины наносы подстилаются водоупорным грунтом.

Само собою разумеется, что устройство копаней (сажалок) требует затрат несравненно больших, нежели сооружение водохранилища с плотиною, потому что стоимость одной кубической сажени воды в копани соответствует плате за рытье и отвозку такого же куба земли, тогда как в водохранилище за плотиною на каждый кубический метр насыпи приходится 10 и более куб. метров воды.

Материалом для постройки плотины является земля, дерево и камень. Обыкновенная крестьянская плотина, построенная из земли и хвороста, очень непрочна и недолговечна; прибавка навоза увеличивает прочность, но сильно загрязняет воду; между тем тщательно сделанная, при правильном назначении размеров, земляная плотина весьма прочна, стоит дешевле других и служит неопределенно долго, в особенности если есть присмотр и если малейшие повреждения своевременно исправляются.

Лучшим грунтом для земляной плотины является глинистая земля с содержанием 50—60% более или менее крупного песка. Песок чистый не годится, потому что пропускает воду; ил, как и всякая другая земля, содержащая органические вещества,—не подходящ, потому что держится только при очень пологом откосе, а кроме того, органические вещества, сгнивая, дают неравномерную осадку. Что же касается глины, то она замерзая пучится, т. е. увеличивается

в объеме, а при оттаивании обращается в грязь и расплывается, при высыхании же дает трещины, в которые проникает вода, поэтому из одной глины плотину строить нельзя.

Всякая плотина подвержена как давлению на нее воды в пруде, так и действию удара волн, а весной и напору льда. Затем плотина должна поднять воду и держать ее, не пропуская сквозь себя. Поэтому плотина должна быть устойчива и прочна во всех ее частях.

При устройстве плотины главное внимание строителя должно быть направлено на то, чтобы, удовлетворяя условиям устойчивости и прочности, сооружение не потребовало бы больших расходов, как на первоначальное устройство, так и на ремонт. Постройка плотины есть в сущности работа простая, но плотина должна иметь отверстие для пропуска излишней воды. Вода силится это отверстие расширить, поэтому надлежащее прочное устройство плотин при ограниченности затрат принадлежит к числу трудных гидротехнических сооружений.

Так как давление воды на грудь плотины не по всей высоте ее одинаково: внизу оно наибольшее, а по мере поднятия постепенно уменьшается, то плотина для устойчивости должна иметь в поперечном ее сечении треугольную форму, которая необходима еще и потому, что насыпная земля обсыпается и принимает наклонное положение в откосе.

Стороны треугольного профиля плотины, или откосы делаются не одинаковыми: водный или внутренний—обращенный к воде, по большей части тройной, а наружный или сухой, обращенный в сторону противоположную, делается двойным.

Гребень однако же не оставляется острым, так как при такой форме он скоро размывается дождем и обрушается. Ширину гребня нельзя делать уже 4 метр., так как иначе плотина промерзает, если же через плотину проходит дорога, то гребень ее расширяется до 6 метр.

Для практической проверки прочности поперечного профиля плотины применяется графический способ определения линии депрессии, проникающей в насыпь воды. Если материал мало надежен и уплотнение слабое, проводят прямую (депрессии) от точки пересечения подпорного уровня с внутренним откосом под углом к горизонту 16° ($1:3\frac{1}{2}$); если материал однородный и отборный и уплотнение тщательно, угол берется в 22° ($1:2\frac{1}{2}$); при средних условиях угол 20° ($1:2\frac{3}{4}$). Эта линия должна пересечь основание плотины внутри ее тела, не доходя на 4 метра до нижней точки наружного откоса. Этим определяется как ширина гребня, так и заложение откосов.

В предупреждение переката через плотину волн гребень ее должен возвышаться над уровнем воды не менее, как на 1—1½ метра, при этом линия гребня по оси, т. е. по всей длине плотины, должна быть непременно горизонтальной.

Пруды, наполняющиеся исключительно снеговыми водами, должны иметь летом у середины глубины не меньше 3 метр., так как при меньшей глубине водохранилища, в особенности открытые, не защищенные растительностью, скоро высыхают или затягиваются илом, и кроме того, такая глубина нужна еще и потому, чтобы после летнего испарения и зимнего промерзания подо льдом было воды около 2 метр., иначе вода будет портиться и протухнет.

Если в балке имеется постоянный приток, то столб воды может быть понижен до 2 метр.

Наиболее подходящая высота плотины для обыкновенных крестьянских прудов от 4 до 6 метров. Более высокие земляные плотины представляют уже весьма ответственные инженерные сооружения, требующие как довольно сложных расчетов, так и особой тщательности постройки.

Что касается до направления плотины, то самое выгодное, как кратчайшее, есть прямое. Дугообразная форма, обращенная выпуклостью вверх по течению, не имеет значения при плотинах земляных, так как рыхлость земли не представляет собой цельного сопротивления во всей ее массе, и плотина не может работать, как свод, а при вогнутом очертании больше опасений прорыва.

Кроме устойчивости плотины необходимо также, чтобы она прочно и тщательно была соединена с своим основанием, т. е. с грунтом, и чтобы грунт этот не пропускал воду под плотину; дно и бока водохранилища также должны быть водонепроницаемы.

Прежде постройки плотины необходимо произвести подробные исследования (изыскания), которые заключаются в следующем.

Прежде всего производится обстоятельное ознакомление с геологическим строением будущего водохранилища. Наиболее подходящим является присутствие слоя глины мощностью около 2 метр. на глубине не ниже 3 метр. При более значительной глубине залегания глины, стоимость устройства замка (см. ниже) может настолько удорожить возведение плотины, что последнее окажется экономически невыгодным. Разведка производится бурением или шурфами размером 1 м. × 1 м. Скважин (или шурфов) должно быть не менее семи: одна—на дне балки по оси будущей плотины, две—в ее берегах, одна—посредине водохранилища, две в его боках и одна в месте будущего водослива.

После разведки производится съемка местности будущего водохранилища, затем нивелируется ось балки не

менее как на 200 метров далее будущего уреза воды и на 200 метров ниже будущей плотины. От оси берутся поперечники на пикетах, поднимаясь с ними по берегам балки на высоту не менее двойной высоты будущей плотины.

Ось проектируемой плотины подробно нивелируется через 10 метров с взглядами вправо и влево также на 10 метров от оси.

На одном из поперечных профилей долины отмечаются точки живого сечения по наивысшим горизонтам весенних и ливневых вод. Точки эти определяются по показаниям местных жителей и по остаткам следов высокой воды на боках лога.

Далее изысканиями выясняются глубины дна и характер грунта в колодцах долины, выходы ключей и их мощность, а также возможность иметь вблизи резерв подходящего грунта для насыпи плотины.

Все нивелировочные данные связываются с репером, который для этого устанавливается неподалеку от места будущей плотины.

Площадь водосбора будущего водохранилища определяется или съемкою или по трехверстной карте.

Наиболее подходящим местом для водохранилища является удовлетворяющее следующим условиям:

а) Уклон долины должен быть мал, не больше 0,02; чем он меньше, тем давление воды на пруд плотины слабее, а длина пруда увеличится.

б) Берега долины должны быть сближены; плотина выйдет короче, т. е. будет испытывать меньшее давление воды, и в то же время она будет дешевле.

в) Очень желательны в пруде боковые отвершки, покрытые травой; такие отвершки увеличивают количество воды в пруде, и наоборот, открытых действующих оврагов с обрывистыми берегами надо всячески избегать, и, если этого достигнуть нельзя, непременно требуется их укрепление. Кроме того, совершенно нельзя проектировать плотину там, где ниже ее имеется глубокий действующий овраг.

г) Очень желательны выходы в долину ключевых вод, но, проектируя водохранилище, надо плотину назначать так, чтобы ключи не были под давлением прудовой воды, иначе они могут исчезнуть.

д) Берега пруда не должны быть круты, чтобы удобно было подъезжать к воде с бочками и подводить скот для водопоя.

е) Самое основное условие выбора места для водохранилища — характер грунта. Наилучшим является чернозем, подстилающийся на глубине не более 2 метров глиною, которая при отмучивании дает около 30—35% песка и толщина слоя которой не менее метра. Надежным местом

также является близость грунтовых вод в колодцах, указывающая на то, что водоупорный пласт находится недалеко.

Но если в долине имеется мощный песчанистый нанос, если водоупорный пласт находится очень глубоко, напр., глубже 4—5 метров или если дно долины по грунту надежно, но в одном из берегов обнаружен песок или другой какой-нибудь водопроницаемый грунт—от такого места следует отказаться: пруд или не будет держать воду, или устройство его обойдется очень дорого.

Чрезвычайно важно не снимать с водохранилища верхнего наносного слоя, такие пруды даже при сомнительных грунтах начинают держать воду через 2—3 года. Как бы ни был сомнителен грунт, если только грунтовые воды залегают близко, не ниже 2 метр., плотину можно строить, не опасаясь.

При неизвестности свойств грунта определяется его водоупорность, для чего роются ямы, в которые наливается вода, и затем наблюдают, как долго она будет впитываться.

Результатами изысканий является план в горизонталях и профиля. Зная высоту проектируемой плотины и высоту ординара, т. е. того максимального горизонта воды, которым она будет держаться в пруде, нетрудно на плане выяснить площадь водного зеркала, а также и определить объем, т. е. количество воды в пруде. Этот его объем определяется, как объем пирамиды

$$V = \frac{bh}{2} \cdot \frac{l}{3} = \frac{bhl}{3},$$

где b — длина плотины, h — наибольшая высота столба воды, l — длина водохранилища, при чем длина l получается или по профилю или умножением уклона дна балки i на глубину воды h , т. е. $l = ih$.

Обыкновенные крестьянские пруды должны устраиваться с таким расчетом, чтобы на каждый двор приходилось в год не менее 100 кубич. метров воды.

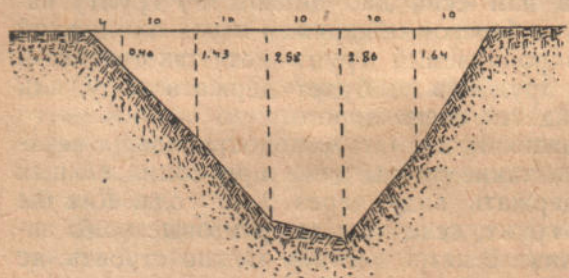
Если окажется, что бассейн не может дать нужного количества воды, и если перенести плотину ниже тоже нельзя, то из близлежащих (если таковые имеются) котловин, поросших лесом или кустарником, проводят к водохранилищу возможно короткие и неглубокие водосборные каналы с уклоном не больше 0,0005.

Составив проект плотины, следует подсчитать ее объем, т. е. количество земляной работы.

Площади поперечных сечений каждого пикета определяются по формуле

$$p = \left(\frac{a + a + m + n}{2} \right) h,$$

где a — ширина гребня, m — заложение водного откоса, n — заложение сухого откоса и h — высота. Предположим, что проектируемая плотина имеет длину 54 м., что ось ее разбита на пикеты в расстояниях 4 метр. и остальные 5 по



Фиг. 117.

10 метров, пусть проектная высота плотины (красная отметка) по нивелировке определяется следующими величинами: на 1-м пикете = 0, на 2-м = 0,46; на 3-м = 1,43; на 4-м = 2,58; на 5-м = 2,26; на 6-м = 1,64 и на 7-ом = 0. На осно-

вании этих данных строим профиль (фиг. 117). Пусть ширина гребня проектирована в 4 метр., внутренний водный откос тройной, а наружный — полупторный; тогда и заложение m будет = $3h$, а заложение $n = 1\frac{1}{2}h$ (фиг. 118), и

формула поперечных сечений примет вид: $\left(\frac{a+a+m+n}{2}\right)h = \left(\frac{4+4+3h+1\frac{1}{2}h}{2}\right)h$.

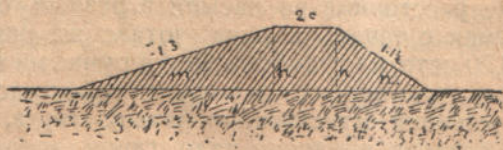
По всем этим данным составляется журнал такой формы:

№ пикетов	Расстояние между пикетами	Красные отметки	Площади поперечных профилей	Сумма площадей	Половинные расстояния между пикетами	Объемы куб. метр.	Примечание
1		0	0				
2	4	0,46	1,40	1,40	2	2,80	
3	10	1,43	7,45	8,85	5	44,50	
4	10	2,58	20,14	27,59	5	137,95	
5	10	2,26	24,08	44,22	5	221,10	
6	10	1,64	9,33	33,41	5	167,05	
7	10	0	0	9,33	5	46,65	
Итого . .						620,05	

Следовательно, объем плотины выразится в 620 куб. метр. Когда изыскание и вычисление закончены, приступают к сооружению плотины.

Прежде всего делают разбивку. Вехами обозначают продольную линию (ось) и продолжают ее на обоих берегах.

Далее отбивают линию бровок и очертавание откосов. Для этого на пикетах составляют в обе стороны от оси перпендикуляры и откладывают на них половину ширины гребня



Фиг. 118.

плюс величину заложения — в одну сторону верхового откоса, в другую — низового (в вышеприведенном примере откладываем вверх 2 м. + 3, а вниз 2 м. + 1 $\frac{1}{2}$). В точках отложений перпендикуляров забивают колышки, по которым натягивают шнур, и лопатой отмечают основание плотины.

С поверхности этой очерченной площади снимается верхний слой земли по крайней мере на один штык, продолжая это делать и в берегах до того места, куда будут примыкать плечи плотины. Всякие кустарники, ветки, камни, пни, кочки должны быть удалены, чтобы вода как-нибудь не проникла под плотину.

Так как дерн понадобится на укрепление откосов, то он складывается особо на низовой стороне, при чем дернины надо складывать — трава к траве, земля — к земле; дерн так меньше высыхает. Поверхностный слой земли удаляется, как для лучшего скрепления насыпи плотины с грунтом, так и потому, что в этом слое содержатся корни растений, трещины, норы сусликов и мышей, которые роют в нем ходы.

Затем по оси плотины роется котлован с откосами 10:1, шириною на дне в 1 $\frac{1}{2}$ метр. и глубиною до плотного глинистого материка и углубляясь в него до 0,40 м. Котлован продолжается в берега с таким расчетом, чтобы он был на 0,50 метр. выше уровня воды при полном наборе пруда. Иногда на довольно значительной глубине находятся покинутые ходы разных землероек (сусликов, хомяков), наполненные черноземом. Надо котлован опускать ниже этих ходов. Земля, получаемая при рытье котлована, частью складывается валом с верховой стороны плотины, чтобы предохранить выемку от затопления в случае паводков (впоследствии эта земля идет на откосы плотины), а частью выбрасывается под наружный откос и там равномерно разравнивается.

Когда котлован вырыт, дно его взрыхляется на один штык и забивается хорошею, мятою, жирною глиною. Последняя подвозится конными тачками, которые служат также и для уплотнения насыпи; нужно только организовать работу так, чтобы груженные тачки проезжали возможно большие расстояния по насыпи в разный след. Земля, сбрасываемая с тачек, должна тотчас же разравниваться, слоями в 0,20 метр. и утрамбовывается ручными трамбовками. В сухую погоду по окончании дневных работ насыпь следует смочить до степени естественной влажности, а, приступая к работе на следующий день, надо глину всковырять лопатой или железными граблями, с целью лучшего скрепления с насыпью. Такой забитый глиною ров называется замком. Особенное внимание обращается на врезку замка в берега — самые слабые места в смысле их прорыва.

Замок устраивается для того, чтобы под дном долины образовать непроницаемую для воды стенку, связав ее с таким же непроницаемым подстилающим грунтом.

Клинообразный котлован более рационален, чем с отвесными стенками. Забитый пластичною глиною клинообразный замок лучше уплотняется под давлением массы тела плотины и со временем в нем заполняются все пустоты. При высоких (более 6 метр.) плотинах замок забивается глиной с песком в составе 60 частей глины и 40 частей песка. При этом водопроницаемость будет обеспечена при совершенно тщательном смешении глины с песком, чтобы все промежутки между зернами песка были заполнены глиною. Смеси придается густота сырой массы; это проверяется так: цилиндрическое ведро наполняют смесью и ведро опрокидывают, материал при этом должен оставаться в ведре.

В высоких плотинах делают два замка, один, как во всех — в осевой части, а другой через 1,5—2 метра в верховой.

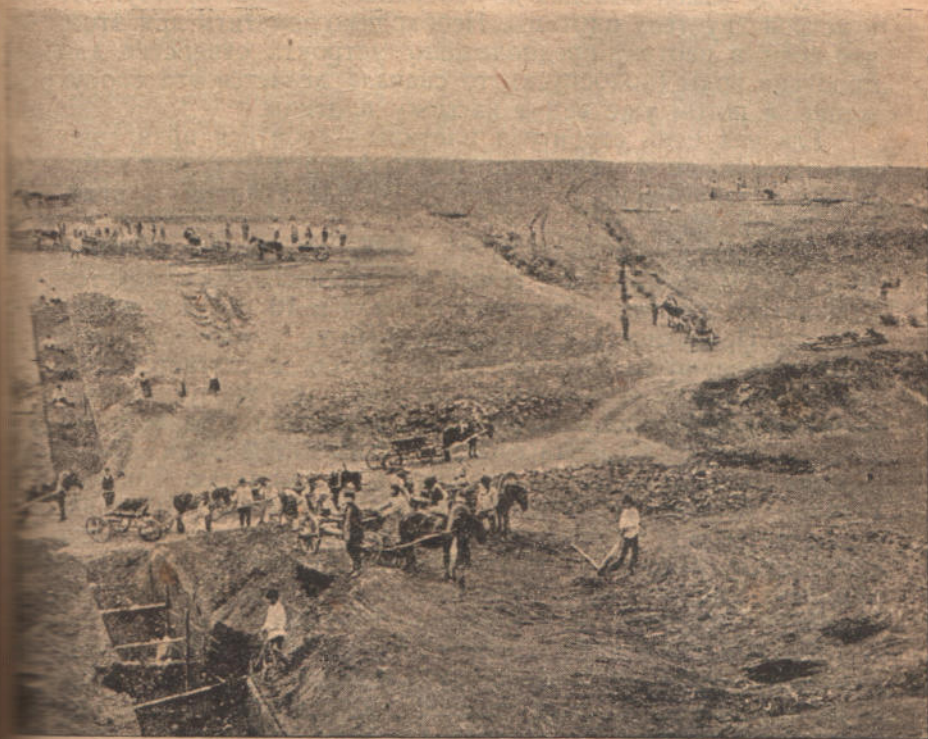
В том случае, когда между дном водохранилища и материком залегает слабый грунт, если плотина строится на месте замусоренном, забитом навозом, или некогда бывшем под дурно построенною хворостяною плотиною, словом, если при рытье котлована стенки не держат, сползают и обрушаются, если еще при этом сквозь стенки фильтрует вода, то стенки котлована крепят. Для этого толстые доски или пластины располагают вдоль стены и через всю ширину котлована распирают их бревнами (фиг. 119); воду же удаляют вычерпыванием или применяя насосы (системы Летестю или мембранный).

Крепление стенок котлована, в видах осторожности, следует применять всегда в тех случаях, когда глубина его больше 2—3 метр.

Если в котловане окажется пльвун, забивка замка производится частями. Для этого поперек выемки ставят временные

шпунтовые стенки в расстоянии 2 метр. одна от другой, разбивая таким образом всю выемку на отдельные колодцы. Из колодца вычерпывается грязь до материка и тотчас же набивается глиною и утрамбовывается. Покончив с одним колодцем, снимают стенку, вынимают землю и набивают глину в другом; так постепенно один за другим забиваются все колодцы.

Если на дне котлована выбивается ключ, который надо заглушить, то это делается так: расчищают вокруг ключа ямку (ключ же временно забивают деревянную пробкой), затем



Фиг. 119.

берется смесь: 1 часть цемента и 1 часть песку и эта смесь сухой сыплется в ямку и забивается палкою в отверстие, потом этою смесью наполняется вся ямка и плотно утрамбовывается.

В случае сильного притока воды, не поддающейся отсечке, или если водопроницаемый слой имеет толщину более 3 метр., вместо глинистого замка забивается шпунтовая стенка. Берутся сваи толщиной в 25 см. и такой длины, чтобы они на 30—40 см. были выше уровня земли, а низ их настолько же должен быть забит в непроницаемый пласт.

Сваи бьются через 2 метра, соединяются у верха парными на болтах схватками и промежутки между свай набираются из досок в 8 см. толщины (конструкция шпунтовой стенки см. ниже—в водосливах). Если шпунтовые доски выходят очень длинными, сначала роется котлован с отвесными стенками в 1—1½ м. глубиною, а потом в дно забивается шпунтовый ряд, который должен плотно прилегать к замку, врезуваясь в него на 20—25 см. Котлован забивается глинисто-песчаной землей.

Когда замок выведен до поверхности земли, приступают к устройству тела плотины. Необходимо заметить при этом, что если в плотине предположено устроить отверстие для пропуска воды (водоспуск), то сначала делается это сооружение, а потом уже ведут насыпку плотины.

Главная цель строителя плотины—добиться превращения насыпи ее в возможно однородную массу, чем избегается неравномерность осадки, а отсюда трещины и опасные деформации.

Насыпка глинисто-песчаной земли (60 частей глины и 40 ч. песка), начинаясь с самых пониженных мест, ведется сплошными слоями толщиной сначала в 10 см., а кверху в 25 см. Поверхность слоев должна быть наклонена к оси приблизительно на $\frac{1}{25}$. При таком способе достигается лучшее увлажнение осевой части плотины, где требуется наибольшее уплотнение и, кроме того, устраняются более опасные в случае фильтрации горизонтальные прослойки. Земля должна быть естественно влажная и рассыпчатая. Так как главное условие устойчивости и непроницаемости плотины заключается в уплотнении земли, то эта работа должна быть произведена возможно тщательно и аккуратно. Особенное внимание должно быть обращено на возможно плотное соединение плеч плотины с крутыми берегами.

Каждый слой надо хорошо разравнивать и уплотнять гужевою возкою во всю длину плотины, направляя езду в разный след. По мере возвышения насыпи ширина ее постепенно суживается, образуя профили откосов.

Эти профили проверяются лекалами, а затем откосы планируются и выравниваются опытными землекопами.

При насыпке тела поверхность каждого законченного слоя разрыхляется и в сухое время с вечера и часа за 2 до начала работ утром поливается из леек. Это разрыхление и увлажнение до степени естественной влажности необходимое условие прочности сооружения. Но слишком большое количество воды, как и слишком малое одинаково вредно. Точное определение необходимо делать каждый раз опытным путем.

Если в плотине устраивается водоспуск, то против него в дне водохранилища следует прорыть канал, шириной равный ширине отверстия, а глубиною—до уровня понурного

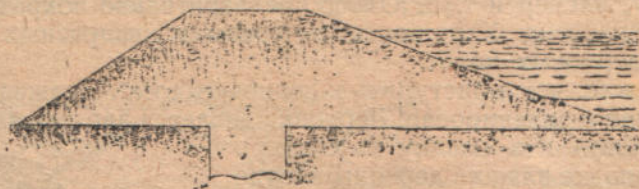
пола (см. ниже). Такой канал способствует спокойному и правильному течению в водоспуске. Если для насыпи берется земля из дна водохранилища, то между краем внутреннего откоса и между этой емкостью оставляется берма не менее 10 м., чтобы выемка не повлияла на устойчивость плотины.

В теле насыпи не должно быть ничего, что нарушало бы ее однородность, напр., деревья, соломы, дерна, которые сгнивая образуют ходы для воды; такие же вредные пустоты образуются около камней и твердых неразбитых глыб земли.

Земляные работы по устройству насыпей во время морозов не допускаются.

Плотина возводится на 12% выше проектных размеров для неизбежной осадки. Гребень посередине возвышается сантиметров на 6 над бровками в предупреждение застаивания воды. Таким образом, после окончания земляных работ плотина в водохранилище имеет в поперечном разрезе вид, изображенный на фиг. 120.

При высоте плотины больше 6 метров, на внутреннем откосе на 0,20 метр. ниже ординара отсыпается берма шириною в 2 метра, которая после осадки обсаживается лозой.



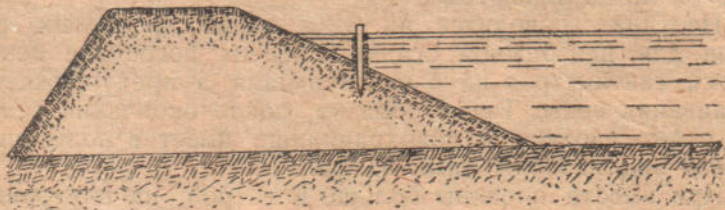
Фиг. 120.

Чтобы охранить откосы от размывания и обрушения, вследствие ударов волн на верховой откос и действия дождевых вод—на низовой, откосы должны быть укреплены. В этом случае должны быть предпочитаемы наиболее простые и дешевые средства. Верховой откос, находясь постоянно под водою, лучше сохраняется без всяких укреплений и только в полосе действия волн подвергается разрушению, поэтому верховой откос должен быть укреплен на 0,50 с. выше и настолько же ниже ординара.

Очень полезным является такое укрепление. Ниже уровня полного набора (ординара) на 0,50 метра параллельно бровке гребня прокапывается по всей поверхности верхового откоса траншея глубиною и шириною по 0,50 метра, в нее через каждые 0,20 м. забиваются колья не короче 2-х метров, и оплетаются хворостом (фиг. 121). Через каждые 2—3 метра плетень укрепляется плетневыми же анкерами, для чего перпендикулярно к траншее вверх по откосу забивают 3—4 кола,

оплетаются и скрепляются с плетнем. Плетень начинается от дна траншеи, затем засыпается землей и затрамбовывается. Коля и лоза берутся живые. Выше плетня до бровки откос засаживается лозой.

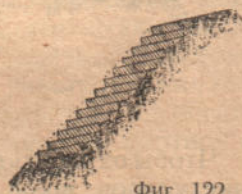
К укреплению откосов приступают после того, как насыпь достаточно осядет, т. е. обыкновенно не раньше, как через 6 месяцев или даже через год после ее окончания. Укрепление делается дерновкой, плетнями, фашинами и хворостом, камнем и, наконец, посевом трав. Последняя работа производится весной, употребляя для этого тимофеевку,



Фиг. 121.

люцерну, клевер и т. п. Откос предварительно покрывается слоем чернозема. Хорошо сеять травы в квадратных клетках из дерновых полос.

Прежде, чем приступить к дерновке, откос должен быть выправлен и спланирован. Дерновка делается двояко: плашмя (в обшивку) и в кладку (в стенку). При дерновке плашмя дернины плотно кладутся одна возле другой с соблюдением перевязки в швах и прибиваются диагонально спицами по две штуки на дернину. По большей части дерновка плашмя, а также и посев трав применяется при укреплении низового откоса; верховой же откос укрепляется дерновкой в кладку (в стенку).



Фиг. 122.

Эта работа ведется следующим образом: на 1 метр. ниже предположенного ординара роется по всей длине откоса горизонтальная канавка, глубиною равная толщине дернины, в эту канавку кладут дернины, упирая их в стенку канавки и в то же время выкладывая их заподлицо с линией откоса, тогда нижний ряд дернин будет лежать на насыпи вполне прочно. Второй ряд кладется на первый по линии откоса так, чтобы верхняя дернина перекрывала нижнюю (фиг. 122), третий ряд перекрывает второй и т. д. К дернинам подсыпается земля и плотно притрамбовывается. Горизонтальность рядов проверяется уровнем. Каждую дернину подравнивают широким длинным ножом и после укладки прохлопывают широкою доскою с рукояткою (вальком). Стыки в рядах

должны идти в перевязку, а по протяжению откоса линии дернин должны быть точно параллельными. Так ведется кладка до бровки насыпи.

Дерновые работы производятся или весной, или не раньше конца августа, так как в жаркое время дерн быстро высыхает и требует обильной поливки.

При укреплении откоса посадками употребляются свежесрубленные черенки вербы, лозы и др. кустарниковых пород. Располагают их по откосу параллельными рядами в расстоянии 1 метр ряд от ряда и на 0,30 м. черенок от черенка, при чем посадка черенков делается в дыры, пробитые колом.

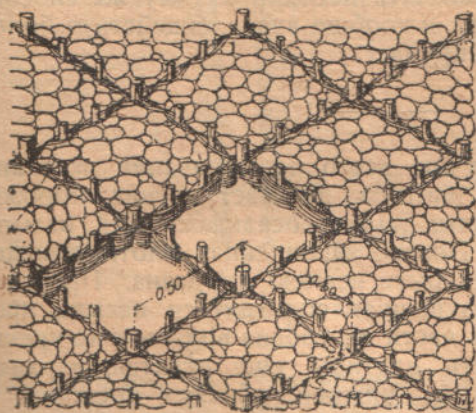
При укреплении плетнями и фашинами хворост и колья следует употреблять свежие, живые, которые бы, принимаясь давали корни и ростки.

Укрепление хворостяною выстилкою делается толщиной 0,25—0,30 м., удерживаемой на месте прутьяными канатами, размещаемыми через 1 метр друг от друга и прикрепленными к земле кольями (фиг. 123).



Фиг. 123.

Укрепление камнем производится или сплошным мощением, или в плетневых корзинах. По первому способу камень ставится тычком горизонтальными рядами; промежутки между камнями плотно защебениваются и пробиваются живыми кольями. Хорошо кладку вести на мху или на солоmistом навозе. Особенно сильным видом укрепления является каменное в плетнях. Для этого откос разбивается на



Фиг. 124.

клетки по 1 метру, в стороне и по линии этих клеток забивают перпендикулярно к откосу колья и заплетаются; в пространстве между плетнями земля вынимается и замащивается камнем, тычками на мху или на солоmistом навозе. Камни должны быть величиною не менее 0,20 м. (фиг. 124).

Очень полезно при всякого рода укреплениях поставить на дне пруда у подошвы верхового откоса вдоль всей длины крепкий плетень. Такой же плетень с плотною

забивкою за ним земли полезно поставить и вдоль наружного низового откоса на тот случай, чтобы разливающаяся по тальвегу вода не произвела подмыва плотины.

На гребне, а тем более на низовом откосе не следует сажать кустарников и в особенности деревьев; они затемняют и увлажняют насыпь, а корни их тянутся к воде и буравят плотину. На верховом же откосе мелкая лоза, не идущая в ствол, полезна: она предохраняет откос от трения в нем льда и действия на него волн.

Воды, сбегаящие в пруды, несут обыкновенно огромное количество ила, которое тем значительнее, чем больше оголены и распаханы склоны. Вода, остановленная в своем движении плотиною, удерживает все количество ила, сцеживая и пропуская через водослив чистые воды. С годами ил распределяется по всему дну водохранилища, спускаясь к плотине тем скорее, чем круче уклон. Таким путем глубина пруда постепенно уменьшается, пока пруд не исчезнет совершенно.

С целью задержания ила следует по бокам и в особенности в верховьях водохранилища сажать ветлы, ольху, березу, осину и кустарники. Эти посадки к тому же способствуют задержанию снега и вообще влаги, содействуя более равномерному питанию пруда.

Строить плотины лучше всего по окончании весенних полевых работ; такая плотина до наступления морозов успеет хорошо сесть, хотя полная осадка свежей насыпи требует не менее года. Поздно законченная плотина, недостаточно осевшая, может быть весной прорвана. Происходит это оттого, что неуспевшая сплотиться насыпь промерзает в верхней своей части до уровня воды и в то время, как нижняя талая часть плотины еще садится, верхняя смерзшаяся отрывается от нижней, образуя трещины и щели, по которым и устремляется вода весной. Чем выше и свежее насыпь, тем вероятнее разрушение.

Водослив

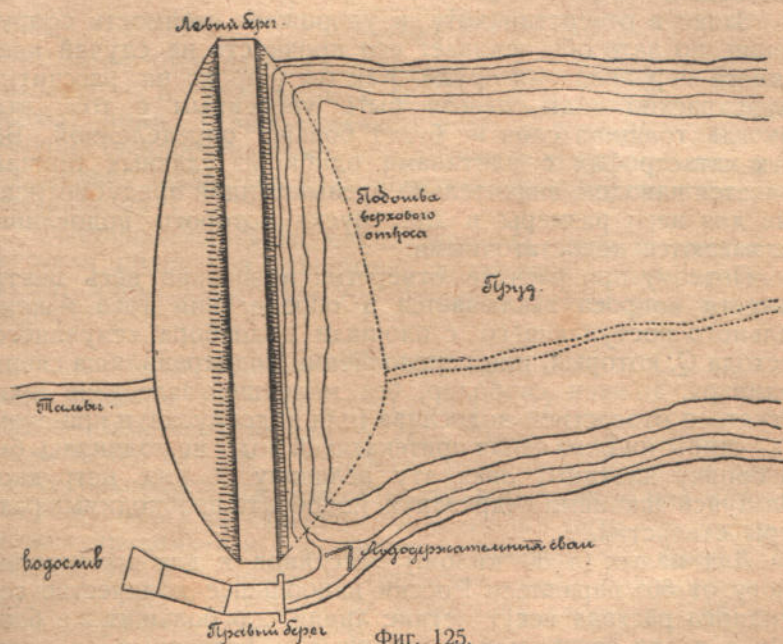
Для того, чтобы вода, собирающаяся в пруде, не поднималась на гребень плотины, в водохранилищах устраивают отверстия, называемые водосливами и водоспусками.

Разница между ними та, что через водослив проходит только верховая, излишняя вода, поднявшаяся сверх ординара, а через водоспуск можно пропустить воду любого горизонта до дна водохранилища. С этою целью в водоспуске

на разных высотах устраиваются затворы, в водосливах же затворов нет.

В большинстве обводнительных водохранилищ излишняя вода проходит через водослив.

Водослив не следует устраивать в самом теле плотины, чтобы не ослаблять ее, и к тому же устройство на насыпном грунте значительно усложняет и удорожает сооружения. Обыкновенно водослив устраивается в материке на отлогом берегу в 2—3 метра от плотины. Очень подходящим для водослива является отвершек, впадающий в балку ниже наружного откоса плотины; его только нужно соединить кана-



Фиг. 125.

вою с прудом, при этом, конечно, он должен быть достаточно широким для прохода воды. Чтобы отвершек не размывался и не растапывался скотом, дно и бока его укрепляются.

В редких случаях удастся найти ложбину, в которой можно было бы устроить такой естественный водообход, поэтому приходится устраивать водослив искусственный. Для этого роется канал таких размеров, чтобы он без замедления мог спустить из пруда весь избыток воды. Дно канала должно быть расположено на уровне наивысшего горизонта воды в пруде, т. е. на 1—1½ метра ниже гребня плотины.

Начинаясь перед плотиною, канал огибает один из ее концов, идет с уклоном и спускается в балку (фиг. 125).

Приступая к сооружению водослива или водоспуска, необходимо помнить, что эти отверстия в плотине составляют самую слабую ее часть.

Если отверстие водослива рассчитано неверно и если сделано недостаточной величины, то непопущающаяся вода поднимается на гребень плотины и, переливаясь через него, вызывает порчу и опасное разрушение откосов. Поэтому водослив всегда надо рассчитывать с запасом, чтобы свободно мог пройти не средний, а самый большой секундный расход воды, который поступает в пруд со всей площади водосбора во время ливней или весеннего половодья.

Запас в отверстиях хотя и удорожает стоимость сооружения, но зато обеспечивает его прочность на случай внезапного переполнения пруда. Как бы широко ни рассчитывался расход воды, нельзя быть уверенным в том, что никогда толщина слоя не будет больше определенной. Во всех катастрофах с плотинами одною из главных причин является паводок, значительно превышающий предусмотренные для него размеры и для спуска которого водосливы оказываются недостаточными.

Поэтому при расчете отверстия водослива весь центр тяжести вопроса заключается в определении того максимального поступающего с площади водосбора секундного расхода Q , который, при переполнении водохранилища сверх ординара, должен свободно, без малейшей задержки, пропускаться отверстием водослива (или водоспуска) и при этом так, чтобы ни одна капля притекающей воды не поднялась бы на бровку плотины. Зная эту величину Q , уже нетрудно, пользуясь законами гидравлики, подобрать необходимые размеры отверстия.

Для малых (в 50 килом.) бассейнов и для местностей к югу от 50° параллели России наибольшее количество секундного расхода несут летние ливни, для больших же бассейнов и для центральных, северных и восточных районов максимальный расход дает весеннее половодье.

Ни одна из разнообразных формул расхода (см. примечание 4) не дает достаточной гарантии в правильности расчета, поэтому пользоваться этими формулами можно только с большою осторожностью. С другой стороны, наши метеорологические условия изучены далеко еще недостаточно. Поэтому особенное внимание при изысканиях должно быть уделено выяснению на месте горизонта высоких вод. Это должно быть установлено путем перекрестных опросов и не в одном, а в нескольких пунктах; затем нужно руководствоваться положением колодцев долины, которые не заливаются паводками, наконец, отверстиями мостов и плотин выше и ниже исследуемого места.

Таким образом, будет найдено живое сечение F и гидравлический радиус R (см. примечание 1), а зная нивелировкой уклон i , получится возможность определить скорость по формуле Шези (см. примечание 3) $v = c\sqrt{Ri}$, при чем, приняв $n = 0,025$, находим

$$v = \frac{63R}{0,575\sqrt{R}} \sqrt{i},$$

а следовательно определяется и расход Q , именно:

$$Q = F \frac{63R}{0,575\sqrt{R}} \sqrt{i}.$$

Затем, определяем Q_2 по эмпирическим формулам (см. примечание 4) и сравниваем с Q_1 ; при чем берем не среднее между ними, а приближенное к Q_1 , которому отдаем преимущественное значение, и в случае большого расхождения тщательно проверяем как расчетные данные, так и весь ход вычисления*).

Остановившись на определении Q , делаем расчет отверстия водослива. Наиболее подходящею для практического применения является формула *Lebros* (см. примечание 5)**).

$$Q = 0,31 bH\sqrt{2gH}$$

или формула Костяля $Q = 0,35bH\sqrt{2gH}$, где b — ширина отверстия и H — напор, т. е. высота слоя воды перед входом в отверстие водослива. Если это отверстие предполагается укрепить деревом, камнем или бетоном на всю высоту от ординара, т. е. в один метр., то напор H можно принимать и как высоту водослива без боязни перелива, так как, входя в отверстие, вода подожмется на $\frac{1}{3}$ (фиг. 126) и пройдет по водосливу слоем в 0,66 м. и тогда, при $H = 1$ м., имеем

$$Q = 1,37b \text{ (по } \textit{Lebros}\text{),}$$

откуда $b = 0,73Q$; около $0,8Q$.

Если же водосливное отверстие предположено укрепить более слабым материалом, напр., дерновкой или плетнями,

*) Автор настоящего руководства в его многолетней практике как в собственных проектах, так и в работах многочисленных своих учеников (бывш. воспитанников Кучеровского культур-технического училища) применял этот прием определения Q и не имел поводов раскаиваться в таком способе расчета.

**) Известный гидротехник Ф. Ф. Пржесмыцкий, построивший на своем счету не одну сотню плотин, всегда рассчитывал отверстия по этой формуле *Lebros*. В Курской губернии имеется более 150 прудов, уже в возрасте до 20 лет, иные из них уже прорваны, вытекли, засорены, но водопропускные отверстия везде оказались рассчитанными правильно и все повреждения в плотинах происходили не по вине их строителя.

то воду следует пропускать слоем не больше 0,25—0,30 м., и так как этот слой является уже сжатым на $\frac{1}{3}$, то H надо принимать в 0,40 метра.

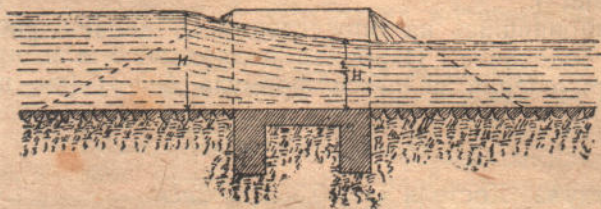
Следовательно $Q = 0,35b$,
или $b = 2,86Q$; около $3Q$.

При неукрепленных водосливах, где вода пропускается слоем не больше 0,12—0,15 м., ширина водослива b должна быть около $9Q$.

Если по расчету отверстие водослива получается более 10 метров, такой водослив является уже весьма сложным и дорогим сооружением и вместо водослива следует строить водоспуск.

Водосливный канал роется всегда раньше или одновременно с возведением плотины, чтобы землю из канала поместить в насыпь.

Канал роется с полукторными откосами. Если откос получается очень высоким, то через каждый 1 метр по вы-



Фиг. 126.

соте на нем делаются бермы по 0,30 м., которые увеличивают стойкость откосов.

Если площадь водосбора P не больше $\frac{1}{5}$ кв. км., то водослив не укрепляется. Обыкновенно он тогда представляет собою канаву, шириною по дну в 2 м., с полукторными откосами и с уклоном не больше 0,005. Хвост канавы спускается в хорошо задернованный лог. Лучше таких водосликов делать два по обоим плечам плотины.

При водосборе до $\frac{1}{2}$ кв. километра канавы укрепляются следующим образом: сначала дно делается горизонтальным на 4 м., затем на 15—20 м., дно понижается с уклоном в 0,20 м., наконец метра 4 на дне тальвега водослив заканчивается опять горизонтальной площадкою. По дну канала и по откосам (на высоту 0,50 м.) роются ровики, глубиною и шириною по 0,40 м. в клетку через 2 м. В ровики забиваются колья, длиною в 1 метр, так, чтобы над поверхностью дна водослива кол торчал на 0,20 м. Колья заплетаются хворостом и ровики плотно забиваются глиною с навозом, а пространство между плетнями отмащивается

камнем в тычок по мятой соломе и плотно расщепливается под трамбовку.

При водосборе до 1 кв. километра водослив укрепляется плетнями, если только уклон водосливного канала не больше 0,08. При этом дно канала выполняется рядом горизонтальных террас. Первая площадка не делается короче ширины гребня плотины, а следующие не короче 2 м.; пороги или уступы по 0,35 м. Укрепление заключается в постановке двух плетней через 1 метр друг от друга, при чем один ставится на самом уступе (фиг. 127).

Когда канал с уступами вырыт, в местах, где должны быть плетни, роются в поперечном направлении канавки шириною в 0,25 м. и врезаются в откосы не меньше, как на 0,50 м. В канавках через каждые 0,25 м. пробивают сажальным колом ямки, в которые забивают колья, толщиной в 6 см., и такой длины, чтобы в земле было столько кола, сколько его над землею. Колья обыкновенно чередуются



Фиг. 127.

через один, — дубовые с ивовыми. Верхушки кольев забиваются по уровню и возвышаются над площадкой см. на 7; в плане линия плетня идет с легким изгибом вверх.

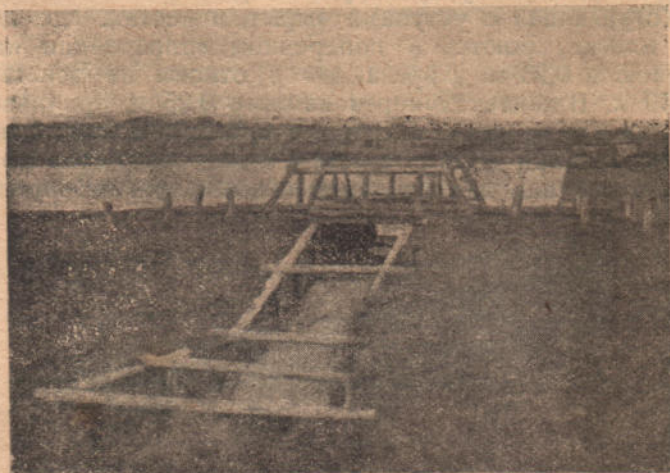
Плетение ведется в одну хворостину, а не шаровое, последнее менее плотно и скорее гнивает. Наиболее тонкий хворост располагается внизу, сверху постепенно набирается более крупный. Такой плетень получается весьма устойчивым. Хворост должен быть свежий, ровный и „чуханный“, т. е. с обрубленными ветвями, которые мешают трамбовке земли за плетнем и производят неприятное впечатление*).

Пространство между плетнями затрамбовывается глиной, тщательно перемешанной с навозом, при чем навоза берется больше, чем глины. В тех случаях, когда площадки приходится делать очень широкими, трудно добиться, чтобы протекающая вода шла везде слоем одинаковой толщины и чтобы от этого не портилось дно и стенки водосливного канала. Уменьшение вреда достигается разделением струи

*) Утилитарность должна идти рука об руку с эстетикой, и всякое техническое сооружение должно быть не только прочно и солидно, но в то же время должно быть и чисто, и красиво.

пополам постановкою посредине площадок продольного плетня.

Откосы канала также укрепляются плетнями, которые ставятся одновременно с поперечными, перекрещиваясь с ними. Колья забиваются вдоль откоса, наклонно к нему. Плетень возвышается над серединою площадки на 0,50 м., образуя наклонную линию, параллельную общему уклону водосливного канала. Промежуток между плетнями и откосом затрамбовывается глиной с навозом.



Фиг. 128.

Вместо плетней иногда откосы дернуются на ту же высоту. Площадки дернуются сплошь плашмя с прибивкою спиц, соблюдая перевязку в расположении дернин; вместо дерновки иногда площадка отмасивается камнем в тычок на навозе.

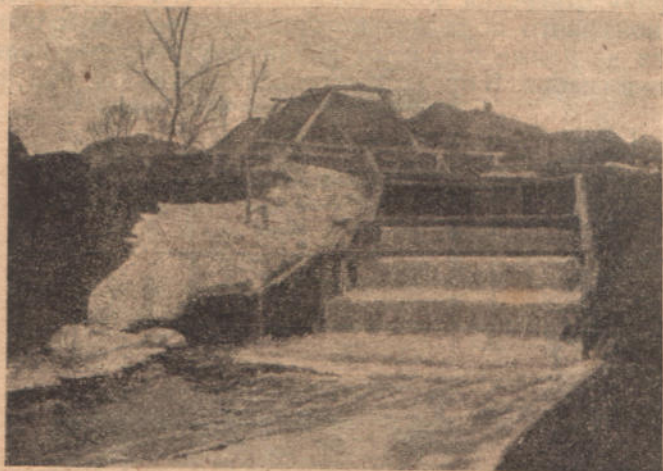
Так как размывание водослива начинается обыкновенно с хвостовой его части, то выход в дно оврага надо укрепить слоем хвороста, верхушками против воды, который и притужить через 1 метр крепкими гнетами.

Хорошо выдерживает такой водослив: поперек его в дно втаптываются на ребро с врезкой в берега доски в 4 см. толщиной и в 26 см. шириною, утопленные в землю так, чтоб доска была на 1 см. ниже уровня мостовой (водослив должен быть мощный). Затем через 5—10 метров забиваются рядами колья по 3 на метр. Камни расклиниваются деревянными колышками, засыпаются землей и трамбуются.

При водосборе большем 1 килом. и в том случае, когда грунт позволяет забивать сваи, устраиваются деревянные водосливы.

Дно водослива, называемое флютбетом, состоит из двух полов—понурного и сливного. Понурный пол представляет горизонтальную площадку, которая переходит в сливной пол или наклонный быстроток или уступчатый.

Хвостовая часть сливного пола на дне оврага выполняется воронкою, выпускающею воду уширенным сечением и, следовательно, с уменьшенною скоростью. Если общее падение водослива не больше 4 м., то сливной пол выгоднее делать наклонным или быстротокком (фиг. 128), при падении же большем, чем 4 м., пол делается уступчатым по 0,80 метра (фиг. 129).

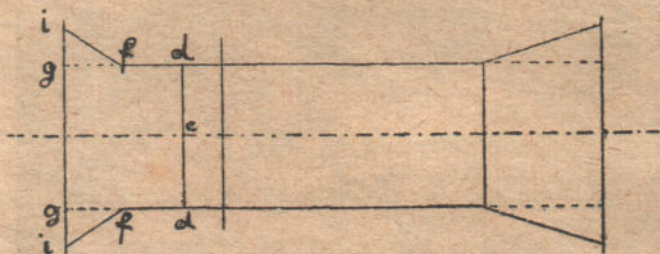


Фиг. 129.

В том месте, где понурный пол переходит в слив, назначается порог, который перекрывает линию шпунтового ряда перпендикулярно к оси водосливного канала. На этой линии откладывают в обе стороны равные части cd (фиг. 130), соответствующие половинам ширины флютбета, и через точки d проводят прямые параллельные оси, которые являются очертанием для водослива. От точек d по продолжению этих линий к воде пруда откладывают величины df , равные 2 м., и от f на расстоянии 2 м. забивается колышек g . Точки g и g соединяются прямою, которая продолжается в обе стороны по 2 м. до точек i , соединив затем точки i с точками f , получим очертание воронки понурного пола. Линия порога dd должна точно находиться на 1 метр ниже гребня плотины, т. е. должна идти по горизонту ординара. Хвостовая часть сливного поля выполняется точно такую же

воронкою, как и при входе в понурную часть, длина ей дается в 4 м. и выполняется горизонтально. Разметив на месте кольщиками очертание флютбета, приступают к устройству его основания, состоящего из шпунтового ряда и отдельных свай. Назначение шпунтового ряда не допускать фильтрации под флютбет.

В тех случаях, когда водослив приходится закладывать в мало надежном (песчанистом) грунте, необходимо применять более надежное крепление. Шпунтовых рядов надо закладывать два: один по линии внутреннего (водного) очертания гребня *ff* (фиг. 130), другой в переходе на быстроток. Шпунтовой ряд надо продолжить в материк не менее как на ширину отверстия водослива и бить его поглубже. Воронка понурного пола должна быть удлинена и должна начинаться не ближе 2 саж. от линии внутреннего (водного) очертания гребня. В предупреждение подмыва под пол флют-

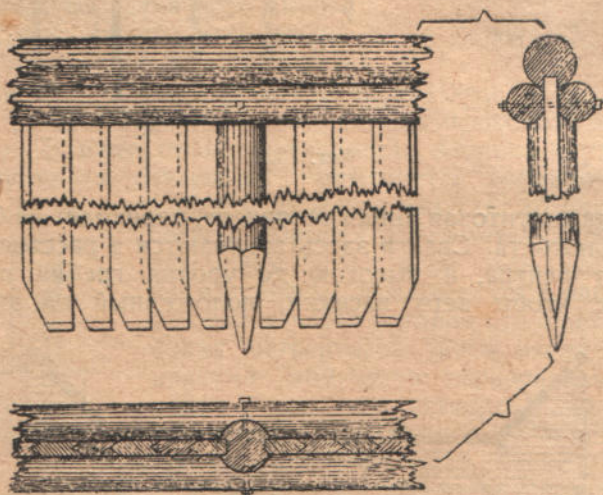


Фиг. 130.

бета, надо по линии входной воронки понура *ii* (фиг. 130) заложить шпунтовую заборку из пластин на глубину 1 метра, а в предупреждение обхода воды за стенками следует от точек *ii* (фиг. 130) устроить откосные крылья наподобие того, как это делается в водоспусках (см. ниже), и шпунтовую заборку продолжить по этим откосным крыльям.

Работа начинается с шпунтового ряда *dd*. Прежде всего забиваются маячные сваи диам. в 0,25 м. в расстоянии 2 м. центр от центра. Сваи эти оправляются по шнуру накругло и нижний конец их заостряется на три грани длиной в 0,50 м., на верхнем же конце делается зарубка, высотой в 4 см., для набивки бугеля. С двух противоположных сторон в свае выбирается паз глубиной в 4 см., а шириной (по толщине доски) в 8 см. Чтобы свая не раскололась, паз не доводят до головы на 0,20 м., а после забивки эта верхушка до паза отрезывается. Затем к сваям прибалчиваются или прибиваются ершами горизонтальные парные схватки (направляющие) из бревен в 18 см. толщиной (фиг. 131), при чем они должны быть на 22 см. ниже проектного

горизонта воды в пруде, так как наложенный на них порог должен лежать точно на этом горизонте. Маячные сваи, поставленные в точках *dd* (фиг. 130), называются маточными, они берутся толще других. Пространство между маячными сваями набирается из дубовых шпунтин (досок), толщиной в $7\frac{1}{2}$ см. В шпунтинах одна кромка выполняется гребнем в 4 см., в другой—выбирается паз такого же, как гребень, очертания и такой же, как он, глубины. Маячные сваи следует забивать копром, а шпунтовые ручною бабой. Надо сразу набирать и устанавливать по отвесу все звено свай (2 м.) и забивать попарно, предварительно набив на верх

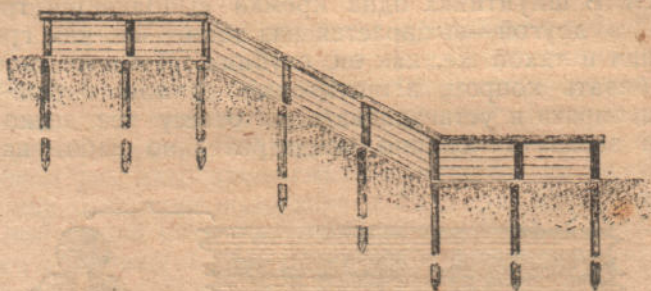


Фиг. 131.

двух свай один продолговатый бугель. Забив на 0,40 м. первую пару, переходят ко второй, затем к третьей, и осадивши таким образом все звено на одну глубину, опять начинают с первой пары. Когда сваи отстоятся, они добиваются уже легче. Если стену начинает выпирать в сторону, то ее выпрямляют домкратами и упорками и бьют, пока она не выпрямится, тогда упорки снимают.

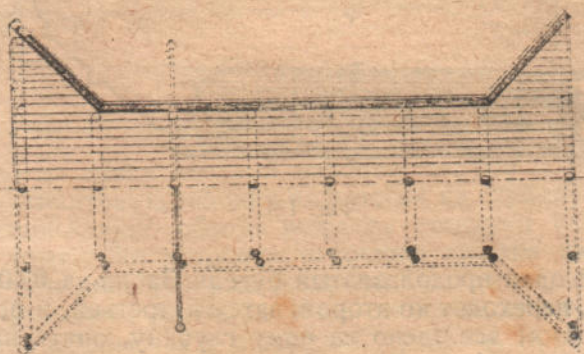
На верхушках маячных свай нарубают шипы, на которые насаживается соответствующим гнездом порог, шпунтовые же доски срезают так, чтобы они были выше схваток; этим гребнем доски входят в порог, для чего в последнем выбирается соответственный паз (фиг. 131). Брус для порога или оправляется накругло или вытесывается из бревна толщиной в 22 см. На верхней грани порога отбираются четверти для пологого настила.

Когда положение порога проверено, порог нагоняется на шипы маячных свай с прокладкою войлоком и скрепляется с ним болтами, концы же порога запускаются в маточные сваи (фиг. 130) и скрепляются с ними скобами.



Фиг. 132а.

Когда шпунтовая линия закончена, переходят на боковые линии флютбета. Сваи и здесь забиваются в расстоянии 2 м. центр от центра, а высотой до уровня гребня плотины, т. е. так, чтобы верх насадки, положенный на эти сваи,



Фиг. 132б.

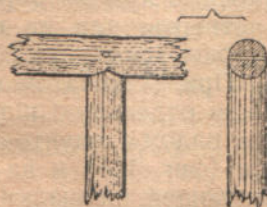
находился на высоте 1 м. от порога водослива. Эта высота стенки сохраняется и в сливной части (фиг. 132)*).

Далее на всей площади основания флютбета забиваются половые или так называемые рестверковые сваи рядами, параллельно шпунтовому ряду так, чтобы и между рядами и между сваями в ряду расстояние было в 2 метра.

*) Чтобы безошибочно определить положение как порожного бруса так и других важных точек водослива, их проверяют по реперу, который ставится при нивелировке водохранилища неподалеку от него.

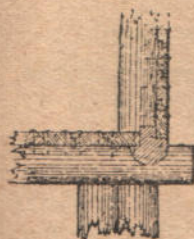
Сваи эти срезаются на такой высоте, чтобы насадки, положенные на них, приходились точно на уровне нижней стороны пола водослива. Насадки располагаются на сваях поперек оси водослива и скрепляются с сваями прямыми сквозными шипами с клином и скобами или болтами (фиг. 133).

Шпунтовый ряд, продолжаясь в обе стороны за линии очертаний водослива, составляет так называемые открьлки, которые служат для более прочного соединения шпунта с берегами, а также и для того, чтобы вода, входя в водослив, не обошла его за стенами. Длина каждого открьлка делается не менее как в половину отверстия водо-



Фиг. 133.

слива. Маячные сваи открьлков забиваются не до уровня порога, а до того горизонта, каким будет проходить вода по водосливу. В виду большей трудности забивки вертикального шпунта, в открьлках применяется горизонтальная заборка; делается она так: до одной высоты с порогом забиваются вертикальные шпунтины, затем они срезаются по ватерпасу, перекрываются насадкою, в верхней части которой отбирается глубокая четверть, а затем звено между маяками забирается горизонтально досками в пазы и в четверть одна с другою, кроме этого, доски скрепляются еще шпонками.



Фиг. 134.

Для образования стенок и открьлков маточные сваи (фиг. 130) забиваются не до проектного уреза воды, а до высоты гребня плотины. В пазы этих свай с одной стороны входит шпунтовый ряд порога, с другой—шпунтовый ряд открьлка.

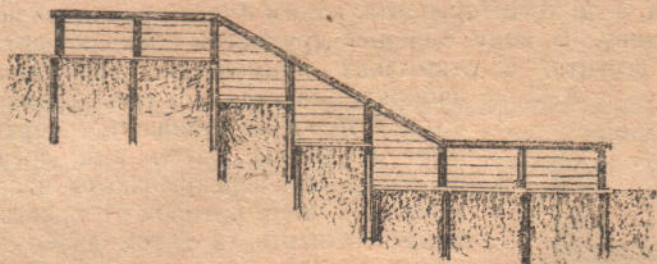
Следующей работой является настилка полов. Прежде всего все подполье очищают от щепы, мусора и всякого другого хлама, накапливающегося при забивке свай. Затем снимается верхний слой земли на 0,30 м. и забивается до засадков песком, мелким щебнем, а в крайнем случае растительною землею с примесью мягкой соломы, но не глиной. Глина под полами пучится и не пропускает воду, а между тем грунт под водосливом должен быть легким, чтобы вода, просочившаяся через полы или через шпунт, не задерживалась и проходила в почву.

Для настилки полов употребляются дубовые доски в 6 см. или пластины. Предварительно с стенными сваями скрепляются шипами и скобами лежни (фиг. 134), в этих лежнях, в части, обращенной к середине водослива, выбирается

четверть, куда и закладывается полая доска. Дальнейшее замащивание производится досками в четверть с придишкой, прибывая доски или гвоздями по два в ряд на каждой, или—лучше, дубовыми нагелями. Щели между досками следует еще расшить рейками. Боковые стенки и откосные крылья образуются или из толстых в 9 см. досок в четверть, или из пластин (фиг. 134) и прибываются со стороны земли, пустоты за стенками тщательно забиваются.

При уступчатом водосливе каждый порог представляет собою отдельную шпунтовую линию. Для образования порога рядом с шпунтовой линией забивают ниже ее на 0,80 м. сваи (фиг. 135) и на них кладут доски пологого настила следующей площадки.

Длина первой площадки делается обыкновенно равную ширине гребня, остальные—не менее четырехкратной вы-



Фиг. 135.

соты, при условии толщины струи не более 0,66 м. Если ступеней более трех, то длина последующих площадок должна постепенно увеличиваться на 0,20 м., так как получающийся при этом отогнанный прыжок может вызвать переброску струи.

Все деревянные части: сваи, насадки, схватки, доски должны быть хорошо за два раза осмолены, а трещины и щели заделаны и проконопачены смоленой паклей.

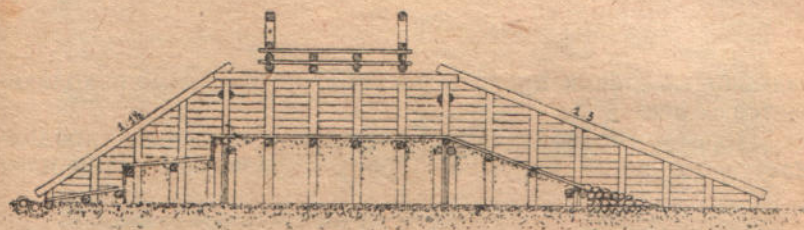
Для того, чтобы спускающаяся струя выходила с надломленной и менее разрушительной скоростью, в хвостовой горизонтальной части слива, перед выходною воронкою, укрепляется крепкий толстый брус, при чем между полом и брусом оставляется прозор.

Впереди деревянных водосливов следует устраивать глиняные замки, глубиною и шириною в 1 метр. Перед входом и за хвостом на 4 м. следует устраивать мощение в клетках, а в предупреждение подмыва в конце нижней воронки следует опустить шпунтовую заборку.

Деревянные водосливы требуют постоянного наблюдения и частого ремонта. При переменной влажности и температуре дерево коробится и трескается; малейшая щель влечет за собою просачивание, а это явление уже опасное, грозящее подмывом и разрушением сооружения.

В крайних случаях небольшие водосливы устраиваются и в самом теле плотины (фиг. 136). Шпунтовые ряды числом 3 забиваются перед понуром, перед водобоем и перед сливным полом, а если сливной пол уступчатый, то и на каждом уступе. Длина понурного пола определяется величиною водного откоса, а водосливною — величиною сухого откоса. Подполье засыпается гравием и щебнем, но не чистою глиною.

Каменные водосливы несравненно прочнее деревянных и, будучи возведены на материке, почти не требуют ремонта; следует только обратить внимание на тщательную



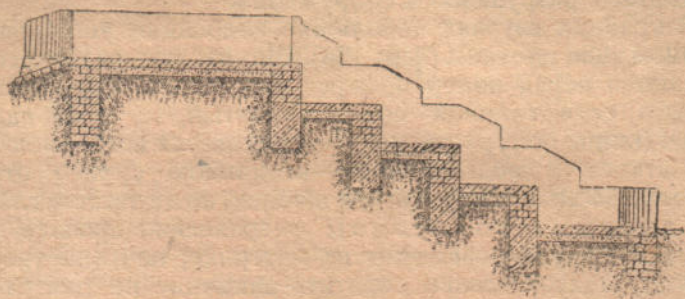
Фиг. 136.

засыпку под флютбетом и за стенками легкой землею, чтобы она не разбухла от влажности и не была в комках. Камень должен быть крепкий, плотного однообразного строения; мягкий же, как, напр., глинистый известняк, а также и кирпич нельзя употреблять в этих сооружениях. Даже самый лучший кирпич через некоторое время изнашивается от движущейся с большою скоростью воды, в особенности, если она несет ил и песок.

Хорошим типом каменного водослива является следующий (фиг. 137, 138 и 139).

Впереди понурной части в материке закладывается упорная (шпунтовая) стенка в 0,80 м. толщиной. Расположенная на 1 м. ниже гребня, эта стенка заменяет порог деревянного водослива, а, продолжаясь в обе стороны от отверстия, плечи этой стенки представляют собою те же открьлки. К плечам по обе стороны флютбета примыкают стенки водослива. Все стенки непременно должны быть основаны на материке и заложены ниже линии промерзания грунта; их можно также основывать на бетоне; для этого роются траншеи с отвесными стенками и крепятся досками; чтобы к доскам не приставала бетонная масса, их смазывают мылом. Бетон

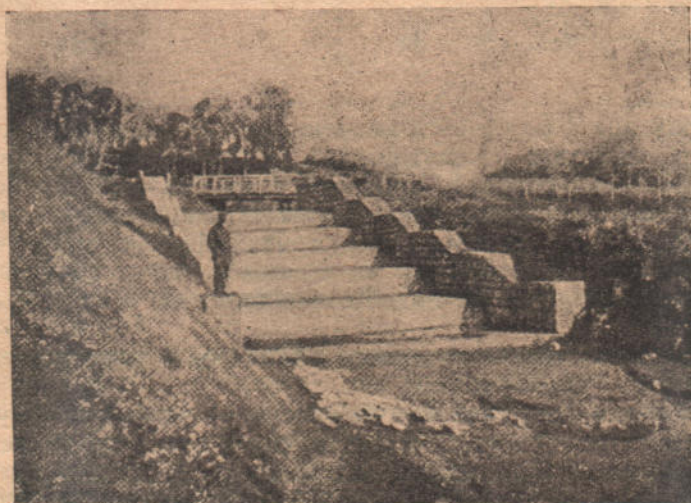
наколачивается до уровня воды сливной площадки и для лучшего сопряжения с раствором каменной кладки не сглаживается, а оставляется шероховатым. В плотном грунте нет



Фиг. 137.

надобности стенки крепить досками, бетон прямо накалачивается в рвах.

Первая горизонтальная площадка водослива продолжается до линии наружной бровки плотины, а затем идет



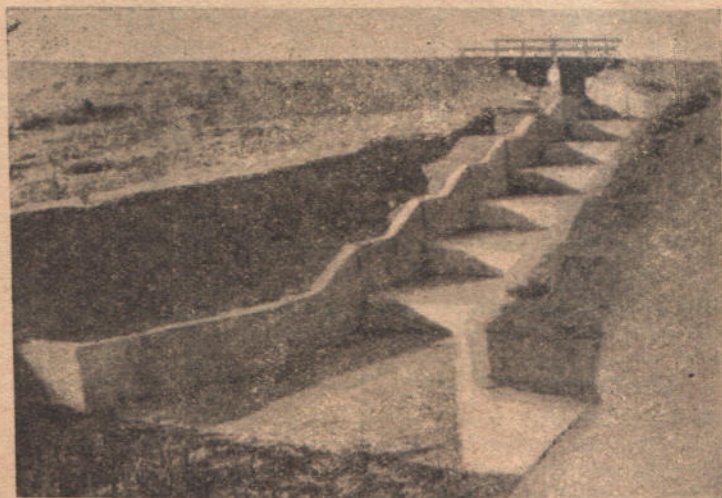
Фиг. 138.

ряд уступов. Площадки выполняются следующим образом. Поверхностный слой земли на 0,20 м. снимается и на его место насыпается такой же слой щебня; сверх его накладывается бетон в составе: 1 цем. + 3 песка + 6 щебня, и сильно

трамбуется до толщины 0,20 м. Очень жирного бетона брать не следует, так как его рвет на солнце. Вместо бетона для площадок очень подходящими являются сплошные железобетонные плиты, толщиной в 0,20 м. (см. стр. 130).

Стенки и перепады складываются на гидравлическом растворе в составе 1 : 3. Швы расширяются более сильным раствором — 1 : 2. Площадки, а иногда и стенки штукатурятся таким же раствором, при чем для того, чтобы штукатурка держалась прочнее, к еще не окрепшему цементу прибивается обыкновенными гвоздями проволоочная сетка, по которой делают намет.

Площадки не следует делать короче 3 м. и, по мере спуска, их надо удлинять, каждую на 0,40 м. Уступы



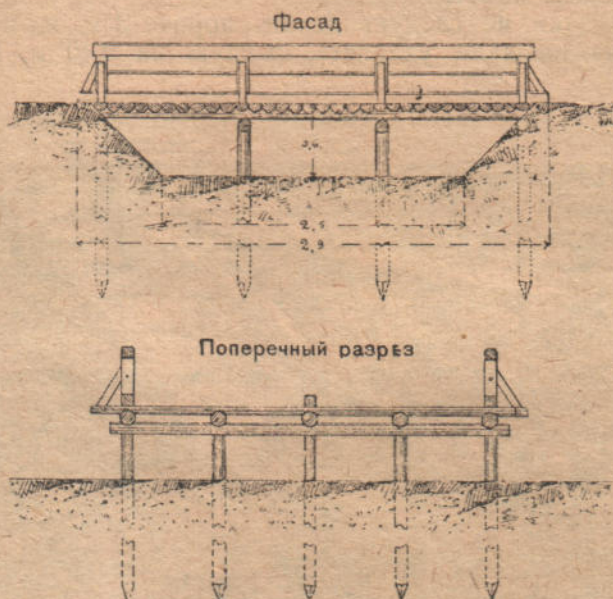
Фиг. 139.

выше 0,80 м. делать не следует, а толщина их, как и боковых стенок, делается в 0,60 м. Вообще же длина площадок должна быть не менее четырехкратной высоты порогов, при условии толщины слоя воды не более 0,60 метра. При количестве перепадов, большем трех, необходимо постепенно увеличивать длину площадок, так как при возрастающей скорости вода в нижней части водослива перебрасывается в следующий перепад.

Вход в водослив и выход из него выполняется воронкою, при чем перед входом полезно устроить глиняный замок (не показанный на чертеже) и замостить камнем. Такое же мощение полезно и в хвостовой части. По окончании работ в течение нескольких дней сооружение поливается водою.

Стоимость водослива каменно-бетонного хотя и превышает стоимость водосливов деревянных, но прочность и долговечность их не поддается сравнению.

Рекомендуемые некоторыми изобретателями продувные (трубчатые) водосливы (водоспуски) признаны (на 2-м съезде инженеров-гидротехников 1913 г.) не рациональными, в виду их малого значения в смысле очистки, возможности засорения и в особенности потому, что, будучи в скрытом состоянии, они не дают возможности видеть их действие и принимать своевременно меры к исправлению и поддер-



Фиг. 140.

жанию в исправности. Вдобавок такие устройства не отличаются и дешевизною.

Для сообщения одного берега водохранилища с другим через водослив перебрасывается мостик простой балочной системы.

На земляных и деревянных водосливах опорную часть моста представляют сваи в 22 см. толщиной. Ряды свай (фиг. 140) располагаются в расстоянии 2 м. один от другого, расстояние же между центрами свай в ряду делается в 1,50 м. и таким образом каждый ряд состоит из 5 свай. На сваях зарубаются шипы, на которые насаживаются насадки в 22 см., а на насадках непосредственно над сваями укладываются такие же прогоны. Прогоны слегка прирубаются к насадкам и скрещиваются на них по длине (в каменных водосливах

прогоны кладутся на мауэрлаты, положенные на обрезы плеч). Настил располагается поперек прогонов, при чем пластины притесываются и пришиваются к прогонам гвоздями. Сверху настила над крайними прогонами укладываются прижимные брусья. Эти прижимы с пластинами и прогонами скрепляются болтами. В верхней части боковых прижимов выбираются гнезда, в которые прямым шипом загоняют перильные стойки. Верхушки стоек перекрываются поручнем. Каждая перильная стойка подпирается подкосом, который одним кольцом упирается в пластину, выпускаемую для этой цели за край моста, и там пробивается ершом, другой же конец подкоса спиливается наискось и прибивается двумя гвоздями к стойке и поручню.

Не следует допускать, чтобы через отверстие водослива проходил лед; для чего впереди понурной части, там, где глубина воды доходит до 0,70 метр., забивают сваи и к ним попарно укрепляют на цепях свободно плавающие бревна, которые поднимаются вместе с водою и не пропускают льдин, заставляя их таять в пруде.

Водоспуск

Главное различие между водосливом и водоспуском состоит в том, что через отверстие водослива вытекает из пруда только та вода, которая поднимается выше определенного для нее горизонта, т. е. выше 1 м., считая от гребня плотины; открывая же отверстие водоспуска, можно из водохранилища выпустить воду до любого горизонта. Понятно, что вместе с водою нижнего горизонта через водоспуск проносятся ил, и таким образом проход воды через водоспуск сопровождается очисткою пруда от наносов. Далее, открывая сразу все отверстие водоспуска во время весеннего половодья или летнего ливня, получается возможность быстро пропустить большую массу воды, и таким образом уменьшается опасность затопить плотину, если отверстие рассчитано ошибочно мало. Затем, если закрыть пролет водоспуска так, чтобы от верхней кромки затворов до гребня плотины оставалось неизменное отверстие в 1 м., то водоспуск отчасти будет играть роль водослива, т. е. вода в пруде будет держаться на определенном горизонте, а избыток ее станет переливаться через кромку щитов.

Устройство водоспуска обходится вообще дорого, поэтому строят их только в тех случаях, когда по расчету водослив выходил бы очень большой ширины (более 10 метр.), когда площадь водосбора велика — больше 4 кв. километр., а также если воды, питающие водохранилище, несут много ила и грозят быстрым занесением пруда, напр., когда распаханы склоны, если выпадают действующие обрѣги и т. п. При сооружении

деревянных водоспусков необходимо считаться еще с очень существенным недостатком их. Дело в том, что водоспуски, построенные в сухих логах, где нет постоянного протока хотя бы ключевой воды, рассыхаются и непременно дают течь при самой аккуратной работе и самой тщательной конопатке. Очень нередки случаи, когда при отсутствии летних дождей вся вода к зиме уходила из пруда.

Отверстие водоспуска должно быть устроено так, чтобы через него свободно проходил самый большой секундный расход водосбора.

Определив этот расход Q и задавшись высотой слоя H пропускаемой по водоспуску воды, находят ширину b отверстия водоспуска, пользуясь той же формулой Lebrós, по которой рассчитывается отверстие водослива *)

$$Q = 0,31 b H \sqrt{2 g H}$$

Величину H берут равную всей высоте окна водоспуска до ординара на том же основании, что и в водосливе, т. е. предполагая, что вода, входя в шлюз, понизится на $\frac{1}{3}$ высоты отверстия (фиг. 126). Таким образом, если требуется пропустить через водоспуск слой воды в 2 м., то в формуле надо взять $H = 3$ м. или, другими словами, если полная высота пролета от порога до горизонта подпертой воды сделана в 3 м., то, взяв в формуле $H = 3$ м., пропустим через водоспуск слой в 2 м. Помня при этом, что 1 куб. метр воды весит около одной тонны, во избежание опасности разрушения, не следует выбирать H больше 3 м., т. е. чтобы слой протекающей воды был в 2 м., и только в редких случаях при полной надежности и солидности устройства делают H равным 4 м. Итак, вся высота водоспуска от порога до гребня плотины вполне определяется слоем протекающей воды. Если этот слой равен 2 м., то величина H и высота от порога до горизонта подпертой воды равна 3 м., если же вода протекает слоем 3 м., то до горизонта подпора (и величина H) = 4 м.

Через водоспуск строится мост, при чем если отверстие не больше 2 м., на прогоны идут бревна в 22 см., а при пролете в 4 м. употребляются двойные прогоны. При отверстиях же больших 4 м. водоспуск делится на части рядами свай.

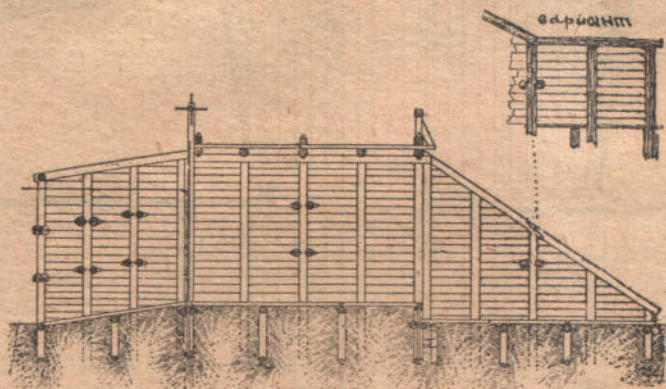
Всякая плотина представляет собою препятствие для свободного течения, это вызывает необходимость особенно прочного устройства водоспуска.

Флютбет последнего состоит из понурного пола, водобойного и сливного. Понурный пол предохраняет сооружение

*) Рекомендуемая некоторыми авторами формула затопленного водослива (примечание 11) дает преувеличенные размеры b .

от водоворотов, защищает основание водоспуска от подмыва и давления прудовой воды и, постепенно суживая воду, облегчает вход ее в отверстие. Водобойный пол принимает воду, вступающую в водоспуск, а сливной передает ее в тальвег, при чем расширяющаяся воронка этого пола уменьшает скорость течения и, следовательно, ослабляет его силу.

