

проф. Г.А. КОЗЛОВ

КУРС
ВНУТРЕННИХ
ВОДНЫХ ПУТЕЙ

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ТИПЫ ПЛОТИН. ЗАТВОРЫ

ОГИЗ-ГОСТРАНСИЗДАТ - 1934

а 49091

Г. А. КОЗЛОВ

63865

Профессор Московского института инженеров транспорта им. Сталина



а $\frac{6}{52/102}$

КУРС ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

ТОМ ВТОРОЙ
ИСКУССТВЕННЫЕ ВОДНЫЕ ПУТИ

ЧАСТЬ ВТОРАЯ
ТИПЫ ПЛОТИН, ЗАТВОРЫ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

УТВЕРЖДЕНО НАРОДНЫМ КОМИССАРИАТОМ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

1303007
19091

19  34

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА



Курс внутренних водных путей. Том II, часть 2-я трактует плотины, применяемые на внутренних водных путях, в частности затворы плотин. Книга дает как описание конструкций, так и основания расчетов главнейших типов затворов, а также материал для выбора их наиболее целесообразного типа. Книга предназначена служить в качестве пособия для изучения и для составления проектов плотин студентами высших технических учебных заведений, а также в качестве пособия для проектирования плотин инженерами, занятыми реконструкцией и освоением водных путей.

1966 г.

Отдел первый

ТИПЫ ПЛОТИН

ГЛАВА I

ТИПЫ ПЛОТИН И ИХ СОСТАВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

§ 1. Типы плотин

Плотины представляют собой наиболее старые искусственные водные сооружения, известные еще задолго до начала нашей эры.

История определяет давность простейших типов плотин многими столетиями, например в Индии, Средней Азии и в Китае многие плотины были построены более 2000 лет тому назад, причем некоторые из них сохранились и до настоящего времени.

В различных отраслях водопользования плотины находятся в различных стадиях их развития, что зависит, главным образом, от развития той или иной отрасли. В частности плотины, применяемые для внутренних водных путей, отличаются от применяемых для других отраслей водопользования наличием всесторонне изученных типов. Это объясняется тем, что водопользование в транспортных целях принадлежит к наиболее старым и успело накопить достаточно строительного и эксплуатационного опыта.

Существующие типы плотин классифицируют либо в зависимости от рода материала, из которого они построены, либо в зависимости от срока службы плотин, либо в зависимости от характера их работы во время поддержания подпора и во время пропуска в нижний бьеф накопленной перед ними воды.

По роду материала, применяемого для постройки, их разделяют на плотины из:

а) простейших материалов (плетней, фашии, деревьев и т. п.), б) разного рода земель, в) дерева, г) камня (из наброски и из кладки), д) бетона, е) железобетона, ж) металла, з) различных материалов (смешанной конструкции).

Эти типы в свою очередь разделяют на ряд разновидностей, о которых будет сказано в III части курса.

По продолжительности службы плотин их разделяют на:

а) временные и б) долговременные.

Первые делают преимущественно из простейших материалов (из разного рода земель, из дерева, реже из камня); вторые делают чаще всего из каменной и бетонной кладки, из железобетона, из металла, а также из различных земель, каменной наброски, реже из дерева.

По характеру работы во время поддержания подпора воды и во время ее пропуска плотины можно подразделить на:

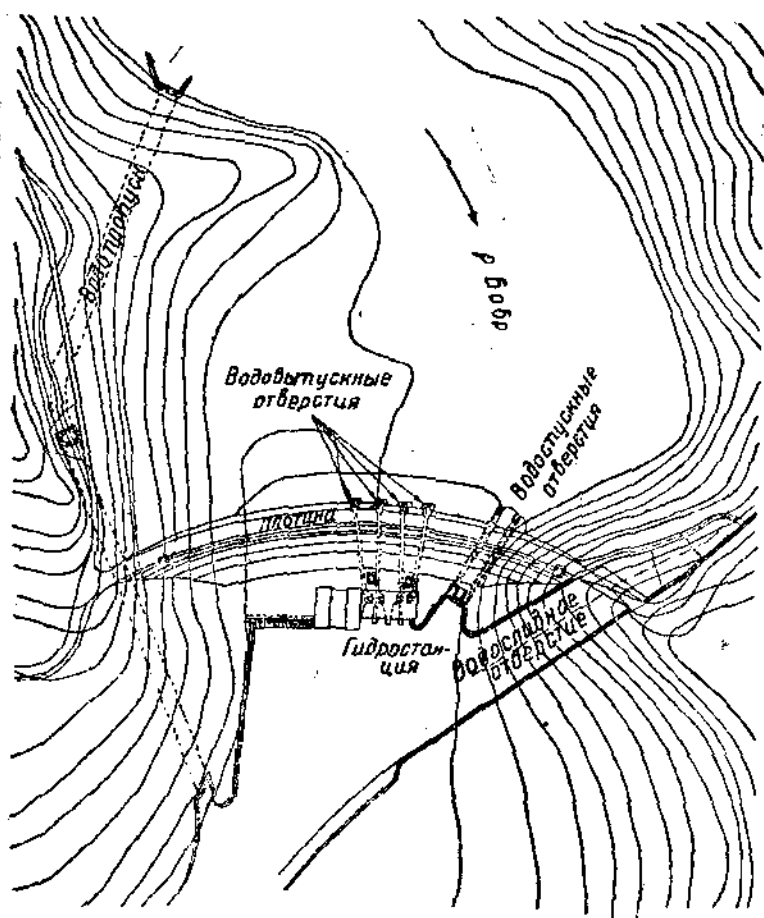
а) водоспускные, называемые также разборчатыми,
б) водоподъемные,
в) водосливные,
г) вододержательные, называемые иногда глухими.

Такое подразделение отличается некоторой условностью, так как каждый из четырех типов, а не только типы б и г, служит как для подъема воды, так и для ее удержания. Что же касается пропуска воды в нижний бьеф, то не только плотины типов а и в, но и плотины типов б и г являются в этом отношении достаточно приспособленными.

Все эти типы делают долговременными; временными же чаще тип в и реже прочие.

§ 2. Отверстия в плотинах и возле них

Большинство плотин во время их постройки и при эксплуатации преграждает пропуск в нижний бьеф не только воды, но также льда, наносов и плавающих предметов. Вследствие этого, если в плотинах или возле них не было бы особых устройств, предназначенных для пропуска воды, льда и проч., во время постройки плотин мог бы встретиться ряд затруднений, которые отразились бы неблагоприятно на их стоимости и на сроке их окончания, а во время эксплуатации плотины вода могла бы подняться выше горизонтов, намеченных проектом, вследствие чего могли бы возникнуть давления на плотины, опасные для их целостности, а в бьефах, образуемых плотинами, образоваться недопустимые затопления земель.



Фиг. 1.

Если затопления окажутся незначительными, то целостность плотин могла бы быть обеспечена посредством увеличения размеров плотин, но такое увеличение повышает стоимость плотин и удлиняет срок их постройки. Если же затопления не могут быть допущены вообще, то должна быть снижена высота плотин и следовательно отметки подпорных горизонтов, в результате чего могут уменьшиться длина, глубины и полезные объемы верхних бьефов.

Всего этого можно избежать устройством в плотинах или возле них особых отверстий (фиг. 1—плотина у Мауэра на р. Бобре в Германии), через которые как во время постройки плотин, так во время их эксплуатации можно пропускать воду, лед, наносы и проч.

Эти отверстия после пропуска, во избежание понижения подпорных горизонтов и уменьшения количеств воды в бьефах, закрывают особыми приспособ-

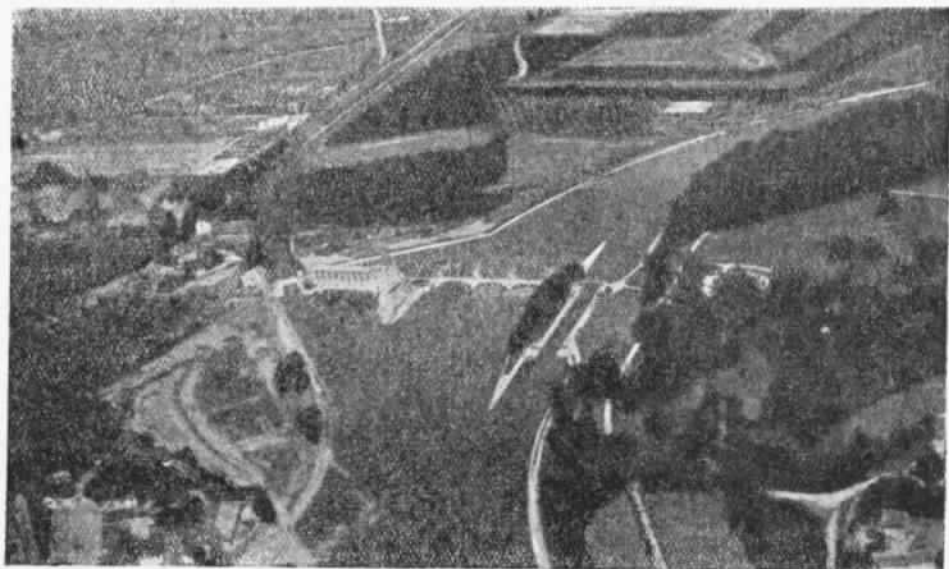
лениями, называемыми затворами или щитами, которые открывают каждый раз, когда появляется надобность в указанном выше пропуске.

Отверстия в плотинах или возле них, в зависимости от их назначения, разделяют на:

- 1) водопропуски,
- 2) водосливы,
- 3) водоспуски,
- 4) водовыпуски.

Водопропуски устраивают для пропуска жидкого и твердого расходов во время сооружения самой плотины. После окончания сооружения последней их либо заделывают, либо оставляют для периодических выпусков воды и наносов из верхнего бьефа во время эксплуатации плотины.

Водосливы, иногда называемые водосбросами, устраивают для удаления из верхнего бьефа излишней воды, льда и плавающих тел. Их располагают в большинстве случаев таким образом, что они могут забирать воду непосредственно с поверхности верхнего бьефа, т. е. верхние слои воды и реже—более низкие. В зависимости от назначения и высотного положения водосливов они могут быть закрываемы затворами.



Фиг. 2.

Водоспуски устраивают главным образом для выпуска нижних слоев воды верхнего бьефа. Ими пользуются большей частью для полного опорожнения верхнего бьефа, например в тех случаях, когда требуется осмотреть или отремонтировать плотину или сооружения, построенные в верхнем бьефе, а также когда приходится выпускать скопившиеся перед плотинной наносы; водоспуски, устраиваемые только для последней цели, называют промывными.

Водоспуски устраивают также вместо водосливов для удаления излишней воды (плотины на р. Ниле в Египте) или в помощь к имеющимся при плотинах водосливам, в тех случаях, когда последним нельзя дать достаточную пропускную способность. Водоспуски располагают в наиболее пониженных местах плотин и закрывают затворами. Иногда ими пользуются так же как водозаборными отверстиями (водовыпусками).

Водовыпуски устраивают для отвода воды к месту ее потребления. Их называют обычно водозаборными или захватными сооружениями; ими пользуются иногда как водосливами или как водоспусками, и в большинстве случаев закрывают затворами.

Названия этих сооружений отличаются некоторой условностью, и в водной технической литературе зачастую названия одного какого-либо из этих соору

жений обозначают двумя и даже тремя терминами. Чтобы внести в дальнейшее изложение необходимую определенность, мы остановились на указанных выше терминах, имеющих наиболее частое применение и наиболее подходящих.

К отверстиям, которыми иногда можно пользоваться для пропуска воды и через некоторые из них в исключительных случаях даже льда, наносов и плавающих предметов, можно отнести устраиваемые возле плотин и реже в теле плотин сооружения, использующие воду в полезных целях непосредственно.

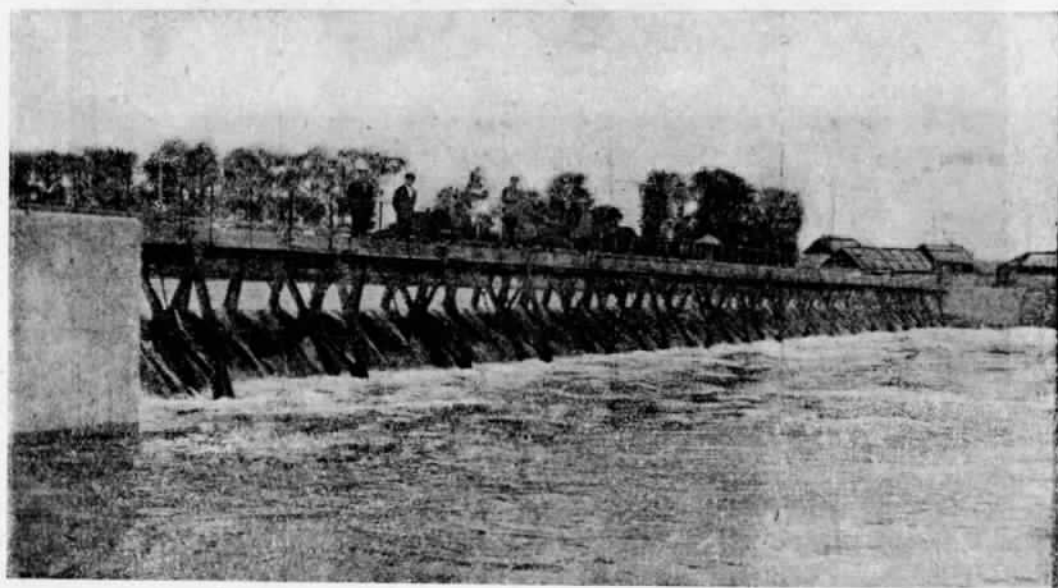
К ним относятся сооружения, служащие для пропуска плавающего подвижного состава и гидростанции (фиг. 2—плотина у Нимбурка на р. Эльбе).

К сооружениям для пропуска плавающего подвижного состава, помимо сооружений, описанных в первой части курса, относятся еще сооружения, служащие для пропуска леса и называемые лесоспусками или бревноспусками, плотоходами или плотоходными лотками. К ним же в отношении выпуска из верхнего бьефа воды можно отнести сооружения, служащие для пропуска рыбы, называемые рыбопропусками, в частности рыбоходами или рыбными шлюзами.

Если эти сооружения, а также и указанные выше отверстия устроены возле плотин, то они совместно осуществляют заграждение верхнего бьефа или, как говорят, входят в состав барража верхнего бьефа.

§ 3. Основные элементы плотин различных типов

Из указанных выше типов плотин наибольшей простотой в отношении схемы устройства различных отверстий отличаются плотины водоспускные (фиг. 3—новая плотина у с. Фаустово на р. Москве).



Фиг. 3.

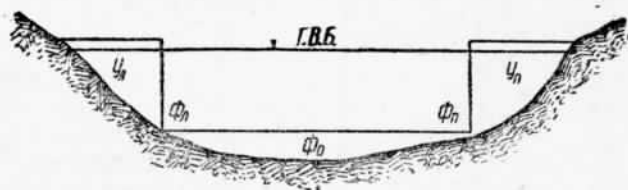
Их образуют: а) из затворов, устанавливаемых на тот срок, когда требуется поддерживать подпор и удаляемых для пропуска воды, льда, наносов и плавающих предметов, и б) из частей, связывающих затворы с руслом водотока и с берегами и называемых постоянными.

Затворы, устанавливаемые и удаляемые периодически, называют разборчатыми заграждениями, почему и самые плотины, как было отмечено на стр. 3, называют также разборчатыми.

В простейшем виде постоянным частям их дают в фасаде очертания, показанные на фиг. 4. Массивы Y_a и Y_n , связывающие разборчатые части с берегами, называют устоями, а часть $\Phi_a \Phi_n$, расположенную между устоями—флютбетом, причем наиболее повышенную часть ее, $\Phi_a \Phi_n$, называют порогом.

Порог обычно закладывают на возможно низком уровне, в зависимости от условий местности; таким может быть уровень дна реки. В этом случае плотина, будучи открыта, не уменьшает глубины воды реки в том месте, где она построена.

Затворы плотин устраивают таким образом, чтобы в зависимости от режима воды в верхнем бьефе они могли быть легко установлены или удалены. По степени удовлетворения этому требованию они отличаются большим или меньшим совершенством и сложностью конструкции.



Фиг. 4.

Все затворы имеют однако ограниченные размеры в высоту (в наиболее высоких не выше 16 м), а многие из них ограничены и в ширину (считая ее по длине плотины). Последнее обстоятельство заставляет устраивать для упора некоторых типов затворов промежуточные опоры между устоями, называемые быками (фиг. 5—плотина у Подебраде на р. Эльбе).

Постоянные части водоспускных плотин, как-то: устои, быки и флютбеты, делают из дерева, каменной и бетонной кладки, железобетона и наконец смешанного типа—из двух и даже из трех названных материалов.

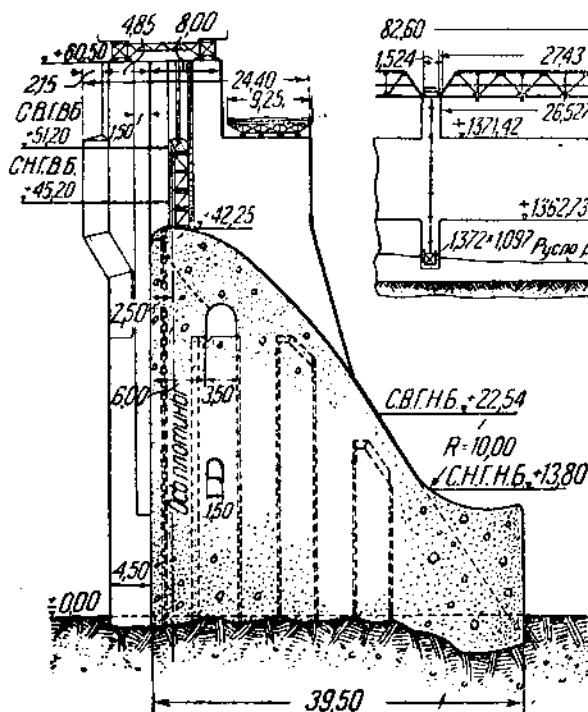


Фиг. 5.

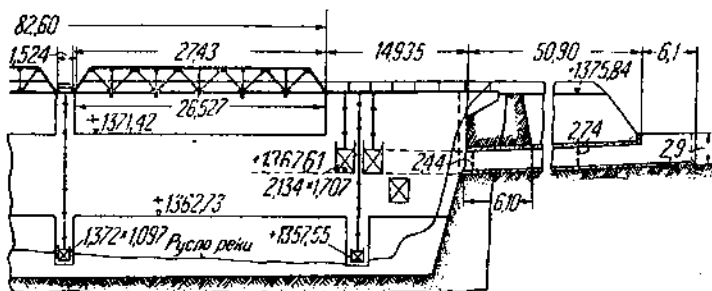
Флютбетам плотин дают в поперечном разрезе большей частью горизонтальные или близкие к горизонтальным очертания, а иногда с небольшими изломами.

Воду, лед, наносы и плавающие предметы во время постройки плотины пропускают через готовые части отверстий, а во время эксплуатации—посредством маневрирования затворами, поэтому возле них ни водопропусков, ни водоспусков, ни водосливов (если они устроены без сочетаний с другими типами плотин) не делают, водовыпуски же устраивают обычно около плотин или в стороне от них.

Примером водоспускных плотин могут служить наши плотины на р. р. Москве (фиг. 3), Оке, Шексне и Северном Донце, обслуживающие только транспорт. Плотины, служащие кроме транспорта и для использования водной энер-



Фиг. 6.

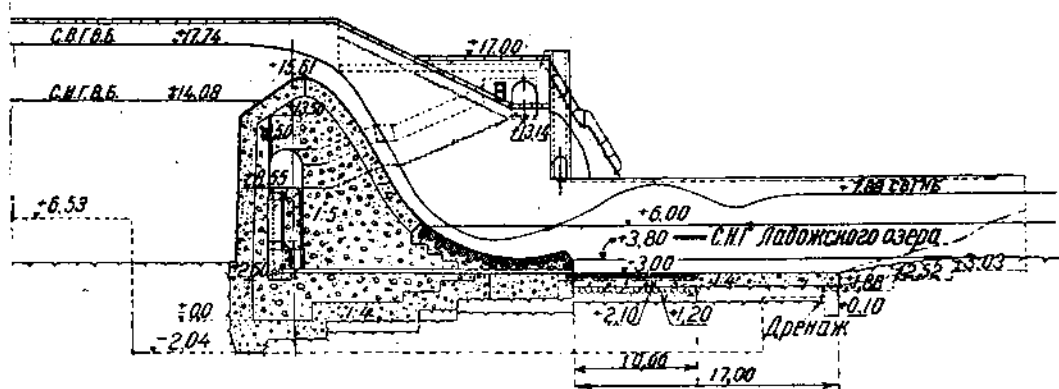


Фиг. 7.

гии, показаны на фиг. 2 и 5.

Водоподъемный тип плотины применяют в тех случаях, когда высоту затворов хотят иметь возможно меньшей, или когда высота, на которую приходится поднимать воду в верхнем бьефе, считая от порога флютбета, превосходит высоту наиболее подходящих в данных условиях типов затворов. Этот тип применяют тогда, когда подпор на плотине может или должен существовать во все время ее существования.

Порог флютбетов водоподъемных плотин закладывают выше, чем порог водоспускных, однако ниже заданного подпорного горизонта и не выше того горизонта, подъем воды до которого во время пропуска через плотину воды вызывает чрезмерные давления на плотину или недопустимые затопления в верхнем бьефе.



Фиг. 8.

В зависимости от расположения порогов водоподъемные плотины можно разделить на две разновидности: первая с низко расположенными порогами и вторая — с высоко расположенными. Пороги плотин второй разновидности называют в таком случае гребнями.

В фасаде отверстий плотин этого типа подобно отверстиям водоспускных плотин дают большей частью прямоугольные очертания.

Постоянные части их делают преимущественно долговременных типов из тех же материалов, как и постоянные части водоспускных плотин.

Флютбетам их, если они устроены с высокими порогами, дают в поперечном разрезе очертания, показанные например на фиг. 6 (плотина Днепровской гидроэлектростанции).

В этих плотинах или около них могут быть устроены все типы указанных на стр. 5 отверстий, кроме водосливов, и притом в плотинах первой разновидности устраивают преимущественно в стороне от плотин, а в плотинах второй—как в стороне, так и в самих плотинах (фиг. 7—Уиллудская плотина на р. Шошонь в Вайоминге США).

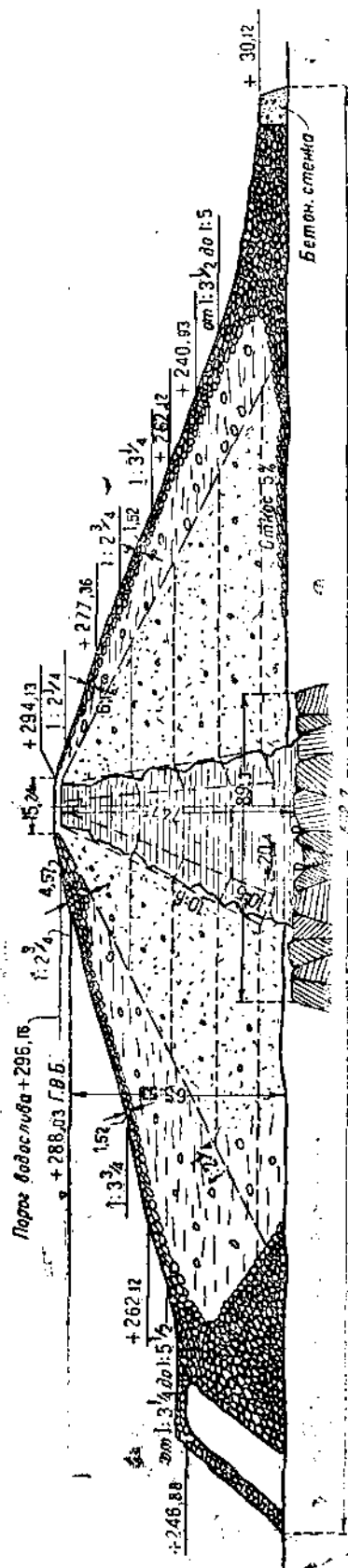
Нередко при условии соблюдения тех же требований, которые предъявляют к водоподъемным плотинам в отношении пропуска воды, льда, наносов и плавающих тел, устройство затворов для получения необходимого подпора является излишним, так как отсутствие их во время пропуска высоких вод не вызывает ни чрезмерного увеличения размеров плотины, ни недопустимых затоплений. Тогда плотины делают третьего типа (фиг. 8—плотина Волховской гидроэлектростанции до устройства на ней затворов). Пропуск через плотины этого типа воды, льда и плавающих предметов производят так же, как и через водоподъемные плотины, т. е. через порог или гребень, как через водослив, отсюда плотины этого типа называют водосливными.

Вследствие отсутствия затворов—устоев и быков, как правило, не делают, за исключением случаев, когда необходимо устраивать мостовой переход через плотину. Устои же делают в местах сопряжения с плотинами иных типов и реже для сопряжения с берегами; тогда их устраивают аналогично устоям водоспускных и водоподъемных плотин.

Плотины простейших конструкций делают из хвороста, плетней, fascin, из стволов деревьев с земляными загрузками и даже из соломы с навозом, а прочих—из дерева, камня, каменной и бетонной кладки и наконец из железобетона.

Очертания в поперечном разрезе сливных частей плотин этого типа делают аналогичными с очертаниями постоянных частей водоподъемных плотин, построенных из таких же материалов.

Из отверстий, устраиваемых в плотинах или возле них, для водосливных плотин применяют водопропуски, водоспуски и водовыпуски, последние располагают обычно в стороне от плотин, но водопропуски и водоспуски устраивают как в стороне от плотин, так и в самих плотинах.



Фиг. 9.

Плотины первого типа — водоудержательные — применяют в тех случаях, когда количество воды, подлежащей удалению, таково, что она может быть пропущена через отверстия, устроенные в самой плотине или возле нее. Их применяют в тех случаях, когда приходится поднимать воду на весьма значительную высоту.



Фиг. 10.

Образуют их обычно из загораживающей водоток сплошной стены, называемой телом плотины, и делают большей частью из различных земель, камня, каменной и бетонной кладки, железобетона, — реже из нескольких материалов и еще реже из металла.

Верх этих плотин, называемый также гребнем, обычно используют для устройства на нем дороги.

Примером водоудержательных плотин могут служить: 1) показанная на фиг. 9 в поперечном разрезе самая высокая в мире земляная плотина Коббль Моутен, у Спрингфильда на р. Литтл в Массачусете США, и 2) каменная плотина у Асуана на р. Ниле в Египте, показанная на фиг. 10 со стороны нижнего бьефа.

В водоудержательных плотинах или возле них устраивают в большинстве случаев все четыре вида отверстий, причем некоторым из них, как например водосливам и водовыпускам, дают зачастую очертания и конструкцию, аналогичные описанным на стр. 6—9 типам плотин.

При сооружении барража, нередко оказывается необходимым применить не один какой-либо из описанных типов плотин, но два и даже три, а в исключительных случаях и все четыре. Аналогией этого устройства могут служить водоудержательные плотины, которые, как было сказано в предыдущем абзаце, могут иметь некоторые отверстия, устраиваемые по типам плотин, описанных на стр. 6—9.

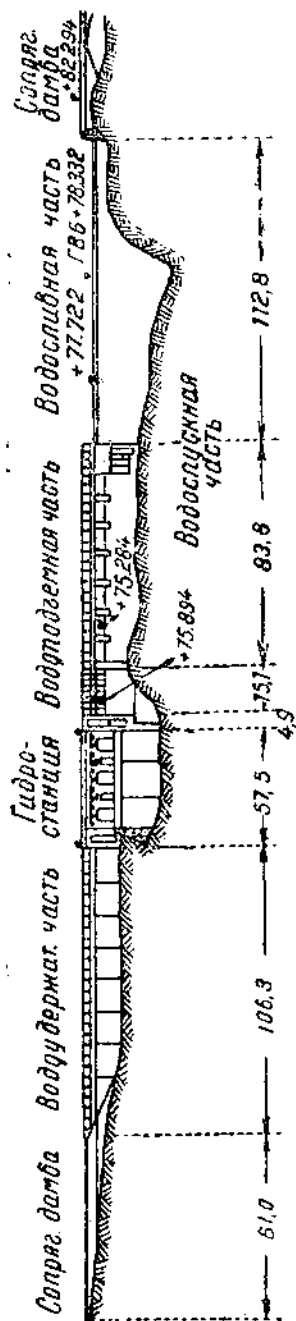
Примером барража, имеющего в своем составе все четыре типа плотин, может служить загораживание реки Андроскоджин выше г. Льюнстона в Мэне, США (фиг. 11), состоящее последовательно от правого берега к левому: из земляной дамбы (водоудержательной), из бетонной части (водосливной), из промывной (водоспускной), из бетонной (водоподъемной) и, наконец, из бетонной и земляной (водоудержательных).

§ 4. Главнейшие факторы, определяющие состав сооружений барража, размеры сооружений и их устройство

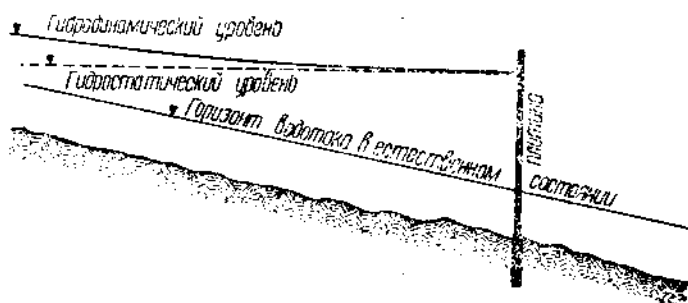
Состав, формы и размеры барража прежде всего определяются теми требованиями, которые предъявляют к нему для наилучшего удовлетворения водохозяйственных потребностей. Последние будут удовлетворены наиболее полным и экономичным образом в том случае, когда при надлежащем выборе места расположения барража получится водохранилище надлежащих размеров и способное дать наивысший водохозяйственный эффект и когда стоимость постройки и эксплуатации как барража, так и водохранилища, а следовательно и стоимость получаемой продукции будет возможно меньшей.

Основным фактором, влияющим на состав сооружений, на их размеры и устройство, а также на способы их постройки, являются гидрологические элементы вод, подпираемых барражом, как-то: величина жидкого и твердого расходов, подлежащих пропуску через барраж, состав воды, наличие в ней химических соединений и микроорганизмов, ее тепловой режим, характер образования льда и действие его на барраж и, наконец, состав и характер действия наносов, могущих откладываться перед барражом.

Влияние всех этих элементов на устройство сооружений барража будет пояснено более подробно в дальнейшем.



Фиг. 11.



Фиг. 12.

Как показывает история постройки плотин, недостаточное выявление и недостаточный учет гидрологических элементов были нередко не только причиной частичных аварий, но и влекли за собой полное обрушение плотин.

Из происшедших в последнее время особенно значительных аварий можно отметить обрушение в 1928 году каменной плотины Габра у г. Паррего на р. Фергу в Алжире, и в 1929 году Бальзамской земляной плотины на р. Мохок в Новом Хемпшире США.

Влияние барража на район, расположенный выше его, находится в прямой зависимости от величины подпора: чем последний больше, тем на большее протяжение по тальвегу данного водотока и на большие площади он распространяется.

Распространение его зависит также от течения в реке, на которой сооружают барраж. В случае отсутствия течений горизонт воды располагается по

горизонтальной плоскости, называемой гидростатическим уровнем (фиг. 12). В случае же наличия течений он поднимается над этим уровнем в различных местах различно: меньше непосредственно у барража и больше по мере удаления от него.

Образуя барраж, его возвышают настолько, чтобы подпорной водой были затоплены возможно меньшие площади и сооружения, расположенные выше барража, и чтобы ценность как тех, так и других была бы вследствие затопления возможно меньше понижена.



Фиг. 13.

Практика постройки плотин показала, что недостаточное освещение гидрологического режима было причиной повышения подпорного горизонта сверх предусмотренного перед постройкой барража, вследствие чего происходили чрезмерные затопления земель и притом иногда весьма ценных, как это например имело место в больших размерах в 1926 г. в Лаганском водохранилище Лахольмского округа Швеции.

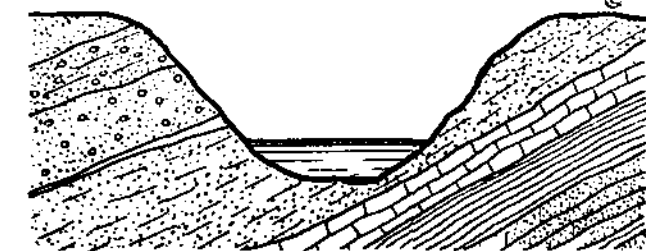
Из изложенного можно заключить, что на размеры и следовательно на конструкцию сооружения барража оказывают влияние также топографические элементы реки, на которой строят барраж; это влияние отражается на высоте сооружений барража, которая связана непосредственно с положением горизонтов воды в бьефах, от которых в свою очередь зависят размеры затоплений, а также глубины и объем воды в бьефах.



Фиг. 14.

На длину барража, на высоту входящих в него сооружений и следовательно на их конструкцию большое влияние оказывают также топографические элементы того места, где возводится барраж. Очевидно более узкие и высокие места русла и поймы реки дают возможность иметь более короткие и более низкие сооружения, чем широкие и низкие.

В районе, намеченном для возведения барража, геологические и гидрогеологические условия (состав грунтов, их расположение, возможное изменение их состояния во времени, например от тектонических процессов, режим грунтовых вод) могут быть весьма различными. Это различие естественно оказывает влияние



Фиг. 15.

не только на возможность удержания воды в бьефах и следовательно на возможность образования бьефов требуемых размеров, но также на тип, конструкцию и размеры сооружений, входящих в состав барража.

На фиг. 13, 14 и 15 показаны три наиболее характерные напластования грунтов, оказывающие различное влияние на удержание воды в бьефах.

Наиболее благоприятным является синклинальное расположение, показанное на фиг. 13, обеспечивающее наибольшую сохранность воды, подпираемой барражем.

Наименее благоприятным является антиклинальное расположение, показанное на фиг. 14, способствующее вытеканию воды из верхнего бьефа по водопроницаемым слоям. В таких случаях приходится обращаться к различным устройствам, препятствующим этому вытеканию, которые конечно должны

быть связаны с различными работами по соответствующему обустройству верхнего бьефа. Наконец на фиг. 15 показано расположение, промежуточное между синклинальным и антиклинальным, заключающее в себе недостатки антиклинального расположения с левой стороны бьефа.

В очень твердых грунтах фундаменты сооружений, входящих в состав барража, могут быть минимальными; в мягких же и плывучих, наоборот, максимальными, причем сооружения должны быть построены из материалов, дающих возможно меньшую нагрузку на основание. Если оказывается невозможным дать сооружениям барража необходимые размеры, то должен быть поставлен вопрос о предельной высоте барража, могущей быть допущенной в зависимости от грунтов, имеющих в данном районе.

Расположение слоев грунта, их простираение и падение оказывает весьма большое влияние на устойчивость сооружений, и недостаточно оцененные в этом отношении условия могут послужить причиной серьезных аварий сооружений.

Особенно нежелательными являются разного рода прослойки в грунтах, могущие давать начало протокам воды, выносящей частицы грунта и тем ослабляющей его устойчивость, а следовательно устойчивость сооружений и их связь с берегами.

Из происшедших за последнее время аварий вследствие нарушения устойчивости плотин можно отметить аварию, происшедшую в 1926 г. в плотине Хэлсбар у Гильда на р. Тенесси в США и в 1930 г. в плотине у Мура на р. Св. Петра в провинции Базиликата в Италии, а также аварии, происшедшие в 1926 г. вследствие нарушения связи с берегами арочных плотин у Боннерсферри на р. Мойн в Айдаго и у Трайона на р. Ваф близ оз. Ляне в Северной Каролине, США.

Несоответствие высоты плотин грунтовым условиям угрожает появлением недопустимых деформаций в теле плотин, что имело место например в земляной плотине Ляфайэтт в округе Истбей в Калифорнии США. Этой плотине была дана высота примерно на 14 м больше той, которую мог выдержать грунт, в результате чего в 1928 г. вскоре после постройки плотины в ней произошли катастрофические оползни.

Наличие в грунтах химических соединений, вредно действующих на некоторые материалы, заставляет обращаться к применению материалов, способных достаточно хорошо сопротивляться вредному влиянию этих соединений, и в случае возможности. получения например дешевых материалов, но не достаточно противодействующих тем же соединениям, заставляет отказываться от этих материалов и давать сооружениям барража типы, отвечающие более дорогим материалам; в случае же особых затруднений при конструировании барража наличие указанных соединений может даже заставить перенести барраж на другое место.

История постройки плотин знает случаи, когда невыявленное перед постройкой присутствие таких соединений в грунтах было причиной катастроф с плотинами. Примером катастрофы может служить обрушение бетонной плотины Св. Франциска в каньоне Сан-Францискито у г. Савджеса в Калифорнии США в 1928 году, вследствие наличия в грунтах склонов долины мягких пластов, легко растворившихся в воде во время поддержания подпора на плотину.

О влиянии грунтов на очертание, размеры и конструкцию плотин и на производство работ на их постройке будет изложено в III части курса.

На размеры и конструкцию сооружений барража оказывают также влияние метеорологические условия района расположения барража. Практика эксплуатации плотин насчитывает немало случаев, когда недостаточный учет, например ветрового режима при конструировании земляных плотин, был причиной их серьезных повреждений, особенно когда плотины заграждали бьефы, имевшие значительные площади зеркала. В таких бьефах ветер вызывал большие волнения, повреждавшие напорные откосы плотин.

Примером повреждений этого рода могут служить повреждения плотины Бельфурш на р. Ауль в Южной Дакоте США в 1912 и 1915 гг. и плотины Минатар на р. Северной Платте в Вайоминге США в 1915 и 1920 гг.

На устройство сооружений барража и на способы производства работ по их постройке оказывают также влияние сооружения, выше которых должен быть расположен барраж или к которым он должен иметь то или иное отношение; кроме того оказывают влияние хозяйственные условия района постройки барража, как-то наличие и стоимость строительных материалов и рабочей силы, инструментов и приспособлений к работе, наличие путей сообщения и стоимость перевозок, наличие гражданских и жилых построек и др.

Наличие и стоимость материалов оказывает влияние на выбор типов сооружений. Например, если цены на пригодный для возведения долговремен-

ных сооружений камень невысоки, а цемент дорог, применяют каменные типы, тогда как, если первые высоки, применяют бетонные, конечно, если нет препятствий к применению их для данного сооружения или для его частей по каким-либо другим соображениям. Стоимость рабочей силы также оказывает влияние на выбор типов сооружений. Если она высока, то приходится обращаться к типам, требующим меньшего количества рабочей силы. Оказывая влияние на выбор сооружений, эти факторы влияют также на выбор места постройки барража и на производство работ по его возведению.

Прочие из указанных на стр. 13 факторов влияют главным образом на решение вопросов, относящихся к производству работ.

Немаловажное влияние на устройство барража может оказывать опыт постройки и эксплуатации сооружений аналогичного типа или находящихся в аналогичных условиях с устраиваемым барражем.

Для возможности надлежащего учета всех этих факторов они должны быть надлежащим образом изучены. Для этой цели перед сооружением барража и составлением проекта его устройства производятся соответствующие изыскательские работы, которые состоят из работ:

а) топографических, б) гидрологических, в) гео- и гидрогеологических, г) метеорологических, д) справочных.

Методы и способы, при помощи которых могут быть получены эти материалы, излагаются в курсах по исследованию рек и озер.

ГЛАВА 3

ОСНОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ГЛАВНЕЙШИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВОДОСПУСКНЫХ (РАЗБОРЧАТЫХ) И ВОДОПОДЪЕМНЫХ ПЛОТИН

§ 5. История происхождения плотин. Сфера их применения

Необходимой принадлежностью водоспускных и водоподъемных плотин являются затворы.

Затворы имеют многолетнюю давность. Как было указано в § 1 части I-ой, еще в средние века ими пользовались для закрытия полушлюзов, для закрытия же плотин их стали применять только в XVIII веке.

Первые затворы плотин были примитивного типа, их делали из дерева. Только в XIX столетии стали применять металлические, но также весьма примитивных типов. С развитием металлургии и усовершенствованием конструкции затворам стали давать более совершенные формы, и вследствие этого они приобрели вскоре весьма широкое распространение повсюду.

В настоящее время водоспускные плотины применяют преимущественно на реках, используемых для транспортных целей. Они дают для транспорта значительно большие преимущества, чем другие типы плотин, по той причине, что допускают плавание по реке, пока глубины в ней в естественном состоянии являются достаточными для пропуска плавающего подвижного состава.

В реках, несущих массу наносов, которые могут откладываться в бьефах, низкое положение порогов облегчает пропуск наносов в нижележащие участки реки посредством промывания водой. Такое положение порогов способствует также лучшему пропуску льда и плавающих предметов.

Водоспускные плотины применяют и на реках, используемых для получения энергии, для орошения и водоснабжения, в тех случаях, когда через плотины приходится пропускать большие количества воды, льда, наносов и плавающих предметов.

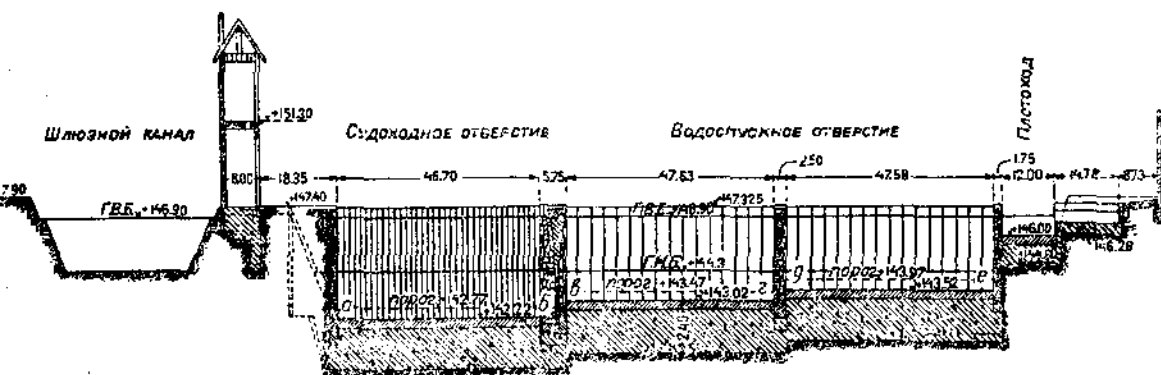
Водоспускные плотины применяют и в сочетании с другими плотинами. В этом случае они служат в барраже водоспусками большой пропускной способности.

Водоподъемные плотины применяют на реках, используемых для получения энергии, для орошения и водоснабжения. Для транспорта их применяют по большей части в тех случаях, когда реки используют и для других потребностей.

Необходимо отметить, что водосливы и водовыпуски, устраиваемые возле плотин, часто представляют собой в конструктивном отношении также водоспускные или водоподъемные плотины.

А. Главнейшие элементы отверстий в водоспускных плотинах устанавливают следующим образом.

В реках, используемых для транспорта, в которых плавание во время отсутствия подпора производят через плотины, пороги располагают таким образом, чтобы глубины воды на них при низких горизонтах были не меньше имеющихся в бьефах.



Фиг. 17.

Однако, так как конструкции многих затворов не допускают устройства вертикальных переходов, в этих местах делают быки (фиг. 18—плотина у Лобозицы на р. Эльбе).

Если в плотине имеется один бык, то отверстие, расположенное у левого устоя, называют левым, а расположенное у правого—правым; если имеется два быка, то среднее отверстие называют промежуточным; если имеется несколько быков, то отверстия обозначают номерами, ведя нумерацию от одного из устоев (у нас в дальнейшем изложении—от левого).

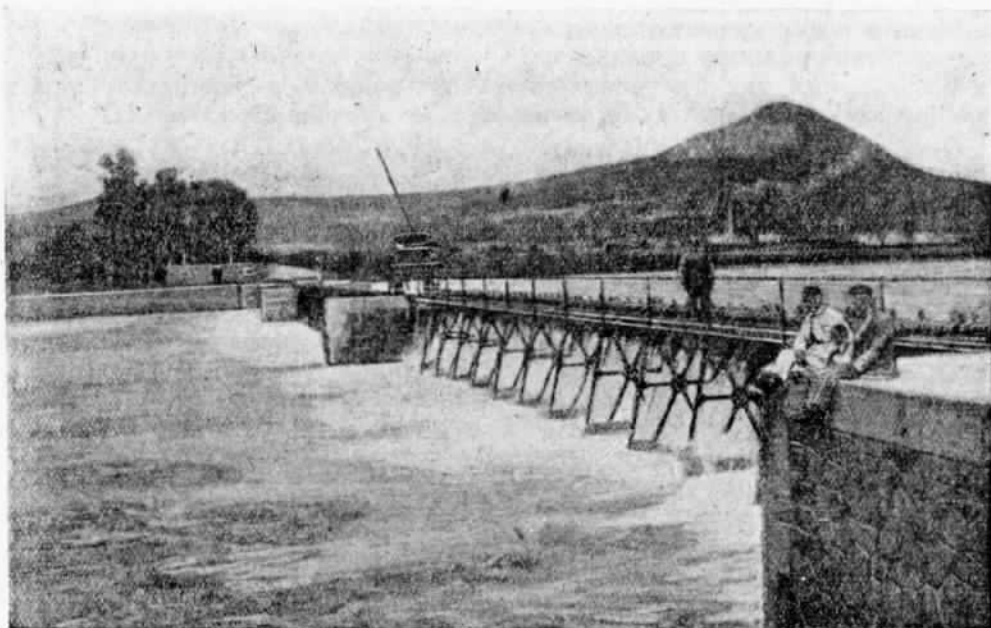
Боковым поверхностям устоев и быков со стороны отверстий плотин дают преимущественно вертикальные очертания, а в плане и поперечном разрезе плотины дают формы, наилучшим образом обеспечивающие пропуск воды, льда, наносов и плавающих предметов.

Для надлежащего направления течения в отверстия плотины снабжают направляющими сооружениями и устройствами, а устои сопрягают с берегами по большей части посредством земляных дамб или насыпки.

Флютбетам в поперечном разрезе плотин дают очертания, указанные в § 3.

Расстояние между боковыми поверхностями устоев и быков называют в каждом отверстии шириной или пролетом, а иногда для краткости отверстием.

Ширину отверстий определяют таким образом, чтобы при пропуске воды, льда, наносов и плавающих предметов были соблюдены условия, гарантирующие целостность плотины, а в реках, предназначенных для транспорта, чтобы отверстия не стесняли прохода плавающего подвижного состава.



Фиг. 18.

Так как вода протекает в отверстиях, как через затопленный водослив, то для определения пролетов отверстий следует воспользоваться зависимостью между расходами воды и размерами отверстий, которая дается в гидравлике для затопленного водослива с широким порогом. Эта зависимость для прямоугольных отверстий выражается формулой:

$$Q = \varphi La_0 \sqrt{2gz_0}, \quad (1)$$

где: φ — коэффициент скорости, зависящий от формы порога и принимаемый для порога с закруглением входного ребра $= 0,92$ и для порога без закругления ребра $= 0,85$,

L — пролет отверстия в свету без учета бокового сжатия, обычно весьма малого; если же оно значительно, например, когда между устоями имеется много промежуточных опор, притом же образованных в плане недостаточно плавно, то вместо L следует взять εL , где ε — коэффициент сжатия, принимаемый в зависимости от степени сжатия в пределах от 0,85 до 0,95,

a_0 — глубина воды на флютбете (фиг. 19),
 g — ускорение силы тяжести = 9,81 м/сек.²,

$$z_0 = z + \alpha \frac{v_0^2}{2g}, \quad (2)$$

где: z — перепад, образующийся в отверстии плотины, определяемый выражением:

$$\frac{1}{2g} \left(\frac{v^2}{\varphi^2} - \alpha v_0^2 \right), \quad (3)$$

α — коэффициент, зависящий от условий протекания воды в подходной части верхнего бьефа, принимаемый с достаточной для практических целей точностью = 1,

v — скорость в отверстии плотины,

v_0 — скорость притекания воды к отверстию.

Подставляя значение z в формулу (2), получают:

$$z_0 = \frac{v^2}{2g\varphi^2} \quad (4)$$

и подставляя это последнее в формулу (1) получают:

$$Q = La_0 v. \quad (5)$$

В формулах 1 и 5 расход Q должен быть взят для живого сечения, наполненного до уровня верхних площадок (эспланад) устоев и быков, а скорость v должна быть принята в пределах, допускаемых конструкцией плотин.

По формулам 1 и 5, зная или задавая все величины кроме L , можно определить эту последнюю.

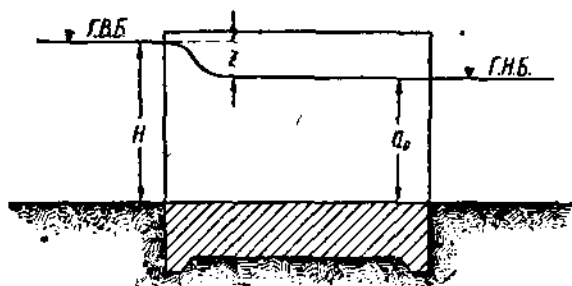
Если плотина составлена из двух или более отверстий, пороги которых заложены на наиболее низких уровнях, допускаемых очертанием поперечного сечения русла, причем протекание воды в каждом отверстии происходит как через затопленный водослив с широким порогом, то, зная положение порогов, можно, применяя формулу (1) для каждого отверстия в отдельности, определить их пролеты L или перепад z и, наоборот, зная или задавая пролеты L , определить скорость v и перепад z .

В числе отверстий, которыми можно пользоваться, хотя бы и с некоторыми неудобствами, для пропуска в нижний бьеф воды и в исключительных случаях льда, наносов и плавающих предметов, могут быть также указанные в § 2 водовыпуски. Если пороги их заложены на таких горизонтах, что протекание воды через них происходит как через затопленный водослив с широким порогом, то расчет отверстий плотины ведется так, как было только что указано.

Если при расчете окажется, что пропуск воды в отверстия плотины, включая водовыпуски, может быть произведен в ущерб целостности плотины, то должна быть усилена ее конструкция или приняты меры для большей свободы пропуска жидкого и твердого расходов. Для этого, если например водовыпуски стесняют сечение реки, следует частично или полностью вынести их в сторону, конечно при условии, что местные условия допускают такое расположение.

Условие свободного пропуска подвижного состава состоит в том, чтобы ширина отверстия была достаточно большой и чтобы скорость течения после разборки затворов не превышала той, при которой плавание становится сопряженным с риском аварий подвижного состава. В зависимости от размеров подвижного состава ширина отверстия может изменяться в значительных пределах.

У нас в отношении ширины отверстий можно руководствоваться как высшим пределом нормами Наркомвода, установленными для пролетов мостов, сооружаемых на реках (см. таблицу 1).



Фиг. 19.

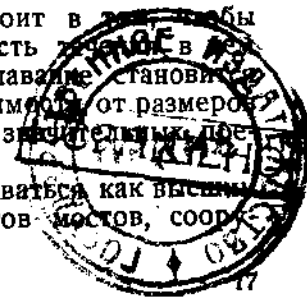


Таблица 1

Категория и род плавания	При одном пролете в м	При двух и более пролетах в м
1 категория (большие двухэтажные паротеплоходы)	150	100—120
2 категория (двухэтажные паротеплоходы)	120	80—100
3 категория (одноэтажные и полутораэтажные паротеплоходы)	80	50
4 категория (плоскодонные суда)	50	30
5 категория (сплав плотами)	30	20
6 категория (сплав молеи)	15	10
Вне категории (морские и речные трехэтажные паротеплоходы)	по согласованию с наркомводом	

Если плотина имеет несколько отверстий, то эти требования относятся лишь к тем отверстиям, которые должны служить для пропуска подвижного состава; пролеты прочих могут быть иными, т. е. зависящими от условий, указанных на стр. 16.

Как было указано § 3 размеры пролетов отверстий зависят также от типа затворов и не должны превышать свойственных соответствующему типу. Соблюдение этого требования может однако воспрепятствовать пропуску через плотину подвижного состава, и тогда обращаются к другому типу затворов, хотя бы по своим свойствам менее подходящему для данного барража. Если же применение последнего типа оказывается невыгодным или даже невозможным, то от пропуска через плотину подвижного состава приходится отказаться и устраивать для него особые пропускные сооружения, описанные в части I курса.

Б. Главнейшие элементы водоподъемных плотин устанавливают следующим образом.

Высотное положение порогов отверстий определяют, с одной стороны, исходя из условий режима и пропуска ледяного покрова, аналогично тому, как для водоспускных плотин, а с другой—исходя из условий, указанных на стр. 8 одновременно с шириной отверстий, рассматривая их как водосливы.

Если определенное из этих условий высотное положение порогов должно иметь по длине плотины различные отметки, то длину порогов разделяют на участки, имеющие одинаковые отметки, участки отделяют один от другого быками.

Быки могут быть устроены также на участках, имеющих пороги, заложенные на одинаковых отметках. Устройство их необходимо в том случае, когда выбранные типы затворов нуждаются в упоре на быки.

Название отверстий и их нумерацию дают такие же, какие дают отверстиям водоспускных плотин.

Устоям и быкам плотин этого типа в плане и со стороны отверстия дают очертания, аналогичные очертаниям устоев и быков водоспускных плотин; в разрезах же поперек длины плотин дают более сложные (фиг. 6 и 20—плотина у Бассано на р. Боу в Канаде).

Если пороги или гребни их мало возвышаются над дном реки, то флютбетам дают очертания, близкие к очертаниям флютбетов водоспускных плотин, но более выпуклые кверху. Эту выпуклость образуют большей частью из прямых, наклонных с одной стороны к верхнему бьефу, а с другой—к нижнему, разделяемых на высоте порога горизонтальными площадками.

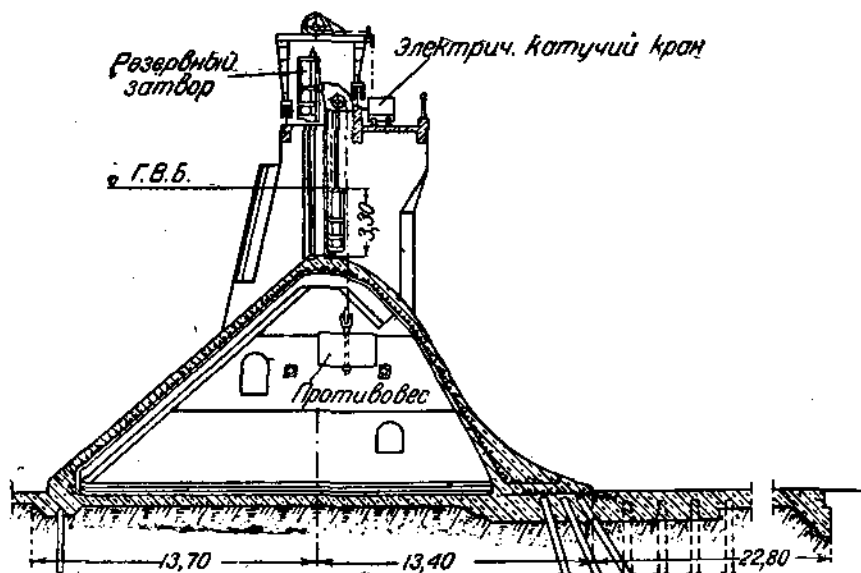
Если гребни их значительно возвышаются над дном реки, то сливным частям плотин дают очертания, с одной стороны, наилучшим образом обеспечивающие пропуск жидкого и твердого расходов, а с другой—обеспечивающие лучшую сопротивляемость плотин истиранию и ударам, происходящим при пропуске расходов.

Особенно опасными при пропуске являются повреждения грунта русла реки ниже плотины, так как они угрожают целостности плотины, вследствие этого над-

лежащее сопряжение сливных частей с грунтом является совершенно необходимым. По этим причинам флютбетам этих частей дают очертания, показанные на фиг. 6 и 20.

О водопропусках, открытых водосливах и водоспусках, устраиваемых в этих плотинах или возле них, вследствие общности их конструкций с одноименными отверстиями плотин прочих типов, будет сказано в части III-ей курса.

Наличие их может быть учтено при расчете высотного положения порогов и ширины сливных отверстий, в таком случае барраж следует рассматривать как совокупность плотин различных типов. Таким же образом следует поступать, когда барраж состоит из частей водоспускных и водоподъемных плотин.



Фиг. 20.

Если через плотины может производиться сплав (при низком положении порогов), то в отношении размеров сплавных отверстий можно руководствоваться, как высшим пределом, нормами, приведенными в таблице I.

§ 7. Надводные части плотин

Верхние площадки устоев и быков, называемые эспланадами, располагают в зависимости от типа затворов, но не ниже чем на 0,30 м над наивысшим подпорным горизонтом, при определении которого учитывают также повышение его на величину h от действия ветра.

Это повышение определяют по формуле инж. Стифенсона:

$$h = 0,34 \sqrt{L} - 0,26 \sqrt[4]{L} + 0,76, \text{ в м,} \quad (6)$$

где L — длина зеркала верхнего бьефа, считаемая от плотины до наиболее удаленной точки берега по прямому направлению, в км;

или по формуле инж. Хайдна:

$$L = 0,0142 (V - 1,3679), \text{ в м,} \quad (7)$$

где V — скорость ветра в км/час.

Некоторые из типов устоев и быков требуют, чтобы верхние площадки их были расположены выше самого высокого горизонта протекающей через плотину воды; если же это почему-либо невозможно, то чтобы они были расположены на высоте, обеспечивающей их от повреждения ледоходом, и тогда их располагают не менее, чем на 0,50 м ниже нижней поверхности проходящего над ними льда.

На верхние площадки нередко опирают пролетные части мостов, устраиваемых либо для маневрирования затворами плотин, либо для перехода или

переезда, либо для обеих потребностей. В таком случае высотное положение их определяют в зависимости от конструкции мостовых пролетных частей, нижние кромки которых должны быть расположены на высоте, которая не стесняла бы пропуска воды, льда, плавающих предметов, а в пролетах, через которые пропускают плавающий подвижной состав,—и пропуска последнего.

Как правило, нижние кромки должны иметь возвышение над наивысшим горизонтом пропускаемой воды и над верхней кромкой льда не менее, чем на 0,50 м, а при наличии плавающих предметов—в зависимости от их формы, отверстия же для пропуска подвижного состава должны иметь возвышение в зависимости от надводного габарита последнего. У нас возвышение их для рек тех же категорий, которые были указаны в таблице 1, нормировано Наркомводом в пределах, указанных в таблице 2.

Зная конструкцию пролетных частей и возвышение их низа, положение верхних площадок устоев и быков определяют по правилам, излагаемым в курсах мостов.

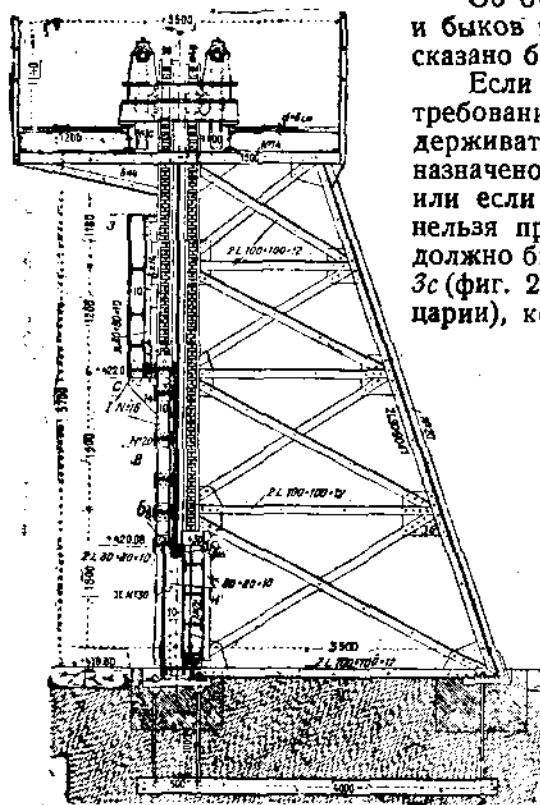
Наличие мостов, располагаемых на некоторых типах плотин, может оказать также влияние на размеры пролетов отверстий плотин, однако это влияние не должно нарушать указанных выше требований.

Категория	По средине пролета		у опор в м
	на высоту, в м	на протяже- нии, в м	
1	от 11,0 до 12,5	50	3,50
2	" 9,0 " 10,0	40	3,00
3	" 5,0 " 7,0	30	2,00
4	" 3,0 " 5,0	20	1,50
5	2,5	10	1,00
6	1,0	5	0,75

Вне категории

по согласованию с Наркомводом.

Таблица 2



Фиг. 21.

Об очертаниях боковых поверхностей устоев и быков выше зоны передвижения затворов будет сказано более подробно в части III курса.

Если в отношении пропуска воды поставлено требование пропускать лишь нижние слои ее и задерживать верхние, например если отверстие предназначено для удаления из верхнего бьефа наносов или если верхние слои несут предметы, которые нельзя пропускать в нижний бьеф, то отверстие должно быть заграждено сверху сплошной стенкой 3с (фиг. 21—плотина у Ваггена на р. Ааре в Швейцарии), которую называют забральной. Такие стенки зачастую делают в водовыпусках. Наличие их обращает отверстие плотины в водоспуск. В этом и заключается главное отличие водоспуска от плотины. Забральными стенками пользуются также для размещения на них мостовых переходов.

Среди необходимых принадлежностей, применяемых в плотинах, следует отметить устраиваемые для периодического освидетельствования и ремонта их, а также для предохранения их затворов от разного рода неблагоприятных факторов особые затворы временного типа, называемые ремонтными или предохранительными. Их располагают обычно перед основными затворами, а иногда и сзади последних.

Так как устройство постоянных частей водоспускных и водоподъемных плотин, а также многих отверстий плотин прочих типов зависит от устройства затворов, то в последующих отделах трактуется сначала устройство последних.

ТИПЫ ЗАТВОРОВ. НЕСАМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ЗАТВОРЫ

ГЛАВА 4

ТИПЫ ЗАТВОРОВ. ВОДОУДЕРЖИВАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗАТВОРОВ

§ 8. Типы затворов

Затворы классифицируют по следующим признакам:

А. по материалу, из которого они сделаны, на:

- 1) деревянные,
- 2) металлические,
- 3) железобетонные,
- 4) сделанные из нескольких материалов (смешанной конструкции);

Б. по способу передачи ими давления на постоянные части плотин на:

- 1) передающие преимущественно на опорные части плотин: устои и быки,
- 2) " " " на флютбет,
- 3) " " " как на опорные части, так и на флютбет;

В. по степени участия персонала, обслуживающего плотины, в установке и в удалении затворов на:

- 1) нуждающиеся в постоянном участии персонала,
- 2) нуждающиеся в небольшом или не нуждающиеся совершенно (самодействующие) и действующие в большинстве случаев поддерживаемым плотинами подпором.

В настоящее время в водной технической литературе не имеется не только однообразной, но даже и достаточно определенной классификации затворов, что естественно отражается на ясности их описания. Чтобы внести в дальнейшее описание затворов необходимую ясность, в нем, исходя из желания познакомить читателя сначала с простейшими типами и затем с более сложными, принята классификация прежде всего по степени участия персонала в установке и в удалении затворов; соответственно с этим сначала рассматриваются затворы несамодействующие и затем самодействующие или автоматические. В первой группе затворов они классифицированы в соответствии с предложением, выдвинутым на XIV международном судоходном конгрессе, состоявшемся в 1926 г. в Каире, по способу передачи ими давления на опорные части и на флютбет.

В большинстве типов затворов могут быть выделены две, резко отличающиеся одна от другой по конструкции, части. Одна служит для непосредственного преграждения доступа воды, льда, наносов и плавающих тел из верхнего бьефа в нижний и называется непосредственным заграждением или водоудерживающей конструкцией или частью (франц. „bouchure“), а другая служит для передачи внешних сил, воспринимаемых ею от водоудерживающей конструкции на опорные части и на флютбет, и называется поддерживающими конструкциями или частями.

Такое подразделение применимо в отношении большинства типов затворов; Однако среди них имеются и такие типы, для которых этого подразделения сделать нельзя, так как конструкции, осуществляющие непосредственное за-

граждение, являются одновременно конструкциями, передающими внешние силы на опорные части и на флютбет. Это относится большей частью к затворам, закрывающим отверстия незначительных пролетов, и в меньшей степени к затворам для больших пролетов.

§ 9. Типы водоудерживающих конструкций

Водоудерживающие конструкции делают из дерева или из металла. Если они сделаны из дерева, то представляют собою ряд брусьев или досок, в большинстве случаев ни чем между собой не связанных. Если же они сделаны из металла, то представляют листы или отрезки металла, прикрепленные к водоудерживающим конструкциям.

Деревянные части разделяют на:

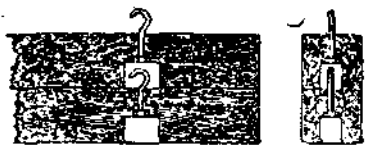
1) горизонтальные, сделанные либо в виде независимых один от другого брусьев, называемые *ш а н д о р а м и*, либо в виде брусьев, взаимно связанных петлями, называемые *ш т о р а м и*, и наконец состоящие из досок, либо между собой несвязанных, называемые *щ и т к а м и*, либо сплоченных по нескольку штук по высоте, называемые *щ и т а м и*; последние могут быть сделаны также из брусьев,

2) вертикальные или близкие к вертикальным, в виде брусьев, называемые *с п и ц а м и*.

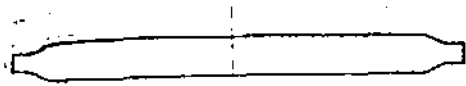
Шандоры и щиты зачастую берут таких размеров, что они не нуждаются в поддержании, и тогда они передают внешние силы непосредственно на опорные части плотин; конструкции этого типа применяют для закрытия отверстий небольших пролетов.

§ 10. Шандоры

Шандоры делают обычно из соснового дерева, отесанного на четыре канта (фиг. 22). Их пригоняют достаточно плотно один к другому, для этой цели их обрабатывают иногда по плоскостям соприкосновения на шпунт и паз.



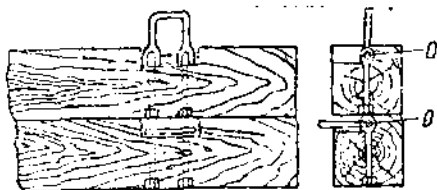
Фиг. 22.



Фиг. 23.

Для упора однопролетных шандоров на устои и быки, в последних оставляют пазы, размеры которых берут возможно малыми; для этой цели шандоры несколько подтесывают к концам (фиг. 23). Находясь в воде, шандоры обычно несколько разбухают и, если были введены в пазы с некоторым нажатием сверху, образуют достаточно водонепроницаемое ограждение.

Для захвата при подъеме и опускании их снабжают по концам крюками (фиг. 22). Чтобы последние не мешали укладке вышележащего шандора, в последнем делают соответствующие вырезы. Иногда крюки заменяют скобами (фиг. 24), поворачиваемыми вокруг осей *О*. Скобы дают возможность не делать в вышележащих шандорах вырезов.



Фиг. 24.

Сборку и разборку шандоров производят с верхних площадок устоев и быков—небольших вручную, а больших—либо механическими приспособлениями, сделанными по типам, описанным в § 38 части I, либо катучими лебедками или кранами (фиг. 25), и реже—с плотов или лодок, плавающих в верхнем бьефе.

Поперечные размеры шандоров определяют в зависимости от сопротивления их на изгиб под напором воды, рассматривая их как балки, свободно

лежащие на двух опорах. В случае большого количества опор шандоры рассматривают, в виду примитивности их конструкции, большей частью так же, как балки на двух опорах.

Толщину шандоров определяют по формуле:

$$\frac{\gamma_0 h_n L_{см}^3}{80 R_{изг}} = \frac{\delta_{см}^3}{6}; \quad (8)$$

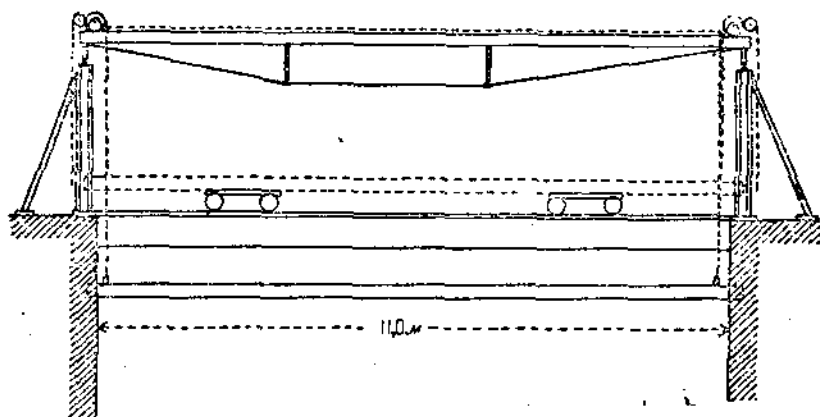
откуда:

$$\delta_{см} = 0,274 L_{см} \sqrt{\frac{h_n}{R_{изг}}}, \quad (9)$$

где:

- γ_0 — вес 1 м³ объема воды = 1 т;
- h_n — высота напора над осью шандора в м;
- $L_{см}$ — его пролет в см.
- $\delta_{см}$ — искомая толщина шандора, в см;
- $R_{изг}$ — допускаемое сопротивление материала на изгиб, в кг/см².

Так как для изготовления шандоров пролетом свыше 4 м требуется лес весьма значительных размеров и соответственно с этим вес их, даже когда



Фиг. 25.

ими поддерживают небольшие подпоры, получается весьма значительным и шандоры становятся не достаточно жесткими, то разборка их вручную оказывается весьма затруднительной. В этих случаях обращаются к механическим приспособлениям, но и с их помощью разборка требует немало времени. Это объясняется тем, что для вытаскивания шандоров приходится дожидаться снижения подпорного горизонта. Поэтому обычно избегают применять шандоры пролетом свыше 4 м.

Лишь в тех случаях, когда особой скорости разборки не требуется и имеются механические приспособления, шандорами пользуются для закрытия и еще больших пролетов, однако все же для изготовления их избегают применять лес диаметром свыше 35 см.

Шандоры редко применяют в качестве постоянных затворов плотин, но большей частью в качестве временных, в тех случаях, когда приходится ремонтировать плотины или предохранять их от действия различных неблагоприятных факторов; их также применяют для перемычек, ограждающих котлованы во время постройки плотин; в этих случаях ими закрывают пролеты больше 4 м.

Учитывая кратковременность работы затворов последнего типа, их конструируют, исходя из повышенных норм допускаемых напряжений ($R_{изг}$) в пределах до 50% от нормальных.

Их делают проще, чем шандоры, применяемые в качестве постоянных затворов плотин, например при обработке дерева вместо отески его на четыре

канта ограничиваются только притеской по плоскостям прилегания одного шандора к другому и на флютбет (фиг. 26).

Определение толщины их в последнем случае делают по формуле (8), полагая в ней

$$W = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{4I_{on}}{d}, \quad (10)$$

где d — диаметр поперечного сечения шандора, I_{on} — момент инерции поперечного сечения одного из срезаемых горбылей $O_1 O_1$ или $O_2 O_2$ относительно оси $УУ$.

$$I_{on} = \frac{F}{4} \cdot \frac{d^2}{4} \left[1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{\sin^3 45^\circ \cos 45^\circ}{\frac{\pi 45^\circ}{180^\circ} - \sin 45^\circ \cos 45^\circ} \right], \quad (11)$$

здесь F — площадь поперечного сечения одного горбыля $= 0,07135 d^2$. (12)

Подставляя значение F в формулу (11), и затем I_{on} в формулу (10), получают:

$$W = 0,09075 d^3 \quad (13)$$

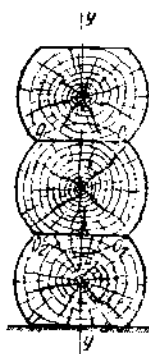
при $\delta = 0,7071 d$ (14)

по формуле (8), находят: (15)

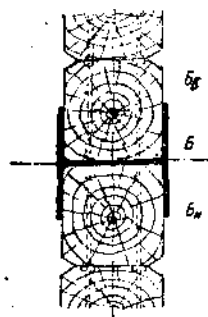
$$d_{em} = 0,312 L_{cm} \sqrt{\frac{h_m}{R_{убв}}}. \quad (16)$$

Для закрытия отверстий плотин больших пролетов и поддерживающих большие подпоры устраивают два затвора, отстоящих один от другого на расстоянии 1—2 м, и пространство между ними загружают водонепроницаемым грунтом.

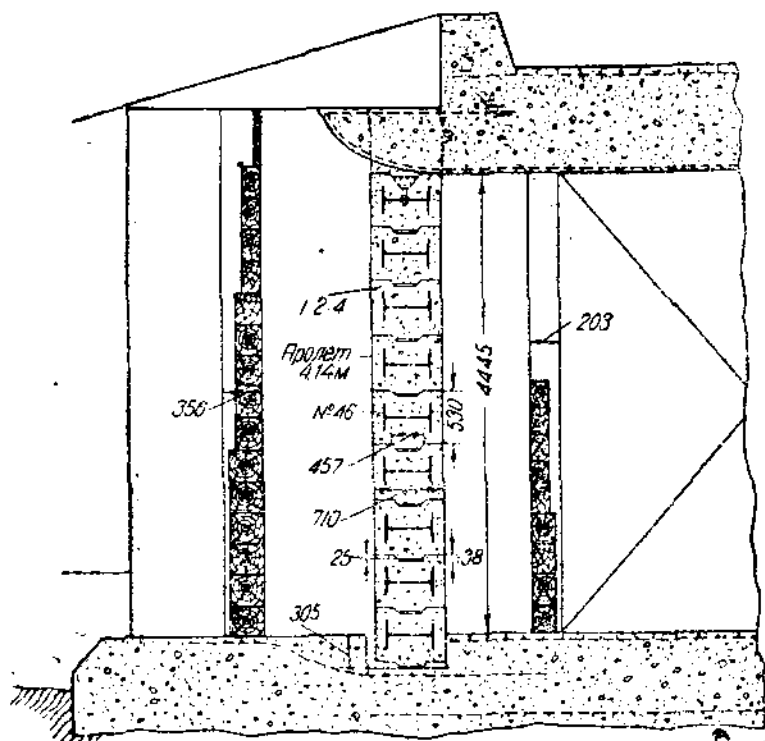
Вместо деревянных шандоров иногда применяют металлические. Последние делают либо из прокатных двутавровых или корычатых балок, либо из желез-



Фиг. 26.



Фиг. 27.



Фиг. 28.

нодорожных рельсов, уложенных друг на друга, а также из железа и дерева, например из прокатных балок Б (фиг. 27), к которым сверху и снизу прикрепляют деревянные брусья B_a и B_m . Шандорам этого типа, закрывающим большие пролеты, дают более сложные формы, аналогичные типам, описанным в § 39 части 1-ой.

Кроме этих шандоров применяют и железобетонные шандоры (фиг. 28 — затвор водопуска плотины у с. Монро-Бридж на р. Дирфильд в Массачусете США), сделанные например из бетонных брусьев, в которые встроены железные балки.

Усилие, затрачиваемое в начале подъема одного шандора, — большее, чем при дальнейшем подъеме, выражается формулой:

$$T = fD + G_m, \quad (17)$$

где D — давление воды на шандор $= \gamma_0 h b l$,

здесь f — коэффициент трения концов шандора по упорным поверхностям пазов;

b — высота шандора,

$G_{ш}$ — вес шандора.

Прочие обозначения прежние.

Если по требованиям транспорта или для пропуска жидкого или твердого расхода нужно иметь быстро разбираемые затворы, то для постоянно действующих сооружений применяют катучие шандоры (фиг. 29—полушлюз лесной гавани в Праге на р. Влтаве).

Подъемное усилие при начале подъема шандоров этого типа значительно меньше, чем шандоров, не имеющих катков, и выражается следующим образом:

$$T = D \frac{t + \mu r}{R} + G_{ш}, \quad (18)$$

где: D — давление воды на шандор,

t — коэффициент трения качения колес по рельсам,

μ — коэффициент трения в цапфах колес,

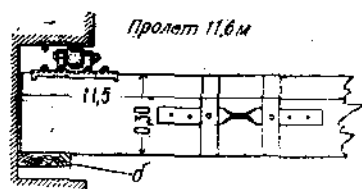
r — радиус осей колес,

R — радиус колес,

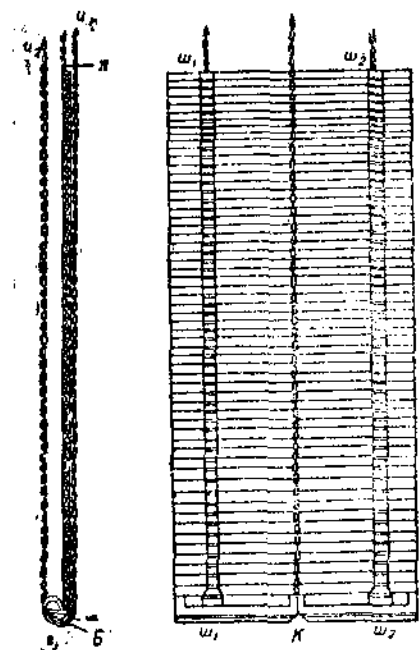
$G_{ш}$ — вес шандора с колесами.

Плотность закрытия шандорами этого типа отверстий со стороны устоев и быков осуществляют деревянными брусками b , примыкающими к последним.

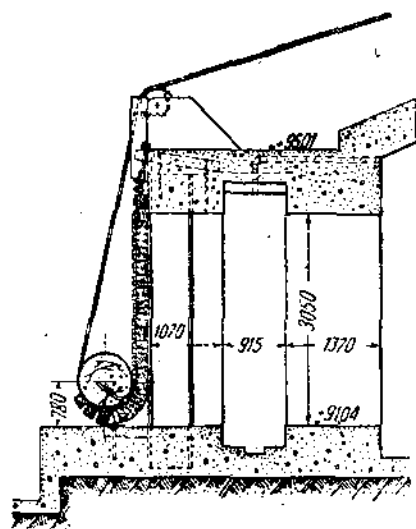
Так как подъемное усилие T в этом случае все же весьма значительно, то подъем шандоров вручную становится невозможным и применяют различные подъемные механизмы. Например для подъема затворов полушлюза на р. Влтаве применен катучий кран.



Фиг. 29.



Фиг. 30.



Фиг. 31.

который передвигают по рельсам, уложенным на металлическом служебном мостике, перекинутом через пролеты полушлюза. Посредством этого крана хотя и можно ускорять разборку, но все же она длится весьма долго.

Если шандоры требуется разобрать особенно скоро, то их опирают на стойки по способу, показанному фиг. 2 и 3 части 1-ой.

§ 11. Шторы

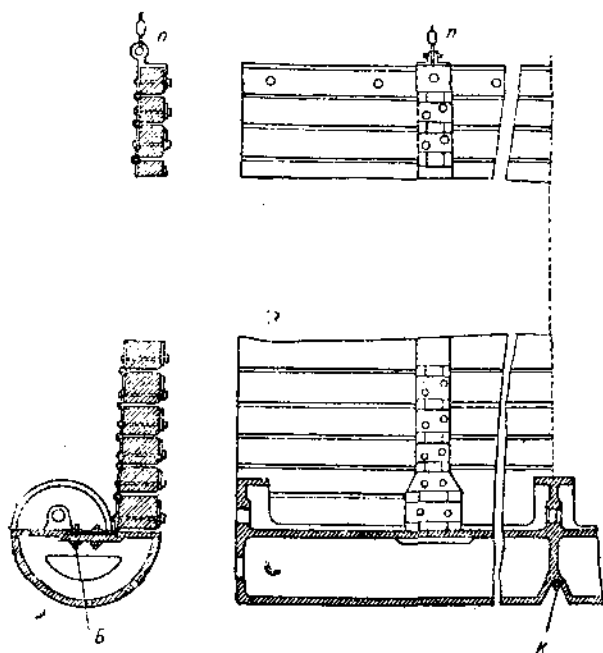
Шторы были изобретены в XIX столетии во Франции инж. Камерэ и представляют собой полотна, состоящие из горизонтальных брусков (фиг. 30), имеющих в поперечном сечении трапециевидные или близкие к квадратным очертания и связанных двумя рядами шарниров $ш_1$ $ш_1$ и $ш_2$ $ш_2$.

Их применяют большей частью в качестве непосредственных заграждений затворов, но для закрытия отверстий небольших размеров, например, водопропусков перед их заделкой или водоспусков (фиг. 31—плотина у оз. Шерман на р. Гудзон в штате Нью-Йорк США) их применяют как затворы, опираемые непосредственно на постоянные части плотин.

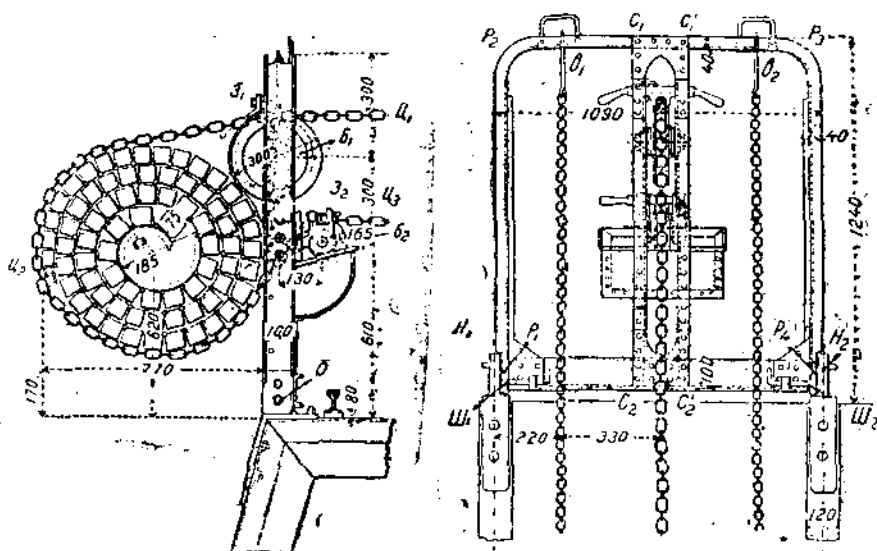
Полотна их делают высотой, равной примерно высоте отверстия, и сверху по линиям шарниров снабжают петлями n (фиг. 32), а снизу—чугунным полым цилиндром B с ребордами, называемым башмаком на вертывания, имеющим в поперечном сечении спиральное очертание.

В башмаке, посредине его длины, устроена канелюра, в которую входит бесконечная цепь $ц_1, ц_2, ц_3$, (фиг. 30), охватывающая полотно с обеих сторон. Во время движения цепи снизу вверх по направлению часовой стрелки сначала поворачивается башмак, захватываемый трением цепи, затем сворачивается в трубку и полотно, которое после подъема может быть убрано в сторону. Спуск шторы производят обратным движением цепи.

К поддерживающим частям затворов шторы подвешивают посредством особых вертикальных рам P_1, P_2, P_3, P_4 (фиг. 33), к которым шторы $Ш$ прикрепляют цепями с натяжными винтами. Для поддержания блоков B_1 и B_2 с перекинутыми через



Фиг. 32.

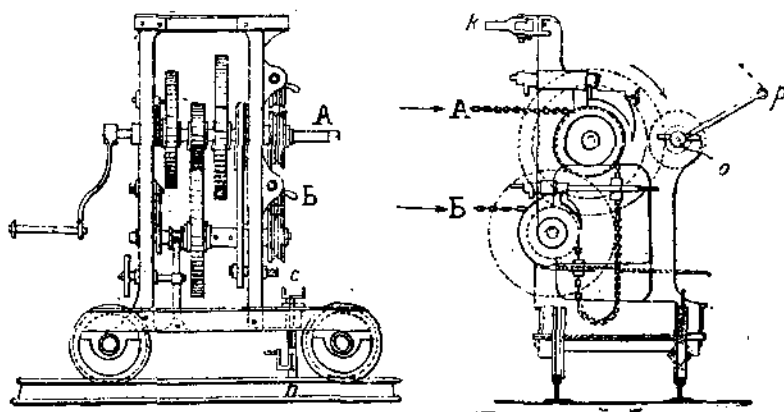


Фиг. 33.

них цепями $Ц_1, Ц_2, Ц_3$ посредине рам устраивают стойки C_1, C_2 и C'_1, C'_2 . Цепи удерживают на блоках в любом положении при помощи зажимов $З_1$ и $З_2$.

Подъем и опускание штор производят при помощи катучей дифференциальной лебедки (фиг. 34). Лебедку подводят по рельсам к шторе, назначенной для подъема, при помощи удерживающего приспособления $сп$ застопоривают

и затем отводным крюком *k* упирают в верх рамы, поддерживающей штору. После этого на шкивы лебедки накладывают ветви *A* и *B* подъемной цепи и сцепляют с ними при помощи особых нажимных приспособлений. Движением рукоятки *ор* верхней ветви *A* цепи сообщают большее, а нижней—*B* меньшее движение, и штору сворачивают.



Фиг. 34.

Если поднятую штору нужно удалить из пролета, ее снимают, вместе с поддерживающей рамой. Для этой цели пользуются тележкой с воротом *B* (фиг. 35), укрепленным в наклонной раме *P₁P₂*. Тележку подводят к шторе, застопоривают, затем через блок *B*, укрепленный на вершине наклонной рамы, перекидывают цепь на верх рамы. Навиванием цепи на вал ворота, раму со шторой, поддерживаемую рабочими, опускают на раму ворота, на которой ее закрепляют.

Во время поддержания подпора шторы, подобно шандорам, упирают кромки либо в особые пазы, устраиваемые в устоях и быках плотин, либо на поддерживающие части, реже их упирают непосредственно на поддерживающие части, располагаемые либо по линиям кромок штор, либо на расстоянии, не превышающем $\frac{1}{5}$ ширины шторы от кромок (фиг. 36—плотина у Поз на р. Сене).

Поперечные размеры штор определяют таким же образом, как и поперечные размеры шандоров. Если же шторы опирают на поддерживающие части по способу, показанному на фиг. 37, то поперечные размеры их определяют по формуле:

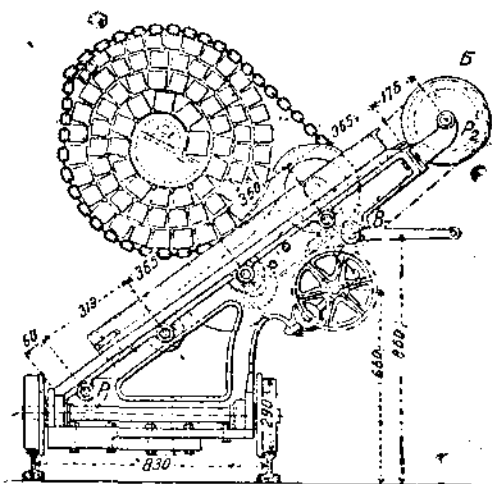
$$\frac{M_T}{R_{уст.}} = W, \quad (19)$$

где M_T —изгибающий момент шторного бруска посередине его длины, равный изгибающему моменту M_0 в сечениях над опорами,

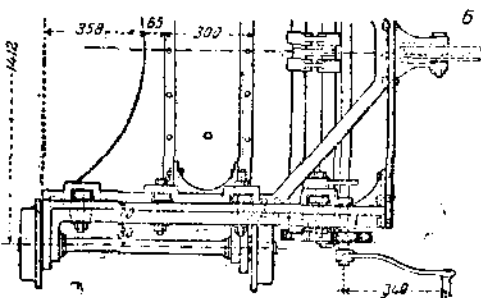
$R_{уст.}$ —см. выше,

W —момент сопротивления поперечного сечения шторного бруска относительно вертикальной оси, его берут приблизительно равным $\frac{\delta^3}{6}$,

где δ —толщина бруска.



ПЛАН (штора и рама снята)



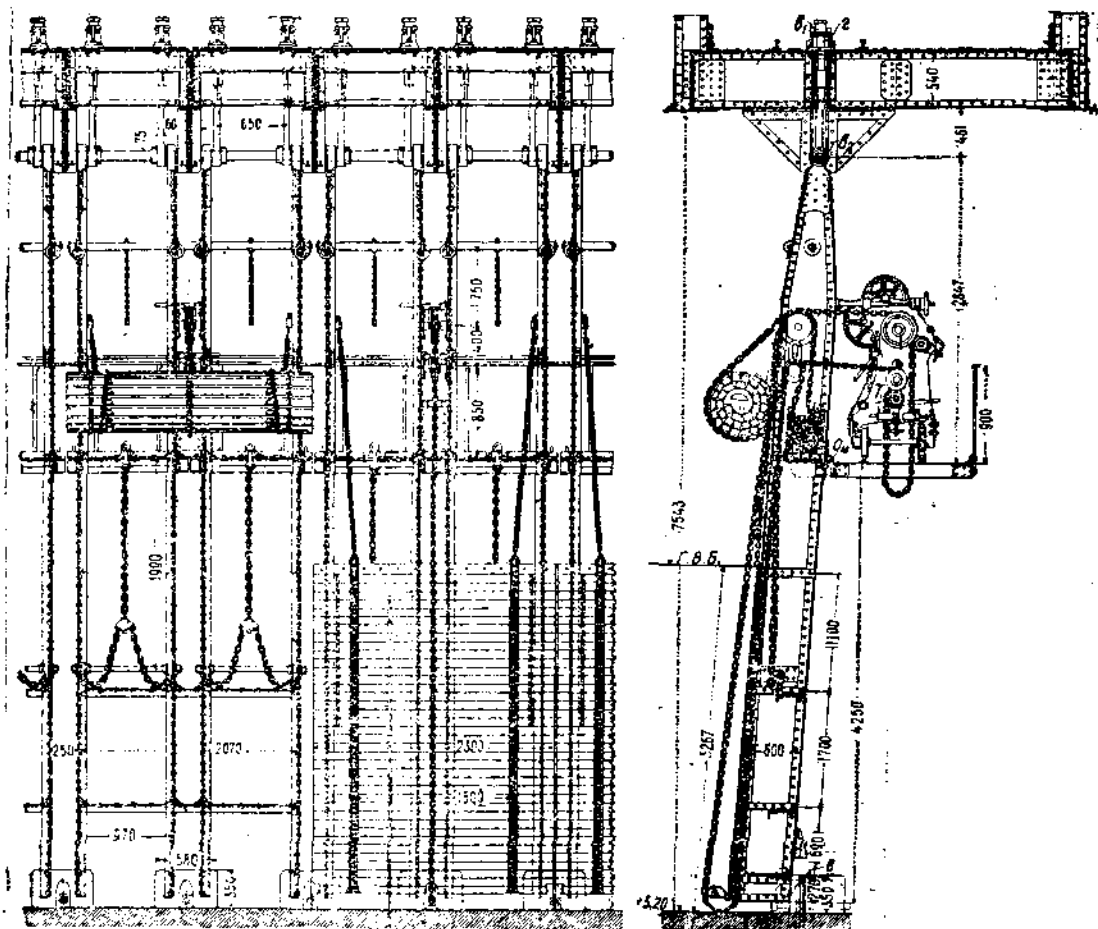
Фиг. 35.

Длины (x), свешивающихся за опоры, частей шторы, определяют из равенства:

$$M_T = M_0, \quad (20)$$

где

$$M_T = \frac{pL^2}{8} - \frac{pLx}{2}; \quad (21)$$



Фиг. 36.

здесь p — нагрузка на единицу длины шторного бруса;
 L — его длина,

M_0 — изгибающий момент в сечениях бруса

над опорами $= \frac{px^3}{2}$. (22)

Подставляя значение M_T и M_0 в равенство (19) и определяя из него x находят:

$$x = 0,207 L, \quad (23)$$

и

$$M_T = \frac{pL^2}{46,6}. \quad (24)$$

Нагрузку p на пог. см бруса в кг определяют выражением:

$$p = \frac{\delta_{сж} h_{ж}}{10}; \quad (25)$$

тогда:

$$M_T = \frac{\beta_{см} h_m L_{см}^2}{466} \text{ в кг/см.} \quad (26)$$

Подставляя M_T в формулу (18) получают:

$$\delta_{см} = \frac{L_{см}}{8,82} \sqrt{\frac{h_m}{R_{изг}}}. \quad (27)$$

При помощи штор может быть осуществлено достаточно плотное заграждение отверстия плотины, а также регулирование горизонта воды в верхнем бьефе и промывание последнего от донных наносов.

Это качество является их достоинством, однако им присущи и недостатки, как-то:

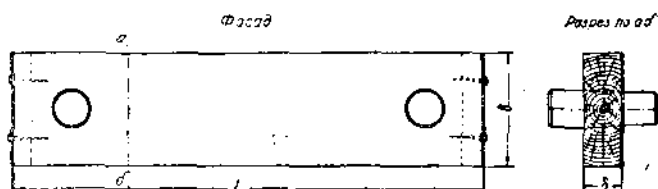
- 1) для них необходимо иметь достаточно сложные механические приспособления, нередко весьма значительного веса,
- 2) для их обслуживания требуется много рабочей силы,
- 3) при свертывании они нередко перекашиваются и поэтому заедают в пазах,
- 4) будучи не совсем опущенными на флютбет или немного поднятыми над ним дают начало сильным течениям воды, которые могут вредно действовать на флютбет.

§ 12. Деревянные щиты

Щиты разделяют на мелкие и крупные. Их делают из досок, реже из брусьев. Мелкие называют щитками.

А. Щитки

Щитки были предложены впервые русским инж. Яницким и применены в восьмидесятых годах прошлого столетия для закрытия шести плотин между Коломной и Москвой на р. Москве.



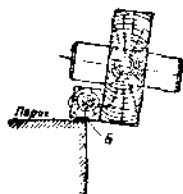
Фиг. 38.

Щитки делают из сосновых досок шириной 0,25—0,30 м и поднимают баграми и для захвата крючьями багров снабжают двумя деревянными штырями (фиг. 38). Для облегчения подъема щитки оковывают по краям угловым железом, а для предохранения от растрескивания вследствие усушки — обивают полосовым железом.

Наибольший пролет, для которого применяют щитки, не превышает 1,40 м. Толщину щитков определяют, исходя из условия прочного сопротивления на изгиб под действием напора воды по формуле (9).

Для упора нижних щитков на флютбет и для лучшего уплотнения по низу щитки снабжают деревянными брусками Б (фиг. 39) или уголками.

Для регулирования щитками горизонта воды верхнего бьефа щитки вытаскивают лишь при незначительном напоре на них воды (примерно не более 1 м над их верхней кромкой).



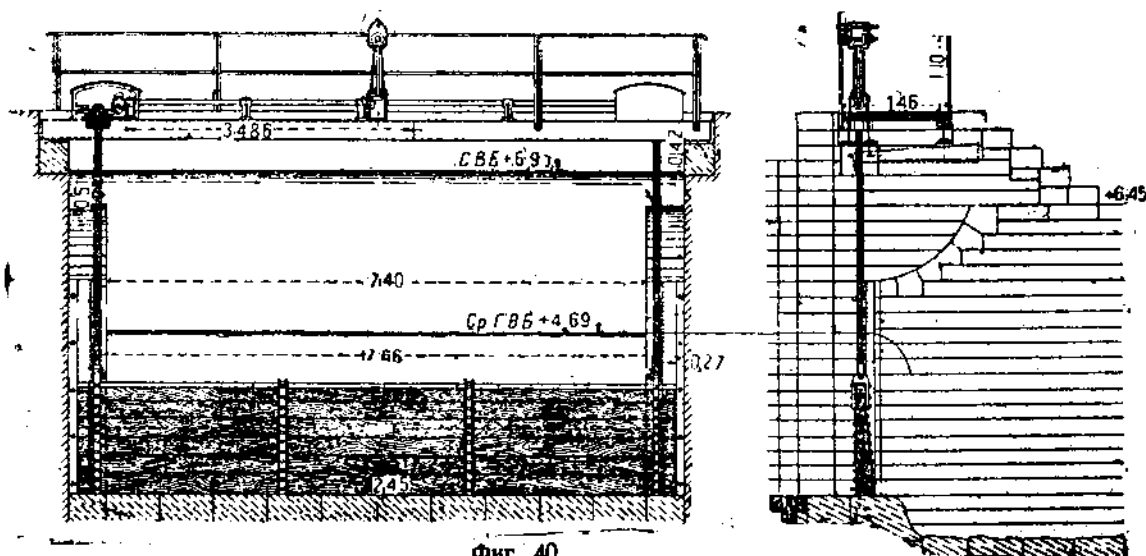
Фиг. 39.

Поэтому для закрытия плотин, возводимых в реках, отличающихся быстрыми паводками, щитков обычно не применяют, так как, сняв первый ряд щитков, нет уверенности в том, что горизонт воды снизится настолько, что можно будет вынуть второй сверху ряд.

Щитки отличаются незначительным весом (примерно от 15 до 25 кг в каждом). Они могут быть достаточно свободно вытаскиваемы двумя рабочими и свободно укладываемы для закрытия отверстия плотины.

Для перевозки их на берег и обратно пользуются катучими тележками, передвигаемыми по рельсам, уложенным на служебных мостиках, устроенным по плотинам. На каждую тележку кладут от 25 до 30 щитков.

Плотность заграждения щитками достаточно удовлетворительна.



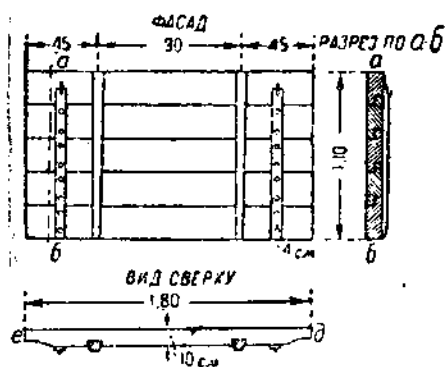
Фиг. 40.

Б. Щиты

Деревянные щиты делают двух типов. Первый, более старый, характеризуется тем, что щиты разбирают и укладывают механизмами простейшего типа и под действием небольших напоров. Второй, более новый, позволяет производить разборку щитов под действием полного напора, поддерживаемого плотиной. В этом случае для разборки применяют достаточно мощные механические приспособления.

Щиты второго типа называют щитами Булэ.

Щиты обоих типов могут служить для передачи внешних сил как на поддерживающие части, так и непосредственно на устои и быки, причем во втором случае только для закрытия отверстий плотин старого типа или для закрытия очень небольших отверстий.



Фиг. 14.

Щиты первого типа берут высотой от 0,80 до 1,10 м, но для закрытия старых плотин им давали и меньшую, примерно до 0,50 м. Щиты второго типа берут высотой в среднем около 1,0 м. Для регулирования горизонтами воды верхнего бьефа в небольших пределах (мелкое регулирование) верхние щиты обоих типов делают зачастую высотой в две и даже в одну доску.



Фиг. 42.

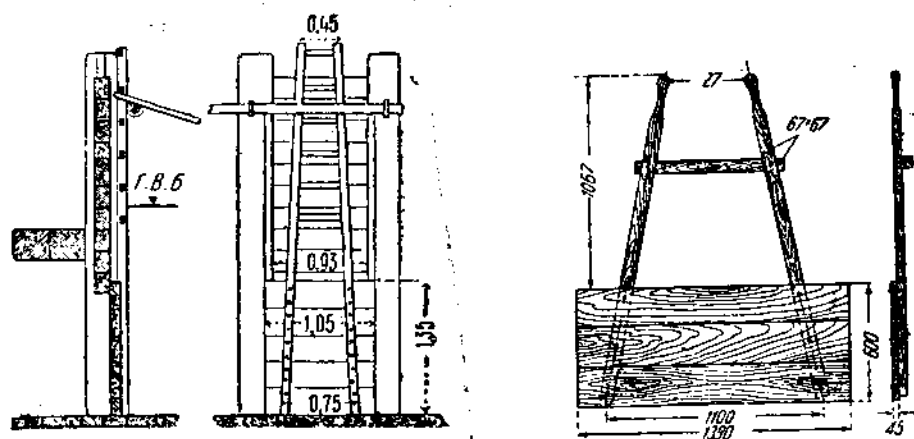
Щиты первого типа применяют в настоящее время для закрытия пролетов не больше 2 м, но раньше ими закрывали отверстия плотходов и мелноративных заграждений, имевшие пролеты более 4 м (фиг. 40—плотина у Брига на р. Одере); щиты второго типа применяют для закрытия пролетов примерно до 1,50 м.

Для закрытия больших пролетов щитов не применяют по той причине, что с одной стороны, во время их подъема возникают перекашивания, а с другой—приходится применять весьма мощные и тяжелые подъемные приспособления, утяжеляющие конструкцию поддерживающих частей плотин и мостиков, [по которым передвигают подъемные приспособления.

Оба типа щитов делают из досок, сплавляемых преимущественно в пол-дерева (фиг. 41), а иногда на шпонках. Более крупные сплавляют шипами, входящими в пазы соседних досок (фиг. 42).

Доски щитов первого типа соединяют между собою с двух сторон парными вертикальными брусьями, имеющими сужения книзу. Брусья стягивают между собой болтами, которые пропускают через доски.

Брусья небольших щитов, называемые также штангами, расположенные со стороны верхнего бьефа, иногда выпускают кверху (фиг. 43) и тогда ими пользуются для вытаскивания щитов. Если в каждом пролете имеется несколько рядов щитов, то брусья размещают в фасаде вразгонку (фиг. 5 части I).



Фиг. 43.

Доски щитов более значительных размеров обивают со стороны верхнего бьефа железными полосами, отогнутыми сверху в виде крюков (фиг. 41). Брусья и полосы стягивают между собой болтами. Доски щитов Булз соединяют между собой железными полосами (фиг. 44—плотина у Сюреня на р. Сене), отогнутыми сверху в виде петель и прикрепленными к доскам болтами.

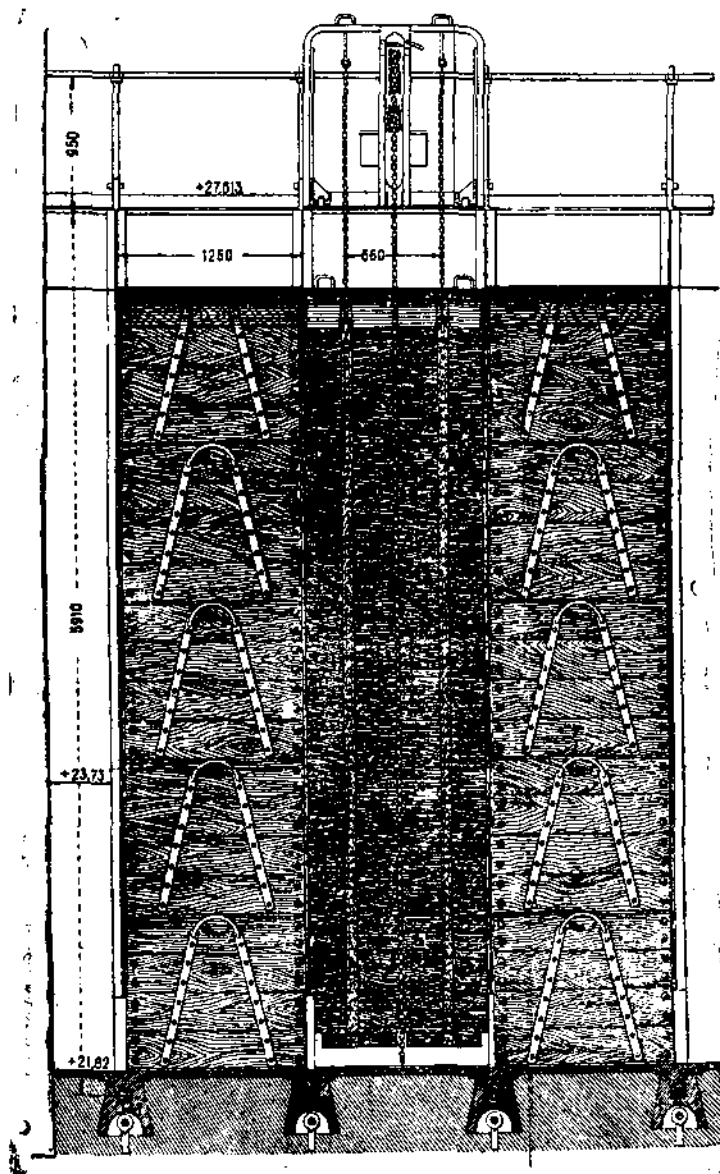
Нижние щиты для лучшего прилегания к порогам снабжают снизу прибоинами. Плотность закрытия щитами по бокам отверстий осуществляется непосредственным прижатием щитов.

Толщину досок или брусьев определяют из условия прочного сопротивления на изгиб под действием напора по формуле (27), в которой для h берут средний напор, действующий на доску.

Подъем щитов производят со служебных мостиков, устраиваемых на плотинах.

В качестве простейших подъемных механизмов для щитов первого типа применяют рычаги (фиг. 45), вращаемые на осях O в подшипниках, прикрепленных к брусьям b . Для подъема щитов короткие плечи рычагов подводят под пере-

жладины, соединяющие вертикальные штанги, охватывающие щиты, или, если на плечах имеются серьги c_1 и c_2 (фиг. 46—водозаборное сооружение на канале Кавура в Пьемонте в Италии), оканчивающиеся острыми выступами, последними захватывают за штанги, снабженные сверху рядом отверстий, в которые, для подъема щита на высоту, равную расстоянию между отверстиями, вводят эти выступы.



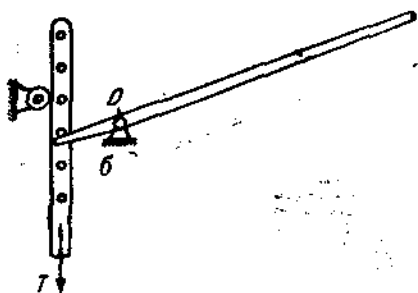
Фиг. 44.

К простейшим подъемным механизмам относятся также винтовые штанги $ш_1, ш_2$ (фиг. 47), ввинчиваемые для подъема щитов во втулки B_1, B_2 , прикрепленные к щитам. Вращение штанг производят рычагами, надеваемыми на штанги сверху. Штанги могут быть прикреплены к щитам наглухо, тогда подъем их производят посредством гаек $г$ (фиг. 48), имеющих внутри нарезки и извне рукоятки p_1, p_2 или зубцы, сцепляющиеся с зубчатыми передачами (фиг. 40).

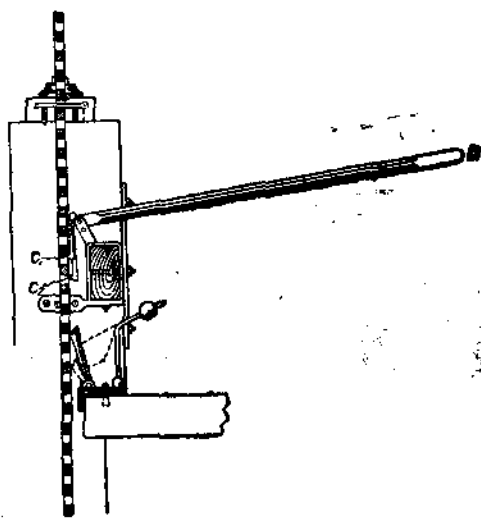
К более сложным механизмам относятся: а) ворота (фиг. 49), на барабаны которых навивают канаты с кольцами, захватывающими внизу за крюки, отко-
ванные на железных полосах щитов, или б) лебедки с зубчатыми передачами,

приводящими в движение зубчатые штанги, прикрепленные к щитам (фиг. 50—водозаборное сооружение у Ратгаузена на р. Рейссе в Швейцарии). Ворота и лебедки делают либо стационарными, опирающимися на служебные мостики плотин (фиг. 50), либо катучими по рельсовым путям (фиг. 51), уложенным на таких же служебных мостиках.

Еще более сложными механизмами являются краны (фиг. 52-а—плотина у Сюрена и фиг. 52-б—плотина ст-цы Кочетовской на р. Дон), оборудованные ручными лебедками, приводящими в движение штанги. Последние снабжают внизу 1) либо крюками, которыми захватывают либо за скобы



Фиг. 45.



Фиг. 46.

на железной оковке щитов Булз, либо [петлями, зацепляемыми за крюки на поковках щитов первого типа, и 2) приливами Π_1, Π_2 , служащими для осаживания щитов при опускании. Для укладки щитов на отвозящие тележки (фиг. 53) краны снабжают легкими коромыслами, поворачиваемыми на вертикальных осях.

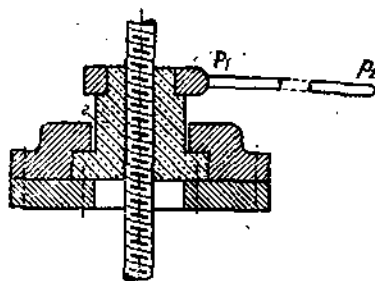
Подъемные краны передвигают большей частью вручную по рельсам колеи 0,9—1,2 м, уложенным по служебным мостикам плотин. Рельсы берут обычно Виньольевского типа весом 15—20 кг в 1 пог. м, и реже иных фасонных типов.

Усилие, необходимое для начального подъема щитов, выражают формулой:

$$T = f D + f_0 G_{\text{щ}} \sin \alpha + G_{\text{щ}} \cos \alpha; \quad (28)$$



Фиг. 47.



Фиг. 48.

где f — коэффициент трения щита в пазах, принимаемый для неокованных щитов, движущихся по железным упорным поверхностям = 0,65,

D — давление воды на щит,

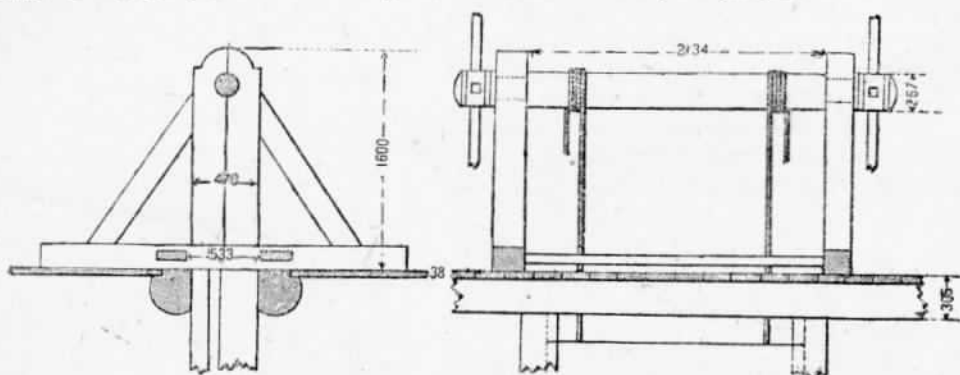
$G_{\text{щ}}$ — вес щита (фиг. 54),

α — угол, составленный упорными поверхностями с вертикалью.

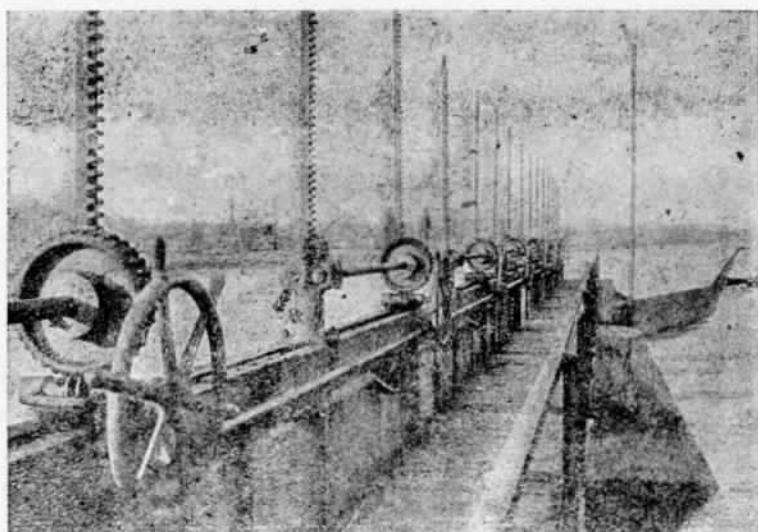
Для облегчения подъема щитов их иногда оковывают по плоскостям прилегания к пазам железом, врезанным заподлицо с плоскостью щитов. Так как в этом

случае плоскости прилегания не могут быть сделаны вполне гладкими, то коэффициент f может быть снижен лишь до 0,45.

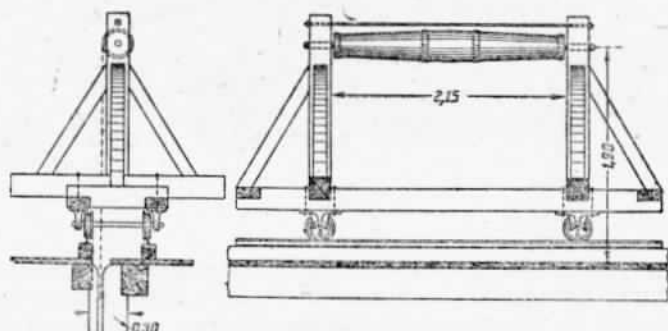
Для той же цели щиты делают также катучими (плотины на р. Сегре в Испании и на р. Оседж в Миссури США), устраивая их по типу, аналогично показанному на фиг. 29.



Фиг. 49.



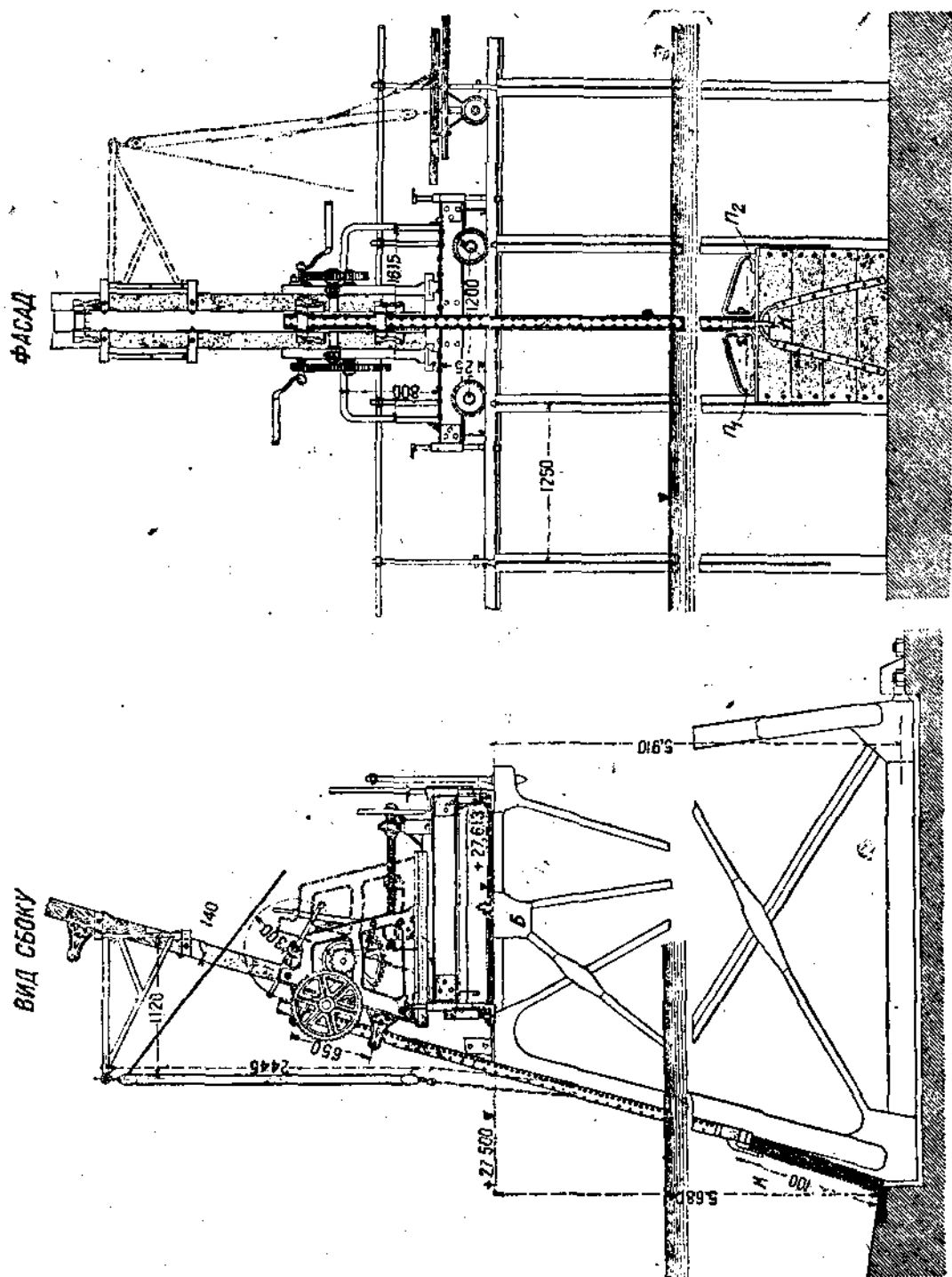
Фиг. 50.



Фиг. 51.

Для еще большего облегчения [подъема щитов этого типа, закрывающих отверстия плотин на р. Сене и Люэн во Франции, щиты были оперты в виде опыта на катки с шариковыми вкладышами (фиг. 55). Последние, хотя и оправдали себя в отношении легкости подъема щитов, но, вызывая некоторые усложнения в конструкции щитов и поддерживающих их частей, не дали той водонепроницаемости, которая может быть достигнута посредством щитов без катков.

Катучие подъемные механизмы, служащие для подъема щитов, должны обладать достаточной устойчивостью во время подъема, когда последние подвер-



Фиг. 52.

гаются наибольшему давлению воды, причем эта устойчивость должна быть обеспечена также при действии на механизмы ветра со стороны нижнего бьефа.

Условие устойчивости их выражается превышением момента веса механизмов относительно головки рельса, обращенного в сторону верхнего бьефа, над

моментом всех сил, действующих на механизм относительно той же головки. Это условие может быть выражено следующим образом:

$$G_k g_k > \max T \cdot a + S \cdot s, \quad (29)$$

или

$$G_k = k \frac{\max T \cdot a + S s}{g_k}, \quad (30)$$



Фиг. 52-6.

где: G_k — искомый вес лебедки или крана (фиг. 54),

k — коэффициент запаса, принимаемый около 1,25,

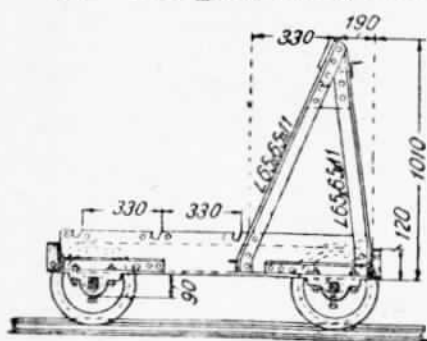
a — плечо тягового усилия относительно той же головки рельса,

S — наибольшее давление ветра на подъемный механизм, определяемое выражением $\epsilon F p_0$,

где: F — проекция на вертикальную плоскость, параллельную длине плотины внешнего очертания лебедки или крана вместе с его тележкой,

ϵ — коэффициент, учитывающий наличие внутри площади F сквозных пространств и принимаемый в пределах от 0,35 до 0,60, в зависимости от конструкции лебедки или крана,

p_0 — давление ветра на 1 м^2 поверхности лебедки или крана, принимаемое в



Фиг. 53.

зависимости от степени защищенности местности,

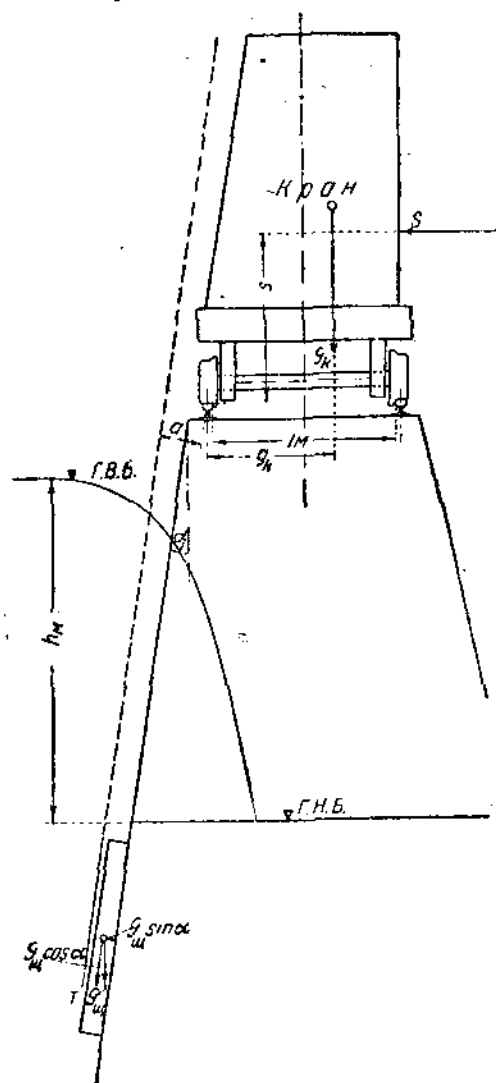
s — плечо силы S ,

g_k — плечо силы G_k , определяемое в зависимости от расположения частей механизма.

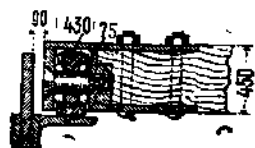
Если вес механизма, определенный по формуле (30), окажется чрезмерно большим, он должен быть перераспределен так, чтобы достичь увеличения плеча g_k . Если же это окажется невозможным, — механизм должен быть снабжен противовесом.

Следует иметь в виду, что наличие тяжелых противовесов заставляет усиливать часть рельсового пути, обращенную в сторону нижнего бьефа, а также

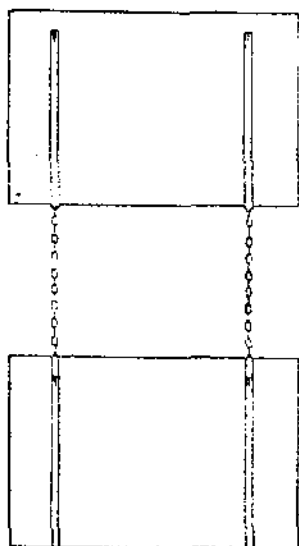
поддерживающие ее конструкции. Во избежание этого можно применять противовесы, передвигаемые перед проходом механизма по плотине в плоскости перпендикулярной оси плотины. Если противовесов не применяют, то во время вытаскивания щитов колеса тележек механизмов, обращенные в сторону нижнего бьефа, захватывают особыми захватами 3 (фиг. 52-а) за рельсы. Применение передвигающихся противовесов и захватов, вследствие усложнения конструкции поддерживающих частей затворов, не желательно и его следует по возможности избегать.



Фиг. 54.



Фиг. 55.



Фиг. 56.

Для ускорения подъема щитов верхние щиты иногда связывают с нижними (фиг. 56). Тогда, подняв верхний щит, одновременно подтягивают и нижний, после этого верхний убирают в сторону. Нижний щит во время уборки верхнего опуститься не может, так как он прижимается к пазам давлением воды верхнего бьефа.

Если по водохозяйственным требованиям или для пропуска жидкого или твердого расходов, например для промывания верхнего бьефа от накопившихся наносов, приходится маневрировать одним из нижних щитов, не трогая верхних, щиты располагают разных плоскостях, по способу, показанному на (фиг. 57).

Чтобы не увеличивать продолжительности укладки и удаления щитов их оставляют в отверстиях, но тогда они могут заграждать отверстия, что не всякий раз может быть допущено, например в тех случаях когда требуется пропускать через отверстия плоты. В этих случаях, чтобы не устраивать служебных мостиков на большой высоте, применяют щиты составного типа, устроенные в нижних частях они (фиг. 58— плотина у Шарлотенбурга на р. Шпрее) поворачивающимися на шарнирах относительно верхних осей. Тогда, вынув щиты, можно нижнюю часть посредством прикрепленных к ней канатов повернуть под верхнюю и освободить отверстие. В случае надобности можно также и весь щит повернуть под мост.

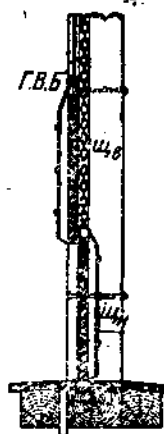
§ 13. Спицы

Спицы представляют собой вертикальные или слабо наклоненные к вертикали под уклоном (примерно 1 на 3—5) брусья (фиг. 59), большей частью деревянные из соснового, реже из дубового дерева, прямоугольного поперечного сечения, близкого к квадратному, поставленные для поддержания подпора вплотную одна к другой.

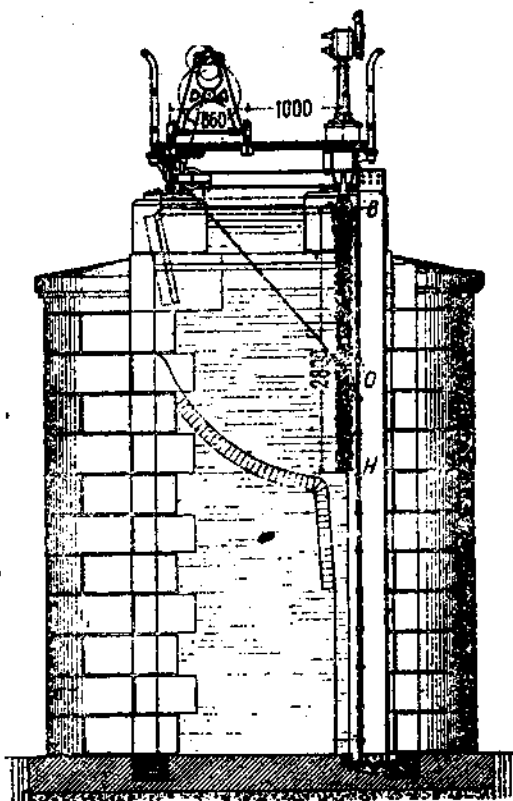
Снизу спицы опирают на флютбет, а сверху на поддерживающие части. Будучи уперты внизу на флютбет, они передают ему большую часть давления воды и облегчают поддерживающие части.

Сверху спицы опирают на деревянные или металлические горизонтальные упорные балочки b (фиг. 60) (франц. *bagne*, немецк. *Nadellehne*), которых спицы охватывают металлическими крюками, k , прикрепленными к спицам; крюки называют по имени их изобретателя—крюками Гюймена; балочкам дают круглые сечения.

Назначение крюков заключается в удержании спиц в тот момент, когда пос-



Фиг. 57.



Фиг. 58.

ледние сняты с упора на флютбет. Благодаря наличию крюков спицы не могут быть вынесены напором воды в нижний бьеф и могут быть подняты на верх плотины.

Сверху спицы оканчиваются ручками, скобами c (фиг. 61) или кольцами, служащими для захвата их, либо рабочими, стоящими на служебных мостиках, устроенных на поддерживающих частях, либо механическими приспособлениями. В САСШ маневры со спицами делают также с понтонов или плотов, плавающих в верхнем бьефе.

Толщину спицы определяют из условия прочного сопротивления на изгиб под действием давления воды по формуле:

$$\frac{\max M_{\max}}{R_{\max}} = \frac{b\delta^3}{6}, \quad (31)$$

где: b — ширина спицы,
 δ — ее толщина.

Прочие обозначения прежние.

Наибольший изгибающий момент ($\max M_{\max}$) обычно имеет место в сечениях, находящихся выше горизонта нижнего бьефа; его определяют следующим образом: пренебрегая влиянием собственного веса спицы, вследствие его малости, изгибающий момент ($M_{\max}$) в сечениях на глубине x , ниже горизонта верхнего бьефа (фиг. 62) выражается следующим образом:

$$M_{\max} = A(x_0 + a) \sec \alpha - \frac{\gamma_0 b x_0^3 \sec^2 \alpha}{6}, \quad (32)$$

где:

A — реакция упорной балочки,

a — высота ее оси над горизонтом верхнего бьефа, принимаемая примерно от 0,3 до 0,5 м,

α — угол наклона спицы к вертикали,

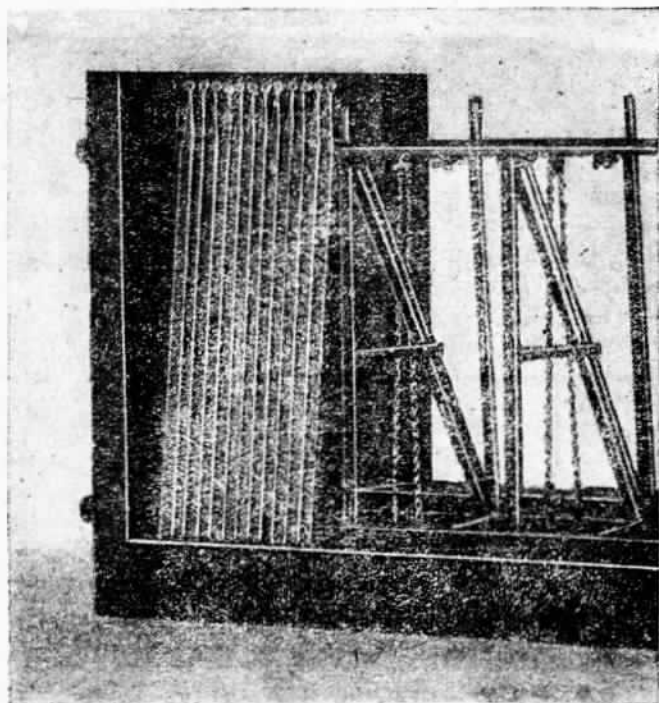
b — ширина спицы.

Прочие обозначения прежние.

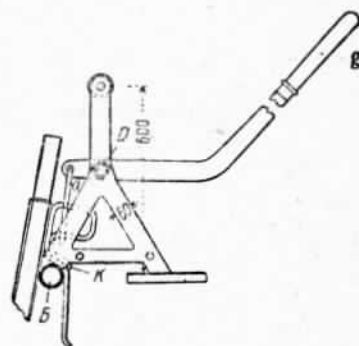
Реакцию упорной балочки (A) определяют из уравнения:

$$\Sigma M = 0, \quad (33)$$

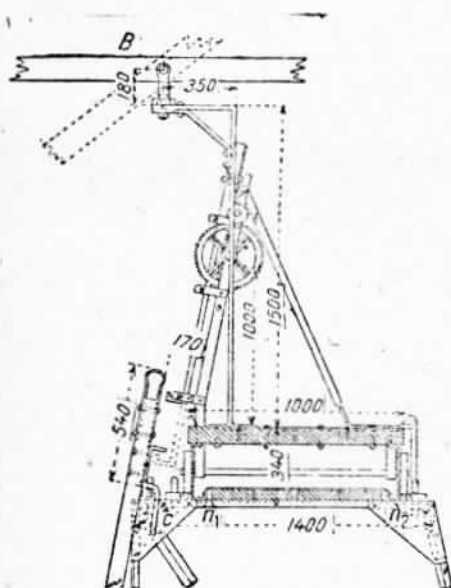
взятого относительно нижней опоры спицы, из кото-



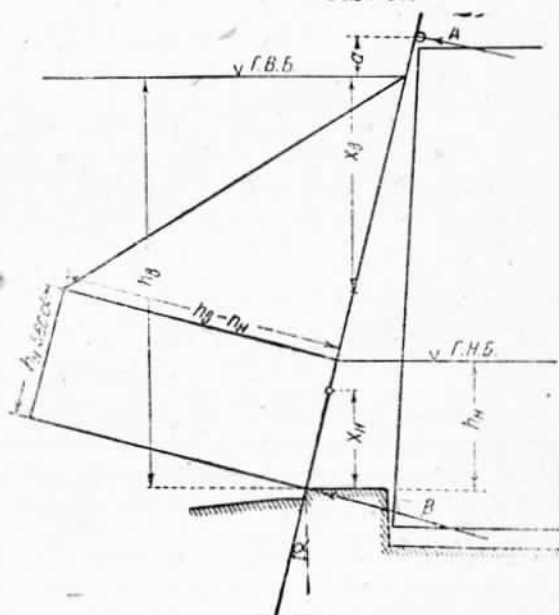
Фиг. 59.



Фиг. 60.



Фиг. 61.



Фиг. 62.

рого получают:

$$A = \frac{\gamma_0 b (h_g^3 - h_n^3) \sec \alpha}{6 (h_g + a)}, \quad (34)$$

где:

h_g — высота слоя воды в верхнем бьефе над нижним упором спицы,
 h_n — " " " " нижнем " " " " " " " " " " " "

Прочие обозначения прежние.

Положение сечения, в котором имеет место $\max M_{\text{виз}}$, определяется глубиной:

$$x_s = \sqrt{\frac{2A}{\gamma_0 b \sec \alpha}}. \quad (35)$$

Подставляя значение x_s и A в формулу (32), получают:

$$\max M_{\text{виз}} = \frac{\gamma_0 b (h_s^3 - h_n^3) \sec^2 \alpha}{6 (h_s + a)} \left[a + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{h_s^3 - h_n^3}{3 (h_s + a)}} \right], \quad (36)$$

и, наконец, подставляя значение $\max M_{\text{виз}}$ в формулу (31), находят:

$$\delta_{\text{из}} = \sqrt{\frac{\gamma_0 (h_s^3 - h_n^3) \sec^2 \alpha}{R_{\text{виз}} (h_s + a)}} \left[a + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{h_s^3 - h_n^3}{3 (h_s + a)}} \right]. \quad (37)$$

В последних формулах при $\gamma_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$, h_s , h_n и a , в м, δ в см.

В случае отсутствия в нижнем бьефе воды $h_n = 0$, тогда:

$$\delta = \sqrt{\frac{\gamma_0 h_s^3 \sec^2 \alpha}{R_{\text{виз}} (h_s + a)}} \left[a + \frac{2}{3} h_s \sqrt{\frac{h_s}{3 (h_s + a)}} \right]. \quad (38)$$

Если пренебречь величиной a , вследствие ее малости, и положить $\sec^2 \alpha = 1,1$, то

$$\delta = 20,6 h_s \sqrt{\frac{h_s}{R_{\text{виз}}}}. \quad (39)$$

Если $x_s > h_s - h_n$, то $\max M_{\text{виз}}$ имеет место в сечении ниже горизонта нижнего бьефа и определяется следующим образом: $M_{\text{виз}}$ в сечении на глубине $h_s - x_n$:

$$M_{x_n} = B x_n \sec \alpha - \frac{\gamma_0 b x_n^3 \sec^2 \alpha (h_s - h_n)}{2}, \quad (40)$$

где:

B — реакция нижней опоры спицы, равная $D - A$, где D — давление воды на спицу:

$$B = \frac{\gamma_0 b \sec \alpha (h_s^2 - h_n^2)}{2}. \quad (41)$$

Прочие обозначения прежние.

$\max M_{\text{виз}}$, аналогично предыдущему, имеет место в сечении, для которого

$$x_n = \frac{B}{\gamma_0 b \sec \alpha (h_s - h_n)}; \quad (42)$$

тогда:

$$\max M_{\text{виз}} = \frac{B^2}{2 \gamma_0 b (h_s - h_n)} \quad (43)$$

и

$$\delta = \frac{B}{b} \sqrt{\frac{3}{\gamma_0 R_{\text{виз}} (h_s - h_n)}}. \quad (44)$$

Для закрытия отверстий значительной высоты спицы должны быть весьма тяжелыми и могут требовать для маневрирования ими большого труда, вследствие этого обычно стремятся по возможности уменьшить их вес. Для этой цели им дают формы, приближающиеся к форме брусьев равного сопротивления изгибу (фиг. 63 — плотины №№ 1 и 2 на р. Биг-Зевди в Кевтукки САСШ), и уменьшают их ширину b , беря ее примерно в среднем по длине спиц в сечении, приблизительно в полтора раза меньше толщины того же сечения. Толщину спиц на опорах обычно берут не меньше 5 см.

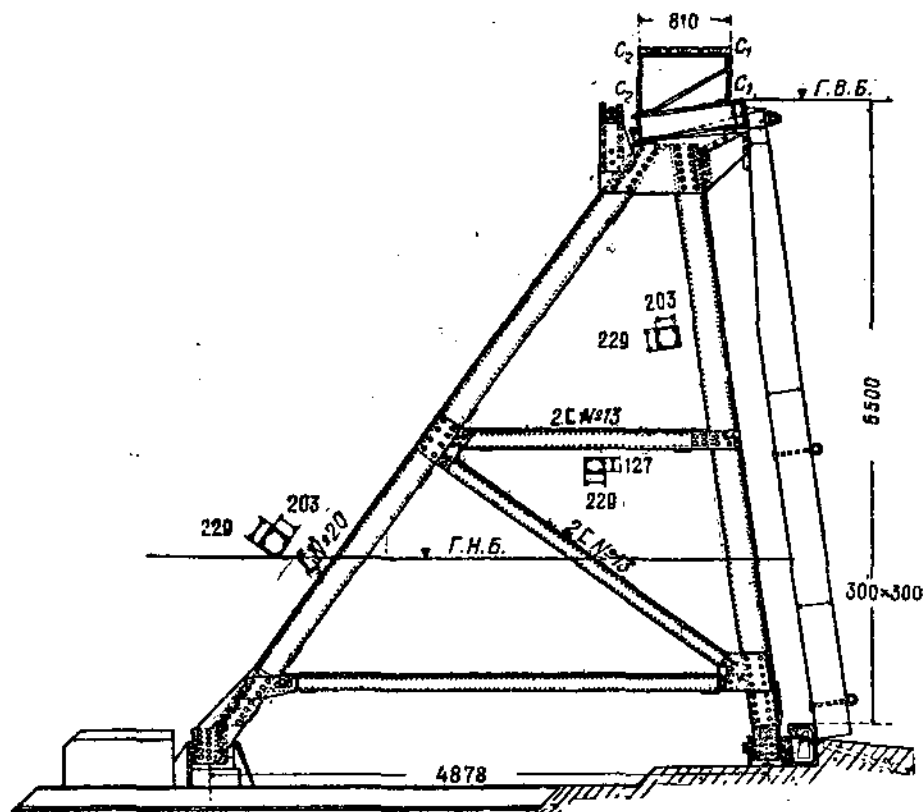
Значительного уменьшения размеров, а следовательно и веса спиц, достигают поддерживая их в нескольких местах по высоте, но по условиям работы и конструирования затворов это не всегда бывает возможным. Голшей частью это можно делать в затворах временного типа, например в ремснговых (фиг. 306, части I-ой).

Усилие, необходимое для начала подъема спиц, определяется выражением:

$$T = f \left[\frac{\gamma_0 b (h_s^2 - h_n^2) \sec \alpha}{2} + G_s \sin \alpha \right] + G_s \cos \alpha, \quad (45)$$

где:

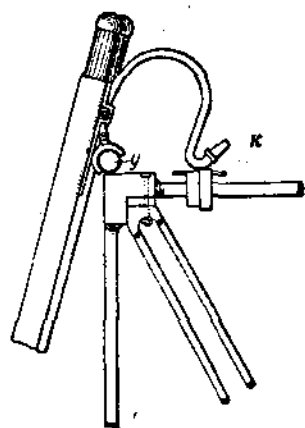
f — коэффициент трения спицы по упорным поверхностям, принимаемый при наличии оковки спицы и обделки железом порога флютбета не менее 0,35,
 G_s — вес спицы.



Фиг. 63.

Прочие обозначения прежние.

Для спиц обычных размеров длиной от 3,5 до 5,5 м подъемные усилия настолько значительны, что подъем спиц вручную становится невозможным. В этих случаях прибегают к рычажным приспособлениям, короткие плечи которых Oa (фиг. 60) снабжают серьгами, заводимыми под выступы на крюках Гюйемена, а на длинные плечи Og действуют рабочие своим весом.



Фиг. 64.

Для маневрирования спицами некоторых плотин (например на р. Фульде в Германии) применяют крюки системы Грeve (фиг. 64), имеющие форму лебединой шеи; ими снабжают не все спицы, а только некоторые из них, примерно через две или через три. Те из спиц, которые управляют этими крюками, делают без крюков Гюйемена, но к смежным с ними крюки Гюйемена прикрепляют.

Крюки Грeve цапфами упирают на упорные балочки y , а на другом конце снабжают коническими выступами k , в которые вводят отрезки газовых труб, исполняющих роль длинных плеч рычагов.

Рабочие, отводя в сторону бьефа концы газовых труб, преодолевают напор воды, действующий на спицы, и выдвигают их в верхний бьеф, вследствие чего образуется достаточное широкое отверстие для протекания воды в

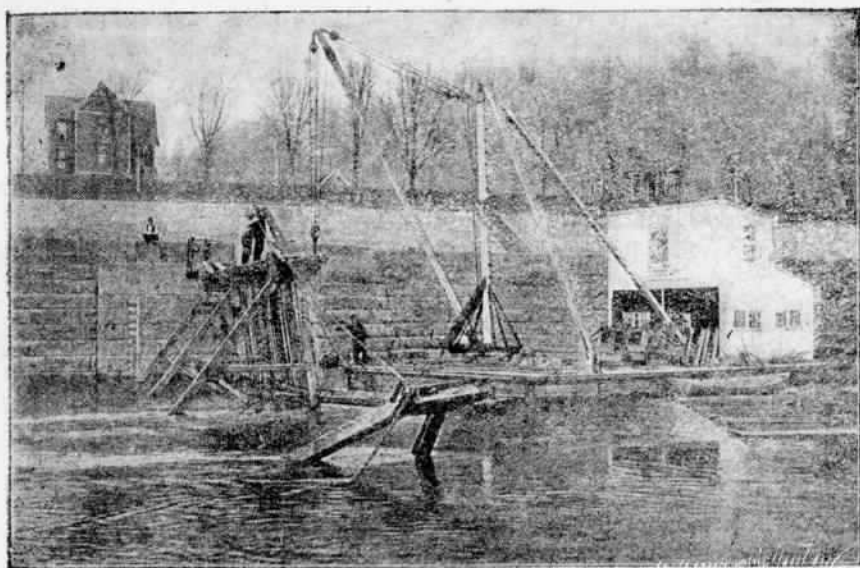


Фиг. 65.

нижний бьеф. Чтобы это отверстие не могло быть сужено спицами, стоящими рядом с выдвинутыми в верхний бьеф, крюки Грeve снабжают приливами, препятствующими соседним спицам сближаться.

Для большей плотности слицевого заграждения спицам, управляемым крюками Грeve, дают иногда трапециевидные поперечные сечения (фиг. 65), благодаря которым они действуют на соседние спицы в виде клиньев.

Более длинные и тяжелые спицы поднимают и устанавливают кранами, которые располагают либо на катучих тележках, передвигаемых по служебным мостикам, укрепленным на затворах (фиг. 61), либо, как принято в Америке,



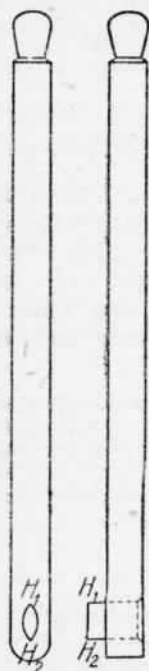
Фиг. 66.

на судах, плавающих в верхнем бьефе. В последнем случае краны образуют в виде укосин, поворачиваемых на вертикальных осях (фиг. 66—вторая плотина у Луизы на р. Биг-Зенди). Сверху укосины снабжают блоками, через которые пропускают канаты для захвата спиц.

Операции по удалению и установке спиц занимают обычно немало времени, требуя, например, на подъем 100 спиц не меньше 15 мин., что составляет около 1 мин. на 1 пог. м затвора; следовательно возможность применения спиц для быстрого пропуска паводков исключается.

Регулирование спицами горизонтов воды верхнего бьефа в значительных размерах (крупное регулирование) может быть выполнено спицами лишь посредством особых приспособлений, позволяющих удалять из заграждения сразу по нескольку спиц. Устройство этих приспособлений описывается в главе 1.

Чтобы при помощи спиц достичь возможно большей плотности заграждения, боковые поверхности их остругивают особо тщательно. Во время установки их сдвигают вплотную одна к другой; для этого пользуются рычажным прибором с овальной надставкой H_1 H_2 (фиг. 67) на нижнем конце. Пропуская надставку в промежуток между спицами и вращая рычаг в плоскости заграждения то в одну, то в другую сторону, одну спицу подвигают к другой. Остающийся после подвижки нескольких спиц промежуток закрывают спицей квадратного сечения, располагаемого одной из диагоналей параллельно заграждению (фиг. 68).



Фиг. 67.



Фиг. 68.