Понурный пол делается длиною около $2H$ и, начинаясь от дна водохранилища, поднимается к порогу водобойного пола обыкновенно на 0,50 м., выполняется он воронкою, суживающеюся к отверстию, при чем ширина воронки в



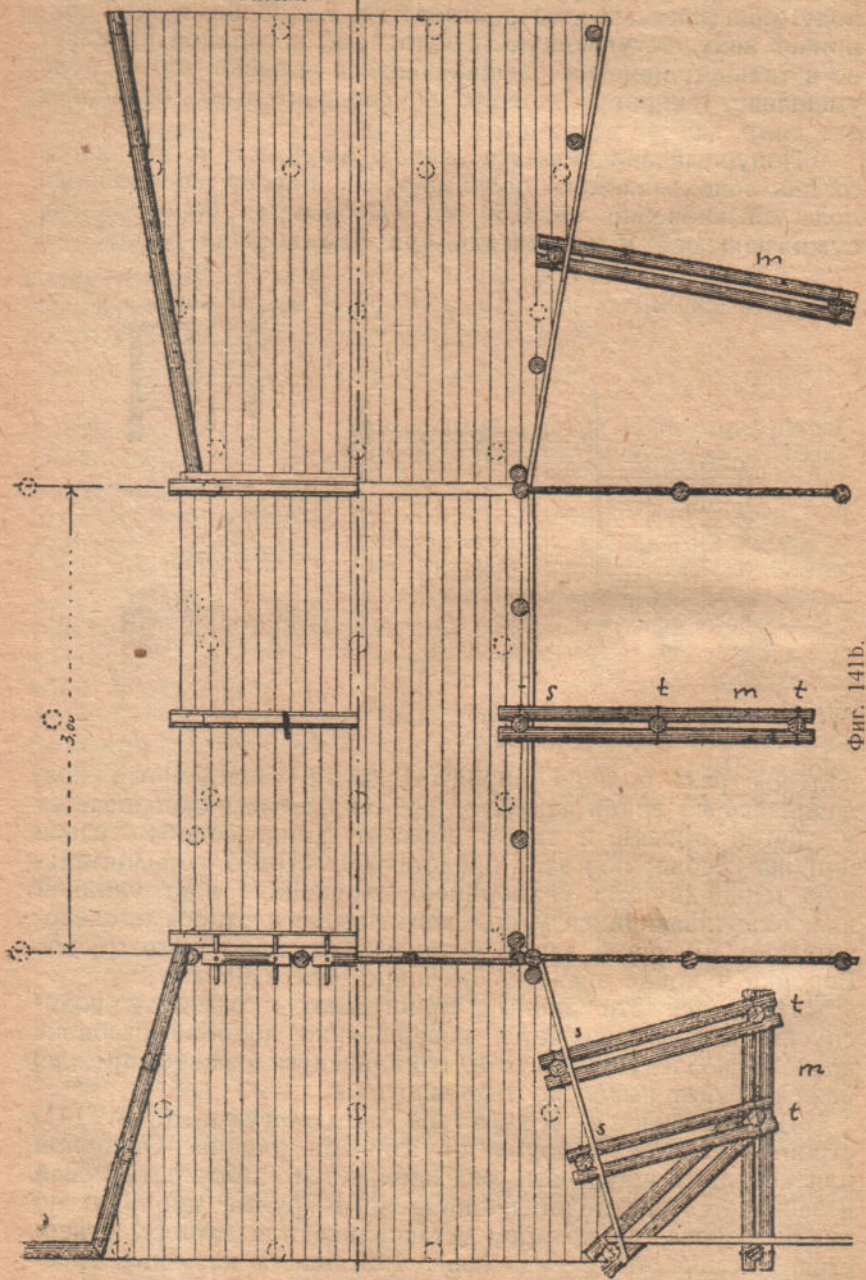
Фиг. 141а.

полтора раза больше ширины пролета. Водобойный пол, начинаясь на линии наружной бровки плотины, оканчивается у другой бровки, и таким образом длина водобоя равна ширине гребня; пол этот представляет строго горизонтальную площадку. За водобойною площадкою идет сливной пол, оканчивающийся у подошвы низового откоса и, следовательно, имеющий длину, равную заложенику этого откоса. Воронка в конце значительно шире, чем в начале.

Имея все эти данные, приступают к разбивке водоспуска, которая делается совершенно подобно разбивке водослива. Следует заметить, что водоспуск строится прежде, нежели будет выведено тело плотины.

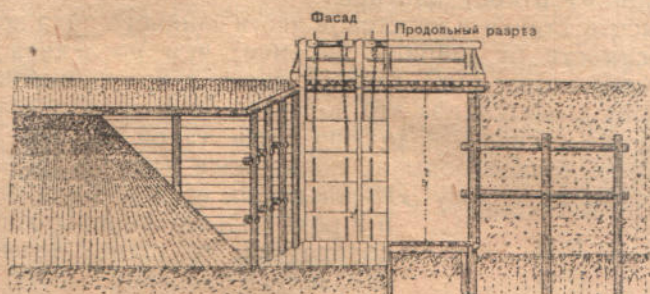
Деревянный дощатый водоспуск (фиг. 141) строится на сваях с двумя шпунтовыми рядами. Основной или коренной шпунтовый ряд набирается из брусчатых свай и забивается до водонепроницаемого грунта; проходит по линии порога, на котором устанавливаются затворы отверстия. Насадка этого ряда (фиг. 142) носит название красного бруса (короля), и делается толщиной до 30 см.

План.



Фиг. 141б.

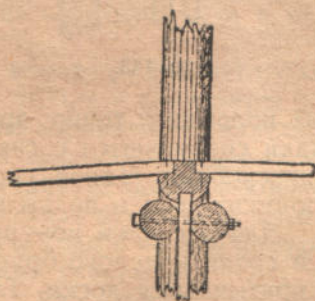
Красный брус насаживается на гребень шпунта с подкладкой просмоленного войлока. Красным брусом отделяется понурный пол от водобойного. Второй шпунтовый ряд про-



Фиг. 141с.

водится по линии, отделяющей водобойный пол от сливного. Оба эти ряда забиваются плотно в материк и срезаются так, чтобы насадка второго ряда и красный брус первого находились на одном уровне.

Шпунтовые линии продолжают за стены водоспуска в обе стороны в тело плотины, образуя открылки, при чем длина открылков делается не меньше 2—3 высот напора в каждую его сторону. Шпунт в открылках забивается до горизонта понурного пола, а маячные сваи срезаются на высоте проектного напора и затем все пространство от шпунта до верха свай забивается горизонтальным шпунтом, как и в водосливах. На головках свай в открылках зарубаются шипы, на которые накладывается насадка и скрепляется с сваями скобами. Шпунты тщательно конопатятся.



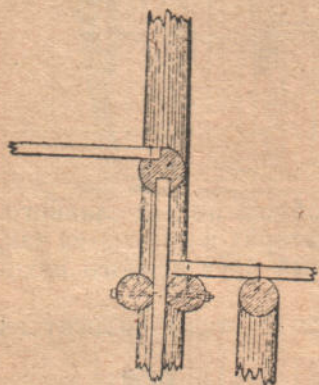
Фиг. 142.

При отверстиях меньших 2 м. устраиваются водоспуски облегченного типа—с одним только коренным шпунтовым рядом. Впереди первого шпунта под понурным полом полезно устроить плотно забитый глиною замок.

По бокам водоспуска забиваются сваи в расстоянии 1,50 м. центр от центра. Высота их различна, в зависимости от стенок, именно: в части водобойного пола высота свай соответствует высоте гребня; сваи понурного пола понижаются

по направлению от порога к пруду, так, однако же, чтобы последняя крайняя свая всегда возвышалась над горизонтом подпертой воды; наконец, сваи сливного пола понижаются так, что насадка образует наклон, соответствующий полукорному откосу плотины.

Высота стенки в хвостовой части сливного пола делается в зависимости от ширины воронки; чем последняя шире, тем стенка может быть сделана ниже, и при неширокой воронке она делается, как это показано на фиг. 141а—вариант. Вообще же стенка эта должна быть такой высоты, чтобы слой протекающей воды не поднимался выше ее и не разливался бы по откосу. Обыкновенно, если ширина воронки



Фиг. 143.

в 2 раза больше ширины отверстия водоспуска, то стенку делают (по варианту) в половину высоты отверстия водоспуска; если же воронка в 3 раза шире отверстия—стену делают в $\frac{1}{2}$ высоты. Правильнее этот вопрос решается по формуле $Q=0,31bH\sqrt{2gH}$, при чем величиною b надо задаться.

Под всеми тремя полами параллельно порогу в расстоянии 1,5 м. центр от центра и в таком же расстоянии ряд от ряда забиваются ростверковые сваи. Они срезаются в каждом ряду с таким расчетом, чтобы насадки, которые будут на них положены, точно приходились под досками полов. Насадки соединяются с сваями шипами и непременно болтами или скобами. Такое скрепление необходимо, чтобы вода, проникнувшая в подполье, не подняла насадку с сваи.

Для настилки понурного и водобойного полов на верхней грани красного бруса вынимаются четверти, к которым и притыкаются доски. Такие же четверти для досок водобойного пола вынимаются и на шапочно брус второго шпунтового ряда. Вообще необходимо держаться правила, чтобы никакая настилка не перекрывала шпунтового ряда, она может только примыкать к четвертям, вынутым в насадках.

На уступе сливного пола направляющие схватки шпунта помещены ниже шапочной насадки, на таком уровне, чтобы на них пришелся настил пола на 0,040 м. ниже порога (фиг. 143).

Половые доски берутся дубовые полторавершковые; настилаются в четверть с придиркой и расширяются рейками. Каждая доска прибивается к половой насадке двумя гвоздями.

Под полы в небольших водоспусках насыпается песок и щебень слоем не тоньше 0,20 м., а в крупных—в подполье накладываются фашины. В понурной части перед шпунтом плотно забивается глиняный замок.

Так как давление плотины на стенку водоспуска очень велико и требует установки периметровых свай значительного диаметра, то, чтобы обойтись сваями обыкновенного ходового размера, применяют анкерные соединения *m* (фиг. 141b). Тогда давление земли распределяется на две сваи. Надо только, чтобы анкерная свая *s* была забита в плотине дальше плоскости обрушения. Размещаются схватки на каждой боковой свае понурного отделения и через сваю в водобойном и сливном отделении. Каждая свая *s* соединяется с сваем *t* болтом (фиг. 144).

В длинных сваях понурного и водобойного полов схватки помещаются по две на каждой трети высоты. Анкерные схватки должны быть располагаемы непременно перпендикулярно к линиям удерживаемых ими свай.

Боковые стенки обшиваются со стороны земли досками или пластинами в закрой. Каждая доска прибивается двумя гвоздями. Если доски приходятся к свае впритык, то в последней вынимаются четверти, куда и втапливаются доски торцами.

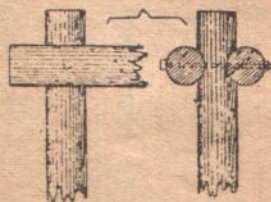
В обе стороны от понурного, а иногда от сливного пола устраивают откосные крылья *x* (фиг. 141), т. е. забивается ряд свай в расстоянии 2 м. по продолжению воронки и параллельно коренному ряду. Сваи перекрываются насадками и зашиваются со стороны земли досками или пластинами. Длина откосных крыльев одинакова с длиной шпунтовых открьлков коренного ряда, а высота их такая же, как и свай в начале понура. Сваи крыльев скрепляются анкерными схватками.

Впереди понурного пола в грунт на глубину 1 м. опускается стенка из пластин и продолжается в откосные крылья. То же делается и ниже сливного пола.

Плотина перед входом в водоспуск обделывается конусами с ординарным откосом.

Все части водоспуска должны быть тщательно проконопачены и осмолены за два раза.

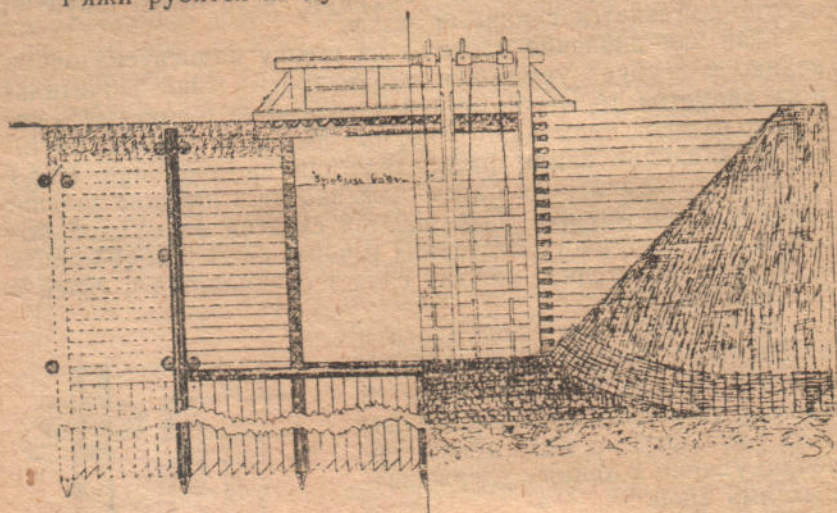
Ряжевые водоспуски устраиваются на основании из шпунтовых свай. Сначала пробиваются шпунтовые ряды: первый по линии порога, второй по границе водобойного и сливного полов, затем третий под наружную бровку параллельный первому, четвертый—посредине и поперечные—под стенами (фиг. 144 *a, b, c*). Сваи маячные и шпунтовые



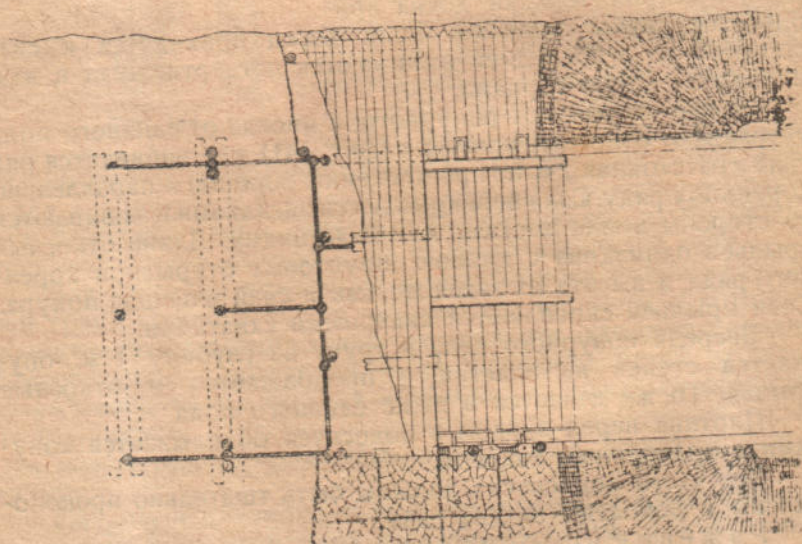
Фиг. 144.

перекрываются насадками, на которые нижним венцом сажаются ряжевые срубы.

Ряжи рубятся из дубовых бревен в лапу с коренным



Фиг. 144а.



Фиг. 144б.

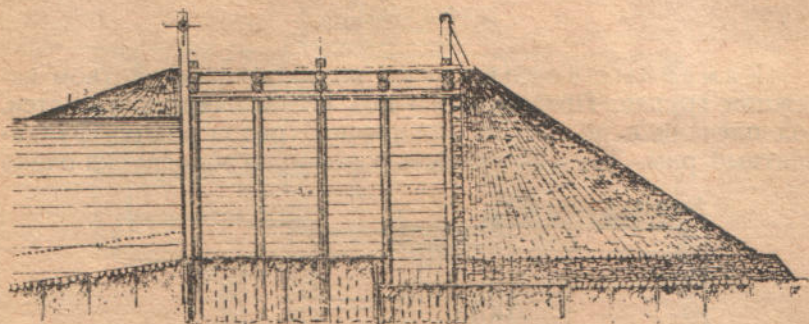
шипом. Венцы тщательно припазовываются (без малейшей щели) и соединяются вставными шипами. Бревна ряжей должны идти по всей длине, ватерпасно, а стык одного ряда

должен перекрываться следующим цельным бревном. Для большей прочности стенки ряжей соединяются анкерными схватками внизу, на середине и наверху. Через каждые три венца бревна прикрепляются болтами к анкерным сваям, забитым внутри ряжей.

Одновременно с укладкою венцов производится их конопатка с осмолкою за два раза, как внутри, так и снаружи.

Вслед за этим ряжи засыпаются землею, а вдоль стен накладывается на ширину около метра навоз, перемешанный с легкою землею, и все тщательно трамбуется.

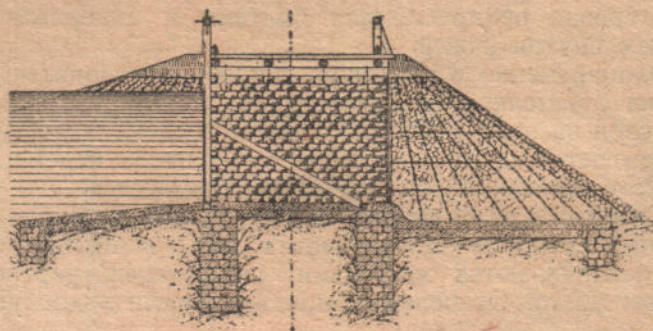
Наружные ряжи имеют высоту на 0,30 м. ниже гребня плотины, а средние—до горизонта воды в напоре. Сверху ряжи заканчиваются насадками, на которых укрепляются прогоны моста. Откосных крыльев ряжевые водоспуски не



Фиг. 144с.

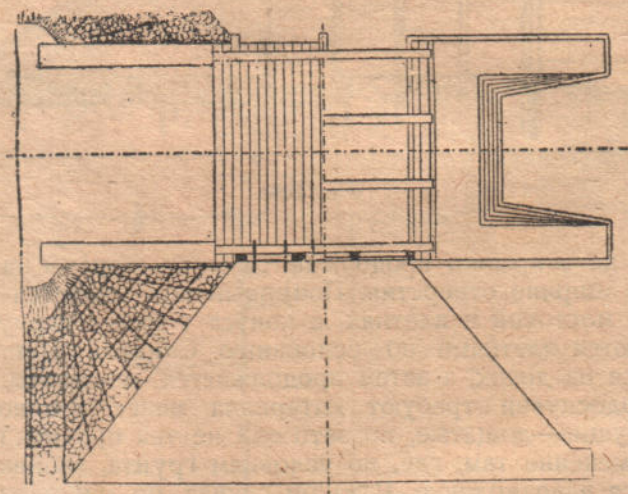
имеют, но открылки продолжают в обе стороны на длину, равную ширине отверстия. Понурный пол делается из каменной мостовой в плетнях, а конуса у входа дернуются и оплетаются плетнями по основанию. Сливной пол частью делается из досок, а затем продолжается мощением. Ряжевые водоспуски требуют материала менее длинного, чем предыдущие—дощатые, но зато они не так прочны; главное их применение там, где, по условиям грунта, забивка свай является невозможной. В таком случае, по тем линиям, где должны быть шпунты, роются рвы глубиною не только до материка, но и врезываясь в него. В эти рвы закладываются ряды нарубают лапой (сковороднем) продольные связи. Под середину и под стыки этих связей полезно поставить стулья через каждые 4 метр., чтобы середина бревен не провисала. На продольные связи нарубают в полдерева поперечины не дальше, как через 1½ метр. одна от другой. Бревна должны быть правильно по всей длине притесаны и должны лежать совершенно ватерпасно.

К поперечинам прибиваются доски флютбета и с этой же высоты поднимаются обыкновенной рубкой стены ряжей.



Фиг. 145а.

Каменные водоспуски возводятся на плотном надежном грунте. Прежде всего под всеми очертаниями стен, под плечами и по линиям поперечных рядов роются фундаментные рвы. Так как тяжесть каменного водоспуска очень



Фиг. 145б.

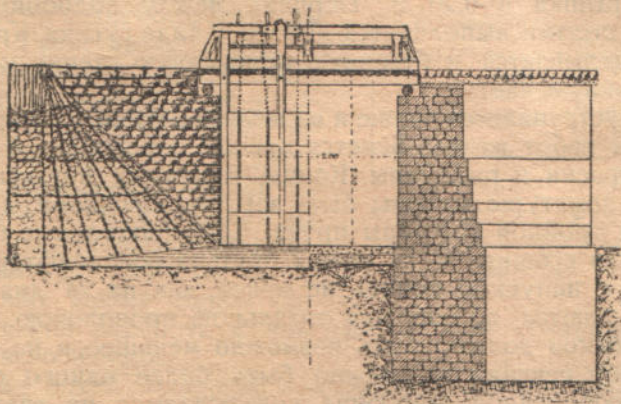
велика, то фундамент должен быть заложен глубоко в прочном материке (фиг. 145), ширина рвов под основаниями стен делается в подошве в 2 м., а под основаниями плечей в 1 м. Чем длиннее плечи, тем лучше, но короче, чем ширина отверстия, их делать не следует.

Толщина стен по верху должна быть не меньше 1 метра, а по мере приближения к основанию толщина эта

увеличивается горизонтальными уступами, уширяющимися по 0,20 м., при чем уменьшение толщины в одном и том же горизонтальном сечении достигается трапециoidalною формою в плане.

Поперечных стенок в каменных водоспусках четыре; две из них под водобойною частью соответствуют шпунтовым стенкам деревянных водоспусков; стенки эти делаются толщиной в 1 м. и глубиною до материка. Другие две стенки перед входом в понур и по выходе из сливной части делаются легче—толщиною в 0,50 м., но такой же глубины, как и первые.

Камень должен быть плотный, однообразного строения, без трещин и невыветрившийся. Первый ряд фундамента бутится насухо; для него выбираются самые крупные и



Фиг. 145с.

постелистые камни. Укладываются они как можно плотнее и промежутки между ними тщательно расщебениваются. Сначала верстаются камни крайние, а потом заполняется середина. После хорошей утрамбовки ряда, он до тех пор заливается жидким раствором, пока раствор не начнет выступать из швов.

Фундаменты, а также и поперечные стены, словом, все подземные части водоспуска могут выполняться и из бетона так же, как в водосливах. Стены выводятся из камня на гидравлическом растворе в составе 1 цем.+2 песка; в местах же выше горизонта воды раствор берется более тощим—с содержанием песка до 3 частей. Кладка ведется под лопатку. Сначала наверх стывают крупные камни по периметру стены, чередуя ложки с тычками, затем камни подливаются с соблюдением перевязки швов, при чем последние должны быть возможно тоньше.

Когда крайние по очертанию стены камни подлиты, в середину наливают раствор, в него (в сок) сажают камни

и осаживают их молотками, а пустоты расщепивают. Не следует допускать, чтобы каменщики сглаживали раствор лопаткой и чтобы камни укладывались насухо, а потом проливались раствором. Кладку надо стараться вести горизонтальными рядами и камни опускать более широкою выровненною поверхностью, чтобы внутри не было пустот. Никогда не следует ставить камень на ребро.

Если камень шатается под ногами, его надо или удалить, или подбить мелким камнем с раствором.

На лицевую сторону стен обыкновенно употребляют камень лучшего качества, при чем его вытесывают в рамку, а швы расшивают.

Пол делается из бетона. Для этого набивается слой щебня не менее 0,20 м., а на него накладывается и бетонная покрывка в 0,20 м. Перепад между водобойным и сливным полами выполняется полого, в виде гуська. Красный брус заделывается в бетонную поперечную стенку у входа в водобойную часть.

Пол устраивается также и из железо-бетона. Для железо-бетонных работ железо берется мягкое, очищенное от грязи, жира, окраски и ржавчины. Концы железных прутьев продольной арматуры должны быть загнуты крючками, длиною не менее тройной толщины прута. Если продольные прутья приходится сращивать, то концы прутьев соединяются в нахлестку, с напуском концов не менее, как на 24 диаметра, и обматываются по спирали вязальной проволокою. Количество стыков должно быть возможно меньшее, и на одном поперечном сечении не должно быть более одного стыка. Путья поперечной арматуры укладываются на взаимных расстояниях не больше 0,30 м. Прежде набивки бетона, арматура тщательно покрывается раствором из чистого цемента. Слой бетона, покрывающий арматуру, должен быть не меньше 0,02 м., а отношение песка к гравиям (или щебню) берется как 1:2. Бетон укладывается слоями, не толще 0,10 м. В жаркие дни принимаются меры против сухости воздуха. При температуре ниже 0° набивка бетона не допускается.

Открывать действие железо-бетонного водоспуска можно спустя около месяца после окончания работы, так как к этому времени можно уже считать бетон достаточно окрепшим и приобретшим необходимую для сооружения прочность. Когда стенки кладкою будут доведены до верха, то к ним примыкает насыпь плотины с засыпкою и утрамбовкою земли за стеною, при чем плечи плотины у отверстия обделываются конусами и укрепляются камнем в плетнях, а на самом верху засыпка покрывается мостовою.

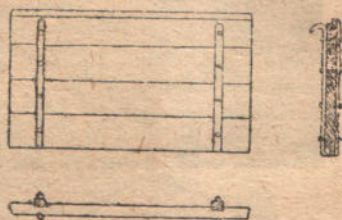
Если грунт под плотиную слабый, илистый и было бы не безопасно строить на нем тяжелое сооружение, то лучше отказаться от устройства в таком месте водоспуска, так как

постройка на ростверке, а тем более на опускаемых колодах—дело очень дорогое и трудное по исполнению.

Отверстие водоспуска закрывается щитами, которые прислоняются к вертикальным стойкам, укрепляемым нижним концом в красном бруске и приболченными к мостовому прогону.

Обыкновенно на стойки (называемые также белоногами) берут бревна не тоньше 27 см. и отесывают их на три канта, затем в передней стороне, обращенной к воде, отбивают четверть глубиною и шириною по 0,06 м.

Стойки устанавливаются на места прежде настилки полов, для чего по красному бруску отбивают посредине черту, которая должна соответствовать линии задней поверхности щитов. Разметив потом места стоек, вынимают в бруске гнезда так, чтобы лицо четверти стойки строго совпало с осью порога. Пригнав шипы по гнездам, устанавливают стойки по отвесу, а затем к верхним их частям подвигают прогон моста, к которому стойки и прибалчивают. Кроме шипов следует стойки скрепить с красным бруском угольниками из полосового железа.



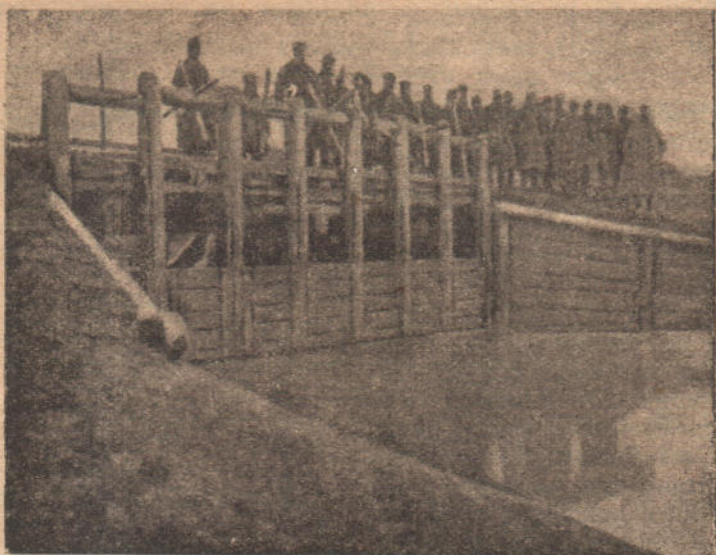
Фиг. 146.

Если столб подпертой воды велик, до 4 м., и стойка выходит не надежно, то ее укрепляют подкосом, упирая его шипом в половую насадку и укрепляя накладками или ершами. По мере возможности следует избегать таких упорков, потому что мало-мальски неправильное причерчивание пологого настила около этих частей легко вызывает протекание воды под пол.

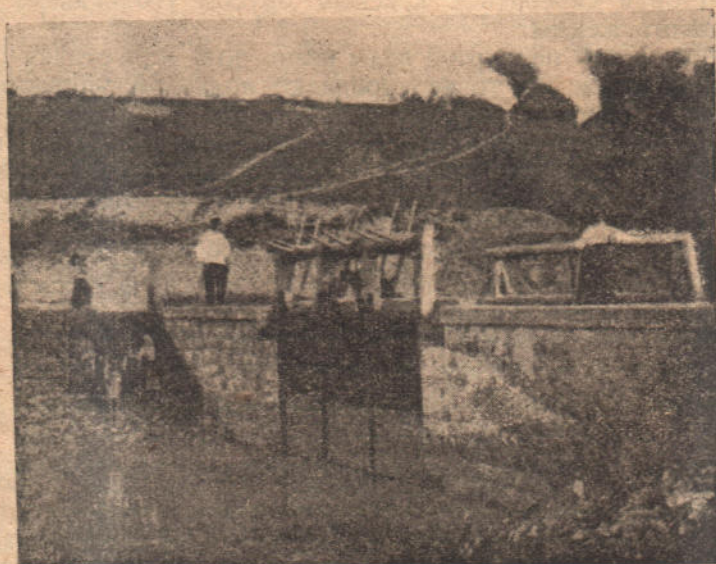
В каменных водоспусках вместо боковой деревянной стойки к четверти стены прикрепляют железную полосу, по которой скользит затвор.

Щиты (фиг. 146) делаются из дубовых досок, в 5 см., сплоченных в шпунт или в закрой, высотой в 4 доски, а длиной не больше 1 м.*). Скрепление досок делается зазрезкою с наружной стороны двух шпонок (шпуг), а на левую сторону (от воды) накладываются против шпонок железные полосы, загнутые в крючок для подъема щита. Сквозь эти накладки, сквозь доски и сквозь шпонки пропускаются болты по одному на каждую доску. Щиты между стойками ставятся один на другой, для чего в верхней и нижней

*) Щитов большого размера надо избегать в виду трудности управления ими.



Фиг. 147.



Фиг. 148.

кромке каждого из них отбирается четверть, кроме самого нижнего щита, у которого кромка делается ровною. Число щитов в пролете (между одною и другою стойкою) делается в зависимости от высоты столба подпертой в пруде воды, при чем верхняя кромка верхнего щита всегда находится на высоте горизонта напора и на 1 метр ниже гребня плотины (фиг. 147, 148, 149).



Фиг. 149.

Щиты поднимаются цепями посредством ворота. Для этого берутся кругляки в 22 см. толщиной. В торцы их по оси вставляют железные шипы в $2\frac{1}{2}$ см. в диаметре и до 20 см. длины. В щитовых стойках врезают железные втулки, в которые, как в подшипники, вкладываются шипы валов; последние при этом должны лежать совершенно горизонтально и параллельно щитам на высоте от помоста в 1 м. Концы валов оковываются железными кольцами, а близ концов продавливают по две дыры, в которые вставляют по две ручки. На каждый вал навертывают по две цепи с кольцами

на концах. Оба конца цепи должны быть совершенно одинаковой длины и должны наматываться ровно, чтобы щит не перекашивался.

Щиты, как и вообще деревянные части, конопатятся и осмаливаются. Конопатка делается прядями пеньки или пакли, напитанными жидкою горячею смолою. Осмолка же производится жидкою древесною смолою, переваренною с каменноугольною.

Смола должна быть сварена впору, т. е. когда она быстро высыхает и не липнет к рукам; излишне переваренная смола мало впитывается в дерево и отскакивает, а сырая, недоваренная—не прочна.

Устройство водоспуска заканчивается сооружением моста и забивкою льдоудержательных свай впереди отверстия. Чем сильнее напор льда, тем прочнее должна быть оборонная линия. В этом случае сваи забиваются в два параллельных ряда в шахматном порядке; так что если напор льда проломит одну линию, то ко второй лед подойдет уже с значительно меньшею силой и здесь задержится.

Уход за водохранилищем

Всякое, даже самое простое сооружение, когда оно окончено, требует наблюдения, ухода и ремонта.

Это в особенности относится к сооружениям гидротехническим; в них малейшее повреждение становится опасным, если не будут приняты своевременно соответствующие меры. Поэтому сооружения должны быть в полном порядке.

В новых плотинах, по мере усадки, надо подсыпать гребень до проектной высоты. Появляющиеся трещины должны быть немедленно залиты жидким раствором глины с навозом и затрамбованы; также надо забивать трещины у соединений земляной насыпи с деревянными и каменными частями водоспусков и водосливов.

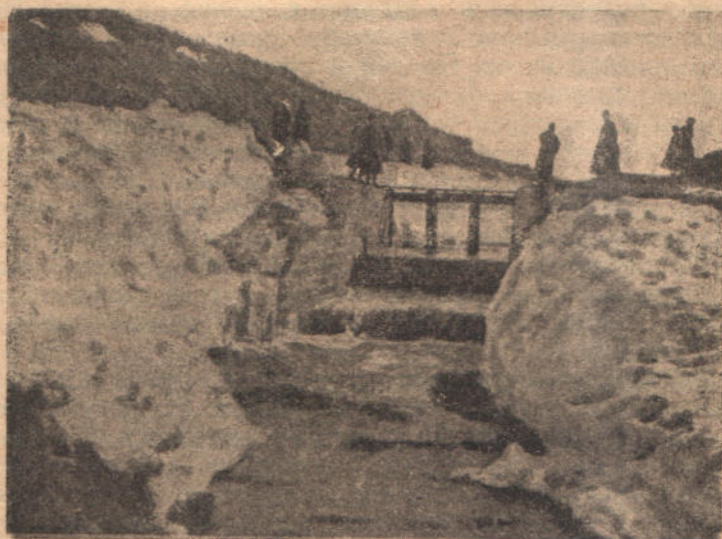
Надо держать в исправности укрепления откосов и не позволять подъезжать к воде с плотины.

Все деревянные части, не имеющие постоянного соприкосновения с водой, следует просмаливать раз в год горячею смолою, а щели законопачивать смоляною паклею.

Если плотина не будет к зиме закончена, следует оставить в ней проход для воды, в виде канала, укрепив его плетнями с засыпкою землею с навозом, а весною все это убрать и тщательно засыпать однородным с телом грунтом, врезав его замками в дно и стенки плотины. Если к зиме не сделан водослив, надо вырыть в противоположном берегу канал, пропустив его подальше от низового откоса—

метров на 40. Затем за зиму почаще очищать его от снега, чтобы сильнее промерз грунт, а перед началом таяния дно и откосы прикрыть соломой и залить водою, чтобы солома примерзла к грунту. Тогда вода пройдет по замерзшему грунту, оттаивание которого произойдет позднее, чем при обычных условиях. Весною все это засыпается и тщательно трамбуется и врезывается замками в дно и откосы.

Перед проходом весенних вод надо принять заблаговременно меры предосторожности и облегчить воде свободный выход, для чего на всех соприкасающихся с водою



Фиг. 150.

частях надо обрубить лед; в водосливных каналах, уступах и водоспусках надо сделать расчистку снега, хотя и не на всю ширину отверстия, но обязательно на полную глубину. В водоспусках же надо открыть щиты на весь пролет (фиг. 150).

После прохода снеговых или ливневых вод должны быть приведены в полную исправность дно, откосы, уступы, плетни, дерновка, деревянные и другие укрепления.

Если будет обнаружено оползание низового откоса, что объясняется недостаточностью размеров тела плотины и выходом линии депрессии за пределы низового откоса, надо усилить профиль плотины отсыпкой водного откоса, сбрасывая землю с гребня и разравнивая ее по верховому откосу.

Из многочисленных повреждений в плотинах главнейшими и наичаще встречающимися являются просачивающие, подмыв и прорыв.

Если напор велик, то просачивание сквозь тело плотины, в особенности в первое время после ее постройки, 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, значительною струею или сильно бьющим ключом, то это уже явление опасное, указывающее на то, что тело плотины разжижено и вода в ней делает ход.

Для отыскания места просачивания выбирают время, когда вода в пруде находится в покое, т. е. когда нет течения в водоспуске и когда нет волнения от ветра. Вдоль всей плотины сыплют в воду древесные опилки или мелкий сухой конский навоз. Опилки и навоз, постепенно намокая, медленно и спокойно опускаются на дно; в той же части плотины, где должно быть просачивание, опилки и частицы навоза уносятся течением и направляются к одной точке. Найдя таким образом место просачивания, сыплют около него в воду уже крупный коровий навоз и затем суглинистую землю, пока фильтрация заметно не ослабеет.

Просачивание по шву земляной присыпки, прилегающей к деревянным или каменным стенкам, устраняется подсыпкой свежей, хорошо перемятой глины с песком и тщательным трамбованием.

Если будет слышаться журчание или течь под полами водоспуска, то надо в полу плотничным буравом пробуровать дыры и железным прутом удостовериться, в каком положении находится загрузка под полами, и если окажутся вымоины и пустоты, то доски срывают и делают засыпку подполья, а пробурованные дыры по настилке пола закладываются деревянными нагелями.

Подмывы выражаются тем, что проходящая с большою скоростью через водоспуск вода роет около него ямы, опасные как для отверстия, так, следовательно, и для всей плотины. Происходят подмывы от небрежности при управлении водой, главным же образом от продолжительных и усиленных ее выпусков.

В том случае, когда подмыв уже начался, но сваи и шпунтовые ряды держатся еще прочно, надо открыть все отверстия водоспуска, чтобы произвести усиленный выпуск. Это в особенности нужно, когда вода быстро прибывает и когда под руками нет в данный момент ни материалов для загрузки ямы подмыва, ни рабочих. Если же сваи уже качаются и когда, следовательно, яма подмыва углубилась до остриев свай, надо закрыть водоспуск, а в ямы и выбоины к сваям и шпунтовым линиям укладывают кули (или мешки) с землею; просто землю сыпать не следует, так как ее сносит вода, кулями же зажимаются концы свай, а между ними

набрасывают снопы, хворост, навоз, куски дерна и землю. Наложив так несколько рядов, открывают водоспуск и пускают воду; спустя некоторое время опять закрывают отверстие, вновь забрасывают яму кулями и повторяют это до полной прочности свай и прекращения их шатания.

Прорывы, т. е. выносы из тела плотины земли и образование в ней сквозных отверстий, происходит, главным образом, от того, что вода, переполнив пруд, переливается затем через гребень плотины. Причины столь опасного явления заключаются, во-первых, в недостаточных размерах отверстий водоспуска или водослива; во-вторых, в разрушении низового откоса и, следовательно, в уменьшении толщины тела плотины; в-третьих, в небрежном содержании гребня, если, напр., через него поперек плотины сделана ложбина или канава. Последнее ни под каким видом не должно быть допускаемо, хотя бы вода сильно прибывала и угрожала переливом. Прежде всего, надо защитить гребень; для этого на бровке, обращенной к воде, надо уложить вдоль всей плотины ряда в 2—3 один на другой кули с землей и песком или же проложить ряды бревен по тому же краю верхового откоса. Эта толщина бревен или кулевых рядов увеличит высоту плотины и, следовательно, емкость пруда.

Само собою разумеется, что в это время водоспуск должен быть открыт на весь пролет.

Если прорыв уже образовался, то он также забрасывается кулями, а затем навозом и глинистою землею, но отнюдь не забивается сухим хворостом, соломой, мерзлыми комьями земли или камнем. Впоследствии прорыв заделывается тою же землею, из какой возведено тело плотины, и врезывается замками в дно и тело.

Кроме наблюдений за целостью плотины, необходим еще постоянный надзор и уход за водою в пруде. Так, нельзя допускать сваливать на берегах водохранилища навоз и отбросы, которые снеговыми или дождевыми водами сносятся в пруд и загрязняют его. Кругом водохранилища следует оставить нераспаханную полосу метров в 20 шириною, а за этою полосой распашку надо вести поперек, а не вдоль склона, чтобы предупредить образование водоросли, по которым будут сноситься с полей земляные частицы. С этою же целью со стороны огородов и крутых склонов водохранилище надо окапывать рвами, обносить низкими валами или плетнями. В тех же самых соображениях нужно не только оберегать существующую на склонах растительность, но также и прибрежную полосу следует обсаживать деревьями и кустами.

В прудах надо безусловно запрещать мочку льна и конопля, которая не только грязнит воду и сообщает ей неприятный запах, но и делает ее вредною для животных

и человека. Очень хорошо разводить в прудах рыбу: она уничтожает червей, освежает и очищает воду процессами дыхания и вообще усиливает ее циркуляцию. Зимой надо делать возможно больше прорубей, иначе вода делается затхлою и рыба в ней задыхается. Само собою разумеется, что если из пруда берут воду для питья, то в нем нельзя стирать белье и пускать в него скот.

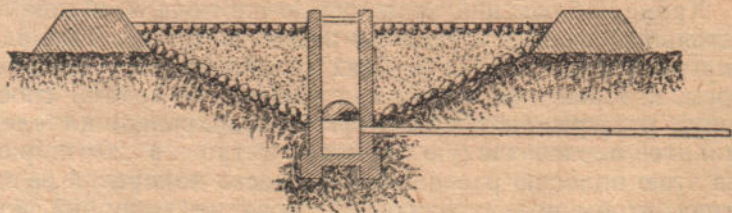
Время от времени пруды необходимо подвергать чистке. Главный и наиболее радикальный способ очистки пруда заключается в вынутии слоя ила после спуска воды. С этою целью в плотине делается прорыв, вода спускается и, когда ил достаточно просохнет, его вынимают и отвозят из водохранилища.

Это надо делать осторожно, чтобы не обнажить дна водохранилища, которое дает большие трещины и будет сильно фильтровать. Выемку ила надо делать с пятерными откосами и отступая от очертания откосов двухсаженною бермою.

По окончании очистки прорыв тщательно заделывается глиною. Попутно, пользуясь случаем, исправляется верховой откос плотины, его укрепление и подводные части выпускных отверстий. Вместо глиняной заделки в прорыве может быть применена шпунтовая стенка.

К числу водохранилищ относятся еще водосборные цистерны, устраиваемые в южных засушливых открытых местах.

В намеченном пункте роется воронкообразная яма (в форме опрокинутой четырехугольной пирамиды), глубиною в центре



Фиг. 151.

в 3 м., при этом грунт должен быть глинистый. Вынутая земля складывается вокруг ямы плотно страмбованным валом, высотой в 1 м. (фиг. 151). Этот вал отчасти является продолжением ямы, увеличивая ее емкость, отчасти — предохраняет цистерну от загрязнения стекающими поверхностными водами. На стенки воронки намазывается жирная глина, а на дне ее устраивается бетонный резервуар с отверстием в стенках, перекрытый сводником, имеющим лаз. Резервуар

продолжается вверх бетонным же колодецем, с железными, заделанными в бетон скобами для лазания. Сверху колодець закрывается деревянною крышкою. Вся цистерна выкладывается по стенкам (внутри) камнем насухо, снизу — более крупным, а чем выше, тем мельче. Затем делается засыпка цистерны песком также различной крупности, именно, внизу крупным, наверху — мелким. Поверхность цистерны покрывается камнем с целью предохранить песок от раздувания его ветром. Наконец, водохранилище должно быть огорожено от скота.

Вода атмосферных осадков и подземной росы, набирающаяся в цистерне, стекает по ее стенкам в бетонный резервуар и отсюда или извлекается насосом, или по железной трубе выводится к разборному крану.

Количество воды, собирающейся в цистерне, определяется объемом сыпучего ее заполнения (камень и песок), принимая, что сумма всех пустот между отдельными песчинками, заполняемых водою, равна $\frac{1}{4}$ объема.

Очень важно, чтобы вода была в цистерне возможно глубже под поверхностью почвы, тогда она получается более чистою и лучше сохраняется от порчи.

Прудовые колодцы-фильтры

Вода из прудов может быть употребляема в качестве питьевой только в том случае, если она пропущена через



Фиг. 152.

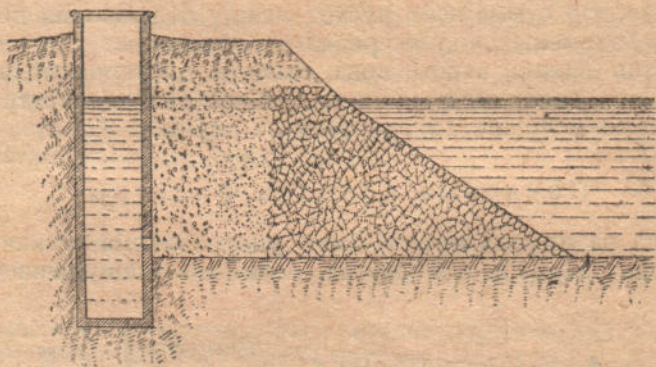
особого устройства фильтр в прудовой колодець, при чем грунт подпочвы должен быть водоупорным.

Устройство прудовых колодцев различно.

Так (фиг. 152), в пологом берегу пруда устраивается приемник А, для чего забиваются квадратом 4 сваи в расстоянии 1 м. одна от другой; в них врубаются поперечины, на которые настилается пол, а сверху на насадках настилается крыша; бока зашиваются пластинами в закрой, при чем остается незащитою только часть стенки в, да в стенке с оставляются между пластинами маленькие прозоры. Весь

приемник делается глубиною около 2 метр., помещать же его в пруде следует так, чтобы при понижающемся в межень уровне стенка *c* не выходила из воды. Затем от стенки *c* роется траншея, шириною в 1 м., а длиною не менее 10 м., дно траншеи должно быть выше дна пруда. Лучше траншею по дну и стенкам обделывать досками. Приемник затем засыпается мелким речным песком, первая часть канавы метра на 3 засыпается прокаленным песком средней величины, далее—метров на 8 гравием и наконец—щебнем. Сверху канава покрывается в закрой пластинами и тщательно затрамбовывается в предупреждение подхода к ней верховодки. Колодец опускается глубже канавы, с целью собирания оседающей мути.

Иначе колодцы устраиваются так. От дна пруда роется канава, сообщающаяся с колодезною шахтою отверстиями



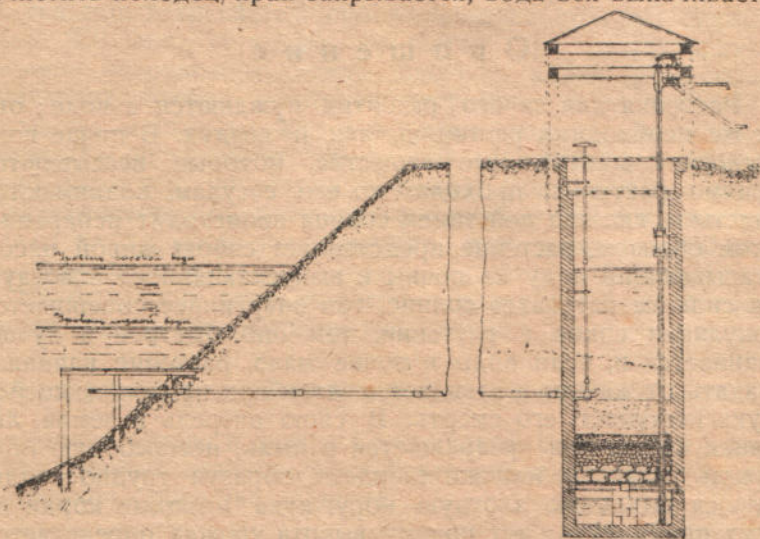
Фиг. 153.

(фиг. 153). В канаве фильтрующий материал располагается в таком порядке: крупный камень, песок и щебень. Сверху канава затрамбовывается глиною*).

Более усовершенствованным является такое устройство (фиг. 154). Чугунная труба на конце, выходящем в пруд, обернута медною сеткою и заключена в пруде в досчатый приемник. Другой конец ее с краном впущен в бетонный колодец. Под краном уложен фильтрующий материал из щебня и песка. Этот материал кладут на железную сетку, под которою скопляется профильтрованная вода. Сетка поддерживается круглыми полосами на двутавровых балочках. Сквозь фильтрующий слой и сетку пропускается обсадная труба, дырчатая на пространстве приемника чистой воды. Труба поднимается до высоты немного выше самого высокого

*) На рисунке ошибочно показано обратное расположение фильтрующего материала.

горизонта воды в пруде. Внутри обсадной трубы пропущена всасывающая насосная труба и зазор между трубами закрывается деревянной пробкой. Всасывающая труба соединяется с насосным цилиндром, от которого наружу пропущена нагнетательная труба. От промерзания колодец закрывается двумя крышками и, кроме того, под насосным цилиндром проделывается маленькое отверстие, через которое после качания вода выливается внутрь колодца. Когда нужно вычистить колодец, кран закрывается, вода вся выкачивается



Фиг. 154.

насосом и в колодец влзят. Вследствие отсутствия света, в колодце не развивается органическая жизнь, а благодаря глубине колодца, вода в нем бывает достаточно холодной.

В тех случаях, когда фильтрующего материала не имеется, устраиваются так называемые нажимные колодцы, с дном, располагаемым ниже ложа пруда. Устраивают колодцы или в стороне от пруда перед плотиною, или в верховом ее откосе. Вода проникает в колодец путем инфильтрации очень медленно, но вода получается вполне стерильною, потому что бактерии без доступа воздуха и света погибают уже через две недели.

ГЛАВА III

О р о ш е н и е

Растения для своего развития нуждаются в воде; она так же необходима растению, как и воздух. В почве вода растворяет минеральные вещества, которые всасываются корнями растения, проходят по его сосудам, поднимаются к листьям, где под действием солнца происходит испарение. Таким образом, растение представляет собою живой насос, высасывающий воду из почвы и выпускающий ее в воздух. Чем сильнее нагревает солнце, тем энергичнее совершается циркуляция соков в растении, тем оно быстрее и лучше развивается и, если воды в почве мало, растение начинает страдать от жажды и завядает, а затем при продолжающейся засухе наступает его смерть. В свою очередь и земля, лишенная влаги, или превращается в пыль, неспособную поддержать растение, или же твердеет, образуя трудно поддающуюся рыхлению плотную кору, куда молодые корни не могут проникнуть; вот почему высота урожая определяется прежде всего количеством почвенной воды, находящейся в распоряжении у растения. Средством сбережения той влаги, которая выпадает в виде атмосферных осадков, является так называемое сухое земледелие, в задачу которого входит поддержание поверхности почвы в постоянно рыхленном состоянии, при котором менее всего испаряется влаги. Это достигается: 1) ранним и частым рыхлением пара, 2) мелкою вспашкою сейчас же после уборки, 3) рядовым посевом и 4) культурой пропашных и так называемых засухоустойчивых растений, приспособленных к засушливым местностям. Этими приемами значительная часть влаги вместо потери на испарение идет на пользу растений. Но само собой понятно, что все наилучшие приемы сухого земледелия не могут увеличить количество необходимой растениям влаги в почве и единственным способом восполнить недостающее количество воды является искусственное орошение— иначе ирригация.

Значение орошения для различных мест различно. В странах с жарким и сухим климатом, где испарение идет быстро, где количество выпадающего в вегетативный период

дождя незначительно и где все лето стоит засуха, там без искусственного орошения невозможна никакая культура; в умеренном же климате орошение, с одной стороны, способствует поднятию урожайности, а с другой—является могущественным средством борьбы с засухами, когда они вызываются неравномерным распределением осадков.

Проф. Е. Е. Скорняков так оценивает значение количества годовых осадков: „Количество осадков более 500 мм. в год является вполне достаточным для успешного развития сельского хозяйства; при количестве годовых осадков менее 250 мм. сельское хозяйство при обыкновенных условиях невозможно—земли получают характер пустынь, оживающих только в случае устройства искусственного орошения; местности же, в которых количество осадков колеблется по годам от 500 до 250 мм., носят полузасушливый характер, производя хорошие урожаи в те годы, когда количество осадков приближается к 500 мм., и страдают от засухи, когда это количество приближается к 250 мм.“ (см. примечание 6).

На основании этих выводов территорию нашего государства можно разделить на три района:

1. Район устойчивого увлажнения

—на западе, севере и центре Европейской России, где количество годовых осадков 500 и более миллиметров и где искусственное орошение излишне.

2. Район неустойчивого увлажнения

с количеством осадков от 500 до 250 мм., где орошение может поставить хозяйство вне зависимости от выпавшего или невыпавшего дождя, где получают прекрасные урожаи, когда количество осадков приближается к 500, и где случаются засухи, неурожаи и голодовки, когда количество осадков падает до 250.

В особенности орошение здесь нужно для сенокосов, садов и огородов. Район этот очень велик, охватывая собою Поволжье, степи Украины, часть Центрально-Черноземной области и западную часть Сибири.

3. Район полной засухи

—Туркестан, Закаспийский край, Закавказье, где количество осадков менее 250 мм. в год, и где земледелие возможно только при искусственном орошении, где земля плодородна, производит хлопок, рис, виноград, но без воды она мертва и пустынна.

Начало искусственного орошения надо искать в глубокой древности, к тем временам, за много веков до нашей эры, когда кочевые народы переходили к оседлой жизни, тесно связанной с земледелием. Те остатки оросительных сооружений, которые кое-где сохранились от времен седой старины, невольно вызывают удивление искуству наших предков собирать воду и управлять ею.

Не подлежит сомнению, что орошение началось на востоке—в Азии, оттуда оно перешло в Египет, где достигло высокой степени совершенства, а затем уже появилось в Европе и Америке. Как велико значение ирригации, видно из того, что упадок древних культурных стран вызывался главным образом пренебрежением к воде. Целые народы и государства погибали с нашествием варваров, разрушавших оросительные сооружения и этим превращавших поля и сады в пустыни. До сих пор некоторые страны, как, например, наш Мервский оазис (в средней Азии), не могут восстановить орошение в тех размерах, каких оно достигало там в древности. Общая площадь земель, орошаемых в настоящее время на земном шаре, около 50 миллионов гектаров, и эти земли без искусственного орошения были бы совершенно изъяты из области народного хозяйства.

Само собой разумеется, что урожай, зависящий от случайно выпавшего дождя, делает всякие предварительные расчеты земледельца гадательными, и сельское хозяйство получает характер рискованного предприятия. А между тем, в таких сухих странах, как, например, Египет, где орошение установилось веками и существует неизменно, где, следовательно, на помощь сельскому хозяйству приходит гидротехника, там урожай хлебов и трав является почти постоянным, почти не изменяющимся.

При всей очевидности пользы орошения, неизбежно возникает вопрос, не стоит ли орошение так дорого, что постоянство урожаев не будет окупать затрат на устройство оросительных сооружений. Этот вопрос может быть разрешен не априорными рассуждениями, а только по единственно данным опыта, но понятие о дороговизне есть понятие условное; совершенно иное дело, если вопрос ставится так: насколько рентабельно орошение, стоит ли, выгодно ли его устраивать. Разрешая эту чисто бухгалтерскую задачу, будем рассуждать так: предположив, что орошение повысит средний урожай только вдвое, приходим к простому выводу, что устройство орошения будет выгодно только тогда, если первоначальная стоимость его на один гектар будет не дороже цены этого одного гектара, потому что один гектар земли орошаемой даст такой же урожай, как два гектара земли не орошаемой. Взяв стоимость гектара, например, в 200 руб., можем сказать, что орошение

будет выгодно, если стоимость устройства его не превысит 200 руб. на гектар. При этом нельзя упускать из виду очень большой плюс, что на орошенных землях урожай станет постоянным, тогда как на земле неорошаемой неизбежны периодические недороды и полные неурожаи.

Если орошение поднимет урожай до $2\frac{1}{2}$ раз и, следовательно, если будет орошена не вся площадь хозяйства, а только $\frac{1}{10}$ его часть, то при самых неблагоприятных обстоятельствах, при полном неурожае кругом, все же эта орошенная часть даст такую величину урожая, как если бы со всего хозяйства получилась $\frac{1}{4}$ полного урожая (ибо $2\frac{1}{2}$ от $\frac{1}{10}$ равно $\frac{1}{4}$), а этого уже достаточно для сохранения равновесия в хозяйстве. Так разрешается экономический вопрос. Огромная польза или выгодность орошения выступает с особенной рельефностью в годы неурожаев, когда получается поражающая разница в сборе хлеба с орошаемых и неорошаемых земель.

Различаются две главных системы орошения:

1. Орошение лиманное—когда весенняя, талая вода, задержанная особыми запрудами и валами, разливается по участку и впитывается в почву. Применяется главным образом для орошения сенокосов, реже—хлебов и иногда—бахчей.

2. Орошение правильное—или собственно ирригация. Вода приводится на участок или самотеком от какого-нибудь источника или подается каким-либо водоподъемником и распределяется по участку в любом направлении в требуемом количестве и в любое время.

Применяется для всякого рода культур полевых, луговых, огородных и садовых.

Выбор той или иной системы обуславливается как рельефом поверхности, так и характером почвы (и подпочвы). Если, например, на лугу с глинистой холодной подпочвою устроить орошение затоплением, когда вода остается на месте без движения, то хорошие, сладкие луговые травы пропадут и заменятся осоками, хвощами и друг. Ясно, что такое орошение принесет здесь только вред.

В физическом отношении та почва считается наиболее подходящей, которая легко нагревается, хорошо пропускает воздух, удерживает необходимое для растений количество влаги, излишнюю же пропускает. Наконец, почва не должна быть слишком вязкою, но в то же время не должна быть чересчур рыхлою. В химическом отношении лучшие почвы те, которые содержат кремнезем, глинозем, известь, кали и натр. Наиболее подходящи, на которых применимы все системы орошения, средние: суглинок и супесок. Особенно большое значение имеет ирригация для солончаков, так как поливкой часть соли вымывается из почвы и сносится

водой, другая же часть, растворившись, проникает в глубокие слои.

Необходимо однако заметить, что при неумело поведенном орошении может произойти как раз обратное явление—засолонение почвы. Если при правильном орошении вести обильную поливку во время зноя и засухи, то это вызывает быстрое испарение, а вместе с этим и вынос солей из глубоких слоев подпочвы на поверхность. Вот почему хозяйство при правильном орошении требует постоянного, бдительного и умелого надзора. При лиманном орошении опасность засоления почвы отсутствует совершенно, так как это орошение производится в прохладное еще время—ранней весной.

1. Лиманное орошение

Участок ограждается земляными дамбами, которые задерживают талые весенние воды, образующие таким образом неглубокий бассейн или лиман. Вода держится в лимане определенное нужное время и затем спускается на сторону. Таким образом, орошение производится только один раз в год, почему и применяется главным образом для сенокосов, так как полевые культуры требуют орошения и в летние месяцы.

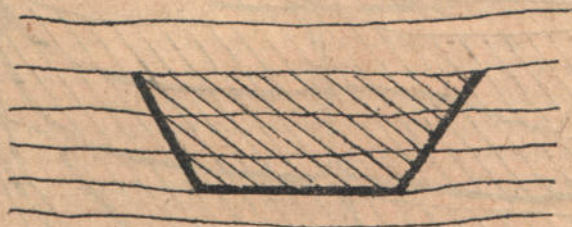
Чем уклон местности меньше, тем больший получается лиман. Наиболее подходящим для лимана является уклон в 0,0001 и предельным считается 0,002. Средняя высота слоя воды в лимане рекомендуется 0,50 м., тогда на верхней границе лимана она равна нулю, а на нижней—у дамбы—1 метру, и равномерное увлажнение распространяется на $\frac{3}{4}$ площади всего лимана. По данным Жилинского, для орошения одной десятины лимана требуется площадь водосбора в 40 дес. при количестве зимних осадков в 50 миллиметров и 25 десятин при осадках в 90 миллиметров.

Самое устройство лимана состоит в том, что на нижней горизонтали насыпается дамба высотой и шириной по гребню в 1 метр, затем дамба поворачивается вверх по линиям скатов (фиг. 155) и идет до верхней горизонтали, при этом гребень дамбы должен быть везде строго горизонтальным. Боковые валы сходят „на нет“ на той горизонтали, относительная высота которой над тою, где заложена нижняя дамба, равна высоте дамбы, т. е. 1 метру. Передний (водный) откос дамбы делается 1:3, задний (сухой) 1:1 $\frac{1}{2}$. При высоте вала до 1 метра замков не делается, лишь предварительно растительный слой под подошвой дамбы вспахивается плугом; при большей же высоте вала замки обязательны.

Валы насыпаются из земли того же лимана, который предварительно вспахивается для этой цели шириною метров на 10, и в насыпь берется верхний почвенный слой. При этом, вдоль конца верхового откоса следует оставить невспаханную берму шириною в 2—3 метра и обсадить ее кустарником, предохраняющим вал от действия на него воды. Насыпь вала тщательно трамбуется. Откосы следует укреплять дерном и обсеивать травяною смесью, а концы валов, там, где входит вода в лиман и где она выходит при его переполнении, надо укреплять фашинами, хворостом или мощением.

Для выпуска воды из лимана устраиваются водоспуски с щитовыми затворами и лучше всего с винтовым подъемом.

Водоспуск устраивается в пониженном месте с расчетом на выпуск всей воды из лимана в 1—2 суток. В зави-



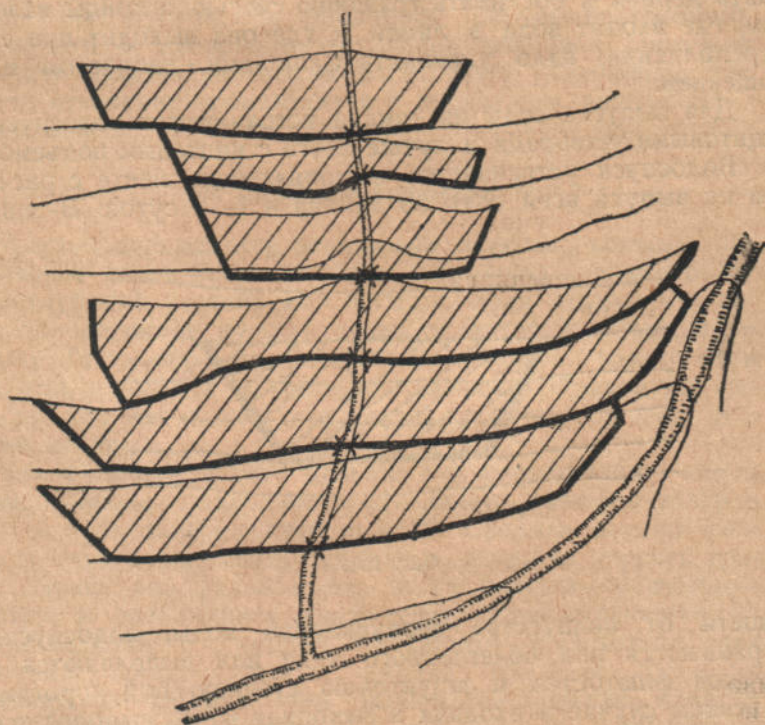
Фиг. 155.

симости от количества пропускаемой воды, водоспуски устраиваются или облегченного типа или выполняются с прочным флютбетом и шпунтовой стенкою под порогом. Во всяком случае и входная и выходная часть выполняется воронками. За насыпями необходимо установить надзор и исправлять все неправильности и малейшие повреждения, которые могут вызвать прорывы валов. Особенное внимание следует обращать на норы животных, которые охотно селятся в рыхлой земле. Норы следует разрывать, а затем тщательно их затрамбовывать.

Кроме описанного простого лиманного орошения, устраивается еще так называемое ярусное орошение, применяемое при уклоне большем, чем простое (но в пределе до 0,002). Преимущество ярусного орошения заключается в том, что земляные валы, удерживая меньший слой воды, устраиваются и меньших размеров, так как опасность их разрушения не так велика.

При ярусном орошении площадь увлажняется равномернее.

Весь участок разбивается на ряд небольших лиманов (фиг. 156), и слой воды держится в среднем 0,25—0,30 м. В дамбах устраиваются или водоспуски или закладываются деревянные трубы с задвижками. Вода сначала поступает в верхний лиман, из него пропускается в нижележащий, далее в следующий и т. д., по миновении надобности вода спускается в реку или овраг.



Фиг. 156.

В тех случаях, когда водосбор оказывается недостаточным, к лиману проводятся собирающие валы, которые захватывают сток воды, идущей мимо по склону, и эта вода направляется в лиман.

В плане собирательные валы проектируются наклонно к горизонтали, чтобы создать движение воды, скопляющейся у вала. Уклон вала надо выдержать таким, чтобы скорость воды не размывала грунта, именно от 0,50 до 1 метра.

Направляющие валы, начинаясь высотой в 0,25—0,30 метра, постепенно повышаются и в своем конце, сопрягаясь с валом лимана, принимают его высоту.

2. Правильное орошение

В тех случаях, когда орошение производится не один только раз весной, а в течение всего вегетативного периода, когда для полива употребляются воды какого-нибудь постоянного источника — реки, ручья, колодца или водохранилища, когда при этом вода приводится на участок каналом и распределяется в любом количестве и в любом направлении, это является признаком правильного орошения (ирригации).

В ирригации практикуется три способа орошения: 1—орошение напуском или разливом, когда вода стекает по участку или тонким слоем или отдельными струйками — по бороздкам, и когда, таким образом, увлажнение происходит сверху и с боков (самый совершенный способ); 2—орошение затоплением, когда вода покрывает орошаемый участок и стоит на нем неподвижно (на подобие лиманного орошения), увлажняя почву участка сверху, и 3—орошение инфильтрацией — подпочвенное, когда почва увлажняется снизу.

Правильное орошение, в особенности по способу разлива, обходится в 3—5 раз дороже лиманного, и если лиманное орошение имеет свое применение в условиях экстенсивного крестьянского хозяйства, то при дорогом правильном орошении неперемennым условием является интенсивная форма хозяйства. Правильное орошение широко применяется в Сев. Америке, в Ост-Индии, в Египте, а в нашем государстве — в Туркестане, Закаспийском и Закавказском крае, в некоторых местах Поволжья и частично отдельными местами на юге и юго-востоке России.

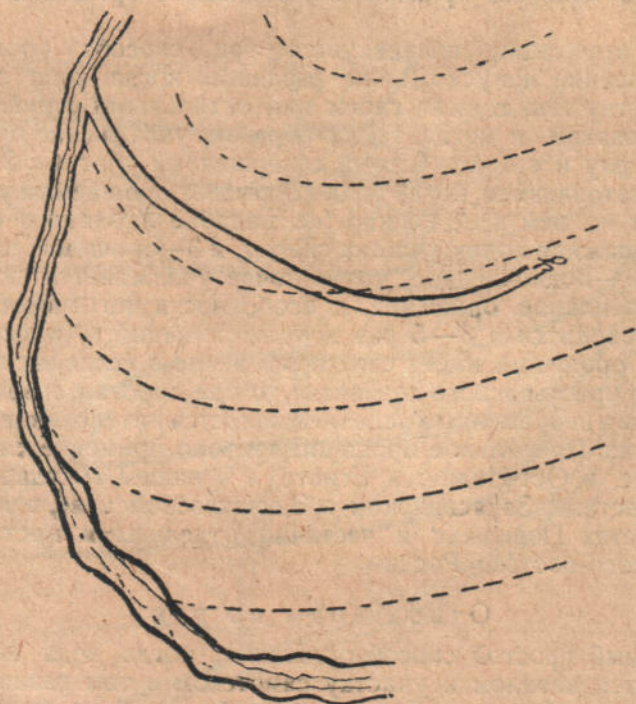
Отвод воды из рек

Самый простой способ орошения, когда вода из реки выводится каналом к участку самотеком и там разливается в известном порядке. Для этого необходимо, чтобы орошаемая площадь была расположена ниже того пункта реки, с какого выводится канал, и чтобы горизонт воды в реке был выше дна канала. Ведется канал с уклоном меньшим, чем уклон реки, тогда чем дальше, тем канал пойдет выше над рекою (фиг. 157). Чем больший уклон имеет река и чем с меньшим уклоном ведется канал, тем большую площадь можно оросить этим способом. К сожалению, большинство русских рек имеет очень слабый уклон, текут они в глубоких долинах, а колебание их уровня выражается многоверстным разливом в половодье и почти полным пересыханием в межень. При таких условиях вывести воду на местность, расположенную над речной долиною, каналом небольшой длины является делом невозможным, и поэтому у нас в России в большинстве случаев орошение совершается

посредством или механических водоподъемников, или с применением водоподъемных плотин.

Так как плотина, преграждая реку, производит подпор (см. примечание 7), то по действующим законам нельзя строить плотин на тех реках и ручьях, когда от перепруживания заливаются чужие земли или подтапливаются мельницы.

Если орошаемый участок расположен вблизи реки на возвышенном ее берегу, то для выведения на него воды



Фиг. 157.

применяются водоподъемники — чигирь, нория или архимедов винт, когда местность расположена невысоко, или насосы, если место подачи воды значительно возвышается над рекой. Наиболее подходящим водоподъемником являются центробежные насосы, приводимые в действие нефтяными двигателями*).

Поднятая вода накачивается в сборные резервуары на возвышенное место, откуда раздается по участку. Резервуары делаются или каменные на цементе, или земляные. В последнем случае стенки резервуара представляют из себя

*) См. главу VI.

насыпи с глиняным замком и таким же ядром с полукруглыми наружными и двойными (или тройными) внутренними откосами, на дно резервуара кладется слой глины в 1 метр, тщательно утрамбованной и заиленной посредством ее взмучивания.

Речные водоподъемные плотины бывают такие же, как в водохранилищах, с водоспусками и называются створчатыми; или же плотины устраиваются глухие без отверстий, и вода переливается через гребень; эти плотины называются водосливными. Встречаются также и более сложные разборчатые плотины, в которых все перепруживающие реку части снимаются во время ледохода.

Простейшими по устройству являются водосливные плотины.

Так как вода, переливаясь через гребень, производит подмыв низового откоса, то в водосливных плотинах стараются уменьшить толщину переливающегося слоя, с этой целью плотинам дают возможно большую длину. Достигается это или криволинейным направлением плотины с выпуклостью против течения, или расположением ее оси наклонно к направлению течения. Длина гребня рассчитывается по формуле Мари

$$Q = mx^{3/2},$$

откуда

$$l = \frac{Q}{mx^{3/2}},$$

где Q — расход реки, l — длина плотины, x — толщина слоя, а m — численный коэффициент, равный или 1,8 при узком гребне, или 1,6 при широком.

Для предохранения берегов от размыва плечи плотины поднимаются над ее серединой.

Главное удобство водосливных плотин заключается в том, что они не требуют за собою никакого ухода и управления водою. Недостатком этих плотин является то, что они подпирают воду как при весеннем, так и при меженном горизонтах, образуя затопление местности.

Прежде постройки плотины производятся изыскания, состоящие в съемке речной долины, нивелировке ее продольной и поперечной, затем в определении расхода реки как при самом низком горизонте, так и при самом высоком; наконец, делают подробную разведку дна.

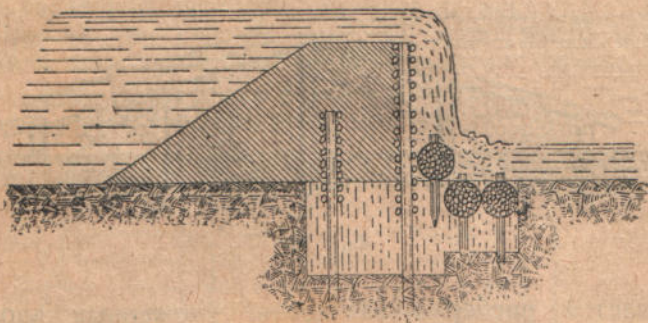
Лучшим грунтом для основания плотины является плотный глинистый или скалистый, при отсутствии в последнем трещин и щелей; грунтов же илистых, торфяников и плывунов надо избегать.

Речные плотины строятся из земли, хвороста, плетней, фашин, а также из дерева, камня, бетона и даже железа.

Чтобы перепрудить небольшой ручеек, достаточно забить несколько кольев, набросать несколько пучков хвороста, дерна или положить на ребро доску; для преграждения же большой судоходной реки надо строить крепкую, прочную плотину сложного устройства из камня, бетона или железа. Следовательно, выбор материала и сложность сооружения зависит как от величины и силы потока, так и от размеров задачи. Для небольшого сельско-хозяйственного оросительного дела в плотинах стремятся достигнуть сочетания целесообразности и дешевизны, последнее же условие находится в зависимости от того материала, который имеется под руками. Следует заметить, между прочим, что с течением времени прочность плотины увеличивается отложением наносов ила или песка, поэтому существенно важным является удержать воду перед плотиной в первые годы, когда наносов еще нет.

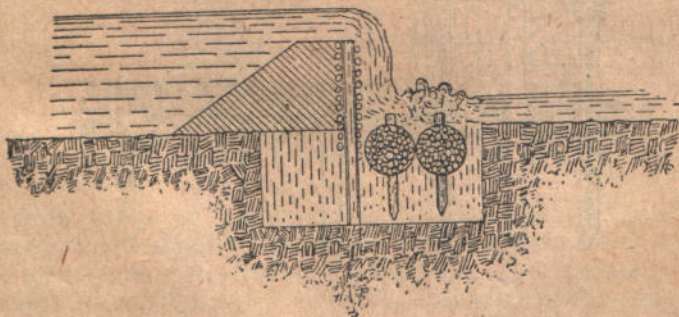
Простейшими по устройству водосливными плотинами являются плетневые, поднимающие воду до 1 метра. Прежде всего на речке или ручье впереди места будущей плотины устраивают перемычку (см. ниже) и отводят воду канавою. Затем по оси плотины, поперек русла роют котлован до материка, землю складывают под верхний откос; котлован врезывается в берега до черты будущего разлива. Далее по оси котлована вбивают ряд кольев в расстоянии 0,50 м. один от другого (колья продолжают и в берега). Чтобы колья не расщеплялись, для них железным колом пробивают дыры. Верхушки кольев должны образовывать слегка дугообразную линию, понижаясь к середине с таким расчетом, чтобы в самом глубоком месте вода не подпиралась выше, как на 1 метр. При таком другообразном профиле переливающаяся вода будет менее разрушительно действовать на берега. От этого ряда кольев к верхней стороне отмеривают 0,50 м. и параллельно первому забивают другой ряд на высоту вдвое меньшую, чем высота кольев первого ряда. Колья обоих рядов заплетаются свежим хворостом; с верхней стороны делается земляная отсыпь с полуторным откосом, а с низовой закладывается ряд фашии, удерживаемый кольями (фиг. 158). Наконец, укладывается еще ряд фашии, втопленных в русло и также удерживаемых кольями. О непроницаемости особенно не заботятся, так как щели скоро замуляются. Если бы воду надо было поднять не на 1 метр, а на 0,50 м., то можно ограничиться одним плетнем и двумя фашинами позади его, втопленными в русло. С низовой стороны можно также положить слой хвороста, комлями книзу, при чем хворост надо пропустить под плетни и прижать его притугами (фиг. 159).

Если имеется дикий камень, то простые плотинки делают из каменной наброски (фиг. 160). Забиваются 5 рядов свай в расстоянии 2 метров ряд от ряда. К сваям болтами прикрепляются схватки. Между сваями набрасывается камень,



Фиг. 158.

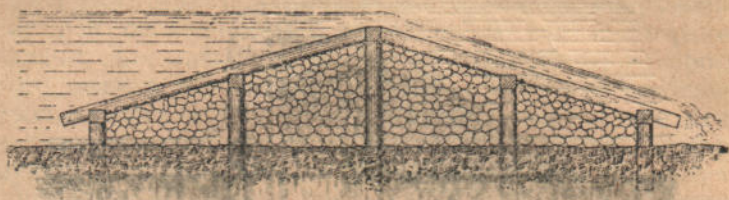
а для придания устойчивости сваям их соединяют бревенчатыми связями. Бокам дается двойной откос. Для уменьшения фильтрации наброску следует обсыпать землей, такие плотины делают высотой до 2 метров. Дощатые плотины,



Фиг. 159.