промежутки, через которые может просачиваться вода. В таких случаях перед спицами отсыпают золу, шлак, хвойные иглы и мелкие ветки или покрывают просмоленной парусиной или даже шторами. Эти способы однако не решают вопроса о достижении спицами такой же плотности заграждения, которая дости-

гается щитками или щитами. По этой причине спицы применяют лишь в тех случаях, когда особой водонепроницаемости ограждения не требуется.

Деревянные спицы для закрытия высоких отверстий и для поддержания подпоров более 3,50 м, вследствие их значительного веса, мало удобны в эксплуатации и уступают металлическим пустотелым, позволяющим закрывать высоты примерно до 7,0—7,5 м. Спицы же металлические удаляют и устанавливают обычно при помощи кранов.

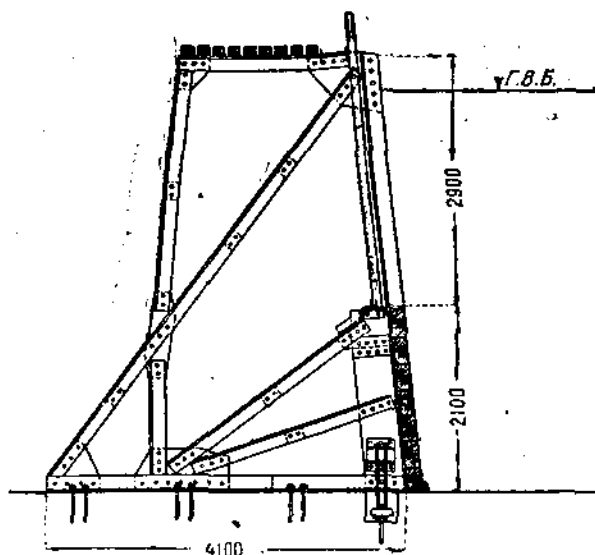
§ 14. Вододерживающие конструкции смешанных типов

Описанные в §§ 10—13 конструкции применяют также в различных сочетаниях. Можно указать: 1) на сочетание деревянных щитов обычного размера со щитами малой ширины (см. фиг. 43, 6 и 47), располагаемых над первыми, — для мелкого регулирования горизонтами воды верхнего бьефа, 2) на затворы, образованные последовательными вертикальными рядами штор и щитов (фиг. 44) и наконец 3) спицами и шандорами подобно тому, как сделано для закрытия отверстий нижних плотин на р. Скиен в Норвегии (фиг. 69 — плотина у Эйдсфос на этой реке) или спицами и шторами, как было указано на предыдущей странице.

Цель применения конструкций этого типа заключается в использовании положительных свойств конструкций разных типов.

В заключение необходимо указать, что поддержание подпора описанными выше конструкциями во время навалок на них льда связано с большими затруднениями, так как эти конструкции не обладают достаточной прочностью, пропуск же мелкого льда посредством маневрирования ими возможен, но мало удобен посредством штор и спиц, так как в этом случае требуется раскрывать отверстие сверху донизу, в результате чего возможна утрата воды верхнего бьефа.

Все описанные конструкции, будучи составлены из некрупных частей, обладают весьма ценным для эксплуатации свойством: их можно без особого труда осматривать и в случае надобности заменять новыми.



Фиг. 69.

ЗАТВОРЫ, ПЕРЕДАЮЩИЕ ДАВЛЕНИЕ НА ОПОРЫ ПЛОТИН

ГЛАВА V

ПЛОСКИЕ ПОДЪЕМНЫЕ ОДНОПОЛОТНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ЗАТВОРЫ

§ 15. Основания устройства затворов

Затворов, передающих внешние силы только на устои и быки плотин, почти не существует. Некоторые затворы, в частности описываемые в данной главе, могут передавать на устои и быки большую часть этих сил, как то: давление воды, льда, наносов и плавающих предметов. Прочие же силы, к которым главным образом относится собственный вес затворов, они почти всегда передают на флютбет.

Поэтому под затворами, передающими внешние силы на устои и быки, в дальнейшем изложении разумеются затворы, передающие на них большую часть давления воды, льда, наносов и плавающих предметов и лишь некоторые из прочих сил.

Из предыдущей главы видно, что шандоры, шторы и щиты в тех случаях, когда закрывают открытые сверху отверстия, имеющие меньшие пролеты, чем предельные свободные длины этих конструкций, не нуждаются в каком-либо поддержании и передают давление от воды, льда, наносов и плавающих предметов на устои и быки непосредственно; но, если они закрывают отверстия более значительных пролетов, то должны быть поддержаны соответствующими конструкциями.

В тех случаях, когда конструкций описанных в §§ 10—14 применять почему либо невозможно, устраивают затворы, описываемые в данной главе и далее; из них описываемые в данной главе устраивают таким образом, что ими можно закрывать значительно более широкие отверстия, чем описанными в §§ 10—14 без поддерживающих частей, однако ширина закрываемых ими отверстий ограничена в пределах до 30 м. Конечно, возможность закрывать ими узкие отверстия также не исключается. Если же затворами, служащими для закрытия небольших пролетов, закрывают широкие отверстия, то их опирают на особые поддерживающие части (см. гл. 13).

Плоские подъемные затворы применяют как для постоянного закрытия отверстий, требуемого при обычных условиях работы плотин, так и для временного (например на время постройки или ремонта плотин, или для предохранения постоянно действующих затворов от случайных повреждений (см. стр. 20).

Их образуют из водоудерживающей конструкции НЗ (фиг. 70—плотина у Оксфорда на р. Катоубе в Северной Каролине САСШ), располагаемой почти всегда в вертикальной плоскости и устраиваемой большей частью из плоского, реже из лоткового железа (фиг. 71—Иолотанская и Султанбентская плотины на р. Мургабе), а также из досок или из брусьев. Водоудерживающие конструкции прикрепляют к поддерживающим частям, в основном состоящим из горизонтальных балок $z, z', z_1, z_1', z_2, z_2', \dots, z_n, z_n'$ (фиг. 70) или из сквозных ферм $\phi\phi', \phi_1\phi_1', \phi_2\phi_2', \dots, \phi_n\phi_n'$ (фиг. 71). Водоудерживающие конструкции их называют обшивкой, а поддерживающие части—остовом.

Обшивка вместе с остовом образует единое тело, не разбираемое по частям, когда надо открывать отверстие. Его называют плоским затвором или

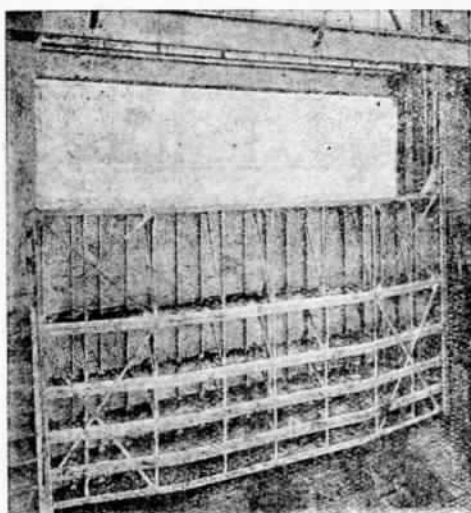
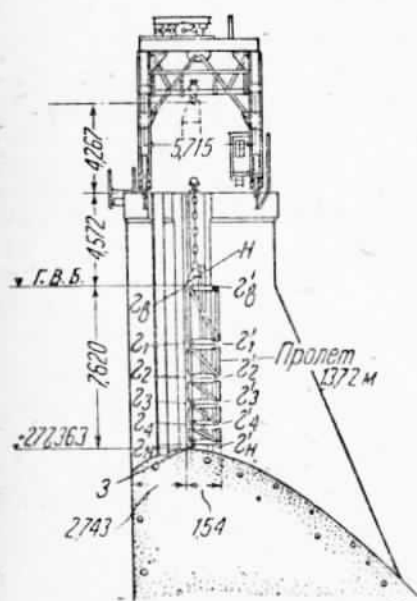
плоским щитом. Так как для открытия отверстия затвор поднимают над флютбетом, то его называют также подъемным.

При помощи затворов этого типа можно закрывать отверстия не только значительно больших пролетов, чем щитами, описанными в § 12, Б, но значительно большей высоты и подвергающихся значительно большему подпору и притом не только одностороннему, но и двустороннему.

Их применяют как для закрытия водоспускных и водоподъемных плотин, так и для закрытия отверстий, устраиваемых в плотинах прочих типов или возле плотин.

Закрываемые ими отверстия могут быть как открытыми, так и закрытыми сверху; в последнем случае закрытие верхнего бьефа осуществляют телом плотины или забральными стенками. Если применяют последние, то затворы передают давления также и на них—и затем через их посредство—на опоры плотин.

Открытые сверху отверстия закрывают затворами от флютбета до горизонта, зависящего от того, допускается ли постоянное переливание воды через верх затвора или не допускается.



Фиг. 70.

В первом случае верх затворов располагают на уровне, обеспечивающем свободное переливание воды, толщину слоя которой определяют, рассматривая протекание ее как через водослив; во втором случае, располагают по крайней мере на 0,1 м выше самого высокого горизонта верхнего бьефа.

Закрытие отверстий плотин делают либо при помощи одного затвора (фиг. 70 и 71), либо при помощи нескольких, располагаемых примерно в одной (фиг. 72—водоспускное отверстие плотины Волховской гидростанции), или в двух вертикальных плоскостях (фиг. 21). Во втором случае для пропуска воды, льда или плавающих предметов верхние части их устраивают также опускаемыми.

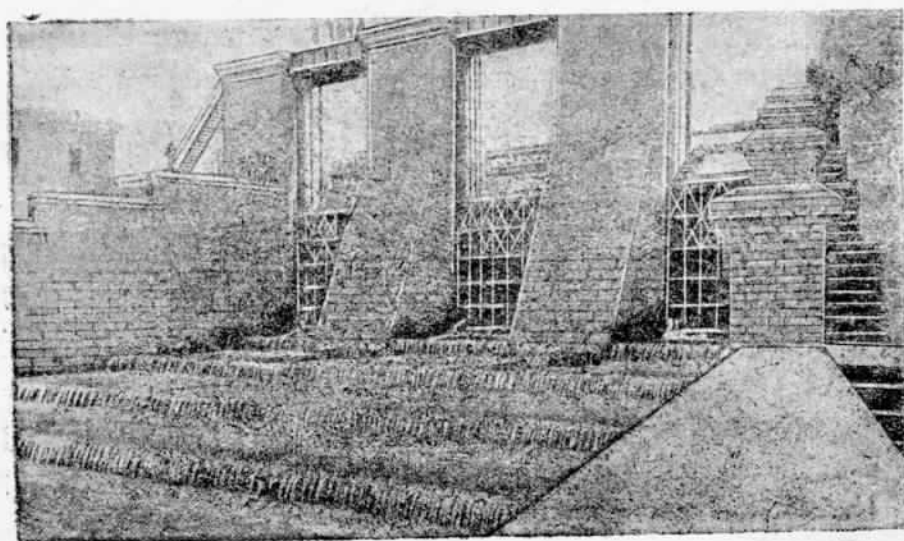
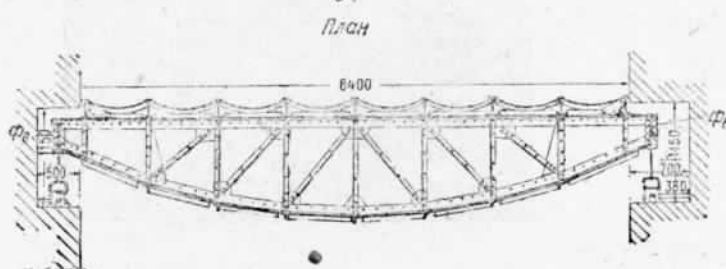
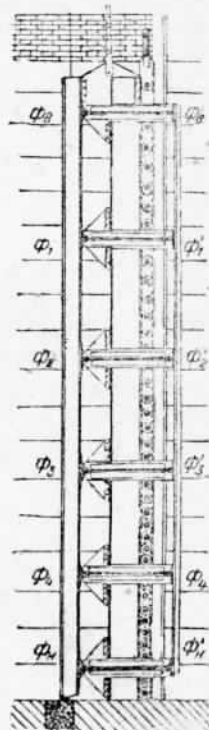
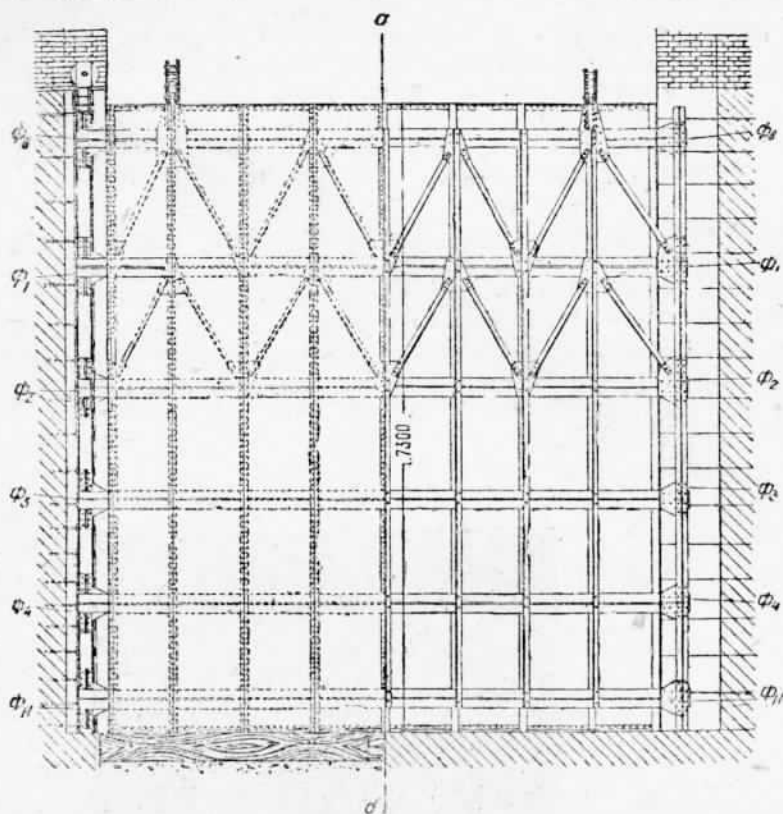
Затворы, состоящие из многих частей небольшой высоты (фиг. 72—левый затвор) и располагаемые одной частью непосредственно над другой, называют шандорами:

Плоские подъемные затворы подразделяют в зависимости от материала, из которого они сделаны, на:

- 1) металлические,
- 2) железобетонные и

Вид со стороны верхнего бьефа

Вид со стороны нижнего бьефа



Фиг. 71

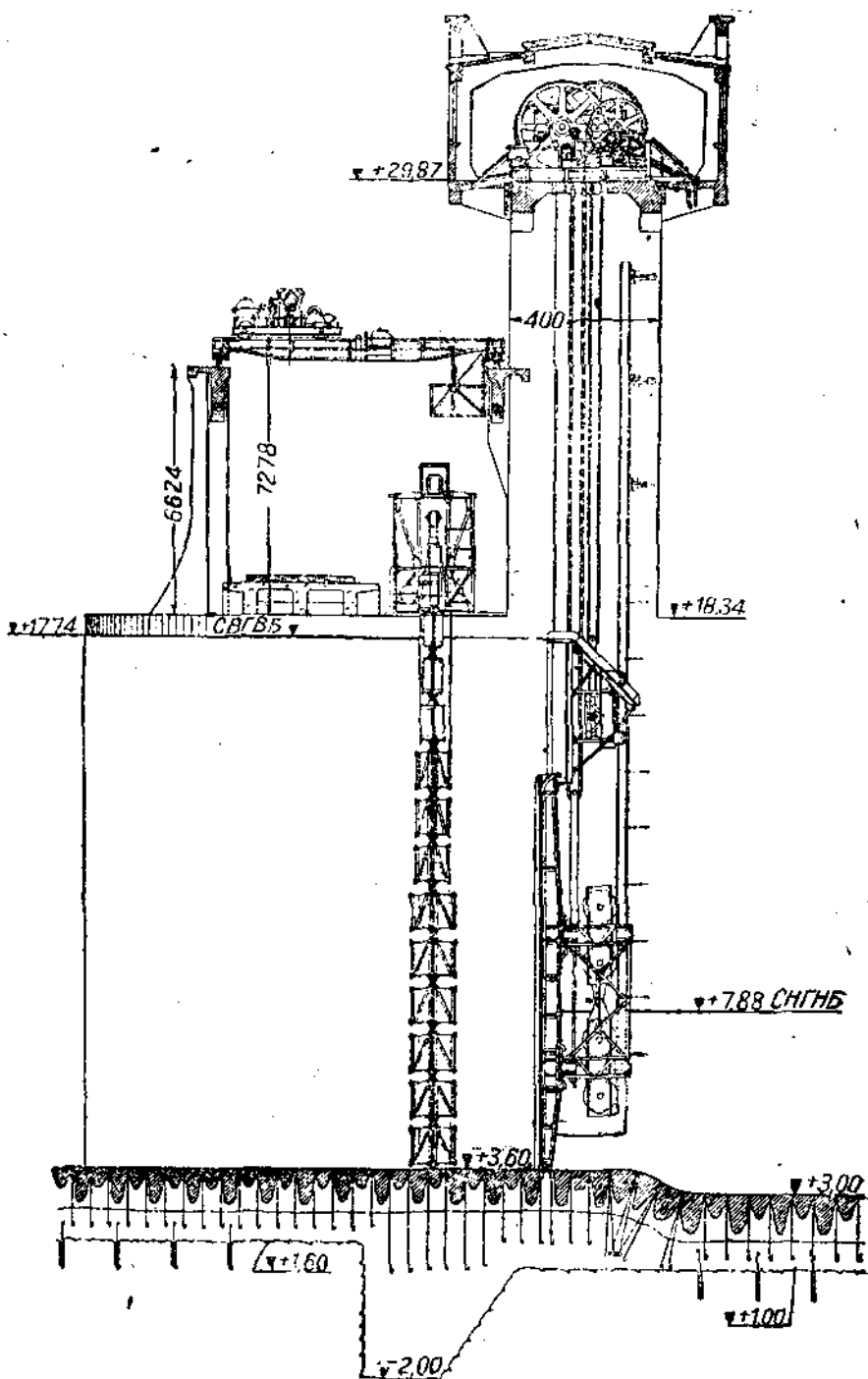
3) сделанные из нескольких материалов, преимущественно из дерева и металла.

Остов металлических затворов образуют не меньше, чем из двух горизонтальных балок или ферм, которые связывают по концам вертикальными связями (фиг. 73), называемыми концевыми или опорными стойками. Балки или фермы называют ригелями. Вместе с концевыми стойками они образуют прямоугольник, который называют рамой, верхний ригель ее называют верхним рамным а нижний—нижним рамным.

Для приведения частей рамы в надлежащую жесткость и для поддержания обшивки, которую составляют из отдельных частей, имеющих ограниченные размеры в длину, ширину и толщину, части рамы обычно связывают, посредством разного рода скреплений, называемых заполнением рамы.

Заполнение делают преимущественно горизонтальными элементами (фиг. 70, 71 и 73), называемыми ригелями, реже вертикальными, называемыми стойками (фиг. 74,—плотина у Гербрума на р. Эмсе); в первом случае остов и самый затвор называют ригельным, а во втором—стоечным.

В большинстве случаев одних ригелей или одних стоек является недостаточным, чтобы дать остову необходимую жесткость, а прикрепляемой к нему



Фиг. 72.

обшивке—надлежащее поддержание. Ных затворов вводят вертикальные называемые промежуточными

Поэтому между ригелями остовов ригель-промежуточные элементы (фиг. 70 и 73), стойками, а между стойками стоечных вводят горизонтальные (фиг. 72 и 74), называемые промежуточными и ригелями. В таких случаях ригели, сделанные непрерывными между концевыми стойками, и стойки между рамными ригелями, в отличие от промежуточных, называют основными или главными.

Заполнение располагают либо внутри рам (фиг. 70, и 75—плотина Днепровской гидроэлектростанции), либо впереди их, со стороны верхнего бьефа (фиг. 71 и 72).

Части стоек иногда выпускают вверх и вниз за очертания рам (фиг. 72), а также сверху и снизу рам устраивают пристройки (фиг. 75), располагаемые примерно в тех же плоскостях, в которых расположены и заполнения.

Передача давлений от воды, льда, наносов и плавающих предметов на концевые стойки ригельных затворов и далее на устои и—быки происходит посредством всех ригелей, а на те же стойки стоечных затворов—посредством рамных.

Передачу на устои и на быки делают либо посредством прикрепленных к затворам подушек или колес (фиг. 72), либо посредством катков (фиг. 71 и 74).

§ 16. Обшивка затворов

Деревянную обшивку делают предпочтительно из досок, реже из брусьев, располагаемых вертикально или горизонтально (фиг. 76—плотина у Норвича на р. Вивер в Англии). Доски и брусья соединяют достаточно плотно между собой; для этой цели по поверхностям взаимного прилегания их обрабатывают либо в пол-дерева, либо шпунтом и пазом.

Деревянную обшивку применяют для затворов небольших размеров, для больших же—берут металлическую. Последнюю делают преимущественно из листового железа толщиной около 8—12 мм. Применяют также меньшие и большие толщины, однако менее 6 мм и более 14 мм обычно не берут.

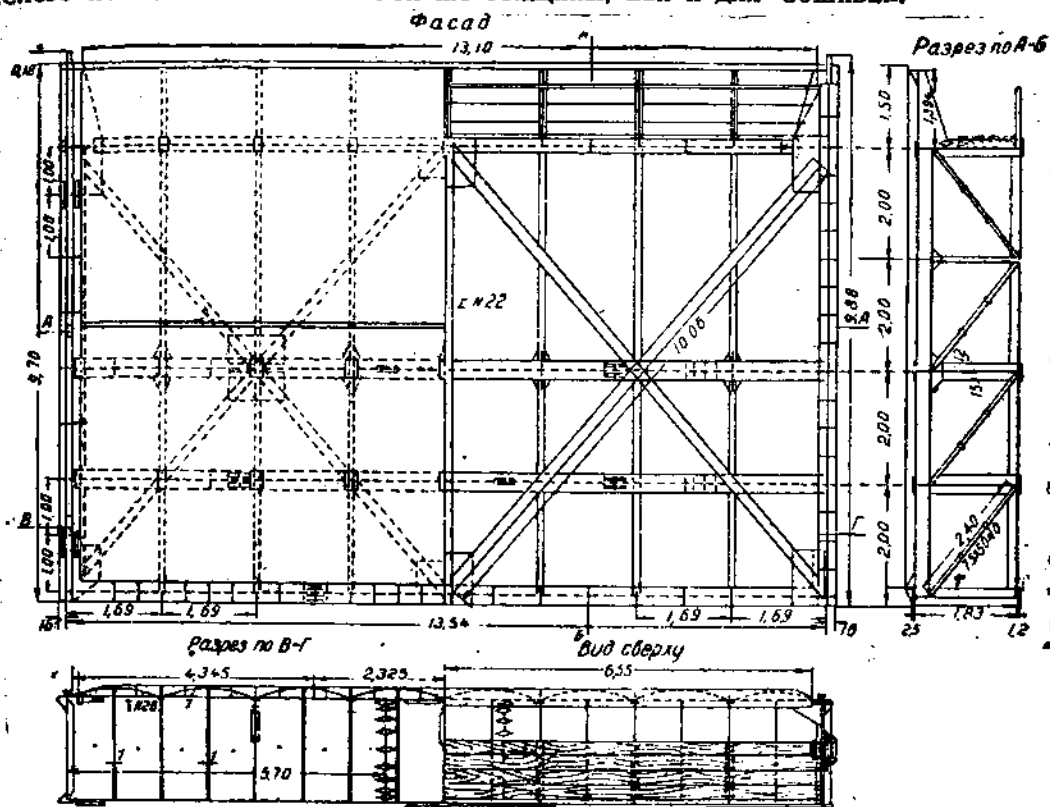
Металлическую обшивку вследствие ограниченности размеров листов делают из отдельных полос, располагаемых в ригельных затворах длинной стороной горизонтально, а в стоечных—вертикально.

Наибольшие размеры листов по длине и ширине ограничены у нас размерами стандартов, утвержденных Комитетом по стандартизации при СТО для обязательного руководства с 1 апреля 1927 г., приведенными в таблице 3.

Таблица 3

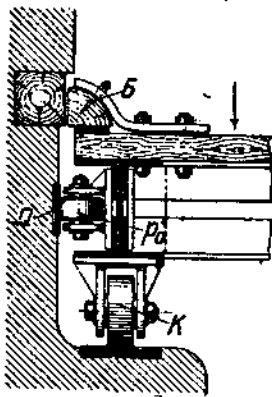
Толщина листов в мм	Ширина листов в мм		Длина листов в мм	
	Для заводов Урала	Для заводов юга и центра Союза	Для заводов Урала	Для заводов юга и центра Союза
От 5 до 9, вкл. . .	1400	1600	2800	6500
От 10 до 14, вкл. . .	1400	1850	2800	7500

Листы обшивки соединяют друг с другом внахлестку или впритык (фиг. 77), перекрывая во втором случае стыки накладками, для которых берут листовое железо по большей части такой же толщины, как и для обшивки.

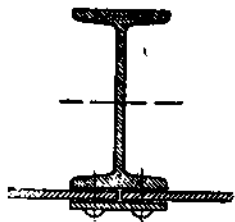


Фиг. 75.

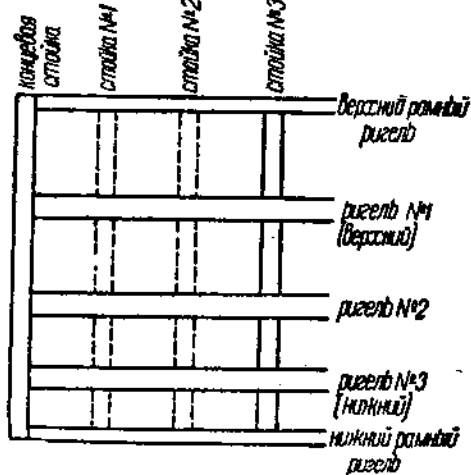
Так как обшивка должна обладать надлежащей плотностью, которая может быть недостаточной в стыках, последние должны быть исполнены с достаточной тщательностью; для этой цели кромки стыкуемых листов остругивают и плотно пригоняют одну к другой, а головки заклепок расчеканивают.



Фиг. 76:



Фиг. 77.

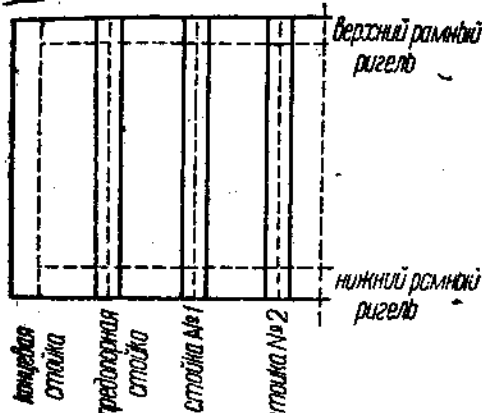


Фиг. 78.

Обшивки, находясь в соприкосновении с водой, подвергается ржавлению, соответственно с этим к толщине ее, определенной расчетом, добавляют некоторый запас (обычно около 1 мм) и кроме того ее покрывают составами, предохраняющими ее от ржавления, однако на практике оказалось, что эти составы

же могут предохранять в достаточной степени, вследствие чего покрытие или обшивки приходится периодически возобновлять.

Стыки обшивки больших затворов делают как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, соответственно с этим стыковые накладки обшивки ригельных затворов, прикрепляемые обычно к поясам ригелей, делают во всю длину затвора (фиг. 78), а накладки обшивки стоечных—во всю высоту (фиг. 79).



Фиг. 79.

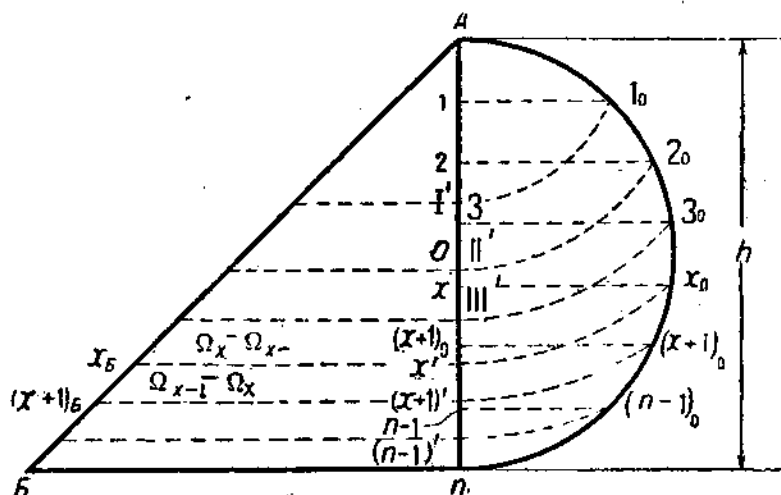
Соблюдая достаточную тщательность работы, можно получить плотность стыка, вполне обеспечивающую водонепроницаемость затвора. Это относится к стыкам обшивки, листы которой соединяют впритык, к соединяемым же внахлестку относится в меньшей степени.

§ 17. Схемы остовов

Остовы делают большей частью ригельного типа, и лишь в немногих случаях, при большом отношении длины затвора к его высоте—стоечного.

Так как наличие обшивки предельных размеров фиксирует расстояния между ригелями и стойками, то количество тех и других назначают, сообразуясь с этими размерами и с величиной воспринимаемого ими давления.

Размеры ригелей и стоек предпочитают брать по возможности одинаковыми. Для этого ригели располагают с таким расчетом, чтобы давление на каждый из них было по возможности также одинаковым. Стойки же располагают одна



Фиг. 80.

от другой на одинаковом расстоянии, и лишь ближайшие к опорным, называемые предопорными, иногда располагают ближе к опорным, чем к соседним. В частях ригельных затворов, подвергающихся большему давлению воды, ригели располагают чаще, чем в частях, подвергающихся меньшему.

Если затворы подвергаются давлению только со стороны верхнего бьефа, выражающемуся в случае совпадения оси верхнего рамного ригеля с горизонтом верхнего бьефа графически площадью $\Delta АБП$ (фиг. 80), то для предварительного назначения положения ригелей расстояния между ними могут быть определены как расстояния между центрами тяжести n равновеликих площадей, на которые должна быть разбита площадь $\Delta АБП$.

Разбивку производят следующим образом:

Высоту $Ап$ делят на n равных частей и из точки O , взятой на середине ее высоты, как из центра, радиусом $\frac{h}{2}$, описывают половину окружности круга, затем из точек $1, 2, 3 \dots x \dots (n-1)$ деления высоты на части $\frac{h}{n}, \frac{2h}{n}, \dots, \frac{xh}{n}, \dots, \frac{(n-1)h}{n}$ проводят линии, параллельные $Вп$, до пересечения с полуокружностью круга в точках $1_0, 2_0, 3_0 \dots x_0, \dots, (n-1)_0$; наконец, из точки A , как из центра, радиусами, равными $A1_0, A2_0 \dots Ax_0 \dots A(n-1)_0$, проводят окружности до пересечения с линией $Ап$. После этого из точек $1', 2' \dots x' \dots (n-1)'$ проводят линии, параллельные $Вп$, которые разделяют площадь $\triangle ABп$ на n равновеликих площадей.

Действительно для треугольника $Ax'x_B$ площадь его

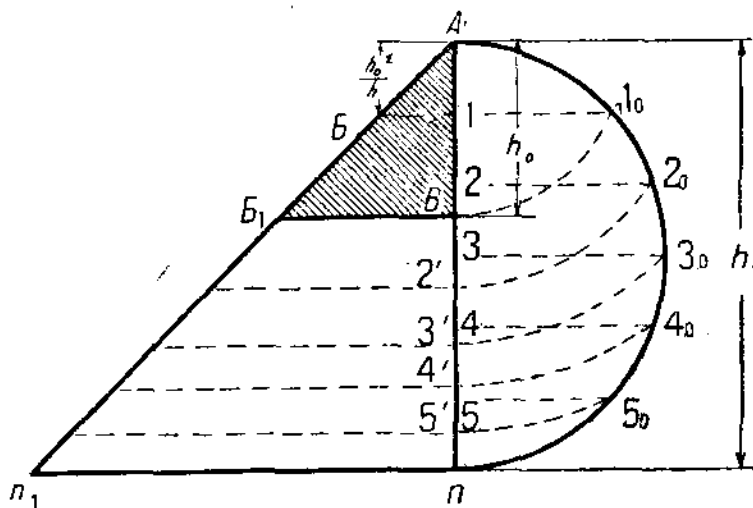
$$\Omega_x = \frac{(Ax')^2}{2}, \quad (46)$$

где

$$Ax' = h \sqrt{\frac{x}{n}} \quad (47)$$

тогда

$$\Omega_x = \frac{xh^2}{2n} \quad (48)$$



Фиг. 81.

Для следующего $\triangle A(x+1)'(x+1)_B$ площадь его

$$\Omega_{x+1} = \frac{[A(x+1)']^2}{2} \quad (49)$$

где:

$$A(x+1)' = h \sqrt{\frac{x+1}{n}} \quad (50)$$

тогда

$$\Omega_{x+1} = \frac{(x+1)h^2}{2n} \quad (51)$$

и

$$\Omega_{x+1} - \Omega_x = \frac{h^2}{2n} \quad (52)$$

Применяя это рассуждение для любого x от 1 до n , получают величину каждой из площадей, вырезанных из $\triangle ABп$ линиями типа $x'x_B$, равной $\frac{h^2}{2n}$ и следовательно равной одна другой.

Если горизонт верхнего бьефа возвышается над затвором на высоту h_0 (фиг. 81), то для разбивки площади трапеции $ВВ_1пп_1$ на n равновеликих площадей поступают следующим образом: продолжают высоту трапеции до пересечения с горизонтом верхнего бьефа в точке A и вниз от нее откладывают высоту $\frac{h_0^2}{h}$, соответствующую давлению, выражаемому графически площадью $\triangle ABE_1$.

Эта высота удобнее всего может быть отложена графически. Для этого на линии Al , как на диаметре, описывают полуокружность и из точки A , как из центра, радиусом $= AB$ проводят окружность до пересечения с полуокружностью в точке I_0 и затем из точки I_0 проводят линию, параллельную BB_1 до пересечения с линией AB в точке I ; тогда отрезок AI определяют из уравнения $AI \cdot h = h_0^2$, откуда;

$$AI = \frac{h_0^2}{h}. \quad (53)$$

После этого отрезок Ip делят на n равных отрезков и из точек деления проводят линии, параллельные BB_1 до пересечения с полуокружностью и далее поступают так же, как и в первом случае.

В частях затвора, подвергающихся одинаковому давлению, например ниже горизонта нижнего бьефа, ригели в соответствии с положением центров тяжести площадей прямоугольников, на которые разбивают площадь, выражающую давление на затвор, могут быть размещены один от другого на одинаковых расстояниях.

Если для затворов, имеющих заполнение внутри остова, ригели разместить по описанному способу, то выше верхнего рамного ригеля и ниже нижнего рамного останутся участки, незакрытые обшивкой, чтобы в этом случае сверху и снизу остова сделать водоудерживающее ограждение либо устраивают заполнение спереди остова, делая его с консолями (фиг. 71 и 72), либо применяют пристройки (фиг. 75), либо верхний рамный ригель размещают примерно на уровне верхнего бьефа (фиг. 70 и 73), а нижний рамный — возможно ближе к флутбету.

Так как устроить стойки, расположенные спереди остова и способные передавать давления в полном соответствии с изложенным выше указанием, практически невозможно, то ригели затворов, имеющих стойки впереди остова, желательно назначать с таким расчетом, чтобы для изготовления стоек требовалось возможно меньше материала и работы.

В простейшем случае, когда стойки могут быть сделаны из фасонного металла, этого можно достичь, взяв сечения их одинаковым по всей их длине. Опасные сечения их должны быть возможно меньшими и следовательно одинаковыми по площади. Для этого изгибающие моменты в этих сечениях должны быть равны один другому. При таком выборе опор для стоек естественно, ригели могут быть нагружены не одинаково.

Если сечения стоек делают двутавровые, составленные из вертикальных листов и четырех уголков, этого же можно достичь, если для выреза вертикальных стенок из целых листов потребуется возможно меньше резки и если утрата материала на обрезки будет наименьшей, а работа по выгибу уголков — наиболее простой. Чтобы удовлетворить этому требованию, сечения стоек берут в наиболее опасных сечениях также одинаковыми по площади. В простейшем случае для определения положения рамных ригелей и расчета стоек стоечных затворов уравнивают изгибающие моменты: (M_v) в сечениях против верхнего рамного ригеля, (M_n) в сечениях против нижнего и наибольший момент ($\max M_{cp}$) в сечениях между ригелями.

В случае отсутствия напора со стороны нижнего бьефа и передачи давления от обшивки непосредственно на стойки, указанные моменты определяют следующими выражениями:

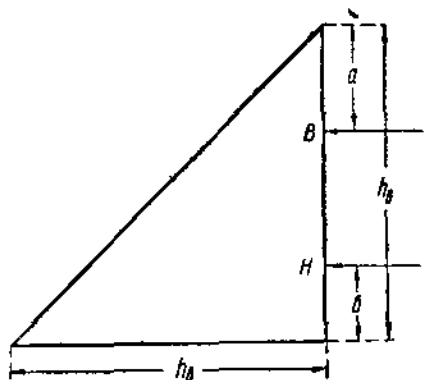
$$M_v = \gamma_0 \delta \frac{a^2}{6}, \quad (54)$$

$$M_n = \gamma_0 \delta \frac{\delta^2}{2} \left(h_s - \frac{\delta}{3} \right), \quad (55)$$

$$\max M_{cp} = B \left(a - \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2B}{\gamma_0 \delta}} \right), \quad (56)$$

здесь γ_0 — см. § 10,

a — длина верхней консоли (фиг. 82),



Фиг. 82.

δ — длина нижней консоли,
 a — расстояние между осями стоек,
 h_e — глубина в верхнем бьефе перед затвором,

$$B — \text{реакция верхнего рамного ригеля} = \gamma_0 \delta h_e^2 \frac{\left(\frac{h_e - \delta}{3}\right)}{2(h_e - a - \delta)} \quad (57)$$

Руководствуясь такими же соображениями, может быть назначено положение ригелей затворов, стойки которых поддерживают между рамными ригелями либо подкосами, либо промежуточными ригелями и подкосами, сделанными по типу, показанному например на фиг. 75. Из таких же соображений может быть назначено положение ригелей и ригельных затворов, имеющих стойки, расположенные также впереди ригелей. В последних случаях стойки рассматривают как балки, опирающиеся на несколько опор. Если свободные концы консолей поддерживают подкосами мало жестких сечений, то при назначении положения ригелей их присутствием пренебрегают, считая роль их конструктивной.

Длины верхних консолей часто берут несколько отступающими от длин, определенных приведенным способом; таким образом поступают в тех случаях, когда верхние части затворов подвергаются ударам: если консоли сделаны слишком длинными и следовательно мало жесткими, удары могут уменьшать срок службы этих частей.

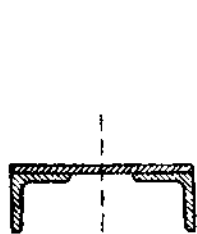
Другое отступление от определенных таким же способом длин консолей, как стоечных, так и ригельных затворов, имеющих заполнение внутри остова и над остовами надстройки, делают вследствие расположения первого сверху горизонтального стыка обшивки по верхнему рамному ригелю. В этом случае длина верхней консоли не должна превышать наибольшей ширины стандартных листов.

Описанный способ размещения ригелей ригельных затворов, устраиваемых с заполнениями без консолей и без надстроек, применяют лишь для первоначального определения положения ригелей, затем положение их изменяют, также естественно не соблюдая условия одинаковой нагрузки всех ригелей. От этого условия, невыполненного вследствие расположения верхнего рамного ригеля на уровне верхнего бьефа и нижнего рамного ригеля ближе к флутбету, отступают еще в большей степени в том случае, если приходится: 1) высоту верхней панели делать, либо руководствуясь конструктивными соображениями, либо способной хорошо сопротивляться ударам и случайным нагрузкам, но меньшей, чем определено указанным выше способом, 2) сделать горизонтальные стыки обшивки по ригелям, 2) применить обшивку по возможности одинаковой толщины, 4) сделать промежуточные стойки одинаковых сечений и друг.

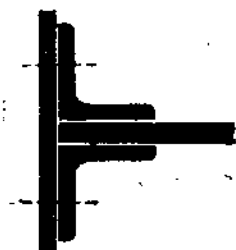
Учет этих обстоятельств делает невозможным дать общие решения распределения ригелей, пригодные для каждого частного случая. Поэтому распределение ригелей делают обычно одновременно с расчетом обшивки и стоек, сначала посредством приблизительных, а затем более точных расчетов.

§ 18. Конструкция остовов

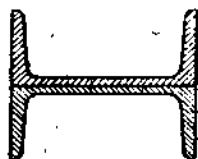
Ригельные затворы конструируют следующим образом: промежуточные стойки малых затворов делают из углового или из одноставрового железа, те же стойки больших затворов делают также из швеллерного или из полового и фасонного (фиг. 83). Если по стойкам устраивают стыки, то форма



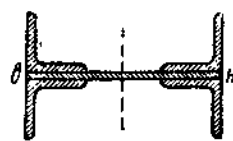
Фиг. 83.



Фиг. 84.



Фиг. 85.



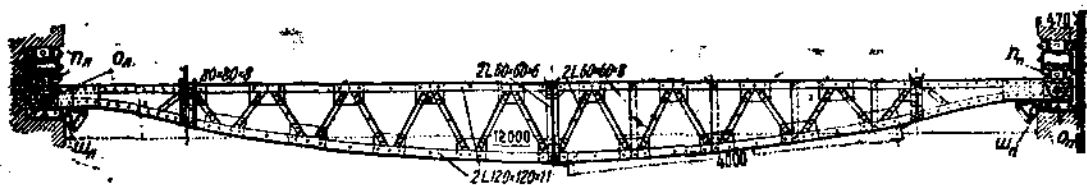
Фиг. 86.

поперечных сечений стоек должна допускать расположение двух вертикальных рядов заклепок (фиг. 84).

Ригели небольшой длины делают иногда из уголков, но чаще из швеллеров (фиг. 85). В зависимости от наличия по ним стыков обшивки их делают из одиночных или из парных уголков и швеллеров.

Ригели средней длины делают либо из прокатных двутавров, либо из двутавров, образованных из полосового и фасонного железа (фиг. 86). Ширину *вн* двутавров берут одинаковую по всей длине ригелей или одинаковую в средней части длины ригелей и суживающуюся к концевым стойкам (фиг. 70).

Ригели большой длины делают как сплошными, так и в виде сквозных ферм (фиг. 71). В последнем случае их делают большей частью с передними прямолинейными поясами, задние же пояса их делают либо прямолинейными, либо прямолинейными лишь по середине их длины и отогнутыми в сторону верхнего бьефа по концам (фиг. 87—плотина у Бецнау на р. Ааре в Швейцарии), либо криволинейными (фиг. 71). Иногда фермы делают с передним криволинейным поясом и задним—прямолинейным (фиг. 88—плотина у Хагнека на той же реке).



Фиг. 88.

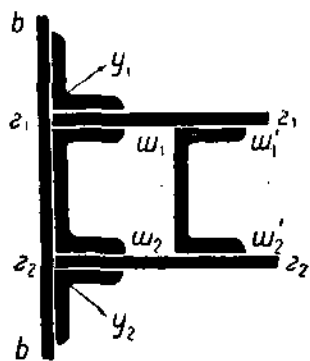
Поперечные сечения поясов ферм затворов средних размеров берут одностенчатые в виде двутавров (фиг. 84), составленных из уголков с горизонтальным листом между ними и с вертикальным, связывающим вертикальные полки уголком. Для слабо работающих стержней ограничиваются двумя уголками.

Поперечные сечения поясов затворов больших размеров берут двустенчатые в виде коробков (фиг. 89), составленных из двух или из четырех горизонтальных листов $z_1 z_1$ и $z_2 z_2$, связанных между собою и с одним или с несколькими вертикальными листами *bb*, при помощи швеллеров $ш_1$ и $ш_2$ или двух уголков. Для очень нагруженных стержней могут быть добавлены, в случае надобности, два уголка y_1 и y_2 . Для менее нагруженных стержней вертикальные листы и дополнительные уголки y_1 и y_2 не обязательны.

Свободные концы горизонтальных листов могут быть связаны распорками или диафрагмами из коротких швеллеров $ш'_1$ и $ш'_2$.

Заполнение между поясами делают решетчатой (фиг. 88) или раскосной (фиг. 71 и 87) системы, причем формы сечений стоек и раскосов выбирают в зависимости от форм поясов и делают предпочтительно из фасонного железа.

Если главные ригели сделаны в виде сплошных балок и имеют незначительную ширину, то обшивка служит достаточным средством для приведения ригелей в неизменяемую связь. Если же ригели имеют значительную ширину, особенно когда они сделаны в виде сквозных ферм, то для приведения остова в надлежашую связь пояса ригелей, не несущих обшивку, соединяют между собой стойками $ф'_1$ и $ф'_2$ (фиг. 71 и 87), сделанными преимущественно из уголкового, реже из коробчатого железа. Последние в свою очередь соединяют между собой посредством раскосов (фиг. 71), а с промежуточными стойками—посредством диагоналей $p_1 p_2$ и $p'_1 p'_2$... (фиг. 87). Раскосы и диагонали устраивают из фасонного железа, предпочтительно жестких сечений. Стоек и раскосов мягких сечений (из полосового железа), учитывая возможность перекашивания затворов при подъеме и опускании, применять не рекомендуют. Стойки и раскосы вместе с поясами главных ригелей образуют фермы, называемые фермами жесткости. Для этих ферм вместо стоек и раскосов иногда применяют только одни раскосы, направленные зигзагообразно.



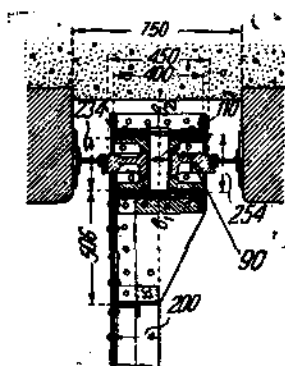
Фиг. 89.

Концевые стойки делают обычно двутавровых сечений: стойки небольших затворов из прокатных двутавров, или из двух швеллеров, а стойки больших—делают из вертикального листа и четырех уголков, связанных вертикальными листами с верхней и нижней стороны затвора (фиг. 74), а также и еще более сложных сечений, например двустенчатых (фиг. 90).

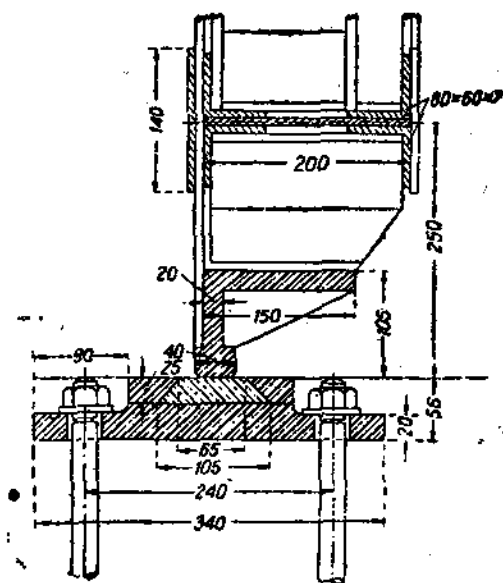
Все соединения стержней, лежащих в одной и той же плоскости, делают при помощи фасонки из листового железа, а стержней ферм, расположенных во взаимно перпендикулярных плоскостях,—стыковыми накладками из уголков или из швеллеров.

Конструкция стоечных затворов (фиг. 74), в отношении промежуточных ригелей и концевых стоек мало отличается от конструкции промежуточных ригелей и концевых стоек ригельных затворов. Рамные же ригели их вследствие значительной их нагрузки устраивают более жесткими, преимущественно в виде решетчатых ферм. Главные стойки затворов этого типа делают большей частью двутавровых сечений, а промежуточные ригели, когда на них расположены горизонтальные стыки обшивки,—также двутавровых, при отсутствии же стыков—коробчатых.

Поперечные сечения остовов ремонтных и предохранительных затворов берут более слабыми, чем сечения остовов описанных выше затворов.



Фиг. 90.



Фиг. 91.

Соединения различных стержней между собой делают заклепками, которые для наиболее распространенных типов затворов берут диаметром около 17 мм, для малых—14 и 12 мм, и для больших 20 и даже 23 мм. Количество их определяют в зависимости от усилий, воспринимаемых стержнями, а для затворов, подвергающихся динамической нагрузке, например от сотрясений вследствие неравномерного поступления воды в верхний бьеф и от сброса ее в нижний бьеф или от разного рода случайных ударов и проч.,—в зависимости от площадей нетто поперечных сечений соответствующих стержней.

В последнее время, за границей и у нас, для соединения отдельных элементов затворов вместо заклепок стали применять сварку. В настоящее время при помощи сварки сделаны затворы для плотины Днепровской гидроэлектростанции (фиг. 75).

Так как конструкция затворов не может быть осуществлена таким образом, чтобы они примыкали вплотную к постоянным частям плотины, то между последними и затворами может протекать вода. Если потери ее столь значительны, что они не могут быть допущены по условиям работы верхнего бьефа, то должны быть приняты меры к возможному их уменьшению. Для этой цели затворы у концевых стоек снабжают особыми конструкциями, называемыми уплотняющими или уплотнением. С ними нам уже приходилось встречаться при описании затвора, показанного на фиг. 29.

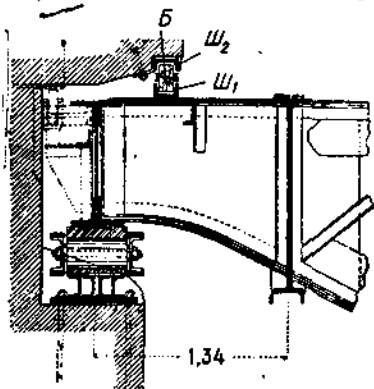
Эти конструкции для затворов, закрывающих открытые сверху отверстия, должны быть устроены по их нижним и боковым кромкам, а для затворов,

закрывающих отверстия, закрытые сверху,—кроме того и по верхним кромкам затворов. Уплотнения, устраиваемые по нижним кромкам, называют нижними, по бокам—боковыми и по верху—верхними.

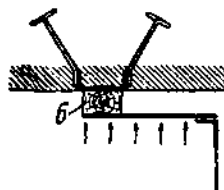
Нижнего уплотнения достигают обычно весом затвора, действующим на деревянные б (фиг. 74 и 87) или на стальные (фиг. 91) бруссы, прикрепленные к затвору и прижимающиеся к соответствующей обделке флютбета (фиг. 71 и 74). Если затвор приходится опускать во время протекания по флютбету воды, к тому же влекущей наносы, то для обеспечения его опускания ширину бруссов по низу берут возможно меньшей. Этому условию лучше всего удовлетворяют бруссы металлические.

Бокового уплотнения можно достигнуть посредством способов, описанных в § 25 1-ой части, для ворот предохранительных полушлюзов, но для затворов плотин их применяют очень редко. Чаше применяют другие конструкции, которыми можно достичь лучшего уплотнения. Из них наиболее распространенными являются следующие: к затвору и к лапам

устоя или быка прикрепляют два швеллера $ш_1$ и $ш_2$ (фиг. 92—плотина у Аугст-Вилена на р. Рейне) и между их толстыми полками вводят деревянный брус Б, который, будучи прижат давлением воды к обоим швеллерам, закрывает достаточно



Фиг. 92.



Фиг. 93.

плотно прозор между ними. Этот прозор закрывают также штангами $ш_4$ и $ш_5$ (фиг. 88) круглого сечения, которые прижимаются водой с одной стороны к отливке, прикрепленной к устью или быку, а с другой—к затвору, и во время открытия отверстия поднимаются вместе с затвором.

Менее распространенной конструкцией является упругий металлический лист с деревянным брусом б (фиг. 93), прикрепленный к затвору и прижимаемый давлением воды к устью или к быку.

Верхнее уплотнение делают в зависимости от расположения затвора по отношению к отверстию плотины. Если затвор расположен с верхней стороны отверстия плотины, то уплотнения достигают посредством прижатия затвора к верхней кромке отверстия. Если же затвор расположен позади забральной стенки, подобно тому, как показано на фиг. 21, или в теле плотины, то делают посредством прижимного бруса, б, прикрепленного к верхней кромке затвора и имеющего скос книзу, направленный таким же образом, как показано на фиг. 259 части 1-ой. Этот брус при окончании опускания затвора на флютбет, прижимается к брусу, прикрепленному к нижней кромке забральной стенки или к кладке плотины, и осуществляет необходимое уплотнение.

§ 19. Подъем и опускание затворов

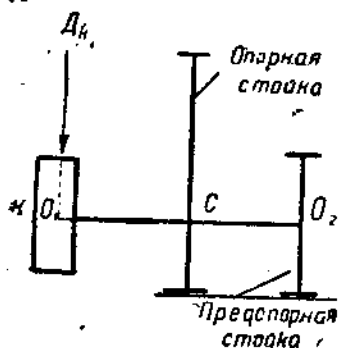
Затворы, закрывающие пролеты значительной длины и высоты, естественно подвергаются значительному давлению воды; поэтому, если бы они были устроены скользящими в пазах, подъем их был бы связан с весьма значительными затруднениями.

Учитывая это обстоятельство, для облегчения подъема их опирают по концевым стойкам или в непосредственной близости от стоек на колеса (фиг. 70, и 90), вращающиеся на валках $в_1, в_2$ (фиг. 90), прикрепленных к концевым или к концевым и предопорным стойкам (фиг. 94). Колеса катятся по рельсам

предпочтительно подкранового типа (фиг. 95), прикрепленным на металлических подушках к пазам устоев или быков.

Для большего облегчения подъема в подшипники вводят иногда вкладыши в виде вращающихся цилиндров (фиг. 96), принцип устройства которых одинаков с принципом устройства конструкции, показанной на фиг. 55.

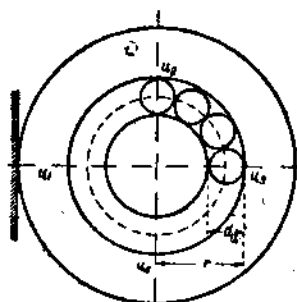
Для еще большего облегчения подъема затворы опирают на катки, соединенные между собой металлической рамой, которую снабжают сверху роликом p (фиг. 74, 87 и 97—та же плотина).



Фиг. 94.

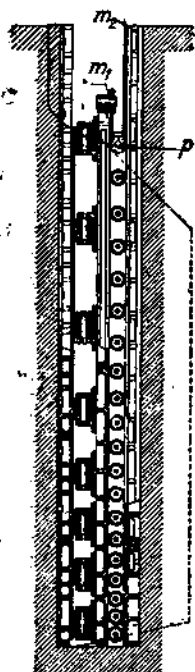


Фиг. 95.



Фиг. 96.

Через ролик пропускают трос m_1, m_2 , служащий для предохранения рамы с катками от падения. Его прикрепляют с одной стороны m_1 к верху затвора, а с другой— m_2 к устою или быку. Во время подъема или опускания затвора последний катится по роликам, причем тележка пробегает путь вдвое меньший, чем затвор. Давление от затвора передается на ролики при помощи особых подушек p_1 и p_2 (фиг. 88), прикрепленных к концевым стойкам; давление же от роликов на устои или быки передается закладными подушками или рельсами.



Фиг. 97

Устроенные по этому принципу затворы были применены впервые в 1883 г. в плотине у Манчестера на р. Вивер, по предложению инж. Стоinea и называются его именем.

Вместо троса m_1, m_2 , катки могут быть связаны с затвором и с пазами также посредством прикрепленных к каткам цилиндрических зубчатых колес, сцепляющихся с кремальерами, прикрепленными с одной стороны к затвору, а с другой—к пазам (затвор системы Эли в плотине у Накуила на р. Мал. Теннесси в Теннесси, США).

С каждой стороны затворов системы Стоinea берут по несколько катков, располагая их с таким расчетом, чтобы давление на каждый из них было по возможности одинаковым; в соответствии с этим требованием их располагают внизу чаще, чем сверху, а также соединяют в группы, на которые давления от затворов передают посредством шарниров (фиг. 98). Помимо этого принимают меры к тому, чтобы каждый каток также и по его длине испытывал равномерное давление; последнее может быть легко нарушено благодаря изгибу ригелей в горизонтальной плоскости, особенно если ригели недостаточно жестки.

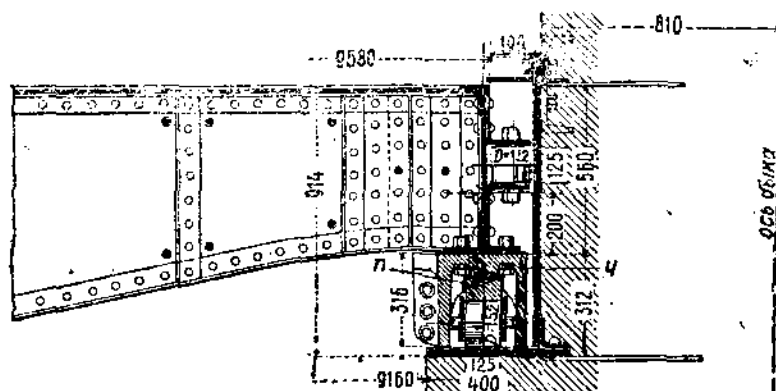


Фиг. 98.

Для достижения центральности передачи давления, опорным подушкам p дают также криволинейные очертания (фиг. 92 и 99—заграждение Чикагского отводного канала у Локпорта).

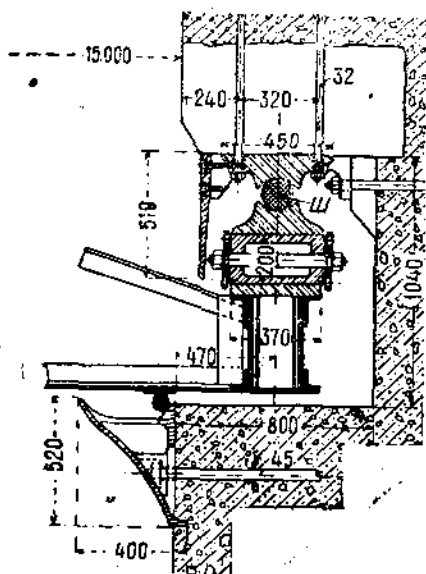
Центральность передачи давления затворами больших пролетов эта конструкция обеспечивает, но не в достаточной степени, поэтому для затворов больших пролетов применяют балансиры с вертикальными осями вращения. O_1 и O_2 (фиг. 88), которые располагают возле прикрепления опорных подушек к концевым стойкам (фиг. 88). Вместо балансиров между подушками, на которые опирают катки, и закладными подушками иногда вводят цилиндрические штанги $ш$ (фиг. 100—плотина у Лейка на р. Роне).

Раму или тележку, связывающую катки, делают из полосового (фиг. 101) или из швеллерного железа, которое в нескольких местах по высоте скрепляют болтами или распорками.

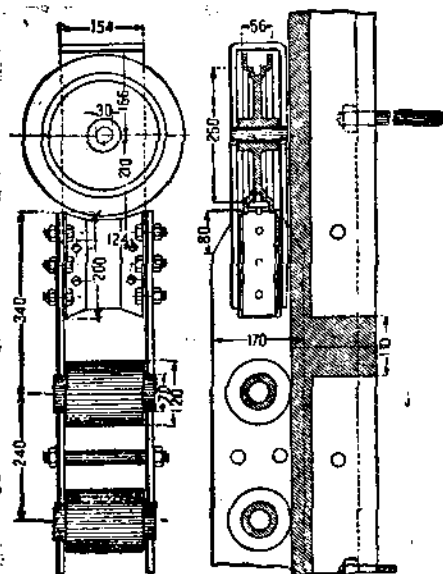


Фиг. 99.

Если существует опасение за нарушение правильности движения затворов в плоскости, перпендикулярной, упорным поверхностям, то к затворам прикрепляют направляющие колеса p_0 (фиг. 76), катящиеся по полосам $л$.



Фиг. 100.



Фиг. 101.

Устраиваемые в устоях и быках для упора и для направления движения затворов этого типа пазы представляют обычно слабое место, по той причине, что устоям и быкам приходится давать утолщения и уширения, необходимые для размещения конструкций, направляющих движение затворов, а также конструкций, защищающих пазы от повреждения льдом, или крупной галькой, влекомой по дну водотока, и от засорения наносами.

Вследствие этого размеры пазов делают возможно меньшими, а с верхней и нижней сторон защищают особыми металлическими щитами $щ_1$ и $щ_2$ (фиг. 102—

[illegible]

чительной степени сжимаемых весом затвора; последней деформацией, как очень малой, обычно пренебрегают. Толщину ее определяют приблизительно, но для практических целей достаточно точно по формуле Баха (см. формулу 41 части I-ой)

Части остовов, будучи образованы из ряда прямоугольников, воспринимают главным образом давления, передаваемые им обшивкой; соответственно с этим расчет их зависит прежде всего от материала, из которого сделана обшивка.

Если обшивка сделана из вертикальных досок, то каждую из досок считают разрезанной на главных ригелях и свободно на них лежащей и следовательно передающей давление на ригели так же, как двухпорными балками; в соответствии с этим главные ригели рассчитывают на изгиб от действия нагрузки, равномерно распределенной по их длине.

60

Для устранения этого недостатка распределение давлений на клетки остова с наиболее распространенными на практике соотношениями между их шириной a (фиг. 103) и высотой b в пределах от 0,5 до 2,0—может быть сделано способом, достаточно приемлемым для практических целей, который, позволяя, с одной стороны, получить давления на элементы остова, наиболее близкие действительным, исключает возможность снижения прочности каждого элемента, с другой—не влечет за собой излишнего расхода материала.

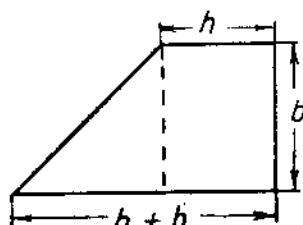
а) Основания расчета стоек

При распределении нагрузки от обшивки следует различать два случая, зависящих от соотношения между длиной ригелей (a) и длиной стоек (b): первый,—когда $\frac{a}{b} = k < 1$, второй—когда $k > 1$.

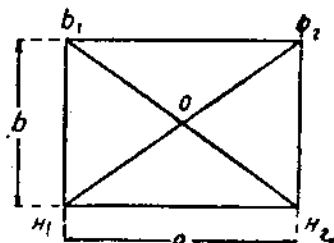
Первый случай. Если в первом случае нижний ригель расположен выше горизонта нижнего бьефа, можно с достаточным запасом в пользу проч-



Фиг. 103.



Фиг. 104.



Фиг. 105.

ности предполагать, что давление воды на панель обшивки со сторонами a и b , представляемое весом призмы с основанием в виде треугольника или трапеции (фиг. 104) и высотой, равной длине ригеля,—распределяется между стойками и ригелями пропорционально частям объема призмы, показанной на фиг. 105 в виде ее проекции $v_1v_2n_1n_2$ на плоскость обшивки.

На фиг. 105 призма разрезана на четыре части двумя диагональными плоскостями, перпендикулярными плоскости обшивки, отрезки следов на которой показаны длинами v_1n_2 и v_2n_1 ; при этом объем и соответствующий ему вес части призмы, проекция которой показана в виде площади Δv_1on_1 , передается на стойку v_1n_1 , а показанная в виде площади Δv_2on_2 —на стойку v_2n_2 .

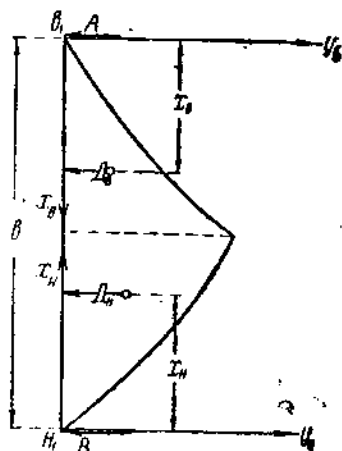
Рассматривая одну из стоек, например v_1n_1 видно, что, начиная от узла v_1 , нагрузка возрастает до среднего сечения по верхней кривой, показанной на фиг. 106, и далее убывает по нижней кривой к узлу n_1 , где обращается в 0. Под влиянием этой нагрузки стойка изгибается как балка, свободно лежащая на опорах v_1 и n_1 .

Если выбрать начало координат в точке v_1 и направить ось абсцисс (x_s) по оси стойки вниз и ось координат (y_s)—по оси верхнего ригеля вправо, то в каждом сечении верхней половины стойки давление y_s выразится площадью прямоугольника (фиг. 107), равной

$$\gamma_0 \frac{a}{b} (h + x_s) x_s, \quad (58)$$

где: γ_0 —см. § 10 = 1 т/м³, в дальнейшем для простоты всюду опускаемый, h —высота столба воды в м над осью верхнего ригеля.

Если начало координат перенести в точку n_1 и ось абсцисс (x_s) направить по оси стойки вверх, а ось ординат (y_s)—по оси нижнего ригеля вправо, то



Фиг. 106.

в каждом сечении нижней половины стойки давление p_n определяется уравнением равновесия прямоугольника (фиг. 108), равной

$$\frac{a}{b}(h+b-x_n)x_n \quad (59)$$

Давления D_s на верхнюю половину стойки и D_n — на нижнюю половину определяются следующими выражениями:

$$D_s = \frac{abh}{8} + \frac{ab^3}{24}, \quad (60)$$

$$D_n = \frac{abh}{8} + \frac{ab^3}{12}. \quad (61)$$

Давление (B) от стойки на нижний ригель определяется уравнением $\Sigma M = 0$, взятым относительно точки b_1 .

Откуда

$$B = D_s + \frac{S_s - S_n}{b}, \quad (62)$$

где S_s — статический момент давления D_s относительно точки a

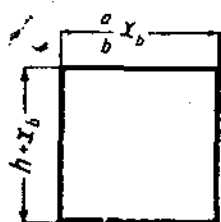
$$= \frac{ab^3h}{24} + \frac{ab^3}{64}. \quad (63)$$

S_n — статический момент давления D_n относительно точки $a_1 =$

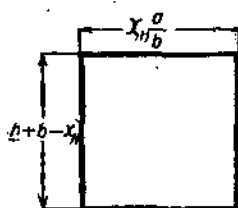
$$= \frac{ab^3h}{24} - \frac{5ab^3}{192}. \quad (64)$$

Подставляя значение D_n , S_s и S_n в выражение (62), имеем:

$$B = \frac{abh}{8} + \frac{7ab^3}{96}. \quad (65)$$



Фиг. 107.



Фиг. 108.

Давление A от стойки на верхний ригель

$$A = D_s + D_n - B = \frac{abh}{8} + \frac{5ab^3}{96}. \quad (66)$$

Изгибающий момент в сечении нижней половины стойки с абсциссой x_0 определяется выражением:

$$M_{x_0} = Bx_0 - \int_0^{x_0} \frac{a}{b}(h+b-x_n)(x_0-x_n)x_n dx_n. \quad (67)$$

Подставляя значение B и производя интегрирование, имеем:

$$M_{x_0} = \frac{a}{12b}x_0^3 - \frac{a(b+h)}{6b}x_0^2 + \left(\frac{abh}{8} + \frac{7ab^3}{96}\right)x_0. \quad (68)$$

Абсцисса x_0 , сечения в котором M_{x_0} достигает максимума, определяется из уравнения $\frac{dM_{x_0}}{dx_0} = 0$, (69)

которое дает

$$\frac{x_0^3}{3b} - \frac{(b+h)}{2b}x_0^2 + \frac{bh}{8} - \frac{7b^3}{96} = 0. \quad (70)$$

Отсюда, после определения x_0 и после подстановки его в выражение (68), может быть определен тах M_{x_0} .

В частном случае при

$$h = 0, x_0 = 0,459b \quad (71)$$

и

$$\max M_{x_0} = 0,0212ab^3. \quad (72)$$

Второй случай. Для второго случая можно считать, что давление, передающееся от обшивки на стойку, равно весу объема призмы, вырезанной

двумя наклонными плоскостями e_1o_1 и n_1o_1 и вертикальной o_1o_n (см. ее проекцию на фиг. 109, показанную в виде заштрихованной площади трапеции $e_1o_1n_1$).

Этот объем состоит из трех объемов v_1 , v_{cp} и v_n , нагрузка от которых по длине стойки выражается двумя кривыми e_1o_1 и o_1n_1 (фиг. 110) и наклонной o_1o_n .

Подобно предыдущему давление от веса объема v_1 определяется следующим образом:

ордината кривой e_1o_1 распределения давления

$$[y_1 = (h + x_1) x_1 \quad (73)]$$

и давление:

$$D_1 = \frac{a^2 h}{2} + \frac{a^4}{24} \quad (74)$$

Ордината наклонной o_1o_n распределения давления на среднюю часть:

$$y_{cp} = \frac{a}{2} (h + x_1) \quad (75)$$

и давление

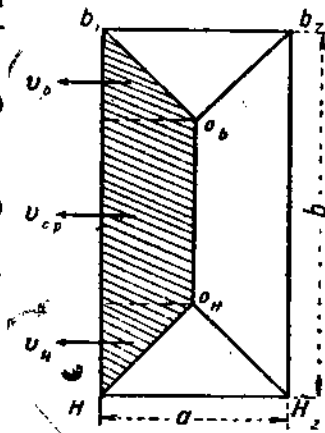
$$D_{cp} = \frac{ab h}{2} - \frac{a^2 h}{2} - \frac{ab^3}{4} \quad (76)$$

Ордината кривой o_1n_1 распределения давления на нижнюю часть

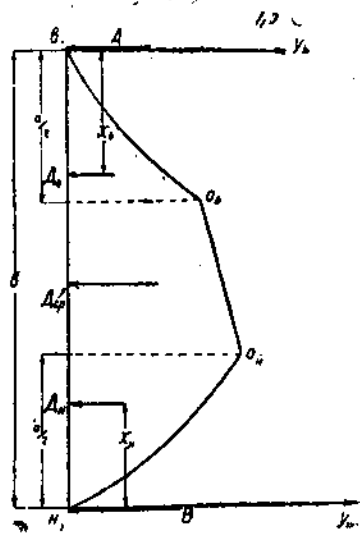
$$y_n = (h + b - x_n) x_n \quad (77)$$

и давление:

$$D_n = \frac{b^2 h}{8} + \frac{a^2 b}{8} - \frac{a^4}{24} \quad (78)$$



Фиг. 109.



Фиг. 110.

Давление B от стойки на нижний ригель определяется выражением:

$$B = \frac{S_1 + S_{cp} - S_n + D_n b}{b} \quad (79)$$

где: S_1 — статический момент веса объема V_1 относительно оси ординат,

$$= \frac{a^2 h}{24} + \frac{a^4}{64} \quad (80)$$

S_{cp} — статический момент веса объема V_{cp} относительно той же оси

$$= \frac{ab h}{4} (b - a) + \frac{ab^3}{6} - \frac{a^2 b^2}{4} + \frac{a^3 b}{8} - \frac{a^4}{24} \quad (81)$$

S_n — статический момент веса объема V_n относительно оси $n_1 y_n =$

$$= \frac{a^2 h}{24} + \frac{a^2 b}{24} - \frac{a^4}{64} \quad (82)$$

Подставляя значения S_1 , S_{cp} , S_n и D_n в выражение 79, имеем:

$$B = \frac{a}{8} \left[h (2b - a) - \frac{a}{12b} (a^3 - 4ab + 12b^3) \right] \quad (83)$$

$$A = D_1 + D_{cp} + D_n - B = \frac{a}{4} \left[\frac{h}{2} (2b - a) - \frac{b}{3} (b - 3a) - \frac{a^2}{24b} (4b - a) \right] \quad (84)$$

Изгибающий момент (M_{x0}) сечения, в средней части имеющего абсциссу x_0 , считаемую от начала координат в точке n_1

$$M_{x0} = Bx_0 - D_n x_0 + S_n - \frac{a}{2} \int_{\frac{a}{2}}^{x_0} (h + b - x_0) (x_0 - x_n) dx_n \quad (85)$$

Подставляя в предыдущее выражение значения B , D , S и производя интегрирование, имеем:

$$[M_{\infty} = \frac{ax^3}{12} - \frac{a}{4}(b+h)x_0^2 + \left(\frac{abh}{4} + \frac{ab^2}{6} + \frac{a^3}{48} + \frac{a^2}{96b}\right)x_0 + \frac{a^4}{192} - \frac{a^3b}{48} - \frac{a^2h}{48} \quad (86)$$

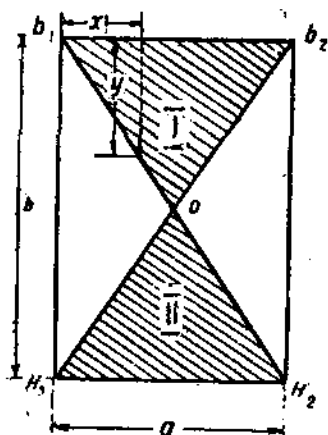
Абсцисса x_0 сечения, в котором имеет место $\max M_{\infty}$, определяется выражением

$$x_0 = b + h - \sqrt{\frac{b^2}{3} + bh + h^2 - \frac{a^2}{12} + \frac{a^3}{24b}} \quad (87)$$

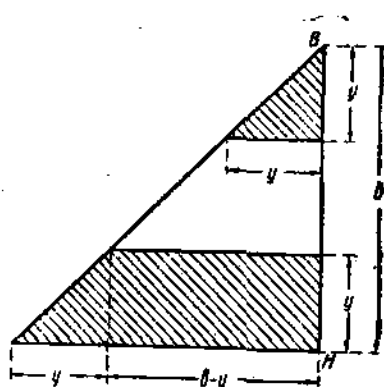
Определяя из него x_0 и подставляя значение x_0 в выражение 86, определяют для концевой стойки $\max M_{\infty}$, для промежуточной же, отстоящей от смежных на одинаковое расстояние $= a$, значение $\max M_{\infty}$ должно быть удвоено.

б) Основания расчета ригелей

Величина давления, передающегося на ригели, может быть определена, исходя из соображений, аналогичных приведенным для расчета стоек. Здесь также следует различать два случая: первый — когда длина ригеля a меньше длины стойки b ($k > 1$) и второй, когда $a > b$ ($k < 1$). В обоих случаях вели-



Фиг. 111.



Фиг. 112.

чина давления на каждый ригель зависит от способа распределения давления на стойки и ригели и затем от положения ригеля, т. е. является ли он верхним или нижним.

1) Верхний ригель

Первый случай. В первом случае приближенно, но с некоторым запасом, можно считать, что давления на оба ригеля выражаются частями I и II (фиг. 111) веса призмы $b_1 b_2 n_1 n_2$, вырезанными из нее двумя диагональными плоскостями $b_1 n_2$ и $b_2 n_1$. Эти части показаны на фиг. 111 в виде заштрихованных проекций на плоскость обшивки.

Давление z (фиг. 113) в произвольно выбранном поперечном сечении верхнего ригеля с абсциссой x и ординатой y может быть определено из уравнения $\sum M = 0$, взятого относительно центра тяжести сечения нижнего ригеля, —имеющего ту же абсциссу, что и сечение верхнего, для объемов, показанных на фиг. 112 заштрихованными проекциями,—тогда при $h = 0$ имеем:

$$z = y^2 - \frac{2y^3}{3b} \quad (88)$$

Так как:

$$y = \frac{bx}{a}, \quad (89)$$

$$z = \frac{b^2 x^2}{a^2} - \frac{2b^2 x^3}{3a^3} \quad (90)$$

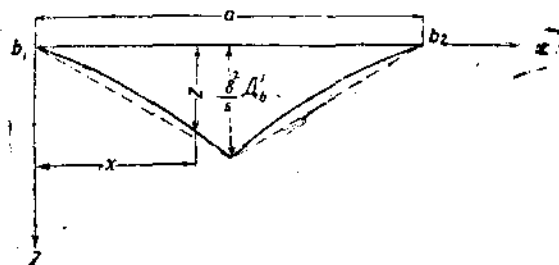
давление на ригель

$$D'_s = \frac{ab^2}{16} \quad (91)$$

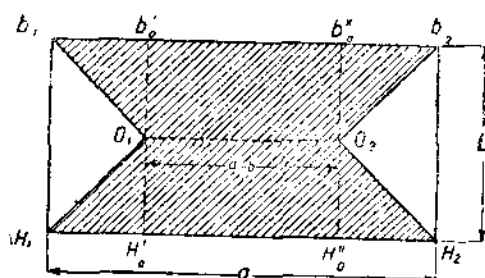
$$\text{Нагрузка на опоры } b_1 \text{ и } b_2 = \frac{ab^2}{32} \quad (92)$$

Наибольший изгибающий момент (max M'_s) в сечении на середине длины ригеля выражается следующим образом:

$$\max M'_s = \frac{ab^2}{64} - \int_0^{\frac{a}{2}} z \left(\frac{a}{2} - x \right) dx. \quad (93)$$



Фиг. 113.



Фиг. 114.

Подставляя в 93 значение z из выражения 90, имеем:

$$\max M'_s = \frac{11a^2b^2}{960}. \quad (94)$$

Если горизонт верхнего бьефа возвышается над осью верхнего ригеля на величину h , то к давлению D'_s присоединяется давление D''_s , соответствующее весу треугольной призмы с основанием равным площади I , заштрихованной на фиг. 111, и высотой h

$$D''_s = \frac{abh}{4} \quad (95)$$

$$\text{Нагрузка на опоры } b_1 \text{ и } b_2 = \frac{abh}{8} \quad (96)$$

и наибольший изгибающий момент ригеля:

$$\max M''_s = \frac{a^2bh}{24} \quad (97)$$

Полный наибольший изгибающий момент определяется выражением:

$$\max M_s = \max M'_s + \max M''_s = \frac{11a^2b^2}{960} + \frac{a^2bh}{24} \quad (98)$$

Второй случай. Во втором случае можно, как и в первом, считать, что давление D'_s и D''_s на ригели соответствует весу объема, вырезанного диагональными плоскостями $b_1 o_1$ и $b_2 o_2$, $H_1 o_1$ и $H_2 o_2$ и показанного на фиг. 114 в виде заштрихованной проекции.

Давление z (фиг. 115) в сечении имеющем абсциссу x , где $x < \frac{b}{2}$, может быть определено так же, как и в первом случае, уравнением 88, в котором $y = x$, тогда

$$z = x^2 - \frac{2x^3}{3b} \quad (99)$$

Давление на ригель от веса объемов $b_1 o_1 b'_o$ и $H_1 o_1 H'_o$ или $b_2 o_2 b''_o$ и $H_2 o_2 H''_o$ (фиг. 114):

$$D'_s = \frac{b^3}{32} \quad (100)$$

Нагрузка на опоры b_1 и b_2 :

$$\frac{ab^2}{12} - \frac{5b^3}{96} \quad (101)$$

Наибольший изгибающий момент ($\max M'_s$) в том же сечении:

$$\max M'_s = \frac{a^2b^2}{48} - \frac{3b^4}{320} \quad (102)$$

Если горизонт верхнего бьефа возвышается над осью верхнего ригеля на величину h , то к давлению D'_s присоединяется давление, соответствующее весу призмы, имеющей площадь основания $b_1 o_1 o_2 b_2$ (фиг. 114) и высоту h .

Величина его:

$$D''_s = \frac{abh}{2} - \frac{b^2h}{4} \quad (103)$$

Нагрузка на опоры b_1 и b_2 :

$$\frac{abh}{4} - \frac{b^2h}{8} \quad (104)$$

наибольший изгибающий момент:

$$\max M''_s = \frac{a^2bh}{16} - \frac{b^2h}{48} \quad (105)$$

и полный наибольший изгибающий момент:

$$\max M_s = \max M'_s + \max M''_s = \frac{a^2b^2}{48} - \frac{3b^4}{320} + \frac{a^2bh}{16} - \frac{b^2h}{48} \quad (106)$$

2) Нижний ригель

Первый случай. Давление на ригель выражается частью веса призмы, проекция которой показана на фиг. 111 в виде площадей $\Delta n_1 o n_2$ и $\Delta b_1 o b_2$.

Давление z (фиг. 116) в сечении ригеля, имеющем абсциссу x , определяется аналогично предыдущему (см. выражение 88) из уравнения $\Sigma M = 0$, взятого относительно оси верхнего ригеля:

откуда:

$$z = yb - y^2 + \frac{2y^3}{3b} \quad (107)$$

при $y = \frac{bx}{a}$ (см. выражение 89)

$$z = \frac{b^2x}{a} - \frac{b^2x^2}{a^2} + \frac{2b^2x^3}{3a^3} \quad (108)$$

и давление на ригель:

$$D''_n = \frac{3ab^3}{16} \quad (109)$$

Нагрузка на опоры n_1 и n_2 :

$$\frac{3ab^2}{32} \quad (110)$$

Наибольший изгибающий момент:

$$\max M''_n = \frac{29a^2b^2}{960} \quad (111)$$

Если $h \neq 0$

$$\max M''_n = \frac{a^2bh}{24} \quad (97)$$

и полный наибольший изгибающий момент:

$$\max M_n = \max M'_n + \max M''_n = \frac{29a^2b^2}{960} + \frac{a^2bh}{24} \quad (112)$$

Второй случай. Во втором случае аналогично предыдущему давление z (фиг. 117) определяется по формуле 107, в которой принимается $y = x$

$$z = xb - x^2 + \frac{2x^3}{3b} \quad (113)$$

и давление на ригель, соответствующее весу объемов, проекции которых показаны на фиг. 114 площадями $\triangle b_1 o_1 b'_0$ и $\triangle H_1 o_1 H'_0$ или $\triangle b''_0 o_2 b_2$ и $\triangle H''_0 o_2 H_2$

$$D_n = \frac{3}{32} b^3. \quad (114)$$

Нагрузка на опоры n_1 и n_2 :

$$\frac{ab^2}{6} - \frac{7b^3}{96}. \quad (115)$$

Наибольший изгибающий момент:

$$\max M_n' = \frac{a^2 b^2}{24} - \frac{11b^4}{960}. \quad (116)$$

Если $h \neq 0$, то $\max M_n''$ (см. выражение 105)=

$$= \frac{a^2 b h}{16} - \frac{b^3 h}{48}$$

и полный наибольший изгибающий момент

$$\max M_n = \max M_n' + \max M_n'' = \frac{a^2 b^2}{24} + \frac{11b^4}{960} + \frac{a^2 b h}{16} - \frac{b^3 h}{48}. \quad (117)$$

Расчет остовов ригельных затворов, имеющих главные ригели в виде сплошных балок (фиг. 70), производится следующим образом: промежуточные стойки рассчитывают на изгиб по формулам 68 или 86, в зависимости от величины k . При этом по формулам 65 и 66 или 83 и 84 определяются давления, передаваемые ими главным ригелям.

Если стойки между ригелями подкреплены подкосами (фиг. 75), то определяется давление в точке прикрепления подкосов, которое после разложения по подкосам раскладывается по ригелям и по ферме жесткости.

Затем по формулам 91, 109 и 95 или 100, 114 и 95 определяют давления, передаваемые ригелям обшивкой в промежутках между стойками, и после этого,

считая ригели балками, свободно лежащими на двух опорах, определяют реакции опор и изгибающие моменты в местах изменения сечений по длине ригелей.

Если в составе остова находятся промежуточные ригели, то их рассчитывают по формулам 98 и 112 или 106 и 117, а по формулам 92, 96 и 110 или 101, 104 и 115 определяют давления, передаваемые ими стойкам. Определив по формулам 60 и 61 или 74, 76 и 78 давления, передаваемые стойкам обшивкой в промежутках между промежуточными ригелями, и рассматривая стойки как балки, свободно лежащие на двух опорах, определяют реакции их опор и наконец изгибающие их моменты.

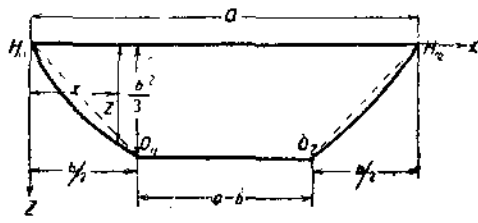
Для длинных стоек вместе с изгибом учитывают также сжатие их той частью веса затвора, которая может передаваться на эти стойки.

Главные ригели, рассчитывают так же, как и в первом случае, на изгиб от давлений передаваемых им промежуточными стойками и непосредственно обшивкой.

В местах прикрепления ригелей к концевым стойкам ширина ригелей определяется допускаемым сопротивлением ригелей на срезание поперечной силой, передаваемой ими концевым стойкам.

Если главные ригели сделаны в виде сквозных ферм, то расчет промежуточных ригелей и стоек, определение нагрузок, передаваемых стойками на те пояса ригелей, к которым они прикреплены, и определение нагрузок, передающихся на них непосредственно от обшивки, производят так же, как и в первом случае. Затем, считая пояса в каждой панели как балки, свободно лежащие на двух опорах, определяют нагрузки на узлы ригелей и реакции их опор.

После этого, имея в виду, что стержни ригелей подвергаются растяжению или сжатию, а пояс, поддерживающий стойки и обшивку, кроме того и местному изгибу, определяют осевые усилия во всех стержнях, а в стержнях пояса—



Фиг. 117.

кроме того и изгибающие моменты. Последние (если стойки прикреплены в узлах) определяют по формулам 98 и 112 или 106 и 117, а если они прикреплены также между узлами, то в зависимости от расположения стоек.

Если какой-либо из рамных ригелей по всей своей длине опирается на постоянные части плиты, то ограничиваются лишь выяснением сжатия его стойками и обшивкой.

Имея осевые и поперечные усилия, а также изгибающие моменты и задавая допускаемые напряжения, по соответствующим формулам строительной механики подбирают сечения всех частей ригелей. Следует иметь в виду, что напряжения в частях временно действующих затворов могут быть приняты большими, чем в действующих постоянно, примерно в пределах до 50% больше основных.

Расчет промежуточных ригелей, главных стоек и рамных ригелей стоечных остовов производят так же, как соответствующих частей ригельных остовов.

Концевые стойки рассчитывают как балки, изгибаемые давлением, передаваемым на них ригелями и обшивкой, прикрепленной между концевыми и предопорными стойками, а также сжимаемые каждой частью веса затвора, близкой к половине. Если они прикреплены к стойкам, опорами для них служат колеса, а опорами стоек затворов системы Стоinea—катки. Если колеса насажены на осевые валки O_1 O_2 (фиг. 94), которые пропущены в точках C через концевые стойки и закреплены в точках O_2 в предопорных, то опорами стоек являются эти валки.

В этом случае на предопорные стойки передаются давления от осевых валков, которые определяют выражением:

$$D_0 = D_* \frac{O_1 C}{O_0 C}, \quad (118)$$

где

D_* —давление, воспринимаемое одним колесом,

$O_1 C$ —расстояние от плоскости упора колес в рельсы до плоскости симметрии концевой стойки,

$O_0 C$ —ширина панели между концевыми и предопорной стойками.

Зная D_* , определяют давления, передаваемые предопорными стойками главным ригелям.

В. Основания расчета опорных частей

Колеса и катки рассчитывают на смятие силой, передающейся на них от затвора. Допускаемое сопротивление их на смятие берут в зависимости от качества материала, из которого они сделаны, например: для твердого чугуна,—около 35 кг/см², для стали среднего качества—около 50 кг/см² и для высокоортной—от 60 до 70 кг/см².

Их рассчитывают также по формуле Герца

$$r \geq \frac{0,175 p E}{R_{cm}^2}, \quad (119)$$

где: r —их радиус в см,

p —нагрузка в кг на 1 см рабочей ширины колеса или длины катка,

E —модуль нормальной упругости материала колеса или катка в кг/см²,

R_{cm} —допускаемое сопротивление колеса или катка на смятие, принимаемое для твердого чугуна от 3500 до 4000 кг/см², для стали среднего качества—около 5500 кг/см² и для высокоортной—от 6500 до 7500 кг/см².

Так как оба способа расчета приводят почти к одним и тем же результатам, то следует пользоваться первым, как более простым.

Зная наибольшее давление, приходящееся на концевую стойку, и выбрав материал для изготовления колес или катков, определяют суммарную площадь Ω их диаметральных сечений, которая выражается следующим образом:

$$\Omega = d l n, \quad (120)$$

где $d = 2r$,

l —рабочая ширина колеса или длина катка,

n —число колес или катков.

Затем, задаваясь соотношением между l и d

$$\frac{l}{d} = v, \quad (121)$$

можно определить n и затем расстояния между ними.

При выборе величины v следует избегать больших v , так как вследствие увеличения расстояний между колесами или катками увеличивается напряженное состояние концевых стоек, трудно достигается равномерность распределения давления по длине катка и увеличивается расчетный пролет затвора. Вследствие увеличения пролета увеличивается глубина пазов и толщина устоев и быков плотины, а следовательно и количество материала, необходимого для их сооружения и длина плотины. Если взять v малым и даже < 1 , то вследствие увеличения числа катков просветы между ними становятся столь малыми, что они могут подвергаться засорению, и тогда чрезмерно возрастают усилия, необходимые для подъема затвора, а также затруднения во время опускания его на флютбет.

Обычно v выбирают в пределах от 1,5 до 2,0.

При выборе расположения катков следует иметь в виду, что, хотя давление на концевые стойки по мере подъема затвора уменьшается, но может увеличиваться давление, приходящееся на нижние катки. Учитывая это обстоятельство, расположение катков выбирают таким образом, чтобы во время подъема затвора давление на каждый из них не превосходило принятого при расчете. Обычно эта задача решается сначала приблизительными, а затем более точными подсчетами.

§ 21. Приводы

Тип и размеры приводов во многом зависят от величины усилия (T), необходимого для начального подъема затворов в то время, когда усилие бывает обычно наибольшим.

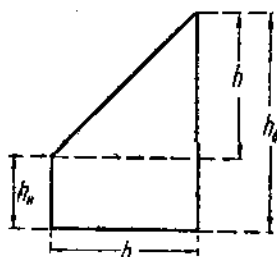
Для затворов, скользящих при движении по упорным поверхностям устоев или быков посредством прикрепленных к затворам подушек, усилие определяют по формуле 28, полагая в ней $\alpha = 0$.

Для затворов на колесах—его определяют достаточно точно выражением.

$$T = \frac{t + \mu r}{R} \cdot D_3 + f D_y + G_3. \quad (122)$$

Для затворов на катках—выражением:

$$T = \frac{t}{R} D_3 + f D_y + \left(\frac{1}{2} + \frac{\mu r}{R} \right) G_k + G_3 \quad (123)$$



Фиг. 118.

где: D_3 — давление воды на затвор,

D_y — давление воды на конструкции, служащие для бокового уплотнения.

Если со стороны нижнего бьефа горизонт воды обеспечен во все время действия затвора и если затвор поддерживает подпор $= h$, то в случае совпадения горизонта верхнего бьефа с верхом затвора, давления D_3 и D_y выражаются весом призм, имеющих основаниями площадь трапеции (фиг. 118) высоты h и с параллельными сторонами: меньшей, равной высоте слоя воды в нижнем бьефе $h_н$, и большей, равной высоте воды в верхнем бьефе $h_к$. Длины этих призм равны, первая — длине затвора, считаемой между конструкциями, служащими для бокового уплотнения, и вторая — ширине этих конструкций.

t — плечо трения качения колес или катков по пути качения, его принимают для стальных колес или катков по стальным рельсам от 0,05 см до 0,1 см.

μ — коэффициент трения в цапфах осей вращения колес или катков принимаемый в пределах от 0,20 до 0,30 и при исключительно больших давлениях — даже 0,40, в подшипниках же на вращающихся цилиндрах (фиг. 96)

$$\mu = \frac{t}{d_n} \quad (124)$$

где: d_c — диаметр цилиндров,

r — радиус осевых валков затворов на колесах или осевых валков катков затворов на катках; для подшипников же на вращающихся цилиндрах r — радиус внутренней цилиндрической поверхности $\psi_1 \psi_2 \psi_3$, охватывающей обоймы,

R — радиус колес или катков,

f — коэффициент трения по упорным поверхностям конструкции, служащей для бокового уплотнения,

G_k — вес катков с рамами,

G_z — вес затвора, определяемый по действительному количеству материала затвора и тех частей приводов, которые приходится поднимать.

Для первоначального подсчета G_z , когда подсчет веса частей затвора еще не сделан и когда величину подъемного усилия приходится определять приближенно, руководствуются данными построенных и удовлетворительно работающих затворов. Эти данные выражены практическими формулами. Из них приведем следующие:

1) Формулу инж. Биделя и Мэна:

$$G_z = F_\phi (166 + 6HL), \quad (125)$$

где:

G_z — вес затвора в кг.

F_ϕ — площадь затвора по фасаду в m^2 ,

H — средний напор воды на затвор в м,

L — длина затвора в м.

2) Формулу германских инженеров:

$$G_z = 1,2 F \left(g_0 + \frac{0,52 F c}{R_{\text{шп}}} \right), \quad (126)$$

где G_z — вес затвора в кг,

F — площадь затвора в свету в m^2 ,

g_0 — вес 1 m^2 обшивки, принимаемый в пределах от 100 до 130 кг,

$R_{\text{шп}}$ — см. § 10 в m/cm^2 ,

c — коэффициент, изменяющийся от 4,5 до 3,0 в зависимости от пролета затвора в свету, причем $c = 4,5$ соответствует пролету $L = 4,0$ м и $c = 3,0$ — пролету $L = 20,0$ м.

3) Приближенную формулу инж. Мелентьева (среднюю из трех предложенных им):

$$G_z = F_\phi (200 + 2,7 F_\phi), \quad (127)$$

где

G_z — вес затвора в кг.

F_ϕ — см. формулу 125.

При определении подъемного усилия должны быть учтены еще некоторые факторы, которые могут иметь место не для всех затворов и не всякий раз, как-то:

1) вертикальное давление воды на части затвора, погруженные в нее; это давление имеет место во время переливания воды через затвор и во время протекания ее под затвором,

2) давление от льда, наносов и плавающих предметов в случае навалки их на затвор или приставания к нему,

3) влияния образования льда на конструкциях, направляющих его движение, и засорения этих конструкций мелкими или крупными наносами и т. п.

Для предупреждения навалок льда на затворы, лед окалывают перед затворами или отгоняют от них посредством сжатого воздуха, для предупреждения обмерзания затворов их защищают со стороны нижнего бьефа деревянной обшивкой, а для предупреждения обмерзания как затворов, так и пазов устоев и быков — применяют обогревание паром или предпочтительно электрическими печами.

Пользуясь формулами 122 и 123, определяют усилие, необходимое для подъема затвора лишь при отсутствии факторов, указанных в пп. 1—3. При наличии же их, подъемное усилие, вследствие неопределенности и случайности, этих факторов, определяется приблизительно и может увеличиваться против вычисленного по формулам 122 и 123 в весьма больших пределах. После окончательного установления подъемного усилия определяют и размеры приводов затворов.

§ 22. Конструкции приводов

Существующие приводы разделяют на два основных типа: а) жесткие — в виде тяг или зубчатых штанг (фиг. 74) и б) мягкие — в виде цепей (фиг. 70, 71 и 87) или тросов.

Мягкие приводы прикрепляют сверху затвора при помощи горизонтальных валков или балансиров (фиг. 119), назначая места прикрепления так, чтобы они находились по возможности в вертикальной плоскости, проходящей через центр приложения всех вертикальных сил, действующих на затвор при начале подъема.

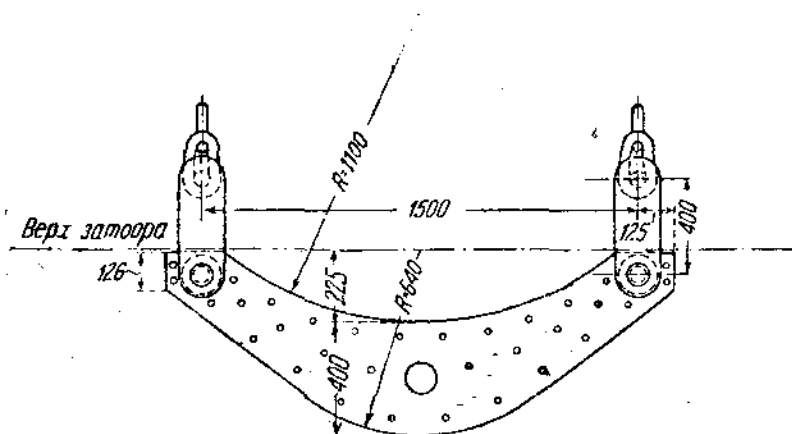
Если окажется невозможным подвесить затвор таким образом, то при определении подъемного усилия должно быть учтено влияние отклонения плоскости подвеса от этой плоскости. Влияние его сводится к учету действующего на затвор момента T_e , (128)

где:

e — расстояние центра приложения вертикальных сил до вертикальной плоскости, в которой действует подъемное усилие.

Жесткие приводы применяют большей частью для затворов малого размера. Их снабжают сверху зубцами (фиг. 74), сцепляемыми с зубчатыми колесами, насаженными на горизонтальные валы, составляющие приводные механизмы. Места прикрепления жестких приводов назначают таким же образом, как и места мягких.

Мягкие приводы навивают на барабаны или на цепные колеса K_1 и K_2 (фиг. 70 и 87), насаженные на горизонтальные валы, приводимые в движение зубчатыми передачами.

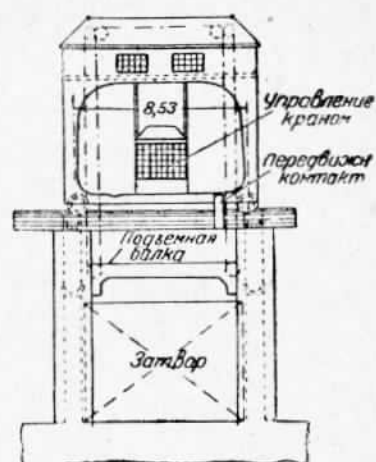
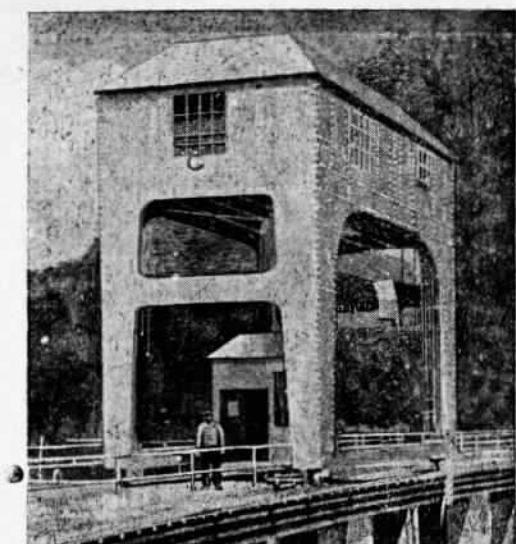


Фиг. 119.

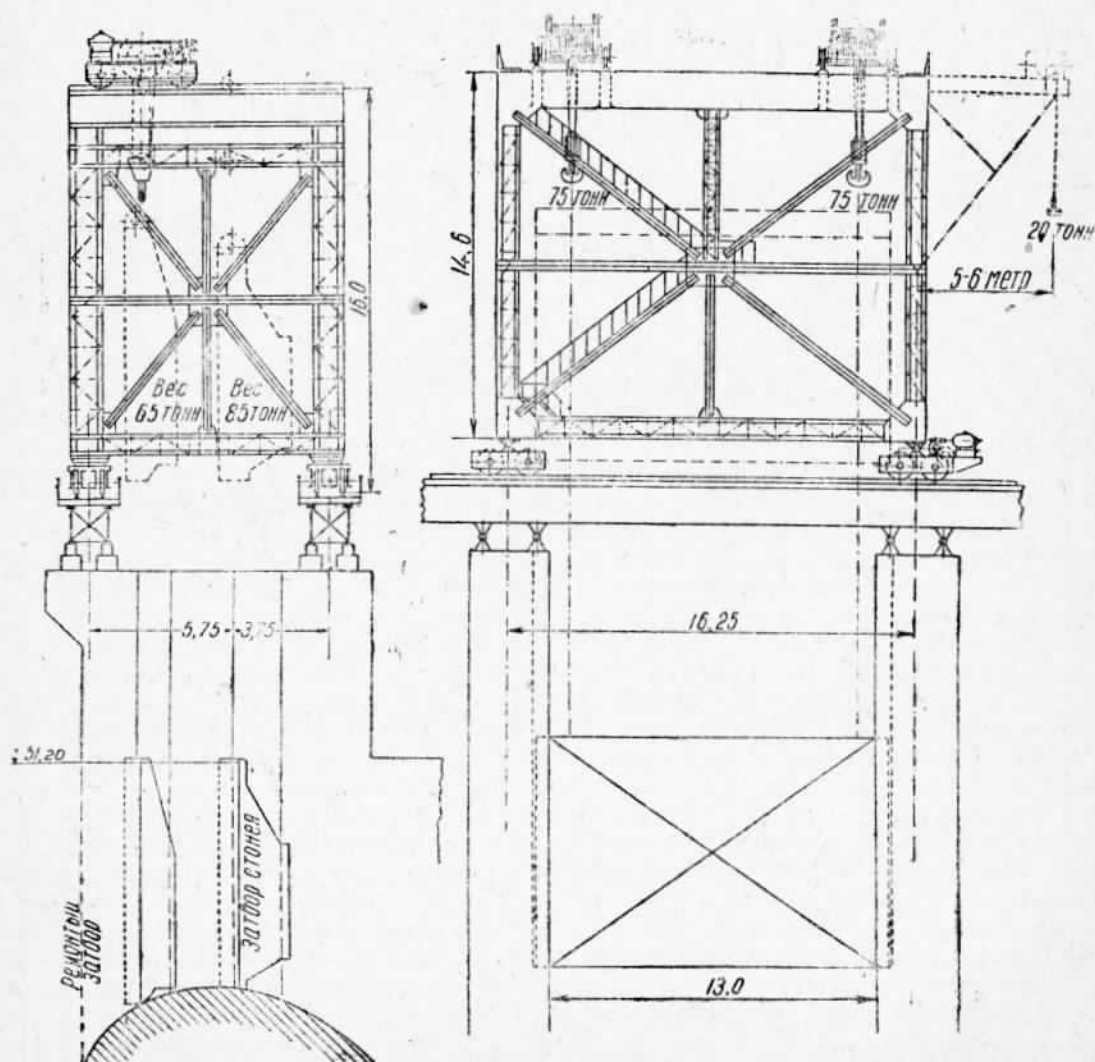
Для мягких приводов затворов применяют большей частью тросы, но так как они подвергаются изменениям длины от растяжения и от колебаний температуры и не обеспечивают правильности движения затворов, а также скоро изнашиваются, то, в последнее время предпочитают применять цепи Галля, последние позволяют достичь более совершенного направления движения затвора и не обладают прочими недостатками тросов, однако им присущи многие недостатки: они подвергаются ржавлению и с течением времени вызывают необходимость затраты большего усилия на подъем затвора, чем в начале его действия, а также без хорошего ухода скоро изнашиваются, кроме того они дороже тросов.

Для облегчения подъема затворов нередко применяют металлические или бетонные противовесы P_1 и P_2 (фиг. 74 и 87). Их берут для каждого затвора по одному или по два (фиг. 87) и располагают в первом случае со стороны нижнего бьефа, а во втором — один со стороны нижнего, другой — со стороны верхнего. Противовесы подвешивают либо на тех же тросах или цепях, на которых подвешены затворы (фиг. 87), либо на отдельных от них, в последнем случае их навивают на особые барабаны (фиг. 74) или на цепные колеса, имеющиеся в приводных механизмах.

Противовесы дают возможность уменьшить усилие, необходимое для подъема затвора, почти на величину веса противовеса, но, увеличивая нагрузку на приводный механизм, они увеличивают размер его частей; кроме того они позволяют в значительной степени освободить флутбет от веса затвора и передать значительную часть его на устои и быки. В этом случае затвор передает в большей



Фиг. 120.



Фиг. 121.

степени все действующие на него силы на опорные части плотин, чем при отсутствии противовесов.

Самые механизмы делают в виде лебедок Л (фиг. 70, 74 и 87) с зубчатыми передачами, приводимыми в движение для подъема небольших затворов—вручную, а для подъема крупных—преимущественно электромоторами. Механизмы располагают на служебных мостах, перекинутых через отверстия плотин, и делают либо стационарными, либо передвигаемыми на тележках по рельсам, уложенным на тех же мостах.

Для подъема и опускания затворов больших размеров многопролетных плотин применяют передвижные краны (фиг. 120—плотина у Наксуила). Для ускорения маневров с затворами берут несколько кранов, которые передвигают по плотине посредством установленных на них большей частью электрических двигателей. Для захвата затворов краны снабжают иногда подъемными балками, а для удержания их в различных положениях по высоте—ригелями или захватами.

У нас катучие краны применены для подъема и опускания и перевоза затворов плотины Днепровской гидростанции (фиг. 121). Кроме маневров постоянными затворами плотины кранами можно поднимать, опускать и перевозить ремонтные затворы, устанавливаемые со стороны верхнего бьефа перед постоянными затворами.

ГЛАВА 6

ПЛОСКИЕ ОПУСКНЫЕ ЗАТВОРЫ. ПЛОСКИЕ ПОДЪЕМНЫЕ ЗАТВОРЫ С ОТКИДНЫМИ КЛАПАНАМИ, МНОГОЯРУСНЫЕ И ПРОЧИХ ТИПОВ

§ 23. Типы затворов

При подъеме описанных в предыдущей главе затворов для мелкого регулирования верхнего бьефа или для пропуска в нижний бьеф льда и плавающих предметов, а также для осмотра или ремонта затворов требуется в большинстве случаев затрачивать значительные подъемные усилия и немало времени. Так как для пропуска льда и плавающих предметов затворы приходится поднимать над горизонтом верхнего бьефа, то могут происходить бесполезные утраты воды этого бьефа, а во время подъема затворов протекающая под ними с большой скоростью вода может вредно действовать на флютбет.

Необходимость поднимать однополотные затворы зачастую высоко над горизонтом воды верхнего бьефа заставляет устраивать высокие надстройки на устоях и быках, размеры которых должны быть достаточными для прочного сопротивления давлению ветра, действующего не только на них, но и на затворы, имеющие нередко большую парусность. Большое усилие, необходимое для подъема однополотных затворов, требует мощных приводных механизмов, для которых, если механизмы сделаны передвигающимися по плотине, необходимо иметь служебные мосты значительных размеров. Эти недостатки однополотных затворов отражаются неблагоприятно как на стоимости плотины, так и на ее эксплуатации. Особенно неудобными в эксплуатации затворы становятся в тех случаях, когда ими приходится закрывать отверстия больших пролетов и большой высоты.

Недостатки однополотных затворов можно значительно уменьшить, если затворы сделать не только поднимаемыми, но и опускаемыми в особые углубления, которые устроены во флютбетах (фиг. 122—плотина у Подебраде на р. Эльбе в Чехословакии). Затворы этого типа называют опускаемыми.

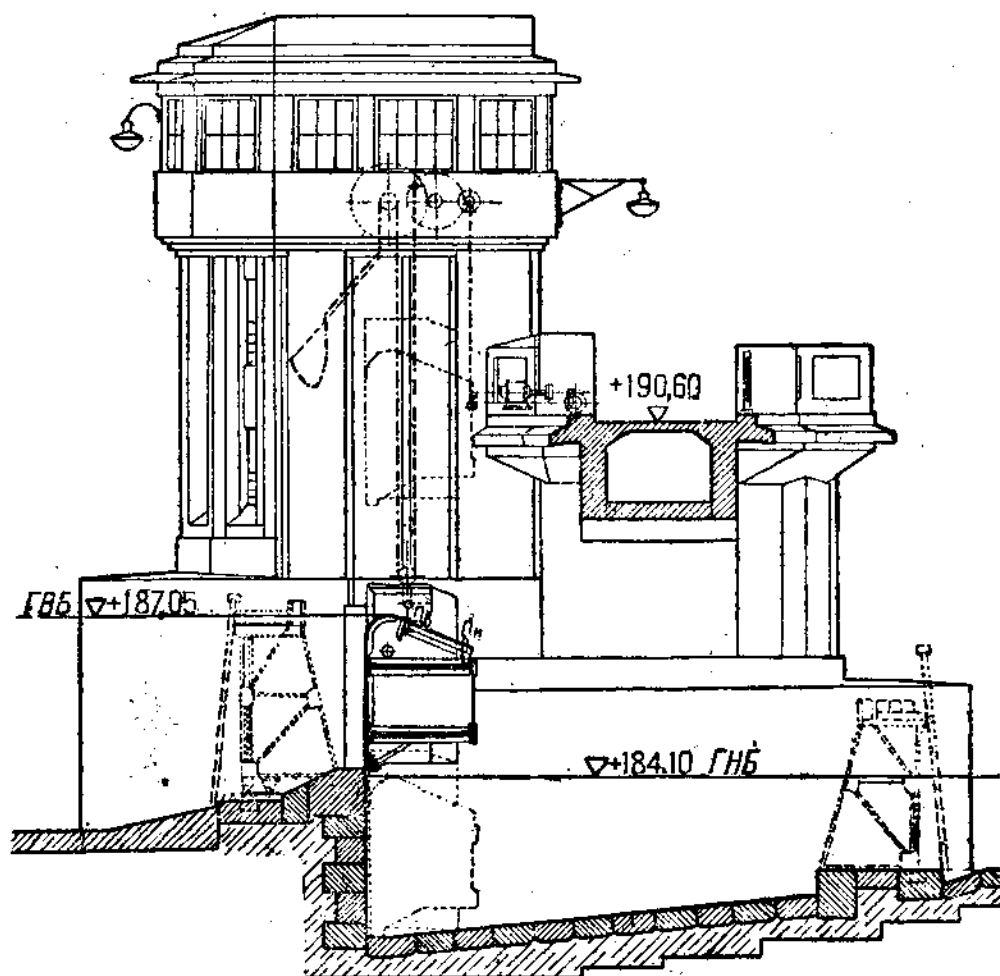
Та же цель может быть достигнута, если в верхней части затворов устроить откидные щиты, называемые откидными козырьками или клапанами, которые для пропуска льда и плавающих предметов поворачивают на горизонтальных осях (фиг. 74 и 123—плотина у Нимбурка на той же реке).

В некоторых случаях недостатки однополотных затворов можно уменьшить еще в большей степени, если затворы составить по высоте из нескольких полотнищ или ярусов, аналогичных по устройству затворам, описанным в § 10 и 12. Ярусов берут большей частью в количестве двух (фиг. 124—плотина у

Стшекова на р. Эльбе) и редко трех (фиг. 125 — плотина у Шанси-Пуны на р. Роне), для затворов же, образованных из шандор (фиг. 72), ярусов берут значительно больше.

Затворы этого типа называют многоярусными.

В зависимости от взаимного расположения ярусов и от характера маневров, которые можно ими производить, многоярусные затворы могут быть разделены на следующие типы:



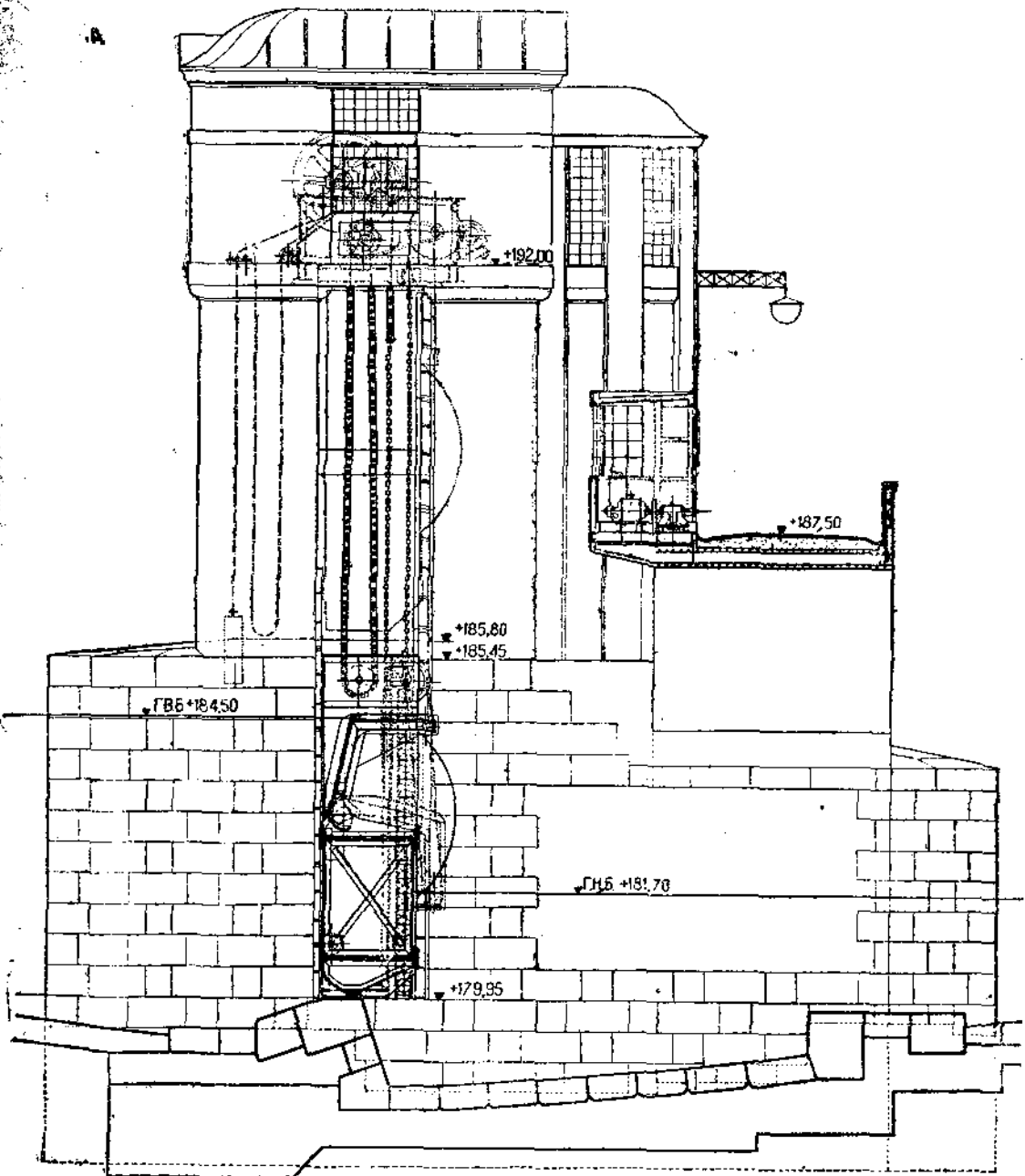
Фиг. 122.

Первый тип образуют из ярусов, расположенных примерно один над другим (фиг. 72—левый затвор), а также ярусы *В* и *Н* (фиг. 126—плотина у Белфелда на р. Маасе), подобно описанным в § 10 и 12. Ярусы затворов этого типа, лежащие ниже других, нельзя поднять, не подняв предварительно вышележащих, а ярусы, лежащие выше других, нельзя опустить, если поставлены лежащие ниже.

Второй тип образуют из ярусов *В* и *Н* (фиг. 72—правый затвор), расположенных либо один непосредственно над другим, либо в различных, но взаимно параллельных вертикальных плоскостях (фиг. 125, 127—плотина у Кандерштега на р. Зимме в Швейцарии и фиг. 128 — плотина у Рибург-Швёрштадта на р. Рейне).

Ярусы затворов этого типа, лежащие ниже других, можно поднимать независимо от вышележащих либо на некоторую часть высоты отверстия (ярус *Н* фиг. 72, 125 и 128), либо на всю высоту (ярус *С* фиг. 124 и *Н* фиг. 127), а

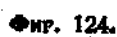
ярусы, лежащие выше других, можно опускать на такую же часть высоты отверстия (ярусы В фиг. 72, 125, 127 и 128), или некоторые из них—на всю высоту (ярус С фиг. 125), вне зависимости от лежащих ниже, но подъем и опускание всех ярусов на всю высоту отверстия независимо от прочих невозможны.



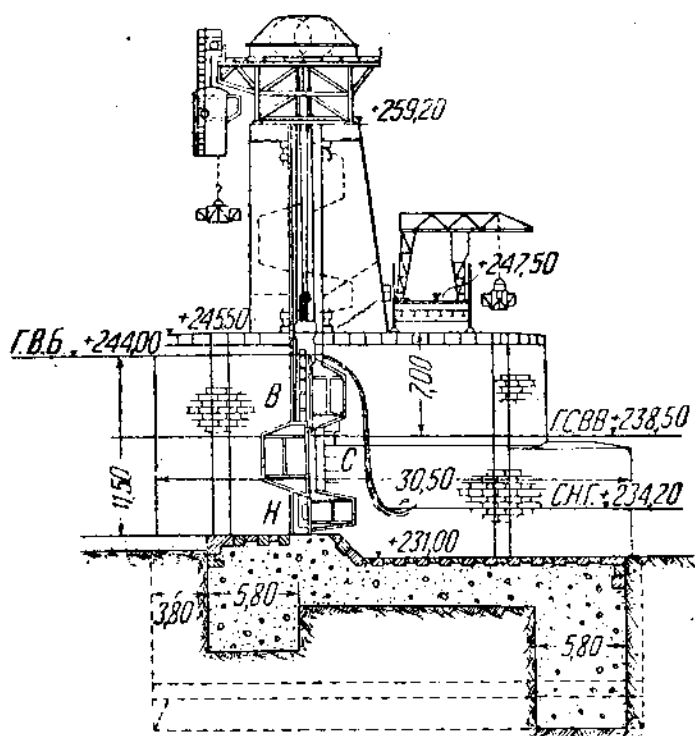
Фиг. 123.

Третий тип образуют из ярусов, расположенных в разных вертикальных плоскостях (фиг. 124) таким образом, что каждый ярус можно поднимать и опускать на всю высоту отверстия независимо от прочих.

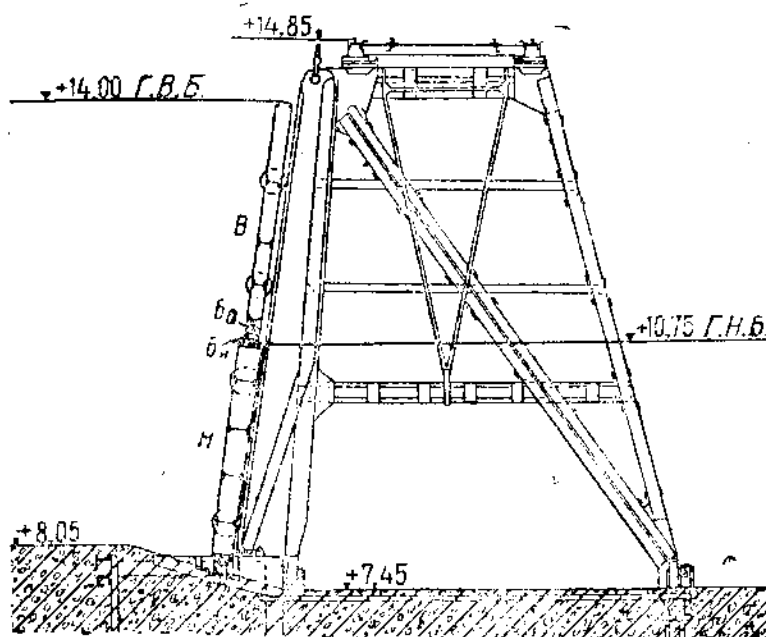
Ярусы затворов первого и второго типов, располагаемые один над другим, опирают на устон и быки либо посредством подушек, либо посредством колес; ярусы же затворов второго типа, располагаемые в разных плоскостях, и ярусы затворов третьего типа опирают кроме того и посредством катков.



Затворы первого типа применяют преимущественно для временного закрытия отверстий (фиг. 72—левый затвор) и реже для постоянного (фиг. 126),—второго и третьего—исключительно для постоянного закрытия.



Фиг. 125.



Фиг. 126.

Ярусы затворов второго и третьего типов, устраиваемые в разных плоскостях, размещают в поперечном сечении плотины таким образом, что ярус, лежащий выше нижнего, располагают либо впереди нижнего (ярус В фиг. 21 и ярус С фиг. 125), либо позади его (ярусы В фиг. 124 и 125). В этом случае для независимого

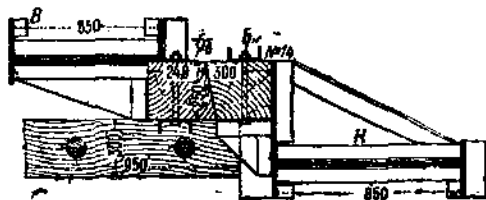
движения ярусов каждый из них должен иметь в опорных частях пути движения, отдельные от путей движения другого, вследствие чего пролеты их должны быть разными: большими для яруса, имеющего более выдвинутое расположение в сторону верхнего бьефа, и меньшими для яруса, расположенного позади него.

Для уменьшения количества материала затворов было бы целесообразным нижние ярусы размещать позади верхних, однако это возможно сделать только тогда, когда падающие с верхнего яруса вода, лед, плавающие предметы не могут повредить нижнего яруса. В противном случае верхний ярус следует располагать позади нижнего таким образом, как показано на фиг. 124. Для ярусов, зависящих в движении друг от друга, пазы устраивают общими и соответственно с этим пролеты их одинаковыми.

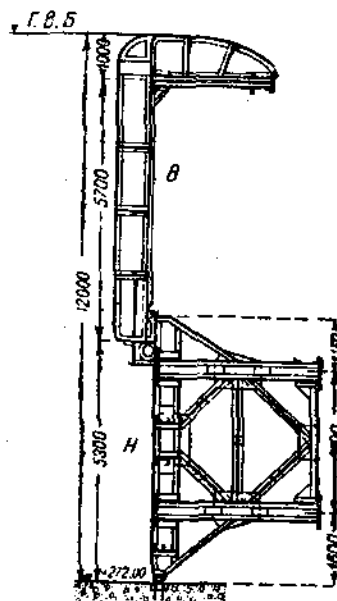
Применяя опускающие затворы или затворы с откидными клапанами, можно с большим удобством производить мелкое регулирование верхнего бьефа, и сбрасывать лед и плавающие предметы с меньшей утратой воды и меньшими повреждениями флутбетов, чем однополотными затворами.

Откидные клапаны дают кроме того возможность уменьшить высоту надстроек на устоях и быках и размеры последних, так как высота затворов и их парусность по сравнению с затворами без клапанов может быть несколько меньшей.

Применяя многоярусные затворы первого типа, по тем же причинам можно еще более уменьшить подъемные усилия, а также высоту надстроек и размеры устоев и быков. Пропуск в нижний бьеф льда и плавающих предметов, хотя и не может быть осуществлен с таким же удобством, как посредством затворов опускающих и снабженных откидными клапанами, но во многих случаях является достаточно удовлетворительным.



Фиг. 127.



Фиг. 128.

Применяя затворы второго и третьего типов, можно помимо этого осуществить пропуск в нижний бьеф воды, льда и плавающих предметов не только посредством подъема верхних ярусов, но и посредством их опускания, и легче, чем затворами прочих типов. Кроме того можно маневрировать нижними ярусами, не трогая верхних, и благодаря этому в случае надобности освобождать верхний бьеф от наносов скорее, чем затворами прочих типов.

Размеры откидных клапанов и высоты отдельных ярусов определяют в зависимости как от предъявленных к барражу требований водного хозяйства, так и от гидрологического режима верхнего бьефа.

§ 24. Конструкция затворов

Затворы делают обычно из металла и, как исключение, из дерева.

Откидные клапаны образуют из ряда криволинейных (фиг. 129) или из обранных (фиг. 123) стоек, поддерживающих прикрепленную к ним обшивку из листового железа. Стойки связывают между собой со стороны нижнего бьефа в продольном и поперечном направлениях скреплениями. Сечения тех и других берут обычно жесткие из фасонного железа.

Подшипники для осевых валов располагают на верхних рамных ригелях затворов либо непосредственно, либо посредством кронштейнов. Последние

Рамные ригели приводят во взаимную связь потому же способу как приводят в связь рамные ригели однополотных затворов, т. е. при помощи стоек и раскосов, располагаемых как в плоскостях, параллельных обшивке, так и перпендикулярных ей. При этом раскосы, располагаемые в плоскостях, перпендикулярных обшивке, нередко соединяют со стойками (фиг. 124 и 128) по типу, показанному на фиг. 75.

Для надлежащего направления воды и льда при пропуске в нижний бьеф поверх опускаемых затворов (фиг. 122), и снабженных откидными клапанами, или поверх верхних ярусов, расположенных позади нижних (фиг. 124) затворы покрывают сверху полами $л_1, л_2$ из досок или из плоского железа, которыми дают наклоны в сторону нижнего бьефа. Для той же цели верхнюю часть обшивки несколько скругляют по типу показанному на фиг. 122.

Бокового уплотнения для многоярусных затворов, опирающихся на колеса или на катки, достигают круглыми штангами. Штанги нижнего яруса, перед подъемом яруса, должны быть подняты, иначе во время его подъема они могут быть в нижней части отогнуты водой и при последующем опускании яруса искривлены. Для ярусов, имеющих водоудерживающие конструкции, выдвинутые в верхний бьеф более, чем те же конструкции других ярусов, уплотнение может быть сделано посредством металлических листов, подобных показанному на фиг. 93.

Уплотнение между ярусами делают в зависимости от взаимного расположения их.

Для затворов первого типа применяют деревянные брусья $б_1$ и $б_2$ (фиг. 126), прижимаемые один к другому. Для затворов второго типа применяют также деревянные брусья $б_1$ и $б_2$ (фиг. 127), которые для лучшего прижатия одного яруса к другому обрабатывают по упорным плоскостям под наклоном к вертикали. Если верхний ярус расположен впереди нижнего, этот наклон делают книзу в сторону нижнего бьефа (фиг. 127), при обратном расположении ярусов — в сторону верхнего. Уплотнение осуществляют также посредством упругих металлических или каучуковых (фиг. 128) листов, прикрепленных к ярусам, расположенным впереди соседних и прижимающихся к обшивке задних ярусов (фиг. 128). Во время движения ярусов эти листы скользят по обшивке задних ярусов, в соответствии с этим обшивка последних по поверхности скольжения листов должна иметь заклепки головок, прикрепляющих ее к остову, сделанными впотай.

Уплотнение затворов третьего типа делают либо деревянными брусьями прямоугольного сечения $б_1$ и $б_2$ (фиг. 21), либо посредством такого же типа листов, какой применяют для затворов второго типа.

В остальном конструкции описываемых затворов аналогичны конструкциям однополотных затворов. Расчет их производится на тех же основаниях, как и первых.

§ 25. Приводы

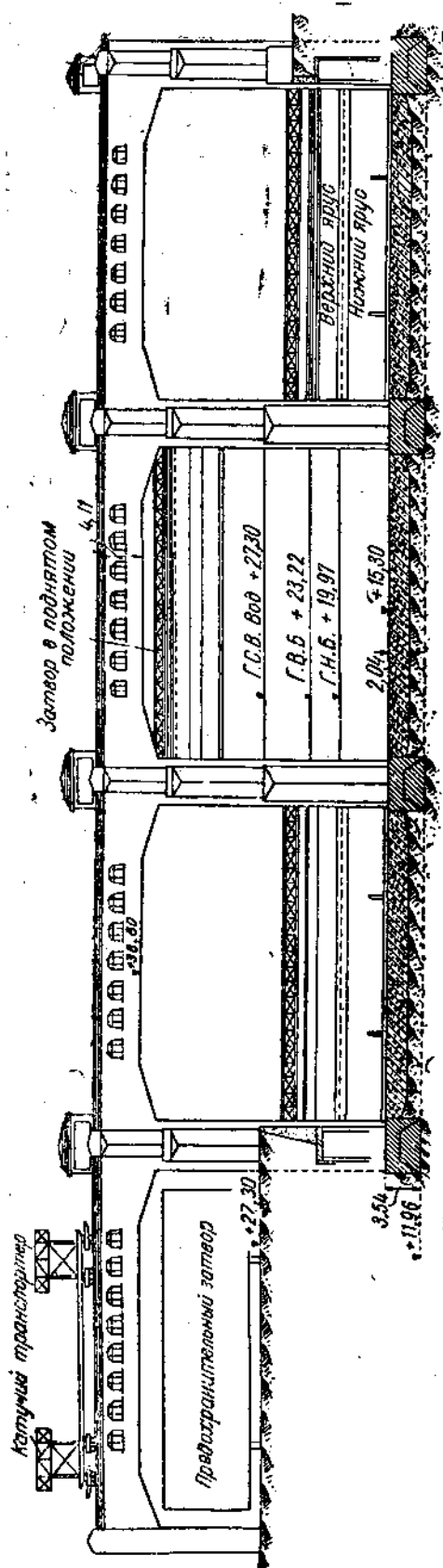
Удержание и подъем откидных клапанов производят посредством тяг или цепей (фиг. 74 и 123), прикрепленных непосредственно к клапанам или к кривошипам, насаженным на осевые валы с одного или с обоих концов затвора. Управление ими осуществляют механизмами, расположенными на устоях или на быках.

Приводы многоярусных затворов берут обычно мягкие. Их навивают на барабаны приводных валов подъемных механизмов, которые устраивают отдельными для затворов каждого пролета или общими для всех. Для этой цели их располагают на катучих тележках, делая в виде кранов (фиг. 125), которыми пользуются не только для подъема и опускания постоянных но и ремонтных затворов той же плотины.

Если механизмы, служащие для приведения в движение ярусов, установлены на тележках, которые можно перекачивать по служебным мостам, перекрывающим отверстия плотин (фиг. 31 — плотина у Шату на р. Сене), то поднятые ярусы могут быть при помощи их удалены на берега; для этой цели надстройки на устоях и быках должны быть сделаны в виде порталов.

Для облегчения подъема ярусов применяют противовесы, которые устраивают аналогично противовесам однополотных затворов.

Наличие противовесов дает возможность сделать управление ярусами автоматическим, поставив подъем и опускание ярусов в зависимость от положения



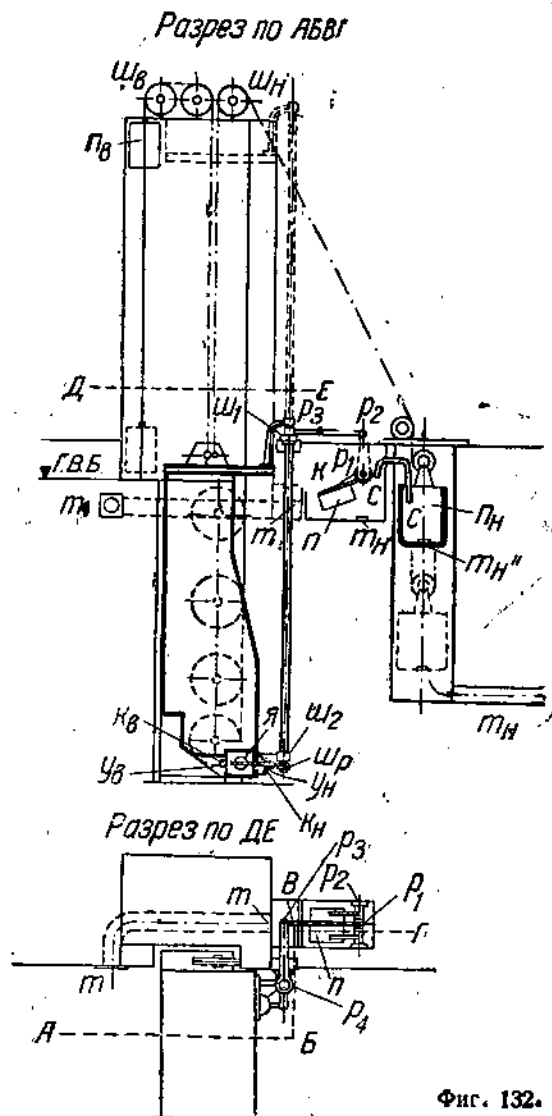
горизонта воды верхнего бьефа. Такое устройство было применено для верхних ярусов затворов некоторых из итальянских плотин.

Верхние ярусы затворов этих плотин уравновешены двумя парами противовесов P_1 и P_2 (Фиг. 1:2—плотина у Виллареджо на р. Дора-Балтеа в Ломбардии), прикрепленными к тросам, перекинутым через шкивы $Ш_1, Ш_2$. Противовесы P_1 устроены сплошными, а противовесы P_2 — полыми в виде ящиков, которые могут быть наполнены водой верхнего бьефа посредством сифонов $с$; сифоны забирают воду из камеры K , которая соединена трубопроводом $т$ с верхним бьефом.

В камерах K плавают поплавки $п$, соединенные системой рычагов p_1, p_2, p_3 и p_4 со штангами $ш_1, ш_2$, в нижней части которых прикреплены на штоках $ш$, клапаны $к$, служащие для открытия и закрытия отверстий в регулирующих ящиках $Я$, устроенных в ярусах. Ящики служат для опускания яруса. Для опускания они должны быть, наполнены водой верхнего бьефа через отверстия $у$, которые закрывают клапанами $к_1$.

В то время, когда ярус закрывает отверстие плотины, отверстия $у$, открыты и ящики наполнены водой.

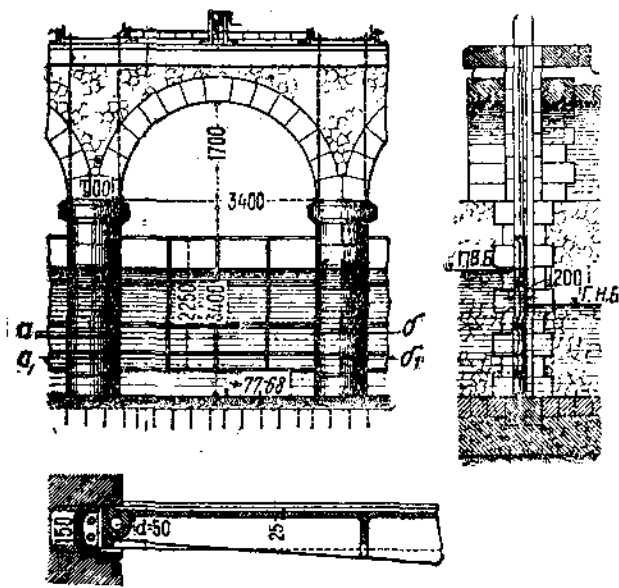
Фиг. 131.



Фиг. 132.

Как только горизонт верхнего бьефа поднимается выше нормального, камеры K наполняются водой, при этом посредством сифонов наполняются и противовесы $П$. Одновременно поднимаются поплавки $л$, которые посредством рычажных связей закрывают клапаны $к$, отверстия $у$, в ящиках $Я$.

Так как клапаны, закрывая отверстия $у$, открывают одновременно отверстия $у$, тех же ящиков со стороны нижнего бьефа, то вода из ящиков вытекает, и ярус под действием противовесов $П$, $П$, наполненных водой, поднимается. При постоянном притоке воды в верхний бьеф, поступление ее в поплавок $П$ продолжается, и ярус остается в открытом положении.



Фиг. 133.

Если приток в верхний бьеф прекратится и вода через отверстие плотины стечет в нижний бьеф настолько, что горизонт верхнего бьефа снизится, вода в противовесы перестанет поступать, а остающаяся в камерах K и в противовесах $П$ стекает в нижний бьеф из первых по трубе $т$, а из вторых — через отверстия $т$, и далее по трубе $т$. Так как при этом поплавок $л$ опускается, то отверстия $у$ закрываются и открываются отверстия $у$, вода наполняет ящики $Я$, и затвор опускается.

Автоматическое устройство подъема и опускания ярусов не исключает возможности производить маневры с ярусами в любое время, по желанию персонала, обслуживающего плотину.

§ 26. Затворы чугунные, железобетонные и смешанной конструкции

Чугунные затворы относятся к устаревшим типам. В настоящее время по причинам, указанным в § 30 части 1-ой, их применяют весьма редко, лишь для отверстий

закрытых сверху, главным образом для водоспусков небольших поперечных сечений (см. часть III ю). Для закрытия же открытых сверху отверстий водоспускных и водоподъемных плотин их применяют лишь в виде исключения.

Их образуют в виде плит, укрепленных со стороны верхнего или нижнего бьефа ребрами (фиг. 133) и опирают на пазы устоев и быков посредством прикрепленных к ним упорных подушек, которые во время подъема и опускания затвора скользят по упорным поверхностям пазов.

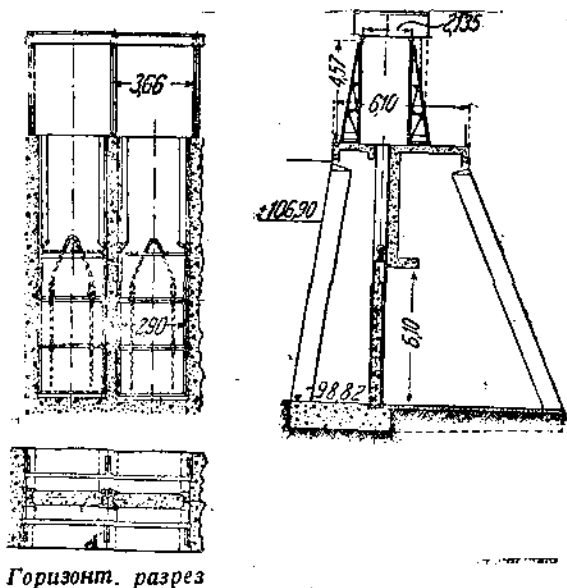
Плоские железобетонные затворы образуют в виде остова ригельной системы с ригелями из двутавровых или коробчатых балок, пространство между которыми и рамой заполняют армированным бетоном (фиг. 134 — водопропуск барража на р. Гудзон у оз. Шерман в шт. Нью-Йорк США). Они могут быть как однополотными, так и многоярусными. В данное время они имеют весьма малое распространение.

Затворы смешанной конструкции из металла и дерева распространены весьма значительно. Как можно видеть из предыдущего описания затворов, дерево применяют даже для весьма ответственных частей затворов, как-то: для обшивки и для нижних и боковых уплотнений.

Следует отметить, что нижние уплотнения занимают, особенно в шандорных затворах (фиг. 72), весьма значительную часть напорных поверхностей затворов и принимают на себя не малую часть сил, изгибающих каждый из шандоров.

Продольный разрез

Поперечный разрез



Фиг. 134.

§ 27. Сфера применения плоских железных, стальных и смешанной конструкции затворов для постоянного закрытия плотин и качества этих затворов

Подъемные затворы применяют для закрытия отверстий всех типов плотин; опускаемые же,—лишь для закрытия отверстий водоподъемных плотин.

Однополотные затворы и некоторые из многоярусных применяют не только для поддержания одностороннего, но также, для двустороннего подпора, однако во втором случае конструкции их опорных устройств и конструкции, направляющие их движение, должны быть сделаны более сложными, чем в первом случае. Затворы прочих типов применяют только для поддержания одностороннего подпора.

Некоторыми из затворов можно закрывать отверстия пролетом до 30 м и предельной высотой на 17 м от флутбета до горизонта верхнего бьефа.

Плотность закрытия ими отверстий достаточно удовлетворительна.

Пропуск плавающего подвижного состава, а также жидкого и твердого расходов в закрываемых затворами отверстиях, вследствие ограниченной длины затворов, стеснен быками, кроме того пропуск подвижного состава может быть стеснен пролетным строением служебных мостов и поднятыми затворами. Пропуск подвижного состава может быть достаточно удобным лишь тогда, когда отверстия закрыты затворами, которые можно опускать ниже порога флутбета или поднимать на достаточную высоту и когда на такой же высоте расположен и низ пролетного строения служебных мостов. У нас нижняя кромка поднятого затвора и низ пролетного строения служебных мостов должны быть расположены на уровне, отвечающем требованиям указанным в § 7.

Затворы дают возможность удовлетворительно, а некоторые из них даже автоматически, справляться с крупным регулированием верхнего бьефа.

Мелкое регулирование можно производить ими достаточно удовлетворительно, но особенно хорошо—затворами, описанными в главе 6.

Благодаря жесткости конструкции многие из них могут поддерживать подпор даже во время небольших навалов на них льда, наносов и плавающих предметов, но пропуск в нижний бьеф плавающих предметов во время поддержания подпора может быть сделан с достаточным удобством лишь посредством затворов описанных в главе 6, что касается пропуска льда то, если затворы подвергаются обмерзанию, пропуск его связан с рядом затруднений, эти затруднения могут быть отчасти устранены посредством применения затворов с откидными клапанами.

Пропуск наносов во время поддержания подпора делают посредством подъема затворов на небольшую высоту, и с наибольшей легкостью он может быть осуществлен многоярусными затворами второго и третьего типов, имеющими нижние ярусы, независимые в движении от лежащих выше.

Наличие конструкций, направляющих движение затворов и пазов, может вызывать затруднения при маневрах с ними во время их обмерзания, а также вследствие заполнения наносами и случайно попадающими предметами.

Так как затворы могут быть подняты достаточно высоко над водой, осмотр и ремонт затворов всех типов, кроме затворов системы Стоinea, можно производить достаточно удобно, затворы же Стоinea имеют недостаток, заключающийся в затруднениях при осмотре и ремонте катковых рам.

Стоимость затворов вследствие значительной массивности их конструкции достаточно высока, а также они оказывают немалое влияние на стоимость всей плотины, так как вызывают необходимость устраивать быки и надстройки на устоях и быках.

ГЛАВА 7

ЗАТВОРЫ, ПОВОРАЧИВАЕМЫЕ НА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОСЯХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ ВНЕ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ (СЕГМЕНТНЫЕ)

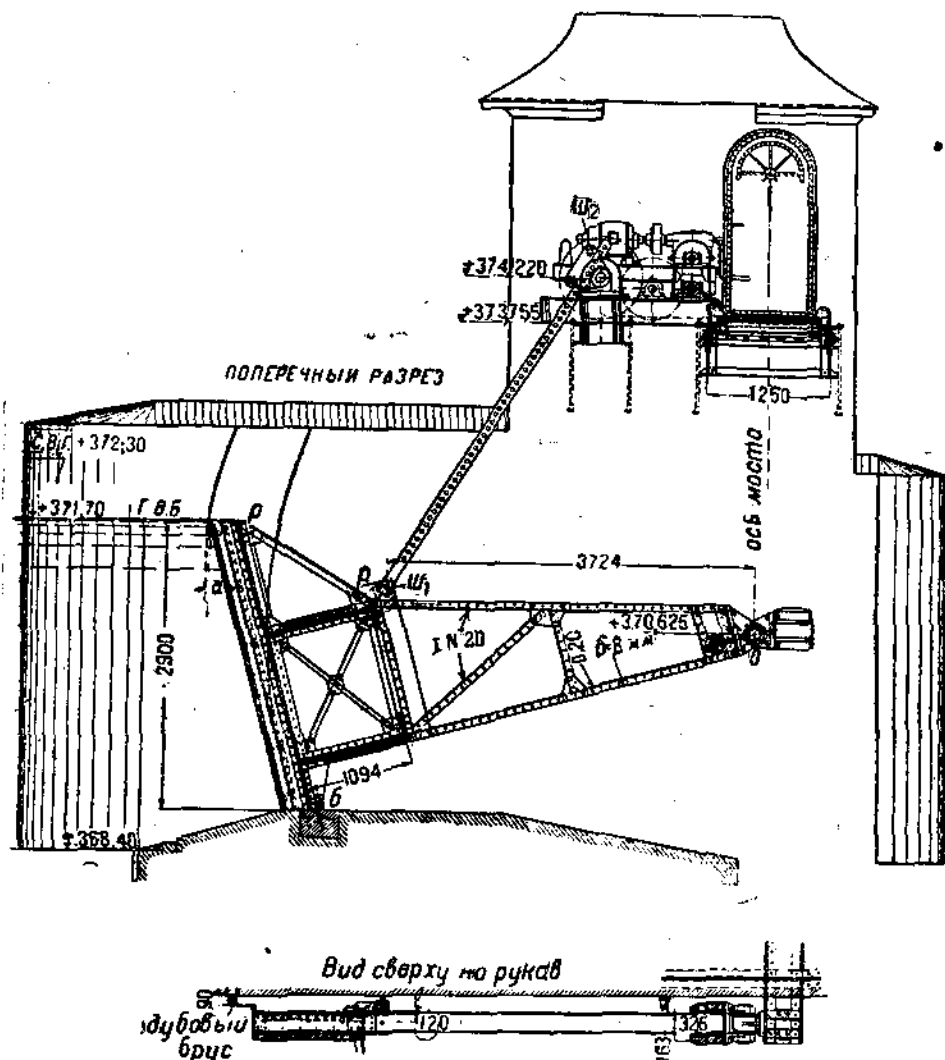
§ 28. Принцип устройства затворов. Типы затворов

К затворам, передающим действующие на них внешние силы большей частью на устои и быки, относятся также затворы, вращаемые на горизонтальных осях (фиг. 135 — плотина у Ауэ в Саксонии), которые как

по отношению к затвору, так и в пространстве занимают неизменное положение.