т. е. конструкции с применением одной, двух и большего числа дощатых стенок, разнообразны до бесконечности. Как один из типов хорошего устройства плотин, поднимающих воду до высоты 2 метров, можно указать на плотину, изображенную на фиг. 161. Две шпунтовые стенки забиты так, что низовая стенка возвышается над верховою. На уровне дна на низовой стенке прибалчивается парная схватка, в которую упирается подкос, верхнюю свою часть укрепленный в сваю другой, верховой стенки. Посредине между

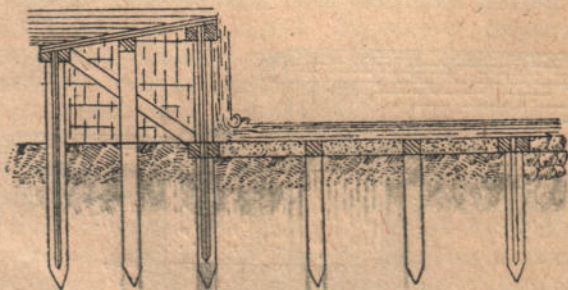
стенками забивается еще один ряд отдельных (не шпунтовых) свай, прикрытых насадкою. Пространство между стенками забито землей. На парные схватки стенок и на насадку среднего ряда настиляется пол, и таким образом получается наклон навстречу течению. С низовой стороны плотины



Фиг. 160.

устанавливается рисберма из досок, уложенных вдоль по течению и прибитых к насадкам трех свайных рядов. Пол заканчивается предохраняющей от подмыва шпунтовой стенкой.

В тех случаях, когда воду приходится поднимать высоко, когда от этого весенние разливы становятся чрезвы-



Фиг. 161.

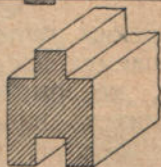
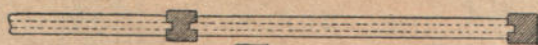
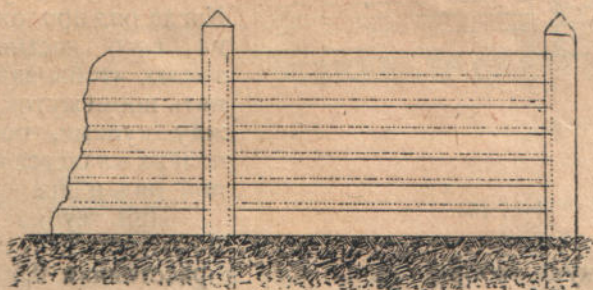
чайно большими, вместо водосливных плотин применяются створчатые — с прочными водоспусками (называемыми иначе шлюзами), закрывающимися щитами.

При длине до 6 метров и высоте в 1 метр очень удобны разборчатые шандорные плотины.

Выполняются они так. В берегах ставятся каменные на цементном растворе устои с пазом для закладки шандора. В дно через $1\frac{1}{2}$ метра забиваются сваи с пазами, в которые закладываются шандоры (фиг. 162), один на другой пазом на гребень.

Шандоры вытесываются из толстых бревен, в торцах которых также нарубываются шипы, которыми шандоры скользят в пазах устоев. Складываясь на высоту 1 метра, шандоры образуют непроницаемую стенку. За лето перед стенкою отложатся наносы, которые проносятся осенью, когда стенка снимается после окончания орошения. Весною, после спада вод, шандоры ставятся на место.

Прежде, чем строить плотину, надо место постройки оградить от воды. С этой целью впереди плотины роется



поперечное сечение шандора

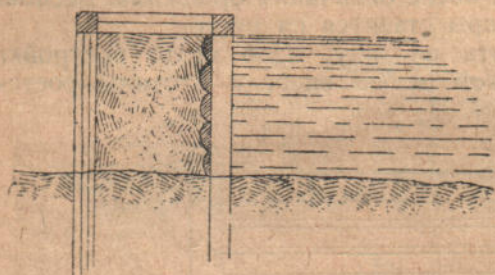
Фиг. 162.

отводной канал, а непосредственно за ним поперек русла ставится временное сооружение — перемычка.

Простейшая перемычка, земляная, представляет собою обыкновенную насыпь, которая должна иметь на уровне воды толщину, равную глубине, а подошву в 2—3 глубины. Главный ее недостаток в том, что она занимает много места, стесняет живое сечение и, оставаясь навсегда в воде, засоряет ее. Лучше (если глубина не больше 1 м.) ставить дощатую перемычку. Для этого поперек русла забивается ряд свай через 2 метра одна от другой, верхушки свай прикрываются насадками. Затем с верховой стороны устраивается дощатая заборка, а чтобы нижняя доска вошла в грунт, кромку ее заостряют. Чтобы доски держались стенкою, перед сваями забивают колья так, чтобы зазор между свайей и колом равнялся толщине доски. Дальше

к переборке присыпается земля и сначала — в воде уминается ногами, а потом сверх воды трамбуется.

Можно сделать перемычку из кулей, для чего рогожные кули наполняются до $\frac{2}{3}$ их объема землей и крепко



Фиг. 163.

завязываются. Потом их опускают в воду и раскладывают по дну в ряд как можно плотнее, куль к кулю. Когда ряд проложен, на него насыпают землю, чтобы заполнить промежуток между кулями, потом поверх кладется второй ряд и пр.

При глубине до $1\frac{1}{2}$ метра делают или двухрядную заборку (фиг. 163) в расстоянии 0,50 м. одна от другой и между заборками набивают глину, или перемычки ставят шпунтовые.

Главный ирригационный канал

Из источника орошения (реки, ручья, колодца или пруда) вода доставляется на орошаемую площадь главным ирригационным каналом, который должен командовать над местностью, т. е. занимать наивысшее положение на площади.

Вода течет с заметною скоростью уже при уклоне в 0,0001; поэтому для водопроводных каналов, которые трассируются так, чтобы они обслужили возможно большую площадь, желательно выбрать более спокойный уклон, тем еще более, что каналы нередко несут большие массы воды, и таким образом возможны размывы дна и берега. По большей части уклон назначается от 0,0002 до 0,0004 при скорости от 0,50 до 1 метра в спокойном глинистом грунте.

Поперечный профиль канала выполняется по уширенному типу, и ширина по дну относится к глубине, как 3:1 и даже как 7:1; в последнем случае если глубина 0,50 метра, то ширина по дну 3,50 метра.

В существующих в России оросительных системах главные каналы иногда строятся очень больших размеров — до 15 метров шириною и до 3 метров глубиною (фиг. 164).

Откосы задаются, в соответствии с характером грунта, или одинарные или полуторные.

При выборе размеров поперечного сечения канала руководствуются основной формулой $Q = Fv$, но так как канал

на своем пути выделяет воду в боковые каналы по оросительной площади, то элементы канала должны соответственно уменьшаться. Достигается это тройким способом:

1. Уменьшают живое сечение и сохраняют ту же скорость, а так как скорость связана с живым сечением и уклоном ($v = c\sqrt{ri}$), то, чтобы не изменилась скорость, надо увеличить уклон. Итак, по этому способу уменьшается живое сечение и увеличивается падение канала.



Фиг. 164.

2. Уменьшают скорость, не изменяя живого сечения, а это достигается уменьшением уклона.

3. Сохраняя неизменным уклон, уменьшают живое сечение (отчего уменьшается и скорость).

Первый способ применяется, когда вода несет много наносов и когда грунт прочный, второй и третий способы применяются, когда вода чиста, но грунт слабый, не допускающий большой скорости.

Изыскания для составления проекта орошения начинаются с того, что местность снимается на план. Затем назначается магистраль и тщательно нивелируется двойным ходом. От магистрали на пикетах проводятся поперечники и тоже нивелируются. Чем гуще нивелировочная сеть, тем точнее определится рельеф местности. Точность нивелировки магистрали должна быть $0,004\sqrt{l}$, где l число километров.

План, выраженный в горизонталях (через 1 метр), даст возможность наметить направление канала и положение его головной части у реки. Участок реки в этом месте снимается в крупном масштабе. Нивелировка реки производится двойным ходом на $1\frac{1}{2}$ —2 километра вверх и вниз по течению; далее берутся поперечники русла и поймы через 100 метров. Определяется живое сечение с отметками наивысшего, наименьшего горизонта и горизонт ледохода, по гидрометрическим наблюдениям на постах (см. примечание 8).

Попутно зондировкой и бурением определяется геологическое строение грунта, а также залегание грунтовых вод, как на местности, так и в берегах и в дне реки. Скважины занивелировываются.

В местах, где определяются живые сечения, производят измерение скорости вертушками или поплавками и по найденной скорости на поверхности находят среднюю скорость по формуле Вейсбаха (см. примечание 3).

$$v = 0,85n.$$

Эту найденную скорость сравнивают с формулой Шези (см. примечание 3)

$$v = c\sqrt{Ri},$$

взяв для n или 0,025 или 0,030 в зависимости от степени чистоты русла реки, i — уклон поверхности воды в реке.

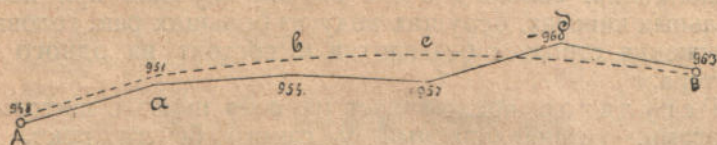
При нивелировке горизонта воды занивелировывается кол, забитый до уреза воды вечером, и повторяется его определение утром.

Канал закладывается у вогнутого берега, где главная струя подходит к берегу и где берега не высоки. Первоначальное направление канала должно быть перпендикулярно к течению реки и тогда сечение канала будет параллельно течению. Дальше канал ведется возможно прямолинейно и плавными закруглениями (радиусом от 100 до 400 метров), постепенно подходя к самым возвышенным точкам, избегая по возможности глубоких выемок, высоких насыпей, акведуков и др. искусственных сооружений, т. е. насколько возможно придерживаясь натуральных отметок.

Проведение ирригационного канала возможно без укреплений только при наличии подходящего водоупорного грунта, там же, где будет обнаружен прослой или участок с слабым водопроницаемым грунтом, надо втрамбовать глину с 15% песка под дно или откосы, или выполнить их из бетона. Слой бетона накладывается в 0,5 м: и такая бетонная крышка выдерживает морозы до 20°. При таком укреплении увеличивается пропускная способность канала, потому что в бетоне можно дать скорость в 1,5 м. и следовательно уменьшить живое сечение. Этим путем достигается

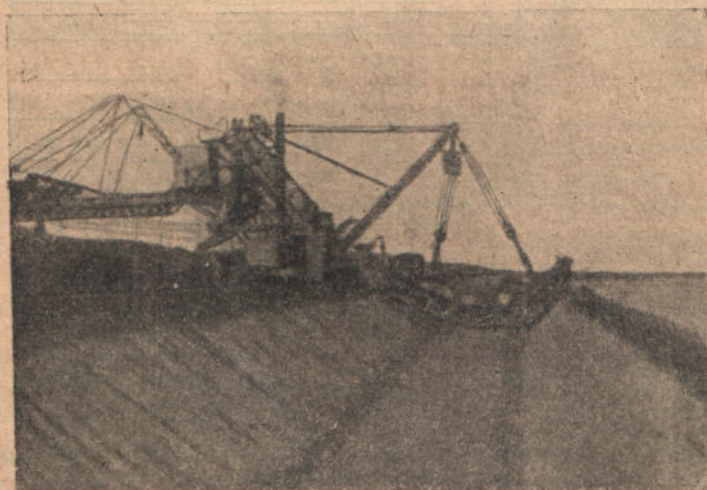
экономия в земляных работах тем большая, чем длиннее и шире канал.

Трассировка канала делается так. Когда направление его обозначено на гипсометрическом плане, на местности



Фиг. 165.

его обозначают вехами, а затем отыскивают точки с заданным уклоном с помощью нивелира и цепи. Так, напр., если проектируемый уклон $0,0003$, то, укрепив один конец цепи у первой вехи *A* (фиг. 165) и натянув ее, передвигают



Фиг. 166.

передний ее конец до тех пор, пока не будет найдена точка ниже передней на $0,003$. Если на рейке *A* читается показание 948, то в *a* должно быть 951, в *b*—954 и т. д.

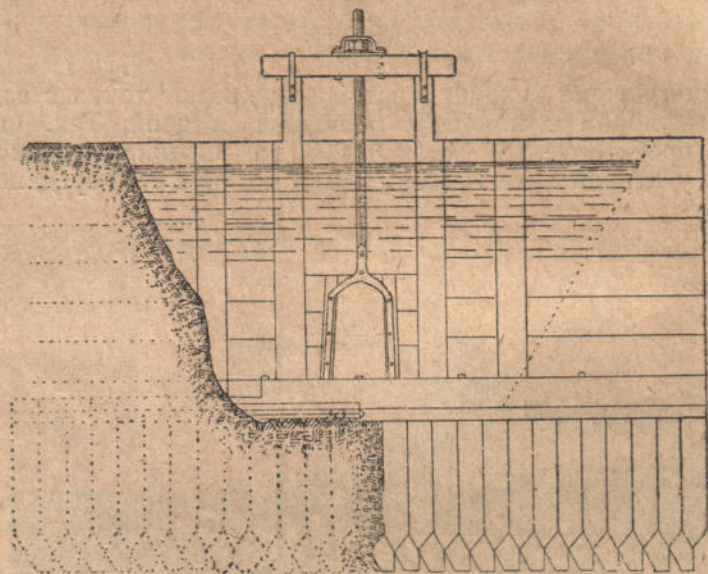
Дойдя до вехи *B*, ломанную линию *AabcdB* выравнивают в плавную дугу или в прямую. Наметив трассу колышками, нивелируют ее в два нивелира; затем составляют профиль, проектируют на нем канал, потом разбивают его дно и откосы и приступают к рытью.

При крупных работах, где выемка определяется десятками тысяч кубических метров, с успехом применяется

землечерпание (фиг. 166). Производительность больших машин доходит до 120 куб. метров в час.

Головное сооружение состоит из водоподъемной плотины и шлюза или регулятора, устраиваемого для впуска воды в канал, кроме того регулятор защищает канал от переполнения. Только в очень редких случаях, при незначительных каналах, берущих воду из больших рек, головные сооружения строятся без плотин и состоят из одного регулятора.

Регулятор представляет из себя шлюз с щитовыми затворами, устанавливаемый у самого берега реки, па-

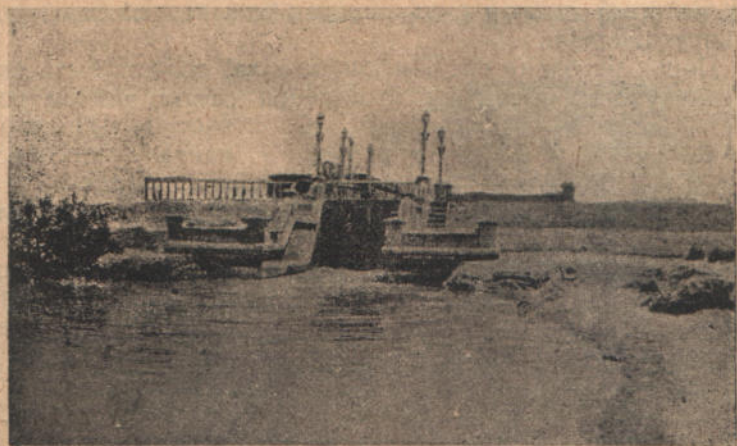


Фиг. 167.

раллельно ее течению. Шлюзы делают или деревянные (фиг. 167) или каменно-бетонные (фиг. 168), и устройство их очень сходно с конструкцией водоспусков.

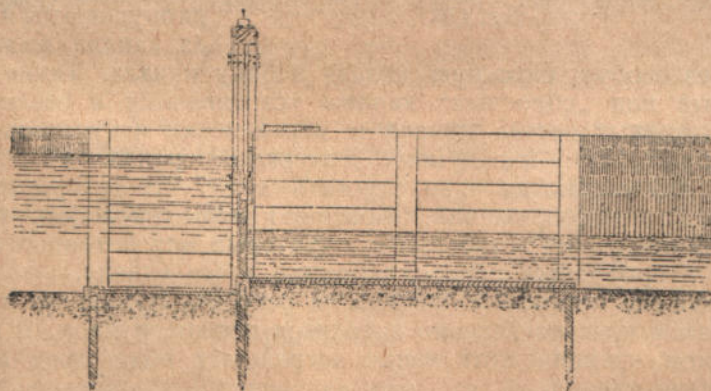
Перед входом в деревянный регулятор устраивается длинный понурный пол с шпунтовой стенкою в начале (фиг. 167). У входа в канал забивается второй шпунт, перекрываемый красным брусом, на котором устанавливаются щитовые стойки. Справа и влево от отверстия пробиваются шпунтовые открьлки (фиг. 167). Деревянный щит открывает воду внизу у порога (см. фиг. 166—167), а выше щита пролет между стойками также закрыт досками в закрой. Далее, за порогом, на длину не менее 2—3 м., в канале продолжается горизонтальный сливной пол, также заканчивающийся шпунтом и короткими открьлками (фиг. 169).

Подъем щитов в регуляторе производится или воротом с цепями или механизмом, изображенным на фиг. 170; он состоит из винта, пропущенного сквозь гайку, которая сверху



Фиг. 168.

удерживается скобой; поворачивая ключем гайку, сообщаем движение в ту или другую сторону винту, а с ним вместе и щиту. В головной части канала до и после шлюза дно



Фиг. 169.

и откосы следует укрепить мощением или бетоном. Бетон берется в составе 1:4:8 и накладывается слоем в 0,08 м.

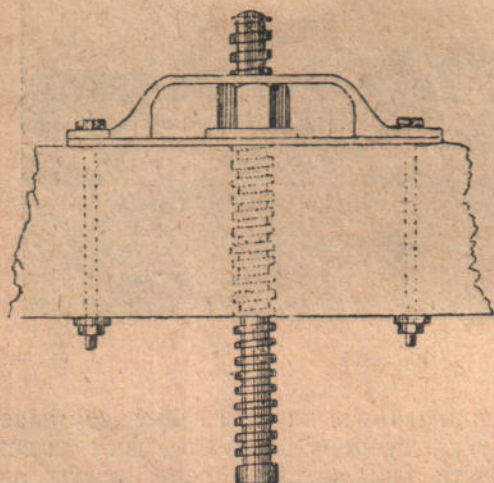
Поверхность бетона не затирается, а после утрамбовки поливается жидким раствором состава: 1 цемента 3 песка для получения прочной наружной корки. Крылья или плечи выполняются воронкою для постепенного сжатия струи.

Отверстие шлюза рассчитывается по формуле

$$Q=0,62bh\sqrt{2gh},$$

взяв для h —глубину канала, а под Q —разумея полный расход, который должен быть передан каналом на всю оросительную площадь.

Порог шлюза (а след. и дно канала) должен быть заложен на уровне дна реки, чтобы при самом низком горизонте воды питание в канале было обеспечено.



Фиг. 170.

Шлюз в голове канала, кроме главного назначения—регулировать поступление ирригационной воды, нужен еще для того случая, когда канал надо опорожнить для необходимых в нем исправлений, а также для выпуска из канала воды, когда ирригация окончена. В этом случае щиты головного регулятора опускаются и вода из канала вытекает

через особую спускную канаву в боку канала. Такие спускные или „сбросные“ канавы устраиваются в различных пониженных местах канала и перед всеми искусственными сооружениями—акведуками, дюкерами, перепадами и пр., на тот случай, когда надо спустить воду, чтобы произвести ремонт этих сооружений. Сбросные каналы снабжаются прочными щитовыми затворами в шпунтовых или бетонных стенках и проводятся перпендикулярно к оси канала.

После постройки плотины на реке образующийся таким образом плес постепенно заносится песком и илом, и с течением времени этот нанос заграждает воде вход в отверстие канала.

Одною из мер устранения этого чрезвычайного недостатка в пользовании текучими водами является устройство не глухих водосливных, а створчатых плотин с водоспусками. Сильное течение, образующееся, когда водоспуск открыт, пронесется или мимо канала, при этом, конечно, порог регулятора должен быть выше порога водоспуска.

В больших оросительных системах головное сооружение представляет собою очень сложное инженерное сооружение

с каменными и железобетонными плотинами и такими же регуляторами. На фотографии 171 представлена Ассуанская плотина на р. Ниле, а на фотогр. 172 регулятор глазного канала в Голодной степи (в Туркестане), имеющий конструкцию моста с 15 пролетами шириною по 2 метра.



Фиг. 171.

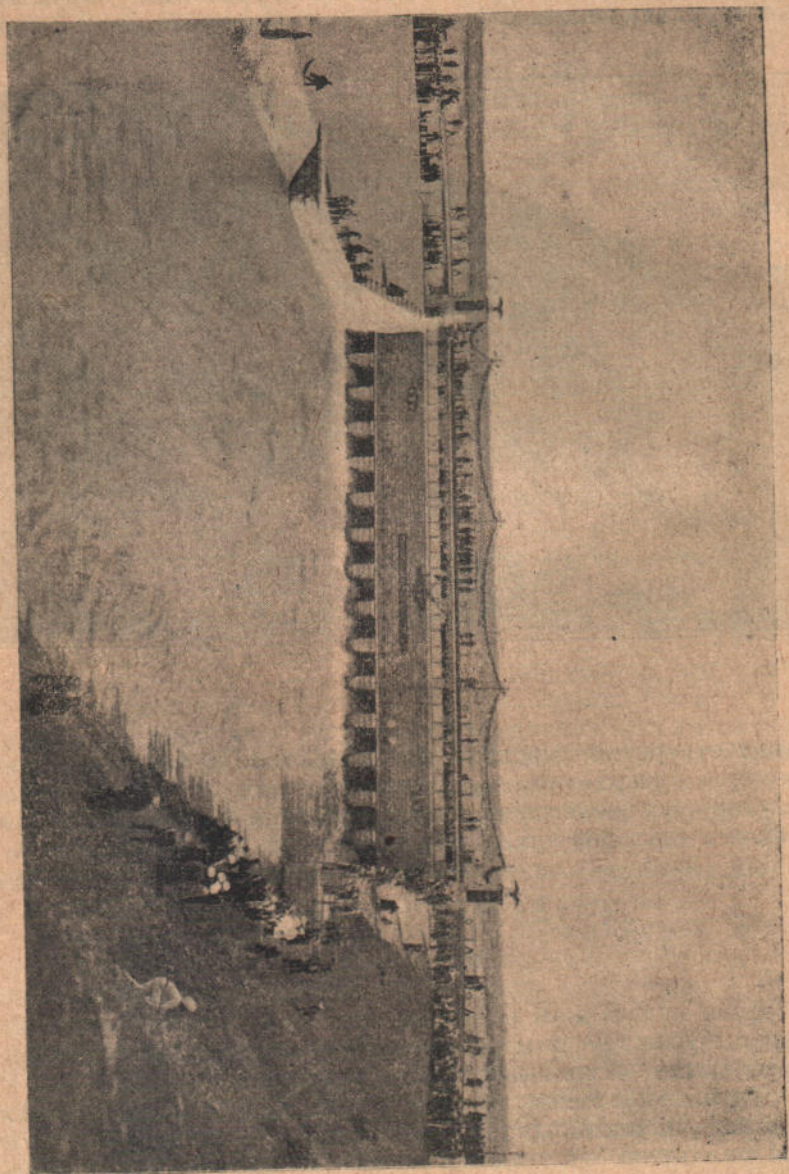
Выше отверстий выведено бетонное тело шлюза, которое является преграждением для высоких вод реки. Впуск воды регулируется железными щитами плоскими или сферическими в форме секторов также очень сложной конструкции.

Трубчатые водоспуски

(Водоемы)

Если источником орошения является пруд, то вода из него выпускается в ирригационный канал сквозь плотину деревянными, бетонными или чугунными трубами.

Трубы укладываются на материке или на ростверке, но не в насыпи плотины, так как тогда труба может изменить свое положение от осадки насыпи. Закладывать трубу надо возможно ниже, но однако же не на дне пруда, чтобы ниже трубы оставался слой „мертвой воды“, которая предохраняет ложе пруда от трещин при высыхании и замерзании.



Фиг. 172.

Расход Q воды через трубы определяется по живому ее сечению F и скорости v , т. е.

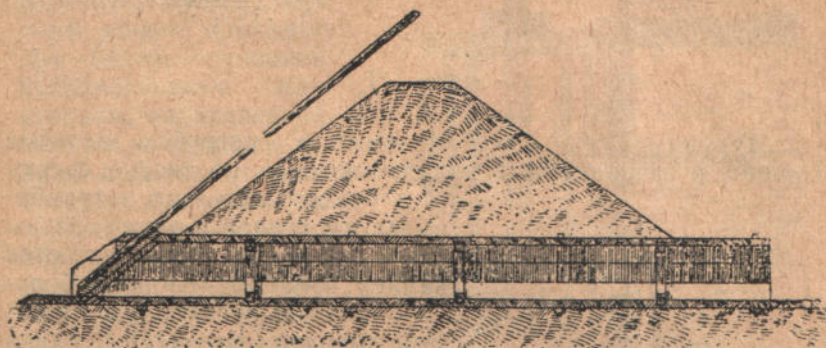
$$Q = Fv$$

или

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} v,$$

при чем величина Q связана определенными величинами скорости v и диаметра d . Так, скорость не должна быть более 1 метра, а диаметр для чугунных труб не берется больше 0,30 м., а для цементно-бетонных 0,40—0,60 и 1 метр.

Деревянные трубы, вследствие их непрочности, применяются только в тех случаях, когда напор (глубина воды)

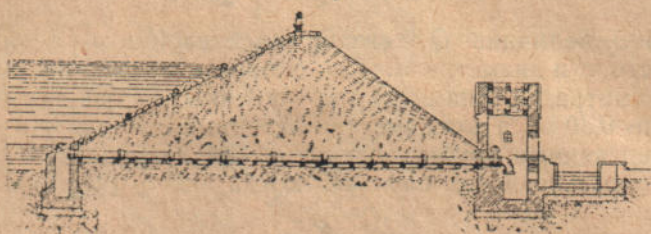


Фиг. 173.

в пруде не больше 1 метра. Головная часть деревянной трубы (в пруде) скашивается наклонно и обделывается в раму с выбранными в ней четвертями, куда накладывается наклонный щит (фиг. 173), укрепленный на деревянной раме своею осью. При нажатии на рукоятку щита получается свободный ход воды из пруда и, наоборот, при отпущенной рукоятке вода нажимает на щит и закрывает отверстие. Неудобство такого затвора—порча его от льда. У входа в трубу пробивается шпунтовая стенка (непоказанная на чертеже) с открылками, длиною в каждую сторону на величину напора.

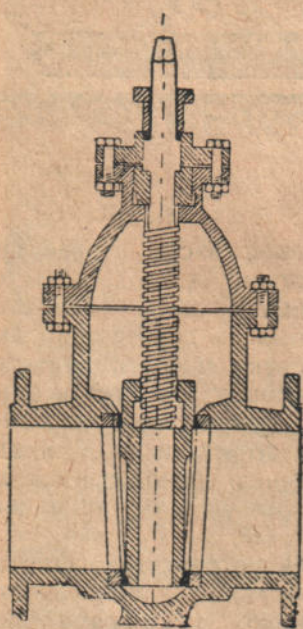
Железо-бетонные трубы по типу устройства инж. Ермалова делаются следующим образом: листы кровельного железа продыравливаются пробойником (размерами дыр в 0,04 м. и в расстояниях между ними по 1 метру), затемгибаются соответственно диаметру трубы, края соединяются фальцем и на поверхность полученной трубы как внутри, так и снаружи делается наброска из цементного раствора 1:3. Поверхность потом затирается. Общая толщина стенок трубы получается в 0,06 м. Отдельные кольца трубы устанавливаются

на местах в притык и швы заливаются цементным раствором. Входная и выходная части трубы обделываются каменной кладкой. Затвор в виде железного листа на стержне ходит по прорезу, плотно прижимаясь давлением воды.



Фиг. 174.

Чугунные трубы, соединенные в раструбах, залитые свинцом и зачеканенные, укладываются на ростверке, сверху и с боков тщательно затрамбовываются глиной, а около головы откос плотины вымощиваются камнем; самая же голова по большей части выпускается в каменный колодец (фиг. 174). Верхняя часть колодца выполняется наклонно и снабжена чугунною заслонкою которая соединена цепью с воротом, находящимся на плотине. Задний выходной конец трубы имеет затвор Пита (фиг. 175).

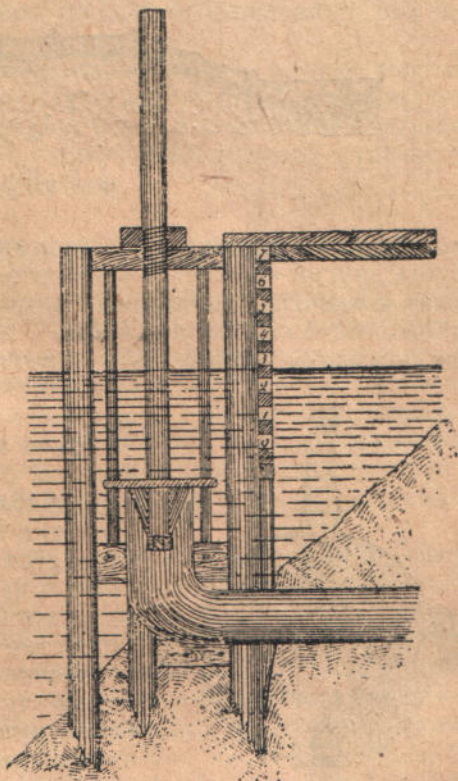


Фиг. 175.

Более простое устройство состоит в том, что головной конец трубы загибается кверху, и тогда затвор устраивается следующим образом (176). Верхний край трубы протачивается до совершенно плоского среза и на него накладывается также совершенно плоская, проточенная снизу, чугунная крышка. Для большей герметичности под крышкой по борту трубы прокладывается свинцовое кольцо. Снизу к крышке

прикреплен входящий внутрь трубы деревянный опрокинутый конус. Сквозь этот конус и чугунную крышку проходит вертикальная штанга из круглого железа, в нижней части конуса закрепленная гайкой. Верхний конец штанги

имеет винтовую нарезку с гайкой, вращая которую в ту или другую сторону обыкновенным гаечным ключом, закрывают или открывают трубу, при чем конус способствует более плавному входу воды. Штанга помещается посредине, между четырьмя сваями, и проходит через подушку, врубленную в насадки на сваях. Вертикально загнутое колено трубы зажимается в поперечины, скрепленные с сваями. Через эти поперечины и через верхний хомут проходят два болта, служащие направляющими для крышки; на последней имеется на концах приливы с дырами, сквозь которые пропускаются направляющие, и таким образом крышка всегда находится центрально над трубой. От гребня плотины к штанге затвора устраиваются подмости. Какого бы устройства ни был затвор, всегда вода из трубы вырывается с большой силой, и если выходной конец трубы направить непосредственно в земляной канал, то здесь образовалась бы вымоина, а затем начал бы подрываться наружный откос плотины. В предупреждение этого у конца трубы помещают водобойный колодец.



Фиг. 176.

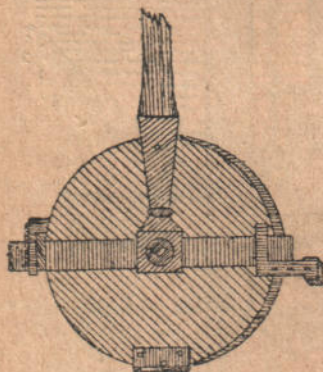
При укладке труб требуется самая педантичная аккуратность, потому что, как бы тщательно ни была уложена труба, она все же нарушает однородность, а, следовательно, и устойчивость плотины. При малейшей небрежности вода может просочиться и сделать ход около стенок трубы. Кроме того, труба может дать трещину, если на зиму в ней останется неспущенная или просочившаяся через затвор вода. Эти недостатки трубчатых водоспусков, в том случае, когда расход воды невелик, устраняются применением сифона.

Состоит он из железной трубы, колена которой соединяются фланцами, образуя между собой тупые углы (фиг. 177). Между фланцами прокладываются резиновые или кожаные кольца, покрытые суриком. Концы сифона закрываются герметическими крышками следующего устройства. Берется



Фиг. 177.

два железных кружка, один диаметра большего, чем диаметр трубы, другой—диаметра меньшего. Между этими кружками зажат кожаный, пропитанный жиром кружок диаметра одинакового с большим кружком. В центре этих трех сболченных кружков, образующих крышку сифона, укрепляется



Фиг. 178.

рукоятка со скобкою (фиг. 178), при чем рукоятка может поворачиваться на оси в центре кружков. Крышка соединена с трубою в нижней части посредством шарнира. По обеим сторонам отверстия трубы находятся прикрепленные к ней крючья, на которые ложится скобка, когда труба заперта. Чтобы открыть отверстие сифона, сначала рукоятку поворачивают вокруг оси вправо, отчего скобка сойдет с крючьев, затем рукоятку толкают от себя, отчего крышка на шарнире откроется; при закрывании поступают обратно: притягивают рукоятку к себе и поворачивают ее влево. В верх-

нем горизонтальном колене сифона проделываются два отверстия, одно диаметром 0,05 м., а другое—значительно уже; это второе отверстие—воздушник. Первое отверстие имеет трубку с винтовую нарезкою. Чтобы пустить сифон в работу, закрывают крышки обоих концов трубы, к большой трубке наверху привинчивают рукав, напр., пожарного насоса и накачивают воду до тех пор, пока она не брызнет из воздушника. Тогда отвинчивают рукав и на место его вставляют воронку, в которую льют воду, а затем это отверстие и воздушник быстро забивают деревянными пробками с намотанными на них тряпками.

После этого сначала открывают верхнюю прудовую крышку, а потом уже нижнюю, и сифон начинает работу.

Для остановки его достаточно открыть воздушник и нагнетательную трубку.

Для успешного действия сифона необходимо: 1) полная герметичность крышек и всей его поверхности, чтобы в сифоне нигде не мог пройти воздух; 2) чтобы уровень воды в пруде был не меньше, как на 0,20 м. выше места выхода наружного конца трубы.

Преимущество сифона перед чугунною трубою заключается в том, что плотина остается совершенно нетронутою, сифон может быть перенесен с одного места на другое, и, наконец, стоимость его несравненно дешевле стоимости чугунной трубы с ее установкою.

Орошение разливом или напуском

В правильном орошении необходимо различать два вида: 1) орошение разливом или напуском, когда доставляемая главным каналом вода системою второстепенных каналов равномерно распределяется по площади участка и не стоит на нем, а течет по наклону, постепенно просачиваясь в почву, и 2) орошение затоплением, когда приведенная каналом вода разливается по участку и остается на нем неподвижно, впитываясь в почву, подобно тому, как это имеет место в лиманном орошении.

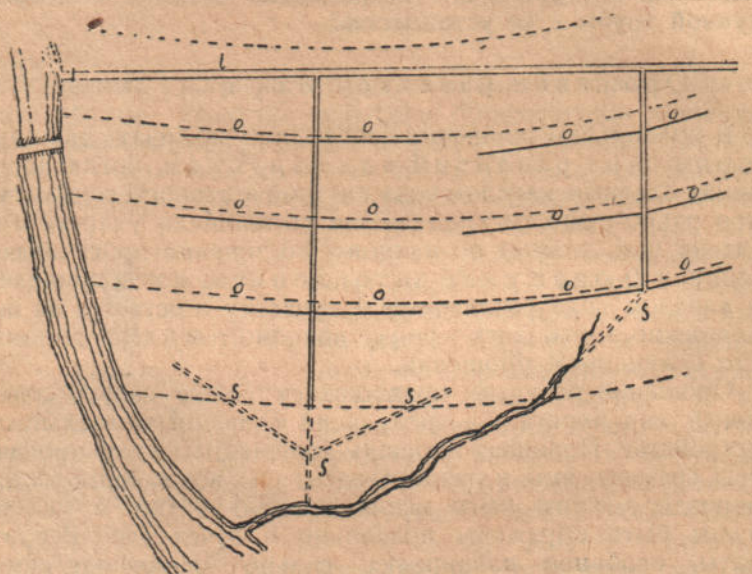
Орошение разливом представляет собою самый совершенный вид ирригации, требующий большой тщательности в устройстве. Поливная площадь должна быть спланирована, бугры срезаны, ямы и впадины засыпаны, все каналы, валики и борозды должны быть исполнены аккуратно, а уклоны должны быть выражены правильно и отчетливо. Все эти работы, особенно планировка, сильно удорожают сумму первоначальных затрат.

Орошение разливом применяется при больших (до 0,02) уклонах и осуществляется посредством постоянной оросительной сети.

Из главного ирригационного канала вода поступает в каналы второго порядка, так называемые распределительные или просто в распределители (фиг. 179), а из них— в каналы третьего порядка—оросительные или оросители. Отсюда вода поступает или в борозды, проведенные по полю, или переливается через край и разливается слоем по поверхности участка. Излишняя вода, сбегаящая с участка и не впитавшаяся в землю, собирается в особые сточные каналы и по ним направляется в сторону—в реку, овраг и вообще в низины.

Вся совокупность системы каналов своею схемою напоминает рыбий скелет; разница заключается только в том, что кости рыбьего скелета постепенно (от головы к хвосту)

становятся меньше и тоньше, а в оросительной сети сплошь и рядом третьестепенные каналы имеют протяжение во много раз большее, чем второстепенные. Главный водопроводный канал занимает наивысшее положение на орошаемом участке; распределители отходят от канала перпендикулярно к нему и направляются по скатам, а оросители располагаются по горизонталям участка. Задача оросительной сети заключается в том, чтобы, взяв воду от источника орошения (из реки, из пруда или из колодца), в известное время и в заданном количестве передать



Фиг. 179.

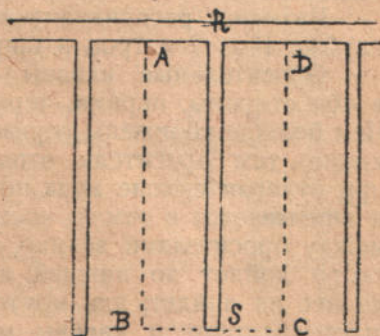
ее на орошаемую площадь, равномерно распределить ее там и этим создать нужную равномерную влажность почвы, сообразуясь с видом поливаемых растений.

Главный канал, отдавая на своем пути каждому распределителю часть несомой им воды, постепенно уменьшается в размерах и в конце концов превращается в маленькую сточную канавку, по которой стекает лишняя, неупотребленная для орошения вода. Точно так же постепенно, после выходов оросителей, уменьшаются размеры и распределительных каналов. Что же касается оросителей, то и они в своей хвостовой части сходят „на-нет“.

Очень нередко постоянная сеть состоит только из главного канала и распределителей, а оросительные каналы составляют только уже временную сеть, т. е. запахиваются,

а потом восстанавливаются. Делается это в тех случаях, когда обрабатывают почву тяжелыми плугами и когда оросители затрудняют работу, заставляя поворачиваться в тесных местах.

Все каналы должны быть такого размера и должны быть так расположены, чтобы не было бесполезной траты воды, чтобы она в нужном количестве равномерно распределялась по орошаемому участку. Площадки между каналами также должны иметь поверхность ровную с надлежащим уклоном, чтобы вода повсюду разливалась равномерно и стекала медленно. Расчет размеров канав находится в зависимости от расхода каждой из них. Следует заметить, что из всех канав сети рассчитываются только распределители, при чем размеры их можно определить, руководствуясь следующей схемой. Пусть площадь $ABCD$ (фиг. 180)



Фиг. 180.

участка приходится на один распределитель число гектаров этой площади пусть $= P$, затем пусть на каждый гектар требуется M кубич. метр. воды и пусть полив воды производится в течение суток, по m часов в каждые сутки. Таким образом, секундный расход распределителя выразится так

$$Q = \frac{M \cdot P}{n \cdot m \cdot 60 \times 60} \text{ куб. метр.}$$

Задавшись затем скоростью v и взяв соответствующий уклон i , определяют по формуле

$$v = c \sqrt{Ri}$$

величину подводного радиуса R , а по формуле расхода

$$Q = Fv$$

находят все размеры канавы. При чем, однако, эти размеры распределителя будут верны только до первого, отходящего от него оросителя, затем размеры сечения распределителя должны соответственно уменьшаться по мере раздачи воды в оросители. Что касается уклона, то, кроме опасности размыва, большие уклоны нежелательны и потому, что при них не так равномерно и плавно распределяется вода; не следует переходить за 0,002; если же скат местности больше этой цифры, то распределитель ведется или с перепадами

или же наискось ската. В зависимости от характера местности, распределители размещаются один от другого на расстоянии в 50, 100, 1000 и более метр.,—чем место ровнее, тем, при прочих равных условиях, дальше. Таким образом, размеры площадей, орошаемых одним распределителем, колеблются в очень широких пределах: 200—500 и более гектаров.

Размеры распределителей определяются расчетом, но глубже $1\frac{1}{2}$ —2 метров и шире 1 метра их не делают.

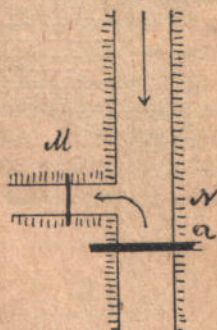
Оросительные каналы отводятся от распределителей в обе стороны, парами, через 20—100 метр. пара от пары. Чем больше сближены горизонтали, чем, следовательно, скат круче, тем оросители отодвигаются дальше, потому что при отлогом склоне вода по поверхности движется медленно и впитывается в землю постепенно, так что если расстояние между оросителями велико, то вода от верхней канавы не скоро дойдет до нижней, а при пористом грунте и совсем до нее не дойдет; при крутом же склоне движение совершеннее скорее и каналы могут быть дальше отодвинуты одна от другой. Число оросителей на заданной площади и размеры их определяются по расчету, чтобы каждый из них пропускал 30—40 секундolitров, тогда, принимая секунднй ток оросительной воды в $\frac{2}{3}$ метра (см. стр. 196), получим площадь, приходящуюся на один ороситель, или 45 (при $Q=30$ литр.) или 60 гектар. (при $Q=40$ литр.); и в среднем на площадь одного распределителя в 100, например, гектаров надо два оросителя. Размеры сечения оросителей выбираются так: при $Q=0,003$ глубина канавы около 0,30 м. и ширина по дну 0,20, при двойных откосах. Уклон дается почти равным нулю и не должен превышать 0,0005. Что же касается длины оросительных канав, то она зависит от расстояния между распределителями, с расчетом, чтобы вода без затруднений прошла до конца оросителя (см. фиг. 179).

Из оросителей вода поступает непосредственно в нижележащую площадку, или переливаясь через край канавы, или через делаемые в ней прорезы (см. ниже), поэтому необходимо, чтобы уровень воды в канаве был всегда выше орошаемой площади, т. е. чтобы в канаве не было слоя „мертвой воды“. В тех же целях, распределители ведутся в насыпях и сообщаются с оросителями заставками; одна устанавливается в голове оросителя *M* (фиг. 181), а другая в соответствующем месте распределителя. При закрытой заставке *N* и при открытой—*M* вода пойдет в ороситель, и обратно, при открытой—*N* и закрытой—*M* вода идет по распределителю. Простейшими заставками являются—ком земли, кусок дерна, лопата, воткнутая в землю поперек течения, и проч. Лучшие—переносные дощатые щиты,

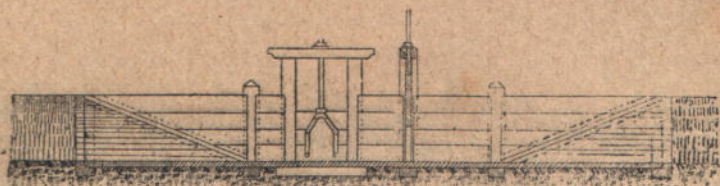
а в большой постоянной сети устраиваются и постоянные щитовые затворы.

На устройство затворов должно быть обращено серьезное внимание. Если закрытый щит пропускает сквозь себя воду в канаву, то кроме непроизводительной траты ирригационной воды, эта вода, наполнив ороситель, станет выливаться из него на нижерасположенную площадь и может произвести ее перемачивание (и засоление).

В больших и хорошо оборудованных сетях те места главного канала, от которых отходят распределители, выполняются весьма тщательно. Так, земляной трапециевидный канал постепенно на расстоянии одной сажени в обе стороны посредством деревянной заборки переходит в прямоугольный досчатый желоб с деревянным же полом (фиг. 182а и б). Такой же желоб с полом делается и в распределителе. Щиты движутся в пазах стоек, поднимаясь на винтовом стержне, и устанавливаются они не непосредственно у отверстия, а, в предупреждении удара струи, в расстоянии от него около 0,50 м. На фотографии 183



Фиг. 181.



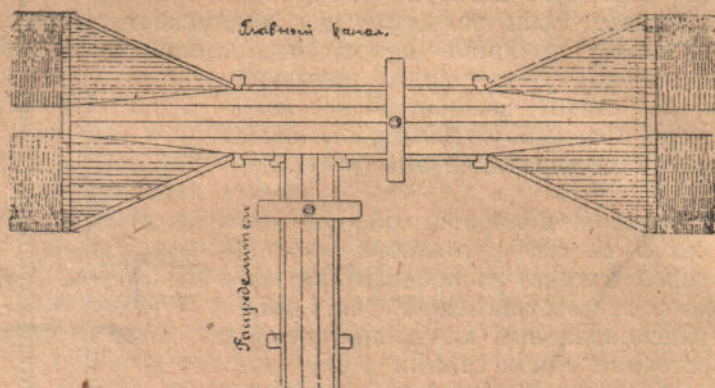
Фиг. 182а.

изображено устройство шлюзов на главном канале и распределителе с железными щитами в бетонных креплениях.

Что касается отводных—сточных канав, то они проводятся обыкновенно без расчетов. Им задается возможно больший уклон, и располагаются они в нижних частях поливных площадок. Надобность в сточной сети особенно велика в тяжелых и солончаковых почвах.

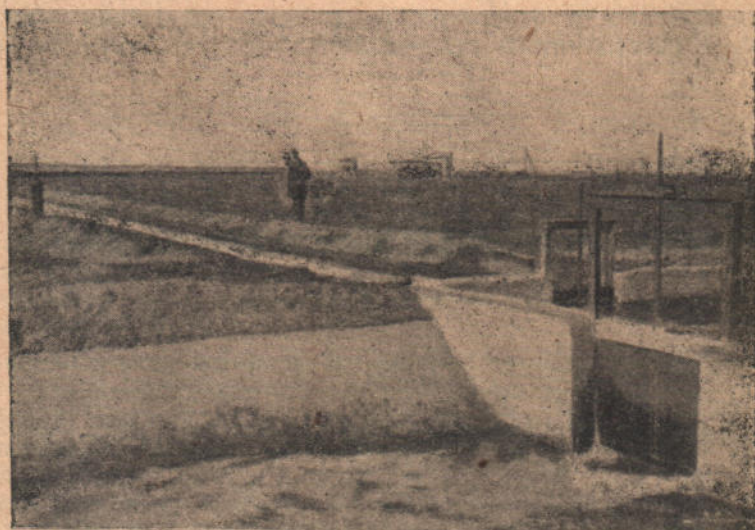
Проектируя оросительную сеть, надо разместить и согласовать между собою все ее отдельные части, чтобы получалась полная возможность управлять водою на каждой точке поливного участка. Так, например, надо, чтобы вода из главного канала попадала прежде всего в 1-й распределитель, из него сначала в 1-й ороситель, затем во 2-й и т. д. После этого вода должна поступать во 2-й распределитель,

из него снова в 1-й ороситель, затем во 2-й и т. д. На пологих местах вода должна идти скорее, на скатистых тише; равно



Фиг. 182b.

как в местах, где поливка заканчивается, вода должна идти тише, чтобы избежать бесполезной потери в овраги и низины.

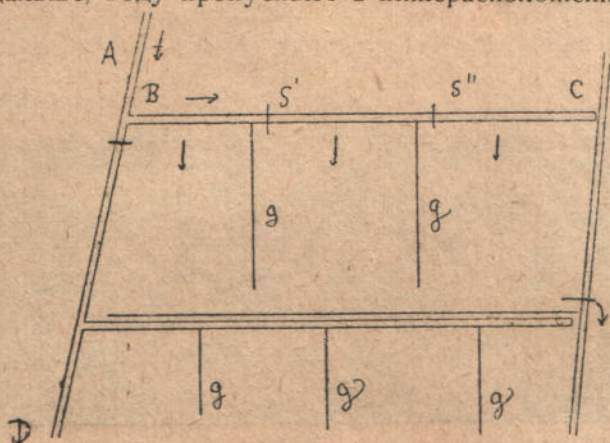


Фиг. 183.

В этом заключается главное искусство поливки, которым должен руководиться строитель ирригационной сети.

Самое орошение производится двояким способом: 1) когда вода пускается по участку сплошным тонким и равно-

мерным слоем и 2) когда вода протекает отдельными струями по бороздкам. В первом случае вода из главного канала поступает в распределитель AD (фиг. 184), и, задержанная здесь затвором S , направляется по оросителю BC , который в точке S' перегораживается щитом. Из оросителя вода выпускается на участок или через прорезы, делаемые лопатой, или прямо переливается через край канавы. Чтобы вода разливалась равномерно от оросителя, вдоль по скату делают валики g через 5—10 м. один от другого. Когда часть площади, ограниченной валиком, полита, тогда щит переносят на следующую точку S' , и так постепенно поливают весь участок, обслуживаемый оросителем BC ; после чего затвор S переносят дальше, воду пропускают в нижерасположенный оро-



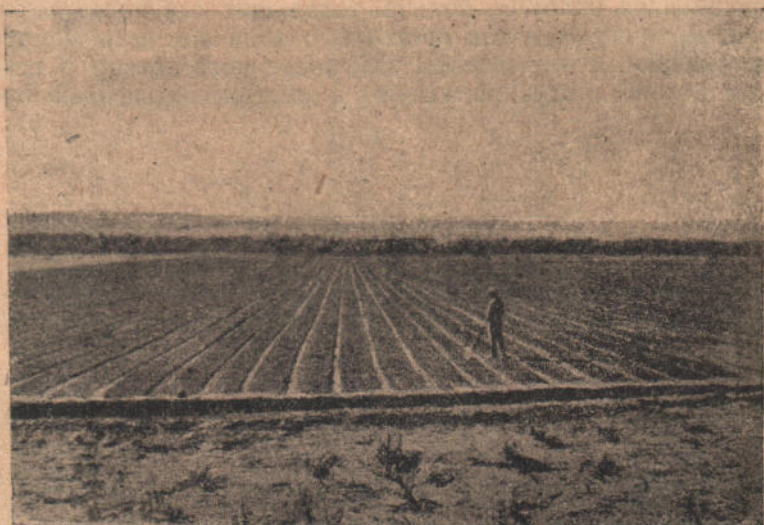
Фиг. 184.

ситель и т. д. Излишняя не впитавшаяся в почву вода стекает в нижележащий ороситель или же в особую, расположенную по низовым точкам отводную канаву.

Способ этот с успехом применяется на лугах или полях, засеянных травами, корни которых скрепляют почву и предохраняют ее от размыва. Для других же растений, при значительном уклоне, а также при легкой почве, этот способ неприменим.

Наиболее совершенным является орошение по бороздкам. С этой целью посев делается так, чтобы рядки шли или перпендикулярно к оросителям или, при большом (около 0,01) уклоне, наискось. Затем, когда посев уже сделан, между рядками на расстоянии 0,25—0,30 м. орудием проводят бороздки, глубиною около 0,05 м., а в оросителях против каждой бороздки делают прорезы. Вода напускается из оросителя в каждую бороздку поочередно таким способом: за первую бороздкою ороситель перегораживается или лопатой, поставленной поперек, или заваливается землей, и вода течет

тихою струею по бороздке (фиг. 185), пока не промочится гребень между этой и следующей бороздкой. Тогда прорез оросителя против первой бороздки заваливается землею, а лопата или иная преграда переносится за вторую бороздку, куда и поступает вода; так делается до конца оросителя. Иногда, чтобы сохранить ороситель, если он устраивается надолго, прорезов в нем не делают, а проводят рядом с ним другую, вспомогательную канаву, от которой уже отходят



Фиг. 185.

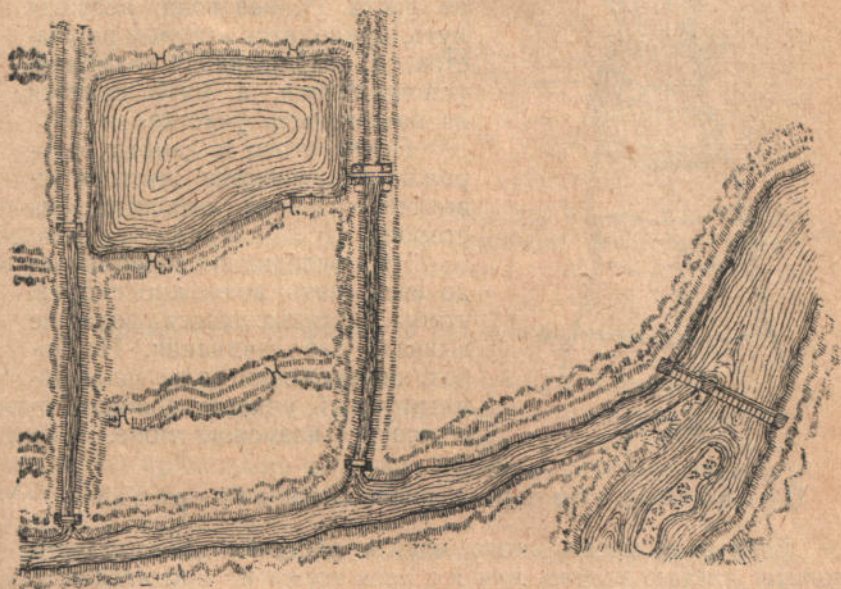
бороздки. Вспомогательная канава, как временная, просто проводится плугом и потом бока ее подравниваются лопатой. Глубину этой канаве дают около 0,20 м.

Орошение затоплением

Орошение затоплением состоит в том, что вода, доставленная на участок водопроводным каналом, заливает назначенное ей место и остается определенное время без движения, впитываясь в почву.

Такое орошение применяется на местности ровной с уклоном не больше 0,002 и состоит в том, что разлитая по участку вода остается в покое, затем частью впитывается в почву, а частью спускается на сторону. Простейший способ орошения затоплением тот, когда на участок, огражденный валиками (напр., на грядку), напускается вода и держится на нем, пока не впитается.

Другой, более совершенный, способ—заливными площадками (или чеками). Для этого весь орошаемый участок разделяется валиками по горизонталям. Чем уклон местности больше, тем и валиков должно быть больше. Этим обстоятельством объясняется непригодность системы затопления в местностях с большим уклоном. Гребень валиков делается шириною в 0,40 м., а высота им дается до 0,30 м. Валики при этом располагаются так, чтобы гребень нижележащего был на одной высоте с подошвою верхнего. Затем каждая

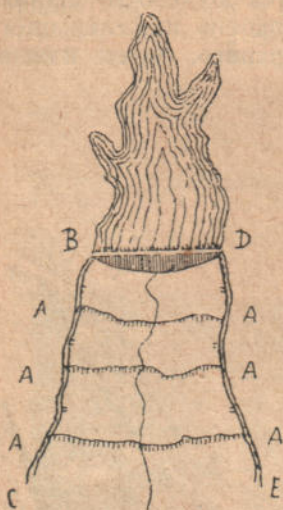


Фиг. 186.

площадка такими же валиками ограждается с боков. Вода (фиг. 186) напускается в площадку, пока слой у валика не станет на 0,10 м. На случай переполнения чека (площадки), в валике прорезывается и укрепляется широкий водослив. Когда воду надо спустить всю, валик прорывается и вода пропускается из чека в чек, подобно тому, как это делается при ярусном лиманном орошении.

Искусственное затопление удобоприменимо в поймах небольших речек или ручьев, для чего поперек долины насыпаются дамбы *AA* (фиг. 187). В этом случае ручей заменяет собою водоотводную канаву, а водопроводные каналы проводятся по наивысшим точкам долины *BC* и *DE*. Подобного типа пруды устраиваются для целей рыбоводства. Удерживая целый год воду в одном или нескольких участках, ими

пользуются для выращивания рыбы, потом вода спускается и участок превращается в луг или пахоть. Затопление применяется также и в случаях кольматирования почвы, т. е. когда является надобность путем осаждения ила выравнивать или поднять поверхность участка или произвести этим улучшение почвы в культурно-технических целях. Для этого участок ограждается в пониженных частях дамбою и такими же дамбами (небольшой высоты—до 1 метра) разделяется на части. Речная вода, несущая мусть, приводится каналом на участок и, задержанная дамбами, успокаивается, а мусть садится на поверхность участка.



Фиг. 187.

После этого в дамбах осторожно открываются щиты и осветленная вода отводится на сторону.

Эту последнюю операцию надо выполнять возможно скорее, чтобы застаивающаяся вода не вызвала заболачивания. Наоборот, поступление воды на кольматируемый участок должно совершаться возможно тише.

Подпочвенное орошение (инфильтрация)

Если вода несет много ила, а растения должны быть политы чистою водою, или же если горизонт оросительной воды находится ниже поверхности земли, то местность прорезывается рядами канав, в которые напускается вода. Просачиваясь через дно и стенки канав, вода смачивает подпочву и поднимается к поверхности силою волосности. Задача подпочвенного орошения заключается в том, чтобы на пространстве между канавами не было места с влажностью, меньшею 12% (эта влажность является предельною для успешного развития растительности).

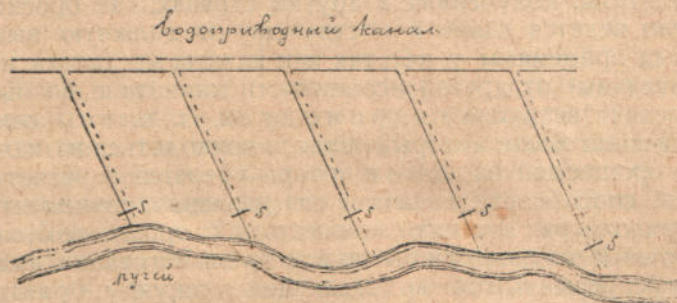
Горизонт воды в канавах держится от поверхности ниже того слоя почвы, где развивается главная масса корней.

Эта система наиболее подходяща для лугов, где те же канавы в сырое дождливое лето являются осушительными, для чего только открывают шлюзы *S* (фиг. 188).

Орошение ведется или стоячею водою или проточною. В первом случае канавы ведут по горизонталям; вода напускается до определенной глубины и держится суток двое, а потом спускается на сторону. Если же применяется вода

текучая, то каналы проводятся по скату наискось, чтобы дать воде очень медленное движение.

Расстояние между каналами делается метров в 5 и более



Фиг. 188.

что зависит главным образом от свойства почвы, и в каждом частном случае должно быть определяемо опытным путем по содержанию почвенной влажности.

3. Применение орошения в различных культурах

Средством для достижения наилучшего развития растений является поддержание необходимого оптимума влажности почвы. Следовательно, задача оросительной техники заключается в приведении на данную площадь такого количества воды, которое способно было бы поддержать необходимую влажность почвы.

Это же количество добавляемой орошением воды находится в зависимости от метеорологических факторов, от характера почвы и подпочвы, от времени года, от системы орошения, от способа обработки почвы и вида ее поверхности, наконец, от рода возделываемых растений.

Если бы величина урожая прямо зависела от количества выпадающих атмосферных осадков, то, взяв разницу в осадках наиболее урожайного и неурожайного годов, можно было бы определить недостающее количество воды для данного года, которое надо было бы добавить орошением.

К сожалению, связь между количеством осадков и высотой урожая далеко не находится в простой математической зависимости, как это обыкновенно представляется.

Осадки влияют на растения не прямо, а через почву, почва же увлажняется дождями в зависимости от ее характера, физического ее состояния, от рельефа поверхности, от того или иного растительного покрова, от температуры, от продолжительности дождя, от времени его выпадения и от многих других причин.

Поэтому задача определения необходимого для орошения количества воды является весьма сложною, тем еще более, что данных опыта в этом направлении пока еще мало, а результаты, полученные в других странах, где оросительное дело ведется давно и поставлено на должную высоту, не всегда применимы у нас, так как каждая местность имеет свои отличные от другой особенности климата и почвы.

Средняя величина гидромодуля, т. е. того секундного расхода воды, который должен приходиться на каждый гектар орошаемой площади и который берется в расчет пропускной способности канала и его размеров, принимается в $\frac{2}{3}$ секундолитра. Это надо понимать так: орошение было бы достаточным тогда, если бы во все время вегетации на поле имелся непрерывный ток воды, дающий в секунду $\frac{2}{3}$ литра на гектар. Следовательно, взяв растительный период в 100—120 дней и умножив на $\frac{2}{3}$, найдем то количество воды, которое требуется для поливки одного гектара, именно:

при 100 днях: $\frac{2}{3} \times 60 \times 60 \times 24 \times 100$ около 6.000 куб. м.

при 120 " : $\frac{2}{3} \times 60 \times 60 \times 24 \times 120$ около 7.000 куб. м.

Итак, если бы весь поливной участок состоял только из одного гектара и если бы поливка производилась непрерывно в течение четырех месяцев, то главный водопроводный канал должен был бы пропускать в секунду только 0,0006 куб. метр., но обыкновенно все потребное для орошения количество воды употребляется за 2—3 полива и, следовательно, размеры канала даже и для одного только гектара должны быть значительно большими.

Решим такой вопрос: каковы должны быть размеры канала для орошения 50 гектаров, считая на полив 1.000 куб. метров.

Всего на 50 гектаров потребуется:

$$1.000 \times 50 = 50.000 \text{ куб. метр.}$$

К этому надо прибавить от 25 до 50% потерь на просачивание, которое тем больше, чем длиннее водопроводный канал и чем сложнее—более развита сеть канав, т. е. чем больше орошаемая площадь.

Взяв для нашего случая 25%, имеем:

$$50.000 + 12.500 = 62.500.$$

Предположим, что вся поливка будет продолжаться 5 дней, по 10 часов ежедневно, тогда в час канал должен пропустить:

$$62.500 : (5 \times 10) = 1.250 \text{ куб. метр.}$$

а в секунду

$$\frac{1.250}{60 \times 60} = \text{около } 0,4 \text{ куб. метр.}$$

Задавшись затем скоростью воды в 0,4 м., находим живое сечение

$$F = \frac{Q}{v} = \frac{0,4}{0,4} = 1 \text{ кв. м.}$$

Далее, задавшись глубиной воды h в 0,5 м., имеем при одинарных откосах ширину по дну $b=2$ м.*).

Что касается нормы полива, т. е. количества воды, выпускаемой каналом за один прием, то эта величина крайне неустойчивая, изменяющаяся в самых широких пределах. При незначении ее легко впасть в две крайности—дать воды или слишком мало, или, наоборот,—дать ее с избытком. При недостатке оросительной воды рентабельность орошения понижается и, кроме того, при тяжелых почвах слабый ток воды вызывает засоление. В случае же избыточного орошения, кроме общего уменьшения урожая и бесполезной растраты такого ценного капитала, как вода, происходит неизбежное поднятие грунтовых вод; корни растений подтопляются и постепенно отмирают; это особенно резко проявляется на фруктовых деревьях. Дальнейший вред поднятия грунтовых вод выражается в заболачивании хороших почв, в понижении температуры и в поднятии в верхние питательные горизонты вредных солей, и только если грунтовые воды залегают глубоко, на 15—20 м., засоления не происходит. С целью предупреждения заболачивания и засоления устраивается как сток поверхностных вод открытыми канавами, так и отвод инфильтрационных вод применением дренажа (см. ниже). В тех же целях предупреждения засоления, нельзя для поливки употреблять воду при содержании в ней солей более 0,2⁰/₀.

Орошение полевых культур

Из практики оросительного дела выведено следующее соотношение между различными культурами и поливкой.

1) Зерновые хлеба принадлежат к растениям с малым испарением и требуют, сравнительно, немного воды. Орошаются различно—затоплением, разливом и по бороздкам. Озимые в обычное лето поливаются 2 раза: первый, предпосевный полив заканчивается за неделю до посева—в августе; второй—в начале колошения, в мае, и только если очень сухая весна, делается третий полив—в конце колошения, недели за 3 до уборки. Более трех поливов для зерновых делать нельзя, чтобы не вызвать загнивания корней. На полив расходуется от 1.000 до 1.200 куб. м.

*) Приблизительно можно считать, что канал, рассчитанный на $Q=0,1$ кв. м., достаточен для полива 100 гектаров.

Яровые поливаются 1—2 раза; первый полив предпосевный второй—во время кущения—в мае; если весной влаги достаточно, предпосевный полив не делается.

2) Свекла поливается преимущественно по бороздкам. Поливочка делается 3—4, всего на 1 гектар требуется до 5.000 куб. метр.

3) Кукуруза также на 3—4 полива требует от 3.000 до 4.000 куб. метр. на гектар.

4) Такие посевные травы, как клевер и люцерна, орошаются затоплением.

Люцерна поливается с весны, а затем в зависимости от числа укусов, как пред ним, дней за 5, за 6, так и после каждого из них, но не раньше, чем люцерна отойдет и даст новые листочки; полив раньше этого может погубить всю траву. Вообще люцерна очень чувствительна к поливу, и держать ее под водою больше 3 часов нельзя. На полив расходуется до 1.200 куб. м., всего же на гектар расходуется около 10.000 куб. метр. Ни одно из культурных растений не требует такого большого количества воды, как люцерна. Клевер поливается таким же количеством, т. е. до 1.200 куб. м. раз 5 за лето.

Орошение лугов

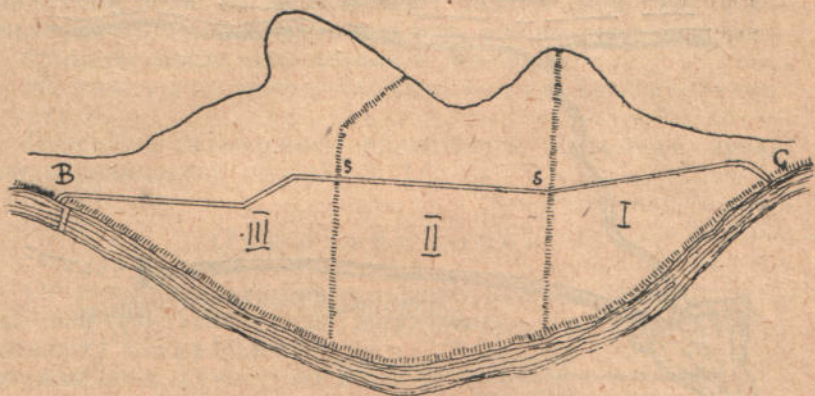
Лучшими лугами считаются заливные, расположенные в поймах рек и орошаемые речными разливами, увеличивающими количество травостоя. Вода, богатая питательными веществами, смытыми с полей при разливе ее по лугу, производит удобрительное действие луговой почвы, растворяет и выщелачивает в ней продукты гниения, доставляет корням растений кислород, увеличивает период вегетации и кроме того приносит с собой семена лучших кормовых злаков, среди которых одно из первых мест занимает *Poa pratensis* (мятлик луговой). Поэтому не без основания говорят, что луга создаются орошением. И это благодетельное действие орошения в особенности сказывается в том случае, если для орошения берется вода, богатая питательными веществами, признаком чего являются высшие животные—лягушки и рыбы, а также некоторые растения, как ряска, водяные лилии, кувшинки, водяная сосенка и др.

Необходимо однако же заметить, что даже лучшие заливные луга обречены на постепенное вырождение.

Происходит это от двух причин: 1) ежегодно отлагающиеся на лугах наносы поднимают уровень луга над источником орошения—рекою и 2) под влиянием векового размыва русло реки углубляется.

В обоих случаях расстояние от поверхности луга до подстилающих его грунтовых вод увеличивается.

В силу этих причин каждый поемный луг медленно, незаметно, но неизменно делается более высоким; с каждым десятилетием он заливается все меньше, от этого и удобрение его речною водою уменьшается и питание растений понижающею грунтовой водою становится слабее. Такова неизменная судьба всех поемных лугов. Все луга рано или поздно вырождаются и бесполезно было бы ждать восстановления урожайности лугов силами самой природы. Необходимо умелое вмешательство человека, восстанавливающее луг заново или задерживающее его развитие на ступени хозяйственной выгоды; необходимо в первую очередь проведе-



Фиг. 189.

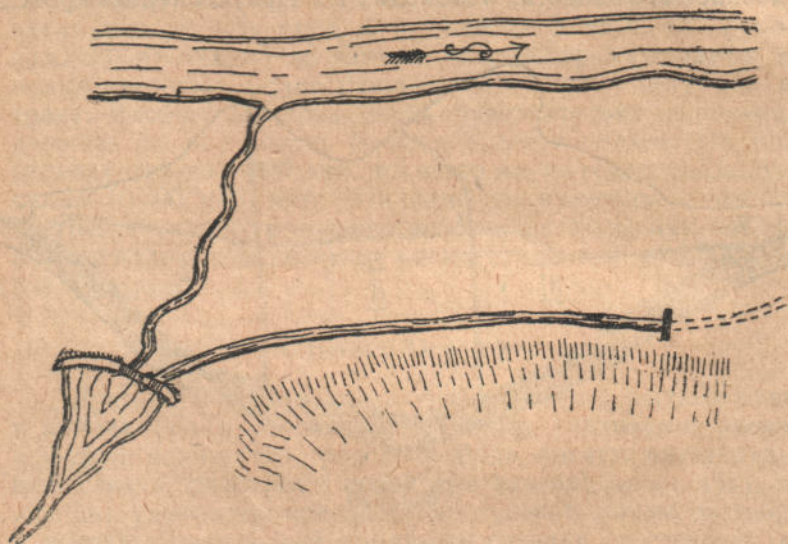
ние тех мелиораций, которыми главная причина засушенности была бы устранена, и такую мелиорациею является искусственное орошение.

На основании экономическо-статистических обследований на юге России, орошаемые покосы дают в хорошие годы до 300 пуд. сена, в то время как неорошаемые—130 пуд., а в плохие годы—орошаемые 85 п., а неорошаемые—24 п.

Орошение на лугах применяется лиманами, затоплением и разливом.

При орошении затоплением, вдоль реки насыпается дамба (фиг. 189) с замком и откосами: водным 1:3 и сухим 1:2 и горизонтальным гребнем. От этой дамбы отходят поперечные, делящие луг на части и упирающиеся в нагорную часть долины, тоже с горизонтальными гребнями. Река перепруживается плотиною, впереди которой проводится канава с приемным шлюзом *В* и спускным *С*. Открыв шлюз *В* и шлюз *С*, воду направляют в участок *I* и затопляют его. После этого закрывают затвор *S* и поливают участок *II*,

а затем также участок III. Вода держится недели 3, а затем через шлюз С спускается в реку. Первую поливку делают ранней весной, с тем однако же, чтобы не образовалось ледяной корки. Вторую поливку делают спустя неделю после первого укоса. Можно делать и третий полив, но не поздно, чтобы не захватили морозы. Слой воды держат не выше 0,25—0,30 метр. и эту высоту определяет высота поперечных плотинки. Так, если разность высот *B* и *C* равна, напр., 1 метру, то на каждый гектар приходится 1,00:3,



Фиг. 190.

около 0,30, и плотинка должна равняться этой высоте плюс 0,30 м. (слой воды), итого 0,60 м., а с запасом 0,05 вся высота плотинки 0,65 м.

Шлюзики делают упрощенного типа — без стенок и полов, но с небольшим шнунтовым рядом на глубину 1 метра. Верх шпунта срезывается на одном уровне с бровками плотинки. Щиток делается по типу, изображенному на фиг. 30 и 31.

Тот же луг (фиг. 189) может быть орошен и разливом. Сначала затопляют поочередно все три бассейна, затем открывают все заставки и шлюзы и вода непрерывно переходит из одного бассейна в другой и третий.

Способ этот лучше затопления, так как постоянный ток свежей воды, богатой растворенным в ней кислородом, значительно полнее способствует развитию растений.

Поливка может производиться раза два — три в лето, но ее надо прекращать месяца за $1\frac{1}{2}$ до покоса, а осенью — с таким расчетом, чтобы до заморозков почва успела просохнуть.

Другой способ орошения разливом заключается в том, что водопроводная канава роется по нагорной части (фиг. 190), если луг имеет покатую поверхность к реке и уклон его не больше 0,001. Роется канава с очень ничтожным уклоном и пологим откосом, обращенным к лугу. На конце канавы устраивается затвор.

Когда канава наполнится, вода будет переливаться через ее край и течь по лугу. Движение это должно быть медленно, слой воды должен быть не больше 5—6 сант. Правильность работы определяется тем, что протекающая вода не оставляет после себя следов и водорослей.

На каждую поливку расходуется около 1.000 куб. метр. на гектар.

Орошение затоплением применяется только на лугах с водопроницаемой почвой.

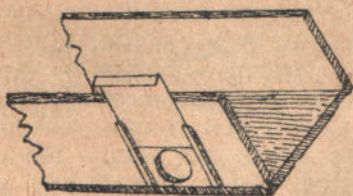
Орошение садов

От источника орошения — реки, колодца или пруда — вода или самотеком, или доставленная водоподъемником передается к саду водопроводную канаву; лучше, во избежание потерь на фильтрацию, в особенности там, где вода представляет значительную ценность, вместо канав устраивать желоба.

Орошение применяется или бороздками, если уклон больше 0,002, или затоплением, если уклон меньше 0,002.

При орошении бороздками деревянный водопроводный желоб делается шириною от 15 до 30 сант. и глубиною в 12—25 сант. Через каждый метр доски скрепляются брусками, а посередине между этими связями в боку прорезаются для бороздок отверстия, закрываемые заслонками (фиг. 191). Желоб ставится с уклоном в 0,002. Между рядами деревьев проводятся бороздки, по которым медленно движется вода, пока не напитает корни деревьев. По окончании орошения, когда почва достаточно просохнет, бороздки запахиваются.

Чтобы выходящая с некоторою силою из желоба вода не размывала землю, против бороздки следует закладывать или глиняные трубки или железные желобки. При уклоне

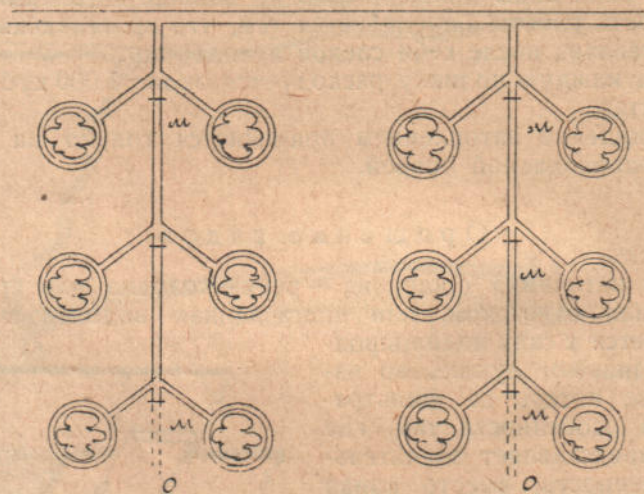


Фиг. 191.

большем 0,008 бороздки приходится вести или наискось или зигзагами.

На каждую бороздку секундный расход Q выражается около 0,001 кв. метр., при чем вода протекает по бороздке в продолжение 12—24 часов, постепенно уменьшаясь, пока не напитает достаточно корни деревьев. Стекающая по бороздкам излишняя вода спускается по водоотводной канаве куда-нибудь или на сторону или в яму, где она впитывается в землю.

Когда уклон очень мал и вода, пущенная по бороздке, не дойдет до места ее назначения, применяется орошение



Фиг. 192.