Затворы этого типа так же, как и плоские, образуют из водоудерживающей конструкции: обшивки и из остова, составляющих единое тело.

Оси вращения затворов этого типа по отношению к водоудерживающей конструкции располагают большей частью позади ее (фиг. 135), реже — впереди (фиг. 136 — схема затворов плотины ниже Каира на Розеттском рукаве р. Нила). В обоих случаях водоудерживающие конструкции связывают с осями вращения посредством креплений ob , op_1 , op_2 . . . on .



Фиг. 135.

В зависимости от направления движения, которое дают затворам для частичного или для полного открытия и закрытия отверстия, — различают затворы следующих типов:

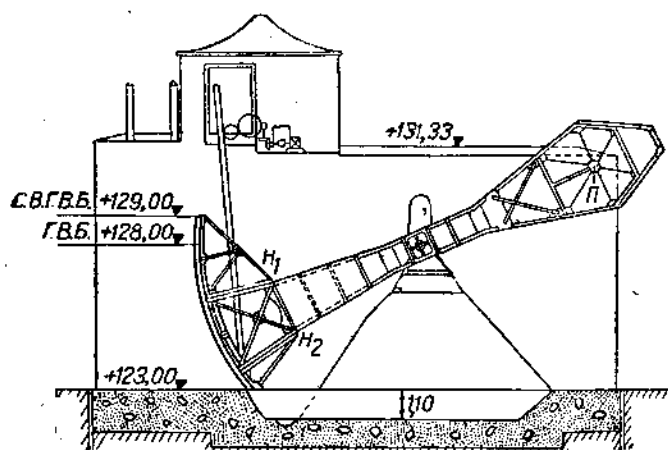
Первый (фиг. 135 и 136), наиболее распространенный, характеризуется тем, что затвор этого типа для полного открытия отверстия поднимают, поворачивая на угол близкий 90° ; пропуск воды, льда, наносов и плавающих предметов в отверстиях плотин закрытых затворами этого типа, связан с затруднениями, имеющими место при пропуске в отверстиях плотин закрываемых плоскими подъемными однополотными затворами, т. е. с появлением скоростей, вредно действующих на флютбет, или с утратой полезного объема воды верхнего бьефа;

вращения затворов третьего типа располагают как на устоях и быках (фиг. 140), так на флютбете (фиг. 139).

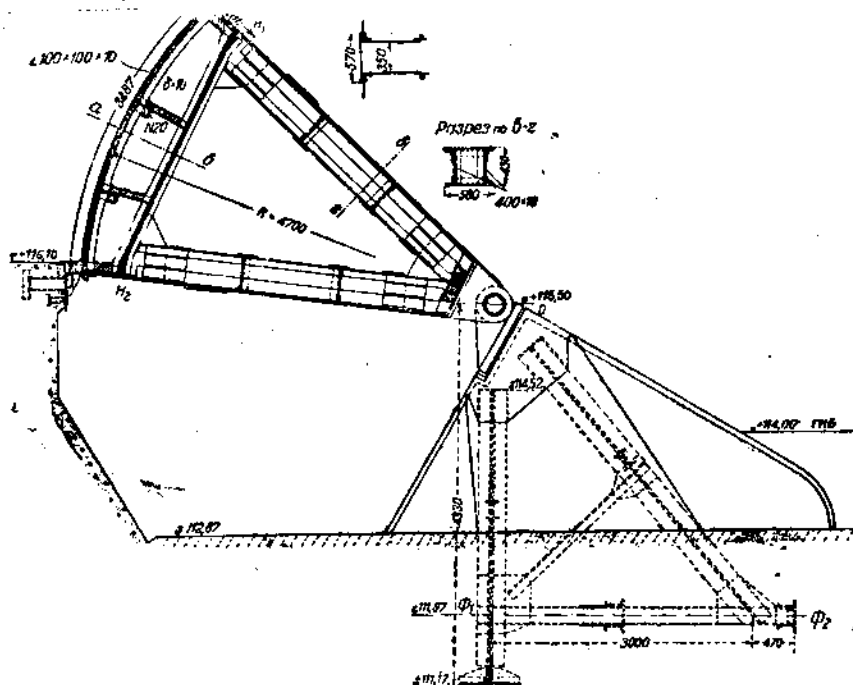
Если требуется чтобы во время закрытия затворами первого и второго типа отверстий пропуск в нижний бьеф воды, льда или плавающих предметов встре-

чал возможно меньше препятствий, оси вращения затворов располагают по возможности выше самого высокого горизонта воды, протекающей через отверстия плотины, если же в отверстиях необходимо пропускать плавающий подвижной состав, оси вращения располагают еще выше. У нас они должны быть расположены согласно требованиям, указанным в § 7.

Если расположение осей на устоях и быках оказывается неудобным, либо в отношении конструирования затворов, либо в отношении



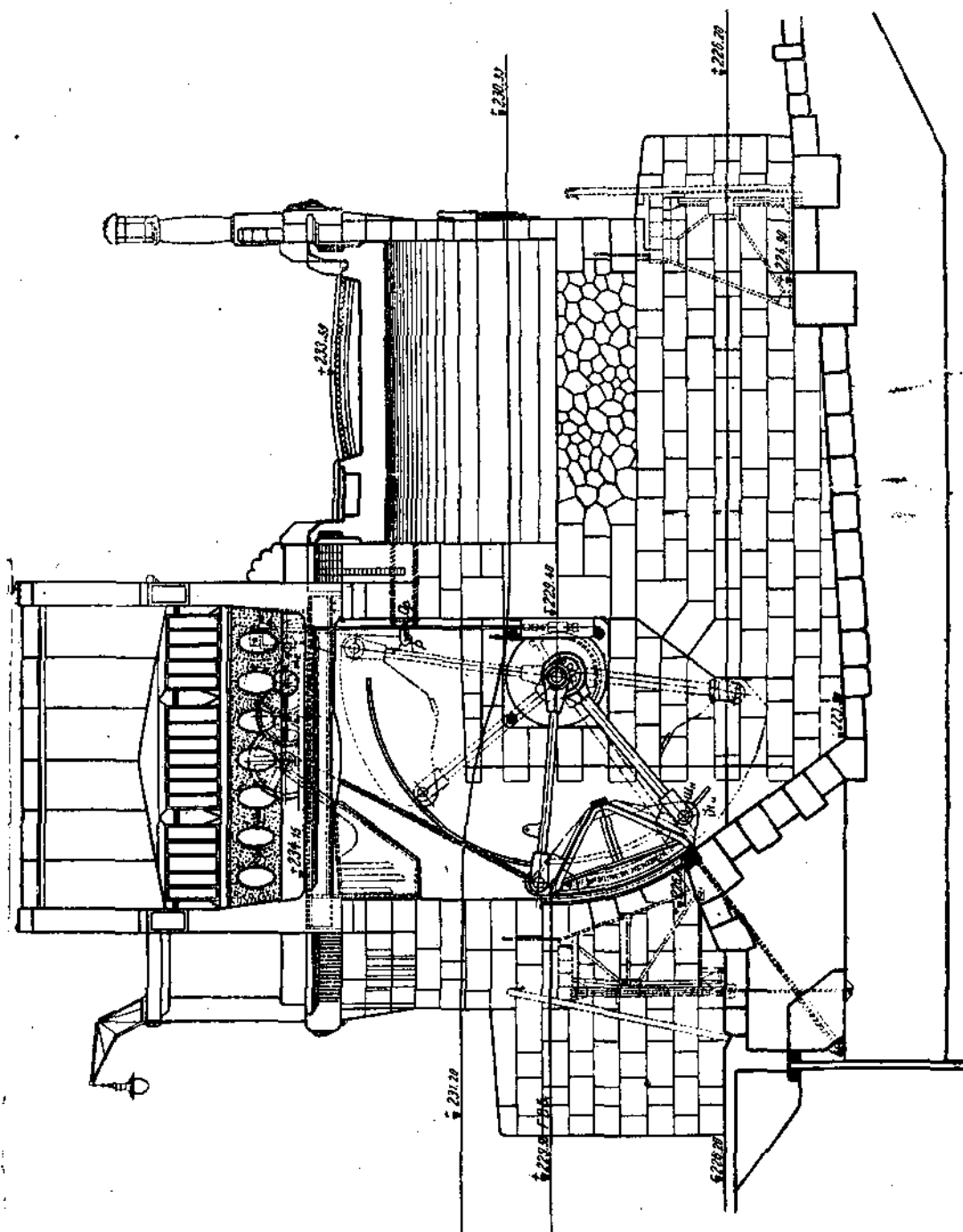
пропуска воды, льда, плавающих предметов и подвижного состава, то применяют затворы третьего типа, с осями вращения на флютбете (фиг. 139).



Водоудерживающие конструкции поворотных затворов, в отличие от тех же конструкций плоских подъемных, редко делают вертикальными; в большинстве случаев—либо наклонными (фиг. 135 и 137), либо криволинейными (фиг. 136, 138, 139 и 140).

Связь этой конструкции с осью вращения позволяет давление от воды, воспринимаемое обшивкой, передать на ось вращения. Если последняя расположена на устое и на быке, то большинство действующих на затвор внешних сил, включая даже некоторую часть собственного веса затвора, передается на них.

Если же ось вращения расположена на флютбете, то почти все действующие на затвор силы передаются на флютбет. Затворы этого типа, хотя и составляют предмет изложения следующего отдела, но вследствие сходства их конструкции



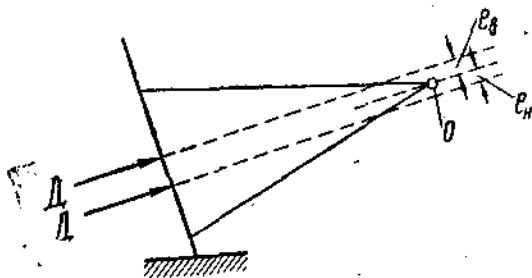
Фиг. 140.

с затворами, имеющими оси вращения на устоях и быках, описываются в данной главе.

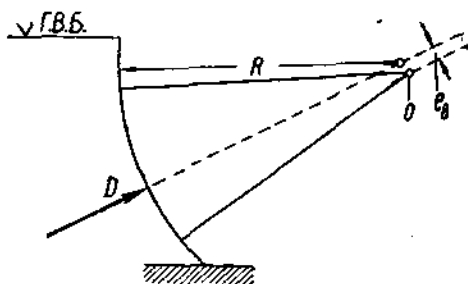
Равнодействующая давлений воды (D) на затворы, устроенные с плоской обшивкой (фиг. 135 и 137) при различных положениях затвора и при изменении горизонта воды в верхнем и нижнем бьефах обычно меняет свое положение и

лишь как исключение может проходить через ось вращения; обычно она проходит либо выше, либо ниже ее (фиг. 141).

Если равнодействующая проходит выше, то на затвор действует момент De , где e — расстояние равнодействующей давления на затвор — до оси вращения. Этот момент облегчает подъем затвора, но может затруднять опускание его на флютбет во время протекания воды через отверстия, а также уменьшать плотность закрытия последнего.



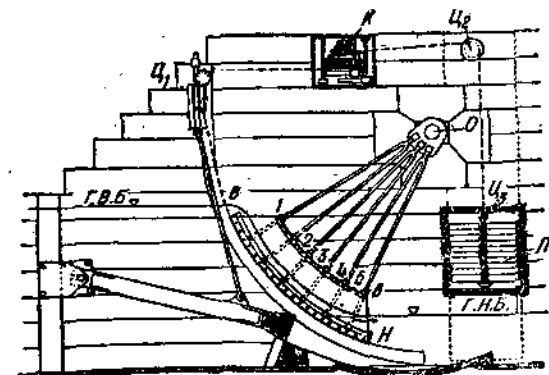
Фиг. 141.



Фиг. 142.

Если же равнодействующая проходит ниже, то на затвор действует момент De , обратного знака с первым, который действуя противоположно первому, хотя во время поддержания затвором подпора и прижимает его к флютбету, но во время открытия затрудняет его подъем. Давая обшивке тот или иной угол наклона α (фиг. 135) к вертикали и выбирая соответствующее положение оси вращения, можно по желанию получить либо облегчение затвора, либо прижатие его к флютбету.

Плоская обшивка не дает по указанным причинам достичь вполне определенного облегчения и прижатия затвора и вызывает значительные колебания как того, так и другого в одну и в другую сторону. Чтобы избежать этого, обшивке дают криволинейные очертания, изгибая ее по круговым цилиндрическим поверхностям (фиг. 136, 138, 139 и 140); в таком случае давление в каждой точке ее напорной поверхности, а следова-



Фиг. 43.

тельно и равнодействующая давления воды (фиг. 142) всегда проходит через ось цилиндра и дает возможность как облегчение подъема затвора, так и прижатие его к флютбету сделать независимыми от e и e . Если эксцентричное расположение осей вращения оказывается почему-либо нежелательным, то оси вращения совмещают с осями цилиндрических поверхностей обшивки.

Поворотные затворы были предложены 80 лет тому назад французским инженером Пуарэ и были осуществлены впервые в 1853 г. для заграждения протока де-ля-Монэ р. Сены в Париже, разобранного в 1924 г.

Это заграждение состояло из плотины, имевшей четыре отверстия, каждое пролетом 4,28 м, и поддерживавший подпор, не превышавший 1,0 м. Закрывавшие отверстия плотины затворы состояли из частей bn (фиг. 143) круговых цилиндров, сделанных из листового железа, и были связаны с осями вращения O , радиально расположенными — штангами $01, 02 \dots 06$.

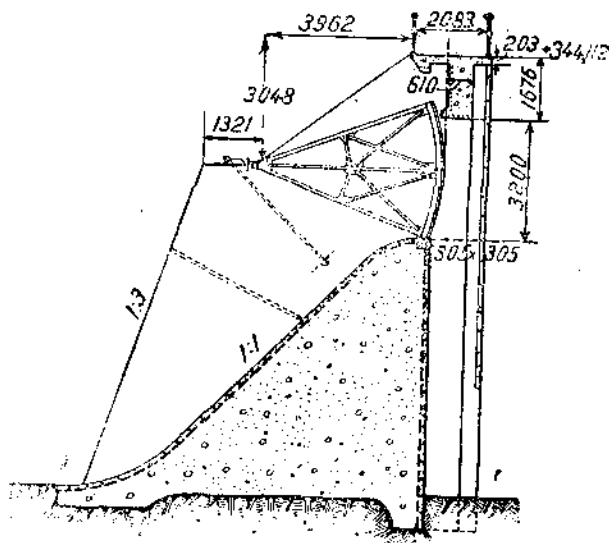
Для подъема затворов к ним были прикреплены цепи в $ц_1, ц_2, ц_3$, которые навивали на кабели K , расположенные на верхних площадках устоев и быков, причем для облегчения подъема были применены противовесы $П$.

Поворотные затворы с криволинейными водоудерживающими конструкциями, вследствие их сходства с сегментными, называют обычно сегментными.

Ряд положительных качеств, выявившихся во время эксплуатации затворов этого типа, не мог не обратить на них внимания и заставил заняться дальнейшим

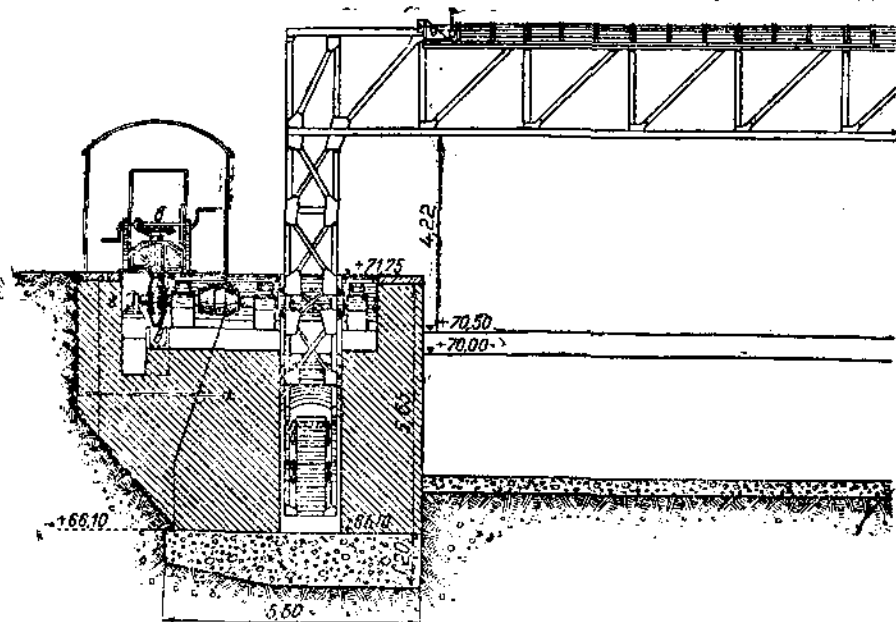
их усовершенствованием. Последнее получило наибольшее развитие в связи с усовершенствованием металлических конструкций и в разных странах направилось по разным путям, в результате чего, через 50—60 лет после изобретения инж. Пуарэ, затворы приняли более совершенные формы, чем раньше, и позволили лучше удовлетворить ряду требований, предъявленных к затворам со стороны водного хозяйства при различных условиях поддержания подпора и маневрирования ими. Несмотря на появление новых форм затворов, имеющих весьма мало общего с сегментами (фиг. 135 и 137), название их сегментными сохранилось до настоящего времени.

В настоящее время затворы этого типа, подобно плоским подъемным затворам, применяют для закрытия отверстий, как открытых сверху (фиг. 135—140 и 143), так и закрытых с той же стороны (фиг. 144—плотина Хай-Фоллс на р. Пестиго в Висконсине США), и пользуются некоторыми из них даже для поддержания двустороннего подпора (фиг. 216 части 1-ой и фиг. 145).



Фиг. 144.

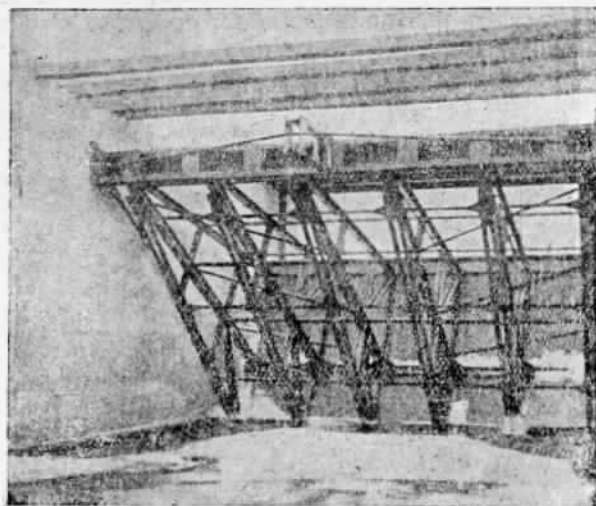
Ими закрывают отверстия достаточно больших пролетов, даже несколько больших, чем плоскими подъемными затворами, но, так как их делают состоящими обычно лишь из одного полотна, то меньшей высоты, чем последними. Их



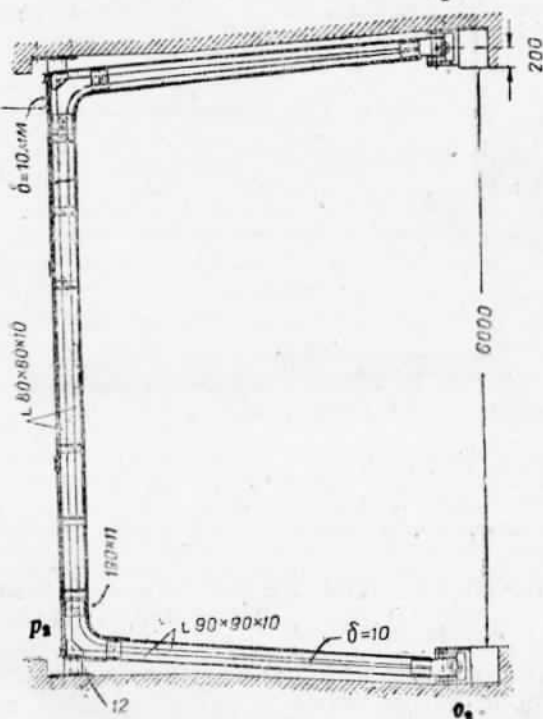
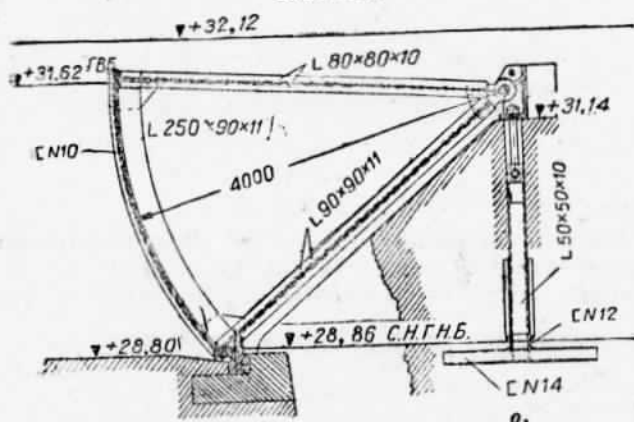
Фиг. 145.

верхние кромки располагают примерно на такой же высоте, как и верхние кромки плоских затворов. Делают их из: 1) дерева, 2) металла, 3) нескольких материалов смешанной конструкции).

Обшивку затворов прикрепляют к остовам, которые образуют из прямоугольной рамы, устраиваемой в фасаде в основном таким же образом, как и рамы плоских подъемных затворов. Остоны их устраивают также ригельного и



Фиг. 146.



Фиг. 147.

стойечного типов, заполнение же остовов располагают как внутри рам, так и впереди их (фиг. 216 1-ой части срав. с фиг. 71 и 72), при этом стойки затворов с изогнутой обшивкой делают криволинейными и называют шпантами.

Передачу давлений от рамы на постоянные части производят двумя способами:

первый — посредством скреплений, соединяющих стойки или шпанты непосредственно с осями вращения, которые в таком случае делают длиной несколько большей длины пролета (фиг. 146—плотина у Стирлинга на р. Рок в Иллинойсе США). Скрепления для каждой стойки берут не менее двух и называют каждую из них лучом (нем. *Strahl*). Соединяют их взаимно при помощи раскосов или диагоналей, которые вместе с лучами образуют сквозные фермы, называемые рукавами (нем. *Ärmel*).

Так как во время подъема затвора рукава могут стеснять отверстия, то такая конструкция может быть применима для затворов третьего типа, имеющих оси вращения, расположенные на флютбете, или для затворов первого типа, применяемых для закрытия отверстий, закрытых сверху, а для прочих — лишь в тех случаях, когда стеснение отверстия не имеет особого значения.

Устройство рам затворов этого типа отличается от устройства рам плоских затворов, главным образом, отсутствием ригелей, служащих для передачи давлений от водоудерживающей конструкции на устои и быки.

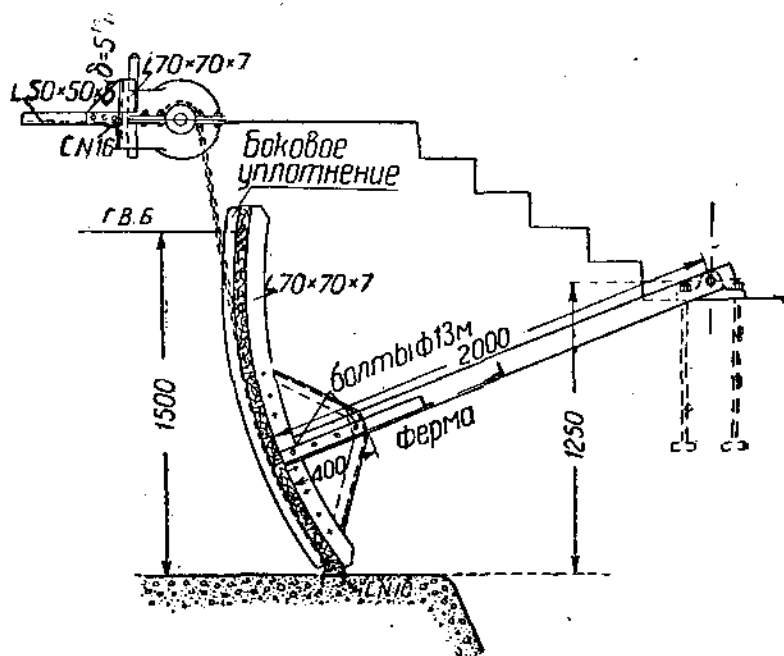
Затворы этого типа могут быть названы сплошными или закрытыми.

Для передачи давления вторым способом оси вращения устраивают в виде коротких валков, расположенных только у боковых поверхностей устоев и быков, а стойки или шпанты прикрепляют к ригелям, которые соединяют с осями вращения посредством связей, располагаемых либо в нескольких местах по

вают также лучами. Лучи нескольких ригелей связывают решеткой, образуя такие же рукава, как и рукава затворов первого типа. Пертальное образование главных ригелей позволяет во время подъема затвора достаточно широко раскрывать отверстие плотины и пропускать через него плавающий подвижной состав (фиг. 145) с большим удобством, чем в случае иного образования ригелей.

Если рукава стесняют пропуск подвижного состава, то, чтобы не удлинять пролетов отверстий, рукава могут быть расположены внутри плановых очертаний устоев и быков (фиг. 145).

Помимо соединений ригелей рукавами, их соединяют также и в зоне, занятой рамой, по плоскостям H_1H_2 (фиг. 137 и 138). Для этой цели, так же как и для плоских подъемных затворов, применяют фермы жесткости.



Фиг. 149.

Для облегчения подъема затворов рукава иногда выпускают в сторону нижнего бьефа (фиг. 138) и на концы выпусков насаживают противовесы P . В этом случае затвор обращается как бы в коромысло весов, к одному концу которого прикреплена водоудерживающая конструкция, а на другой насажены противовесы.

Поворотный затвор может быть устроен поворачиваемым одновременно на двух горизонтальных осях o_1 и o_2 (фиг. 150 — заграждение канала Кальгари на р. Боу в Канаде), неизменно связанных с устоями и быками, при этом его напорная часть $HЗ$ поворачивается одновременно на осях o_1' и o_2' , расположенных на лучах $o_1'o_1$ и $o_2'o_2$.

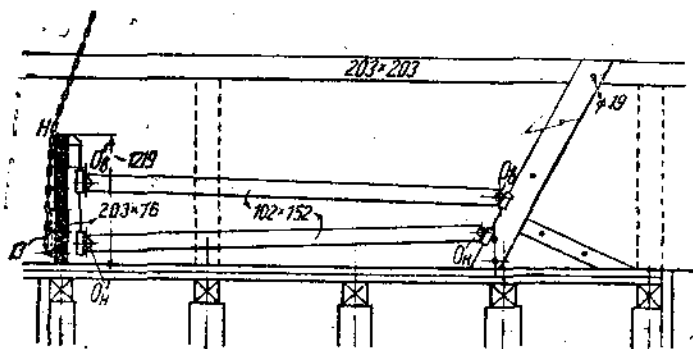
§ 29. Деревянные затворы

Деревянные затворы без соединения их частей железными креплениями, не применяют даже для закрытия малых пролетов, деревянные же с малым количеством железа применяют большей частью в Северной Америке.

Впервые они были осуществлены в начале девяностых годов прошлого столетия, по предложению инж. Тейнтора, для закрытия отверстий плотин на р. Фокс и затем на р. р. Рок, Шетукет, Меномине и Кротон и др. в США; последние были применены для закрытия отверстий пролетом около 6,10 м.

В настоящее время их применяют для закрытия открытых сверху отверстий плотин, поддерживающих односторонний подпор, и делают обычно первого типа без откидных клапанов. Оси вращения их располагают обычно позади водоудерживающей конструкции.

Обшивку их делают из досок, которые располагают горизонтально, и тщательно одну к другой припазовывают и прифуговывают. Доски прикрепляют к деревянным брусчатым стойкам или шпантам. Стойки и шпанты остовов сплош-

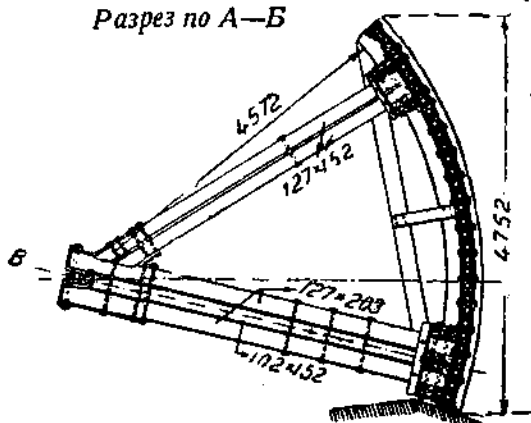


[Фиг. 150.]

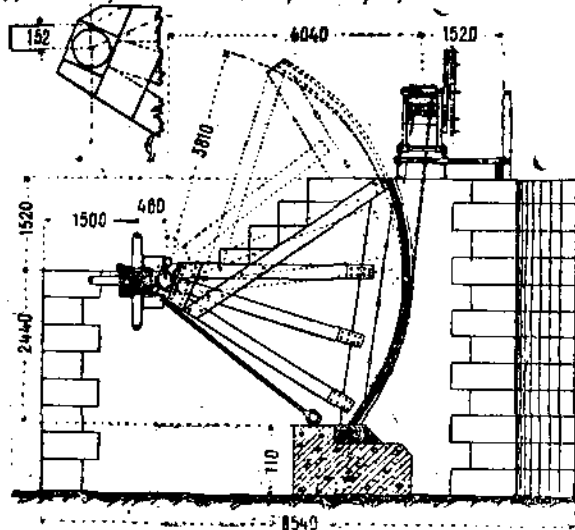
ного типа связывают с осезыми валами при помощи рукавов (фиг. 151) — плотина на р. Рок на водном пути, соединяющем р. Иллинойс с р. Миссиссиппи). Рукава опирают на деревянные валы, поворачиваемые в подшипниках, прикрепленных например к деревянной балке, в свою очередь прикрепленной к постоянным частям отверстия плотины железными тяжами.

Стойки или шпанты остовов portalного типа опирают на главные ригели, сделанные подкосного типа с металлической затяжкой 33 (фиг. 152 — плотина у г. Мариньетт на р. Меномине между Мичиганом и Висконсин США).

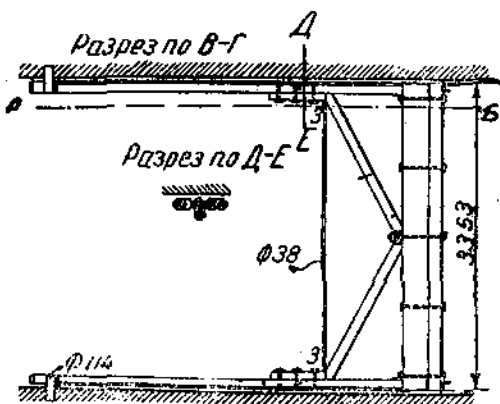
Разрез по А—Б



Деталь опорной части. Поперечный разрез



Фиг. 151.



Фиг. 152.

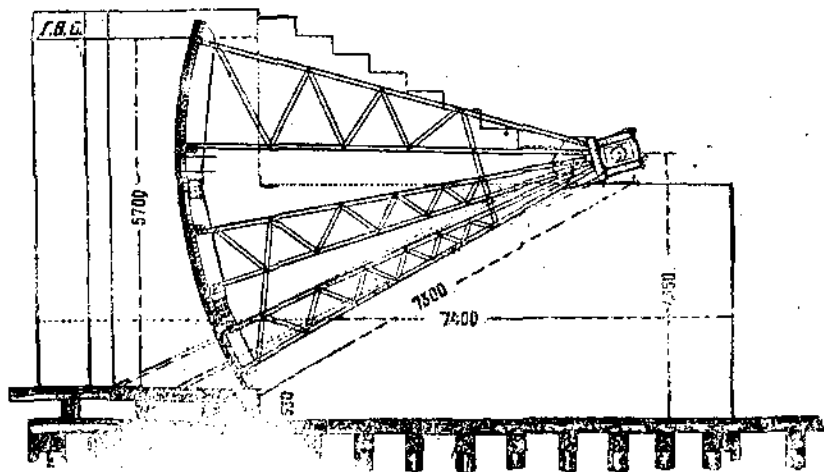
Для взаимного соединения всех частей затворов обоих типов применяют металлические крепления.

Деревянные затворы вследствие присущих дереву изменений формы недостаточной для гидротехнических конструкций жесткости, а также вслед-

ствие сложности соединений их частей широкого распространения пока не получили; по этой причине в настоящее время не имеется достаточных данных, позволяющих исчерпывающе судить о их качествах.

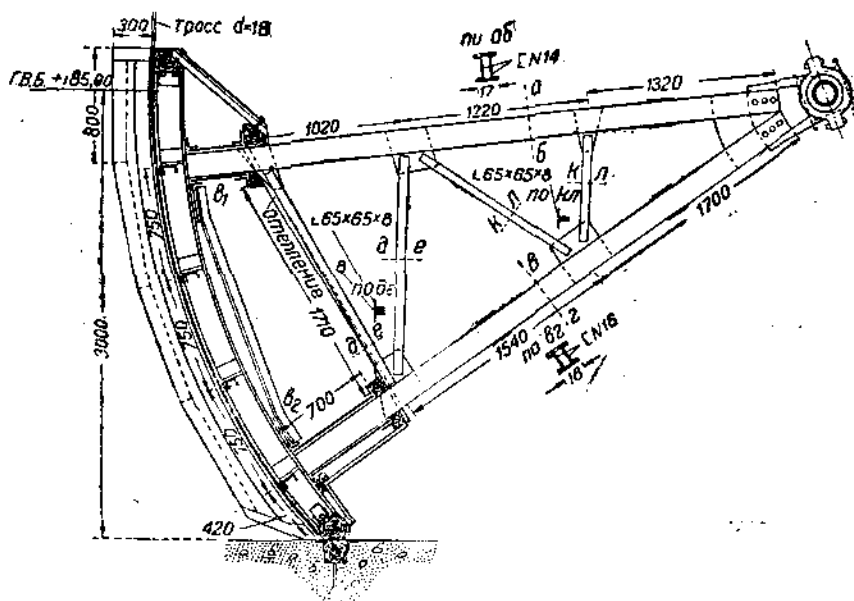
§ 30. Затворы металлические и смешанной конструкции

Вследствие возрастания в последнее время потребности в жестких затворах металлические затворы получили большее распространение, чем деревянные. Их делают всех типов и для всевозможных расположений, указанных в § 28.



Фиг. 153.

Затворы смешанной конструкции образуют из деревянной обшивки и металлического остова и устраивают как открытого (фиг. 149), так и закрытого типов (фиг. 144 и 153 — плотина у оз. Уиннибегошиш в Миннесоте, США). Обшивку

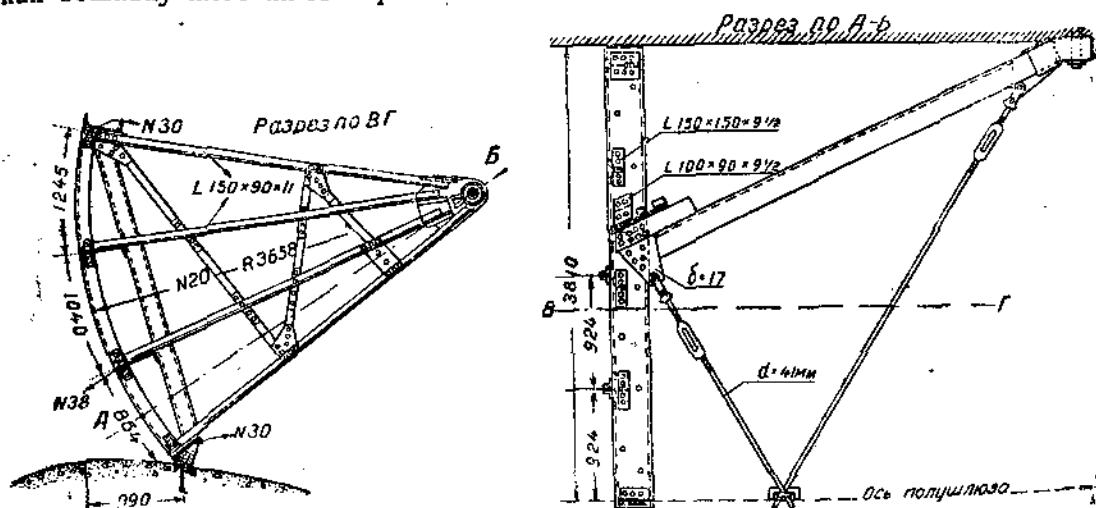


Фиг. 154.

их делают из досок; так же, как обшивку деревянных затворов, доски по торцам большей частью покрывают листовым железом.

Металлические затворы образуют из обшивки из плоского листового железа и как исключение из волнистого и лоткового, — располагаемого по наклонной плоскости, либо изгибаемого по поверхности кругового цилиндра радиусом примерно от 1,3 до 1,6 высоты затвора (фиг. 147), а в отверстиях, через

которые пропускают плавающий подвижной состав, и больше — примерно до 2,5 той же высоты. Обшивку из листового железа устраивают в общем так же, как обшивку плоских затворов.



[Фиг. 155.]

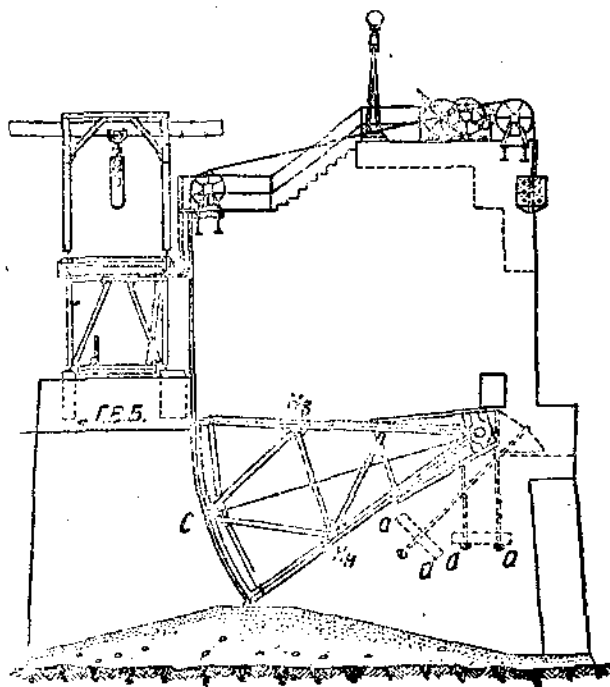
Остовы делают преимущественно стоечной системы со стойками или шпантами, расположенными либо между рамными ригелями (фиг. 147), либо впереди их (фиг. 216 части 1-ой и фиг. 135). Для поддержания металлической обшивки в горизонтальном направлении, между стойками вводят промежуточные ригели.

Иногда остовы делают ригельного типа (фиг. 154 — плотина Бобриковского комбината на реке Шать и фиг. 155 — плотина у Бадына на р. Ядкин в Северной Каролине США), и металлическую обшивку прикрепляют к главным ригелям и промежуточным стойкам или шпантам. Если же последние устроены впереди главных ригелей, то между стойками или шпантами, подобно тому как устраивают стоечные остовы, прикрепляют промежуточные ригели.

Стойки затворов обоих типов, расположенные перед рамными ригелями, сверху и снизу связывают обвязками в виде ригелей, которые для малых затворов делают из уголков, а для больших — из зетообразного, швеллерного или двутаврового металла.

Если затвор делают только с одним ригелем (фиг. 148), то последний размещают по возможности по направлению равнодействующей давления воды на затвор.

Однако вследствие колебаний воды в бьефах такое размещение на практике оказалось трудно выполнимым, кроме того, как выяснилось вскоре после первого опыта применения затворов этого типа в Германии для закрытия полушлюзов на Бранденбургских реках, затворы легко подвергались изгибам в вертикальной плоскости, перпендикулярной осям вращения затворов, вследствие



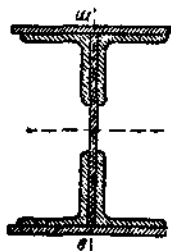
Фиг. 156.

вие, чего в настоящее время их избегают применять для значительных пролетов.

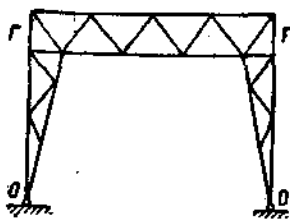
Если рамных ригелей берут два, то их размещают либо по концам стоек или шпантов (фиг. 147 и 156 — плотина у Рочестера на Эрийском водном пути), либо с таким расчетом, чтобы они были по возможности одинаково нагружены давлением воды; в соответствии с этим требованиям стойкам или шпантам сверху и снизу дают консольные выпуски (фиг. 135 и 138). Если рамные ригели размещают по концам стоек или шпантов, то последние иногда поддерживают подкосами $сн$ и $сн_1$ (фиг. 156), соединяющими их с поясами рамных ригелей, обращенными в сторону нижнего бьефа.

Сечения шпантов и стоек берут обычно двутавровые, составленные либо из двух швеллеров (фиг. 85), либо из вертикальных листов, четырех поясных уголков и поясных листов (фиг. 157), изогнутых по кривым, имеющим центр кривизны, общий с центром кривизны обшивки. Сечения шпантов и стоек малых затворов делают также однотавровые. Сечения промежуточных стоек и шпантов ригелей берут коробчатые и редко — однотавровые или уголкового.

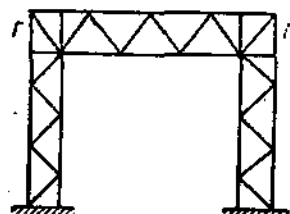
Рамные и прочие ригели открытых затворов небольших пролетов (примерно до 8 м) делают в виде сплошных балок (фиг. 147), затворов же больших пролетов — в виде решетчатых ферм. Балки и фермы делают обычно с параллельными поясами, ширину которых берут около $\frac{1}{10}$ пролета.



Фиг. 157.



Фиг. 158.



Фиг. 159.]

Пояса ферм разбивают на панели, примерно от 6 до 10 на каждый пояс. Панели назначают с таким расчетом, чтобы шпанты приходились в узлах. Пояса соединяют решеткой, сделанной либо в виде зигзага (фиг. 158), либо в виде зигзага с дополнительными стойками (фиг. 159), либо раскосной системы (фиг. 160 — затвор плотины у Ольберга на р. Заане в Швейцарии).

Для уменьшения пролетов ригелей затворов, закрывающих большие пролеты, кроме концевых лучей применяют также либо параллельные им (фиг. 145 и 159), либо составляющие с ними острые углы и направленные к осям вращения затворов, либо из ближайшего к опоре узла (фиг. 158), либо из соседнего с последним (фиг. 160). Эти подкосы или лучи соединяются концевыми лучами зигзагообразной (фиг. 158 и 159) или раскосной решеткой (фиг. 160).

При таком устройстве ригель вместе с лучами или с лучами и подкосами представляет плоскую ферму, подвергающуюся изгибу главным образом от давления воды, и тогда название главный ригель относят не только к горизонтальной балке или к горизонтальной ферме ГГ (фиг. 158, 159 и 160), но ко всей ферме в целом.

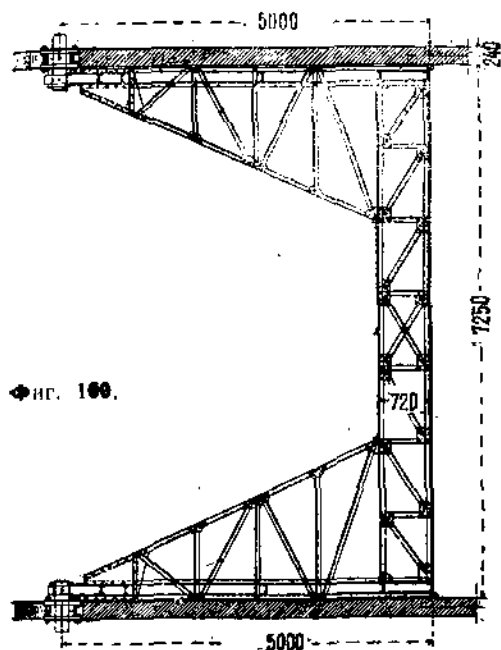
Остовы затворов закрытого типа, опертых на устои и быки (фиг. 148 и 155), образуют аналогично открытым в виде подкосных (фиг. 148) или шпренгельных (фиг. 155) ферм, которым дают большую ширину, чем фермам затворов открытого типа; при этом их горизонтальным балкам дают нередко свесы за очертания ферм.

Сечения сплошных ригелей берут обычно двутавровые. Стенки их горизонтальных частей соединяют со стенками лучей при помощи стыков, располагаемых в местах примыкания одной стенки к другой (фиг. 147).

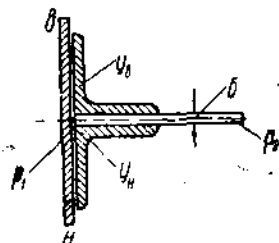
Формы сечений поясов сквозных ригелей, их лучей и подкосов выбирают в зависимости от пролета и высоты затвора и от величины действующего на них напора. Для ригелей небольших пролетов и подвергающихся небольшим напорам берут большей частью однотавровые, составленные из двух уголков

y , и y_* (фиг. 161), связанных листом b_n и раздвинутых настолько, что между ними может быть введен лист $p_1 p_2$, служащий, помимо увеличения сечений, также для присоединения к ригелям в узлах решетки.

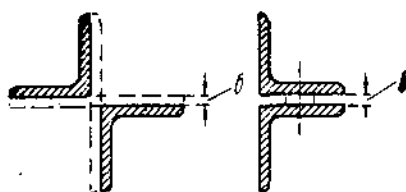
Для затворов больших пролетов и поддерживающих большие подпоры сечения ригелей берут двустенчатые, образованные по типу, показанному на фиг. 89, и конструируют аналогично тому, как делают сечения ригелей плоских подъемных затворов.



Фиг. 160.



Фиг. 161.



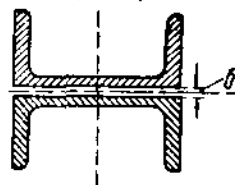
Фиг. 162.

Сечения решетки сквозных ригелей с одностенчатыми поясами делают либо из парных уголков по типу, показанному на фиг. 162, либо из двух швеллеров (фиг. 163), а решетки ригелей с двустенчатыми—делают либо из одиночных или из парных швеллеров, либо из парных уголков (фиг. 164), связанных по вертикальным полкам решеткой $p_1 p_2$. Сильно нагруженные стойки и раскосы делают из четырех уголков или из двух швеллеров (фиг. 165), которые иногда связывают листами или решеткой.

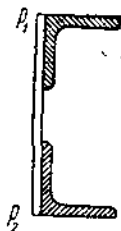
Ригели приводят во взаимную и достаточно жесткую связь как в плоскости горизонтальных балок или ферм, так и в плоскости лучей. Соединения порталных ригелей делают в плоскостях обоих поясов горизонтальных балок или ферм и обоих лучей и подкосов.

Последние соединения представляют собой ряд стоек, расположенных в узлах ферм и соединенных по концам одиночными или перекрещивающимися диагоналями (фиг. 166). Иногда вместо стоек ограничиваются одними диагоналями, располагаемыми зигзагообразно. Пояса ригелей вместе со стойками и диагоналями образуют фермы, называемые так же, как и аналогичные фермы плоских подъемных затворов, фермами жесткости. Ферму, соединяющую пояса ригелей, обращенные в сторону верхнего бьефа, называют передней, а обращенную в сторону нижнего бьефа—задней. Заполнение рукавов делают посредством стоек и раскосов или посредством одних раскосов.

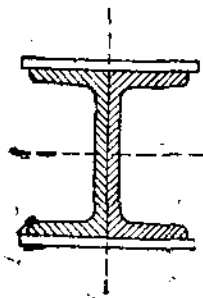
Фермы жесткости прикрепляют к ригелям, а заполнение рукавов к лучам и подкосам посредством фасонки, прикрепленных к полкам b и n уголков y , и y_* (фиг. 167) или к листам l, l_* (фиг. 168) ригелей.



Фиг. 163.



Фиг. 164.



Фиг. 165.

Для придания затворам большей жесткости ригели соединяют между собой диагоналями также и в плоскостях, перпендикулярных осям вращения затворов. Если стойки или шпанты сделаны с консолями, в этих же плоскостях располагают и подкосы, соединяющие консоли с ригелями (фиг. 135). Диагонали и подкосы малой длины делают из одиночных уголков, а более значительной — из парных уголков или одиночных и даже парных швеллеров (фиг. 163).

Лучи и подкосы связывают между собой также диагоналями, исходящими из узлов луча, принадлежащего одному ригелю, к подкосу другого ригеля (фиг. 169). Связанные таким образом они образуют пространственные фермы, называемые ногами затвора.

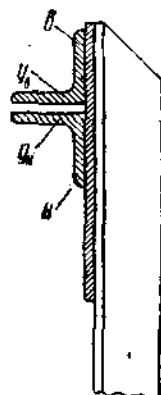
Для направления воды, льда и плавающих предметов во время пропуска их поверх затворов, последние иногда покрывают сверху деревянной или металлической обшивкой *pp* (фиг. 135).

Если на затворе должен быть устроен переход с одной опоры плотины на другую, то к нему прикрепляют пешеходный мостик.

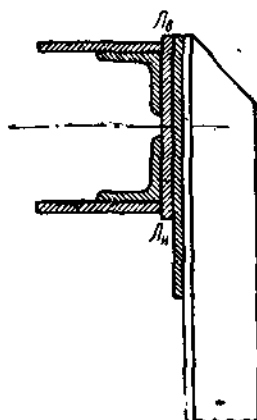
Все соединения различных стержней между собой делают по тем же правилам, как и соединения стержней плоских затворов.



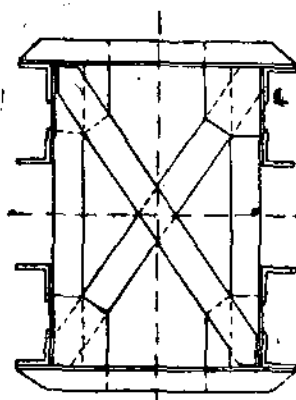
Фиг. 166.



Фиг. 167.



Фиг. 168.



Фиг. 169.

§ 31. Уплотнение. Оси вращения

Затворы, закрывающие отверстия, закрытые сверху, должны иметь нижнее, боковое и верхнее уплотнения; затворы же, закрывающие отверстия, открытые сверху, — только нижнее и боковое.

Нижнее уплотнение делают так же, как уплотнение плоских подъемных затворов, т. е. пользуются нажатием веса затвора на флютбет. Так как нажатие посредством нижней кромки обшивки, хотя бы и усиленной снизу дополнитель-

ными накладками, вследствие трудности пригонки и возможности износа и ржавления, оказывается нецелесообразным, то применяют деревянные брусья *b* (фиг. 135) или стальные отливки, прикрепленные к нижней обвязке обшивки.

Для прикрепления деревянных брусьев к затворам применяют швеллеры, обращенные тонкой полкой кверху; их в свою очередь прикрепляют к затворам посредством болтов, пропущенных через толстые или через тонкие полки. В последнем случае болты располагают по длине брусьев вразбежку.

Стальные отливки применяют для затворов, опускаемых на флютбет во время протекания по нему воды. Для лучшего опускания затворов отливкам дают в поперечном разрезе Г-образные очертания (срав. фиг. 91) и прикрепляют к обвязке болтами.

Боковое уплотнение делают в зависимости от наличия в боковых поверхностях устоев и быков пазов, в которые входит затвор.

В случае наличия пазов обходятся без особых конструкций, осуществляющих уплотнение, но затвор по концам снабжают накладками *HH* (фиг. 170), прикрепленными к обшивке заклепками с потайными головками со стороны верхнего бьефа; накладки с этой стороны тщательно пригоняют к криволинейным поверхностям пазов. Такая конструкция, хотя и не влияет на увеличение подъемного усилия, но может быть применена только в тех случаях, когда можно осуществить достаточно тщательную пригонку затвора, или когда, по

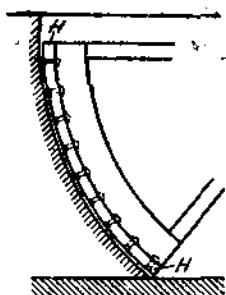
условиям работ верхнего бьефа, могут быть допущены незначительные фильтрации воды в пазах. Чтобы в этом случае избежать фильтраций применяют каучуковые полосы.

В тех случаях, когда от бокового уплотнения требуется большая водонепроницаемость, его делают, пользуясь принципом клинового нажатия, осуществляемого таким же образом, как указано для затворов, описанных в фиг. 34 части 10-й

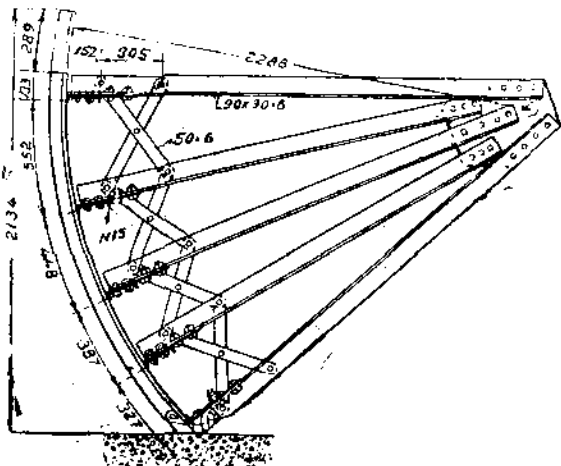
В случае отсутствия пазов затвор располагают в непосредственной близи от боковых поверхностей устоев и быков и прозоры между затворами, закрывающими отверстия, открытые сверху, и боковыми поверхностями устоев и боков закрывают 1) прикрепленными к затвору уголками (фиг. 149), 2) изогнутыми металлическими листами (фиг. 171), 3) листами, сделанными по типу, показанному на фиг. 93, 4) каучуковыми полосами и редко 5) криволинейными спицами (фиг. 216 части 1-ой и 145).

Уплотнение сверху делают, исходя также из принципа клинового нажатия (см. фиг. 259 части 1-ой).

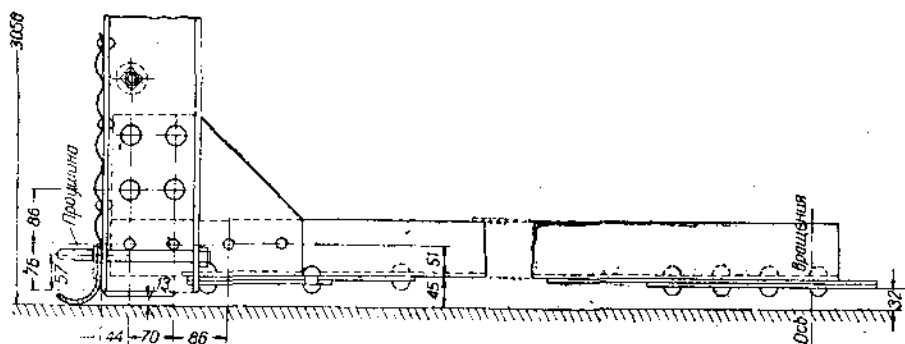
Оси вращения затворов закрытого типа устраивают в виде гори-



Фиг. 170.



Фиг. 171.



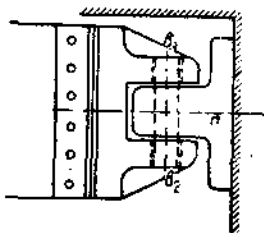
Фиг. 171-а.

зонтальных валов круглого сечения. В зависимости от конструкции затворов, оси делают либо во всю длину пролета, закрепляя по концам в устоях и быках, либо лишь по концам затвора таким образом, как показано на фиг. 148 и 155.

Валы значительной длины, устраиваемые во всю длину пролетов, делают из прокатного железа, например из двух швеллеров или двутавров (фиг. 146 и 153), которым дают сечения, более широкие по середине и сужающиеся по концам. Между собой их скрепляют листовым и фасонным железом и к концам внутрь их вводят осевые валы. Короткие валы (фиг. 148 и 155) прикрепляют обычно к ногам затворов и затем вводят в подшипники, прикрепленные в свою очередь к устоям или быкам.

Осевые валы небольших затворов часто прикрепляют к ногам затворов таким же образом, как показано на фиг. 148 и 155.

Если в боковых поверхностях устоев или быков имеются достаточно глу-



Фиг. 173.

Концевые части ног затворов, охватывающие осевые валы, делают для малых затворов в виде чугунных отливок, а для больших—в виде стальных (фиг. 135 и 156). Для пропуска осевых валов в отливках делают соответствующие расточки, внутренние поверхности которых, в случае значительных давлений, защищают баббитом.

§ 32. Затворы с откидными клапанами

Клапаны образуют из плоской или криволинейной обшивки, прикрепленной к стойкам или шпантам, в случае надобности связанным взаимно продольными скреплениями. Стойки или шпанты прикрепляют в свою очередь к пустотелым валам значительного диаметра. Валы поворачиваются в подшипниках,

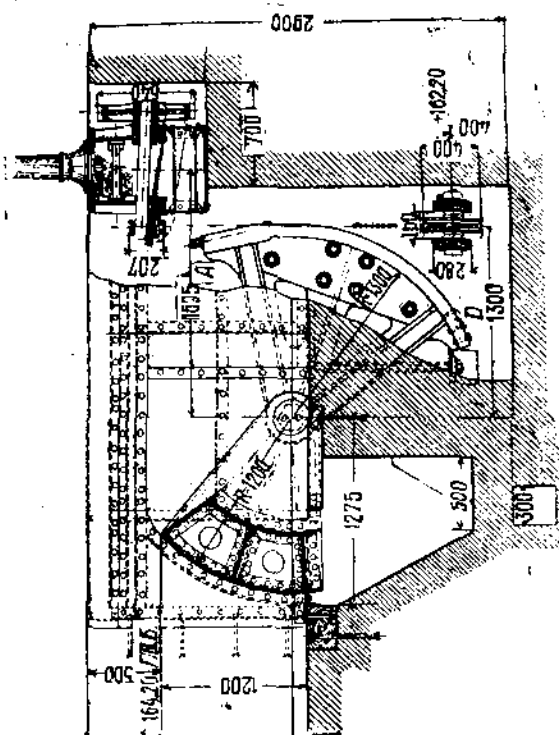
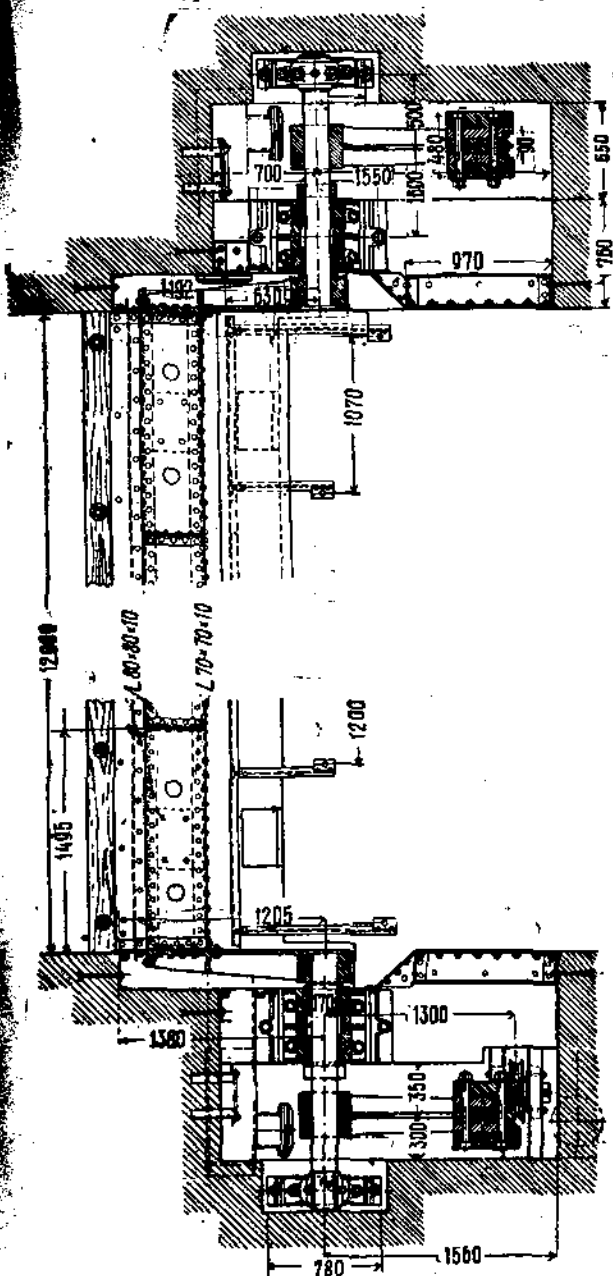
прикрепленных к переднему поясу верхнего рамного ригеля затвора либо непосредственно (фиг. 137), либо, если ось вращения клапана расположена значительно выше ригеля, посредством поперечных фермочек, сделанных по типу, аналогично показанному на фиг. 130.

Самые затворы образуют из плоской или из криволинейной металлической обшивки.

В первом случае ее располагают: по отношению к затвору таким образом, как показано на фиг. 137, во втором ее выгибают по цилиндрическим поверхностям (фиг. 173—плотина у Боберёрсдорфа на р. Бобре в Германии), примерно таким же образом, как обшивку затворов без клапанов. Обшивку прикрепляют к остову, который делают стоечной системы со стойками или шпантами, располагаемыми между передними поясами рамных ригелей.

Конструкции уплотнения затворов с клапанами делают аналогично конструкциям уплотнений, описанным в предыдущем параграфе. Уплотнение же клапанов — аналогично уплотнениям клапанов плоских подъемных затворов.

Для предохранения верхнего рамного ригеля от случайных ударов во время укладки клапана, а также во время пропуска воды, льда и плавающих предметов, его защищают настилом пл (фиг. 137) из досок или из листового железа. Доски укладывают на брусках, прикрепленных к рамному ригелю.



Фиг. 174.

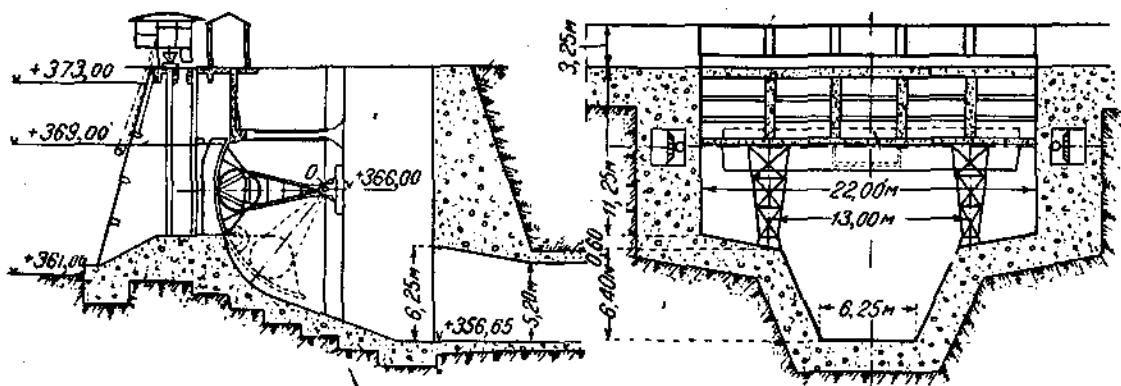
§ 33. Поворотно-опускные затворы

Затворы этого типа делают из металла и образуют из обшивки из листового железа или стали и из остова стоечной (фиг. 139) или ригельной (фиг. 174—плотоход у Стети на р. Эльбе в Чехословакии) системы.

Главные ригели небольших затворов образуют в виде порталных рам или порталных ферм, а те же ригели больших затворов — в виде ферм, поддерживаемых либо по концам, либо в нескольких местах по их длине (фиг. 139). Во втором случае задние пояса делают полигональными.

Для большей жесткости остов может быть сделан в виде полого цилиндра (фиг. 175 — водовыпуск гидростанции у Галлето между р. Нера и ее притоком Велано в Италии), связанного в двух местах по длине цилиндра с осью вращения при помощи ног.

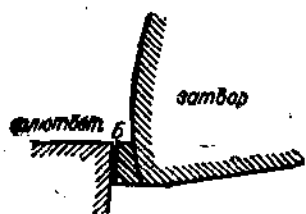
Обшивку прикрепляют к ригелям или к шпантам, расположенным между ригелями.



Фиг. 175.

Нижнее уплотнение затворов второго типа, а также затворов третьего типа, которые можно не только опускать, но и поднимать, делают посредством прикрепленных к флютбетам деревянных брусьев или упругих металлических листов. Брусья и листы прикрепляют не вплотную к затворам, но с небольшим зазором, и необходимое нажатие их на затвор производят: брусьев — особыми пружинами, а листов — давлением воды верхнего бьефа.

Нижнее уплотнение затворов третьего типа, которые можно только опускать, делают либо посредством таких же брусьев или листов, либо по тому же принципу, как и верхнее уплотнение затворов первого типа, закрывающих отверстия, закрытые сверху. Естественно, скосам брусьев Б (фиг. 176), прикрепленным к затворам для уплотнения, дают направления, обратные тем, которые дают брусьям, служащим для верхнего уплотнения затворов, показанных на фиг. 259 части 10-й.



Фиг. 176.

Боковое уплотнение делают либо так, как показано на фиг. 149, либо так, как устраивают для затворов первого типа, для упора которых на устои и быки в тех и других устройствах ниши. Во втором случае концевые части обшивки, входящие в ниши затворов, и упорные поверхности ниш образуют по цилиндрическим поверхностям одних и тех же радиусов и с осями вращения большей частью общими для обеих поверхностей, реже с осью вращения цилиндрической поверхности обшивки, при окончании закрытия затвора несколько перемещаемой кверху. Последнее достигается поворотом обшивки вокруг шарнира ш, (фиг. 140), расположенного близ пересечения осей шпантов с осями лучей нижнего рамного ригеля.

Если флютбет со стороны нижнего бьефа расположен значительно ниже порога, подшипники осевых валов иногда устанавливают на небольших фермочках (фиг. 139), прикрепленных к флютбету.

§ 34. Основания расчета затворов

Деревянную и металлическую обшивку, промежуточные ригели и стойки или шпанты, а также верхнюю и нижнюю обвязки затворов со стойками или шпантами, расположенными впереди главных ригелей рассчитывают так же, как и соответствующие части плоских подъемных затворов (см. § 20); при этом

криволинейностью металлической обшивки и шпантов обычно пренебрегают в пользу их прочности.

Главные стойки или шпанты, расположенные впереди ригелей, при расчете рассматривают как балки, свободно лежащие на опорах и подвергающиеся изгибу от давлений, передающихся на них от ребер жесткости и непосредственно от обшивки и определяемых по формулам, приведенным в § 20. Расположение их опор может быть весьма разнообразным. На фиг. 177 показаны наиболее часто применяемые типы расположений. Если стойки или шпанты сделаны с консолями (типы № 2, 3 и 4), то расположение опор выбирают, исходя из соображений, приведенных в § 17.

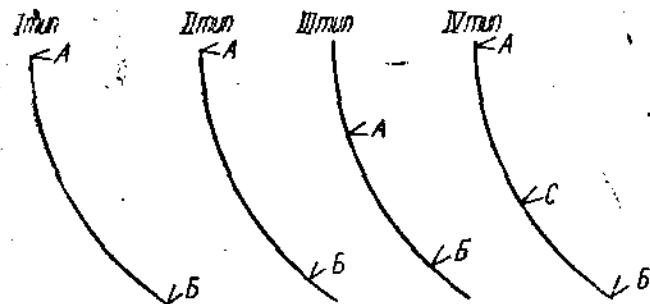
Для предварительного назначения положения ригелей, например для типа затвора и расположения его ригелей показанного на фиг. 178, можно аналогично тому, как было указано в § 17, приближенно полагать:

для стойки

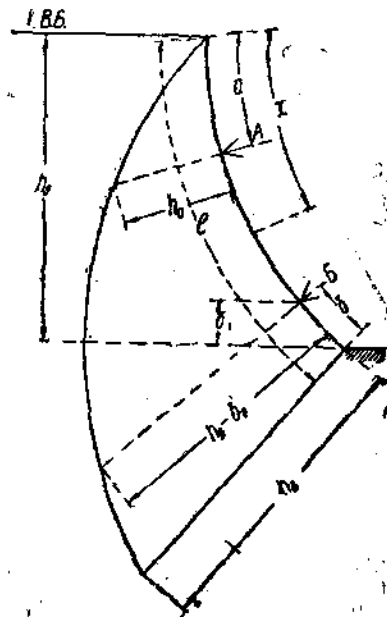
$$M_A = b \frac{a^2 h_b}{6l}, \quad (129)$$

для шпанта

$$M_A = b \frac{a^2 h_a}{6}, \quad (130)$$



Фиг. 177.



Фиг. 178.

для стойки

$$M_B = b \frac{\delta^2}{2} \left(h_b - \frac{\delta_1}{3} \right), \quad (131)$$

и для шпанта

$$M_{cp} = b \frac{h_b}{6l} x^3 - A(x - a). \quad (132)$$

так M_{cp} имеет место в сечении, для которого

$$\frac{dM_{cp}}{dx} = 0, \quad (133)$$

откуда:

$$x = \sqrt{\frac{2Al}{bh_b}}, \quad (134)$$

где A — реакция верхнего рамного ригеля

$$A = bh_b l \frac{\frac{l}{3} - \delta}{2(l - a - \delta)}; \quad (135)$$

в этих выражениях:

l — длина стойки или развернутая длина шпанта,

h_b — высота слоя воды над верхней опорой (A),

δ_1 — глубина воды в верхнем бьефе, соответствующая нижней опоре (B).

Прочие обозначения прежние.

После определения из уравнений 129—135 приблизительного положения верхнего и нижнего рамных ригелей, оно может быть уточнено более точными расчетами.

Надо заметить, что по причинам, указанным в § 17, длины верхних консолей могут несколько отступать от длин, определенных указанным выше способом.

Лучи затворов, сделанных по типу, показанному на фиг. 146, рассчитывают на продольный изгиб от давлений, передаваемых им стойками или шпантами, а те из них, к которым прикреплены приводы, рассчитывают кроме того на составляющие части передающихся на них подъемных усилий.

Главные ригели рассчитывают преимущественно на действие следующих сил: ригели остовов, сделанных по типам, показанным на фиг. 171,—на давления, передаваемые стойками или шпантами, ригели остовов, сделанных по типам, показанным на фиг. 154 и 155,—на давления, передаваемые им как стойками или шпантами, так и обшивкой, прикрепленной между последними.

Давление от стоек и шпантов передается на ригели либо по их верховому поясу, либо одновременно по верховому и по низовому; второй способ передачи имеет место в затворах, стойки или шпанты которых подкреплены между ригелями подкосами (фиг. 156); в этом случае давление, передаваемое стойками или шпантами на раскосы CH_1 и CH_2 , должно быть разложено в узлах задних поясов ригелей на составляющие, действующие в плоскостях ригелей и задней фермы жесткости.

Для первоначальных расчетов главных ригелей, сделанных в виде сплошных балок и имеющих стойки или шпанты, расположенные между ними, а нередко и для окончательных расчетов можно с достаточной для практических целей точностью считать, что нагрузка передается только стойками или шпантами; для этой цели она должна быть предварительно разложена по стойкам или шпантам. Если же считать еще проще, т. е., что она передается ригелям непосредственно обшивкой и одинакова по всей длине ригеля, то величина ее определяется так же, как указано на стр. 60. Эти нагрузки вызывают изгиб горизонтальных частей ригелей и продольное сжатие их лучей.

Кроме этих нагрузок главные ригели подвергаются еще действию распора от горизонтальной реакции опор, происходящей вследствие того, что рукава не допускают свободного сдвижения ригелей в горизонтальном направлении от деформации ригелей. Распор вызывает в горизонтальной части ригелей внецентренное сжатие, а в рукавах—изгиб.