затоплением. В этом случае водопроводный канал проходит по самой высокой части участка и от него (фиг. 192) проводятся оросители oo параллельно рядам деревьев по середине между рядами. К каждой паре деревьев направо и налево от оросителей отходят борозды и огибают дерево кольцом по очертанию кроны, так как в этом месте находится наибольшая масса тончайших разветвлений корневой системы. Перегородив щитом ороситель в M , пускают воду сразу к двум деревьям, и, как только образуется водяное кольцо, боковые борозды заваливаются землею, а щит переносится к следующей паре деревьев. Если на поливку употребляют холодную колодезную воду, то, прежде чем пустить к деревьям, надо ее сначала выдержать в каком-нибудь резервуаре.

Способ этот требует подходящего рельефа и большого количества воды, поэтому применим не всегда. По большей части сады поливаются из труб, проведенных под землю с кранами в различных частях сада. К кранам привинчивается рукав, по которому вода поступает к дереву. Само собой разумеется, что вода должна находиться под напором, для чего резервуар устанавливается выше самой высокой точки сада.

По большей части время поливов определяется неверно: одни садоводы приступают к орошению только тогда, когда дерево заметно начинает страдать от недостатка влаги, когда начинаются изменения в цвете листвы и листья начинают свертываться, другие, наоборот, находят нужным орошать сад как можно чаще.

Проф. Е. Е. Скорняков рекомендует определять время поливок таким простым способом.

С той глубины, где располагается наибольшее количество мелких корней, берут образцы почвы, взвешивают их и высушивают в продолжение дня на солнце, после чего вновь взвешивают. Потеря в весе 6% и более покажет на достаточность влаги в почве, при меньшей же потере — требуется орошение.

Число поливов зависит от климата и свойства почвы; чем климат суше и почва менее влагоемка, следует орошать чаще и, наоборот, при влажности климата и при почве, задерживающей влагу, число поливов уменьшается.

В Крыму сады поливают 3—4 раза в лето (в засушливые годы до 6—7 раз). Первую поливку делают вслед за цветением — в апреле или мае, а затем по одной в июне, июле и августе. Поливка после снятия плодов (в сентябре—октябре), которую делают в целях якобы наливания почек, вредна, так как в это время физиологические процессы в дереве ослабевают и дерево трудно переносит осенние холода.

За один полив на одно дерево расходуется до 6 куб. м. на проницаемой суглинистой почве и до 3½ куб. м. на очень плотных почвах. Считая на гектар до 150 деревьев, на один полив сада в 1 гектар расходуется от 500 до 900 куб. метр. воды и при 4 поливах от 2.000 до 3.500 куб. метр. в год.

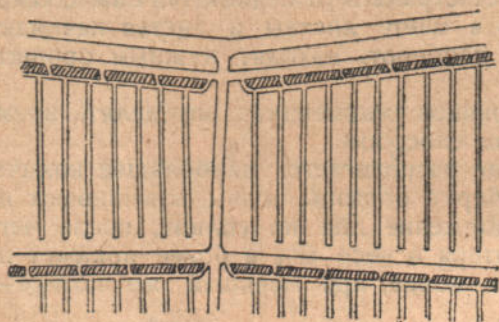
В питомниках каждое деревцо поливается за лето два раза по 0,06 куб. метр. за раз, всего на 1 деревцо 0,12 куб. м. Считая на гектаре до 40.000 деревцов, потребуется на гектар около 5.000 куб. метр.

Посевные и черенковые гряды поливаются ежедневно с мая по сентябрь, в день для поливки 1 гектара требуется около 70 куб. метр. Считая продолжительность ирригационного периода 130 дней, расход на один гектар выразится

около 9.000 куб. метр. Вообще при расчете водоподъемников для орошения садов можно принимать на каждый полив по 500—600 куб. метр. и, взяв число поливов 4, надо считать на орошение одного гектара не менее 2.000 куб. м. воды.

Орошение огородов

Вода, как и при орошении садов, приводится каналом к возвышенной части огорода и наилучший способ поливки — бороздками, так как некоторые растения, напр., корнеплоды (свекла, морковь, репа, редька, петрушка и др.), не выносят, если вода касается шейки растения, особенно во время сильных жаров.



Фиг. 193.

Бороздки проводятся между рядами растений, при чем, если уклон больше 0,008, бороздки следует располагать наискось. Чем почва грубее, тем величина

бороздок должна быть больше, но короче; при тонких почвах — наоборот. Затем, если растения с короткими корнями, бороздки делаются шире, но мельче, а при длинных корнях бороздки должны быть уже, но глубже.

Чтобы не портить откосов канала прорывами для бороздок, вдоль его и параллельно ему проделывают вспомогательную канаву, куда вода поступает из канала, а затем протекает по бороздкам (фиг. 193).

На почвах тяжелых с большею капиллярностью бороздки располагаются между гряд, при чем гряды надо делать не шире 1 метра. В жаркое время огородники из этих бороздок выплескивают воду на гряды для увлажнения растений.

После каждого полива необходимо тщательно разрыхлять междурядья и бороздки, чтобы воспрепятствовать образованию корки и испарению.

При орошении картофеля вода в первый полив пускается по каждому междурядью, а при последующих — через междурядье.

Для произрастания картофеля требуется большое количество влаги, поэтому очень полезно, если земля суха, сделать первый полив пред посевом. После этого второй полив можно сделать через месяц. Если ботва начнет сильно

темнеть, это является признаком недостатка влаги, и тогда надо сделать следующий полив. Если же ботва делается светлозеленою, это показывает на избыток влаги. Последнее орошение картофеля делается не позже середины августа, чтобы дать время на созревание клубней.

Капусту лучше поливать чаще — каждую неделю и небольшим количеством воды. Орошение прекращается, когда кочни дойдут до половины своей нормальной величины. Если и после этого производить поливы, то кочни трескаются.

Все вообще огородные растения, различные корнеплоды, помидоры, лук и др. поливаются небольшим количеством воды, так как иначе получается сильное развитие ботвы в ущерб плодам и задерживается созревание.

К концу лета орошение прекращается, чтобы не задерживать созревания.

4. Увлажнение почвы

В засушливых местностях сдувание накопившегося за зиму снега и бесполезный сток весенних вод производят большой ущерб для сельского хозяйства, а между тем искусственное задержание влаги посредством простых и дешевых способов увлажнительных работ может значительно повысить урожайность полевых культур.

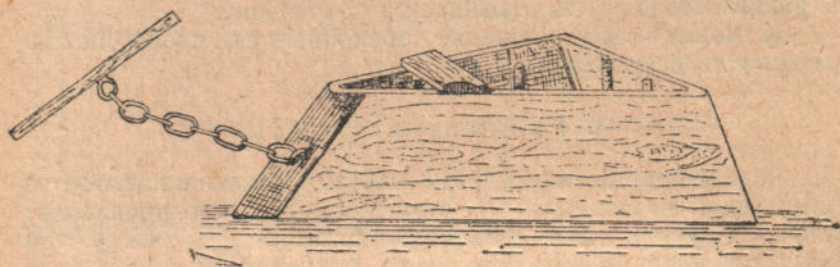
Увлажнительные работы в значительной степени способствуют поднятию урожайности хлебов в засушливые годы, но применять их надо только в тех случаях, когда осенние осадки ничтожны, иначе может произойти переувлажнение почвы и задержка весенних посевов. Поэтому увлажнительные работы полезны только для озимых хлебов, в яровых же получается запоздание времени посева, и кроме того избыточная влажность вызывает нежность растений, уменьшая этим самым их стойкость при суховеях. Способов задержания снега применяется несколько, именно: проведение по горизонталям валиков, устройство снежных борозд, постановка снежных защит и пр.

Устройство валиков состоит в том, что осенью на поле, по горизонталям проводится плугом борозды и подправляются лопатой так, чтобы образовались валики, вышиною 0,15—0,20 м. Чем чаще будут проведены валики, тем лучше. Валики задерживают не только снег, но и талую весеннюю воду, сбегаящую по склону, которая таким образом и впитывается в землю.

Проведение снежных борозд делается особым, очень простым, деревянным плугом (снегопашкой). Он представляет из себя треугольный ящик удлиненной формы (фиг. 194); длина его 1,25 м., ширина в задней части 1 метр. Стенки

суживаются кверху, чтобы плуг не раздвигал снег, а ломал. Передний угол обивается железом; спереди пристраиваются постромки для запряжки, а наверху для сидения укрепляется доска. В плуг впрягают 3—4 лошадей и пахоту начинают, как только поле покроется снегом в 15 сант. Борозды проводят через 5—8 м. вдоль и поперек в клетку. Плуг ломает снег и поворачивает его рядами глыб. Когда клетки будут занесены метелями, пахоту повторяют еще два за зиму. Таким способом достигается то, что снег остается на поле и не сносится в овраги.

Наиболее успешным способом накопления снега является постановка снеговых заграждений. В простейшем случае



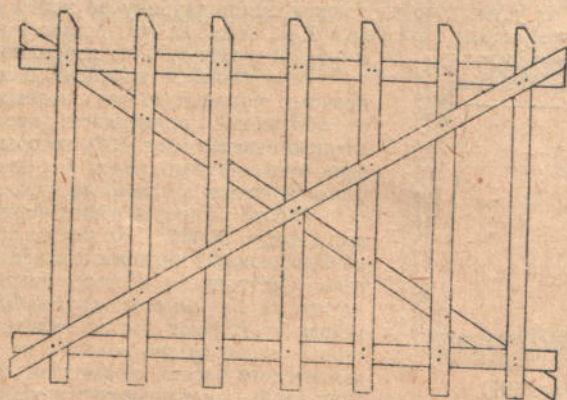
Фиг. 194.

метров через 20—40 устанавливаются на поле ряды хвороста; с этой же целью оставляют на зиму стебли кукурузы или подсолнуха по два в ряд. Но лучше всего для задержания снега пользоваться драневыми щитами, сходными с теми, какие применяются на железных дорогах для защиты от заносов (см. фиг. 195).

Действие этих щитов таково: когда ветер встречает на своем пути преграду—решетчатый щит, то сила его ослабевает, и большая часть снега, несомого ветром, отлагается на земле в сугроб, который тем длиннее, чем больше отношение площади прозоров (просветов) к площади всего щита; так, напр., при площади прозоров (как на железной дороге) в 25—50% общей площади щита образуется сугроб в 12—27 высот щита, кроме этого и впереди щита наматывается сугроб в 3—7 высот щита. Для целей увлажнения следует щиты брать в 1 м. вышиною при ширине от 1—2 м. с площадью прозоров от 50 до 70%, тогда получается ровный, пологий сугроб, длиною до 30 м.

Щиты привязываются к кольям, устанавливаемым по полю еще с осени по линии, перпендикулярной к ветрам, сопровождающимся метелями. Расстояние между рядами щитов

определяется суммой длин сугробов как пред щитом, так и за ним, равною 35—50 высотам щита. Когда щиты зане-

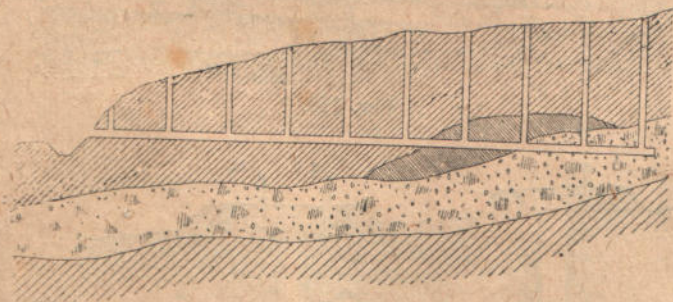


Фиг. 195.

сены на $\frac{3}{4}$ высоты, их вынимают из сугроба и ставят на образовавшийся нанос.

5. К я р и з ы

Совершенно в стороне от рассмотренных ирригационных устройств стоят гидротехнические сооружения, устраиваемые в целях орошения



Фиг. 196.

и водоснабжения туземцами Средней Азии и Закавказья и называемые кяризами.

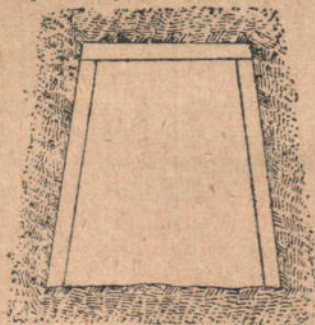
Это ряд колодцев, прорытых по линии ската и соединенных между собою подземною галлереею. Колодцы роются для вентиляции и для подъема выбранной из галлерей земли, а галлерей служат для собирания и проведения подпочвенной воды, так что одним концом галлерей входит в водоносную породу, а другим выходит на дневную поверхность в канаву (арык) (Фиг. 196).

Колодцы роются на расстоянии от 5 до 50 м., чем тверже грунт и чем опытнее рабочие—тем реже.

Галереи кяризов делаются не выше 1 м. и не шире 0,50 м. с уклоном 0,002 до 0,005.

Первый от устья колодец должен иметь глубину не менее 1,5 м., потому что, кроме высоты галереи в 1 м., надо над нею оставить целик, толщиной не менее 0,50, во избежание обвалов.

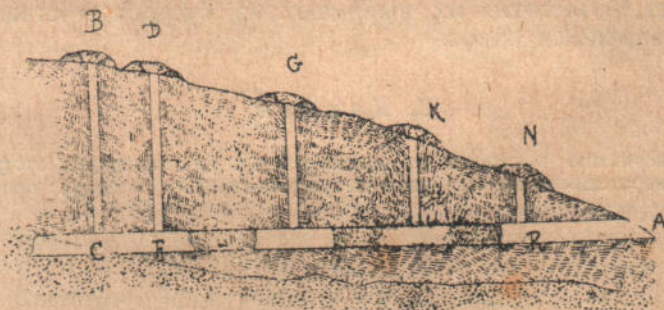
Если галерея проходит в мягких, непрочных породах, то для предохранения ее от обрушения применяется крепление из дверных окладов (фиг. 197), которые ставятся один около другого, почти без промежутков, чтобы получалась сплошная крепь.



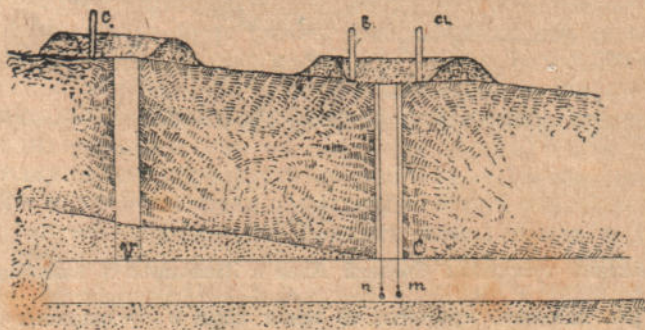
Фиг. 197.

Работа кяриза, в общих чертах, ведется так: в точке *B* (фиг. 198) роется колодец *BC* до водоносного горизонта, заранее определенного. Отступив от первого колодца вправо метров на 20—30, роют другой *GH*, а в 4—5 метрах от *B* роют третий колодец *DF*. Как второй, так и третий колодцы не доводят до водоносного пласта, а дают им такую глубину, чтобы дно их соответствовало намеченному уклону 0,002 или 0,0005. Так роются

и следующие колодцы *KM* и *NK*, после чего приступают к работе галереи в ее водопроводной части *CA*.



Фиг. 198.



Фиг. 199.

Для определения направления галереи под землю поступают следующим образом: ставят три вертикальных шеста *a*, *b* и *c* (фиг. 199) в одну

линию. Между шестами *a* и *c* укрепляют рейку и от нее на дно колодца опускают шнуры с отвесами *m* и *n*. Линия определяет рабочему направление галлерей. Работа ведется встречными забоями, т. е. один рабочий подвигается со стороны *H* (фиг. 198), а другой—со стороны *M*, пока оба не встретятся, при чем, продвигаясь вперед, рабочий должен видеть позади себя свет от колодца. В водосборной части галлерей *VC* работа идет одним забоем, т. е. вперед, так как иначе мешал бы приток воды.

ГЛАВА IV

Осушение

1. Заболачивание почвы

Растения страдают, как от недостатка влаги, так и от избытка ее, потому что в почву с чрезмерною влажностью не проникает воздух, необходимый для жизни растения. Если грунтовая вода близка, то это является опасным для растения, как потому, что корни будут подтапливаться и будут лишены воздуха, так и потому еще, что поднимающаяся по капиллярам соль может вызвать солончаковую корку, и это совершенно убьет растение. Когда грунтовые воды располагаются на глубине 0,50—0,70 м., на полях появляются представители болотной растительности—мхи, осоки, хвощи и др. Луга, где уровень грунтовых вод находится на 0,60 м. от поверхности, считаются мокрыми.

Болота по их происхождению разделяются на надводные или моховые (иначе высокие) и подводные или травяные (иначе—низинные).

Моховые болота образуются и на впадинах, которые подстилаются водонепроницаемым грунтом; наполняются эти болота водами атмосферных осадков, не имеющих стока и потому здесь застаивающихся. Главным растением таких болот является мох (*Sphagnum*), отличающийся огромною влагоемкостью. По краям болота, где воды меньше и где часть ее стекает на окружающую поверхность, сфагнум растет медленнее, чем посредине болота, где он, увеличиваясь и разрастаясь, поднимается, отчего и вся поверхность болота принимает вздутый, куполообразный вид. Такие же болота встречаются нередко на возвышенностях и водоразделах, давая начало рекам*). В разрезе это болото представляет ряд слоев, чередующихся в следующем порядке: верхний живой слой, за ним—слой отживших растений, далее—торфяной слой, при чем более спелый торф находится ниже; за торфом располагается органический, богатый

*) Сфагнумовое болото растет, распространяясь в толщину и в стороны. Деревья, захваченные подушками сфагнума, перегнивают, валятся и погребаются в болоте.

минеральными веществами слой; затем иногда находится ортштейн*) и все подстилается светложелтым песком. Часто песок и ортштейн отсутствуют, и ниже торфа залегает ил, а под ним свинцово-серая, вязкая глина. Моховые торфяники, обладающие большою влагоемкостью, очень трудно поддаются осушению: наиболее подходящими для этой работы являются такие, у которых сфагнумовый слой не больше 0,50 м.

Для обращения осушенных сфагнумовых болот в сельскохозяйственные угодия требуется применение больших культуртехнических работ.

Осушение этих болот имеет главную свою целью пре-



Фиг. 200.

кращение их распространения, защиту от их влияния лесов и оздоровление местности.

Низинные травяные болота образуются вдоль рек с излучистым тихим течением и ничтожным уклоном; происхождением своим они обязаны периодическим затоплениям речною водою. Очень часто бывает так, что вода, попадая в пойму во время весеннего половодья или летнего паводка, обратно в реку стечь не может, так как отделяется от нее каким-нибудь незначительным бугром. Затем, вследствие различных причин река иногда отклоняется от своего первоначального направления и образует новое русло, а прежнее русло сначала существует в виде залива или рукава, потом

*) Ортштейн представляет из себя камень, образующийся от цементовки перегноем и окисью железа песчинок. Он вполне непроницаем для воды, бывает до того тверд, что его не берет лопата, но на воздухе быстро выветривается. Под ортштейном всегда находится песчаный грунт.

образует оборванные озера и, наконец, совершенно исчезает и тогда на его месте образуется впадина—тальвег (фиг. 200). Часто эта впадина находится посередине между высоким берегом и рекой, и глубина ее бывает или равна глубине реки или даже иногда и глубже. Во время разливов вода заходит в эти котловины, там застаивается и сейчас же заселяется болотной растительностью. Наконец, есть еще один вид образования низинных болот—у места выхода ключей с железистой водою в нагорной части долины. Здесь образуются очень топкие болота, бедные растительностью, и



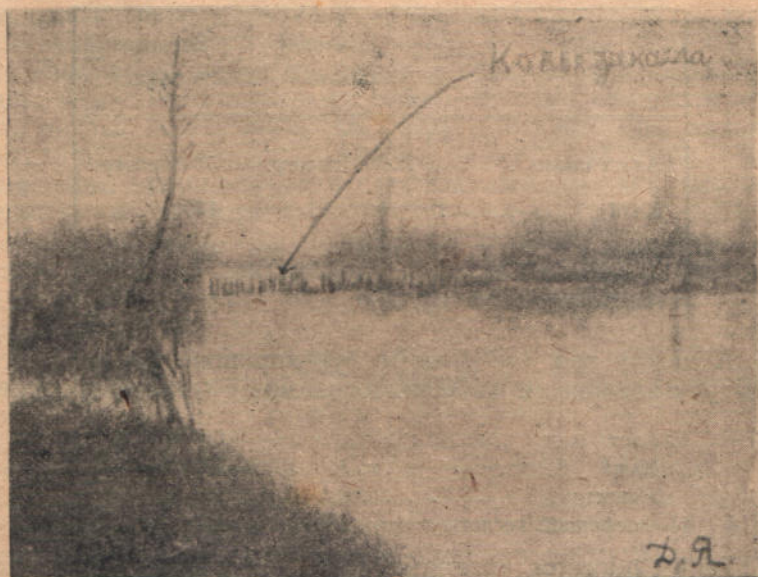
Фиг. 201.

только одна черная ольха охотно заселяется в таких местах.

Заболачивание мелководных рек с тихим течением (фиг. 201) начинается с того, что в половодье на дне осаждается много минеральной мути, а летом на ней, начиная с берегов, развивается водяная растительность—камыши, ситники, рогозы с толстыми мясистыми стеблями, еще более ослабляющая силу течения и способствующая задержанию наносов. Река мелеет и разливается все шире, теряет свою живую силу и образуется как бы озеро, покрытое плавающими массами ряски (признак весьма слабого течения, указывающий на то, что река обречена на гибель). К середине, к более глубокому месту тянутся листья белой водяной лилии и желтой кувшинки и сюда же подвигаются с берегов толстые корни

и мясистые стебли аира, камыша и тростника. Все это, отмирая, образует слой за слоем торфяную массу, доходящую до поверхности, и тогда заселяются осоки, хвощи и мох (преимущественно кукушкин лен). Река исчезает совершенно, прикрытая зыбким трясущимся ковром, среди которого встречаются опасные оконца, не заросшие вплотную и только слегка прикрытые обманчивою зеленью.

Также зарастают и озера, не имеющие стока. С течением времени здесь поселяются кустарники, далее береза, а иногда и сосна. Но последняя представляет жалкое, уродливое



Фиг. 202.

существо с корявым, узловатым, покрытым лишаями, стволом. Годовые кольца ее настолько тонки, что столетнее дерево имеет в диаметре 3—4 сантиметра при высоте в метр.

Глубина болот, т. е. вертикальное расстояние от поверхности до твердого минерального подстилающего дна, колеблется от одного до 5—6 и более метров. О степени глубины и густоты болота можно, отчасти, судить по растительности: против глубоких мест болото покрыто одним желтым мхом, по мере же уменьшения глубины и увеличения густоты ковра появляются осоки, кустарники и, наконец, деревья.

Кроме такого естественного болотообразования, заболачивание происходит от устройства на реках язей, заколов (фиг. 202), гатей и мельничных плотин. Река в сфере подпора

почти совершенно теряет уклон, тогда как ниже плотины уклон значителен, и тогда, вместо однообразного профиля, река получает террасообразный вид, дно реки поднимается, становится выше уровня воды, и река исчезает, разливаясь по пойме и превращаясь в болото.

Влагоемкость травяных болот значительно меньшая, чем болот моховых, содержание же минеральных веществ в низинных болотах гораздо богаче, чем в верховых. Так (по Флейшеру) на 1 гектаре болота при глубине только 20 сантиметров содержится в среднем—

	Низинное болото	Верховое болото
Азота около	12.000 килогр.	2.500 килогр.
Кали „	500 „	100 „
Извести „	20.000 „	600 „
Фосф. кислоты около	1.000 „	1.500 „

А между тем (по Дмитриеву) хороший урожай смеси клевера с злаковыми в 5000 килограммов с гектара требует—

Азота около	9.000 килогр.
Кали „	130 „
Извести „	30 „
Фосфорной кислоты около	27 „

Таким образом, низинные болота содержат все необходимые вещества для получения хорошего урожая сена, но фосфорная кислота в соединении с закисью железа (образующая вивианит) находится в неудобоусвояемой для культурных растений форме. Поэтому, если почве низинных болот дать дополнительное удобрение в виде кали и фосфорной кислоты, она становится совершенно пригодною для сенокосов и огородов.

Итак, для культуры растений, которые бы давали высокие урожаи на болотной почве, необходимо:

1) освободить болото от избыточной воды, понизив уровень ее на 0,50 метра от поверхности, что достигается осушением,

2) дать почве доступ кислорода воздуха посредством ее обработки (вспашка и бороньба),

3) внести в почву минеральные вещества—удобрить ее кали и фосфорной кислотой,

4) создать наилучший травостой посевом травяной смеси.

Если по карте Европейской России провести линию через Киев, Калугу, Оку, Каму, Белую, то на юг от этой границы будут сухие места, лесов мало и болота в большинстве случаев по поймам рек. К северу страна совершенно иного характера: огромные пространства хвойных лесов, среди них—сотни, тысячи гектаров сфагnumовых торфяных болот. Леса до того болотисты, что там селятся по берегам рек, где—суше. В Полесье заболачиванию способствуют условия рельефа, так р. Припять имеет очень слабый уклон и поэтому незначительную скорость течения. Она не успевает сдать всех своих вод Днепру и, когда там еще не было сделано осушительной канализации, воды застаивались и затопляли приречные луга вплоть до осени.

Болота не только отнимают у человека полезную площадь земли, но и вызывают гибель лесов, а, охлаждая климат, делают его сырым, влажным и нездоровым, являясь рассадниками малярии, ревматизма, а также эпизоотий: сибирской язвы, пироплазмоза и глистных заболеваний, поэтому осушительные работы выполняют двоякую цель: увеличение площади и улучшение санитарных условий. Единственная польза от болот заключается в выработке торфа, при чем моховые болота дают торф значительно лучшего качества, чем травяные*).

Осушение земель достигается следующими видами работ: 1) отводом преимущественно верховой воды системой открытых канав, 2) отводом преимущественно грунтовой воды закрытыми канавами (дренаж), 3) спуском воды в подпочвенные слои (вертикальный дренаж), 4) регулированием речного стока спрямлением рек и обвалованием берегов.

Прежде приступа к производству осушительных гидротехнических работ необходимо постараться устранить простейшие причины заболачивания: удалить заколы (фиг. 202), всякие перегатки, упавшие деревья—все, что производит подпор воды в реке.

Для удаления водяной растительности кусты срубаются, а травы скашиваются косой на длинной рукоятке; наносы и корневища удаляются черпаками. Кусты по берегу реки должны быть срублены, и вал, образующийся от кустов, следует прорезать через каждые 40—50 метров канавами глубиной в 0,50 метра, сводя эту глубину внутрь поймы „на-нет“ и подводя канавы к тем низким местам, где застаивается вода.

2. Осушение открытыми канавами

Если по заболоченному пространству провести сеть канав так, чтобы они перехватывали воду, притекающую на

*) Осушение болот с целью торфоразработок не входит в рассмотрение настоящего руководства.

поверхность болота, то воды в почву проникает уже меньше, и почва станет суше.

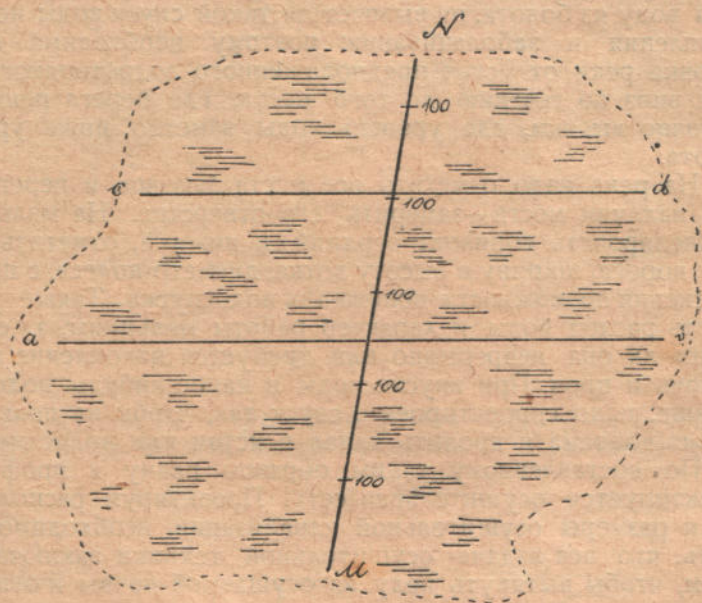
Этот способ применяется в тех случаях, когда нужен быстрый отвод большого количества поверхностных вод; затем, там, где после осушения проектируются агрономические улучшения и где уклон поверхности мал—до 0,0001 (при уклоне местности менее 0,0001 осушение открытыми канавами невозможно).

Как только канавы прорыты, естественный ход жизни болота нарушается: поверхностная вода, как и вода фильтрующая из почвы, отводится канавами в сторону; на подсушенных и освобожденных от воды местах идет испарение более быстрое, чем с поверхности, пропитанной водою; наконец, на просохшем грунте исчезают кислые травы и появляются сладкие злаки, содействующие дальнейшему осушению.

Основная задача осушительной техники заключается в устранении вредного избытка воды, покрывающей местность и пропитывающей почву, и в создании этим путем благоприятных условий, необходимых для потребностей культурных растений. Задача эта сводится к весьма серьезному вопросу: до какой глубины воду следует считать излишнею, а, следовательно, насколько надо понизить уровень грунтовки, чтобы почва была высушена, но не пересушена, так как пересушка болотной почвы, особенно торфяной, вызывает ее распыление и трудность в дальнейшем восстановить ее плодородие. Принято считать, что уровень подземной воды для культурных лугов должен быть от поверхности на 0,50 м. в легкой почве и на 0,70 м. в глинистой.

Изыскания, предшествующие осушительным работам, состоят в выяснении площади водосбора, при чем в моховых болотах эта площадь часто совпадает с площадью самого болота. Производится съемка, нивелировка и геологические разведки. Если болото невелико и кругловатой формы, то нивелировку ведут вокруг болота сомкнутым полигоном, но обыкновенно осевую нивелировочную линию прокладывают посередине болота, где проектируется главная магистральная канава по видимой или предполагаемой линии наибольшего ската, пересекающего все горизонтали, или, наконец, ось *MN* (фиг. 203) пробивается по наибольшему протяжению болота. Пикеты берутся через 100—200 метров, а поперечники *ab*, *cd* от края до края пробиваются через 200—250 метров. Очень топкие болота обходятся сомкнутым полигоном, но на каждом пикете рейка все же посылается на болото. Зондировка болота и подстилающего грунта производится по возможности чаще и на каждом пикете. Для этой работы имеются специальные

болотные зонды. Простейший зонд состоит из стальной палки толщиной в 2 см. с делениями в дециметрах. Низ палки заострен, а вдоль всей палки сделан желобок с заостренными краями. Длина палки-зонда 1—1½ метра, и наверху ее имеется рукоятка. Погрузив палку в болото, поворачивают ее вокруг оси и осторожно вынимают. В желобке останется образчик того грунта, в который был погружен зонд. Для определения горизонта грунтовых вод производится неглубокое бурение. Попутно обследуется местность с целью выяснения причин заболачивания: подпор плотинами, заграждения реки, выходы ключевых вод и проч.



Фиг. 203.

В приречных болотах основная ходовая линия направляется вдоль реки и к ней в поперечном направлении берутся линии, пересекающие пойму, с ветвями на все низины и западины.

При изыскании устанавливаются репера, при чем основным считается репер у начала будущего магистрального канала.

Результатом изысканий является план с ситуацией местности и с горизонталями как поверхности, так и дна болота; горизонтالي проводятся через 0,20 метра. Существующие каналы и протоки обозначаются лазурью, площадь, заливаемая водою, обводится синим пунктиром. При нивелировании замкнутых полигонов допускаемая невязка

$m=0,01\sqrt{l+0,001l}$; где l —число пройденных километров и, например, при длине линии в 5 километров общая невязка должна быть не более: $0,01 \times 2,236 + 0,001 \times 5 = 0,027$ м.; при особо невыгодных условиях нивелировки невязка может быть допущена до 0,02 м. на километр. Невязка эта раскладывается на все пикеты нивелировочного хода.

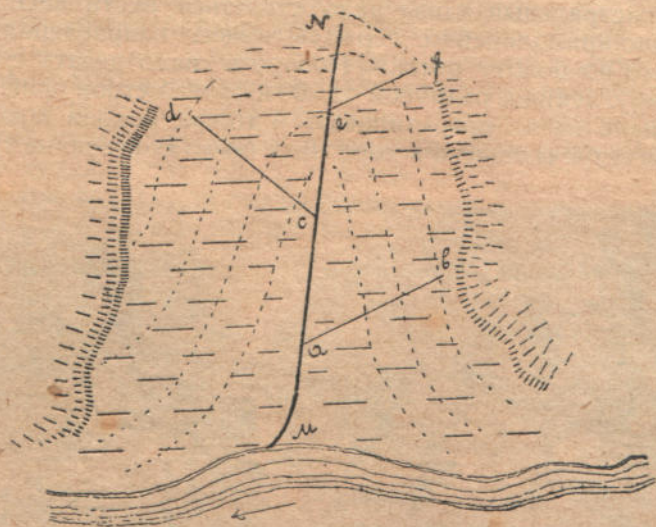
За пределами осушаемой площади нивелировкой выясняется возможность спуска воды с болота в водоприемник—например, в реку, для чего необходимо знать горизонт высоких вод, чтобы убедиться, что вода из реки не пойдет в канаву, не вызовет ли река подпора в канаве, примет ли река воду из болота, не вызовет ли такой спуск воды нового затопления и заболачивания; поэтому необходима нивелировка реки от устья предположенного водоотводного канала вниз по течению до того места, где берега реки достаточно высоки, где уровень воды заметно ниже уровня болота.

На реке надо отметить все места заколов и перепруд. При наличии моста—замерить его отверстие. На мельнице занивелировать горизонт верхний и нижний, отметить высоту порога, ширину и высоту лотка, диаметр колеса, с целью выяснения возможности понижения водоспуска. Также установить расход воды и характер работы мельницы, т. е. работает ли она непрерывно или требуется накопление воды за ночь и проч. При впуске воды в какое-нибудь водохранилище, надо спроектировать спуск так, чтобы не повысить уровня водоема и вводить канал в исток или водослив.

По составленному таким образом плану и профилям проектируется осушительная сеть. Проектируя расположение и размеры осушительной канализации, необходимо помнить, что вся задача осушительной техники заключается в том, чтобы вытянуть воду из осушаемой почвы и отвести ее каналом к водоприемнику, при чем та влажность, которая останется на осушенной площади, должна быть как раз в той степени, какая нужна и полезна для культивируемых там растений.

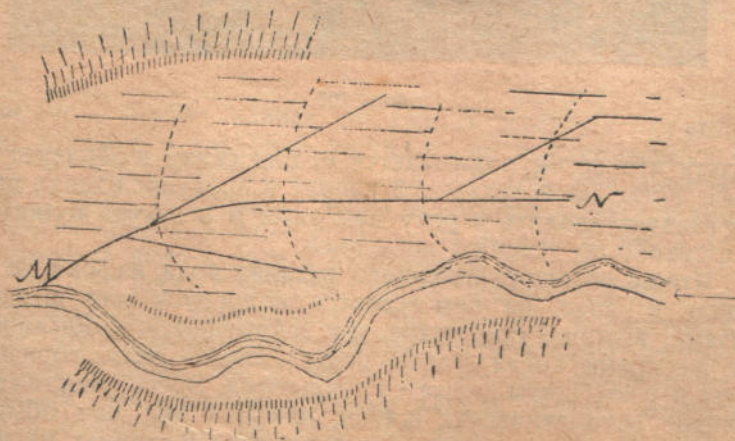
Сначала по самым низким местам болота по наибольшему его скату, т. е. перпендикулярно к горизонталям, назначается главный или магистральный канал (фиг. 204а и б), впадающий выходною своею частью в реку. Иногда замечается такое явление: поверхность болота посередине бывает выше, чем у краев; в моховых болотах это явление обычное, в травяных же объясняется тем, что край болота вытаптывается или вытраивается скотом, почему торфяная почва на краях уплотняется, в нетронутой же середине, где и без того мощность торфа большая, процесс торфообразования продолжается. Невзирая на это, все же магистральный канал надо проектировать посередине. В некоторых

болотах остаются следы заглохших речек, в этом случае технически-целесообразным является назначение канала по руслу этих следов, как по направлению наибольшего ската.



Фиг. 204а.

Назначение магистрального канала составляет наиболее трудную часть задачи проектирования осушительной сети,



Фиг. 204б.

потому что всякая ошибка, всякое упущение неизбежно отражается на действии сети, способствуя расстройству,

заилению и зарастанию канав. Трудность часто увеличивается еще недоступностью болот, покрытых нередко большим слоем воды, с зыбучим верхним покровом, затрудняющим установку не только нивелира, но даже рейки.

Магистральный канал надо стараться вести насколько возможно прямолинейно, держась общего направления проходящего по болоту потока. Повороты надо делать с плавным закруглением, радиусом от 100 и более метров (фиг. 205). Затем надо канал проектировать в торфе, обходя и избегая нередко встречающиеся в торфяных болотах песчаные гряды,



Фиг. 205.

потому что песок подмывается водою снизу и образует обвалы. Устье магистрального канала в предупреждение наносов следует вводить в реку или даже и в сухую долину, но непременно по течению последней.

Чтобы во время весеннего разлива вода из реки не падала в канал, на нем ставится водоспуск или шлюз со щитами, которые при половодьи закрываются; в обыкновенное же время, когда уровень воды в канале выше горизонта воды в реке, щиты держатся открытыми. Здесь уместно применение автоматических щитов; вяжутся они как обыкновенные ворота или двери и укрепляются в стойках на шарнирных петлях. При этом щиты должны быть настолько легки и подвижны, чтобы поддавались давлению потока в канале; при поднятии же уровня в реке, вода прижимает щит к четвертям, выбранным в сваях, и не проходит в канал.

Шлюзы вообще необходимы на осушительной сети на случай пересушивания. Закрывая щит и останавливая воду, мы этим самым поднимаем уровень как в канавах, так и в почве, куда вода фильтруется через откосы канав.

Только в маленьких или узких болотах до 100 метр. ширины можно ограничиться проведением одной канавы; обыкновенно же кроме главного магистрального канала *MN* (фиг. 204) проводятся впадающие в нее второстепенные *ab*, *cd*, *ef* (фиг. 204, 206) или осушительные, иначе—собирающие канавы; иногда к последним добавляются еще верховые канавки, так назыв. стрелки.

В тех случаях, когда на болото вода поступает из ручья и если ее нельзя перехватить магистральным каналом, к ручью



Фиг. 206.

подводится особая канава от канала. Если же грунтовые воды выходят в нагорной части, но не выклиниваются наружу, то они собираются в канаву и затем уже выводятся в магистраль. Такие места легко распознать по густой растительности ярко окрашенных осок, по вязкой почве, в которой заметна вода с бурым выделением железа.

Так как всю совокупность осушительной сети вода с заболоченной поверхности поступает в магистральный канал, то размеры его должны быть таковы, чтобы он в любом сечении мог пропустить весь заданный и определенный для данной площади расход. Расчет отверстия канала ведется не на ливневые воды, а по осушительному гидромодулю (0,35 секундolitров с гектара), т. е. принимается, что пропускная способность канала должна быть такова, чтобы в секунду с каждого гектара площади было спущено 0,35 литра. Умножив эту величину на число гектаров

водосбора, найдем требуемый для канала секундный расход Q . Эта величина осушительного гидромодуля берется при водосборе сравнительно небольшом до 1.000 гектаров, если же водосбор измеряется в 15 тысяч и более гектаров, то гидромодуль должен быть уменьшен до 0,15 литр. Промежуточные величины определяются по параболической кривой, основные координаты которой выражаются этими двумя точками.

Иначе расчет ведется по формуле профессора Дубаха (см. примечание 12).

Определив секундную величину расхода Q , задаемся скоростью v , при чем для глины и мелкого песка скорость должна быть не менее 0,20 метра*), для крупного песка, суглинка и разложившегося торфа—0,30 метр., для осокового торфа—0,80 метр. и для сфагнумового—1 метр.

Скорость следует назначать везде одинаковую, увеличивая ее только к устью канала.

Затем по формуле

$$Q = Fv$$

находим площадь живого сечения. Откосы при этом надо задавать не больше 1:1, а в мховом торфе и более крутые (до 1:1/4), так как пологие откосы быстро зарастают, а пересушенный у бровок торф превращается в пыль, засаривающую канаву.

При выборе ширины надо считаться с тем, что при широком дне движение замедляется и канава зарастает, что в осушительном деле является большим злом.

При назначении глубины надо сообразоваться еще с двумя факторами: с требованиями агрономическими, чтобы для нужд растений горизонт грунтовых вод был на определенном уровне, и с требованиями гидравлическими, чтобы канава при данной площади сечения пропускала необходимый расход. Для луговых, лесных и полевых культур считается достаточным понижение уровня грунтовки около 0,50 м., но так как линия депрессии круто падает к канаве и на участке горизонт подземной воды будет стоять значительно выше уровня воды в канаве, то глубина в 0,50 м. является не вполне достаточной. Затем, при выборе глубины надо помнить, что канал не должен врезываться в минеральную подпочву. Таким образом глубина канав отвечает выработанной практикою осушения величине 0,75—1,25 м., при ширине дна 0,40—1,00 м. с одинарными откосами.

Необходимо не упускать из вида, что для получения размеров полного сечения, надо к расчетному сечению прибавить расстояние до бровки = 0,50 м.

*) При скорости, меньшей 0,20 метра, создаются условия, благоприятные для выплывания малярийного комара.

Уклон дна магистрального канала должен следовать общему уклону болота, но уклон в 0,0001 является чрезмерно малым, и достаточно ничтожного засорения в какие-нибудь 20 сант., чтобы подпор распространился на 2000 метр., замедлив и без того малую скорость. Уклон же в 0,005 хотя и является допустимым по скорости, но при полном наборе канала скорость может оказаться больше предельной. Поэтому надо считать максимальным уклоном 0,002, и наоборот при 0,0002 осушка уже является ненадежной; лучшим уклоном надо считать 0,001. Следует, насколько возможно, уклон проектировать однообразный на всем протяжении, так как в противном случае происходят размывы и заплывания.

Определив таким образом элементы канала, подсчет еще проверяется по формулам Шези и Гангюиллье и Куттера, взяв коэффициент $n = 0,03$, чтобы узнать, насколько выбранная скорость согласуется с уклоном i , и если по подстановке в формулу

$$v = c\sqrt{Ri}$$

уклон окажется очень большим, то скоростью v надо задаться меньшею и наоборот. Так поступают до тех пор, пока не будет достигнута нужная согласованность между этими двумя главнейшими элементами канавы, и тогда уже окончательно останавливаются на величине живого сечения F , a , следовательно, и на размерах глубины и дна канала (см. приложение).

Если расходимость в подсчитанном Q' с определенным по водосбору Q будет не больше 0,01, ею пренебрегают, но необходимо, чтобы Q' было больше Q .

При водосборе в 300 гектаров размеры канавы очень малы, поэтому сечение не рассчитывается, а берется минимальная ширина по дну 0,40 м., с глубиной (полною) в 1 метр.

Что касается второстепенных или иначе—собирательных канав, то они вообще не рассчитываются. Глубина им дается в 0,50—0,75 м. при минимальной ширине в 0,30—0,40 м. и одинарных откосах (в торфе до 1:1/4).

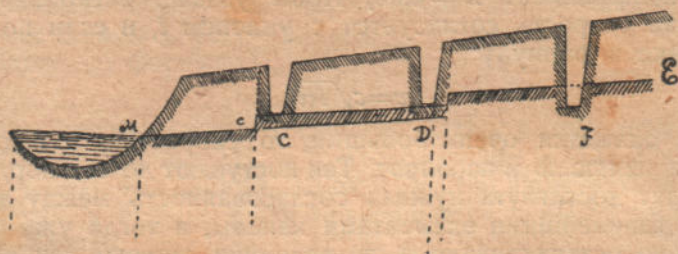
Так как назначение этих канав заключается в перехвате вании воды, стекающей по поверхности болота, то канавы должны идти по горизонталям и перпендикулярно к магистральному каналу, идущему поперек горизонталей, но если провести канаву по горизонтали, то вода в ней будет стоять без движения, и поэтому им надо давать уклон не меньше 0,0002 и вводить их в магистраль под уклон в 120° , при чем в начальной своей точке собирательные канавы сходят „навет“. Канавы эти прокладываются параллельно одна другой, при этом расстояние между ними зависит от характера почвы

и от тех культурных задач, ради которых производится осушение. При 40% воды, например, суглинок является мокрым, а те же 40% в торфе уже пересушивают его и вызывают увядание растений. Практически принимают при обращении болота в культурный луг каналы проводить через 200—300 м. одна от другой; для огородных культур расстояние оставляют такое же, но перпендикулярно к ним, через 30—40 метров проводят маленькие стрелки.

В моховых болотах расстояние увеличивается до 500 метр. При осушении в лесах для сосны боковые каналы проводят через 200 метр. и для березы—через 500 метр.

В дальнейшем при проектировании осушительной сети надо держаться следующих положений:

- 1) Перепадов по мере возможности надо избегать, не



Фиг. 207.

делать их выше 0,40 м. и приурочивать к устьям боковых канав, так как в этом месте все равно приходится делать укрепление дна и стенок канавы.

- 2) Дно боковой канавы должно быть выше дна магистрального канала на 0,20—0,30 м., при этом, так как динамическая сила воды пропорциональна ее массе, то скорость воды малой канавы не будет влиять на скорость воды в магистральной.

- 3) Если бы дно какой-либо канавы (фиг. 207) оказалось ниже дна канавы магистральной *EM*, то надо понизить дно как магистрали, так и всех канав, т. е. *D* и *C* до перепада *c*, а если перепадов нет, то понижение это распространяется на всю сеть до устья.

Последнее обстоятельство указывает на то, с какою осмотрительностью должно вестись проектирование осушительной сети.

- 4) Вообще не следует преувеличивать размеров канав в видах осторожности, чтобы не пересушить болота, так как замечено, что если во время весеннего половодья и летних паводков вода не доходит до берегов канав, то болото пересушено.

Если болото имеет большую водосборную площадь, то по границе его с верховой стороны проводят нагорную канаву с целью перехватить воды, как притекающие с соседних площадей, так и выклинивающиеся грунтовые. Рассчитываются эти канавы, как и магистральные, по водосбору, а в этом случае магистральные рассчитываются уже по площади болота, ограниченной канавами. Нагорные канавы должны быть проложены возможно ближе к суходолу, должны проводиться с возможно меньшим числом поворотов и в низовой своей части перед входом в водоприемник должны иметь отстойники для предупреждения засорения водоприемника наносами. Скорость в нагорных канавах не должна быть меньше 0,5 метр.

По окончании всех вычислений и выяснений всех данных, проект переносится в натуру.

Прежде других роются нагорные (лозчие) канавы, затем магистральный канал и, наконец,—бокозы.

Выемку канав следует производить в наиболее сухое время (в июле, августе и до половины сентября), особенно это важно для болот, покрытых водой. Прежде всего начинают с устья и постепенно подвигаются вверх против уклона, чтобы обеспечить сток воды. На первых порах при рытье встречаются большие затруднения. Чтобы помочь спуску воды, раскапывается жидкий торф около русла канавы, выбирают кочки и пни. Затем, для более деятельного стока по оси канавы вынимается канавка (кювет) глубиной 0,25—0,30 метр. В эту канавку уходит вода с ближайшей местности, после чего является возможность копать землю до требуемых размеров.

Когда стенки канавы несколько уплотнятся, можно начинать выемку, и чем шире размеры канавы, тем больше шансов на успех. Приступая к рытью, отмеривают по кювету величину примерно дневной работы и кювет перепруживают перемычкой впереди; вечером воду спускают, а перемычку ставят по кювету выше для работы следующего дня (фиг. 208).

При уклоне болота около 0,0001 воды обыкновенно бывает очень много, и борьба с нею весьма затруднительна. В таких случаях снимают верхний болотный слой или срезают кочки и из комьев укладывают вдоль проектированной канавы валики длиной 50—100 м.; концы этих валиков замыкаются поперечными перемычками и, таким образом, получается со всех сторон огражденное пространство, из которого одновременно выкачивают воду и возможно быстрее роют канаву, при чем вынутая земля идет на боковые ограждения.

В предупреждение быстрого заплывания, по бокам канавы забиваются колья, а за них закладывают хворост, фашины, приваливают и притаптывают торф, добытый из канав, и пр.

Так как торф дает большую осадку, то глубина канавы уже в течение месяца значительно уменьшается, то же происходит и с шириною канавы, поэтому при рытье надо брать размеры более проектных.

Чем дальше от края канавы будет отброшена земля, тем меньшее давление испытывают ее стенки, поэтому вынутую землю следовало бы разбросать по площади болота,



Фиг. 208.

но это возможно только при незначительных выемках, в большинстве же случаев делают так: землю выкидывают на обе стороны за бровку канавы, а затем, когда она несколько просохнет, ее сбрасывают в кавальеры, т. е. в валы, при чем от края бровки до кавальера оставляется берма в 1 метр или равная глубине канавы, для предохранения откосов от обвалов.

Кавальеры вообще нежелательны: с ними больше работы, они уплотняют землю у бровок, мешают воде стекать в канаву. Гораздо лучше землю разбрасывать и разравнивать в углублениях, тогда болотная растительность гибнет задущенная торфом, а торф быстро разлагается и дает хорошую почву, но на травяном болоте, назначенном под сенокос, свежий торф может вызвать отравление почвы, поэтому при всяком осушении всегда складываются кавальеры. В нагорных и в собирательных канавах кавальеры складываются на одну только низовую сторону.

Через 20—40 м. в кавальерах прорезываются воронки (фиг. 209)—канавки, шириною в 0,30—0,50 м. и глубиною

в откосе канала—0,30 м., а в верхней части в 3—5 метра, за кавальером воронка сходит „на-нет“.

Располагаются воронки в шахматном порядке через 10 метр. по обеим сторонам. В бермах и кавальерах лес должен быть спилен до поверхности земли, а кустарник выкорчеван.



Фиг. 209.

На кавальерах прокладываются сеновозные дороги, тогда в воронки закладываются фашины и засыпаются землею.

Проектируя осушительную сеть, следует сечение канав выбирать с таким расчетом, чтобы откосы и дно их не требовали укрепления, так как это сильно удорожает стоимость устройства; однако, в некоторых случаях нельзя обойтись без укрепительных мер; такими местами являются повороты, устья канав, пороги, переломы уклонов.

Укрепления делаются самые простые—дерном, фашинами, хворостом.

В тех случаях, когда грунт болота состоит из пльвуна или, в особенности, когда торфяник имеет большую глубину и когда при рытье разжиженная масса выдавливается снизу и с боков, довести канаву до желаемой глубины можно только с устройством плетневых или даже деревянных укреплений. Для этого по обеим сторонам канавы забивают сваи парами (свая против сваи), перекрывают их насадками и через несколько пар схватывают хомутами. Стенки делают



Фиг. 210.

из досок или пластин, которые закладывают постепенно одна за другую. При надавливании сверху, доски опускаются, а в это же время производят выемку жидкого торфа.

Для переезда через осушительные канавы при пересечении их дорогами строятся мосты простой балочной системы (фиг. 210), шириною в 4—5 м.; пешеходные же мостики делаются в 1,25 м., при чем настил моста должен возвышаться над поверхностью болота на 1 метр. Посередине канавы не должно быть никаких свай, стесняющих живое сечение. К мосту устраиваются выезды.

Водоспуски или шлюзы ставятся упрощенного типа— без стен и полов, с одним шпунтовым рядом, забитым ниже дна канавы.

Отверстие водоспуска определяется следующей формулою:

$$b = \frac{Q}{m(a + \frac{2}{3}h)v},$$

где b —ширина отверстия, Q —расход воды в канаве;

m —коэффициент трения = 0,90; v —скорость воды в канаве; h —величина подпора воды перед водоспуском, при чем

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

Первое видоизменение в характере болота по мере его осушки выражается тем, что вода, стоявшая на поверхности и задерживаемая кочками, стекает; горизонт почвенной воды также понижается; торфяной пласт, освобожденный от воды, уплотняется и происходит так называемая „посадка“ болота. Сначала болото садится вдоль главной канавы, опускаясь к бровкам; с проведением же осушительных канав посадка распространяется далее, и через несколько лет все болото приобретает ровную поверхность. Если спустя некоторое время окажется, что уровень болота около канавы ниже, чем общая его поверхность, то это будет означать, что болото осушено не вполне и канавы недостаточно извлекают воду. Если же около канав будет на поверхности застаиваться вода, то это явный признак, что канавы проведены неправильно, напр., не по самым низким точкам болота.

При посадке болото давит на нижележащие слои и на дно канав и под этим давлением из дна появляются при почившего когда-то здесь леса и которые до осушки были закрыты торфом. Кочки на болоте исчезают совершенно через 2 года. Водяные растения: камыш, ситники, осоки и др., исчезают уже на следующий год после удаления воды и уступают место мягким „сладким“ злакам (лисохвост, манник и др.).

Вообще же влияние осушения на изменение флоры болота происходит очень медленно; болотные травы отмирают постепенно, а сладкие злаковые травы развиваются не скоро, почему производительность болота в первое время даже падает. И если осушенное болото предоставить самому себе, без дальнейших агрономических мелиораций, то оно долго не дает хорошего травостоя, при этом происходит усиленное заселение разных негодных сорных трав.

Спустя некоторое время, осушительная сеть приходит в расстройство, выражающееся изменением формы поперечного сечения и заплыванием канав. Происходит это как от неизбежной посадки болота, так и от неправильного составления проекта и неудовлетворительного его исполнения, например, если слишком малы уклоны, круты повороты, если плохо сделаны устья, резкие перемены скоростей, крутые откосы; словом, все то, что размывает грунт, отрывает его частицы и отлагает наносы; затем причину расстройства является небрежное обращение с канавами населения, допускающего в них мочку льна и конопли, устраивающего

перепруды для переездов, и растаптывание стенок и откосов скотом. Кроме заплывания, другим важным врагом канав является растительность на дне и откосах, уменьшающая свободную площадь живого сечения канавы и задерживающая муть. Поэтому, чтобы сеть всегда исправно работала, необходимо производить ремонт канав и по мере усадки болота восстанавливать проектные размеры канав как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Затем, из русла надо удалить падающие ветви, а также уничтожить запрудки, растительность же выкашивать. Нанос снимается кюветом на «штык» и так, чтобы откосы все время оставались нетронутыми, для чего кювет делают с крутыми стенками. Надо также следить за состоянием водоприемника и принимать меры по очистке реки от наносов, заграждений и всего, что вызывает подпор.

3. Осушение закрытыми канавами

(Дренаж)

Кроме открытой осушительной сети, в некоторых случаях устраивается осушение закрытыми канавами или дренаж.

Слово «дренаж» происходит от английского to drain, т. е. отводить. Дренаж состоит в том, что на некоторой глу-



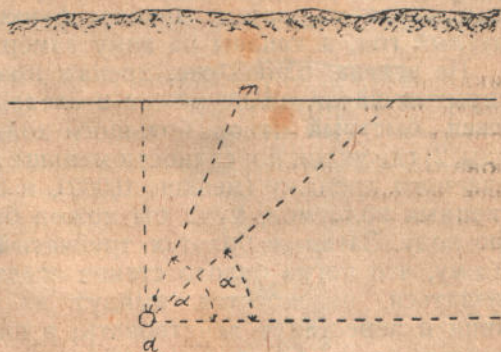
Фиг. 211.

бине под землю укладываются ряды трубок малого диаметра—дрены, в них собирается вода, просачивающаяся сквозь землю, и направляется в трубы большого диаметра—коллекторы, по которым затем спускается в канавы, овраги, речки и т. п.

Начало применения дренажа к земледелию относится к весьма древнему времени. Способ осушения земли крытыми ровиками, наполненными мелким камнем, существовал у римлян еще во времена Тиберия, весьма естественно, что римляне этот способ заимствовали у народов еще более древних.

Теория дренажа состоит в следующем: если на некоторой глубине ниже горизонта грунтовых вод будут заложены трубки A и B (фиг. 211), то они нарушат равновесие

горизонта воды, и картина этого нарушения будет такова: частицы воды, наполняющие промежутки почвы, стремясь опуститься вниз, будут давить на нижние частицы у трубок и заставят их входить туда*). Как только частицы воды попадают в трубки, в грунте образуется пустота, которая начнет замещаться вышележащими частицами, и таким образом горизонт грунтовых вод ab начнет понижаться, при чем частицы воды, прямо расположенные над трубками, опустятся скорее, чем всякие другие. Так, если обозначим через v_0 скорость движения частицы воды, непосредственно расположенной над трубкою d (фиг. 212), то скорость частицы m , направляющейся к той же трубке, будет



Фиг. 112.

$$v = v_0 \sin \alpha,$$

где e —угол, образующийся линией md с горизонтом, и чем этот угол меньше, тем скорость движения частиц воды будет более замедлена и тем и живая сила опускающейся грунтовой воды будет меньше. Следовательно, наименьшей скоростью, приближающейся к нулю, будет обладать частица, находящаяся посередине между обеими трубками.

Если бы вода не обладала силою капиллярности, заставляющей ее подниматься между частицами почвы, то линия депрессии совпала бы с линией трубок, но действием этой силы объясняется существование особого слоя почвы над трубками, пропитанного водою. Толщина этого слоя h_0 зависит от свойств (плотности) грунта.

Итак, дренаж, заложенный ниже уровня грунтовых вод, понижает их горизонт на $h - h_0$ над трубками и на $h - h_1$ посередине между ними.

Влияние дренажа на почву гораздо полнее, чем осушение открытыми канавами. Грунт, прорезанный линиями дренируемой воды, разрыхляется под влиянием сырости, мороза и высыхания; почва становится пористой и хорошо вентилируется. Раньше просыхая с поверхности весной, такие почвы скорее и прогреваются; корни растений свободнее идут в них вглубь, почему не только лучше используются

*) Предполагается, что дренажные трубки имеют такое устройство, которое делает их доступными для воды.

питательные вещества, но растения и лучше противостоят засухе, чем на почвах недренированных. Дренированная глинистая почва в сухое время и на поверхности не так тверда, как недренированная. Кроме этого, с применением дренажа выигрывается площадь, пропадающая под открытыми канавами, затем дренаж функционирует постоянно, круглый год, а каналы на зиму замерзают.

Не всегда, однако же, дренаж применяется, и заменить открытых каналов он не может в следующих случаях: 1) где нужен быстрый отвод большого количества поверхностей воды, 2) где уклон поверхности меньше минимального уклона, даваемого дренажу (меньше 0,002), и 3) где нет таких естественных водоемов, куда бы можно было спустить дренажную воду. Затем, в болотах трубчатый дренаж неприменим потому, что когда болото станет оседать, то трубки будут смещаться, перекосятся, выйдут из непрерывной прямой линии и перестанут действовать; в низинных же травяных болотах, очень богатых содержанием железа, может произойти закупоривание трубок выделением гидрата окиси железа, поэтому для болот дренаж применяется хворостяной или жердевой.

Дренаж наиболее полезен не для мокрых, а для так называемых „холодных“ земель, т. е. таких, которые находятся в состоянии избытка влажности.

Определить необходимость дренажа по наружному осмотру места весьма трудно.

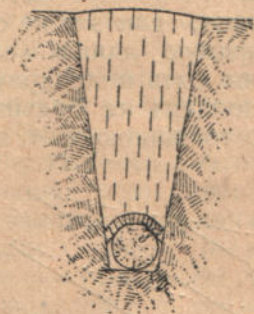
Существуют признаки, указывающие только отчасти на то, что земля нуждается в дренаже. Так, если поздней осенью сделать в земле палкою дыру, глубиною в метр, и если после нескольких сухих дней в ней окажется вода, затем, если на поле растут лютики, хвощи или осока, то такие земли следует дренировать.

Вообще применение дренажа в России уместно там, где величина годовых атмосферных осадков около 600 миллиметров.

Фашинный дренаж устраивается так: на дно канавы укладывается одна, две или три фашины и концы их плотно стыкаются (фиг. 213, 214), а сверху они закрываются соломой или дерном травой вниз, чтобы промежутки между хворостинами не забились землею, а затем вся канава доверху засыпается. Если в почве нет пльвуна, то такой дренаж долго сохраняется и действует исправно, но он довольно дорог и требует большого уклона.

Каменный дренаж. В местностях, изобилующих камнем, в канавы насыпается крупный гравий, кругляки и щебень, слоем в 0,30 м., и трамбуется. Сверху кладется дерн

травую вниз или солома, и канава засыпается землею. Этот способ хорош тем, что корни растений и землеройки не могут проникнуть в утрамбованный щебень, но зато движение воды получается очень медленное, потому что на своем пути вода должна постоянно обходить препятствия в виде отдельных камешков. Этот недостаток устраняется дренажем



Фиг. 213.



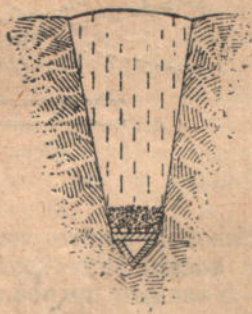
Фиг. 214.

из каменных плиток (фиг. 215), которые сверху засыпаются мелким камнем в предупреждение засорения.

Для рыхлых торфяных грунтов хорошим дренажем является жердевой; для этого берут тонкие жерди, связывают их пучками по 3—5 штук и укладывают в канавы, на жердях оставляют короткие сучья. Укладываются жерди комлями вверх по течению и отдельные пучки плотно соединяются между собою. Сверху застилают травую, мхом, листьями и затрамбовывают землею.

Самым совершенным является гончарный дренаж из неглазурованных глиняных трубок. Гончарные трубки имеют длину около 0,30 м., толщину стенок около 6 мм., а диаметр их изменяется в зависимости от назначения. Так, трубки всасывающие, или собственно дрены, имеют диаметр 4—5 см., а диаметр труб отводящих, или коллекторов*), колеблется от 10 до 15 см.

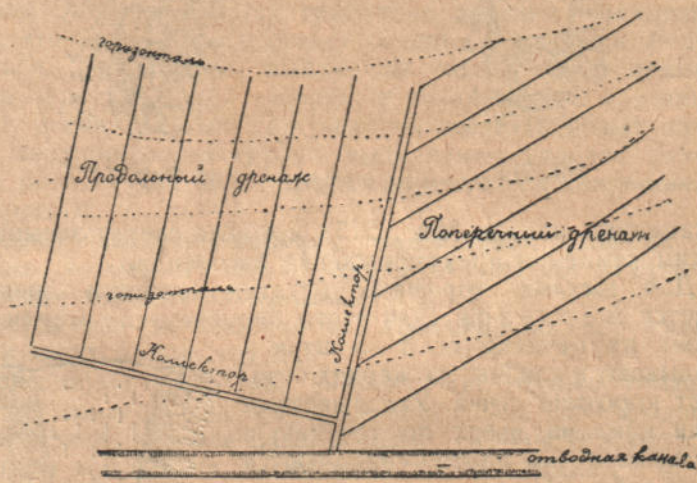
При приемке труб надо обращать внимание, чтобы они были хорошо обожжены и не имели трещин. При ударе одна о другую трубы должны издавать чистый, ясный звук, указывающий на полный прожог и на отсутствие трещин. Такой же ясный звук трубы должны издавать и после



Фиг. 215.

*) Коллекторы делаются также и из глазурованных труб.

3—4 дней погружения их в воду. Намоченная на сутки труба не должна увеличиться в весе более, чем на 15⁰/₁₀₀. Каждая труба должна быть надлежащей длины, правильного кругового сечения и определенного диаметра, разность в диаметре нельзя допускать больше 4 мм. Обрез трубы не должен иметь ни шероховатостей, ни пенки, должен быть чистый и прямой, и плоскость его должна быть перпендикулярна к оси трубы у ее конца; если это не соблюдено, то укладка труб в одну прямую линию делается невозможной. Далее, трубы должны быть цилиндрические и прямые, кривизна может быть допущена не больше, как в ¹/₁₀₀ длины трубки, и планочка толщиной в 4 мм. не



Фиг. 216.

должна проходить между кривизною трубы и горизонтальною доскою при трубе длиною в 0,30 м.

Укладке дренажа, как и вообще всякой технической работе, предшествует составление проекта, для чего производятся изыскания с целью определения площади, рельефа, уклона, водосбора, характера почвы и подпочвы и глубины залегания грунтовых вод.

Существуют две системы расположения сети: продольная, когда дрены располагаются по линиям наибольших скатов, поперек горизонталей, а коллектор приблизительно параллельно горизонталям (фиг. 216); другая система поперечная, когда по линии наибольшего ската укладывается коллектор, а дрены или параллельно горизонталям, или наискось к ним. В пользу второй системы говорят следующие соображения: задача дренажа—отводить воду как

можно полнее и скорее, поэтому, если дрены положить по линиям наибольших скатов, то, волею-неволею, коллектор придется положить по линии наименьшего ската и, следовательно, вода, которая быстро сойдет по дренам, встретит медленно текущую воду в коллекторе, произведет застой, при чем земляные частицы будут отлагаться в трубах и дренаж станет засоряться. Получается совершенно иное, когда коллектор заложен по наибольшему уклону. Не только не происходит застоя, но быстрота движения воды в коллекторе производит на дрены всасывающее действие, что еще больше увеличивает скорость опорожнения сети. Затем, расположение дрен наискось позволяет уменьшить их протяжение. Наконец, диагонально расположенные дрены так же пересекают воды проницаемых слоев, как если бы они были заложены по линиям наибольших скатов.

Дрены всегда располагаются параллельными рядами и прямолинейно. Во избежание противотечения дрены должны впадать в коллектор, так же, как и открытые каналы—в магистраль, под углом в 60° и не одна против другой, а в шахматном порядке.

Что касается коллекторов, то они спускают воду или в открытые отводящие каналы, или прямо в низины и реки, или в другие коллекторы высшего порядка.

Глубина заложения дрен, изменяясь в широких пределах, имеет однако же вполне определенные границы. Так, не следует закладывать дренаж выше линии промерзания, потому что от действия мороза дрены приходят в разрушение, весной же замерзшие трубки начинают свои действия поздно, отчего образовывается застой воды на оттаявших участках. На большой же глубине дренаж является делом очень дорогим. По отношению к грунтам дренаж закладывается в зависимости от степени проницаемости почвы; так, глубина для песчаных почв 1 м., для глинистых 1,25 м. В садах дренаж достаточен на глубине 1,25 м., на лугах 1 м. Что касается расстояния между дренами, то и оно зависит от плотности почвы и ее водопроницаемости. Приняв за среднюю норму для среднего грунта (суглинок) расстояние в 20 м., для пористых (песчаных) грунтов его надо увеличить до 30 м., а для плотных (глинистых) уменьшить до 10 м.

Следует помнить, что интенсивность осушки достигается двумя способами: 1) увеличением глубины заложения дрен и 2) уменьшением расстояния между ними. Экономически выгоднее, если нужно, опустить дрены ниже (не переходя границы), чем располагать их теснее, так как при тесноте потребуется больше труб.

Наименьшим расстоянием между рядами дрен считается глубина заложения, умноженная на 12 в обыкновенном

мокром суглинке, а в проницаемой почве на 25. По отношению к рельефу очень удобным является такое расположение, когда одна дрена выше (или ниже) другой не менее как на 0,50 м. Чтобы найти по этому способу место закладки дрен, надо от верхней дрены провести по профилю горизонтальную линию до встречи с наклонной поверхностью земли, опустив от точки встречи вертикальную линию и отложив на ней 0,50 м., получим точку места нижней дрены.

Расчет коллектора ведется по гидромодулю, который берется большим, нежели для открытых канав, именно 0,5 секундolitра на 1 гектар. Затем в зависимости от грунта надо задаться скоростью при очень слабом грунте в 0,10 м., при крепком даже до 1 м., большею этой скорости задавать нельзя, чтобы не произошло порчи труб и сдвига в стыках. Уклон коллектора задается параллельно уклону местности, но не меньше 0,002 и до 0,02. Если бы поверхность имела уклон меньший, чем 0,002, то в этом случае лучше проложить открытую осушительную сеть, чем дренаж. Диаметр коллектора найдется из основной формулы постоянства расхода или

$$Q = Fv$$

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} v,$$

подставляя вместо Q величину, найденную по площади и гидромодулю, а вместо v —величину, которою мы задаемся. Затем так же, как и при расчете открытых канав (см. стр. 223), скорость проверяем на уклон по формуле

$$v = c\sqrt{Ri},$$

задавшись в формуле Гангюилье и Куттера величиною $n = 0,013$.

Найденный по этому расчету d коллектора надо увеличить на $\frac{1}{4}$, так как нельзя трубу рассчитывать на полное наполнение, а непременно не больше $\frac{3}{4}$ ее поперечного сечения.

Расчет ведется также и по другому способу. Считается, что месячное количество осадков должно быть отведено в 14 дней. Исходя из этого, инженер Сикорский дает такие нормы для расчета дренажа при почве средней водопроницаемости:

Годовое количество осадков	Количество отводимой воды в 1 сек. с 1 гект. в литр.
500—600	0,436
600—700	0,476
700—800	0,515

При почве малой водопроницаемости надо считать $\frac{3}{4}$ выше приведенного количества, а в почвах хорошо проницаемых на $\frac{1}{3}$ больше.

Только в редких случаях ставятся коллекторы в 15 см., потому что такие трубы очень дороги, обыкновенно же употребляются коллекторы в 10 см. Отсюда величина дренируемой площади определяется и ограничивается диаметром коллектора в 0,10 м. Если бы для заданной площади этот размер оказался недостаточным, то ее разбивают на участки, из которых каждый дренируется отдельной сетью с самостоятельным коллектором. По большей части на один коллектор отводят от 2 до 4 гектаров площади, в зависимости от взятой скорости.

Что касается собственно дрена, то диаметр их всегда выбирается одинаковый в 4—5 см., но меньше 4 см. брать не следует, так как такие трубки легко засоряются. Уклон дренам дается большой: до 0,1, и если местность имеет уклон незначительный, то в верхней части дренируемой площади трубки закладываются мельче, в нижней—глубже.

Если, наоборот, уклон местности значителен и превышает предельный для дренажа, то линию труб разделяют на отдельные части с допустимым уклоном, и эти части связывают между собою перепадами, состоящими просто из труб, наклоненных под углом в 45° , или (что гораздо лучше) на перепадах ставят смотровые колодцы.

Так как одна дрена может осушить только ограниченную площадь, взятую пополам у соседних дрена справа и слева, то для длины дрена существует предельная величина, зависящая от диаметра и уклона. Взяв диаметр и уклон, находят секундный расход дрена

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} c \sqrt{Ri}.$$

Разделив эту величину на величину гидромодуля 0,5 сек. литра на 1 гектар, находим ту площадь P , которая этому расходу соответствует, т. е.

$$Q : 0,5 = P,$$

а разделив затем эту площадь на расстояние между дренами b , находим искомую длину дрена

$$\frac{P}{b} = l.$$

Но вообще длина более 100 метров не рекомендуется.

Если длина дренируемого участка очень велика, то его следует разделить на два, с отдельными самостоятельными коллекторами.

Все приведенные расчеты и соображения относятся к гончарным дренажам, в случае же применения другого

типа подземных канав точного учета сделать нельзя и только уклон для такого дренажа выбирается не больше 0,006.

Вычислением диаметров сети, обозначением ее на плане и составлением профилей оканчивается работа проекта, после чего он переносится в натуру.

Лучшее время для производства дренажных работ — осень, когда рабочие руки дешевы, поле свободно и земля суха, так как грунтовые воды стоят низко.

Разбивка работ состоит в установке вех на поворотах коллектора и на точках начала и конца дрен. Затем с правой стороны (по течению) каждой дрены забиваются контрольные колья через каждые 50 м. Прямая, проходящая через верхушки кольев, должна быть параллельна дну будущей канавы, и таким образом, натянув по кольям веревку, можно от нее прямо в любом месте отсчитать глубину канавы. Крайние колья выставляются по нивелиру и связываются с репером первоначальных изысканий, а промежуточные — забиваются по показанию визирок.



Фиг. 217.

Колья эти сохраняются на все время производства земляных работ.

Когда сеть разбита и пронивелирована, приступают к рытью канав. Сначала роют канаву отводную и канаву для коллектора, а потом уже для дрен. При этом надо непременно держаться общего правила: работу начинать с устья каждой канавы, чтобы обеспечить сток дождевой или грунтовой воды.

Так как дренажные канавы недолго остаются открытыми, то при рытье их стараются уменьшить земляные работы, поэтому канavam дают возможно меньшие размеры; так, при глубине 1 м. достаточно дать ширину по верху 0,40 м. для суглинка и 0,50 м. для супеска. Откосы делаются с уклоном от $\frac{1}{7}$.

Выемку ведут слоями, по 0,20 м. каждый. Рабочие делаются на партии по 3 человека. Первый нарезает канавы и вынимает первый слой, второй два следующих слоя, а третий вынимает последний слой и очищает дно канавы. Обыкновенно первый слой вынимается двумя штыками, при чем землю первого штыка и дерн откладывают в сторону от прочей земли. Для третьего слоя, где канавка сильно суживается, применяется особая лопата, уже и длиннее обыкновенной. После выемки делают подчистку особым совком (фиг. 217). Наконец, последний слой вынимается специальной лопаткой (фиг. 218), ширина которой внизу соответствует диаметру дренажной трубы. Для окончательной

очистки ямы употребляется совок (фиг. 219), по форме одинаковый с лопатой. При рытье последнего слоя надо следить, чтобы лопата сразу брала до проектной глубины, так как при недоборе дальнейшее углубление весьма затруднительно вследствие тесноты рва.

Трубы подвозят к полю и складывают в кучи. Когда рытье канав подходит к концу, трубы подносят к месту работы и укладывают одну возле другой на земляном вале у бровки канавы. Перед укладкой труб надо канаву начисто вымести метлой. Если перед этим прошел дождь, то надо выждать, пока канава подсохнет.

Трубы укладываются двояко: или в притык одна к другой, или же в стыках употребляются муфты, представляющие из себя такие же гончарные трубы с диаметром немного большим, чем наружный диаметр дрен, и длиной в 75 мм. Соединение муфтами значительно удорожает стоимость дренажа и употребляется редко, только при трубах очень малого диаметра, где малейшая разность в осадке двух смежных труб вызывает нарушение непрерывности струи.

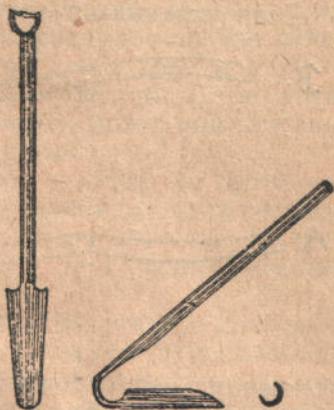
Муфты употребляются также при слабом грунте даже при трубах большого диаметра.

Укладка труб начинается с верхнего конца канавы во избежание засорения, при этом начало верхней трубы плотно затыкается. Для укладки труб употребляется особый крюк или костыль (фиг. 220), укрепленный на палке. На костыле имеется заплечик *S*, диаметр которого немного больше внутреннего диаметра трубы. Рабочий становится над канавою одною ногою на одной стороне, другою — на другой, затем, поддевает крючком трубку с земли, опускает ее в ров и плотно прикладывает к смежной, прежде уложенной.



Фиг. 220.

Если трубы изогнуты по оси, то, чтобы щели между ними не были велики, надо трубы класть не в таком положении, как в *A* (фиг. 221), а в таком, как в *B*. Опытный рабочий, надевая трубу на крюк, старается взять ее так, чтобы она сразу возможно плотнее легла к соседней; сотрясанием на стержне он поворачивает



Фиг. 218 и 219.