Стержни ригелей, сделанных в виде сквозных ферм, подвергаются действию осевых сил, а пояса, к которым прикреплена обшивка,—также местному изгибу.

Для ригелей, имеющих лучи, сделанные в виде сплошных балок (фиг. 147), распор (H_p) может быть определен приближенно выражением:

$$H_p = \frac{qL^3}{12r_0 \left(1 + \frac{2J_p r_0}{3J_s L}\right)} \quad (136)$$

где:

H_p — в тоннах,

q — равномерно распределенная по длине затвора нагрузка в т на пог. м его пролета,

L — пролет затвора в м,

r_0 — расстояние от оси вращения затвора до нейтральной оси поперечных сечений горизонтальных частей ригелей в м,

J_p — момент инерции в $см^4$ тех же сечений относительно осей, перпендикулярных плоскости обшивки ригелей,

J_s — момент инерции в $см^4$ средних поперечных сечений одного луча верхнего ригеля и одного нижнего ригеля относительно тех же осей.

Еще более приближенное значение распора предложено проф. Кулька, исходящим из предположения, что горизонтальная часть ригелей работает только на изгиб нагрузкой qL , а лучи—только на продольный изгиб силой $\frac{qL}{2}$. Приняв в формуле Эйлера пятикратный запас прочности, он выразил распор (H_p) в виде:

$$H_p = \frac{qL^3 R_{изг}}{3h} \quad (137)$$

где $R_{\text{нп}}$ — допускаемое напряжение металла на изгиб в т/см^2 ,
 h — ширина горизонтальной части ригеля в м .

Прочие обозначения прежние.

Если горизонтальная часть ригеля сделана в виде сквозной фермы (фиг. 179) шириной, считая между осями обоих поясов, равной h и имеет $2n$ панелей длиной каждая λ м , то распор определяется выражением:

$$H_p = \frac{q\lambda^3 \frac{n}{3} \left[R \left(2n^2 - \frac{1}{2} \right) - h \left(n^2 + \frac{1}{2} \right) \right]}{n\lambda (2R^2 - 2Rh + h^2) + R \left(\frac{R-h}{3} \right)^2 h^2 \frac{F_p}{J_a}}, \quad (138)$$

где: R — расстояние от нейтральной оси переднего пояса до оси вращения затвора в м ,

F_p — сумма средних площадей поперечных сечений брутто передних или задних поясов обоих ригелей в см^2 , считая их одинаковыми.

Прочие обозначения прежние.

Если в отношении F_p и J_a сделать те же предположения, которые сделаны проф. Куляка при выводе формулы 137, и считать, что F_p равно $\frac{3}{4}$ или большей площади тех же сечений, то, принимая $R_{\text{нп}} = 1,2 \text{ т/см}^2$ и пренебрегая членом $\frac{h^2}{2}$ вследствие его малости по сравнению с прочими слагаемыми, знаменатель дроби может быть выражен в виде:

$$R(R + 221h)L. \quad (139)$$

Если горизонтальная часть ригеля, лучи и подкосы представляют плоскую сквозную систему (фиг. 145, 148, 158, 159, 160 и др.), то определение усилий s^i в стержнях от давления воды и от изменений температуры производится по формулам Мора:

$$s^i = s_0^i + s_1^i x + s_2^i y + s_3^i z + \dots, \quad (140)$$

где: s^i — усилие в произвольно выбранном стержне,

$i = 1, 2, 3, \dots$,

s_0^i — усилие в стержне после устранения „лишних“ стержней, определяемое предпочтительно графически по правилам, указываемым в статике сооружений.

К „лишним“ стержням может быть отнесен также распор H_p , однако лишь в том случае, когда он меньше проходящей на ригель части силы трения в опорной части ноги; если же он больше этой силы, то при расчете ригеля эта сила должна быть учтена вместе с прочими силами, действующими на ригель,

$s_1, s_2, s_3 \dots$ — усилия в стержнях от сил равных $+1$ и -1 , приложенных в узлах вместо „лишних“ стержней,

$x, y, z \dots$ — усилия в „лишних“ стержнях, определяемые из уравнений:

$$-\left(\frac{x l_x}{EF_x} + \alpha t_x l_x \right) - \sum s_1^i l_i \left(\frac{s_0^i + s_1^i x + s_2^i y + s_3^i z + \dots + \alpha t_i l_i}{EF_i} + \alpha t_i \right) = 0 \quad (141)$$

$$-\left(\frac{y l_y}{EF_y} + \alpha t_y l_y \right) - \sum s_2^i l_i \left(\frac{s_0^i + s_1^i x + s_2^i y + s_3^i z + \dots + \alpha t_i l_i}{EF_i} + \alpha t_i \right) = 0 \quad (142)$$

$$-\left(\frac{z l_z}{EF_z} + \alpha t_z l_z \right) - \sum s_3^i l_i \left(\frac{s_0^i + s_1^i x + s_2^i y + s_3^i z + \dots + \alpha t_i l_i}{EF_i} + \alpha t_i \right) = 0, \quad (143)$$

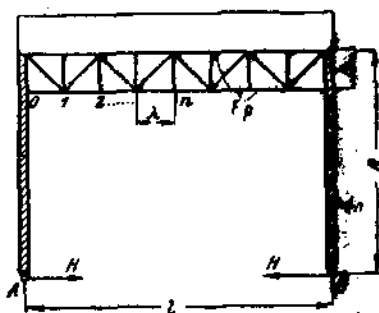
где: α — коэффициент линейного расширения металла,

t_i — изменения температуры в стержнях в градусах после установки затвора на место,

l_i — длины соответствующих стержней,

F_i — площади их поперечных сечений брутто,

E — модуль нормальной упругости металла.



Фиг. 179.

Суммы Σ должны быть распространены на все стержни, остающиеся после устранения „лишних“ стержней.

Для определения усилий, необходимых для расчета каждого стержня, выбирают такие сочетания действующих на него постоянных и временных нагрузок, а также изменений температуры, при которых прочность его является наименее обеспеченной.

При расчете стержней на изменения температуры следует иметь в виду, что допускаемое сопротивление на металл может быть принято большим, чем в тех случаях, когда этих изменений не учитывают.

Изгибающие моменты панелей поясов, к которым приклепана обшивка, могут быть определены способом, указанным в § 20, Б.

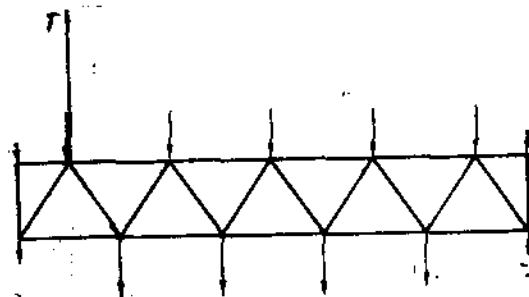
Если затвор должен поддерживать подпор во время навалки на него льда, наносов и плавающих предметов, то ригели и прочие части затворов, должны быть рассчитаны кроме нагрузки от давления воды еще на давления, происходящие от этой навалки. Давление от льда определяют в зависимости от местных климатических условий.

Кроме расчета ригелей на действие указанных нагрузок они должны быть рассчитаны на передающиеся на них составляющие частей веса затвора, действующие в плоскостях ригелей, и на составляющие частей подъемного усилия, действующие в тех же плоскостях.

Фермы жесткости рассчитывают на нагрузку от веса затвора и от сопротивлений от трений в боковых уплотнениях $= f D_y$, где:

D_y — давление воды на конструкции, и служащие для бокового уплотнения,
 f — коэффициент трения этих конструкций во время нажатия их на устои или на быки.

Вес затвора определяют по действительному количеству материала, необходимого для его изготовления. Так как в начале его расчета, это количество еще не выяснено, то вес затвора определяют посредством сравнения его с весом затворов, работающих удовлетворительно.



Фиг. 180.

Вес затворов выражается приблизительными формулами, из которых можно отметить формулу германских инженеров:

$$G_z = G_{\alpha} \sec \alpha, \quad (144)$$

где: G_{α} — см. выражение 126,

α — для затворов с плоской обшивкой (фиг. 135) — угол наклона обшивки к вертикальной плоскости, параллельной оси вращения затвора, а для затворов с криволинейной — угол, составленный хордой, стягивающей верхнюю и нижнюю кромки затворов, с той же плоскостью.

Распределение нагрузки от G_{α} между фермами жесткости производят в зависимости от положения центра тяжести затвора; для первоначальных подсчетов затворов, наиболее распространенного типа, имеющих две фермы жесткости, можно считать, что на переднюю ферму передается от $2/3$ до $1/2$ этой нагрузки и от $1/3$ до $1/5$ — на заднюю.

Усилия, возникающие в фермах жесткости, зависят от количества приводов и от положения мест прикрепления их к затвору. Если фермы устроены с одним приводом, то их можно рассматривать как консольные с заделкой в плоскости расположения привода (фиг. 180); если же устроены с двумя приводами, то — как двухпролетные с опорами в плоскостях действия приводов. Однако такое предположение можно сделать лишь в том случае, когда оба привода действуют одинаково; в противном случае фермы следует рассматривать также, как консольные. Так как приводы зачастую действуют неодинаково лишь в течение короткого промежутка времени, то при подборе сечений частей затвора, подвергающихся действию тягового усилия поступают так же, как при расчете частей затворов временного типа, т. е. напряжение в материале повышают.

Фермы жесткости затворов, стойки или шпанды которых прикреплены между ригелями (фиг. 156), рассчитывают также на составляющие давлений подкосов, действующие в плоскостях ферм.

Для расчета затворов должны быть выяснены наиболее неблагоприятные для их прочности сочетания действия нагрузок. Для наиболее распространенных типов затворов самым неблагоприятным бывает обычно случай начала подъема затворов. Поэтому при расчете главных ригелей следует иметь в виду, что усилия в их поясах, возникающие во время поддержания затвором подпора, должны быть суммированы с усилиями, возникающими в них вследствие работы их как поясов ферм жесткости, работающих в свою очередь как сквозные фермы, опирающиеся на рукава. В этом случае рукава и ноги должны быть рассчитаны также на скручивание, которое в отношении рукавов может быть приведено к изгибу их как консольных ферм, имеющих закрепление в месте расположения осевых валов.

Исследуя различные случаи действия нагрузок на затвор, следует также учесть действие ветра, который в поднятом затворе может вызывать значительные усилия, особенно в его фермах жесткости и в рукавах. Нагрузку от него следует брать возможно большую при данных местных условиях.

Оси вращения сплошных затворов рассчитывают главным образом на изгиб от давлений, передаваемых осям рукавами. Размеры подшипников, прикрепленных к устоям и быкам, рассчитывают главным образом на смятие последних.

Оси вращения порталных затворов, закрепленных в устоях и быках, рассчитывают на изгиб от действия силы, сжимающей рукава или ноги, и на сжатие от распора H_p . Подшипники их, если они втоплены в устой и быки, должны быть рассчитаны на неравномерное сжатие последних, а прикрепляющие подшипники тяжи (фиг. 147) — на растяжение; упоры же анкерных подушек aa (фиг. 156) в устоях и быках — на смятие последних.

§ 35. Приводы затворов

Усилие T , необходимое для открытия затвора, подвергающегося только давлению воды, может быть выражено достаточно точно следующим образом:

$$T = \frac{1}{a} (\mu D_p r + f D_p R_p + G_p g_p), \quad (145)$$

где:

D_p — равнодействующая давления на затвор воды, льда, плавающих предметов и подъемного усилия, принимаемая для первого приближения без учета подъемного усилия,

μ — коэффициент трения цапф осевых валов,

r — радиус цапф этих валов,

R_p — расстояние от бокового уплотнения до оси вращения затвора,

G_p — см. выражение 144,

g_p — плечо силы G_p относительно оси вращения затвора,

a — плечо действия подъемного усилия относительно той же оси, принимаемое в зависимости от положения точки прикрепления привода в пределах примерно от R до $\frac{R}{2}$.

Прочие обозначения прежние.

Величина давления D_p , передающегося на затвор как через посредство обшивки, так и через посредство уплотняющих конструкций, может быть проще всего определена графически посредством сложения определенных ранее давлений на рамные и главные ригели; одновременно может быть определено и давление D_p , передающееся на боковые уплотнения.

Помимо указанных давлений на подъемное усилие влияют также факторы, указанные на стр. 70, которые, вследствие значительного отличия конструкции описываемых затворов от плоских подъемных, оказывают на подъем описываемых меньшее влияние, чем на подъем плоских, но все же они могут вызывать значительное увеличение T против указанного выражением 145.

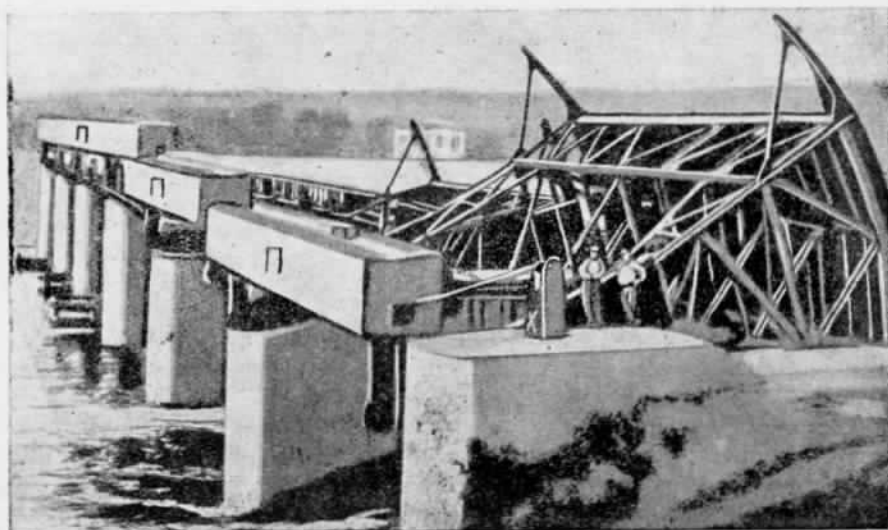
Для облегчения подъема затворов принимают следующие меры:

а) равнодействующую давления на обшивку направляют выше оси вращения затвора на величину e , (фиг. 142), и тогда образуется усилие $\frac{D_p e}{a}$, содействующее открытию затвора;

б) затвор снабжают противовесом Π (фиг. 138 и 216 части 1-й), который дает уменьшение подъемного усилия на величину $\frac{\Pi n}{a}$, где n —плечо действия силы Π относительно оси вращения затвора;

в) приводной механизм снабжают противовесом Π (фиг. 143 и 156), прикрепленным к тросу или к цепи, навиваемой на барабан этого механизма и дающим уменьшение подъемного усилия почти на величину веса Π .

Продолжения рукавов или ног, необходимые для навески противовесов, делают обычно того же типа, как и рукава или ноги, т. е. в плане,—в виде одиночных или парных лучей, связанных в последнем случае в каждой паре диагоналями и стяжками (фиг. 145) или только одними диагоналями, а в фасаде—в виде лучей или в виде сквозных ферм, устроенных с заполнением, аналогичным заполнению рукавов (фиг. 138 и 216 части 1-й).



Фиг. 181.

В местах навески противовесов концы этих продолжений укрепляют вертикальными листами и фасонным железом и затем к ним прикрепляют подшипники для горизонтальных валов, на которые либо непосредственно (фиг. 145), либо при помощи подвесок или штанг (фиг. 148 и 181—плотина у Микенисула на Эрийском водном пути) надевают противовесы Π , сделанные в виде взаимно связанных плит, отлитых из чугуна (фиг. 216 части 1-ой и 148) или из бетона (фиг. 138, 148 и 181). Подшипники для регулирования навески противовесов иногда делают несколько передвигающимися по длине продолжений рукавов или ног.

Для пропуска продолжения рукавов или ног и противовесов, опускающихся в устои и быки, в последних оставляют углубления, допускающие свободный проход тех и других.

В конструктивном отношении приводы разделяют на жесткие и мягкие.

Первые делают в виде зубчатых колес, насаженные на осевые валы (фиг. 145), или в виде криволинейных зубчатых реек $З_1, З_2, З_3$ (фиг. 173), насаженных на затвор сбоку по продолжению цилиндрической поверхности обшивки. Колеса и рейки сцепляют с зубчатыми колесами, входящими в состав приводных механизмов. К числу жестких приводов относятся также штанги $ш_1$ и $ш_2$ (фиг. 135) и $шк_0$ (фиг. 137), прикрепленные либо к верхнему рамному ригелю затвора возле его переднего пояса, либо около центра тяжести затвора в зоне расположения диагональных связей, скрепляющих разноименные пояса обоих ригелей, либо как показано на фиг. 135.

Откидные клапаны затворов поднимают штангами $шк_0$ (фиг. 137 и 173), прикрепленными к кривошипам $ок_0$, насаженным на осевые валы $о$. Этими штангами иногда поднимают также и затворы; в таком случае после укладки клапана на затвор, продолжая тянуть штанги $шк_0$ (фиг. 137) кверху, поднимают самый затвор.

Штанги заканчивают наверху зубцами или делают в виде цевочных реек, сцепляемых с зубчатыми колесами передач приводных механизмов.

Мягкие приводы применяют реже жестких и делают в виде тросов или цепей (фиг. 140, 150 и 151), навиваемых первые—на барабаны, а вторые—на барабаны или на цепные колеса, принадлежащие приводным механизмам.

Тросы и цепи деревянных затворов снабжают снизу крюками, которыми зацепляют за скобы (фиг. 150), прикрепленные к обшивке затвора со стороны напора. Тросы и цепи металлических затворов и затворов смешанной конструкции прикрепляют примерно в тех же местах, где и штанги, а также—к противовесным продолжениям ног или рукавов.

Для опускных затворов применяют как мягкие (фиг. 140 и 174), так и жесткие (фиг. 138) приводы, вторые—устраивают также по типам, описанным на стр. 151 части 1-й, те и другие иногда применяют совместно (фиг. 140).

Для удержания затворов в поднятом состоянии применяют предохранительные ригели P (фиг. 140) сделанные выдвижными или поворачиваемыми на горизонтальных осях O_p .

Приводные механизмы делают обычно в виде воротов или лебедок с зубчатыми передачами, приводимыми в движение для маневров малыми затворами вручную, а большими затворами—электромоторами, в случае же поломки последних их приводят в движение также вручную.

Механизмы располагают обычно на верхних площадках устоев или быков предпочтительно в особых кабинах, закрытых от дождя, снега и ветра стенами и крышей. Механизмы делают также передвигающимися на тележках по рельсам, уложенным на служебных мостах, основанных на устоях и быках и служащих для сообщения между берегами; иногда механизмы прикрепляют неподвижно к тем же мостам.

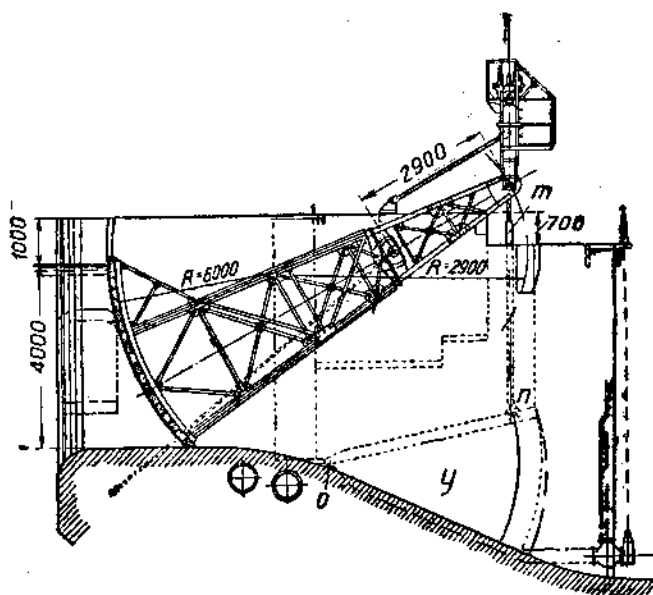
Применение для приводов противовесов дает возможность, аналогично изложенному в § 25, делать маневры с затворами автоматически. Для этой цели в Италии применяют конструкции, не колько отличные от поплавков. Эти конструкции делают в виде плит $Оп$ (фиг. 182—плотина у Колярезе на р. Точе), которые располагают в углублениях $У$ сделанных в устоях и быках. Плиты делают вращающимися на горизонтальных осях O и связывают с концами противовесных продолжений ног посредством тяг $тп$.

Если поверх плит впускают воду, плиты опускаются, вращаясь на осях O , и поднимают затвор. Вода на плиты поступает из верхнего бьефа через волопровод, благодаря повышению горизонта ее над порогом его входного устья, который располагают выше нормального горизонта верхнего бьефа. Вследствие подъема затвора отверстие открывается и при отсутствии притока воды в верхний бьеф горизонт последнего опускается.

Так как между плитами и стенками углублений $У$ имеются прозоры, то вода, поступившая над плитами, стекает в нижний бьеф; затвор преодолевает вес плит, опускается и закрывает отверстие, вследствие чего протекание воды в отверстие прекращается.

Если же приток воды в верхний бьеф продолжается, то на плиты вода также продолжает поступать и удерживает затвор в открытом положении до тех пор, пока приток воды в верхний бьеф не прекратится.

Для предотвращения перерывов действия затворов в холодное время вследствие обмерзания применяют такие же способы, которые применяют для плоских подъемных затворов. Большею частью затворы обогревают паром. Для этой цели на устоях или на быках устанавливают паровые котлы и пар из них посредством паропроводов направляют в радиаторы, расположенные либо возле той зоны устоев и быков, около которой поворачиваются затворы, либо непосредственно на затворах (фиг. 183—плотина у Уилстона на р. Мэнисти в Мичигане, САСШ). В последнем случае радиаторы соединяют с паропроводами, уложенными на устоях и быках, посредством гибких паропроводов.



Фиг. 182.

Пропуск льда, наносов и плавающих предметов во время поддержания подпора может быть сделан при помощи их несколько с большими удобствами, чем посредством затворов, описанных в главе 6; кроме того, так как они не нуждаются в путях качения и некоторые—даже в пазах, устраиваемых в устоях и быках, пропуск может быть сделан с меньшими перерывами их действия, чем плоскими подъемными.

Осмотр и мелкий ремонт затворов тех типов, которые можно поднимать, достаточно удобен; средний же ремонт, связанный со снятием затворов с их осей вращения, связан с большими затруднениями, чем ремонт плоских подъемных. Осмотр и ремонт опускаемых затворов третьего типа, недопускающих подъема затворов—затруднителен.

Стоимость затворов примерно близка стоимости плоских подъемных.

Влияние их на стоимость постоянных частей плотины несколько меньше влияния на стоимость тех же частей плоских подъемных затворов. Это обстоятельство объясняется тем, что для них в меньшей степени требуются надстройки и служебные мосты на устоях и быках и менее массивные, чем для плоских подъемных. Влияние на стоимость постоянных частей плотины затворов, нуждающихся в устройстве углублений в устоях и быках для пропуска противовесов и противовесных продолжений ног, примерно близко влиянию на стоимость постоянных частей плотин плоских подъемных затворов.

ГЛАВА 8

ВАЛЬЦЕВЫЕ ЗАТВОРЫ

§ 37. Принцип устройства. Типы затворов

На примере затвора плотины у Галлето в Италии (фиг. 175) можно было бы видеть, что жесткость остова поворотного затвора может быть повышена посредством замены его полым цилиндром.

Если из поворотного затвора, имеющего остов, устроенный в виде полового цилиндра, устранить ноги и опереть цилиндр непосредственно на устои или на быки (фиг. 184—187—плотина у Швейнфурта на р. Майне), то для открытия или закрытия отверстия плотины затвор надо поднимать или опускать посредством качения по упорным поверхностям пазов устоев или быков. Во время движения затвора ось вращения его, оставаясь все время горизонтальной, должна менять положение, являясь в каждый момент движения затвора мгновенной.

Затворы этого типа называют цилиндрическими или вальцовыми. Они были предложены в начале текущего столетия германским инженером Карстаниеном и впервые осуществлены для закрытия плотины у Швейнфурта.

Присущая цилиндрам значительная жесткость и способность хорошо сопротивляться значительным нагрузкам, действующим перпендикулярно их осям, обратила на вальцы всеобщее внимание в результате чего, вскоре после первого применения, их стали широко применять для закрытия плотин.

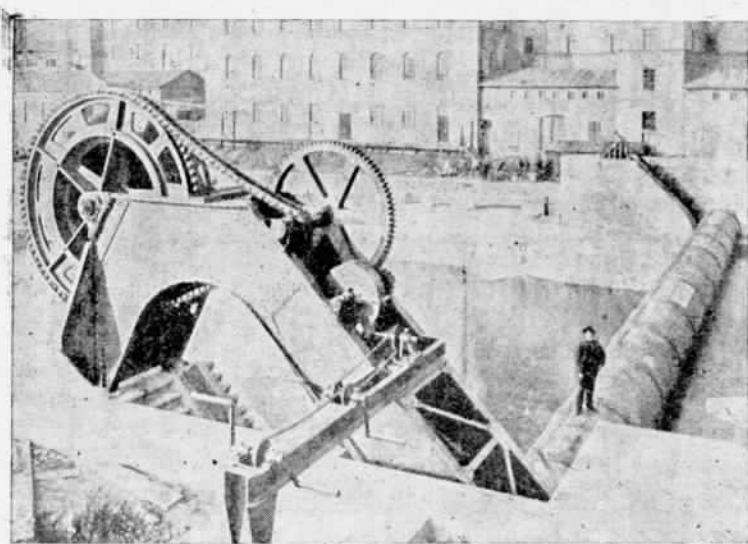
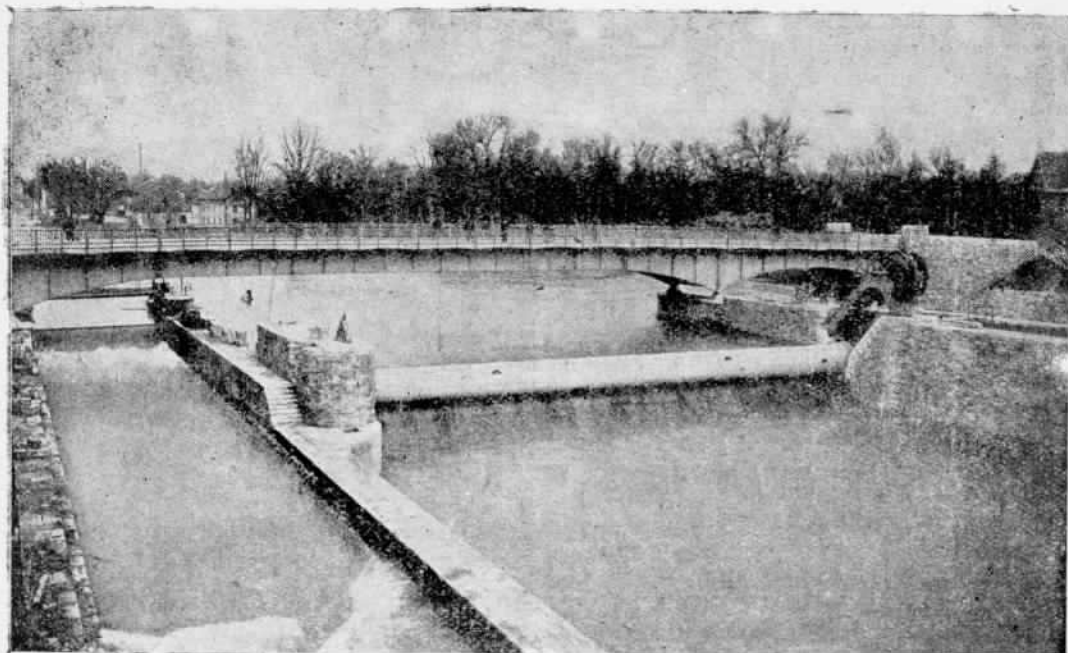
Особенно подходящими они оказались для плотин, поддерживающих подпоры для гидростанций в зимнее время и воспринимающих значительные давления от льда. Соответственно с этим они получили наибольшее распространение в северных странах, но их применяют в более южных, например у нас на Кавказе. Это делают в тех случаях, когда затворы могут подвергаться, кроме напора воды, также значительным давлениям от крупных наносов или от плавающих предметов.

Вальцевые затворы делают обычно из металла и реже—из металла и дерева последнее применяют преимущественно для обшивки и для уплотняющих конструкций.

По способу передачи давления ими на постоянные части плотин их можно отнести к затворам, передающим большинство действующих на них внешних сил кроме большей части веса затворов на устои и на быки.

Подобно поворотным затворам, их можно подразделить на три типа: первый, поднимаемый над флютбетом (фиг. 184—187), второй, не только поднимаемый но и частично опускаемый в глубина, устроенные в флют-

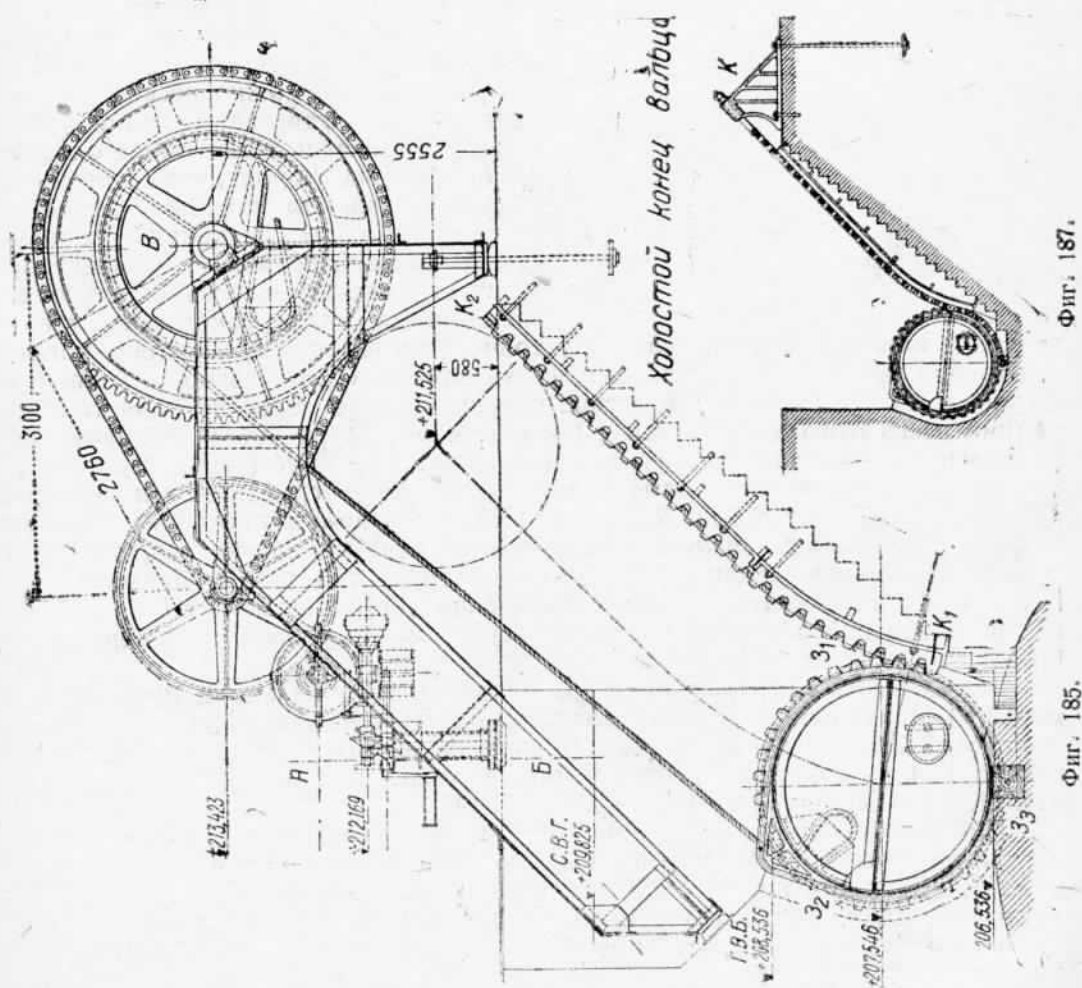
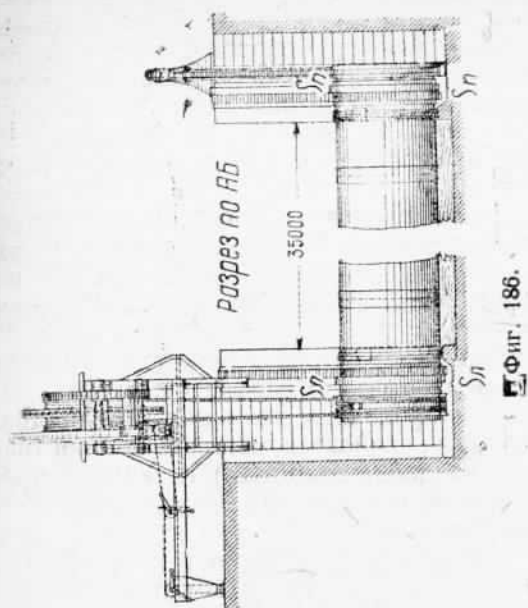
бетах (фиг. 188—плотина у Юканжа на р. Мозеле во Франции) и третий поднимаемый и опускаемый в углубления флотбетов на полную высоту затвора (фиг. 189—плотина у Колина на р. Эльбе в Чехословакии). Вальцы второго и третьего типов называют также опускаемыми.



Фиг. 184.

Для той же цели, для которой на плоских подъемных и поворотных затворах устраивают откидные клапаны, на вальцевых затворах также иногда устраивают такие же клапаны (плотины у Неккаргемюнда и Неккарштейна на р. Неккаре), в основном работающие подобно откидным клапанам первых и вторых.

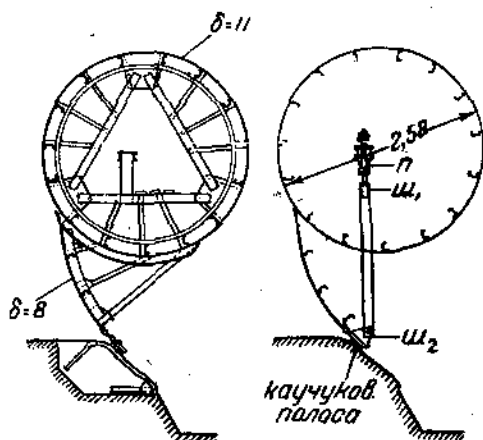
Подъем и опускание вальцевых затворов, в дальнейшем называемых сокращенно вальцами, производят обычно посредством цепей (фиг. 189) или тросов (фиг. 185), навитых снизу на концы вальцов, а сверху на барабаны *В* подъемных механизмов, установленных на верхних площадках устоев или быков.



Во время навивания на барабаны цепей или тросов последние по мере подъема вальцев, свиваются с последних, обратно—при опускании с барабана они навиваются на вальцы. Цепей для вальцов первоначальных типов брали две и прикрепляли к обоим концам их цилиндров, и обеими осуществляли подъем и опускание вальцов; подъем и опускание более новых осуществляют только одной цепью, называемой тяговой. В этом случае вторую цепь также применяют, но лишь в качестве предохранительной; ее называют холостой (фиг. 187).

Чтобы в поднятом положении валец не мог скользить по упорным поверхностям пазов и упасть на флютбет, его поддерживают зубчатками $з_1, з_2, з_3$ (фиг. 185), расположенными по его концам в плоскостях, перпендикулярных оси вальца и сцепляющимися с кремальерами K_1, K_2 (фиг. 185), прикрепленными к упорным поверхностям пазов.

Холостую цепь обычно прикрепляют на верну упорной поверхности лаза к особому кронштейну K (фиг. 187) и во время подъема вальца ее, в противоположность тяговой цепи, навивают на цилиндр вальца; если конец цилиндра, на который холостая цепь навивается (называемый также холостым), соскочит с кремальеры, то последняя может удержать валец от падения.



Фиг. 188.

Иногда ее прикрепляют к вальцу так же, как и тяговую (фиг. 190), и тогда навивают сверху на шкив подъемного механизма. В таком случае натяжение ее осуществляют посредством противовеса, благодаря которому можно несколько уменьшить натяжение тяговой цепи при подъеме вальца. Это уменьшение имеет однако ту отрицательную сторону, что во время поддержания вальцом подпора, вследствие стремления воды несколько поднимать валец, противовес может содействовать этому стремлению и, следовательно, в то время когда валец закрывает отверстие

плотины, может ухудшать условия устойчивости вальца, кроме того, когда валец поднят, наличие противовесов не устраняет в достаточной степени возможности падения вальца вследствие нарушения зацепления на холостом конце; помимо всего этого для опускания противовесов внутрь устоев и быков приходится как в одних, так и в других устраивать колодцы K (фиг. 190).

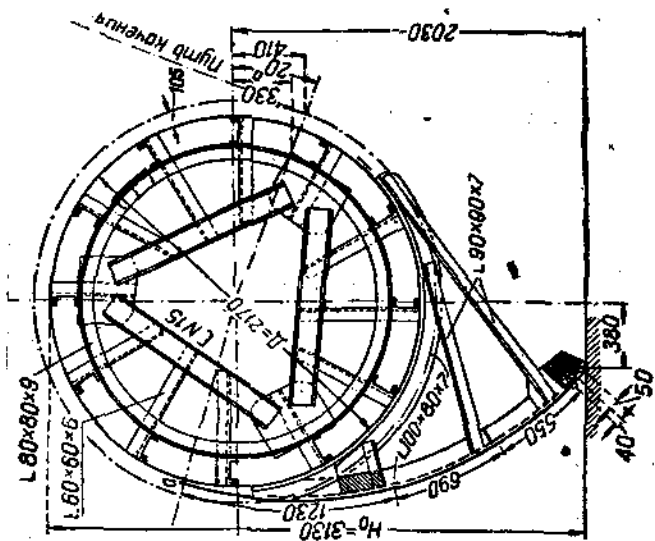
Валец опирают на упорные поверхности пазов посредством так называемых кругов качения S_1, S_2 и S_3, S_4 (фиг. 186), располагаемых по обоим его концам либо рядом с зубчатыми колесами, либо совмещенными с ними и прилегающими к рельсам, прикрепленным к упорным поверхностям пазов. Диаметр кругов берут либо одинаковым с диаметром вальца, либо большим его.

Верх вальцов обычно располагают на таком же уровне, как верх плоских подъемных и поворотных затворов.

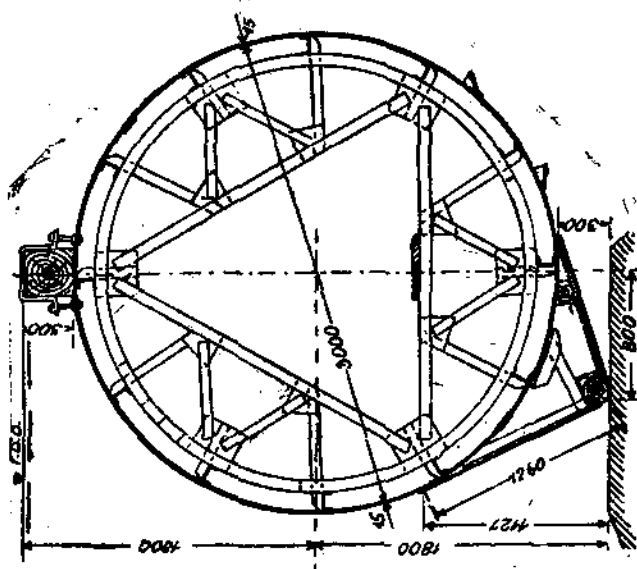
Если высота заграждения (H_0), образованного вальцом, превышает диаметр (D), цилиндра, то в зависимости от разницы между H_0 и D валец снабжают особыми конструкциями. Если H_0 превышает диаметр цилиндра (D) не более чем на 1 м, то снизу к цилиндру прикрепляют козырек (фиг. 191—плотина у г. Пелисед на р. Гранд в Колорадо (США)).

Последний образуют со стороны верхнего бьефа по криволинейной поверхности, смыкающейся с поверхностью цилиндра в точке a и имеющей с нею либо общую касательную, либо касательные, наклоненные одна к другой под острыми углами. Внешние очертания водоудерживающей конструкции козырька выбирают таким образом, чтобы во время поддержания вальцом подпора устойчивость его была обеспечена в достаточной степени.

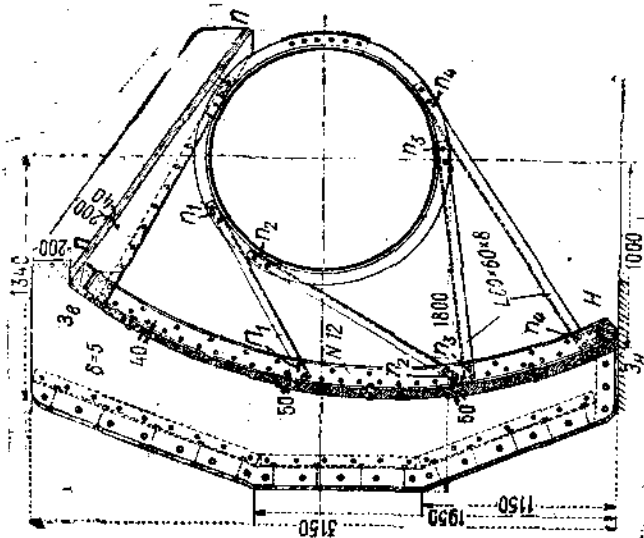
Помимо нижнего козырька, к вальцу иногда прикрепляют сверху щиток (фиг. 192—плотина у Поппенвейлера на р. Неккаре), располагаемый в вертикальной плоскости, проходящей примерно через ось вальца. Высоту козырька берут не более 0,5 м.



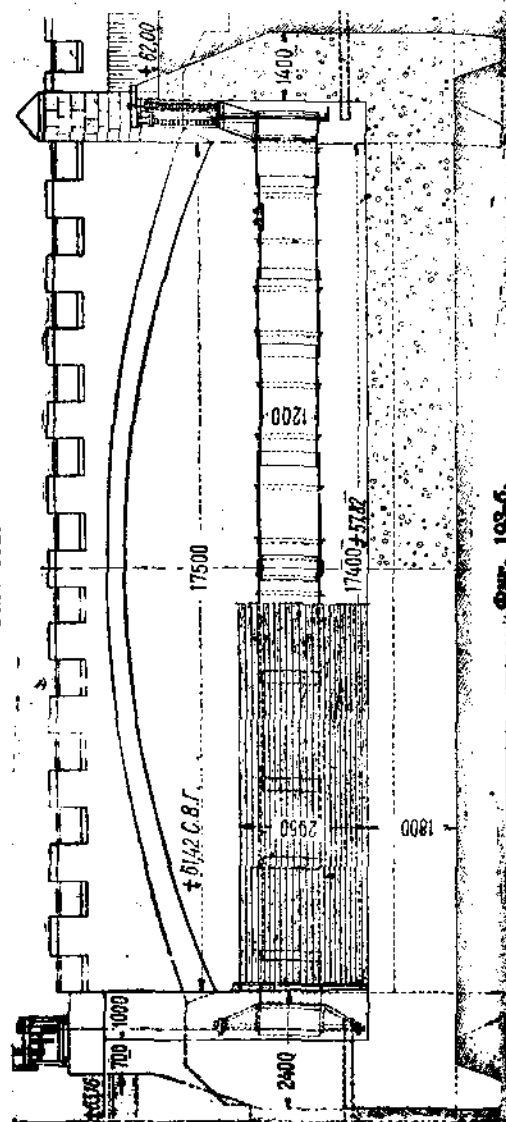
Фиг. 191.



Фиг. 192.



Фиг. 193-а.



Фиг. 193-б.

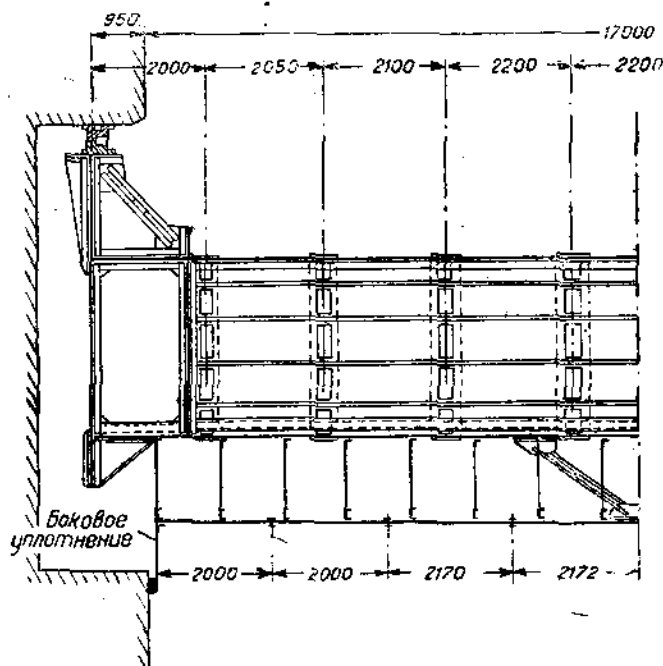
Если H_0 превышает D приблизительно больше, чем на 1 м, то перед цилиндром устраивают отдельную водоудерживающую конструкцию 33, (фиг. 193—плотина у Нейгаттерслебена на р. Бодэ в Германии), сходную по устройству с водоудерживающей конструкцией затвора у Галлего и многих других поворотных типов затворов. Эту конструкцию называют передним щитом. Его образуют из обшивки, прикрепленной к шпантам, ребрам жесткости и обвязкам, прикрепленным в свою очередь к цилиндру посредством подкосов и распорок.

Опускные вальцы (фиг. 188 и 189) делают обычно с нижними козырьками

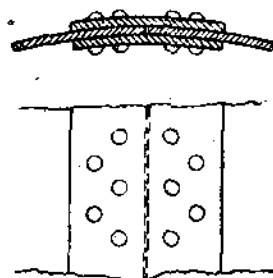
§ 38. Конструкции затворов

Обшивку цилиндров делают из листового железа такой же примерно толщины, как обшивку плоских подъемных и поворотных затворов. Обшивку предварительно выгибают и затем склепывают в кольца (фиг. 184, 193-б и 194—про-

мывные отверстия плотины у Домнарфета на р. Даль в Швеции), длину которых берут в зависимости от предельной длины или ширины листового железа (см. таблицу 8), а также в зависимости от принятого способа образования стыков. Расположение стыков делают с таким расчетом, чтобы для стыковых частей требовалось возможно меньше металла.



Фиг. 194.



Фиг. 195.

Если кольца делают из листов, располагаемых длинной стороной по длине вальца, то количество стыков в каждом кольце должно быть большим, чем в случае расположения листов той же стороной поперек вальца.

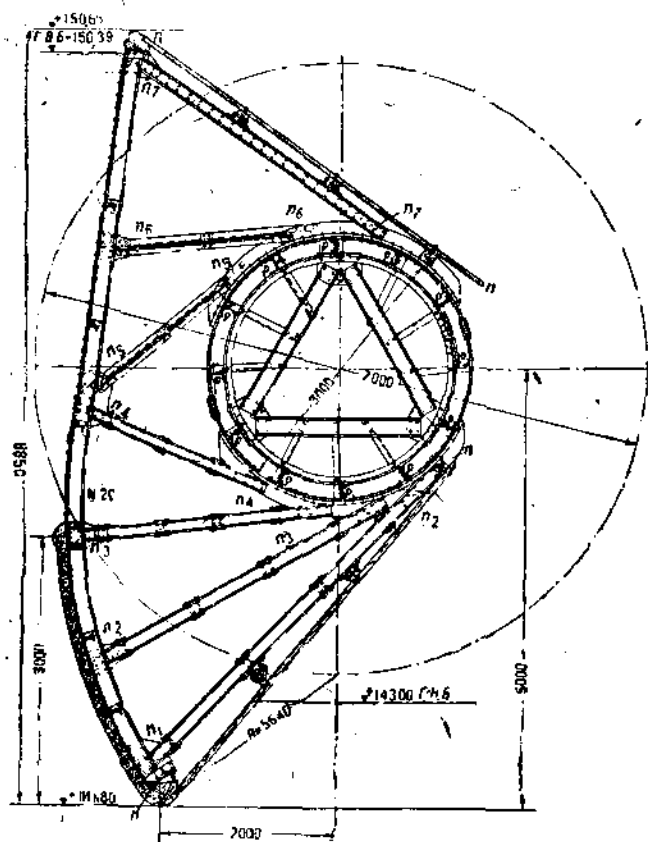
Стыки листов каждого кольца соединяют обычно впритык, перекрывая швы одиночными или двойными (фиг. 195) накладками, а иногда—внахлестку. Последнее соединение, хотя и требует меньше стыкового материала, чем впритык, но применение его связано с рядом конструктивных затруднений.

Для соединений колец по длине цилиндра применяют предпочтительно соединения внахлестку; таким образом делают по той причине, что при выполнении этого соединения встречается меньше конструктивных затруднений, чем при выполнении стыков колец; реже применяют соединения впритык, перекрывая швы так же, как и в первом случае, одиночными или двойными накладками.

Делая соединения колец внахлестку, для увеличения прочности цилиндра, по середине его длины располагают кольца больших диаметров, чем кольца, расположенные дальше от середины (фиг. 193 и 194). В этом случае накладки продольных стыков либо пропускают через поперечные стыки, доводя до их концов k_1 и k_2 (фиг. 196), либо пропускают за стыки посредством высадок (фиг. 197).

мой иногда для обеспечения устойчивости вальцов в закрытом положении, устраивают небольшие отверстия, закрываемые задвижками; такие же отверстия устраивают иногда и в обшивке цилиндров.

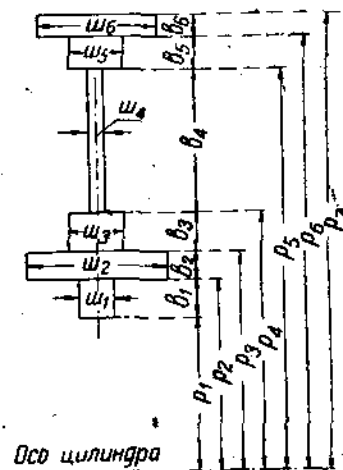
Обшивка вальца, подвергаясь нередко ударам, особенно при перевалке через него льда, и не обладая достаточной устойчивостью при изгибе, нуждается в надлежащем укреплении. Последнее осуществляют посредством продольных балок $p, p, \dots$ (фиг. 198, 199 и 200), приклепываемых внутри цилиндра и связанных криволинейными брусками в виде колец (фиг. 198 и 200), скрепленных решеткой. Балки называют ребрами жесткости, а кольца кругами или диафрагмами жесткости.



Фиг. 200.



Фиг. 201.



Фиг. 202.

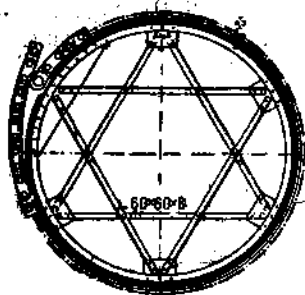
Диафрагмам, устроенным возле концов вальца в тех его сечениях, где расположены зубчатые колеса, дают возможно большие размеры. Эти диафрагмы называют опорными, в отличие от расположенных между ними по длине вальца, называемых промежуточными.

Ребра жесткости берут обычно жесткого сечения, например: корытного или двутаврового. Круги диафрагм берут также жестких сечений, например: двутавровых, предпочтительно с объемлющим поясом более широким, чем объемлемый (фиг. 201) и иногда с отростком от объемлемого (фиг. 202 срав. с фиг. 191 и 192).

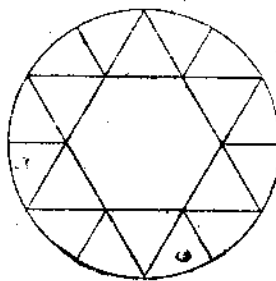
Если устройство прохода по внутренней полости цилиндра не требуется, то круги могут быть снабжены заполнением в виде раскосов, образующих либо треугольник (фиг. 200), либо два взаимно перекрещивающихся треугольника (фиг. 203), иногда с дополнительными стойками, исходящими из точек пересечения раскосов (фиг. 204), либо в виде распорок, пересекающихся между собой под прямыми углами. Такие же стойки или раскосы применяют и для заполнения, состоящего из одиночных треугольников (фиг. 191, 192 и 200), и тогда их прикрепляют к продольным ребрам жесткости. Так как диафрагмы, снабженные треугольно-раскосным заполнением, требуют менее сложной

работы по выгибанию металла, чем, диафрагмы состоящие из одних кругов, то первые следует предпочитать вторым.

Все соединения частей валцов делают заклепками, диаметр которых согласно действующему в настоящее время стандарту для малых валцов может быть принят 14 или 17 мм, а для больших—20 мм и в крайнем случае 23 мм. Применение сварных соединений также желательно.



Фиг. 203.



Фиг. 204.

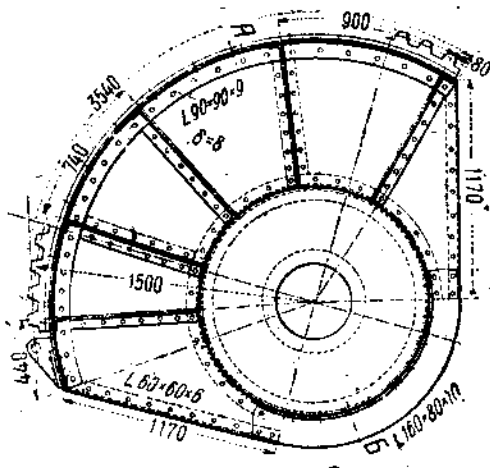
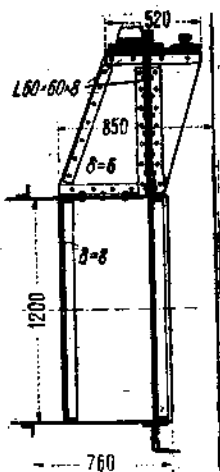
Уплотнение валцов осуществляют следующим образом:

А) Нижнее — посредством деревянных брусьев (фиг. 193, 199 и 200), устроенных по типу, аналогично описанному в главах 5, 6 и 7; при этом в случае отсутствия козырьков, швеллеры приклепывают непосредственно к цилиндрам. При наличии же козырьков или передних щитов их приклепывают к обвязке последних снизу.

Если валцы первого типа приходится опускать во время сильного течения воды по флютбету, особенно когда он покрыт наносами, уплотнение может быть сделано при помощи углообразных отливок, сконструированных по типам, аналогично описанным в вышеупомянутых главах.

Б) Боковое — делают преимущественно в виде упругих металлических листов с упорными деревянными брусьями, вложенными в швеллеры, и образуют по типу, подобно показанному на фиг. 93.

Разрез по АБ



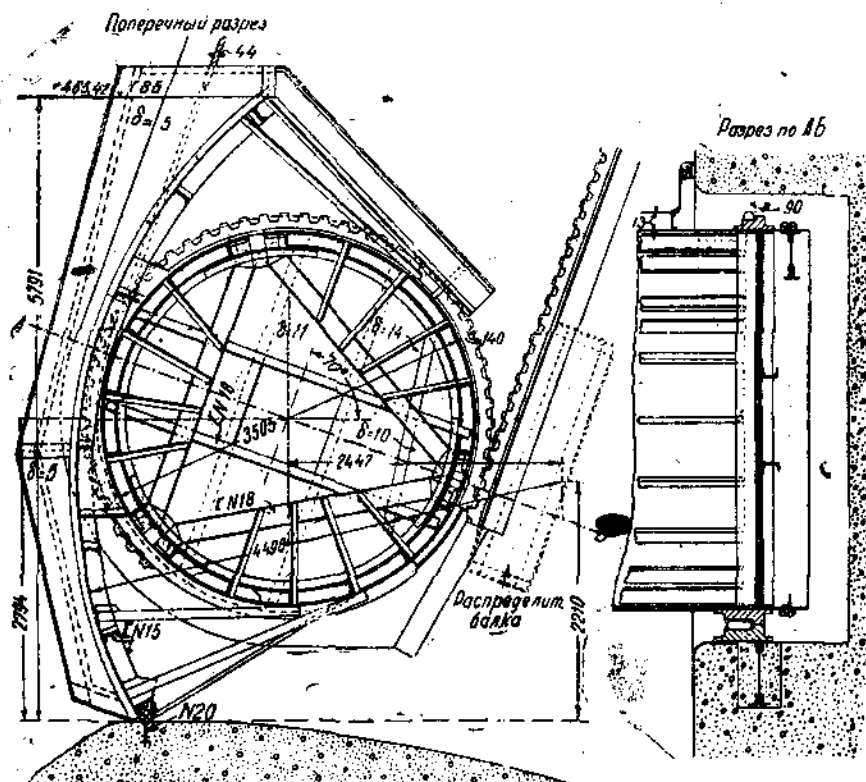
Фиг. 205.

Конструкцию зубчатого зацепления, необходимого для осуществления качения цилиндра, образуют в виде стальных зубчатых отливок, приболченных к цилиндру на подкладных листах. Если диаметр поверхности качения превышает диаметр цилиндра, то эти отливки прибалчивают к металлическим диафрагмам, прикрепленным к цилиндру (фиг. 205).

Зубцам дают в поперечном разрезе форму, показанную например на фиг. 205. Им соответствуют зубцы отливок, прикрепленных к упорным пазам ниш посредством подушек или посредством металлических балок (фиг. 206 — плотина Спокана близ оз. Лонг в Вашингтоне, США).

Очертания путей качения в фасаде устраивают с одинаковым наклоном [к горизонту или вниз с большим, чем вверх (фиг. 185). Переход от одного наклона к другому делают пологим закруглением.

Для предохранения верха вальцов, имеющих передние щиты, от ударов водой, льдинами и плавающими предметами, пропускаемыми в нижний бьеф поверх вальцов, его защищают направляющими полами п п (фиг. 199 и 200).



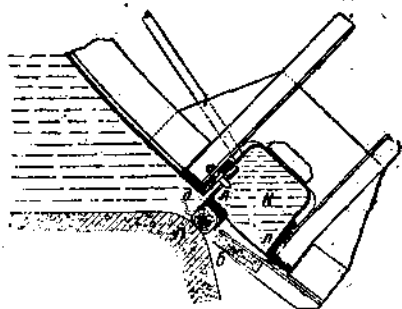
Фиг. 206.

§ 39. Опускные затворы

Опускные вальцы (фиг. 188 и 189) отличаются от вальцов первого типа главным образом конструкцией уплотнений.

Нижнее уплотнение их устраивают посредством упругого металлического листа, прикрепленного внизу вальца и прижимаемого к порогу плотины либо давлением напора воды верхнего бьефа (фиг. 207), либо посредством пружин п (фиг. 188), действующих на передаточные штанги ш₁ ш₂. В первом случае вода верхнего бьефа поступает в камеру к (фиг. 207) и действует на лист лл, снабженный деревянным брусом д, который упирается в порог п. Ход листа лл ограничен деревянным брусом б. Порог, в месте скольжения бруса д, защищают металлом.

Боковое уплотнение вальцов второго типа (фиг. 188) делают так же, как и уплотнение вальцов первого; уплотнение же вальцов третьего типа (фиг. 189) не устраивают совершенно. Соответственно с этим вальцы третьего типа применяют в тех случаях, когда потери воды из верхнего бьефа через пазы устоев и быков не имеют значения для водного хозяйства. Если пазы могут засоряться наносами, то последние удаляют посредством промыва водой во время небольшого подъема вальцов.

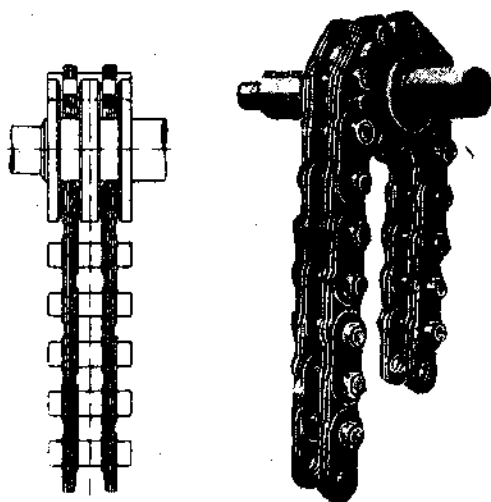


Фиг. 207.

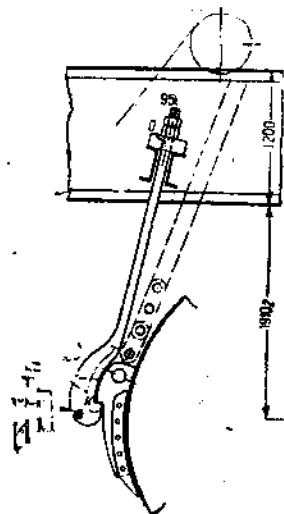
§ 40. Приводы

Приводы для подъема и опускания вальцов берут обычно мягкие в виде цепей Галля или тросов. Так как для навивания тросов на барабаны подъемных лебедок барабанам приходится давать очень большие размеры, то первые применяют чаще вторых. Цепи прикрепляют к вальцам посредством горизонтальных валков, которые пропускают через проушины отливок, прикрепленных в свою очередь к вальцам болтами.

Так как в большинстве случаев цепи подвергаются значительным нагрузкам, то их делают из прочной стали и очень тщательно. Горизонтальные валки звеньев цепей, для уменьшения изгибающих моментов, возникающих при наложении вальцов на цепные колеса приводных механизмов, иногда делают с выпусками за очертания планок цепей (фиг. 208).



Фиг. 208.



Фиг. 209.

*Приводные механизмы делают в виде лебедок с зубчатыми передачами (фиг. 185 и 186), приводимых в движение электромоторами, мощность которых для больших вальцов берут около 30—35 лш. сил, а для малых — около 10—20 лш. сил. Чтобы в случае порчи электромоторов вальцы можно было поднимать и опускать вручную, механизмы снабжают ручными приводами.

Для подъема вальцов на высоту около 6—8 м электрическими приводами требуется от $\frac{1}{4}$ до $\frac{3}{4}$ часа, ручными — от 3 до 4 часов и более. Для плавности опускания вальцов механизмы снабжают тормозами.

Во избежание напряжений приводов в то время, когда они не поднимают и не опускают вальцов, последние поддерживают крюками *ок* (фиг. 209).

Для предохранения затворов от обмерзания, применяют околку льда и сброс его в нижний бьеф посредством периодического подъема и опускания вальцов, а также обогревание пазов и боковых поверхностей устоев и быков в местах прилегания к ним боковых уплотнений затворов. Для обогрева пользуются паром, электричеством и коксовыми печами, которые устраивают в устоях и быках плотины.

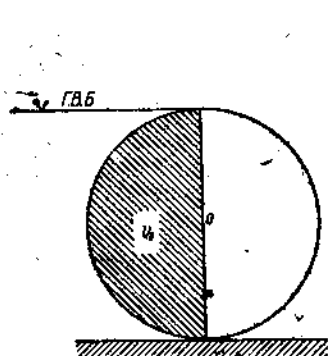
§ 41. Основания расчета затворов

Внешние силы, которые могут действовать на валец и деформировать его, следующие:

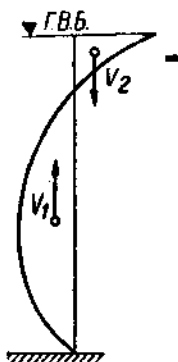
- 1) давление воды верхнего бьефа; его берут для расчета соответствующим наиболее высоким как постоянным, так и кратковременным горизонтам,
- 2) давление воды нижнего бьефа, соответствующее как наиболее низкому постоянному горизонту, так и самому низкому кратковременному,
- 3) давление воды во время перелива через валец и во время протекания под вальцом,

- 4) давление воды, льда, наносов и плавающих предметов,
- 5) давление ветра,
- 6) вес вальца и частей его приводов.

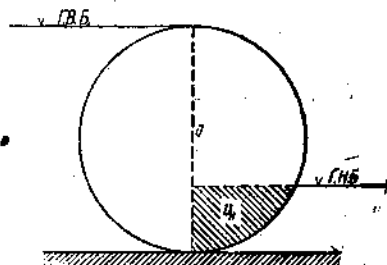
Деформации вальцов происходят также вследствие изменений температуры среды, в которой находятся вальцы; действие этих изменений на вальцы может быть при расчете отнесено также к внешним силам, действующим на вальцы.



Фиг. 210.



Фиг. 211.



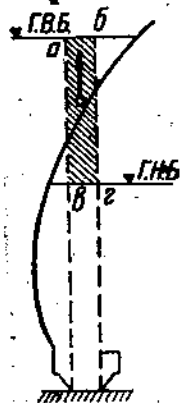
Фиг. 212.

Давление воды верхнего или нижнего бьефа на единицу длины вальца удобнее всего может быть представлено в виде двух составляющих:

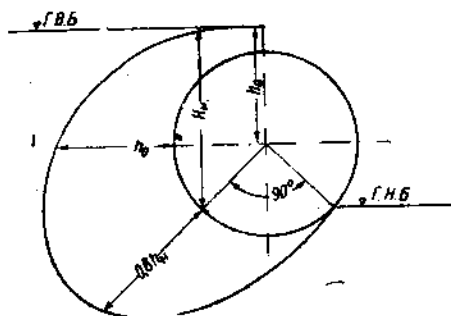
- а) горизонтальной—для напора со стороны верхнего бьефа, выражаемой таким же образом, как для расчета затворов, описанных в предыдущих главах,
- б) вертикальной, равной $\gamma_0 V_2$.

(146)

Вторая составляющая для вальца, показанного например на фиг. 210, изображена в виде заштрихованной части V_1 площади его поперечного сечения, ограниченной с верхней стороны внешним очертанием водоудерживающей конструкции, а с нижней—вертикалью, проведенной через переднюю кромку бруса нижнего уплотнения. Для вальца с нижним козырьком или с передним щитом V_1 составляется из



Фиг. 213.



Фиг. 214.

площадей V_1 и V_2 , показанных на фиг. 211. Вертикальная составляющая давления нижнего бьефа определяется графически в виде площади V_2 фигуры, показанной штриховкой на фиг. 212.

Если под вальцом протекает вода, то вертикальное давление от нее на нижнюю поверхность упорного бруса определяется графически площадью $ab\delta\epsilon$, заштрихованной на фиг. 213. Во время протекания воды под вальцом распределение давления воды может быть выражено в виде кривой, показанной на фиг. 214. Если в очертании вальца и его нижнего уплотнения имеются места, могущие дать начало разрежению воздуха, то давление от воды может действовать на валец сверху вниз. Последнее зависит в этом случае от характера протекания воды и от формы указанных очертаний.

Давление льда на валец определяют в зависимости от метеорологических условий местности, где строится плотина и от предполагаемого характера навалки льда на валец; аналогично этому определяют и давление плавающих предметов. Давление наносов и гальки определяют в зависимости от предполагаемой степени их отложения перед вальцом. Давление от ветра определяют в зависимости от степени защищенности местности от его действия.

Вес вальца G_0 определяют по действительному весу материала, необходимого для изготовления вальца. Так как перед расчетом вальца вес его обычно еще не выяснен, то G_0 определяют так же, как для расчета плоских подъемных и поворотных затворов, т. е. по приближенным формулам, составленным по данным существующих и удовлетворительно работающих затворов.

Из этих формул укажем на следующие:

1) формулы проф. Кулька.

а) для вальцов без передних щитов и без козырьков:

$$G_0 = 0,055 \frac{L^3 H_0^2 c}{R_0 R_{изг}} \text{ в кг,} \quad (147)$$

где: L — длина вальца в м,

H_0 — высота водоудерживающей конструкции в м,

c — см. стр. 70,

R_0 — радиус вальца в м,

$R_{изг}$ — допускаемое сопротивление металла на изгиб в $т/см^2$.

В вес G_0 вес продольных ребер не входит и должен быть определен расчетом; вес диафрагм берется в количестве 40% от веса вальца и продольных ребер;

б) для вальцов с передними щитами вес составляется: из веса обшивки, принимаемого в пределах от 100 до 130 кг на 1 $м^2$ площади заграждения, из веса шпантов, горизонтальных ребер жесткости и обвязок, принимаемого по тем же формулам, как и для поворотных затворов, и, наконец из веса цилиндра, определяемого по формуле:

$$G_0 = 13,7 \cdot \frac{L^3 H_0^2 \sec \alpha}{R_0 R_{изг}} \text{ в кг,} \quad (148)$$

где

α — угол наклона к горизонту равнодействующей давления воды на валец,

R_0 — радиус вальца в см,

прочие обозначения те же, что в формуле (147);

2) формулу инж. Мелентьева:

$$G_0 = (A + B \cdot F) F \text{ в кг,} \quad (149)$$

где: A — от 250 до 430 кг,

$B = 3,2$,

$F = H_0 L$ в $м^2$,

вес приводов и конструкций, устраиваемых в пазах, в формулу 149 не включен.

При расчете вальца и отдельных его частей должны быть выбраны такие сочетания действующих на него сил, которые вызывают в нем либо наиболее неблагоприятные деформации, либо наименьшим образом обеспечивают его устойчивость.

• Реактивными силами, действующими на валец, являются:

1) реакции правой S_n (фиг. 215 и 216) и левой S_l зубчатых кремальер, направленных по пути качения вальца,

2) реакции правого Q_n и левого Q_l рельсов, направленных по нормали к рельсам в сторону верхнего бьефа.

Для определения величины тягового усилия T и четырех реактивных сил валец относят к системе координат с началом O например в точке касания правого опорного круга с правым рельсом и осями:

OX , направленной перпендикулярно к рельсу в сторону верхнего бьефа,

OY — вниз по касательной к кругу качения в точке O и

OZ — от правой опоры к левой параллельно оси цилиндра.

Шесть условий статики, необходимые для определения искомых величин, выражаются в этой системе координат следующим образом:

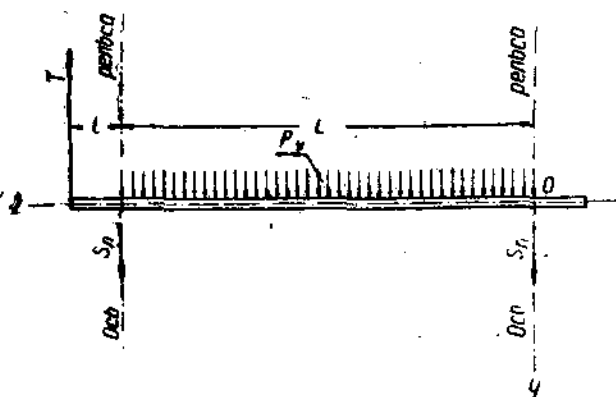
$$\Sigma X = 0, \Sigma Y = 0, \Sigma Z = 0, \Sigma M_x = 0, \Sigma M_y = 0, \Sigma M_z = 0, \quad (150)$$

Обозначая через:

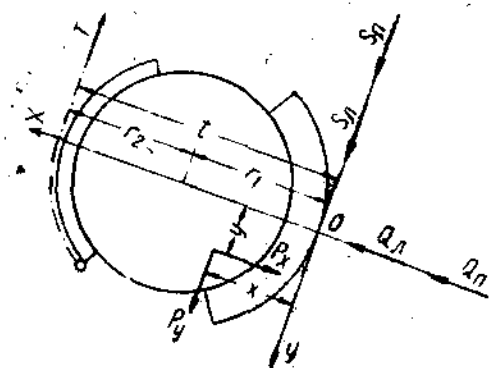
- P_x — составляющую параллельную плоскости XOZ внешних сил, действующих на валец, считая их равномерно распределенными по длине L ,
 y — расстояние P_x до этой плоскости,
 P_y — составляющую тех же сил, параллельную плоскости YOZ ,
 x — расстояние P_y до этой плоскости,
 L — расстояние между вертикальными плоскостями правого и левого путей качения,
 l — расстояние между плоскостью действия тягового усилия и левого пути качения,
 t — расстояние тягового усилия T до плоскости YOZ и применяя формулу (150) для случая расположения приводного механизма против левого конца вальца и при отсутствии противовеса для холостой цепи имеем:

$$\Sigma X = Q_n + Q_s - P_x = 0, \quad (151)$$

$$\Sigma Y = S_n + S_s - T + P_y = 0. \quad (152)$$



Фиг. 215.



Фиг. 216.

Так как силы действуют в плоскостях, перпендикулярных оси OZ , то $\Sigma Z = 0$

$$\Sigma M_x = T(L + l) - S_n L - P_y \frac{L}{2} = 0, \quad (153)$$

$$\Sigma M_y = P_x \frac{L}{2} - Q_n L = 0, \quad (154)$$

$$\Sigma M_z = P_y y + P_x x - T l = 0. \quad (155)$$

Из уравнения 155 имеем:

$$T = \frac{1}{l} (P_y y + P_x x) = \frac{M_z}{l}. \quad (156)$$

Из уравнений 154 и 151:

$$Q_n = Q_s = \frac{P_x}{2}. \quad (157)$$

Из уравнений 156 и 153:

$$S_n = -\frac{P_y}{2} + \frac{M_z}{l} \left(1 + \frac{l}{L}\right) \quad (158)$$

и наконец из уравнений 152 и 158:

$$S_s = -\frac{P_y}{2} - \frac{M_z}{l L}. \quad (159)$$

Если приводный механизм расположен против правого конца вальца, а холостая цепь против левого, то значения T , Q_n и Q_s остаются теми же, как и в первом случае, а значение S_n обменивается с значением S_s .

Аналогичным образом определяют искомые величины в том случае, когда холостую цепь подтягивают противовесом.

Для опускаемого вальца значения сил T , Q_n , Q_s , S_n и S_s — те же, что и для поднимаемого, но сила T является силой, удерживающей валец от опускания.

Когда валец прижимается к флютбету и поддерживает подпор то вместо силы T на валец действует реакция флютбета Φ (фиг. 217), распределяющаяся приблизительно равномерно по длине цилиндра и приложенная в расстоянии ϕ от мгновенной оси вращения.

Для этого случая уравнения (151—155) обращаются в следующие:

$$\Sigma X = Q_n + Q_s - P_x + \Phi \cos \alpha = 0, \quad (160)$$

$$\Sigma Y = S_n + S_s + P_y - \Phi \sin \alpha = 0, \quad (161)$$

$$\Sigma Z = 0, \quad (162)$$

$$\Sigma M_x = -P_y \frac{L}{2} - S_s L + \Phi \frac{L}{2} \sin \alpha = 0, \quad (163)$$

$$\Sigma M_y = +P_x \frac{L}{2} - Q_s L - \Phi \frac{L}{2} \cos \alpha = 0, \quad (164)$$

$$\Sigma M_z = +P_x y + P_y x - \Phi \phi = 0, \quad (165)$$

где α — угол наклона пути качения к горизонту.

Из уравнения 165, заменяя в нем $P_x y + P_y x$ по уравнению 156 на M_p , имеем:

$$\Phi = \frac{M_p}{\phi}. \quad (166)$$

Из уравнений 163 и 161:

$$S_s = S_n = -\frac{P_y}{2} + \frac{M_p \sin \alpha}{2\phi}. \quad (167)$$

Из уравнений 164 и 160:

$$Q_s = Q_n = \frac{P_x}{2} - \frac{M_p \cos \alpha}{2\phi}. \quad (168)$$

Если под вальцем просачивается вода, которая может поднимать валец, то сила Φ должна превышать величину этого поднятия.

Для устойчивости вальца в закрытом положении во время поддержания им подпора необходимо, чтобы наибольший возможный момент (M_w) сил, стремящихся поднять валец посредством вращения относительно мгновенной оси, был меньше наименьшего возможного момента (M_y) относительно той же оси сил, стремящихся удерживать валец от подъема. Обычно для обеспечения надлежащей устойчивости вальца считают, чтобы момент M_y был примерно на 25% больше момента M_w , т. е. чтобы было соблюдено равенство:

$$M_y = 1,25 M_w. \quad (169)$$

Соблюдение его возможно посредством надлежащего выбора положения мгновенных осей вращения и следовательно очертания зубчатого пути качения, и затем посредством придания надлежащего очертания водоудерживающей поверхности вальца, вне зависимости от того, состоит ли она из цилиндра с козырьком или из переднего щита.

Ось вращения вальца при его закрытом положении располагают таким образом, чтобы равнодействующая всех действующих на валец сил проходила ниже ее, но и вместе с тем не чрезмерно, чтобы не увеличивать тягового усилия. Обычно положение ее при закрытом вальце берут не меньше $\frac{1}{3} H_0$.

Для обеспечения устойчивости вальца внутрь его может быть впущена вода, через отверстия, указанные на стр. 118—119.

Определив положение мгновенной оси вращения при закрытом вальце, путем качения вальцов первого типа ниже этой оси дают направление по касательной к кругу качения. Надо заметить, что для лучшей устойчивости вальцов следовало бы угол наклона путей качения к горизонту брать возможно большим. Обычно с учетом всех обстоятельств его берут около 70° (фиг. 185).

Выше этой оси угол наклона определяют из условия наиболее легкого подъема, позволяющего, кроме уменьшения тягового усилия, уменьшить также давле-

ния на зубцы и следовательно удешевить конструкцию последних. Эта цель может быть достигнута, принимая угол наклона возможно меньшим, насколько позволяет конструкция устоев и быков.

Так как поднятый валец под действием ветра, направленного со стороны нижнего бьефа, может быть сдвинут с зубчатого пути, то влияние ветра на наклон этого пути не должно быть оставлено вне учета.

По предложению американского инж. Дженкинса, высказанному им в 1914 г., вальцевый затвор может быть сделан автоматически действующим в зависимости от давления воды на его напорную поверхность. Последняя, а также и зубчатый путь качения, должны иметь в таком случае соответствующие очертания. Затвор, основанный на этом принципе, в настоящее время установлен у нас для закрытия отверстий пролетом 22 м в плотине гидроэлектростанции Дзоргес (ССРА).

Для опускаемых вальцов путь качения ниже мгновенной оси вращения при закрытом положении назначают, насколько допускает конструкция его уплотнения, возможно близким к вертикальному.

Беря все действующие на валец внешние силы в сочетаниях, указанных на стр. 124, его поперечные размеры или возникающие в нем напряжения определяют по формуле:

$$\frac{M}{W_{netto}} \leq R_{изг} \quad (170)$$

в которой M — определяют по формуле Сен-Венана:

$$M = 0,35 M_{изг} + 0,65 \sqrt{M_{изг}^2 + M_{кр}^2}, \quad (171)$$

где $M_{изг}$ — момент, изгибающий валец, определяемый по формуле

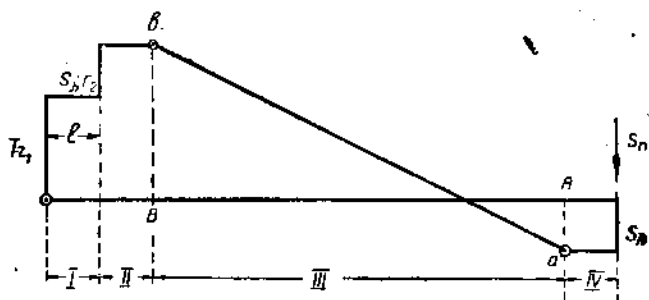
$$M_{изг} = \frac{P_{max} x (L_0 - x)}{2L_0}, \quad (172)$$

здесь P_{max} — наибольшее усилие, изгибающее валец =

$$= \sqrt{P_x^2 + P_y^2}, \quad (173)$$

L_0 — длина вальца между плоскостями опор,

x — расстояние произвольно выбранного сечения вальца от одной из опор (фиг. 218),



Фиг. 219.

$M_{кр}$ — момент скручивающий валец.

Прочие обозначения прежние.

Наибольший $M_{изг}$ имеет место при $x = \frac{L_0}{2}$ и

$$= \frac{P_{max} L_0}{8}. \quad (174)$$

Скручивающие моменты $M_{кр}$ определяют последовательно один за другим для отдельных участков вальца. Например в случае действия на валец сил, имеющих направления, показанные на фиг. 216, и приложения тягового усилия к левому концу вальца, $M_{кр}$ представлены на фиг. 219.

В этом случае $M_{кр}$ на участке (I) между плоскостью действия тягового усилия и плоскостью левого пути качения = $-Tr_1$, где r_1 — плечо силы T относительно оси цилиндра. В плоскости левого пути качения $M_{кр}$ вследствие наличия реакции зубцов S_1 увеличивается на $S_1 r_2$, где r_2 — радиус основной окружности зубчатки вальца, сцепляющейся с кремальерой, уложенной по упорной поверхности паза. Далее, если считать, что вес вальца не оказывает на $M_{кр}$ заметного

влияния, то на участке $II-M_{кр}$ остается постоянным от участка I до того сечения, в котором устроено боковое уплотнение вальца и где обычно имеет место наибольшее отклонение центра тяжести веса вальца от оси цилиндра.

Если боковое уплотнение устроено по типу, показанному на фиг. 93, и имеет с каждой стороны вальца ширину b_0 , то величина силы трения вальца по боковым поверхностям устоев и быков, при коэффициенте трения деревянного бруса по ним $f = 0,35$, определяется выражением:

$$175 b_0 H_0^2 \text{ в кг,} \quad (175)$$

где b_0 и H_0 в м.

В плоскости правого пути качения $M_{кр} = -S_n r_2$, и на участке IV —до сечения Aa , аналогичного сечению Bb левой опоры, $M_{кр}$ остается постоянным. Между сечениями A и Bb $M_{кр}$ может быть достаточно точно выражен графически в виде прямой, соединяющей точки a и b .

Так как в тех сечениях, которым соответствует $\max M_{кр}$, $M_{кр}$ имеет обычно слишком малое значение, то для предварительного расчета обшивки с достаточной точностью считают, что

$$M = \max M_{кр} \quad (176)$$

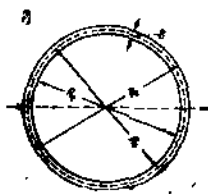
и соответственно с этим расчет ее относят либо к тому случаю, когда валец опирается на флютбет, либо к началу его подъема. Выбор случая зависит от того, в каком из них $\max P$ (см. выражение 173) имеет большее значение.

Если изгибу и скручиванию вальца сопротивляется только обшивка (фиг. 193), момент сопротивления (W_{netto}) поперечного сечения цилиндра определяют по формуле:

$$W_{netto} = \frac{J_{netto}}{R_1}, \quad (177)$$

где J_{netto} — момент инерции поперечного сечения обшивки нетто =

$$= k \frac{\pi}{4} (R_1^4 - R_2^4), \quad (178)$$



Фиг. 220.

R_1 — радиус наружной поверхности обшивки (фиг. 220),

R_2 — радиус внутренней

k — коэффициент, учитывающий ослабление обшивки заклепочными отверстиями, принимаемый около 0,8.

Обозначая толщину обшивки через δ , т. е. $R_1 - R_2 = \delta$, и имея в виду, что

$$\frac{R_1 + R_2}{2} = R_0, \quad (179)$$

получаем:

$$J_{netto} = 0,8 \frac{\pi}{2} R_0 \delta \left(2 R_0^3 + \frac{\delta^3}{2} \right), \quad (180)$$

пренебрегая членом $\frac{\delta^3}{2}$ вследствие его малости по сравнению с $2 R_0^3$, имеем:

$$J_{netto} = 0,8 \pi R_0^3 \delta \quad (181)$$

и

$$W_{netto} = 0,8 \frac{\pi R_0^3 \delta}{R_0 + \frac{\delta}{2}} \quad (182)$$

или приближенно

$$W_{netto} = 0,8 \pi R_0^3 \delta. \quad (183)$$

Полагая на износ обшивки от ржавления 0,1 см, имеем:

$$W_{netto} = 0,8 \pi R_0^3 (\delta - 0,1) \text{ в см}^3, \quad (184)$$

где R_0 и δ в см.

Если кроме обшивки действию сил сопротивляются также и продольные ребра жесткости, то момент сопротивления вальца выражается формулой:

$$W_{netto} = \frac{0,8 \frac{\pi}{2} R_0 \delta \left(2 R_0^3 + \frac{\delta^3}{2} \right)}{R_0 + \frac{\delta}{2}} + \frac{J_s}{R_0 + \frac{\delta}{2}}, \quad (185)$$

где

J_2 — момент инерции поперечных сечений ребер относительно нейтральной оси цилиндра, равный, при числе (n) ребер кратном четырем, половине полярного момента инерции J_n тех же сечений относительно той же оси.

Обозначая через:

n — число ребер жесткости,

F_p — площадь поперечного сечения каждого из них,

R_p — расстояние центров тяжести их поперечного сечения до оси вальца,

имеем:

$$J_n = n F_p R_p^2, \quad (186)$$

$$J_2 = \frac{1}{2} n F_p R_p^2. \quad (187)$$

Подставляя значение J_2 в формулу (185) и пренебрегая членами $\frac{\delta^2}{2}$ и $\frac{\delta}{2}$, имеем приближенное, но достаточно точное выражение W_{netto} в виде:

$$W_{netto} = 0,8 \pi \delta R_0^2 + \frac{n F_p R_p^2}{2 R_0}. \quad (188)$$

Обозначая через S — расстояние между ребрами, считаемое по длине окружности радиуса R_0 , имеем $S = \frac{2 \pi R_0}{n}$. (189)

Подставляя значение $n = \frac{2 \pi R_0}{S}$ в формулу 188, а также учитывая износ толщины обшивки в 0,1 см, имеем:

или
$$W_{netto} = 0,8 \pi (\delta - 0,1) R_0^2 + \frac{\pi F_p R_p^2}{S}. \quad (190)$$

где:
$$W_{netto} = 0,8 \pi (\delta + \delta_p - 0,1) \text{ в см}^3, \quad (191)$$

$$\delta_p = \frac{F_p R_p^2}{0,8 S R_0^2} \quad (192)$$

и все данные в см.

Так как обшивка имеет весьма небольшую толщину δ по сравнению с ее диаметром, то возникают опасения за ее устойчивость при изгибе, вследствие этого она должна быть поверена на эту деформацию.

Помимо изгиба в плоскости, проходящей через ось вальца, обшивка, представляя собой свод с опорами на ребрах жесткости, подвергается изгибу также в плоскостях, перпендикулярных оси вальца.

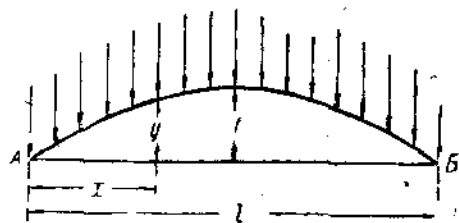
Так как прикрепление ее таково, что вращение ее опорных сечений невозможно только там, где расположены заклепки, а между заклепками оно возможно не в полной мере, кроме того продольные ребра жесткости под действием ее распора могут подвергаться скручиванию, то характер прикрепления обшивки является промежуточным между шарнирным и не допускающим вращения опорных сечений. В запас прочности обшивки считают, что характер прикрепления ее является недопускающим вращения опорных сечений.

Предполагая, что свод изогнут по параболе и подвергается действию нагрузки, перпендикулярной к его хорде (фиг. 221) и равномерно распределенной по длине пролета свода, напряжение в нем определяют по формуле:

$$\tau_{1 и 2} = - \frac{N}{\omega} \pm \frac{M_{изг}}{W}, \quad (193)$$

где: $N = H$ — распор свода в кг,

ω — площадь поперечного сечения свода шириной в 1 см, считаемая по длине вальца и равная δ в см²,



Фиг. 221.

$M_{изг}$ — изгибающий момент в кг/см,

W — момент сопротивления поперечного сечения свода $= \frac{\delta^3}{6}$ в см³.

Верхний знак перед вторым членом, означающий растягивающее напряжение, относится к внутренним волокнам свода, а нижний знак, означающий сжатие, — к наружным.

Распор определяют по формуле:

$$H = \frac{pl^2}{8f} \zeta, \quad (194)$$

где: pl — нагрузка на свод в кг,

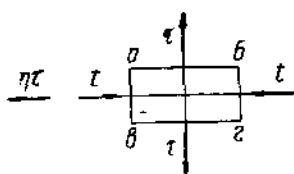
l — пролет его в см,

f — стрела подъема свода в см,

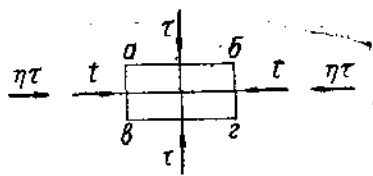
$$\zeta = \frac{1}{1 + \frac{15}{16} \left(\frac{\delta}{f} \right)^2}. \quad (195)$$

Изгибающий момент ($M_{изг}$) определяют по формулам: для среднего сечения:

$$M_{изг} = \frac{pl^2}{24} (1 - \zeta), \quad (196)$$



Фиг. 222.



Фиг. 223.

для опорных сечений:

$$M_{изг} = -\frac{pl^2}{12} (1 - \zeta). \quad (197)$$

Одновременно с напряжениями τ_1 или τ_2 в обшивке появляются напряжения, действующие по направлению, перпендикулярному τ_1 или τ_2 , и равные $\eta\tau_1$ или $\eta\tau_2$, где η — коэффициент Пуассона, принимаемый для литого железа $= 0,28$ и для стали $= 0,29$.

На вырезанном из обшивки элементарном прямоугольнике $ab\gamma\delta$ (фиг. 222 и 223) показаны сжимающие в обшивке напряжения (t) от изгиба всего вальца и напряжения (τ) от местного изгиба между продольными ребрами жесткости. Фиг. 222 соответствует тому волокну, в котором от местного изгиба появляются растягивающие напряжения τ и $\eta\tau$, а фиг. 223 — тому, в котором от того же изгиба появляются сжимающие напряжения.

Для случая, показанного на фиг. 222, при $t \geq \eta\tau$ условия прочности обшивки выражаются следующим образом:

$$\tau \leq R_{рас}, \quad (198)$$

$$t - \eta\tau \leq R_{сж}, \quad (199)$$

для железа и стали

$$R_{рас} = R_{сж} = R, \quad (200)$$

где: $R_{рас}$ — допускаемое напряжение на растяжение,

$R_{сж}$ — допускаемое напряжение на сжатие,

Срезающие напряжения имеют наибольшее значение для площадок, наклоненных под углами 45° к направлению указанных напряжений; тогда при разнозначности напряжений, действующих на две взаимно перпендикулярные площадки, условия прочности дополняются выражением:

$$\frac{1}{2} (t - \eta\tau + \tau) \leq R_{ср}, \quad (201)$$

где: $R_{ср}$ — допускаемое напряжение на срезание.

При $t \leq \eta\tau$, условия прочности определяют выражениями:

$$\eta\tau - t \leq R \quad (202)$$

и на срезание при однозначности напряжений, действующих на те же взаимно перпендикулярные площадки:

$$\frac{1}{2}(\tau - \eta\tau + t) \leq R_{cp}. \quad (203)$$

Условие 202 при $\tau \leq R$ всегда легко удовлетворяется, условие 203 одинаково с условием 201, поэтому условия прочности при $\eta = 0,29$ следующие:

$$t \leq R + 0,29\tau, \quad (204)$$

$$\tau \leq R, \quad (205)$$

$$t \leq 2R_{cp} - 0,71\tau. \quad (206)$$

Для случая, показанного на фиг. 223, условия прочности на сжатие следующие:

$$t + \eta\tau \leq R \quad (207)$$

$$\tau \leq R \quad (208)$$

и на срезание при $t + \eta\tau \geq \tau$ и при однозначности напряжений, действующих на такие же площадки, как и в рассмотренном выше случае, следующие:

$$\frac{1}{2}(t + \eta\tau - \tau) \leq R_{cp} \quad (209)$$

если $t + \eta\tau \leq \tau$, то

$$\frac{1}{2}(\tau - t - \eta\tau) \leq R_{cp}. \quad (210)$$

Последнее неравенство при $\tau \leq R$ удовлетворяется всегда, и следовательно условия прочности сводятся к следующим:

$$t \leq R - 0,29\tau, \quad (211)$$

$$\tau \leq R, \quad (212)$$

$$t \leq 2R_{cp} + 0,71\tau. \quad (213)$$

Обшивку тех сечений вальца, в которых поперечная сила Q достигает наибольшего значения, т. е. сечений, соответствующих опорам вальца, должна быть повернута на срезание по формуле:

$$\frac{QU_y}{Jb} k_0 \leq R_{cp}, \quad (214)$$

в которой для сечения, состоящего только из одной обшивки,

U_y — статический момент полусечения относительно нейтральной

оси, равный $\frac{1}{2}Fe$, (215)

где:

F — площадь поперечного сечения цилиндра $= \pi(R_1^2 - R_2^2)$, (216)

e — расстояние центра тяжести половины F до нейтральной оси =

$$= \frac{4}{3\pi} \cdot \frac{R_1^3 - R_2^3}{R_1^2 - R_2^2}, \quad (217)$$

отсюда

$$U_y = \frac{2}{3}(R_1^3 - R_2^3) \quad (218)$$

или, так как

$$R_1 = R_0 + \frac{\delta}{2} \quad \text{и} \quad R_2 = R_0 - \frac{\delta}{2}, \quad (219)$$

то

$$U_y = \frac{2}{3} \left(3R_0^2\delta + \frac{\delta^3}{4} \right). \quad (220)$$

Пренебрегая членом $\frac{\delta^3}{4}$ вследствие его малости по сравнению с $3R_0^2\delta$, имеем

$$U_y = 2R_0^2\delta^2, \quad (221)$$

$J = \pi R_0^3\delta$ (см. выражение 181 при $k=1$),

$$b = 2\delta, \quad (222)$$

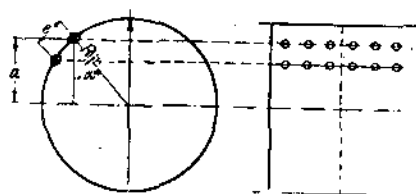
k_0 — коэффициент, учитывающий возможное ослабление заклепочными отверстиями обшивки в поперечном стыке, в том случае, когда последний находится либо в опорном сечении, либо в непосредственной близости от него. Приблизительно k_0 можно определить как отношение шага заклепок e к $e-d$, где d — диаметр заклепки, т. е. $k_0 = \frac{e}{e-d}$.

$$(223)$$

Подставляя значение U_y , J , b и k_0 в выражение 214, имеем:

$$\frac{Q}{\pi R_0\delta} \cdot \frac{e}{e-d} \leq R_{cp}. \quad (224)$$

Количество заклепок (N) в поперечном стыке определяется в зависимости от передаваемого от одного отсека другому $M_{изв}$ и $M_{пр}$.



Фиг. 224.

Если с каждой стороны стыка имеется p поперечных рядов заклепок, располагаемых для удобства клепки в каждом ряду одна от другой обычно на одинаковом расстоянии, равном e (фиг. 224), и если принять, что заклепка принимает участие в передаче $M_{изв}$ пропорционально ее расстоянию до нейтральной оси, то изгибающий момент, передаваемый заклепками от одного отсека другому, определяется выражением:

$$M = \sum p T_a R_1 \cos \alpha, \quad (225)$$

в котором T_a — срезывающее усилие, приходящееся на наиболее напряженную заклепку, центр тяжести площади поперечного сечения которой отстоит от нейтральной оси на расстояние a ,

$$T_a = T_{R_1} \cdot \frac{a}{R_1}, \quad (226)$$

где T_{R_1} — срезывающее усилие, приходящееся на заклепку, центр тяжести площади поперечного сечения которой отстоит от нейтральной оси на расстояние R_1 (см. стр. 128):

$$a = R_1 \cos \alpha, \quad (227)$$

здесь α — угол, составленный радиусом, направленным по оси заклепки, с линией, перпендикулярной нейтральной оси цилиндра.

Подставляя значение a в выражение 226, имеем:

$$T_a = T_{R_1} \cos \alpha \quad (228)$$

сумма (Σ) должна быть взята для всех заклепок, имеющих в стыке.

Подставляя значения T_a в формулу 225, имеем:

$$M = \sum p T_{R_1} R_1 \cos^2 \alpha = p T_{R_1} R_1 \sum_0^{2\pi} \cos^2 \alpha, \quad (229)$$

так как

$$\sum_0^{2\pi} \cos^2 \alpha = \frac{\pi R_1}{e}, \quad (230)$$

то

$$M = \frac{p T_{R_1} \pi R_1^2}{e}, \quad (231)$$

$$T_{R_1} = \frac{\pi d^2}{4} t_{cp}', \quad (232)$$

где t_{cp}' — напряжение на срезание заклепки и

$$\max M = \frac{DL}{8}, \quad (233)$$

откуда:

$$t_{cp}' = \frac{DL\epsilon}{2p\pi^2 R_1^2 d^2} \quad (234)$$

или, представляя D в тоннах, L в метрах, ϵ и d в сантиметрах,

$$t_{cp}' = \frac{1\,000\,000 \cdot DL\epsilon}{2p\pi^2 R_1^2 d^2}. \quad (235)$$

Напряжение t_{cp}'' в заклепке при передаче M_{xp} определяется следующим образом:

Считая, что M_{xp} передается всеми заклепками одинаково, при передаче одной заклепкой усилия $\frac{\pi d^2}{4} \cdot t_{cp}''$ и общем количестве заклепок в половине накладки

$$N = \frac{2\pi R_1}{e} p, \quad (236)$$

получаем воспринимаемый заклепками крутящий момент:

$$M_{xp} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot t_{cp}'' R_1 \frac{2\pi R_1}{e} p, \quad (237)$$

откуда:

$$t_{cp}'' = \frac{2M_{xp}\epsilon}{\pi^2 d^2 p R_1^2} \quad (238)$$

и полное напряжение в заклепке

$$t_{cp} = t_{cp}' + t_{cp}''. \quad (239)$$

Если t_{cp} превышает допускаемое напряжение на срезание, то количество заклепок N в каждой половине накладке надлежащим образом увеличивают.

Продольные ребра жесткости рассчитывают: во-первых, на изгиб всего цилиндра, как однопролетной балки, свободно лежащей на опорах, во-вторых, на изгиб от давления воды, передаваемого обшивкой по диаметральной плоскости, проходящей через центры тяжести поперечных сечений ребер жесткости (в этом случае ребра рассматривают как неразрезные балки, покоящиеся на диафрагмах жесткости) и, в-третьих, на местный изгиб в плоскости перпендикулярной первой от разности распоров частей обшивки, расположенных по обе стороны каждого ребра.

Диафрагмы жесткости рассчитывают на сжатие и на изгиб от давления воды, передаваемого им в зависимости от конструкции вальца либо непосредственно обшивкой, либо посредством ребер жесткости. Их рассчитывают приближенно, как кольца однообразного сечения по всему их обводу, подвергающиеся действию нагрузки, возрастающей от верха кольца к его низу (фиг. 225) и направленной перпендикулярно к его диаметральной плоскости.

Напряжение от сжатия определяют по формуле:

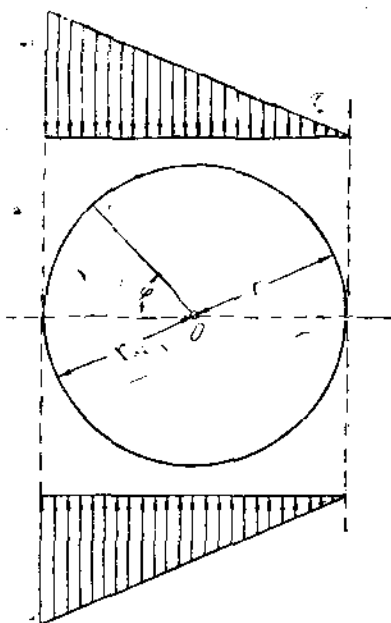
$$t_{сж} = \frac{N}{F}, \quad (240)$$

где N — сжимающее усилие $= \frac{2}{3} pr$,

здесь: p — нагрузка внизу кольца,

r — радиус осевой линии кольца,

F — площадь поперечного сечения кольца.



Фиг. 225.

Напряжение от изгиба определяют по формулам:

$$t_{нар} = \frac{M}{Fr_i} \cdot \frac{r_1 - r_0}{r - r_0}, \quad (241)$$

$$t_{вн} = \frac{M}{Fr_2} \cdot \frac{r_2 - r_0}{r - r_0}, \quad (242)$$

где: $t_{нар}$ и $t_{вн}$ — напряжения в наружных и соответственно — во внутренних волокнах кольца диафрагмы,

M — изгибающий момент относительно центра тяжести произвольно выбранного сечения кольца, считаемый положительным, если он вызывает растяжение во внутренних волокнах и сжатие в наружных. Его можно определить по формуле:

$$M = \frac{pr^2}{12} (3 + \cos \varphi) \sin^2 \varphi - \frac{pr^2}{8} - \frac{pr^2}{18\pi}. \quad (243)$$

M — принимает наибольшее значение при $\varphi = 0$, и равен:

$$-0,143pr^2. \quad (244)$$

r — радиус окружности центров тяжести поперечных сечений кольца,

r_0 — радиус окружности нейтральных волокон тех же сечений,

r_1 и r_2 — радиус окружности наружных и соответственно внутренних волокон тех же сечений.

Для простоты подсчетов при определении F поперечные сечения разлагают на ряд прямоугольников (фиг. 202), имеющих каждый ширину $ш_i$ и высоту $в_i$, тогда

$$F = \sum_1^n в_i ш_i \quad (245)$$

и

$$r_0 = \frac{F}{\sum_1^n ш_i \log \frac{p_{i+1}}{p_i}}, \quad (246)$$

где:

p_{i+1} — расстояние от оси цилиндра до $(i+1)$ -ого прямоугольника, а при отсутствии последнего — до конца i -ого прямоугольника,

p_i — расстояние от той же оси до i -ого прямоугольника.

Для расчета вальцов, подвергающихся со стороны одного бьефа большему или меньшему нагреву, чем со стороны другого, должны быть учтены напряжения, являющиеся следствием неодинакового нагрева.

Передняя часть вальца, как непосредственно соприкасающаяся с водой верхнего бьефа, деформируется менее, чем обращенная в сторону нижнего бьефа (фиг. 226). Это объясняется тем, что изменения температуры в воде происходят в меньших пределах, чем в воздухе, в результате чего части вальца, обращенные к нижнему бьефу, получают большие деформации их размеров, чем обращенные в сторону верхнего, и, действуя на последние, вызывают в них напряжения, пропорциональные разнице температуры Δt между обеими частями.

Эти напряжения могут быть определены выражением:

$$\frac{\pi^2}{16} Ek \Delta t, \quad (247)$$

где: E — модуль нормальной упругости металла,
 k — его коэффициент линейного расширения.

В вальцах, устроенных с передними щитами, эти напряжения благодаря упругости конструкции меньше, чем в вальцах, не имеющих щитов.

Вальцевые затворы применяют для закрытия отверстий водоспускных и водоподъемных плотин, поддерживающих односторонний подпор.

В настоящее время ими закрывают отверстия плотин пролетом до 45,0 м (плотина у Раанасфосс на р. Гломмен в Норвегии) и высотой до 9,0 м, считая от горизонта верхнего бьефа до флютбета.

Плотность закрытия ими отверстий вполне удовлетворительная.

Пропуск плавающего подвижного состава в закрываемых ими отверстиях достаточно удобен при соблюдении условий, указанных в § 27.

В отношении пропуска жидкого и твердого расходов и крупного регулирования качества их лишь немногим уступают плоским подъемным затворам. Мелкое регулирование вальцами вследствие медленности и трудности их подъема, особенно вручную, даже в том случае, когда они сделаны опускными, уступает регулированию плоскими подъемными и поворотными затворами.

Поддержание ими подпора в случае навалок на них льда и плавающих предметов, а также пропуск льда и плавающих предметов в нижний бьеф, вследствие большой жесткости вальцов, особенно когда они сделаны без передних щитов, могут быть осуществлены лучше, чем поворотными затворами.

Так как вальцевые затворы могут быть подняты над флютбетом, осмотр и мелкий ремонт могут быть выполнены с достаточным удобством, средний же и крупный ремонт, требующие удаления вальцов из отверстий, связаны с значительными затруднениями.

Стоимость вальцов вследствие значительного количества металла, необходимого для их изготовления, и сложности металлических работ, заключающихся главным образом в тщательном выгибании металла, затем вследствие необходимости устраивать пути качения, а также применять сильно нагруженные сложные приводы—превосходит стоимость затворов, описанных в предыдущих главах.

Влияние их на стоимость постоянных частей плотины более значительно, чем влияние плоских подъемных затворов. Причина этого заключается в том, что, помимо устройства надстроек на устоях и быках плотины, приходится тем и другим давать с боков размеры, достаточные для помещения путей качения, а флютбетам, вследствие нагрузки их весом вальцов, давать значительные размеры.

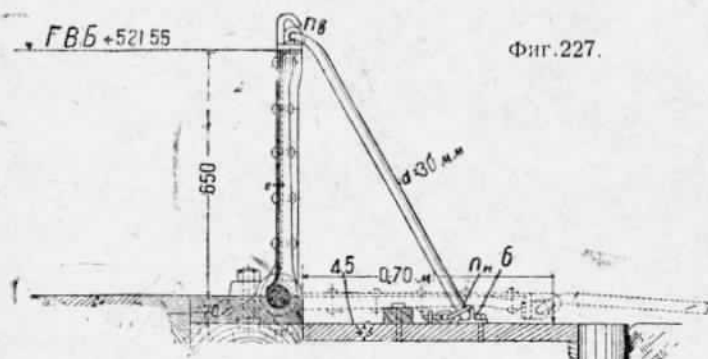
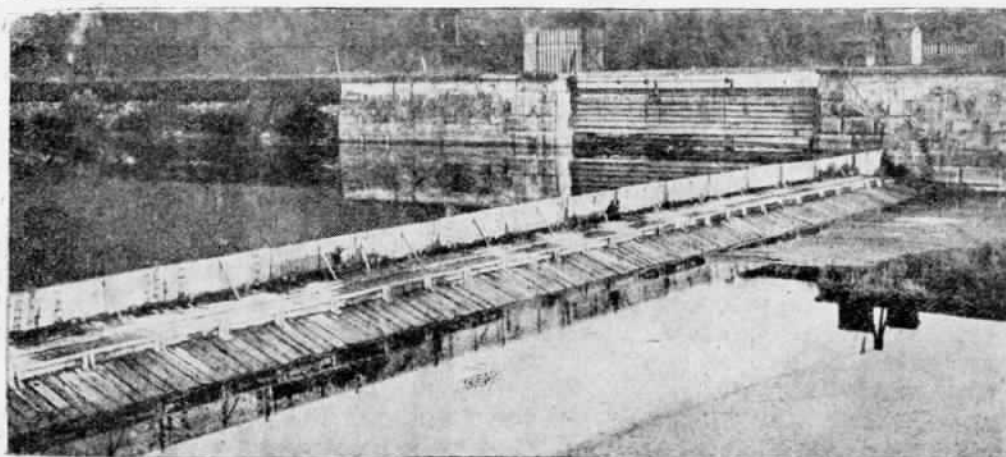
ЗАТВОРЫ, ПЕРЕДАЮЩИЕ ВНЕШНИЕ СИЛЫ НА ФЛЮТБЕТЫ (КОНСОЛЬНЫЕ)

ГЛАВА 9

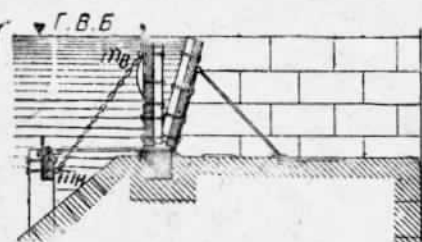
ЗАТВОРЫ, ПОВОРАЧИВАЕМЫЕ НА ОСЯХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ПЛОСКОСТИ ИХ ЩИТОВ

§ 43. Принцип устройства затворов. Типы затворов

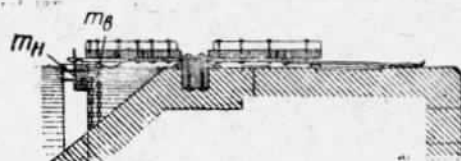
С поворотными затворами, передающими внешние силы на флютбет, мы встречались на стр. 85 и 101; они были сделаны с осями вращения, расположенными также на флютбете.



Фиг. 227.



Фиг. 228.



Фиг. 229

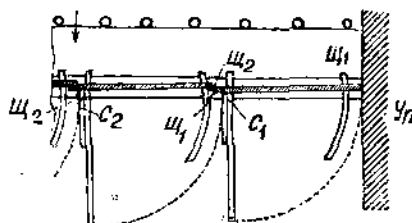
Если оси вращения затворов этого типа поместить в плоскость вододерживающих конструкций (щитов) и расположить на флютбете, то для зарытия ими отверстий плотинщиты необходимо поддерживать либо подкосами $п_п$ (фиг. 227 и 228—плотина у Цюриха на р. Зиль в Швейцарии), либо тяжами $т_т$ (фиг. 229—плотина у Сен-Сб-рена на р. Иль во Франции). Так как подкосы упираются на флютбет, а тяжи к нему же прикрепляют, то устроенные таким образом затворы пе-

редают внешние силы на флютбеты. Затворы этого типа относятся к старейшим типам затворов, известным в практике водоподпорных сооружений с XVIII столетия.

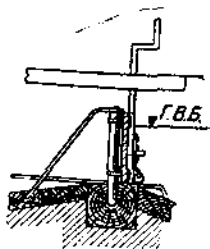
Подобно затворам, описанным в главе 5, их применяют как для постоянного закрытия отверстий, так и для временного.

Так как затворы связывают только с флютбетами плотин, то они могут быть уподоблены консольным балкам или консольным фермам, имеющим свободные концы на уровне горизонта верхнего бьефа, поэтому их иногда называют консольными.

Их верхние кромки располагают обычно на таком же уровне, как верхние кромки затворов, описанных в предыдущем отделе.



Фиг. 230.



Фиг. 231.

Так как каждый из затворов имеет незначительные размеры, то для закрытия отверстий плотин, превышающих длину одного затвора, их берут несколько, располагая по длине плотины один подле другого.

Для открытия отверстия их складывают на флютбет, наклоня при этом их верхние кромки либо в сторону нижнего бьефа (фиг. 227 и 228), либо в сторону верхнего (фиг. 229).

Затворы могут быть сделаны также вращающимися на вертикальных осях, которые располагают в плоскости их щитов или вблизи щитов (фиг. 230 и 231—плотина у Лимате на р. Ламбро в Италии).

Затворы описываемого типа делают из дерева, металла или из того и другого вместе (смешанной конструкции).

§ 44. Затворы с деревянными щитами, вращаемые на горизонтальных осях

Затворы с деревянными щитами образуют из досчатых или из брусчатых щитов, которые поддерживают подкосами, сделанными из брусьев или из металлических штанг.

Затворы с брусчатыми щитами пока имеют небольшое распространение. Примером затворов этого типа могут служить оригинальные по устройству затворы (фиг. 232) плотины у Штейнена на р. Визе в Бадене. Они сделаны в нижней части из четырех рядов брусьев, опирающихся на стойки *ос*, подперты в точке *с* подкосами *со*, а в верхней части из одного ряда брусьев *б*, прикрепленных к тем же подкосам.

Если вода верхнего бьефа достигает верхней кромки верхнего ряда, последний вместе с подкосом падает на флютбет, тогда нижние ряды лишаются опоры и также опускаются на флютбет. Установку затворов производят вручную.



Фиг. 232.

Для более сложных типов затворов щиты делают из нескольких рядов досок, соединенных вертикальными схватками, шпонками и прирубками. Щиты этого типа применяли сначала для закрытия только тех отверстий, в которых, после протекания в них воды, она стекала с флютбета, благодаря чему затворы могли быть поставлены

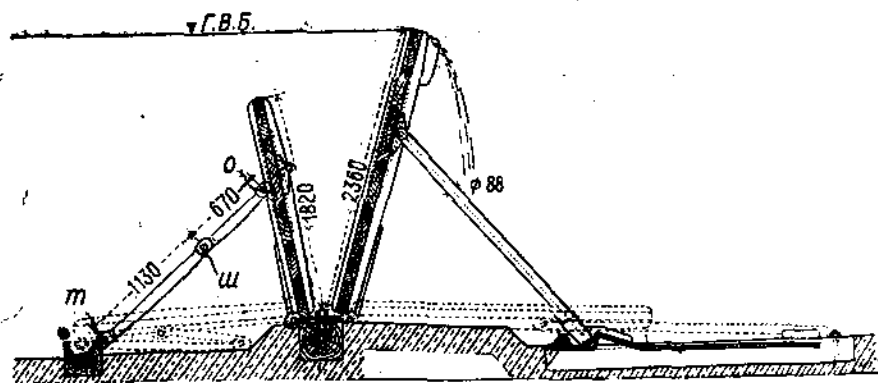
снова вручную. Это обстоятельство естественно ограничивало сферу их применения.

Более совершенные затворы, позволившие устанавливать их, почти невзирая на наличие воды на флютбете, были предложены в начале прошлого столетия инж. Тенаром и впервые были осуществлены в 1829 г. на р. Ильво Франции.

Усовершенствование их заключалось в устройстве перед главными затворами второго ряда затворов, называемых вспомогательными (фиг. 229). Вспомогательные затворы удерживают в опущенном положении щеколдами, а в поднятом—цепями (фиг. 229) или тягами *от* (фиг. 233—полушлюз Миднапорского канала у Косии в Британской Индии) с шарнирами *ш*.

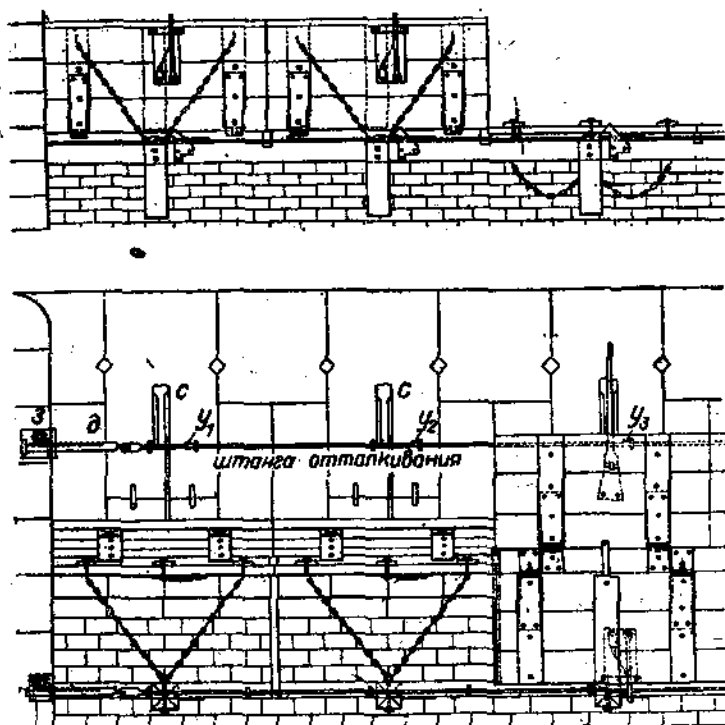
Так как щиты затворов в поднятом положении поддерживают подкосами, то, когда приходится укладывать их на флютбет, подкосы сталкивают с упоров

при помощи горизонтальных штанг (фиг. 234—плотина у Сен-Сорена), называемых штангами отталкивания. Эти штанги делают с несколькими упорами $y_1, y_2, \dots$, расположенными примерно против подкосов, поддерживающих щиты. Назначение упоров заключается в столкновении подкосов в передопускаемом



Фиг. 233.

затворов. Штанги приводят в движение ручной лебедкой, установленной на устье или на быке; с лебедкой их сцепляют зубчатой передачей z , снизу же поддерживают роками, а с боков—направляющими полосами.



Фиг. 234.

Установку главных затворов производят следующим образом: сначала отцепляют щеколды вспомогательных затворов, для этой цели пользуются другой штангой одинакового типа с первой и приводят в движение таким же образом, как и первую.

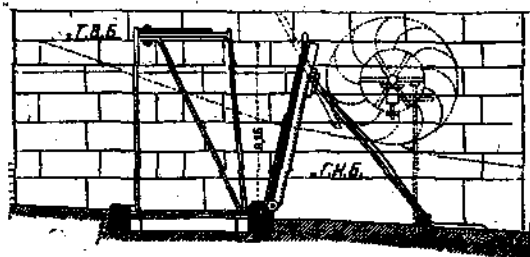
После отцепления щеколд вспомогательные затворы под напором воды поворачиваются по течению и закрывают отверстие. Затем, когда вода стечет с флютбета, под их защитой поднимают вручную главные затворы.

Подкосы главных щитов системы Тенара делают из брускового железа и упирают в прикрепленные к флютбету чугунные башмаки C, C или коробки с направляющими канелюрами.

Затворами системы Тенара закрывают от верстия длиной до 50 м, но высотой не более 2,5 м, и, так как через прозоры между их щитами, обычно ничем непрекрывающимися, может протекать вода, то их применяют лишь в тех случаях, когда от затвора не требуется большой водонепроницаемости.

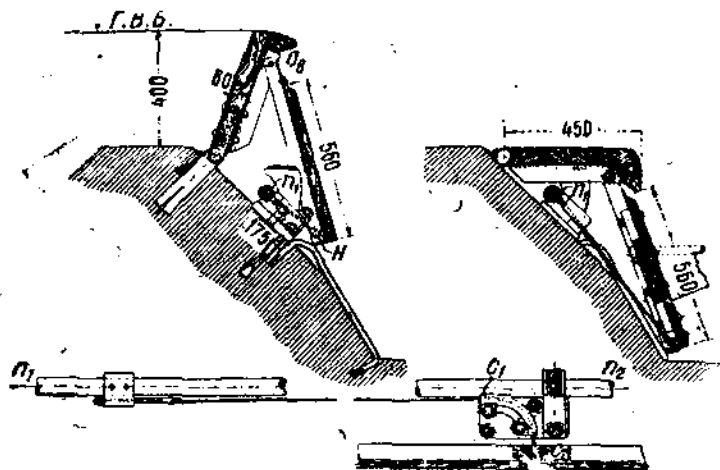
Более совершенные затворы были предложены инж. Шаноаном и осуществлены им в 1850 г. для закрытия плотины у Курбетона на р. Сене.

Затворы этой плотины были сделаны аналогично затворам инж. Тенара, построенным в Индии, но с той разницей, что установку щитов производили лебедкой, передвигаемой по служебному мостику, уложенному по фермам трапециевидного очертания (фиг. 235). Для стягивания подкосов с упоров штанги приводили в движение вододействующим колесом, установленным на одном из устоев.



Фиг. 235

В последнее время, по предложению инж. Бециера, поворотные затворы были сделаны особого типа, состоящего в том, что щиты с противонапорной стороны стали поддерживать створками o, n (фиг. 236), которые используют для защиты приводов затворов от повреждений протекающей водой. Затворы этого типа по сходству с очертанием крыш домов были названы крышевидными. Обе створки этих затворов сделали из досок, припавозанных в четверти.



Фиг. 236.

Подъем затворов этого типа производят посредством штанг, связанных тросами с поддерживающими щитами. Тросы направляют во время их движения посредством коротких сегментов $c_1 c_2$.

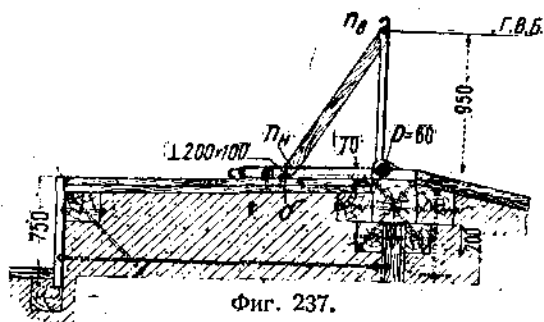
Для приведения в движение штанг применяют ручные приводы с червячной передачей. Во время опускания затворов штанги тормозят поршнями $n_1 n_2$, двигающимися в цилиндрах наполненных водой.

§ 45. Затворы с металлическими щитами, вращаемые на горизонтальных осях

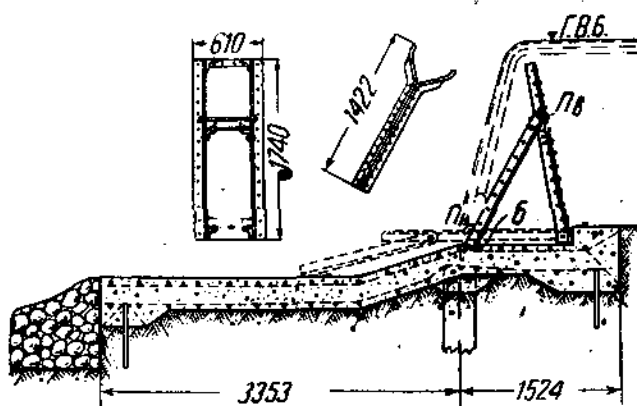
Затворы с железными щитами простейшего типа применяют главным образом в Швейцарии для закрытия плотин, построенных для использования водной энергии малых рек и поддерживающих небольшие подпоры (не выше 0,65 м).

Их образуют из плоских однополотных щитов (фиг. 237—плотина у Шёнберга на р. Туре), к которым снизу прикрепляют осевые валки, вращающиеся в подшипниках, приболченных к флютбету, а сверху—крюки, служащие для захвата щитов при подъеме.

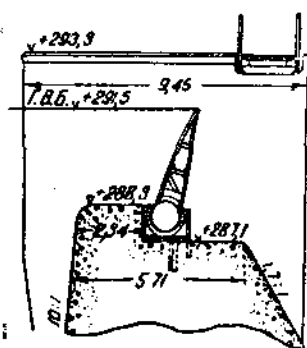
Со стороны нижнего бьефа их поддерживают деревянными (фиг. 237) или железными (фиг. 238—плотина у Денвера нар. Платте в Колорадо США) подкосами π , π_1 , упираемыми в башмаки δ , прикрепленные к флютбету. Перед укладкой затворов подкосы сдвигают с упорных поверхностей башмаков посредством цепей, управляемых лебедками, установленными на устоях или на быках. Подъем затворов делают посредством лебедок, установленных либо на понтонах, плавающих в верхнем бьефе, либо на служебных мостах, перекинутых через отверстия плотины.



Затворы этого типа иногда устраивают и без поддерживающих частей (фиг. 239—плотина у Боберулерсдорфа на р. Бобре), тогда их делают по типу откидных клапанов, описанных в главе 7 (срав. фиг. 173).



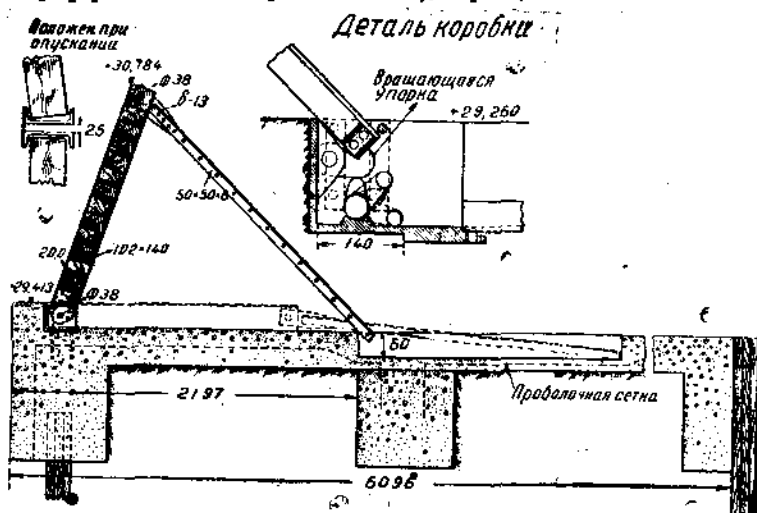
Фиг. 238.



Фиг. 239.

§ 46. Затворы со щитами смешанной конструкции, вращаемые на горизонтальных осях. Затворы смешанной конструкции

Щиты смешанной конструкции образуют из досок или из брусьев (фиг. 240—плотина нар. Хуэрфано в Колорадо США), прикрепленных к металлическому



Фиг. 240.

остову, который делают по типу, описанному в главе 5, преимущественно с ригельным заполнением, и поддерживают металлическими подкосами, освобождаемыми для укладки затворов штангами отталкивания.

Освобождение штанг затвора, показанного на фиг. 240, сделано автоматически благодаря опусканию поплавков (фиг. 241), плавающих в верхнем бьефе. Штанги находятся в кинематической связи с поплавками посредством системы рычагов.

Затворы, для устройства щитов и поддерживающих частей которых применены одновременно дерево и металл, иногда делают по типу, показанному на фиг. 236.

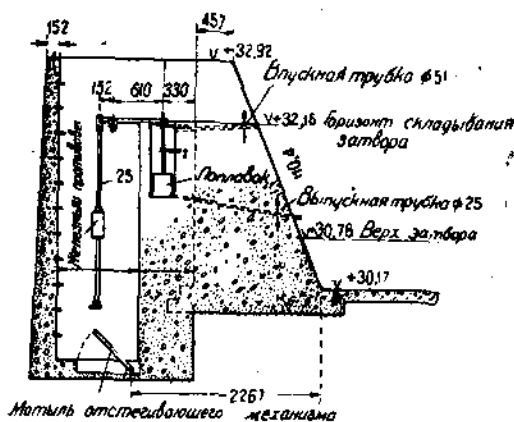
§ 47. Затворы, вращаемые на вертикальных осях

Затворы, вращаемые на вертикальных осях, имеют пока небольшое распространение.

Примером их могут служить затвор плотины у Лиммата (фиг. 230 и 231). Затвор сделан из деревянных щитов $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \dots$ (фиг. 230), длиной каждый 3 м, высотой 0,6 м, которые опираются на вертикальные стойки $c_1, c_2, c_3, \dots$, прикрепленные к деревянному флюгбету. Щиты устроены с выпусками $\omega_1, c_1, \omega_2, c_2, \omega_3, c_3, \dots$, направленными в сторону соседних щитов. На эти выпуски опираются соседние щиты; щит же, расположенный у устья Y_n , удерживается на устье крюком, поворачиваемым на вертикальной оси.

После отстегиwania крюка щиты поворачиваются в сторону нижнего бьефа и раскрывают пролет; но, оставаясь в пролете, они естественно стесняют отверстие, препятствуя пропуску жидкого и твердого расходов. Отстегивание крюка происходит автоматически посредством поплавка, плавающего в колоде, устроенном в устье; колодец находится в сообщении с верхним бьефом.

Затворы этого типа, прилегая щитами к устоям, передают часть приходящегося на них давления воды также и этим последним, поэтому они относят к затворам, передающим давление кроме флюгбетов также на устои и быки плотин.



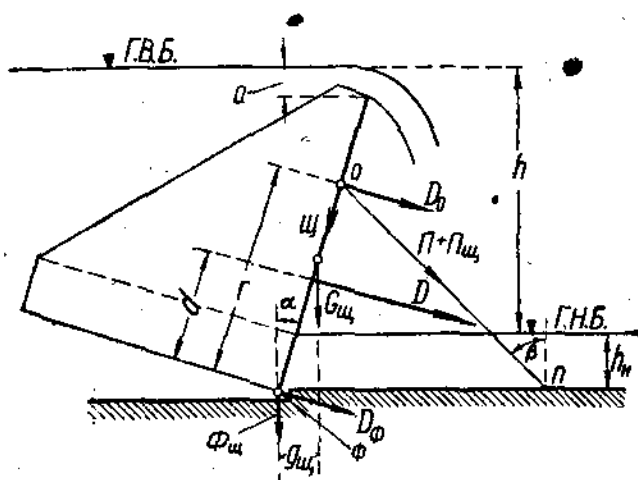
Фиг. 241.

§ 48. Основания расчета затворов

Обозначая через:

b — длину затвора,

h — наибольший напор воды на него (фиг. 242),



Фиг. 242.

α — угол наклона щита к вертикали,

h_n — высоту горизонта воды в нижнем бьефе над порогом,

a — возвышение горизонта верхнего бьефа над верхней кромкой затвора,

γ_0 — см. 61 стр.

давление воды D на щит выражают формулой:

$$D = b \left(h h_n + \frac{h^2}{2} - \frac{a^2}{2} \right) \sec \alpha. \quad (248)$$

Это давление может быть разложено на составляющие: D_0 , действующую в точке o и вызывающую деформации в щите и в подкосе, и D_{ϕ} , действующую на ось вращения щита.

Первая составляющая выражается формулой:

$$D_0 = \frac{D d}{r}, \quad (249)$$

где: d — расстояние точки приложения давления D до оси вращения щита,

r — расстояние точки прикрепления подкоса до той же оси, и вторая — формулой:

$$D_{\phi} = G - D_0. \quad (250)$$

Разлагая D_0 по шиту и по подкосу, получают усилия:

$$\Pi = \frac{D_0 d}{r \tan(\alpha + \beta)} \quad (251)$$

Растягивающее щит и сжимающее подкос

$$P = \frac{D_0 d}{r \sin(\alpha + \beta)}, \quad (252)$$

где β — угол наклона подкоса к вертикали.

Обозначая вес затвора через $G_{щ}$ и плечо веса относительно оси вращения через $g_{щ}$, получают усилия:

сжимающее подкос

$$P_{щ} = \frac{G_{щ} g_{щ}}{r \sin(\alpha + \beta)} \quad (253)$$

и сжимающее щит и передающееся на его ось вращения

$$\Pi_{\phi} = \frac{G_{щ} g_{щ} \sin \beta}{r \sin \alpha \sin(\alpha + \beta)} \quad (254)$$

и усилие, передающееся непосредственно на ось вращения щита

$$\Phi_{щ} = G_{щ} - \frac{G_{щ} g_{щ}}{r \sin \alpha}. \quad (255)$$

Аналогично определяют усилия в щитах и в подкосах от собственного веса подкосов, но ввиду их малости ими обычно пренебрегают.

Если щиты поставлены вертикально, то в предыдущих формулах α должен быть принят $= 0$. Если щиты удерживают тяжами, то Π и P от давления воды меняют направления на обратные.

Расчет частей металлических щитов и щитов смешанной конструкции производят аналогично расчету частей плоских затворов, но с той разницей, что концевые стойки ригельных остовов и концевые и главные стойки стоечных рассчитывают на усилия Π , а рамные ригели, против которых расположены подкосы и тяжи, рассчитывают на изгиб, характер которого зависит от расположения подкосов или тяжей.

§ 49. Сфера применения поворотных затворов и их качества

Поворотные затворы применяют для закрытия отверстий водоподъемных плотин и редко водоспускных, поддерживающих односторонний подпор. Вследствие примитивности их устройства они имеют небольшое распространение.

Ими можно закрывать пролеты плотин значительной длины, но малой высоты, которая ограничивается примерно 1,5 м и как исключение 2 м. Соответственно с этим, поддерживаемые ими подпоры могут быть также весьма незначительными.

Плотность закрытия ими отверстий невысокая.

Когда они сложены на флютбет, порог которого заложен достаточно низко, пропуск плавающего подвижного состава, а также жидкого и твердого расходов достаточно свободен, затворы же с вертикальными осями пропуск стесняют.

Открытие отверстий плотин для крупного регулирования может быть сделано ими достаточно быстро, но закрытие требует значительного времени.

Мелкое регулирование верхнего бьефа может быть осуществлено лишь при помощи укладки отдельных щитов, но не при помощи их частичного поворота.

Поддержание напора воды во время навалки льда и плавающих предметов невозможно.

Осмотр, ремонт и замена затворов возможны с достаточным удобством лишь тогда, когда они расположены на флютбетах, периодически освобождающихся от воды.

Отсутствие взаимной связи между затворами, вращающимися на горизонтальных осях, позволяет в случае аварий с одним из них пользоваться другими, оставшимися неповрежденными. Этого качества не имеют затворы системы Те-

нара, так как связь между его затворами осуществляется посредством штанг отталкивания, и в случае аварии с одним из затворов другими можно пользоваться лишь тогда, когда штанги отталкивания не повреждены. Затворы, вращающиеся на вертикальных осях, этим качеством не обладают.

Вследствие простоты конструкции и отсутствия необходимости применять сложные механические приспособления для подъема и укладки затворов, стоимость их по сравнению с другими типами затворов весьма невысока.

ГЛАВА 10

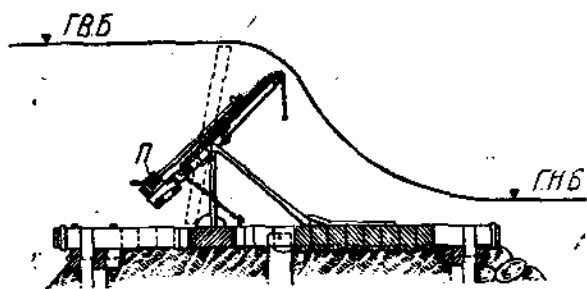
ЗАТВОРЫ СО ЩИТАМИ, ВРАЩАЕМЫЕ НА ДВУХ И БОЛЕЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОСЯХ

§ 50. Принцип устройства затворов. Типы

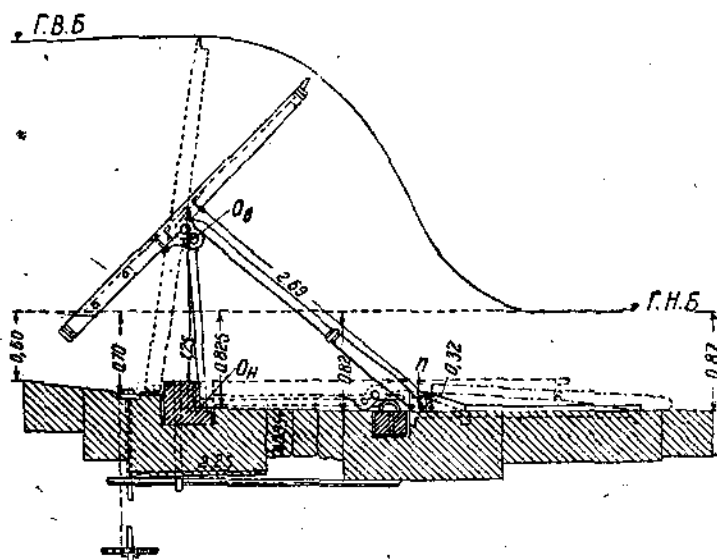
Затворы, описанные в предыдущей главе, позволяют преодолевать незначительные подпоры и осуществлять мелкое регулирование воды верхнего бьефа с большими неудобствами. Чтобы избежать этих неудобств, затворам дают иное устройство: оси вращения их располагают в плоскости их щитов или очень близко от нее, на высоте над флютбетом, равной примерно от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ высоты щитов (фиг. 243 — плотины на верхнем участке р. Сены, и фиг. 244 — плотина № 36 на р. Огайо в США).

При таком расположении осей отпадает необходимость устраивать какие бы то ни было механические приспособления для поворота щитов перед открытием плотины, так как по мере повышения горизонта воды в верхнем бьефе, равнодействующая давления D (фиг. 245) воды на щиты, поднимаясь над осями вращения O , щитов, сначала наклоняет верхние кромки щитов в сторону нижнего бьефа, а затем опрокидывает щиты, вследствие чего отверстие открывается. Если нижние части щитов сделаны тяжелее верхних, то после прохода паводка через отверстие плотины и снижения горизонта верхнего бьефа, щиты сами собой поворачиваются обратно и закрывают отверстие.

Если оси вращения o , расположены очень близко к трети высоты щитов (фиг. 245) над флютбетом, то достаточно небольшого повышения горизонта воды над верхней кромкой щитов, чтобы они опрокинулись. Если же оси

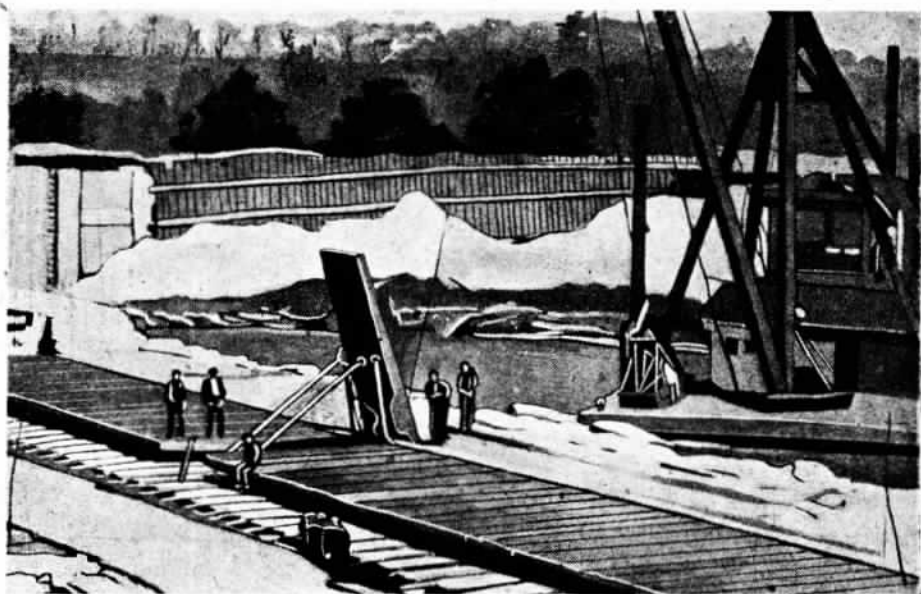


ФИГ. 243-а.



Фиг. 243-б.

вращения расположены вблизи половины высоты, то поворот щитов возможен только при исключительно большом повышении горизонта воды. Чем ближе оси вращения o_a расположены к $1/3$ высоты, тем большей чувствительностью к опрокидыванию обладают щиты.



Фиг. 244.

Затворы с большой чувствительностью мало удобны для плавания в бьефах, так как вследствие чрезмерно быстрого открытия отверстий плотин могут происходить снижения глубин воды в бьефах и неблагоприятные для плавающего подвижного состава течения.

Так как в повернутом положении затворы стесняют пропуск в отверстиях плотин воды, льда и плавающих предметов, то, в случае надобности полно-

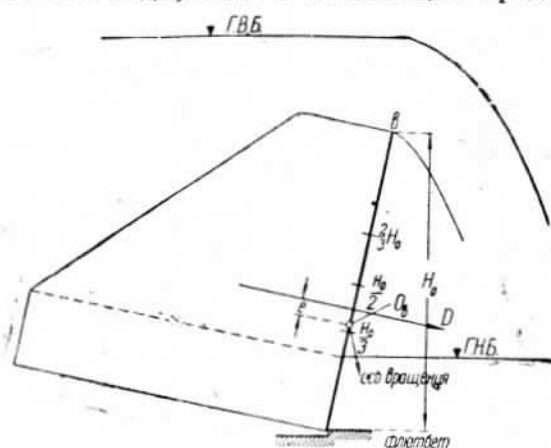
стью открыть отверстия, затворы должны быть сложены на флютбет. Для этой цели их оси вращения o_a (фиг. 243-б) делают в свою очередь вращающимися на горизонтальных осях o_n , которые располагают на флютбете. Вторые оси в отличие от первых, называемых верхними, называют нижними.

В каждом щите обе оси соединяют между собой либо посредством тяжелой $o_a o_n$ (фиг. 246—плотина у Лос-Каньоса на р. Гуазо на остр. Куба), либо посредством наклонных рям $o_a o_n$ (фиг. 243-б). Первые располагают впереди щитов, а вторые—позади их.

В зависимости от расположения поддерживающих щиты частей разли-

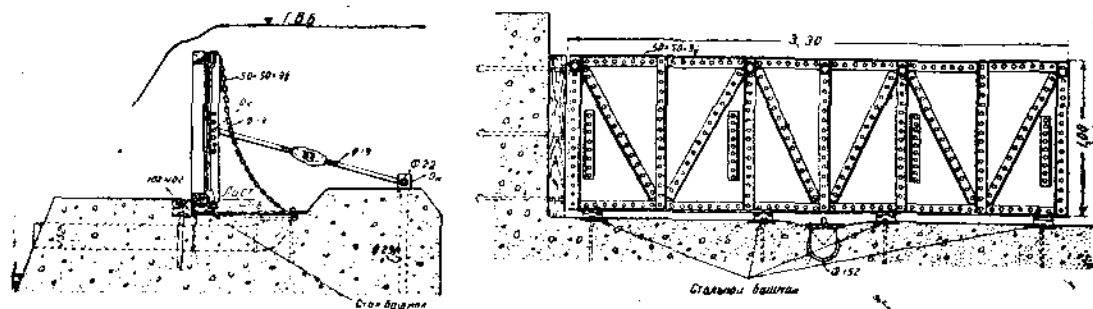
чают два типа затворов: первый—затворы со щитами, поддерживаемыми со стороны верхнего бьефа, называемые по имени их изобретателя затворами системы инж. Фуракра и второй—затворы со щитами поддерживаемыми со стороны нижнего, называемые затворами системы инж. Бебу, Гейнинга или Шанонана.

Затворы первого типа в отношении их опускания и подъема весьма отличаются от затворов, показанных на фиг. 243 и 244. Это отличие состоит в том, что при пропуске через отверстия плотин воды затворы, поворачиваясь отно-



Фиг. 245.

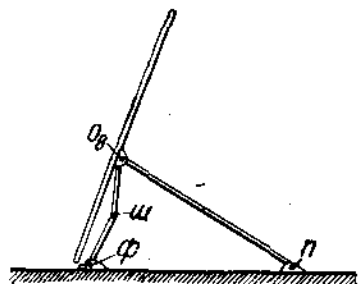
сительно верхней оси o_v (фиг. 246), поворачиваются одновременно и относительно нижней o_n . Благодаря такому устройству они приближаются в отношении регулирования верхнего бьефа к затворам, описанным в предыдущей главе.



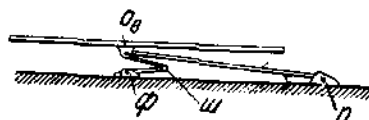
Фиг. 246.

Затворы второго типа разделяются на две разновидности: затвор первой разновидности так же, как и затвор первого типа, поворачивается одновременно относительно обеих осей (фиг. 247 и 248 — затвор Бебу и фиг. 249 — затвор Гейнинга, последний аналогичен по устройству затвору, показанному на фиг. 150), затвор же второй разновидности (фиг. 243 и 244) поворачивается либо сначала относительно верхней оси, а потом относительно нижней, либо одновременно относительно обеих осей (системы Шаноана, Паско и Обэра).

Для удержания щитов затворов первой разновидности в поднятом положении одной



Фиг. 247.



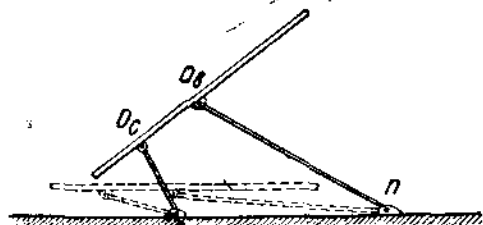
Фиг. 248.

связи между осями посредством подкосных штанг o_v, n (фиг. 247, 248 и 249) недостаточно, и необходимо иметь еще наклонные рамы $o_v, ф$ (фиг. 247 и 248) или $o_v, ф$ (фиг. 249).

Рамы затворов Бебу (фиг. 247 и 248) устраивают из двух частей: верхней $o_v, ш$ и нижней $ш, ф$, соединенных одна с другой горизонтальным шарниром $ш$, вокруг которого обе части могут поворачиваться. Нижнюю часть прикрепляют нижней оконечностью к флютбету, и во время укладывания затвора, поворачивая верхнюю кромкой в сторону нижнего бьефа, укладывают также на флютбет, верхняя часть рамы в это время поворачивается в обратную сторону и укладывается на нижнюю, а поверх верхней части укладывается щит.

Рамы $o_v, ф$ (фиг. 249) затворов Гейнинга устраивают каждую из o_v ной части, прикрепляя нижнюю оконечность ее $ф$ шарнирно к флютбету, а верхнюю o_v к щиту несколько ниже его верхней оси вращения o_v . Благодаря такому прикреплению затвор во время укладывания на флютбет поворачивается одновременно относительно четырех горизонтальных осей.

Для затвора системы Шаноана связи между осями, осуществляемой в виде наклонных рам o_v, o_n (фиг. 243-6), также недостаточно, чтобы удержать щит затвора



Фиг. 249.

в повернутом положении, и необходимо иметь еще подкос o, n , связанный со щитом шарнирно около верхних осей o , и опираемый нижней оконечностью n на флютбет.

Так как затворы описанных типов опираются только на флютбет и передают ему все действующие на них внешние силы, то они подобно затворам, описанным в предыдущей главе, могут быть названы также консольными.

Верхние кромки затворов располагают на таком же уровне, на каком верхние кромки затворов, описанных в предыдущих главах.