ее до тех пор, пока труба не ляжет, как следует, а потом легкими поколачиваниями заплечика S (фиг. 220) по стенке заставляя ее плотно приблизиться к соседней. Иногда приходится трубу вынуть и заменить другою.

Хорошая укладка узнается, если отдельную трубу нельзя вынуть, не сняв другой.

Если укладывают трубы с муфтами, то и труба и муфта



Фиг. 221.

надеваются на костыль сразу, при чем трубу держит заплечик, а муфту рукоятка. Все вместе опускают в ров и трубу поколачиванием заплечика вдвигают в ранее положенную муфту.

Коллекторы укладываются руками. Если опытных привычных к

дренажному делу рабочих нет, тогда канавам придают форму, изображенную на фиг. 222.

Если дренаж устраивается в пльвуне, то канаву роют широкую, крепят ее и дрены закладывают, как только прокопают хоть самый малый участок, при чем положение дрен все время проверяется нивелиром. Если грунт настолько слаб, что сразу нельзя пройти до проектной глубины, то углубляются насколько возможно, закладывают трубы, присыпают их и так оставляют; когда через некоторое время грунт подсохнет, канавы разрывают, вынимают дрены, углубляются дальше и так доходят до требуемой глубины. Так как дрены в слабом грунте, получая неравномерную осадку, ложатся одна выше другой, то их кладут на тонкую доску.



Фиг. 222.

Следует заметить, что, несмотря на плотное соединение дрен и на то, что вода в трубки попадает только через ничтожную щель в стыке, все трубки совершенно выполняют свое назначение, нередко дренируя воду полным сечением. Это подтверждается весьма простым расчетом: предположим, что каждый стык имеет зазор всего в $\frac{1}{4}$ мм., тогда при трубке диаметром только в 25 мм. площадь этого зазора будет:

$$\frac{1}{4} \pi d = 19,65 \text{ мм.},$$

трубка же с диаметром в 25 мм. имеет площадь сечения

$$\frac{\pi d^2}{4} = 491 \text{ мм.}$$

Разделяя второе на первое, находим

$$491 : 19,65 = \text{около } 25,$$

т. е. площадь трубы в 25 раз больше площади стыка и, след., 25 стыков дадут в сумме площадь, равную площади отверстия трубы. Так как 25 стыков при длине трубки в 30 см. укладываются на протяжении 7,5 м., то уже 7,5 м. дрены соберут такое количество воды, которое может пойти полным сечением в трубе с диаметром в 25 мм.

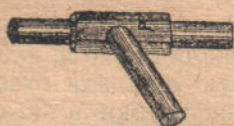
Если укладка труб какого-либо участка на время приостанавливается, то надо отверстие трубки заткнуть соломой, закрыть доскою, кирпичом и пр., потому что в трубку легко может проникнуть лягушка, мышь и друг. мелкое животное и закупорить ее.

По окончании укладки каждого ряда труб проверяют, составляют ли они прямую линию и имеют ли надлежащий уклон. В это же время следует палкою нажимать на концы каждой сомнительной трубки, и если при этом другой конец поднимается, то для увеличения опоры под трубку подкладывают сухие комочки земли.

Когда проверка окончена, надо безотлагательно приступить к засыпке канав. Работу эту нужно делать осторожно, чтобы на трубы не падали комья и чтобы не потревожить дренажную линию. Лучше всего на нижний слой в 0,5 м. употреблять глинистую землю и соскребать ее со стенок рва, чтобы она не падала, а скатывалась по стенкам. Ни в каком случае не следует употреблять для нижнего слоя песок, потому что увлекаемый водою он проходит в зазоры и засаривает трубы. Не следует также покрывать перед засыпкою трубы соломой, мхом и др. органическими веществами, которые, гнивая, закупоривают щели. Более крупные швы перед засыпкою прикрываются черепками от разбитых труб. Остальную засыпку можно производить всякою землею, при этом она уминается ногами. Сверху над канавой образуют маленький земляной валик и прикрывают его дерном, снятым и отложенным в сторону при начале рытья. При грунтах плотных, глинистых, канаву заполняют только на половину, остальную же часть оставляют открытою до следующего лета, тогда от зноя и мороза почва даст трещины и сделается более водопроницаемою.

При встрече двух труб одинакового диаметра на стык надевается длинная муфта (фиг. 223), в которой пробивается отверстие особым молотком (фиг. 224) с острым носком. Сопряжение дрены с коллектором следует делать, как показано

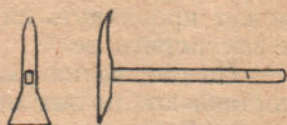
на фиг. 225, а не так, как на 226, потому что во втором случае движение воды по коллектору представляет сильное сопротивление движению в дрене. На каждое соединение труб прежде их засыпки надо набросать несколько черепков.



Фиг. 223.

При встрече двух дрен одинакового диаметра в углах, соединение делается так, что в трубках пробиваются отверстия (выкружки) и трубки накладываются одна на другую этими отверстиями (фиг. 227), при чем, конечно, нижняя дрена укладывается по течению. Концы трубок a' , а затыкаются пробками.

На всех поворотах линий, на местах изменения уклона, а также и там, где сходится несколько труб, ставятся контрольные колодцы. Обыкновенно колодцы состоят из таких же гончарных труб диаметром в 36—38 см., сверху они перекрываются или плитой или особой крышкой и располагаются под землею не ближе, как на 0,40 м. от поверхности (фиг. 228), чтобы не мешали обработке почвы. Для того, чтобы видеть и слышать по звуку действие дренажа в колодце, надо трубу, приводящую воду, располагать выше трубы отводящей.



Фиг. 224.

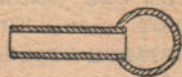
Устья дренажной сети часто повреждаются или умышленно или шалостями детей; в устья также заползают мелкие животные—мыши, кроты и в особенности лягушки; эти последние забираются туда в молодом возрасте, пролазят в дрены, вырастают там за зиму, а весной не могут повернуться, чтобы выбраться, и закупоривают собою трубку. Обыкновенно коллектор оканчивается, за 1 метр не доходя до устья, и конец его делается или из камня или из досок (фиг. 229). В больших сетях устья выполняются из кирпичной кладки на цементе (фиг. 230). Выход коллектора должен быть гарантирован от затопления подпором.



Фиг. 225.

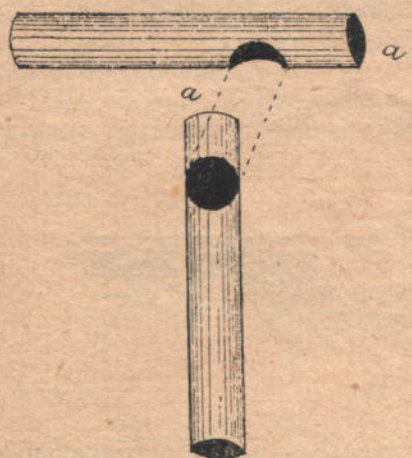
Против проникновения в трубку животных рекомендуется в последнем стыке коллектора заложить проволочную решетку.

При хорошо устроенном дренаже надзор заключается только в прочистке отводных канав, в закрытии устья на зиму и в открытии его весной. Но и в хорошо устроенном дренаже сплошь и рядом происходит засорение дрен вследствие отложения землистых, известковых и железистых

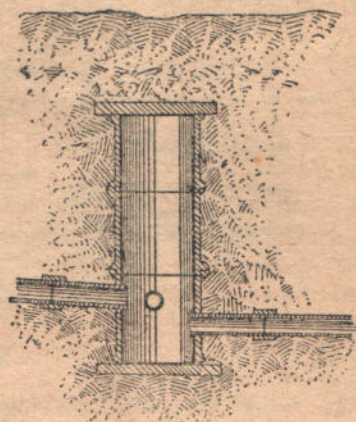


Фиг. 226.

наносов. Предупредить образование осадка невозможно, остается только позаботиться, чтобы осадок не скопился в большом количестве и чтобы он выносился во время сильной воды, бывающей после продолжительных дождей, для



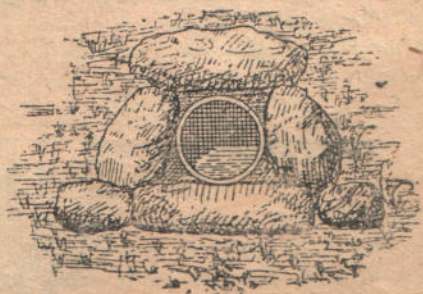
Фиг. 227.



Фиг. 228.

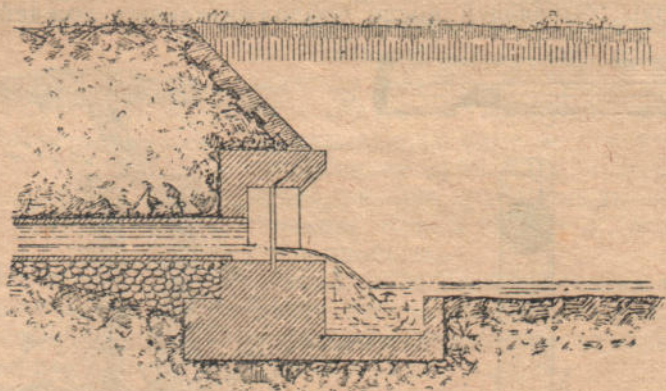
чего трубы должны быть уложены правильно, должны иметь хороший уклон и не должны быть засорены соломинками, мхом, ветками и т. п.

Закупорку труб производят также корни растений. Попадая в стык, корешки образуют в дрене войлокообразную массу и закупоривают отверстие. В предупреждение этого рекомендуется несколько способов: 1) надо дрены располагать не ближе 20 метр. от деревьев; 2) параллельно дренажной роется обыкновенная канава и заполняется щебнем, в этой канаве останавливаются корешки и не идут дальше; 3) в садах, где приходится дрены проводить близко к деревьям, применяется хороший, хотя и дорогой, способ Рероля (фиг. 231), заключающийся в том, что муфты заполняют внутри цементом и дрены становятся непроницаемыми, а через каждые 5 метр. под дренами роют глубокие колодцы, наполняют их камнем и опускают туда



Фиг. 229.

вертикальные трубки, снизу открытые и соединяющиеся с нижней стороною дренажной линии. Вода из почвы по-

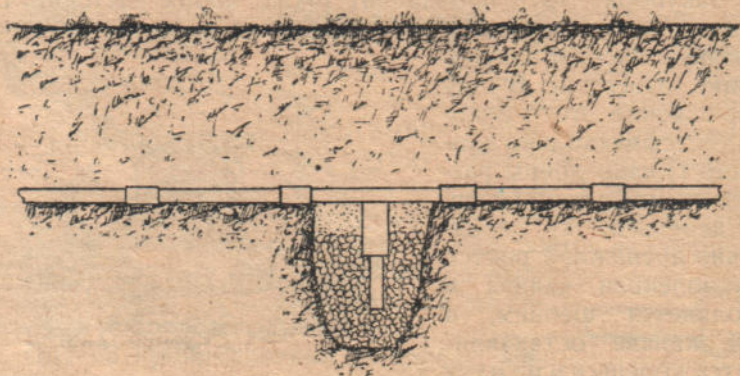


Фиг. 230.

падает в колодцы, а из них, подымаясь по вертикальным трубкам, входит в дрены.

Если на поверхности имеется впадина или проходит дорога, то стыки перекрываются муфтами и цементируются (фиг. 232).

Если часть дренажной линии будет повреждена, то это повреждение обнаруживается на поверхности земли, именно—



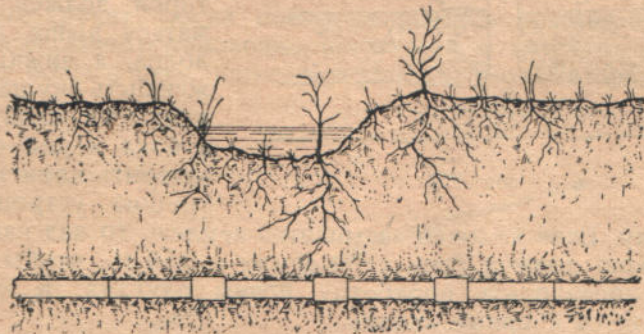
Фиг. 231.

часть поля выше поврежденного места будет влажнее, чем остальное дренированное пространство. Исправляется повреждение двойко: промывкой и прочисткой. В первом случае воду в дренажной линии сначала задерживают, а потом сразу спускают, и вода сильным движением уносит нанос.

Для прочистки же сначала разрывают яму вдоль дренажной линии, вынимают две трубки около закупоренного места, просовывают в дрены жесткую проволоку или прут и, двигая вперед и назад, стараются пробить нанос.

Надо чаще убеждаться в исправном действии дренажа, это достигается наблюдением за течением воды в устье и в колодцах, при чем слишком мутная вода указывает на образование наноса.

Как на один из существенных недостатков дренажа, указывают на выщелачивание из почвы питательных веществ;



Фиг. 232.

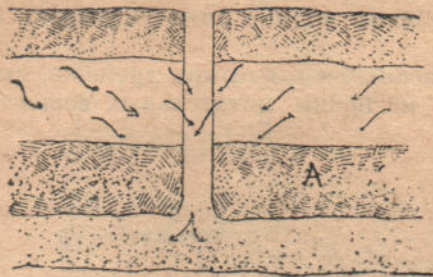
необходимо, однако же, заметить, что выщелачивание это в общем ничтожно и редко доходит до $\frac{1}{1000}$ веса дренируемой воды; нужно только следить, чтобы с водою не выносились твердые частицы грунта. По отношению же к благоприятным результатам дренажа потери эти настолько малы, что на них совершенно не обращается внимание; это видно уже хотя бы из того, что, напр., урожай на дренированных землях в среднем повышается до 40—50%.

4. Вертикальный дренаж

Вертикальный дренаж из, так называемых, поглощающих колодцев применяется в том случае, когда проницаемый слой подстилается непроницаемым пластом небольшой мощности, за которым опять идет слой проницаемый. Тогда, пробив в пласте А (фиг. 233) скважину, открываем выход для поверхностных вод, которые и стекают в колодец. Для успеха дела необходимо, чтобы нижний проницаемый пласт не был насыщен водою, иначе может произойти обратное явление—поднятие воды. Следовательно, прежде, чем устраивать колодцы, необходимо исследовать характер и расположение пластов, и если под проницаемой почвою обнаружится

голубой ил, успех будет сомнителен; если же под слоем глины окажется ненасыщенный песок, можно наверно приступить к устройству колодцев.

Система вертикального дренажа состоит в том, что в разных местах роются ямы в 2 м. глубиною и 1 м.

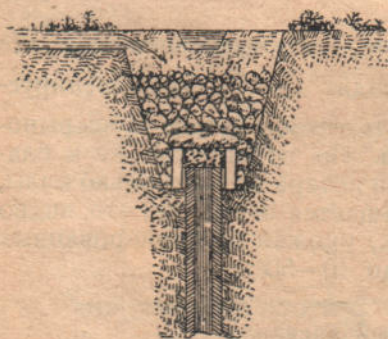


Фиг. 233.

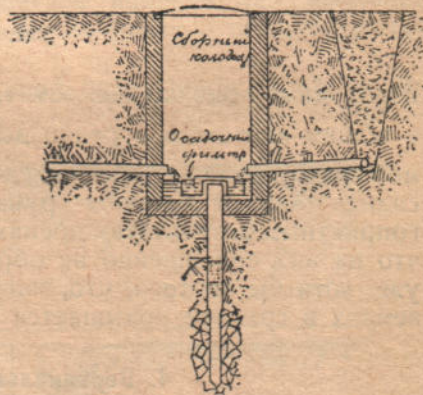
в диаметре. На дне ям делают скважину (фиг. 234) в 15 см. и в скважину вставляется труба, верхний край которой должен подниматься выше дна колодца, а нижний должен быть опущен в проницаемый слой; затем и бока и дно следует завалить камнем, а над трубою устроить по-

крышку. Если колодец засыпается землею, то над каменную засыпкою должен быть слой земли в 0,50 м., чтобы можно было производить обработку почвы плугами. К колодцу проводятся сборные каналы.

Подобного же рода поглощающие колодцы (фиг. 235)



Фиг. 234.



Фиг. 235.

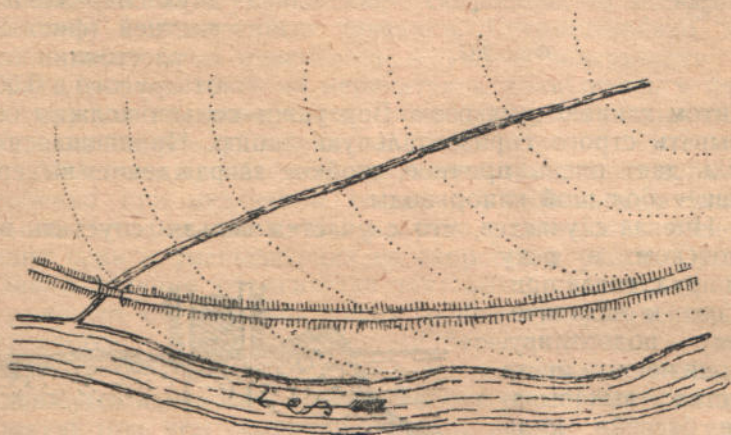
устраиваются для осушки зданий, сырых мест и для удаления жидких отходов (помоев).

Если поглощающий слой является водоносным, нельзя допускать в него спуск грязной воды, так как неизбежно происходит загрязнение грунтовых вод; при этом в песке колодец быстро засоряется и прекращает свое действие. Целесообразнее воду впускать в толщи трещиноватых мергелей, безводных и обладающих поглотительною способностью, а благодаря содержащейся в них извести способствующих

обеззараживанию воды. До впуска в поглощающий колодец грязные воды должны быть пропущены через систему отстойников, лучше—через септик с тремя отделениями (примечание 9). Такие колодцы не требуют ремонта, лишь изредка приходится очищать осадочный фильтр. Стенки и дно колодца надо делать из бетона, трубу, сетку на нее и фильтр—из железа.

5. Обвалование земель

В том случае, когда пойма заливается речной водой во время весеннего половодья или ливней, а в другое время горизонт воды в реке ниже поверхности участка, делается

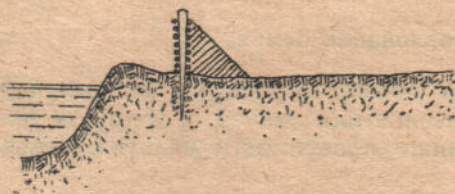


Фиг. 236.

заграждение участка, иначе обвалование. По границе участка вдоль реки насыпается дамба с прочным замком, вышиною—выше горизонта воды в реке, с тройным откосом к воде и полукторным к пойме и с банкетом не менее 1 метра. Гребень дамбы выполняется по уровню совершенно горизонтально, водный откос укрепляется одним из способов, рекомендуемых для устройства прудовых плотин (глава II), а наружный обыкновенно засеивается травами. Для спуска воды с участка проводится канава, сообщающаяся с рекою шлюзом (фиг. 236). Весьма применим в этом случае шлюз автоматический на дверных завесах, открывающийся в сторону реки. Шлюз открыт все время, пока вода в реке стоит на меженном горизонте, когда же вода поднимается, она прижимает шлюз и закрывает его.

Также ограждаются участки и от подтопа мельничными запрудами.

Простейшим заграждением является плетневое. Участок вдоль реки обводится плетнем вышиною в 0,50 метра, при чем колья берутся попеременно живые с дубовыми, хворост также употребляется свежесрубленный и, чтобы плетень дал поросль, его делают или раннею весною до начала сокодвижения или осенью, после потери листвы. За плетнем делается отсыпка (фиг. 237) из глины с навозом, которая



Фиг. 237.

тщательно трамбуется в полоторный откос. Более сильное укрепление с высотой до 1 метра (и более) делается из двух параллельных плетней (фиг. 238), в расстоянии один от другого в 0,50 м., забитом глиною с навозом. Верхушки кольев должны образовывать строго горизонтальную линию. Принявшаяся поросль дает очень прочное, стойкое заграждение, выдерживающее большой напор воды.

Иногда случается, что с участка нельзя спустить воду самотеком в реку или пруд, тогда прибегают к механическому водоотливу. В пониженном месте участка выкапывается бассейн, куда стекает вода и где помещается водоподъемник: или центробежный насос, или архимедов винт, или четочник (см. главу VI) и поднятая вода переливается затем в соответствующий водоприемник.



Фиг. 238.

6. Регулирование речек

Гидротехнические работы по регулированию рек относятся к числу весьма серьезных, дорогих, требующих большой осторожности и тщательного изучения не только режима реки, но и целого комплекса условий, связанных с этого рода мелиорацией, поэтому к области сельско-хозяйственной гидротехники могут быть отнесены работы по выпрямлению не рек, а небольших речек, в тех случаях, когда со стороны реки угрожает опасность подмыва усадебных мест или когда излучистое тихое течение вызывает подтопы

и заболоченность поймы. В виду этого последнего обстоятельства, работы по выпрямлению рек отнесены к числу осушительных.

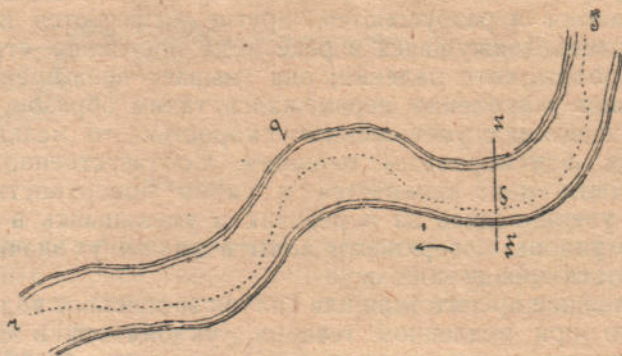
В большинстве случаев русские реки, даже такие, существование которых продолжается много тысячелетий, и которые протекают по широким долинам, постоянно меняют свое направление, блуждают по пойме и заболачивают ее; русла их передвигаются то в одну, то в другую сторону долины; дно то поднимается, то углубляется; одни берега подмываются и разрушаются, другие отлагаются и вновь образуются. Движущаяся в реке вода постоянно стремится урегулировать свое падение; она смывает возвышения дна и засыпает углубления, перемежаясь, таким образом, то глубокими плесами с уменьшенною скоростью, то мелкими перекатами с ускоренным течением. Соответственно такой волнистости дна изменяется и уклон поверхности воды в реке, увеличиваясь на перекатах и уменьшаясь в плесах, поэтому уклоны поверхности воды и дна могут значительно расходиться между собою.

Малейшее препятствие или толчок заставляют воды реки, особенно при медленном течении, уклоняться в стороны и описывать ряд кривых или излучин, удлиняющих общее течение реки и уменьшающих ее скорость и уклон. Происхождение излучин объясняется так: вода, ударяясь в берег, отражается от него под углом, равным углу падения, и направляется к противоположному берегу, стремясь описать параболу. Достигнув этого берега, воды снова отражаются и движутся наискось к другой стороне русла, опять описывая кривую, при чем поверхность воды в этом случае уже не горизонтальна. Каждый изгиб течения влечет за собою другой изгиб одинакового радиуса кривизны, и только благодаря разности состава почвы, переменам уклона и всевозможным препятствиям, течение реки не образует правильных изгибов на всем своем протяжении. При прямолинейном направлении течения струя наибольшей скорости проходит посредине русла, при излучистом течении эта струя приближается к вогнутому берегу (фиг. 239) и отдалается от выпуклого. По этой линии наибольшей скорости и, след., наибольшей живой силы, дно русла будет размываться и углубляться сильнее, чем в других местах русла, поэтому профиль русла при излучине по какой-нибудь линии mSn (фиг. 239) будет в разрезе иметь вид треугольника с вершиною, приходящею против точки S .

Извилистая или, так называемая, меандрическая форма русла и волнообразная форма дна обыкновенно обозначается во время летних низких вод (в меженный период). Во время же разливов, когда объем протекающей воды увеличивается иногда до 100 раз против объема мелководья, а скорость

и, следовательно, живая сила увеличивается до 10 раз, вода покрывает отмели и часто кратчайшим путем, по более сильному уклону, прорывает в них новое русло. Часто это русло остается и после разлива, образуя рукав реки; иногда же все течение направляется по новому руслу, а извилина (так называемое, староречье) со временем замывается и зарастает.

Что же касается маленьких рек, то они делают такие извилины, что если взять расстояние от a (фиг. 240) до c по



Фиг. 239.

берегу, т. е. через m и b , то оно будет раза в два или даже в три больше, чем расстояние между теми же точками a и c по прямому направлению. Само собою очевидно, что это удлинение влечет уменьшение скорости v , но расход Q , равный



Фиг. 240.

Fv , от этого не уменьшается, почему, при неизменности Q , должно увеличиться живое сечение F , следствием чего явится подъем воды, выход ее из берегов и заболачивание местности. Каждые новые излуцины отнимают культурные площади, превращая их в староречья, наполненные стоячею водою. В таком случае делают спрямление русла перекопами.

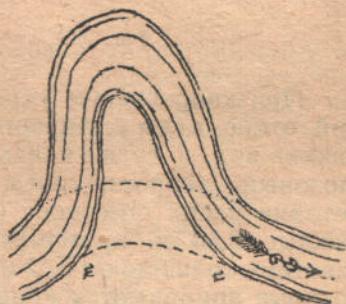
Самым простым перекопом является канава, начинающаяся в a (фиг. 240) у русла, например, на левом берегу и примыкающая к руслу в b на том же берегу, при чем направление прореза должно быть касательным к течению как выше точки a , так и ниже точки b . Если скорость

течения в реке больше 0,50 м. в секунду и если уклон по прорезу между a и b больше двойного уклона русла, то канаву можно вести шириною всего в $1/10$ ширины реки. Тогда в a вода пойдет преимущественно по канаве, постепенно увеличивая ее размеры до тех пор, пока вся масса воды не направится в нее, прежнее же русло amb будет постепенно заноситься. Если же скорость течения реки меньше 0,50 м. и уклон между a и b мало разнится от уклона русла, то перекоп делается по расчету на расход и живое сечение. С этою целью составляется проект спрямления русла, вычерчиваются профили по старому руслу и новому его направлению, на профилях намечают дно, определяют уклон, а, зная секундный расход Q и уклон i , вычисляют поперечное сечение канавы по формуле

$$F = \frac{Q}{c\sqrt{Ri}}$$

В более или менее значительных реках прорезы надо делать не прямолинейного, а дугообразного очертания радиусом в 100 и 200 метр. (фиг. 241). При таких кривых отложение наносов и заиливание русла происходит в меньшей степени, чем в прямолинейных прокопах. Кривые разбиваются по таблицам Кренке*).

Изыскания состоят из съемок, нивелировок и геологических разведок. По берегу проводится магистраль, и река снимается по ординатам. Магистраль нивелируется двойным ходом, поперечники проводятся до высоты самых высоких весенних вод, с целью определения очертания русла и поймы. Затем определяется уклон поверхности, скорости и расход по весеннему и межённому горизонтам. С особенною подробностью производится изыскания и исследование грунта в участке, назначенном к спрямлению.



Фиг. 241.

Выемку канавы начинают с нижней точки по течению (фиг. 241) для свободного стока грунтовых и дождевых вод; под самый уже конец прорывается перемычка в точке m между прокопом и руслом. Для более успешного действия прокопа входную его часть в a следует сделать с воронкообразным расширением.

*) Лучше по таблицам инж. Мсеровича в его книге: „Полевая книжка изыскателя жел. дор.“

Размывание берега происходит или от действия подземных вод, вызывающих оползни и обсыпание откосов, или от действия волн, отрывающих частицы грунта, или же от попеременного замерзания и оттаивания, вызывающего разрыхление почвы. Разрушаемые берега укрепляются хворостом, фашинами, каменным мощением совершенно так же, как укрепляются водные откосы плотин; при этом берег надо спланировать не менее, как в двойной откос, а если скорость течения велика, то и в тройной.

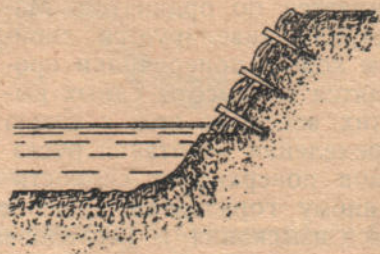
Одним из простейших видов укрепления является следующий: берма *b* (фиг. 242) шириною от 0,50 до 1 м. плани-



Фиг. 242.

руется на уровне выше меженного горизонта и засаживается лозой, которая, разросшись, своими стеблями воспринимает удары воды, уменьшает скорость течения и защищает вышележащий откос, вызывая на берме отложение ила и песка.

При хворостяном укреплении берег планируется в двойной откос, в нем выбирается место, начиная от уровня самых низких вод, и туда укладывается свежесрубленный ивовый (лозовый) хворост, слоем в 0,30 м., длиною не менее 2 м. метлами вверх по откосу (фиг. 243) с прикреплением через каждые 0,50 м. прутьяными канатами толщиной в 0,15 м., которые прибиваются кольями длиною в 2 метр. Сквозь такое хворостяное покрытие по откосу забивают в шахматном порядке ивовые черенки в отверстия, пробитые сажалным колом. Укрепление надо производить поздней осенью, когда сокодвижение в деревьях прекратится.



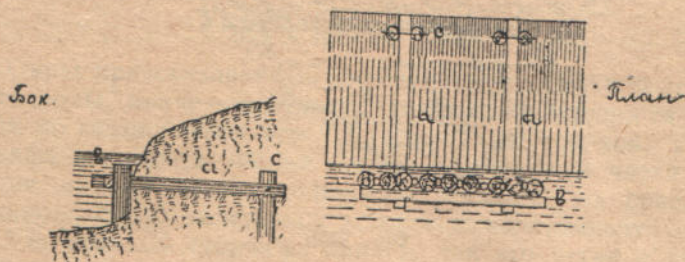
Фиг. 243.

Фашинное укрепление состоит из рядов фашин, уложенных вдоль берега и притуженных прутьяными канатами, укрепленными кольями с крюками; сверху засыпается земля.

Хорошим, но более сложным является укрепление деревянною стенкою (фиг. 244). Вдоль берега забивается ряд свай через 2 м., между которыми для образования сплошной

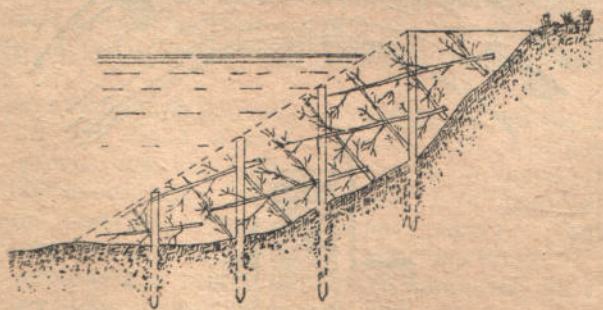
стенки забиваются кольца. Верхушки кольев и свай отпиливаются ниже меженного горизонта, чтобы они постоянно находились в воде. Вместо кольев можно за сваи в сторону берега заложить стенку из пластин. Через каждые 3—4 м. стенка удерживается анкером *a*, с брусом *b*, анкерная свая *c* забивается в откосе. Пространство между стенкою и берегом забивают глиною, а береговой откос отмачивается камнем в плетнях, как в плотинах (см. глава II).

Если в береге вымывается залив, то одним из способов укрепления является следующий. В прорыве забиваются сваи



Фиг. 244.

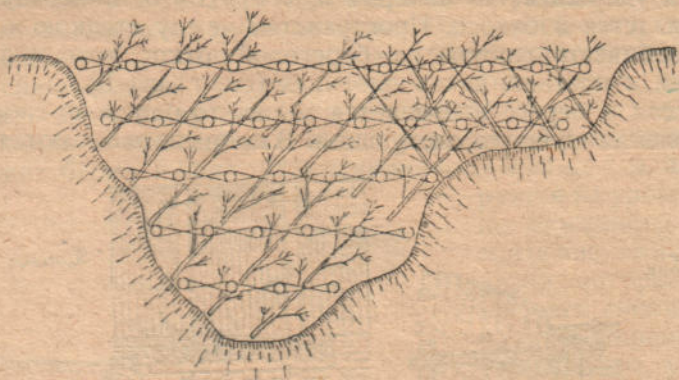
в шахматном порядке через 2 м. одна от другой и ряд от ряда, при чем так, чтобы головы их образовали двойной откос и продолжались вверх выше горизонта высоких вод (фиг. 245). На низ кладется ряд молодых деревьев с отр-



Фиг. 245а.

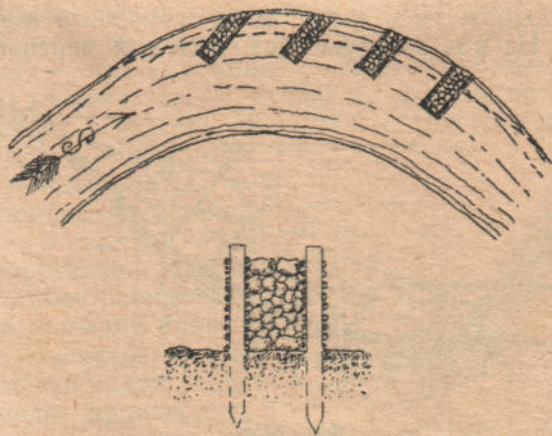
занными комлями под углом 45° против течения. И деревья и сваи переплетаются прутьяными канатами, которые осаживаются трамбовками, и все засыпается землей. Следующий ряд деревьев кладется под таким же углом, но в противоположную сторону — по течению, также засыпается и плотно утрамбовывается. Так делается до верха, при чем все укрепление профилируется по откосу 1:2.

При размыве берега в вогнутой его части при излучистом течении, кроме укрепления, следует произвести отклонение реки от угрожаемого берега путем струенаправляющих сооружений — траверз. Ставятся они в косом направлении



Фиг. 245б.

к течению (фиг. 246). Делаются траверзы из двойных плетней с промежутком в 0,60 м. и такой же высоты. Между плетнями загружается камень, а если камня нет, то дерн,



Фиг. 246.

но тогда промежуток делается шире — в 1 м. Делаются траверзы и из фашин, закладываемых между двумя рядами кольев и притуженных поперечинами, прибитыми к кольям.

ГЛАВА V

Укрепление оврагов

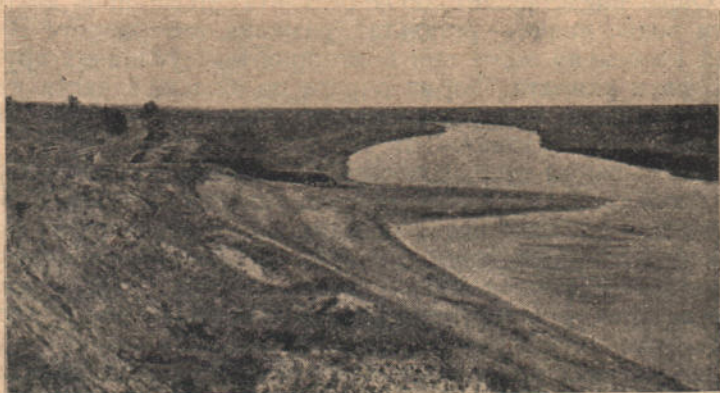
Овраг представляет собою результат эрозионной деятельности воды, иначе — результат размыва поверхности сбегавшей по склону воды при благоприятных условиях грунта, рельефа и климата. Форма оврага по большей части удлиненная и, при незначительности ширины, по сравнению с длиной, овраг тянется от долины к водоразделу.

Как главный стержень оврага, так его ветви и их разветвления называются в общей совокупности системою оврага, а водосбор системы носит название бассейна оврага. Таким образом, границами двух соседних систем оврагов являются их водораздельные линии. В одних случаях овраги имеют пологие стенки, покрытые растительностью, такие овраги называются потухшими (иначе — балками или логами); в других же случаях поверхность оврага совершенно обнажена, бока обрывисты и осыпаются, вершины расползаются в стороны, травы, скрепляющей почву своими корнями, нет, — такие овраги называются деятельными (иначе ярами или кручами).

В оврагах принято различать следующие части: вершину, дно, откосы или бока и устье. Вершиною называется начальная часть оврага, через которую в него попадает наибольшая масса воды, вершина всегда обрывиста, иногда совершенно отвесна; вершиною овраг растет — удлиняется. В одном овраге вершин может быть несколько, при чем название вершины в таком овраге оставляется за главной, боковые же или второстепенные называются отвершками. Дно оврага, начинаясь от вершины, оканчивается в его устье. Оно всегда имеет наклон к устью, при чем очень редко наклон идет под одним уклоном; у большинства оврагов уклоны дна меняются. В деятельных оврагах откосы всегда круче полуторных, нередко они переходят в вертикальный обрыв. Длина оврага от вершины до устья, считая по оси, доходит до колоссальной цифры — 25 километров; ширина, считая от бровки до бровки, колеблется также в широком пределе от 2-х до 500 м.

Частицы земли, которые выносятся из оврага, отлагаются за устьем и образуют, так называемый, конус выноса или конус отложения.

Оврагоукрепительные работы имеют свою задачу борьбу только с деятельными оврагами, которые, увеличиваясь, разветвляясь, расходясь в разные стороны, с каждым годом не только уменьшают культурную площадь, но приносят вред и в других отношениях; так, они иссушают водоразделы, дренируя грунтовую воду; благодаря оврагам, весенние и ливневые воды уносят плодородные частицы с полей и засыпают ими источники, реки и луга; овраги портят дороги, а, подбираясь к усадьбам, в деревнях за-



Фиг. 247.

ставляют жителей уходить с насиженных мест (на фот. 247 сняты выносы оврага в р. Дон).

Главную причину оврагообразования является вода; чем большее количество ее попадает в овраг, чем меньше стеснений и препятствий она на своем пути встретит, чем по большему уклону будет стекать в овраг, тем большее разрушение она производит там. Следовательно, рост деятельных оврагов находится в зависимости от следующих факторов: от площади водосбора, от того или иного характера поверхности рельефа и от скорости водного потока, иначе, от уклона; при уклоне в 0,001 размыва не происходит, а если уклон 0,0003, то начавшийся выше размыв с этого места прекращается.

Затем, на ускорение роста оврага имеет большое влияние состояние поверхности почвы и ее состав. Из всех почв песчаные наименее благоприятны для образования оврагов, как осыпающиеся и водопроницаемые. Далее, почвы, покрытые дерном, с сильно развитою корневою системою оказывают

большое сопротивление образованию оврагов. Наоборот, благоприятствующими росту оврагов являются песчаные мергели, лессовидные суглинки, прорезанные трубочками, канальцами и порами; очень легко размывается также и супесчаный чернозем. Но обыкновенно овраг не ограничивается размывом поверхностных отложений, а углубляется ниже, прорезывая водоносные третичные пески, меловые и более древние юрские отложения. Если под лессом залегает глина, рост оврага в ширину замедляется и, наоборот, пески под лессом способствуют разрастанию оврага в ширину.

Кроме естественных условий, человек, в его неразумной хозяйственной деятельности, создает еще искусственные условия, благоприятствующие не только росту существующих оврагов, но и ведущие к возникновению новых. Такими условиями являются: истребление лесных и кустарниковых пород в приовражной полосе и по склонам, проведение канав и борозд вдоль склонов, наконец, распашка приовражья вдоль склонов.

Так как главную роль в оврагообразовании играет вода, то и технические приемы оврагоукрепительных работ должны быть основаны на мерах борьбы с разрушительной деятельностью воды и так как вся задача укрепления оврагов заключается в прекращении его роста в длину, ширину и глубину, то с этой целью работы делятся на три категории:

- 1) задержание воды на пути к оврагу, чтобы уменьшить ее скорость (укрепление предовражья);
- 2) ослабление разрушительной силы воды, сбегаящей по оврагу с его вершины (укрепление вершины);
- 3) противопоставление разрушающему действию воды искусственно укрепленного ложа и боков в местах размыва (укрепление дна).

Составлению проекта укрепления предшествуют изыскания. Заключаются они в том, что, прежде всего, снимается план местности до границ водораздела, с выделением в нем как очертания самого оврага, так и приовражья, т. е. площади, уже испорченной оврагом. Затем пробивается ось оврага и через каждые 20 метров перпендикулярами определяется дно. Далее, находят живое сечение в голове оврага, отмечается горизонт высоких вод, определяется уклон (*i*) приовражья, занивелировывается продольный профиль по дну, с пикетами через 20 метр., на пикетах берут поперечные профили, наконец, съемкой или по трехверстной карте определяют площадь водосбора оврага и длину бассейна.

Проект работ находится в зависимости от характера и размеров разрушительной деятельности оврага, от быстроты, с которою должна вестись работа, от средств, имеющихся в распоряжении техника, от материалов, имеющихся под руками, и пр. В одних случаях ограничиваются частными

приемами в виде укрепления вершины или постановки на дне запруды; в других же—применяются все способы, которыми достигается прекращение всех оврагообразовательных процессов, начиная с задержки потока перед оврагом и кончая планировкой откосов и облесением их. Таким образом, каждая работа является совершенно самостоятельной, независимо от других, и последовательного порядка чередования работ при закреплении оврагов нет.

Главное внимание все же должно быть обращено на безопасное (в том смысле, чтобы размывание не происходило) отведение воды по дну оврага и когда это будет достигнуто, рост оврага в ширину прекратится сам собою, крутые его стенки будут принимать естественный откос и будут постепенно задерживаться.

Вопрос о том, нужно ли укреплять овраги или предоставить им развиваться в природных условиях, не может быть решен в общей форме. Для каждого отдельного случая должен быть учтен как вред от оврага теперь и в его будущем, так и затраты на его укрепление. Вопрос решается простым подсчетом стоимости работы и оценкою площади пропадающей земли, прибавив сюда 4—5% на удлинение переездов, на порчу покосов, иссушение грунта и пр.

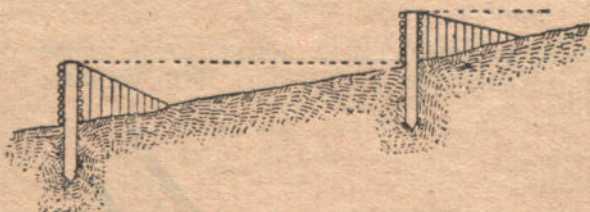
Мерами, предотвращающими рост и возникновение оврагов, являются:

- 1) ремонт и укрепление дорог,
- 2) запрещение распашки крутых склонов и пастбы на них скота,
- 3) облесение склонов и предовражья.

1. Задержание воды на пути к оврагу

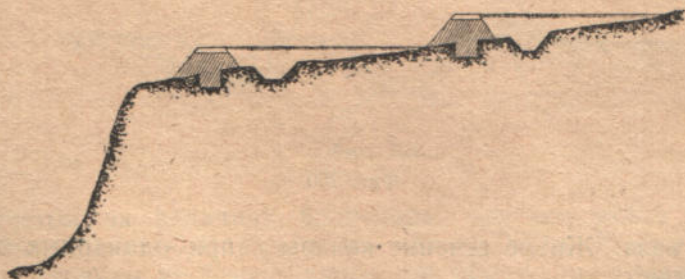
Всякие, даже самые незначительные борозды, межи, водороины, проводящие воду к оврагу, являются опасными в смысле их легкой размываемости и быстрого обращения в овраг; поэтому все такие промоины должны быть укреплены; кроме того, в целях уменьшения скорости течения сбегавшей по склону воды, самым первым мероприятием должно явиться устройство преграждений поперек склона. На промоинах ставятся плетни, поднимающие воды на 0,30 м., и на расстоянии один от другого на величину подпруды, при чем для образования подпруды за плетнем (фиг. 248) с нагорной стороны делается отсыпка с полуторным откосом. Под плетнем должен быть уложен слой хвороста или соломы, так как сливающаяся вода может вырыть яму и подмыть плетень. Хворост должен быть сильно осажён чекушею. Концы плетня запускаются в берега промоины по 0,50 м. Кроме плетней, промоины укрепляются еще лотками хворостяными и дерновыми.

Укрепление предовражья делается следующим образом: отступив от вершины оврага метров на 5, проводится канава с горизонтальным дном, глубиною 0,60 м., шириною по дну 0,35 м. с одинарными откосами, т. е. по верху 1,55 м. Из вынудой земли, пониже канавы, оставив берму в 0,30 м.,



Фиг. 248.

насыпается вал в 0,60 м. высотой, с горизонтальным гребнем (фиг. 249). Такие валы и канавы проводятся по горизонталям вверх поперек всего бассейна. Для пропуска избытка воды в валах делаются прорезы, шириною в 2 м., глубиною 0,10 м. и обдерновываются. Против этих проре-



Фиг. 249.

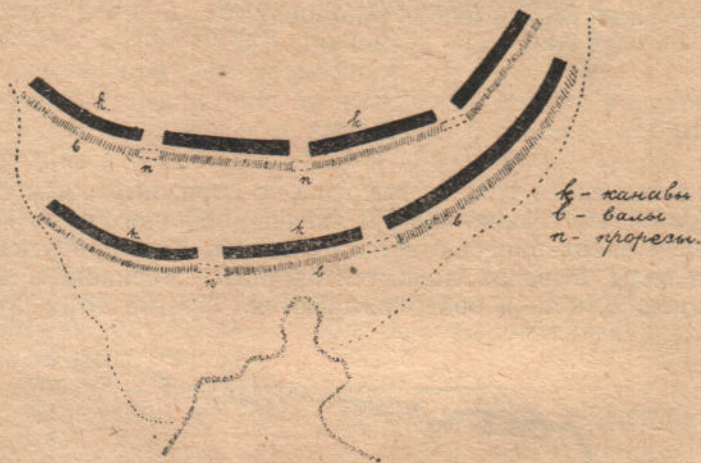
зов канав не делают (фиг. 250). Валы своими концами или упираются в естественное возвышение, или у конца бассейна загибаются вверх, образуя ряд прудков. Длина этих замкнутых частей определяется так: вычитая из полной высоты вала (0,60) глубину прорезов (0,10), получим 0,50 и делим эту величину на уклон бассейна i . Расстояние же между валами (и канавами) определяется делением полной высоты (0,60) на тот же уклон i , благодаря чему вода не достигнет основания вышележащего вала и не подмоет его. Так, напр., пусть уклон предовражья $i=0,04$, тогда $0,50:0,04 \approx$ около 13 м., это и есть расстояние между валами. Лучше это расстояние увеличить, тогда еще более замедлится движение воды по пути. В этом устройстве необходимо особенно

прочно сделать валы, так как они, а не каналы, задерживают воду и ослабляют ее силу.

Чтобы этим устройством задержать всю воду, стекающую в овраг, надо секундный расход Q (ливневых вод) разделить на объем воды q , задерживаемый одним метром вала и каналы, и тогда

$$x = Q : q$$

получим нужную величину x погон. метр. канав с валами. Величина q складывается из q_1 —пог. метр. каналы и q_2 —пог.



Фиг. 250.

метр. вала. Живое сечение каналы f при одинарных откосах будет:

$$f = \frac{1,55 + 0,35}{2} \times 0,60 = 0,57 \text{ кв. м.}$$

и, следовательно, объем воды в 1 пог. метре каналы $q_1 = 0,57$ кв. метр., объем же одного погонного метра воды, задерживаемой валами, будет равен длине прудка $\frac{0,50}{i}$ (в вышеприведенном примере 13 м.), умноженной на среднюю его глубину, т. е. на $\frac{0,50}{2}$, т. е. на 0,25 м.

Таким образом, эта величина q_2 зависит от уклона.

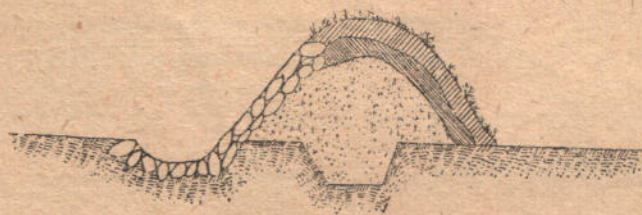
Найдя, таким образом, общую длину канав и валов, по своему усмотрению делаем их или короткими, но в несколько ярусов, или более длинными, но при малом их числе.

2. Укрепление вершины оврага

Овраг растет своею вершиною, которая размывается стекающею водою и разрушается, поэтому укрепление вершины является самою важною работою. В простейшем случае для остановки или ослабления роста вершины применяется устройство отсыпи из крупного камня, уложенного под обрывом; падающая на эту отсыпь вода раздробляется на струи между камнями и с ослабленною силою течет по дну. Обыкновенно же, чтобы остановить рост оврага, или практикуют, как паллиатив, отвод воды на сторону или всю воду направляют в вершину, прочно укрепленную по типу водосливов, ступенчатых террас и лотков.

А. Отвод воды в сторону

Отводная нагорная канава роется в 0,60 м. шириною по дну, с одинарными откосами и укрепляется или дерном, или камнем на мху, или на навозе. Глубина канавы определяется



Фиг. 251.

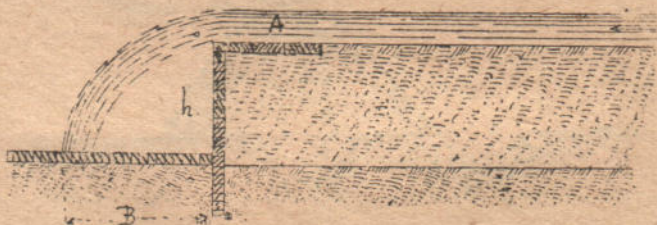
расчетом на величину водосбора, при чем уклон дна не дается больше 0,01, а скорость—около 0,50 м. Роется канава в расстоянии не ближе плоскости обрушения главной вершины оврага, огибает ее и уступами подводится или к боковому отвершку, если он более устойчив, чем вершина, или в долину. Благодаря слабому уклону, который дается дну канавы, она обеспечена от размыва, но зато быстро заносится илом и поэтому ее приходится от времени до времени чистить. Кроме того, канава забивается снегом, который уплотняется и смерзается, и, когда весной начинается половодье, вода, стекающая с полей, не задерживается канавою, пробегает через нее и попадает в овраг, таким образом, роль замерзшей канавы сводится к нулю. Эти обстоятельства заставляют отдавать предпочтение струеотводным дамбам или валам.

Вал, как и канава, огибает очертание оврага в расстоянии от него на плоскость обрушения. Прежде всего, когда линия вала намечена на месте, по этой линии роется канавка (замок);

заполняется глиною и тщательно трамбуется. Затем, основание под валом очищается от дерна, взрыхляется и на него слоями насыпается глина, которая также плотно трамбуется. По мере поднятия глиняный вал суживается. Далее, вал покрывается с боков и сверху слоем чернозема и дернуется. По верху валам дают ширину не меньше 0,50 м., высота же определяется по расчету, чтобы самая высокая вода не была выше вала, а тем более, чтобы через него она не переливалась. Нагорный откос вала следует замостить камнем на навозе (фиг. 251), а впереди надо сделать лоток шириною в 0,50 м. Если такой вал пролегает около проезжей дороги, то он через каждые 2 м. ограждается тумбами. Если камня под рукою нет, то на переднем фасаде ставят живой плетень.

Б. Террасы

Сущность террасирования состоит в том, что вода, падая с уступа на уступ, теряет свою живую силу при после-



Фиг. 252.

довательном ряде ударов и спускается на дно оврага с первоначальной, а не с увеличенной скоростью, и разрушительное действие воды, таким образом, значительно ослабляется. С этою целью главную вершину оврага искусственно удлиняют, врезываясь в материк рядом уступов или террас. Террасы должны быть непременно врезанными, материковыми; насыпных террас допускать нельзя. Итак, при террасировании вершины, как площадки, так и уступы должны быть сделаны в прочном, нетронutom материке и при этом непременно должны быть основательно укреплены. Вода, падая с уступов, производит ряд ударов, и та часть площадки, которая принимает на себя струю, должна быть настолько прочною, чтобы не подвергнуться разрушительному действию удара. Величина этой части площадки *B* (фиг. 252), куда достигает падающая (в виде параболы) струя, определяется расчетом не меньше $1\frac{1}{2} h$. Кроме части *B*, на площадке должна быть также укреплена и часть *A*,

непосредственно прилегающая к уступу, так как в этом месте скорость скатывающейся с уступа воды большая, а следовательно, и разрушительная сила ее здесь больше, нежели в передней части террасы.

Поверхность террас по их длине делается или горизонтальной или понижается к уступу с уклоном в 0,01; в поперечной же профили площадкам дают лоткообразный вид для того, чтобы вода у стенок оврага не производила размыва.

Высота порогов находится в зависимости от материала, их укрепляющего, и делается от 0,30 до 0,50 м. При расчете задаются этою высотой, ширина же определяется расходом Q , как и для лотков (см. ниже). Шире 2 м. площадки не делают, так как это очень удорожает стоимость земляных работ. Что же касается длины, то она естественно не должна быть



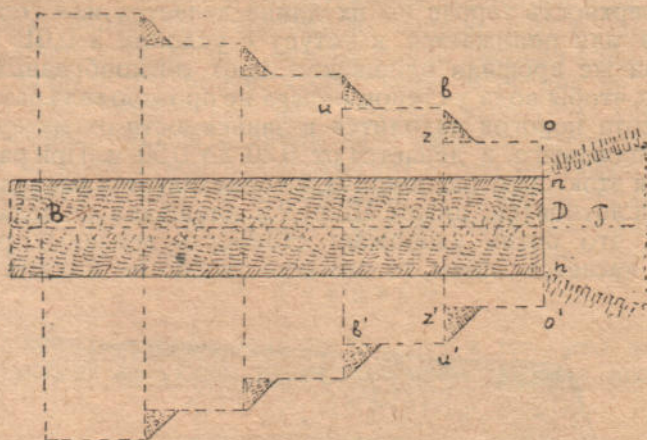
Фиг. 253.

меньше двойной высоты порога и, в зависимости от укрепляющего материала, длина делается равною тройной или даже четверной высоте; чем площадка длиннее, тем протекание струи спокойнее, но тем дальше овраг врезается в материк и тем дороже стоит работа.

При составлении проекта террасирования строят профиль продольного разреза оврага $ABCD$ (фиг. 253) и, задавшись высотой уступов h и длиной площадок l , наносят те и другие на профиль, определяя, таким образом, как число террас, так и ту длину, на которую придется врезаться в материк. В натуру проект переносится следующим образом: провешивается ось от B до D (фиг. 254). В D на перпендикуляр к оси отбиваются в обе стороны Dn и Dn' , равные половине ширины террасы, и пробиваются линии nm и $n'm$. Затем, на каждом уступе отбивают бровки полуторных откосов oz , $o'z$, bu , $b'u$ и т. д. Далее, уже выше намечают приемник T , длиной в 2 м. и шириною воронки в $1\frac{1}{2}$ —2 раза больше ширины террасы. После этого приступают к выемке земли.

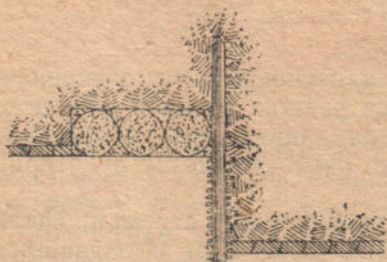
По окончании земляных работ приступают к укреплению террас.

Простейшее укрепление плетнями и фашинами состоит в следующем: у основания террасы, по линии уступа, роется узенький ровик и врезывается в бока по 1 м. в каждую



Фиг. 254.

сторону. В этот ровик на 0,10 м. от порога забиваются попеременно дубовые и лозовые кольца*), толщиной в 6 см., полагая на 1 метр 3 кола. При этом они забиваются так, чтобы верхушки их возвышались над поверхностью террасы сант. на 5. Размеры колец должны быть таковы, чтобы часть кола над землей была равна части его в земле (фиг. 255).



Фиг. 255.

После забивки колец заплетается лозовый плетень в одну хворостину, тщательно осаживается и вплетается в откосы на 1 метр.

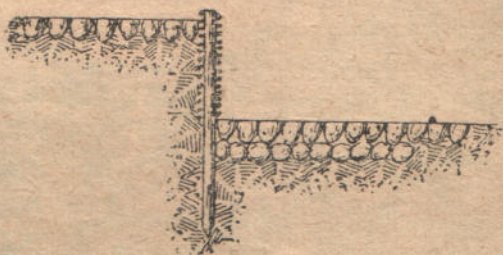
По мере поднятия плетня промежуток между ним и стенкою порога затрамбовывается глиною с навозом (то же делается и в боках, куда запущены концы плетня). Затем, у основания плетня роется канавка, глубиною немного большею, чем диаметр двукомельной фашины (15 см.). На дно канавки кладут слой навоза, на который укладывается фашина, при чем она также заходит по 1 м. в бока. Затем, фашина плотно забивается глиною с навозом; то же делается и с концами фашин, запущенными

*) Лозовые кольца не забиваются, а сажаются в ямки, которые пробиваются особым сажальным колом с железным наконечником.

в откосы, после чего эти части откосов дернуются. Рядом с первой фашиной укладывается вторая, третья и т. д.; число всех фашин должно быть таково, чтобы сумма их диаметров равнялась полуторной высоте уступа. Далее, за ударную часть, площадка дернуется вплоть до следующего порога. Откосы на высоту, равную высоте уступа, укрепляются или плетнями или дерновкой, как это говорилось в статье об укреплении водосливного канала.

Описанное укрепление является мало прочным, в особенности при большом секундном расходе; вода проникает внутрь фашины, просачивается к дну канавок, подмывает плетни и разрушает откосы. Чтобы уменьшить разрушительную силу воды, уступы не следует делать выше 0,30 м. Укрепление получается более надежным, если ударную часть вместо фашин укрепить мощением.

Плетни в этом случае ставятся совершенно так же, как и в предыдущем способе, а по площадкам делают каменную мостовую в тычок на навозе или на мху; при этом ударная часть на длину в полторы высоты уступа делается из двойной мостовой (фиг. 256), а остальная часть и откосы — из одиночного мощения. Пороги при таком укреплении можно делать высотой до 0,50 м.

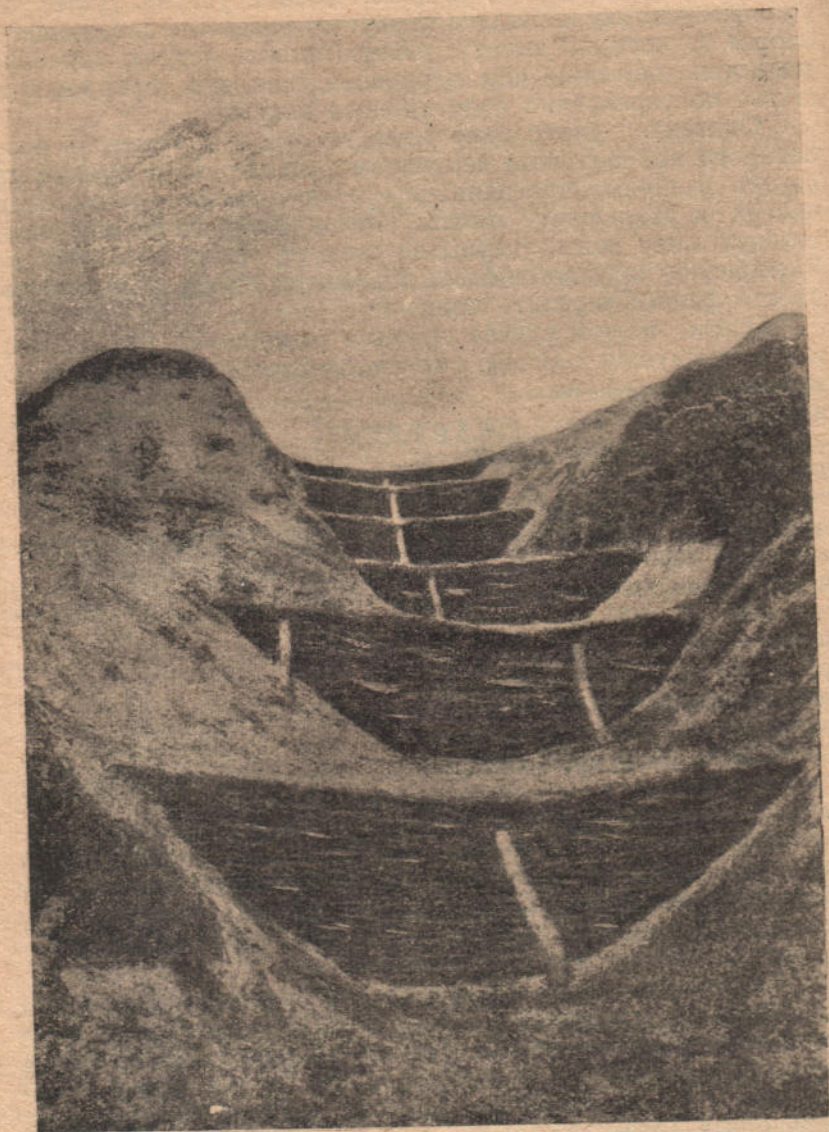


Фиг. 256.

Плетневое укрепление (фиг. 257) самое дешевое, наиболее простое и хорошее в том отношении, что живые плетни дают со временем поросль, но такие укрепления могут быть применяемы только при небольшом расходе, когда площадь водосбора не больше 25 гектаров; при большом же бассейне плетневые пороги становятся недостаточными, и тогда или применяют для укрепления более стойкий материал — дерево и камень, или устраивают лотки.

Укрепление досками делается совершенно подобно уступчатому деревянному водосливу. По периметру забиваются сваи такой высоты, чтобы перекрытые насадкой они были выше слоя протекающей воды. К этим сваям в паз или четверть прибивается дощатая заборка из полутора-верхшковых досок или двухверхшковых пластин в закрой. Для образования уступа, к сваям прибавляется насадка (фиг. 258) с таким расчетом, чтобы высота от дощатого пола первого уступа до дощатого настила второго уступа равнялась расчетной высоте уступа.

Половые доски конопатятся и осмаливаются, а на площадке под полом набивается слой щебня и песка. При этом способе укрепления пороги делаются вышиною до 0,60 м.

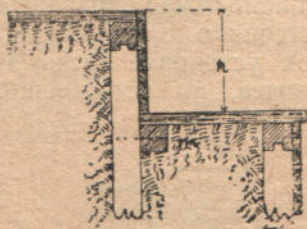


Фиг. 257.

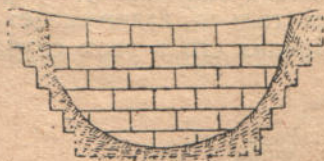
Пороги можно делать и выше, до 1 м., но для устройства их надо брать и более плотный лес; так, сваи должны

быть в 25 см., доски или в 8 см., или пластины и все соединения надо делать значительно прочнее, чем на уступах в 0,60 м.

При укреплении порога камнем стенка выводится одновременно с укреплением порога. У основания террасы роется канава, шириною 0,50 м. плюс h

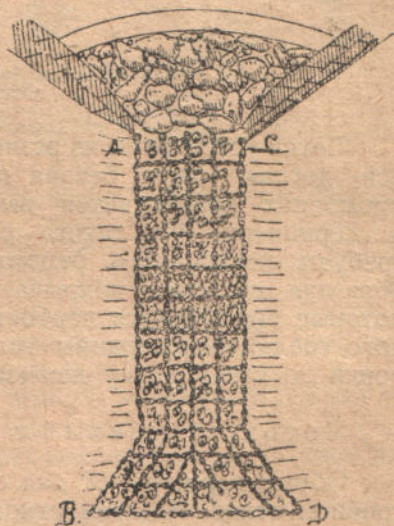


Фиг. 258.



Фиг. 259.

(высота уступа), а глубиною в 8 см. Дно канавы трамбуется и на нем выводится кладка на цементном растворе. Упорная стенка на пороге выводится толщиной в 0,50 м. и запускается в бока оврага на 1 м. уступами (фиг. 259). Прозор между каменной стенкой и земляным порогом плотно забивается глиною с примесью битого кирпича. Свободная часть площадки и откосы укрепляются камнем на мху и на навозе. В этом способе укрепления порогам можно дать высоту в 0,80 м.



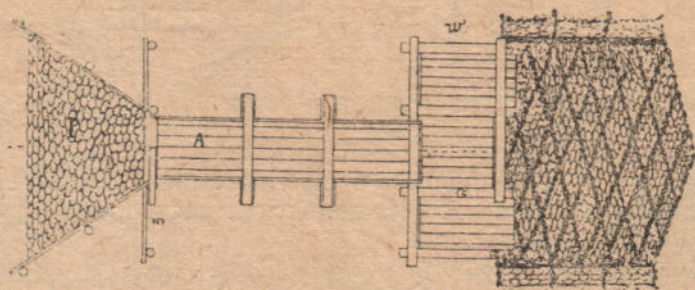
Фиг. 260.

Стенки террас при деревянных и каменных укреплениях делаются вертикальными, откосы же выемки в овраге с одинарным наклоном. Приемник T (фиг. 255) выполняется совершенно так же, как и у лотков; именно для укрепления плетнями приемник делается, как у хворостяных лотков (фиг. 260), при укреплении деревом—как у лотков деревянных (фиг. 261).

В. Лотки

Укрепление вершины оврага, постановкою в ней наклонного лотка, имеет то преимущество перед террасированием, что, во-первых, опасность разрушения лотка значительно меньше, чем террас, а, во-вторых, земляные работы при

устройстве лотка в общем незначительны, тогда как при террасировании получается очень много земли, которую зачастую девать некуда и приходится ее отвозить иногда на большое расстояние, что, разумеется, ложится немалым накладным расходом на работу, но зато при террасировании мы помогаем природе, искусственно приближая овраг к тому виду балки, какой он принимает постепенно, путем его естественного замирания, тогда как при установке лотка вершина только задерживает рост оврага, но естественного замирания его в этом случае не происходит.



Фиг. 261.

Лотки устраивают из разнообразных материалов: из плетней, дерева, камня, бетона и даже железа. В небольших промоинах практикуется выстилка хворостом, фашинами и дерновкой, но такого рода лотки быстро портятся, требуют постоянного ремонта. В земле делается желобобразная выемка и покрывается хворостом или дернинами, которые прибиваются вербовыми спицами. Для более плотного соединения дернины срезаются наискось. После дерновки по всему лотку делают посадку вербовых кольев.

Лоток плетневый с каменным мощением

Обрыв вершины от дна оврага кверху срезывается под тройной откос. На этом откосе разбивается сеть плетневых квадратов по 0,50 м. в стороне, а высотой над землею в 0,10 м. Колья при этом берутся вербовые в 0,50 м. длиной. Крайние плетни *AB* и *CD* (фиг. 260) ставятся высотой в 0,50 м., для чего колья берутся в 1 м. Клетки между плетнями замазываются камнем на навозе или на мху в тычок, и щели плотно защебениваются и забиваются навозом.

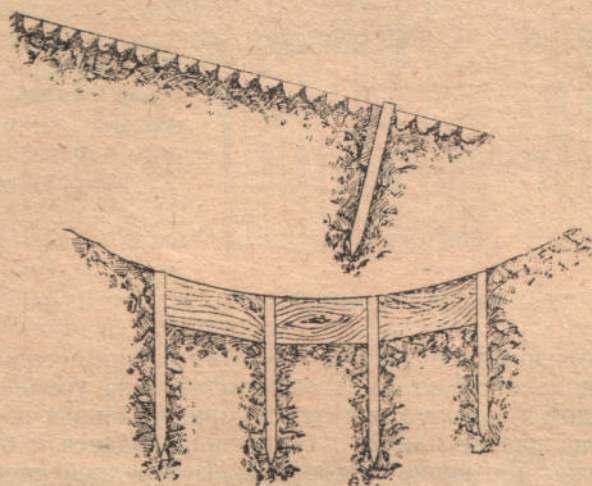
В середине и по бокам делается простановка из крупных камней.

Таким лоткам дается ширина не больше 1 м. На дне оврага выходная часть лотка оканчивается горизонтальной площадкою, длиной равной высоте обрыва, при чем эта

площадка постепенно расширяется. Приемная площадка также расширяется, плотно замащивается камнем и заливается цементом.

Заливка мостовой цементом, однако же, мало практична потому, что если основание лотка глинистое, то глина пучится, поднимает камень, цемент дает трещины, в которые заходит вода, и мостовая размывается.

Уклон площадки не должен быть больше 0,03. Очень хорошо в местах перехода площадки в лоток сделать маленькую шпунтовую стенку из дерева или кирпича (толщи-



Фиг. 262.

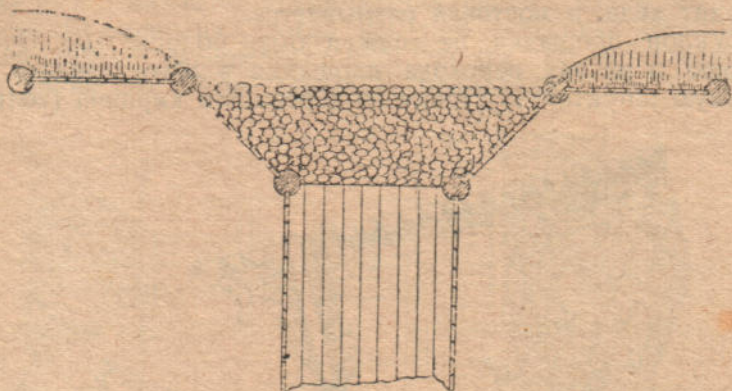
ною в 1 кирпич). По бокам площадки делают направляющие валики, укрепленные дерном.

При длинных мощеных лотках, в предупреждение выносов камня, делают или каменные на растворе упорные плечи (фиг. 19), или упорки устраиваются из досок (фиг. 262).

Лоток деревянный

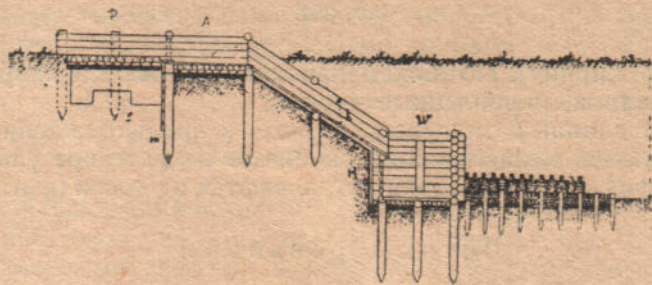
Обрыв вершины скашивается от полуторного до двойного откоса. По обоим сторонам этого откоса забиваются сваи одна против другой, через 2 м. центр от центра. К этим парам свай прирезаются дубовые поперечины на высоте от земли сант. в 20 (фиг. 261). На поперечины настиляется пол и пробивается гвоздями. Таким образом, настил поднят над землею. Это делается для предохранения дна лотка от загнивания. Если ширина лотка больше 2 м., то поперечины посредине подпираются еще промежуточным столбом. Стенки желоба выполняются из досок или из пластин, кромки тех

и других обделываются в четверть. Изнутри лотка прибиваются доски. Наверху свай нарубаются шипы, на них помещаются хомуты сквозными гнездами, при чем шипы расклиниваются, а сваи и хомуты схватываются скобами. Затем делают конопатку и (если сухое дерево) осмолку. Верхняя



Фиг. 263.

входная горизонтальная площадка *A* (приемник) устраивается так, чтобы половиной ее настил приходился на уровне земли. Перед входом в лоток устраивается горизонтальная площадка из камня на навозе или на мху, расширяющаяся и отграниченная тоже деревянной заборкою. В передней части этой



Фиг. 264а.

площадки делается глиняный замок *s*, а у входа, для большей непроницаемости, устраивается дощатая заборка *m* стенкою в закрой, продолжающаяся вправо и влево на длину, равную ширине отверстия лотка.

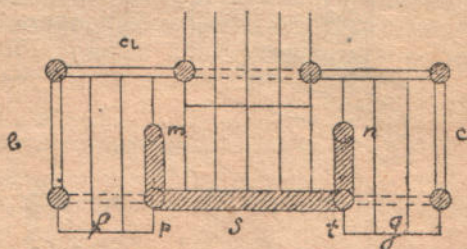
Еще лучшим является устройство воронок шпунтовых (фиг. 263); в этом случае получается полная гарантия защиты от подмыва или обхода их водою. Выходной конец лотка

на дне оврага оканчивается или водобойным колодцем или, так называемым, водобойным ящиком w (фиг. 264а), но только не рисбермой, потому что в этом случае сбегаящая по лотку вода к концу своего движения, т. е. на дне оврага, приобретает такую разрушительную скорость, которая является опасною для дна оврага, подножья скатов и ближайших поперечных заграждений.

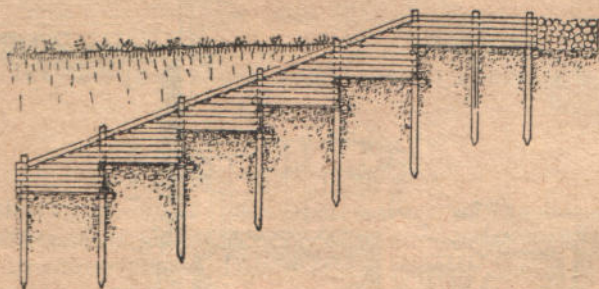
Водобойный ящик устраивается следующим образом. Лоток не спускается на самое дно оврага, а оканчивается на уступе H (фиг. 264а)

в 1 м. По стенке этого уступа сваями и дощатою заборкою образован ящик, шириною в 3 ширины лотка, высотой, равной высоте лотка плюс высота уступа H , а длиною не менее как в $1\frac{1}{2}$ высоты уступа H . Три стороны

этого ящика a , b и c (фиг. 264b) забраны крепкими дубовыми досками или пластинами, в четвертой же стороне, обращенной к оврагу, оставлены боковые части f и g открытыми и только имеющими пол, а сверху перекрывающую их насадку; средняя же



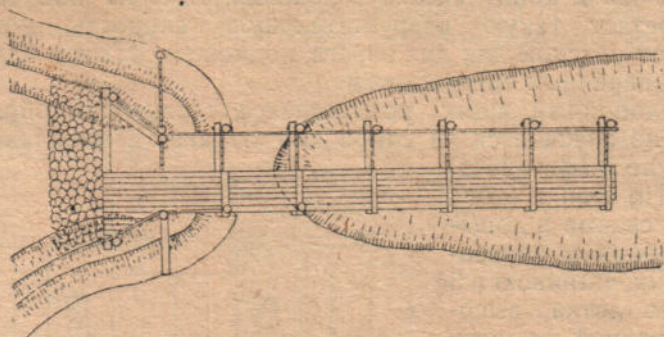
Фиг. 264b.



Фиг. 265a.

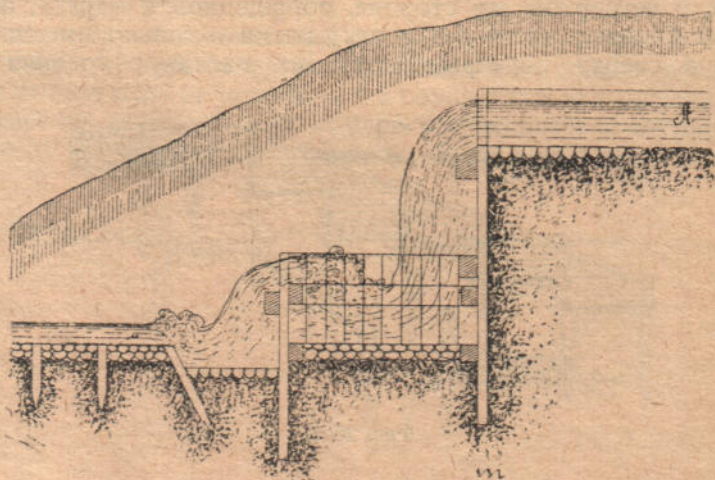
часть s сделана из дубовых бревен (с плотно припазовкою), впущенных торцами в сваи p и t ; такими же бревнами между свай m и n образованы коротыши. Пол замощен полуторными дубовыми досками в закрой, при чем концы досок выпущены из отверстий f и g на мощеную в плетнях водную часть. Вода, спускающаяся по лотку в ящик, встречает сруб mpn , ударяется в него и уже с значительно надомленной силою, разделившись на две части, успокоенная выходит через отверстия.

Если расход Q невелик (до 2 куб. метр.), то лоток может быть выполнен уступчатою профилею (фиг. 265 а) с высотой стенок в 1 метр и высотой уступов также в 1 метр.



Фиг. 265б.

Длина площадок должна быть при этом не менее 2,5 метра. Перед входом в лоток делается шпунтовая стенка с плечами не менее ширины лотка в обе стороны.

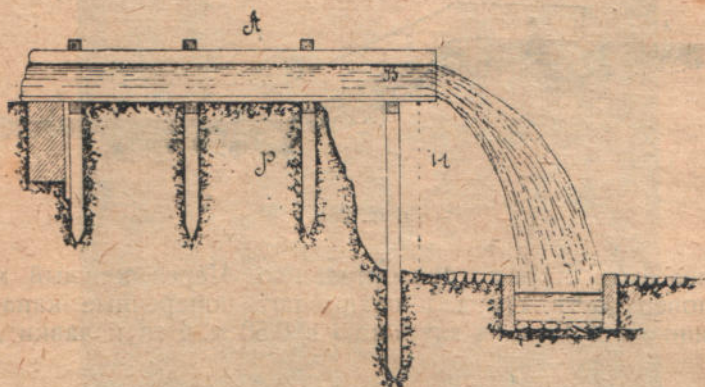


Фиг. 266.

Если обрыв вершины невысок, не больше 2—4 м., то он укрепляется одним перепадом или по типу фиг. 5, или фиг. 266. В последнем случае вода подводится лотком А к вершине, с которой падает сначала в один водобойный колодец, а затем переливается в другой. Земля под дном лотка, перед порогом, отмащивается камнем, дно второго

водобоя также отмасивается, а в первом колодце дно делается из каменной наброски. Стенки порога *m* и колодца *n* выполняются шпунтами. Дно оврага дальше за водобойными колодцами укрепляется не меньше, как на метр камнем в свайках.

Кроме наклонных деревянных быстротоков, применяются еще особого типа горизонтальные висячие лотки, называемые также лейками. Такой лоток состоит из приемника (фиг. 267), проводящей висячей части *A*, подпертой столбами, и отдельного водобойного колодца. Место последнего по свойству параболичности падающей струи опреде-



Фиг. 267.

ляется как длина всякого водобойного колодца по формуле

$$l = v \sqrt{\frac{2(H+B)}{g}}$$

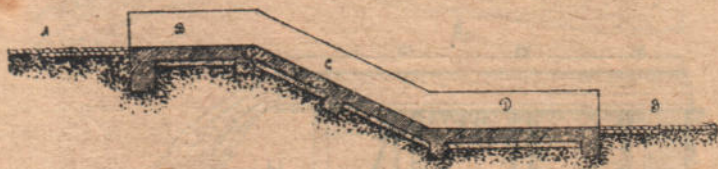
Найденную этим расчетом длину надо увеличить еще приблизительно на 1 метр в обе стороны, так как струя может отклоняться под действием ветра, дующего то в сторону течения, то против него. Дно оврага между колодцем и вертикалом *H* следует отместить на мху или на навозе. Это необходимо потому, что по параболе вода будет падать только при работе лотка полным сечением, при ослаблении же потока напряжение струи будет уменьшаться и дойдет как до минимума—до капель, отвесно падающих с лотка. Дно колодца делается глубиною от 1 до 2 м.

Лейки, по сравнению с быстротоками, требуют значительно меньше земляных работ; самая длина у них меньше, и высота обрыва не влияет здесь в такой мере на стоимость сооружения, но при таком устройстве существенно необходимо, чтобы приемная часть, в предупреждение обвала вместе с вершиною оврага, была поставлена за призмой

обрушения P , поэтому при слабых грунтах и при возможности оползания таких лотков строить нельзя; напротив, они весьма подходящи для грунтов твердых, каковы, напр., плотные глины. Само собою ясно, что лейку, как и всякий другой лоток, нельзя располагать на насыпном грунте.

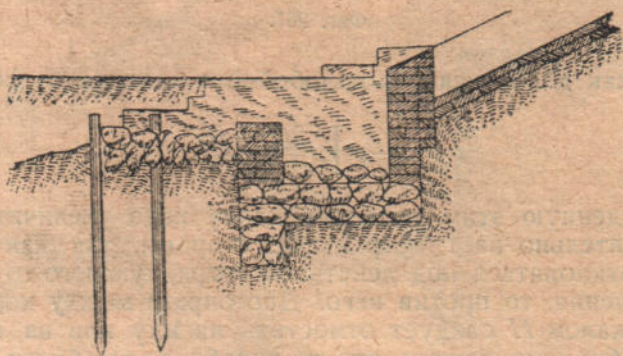
Лоток каменный

Вершина обрыва срезывается до двойного откоса, при чем в поперечном направлении эта срезанная поверхность



Фиг. 268.

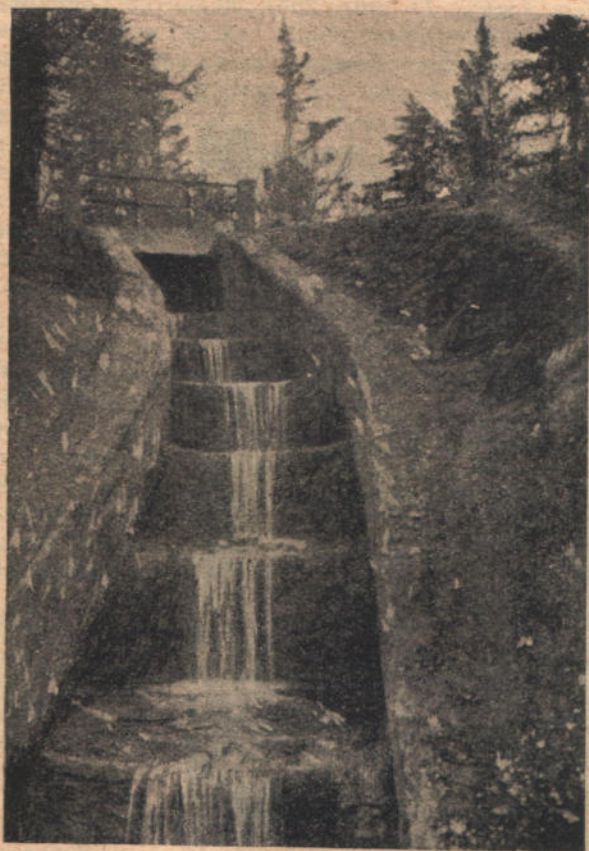
должна быть строго горизонтальною. Через каждый метр на поверхности среза прокапывают поперечные канавки, шириною в 0,40 м., а глубиною в 0,50 м. Эти канавки дол-



Фиг. 269.

жны быть непременно перпендикулярны к оси лотка и, являясь его звеньями, увеличивают прочность и устойчивость сооружения. Такие же канавки роют и по бокам для стенок лотка, при чем линии канавок ведутся уступами по 0,20 м. Кладку из камня или сильно обожженного кирпича начинают снизу на цементном растворе в пропорции 1:4. Толщина дна делается в 1 кирпич, а стенок в $1\frac{1}{2}$. Приемник

из расходящихся от входа стенок, между которыми пространство замащивается или камнем на мху (на навозе), или кирпичном цементе. В верхней и нижней части, а также и через 10 м. по длине устраиваются каменные защитные стенки (пояса) (фиг. 19). Стенки углубляются на 0,60—1 м., в зависимости от грунта, ниже дна лотка и запускаются



Фиг. 270.

вправо и влево в берега на 1 метр. Перед входом закладывается до глубины материка шпунтовая каменная стенка с плечами в обе стороны. Выходная на дне оврага часть лотка оканчивается или каменной горизонтальной рисбермой (*D*) (фиг. 268) или, что лучше, водобойным колодцем (фиг. 269). Поверхность лотка оштукатуривается цементом в составе 1:3.

Каменные лотки выполняются также уступчатой формы (фиг. 270).

Лоток бетонный

Вершина оврага планируется в двойной откос и тщательно проверяется. Воронкообразный приемник отмачивается двойным мощением с проливкой цементным раствором. Перед входною горизонтальною площадкою, как в каменных лотках *D* (фиг. 268), делается глиняный замок



Фиг. 271.

в 1 метр глубины и в 0,60 метр. толщины; за ним бетонная упорная стенка, глубиною в 1,50 м. и толщиной в 0,80 м. Далее, в дно как этой горизонтальной, так и наклонной сливной части лотка втрамбовывается щебень толщиной в 0,20 м., а на него накладывается бетон, слоем в 0,40 м. в составе 1 : 3 : 6. Выходная часть на дне оврага выполняется водобойным колодецом (фиг. 271). Последний устраивается следующим образом. Кругом по очертанию колодца вырываются канавки по 1 метру глубины и по 0,30 м. ширины. В канавки набивается бетон, прямо в землю без футляров, и так оставляется

на неделю. После этого из середины будущего колодца вынимается земля, а на дно накладывается слой камня. Осенью перед наступлением морозов и весной перед таянием надо водобойный колодец очищать от воды, которая, замерзая, разрушает цемент. Поэтому, если в дне оврага выклинивается ключ, то его надо отвести в сторону от сооружения, напр., поместив ключ в сруб и все ключевые выходы, кроме того, который сообщается с срубом, забить или цементом или, при незначительности водяной струи, просто глиною.

За водобойным колодцем дно отмащивается метра на два камнем. Откосы дна на этом протяжении также укрепляются мощением. Дно и стенки лотка штукатурятся цементом в составе 1:2, как только бетон затвердеет, при чем штукатурить надо очень жидким раствором в течение 3-х дней и затирать только на 3-й день. После этого бетон железится.

Расчет сечения лотка определяется по формулам на ливневые воды. Затем задается высотой того слоя, каким предполагаем пропускать воду в лотке. Эта высота H должна быть или равной высоте живого сечения в овраге h или больше ее, но только не меньше 0,30 м., так как при меньшем слое, во время весеннего спада вод, террасы и горизонтальные части лотка могут быть совершенно заполнены льдом, образующимся от заморозков в период таяния.

Наконец, определяется ширина лотка или террас с вертикальными стенками

$$Q = Mb(H + Z)v,$$

где M —коэффициент расхода, равный 0,55; b —искомая ширина лотка; H —высота воды в лотке; v —та скорость протекания воды в лотке, которую ей даем, в зависимости от материала, именно не больше 0,60 м. для земляных террас, до 0,40 м. для мощения насухо, до 2 м. для мощения на растворе или в кирпичных лотках, до 3 м. в лотках деревянных и до 4 м.—бетонных; Z —подпор, т. е. поднятие столба воды, встретившей на своем пути препятствие, стес-

няющее свободный ее ход, и равный: $Z = \frac{v^2}{2g}$.

Итак, ширина лотка b из формулы расхода Q будет

$$b = \frac{Q}{M(H + \frac{v^2}{2g})v}$$

Высота стенок лотка H_0 должна быть

$$H_0 = H + Z + 0,20 \text{ м.}$$

Если по этим расчетам размеры лотка выйдут слишком малыми, то их надо увеличить и, во всяком случае, ширина не должна быть меньше 0,50 м., а глубина не меньше 0,30 м.

Для террас и лотков трапециоидального сечения формула расхода такова:

$$Q = M(2B + 3b)(H + Z)v,$$

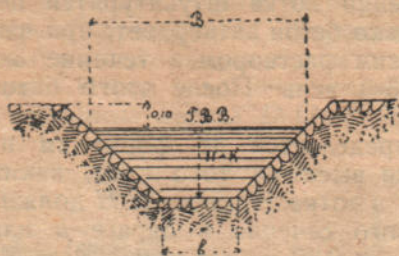
где M —коэффициент, равный 0,11; B —ширина поверху; b —ширина по дну (фиг. 272), но расчет можно вести и по предыдущей формуле, как для прямоугольных лотков, считая b за ширину по дну, это даст некоторый запас надежности.

Высота стенок определяется так: первая входная должна быть (фиг. 273) $H_0 = H + Z + 0,20$, а так как дальше слой

воды сжимается на $\frac{1}{3}$ от H_0 и становится равным $h_0 = \frac{2}{3}(H + Z)$, то высота стенок должна быть

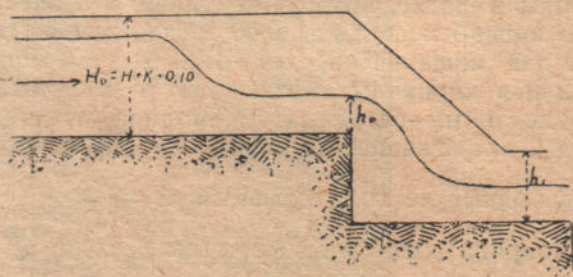
$$h_1 = h_0 + 0,20 \text{ м.}$$

Совершенно особняком от рассмотренных сооружений стоит еще один из способов укрепления вершины посредством устройства приемного колодца (фиг. 274а, 274б).



Фиг. 272.

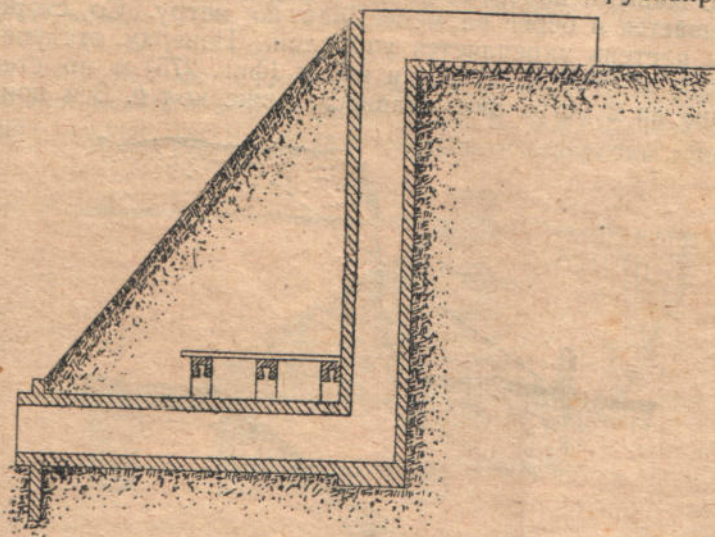
Отступя от вершины оврага на величину призмы обрушения, роется круглая шахта, в которую вставляется бетонный колодец, диаметром по расчету (около 1 м.) и такой глубины, чтобы дно колодца приходилось выше дна оврага у обрыва сантим. на 6. В нижней части колодца, обращенной к оврагу, оставляется отверстие диаметром, равным отверстию колодца



Фиг. 273.

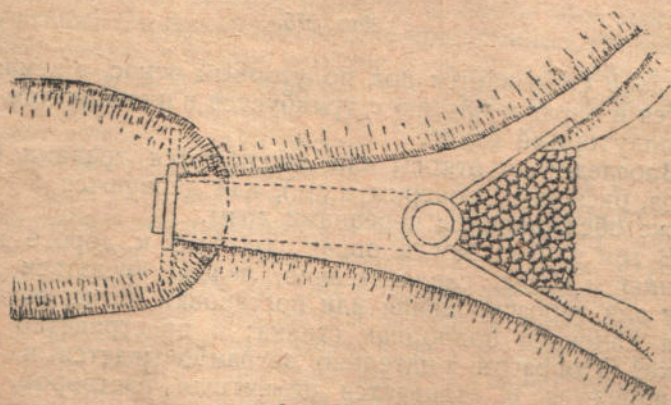
(1,0 м.), у обрыва вершины к этому отверстию с дна роется галерея высотой в 1,50 м. и шириною в 2 м. Галерея крепится через 1 метр стойками, на которые устанавливаются кружала, с опалубкою из досок в 4 сантим. В эту галерею вкладываются такие же, как колодец, трубы и подводятся к нижнему отверстию колодца, а затем трубы эти продолжают на те же 5 метров в сторону устья оврага и закрепляются в бетонной стенке *a*, опущенной в дно на глубину 2 м. и запускаемой в обе стороны оврага не менее как на 1 м., при чем стенка лицуетя поперек оврага в 2 м. От верха колодца до этой стенки овраг засыпается в полторный откос и обсаживается колышками живой лозы. Трубы закладываются с уклоном в 0,015. Наверху перед входом в колодец делаются бетонные откосные стенки, толщиной в 0,20 м.,

длиною около 3 м., так, чтобы между концами стенок было расстояние 4 м. Высину стенкам дают в 1 м. и опускают их в землю тоже на 1 м. Дальше отходят струенаправля-



Фиг. 274а.

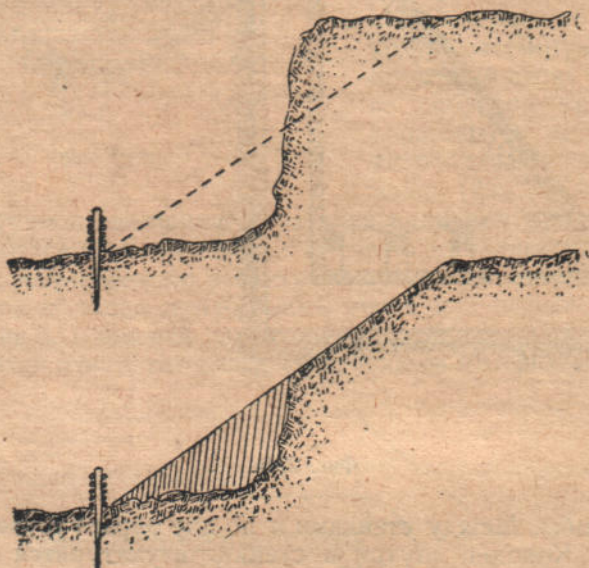
ющие дамбы. Между стенками и по дну оврага устраивается мощение. Колодец внутри и стенки штукатурятся цементным раствором в составе 1:2.



Фиг. 274б.

В тех случаях, когда высота обрыва не больше 4 метр., из простейших способов укрепления состоит в следующем. Отступая от подошвы обрыва по дну на 3 метра,

поперек дна ставится крепкий плетень вышиною в 1 метр из кольев, забитых на 1 метр и набранных попережку: дубовые с живыми ивовыми, хворост берется живой и плетень врезывается в берег не менее, как по метру. Со стороны устья плетень укрепляется упорками. Наверху, отступя на 2 метра от обрыва, ставится кол *a* (фиг. 275) и по стенке обрыва, на 2 метра вниз ставится также кол *b*. Вся призма



Фиг. 275.

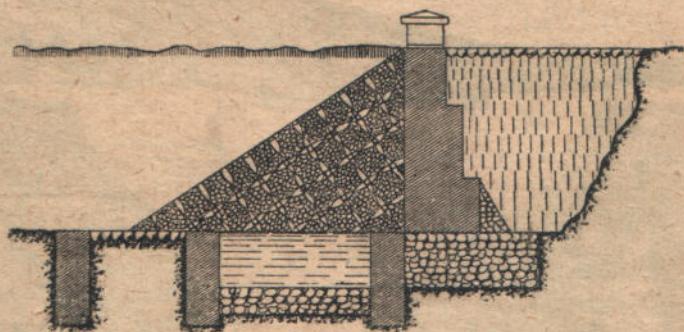
от *a* до *b* срезывается под полуторный откос, а земля спускается в овраг к плетню *c*, трамбуется и планируется также под полуторный откос.

Впоследствии откосы или засеиваются травами (смесь ковра, овсяницы, люцерны и пр.), или дернуются в клетку, или же обсаживаются черенками лозы.

В том случае, когда овраг подходит к дороге или по селению и когда, следовательно, нельзя врезаться в вершину для террасирования или постановки лотка, тогда ставится каменная подпорная стенка; а пространство между стенкой и оврагом тщательно затрамбовывается и сверху отмащивается и заливается цементным раствором. Такая стенка должна быть рассчитана, как и всякая подпорная, т. е. при вертикальных гранях она должна иметь толщину не менее $\frac{1}{3}$ высоты и не тоньше 1 м. К дну она утолщается уступами со стороны земли через 0,60 м. по 0,30 м. в уступе (фиг. 276).

Никогда не следует делать стенку наоборот, т. е. с уступами по наружной части, в такой стенке стекающая вода забирается в швы между камнями, замерзает там и повреждает кладку.

Когда за стенкой засыпана и затрамбована земля, то для выпуска скопляющейся воды надо сзади насыпать гравия или мелкого щебня, слоем в 0,30 м., и в подошве стены, через каждые 0,60 м., оставить сквозные отверстия сант. в 5.

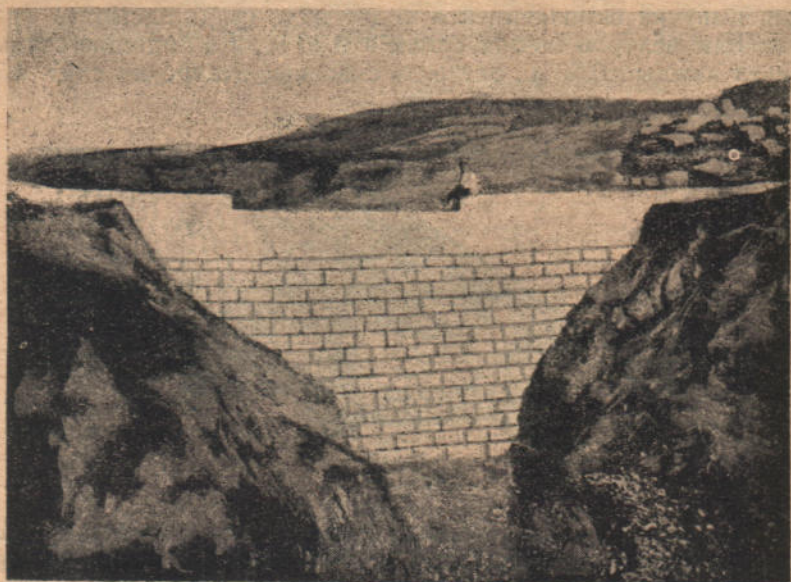


Фиг. 276.

Фундамент в обе стороны должен быть такой ширины, какова ширина стенки у основания, а глубина не должна быть меньше 1 м. Водобой отмасливается на длину высоты. Кладка начинается с фундамента; бутовой камень заливается цементным раствором. В одной связи с фундаментом, а не отдельно от него бутится и водобой, потом уже выводится самая стенка. Строят ее или насухо при крупных, постелистых штучных камнях и только верхние 3—4 ряда подливаются на цементном растворе в составе 1:3, или по всей высоте кладка ведется на растворе. Это, конечно, лучше, но и значительно дороже кладки насухо.

В том месте, где кончается водобойный пол и переходит в грунт, устраивается в уровень с полом упорная стенка. Откосы оврага отмасливаются в тычок на мху до половины высоты обрыва. В откосы стенка запускается уступами; в самой нижней части на 0,60 м. с каждой стороны, потом через 0,60 м. стенка запускается дальше и последний самый высокий ярус стенки врезывается на 1 м. Следует принять меры, чтобы вода не сливалась по всей длине стенки, с этой целью на стенке устраивается парапет и середина его выгоняется по дуге большого радиуса (фиг. 277). При каменных, особенно при высоких подпорных стенках необходимы водобойные колодцы. Такие же стены строятся из бетона или из железобетона. Железобетонные стенки делаются толщиной 15—20 см. с контрфорсами в 10—15 см. толщиной.

Подпорная стенка, поставленная в устье оврага, является наилучшим способом укрепления и, в особенности, в тех случаях, когда овраг дренирует подземную воду. Чем стенка выше, тем, конечно, успешнее достигаемые ею ре-



Фиг. 277.

зультаты, наилучшим является устройство стенки до высоты берегов оврага в устье.

Такая стенка, представляющая из себя плотину, задерживает все выносы, которые, постепенно нарастая, сравниваются с берегами до уровня стенки; дренирующее действие оврага, подмыв берегов и выносы глины и песка из дна оврага этим устройством совершенно прекращаются.

Главное внимание в конструктивном отношении, помимо выбора надлежащих размеров стенки, должно быть обращено на обеспечение со стороны размыва берегов. Поэтому сливная часть должна быть устроена по всей длине стенки, кроме боков, где необходим надежный врезанный в берега парапет. Во избежание большой сосредоточенности струи поверхность стенки надо делать только слегка лоткообразной формы.

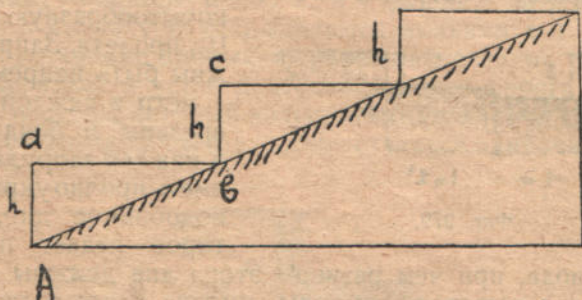
Впереди стенки обязательно устройство водобойного колодца.

Крутые обрывы укрепляются также деревом, для чего забиваются у стены обрыва сваи, до 2 м. над землею, за

которыми устраивается заборка из пластин, а по дну оврага впереди заборки настилается водобойный пол.

3. Укрепление дна

Для прекращения роста оврага в глубину, для удержания выносов и для придания устойчивости бокам, дно оврага



Фиг. 278.

укрепляется постановкою поперечных донных заграждений (фиг. 277). Число их определяется формулою Ландольта

$$x = \frac{A - B + 0,10}{a},$$

где x —число заграждений, A —разность высот точек начальной и конечной, B —расстояние между этими точками по горизонтальной линии, a —принятая высота заграждения. Существует еще и другая, упрощенная формула,

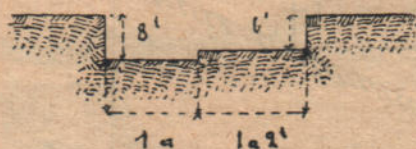
$$x = \frac{h}{i},$$

где h —высота заграждения, i —уклон дна оврага. Но так как уклон дна величина изменяющаяся, то определение лучше делать графическим построением по продольному профилю. Для этого на нижней точке профиля чертят вертикаль Aa (фиг. 278), обозначающую высоту заграждения, затем, через верхнюю точку этого заграждения проводят горизонтальную ab до встречи с линией дна в точке b , здесь должно быть поставлено второе заграждение bc и т. д.

Запруды однако же надо ставить не все по этому расчёту, а в половинном числе и даже в $\frac{1}{3}$, именно, в местах наиболее важных, напр., на более крутых частях русла, где они должны давать опору земле, скошенной со склонов. Лучшими донными заграждениями являются поперечные заграждения, задерживающие на всю их высоту притекающую воду. Между двумя запрудами живая сила сбегавшей

воды почти совершенно уничтожается, благодаря чему размыв дна оврага прекращается; ил, который увлекался водою, начинает постепенно осаждаться и, таким образом, дно оврага поднимается.

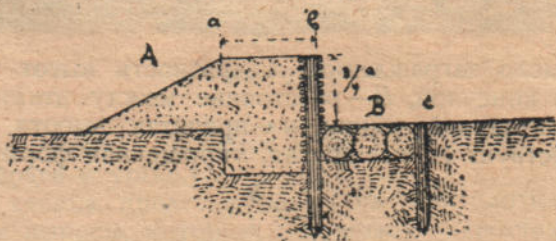
Запруды по большей части делаются плетневые и ставятся перпендикулярно к оси оврага, образуя в плане кривую линию, обращенную выпуклостью в $\frac{1}{8}$ пролета к вершине оврага; в вертикальной же плоскости они имеют



Фиг. 279.

корытообразную форму в $\frac{1}{24}$ пролета. Запруды должны быть непременно на 1 метр в каждой стороне врезаны в бока оврага, и каждая запруда должна иметь прочно укрепленное водобойное дно, на которое падает переливающаяся вода, при чем размеры этого дна должны быть согласованы с высотой запруды, именно, дно должно быть не менее, как в $1\frac{1}{2}$ высоты. В верхней же части ограждения должен быть сделан плотно страмбованный из суглинка двойной откос.

Простейшая из плетневых запруд устраивается следующим образом: роется канавка и врезается в бока оврага.

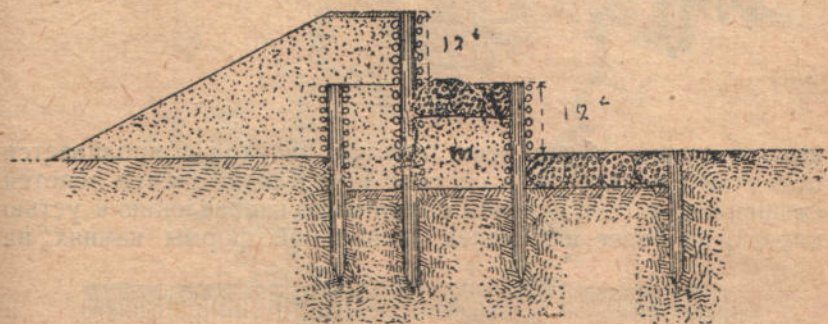


Фиг. 280а.

Часть канавки (фиг. 279), шириною в 0,60 и глубиною 0,30 м., назначается для замка насыпи, а часть—шириною в 0,60 м. и глубиною в 0,25 м.—для фашинного водобоя. Вербовые колья, толщиной в 7 см., а длиною в 1,50 м., забиваются в прочный грунт через 0,30 м. один от другого. Сначала забивается средний кол, поднимающийся на 0,50 м. над дном оврага, а потом, постепенно возвышаясь в обе стороны, забиваются боковые колья. Фашины *B* (фиг. 280а) прикрепляются к земле крючками и, кроме того, удерживаются кольями впереди. Глинистая отсыпь *A* тщательно трамбуется, слоями по 0,10 м., наверху отсыпи делается банкет *ab*, шириною в 0,60 м. Вся отсыпь, банкет и прорезы в откосах дернутся, а фашины тщательно забиваются навозом.

Более прочное и солидное сооружение, поднимающее воду на высоту 1 м., представляет запруда из тройного плетня (фиг. 281б). Средний из них делается высотой 1 м. над поверхностью дна, два крайних b и c по 0,50 м. над дном, при чем расстояние между ними делается в 0,50 и 1 м. Уступчатый флютбет по 0,50 м. в пороге укрепляется фашинами, при чем 3 фашины первого уступа кладутся на слой глины, толщиной в 0,50 м., а 4 фашины второго уступа кладутся в канавку и удерживаются кольями в 1 метр.

При установке донных заграждений следует держаться такого порядка: в устье деятельной части оврага ставится тройной плетень, который является основанием всей системы; за ним по направлению к вершине ставятся одиночные. Колья



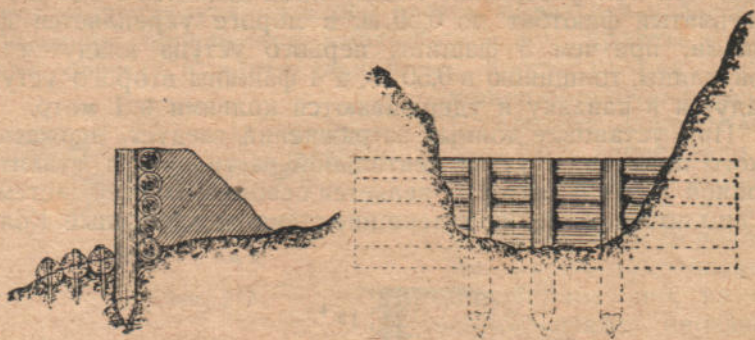
Фиг. 281б.

для плетней лучше брать живые, хворост—то же. Плетение надо начинать от дна канавки и вести по всей длине плетня. Свободные концы хворостин не должны выходить наружу; длина хворостин должна быть не меньше 3 м. Концы прибиваются к кольям гвоздями. По задней части плетней следует уложить дерн, обращая его землею к вершине оврага; хорошо также за плетнем уложить слой навоза. Одновременно с заплетением надо вести и насыпку отсыпи.

Запруды из дерева и камня относятся к числу мертвых заграждений.

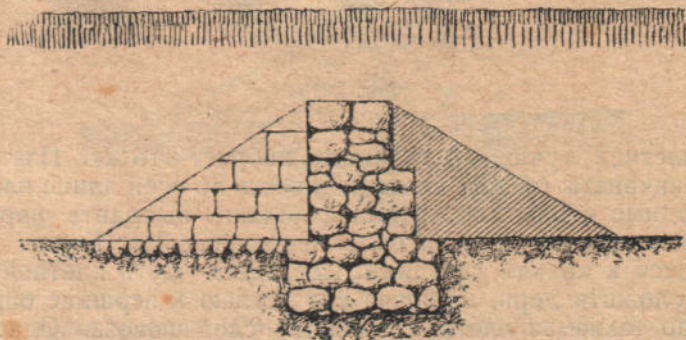
Деревянные запруды выполняются следующим образом: поперек оврага вбивают ряд свай, за которые укладывают бревна одно на другое, припазовывая их между собою. Нижнее бревно непременно должно быть опущено в дно оврага, в предупреждение прорыва под запрудой. Высота заграждения делается в 0,60 м., при чем в берега бревна запускаются по 1 м. (фиг. 282). Впереди по течению делается отсыпь, которая прочно трамбуется; водобой состоит из каменной наброски, из фашин или из досок. Там, где нет

лозы и где, наоборот, имеется камень, устраивают каменные запруды. Для фундамента в дне оврага роется канава с вертикальными стенками и запускается в берега по 1 метр. Канаве дается глубина 1 метр, а ширина — равная



Фиг. 282.

высоте стенки. Фундамент бутится насухо и проливается цементным раствором в составе 1:4. Кладка стенки ведется смешанная, т. е. с лицевой стороны (по направлению к устью оврага) на более или менее правильной форме камнях на

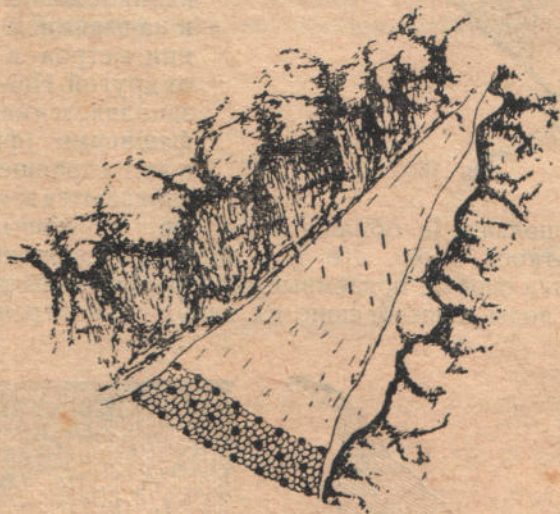


Фиг. 283.

цементном растворе (1:3), а внутри в хвостовой части (к вершине оврага) кладку ведут насухо. Высота заграждения дается в 1 метр, а толщина вверху не менее 0,50 м. Внизу стенка уширена уступом (фиг. 283). Лицевая часть делается или вертикально, или с маленьким, в $\frac{1}{6}$, уклоном. На водобойной части устраивается каменная мостовая, длиною в полторы высоты от стенки. От верхних краев стенки к концу каменного пола по бокам оврага ставятся каменные крылья. Наконец, в верховой стороне запруды делается

полукруглая отсыпь. Запруда ставится или прямолинейно или по дуге радиуса, равного ширине в этом месте оврага, выпуклостью против течения. Верхний край запруды выполняется горизонтально.

Кроме запруд, для укрепления дна применяются также палисады. Это—ряды свай, вбитых в землю не вертикально, а перпендикулярно к поверхности дна. Сваи берутся длиной от 1 до 2 м. и забиваются так, чтобы над поверхностью земли они находились на 0,40 м. Располагаются палисады по кривой, с выпуклостью, обращенною к устью оврага.



Фиг. 284.

Каждая система палисад состоит из трех рядов; расстояние между сваями в ряду 0,60 м. и ряды отстоят один от другого на том же расстоянии 0,60 м., при чем располагаются сваи в шахматном порядке (фиг. 284). Промежутки между сваями забрасываются камнем. Такое ограждение более устойчиво и прочно, нежели каменная запруда. Системы располагаются одна от другой на таких же расстояниях, как и запруды. У палисад задерживается и осаждается наносимая водою земля, ил, песок и проч. Когда свободные концы свай покроются наносами, то на наносах ставится новый ряд палисад, затем третий и т. д., пока дно оврага не поднимется до желаемой высоты, т. е. пока овраг не закрепится.

4. Укрепление скатов

Если овраг имеет несколько вершин, то в преддверье следует провести по склону одну или две канавы, вершины

разработать террасами или укрепить лотками, а бока спланировать под одинарные откосы (фиг. 285).

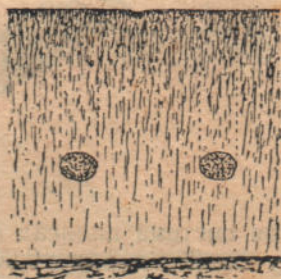
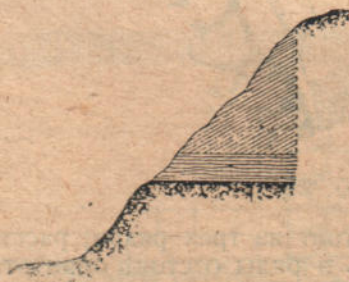
Если в грунте откоса имеются водоносные прослойки и если откос сплывает и ползет, то в нем надо заложить по-



Фиг. 285.

перечный или продольный дренаж. Первый делается следующим образом: в откосе прорезаются поперечные траншеи до основания водоносного слоя и на взаимном расстоянии метров в 10 одна от другой. Низ траншей заполняется камнем или фашинами (фиг. 286), а затем траншеи плотно забиваются землей. При

больших оползнях с обильным выходом грунтовых вод у подошвы откоса вдоль его и в области водоносного слоя устраиваются особые подземные галереи, перехватывающие грунтовые воды и выводящие их наружу. Галереи устраи-



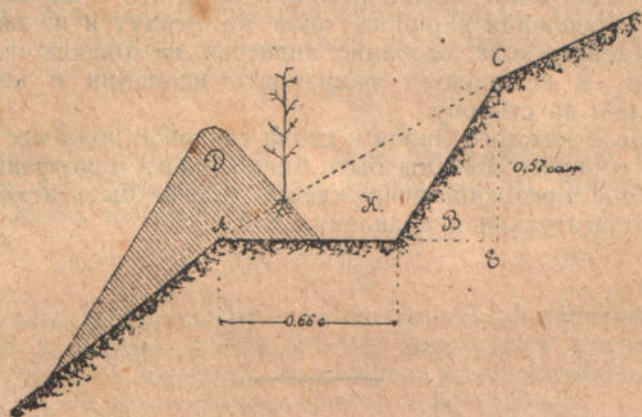
Фиг. 286.

ваются с деревянным или каменным креплением, а в простейшем виде заменяются продольным гончарным или фашинным дренажем.

Последнею работою по укреплению оврагов является посадка древесной растительности, скрепляющей своими корнями вершину, дно и откосы. Одних гидротехнических приемов для укрепления оврага недостаточно, на все эти работы надо смотреть не как на цель, а как на средство, и только растительность своими корнями может прочно связать всю поверхность оврага; запруда этого сделать не может. Поэтому овраг с поставленными в нем заграждениями, со

скошенными боками, но не облесенный, не может считаться окончательно укрепленным. Особенно важное значение имеют посадки по дну.

Облесение дна должно непосредственно делаться вслед за постановкою донных заграждений. Для посадки берутся черенки ивы длиною в 0,50 м.; нижняя часть черенков заостряется, затем пробивают колом отверстие так, что черенок выставляется над землю на 0,20 м. Посадка производится рядами через 1 метр ряд от ряда и по 0,20—0,50 м. в ряду. Лучшее время для посадки или весна, или дождливые дни осени. Колья, посаженные по дну, представляют собою для текущей воды значительно большую поверхность



Фиг. 287.

сопротивления, чем одни плетни, и, таким образом, оберегают донные заграждения; вода идет медленно, оставляя в овраге весь ил, от этого дно оврага постепенно повышается и делается более широким, при чем вода идет все менее и менее толстым слоем. Разрастаясь, посадки утолщаются, сопротивление для текущей воды становится все большим и размыва уже не происходит.

Дальнейшее обращение оврага в культурную площадь — в лес, в сенокос или сад — выходит из области гидротехнического искусства и потому здесь не рассматривается.

К числу овражных работ относятся также работы по укреплению склонов. Работы состоят в том, что склон по линии горизонталей прорезывается рядами канав с совершенно горизонтальным дном в расстоянии одна от другой (по проекции дна) не больше 5 м. Канавы ведутся без перерывов. Земля из выемки *ABC* (фиг. 287) складывается в вал *D* по наружному краю горизонтальной площадки *AB*

шириною в 1,25 м. так, чтобы между валом и откосом *BC* образовалась канава *K* шириною по дну 0,40—0,60 м. Площадка *AB* должна быть совершенно горизонтальною по длине, а по ширине — немного наклонною к горному склону, чтобы вал *D* не подвергался ни смыву, ни осыпанию. На валу сажают или 1—2-летнее деревцо или кустарник, при чем садить надо не в гребень вала, а на внутреннем склоне, в расстоянии $\frac{2}{3}$ высоты (считая от основания), чтобы деревцо не сползло при осыпании вала. Так террасируются склоны в 30° , при более пологом склоне, напр., в 15° , площадка *AB* делается в 1,75 м., а высота откоса *CE* в 0,50 м., а на склонах крутых в 45° площадка *AB* должна быть 1 м., высота *CE*—2—4 м.

В заключение, необходимо добавить, что в первое время после укрепления вершины, пока не осядут и не окрепнут заграждения, вода, особенно ливневая, не должна попадать в овраг, и ее следует направлять валиками и канавами куда-либо на сторону.

После каждого ливня и схода снеговой воды все сооружения в овраге должны быть внимательно осмотрены. Всякое самое ничтожное повреждение должно быть немедленно и безотлагательно исправлено.

ГЛАВА VI

В о д о д е й с т в и е

Движущаяся вода обладает энергией, т. е. способностью производить работу. Если известен секундный расход воды Q и H —падение реки между двумя точками, то теоретический запас энергии, выраженный в лошадиных силах, будет

$$PH = \frac{QH}{75}.$$

Так как мерою энергии является количество работы, то, взяв вес 1 куб. метр. воды в 1000 килогр., имеем величину работы водяной силы

$$N = \frac{1000 \cdot QH}{75}.$$

Чтобы увеличить работу гидравлической энергии, необходимо увеличить напор H , это достигается устройством водоподъемной плотины, за которою помещается гидравлический двигатель—водяное колесо или турбина.

Использовать однако же для практики весь запас механической работы воды не представляется возможным, во-первых, вследствие несовершенств приемника энергии—гидравлического двигателя, во-вторых, вследствие потерь на сопротивление в механизме и, в-третьих, вследствие непроизводительно теряющейся воды помимо приемника. При этом, в тех случаях, когда вода, вступая в приемник, действует на него своим давлением, эффект в работе двигателя будет больший, чем если вода действует на него ударом.

Итак, действительная работа приемника будет меньше работы теоретической, и это отношение первой работы ко второй называется коэффициентом полезного действия (η), иначе коэффициентом производительности, который всегда меньше единицы. Следовательно, действительная мощность двигателя

$$N = \frac{1000 \cdot QH}{75} \eta.$$

Чем совершеннее двигатель, тем коэффициент полезного его действия больше приближается к единице, тем больше работы он может дать.

В гидравлических приемниках η колеблется от 0,30 до 0,80.

Гидравлические двигатели колеса и турбины имеют круговое движение; водяные колеса имеют громоздкое устройство, медленное движение и горизонтальную ось вращения, турбины всегда делаются металлическими, диаметр их меньше, чем у колес, конструкция более совершенна и движение значительно быстрее, ось вращения или вертикальна, или иногда горизонтальна.

Коэффициент полезного действия турбин принимается при расчетах в 0,75; поэтому при исчислении запаса гидравлической энергии в реке переводят ее на использование турбинами и тогда

$$PH = \frac{QH}{75} \cdot 0,75 \text{ (иначе } 0,01 QH\text{)}.$$

Плотина, собирающая воду для действия гидравлического двигателя с целью получения необходимого для работы напора H , строится по общим правилам (см. гл. Обводнения и орошения), при чем плотина не должна заливаться и должна иметь два отверстия — холостое или водоспуск с щитовыми затворами и рабочее с лотками или приточными каналами, подводящими воду к двигателям и также прикрываемыми щитовыми затворами. Лоток должен быть построен с таким расчетом, чтобы получался необходимый для двигателя напор H , а с другой стороны, чтобы расход воды точно соответствовал той величине Q , которая нужна для работы. В дурно устроенных плотинах, при слабом притоке, воды зачастую не хватает для непрерывной работы двигателя, поэтому владельцы двигателя сплошь и рядом накапливают воду, т. е. поднимают ее перед входом в рабочее отверстие в течение ночи, а иногда и нескольких дней. Случается также, что при неправильно высоком расположении красного бруса водохранилище заливается, запас водной энергии падает, это вызывает переустройство водоспуска и для поддержания напора поднятие красного бруса. Такое заиливание пруда, поднятие горизонта и накапливание воды сопровождается крайне вредными подтопами и заболачиванием поймы, поэтому горизонт воды в пруде должен быть точно установлен, для чего обыкновенно ставится контрольная свая, выше которой вода не должна подниматься.

1. Гидравлические колеса

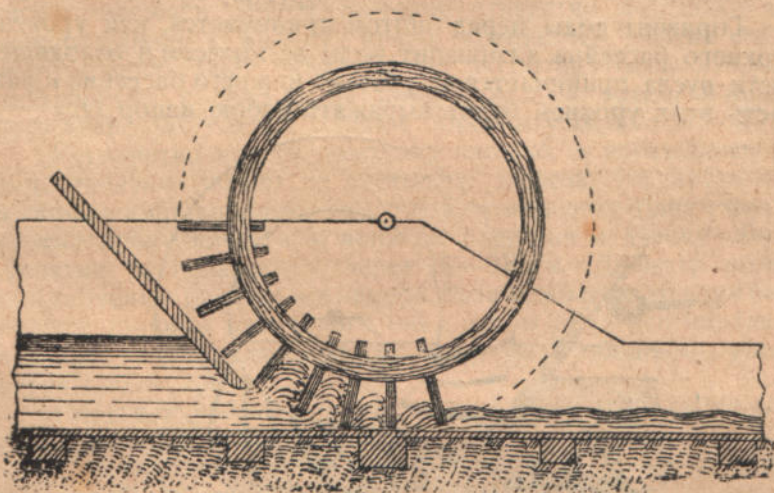
Гидравлические колеса пригодны для средних напоров, при небольшом количестве воды, при этом даже загрязненной и когда за ними не требуется особого надзора. По способу подведения воды колеса разделяются на два основных

типа: наливные—когда вода подводится к верхней части колеса, выше его горизонтального диаметра, и подливные—когда вода подходит к колесу снизу. Главное конструктивное отличие наливных колес от подливных заключается в том, что наливные колеса имеют на окружности своей ящики или ковши, в которые вливается вода, и действует своим весом на одну сторону колеса; подливные же имеют не ковши, а лопатки, в которые ударяет вода, и действует на колесо только давлением.

Наливные колеса подразделяются, в свою очередь, на верхненаливные, средненаливные и среднебойные (боковые).

Подливные колеса

Самый простой вид гидравлического двигателя—подливное или пошвенное колесо. Так как в этих колесах вода



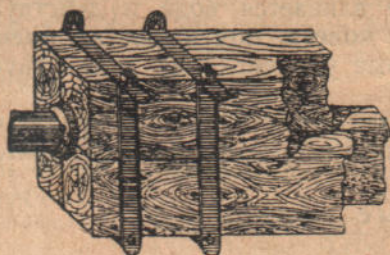
Фиг. 288.

действует только ударом, то их коэффициент полезного действия невелик—0,30—0,35; но благодаря дешевизне устройства эти колеса довольно широко распространены (фиг. 288).

Колесо имеет следующие части: вал или ось вращения, ручки—заменяющие собою спицы экипажных колес, серединою своею они укрепляются на валу, а концы их врезаются в тетивы обода. Между ободьями устраиваются лопатки.

Валы большею частью делают составными из четырех брусьев. Соединение частей вала достигается железными

хомутами (фиг. 289), состоящими из 4 болтов, у которых вместо головок имеются ушки, в которые входят винтовые нарезки болтов и подтягиваются гайками.

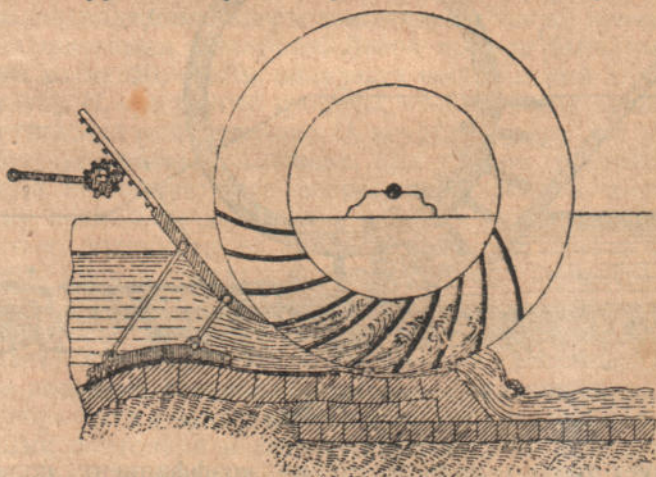


Фиг. 289.

Вода подводится к нижней части колеса руслом. Русло должно быть шире колеса не больше как на 2 см. и такой же зазор должен быть между лопатками и полом русла.

На расстоянии 18—20 см. от обода в русле ставится под углом 70—80° щитовый затвор. Для постепенного сжатия струи к нижней доске прибивается полукруглый брусок.

Горизонт воды перед щитом принимается, как уровень верхнего бассейна, а горизонт воды за колесом в отводящей части русла принимается за уровень нижнего бассейна и разность этих уровней будет выражать собою напор H .



Фиг. 290.

Ширина русла b определяется по формуле:
$$b = \frac{Q}{0,56 H \sqrt{H}}$$

и тогда ширина колеса будет на $2\frac{1}{2}$ см. уже русла.

Толщина слоя притекающей воды делается в $\frac{1}{10}H$; высота же лопаток берется в 3—4 раза больше. Расстояние между лопатками принято делать равным $\frac{3}{10}H$ — $\frac{4}{10}H$ напора. Ставятся пошвенные колеса при напоре H от 0,12 до 2 м. и диаметр им дается от 2 до 4 напоров.

Колесо Понселе в конструктивном отношении и по характеру действия на него воды представляет собою переходный механизм от колес к турбинам. Колесо это (фиг. 290) подлинно с кривыми железными перьями. Они гнутся в форме цилиндра и подходят к внутреннему ободу почти под прямым углом, а к наружному под углом в 30° . Такое устройство перьев совершенно устраняет недостаток, которому подвержены пошвенные колеса, заключающийся в том, что вода, ударив с силою в плоское перо, отбрасывается от него в противоположном направлении и бьет в идущее сзади перо, уменьшая этим ход колеса. В колесе же Понселе вода вступает в лопатки без удара, поднимается по их изогнутой поверхности и действует на колесо давлением, отдавая ему большую часть живой силы, а затем выбегает из колеса, не встречая идущего сзади пера.

Чтобы вода действовала на колесо с наименьшими потерями, зазоры между ним и руслом делаются самыми малыми; чтобы избежать трения, щитовое отверстие помещают как можно ближе к колесу; чтобы уменьшить сжатие струи, руслу у щита дают уклон; далее, русло идет желобом, концентрически с ободом на длину 2 перьев; затем, в предупреждение затопления делают порог и уширяют отвод.

Устройство колеса довольно сложно, в простейшем же виде лопатки делают из листового железа. Их врезают в ободья и прикрепляют там угловым железом; одна сторона уголка прикрепляется к лопатке, а другая к дереву обода. Лопатки располагаются через 15—18 см. Диаметр колеса обыкновенно берется в 4 напора. Разнос колеса должен быть больше ширины шлюзового окна, чтобы вода вся падала на перья, а не теснилась между кожухом и ободьями, увеличивая собою трение.

Полезная работа колеса Понселе 0,60—0,65; число оборотов около 8 в минуту.

Ставятся эти колеса при напоре H от 0,7 до 2 м. при расходе Q от 1 до 5 кв. метр.; диаметр колеса до $1\frac{1}{2}$ напора.

Наливные колеса

Разница между подливными колесами и наливными заключается в том, что последние вместо лопаток имеют ковши или ящики, в которые вливается вода и силою своей тяжести заставляет колесо вращаться. Для устройства ящиков колесо должно иметь опалубку, внутри между ободьями. Эта опалубка представляет собою дно ковшей, а ободья и лопатки служат для них стенками. Так как в наливных колесах вода действует только своим весом, то лопаткам придают такую форму, чтобы при вращении колеса вода удерживалась возможно дольше, т. е. чтобы выливание начиналось ниже, при

чем ковши не должны наполняться водою больше как на $\frac{1}{3}$ объема.

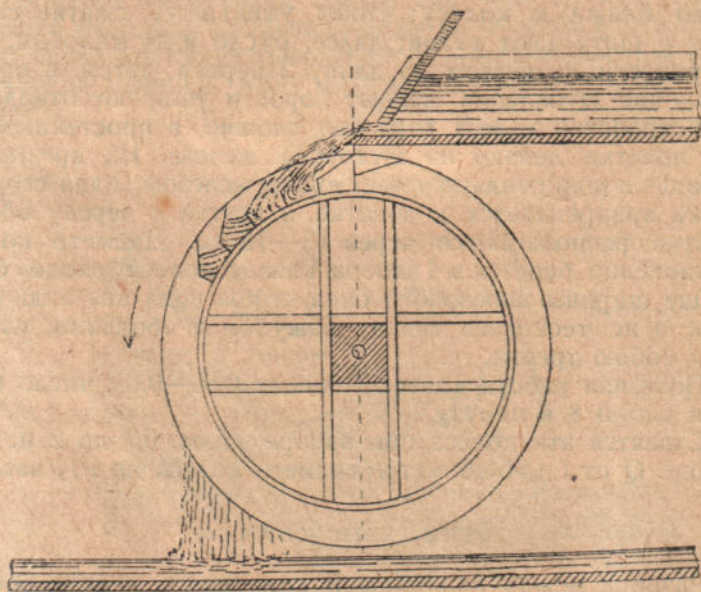
Чем больше разность между двумя горизонтами, т. е. чем больше напор H , тем дольше одно и то же количество воды действует на колесо. Следовательно, колеса больших диаметров выгоднее малых уже и тем, что для производства одинаковой работы они требуют меньше воды.

Совершенно обратное нужно сказать о колесах малого диаметра, и, напр., при диаметре в 2 м. даже выгоднее применять пошвенное колесо, чем наливное.

Верхненаливное колесо

Вода поступает из ларя, который помещается над верхнюю точку колеса (фиг. 291).

Ларь закрывается щитом, а к колесу вода подводится коротким руслом так, что она попадает во второй или в тре-



Фиг. 291.

тий ковш, считая от вертикального диаметра по ходу колеса. Чтобы уменьшить удар вступающей в колесо воды, слой ее в ларе делается в 25 см., а щит поднимается всего на 5 см. Ковши делают или кривые из железа или ломаные из дерева. Во втором случае они намечаются следующим образом:

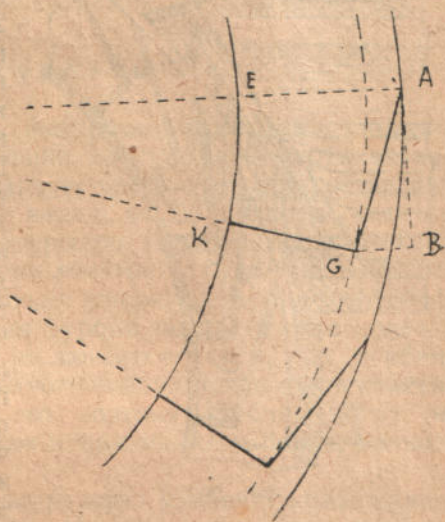
Линия AE (фиг. 292) — есть линия радиуса; AB — перпендикуляр к ней. $AB = AE$; BG параллельно AE составляет половину AB ; наконец, GK есть линия радиуса внутренней окружности. При этом глубина ковшей, т. е. ширина обода, не делается больше ширины доски.

Расстояние между ковшами немного больше их высоты.

Слишком сближенные ковши разбрызгивают воду, а из поставленных редко вода скоро выливается. Диаметр колеса зависит от напора, при чем колесо не должно погружаться в воду нижнего отводного русла. Разнос v или ширина колеса определяется по глубине ковшей $a = \frac{1}{4}$ или $\frac{1}{6} \sqrt{H}$, по скорости v от 2 до 3 м. и по расходу Q ; именно:

$$Q = (\frac{1}{4} \text{ или } \frac{1}{6}) abv.$$

Полезная работа верхненаливного колеса при напоре H от 3 до 12 м. и при Q от 0,05 до 1 кв. м. в секунду определяется в 0,60—0,70.



Фиг. 292.

Колеса делаются тихоходными (4—10 оборотов в минуту). Для успешности работы надо, чтобы уровень воды мало изменялся, если же колебания доходят до 15 см., то вместо верхненаливного ставят средненаливное колесо, отличающееся от предыдущего только способом подведения воды — между горизонтальным и вертикальным диаметрами и ближе к последнему; когда уровень воды в пруде повышается, то и точка вступления воды в колесо приближается к вертикальному радиусу. Когда же уровень воды понижается, то точка вступления ее в колесо отдалится от вертикального радиуса. Достигается это устройством в ларе стенки с 3—5 отверстиями. Поверхность стенки, обращенная к колесу, делается с ним концентрически, а внутренняя поверхность стенки (в ларе) плоская. По этой стенке движется щит, которым закрываются все отверстия, кроме наружного одного (фиг. 293). Средненаливные колеса ставятся при напоре от $1\frac{1}{2}$ до 5 м. Диаметр их, конечно, больше напора, именно около $1\frac{1}{2} H$. Полезная работа от 0,60 до 0,75 при расходе Q от 0,4 до 2 кв. м., число оборотов в минуту 3—7.

Среднебойное или боковое колесо

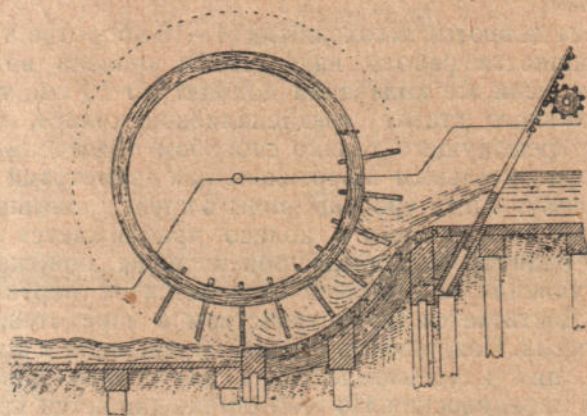
Чтобы устранить недостаток, присущий наливным колесам—выбрасывание воды из ковшей, применяют среднебойные колеса, у которых русло concentрически окружает колесо на всем протяжении действия воды (фиг. 294). Это русло, начинаясь немного ниже оси колеса, где в него входит вода, спускается к нижнему концу вертикального диаметра.



Фиг. 293.

Благодаря такому устройству, вода все время держится в колесе, не выливаясь. Зазор между кожухом и колесом самый незначительный—до 1 см. Чтобы в русло не попадали плавающие посторонние предметы, перед выпускным отверстием ставят металлическую сетку, а для задержания тел тяжелее воды на дне ларя делают углубление.

Вступая в колесо, вода сначала действует ударом, а потом уже весом; таким образом, боковые колеса занимают среднее место



Фиг. 294.

между подливными и наливными. Ставятся они при напорах от $1\frac{1}{2}$ до 4 м. и при расходе Q от 0,50 до $2\frac{1}{2}$ м. Радиус их делается от 1 до $2\frac{1}{2}$ Н. Коэффициент полезного действия 0,55—0,65.

При выборе того или другого колеса прежде всего сообразуются с имеющимся напором и расходом воды, затем обращают внимание на коэффициент полезного действия и, конечно, на стоимость. Лучшим напором считается от 3 до 6 м., так как при большом напоре надо строить большое тихоходное колесо со сложною передачею, а при малом напоре требуется много воды и коэффициент полезного действия падает.

2. Турбины

Турбиною называется быстроходное водяное колесо, вращающееся в горизонтальной плоскости на вертикальной оси, иногда—наоборот. Главную часть турбины составляют лопатки, в которые вступает вода и, не задерживаясь (как мы это видели в колесах), непрерывно между ними протекает. Вследствие особого очертания лопаток вода входит в них без удара и действует на них только живою силою, поэтому коэффициент полезного действия турбин выше, нежели колес.

Дальнейшая разница заключается в том, что турбина находится под действием полного напора, тогда как в колесах расходуется только часть его, поэтому турбины могут работать как при большом, так и при малом напорах, начиная от 0,50 м.

При этом изменение напора мало изменяет коэффициент полезного действия турбины. Но зато на работу турбины сильно влияет колебание в расходе воды, и в то время, как это колебание почти не отражается на работе вертикального колеса, у турбин с уменьшением расхода производительность падает. К другим преимуществам турбин перед колесами надо отнести их значительную скорость вращения, менее сложную передачу и экономию места.

В некоторых турбинах вода действует сразу на все лопатки (турбины полные), в других же (турбины частичные) действие воды направлено только на часть лопаток. У одних (турбины радиальные) вода движется по направлению радиусов; в других (турбины осевые) направляется параллельно оси. Наконец, еще разница в турбинах обуславливается формою лопаток; одни из турбин (реактивные) работают живою силою и давлением воды, другие (активные) только живою силою. Активная турбина вращается медленнее реактивной.

Если воды много и турбина может работать полным притоком, то при малых и средних напорах ставятся реактивные турбины, которые при большом числе оборотов имеют меньшие размеры и более дешевы. Если количество воды непостоянно и его приходится регулировать, то употребляются активные турбины и при больших напорах частичные.

Чтобы вода входила между лопатками турбинного колеса плавно и без удара, необходимо подводить ее по строго определенному очертанию таких же лопаток неподвижного направляющего аппарата. Каналы этого аппарата изогнуты совершенно так же, как и лопатки рабочего колеса, но только в противоположную сторону (фиг. 295), и для уменьшения трения воды, а следовательно, для увеличения коэффициента



Фиг. 295.

полезного действия необходимо, чтобы лопатки были совершенно гладкие, для чего их покрывают лаком. Особенное внимание конструкции обращается на плавность сужения каналов направляющего аппарата от точки входа до точки выхода, так как иначе струя будет отделяться от лопатки

и в мертвых пространствах из воды будет выделяться воздух, не только прерывающий движение струи, но и вызывающий ржавление лопаток.

Турбины должны быть предохранены от замерзания и от попадания плавающих тел, для чего у входа в турбинный канал ставится металлическая сетка.

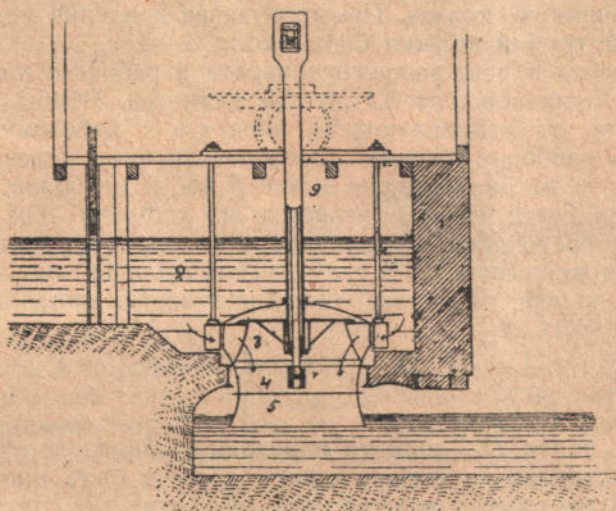
Существует много турбин различных конструкций, в настоящее время наиболее распространена турбина системы Френсиса.

Обычно потери в подводящих сооружениях доходят до 5% и в турбинах от 10 до 15%, таким образом, коэффициент полезного действия турбины Френсиса выражается в 85—80%. При дальнейшей передаче на зубчатках теряется 10% и ремнях 5%; следовательно, полезная мощность выражается в 65%. Если же передать ее дальше для возбуждения электрической энергии, то ее попадет только около 60%, а если присчитать потерю в проводах, то до места потребления достигнет не больше 55% гидравлической энергии, поступающей в турбинный приемник.

Турбина Френсиса (см. схематический чертеж 296) принята за основной тип американских турбин; она быстроходна и регулирование ее мощности гораздо удобнее и проще, чем в других турбинах, что особенно важно при электрических установках.

Вода из канала (фиг. 296) входит в турбинную камеру 2, из нее переходит в направляющий аппарат 3, откуда уже вступает в рабочее колесо 4, давит на его лопатки и заставляет колесо вращаться. Внизу рабочего колеса прикрепляется всасывающая трубка 5, опущенная своим концом в нижний уровень отходящей воды. Так как вся эта труба

наполнена водою и в ней нет воздуха, то она присасывает воду из рабочего колеса, облегчая ее выход из него. Струя воды, направленная аппаратом 3 и ограниченная с боков плоскостями, перпендикулярными к оси вращения, вступает в рабочее колесо в плоскости, перпендикулярной к оси турбины и по направлению к ней. Благодаря сужению сечения каналов направляющего аппарата, вода по выходе из него имеет не только определенное направление, но и скорость, значительно большую той, какую она имела до входа. Двигаясь вдоль лопаток рабочего колеса, вода оказывает на



Фиг. 296.

них давление, заставляющее колесо вращаться. Вес здесь почти не играет никакой роли, вследствие незначительного вертикального расстояния уровней входа и выхода в рабочем колесе сравнительно с величиною всего напора, и вся работа получается колесом за счет живой силы воды присутствующей ей гидродинамического напора. Всасывающая труба является компенсирующею напор, т. е. при наличии всасывающей трубы установка турбины может быть и не очень низка. Труба делается из железа клепаного, при чем не должно быть заклепок с выступающими головками; особенно тщательно должны быть выполнены фланцевые соединения, во избежание просачивания в трубу наружного воздуха. Иногда труба делается из железобетона, так как это позволяет более удобно выполнить постепенную форму перехода трубы из круглого в прямоугольное очертание выходящего канала за трубою. Вертикальная часть всасывающей трубы должна

быть не более 4—5 метров и только при малых диаметрах, около 1 метр., высота ее может быть до 7 метр. Книзу всасывающая труба расширяется на конус для уменьшения скорости отходящей воды, но это расширение надо делать осторожно с углом от 4° до 5° и не больше 7° , так как сильное расширение отверстия образует вихревое движение воды, препятствующее свободному ее выходу. Нижняя выходная часть всасывающей трубы должна быть погружена в отводящий канал не менее 0,25 м. для средних турбин и до 0,5 м. для больших. Это необходимо во избежание присасывания в трубу воздуха, который может застопорить выход воды из турбинного колеса. Поэтому запас давления под всасывающей трубой должен быть около 3—4 м.

Высота направляющего аппарата и рабочего колеса делается одинаково от 0,1 до 0,5 диаметра. Чтобы переход скорости от направляющего аппарата к рабочему колесу сделать наиболее плавным, зазор между ними делается в зависимости от диаметра, не менее 5 мм. и не более 30 мм.

Турбинная камера делается из кирпича или бетона. В предупреждение образования воронок и, следовательно, проникновения воздуха в турбину, наименьшая глубина h слоя воды в камере от верхнего края наружного обода турбины должна быть

$$h = \frac{H}{3} + \frac{D}{5},$$

где H —напор, D —диаметр наружного обода.

Расстояние до стенок камеры должно быть около 0,4—0,5 D . В дне камеры должно быть отверстие для спуска воды во время осмотра турбины.

Впереди турбинной камеры делаются решетки из полосового железа с промежутками в 15—40 мм. для задержания плавающих предметов. Для изолирования камеры от воды верхнего уровня употребляются обыкновенные щиты с винтовым подъемом. Для удержания отходящей воды от проникновения под турбину и к зданию устраивается шпунтовая перемычка с засыпкою глиной. Подводящий канал должен иметь водослив для опорожнения канала и спуска из него осадков, льда и т. п.

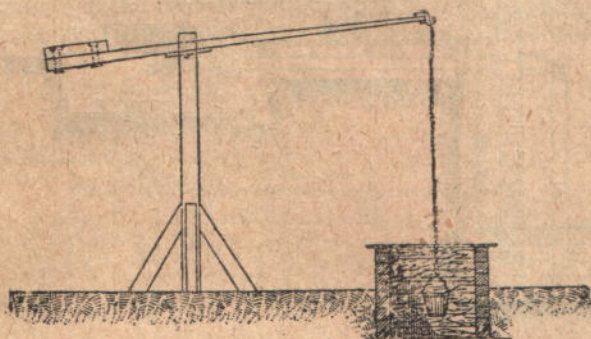
3. Водоподъемные машины

Механизмы, имеющие своим назначением передачу воды из нижележащего бассейна в другой—вышележащий, называются водоподъемными машинами или водоподъемниками.

Водоподъемники разделяются на две категории: 1) те, в которых нет труб и давление воздуха в подъеме воды не

участвует, 2) те, в которых вода поднимается по трубам при участии атмосферного давления. К первой категории относятся ведро или бадья, чигирь, нория, цепной насос и архимедов винт. Ко второй — поршневые и центробежные насосы и таран.

Простейшим водоподъемником является ведро в руках человека. При высоте в 1 м. рабочий в 8-ми часовой день поднимает около 40 куб. метр. воды. Если же ведро под-



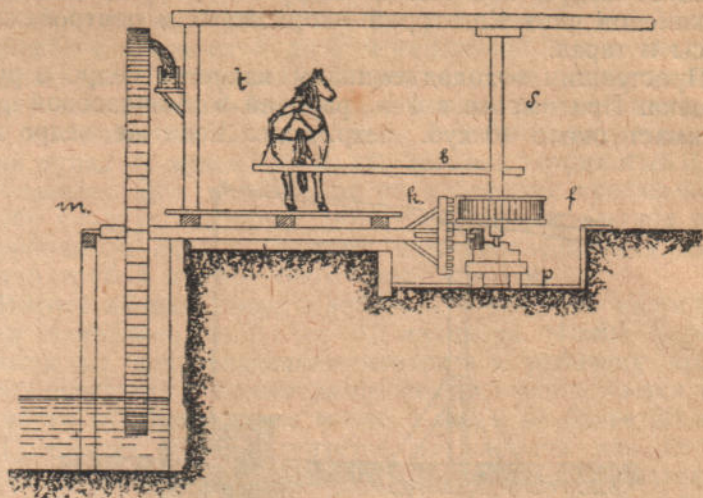
Фиг. 297.

вешивается к коромыслу на стойке журавля (фиг. 297), то двумя рабочими — один у колодца, другой на высоте подъема — можно поднять воду до высоты в 5 метр. и в количестве, в $1\frac{1}{2}$ раза большем, чем просто ведром.

Болгарский (египетский) чигирь

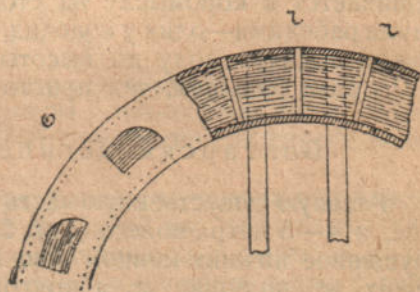
Главную существенную часть машины представляет большое, в 4—5 метр., колесо (фиг. 298) на горизонтальном валу, опущенное нижним концом в воду. Один конец вала шипом лежит на подушке *m*, а другой снабжен кулачным колесом *k*, сцепляющимся с фонарной шестерней *f*, сидящей на стойке *s*, вращающемся на подпятнике *p*, с водилом *b* для лошади. Вал *mk* помещается ниже поверхности земли, а для движения лошади устраивается над валом мостик. Водяное колесо устраивается следующим образом: два обода, расположенные один от другого на расстоянии около 25 см., закрываются сверху и снизу жестью и, таким образом, получается по окружности колеса замкнутый со всех сторон ящик. Внутри его делаются через 25—30 см. деревянные разгородки *r* (фиг. 299), а в ободе, обращенном к стороне земли, к каждой перегородке прорезываются отверстия *o, o*. Когда колесо погружается в воду, то в эти отверстия набирается вода и держится в перегородке все время, пока перегородка с вращающимся колесом не поднимется до верхней

точки вертикального диаметра; при дальнейшем движении колеса перегородка наклоняется, и вода из отверстия выли-



Фиг. 298.

вается в желоб *t*. При диаметре колеса до 5 метр. чигирь поднимает до 40 куб. метр. воды в час. Недостаток машины заключается в значительном весе колеса и повышенном трении в подшипниках тяжелого вала, на что затрачивается большая часть работы; затем, много воды теряется непроизводительно, а попеременное смачивание ведет колесо к скорому изнашиванию, но зато оно дешево и просто по устройству.



Фиг. 299.

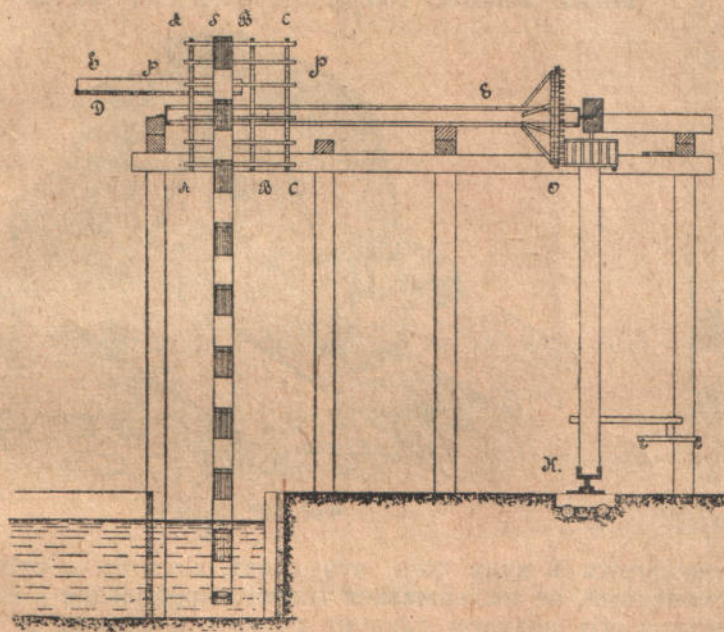
Саратовский (или татарский) чигирь

Над тем местом (река, пруд или колодец), откуда предполагается поднимать воду, забивается 10 свай: по концам 2, по середине два ряда по 2 и, кроме того, 2 сваи, поддерживающие вал и барабан с черпаками.

Горизонтальный вал *DE* (фиг. 300) лежит на свайных насадках на таком расстоянии от земли, на какое предполагается поднять воду. На одном конце вала укреплен барабан *AC* диаметром от 1 до 2 м., через который перекинута цепь с железными черпаками. На другом конце укреплено

кулачное колесо. Колесо это составляется из двух рядов дощатых косяков, березового и соснового, и сцеплено с цевочною шестернею, сидящею на стояке *OK*. Кулачное колесо должно иметь число кулаков вдвое и втрое большее, чем число цевок в шестерне. На нижнюю часть стояка нагоняется железный шип с наваренною на нем стальною пятою, и этою пятою стояк упирается в стальной четырехугольный подпятник, заключенный в чугунной коробке, вдолбленной в деревянную подушку.

Верхний конец стояка также имеет шип, вращающийся в особой железной обойме. В стояк вдалбливается водило



Фиг. 300.

с упряжным вальком для лошади. Горизонтальный вал *DE* на концах снабжен шипами, которыми он помещается на подшипниках, укрепленных на насадках. Барабан *AC* состоит из трех параллельных между собою ободьев, связанных из сосновых досок; ободья расположены на расстоянии 0,50 м. одно от другого и скрепляются двенадцатью поперечными дубовыми скалками *pp*, которые вдалбливаются в ободья. Два обода *BB* и *CC* скрепляются с валом *DE* ручками, расположенными накрест, обод же *AA* ручек не имеет и с валом не соединен; таким образом, барабан получается полым, и внутри его, вокруг вала, образуется свободное пространство, куда и вставляется желоб *F* для воды

сливающейся из черпаков. Черпаки *S* делаются из толстой жести (фиг. 301), но так как такие черпаки перекашиваются, то лучше их делать деревянными и обивать жестью.

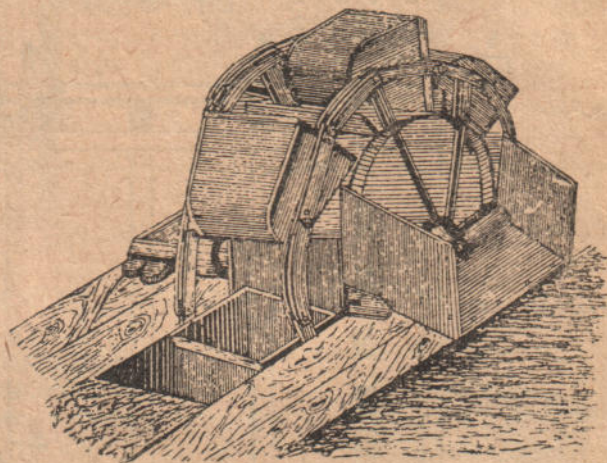
Каждый черпак охватывается железными обручами.

С задней стороны эти обручи имеют ушки, сквозь которые и сквозь звенья цепи просовываются винты и закрепляются гайками.

Цепи с черпаками перекидываются между ободьями *AA* и *BB*, а для того, чтобы они не соскользнули, край обода *AA* делается выше, чем *BB*. Иногда употребляют вместо цепей пеньковые канаты, толщиной в 4 см., но это не



Фиг. 301.



Фиг. 302.

рекомендуется в виду того, что канат, хотя бы и сильно просмоленный, не выдерживает долгого пребывания в воде. Площадку под водилом следует поднять и сделать от нее скат, чтобы не скоплась грязь от расплескивающейся воды; грязь сильно затрудняет работу лошади.

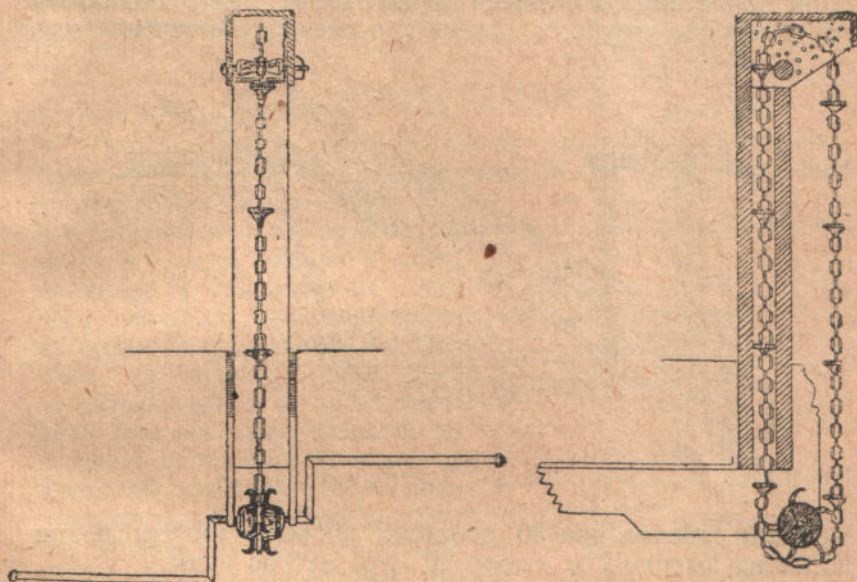
В тех же целях облегчения работы следует над площадкою сделать навес от солнца, а водило должно быть не короче 4 м. Чигирь с барабаном в 2 м., делающим один оборот в минуту, поднимает в час около 9 куб. метров воды. Глубина погружения цепи в воду должна быть около 1 метра.

Н о р и я

Если воду надо поднять не на высоту, а только на поверхность земли, то в этом случае наиболее подходящим водоподъемником является норья.

Она состоит (фиг. 302) из многоугольного чугунного пустого внутри барабана, через который перекинута парная

бесконечная цепь с закрепленными на ней черпаками. На одном конце барабанного вала укреплена чугунная коническая зубчатка, сцепляющаяся с конической шестерней, закрепленной на стояке, в верхней части которого устраивается водило. Поднимающаяся нориею вода вытекает из черпаков в приемник, находящийся внутри барабана, а оттуда течет в желоб. Нория поднимает воду на высоту до 20 м. Когда пустой черпак движется вниз, то в нем находится воздух, который препятствует наполнению черпака; для устранения этого неудобства в дне черпака делается за-



Фиг. 303.

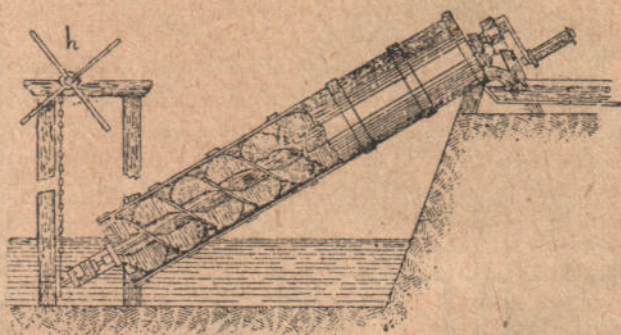
хлопный клапан. При опоражнивании черпака клапан от собственного веса откидывается и открывает отверстие, когда же черпак погружается в воду, то клапан прижимается ко дну и закрывает отверстие.

Пароконная нория при подъеме до 5 м. подает воды около 25 куб. метров в час.

Четочник или цепной насос

Простой, но очень производительный четочник (фиг. 303) состоит из вертикальной деревянной трубы, диаметром внутри около 13 см. и длиной до 3 м. Внизу одна сторона трубы сант. на 30 открывается, здесь помещена деревянная коробка, а в ней укреплен деревянный же шкив, направляющий в трубу бесконечную цепь. Наверху на толстой

в 4 см. железной оси вращается второй шкив, в 30 см. диаметром. Посредине шкива по направлению радиусов укреплено 6 железных вилок для прохода цепи. Шкив приводится в движение 2-мя рукоятками, по два рабочих на каждой. На цепи, через каждые 0,50 м., укреплены диски или тарелки, состоящие из деревянных кружков, диаметром чуть меньше (на 5 мм.) диаметра трубы; на эти деревянные кружки накладывается по 2 кожаных, диаметром точно соответствующих диаметру трубы; сверху накладывается еще железный кружок, и все вместе скрепляется заклепками. При движении эти диски захватывают воду, поднимают ее вверх по трубе и сливают в желоб. В течение часа



Фиг. 304.

четверо рабочих при 30 оборотах шкива в минуту поднимают на высоту 2 м. около 70 куб. метров воды.

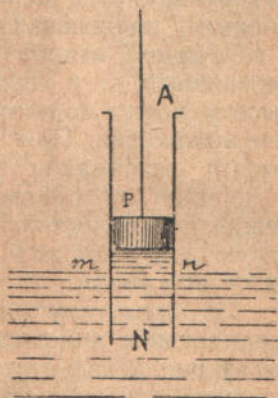
Архимедов винт

Внутри досчатого барабана (фиг. 304), длиною в 7—8 м. и диаметром от 0,40 до 1 м., помещается деревянный вал диаметром в $\frac{1}{3}$ диаметра барабана. На валу устроены винтовые поверхности, сделанные из тонких клепок, укрепленных в паз, глубиною в 6 см., вырезанные по винтовой линии на поверхности вала, другим концом клепки входят в паз, глубиною в $1\frac{1}{2}$ см., вырезанный по винтовой линии на внутренней поверхности барабана. Снаружи барабан оковывается железными обручами. Винтовые поверхности наклонены к производящей вала на 60° . Число ходов винта 3—4. При погружении механизма нижним концом в воду и при вращении вала поворачивается весь барабан, и вода поднимается по винтовым поверхностям и вытекает через верхнее отверстие. Двигателем винта чаще бывает мускульная сила

рабочих на рукоятке. Винт указанного размера при 50 оборотах в минуту и девяти рабочих, сменяемых через каждые 2 часа, поднимает в час около 20 куб. метров воды на высоту до 3 метр. Наибольшая производительность винта получается тогда, когда он не вполне погружен в воду, чтобы в него входил воздух, поэтому подпятник регулируетсяворотом. Лучший наклон винта $30-33^\circ$; с увеличением угла наклона производительность винта падает, и когда винт станет под углом к горизонту, равным углу наклона лопастей (60°), то перестанет поднимать воду. Лучшими винтами являются такие, у которых на деревянном валу укреплен железный винтовой ход.

Поршневые насосы

Действие насосов объясняется давлением атмосферы. Пусть в открытый с обеих сторон цилиндр *A* (фиг. 305) плотно входит непроницаемая перегородка поршень *p*. Продвинем поршень в самую нижнюю часть *N* цилиндра и погрузим эту часть в воду; если, не вынимая цилиндра из воды, будем тянуть вверх поршень, то поршень станет увлекать за собою воду, т. е. будет происходить присасывание воды. Если бы поршень не был совершенно плотно приточен к цилиндру, то при подъеме в нижнюю часть цилиндра проникал бы воздух, и вода не пошла бы за поршнем. Атмосферный воздух давит на всю поверхность воды, окружающей цилиндр, за исключением только площадки *mn*, и когда поршень поднимается вверх, то это давление заставляет воду входить в безвоздушное пространство, образующееся под поршнем, и подниматься. Атмосферное давление принимается как величина постоянная и равная 1 килограмму на 1 кв. сантиметр поверхности; под действием этого давления в безвоздушном пространстве вода самостоятельно, без поршня, поднимается на 10,33 метра, при чем эта высота поднятия совершенно одинакова для любого диаметра цилиндра, т. е. на эту высоту вода поднимается как в самом узком, так и в самом широком безвоздушном цилиндре. Следовательно, как бы хорошо ни был устроен насос, он одним всасыванием не может поднять воду выше, чем на 10 метров. Между тем известно, что насосами вода поднимается на высоту десятков метров. Это поднятие



Фиг. 305.

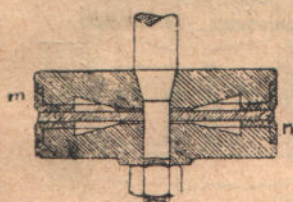
достигается уже не всасыванием, а нагнетанием, с применением двигателя, толкающего воду и заставляющего ее итти на любую высоту. При этом, согласно с основными законами механики, чем больше высота подъема, тем и большая нужна сила, чтобы в одно и то же время поднять нужное количество воды, и обратно, при действии на насос одной и той же силы, количество поднимаемой воды становится меньшим с увеличением высоты. Люди, недостаточно компетентные в этих вопросах, делают ошибочные заключения относительно несовершенств, например, пожарных труб, и та труба, которая при одинаковом усилии берет выше, считается лучшею. Но происходит это вовсе не от несовершенств механизма, а от его конструкции, оттого, что отверстие ее брандспойта уже, и насколько выше поднимается струя, настолько меньше она подает воды. Вследствие несовершенств конструкции, а также вследствие различных побочных причин, под поршень насоса проникает воздух, образующий, так называемое, вредное пространство, и, таким образом, предельная высота всасывания считается не 10, а не более 7 метров для металлических труб и 6 метр. для деревянных, т. е. практически принимается, что на такую высоту может подниматься поршень насоса в самом верхнем его положении. При этом с повышением температуры воды высота всасывания уменьшается, и кипящая вода (100°) к поршню не присасывается, так как этому мешает пар между поверхностью воды и поршнем. Если требуется горячую воду поднять нагнетанием, то к насосу она подводится самотеком.

По характеру работы поршневые насосы делятся на всасывающие и нагнетательные или же одновременно всасывающие и нагнетательные. Всякий поршневый насос состоит из стакана или цилиндра, поршня, клапанов и труб. Цилиндры делаются по большей части чугунные; в тех же насосах, которые употребляются не постоянно и поэтому подвержены ржавчине (напр., пожарные), стакан делается медный или же в чугунный цилиндр вгоняется медная втулка. Верхняя крышка цилиндра или совершенно отсутствует или она закрыта и снабжена сальником, сквозь который проходит шток поршня. Набивку сальника лучше делать кожаную, так как пеньковая недостаточно упруга и скоро перетирается.

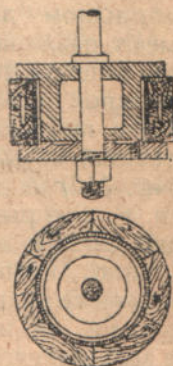
Поршни насосов изготовляются из чугуна, редко из меди. Делаются поршни или в виде дисковой перегородки или в виде цилиндра. Эти последние называются скалками или нырялами. Дисковые поршни требуют тщательной хорошей проточки стаканов, при скалках же это большого значения не имеет, но зато между скалкою и цилиндром всегда образуется вредное пространство; поэтому скалка

употребляется в насосах с большим давлением при малом подъеме. Затем поршни разделяются на сплошные и с набивкой, иначе с манжетами. Сплошные, без манжетов, годятся только для совершенно чистой жидкости и для невысокого давления. Изготовление их очень затруднительно, по большей части они употребляются в пожарных насосах. Чаще употребляются поршни с манжетами кожаными, деревянными, резиновыми или металлическими.

Кожаные манжеты (фиг. 306) состоят из двух кожаных кружков *m* и *n*, загнутых в обе стороны. Они скоро изнашиваются в грязной воде, содержащей песок, для такой воды лучше брать резиновые кольца, обхватывающие поршень и прижатые к нему винтами. Деревянная набивка делается из колец (фиг. 307) твердого дерева (дуба или ясеня), которыми

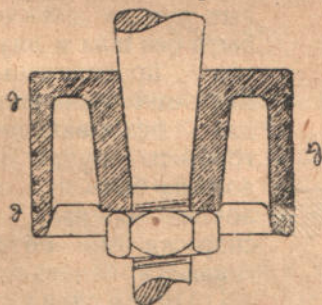


Фиг. 306.

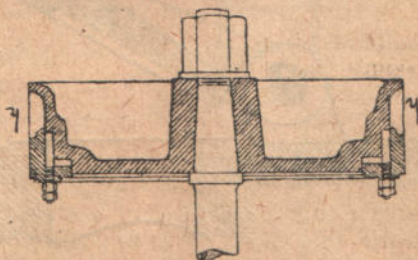


Фиг. 307.

поршень прижимается к поверхности стакана. Металлическая набивка (фиг. 308) состоит или из металлических колец или из проволоки, укрепленной в канавках на по-



Фиг. 308.

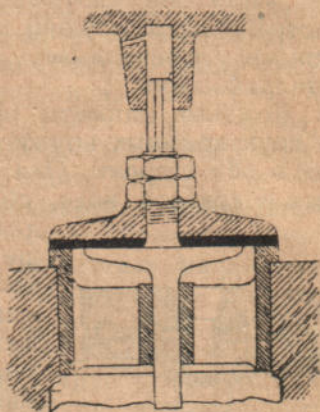


Фиг. 309.

верхности поршня. Наконец, пеньковая набивка (фиг. 309) делается из просмоленных пеньковых жгутов.

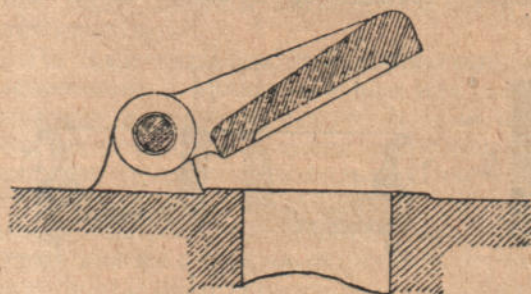
Клапаны служат для открывания и закрывания отверстий, попеременно соединяющих стакан насоса с приемной и отводной трубой. Клапаны должны удовлетворять следующим условиям: 1) плотно прикрывать отверстие, чтобы не было обратного протекания воды; 2) быстро подниматься и садиться на седла без удара, не защемляясь и не перекашиваясь, и 3) открывать достаточное отверстие для прохода

(фиг. 310) воды. Бывают клапаны металлические, кожаные и резиновые. Для чистой воды лучшие—металлические; для мутной же, илистой—кожаные, но кожа не годится, когда температура воды выше 30° С. или если работа ведется с перерывами, во время которых кожа высыхает и трескается. Резиновые клапаны пригодны при небольшом давлении. Клапаны имеют различную форму; наиболее распространены грибковый, откидной или захлопный (фиг. 311) и шаровой (фиг. 312). Простейший из клапанов захлопный (фиг. 313) из двух пластинок кожи, к которым снизу и сверху приклепаны железные кружки. Лучший клапан—шаровой; садясь на седло различными своими точками, он меньше изгибается, не защемляется в гнезде, не обвешивается илом, годится для очень грязных жидкостей, но зато не допускает ни ремонта, ни притирки.



Фиг. 310.

Трубы употребляются чугунные, железные и медные. Резиновые рукава делаются из каучука с пеньковыми прокладками.



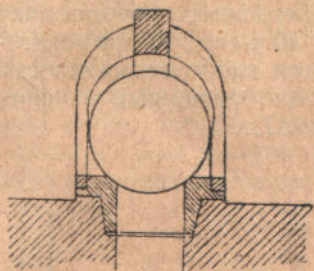
Фиг. 311.

Пеньковые рукава должны быть без шва и внутри прорезинены. Если они назначены для всасывающих труб, то внутри их должна быть проволоочная спираль, а снаружи они обтягиваются бечевкою.

1) Всасывающий насос (фиг. 314) состоит из ста-

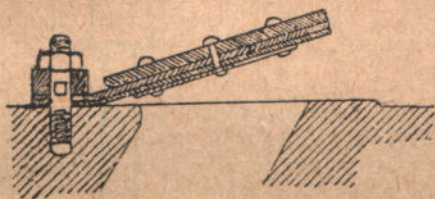
кана с всасывающей трубой *СК*, всасывающего клапана *BC* и поршня *DE*, в котором имеется проходной клапан. Как всасывающий, так и проходной клапаны открываются вверх. При поднятии поршня проходной клапан закрывается, под поршнем образуется свободное пространство и клапан *BC* открывается; тогда часть воздуха из всасывающей трубы переходит в стакан, а на его место в трубу вступает вода из колодца. Обратным движением поршня закроется клапан *BC*, откроется клапан *DE* и воздух выйдет из цилиндра

наружу. Когда после нескольких качаний поршня из трубы удалится весь воздух, то при восходящем движении поршня в цилиндр станет входить вода, а при нисходящем она будет выливаться через F . Усилие рабочего, поднимающего поршень, равно весу столба жидкости с площадью, равную площади поршня, а высотой—равною высоте подъема воды (H), которая составляется из длины трубы и высоты стакана до точки самого верхнего размаха поршня. Следует заметить, кстати, что в новых насосах или в тех, которые долго не употреблялись, часто вода не поднимается по всасывающей трубе;



Фиг. 312.

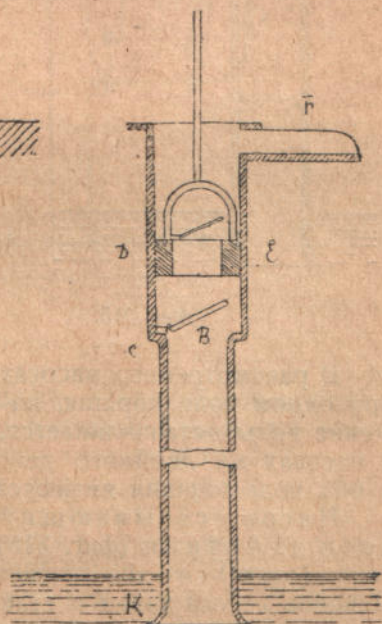
происходит это от высыхания набивки поршня и от неплотного прилегания клапанов. В таком случае надо на-



Фиг. 313.

лить воды в стакан и во всасывающую трубу, а затем быстро качать поршень.

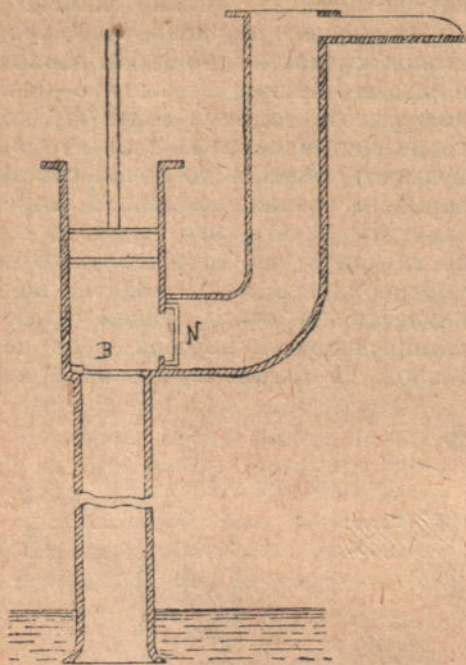
2) Всасывающий и нагнетательный насос (фиг. 315) состоит из стакана, всасывающей и подъемной трубы. При подъеме поршня открывается всасывающий клапан B и вода поднимается за поршнем; при опускании же поршня всасывающий клапан закрывается, а открывается нагнетательный N и вода входит в подъемную трубу. Иногда устраивают насос с сквозным поршнем и проходными клапанами (фиг. 316). Действие этого насоса отличается от предыдущего тем, что при опускании поршня вода переливается снизу вверх, а при движении поршня вверх вода сверху



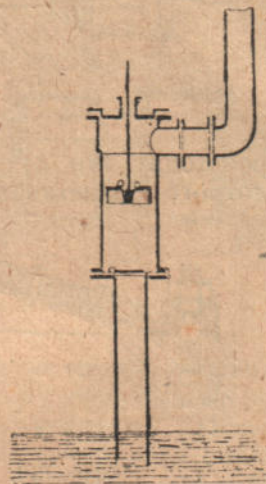
Фиг. 314.

поршня поднимается в нагнетательную трубу, а внизу набирается новая партия воды. Рабочее усилие равно весу столба жидкости с площадью, равную площади поршня, а высотой, равную сумме высот всасывания и нагнетания. Если высота

подъема превосходит 10 метр., то применяется насос, схематически изображенный на фиг. 317.



Фиг. 315.



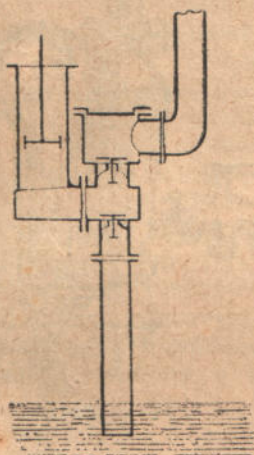
Фиг. 316.

В рассмотренных насосах вода движется в трубах только при одном ходе поршня, во время же обратного хода движение воды останавливается. Это насосы простого действия; в насосах же двойного действия вода не останавливается и оба хода поршня являются рабочими.

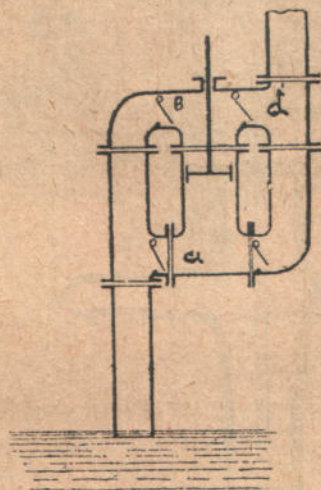
Насос всасывающий и нагнетательный двойного действия (фиг. 318) имеет два всасывающих клапана (слева) и два нагнетательных (справа). Дисковый поршень насоса ходит в стакане, к которому примыкают отверстия с четырьмя клапанами. При движении поршня вверх открывается всасывающий *a* и нагнетательный *d*, клапан *a* гарантирует работу насоса и в том случае, если бы один из клапанов стал неплотно садиться на седло; снизу под поршнем происходит всасывание, отчего клапан *c* еще плотнее прикрывает свое гнездо, а сверху над поршнем вода нагнетается и клапан *b* прижимается к гнезду; при обратном ходе открывается всасывающий *b* и нагнетательный *c*, вода

всасывается сверху и выталкивается снизу. Рабочее усилие равно площади поршня, плюс суммарная высота всасывания и нагнетания в оба хода.

В насосах как простого, так и двойного действия движение поршня всегда неравномерно; скорость его в мертвых точках замедляется, а в среднем положении увеличивается. Эта неравномерность вызывает посадку клапанов на седла с сильными ударами; клапанные коробки могут дать трещины, шток поршня может погнуться, а вода отрывается от поршня. Для того, чтобы выравнять движение воды и ослабить толчки, употребляют воздушные колпаки, наполо-



Фиг. 317



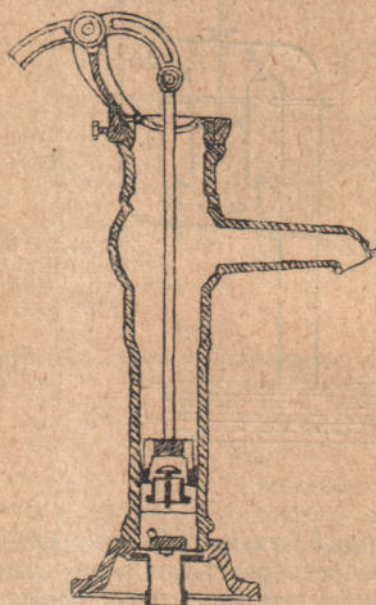
Фиг. 318.

вину наполненные воздухом, который, таким образом, благодаря упругости, исполняет роль рессоры. Ставят их или на самом корпусе насоса или на нагнетательной трубе ближе к клапанам. Воздушные колпаки вообще полезны, а при длинных проводах, когда нагнетание больше 5 м., они обязательны. Размеры колпаков находятся в прямой зависимости от величины напора; так, напр., при напоре в 20 м. объем колпака должен быть не менее четырех объемов стакана, при напоре же в 200 м. колпак должен быть в 16 раз больше. В насосах, работающих переменным напором (напр., в пожарных), объем колпака от 18 до 30 раз больше объема стаканов. При отсутствии всасывающего колпака нагнетательный может переполниться водою и движение потеряет равномерность, в этом случае около клапанов устраивают краник, которым впускают в воду воздух. При этом стук клапанов указывает на то, что в колпаке нет воздуха. Как

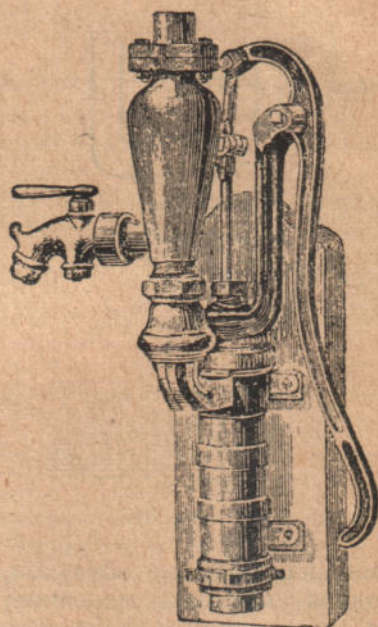
на необходимое приспособление каждого насоса, надо указать на то, чтобы нижний конец всасывающей трубы, погруженный в воду, был снабжен клапаном. Зимой насосы должны быть предохранены от замерзания в них воды, т. е. должны быть опоражниваемы, потому что вода, замерзая, увеличивается в объеме и служит причиною повреждений в частях.

Наиболее употребительны и чаще всего встречаются следующие типы насосов:

1) Всасывающий колодезный насос (фиг. 319) состоит из чугунного корпуса с сквозным поршнем, имеющим кожаную набивку и плоский подъемный клапан. Стакан



Фиг. 319.



Фиг. 320.

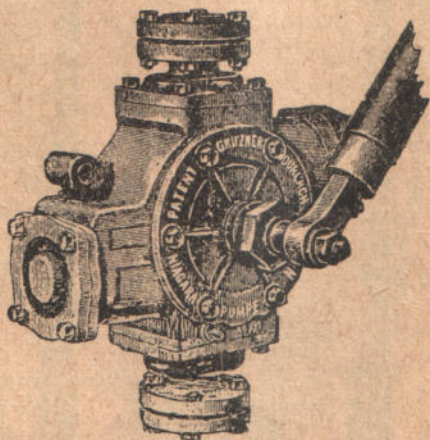
сверху открыт и отверстие это настолько широко, что свободно можно вынуть поршень для осмотра. Чтобы вынуть нижний всасывающий клапан, достаточно только отвинтить нижние винты корпуса. Этот насос прикрепляется болтами к крышке колодца. Иногда к нему приливаются проушины, посредством которых он прикрепляется к столбу или стене.

2) Очень сходен с предыдущим и отличается только применением колпака тоже колодезный насос всасывающий и нагнетательный (фиг. 320). Этот чрезвычайно удобный и легкий в работе насос делается разных диаметров. При колпаках этих насосов имеется разборный

кран. Вместо коромысла подобные же насосы устраиваются с маховиками.

3) Насосы для абиссинских (нортоновских) колодцев (фиг. 97) совершенно одинаковы с колодезными (фиг. 320).

4) Насос Ниагара (фиг. 321)—двойного действия. Вода просасывается то между поршнями, то в боковые камеры, которые сообщаются между собою каналами. Так как вода всасывается и нагнетается сразу двумя поршнями, то в трубах получают толчки и неравномерные движения и это составляет очень неприятный недостаток таких насосов. Поршни приводятся в движение посредством рукоятки, заклиненной на оси. Они довольно простой конструкции, и в случае изнашивания их легко уплотнить просаленным шнурком, пеньковой паковкой и пр. Производительность насоса до 20 куб. метр. в час.

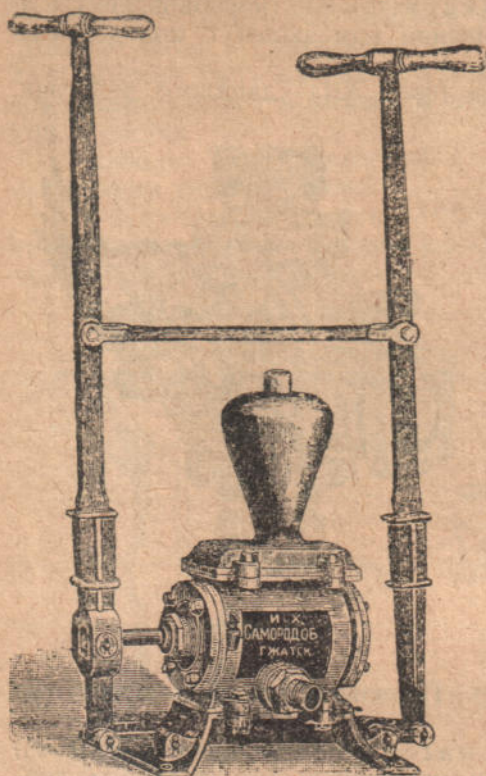


Фиг. 321.

5) Американский насос „Челенж“ (или „Челенс“) (фиг. 322) всасывающий и нагнетательный, двойного действия. Представляет собою горизонтальный цилиндр с поршнем от 10 до 15 см. Шток поршня соединен с вертикальным рычагом для качательного движения. Иногда устраивают два рычага, соединенных тягою. Достоинства насоса: малый вес, прочность конструкции и легкость в работе. Подача в час до 7 куб. метр. Благодаря устройству большого воздушного колпака, этот насос применяется и как пожарный.

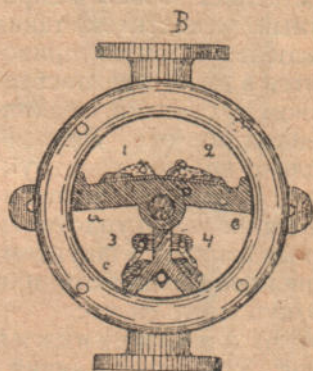
6) Крыльчатый насос Альвейлера всасывающий и подъемный, при чем ни цилиндра, ни поршня в нем нет. Корпус состоит из чугунного барабана с двумя неподвижными перегородками *c* и *d* (фиг. 323), в которых помещены всасывающие клапаны 3 и 4. Роль поршня играет качающаяся на оси перегородка *ab*, в которой имеются также два клапана 1 и 2—проходные или подъемные. Через *o* центр коробки и середину перегородки проходит ось, снабженная рукояткою. Если перегородку качнуть вправо, то клапан 4 закрывается и открывается клапан 2, а вода проходит вверх к трубе *B*; в это же время с левой стороны клапан 1 остается

закрытым, а открывается клапан 3 и вода проходит в нижнюю часть под перегородку *a*. При качании влево происходит обратное явление. Таким образом, это насос двойного действия. Существуют крыльчатые насосы четверного действия, подающие воду в количестве, в четыре раза большем, нежели предыдущие.



Фиг. 322.

Коробка (фиг. 324) разделена крыльчатым поршнем и стенками на 4 части, поршень тоже разделен на две части с проходами в диагональном



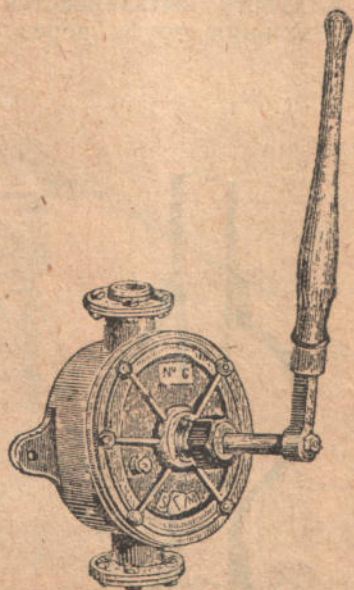
Фиг. 323.

направлении; в то время, когда поршень открывает всасывающий клапан одной половины и вода вступает в две камеры, открывается нагнетательный клапан другой половины и вода выталкивается из двух камер. Крыльчатые насосы отличаются крайне незначительными размерами, простою конструкцией и доступностью к клапанам, но зато приходят в полную негодность при нечистой, сорной воде, так как перегородка стирается и исправить этого уже нельзя. Делаются они различной величины с диаметром труб от $1\frac{1}{4}$ до 10 см. Для успешности работы при нагнетании на большую высоту надо сверх коробки поместить воздушник (фиг. 325). Подача воды доходит (в больших, конечно, насосах) до 10 куб. метр. в час.

7) Насос Фаулера (фиг. 326)—подъемный для навозной жижи и вообще для густых жидкостей. Нижнюю частью

насос прикрепляется к деревянной раме и погружается в жидкость. В чугунном открытом сверху стакане движется поршень, шток которого представляет из себя простую деревянную палку, и ею двигают вверх и вниз на подобие того, как сбивают масло. В приемной коробке помещены два полушаровидных клапана: всасывающий *N* и нагнетательный *H*, снизу к ним прикреплены чугунные шарообразные гири для того, чтобы клапаны правильно садились на гнезда. Эти последние выложены кожаными кольцами. В нижней части нагнетательной трубы *B* имеется клапан для ее опорожнения. Производительность насоса около 600 ведер в час.

8) Насос Летестю (фиг. 327) всасывающий двухцилиндровый употребляется для выкачивания очень грязной воды с мулом, щепками, мусором и пр., специально для строительных работ в тех случаях, когда ручную силу тре-

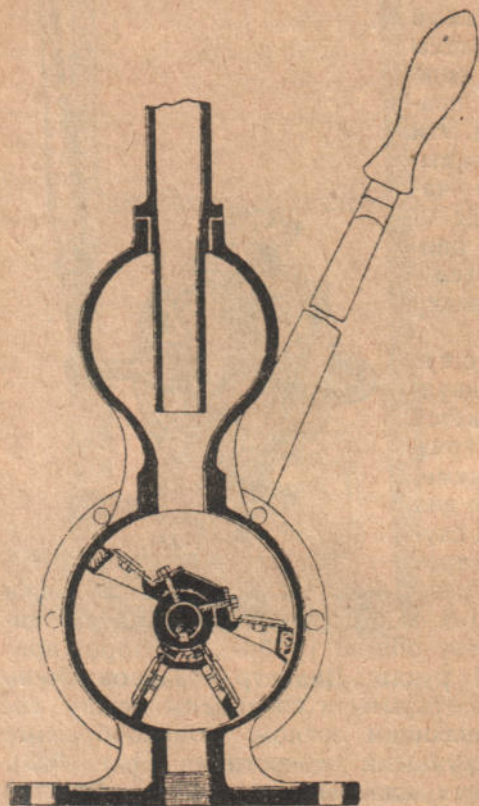


Фиг. 324.

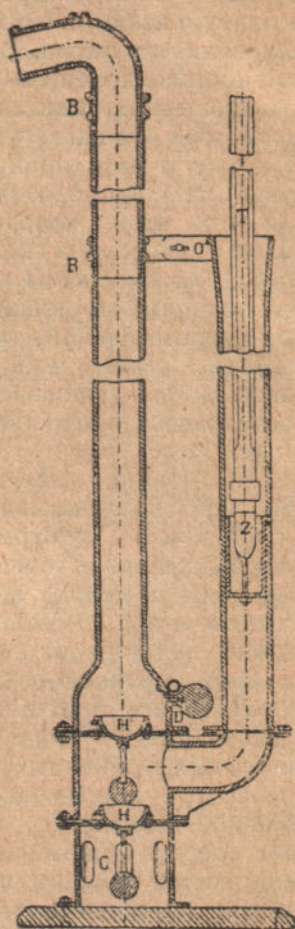
буется отлить большую массу воды в короткое время и с небольшой глубины (до 9 м.). Состоит он из двух цилиндров, соединенных внизу общей трубою, к которой прикрепляется всасывающий рукав. Диаметр стаканов очень большой—до 40 см., они открыты и соединены между собою сверху общим изливающим лотком. Конусообразные решетчатые поршни с крупными отверстиями (фиг. 328). Внутри поршней находятся клапаны, представляющие из себя два кожанные конуса, прикрепленные к металлической части только в центре посредством штанги. При подъеме кожанный клапан прижат к конической поверхности, при опускании же кожа приподнимается. В нижней части стаканов прикреплены всасывающие обыкновенные захлопные клапаны. Штоки поршней соединены сверху коромыслом. Производительность при 10 см.—10 куб. метр. воды в час, при 25 см.—около 60 куб. метр.

9) Для перекачивания едкой зловонной и очень грязной жидкости применяется мембранный или диафрагмовый насос (фиг. 329), всасывающий и нагнетательный. Ни поршня, ни стакана в нем нет; состоит он из двух коробок, между которыми зажата резиновая мембрана.

Действием рычага мембрана прогибается вверх, клапан внизу открывается, и жидкость присасывается в коробку; вторым движением рычага мембрана опускается книзу, закрывается клапан, и жидкость выталкивается в нагнетательную трубу через откры-



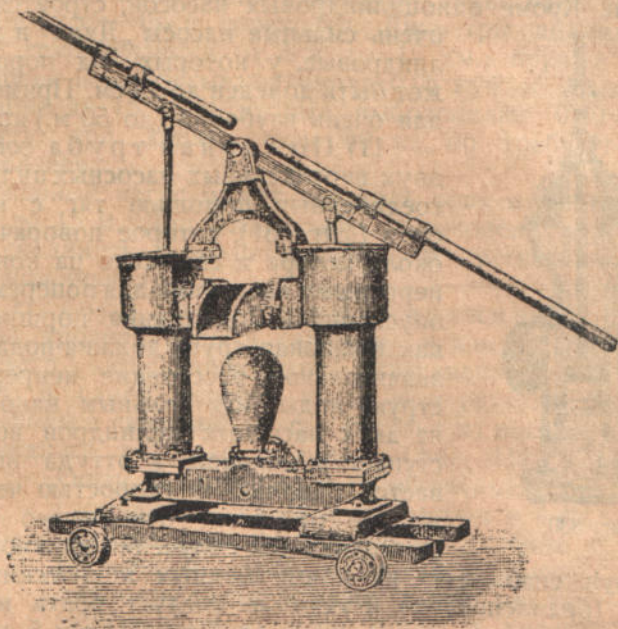
Фиг. 325.



Фиг. 326.

вающийся верхний клапан. Отсутствие трущихся частей в этом насосе вызывает малое изнашивание и легкий ход; доступ к клапанам весьма удобен. Делаются почти всегда одного размера — на рукава в 8 см. Производительность около 15 куб. метр. в час, при работе одного человека. Насос очень удобен для перевозки и по незначительности занимаемого им места. Недостатки его состоят в хрупкости гнезда, в которое вставляется рычаг, а также в порче резиновой диафрагмы во время морозов.

10) Сифонный насос Дина (фиг. 330). Конструктивная особенность этого насоса та, что вода из цилиндра

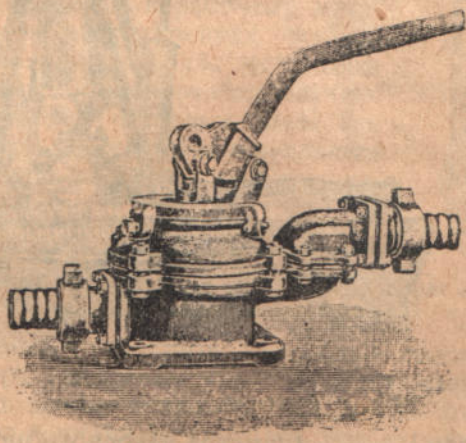


Фиг. 327.

поступает непосредственно в воздушный колпак, откуда и нагнетается по трубе; поршневой шток пропущен через колпак и медный сальник; насосный цилиндр заключен в кожухе, в котором всегда стоит вода, и так как всасывающее отверстие помещено выше поршня, то



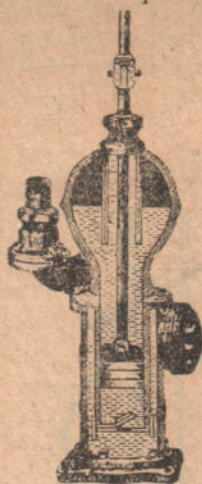
Фиг. 328.



Фиг. 329.

насос действует как сифон. Конструкция выдержана очень

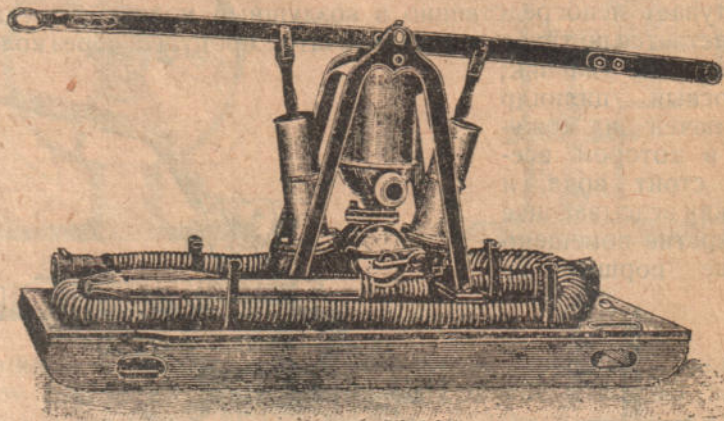
прочно: в чугунном цилиндре ходит медный поршень с кожаными манжетами, всасывающий клапан-захлопка также из кожи. Кроме одноцилиндровых насосов, строятся также очень сильные насосы „Дина“ и двухцилиндровые, у которых ход поршня может быть доведен до 25 см. Применяются для очень глубоких (до 50 м.) колодцев.



Фиг. 330.

11) Пожарная труба состоит из двух вертикальных насосных цилиндров, соединенных помощью тяг с коромыслом (фиг. 331), которое поворачивается около центра и снабжено на концах поперечными качалками для попеременного опускания и поднятия поршней. Так как пожарная труба должна подавать на значительное расстояние непрерывную струю воды под сильным напором, то из двух насосных цилиндров вода поступает в колокол, а оттуда выбрасывается с большою скоростью через суженное отверстие отводящего рукава.

Последний для получения длинной, цельной струи снабжается на конце медным коническим мунштуком (брандспойтом). Рукав не следует брать излишне длинным и диаметр его должен приближаться к 5 см.; диаметр же выбрасывающего отверстия мунштука должен быть



Фиг. 331.

около $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{10}$ диаметра насосного цилиндра. Нужно следить, чтобы рукав имел везде правильную цилиндрическую форму, без сжатий и неровностей, а брандспойт должен иметь внутри совершенно гладкий, тщательно отшлифованный канал

и должен быть хорошо пригнан к рукаву. Чтобы получить возможно длинную горизонтальную струю, надо ее направить под углом 45° к горизонту. Диаметры цилиндров пожарных труб делаются от 5 и до 15 см.; первые требуют 4-х человек и выбрасывают около 0,05 куб. м. в минуту на расстоянии до 15 м., а вторые выбрасывают 0,40 куб. м. в минуту при длине струи 30 м., но требуют работы 20-ти человек.

Пожарный насос может подавать воду и вверх по вертикали до 15 м. Для этого надо обыкновенную железную трубу соединить с нагнетательным отверстием пожарного насоса помощью гайки.

12) Насосы для буровых скважин. Как бы низко ни стоял уровень воды в скважине и как бы ни мал был ее диаметр, насос приходится устанавливать так, чтобы поршень в самой верхней точке его размаха был ниже уровня воды в скважине. Насос состоит из висящего в скважине медного рабочего цилиндра (фиг. 332), к которому



Фиг. 332.

снизу навинчивается оцинкованная присасывающая труба *a* диаметром в 4 см., оканчивающаяся дырчатым стаканом с бронзовым шаровым клапаном. Сверху цилиндра навинчивается также оцинкованная нагнетательная труба *b*, диаметром в 5 см., которую цилиндр подвешивается наверху в шахте колодца. Внутри этой трубы движутся поршневые тяги *c*, проходящие наверху через переходную коробку с сальником к рабочему механизму. Штанги в соединениях снабжаются роликами (фиг. 333) для того, чтобы во время работы они не разбалтывались и не расшатывали насосных труб. Так как рабочий механизм насоса помещается наверху и тяги иногда приходится делать очень длинными, то сплошные тяги часто гнутся и ломаются, поэтому их лучше делать из толстостенных оцинкованных (снаружи) трубок диаметром до 2 см. с длинными по 10 см. муфтами.



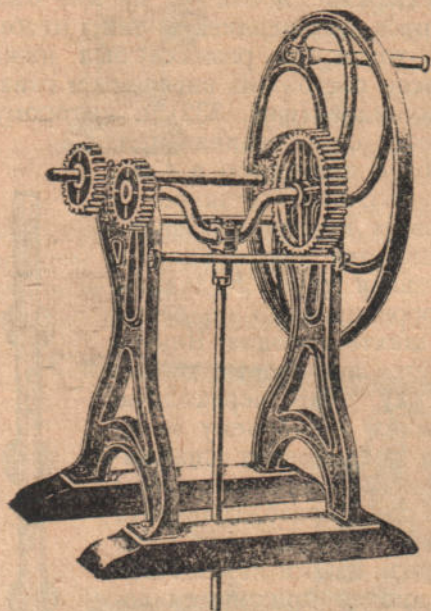
Фиг. 333.

Поршень ставится сквозной с клапаном; за каждый подъем он толкает воду, которая постепенно поднимается вверх. Рабочий цилиндр имеет длину большую, чем длина хода поршня, вследствие чего в цилиндре имеется всегда некоторый запас воды для каждого первого хода при возобновлении работы после остановок.

Такие насосы просты по устройству и прочной конструкции; ремонт их сводится, главным образом, к подбивке

сальника и перемене кожаных манжетов на поршне, что делается не более 1 раза в год.

Наверху скважины в шахте помещается колпак с нагнетательной трубой насоса. В предупреждение замерзания в трубе у переходной коробки делается маленькое отверстие, сквозь которое в скважину выливается из трубы вода, когда насос не работает; на лето эта дырочка забивается. Производительность насоса зависит от диаметра рабочего цилиндра, длины размаха поршня и числа качаний. В среднем, при ручной работе, насос с диаметром цилиндра в 6 см. дает около 1,5 куб. метр. в час с глубины до 40 м. и около 1 куб. м. с глубины в 50 м.; при диаметре же в 7 см. и с глубины в 10 м. получается около 5 куб. метр. воды.



Фиг. 334.

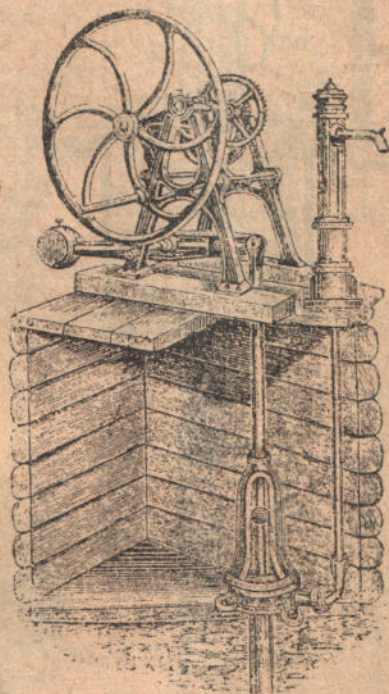
Рабочий механизм артезианских насосов выполняется в виде рычагов и лебедок с зубчатками и маховиками. Чем глубже скважина и чем она больше по количеству поднимаемой воды, тем сложнее подъемный механизм. Для неглубоких с малою производительностью скважин лучшею системою ручного рабочего механизма является качалка в виде рычага с противовесом (см. фиг. 111) на длинном плече. Этот противовес укрепляется с целью избежать ударов при обратном ходе поршня. Главное преимущество качалки заключается в удобстве применения к ней разнообразных усилий; на ней

взрослый человек работает полными размахами, но меньшим количеством ходов, подросток — мелкими, но частыми ходами.

В том случае, когда для приведения в действие насоса требуется не один-два, а большее число рабочих, применяются лебедки с зубчатой передачей (фиг. 334). Более сильная качалка имеет противовес или контр-баланс (фиг. 335). Когда для работы насоса требуется применение конного привода, то весьма подходящим в этом случае является устройство, изображенное на фиг. 336. Насос снабжается приводом с шестерней и маховиками, так устроенными, что при конной тяге получается полная

производительность насоса (напр., при нагнетании воды в резервуар подземными трубами), в ручную же (напр., для раздачи воды из колонки ведрами)—эффект действия меньший. Приводный механизм насоса, действующего посредством механического (напр., нефтяного) двигателя, состоит из зубчатой передачи 1:3 (фиг. 337) и шкива для ремня. Контр-баланс прикреплен к шатуну, соединяющемуся с поршневою штангою, чем уничтожаются толчки и достигается равномерность работы машины. Наконец, для насосов очень большой производительности (около 15 куб. метр. в час) применяется приводная насосная лебедка с коромыслом и большим (до 60 см.) ходом поршня (фиг. 338).

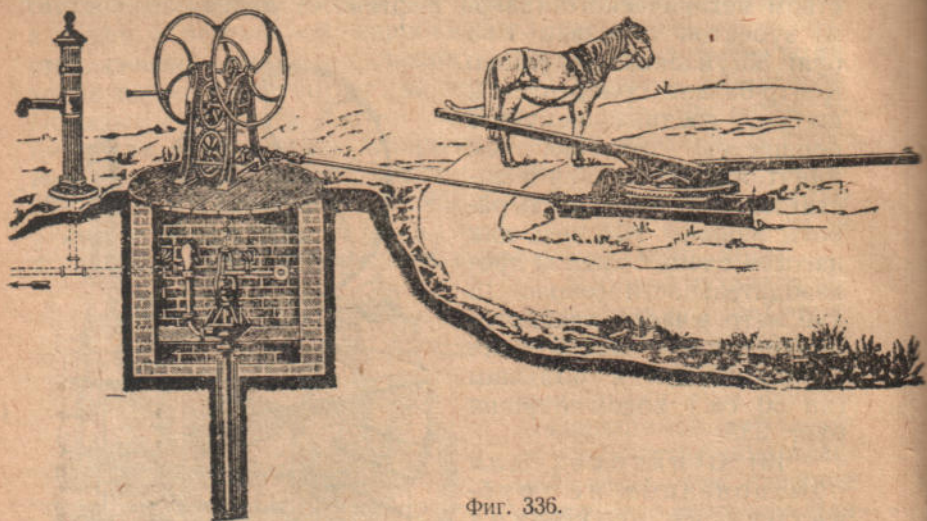
13) В насосах для обыкновенных не трубчатых, но глубоких колодцев до 10 метр. (фиг. 339) рабочий цилиндр с помещают над поверхностью воды не дальше 6 метр. Нагнетательная труба оканчивается в тумбе. Производительность насоса с диаметром цилиндра в 6 см. 0,60 куб. метр. в час; с диаметром в 8 см. 1,20 куб. метр.



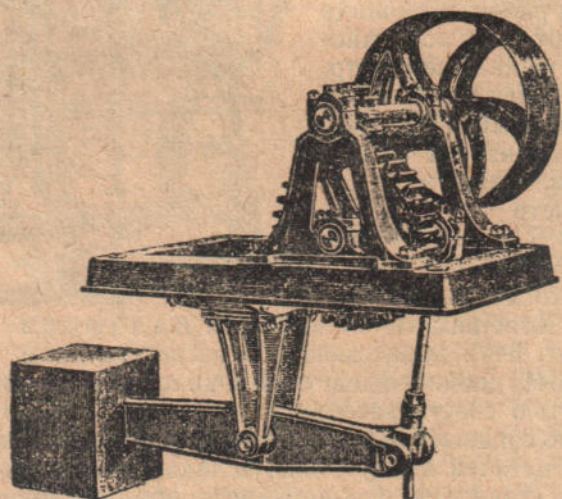
Фиг. 335.

Приводные насосы строятся крайне разнообразной конструкции. Хорошим типом являются Калифорнские насосы (фиг. 340), всасывающие и нагнетательные, есть ручные (фиг. 341) двойного действия. Они отличаются простотою и прочностью своего устройства. С внешней стороны легко узнаются по горизонтальности цилиндра, компактности формы, прочности деталей и двум воздушникам, из которых нагнетательный (типичной грушевидной формы) помещен над клапанной коробкой. Захлопные клапаны расположены парно один над другим в общей клапанной коробке. По снятии крышки этой коробки получается вполне свободный доступ к нагнетательным клапанам, сидящим на одной плите, по удалении же последней легко могут быть вынуты и всасывающие клапаны.

Из паровых особенного внимания заслуживает насос Вортингтона (фиг. 342) простого устройства и спокойного плавного хода *).



Фиг. 336.

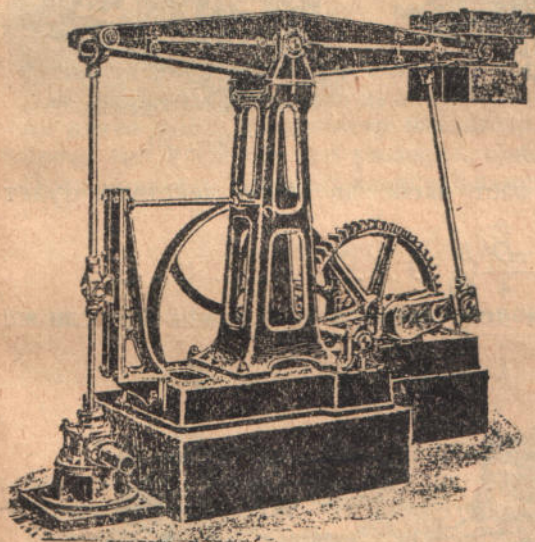


Фиг. 337.

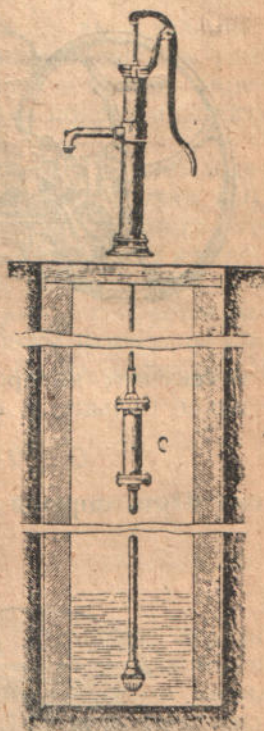
Рассмотрим зависимость между размерами насоса, количеством поднимаемой им воды и усилием, необходимым для выполнения работы.

*) Описание паровых насосов выходит за рамки настоящего курса.

При двойном размахе поршня, т. е. при движении один раз вверх и один раз вниз, в нагнетательную трубу поступит количество воды, равное объему стакана, т. е. площади его сечения на длину хода поршня. Для определения объема воды, притекающей в единицу времени, в секунду, надо знать скорость движения поршня. Эта величина легко может быть определена, если сосчитать число двойных колебаний поршня в минуту, разделить это число на 60 и умножить на длину хода поршня. Пусть D —диаметр поршня или (что все равно) внутренний диаметр насоса; l —длина хода поршня в стакане насоса, n —число



Фиг. 338.



Фиг. 339.

двойных колебаний в минуту; тогда теоретический объем воды, поднимаемой насосом простого действия в минуту, будет:

$$W = \frac{\pi D^2}{4} l n,$$

а в секунду:

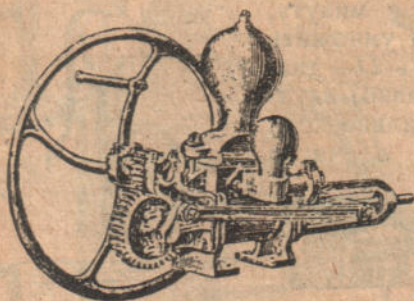
$$W = \frac{\pi D^2}{4} l \frac{n}{60}.$$

Но действительный объем воды, поднимаемой насосом, всегда меньше теоретического, потому что часть воды утекает через отверстие всасывающих клапанов, которые при опускании поршня не закрываются мгновенно. Коэффициент

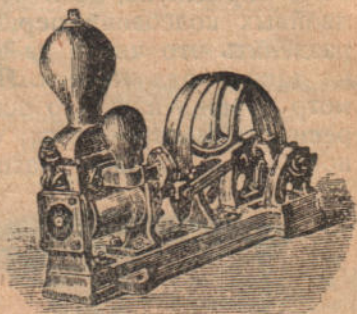
потери f принимается в 0,8, и тогда действительный объем воды, подаваемой насосами в секунду, определится так:

$$Q = f \frac{\pi D^2 l n}{4 \cdot 60} \dots \dots \dots (1).$$

Так как в насосах двойного действия вода подается за каждое движение поршня вверх и вниз, то количество воды



Фиг. 340.

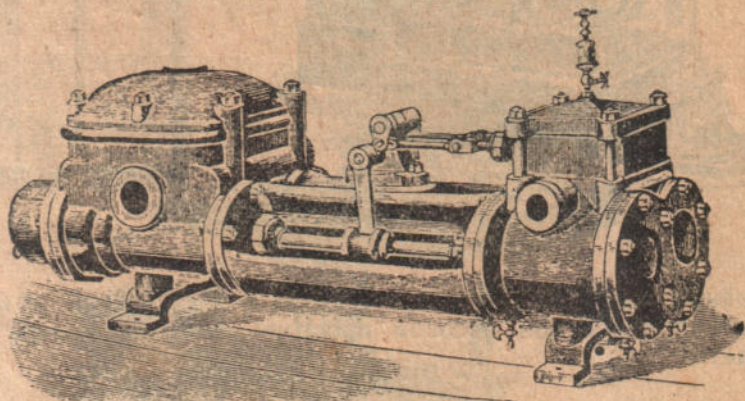


Фиг. 341.

в секунду, которое дает насос двойного действия, будет вдвое больше, т. е.

$$Q = 2 \left(f \frac{\pi D^2 l n}{4 \cdot 60} \right) \dots \dots \dots (2).$$

Путь поршня при ходе вверх и вниз равен $2l$, если же



Фиг. 342.

число двойных колебаний в минуту будет n , то в это время (в минуту) поршень пройдет $2ln$, а в секунду путь поршня или скорость его v будет:

$$v = \frac{2nl}{60}$$

$$\text{или} \quad \frac{v}{2} = \frac{nl}{60}$$

и тогда формула (1) примет такой вид секундного расхода насоса одиночного действия:

$$Q = f \frac{\pi D^2 v}{8} \dots (3).$$

Расчет насоса находится в зависимости от двух заданий: 1) когда требуется узнать, какова производительность уже имеющегося насоса, и 2) когда насоса нет и нужно определить, каких размеров он должен быть для подачи нужного количества воды.

В первом случае задача сводится только к определению Q , поэтому, изменив внутренний диаметр насоса (D), длину поршневого хода (l) и сосчитав число двойных его размахов в минуту (n), вычисляют Q по формуле (1) или (2). Для второго случая, когда дан секундный объем воды Q , но ни длина хода, ни диаметр неизвестны, когда требуется выбрать тип насоса и его размеры, пользуются формулою (3). Прежде всего подсчитывается диаметр D . Из формулы (3)

$$D = \sqrt[3]{\frac{8Q}{f\pi v}}$$

или, приняв $f=0,8$ и сделав подстановку, получим, примерно,

$$D = 2 \sqrt[3]{\frac{Q}{v}}$$

Скоростью движения поршня V надо задаться; она не должна быть меньше той скорости, с которою под поршень присасывается вода, потому что, если бы поршень ходил быстрее притока воды, то при подъеме поршня вода оторвалась бы от него, а при обратном движении произошел бы удар и вредные сотрясения. Обыкновенно за среднюю скорость поршня V принимают 0,2 м. для ручных и до 0,9 м. для приводных. Диаметр же ручных насосов делается от 5 до 13 см., очень редко 15 см., а 40 см. (в насосе Летестю)—исключение. Что касается длины хода, то обыкновенно l всегда делается больше $2D$, а число качаний одним человеком принято считать около 40 в минуту. Диаметр труб выбирается с таким расчетом, чтобы скорость воды в них не превышала 0,9 м. Высота подъема воды при выборе типа насоса значения не имеет; она необходима для определения величины действующей силы двигателя, т. е. величины работы, нужной для подъема воды.

Если общая высота поднятия $H = h_1 + h_2$ (h_1 — высота присасывания, h_2 — высота нагнетания), то работа, которая

должна быть затрачена на подачу на эту высоту некоторого объема воды Q , теоретически будет

$$N_1 = \frac{VQH}{75} \text{ в килограммометрах . . . (4).}$$

В действительности же работа N должна быть больше теоретической, так как, кроме усилия, затрачиваемого на поднятие и опускание поршня, часть работы приходится употребить на преодоление вредных сопротивлений в виде трения в трубах, толчков при изгибах и пр. Отношение $N_1 : N = Z$ или коэффициент полезного действия принимается для приводных насосов в 0,7—0,8 и для ручных 0,60. Так что действительная работа для действия насоса должна быть

$$N = \frac{N_1}{Z}$$

или, подставив вместо N его величину (4), имеем

$$N = \frac{VQH}{Z \cdot 75} \text{ лош. сил. . . . (5),}$$

а взяв $V = 1000$ килогр. (вес одного кубич. метра воды) и приняв $Z = 0,80$, имеем величину работ на хорошем приводном насосе

$$N = 17 QH \text{ кил./метр. . . . (6).}$$

Секундная работа взрослого человека (при 8-часовом дне) считается на рычаге в $\frac{1}{15} N$, а на рукоятке с маховиком в $\frac{1}{10} N$. Применяя лебедку с радиусом в 40 см. и передаточным числом = 3, усилие выигрывается в $1\frac{1}{2}$ раза. Следовательно, взяв величину секундного объема цилиндра и умножив на высоту поднятия и на 17, найдем нужную величину работы N ; если по формуле (6) получится N , равное $\frac{1}{15}$ или меньше, то насос может быть приведен в действие одним человеком на качалке (или рычаге); при N в $\frac{1}{10}$ надо брать уже маховик; при N в $\frac{1}{5}$ надо ставить двух человек; при N в $\frac{3}{10}$ требуется два человека и лебедка; когда же число людей по расчету окажется большим, то надо ставить к насосу конный привод, а если N будет большим $\frac{1}{2}$, то требуется уже механический двигатель.

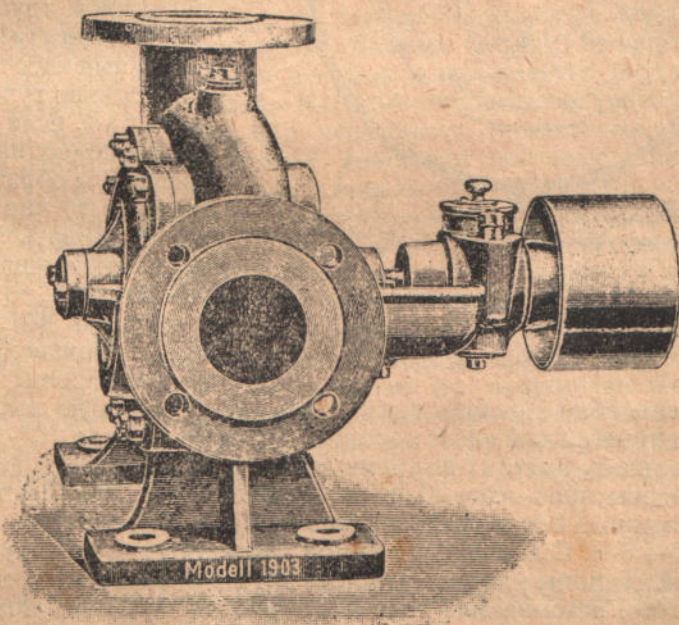
Из предыдущих расчетов легко придти к следующим выводам. Одна паровая сила поднимает в секунду 75 килогр. на высоту 1 метра, это составляет 0,075 куб. метр. или 75 литров воды, следовательно, рабочий на рычаге, поднимающий $\frac{1}{15}$ этого количества, поднимает в минуту 0,3 куб. метра воды, а на рукоятке маховика 0,45 куб. метр. Если бы эти 0,45 куб. метр. надо было поднять не на один метр, а, напри., на 10, то рабочий в минуту поднял бы только 0,045 куб. м. Или, например, если бы нужно было в минуту

подать 0,10 куб. м. воды на высоту 15 метр., то для этого потребовалось бы рабочих $0,10 \times 15 = 1,5$; $1,5 : 0,45 = 4$ человека. Чем продолжительнее работа, тем она менее производительна, а, наприм., на пожаре усилие рабочего может быть доведено до 4 и более раз против обыкновенного. Следует заметить, что при выборе диаметра ручного насоса самый ходовой считается $7\frac{1}{2}$ см.; диаметр больший уже является трудным для работы.

Площадь клапанов делается в $\frac{1}{2}$ и не меньше $\frac{1}{4}$ площади поршня. Диаметр всасывающих труб берется в $\frac{1}{2} - \frac{2}{3}$ диаметра поршня. Диаметр нагнетательных труб может быть взят на 1 см. меньше, но лучше их ставить диаметром не менее всасывающих, тогда насос работает и правильнее и легче.

Центробежные насосы

Для подъема большого количества воды в короткий промежуток времени и на сравнительно небольшую высоту

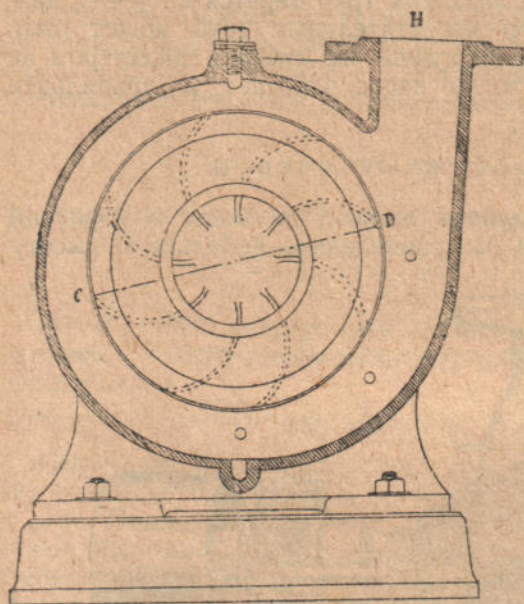


Фиг. 343.

применяются приводные центробежные насосы (фиг. 343). На горизонтальном железном валу насажено крыльчатое колесо *CD* (фиг. 344), помещающееся внутри чугунной коробки или кожуха. В этот кожух проведена труба из водоема,

и из него же выходит нагнетательная труба *H*. Вал лежит в подшипниках на двух стойках, между которыми находится шкив для ременной передачи, иногда же (фиг. 343), этот шкив лежит за стойкой на конце вала.

Если кожух наполнить водою и затем привести вал в быстрое вращательное движение, то вода будет отбрасываться лопатками колеса к стенкам кожуха, а затем, вследствие приобретенной живой силы, будет подниматься по нагнетательной трубе тем энергичнее, чем больше центробежная



Фиг. 344.

сила, чем, следовательно, быстрее вращается крыльчатое колесо. В это же время близ оси колеса уменьшается давление воздуха, вследствие чего будет происходить присасывание воды по подъемной трубе.

В сущности центробежный насос есть обращенная турбина (фиг. 344), если турбинное колесо начать вращать в обратную сторону, то оно станет поднимать воду. Когда насос еще полон воздуха, то действует как вентилятор, и производимое им разрежение воз-

духа способно поднять воду лишь на небольшую высоту.

Центробежный насос хорошо поднимает воду до 12—15 м., при больших высотах подъема ставятся камерные (ступенчатые) насосы; при высоте 40 метр.—двухкамерные, при 60 метр.—трехкамерные и т. д. Высота всасывания не должна превосходить 5—6 м. Всасывающая труба подводится к кожуху или с одной стороны или (что лучше) с двух и оканчивается около оси, чтобы всасываемая вода направлялась к центру колеса.

В насосах прежнего устройства делались плоские лопатки, которые шли по радиусам; теперь таких насосов не делают, так как это сильно понижает производительность. Так, коэффициент полезного действия прежних насосов был всего 0,32, тогда как теперь он доведен до 0,60—0,70. Современные насосы имеют металлическое колесо с криволинейными крыльями, числом от 6 до 12.

Крыльям придается форма, тщательно определенная опытом и вычислениями, чтобы вода отделялась от окружности колеса по направлению, близкому к касательной ($27—30^\circ$), и не ударялась прямо о стенки кожуха.

Наверху кожуха делается отверстие с краном для наполнения насоса водою перед началом его работы и для выпуска скопляющегося в кожухе воздуха. В хороших насосах кожух изготавливается из одного куска и только к нему привинчиваются боковые крышки. Сняв болты, отодвинув крышку по оси, можно осмотреть крыльчатое колесо. Это устройство позволяет сделать осмотр крыльев, не отделяя всасывающей трубы.

Для правильности работы необходимо, чтобы наружный воздух не мог проникать ни во всасывающую трубу, ни в насос, поэтому необходимо, чтобы труба была опущена ниже уровня воды и чтобы в соединении частей была полная герметичность.

Водоприемная труба состоит или из пенькового рукава, обмотанного спиральною проволокою, или чугунной трубы с фланцевыми соединениями. В нижней части всасывающей трубы непосредственно у приемного храпуна помещается забирный клапан, и труба должна идти к насосу прямолинейно без изгибов, в которых задерживается воздух, присасывающийся с водою. Насосы приводятся в движение или паровыми машинами или нефтяными двигателями; ни конные приводы, ни ветряные двигатели для этой цели не годятся, так как они не обеспечивают необходимого для работы насоса равномерного и быстрого хода. Число оборотов насоса доходит до 2000 и более в минуту, и передача совершается посредством ремней. Правильность хода находится в тесной зависимости от верности установки его точек опоры. Для выверки вала подшипники снабжаются винтами для их передвижения, а для уменьшения трения шейка вала делается таких размеров, чтобы давление на подшипник было возможно меньшим и отношение диаметра вала (в шейке) к его длине делается, как 1:4 или как 1:6. Диаметр труб определяется формулою

$$d=0,36\sqrt{\frac{Q}{V2gh}}$$

где $h=h_1$ (высота всасывания) плюс h_2 (высота нагнетания) а диаметр колеса $D=1,7d$.

Для выбора насоса и соответствующего двигателя можно руководствоваться таблицей на 334 стр.

При выборе двигателя необходимо его мощность увеличивать не менее, как на 25% на различные случайные потери в установках. И так как слабые в 2—3 силы нефтяные двигатели совершенно ненадежны, то меньше, чем в 5—6 сил, двигателей брать не следует.

Взяв, напр., насос в 76 мм., чтобы поднять им 35 куб. метр. воды в час на высоту 10 м., надо поставить двигатель мощностью в $0,262 \times 10$ около 3 РН, но, принимая во внимание

Диаметр всасывающей трубы в мм.	Производительность насоса в час в куб. метрах	Количество лошадиных сил машины на 1 метр подъема
38	8,86	0,06
51	17,71	0,131
76	35,42	0,262
102	69,71	0,367
127	103,32	0,656
152	169,74	0,984

коэффициент 0,60%, надо брать машину до 5 лошадиных сил. Такой насос в 16-часовой день поднимет около 500 куб. метр. воды, что является совершенно достаточным для поливки, напр., 1 гектара огорода в весьма засушливом климате.

Такой насос в довоенное время стоил в Москве 180 руб., а двигатель в 6 сил—1750 руб. Двигатель расходует в час на 1 силу около 0,4 килогр. нефти и смазочного масла около 0,04 килогр.

Главное назначение центробежных насосов—поднятие большого количества воды в короткий промежуток времени на небольшую высоту. Достоинства этих насосов: равномерность хода, простота устройства, небольшой объем, отсутствие легко изнашивающихся частей, напр., клапанов. Затем, также эти насосы можно применять без боязни засорения и в грязноватой воде—с песком и илом.

Гидравлический таран

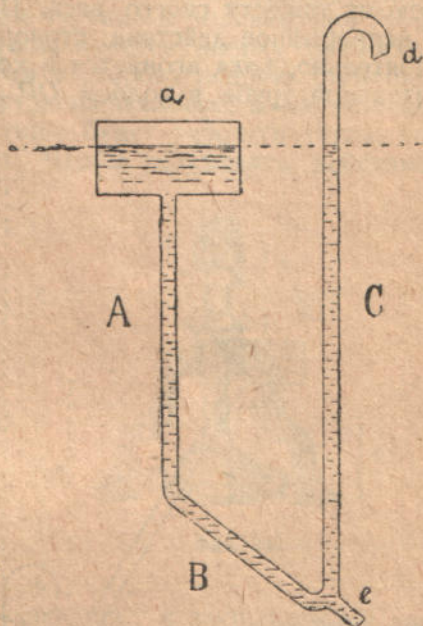
Один из дешевых способов поднятия воды осуществляется посредством чрезвычайно остроумного аппарата, изобретенного Монгольфьером в конце XVIII века и называемого гидравлическим тараном. Идея тарана вытекает из следующего.

Пусть *ABC* (фиг. 345) стеклянная трубка с параллельными между собою коленами *A* и *C*. На колене *A* имеется резервуар, а в наклонной части *B*, в точке *e* сделано отверстие. Закрыв это отверстие и наполнив резервуар водою, мы, на основании закона сообщающихся сосудов, получим на обоих концах *A* и *C* один уровень. Если же открыть отверстие *e*, то равновесие нарушится, вода будет выливаться, и уровень ее в части *C* понизится. Если теперь сразу и

быстро закрыть отверстие e , то вода в колене C моментально поднимется и выплеснется через открытый конец. Так будет происходить до тех пор, пока в резервуаре A будет вода. Внезапный толчек воды, происходящий при закрытии отверстия, называется таранным ударом.

Основываясь на этом явлении, Монгольфьер изобрел гидравлический подъемник—таран, который, таким образом, работает силою падения воды и поднимает часть ее на высоту, в несколько раз большую, чем высота падения.

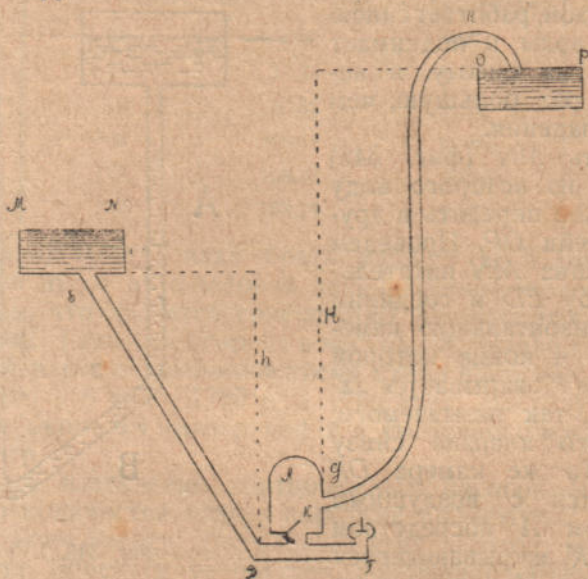
Пусть MN (фиг. 346) бассейн, из которого воду желательно передать в другой бассейн OP . Проведем из бассейна MN питательную трубу ED и соединим ее с горизонтальной камерою DF , в конце которой отверстие F закрывается захлопкою, так называемого, стопорного клапана снизу вверх. Та же камера DF сообщается с воздушным колоколом A посредством клапана K , закрывающегося сверху вниз. Из колокола же



Фиг. 345.

A выходит и нагнетательная труба GR . Так как прибор помещается ниже бассейна MN , то вода из последнего будет течь по трубе ED в камеру DF и к отверстию F . Здесь часть воды выльется, а затем захлопка стопорного клапана поднимется и закроет собою отверстие F ; в этот момент и произойдет таранный удар. Живая сила протекавшей воды направляется в сторону наименьшего сопротивления—таким является подъемный клапан K , и, открыв его, вода войдет под колокол A . Как только давление в колоколе и в питательной трубе уравнивается, клапан K закроется, и вода успокоится. Если теперь ударить по захлопке стопорного клапана, то она опустится, открыв отверстие F ; вода снова придет в движение, снова поднимется захлопка F , обратный таранный удар откроет клапан K , и опять вода войдет в колокол A , а часть воды выжмется воздухом колокола в нагнетательную трубу GR . Повторяя это опускание захлопки несколько раз, мы вгоним в трубу GR воду на такую высоту, когда давление в колоколе станет

настолько сильным, что обратный таранный удар всю свою энергию должен будет израсходовать только на поднятие клапана K ; а как только живая сила водной массы израсходуется и клапан K закроется, то давление на захлопку на один момент прекратится и последняя упадет уже сама собою от тяжести своего веса. После этого таран приходит в непрерывное действие: стопорный клапан работает самостоятельно, вода вгоняется в колокол, а из него по нагнетательной трубе в водоем OP . Процесс этот совершается



Фиг. 346.

очень быстро, и число ударов захлопки доходит от 50 до 100 в минуту.

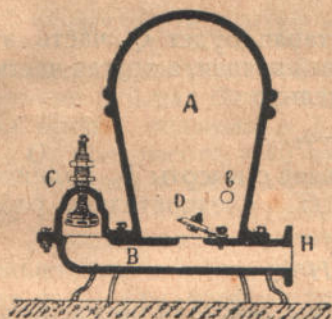
Таким образом, таран работает под действием двух сил: 1) силы тяжести притекающей воды и 2) живой силы движения. Если бы этой второй силы не было, то по законам физики вода в трубе GR стояла бы на той же высоте, как и в бассейне MN , и никакого бы поднятия воды не происходило.

Таран состоит из нагнетательного воздушного колокола A (фиг. 347), приемной камеры B и стопорного клапана C . Камера B сообщается с колоколом A захлопкою D . В b проведена водоподъемная труба.

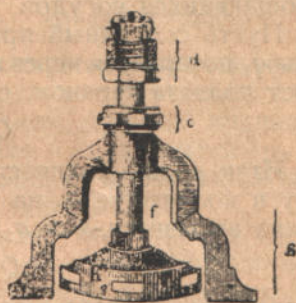
Хорошими считаются тараны под названием „Эврика“.

Стопорный клапан (фиг. 348) состоит из медной точеной захлопки k , помещенной в круглой коробке a , с обточенной изнутри крышкой, к которой поднятая вверх захлопка

прилегает вплотную своим верхним краем *f*. В захлопке имеются окошечки, через которые протекает вода, когда захлопка опущена. В центре захлопки укреплен стержень *f*, имеющий наверху гайку, ниже которой навинчена муфта *d* с контргайкой *c*. В некоторых таранах клапан открыт, в других же он помещается внутри чугунного колпака, при этом для действия на захлопку рукою имеется вверху пружина, а отработанная вода отводится в сторону особою трубкою. Ход тарана регулируется муфтою на захлопке, и чем больше будет размах захлопки, тем тише будет работать таран, но тем больше воды он подаст. Чтобы остановить действие



Фиг. 347.



Фиг. 348.

тарана, достаточно притянуть захлопку к закрываемому ею отверстию.

Раз таран пущен в ход, он работает до тех пор, пока в колоколе находится воздух. Но так как воздух постепенно поглощается водою и разрезается, то от времени до времени он должен быть пополняем; достигается это различными способами. Именно: 1) в камере под стопорным клапаном просверливается дырочка, через которую понемногу просачивается вода, а при переходе воды из трубы в колокол присасывается небольшое количество воздуха; 2) внизу колокола устраивается трубка с клапаном, открывающимся внутрь, и по этой трубке всасывается воздух; 3) стопорный клапан располагается горизонтально с пружиною; 4) наверху колокола имеется особый кран. Остановив таран и закрыв краны питательной и нагнетательной труб, открывают этот воздушный (вверху колокола) кран и спускной кран (внизу колокола). Тогда в колокол войдет воздух, а вода из него вытечет. После этого, закрыв воздушник и спускной кран, открывают краны в трубах, и таран пускают в работу. О необходимости впустить воздух можно узнать по сильным стукам машины, а также и по тому, что количество подаваемой воды уменьшится.

Вертикальное расстояние h (фиг. 346), на котором устанавливается таран по отношению к питательному водоему, должно быть не меньше 0,50 м., но и не более 15 м., так как при большой высоте удары становятся слишком сильными и клапан их не выдерживает; хотя при большой высоте производительность тарана больше.

Если через H обозначим вертикальное расстояние от тарана до места подачи им воды (фиг. 346), то собственно высота работы тарана или его нагнетание будет выражено, как

$$h = H - h_1,$$

потому что до высоты h_1 вода поднялась бы сама по закону сообщающихся сосудов.

Пусть секундный приток в таран будет Q , часть этой воды q_1 потеряется через стопорный клапан, а другая часть q_2 будет поднята тараном, следовательно

$$Q = q_1 + q_2.$$

Итак, вода в количестве Q , падая с высоты h_1 , поднимает воду в количестве q_2 на высоту H , а следовательно, работа тарана выразится, как $q_2 H$, т. е.

$$Q h_1 = q_2 H^*).$$

но если бы из этого выражения мы захотели определить q_2 , то получили бы ошибочный вывод, потому что из всего количества воды Q часть ее, именно q_1 , теряется, проходя через стопорный клапан, и чтобы определить q_2 , сколько действительно поднимается воды, надо принять эту потерю во внимание, введя в предыдущее выражение коэффициент полезного действия z , зависящий также от потерь на сопротивление; тогда

$$Q h_1 z = q_2 H,$$

откуда

$$q_2 = z \frac{Q h_1}{H}.$$

Величина z находится в зависимости от величины отношения между высотой падения h_1 и высотой подъема H . Чем это отношение ближе к 1, тем и коэффициент больше; так (по Эйтельвейну)

при отношении $\frac{h_1}{H} = 1$ коэффициент $z = 0,92$

„ $\frac{h_1}{H} = 1/8$ „ $z = 0,56$

„ $\frac{h_1}{H} = 1/20$ „ $z = 0,23$

*) В каталогах некоторых фирм показан такой неправильный вывод $Q h_1 = q^2 h^2$. По этому расчету производительность тарана получается преувеличенною.

Следовательно, чем выше нагнетание, тем меньшая величина от Q будет эксплуатироваться тараном, с другой стороны, чем больше высота падения (h_1), тем большее количество воды пройдет через таран и тем ее больше будет поднято. В среднем принимается, что приблизительно $1/10$ воды, падающей в таран, может быть нагнетаема на высоту, в 7 раз большую высоты h_1 , т. е. что таран эксплуатирует 0,7 притекающей к нему воды, и тогда количество воды, которую поднимает таран, будет

$$q_2 = \frac{0,7 Q h_1}{H}$$

Формула эта однако же верна, когда отношение $\frac{h_1}{H}$ не больше $2/7$; вообще же можно считать, что если высота подъема в 5 раз больше падения, то воды поднимется $1/7 Q$, при высоте подъема в 7 раз больше h_1 воды поднимется $1/10 Q$; при высоте в 10 раз больше h_1 поднимется $1/20 Q$ и при подъеме в 20 раз большем падения поднимается всего $1/100$ того количества, которое поступит в таран.

Максимальную высоту подъема не следует делать больше, чем в 40 м., так как в этом случае трубы будут под очень большим давлением (большим 4 атмосфер).

Все данные работы тарана могут быть вычислены по четырем видоизменениям одной основной формулы.

Именно:

1) $q_2 = \frac{7 Q h_1}{10 H}$. . . количество поднимаемой воды

2) $H = \frac{7 Q h_1}{10 q_2}$. . . высота поднятия воды

3) $Q = \frac{10 q_2 H}{7 h_1}$. . . необходимый приток воды в минуту

4) $h_1 = \frac{10 q_1 H}{7 Q}$. . . необходимая высота падения.

Для развития удара масса воды должна быть достаточною, поэтому диаметр питательной трубы и длина ее должны быть соответствующих размеров. Так, длина трубы должна быть в 5 раз больше высоты падения и не короче 7 м., но и не длиннее 20 м. Наиболее подходящая длина получается из уравнения

$$L = H + 0,3 \frac{H}{h}$$

Диаметр трубы зависит не только от величины расхода q_2 , но и от скорости протекания, почему и определение этого размера затруднительно. Существует эмпирическая формула:

$$d = 0,03 \sqrt{60 Q_2}$$

Приблизительно же можно считать достаточным 5 см. диаметра на каждые 0,04 кв. м. протекающей воды, а диаметр нагнетательной трубы берется вдвое меньшим. Площади отверстия нагнетательного клапана в колпаке не должны быть меньше площади питательной трубы. Питательная труба должна идти от бассейна прямо, без поворотов и колен, и только если место не позволяет провести длинную трубу, определенную расчетом, то ее ведут спирально, с возможно большим радиусом, нагнетательная же труба может идти с плавными закруглениями и поворотами.

Так как стопорный клапан всегда садится на седло с сильным ударом, то чем больше воды будет входить в таран, тем скорее износится клапан. Когда количество поднимаемой воды невелико и когда высота подъема не превышает 8 высот падения, тогда таран по своей производительности представляет преимущества перед всеми водоподъемниками.

В виду того, что производительность тарана зависит от величины напора h , в тех случаях, когда вблизи водоема нет низких мест, таран ставят в углубление или в колодец, который для этой цели вырывают, но при этом необходимо, чтобы вода, прошедшая через стопорный клапан, имела постоянный сток, чтобы таран не был затоплен, иначе действие его прекратится. В предупреждение сотрясений таран должен быть хорошо укреплен на фундаменте, и, если предполагается пользоваться тараном зимою, его надо поместить в каменную или деревянную камеру, которую следует обсыпать землей; трубы тоже должны быть уложены ниже линии промерзания. Когда таран не действует, питательная труба должна быть заперта краном.

Строятся тараны различных величин—от игрушечного, принимающего около 0,006 кв. м. в минуту, и кончая машиною на объем притекающей воды до 0,25 кв. м. в минуту.

При выборе размера тарана нельзя всецело полагаться на таблицы фирм, торгующих таранами, потому что там по большей части берется один и тот же коэффициент полезного действия, именно 0,66, а между тем этот коэффициент изменяется в очень широких пределах. Чтобы выбрать подходящий размер тарана, надо прежде всего выяснить, достаточен ли запас воды в том водоеме, из которого вода будет поступать на таран, а затем можно пользоваться следующей таблицей (см. табл. на стр. 341).

Так как тараны больших размеров требуют значительных расходов на установку, то выгоднее вместо одного большого тарана поставить рядом несколько таранов малых размеров. Напр., 5 таранов с водоподъемными трубами диаметром в 25 мм. дают столько же воды, сколько один таран с трубою в 65 мм., стоимость же таких пяти таранов почти вдвое меньше цены одного тарана с трубою в 65 мм.

№ тарана	Количество расходуемой воды в куб. м. в час	Диаметр питательн. трубы в мм.	Диаметр подъемной трубы в мм.
2	0,20—0,50	20	10
3	0,40—0,90	25	15
4	0,70—1,50	30	15
5	1,30—3,50	50	20
6	2,60—5,50	60	25

Небольшая переплата приходится только на трубы. При установке соединенных таранов, каждый аппарат должен иметь самостоятельную питательную трубу, водоподъемная же труба у них общая.

Таран требует совершенно чистой воды, и если пруд, озеро и вообще водоем сильно загрязнен, то между ним и таранною камерою следует поставить приемную цистерну, в которой бы осаждалась грязь, а питательную трубу вывести из цистерны повыше. Кроме этого, конец питательной трубы должен быть снабжен хрупком, не пропускающим мусора; если же все-таки в таран будут проникать песчинки и будут приставать к стопорному клапану, вызывая этим неплотное его прилегание к гнезду и остановку, то эти песчинки надо снять тонкою тряпочкою или пальцем.

Из сказанного видно, что гидравлический таран по его, так сказать, добросовестности в работе, по простоте конструкции, потому что он не требует никакого надзора и никаких расходов на свое содержание, является незаменимым прибором в деревне для снабжения водою домов, бань, казарм, скотных дворов, для поливки садов, огородов и для других хозяйственных надобностей.

Примеры расчетов каналов

Пример 1-й.

Требуется рассчитать элементы канала на расход $Q=1,20$ кубич. метр., при уклоне не более 0,002 с одинарными откосами.

1. Задаемся скоростью $v=0,80$ метр., тогда:

$$F = \frac{Q}{v} = \frac{1,2}{0,8} = 1,50.$$

2. Берем глубину в 1 метр, тогда ширина по дну x

$$F = \frac{x + x + 1 + 1}{2} \times 1$$

$$1,50 = x + 1$$

$$x = 0,50.$$

3. Определяем подводный периметр:

$$p = 2\sqrt{1+1} + 0,5 = 3,33.$$

4. Находим гидравлический радиус:

$$R = \frac{F}{p} = \frac{1,50}{3,37} = 0,45.$$

5. Проверяем уклон по формуле Шези, при чем, так как уклон 0,002 больше 0,001, то в формуле Гангиллье и Куттера делаем упрощение и коэффициент n принимаем 0,025

$$c = \frac{63\sqrt{R}}{0,575 + \sqrt{R}} = \frac{63\sqrt{0,45}}{0,575 + \sqrt{0,45}} = 33,93$$

$$v = c\sqrt{Ri} \text{ или}$$

$$i = \frac{v^2}{c^2 R} = \frac{0,80^2}{33,93^2 \cdot 0,45} = 0,0012.$$

Итак, уклон при взятых размерах сечения оказывается менее заданного и на таком расчете можно остановиться.

6. Полное сечение канала с прибавлением запаса 0,50 метра до живого сечения определяется:

Глубина: $1,00 + 0,50 = 1,50$ метр.

Ширина по верху: $0,50 + 1,50 + 1,50 = 3,50$ метр.

Пример 2-й.

РАСЧЕТ

магистрального канала, проектируемого для осушения заболоченного луга в дер. Лубянке, Курского уезда.

1. Площадь водосбора, согласно определения по трехверстной карте, оказалась равною 10504 гектара.

2. Принимая сток с гектара в 0,35 литра в секунду, получим со всего водосбора количество Q , которое необходимо пропустить проектируемым каналом

$$Q = 10504 \times 0,35 = 3676 \text{ литр.} = 3,676 \text{ кубич. метр.}$$

Проектируемый уклон дна $i = 0,00188$.

3. Задаваясь шириною канала по дну 1,60 метр. и глубиною в 1 метр при одинарных откосах, имеем площадь живого сечения канала

$$F = \frac{1,60 + 1,60 + 1 + 1}{2} \times 1 = 2,6 \text{ метр.}$$

Смоченный периметр:

$$p = \sqrt{2} + \sqrt{2} + 1,60 = 4,43.$$

Гидравлический радиус:

$$R = \frac{F}{p} = \frac{2,60}{4,43} = 0,59.$$

4. Так как уклон 0,00188 больше 0,001, то для определения скорости v берем упрощенную формулу Гангиляе и Куттера при $n = 0,025$

$$c = \frac{63 \sqrt{R}}{0,575 + \sqrt{R}} = \frac{63 \sqrt{0,59}}{0,575 + \sqrt{0,59}} = 36,12.$$

$$v = c \sqrt{Ri} = 36,12 \sqrt{0,59 \times 0,00188} = 1,19$$

Скорость получилась более допустимой (1 м.) для торфяной почвы, поэтому делаем пересчет.

5. Задаемся скоростью $v = 1$ метр и определяем живое сечение

$$F = \frac{Q}{v} = \frac{3,676}{1} = 3,676.$$

6. Подбираем ширину по дну x , взяв глубину 1,20

$$3,676 = \frac{x + x + 1,20 + 1,20}{2} \times 1,20$$

$$x = 1,86.$$

7. Определяем гидравлический радиус

$$R = \frac{F}{p}$$

$$p = \sqrt{1,20 + 1,20} + \sqrt{1,20 + 1,20} + 1,86 = 7,78$$

$$R = \frac{3,676}{7,780} = 0,47.$$

8. Проверяем на скорость по формуле

$$v = \frac{63 R}{0,575 + \sqrt{R}} \sqrt{i} = \frac{63 \cdot 0,47}{0,575 + \sqrt{0,47}} \sqrt{0,00188} = \frac{1,27}{1,261} = 1,$$

т. е. выбранные размеры совершенно отвечают скорости, которою мы задались.

9. Отсюда расход канала

$$Q = Fv = 3,676 \times 1 = 3,676$$

тот же, что и расход по водосбору.

10. Взяв от бровки до живого сечения 0,50, имеем полную глубину канала:

$$1,20 + 0,50 = 1,70 \text{ метр.}$$

и ширину по верху:

$$1,86 + 1,70 + 1,70 = 5,26 \text{ метр.}$$

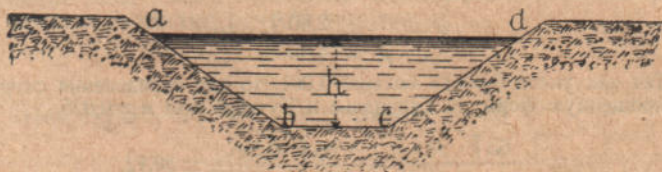
ПРИМЕЧАНИЯ

Примечание 1. — Поперечный разрез потока, сделанный перпендикулярно к направлению течения, называется живым сечением. Так, живым сечением трапециoidalного канала будет трапеция $abcd$ (фиг. 349), занятая водой.

Обозначив площадь живого сечения через F , имеем

$$F = \frac{ad + bc}{2} h.$$

Сумма линий $ab + bc + cd = p$ называется смоченным или подводным периметром. Следовательно, в канаве смоченный периметр составляется из дна и боков до тех их точек (a и d), куда доходит уровень воды.



Фиг. 349.

h , но не выше. В трубах же подводный периметр равен окружности сечения πd . Если площадь живого сечения разделить на смоченный периметр p , то частное будет называться подводным или гидравлическим радиусом. Следовательно,

$$R = \frac{F}{p},$$

а для труб гидравлический радиус

$$R = \frac{\pi d^2}{4} : \pi d = \frac{r}{2},$$

т. е. гидравлический радиус равен половине радиуса трубы. В сечениях прямоугольного очертания R зависит как от ширины, так и от глубины, и, напр., у тех прямоугольников, где ширина вдвое больше глубины, R равен половине глубины. Что касается канав трапециoidalного профиля, то для вычисления R недостаточно сведений одной только элементарной алгебры; графический же способ нахождения R не точен, поэтому для R надо придерживаться определенной его зависимости от F ; так, при одинарных откосах $R = 0,370 \sqrt{F}$, при полуторных $R = 0,345 \sqrt{F}$; при двойных $R = 0,318 \sqrt{F}$. вообще при этих откосах можно считать (приблизительно) R в половину h .

Примечание 2. — Наиболее выгодною формою живого сечения является та, которая при одном и том же расходе воды Q требует меньшего количества земляных работ, что бывает при большем гидравлическом радиусе R и, следовательно, меньшем подводном периметре p . Для определения этой наилучшей формы возьмем канал с одинарными откосами. Площадь живого сечения F будет

$$F = \frac{2b + 2h}{2} \cdot h = (b + h) h; \quad b = \frac{F}{h} - h.$$

Смоченный периметр

$$p = b + 2\sqrt{h^2 + h^2} = b + 2\sqrt{2}h = b + 2,83h,$$

или

$$p = \frac{F}{h} - h + 2,83h = \frac{F}{h} + 1,83h.$$

Для наиболее выгодного сечения p должно быть *minimum*, потому дифференцируем приведенное выражение по h и приравняем результат к нулю, помня, что F есть величина постоянная.

$$0 = -\frac{F}{h^2} + 1,83,$$

и
$$F = 1,83 h^2.$$

Подставляя вместо F равное ему выражение $(b + h) h$,

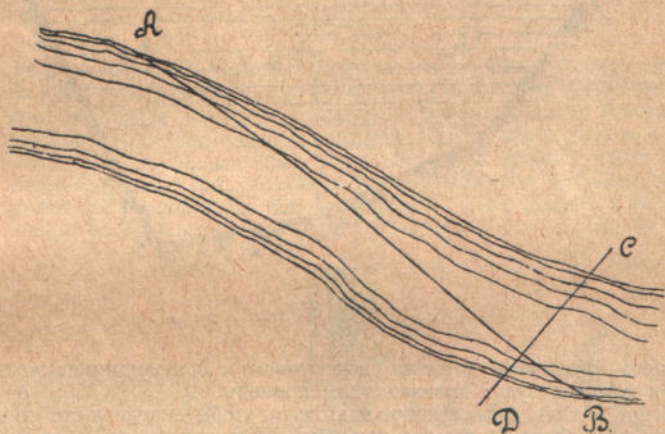
$$(b + h) h = 1,83 h^2$$

$$b + h = 1,83 h,$$

следовательно,
$$b = 0,83 h$$

и
$$\frac{b}{h} = 0,83,$$

т. е. при одинарных откосах канал будет иметь наименьший смоченный пе-



Фиг. 350.

риметр, а, след., будет обладать наибольшею пропускною способностью при отношении ширины по дну b к глубине h , как 0,83.

Приняв $b = 1$, имеем $h = 1,2\bar{b}$.

Проделав аналогичное вычисление для канала с полуторными откосами,

имеем
$$\frac{b}{h} = 0,61,$$

приняв $b = 1$, имеем $h = 1,64 b$.

Примечание 3. — Расход Q , т. е. секундный объем протекающей жидкости, определяется так

$$Q = Fv,$$

где F — живое сечение (см. прим. 1), а v — средняя скорость.

Скорость потока определяется или особыми приборами или ее находят по эмпирическим формулам, главным образом, по формуле Шези (см. ниже).

Для непосредственного определения расхода потока сначала измеряют живое сечение, а затем его скорость.

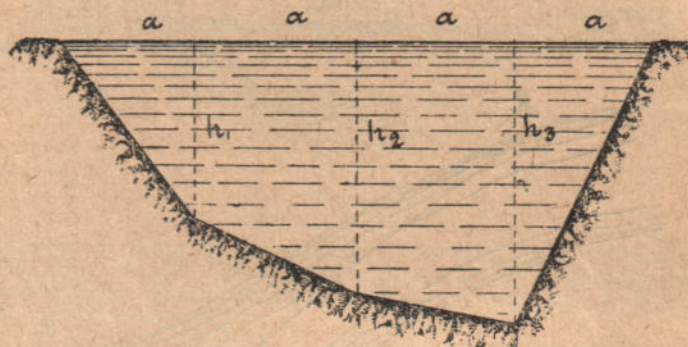
Определение живого сечения делается на месте ровном, по возможности по середине прямолинейного участка и перпендикулярно оси движения (линия фарватера), т. е. так, чтобы линия живого сечения CD (фиг. 350) была

перпендикулярна к *AB*. Если речка не широка (меньше 5 метр.), то промер удобно совершать с бревна, перекинутого поперек, по направлению измеряемого живого сечения; на стесанном крае бревна наносятся метки в равном расстоянии одна от другой, через каждые 0,20 — 0,40 — 0,50 м., чем чаще, тем точнее будет выполнен промер.

Измерение глубины производится рейкой, вертикально опускаемой на дно потока; чтобы в быстрых потоках набегающая струя не мешала точному отсчету, рейку надо опускать вперед, против течения и, кроме того, для иловатых слабых грунтов нижний конец ее снабжают башмаком — тонкой деревянной дощечкой, не позволяющей рейке входить в дно.

Опуская рейку последовательно против каждой черты бревна на равных расстояниях и делая отсчет по горизонту воды, получают длины ординат — глубины воды.

Для потоков широких по линии измеряемого сечения натягивают канат,



Фиг. 351.

на котором размечают тонкими веревочками с болтающимися концами те точки, в которых будут производиться промеры.

Канат должен быть натянут настолько, чтобы середина его не касалась воды, но и не была бы высоко над нею. При ширине до 30 метр. это достигается обыкновенным натяжением, привязывая концы каната на высоте 0,33 саж. над горизонтом воды.

На широких реках канат поддерживается лодками, удерживаемыми на месте якорями.

Промер делается с лодки рейкой, для чего лодка подводится к канату с низовой стороны.

(Определение живых сечений в больших судоходных реках не входит в задачу сельско-хозяйственных гидротехнических работ).

Не следует производить измерение сечений реки под мостом, так как здесь движение неправильно, и русло под мостом имеет иное сечение, чем в свободном течении. Очень точный и удобный способ определения живого сечения реки дают промеры со льда, делая для этого на определенных расстояниях проруби.

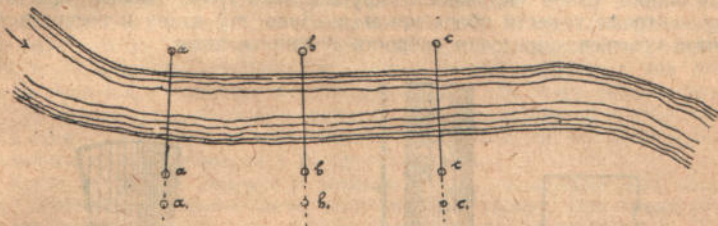
По полученным данным вычерчивается поперечный профиль (в одинаковом вертикальном и горизонтальном масштабе). Определение площади живого сечения производится посредством вычисления площадей треугольников и трапеций (фиг. 351). Так

$$F = \left(\frac{h_1}{2} \cdot a + \frac{h_1+h_2}{2} \cdot a + \frac{h_2+h_3}{2} \cdot a + \frac{h_3}{2} \cdot a \right) = a(h_1 + h_2 + h_3).$$

Определение скорости течения делается поплавками и вертушками.

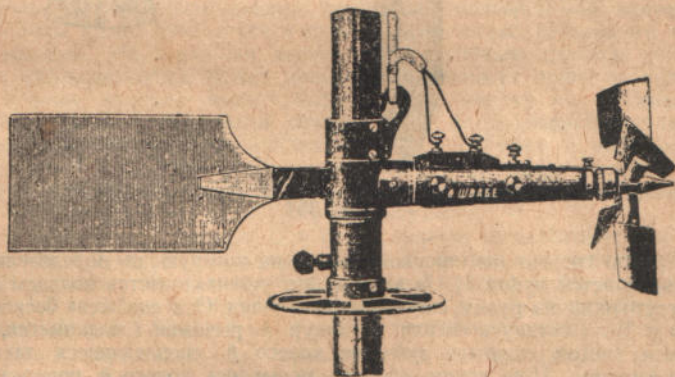
Измерение поплавками—самое простое и довольно точное, возможное при всяком загрязнении воды и при самой малой скорости течения, когда крыло вертушки не улавливает скоростей, почему и применяется широко.

Сначала на реке выбирается возможно прямой участок, на котором измеряют живое сечение bb , а в расстоянии от него метров на 50 вверх и вниз берут створы aa и cc . На обоих берегах реки втыкают по 2 небольших



Фиг. 352.

вехи aaa , bbb и ccc (фиг. 352). Поплавком служит обыкновенная бутылка, заткнутая пробкой и наполняемая водой настолько, чтобы в воде она стояла прямо и чтобы из воды выходило только ее горлышко. Метров за 10 до створа aaa поплавок или бросается с берега на середину реки или опускается с лодки. Стоя при a , замечают минуты и секунды, когда поплавок пройдет через створ вех aaa ; затем переходят в b настолько быстрее движения поплавок, чтобы заметить момент прохождения его через створ bbb ; то же делают и по отношению к створу ccc . Понятно, что частное от деления длины пути ab и bc



Фиг. 353.

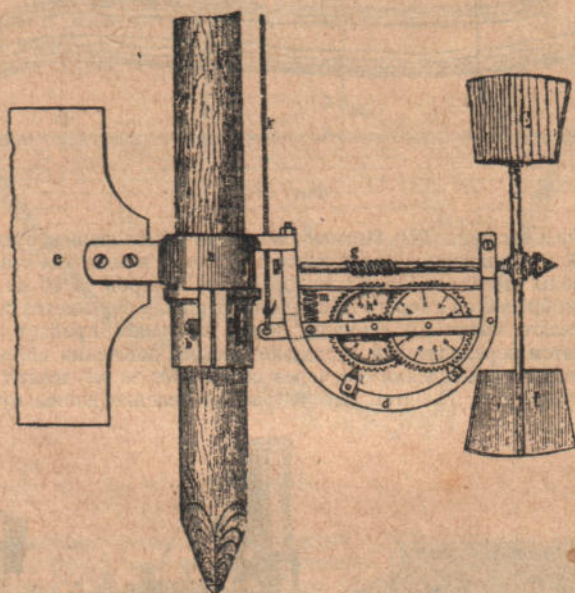
на число секунд прохождения поплавок даст скорость течения воды. Такое определение надо повторить раза три, стараясь пустить поплавок на середину потока. Так как мы задаемся целью определить наибольшую скорость, то надо брать не среднее, а тот случай, когда поплавок прошел путь в кратчайшее время!

Для нахождения средней скорости v по измеренной наибольшей на поверхности поплавок скорости u пользуются формулой Вейсбаха

$$v = 0,85 u.$$

Вертушка Вольтмана (фиг. 353) основана на следующем: вообразим, что в реке вращается горизонтальная ось, установленная параллельно

главной струе. Пусть на конце оси прикреплен к ней перпендикулярно стержень с двумя пластинками f и f' и плоскости этих пластинок между собою перпендикулярны, а с осью составляют угол в 45° . Под действием напора струй, пластинки поворачиваются около горизонтальной оси, при чем скорость вращения зависит от скорости течения. Чтобы найти скорость вращения, надо знать путь крыльев, описанный в единицу времени. Но путь крыльев равен числу их оборотов, умноженному на длину одного оборота, а один оборот равен окружности круга с диаметром, равным расстоянию между центрами тяжести обоих крыльев. Зная эту длину и сосчитав число оборотов крыльев, определим скорость течения в потоке.



Фиг. 354.

Прибор состоит из крепкой палки, на которую на определенной высоте укрепляется муфта b . На этой муфте устанавливается кольцом a механизм, состоящий из руля c , счетчика и мельнички. Ось снабжена бесконечным винтом g . Если потянуть сверху за шнур k , рычажок i поднимется, с бесконечным винтом сцепится зубчатое колесо h , сцепляющееся также и с другим колесом. При одном обороте мельнички колесо h поворачивается на 1 зубец; всех зубьев на этом колесе 100 и на другом колесе тоже 100, при чем передаточное число колес 10, таким образом, по счетчику можно отсчитать до 1000 оборотов мельнички. На обойме d помещаются указатели l : по левому колесу отсчитываются единицы и десятки оборотов, а по правому сотни.

При определении вертушкой Вольтмана скорости течения, прежде всего устраиваются подмости и измеряется глубина в этом пункте реки. Затем прибор укрепляется на палке в определенном месте. Счетчики приводятся на нули, шнур опускается свободно, и палка с вертушкой вертикально погружается в воду. По истечении, примерно, полуминуты, когда можно рассчитывать на то, что ось встала при помощи руля по направлению струи, а крылья приобрели скорость, соответствующую скорости течения воды, натягивают шнур, и счетчик приходит в движение; через минуту шнур снова выпускается, прибор извлекают из воды и делают запись по

счетчиком. Если в течение t секунд крылья сделали n оборотов, то в одну секунду они сделают $n:t=s$ оборотов; обозначая через β длину одного оборота, а через α — постоянное число каждой вертушки, означающее ту наименьшую скорость, при которой мельничка начинает вращаться, зависящую от трения оси и зубчаток и в лучших вертушках равную 0,01 — 0,05 метр. в секунду, имеем

$$v = \alpha + \beta s.$$

К недостаткам вертушки Вольмана относятся: 1) необходимость вытаскивать прибор из воды для каждого отсчета, 2) при сильном течении шнур натягивается настолько, что получается преждевременное включение счетчика, 3) открытые зубчатки в грязной воде, особенно у dna потока, легко засоряются, и вращение их или замедляется или вовсе останавливается.

Эти весьма существенные недостатки прибора устранены в вертушке Амслера, снабженной электрическим замыкателем, от которого идет особая изолированная проволока к батарее и звонку.

Когда вертушка собрана и введена в цепь, то каждые 100 оборотов колеса обозначаются замыканием тока, дающим звонок. При таком устройстве нет надобности смыкать и размыкать ось со счетчиком и не нужно вынимать вертушку из воды для отсчетов.

Дальнейшее улучшение прибора состоит в том, что зубчатки заключены в футляры и потому не подвергаются засорению (фиг. 354). Существует еще целый ряд вертушек более совершенных, со всевозможными автоматическими приспособлениями, но и более дорогих, а потому и редко употребляющихся, как, напр., вертушка Прайса и др.

Для вычисления скорости потока по уклону i производится нивелирование поверхности воды (или поверхности русла в сухих логах), на 200 метр. вверх и вниз от измеряемого поперечного сечения на малых реках и на версту в больших. Для этого вблизи уреза воды забиваются через 100 м. пикетные колья так, чтобы вертушки их совпадали с уровнем воды. Колья должны быть забиты непременно одновременно, потому что уровень воды может измениться в течение даже весьма небольшого промежутка времени. На вертушки кольев последовательно ставятся рейки, а нивелир устанавливается между ними по возможности точно по середине. Нивелируемый участок должен быть прямым, потому что на поворотах поверхность воды в поперечном сечении реки не горизонтальна; именно, вследствие центробежной силы она выше у берега вогнутого, и, например, при скорости $v = 1$ метр. и при радиусе закругления в 20 метр. и такой же ширине реки превышение поверхности воды у вогнутого берега доходит до 0,10 м. над поверхностью воды у берега выпуклого.

Для определения расхода Q в реке, ширина ее разбивается на части: при ширине в 2 метра — 4 вертикали, до 20 метров — 5 вертикалей, при большей ширине — 10 вертикалей, и на каждой вертикали берут по 3 точки 0,2, 0,5 и 0,8 глубины, и тогда средняя скорость $v_0 = 1/4 (v_{0,2} + 2v_{0,5} + v_{0,8})$, а расход: $Q = b \sum H v_0 + \sum \omega_x v_x$, где b расстояние между вертикалями, H — глубина вертикалей, v_0 — средняя скорость по каждой вертикали, ω_x — площади концевых отсеков (треугольников) и v_x — средняя скорость вертикали, лежащей против центра тяжести концевого отсека на поверхности.

Наиболее ходовая эмпирическая формула скорости Шези выражается так:

$$v = c \sqrt{Ri},$$

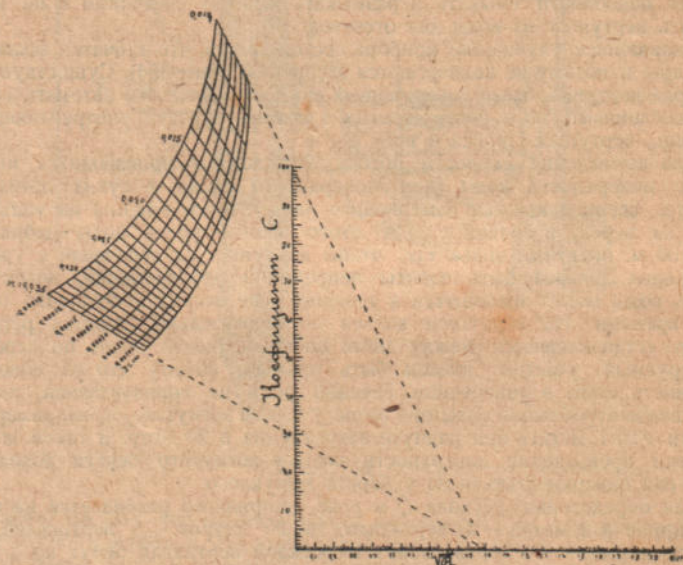
где R — гидравлический радиус отверстия, i — уклон и c — коэффициент, для определения которого Гангюлье и Куттер дали такую формулу

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{i}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Коэффициент n , зависящий от степени шероховатости дна и стен, имеет следующее значение:

- | | |
|--|-------|
| 1) Канавы в деревянной обделке | 0,012 |
| 2) " в каменной кладке | 0,014 |
| 3) Лотки мощеные | 0,020 |
| 4) Канавы в чистом грунте | 0,025 |
| 5) " старые и реки заросшие | 0,030 |
| 6) Реки сильно засоренные | 0,035 |

Скоростной коэффициент c может быть определен по графику (фиг. 355). Для нахождения c отыскивают на горизонтальной линии точку, соответствующую данному \sqrt{R} а затем точку на кривых, где данный уклон i пересекается с величиною коэффициента n ; потом эту точку соединяют с точкою \sqrt{R} , и пересечение этой линии на вертикальной прямой даст искомую величину c . Так, напр., если $\sqrt{R} = 0,75$, $i = 0,0003$ и $n = 0,025$, то $c = 35$. При



Фиг. 355.

уклонах в 0,001 и более величина его на коэффициент c влияет очень незначительно и выражением $\frac{0,00155}{i}$ можно пренебречь, тогда формула для c и v обращается

$$\text{при } n=0,025 \quad c = \frac{63 \sqrt{R}}{0,575 + \sqrt{R}} \quad \text{и} \quad v = \frac{63 R}{0,575 + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{i}$$

$$\text{и при } n=0,030 \quad c = \frac{56 \sqrt{R}}{0,575 + \sqrt{R}} \quad \text{и} \quad v = \frac{56 R}{0,575 + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{i}$$

Для вычисления средней скорости по формуле Шези надо знать только уклон дна и средний гидравлический радиус; никаких других определений для решения вопроса по этой формуле не требуется, вот почему эта формула так популярна и так широко применяется в проектируемых каналах, сухих логах, в пересыхающих речках, ручьях и пр., словом, там, где в данный момент воды нет.

Если в потоке скорость определена приборами, то и ее следует проверить по эмпирической формуле Шези, взяв для уклона поверхности воды; хорошее определение будет тогда, когда расходимость не будет превышать 0,01.

Примечание 4.— Для расчета отверстия в сооружении необходимо знать максимальный секундный расход Q воды, притекающий к сооружению или потоком, если плотина строится, напр., на реке или если плотина на сухом логу—с площади бассейна, лежащего выше сооружения, и когда поток получается вследствие выпадения в этом бассейне дождя, а также вследствие таяния снега. Для южной части СССР наибольшее количество воды получается от ливней, а для центральной, северной и восточной частей—от таяния снегов весной. На величину расхода, конечно, влияет прежде всего размер площади бассейна; чем бассейн больше, тем и количество притекающей к сооружению воды будет больше, это одинаково относится как к ливневым, так и к весенним водам; при чем по определению инж. Карачевского-Волка оказывается, что площадь в 0,35 килом. при ливне дает такое же количество воды, как и весенние воды с площади в 2,3 килом., но в дальнейшем это соотношение изменяется и с площади в 90 килом. количество ливневой воды, притекающей к сооружению, уже меньше, чем количество талой воды. На этом основании в железнодорожном строительстве принято рассчитывать на ливневые воды только отверстия таких мостов, которые строятся на бассейне с площадью до 50 верст (57 килом.).

Кроме размеров площади бассейна, на величину расхода влияет интенсивность и распределение осадков в бассейне, конфигурация его площади, характер его почвы и растительного покрова, форма тальвега, по которому вода подходит к сооружению, и проч., т. е. целый ряд таких факторов, которые совершенно не укладываются в рамки математического анализа.

Для решения вопроса принимается в расчет не общее количество осадков, выпадающих за более или менее продолжительный период, а наибольшая интенсивность ливня за короткое время. Ливни, дающие интенсивность в 2 мм. в минуту, вообще очень редки, поэтому для расчетов обыкновенных сооружений применяется ливень с интенсивностью в 1 мм. в минуту или 60 мм. в час. Такой ливень дает 167 куб. метр. с 1 кв. километра в секунду. Часть этой выпадающей ливневой воды просачивается в почву. При чем просачивание зависит от свойства грунта, уменьшаясь от песчаных, рыхлых грунтов к глинистым, плотным и скалистым. В начале ливня, когда почва суха, просачивание наибольшее, но затем, по мере насыщения, просачивание уменьшается, и на влажной почве вода скатывается, как по непроницаемой поверхности. На просачивание не остается без влияния растительность и, отчасти, топография местности. Кроме того, часть воды задерживается на поверхности бассейна и испаряется.

Таким образом, интересующее нас количество стекающей воды будет значительно меньшим того количества, которое дает ливень или таяние снега. Но и этот сток представляется явлением особенно сложным. Вода стекает или сплошным тонким слоем, или потоками, ручьями. На сток влияет скорость, так как задерживаемая на своем пути вода испаряется и просачивается, а скорость меняется в зависимости от шероховатости и формы русла, от толщины слоя, от уклона и проч. Поэтому задача определения расхода воды, выпадающей в данный момент, настолько сложна, что оценка ее совершенно не поддается точному математическому учету и может быть разрешена только приблизительно.

Различные авторы разрешают этот вопрос различно:

I. Так, принятая у нас на железных дорогах с 1884 г. формула Кестлина имеет вид

$$Q = 1,875FL \text{ в кубич. саж.},$$

где 1,875—количество воды, выпадающей в кубич. саж. в сек. на 1 кв. версту, F —площадь водосбора в кв. верстах и L —коэффициент стока; при чем для бассейна длиной до $3\frac{1}{2}$ верст этот коэффициент принимается в $\frac{1}{2}$, от $3\frac{1}{2}$ до 7 верст — $\frac{1}{4}$, от 7 до $10\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{16}$, от $10\frac{1}{2}$ до 14 — $\frac{1}{8}$, от 14 до $17\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{16}$. При уклоне долины меньшем 0,005, коэффициент L уменьшается вдвое. Необходимо заметить, что формула Кестлина дает в общем преувеличенные результаты, поэтому в некоторых земствах (напр., Киевском) эта формула была принята просто с уменьшением вдвое.

Tiefenbacher видоизменил данные Кестлина и прямо определяет количество воды, притекающей к сооружению с каждой версты, именно:

При длине бассейна	Количество воды с каждой кв. вер. в 1 сек. в куб. саж.
До 4 верст	0,824
от 4 до 8 верст	0,608 — 0,412
8 " 12 "	0,304
12 " 16 "	0,206
более 16 "	0,103

Эти данные мало разнятся от определений по Кестлину.

Проф. Дубелир подходит к вопросу определения расхода Q более осторожно, учитывая особенности бассейна. Он дает 3 вида формулы в зависимости от величины бассейна.

1. Для бассейнов малых — до 3,6 кв. верст.

$$Q = \psi FR \dots \dots (1)$$

где F —площадь бассейна в кв. верстах; R —интенсивность ливня = 1,95 куб. саж. в секунду с кв. версты; ψ —коэффициент поглощения; для легко проницаемого грунта и лесистой ровной местности $\psi = 0,15$, для средних условий $\psi = 0,25$ и для скалистого непроницаемого грунта, крутых склонов и отсутствия растительности $\psi = 0,35$.

2. Для бассейнов больших от 3,6 кв. верст до 25 кв. верст

$$Q = A \times B \times \frac{F}{l} \dots \dots (2)$$

где l —длина бассейна, A —множитель, зависящий от интенсивности ливня, его продолжительности и коэффициента просачивания; именно принимается:

Для грунтов проницаемых при $\psi = 0,15$; $A = 1,0$
" " средних при $\psi = 0,21$; $A = 1,75$
" " непроницаем. при $\psi = 0,35$; $A = 2,5$

B —множитель, зависящий от средней скорости стекания v и от коэффициента m , зависящий от форма бассейна

$$B = vt$$

при склонах пологих, мало изрезанных	$v = 0,20$ саж.
" средних условиях	$v = 0,40$ саж.
" крутых изрытых оврагами склонах	$v = 0,60$ саж.
" бассейнах прямоугольной формы	$m = 1,0$ саж.
" средних условиях	$m = 1,5$ саж.
" бассейнах треугольной формы, суживающихся к сооружению	$m = 2.$

Для получения B надо взять соответствующую скорость v и коэффициент формы m .

3. Для бассейнов больших от 25 до 50 кв. верст в формулу (2) вводится коэффициент 0,8 и след.

$$Q = A \times B \times \frac{F}{l} \times 0,8.$$

II. При расчете на весенние талые воды проф. Дубелир принимает коэффициент поглощения $\psi = 0,8$, так как оледенелая земля должна считаться непроницаемой, а задерживающей растительности в это время нет и только небольшая часть воды остается на поверхности в виде луж. Таким образом

$$Q = 0,8RF.$$

Количество притекающей воды R во время таяния проф. Дубелир считает около 0,77 и тогда формула расхода для таяния получает весьма простой вид

$$Q = 0,62F.$$

Для бассейнов больше 10—15 кв. верст формула изменяется в следующий вид

$$Q = \left(\frac{0,43}{N} + \frac{1,6}{L} \right) F,$$

где N — число суток таяния, а L — длина бассейна в верстах.

Инженер Тарловский дает такую формулу максимальной секундной величины Q талой воды:

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

где A — норма стока с одной кв. версты в секунду, μ — коэффициент, зависящий от хода таяния, от характера склонов и русла и степени вытянутости долины и пр. Инж. Тарловский определяет его в 0,06. Норму стока A он принимает в 0,16 для водосборов до 15 кв. верст, затем она должна быть принята уменьшенной и при водосборе свыше 50 кв. верст ее следует считать в половинном размере.

Все приведенные формулы на талую воду дают, как и формулы на ливневую воду, только средние приближенные величины.

В связи с вопросом о величине секундного максимального расхода на талые воды иногда является необходимым выяснить, какое количество воды вообще поступает с площади бассейна в заданный водоем, напр., в пруд. Для решения вопроса необходимо знать толщину снежного покрова к началу таяния, плотность снега в это время, продолжительность таяния и, конечно, площадь водосбора.

Снежный покров обыкновенно начинает таять на юге (в Астраханской губ.) в первых числах марта, в центре (в Московской губ.) в конце марта и на севере (Пермской губ.) к началу мая. Толщина покрова составляет в среднем в центре около 0,40—0,50 метра и только на крайнем севере (Вологодская, Архангельская губ.) достигает 0,70 метр. Однако, в каждом отдельном бассейне могут быть большие колебания этих величин. Что касается плотности снега, то слежавшийся снег слоем в 10 мм. может дать до 4 мм. воды, т. е. плотность доходит до 0,4; в видах осторожности среднюю плотность принимают в 0,2; относительно продолжительности таяния наблюдений пока еще очень мало. По большей части таяние происходит в течение нескольких суток, почти исключительно в 4—6 солнечных часов, и можно считать, что таяние продолжается от 2 до 6 дней в наиболее неблагоприятных условиях.

Проф. Спарро из большого числа наблюдений дает следующее определение количества максимального стока талых вод в секунду с водосборных площадей:

В 100 десятин	0,35 куб. каж.
„ 200 „	0,65 „ „
„ 300 „	0,90 „ „
„ 400 „	1,12 „ „
„ 500 „	1,30 „ „
„ 600 „	1,50 „ „
„ 700 „	1,68 „ „
„ 800 „	1,84 „ „
„ 900 „	1,98 „ „
„ 1000 „	2,10 „ „
„ 1100 „	2,20 „ „

В 1200 десятин	2,40 куб. каж.
„ 1300 „	2,60 „ „
„ 1400 „	2,80 „ „
„ 1500 „	3,00 „ „

Примечание 5.— Задача определения отверстия сводится к отысканию такого наименьшего расстояния между стенками, которое бы при заданной высоте отверстия обеспечивало пропуск наибольшего возможного для данного тальвега расхода воды. При этом скорость прохода воды через сооружение не должна достигать пределов, при которых возможно разрушение искусственного сооружения, и в то же время горизонт подпортой воды не должен подниматься настолько высоко, чтобы вода переливалась через гребень плотины. В этом случае мы имеем дело с явлением протекания воды через, так называемый, водослив с широким порогом (или с широкой стенкой). Весьма подходящею, проверенною на многочисленных гидротехнических сооружениях (в Курской, Орловской и др. губерниях), является формула Lebros

$$Q = 0,31bH\sqrt{2gH}$$

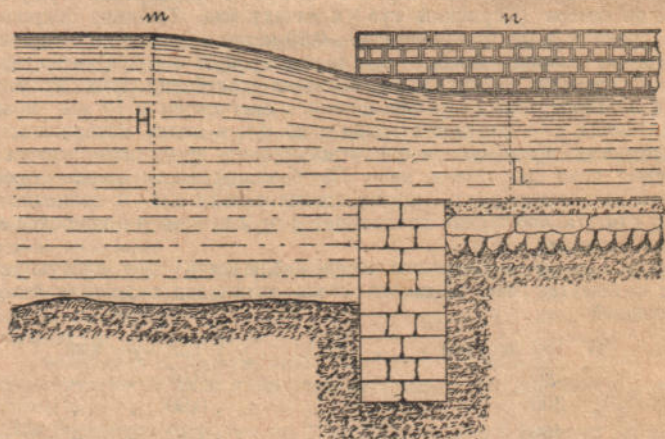
и что то же

$$Q = 1,4bH\sqrt{H} \quad (\text{формула Бахметьева}).$$

Принимают также формулу Костелля

$$Q = 0,35bH\sqrt{2gH}.$$

Во всех этих формулах Q —максимальный секундный расход, b —искомая ширина, H —напор (фиг. 356) на том расстоянии m , где вода идет по водохранилищу в полном его наборе вровень с уровнем плотины. Так как, входя в водослив, вода сожмется на высоту около $\frac{1}{3}$, то если стенку сделать



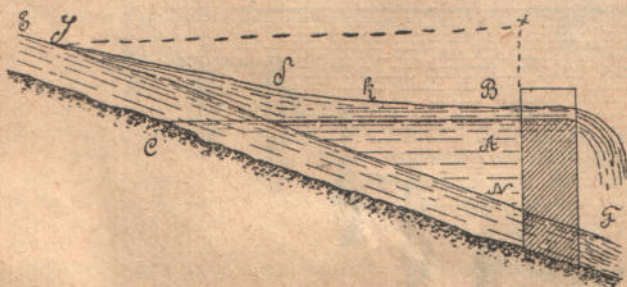
Фиг. 356.

высотой равной напора H , то вода пройдет слоем h и не поднимется до гребня плотины. Поэтому в вышеприведенной формуле H надо считать, как высоту стенок водослива, которую задаемся, в зависимости от ординара, напр., на 1 метр.

Профессор Спарро дает такое соотношение между площадью водосбора и шириною водослива:

Площадь водосбора в кв. верст.	Ширина водослива при глубине его 0,60 саж.
0,5	1,0
1	1,5
2	2,0
3	3,0
4	4,0
5	5,0
9	6,0
15	7,0

Примечание 6.— Эти определения проф. Е. Е. Скряжкова совершенно согласуются с следующим расчетом. Проф. Тимирязев считает, что „для получения одного пуда зерна мы должны доставить растению в круглых цифрах 1000 пудов воды“. Следовательно, для получения урожая в 100 п.



Фиг. 357.

зерна с десятины требуется около — 100000 пуд. воды, что составляет около 150 мм. осадков, но, принимая во внимание, что из всего количества годовых осадков используется растением не больше $\frac{1}{3}$ и даже $\frac{1}{4}$, что большинство зимних осадков в виде снега или непроизводительно сдувается в низины и стекает туда же во время оттепелей, нужно считать, что для получения урожая в 100 п. зерна необходимое количество годовых осадков должно быть не менее 500 мм. и то еще при благоприятном распределении по временам года как дождей, так и температуры. Это имеет особенное значение в периоде около 15 мая, когда растение находится в наиболее деятельном периоде вегетации и когда запасы зимней влаги уже истощены, в это время незначительность осадков и высокая температура имеют решающее значение для урожая.

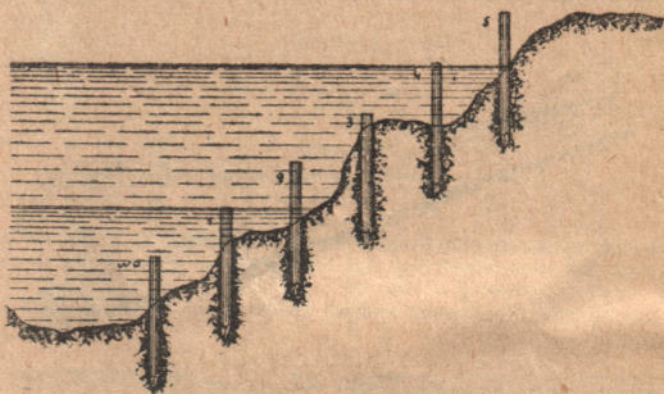
Примечание 7.— Плотины с водосливом, насыпь с заложенною в ней трубой, дамба с узким отверстием моста — все эти искусственные сооружения, препятствуя свободному движению воды в русле, вызывают искусственное повышение горизонта, называемое подпором. Разность уровней воды подпертой и прежней свободной называется высотой подпора, а расстояние от места наибольшего подпора (у насыпи) до той точки, где подпор равен нулю, называется длиной подпора или подпрудой. Как бы ни был мал расход воды через водослив, трубу или отверстие моста, все же поверхность воды у этих сооружений не может быть горизонтальной, потому что при горизонтальности уровня движения воды не происходит.

Представим себе, что свободное течение реки прервано плотиною *G* (фиг. 357). Пусть линия *EF* поверхность воды в реке при свободном течении

ее без запруды, пусть AC — линия горизонтальной поверхности, которая получилась бы, если бы течение в реке вдруг прекратилось, тогда линия BKS будет линией поверхности подпруды при продолжающемся течении после постановки плотины. Подпор, образующийся при этом, будет представлен величиною BN . Длина подпруды может быть определена следующим образом. Пусть уклон поверхности воды EN искусственного потока (до устройства плотины) будет i , высота подпора $BN = h$. Тогда кривая подпора распространится по дуге BSV , откуда $BS = SV = \frac{h}{c}$ и длина $BSV = \frac{2h}{i}$.

Вообще же поверхность подпора выражается вогнутой кривою высшего порядка, бесконечно приближающейся к поверхности EF , никогда однако с нею не сливающейся.

Взяв величину подпора BN и отложив ее от точки B до точки x , а затем проведя горизонтальную линию xu , можем сказать, что разность между точкою u и точкою E , где кончается подпруда, представляет такую



Фиг. 358.

ничтожную величину, что она не поддается никаким техническим определениям, и ею можно пренебречь.

На практике вопрос о длине подпруды имеет большое значение в юридическом отношении. При возникновении жалоб на затопление чужих земель плотиною, владелец последней обыкновенно указывает на гидростатическую длину подпора AC , тогда как затопление простирается на длину подпора гидравлическую, которая должна быть принята в 2 раза больше гидростатической.

Примечание 8.— Для определения колебаний уровня воды в реках устраиваются водомерные, иначе, гидрометрические посты.

Посты устраиваются в таких участках реки, где русло и берега не изменяются, где уровень воды по ширине реки горизонтален, где не обнаруживается нагон и сгон воды силою ветра. Пост не будет находиться в сфере влияния подпора там, где падение реки между постом и местом подпора по крайней мере в 2 раза больше высоты подпора. Если причиной подпора является перекат, то за подпор принимается 0,25 м. Если подпор образуют заколы, то подпором считается полная высота заколов. Все данные определяются нивелировкой. Производится двойная нивелировка поверхности воды вверх по течению не менее пятикратной ширины реки в выбранном пункте, а вниз до тех пор, пока отметка самой низкой точки дна в поперечном сечении не сделается больше, чем отметка уровня воды в створе поста. Урез воды определяется в нескольких стоянках инструмента. И вообще длина нивелирного хода должна быть такою, чтобы падение на крайних

точках уреза была не менее 0,05 метра. Горизонт воды должен быть закреплен репером. Надо избегать мест как с очень быстрым, так и с очень слабым течением. Наиболее подходящим является участок прямолинейный с симметричным корытообразным сечением, при этом впадение притоков должно быть не ближе от поста пятикратной ширины потока. Длинные, прямые и широкие участки реки, расположенные по направлению господствующих ветров, способствуют нагону и стону воды. На выбранном месте надо сделать несколько промеров русла в расстоянии между профилями не более ширины реки, чтобы выразить дно в горизонталях через 0,50 метра.

Простейший реечный пост устанавливается на реках, озерах и прудах с незначительным колебанием горизонта воды. Такой пост представляет собой рейку (футштук) с делениями, прочно укрепленную или на мостовом устое, или на отдельной свае. Нуль рейки должен быть помещен ниже самого низкого горизонта воды и связывается с ближайшим надежным репером.

Свайный водомерный пост. Если колебания горизонта воды значительны и берег пологий, то рейку пришлось бы делать очень длинную и ставить ее далеко от берега. В этом случае забивается ряд свай (фиг. 358) в одном створе по направлению от берега к середине реки так, чтобы нижняя свая была ниже самого низкого горизонта, а верхняя — выше самого высокого. Сваи разнятся между собою по высоте около 0,50 метра или менее, в зависимости от пологости откоса и с таким расчетом, чтобы горизонт воды мог быть определен рейкою по свае, а не нужно было бы ставить рейку между сваями. Высота свай делается от 0,20 до 0,40 метр. и в пределах ледохода сваи спливаются занозидно с землей.

Чем быстрее течение реки, тем сваи должны быть поставлены чаще, так как при быстром течении бывает трудно отыскать сваю под водой. Сверху сваи обиваются железом и в середине забивается корабельный гвоздь с круглою шляпкою, на которую ставится рейка, обитая снизу железом, и по звуку ее судят, когда подошва рейки станет на гвоздь. Надземная часть сваи окрашивается белою масляною краскою, а на торце черною краскою наносится № сваи. Забивать сваи надо ниже линии промерзания. Обыкновенно на них берут бревна в 22—27 см. толщиной, которые и забиваются комлями вниз. Заострение делается в мягком грунте на 3 грани, в твердом — на 4. Невдалеке ставится надежный (металлический или каменный) репер; иногда его делают потайным, зарытым в землю. Нуль водомерного поста считается на нулевой точке расхода, т. е. на уровне самой низкой точки дна, и реперная марка приводится к этой нулевой точке.

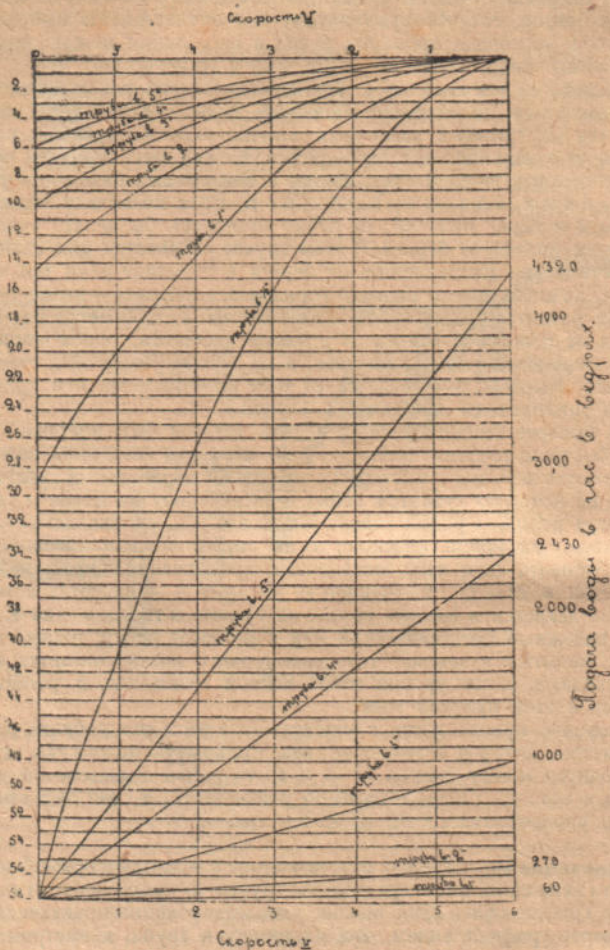
Измерение производится в определенные часы дня рейкою, разделенною на сантиметры, которая ставится на сваю, прикрытую водою; так, если уровень воды находится между сваями № 3 и 4, то рейка ставится на прикрытую сваю № 3, и если урез воды доходит по рейке до 13, а свая № 3 стоит на 0,90 от дна, то уровень будет 0,90 13 1,03 метра.

Примечание 10. — Так как потеря напора находится в прямой зависимости от скорости движения, диаметра и длины трубы, то комбинации этих элементов сведены в график (фиг. 359), вполне удовлетворяющий практическим целям.

Из этого графика видим, что, например, в трубе, диаметром в 1 дюйм, потеря напора увеличивается чрезвычайно быстро с увеличением скорости, и, чтобы вода из резервуара поступала к данному месту со скоростью 6 футов на протяжении 100 футов, надо резервуар поставить выше этого места на 29 фут., а если труба будет иметь изгибы и сужения, то потеря напора будет еще большею.

Решим такую задачу: какую трубу надо поставить к чану, из которого вода вытекает со скоростью 4 футов, чтобы эту воду провести к крану, находящемуся в 200 футов от резервуара, при чем кран помещается на 20 фут. ниже резервуара. Итак, у нас имеется 20 фут. напора при длине трубы в 200 фут., след., на 100 фут. приходится 10 фут. напора. По графику отыскиваем пересечение двух линий: слева берем горизонтальную от цифры 10, а сверху вертикальную от цифры 4 (скорость); видим, что точка пересечения приходится между кривыми в 2" и 1" и как раз посредине между ними,

следовательно, для взятого нами случая самую подходящую была бы труба в 1 1/2". Но, принимая во внимание разные препятствия, лучше взять трубу с запасом, т. е. большего диаметра, именно в 2 дюйма, которая на 100 фут., при скорости в 4 фута, требует напора около 7 фут., т. е. меньшего, чем у нас имеется. Чтобы узнать, сколько воды будет вытекать через эту трубу,



Фиг. 359.

отыскиваем на нижнем графике цифру 4 (скорость) и берем точку встречи вертикальной линии, идущей от этой цифры вверх, с наклонной прямой, помеченной надписью „труба в 2 дюйма“. От точки пересечения проведем горизонтальную линию вправо, последняя встретит правый край графика в точке, приблизительно, около 200; это значит, что из крана будет вытекать около 200 ведер в час.

Решим более общую задачу: требуется доставлять в огород струю воды мощностью 900 ведер в час, при чем здание для напорного резервуара находится в 200 фут. от огорода. Отыскиваем на правом краю графика цифру 900. Проследим, линии каких диаметров пересечет идущая от этой цифры гори-

горизонтальная прямая. Находим трубы в 3", 4", 5". Выбираем, как самую дешевую, самую меньшую трубу — в 3". Находим скорость этой трубы для расхода в 900 ведер. От точки пересечения горизонтальной линии от 900 с наклонной для 3" опустим вертикальную к нижнему краю графика. Получаем около 5 1/4 фут. Обращаемся теперь к верхнему краю графика и отыскиваем точку, соответствующую скорости 5 1/4 на трубе в 3"; от нее ведем горизонтальную линию влево и на краю графика находим 8 фут. потери напора на 100 фут. Так как по нашему заданию труба имеет длину 200 фут., то потеря напора на все протяжении будет $8 \times 2 = 16$ фут. Но чтобы из дна резервуара вода все время вытекала с одною скоростью (5 1/4 ф.), надо, чтобы уровень воды находился тоже на 8 фут. (что следует из того же графика), следовательно, дно резервуара должно быть выше огорода на $16 + 8 = 24$ фута. Принимая же во внимание разные обстоятельства, отброшенные нами при расчете, для упрощения, надо увеличить потерю напора процентов на 20 и, следовательно, поставить резервуар на высоту до 30 фут. над огородом. При такой высоте трубы испытывают сильное давление, и самое поднятие на 30 фут. потребует больших расходов, поэтому приходится увеличить диаметр трубы, и, напр., для трубы в 4" резервуар придется поднимать всего на 7 фут.

Тот же график дает возможность судить, насколько увеличится скорость и, следовательно, расход трубы при известном увеличении уклона; так, труба в 1" при уклоне 4 на 100 = 0,04 обладает скоростью около 2 фут., при уклоне же 14 на 100 = 0,14, скорость в ней около 4 фут. Необходимо заметить, что данные для графика взяты вдвое более теоретических, определенных Вейсбахом, потому что график предполагает применение его не к новым, а к старым трубам. В графике напор и скорость выражены в футах, количество воды в ведрах.

Примечание 11. — Формула затопленного водослива такова:

$$Q = bV\sqrt{2g(H+K)} (\mu_1 H + \mu_2 h),$$

где Q — расход; b — ширина отверстия; H — водяной порог, т. е. разница между уровнем воды выше и ниже плотины; K — скоростной напор, равный $\frac{v^2}{2g}$, где v — скорость воды, притекающей по балке (до постройки плотины), определяемой по формуле Шези $v = cV\sqrt{R}$; далее μ_1, μ_2 — коэффициенты расхода, принимаемые равными 0,85 каждый; g — ускорение силы тяжести = 9,81 м.; h — слой воды, протекающей по тальвегу (до постройки плотины). При чем, так как по принципу Борда $H = \frac{v_0^2 - v^2}{2g}$, где v_0 — скорость воды, протекающей через сооружение, то H нельзя выбирать очень большим, чтобы v было не больше 3 м. для деревянных водоспусков и не больше 4,5 метров — для каменных и бетонных.

Придерживаясь последнего требования, получаем H меньше единицы, и, таким образом, эта формула для расчета водоспусков неприменима. Что касается формулы Костэли $Q = 0,35 b H V \sqrt{2gH}$, то она дает преуменьшение размеров отверстия по сравнению с формулой Lebras, которой в видах осторожности и следует руководствоваться при расчете такого ответственного сооружения, как водоспуск.

Примечание 12. — Проф. А. Д. Дубах дает такую формулу для расчета осушительных каналов в Западной области:

$$q = \frac{3,08}{3,15 \sqrt{F}} \dots (A),$$

где F площадь водосбора в десятинах, q — расчетный сток с десятины в секундолитрах.

Эта же формула для определения расхода в секундолитрах с гектара:

$$q = \frac{3,08}{\sqrt[3]{F}} \dots (B).$$

Чтобы распространить эту формулу на водосборы иного характера, чем в Полесье, в других районах СССР, надо изменить значение коэффициента в числителе ($3,08 = \alpha$).

Этот коэффициент определяется, как

$$\alpha = S \frac{H}{T},$$

где H —среднее за много лет из наибольших месячных осадков, T —число дней, в течение которого считается необходимым отвести это количество осадков и обыкновенно принимаемое, в 30, а S —коэффициент пропорциональности, равной 0,79 (подробности выводов см. статью проф. А. Д. Дубаха „О расчетной норме стока для осушительных каналов“ в журнале „Материалы Запомо“, выпуск 3-й, 1924 г.).

Так, для Петровско-Разумовского (близ Москвы), где за 32 года наблюдений среднее из наибольших месячных осадков вычисляется в 105 мм., формула (A) принимает вид

$$q = 0,79 \frac{105}{30} \cdot \frac{1}{\sqrt[3,15]{F}} = \frac{2,77}{\sqrt[3,15]{F}}.$$

Примечание 13.

Т А Б Л И Ц А

элементов канала с площадью сечения $\omega = 1$

(Инженер Васильев—„Графические таблицы для расчета каналов“, стр.9)

ОТКОСЫ	Глубина	Ш и р и н а		Подводн. периметр	Гидра- влический радиус
		По дну	Поверху		
Нулевой 1:0 . .	0,707	1,414	1,414	2,828	0,354
1:1/4 . .	0,742	1,159	1,530		0,371
1:1/2 . .	0,759	0,940	1,699	2,634	0,380
1:1 . .	0,740	0,613	2,093	2,704	0,370
1:1 1/2 . .	0,689	0,417	2,484	2,900	0,345
1:2 . .	0,636	0,301	2,845	3,144	0,318

Так как цифры этой таблицы даны для сечения площадью в 1, то, чтобы получить элементы для всякой другой площади ω , надо эти числа умножить на $\sqrt{\omega}$; так, если $\omega = 4$ кв. м., тогда $\sqrt{\omega} = 2$, и глубина канала для такой площади с полуторными откосами будет $0,689 \times 2 = 1,378$ м., а ширина по дну $0,417 \times 2 = 0,834$ м.

Источники, послужившие руководством при составлении книги

1. Апельрот — Гидравлика.
2. Астафьев — Домовые водопроводы и водостоки.
3. Бернулли — Спутник механика.
4. Берш — Руководство по культуре болот.
5. Борткевич — Простейший способ укрепления оврагов.
6. Быстрижинский — Устройство каменных колодезев.
7. Воейков — Человек и вода.
8. Войслав — Исследование грунта.
9. Галецкий — Артезианские колодцы.
10. Гамани — Гидравлика.
11. Глушков — Руководство к бурению скважин.
12. Голов — Двигатели.
13. Горячкин — Насосы.
14. Гуржеев — Прикладная механика.
15. Hütte — Справочная книга.
16. Дингельштедт — Сельско-хозяйственная гидравлика.
17. Дубах — О расчетной норме стока для осушительных каналов.
18. Ежегодники Отдела Земельных изъятий.
19. Жданский — Очерк работ по орошению на юге России и Кавказе.
20. Жданский — Очерк гидротехнических работ в районе Сибирской железной дороги.
21. Житомирский — Абиссинские и трубные колодцы.
22. Иванчин-Писарев — Как находить воду и устраивать колодцы.
23. Инструкции Отдела Земельных изъятий.
24. Иери — Овраги.
25. Клеенков — Об орошении полей снеговой водою.
26. Костяев — Борьба с оврагами.
27. Костяев — Материалы по изучению гидромодуля.
28. Котельников — Курс практической механики.
29. Кугушев — Курс гидротехники, читанный студентам Новоалександрийского института.
30. Ланге — Диаграммы для расчета каналов.
31. Ланге — Искусственное орошение виноградников.
32. Ланге — Проект орошения в имени Кенига.
33. Люгер — Водоснабжение городов.
34. Максимов — Техническая организация общественных работ.
35. Масальский — Овраги.
36. Муринов — Выводы из работ Костычевской опытной станции.
37. Неелов — Устройство плотин.
38. Николай — Мосты.
39. Новгородский — Колодцы.
40. Оппоков и Усов — Осушение.
41. Оппоков — Статьи и монографии в технической энциклопедии.
42. Остафьев — Осушение и культура болот.
43. Очерк оросительного дела в России.
44. Пиотровский — Болота и их культура.
45. Подарев — Инженерное искусство. Лекции, читанные на инженерном отделении Московского с.-х. института.
46. Попенгут — Колодцы.
47. Попов — Дренаж.
48. Правдзик — Курс водоснабжения.
49. Пржепиорский — Очерк орошения садов.
50. Пржемыцкий — Гидротехнические работы Курской губернии.
51. Пржемыцкий — Колодцы.
52. Рабцевич — Укрепление действующих оврагов.
53. Раунер — Искусственное орошение земельных угодий.
54. Рихтер — Карангатский искусственный источник.
55. Розен — Руководство по устройству и содержанию земских дорог.
56. Ростовцев — Утилизация малых падений воды.
57. Рошефор — Урочное положение.
58. Рудинский — Курс ирригации.
59. Рузский — Гидравлика.
60. Рухлов — Водное хозяйство в России.
61. Рытель — Приспособления для подьема воды.
62. Скорняков — Орошение и колонизация Северной Америки.
63. Скорняков — Орошение садов.
64. Скорняков — Орошение сада и огорода.
65. Соловьев — Разработка торфа.
66. Спарро — Обетоне и его применении.
67. Спарро — Атлас чертежей водосливов и водоспусков.
68. Спарро — Пособие для сельского водоснабжения.
69. Спарро и Дубах — Осушение болот.
70. Справочная книга русского сельского хозяина под редакцией Котельникова.

71. Сыромятников—Продольные и поперечные профили земляных оросительных каналов.
 72. Гарловский—Нормы стока для расчета прудовых водосливов.
 73. Тиме—Курс гидравлики.
 74. Тихонов—Укрепление оврагов.
 75. Трёмбовельский—Таран.
 76. Груды 1-го и 2-го съездов инженер-гидротехников.
 77. Тухолка—Руководство для составления и выполнения проектов дренажа.
 78. Усов—Культура болот.
 79. Фишер—Плотины в сельском хозяйстве.
 80. Флинн—Движение воды в оросительных каналах.
 81. Флинн—Ирригационные каналы.
 82. Хедер—Насосы и компрессоры.
 83. Цимбаленко—Кяризи Закаспийской области.
 84. Чернопяттов—Руководство к орошению.
 85. Шабыгин—Таблицы для упрощения и облегчения гидравлических расчетов.
 86. Шарпантье-де-Косиньи—Земледельческая гидравлика.
 87. Шпетле, перевод Дубаха—Осушение почвы подземным дренажем.
 88. Штукенберг—Производство изысканий.
 89. Янковский—О работах общественных и увлажнительных.
 90. Friedrich — Kulturtechnicher Wasserbau.
 91. Vogler — Gründlehner der Kulturtechnik.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие к третьему изданию	3
Введение	5
ГЛАВА I. Перемещение воды	7
1. Канавы	7
2. Трубы	27
ГЛАВА II. Обводнение	44
1. Источники водоснабжения	44
2. Каптаж ключевой воды	56
3. Колодцы	60
4. Водоохранилища	104
ГЛАВА III. Орошение	158
1. Лиманное орошение	162
2. Правильное орошение	165
3. Применение орошения в различных культурах	195
4. Увлажнение почвы	205
5. Кяризы	207
ГЛАВА IV. Осушение	210
1. Заболачивание почвы	210
2. Осушение открытыми канавами	215
3. Осушение закрытыми канавами (дренаж)	230
4. Вертикальный дренаж	245
5. Обвалование земель	247
6. Регулирование речек	248
ГЛАВА V. Укрепление оврагов	255
1. Задержание воды на пути к оврагу	258
2. Укрепление вершины оврага	261
3. Укрепление дна	283
4. Укрепление скатов	287
ГЛАВА VI. Вододействие	291
1. Гидравлические колеса	292
2. Турбины	299
3. Водоподъемные машины	302
Приложение—Примеры расчетов каналов	342
Примечания	344
Источники, послужившие руководством при составлении книги	361

150