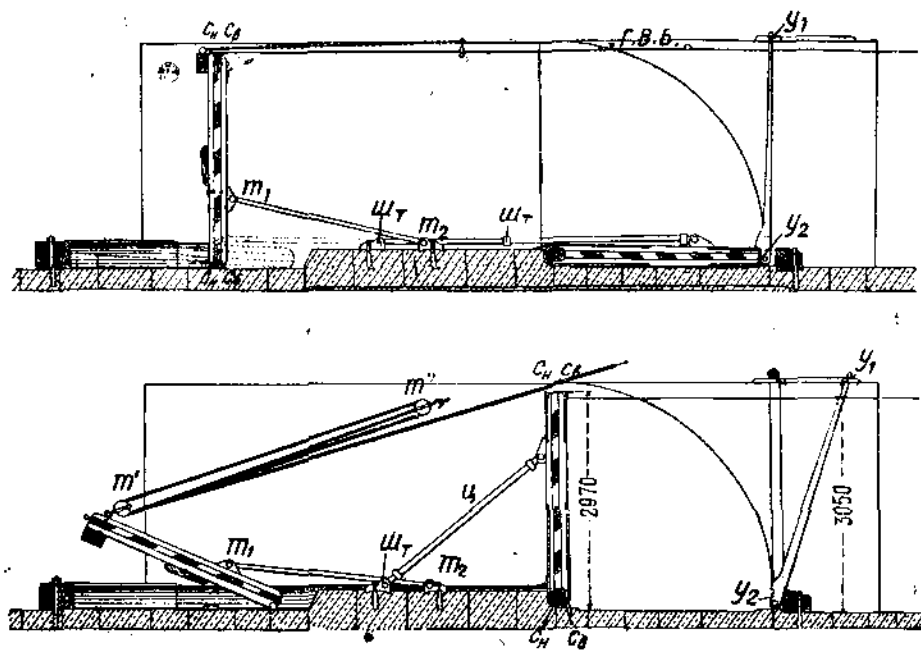
Так как ширина их бывает обычно меньше пролета отверстия плотины, то их берут несколько, располагая по длине отверстия подобно затворам, описанным в предыдущей главе, один рядом с другим, с прозорами от 5 до

10 см. Для лучшей водонепроницаемости закрытия отверстия плотины прозоры закрывают либо досками (фиг. 250), либо деревянными спицами, поставленными так, как показано на фиг. 68. Так как затворы не связаны взаимно ничем, то для регулирования горизонта воды верхнего бьефа отдельные затворы можно опускать на флютбет, не трогая при этом других.

Затворы описываемых типов делают из металла или из металла и дерева вместе

§ 51. Затворы со щитами, поддерживаемыми со стороны верхнего бьефа

Затворы инж. Фуракра, со щитами, поддерживаемыми со стороны верхнего бьефа при помощи тяг и вращаемыми на одной оси, применяются большей частью как вспомогательные затворы перед затворами системы Тенара (фиг. 229, 233 и 234)



Фиг. 251.

Если затворы Фуракра применяют как главные (фиг. 246), то перед ними, подобно тому, как сделано для затворов Тенара, устраивают и вспомогательные (фиг. 251 — заграждение на Зонском канале в Бенгалии, Британской Индии).

Щиты затворов инж. Фуракра делают из дерева, либо из металла. Укладывая на флютбет, их поддерживают тягами m_1, m_2 , при этом они скользят нижними кромками по флютбету. Подъем их производят лебедками, на которые навивают прикрепленные к щитам канаты, снабженные таями m', m'' . Лебедки устанавливают на верхних площадках устоев и быков.

Отличие вспомогательных щитов, устраиваемых перед затворами этого типа, от вспомогательных щитов устраиваемых перед затворами Тенара—состоит в следующем: во-первых, вместо щеколд и штанг отталкивания, оказавшихся на практике неудобными, с одной стороны; вследствие порчи от ржавления, а

сдругой—вследствие небольшой сферы их действия, применяют рычажные удержатели y_1y_2 ; во-вторых, со стороны нижнего бьефа щиты снабжают торговыми штангами $ш_m ш_m$, устроенными в виде поршней, движущихся в цилиндрах $ц$, наполненных водой. Так как такая конструкция позволяет устанавливать затворы вне зависимости от горизонта воды на флютбете, то оказывается возможным устанавливать затворы скорее, чем устанавливают затворы Тенара.

§ 52. Затворы со щитами, поддерживаемыми со стороны нижнего бьефа и вращаемыми на трех и более осях

Затворы системы Бебу были применены впервые в 1914 г. для закрытия плотины № 18 на р. Огайо и затем для закрытия плотин № 22 и 52, а системы Гейнингга—для плотины № 30 на той же реке.

Опускание их производится либо посредством давления воды верхнего бьефа после того, когда вода поднялась на достаточную высоту над верхними кромками затворов, либо посредством сталкивания верхних частей щитов баграми, которыми действуют рабочие, стоящие на маневровых понтонах, плавающих в верхнем бьефе. Подъем затворов производят посредством деррикового крана, сделанного по типу, подобному показанному на фиг. 244. Его устанавливают на том же понтоне и пользуются им для навивания канатов, прикрепленных к верхним частям щитов. Понтон перед подъемом затворов опирают на ранее поставленные затворы.

Несмотря на наличие в этих затворах ряда мелких и мало жестких конструкций, пока они оправдали себя на практике в достаточной степени.

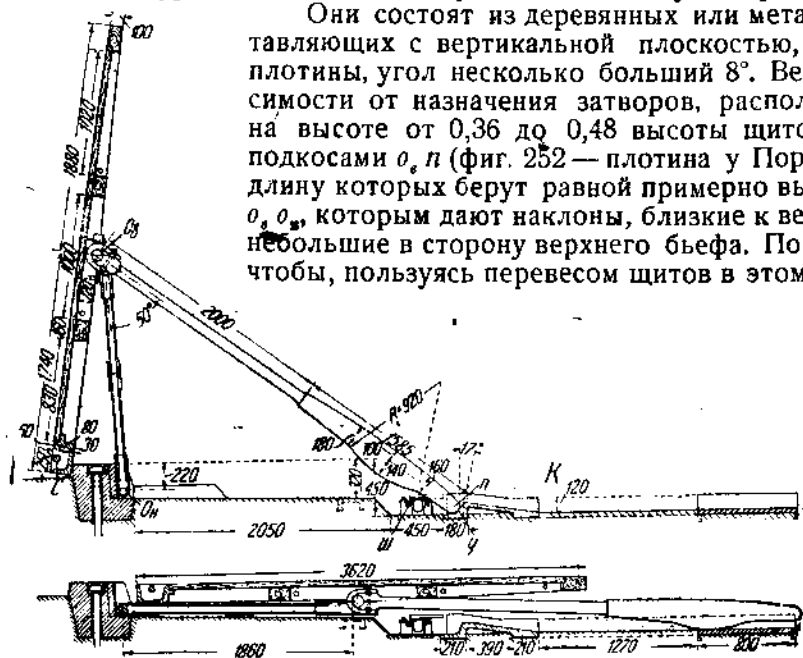
§ 53. Затворы со щитами, поддерживаемыми со стороны нижнего бьефа, вращаемые на двух осях

А. Затворы первоначальных типов

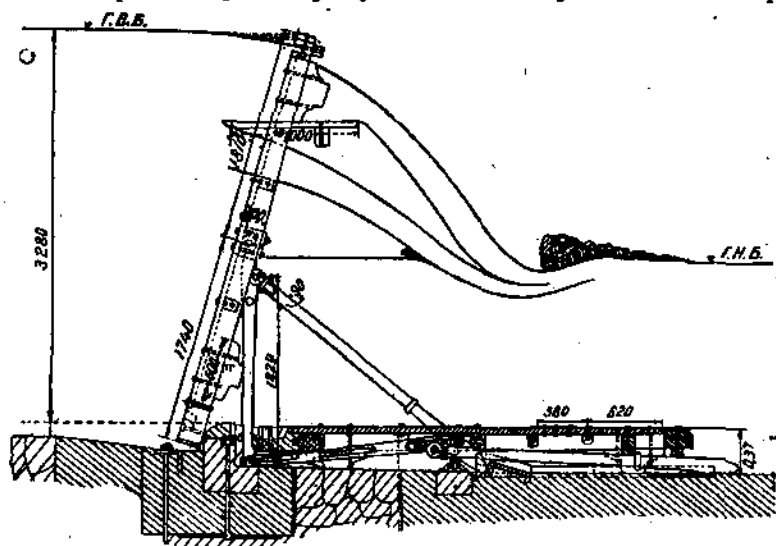
Затворы этих типов были применены впервые по предложению инж. Шаноана и Карро в 1857 г. для закрытия плотины у Конфлана на р. Сене.

Они состоят из деревянных или металлических щитов, составляющих с вертикальной плоскостью, параллельной длине плотины, угол несколько больший 8° . Верхние оси их, в зависимости от назначения затворов, располагают над флютбетом на высоте от 0,36 до 0,48 высоты щитов. Их поддерживают подкосами $о, л$ (фиг. 252—плотина у Порт-а-Лангле на р. Сене), длину которых берут равной примерно высоте щитов, и рамами $о, о_1$, которым дают наклоны, близкие к вертикальным, и реже—небольшие в сторону верхнего бьефа. Последние дают для того чтобы, пользуясь перевесом щитов в этом направлении, обеспечить вхождение подкосов $о, л$ в их упоры.

Поддерживая подпор, щиты прижимаются с одной стороны к верхним осям вращения и передают им большую часть приходящегося на них давления воды, а с другой—прижимаются к флютбету и передают ему меньшую часть того же давления.



Во время укладки затворов на флютбет затворы поворачиваются вокруг нижних осей o_n (фиг. 252) вместе с наклонными рамами; при этом напор воды сдвигает их подкосы по флютбету в сторону нижнего бьефа. Так как во время поддер-



Фиг. 253.

жания затворами подпора подкосы o, n упираются в упоры n_n , устроенные в металлических коробках K (фиг. 254), прикрепленных закладными болтами к флютбету, то для укладки затворов на флютбет достаточно столкнуть подкосы с их упоров.

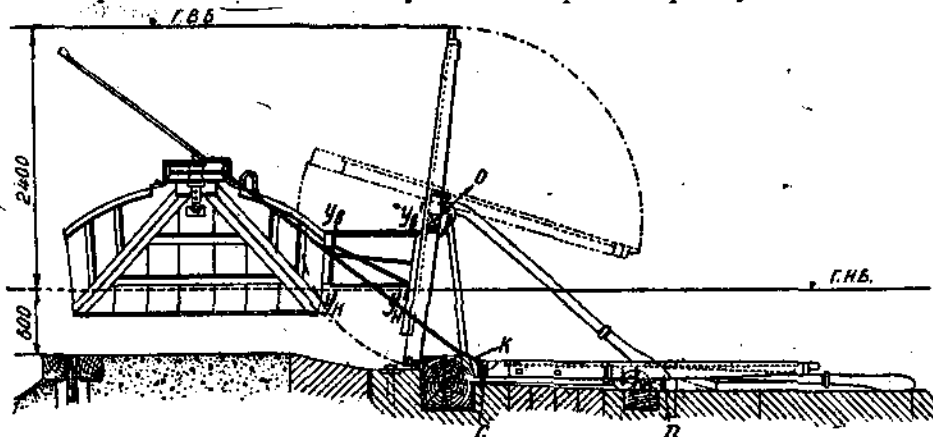


Фиг. 254.

Сталкивание подкосов производят такими же штангами отталкивания $ш$ (фиг. 252), какие устраивают для опускания затворов Тенара (см фиг. 234).

Для направления дальнейшего хода нижних оконечностей подкосов в коробках сделаны канелюры $КН$, скользят по которым, подкосы при окончании опускания затворов приходят в горизонтальное положение. В такое же

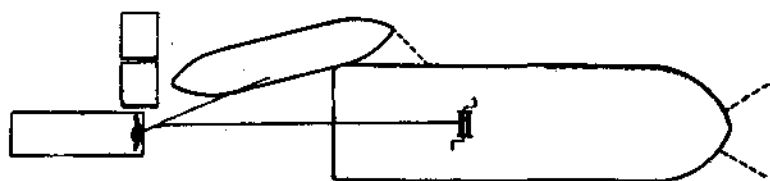
положение приходят и наклонные рамы, поверх которых укладываются щиты.



Фиг. 255.

Подъем уложенных затворов делают при помощи багров с крюками $к$ (фиг. 255), которыми зацепляют за скобы $с$ (фиг. 255), прикрепленные внизу щитов, и тянут щиты в сторону верхнего бьефа до тех пор, пока подкосы o, n не заходят за упоры n .

Эту операцию для подъема затворов более старых типов делают с понтонов, плавающих в верхнем бьефе. Понтоны, сопровождаемые маневровыми лодками, удерживают либо на якорях (фиг. 256), либо на ранее поднятых затворах (фиг. 257). Первый способ применяют в тех случаях, когда нет уверенности в том, что все затворы действительно будут подняты. Для передачи давления от понтона на затворы по второму способу в зоне ниже их осей вращения к борту понтона прикрепляют особые упорные конструкции y, y', y_n, y_n' (фиг. 255).



Фиг. 256.

Для подъема небольших затворов пользуются лебедками, а для подъема крупных—легкими кранами, в САСШ например—деррикового типа (фиг. 244), которые для подъема тяжелых затворов более удобны, чем лебедки, так как вследствие большого угла наклона подъемных цепей к горизонту ими можно поднимать затворы с затратой меньшего усилия, чем лебедками.

Ширину щитов обычно берут в пределах от 1,0 до 1,4 м; большую—для плотин, оборудованных мощными тяговыми приспособлениями, и меньшую—для плотин простейшего типа.

Из опыта эксплуатации затворов старых типов выяснилось, что все маневры с затворами связаны с весьма продолжительными и затруднительными операциями, нередко рискованными для персонала, выполняющего их, а также влекут за собой повреждения плотин.

Это происходит по следующим причинам.

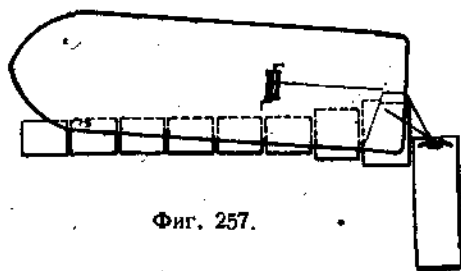
Первая операция для подъема затворов состоит в захвате щитов за нижние скобы посредством крюков. Захват этот почти всегда бывает труден, так как под влиянием течения крюки отклоняются от надлежащего направления.

Во время дальнейшего движения щита происходят удары его в пороги плотин. Если же щит нижней своей кромкой перешел через порог, то во время скольжения его по порогу нередко происходят неожиданные задержки, вследствие чего приходится развивать чрезмерное тяговое усилие. После преодоления препятствия тяговое усилие иногда мгновенно уменьшается, понтон откидывается назад, маневровые лодки отрываются от него и сбрасываются в нижний бьеф.

После окончания подъема затвора нет уверенности, что подкос $ол$ (фиг. 243) принял надлежащее положение, так как мерилom положения затвора может быть только натяжение тяговой цепи. Полагая, что натяжение недостаточно, особенно в тех случаях, когда флютбет покрыт наносами или когда под действием течения воды подкос поднялся, рабочие часто переводят подкос через упор $л$ коробки (фиг. 243 и 252) и развивают чрезмерные тяговые усилия. В зависимости от способов удержания понтона, развитие чрезмерных усилий является причиной срывания якорей или поставленных ранее затворов, на которые опирается понтон.

При переводе подкоса за упор $л$ наклонная рама нажимает на порог (фиг. 258) и деформирует его, причем бывают случаи, что повреждается как сама рама, так и ее подшивники и порог.

Чтобы обеспечить вхождение подкоса в упор, подкос либо загружают тяжестями, либо наводят на упор коробки посредством веревок с крюками. Эта операция требует исключительной ловкости, и редко находится рабочий,



Фиг. 257.

умеющий ее выполнять. Вместо этой операции затвору дают ряд повторных движений вперед и назад, до тех пор, пока подкос не входит в упор; но эти движения связаны с расшатыванием плотины и с излишней продолжительностью маневрирования.

Для опускания щита на порог пользуются длинным рычагом с крюком на конце, которым захватывают за нижнюю скобу щита. Если на плотину действует подпор, то в этом случае приходится для опускания щита развивать весьма значительное усилие. Кроме того крюк иногда срывается или ломается; рабочие падают в воду, а затвор от ударов в флютбет повреждается.



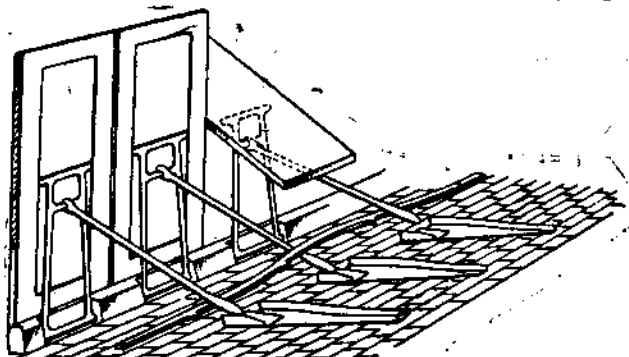
Фиг. 258.

Надо отметить, что все эти затруднения уменьшаются вместе с уменьшением подпора и уменьшением течения воды. Однако уменьшение подпора оказывается недостаточным вследствие медленности установки затворов, и обычно к концу установки подпор достигает примерно 0,80 м. Учитывая это обстоятельство, ожидают спада воды и задерживают установку затворов, и следовательно открытие навигации.

Штанги отталкивания, составляющие необходимую принадлежность этих затворов, имеют в эксплуатации ряд дефектов. Они зачастую попадают на камни и при этом не двигаются или выгибаются и в результате не сталкивают подкосов.

В тех случаях, когда какой-нибудь затвор не опускается, перед ним устанавливают понтон с лебедкой, при помощи которой подтягивают его в сторону верхнего бьефа, затем ударяют по подкосу сбоку и выводят его из упора. Такая операция требует большой ловкости, и связана с риском для жизни рабочих, производящих эту операцию.

Во время подъема затвора подкос иногда переходит через штангу и при обратном движении наталкивается на нее или, если штанга была отогнута кверху (фиг. 259), то заходит под нее и тогда исключается возможность последующей укладки затвора, а самая штанга еще более выгибается. В этих случаях штангу заменяют новой, что связано с очень длительными и дорого стоящими работами.



Фиг. 259.

Так как штанги отталкивания имеют для сталкивания подкосов упорки $У_1, У_2, У_3, \dots$ (фиг. 234), расположенные одна от другой на определенных расстояниях, то опускание какого либо затвора, которое может оказаться необходимым например для пропуска плавающих предметов, не может быть сделано без предварительной укладки тех из затворов, которые перед опусканием этого затвора должны быть также опущены. Такое устройство не дает свободы маневрирования отдельными затворами.

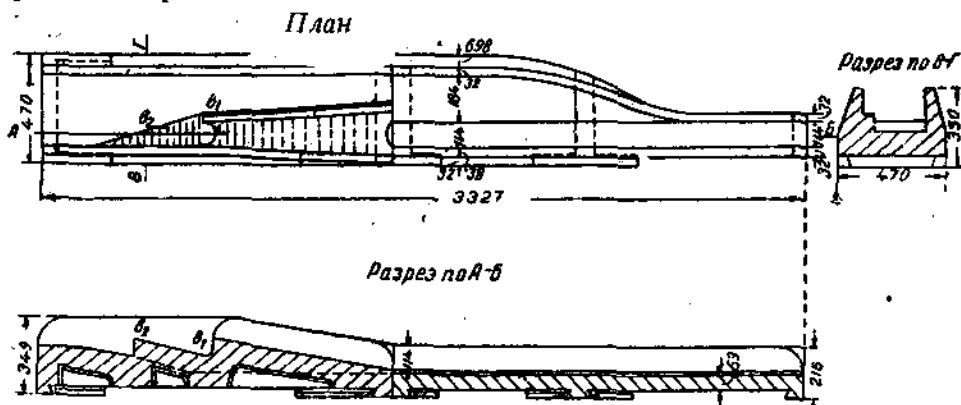
Затворы со штангами отталкивания не дают возможности закрывать ими отверстия плотин свыше 50 м. Это объясняется тем, что со стороны каждого устоя или быка не может быть устроено больше одной штанги, а одна штанга может обслужить пролет не больший 25 м. Со штангами приходится считаться также при назначении длины секций, выполняемых во время постройки плотин в один строительный сезон; длины секций приходится принимать кратными длинам штанг, но не их частей.

Загруждения с маневрированием затворов были замечены еще Шаноаном в семидесятых годах прошлого столетия, т. е. вскоре после осуществления его идеи для закрытия плотин на р. Сене. Он пытался частично устранить загруждения сделав, затворы автоматически действующими; для этой цели он снабдил щиты затворов снизу противовесами Π (фиг. 243-а), передвигавшимися по щитам. Этими противовесами он предполагал уравновесить нижние части щитов с верхними, чтобы щиты не могли при поворотах опрокинуться в нижний бьеф, он соединил нижние части их с флютбетом посредством цепей. На практике оказалось, что щиты возвращались в закрытое положение весьма медленно и притом только тогда, когда горизонт верхнего бьефа опускался очень низко, что отражалось весьма неблагоприятно на условиях плавания в этом бьефе.

Б. Затворы более совершенных типов

Первое усовершенствование конструкции затворов было сделано инж. Паско, устранившим штанги отталкивания и изменившим конструкцию коробки K (фиг. 254) посредством устройства в ней двух выступов δ_1 и δ_2 (фиг. 260): одного δ_1 , полукруглого в плане, для упора нижней оконечности подкоса, а другого — δ_2 ближе к верховому концу коробки, наклонного к ее оси; на выступе δ_2 нижняя оконечность подкоса не могла держаться и под действием напора на затвор скользила по выступу — сначала вбок и затем вниз по течению.

Изменения конструкции коробки дали возможность делать следующие маневры с затворами:



Фиг. 260.

Для подъема затвора щит, лежащий на флютбете, захватывают за нижнюю скобку с (фиг. 252 и 255) и тянут вверх против течения. После того как нижняя оконечность подкоса заходит за упорный выступ δ_1 , движение прекращают и низ щита прижимают с помощью багра к флютбету.

Для опускания затвора на флютбет — щит сначала тянут за нижнюю скобу вверх против течения до тех пор, пока нижняя оконечность подкоса не попадет на наклонный выступ δ_2 коробки; после этого затвор постепенно опускают, подкос его скользит вниз по течению, и затвор ложится на флютбет без удара.

Результатом этих усовершенствований было устранение ряда недостатков, присущих затворам прежних типов. Оказалось возможным ускорить их установку и укладку и производить укладку одних затворов вне зависимости от других и тем улучшить регулирование верхнего бьефа, закрывать отверстия значительно больших, чем раньше пролетов, и при постройке плотины разбивать ее на секции, наиболее удобные для производства работ.

Сравнительно небольшие дефекты новых конструкций, выявившиеся вскоре после их первого применения, были следующие: попадание в коробки топчачков и камней, которые однако были легко удаляемы повторными движениями затворов вперед и назад, а в исключительных случаях — водолазами.

Дальнейшее усовершенствование затворов заключалось в устройстве перед ними особого мостика, уложенного на фермах трапециoidalного очертания (фиг. 261 — плотина у Порт-а-Лангле на р. Сене), с которого делают маневры с затворами.

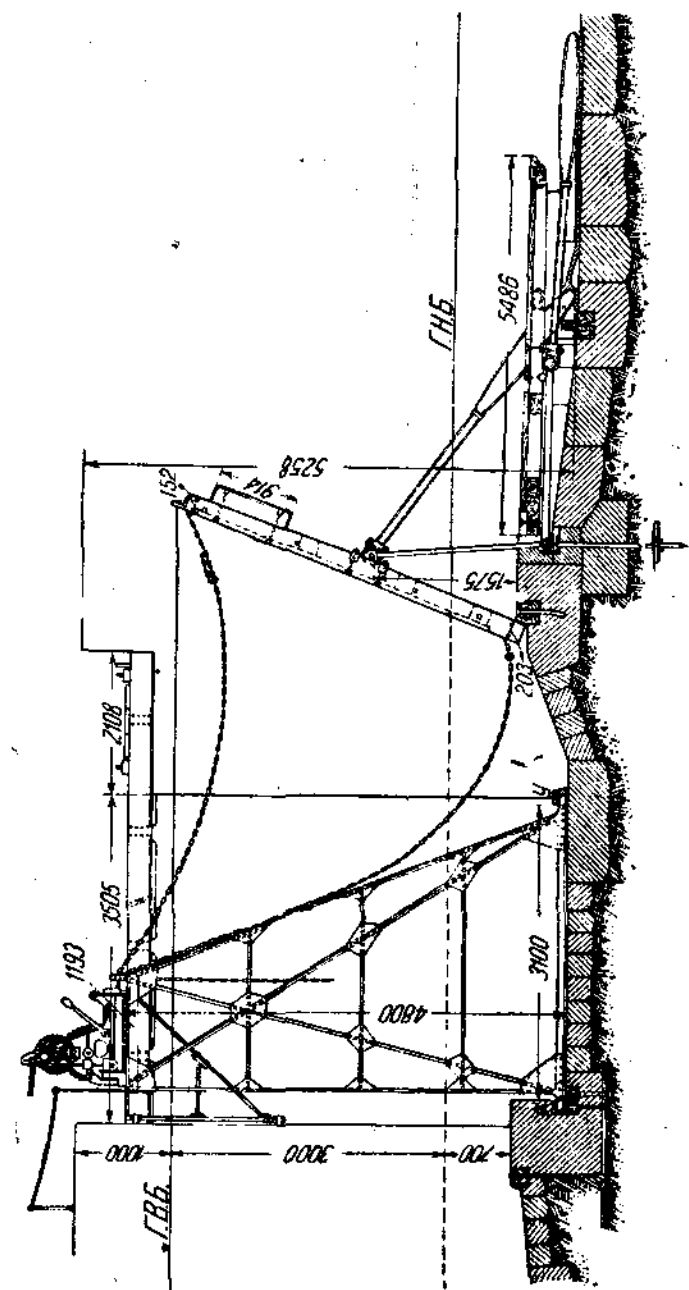
Это усовершенствование позволило, вследствие увеличения наклона к горизонту тяговых цепей, уменьшить тяговые усилия, необходимые для подъема затворов примерно до тех пределов, как при работе дерриками, и дало уве-

ренность в том, что затворы после окончания подъема действительно закрывают отверстие. Так как каждый из щитов мог быть соединен с мостиком посредством цепи $\psi_1 \psi_2$ (фиг. 262—плотина № 18 на р. Огайо), то оказалось возможным избежать затруднительных операций по захвату баграми за нижние скобы щитов. Кроме того наличие мостика дало возможность применить для прижатия затворов к флютбету, после их подъема, штанги $n_1 n_2$, которые приводят в движение цепью $\psi_1 \psi_2 \psi_3$. Для полного открытия отверстия плотины мостик убирали на берега, а фермы складывали на флютбет, вращая их на горизонтальных осях в подшипниках x и y .

Первая плотина, оборудованная таким мостиком, была построена у Лямюльтера на р. Сене в 1879 г. и затем на р.р. Огайо и Б. Канагве (фиг. 263—плотина № 9).

Наличие служебных мостиков, хотя и потребовало уширения флютбетов и вызвало некоторое увеличение строительной стоимости плотин, но благодаря возможности развивать большие тяговые усилия позволило делать щиты из железа и применять их для поддержания больших подпоров и для закрытия больших пролетов и больших высот, чем раньше, например в плотине на р. Огайо у г. Цинциннати ими закрыт пролет 365 м.

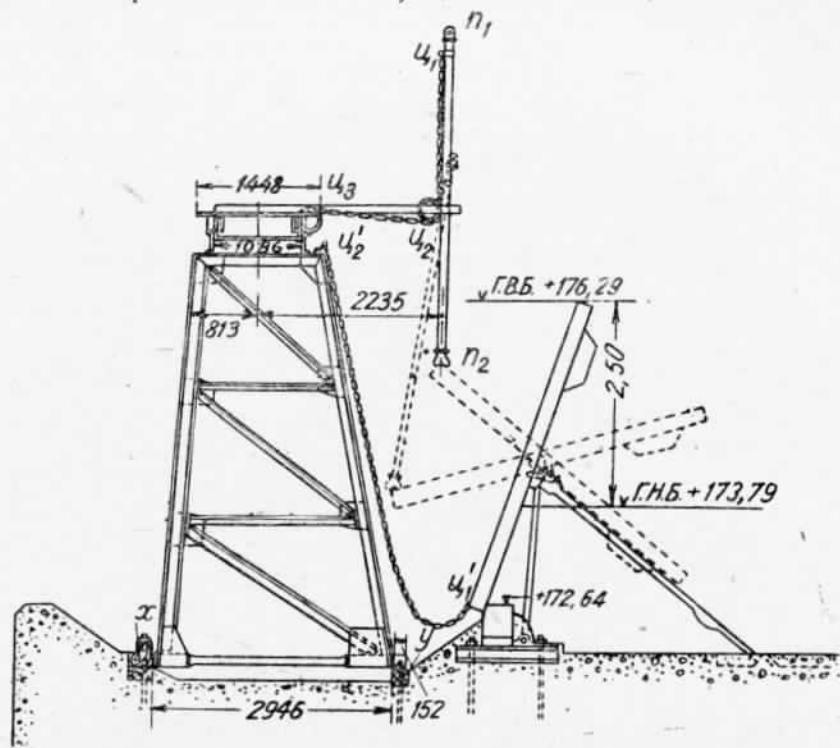
В последнее время в устройство затворов было внесено еще одно усовершенствование, предложенное французским инженером Обэром. Оно заключалось в том, что



Фиг. 261.

подъем и опускание затворов стали производить со служебного моста, основанного на устоях и быках плотины; для этой цели под проезжей частью моста устроили особый рельсовый путь $p_1 p_2$ (фиг. 264—плотина у Варенна на р. Сене), по которому передвигают кабин с заключенной в нем электрической лебедкой, служащей для маневров с затворами. Затворы поднимают цепями $\psi_1 \psi_2$, которыми захватывают не за низ щитов, как затворы прежних типов, но за верх, и затем, после укладки на флютбет, затворы не опускают за порог, а оставляют поверх его, вследствие чего во время подъема и опускания затворов щиты их скользят по порогу.

Подъем затворов плотины у Вивзо, построенной в 1930 году на р. Сене и закрытой затворами того же типа, делают качающимися штангами $ш_1$ $ш_2$



Фиг. 262.

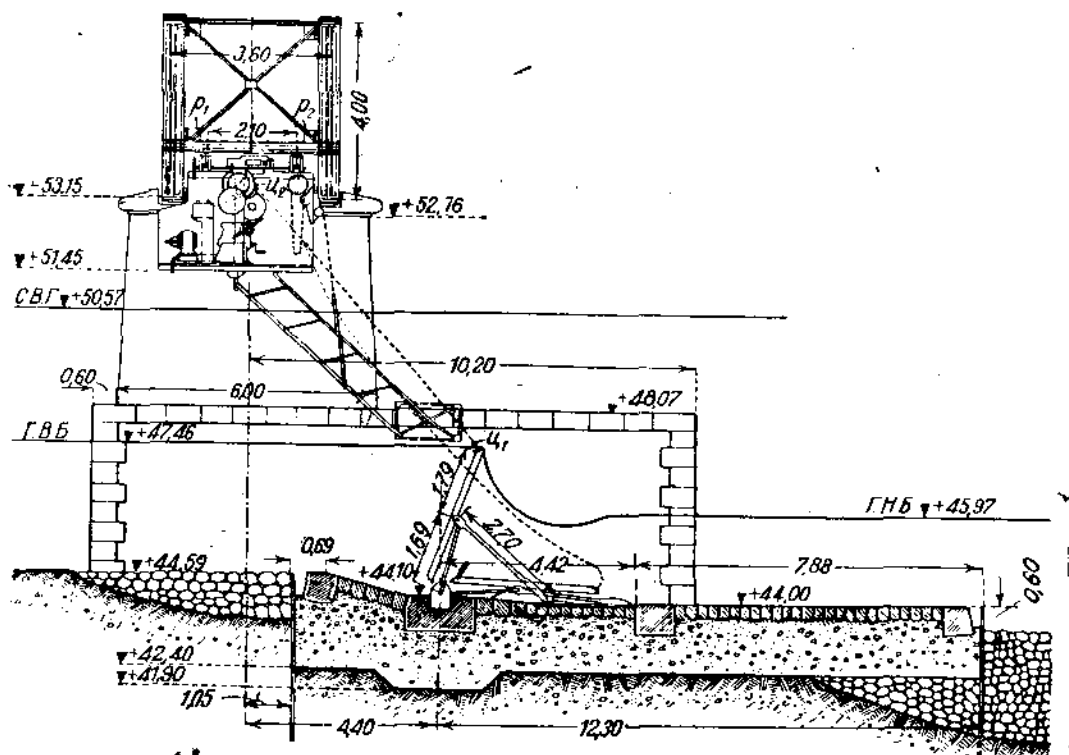
(фиг. 265), которые подтягивают снизу цепями $ц_1$ $ц_2$ $ц_3$. Штанги приводят в движение коленчатыми рычагами $р о с$, вращаемыми на горизонтальных осях $о$ посредством зубчатых передач, действующих на зубчатые секторы $с о$.



Фиг. 263.

Последние усовершенствования затворов дали возможность уменьшить тяговые усилия, а также заедания и вибрации затворов во время их подъема, вследствие этого оказалось возможным устранить ряд недостатков, присущих

прежним затворам, а именно: осуществлять установку и укладку затворов при значительно больших подпорах и скоростях течения, чем раньше, и давать затворам еще большие размеры, чем затворам прежних типов.



Фиг. 264.

§ 54. Конструкции затворов

Щиты затворов небольшой высоты делают из дерева, а более значительной—из железа.

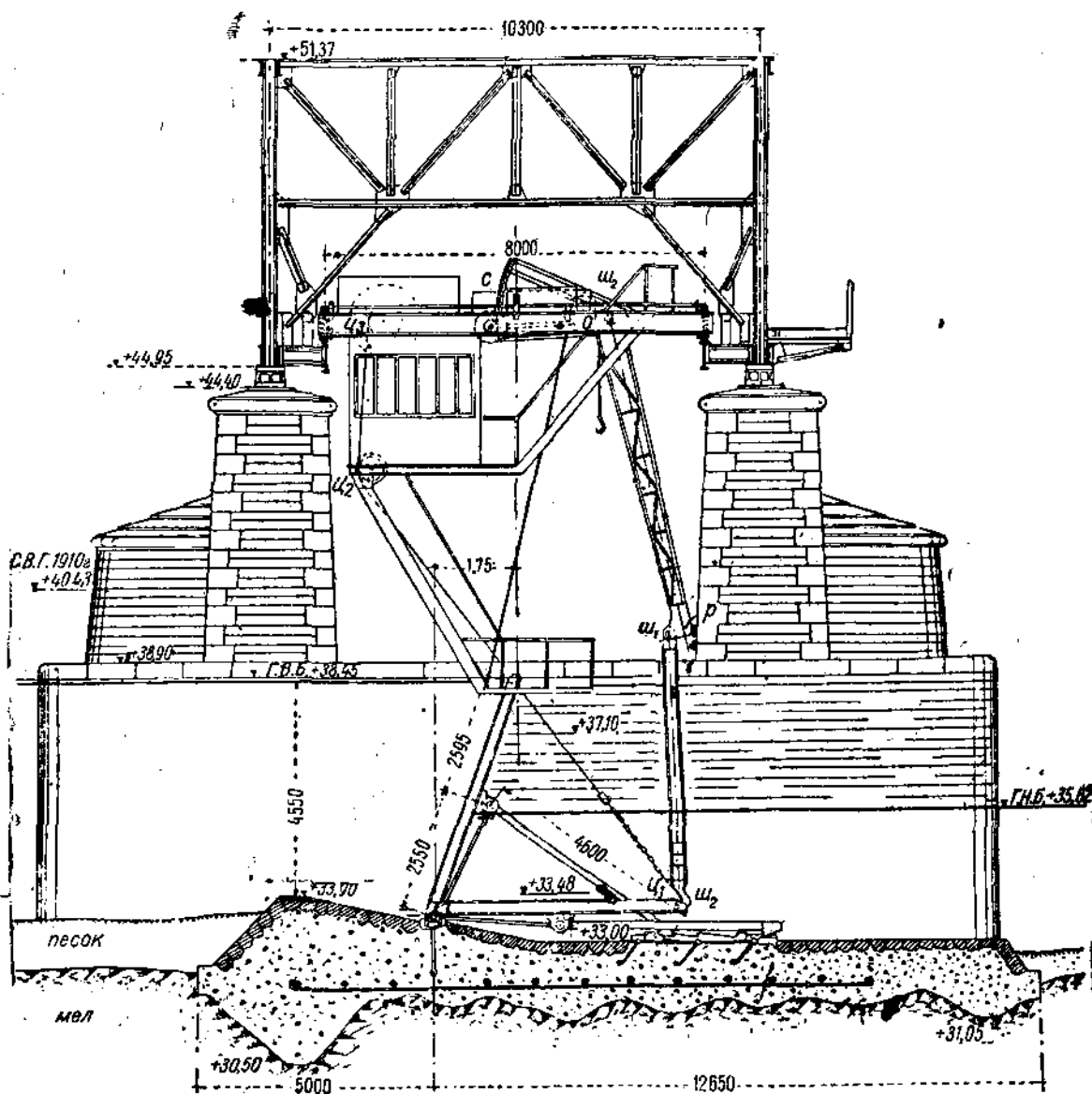
Деревянные—делают из досок толщиной около 5 см, схваченных парными вертикальными схватками $c_1 c_2$ и $c_3 c_4$ (фиг. 251) или прикрепленных к прямоугольной раме (фиг. 266), составленной из брусьев. Боковые брусья рамы связывают по высоте в нескольких местах распорками $d_1 p_1$, $p_2 p_2$ и $p_3 p_3$. Все брусья плотно врубают один в другой и плотно припазовывают. Во врубках их скрепляют друг с другом скобами и хомутами. Со стороны верхнего (фиг. 251) или со стороны нижнего бьефа (фиг. 266) к ним прибалчивают подшипники для осей вращения, а к нижним рамным брусьям щитов Шаноана прикрепляют скобы для захвата баграми. Для предохранения щитов от повреждений при укладке на флутбет, к ним прикрепляют со стороны нижнего бьефа отбойные подушки p_4 и p_5 .

Металлические щиты (фиг. 267) образуют из обшивки из плоского листового или лоткового железа, прикрепленного к раме, сделанной большей частью из швеллерного, реже—из полосового и фасонного железа, однообразного сечения для каждого из частей рамы. Боковые брусья рамы связывают между собой ригелями, размещенными снизу на расстояниях более частых, чем сверху. Устройство подшипников для осей вращения, нижних скоб и отбойных подушек щитов этого типа аналогично устройству тех же частей деревянных щитов.

Тяжи затворов системы Фуракра (фиг. 246 и 251) делают из круглого железа.

Подкосные рамы небольших размеров (фиг. 247) делают из брускового или из круглого железа, а больших—из фасонного (фиг. 268). Их образуют из

наклонных ног p_0 , p_n и p_e , p_n , распорок p_e , p_e , p_e и p_n , p_n и раскосов d_e , d_e , d_e и d_n , d_n и в верхней части для вращения щитов снабжают осевыми валками; o_1 , o_2 ; для соединения рам с подкосами возле валков o_1 , o_2 , устраивают другие валки или цапфы u_1 и u_2 . Рамы еще меньших затворов делают без распорок или без раскосов, а самых малых—без тех и других. Устройство подпунктов нижних осей рам показано на фиг. 252.



Фиг. 265.

Подкосы делают в виде штанг круглого сечения (фиг. 269) с утолщениями к нижним оконечностям, необходимыми для того, чтобы удары воды или плавающих предметов, падающих со щитов, не могли сбить подкосов с упоров и чтобы подкосы обладали в нижних частях достаточной жесткостью, а при подъеме затворов не могли подниматься. Подкосы насаживают верхними оконечностями на осевые валки, расположенные на верхних распорках наклонных рам, или на самые распорки. Для первоначальных типов затворов со штангами отталкивания подкосы делали возле их нижних концов с отгибами книзу, необходимыми для пропуска штанг.

их моменты определяют в сечениях, соответствующих верхним осям вращения щитов. После определения моментов подбирают сечения стоек, которые для небольших щитов делают одинаковыми по всей их высоте, а для больших — изменяют по высоте стоек.

Наклонные рамы и подкосы затворов системы Бебу и Шаноана рассчитывают на наибольшее давление $\max D_0$ напора воды, передающееся на верхнюю ось вращения (см. формулу 249). Это давление, разложенное по наклонной раме и подкосу (фиг. 270), вызывает в ногах рамы и в ее верхней распорке растягивающие напряжения, а в подкосе — сжимающие.

Усилия в ногах определяют по формуле:

$$H = \frac{\max D_0 \cos(\alpha + \beta) \sec \zeta}{2 \sin(\beta + \gamma)} \quad (256)$$

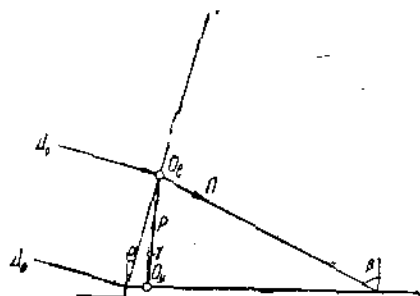
Усилие в верхней распорке по формуле:

$$P_s = \frac{\max D_0 \cos(\alpha + \beta) \tan \zeta}{2 \sin(\beta + \gamma)} \quad (257)$$

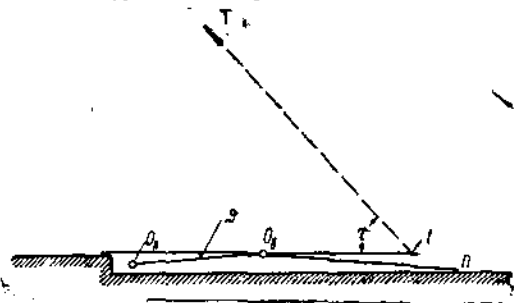
и усилие в подкосе:

$$P = \frac{\max D_0 \cos(\alpha - \gamma)}{\sin(\beta + \gamma)} \quad (258)$$

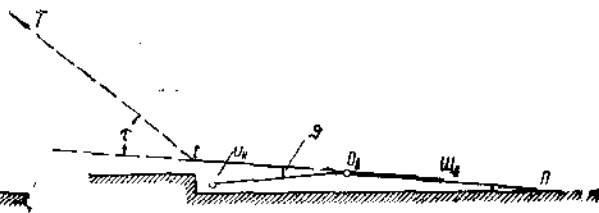
где: γ — угол, составленный плоскостью симметрии поперечных сечений рамы с вертикальной плоскостью, проходящей через ее ось вращения;
 ζ — (фиг. 268) угол наклона ноги к вертикали.



Фиг. 270.



Фиг. 271.



Фиг. 272.

Прочие обозначения прежние.

Усилия в раме и в подкосе от собственного веса затвора определяют аналогично тому, как было указано в § 48.

Из формул (256, 257 и 258) видно, что для уменьшения H , P_s и P полезно увеличивать угол α ; однако такое увеличение связано с увеличением высоты щита и его веса и, следовательно, с увеличением количества материала, необходимого для его устройства, и может затруднить маневрирование им; вследствие этого угол α берут обычно не выше 20° .

Наклонные рамы затворов Гейнинга рассчитывают на составляющие наибольшего давления воды и веса затвора, действующие по направлениям обеих наклонных рам. Давление воды D определяют по формуле 248. Обе составляющие давления D вызывают в ногах p и продольный изгиб.

Ноги наклонных рам затворов Бебу и Шаноана рассчитывают на растяжение силой H и одновременно на сжатие весом частей затвора, передающегося на ноги. Ноги наклонных рам затворов Шаноана и Обэра рассчитывают кроме того на продольный изгиб при начале подъема затворов силой:

$$H_m = \frac{1}{2} k G_s \tan \tau \cos \vartheta \sec \zeta, \quad (259)$$

где: kG_s — часть веса затвора, включая случайные нагрузки на него, например от наносов, отнесенная к точке i (фиг. 271 и 272) приложения тяго-

вого усилия; kG_z определяют в зависимости от весов отдельных частей затвора и от характера передачи их на его верхнюю ось вращения, τ — угол, составленный направлением тягового усилия с плоскостью щита; ϑ — угол, составленный плоскостью щита с плоскостью симметрии поперечных сечений наклонной рамы.

Верхние распорки наклонных рам рассчитывают на изгиб под действием силы $\text{таж } D_0$ и части веса затвора, передающейся на них, а также на действие осевых сил P_z (см. формулу 257) от напора воды и указанной выше части веса. Если реакции опор распорок не пересекают их осей, то распорки должны быть рассчитаны также на скручивание этими силами.

Верхние распорки тех же рам затворов системы Шаноана рассчитывают также на плоский изгиб под действием силы $\frac{1}{2} kG_z \tan \tau \cos \vartheta$ и части веса затворов, передающейся на них при начале их подъема, а также на продольный изгиб под действием составляющих этих сил, действующих по осям распорок. Нижние распорки рассчитывают на плоский изгиб под действием сил, передаваемых ногами рам.

Подкосы затворов системы Шаноана рассчитывают на продольный изгиб силой P (см. формулу 258). Если ось подкоса отстоит от оси верхней распорки на расстоянии e_z , или если нижняя оконечность подкоса отогнута от его оси книзу на длину $e_{z\text{н}}$, то подкос рассчитывают на изгиб от действия момента Pe_z или $Pe_{z\text{н}}$. Кроме того их рассчитывают на изгиб от нажатия на них при начале подъема затворов верхних кромок щитов в точке $щ_z$ (фиг. 272).

§ 56. Сфера применения затворов и их качества

Затворы, вращаемые на двух и более осях, применяют преимущественно для закрытия отверстий водоспускных и водоподъемных плотин, поддерживающих односторонний подпор. Реже (главным образом затворы системы Фуракра) их применяют для закрытия отверстий, находящихся возле плотин.

Затворами системы Бебу, Гейнинга и Шаноана-Паско закрывают отверстия весьма больших пролетов. Затворами, устроенными по типу, показанному на фиг. 261—263, закрывают несколько меньшие пролеты и еще меньшие пролеты — затворами системы Обэра, которые нуждаются в устройстве служебных мостов. Затворами системы Фуракра закрывают лишь небольшие пролеты.

Высота закрываемых затворами отверстий, считая ее ниже горизонта верхнего бьефа, ограничена примерно 6—7 м.

Плотность закрытия ими отверстий достаточно удовлетворительна, хотя не столь высока, как затворами, описанными в отделе III, но превосходит плотность закрытия спицами.

В уложенном положении все затворы, кроме затворов Обэра, дают полную свободу пропуска через отверстия плотин плавающего подвижного состава, а также жидкого и твердого расходов. Пропуск плавающего подвижного состава в отверстиях, закрытых затворами системы Обэра, требующими устройства быков и служебных мостиков, удобен лишь при условии выполнения требований, указанных в § 6 и 7, пропуск же жидкого и твердого расходов стеснен быками.

Крупное регулирование затворами, исключая регулирования затворами Фуракра, осуществляется менее удобно, чем затворами, описанными в отделе III, так как для их укладки, и особенно для последующего подъема, требуется продолжительное время; кроме того, подъем затворов связан с рядом затруднений, а подъем затворов первоначальных типов системы Шаноана — даже с риском для безопасности обслуживающего плотину персонала. Мелкое регулирование производится предназначенными для этой цели затворами достаточно удовлетворительно.

Во время поддержания затворами подпора они дают возможность пропускать лед и наносы в весьма ограниченных размерах; но поддержание ими подпора и маневрирование ими во время больших навалок льда, плавающих предметов и наносов — невозможно.

Осмотр и ремонт затворов, особенно их подводных частей, связан с рядом затруднений.

Стоимость их меньше стоимости затворов, описанных в отделе III, а также незначительно их влияние на стоимость постоянных частей плотины; второе качество не может быть отнесено к затворам Обэра, которые требуют устройства служебных мостов и поддерживающих мосты быков.

ГЛАВА 11

ЗАТВОРЫ С ПОДДЕРЖИВАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ, ОПИРАЮЩИМИСЯ НА ФЛЮТБЕТ

§ 57. Принцип устройства затворов

Водоудерживающие и поддерживающие конструкции затворов, описанных в предыдущих главах, связывают между собой таким образом, что каждый из затворов представляет собой единое тело, не разбираемое по частям перед открытием отверстия плотины. Однако некоторые типы затворов, описанных в главе 9, имеют водоудерживающие и поддерживающие конструкции, легко соединяемые между собой и легко разъединяемые, причем некоторые части их перед открытием отверстия плотин даже удаляют на берега. Например, поддерживающие конструкции затвора, показанного на фиг. 237, удаляют на берега, а щиты оставляют в отверстии плотины. Водоудерживающие конструкции затвора, показанного на фиг. 232, даже разъединяют на части, и нижнюю часть затвора удаляют на берега, поддерживающие же конструкции вместе с верхним рядом брусьев оставляют в отверстии плотины.

Затворы этих типов близки по идее устройства весьма распространенным на практике типам, которые описываются в настоящей главе. Подобно затворам, описанным в главах 5—9, их применяют как для постоянного закрытия отверстий, так и для временного.

Водоудерживающие конструкции этих затворов, устраиваемые по типам конструкций, описанным в главах 4 и 5, также удаляют на берега, а поддерживающие конструкции либо удаляют на берега, либо укладывают на флютбет. Отличие их от затвора, показанного на фиг. 232, состоит в направлении укладки на флютбет поддерживающих конструкций, которые поворачивают не поперек плотины, а вдоль ее.

Аналогичные поддерживающие конструкции, служащие для поддержания служебных мостиков перед затворами системы Шаноана-Паско, были показаны на фиг. 261—263. Они сделаны в виде ферм, которые перед открытием отверстия плотины укладывают на флютбет, поворачивая на горизонтальных осях. В исключительных случаях фермы этого типа убирают на берега.

Установку и укладку поддерживающих конструкций описываемых затворов производят механизмами, установленными на верхних площадках устоев и быков, а иногда на понтонах, плавающих в отверстии плотин перед затвором, и очень редко—непосредственно с флюتبета. Последний способ применим только в том случае, если перед установкой или укладкой поддерживающих конструкций, флютбет освобождается от воды или если остающаяся на нем вода не может препятствовать установке и укладке затвора.

Сборку и разборку водоудерживающих конструкций производят аналогичными способами, но чаще всего при помощи различных механических приспособлений, установленных на поддерживающих конструкциях; для этой цели последние укладывают служебные мостики, устроенные по типу, показанному на фиг. 261, 262 и 263.

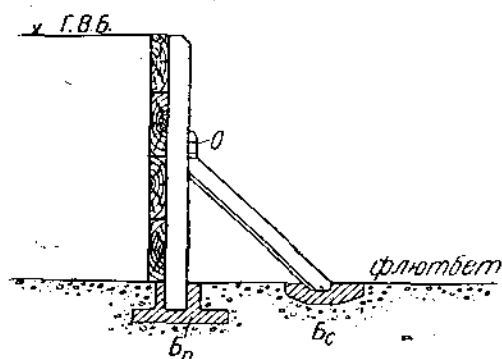
Поддерживающие конструкции затворов делают из 1) дерева, 2) металла, 3) из нескольких материалов.

§ 58. Затворы с поддерживающими конструкциями простейших типов

А. С деревянными конструкциями

Наиболее простыми являются затворы из шандоров или щитов, поддерживаемых деревянными стойками, установленными нижними оконечностями на флютбет. Затворы этого типа можно встретить в подпорных сооружениях, применяемых для регулирования небольших горных рек.

Их делают из одного ряда досок или шандоров, шириной не больше 0,30 м и длиной от 3 до 5 м и укладывают и разбирают вручную. Ими поддерживают подпоры не больше 0,30 м. Вследствие простоты их устройства для маневрирования ими не требуется каких-либо механических приспособлений.



Фиг. 273.

Если ими поддерживают несколько большие подпоры, то стойки со стороны нижнего бьефа поддерживают подкосами OB , (фиг. 273), передающими давление от стоек на флютбет. Для лучшей передачи давлений от стоек и подкосов к флютбету прикрепляют особые башмаки B_n и B_c , отлитые из чугуна.

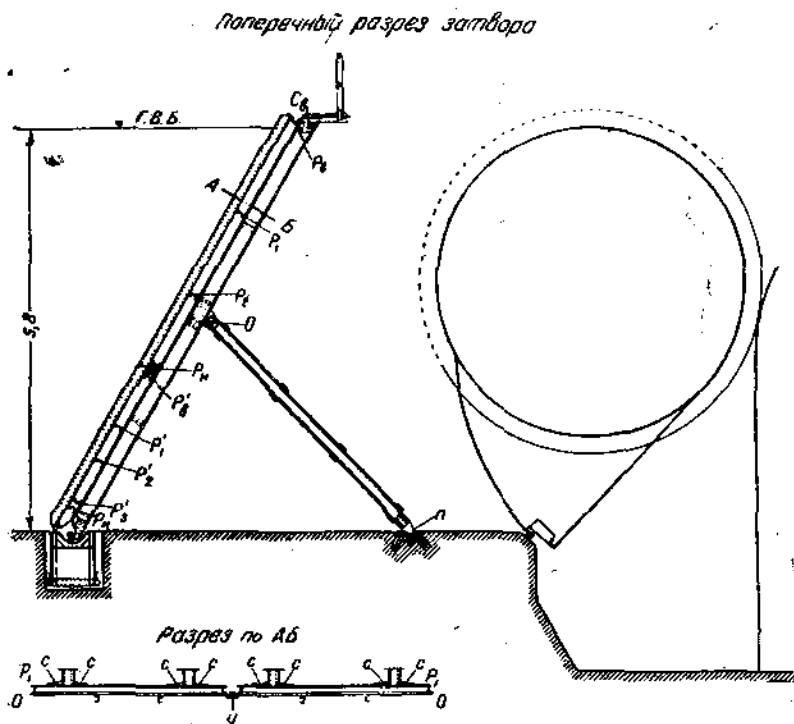
Стойки и подкосы постоянно действующих затворов делают из леса, отесанного на четыре канта, а—предназначенных для временного действия, например ремонтных, отесывают большей частью

на два канта и даже на один; подкосы совершенно не отесывают, делая в них лишь прирубки для упора на флютбет и в соединении их со стойками.

Если водоудерживающая конструкция состоит из спиц, то для поддержания последних применяют горизонтальные прогоны $b_1, b_2, b_3, \dots$, сделанные по типу, аналогично показанному на фиг. 296, и 306 части I-ой.

Б. С металлическими конструкциями

Затворы этого типа образуют из шандоров или из деревянных и металлических щитов, которые поддерживают стойками двутавровых или коробчатых сечений (фиг. 274—ремонтный затвор плотины у Виблингена на р. Неккаре).



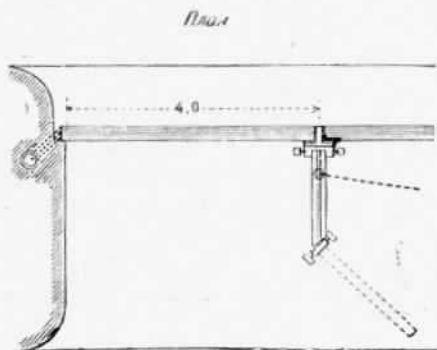
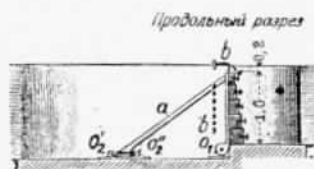
Фиг. 274.

Металлические щиты делают ригельного типа, состоящего из ригелей r_1-r_n к которым со стороны напора прикрепывают обшивку; для направления движения щитов во время подъема и опускания к стойкам прикрепляют тавры или же к щитам скобы $c-c$. Уплотнение между щитами делают посредством дере-

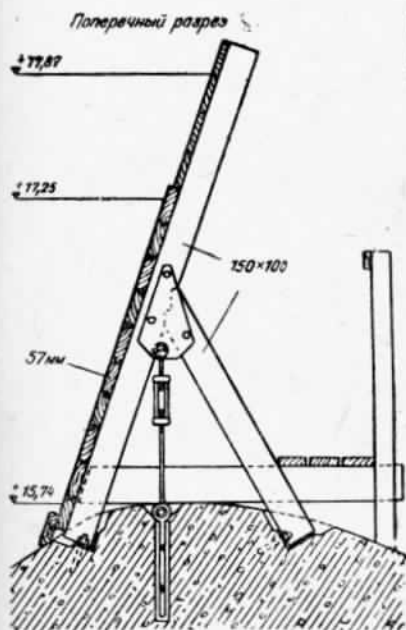
ванных спиц. Стойки поддерживают со стороны нижнего бьефа подкосами Op , а между собой соединяют продольными связями C . Для передачи давлений от стоек и подкосов на флютбет к последнему прикрепляют чугунные, реже стальные башмаки. Сборку и разборку затворов производят при отсутствии воды на флютбете непосредственно с флюتبета, а при наличии ее—с плавающих понтонов или со служебных мостиков.

Так как для установки и укладки затворов, устроенных с поддерживающими конструкциями в виде стоек и подкосов, последние переносят на берега, и каждый раз на это затрачивают много времени, то во избежание этого поддерживающие конструкции иногда складывают на флютбет; для этой цели стойки делают поворачиваемыми на горизонтальных осях O_1 (фиг. 275), а подкосы на осях O_2, O_2'' . Маневры со стойками и подкосами делают либо вручную, либо посредством прикрепленных к ним цепей, которые навивают на лебедки, установленные на устоях или на быках.

Подобно устройству затвора, показанного на фиг. 230 и 231, у боковых поверхностей устоев и быков обычно стоек не ставят, и водоудерживающие конструкции опирают на устой или на бык непосредственно, благодаря этому на устой или на бык передается давление, воспринимаемое водоудерживающей конструкцией затвора на длине, равной половине расстояния от него до ближайшей к нему стойки. По этой причине затворы этого типа следует относить к затворам, передающим внешние силы не только на флютбет, но и на устой и быки. Так как затворы устраивают обычно с большим количеством стоек, то естественно, большую часть внешних сил они передают на флютбет, поэтому они вместе с другими затворами такого же типа, описываемыми далее, трактуются в данной главе.



Фиг. 275.



Фиг. 276.

Несколько сложнее сделаны поддерживающие конструкции затвора, устроенного для повышения подпора плотины на 0,62 м. Волховской гидроэлектростанции (фиг. 276).

Этот затвор сделан из деревянных щитов, устроенных по типу, близкому к описанным в § 53, А. Щиты его поддержаны со стороны нижнего бьефа примерно так же, как щиты, показанные на фиг. 243. Их устанавливают и удаляют из плотины вручную или простейшими подъемными приспособлениями.

§ 59. Основания устройства затворов с поддерживающими конструкциями в виде плоских металлических ферм

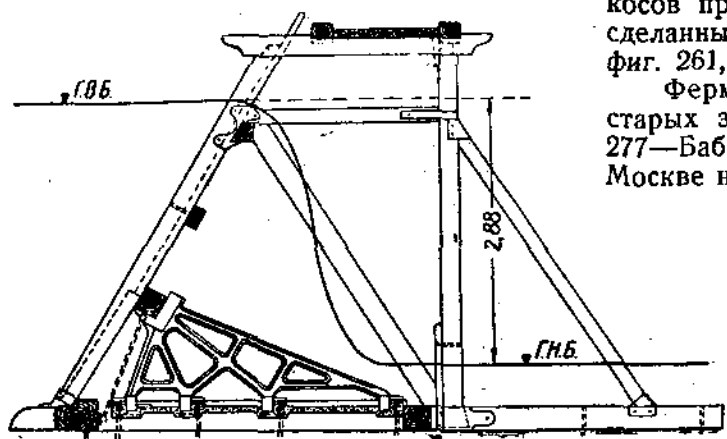
Если заграждение верхнего бьефа должно быть сделано на высоту примерно более 1 м, считая от горизонта верхнего бьефа, то вместо стоек и подкосов применяют сквозные фермы,

сделанные подобно показанным на фиг. 261, 262 и 263.

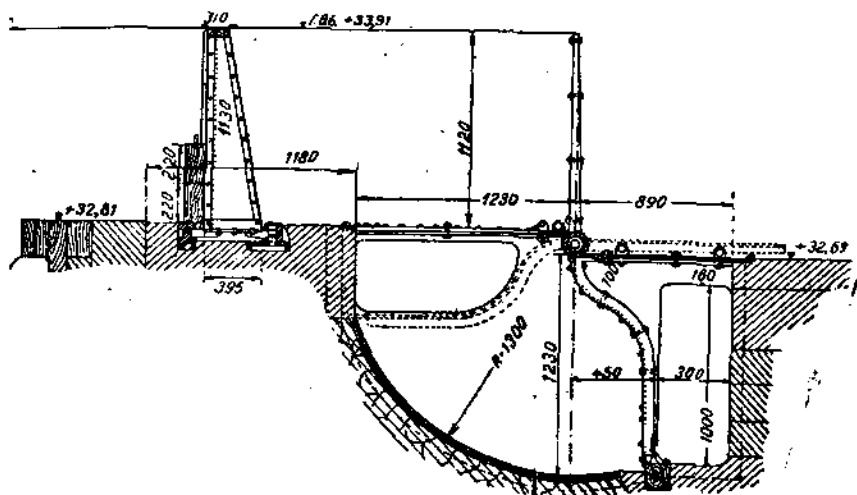
Фермы делают из металла: для старых затворов—из чугуна (фиг. 277—Бабьегородская плотина в г. Москве на р. Москве), для более новых—из сварочного железа (фиг. 278—ремонтный затвор плотины у Жуанвиля на р. Марне) и для современных—из литого железа или стали.

Поддерживающие конструкции в виде ферм были предложены французским инженером Пуарэ и впервые

осуществлены в 1834 г. в плотине у р. Бассевиля на р. Йонне. В дальнейшем они были значительно усовершенствованы и в настоящее время имеют весьма широкое распространение.



Фиг. 277.



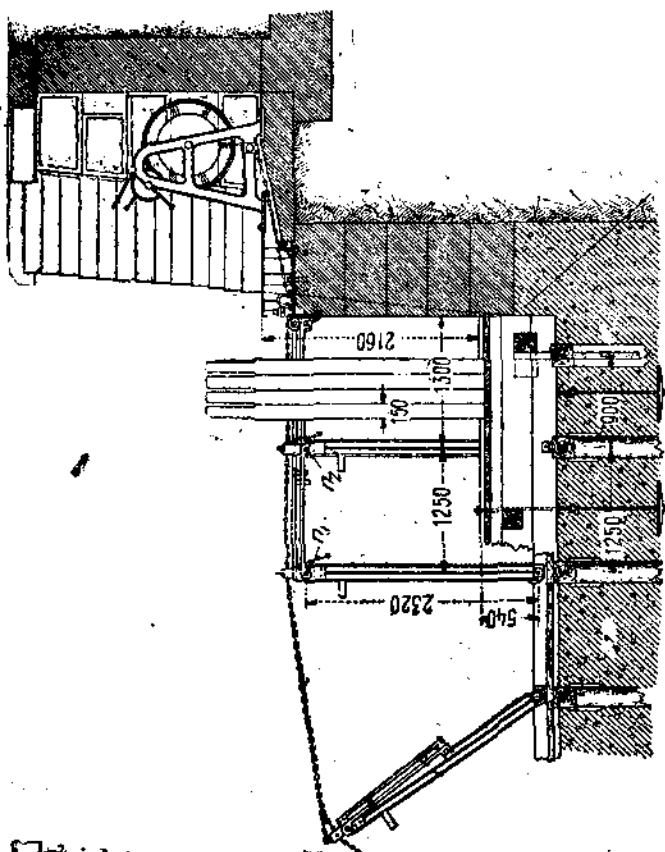
Фиг. 278.

Фермы иногда устанавливают на подушки, прикрепленные к флютбету болтами (фиг. 122 и 189), но значительно чаще—на опоры X и Y (фиг. 261 и 262), являющиеся одновременно подшипниками для их осей вращения. Если фермы установлены на подушки, то для открытия отверстия плотины фермы снимают и удаляют на берега; если же они устроены поворачиваемыми на горизонтальных осях, то для той же цели их поворачивают в одном и том же направлении, укладывая первую ферму на флютбет, вторую на первую, третью на вторую и т. д.

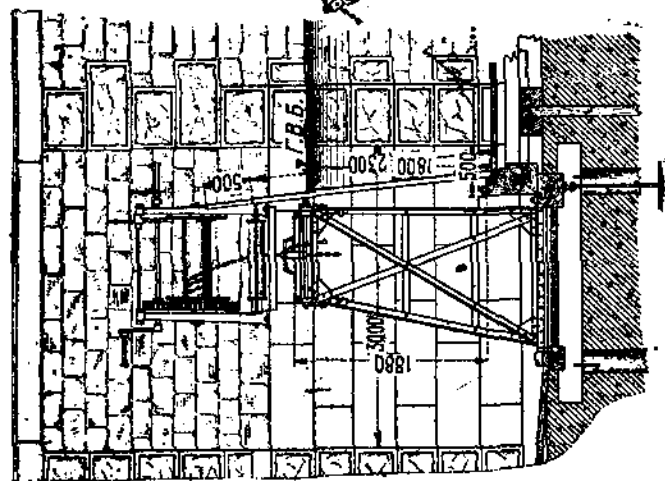
Фермы, приведенные в вертикальное положение, соединяют между собой, а также с устоями или быками продольными связями, располагаемыми обычно по верху ферм, а иногда в нескольких местах по их высоте (фиг. 306 части 1-ой).

Если для сообщения между берегами или для маневров с водоудерживающими конструкциями на фермах устраивают служебный мостик, то им пользуются также и для связи между фермами. Иногда продольные связи применяют независимо от мостиков.

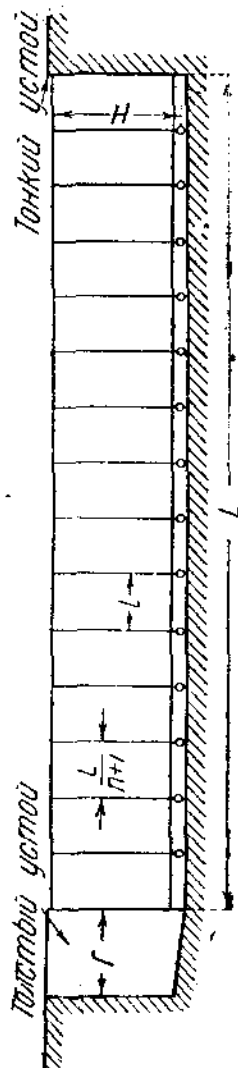
Установку и укладку ферм, вращаемых на горизонтальных осях, производят обычно с верхних пло-



Фиг. 279.



Фиг. 280.



щадок устоев или быков, реже—непосредственно с флутбета; в первом случае фермы небольших размеров поднимают и опускают вручную посредством багров, оканчивающихся крюками; большие же фермы поднимают и опускают тросами или цепями, навиваемыми на барабаны лебедок (фиг. 279—плотина у Цюриха на р. Лиммат).

Служебные мостики простейшего типа делают из досок (фиг. 61), укладываемых на установленные фермы и относимых на берега во время разборки

затвора. Мостики более сложного типа делают из листов железа, при разборке затвора либо удаляемых на берега, либо укладываемых вместе с фермами на флютбет (фиг. 279).

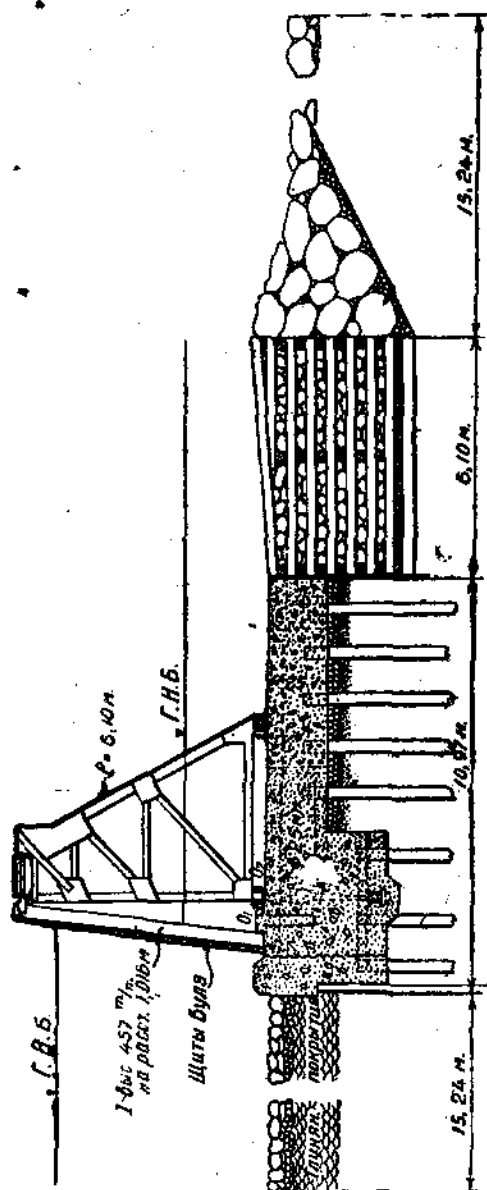
Фермы располагают обычно на одинаковых расстояниях одна от другой, равных $l = \frac{L}{n+1}$ (фиг. 280),

где: L — пролет отверстия,

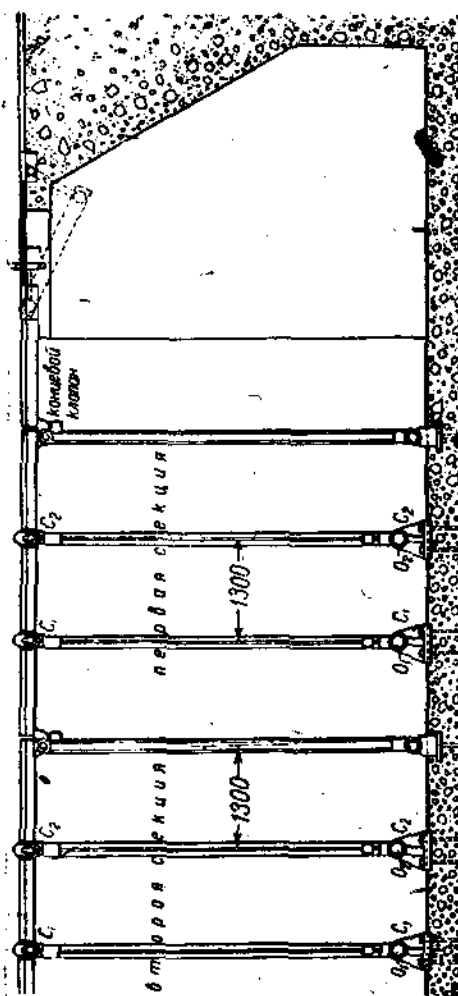
n — число ферм в отверстии.

На таких же расстояниях ставят фермы, ближайшие к устоям и быкам.

Водоудерживающие конструкции затворов этого типа делают по типам, описанным в главе 4, и реже — по некоторым из типов, описанных в главах 5 и 6. Водоудерживающие конструкции, за исключением спиц, опирают непосредственно на фермы, а примыкающие к



Фиг. 281.



Фиг. 282.

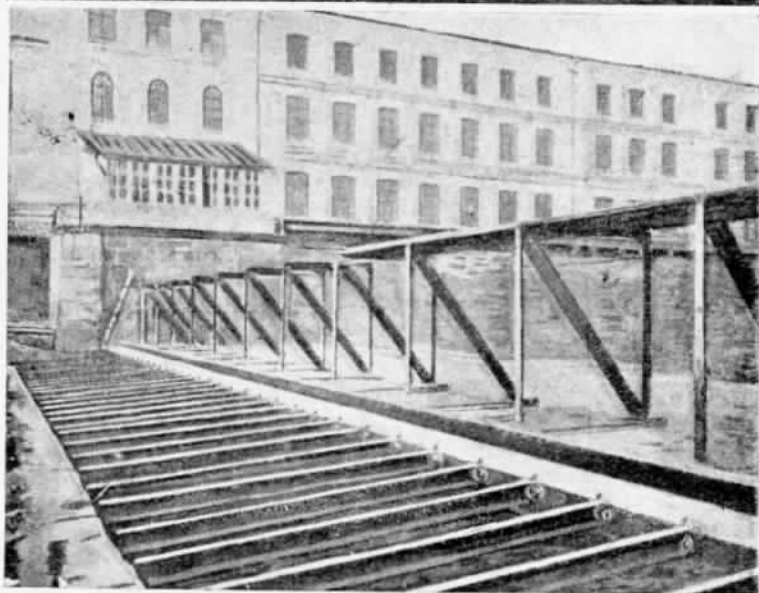
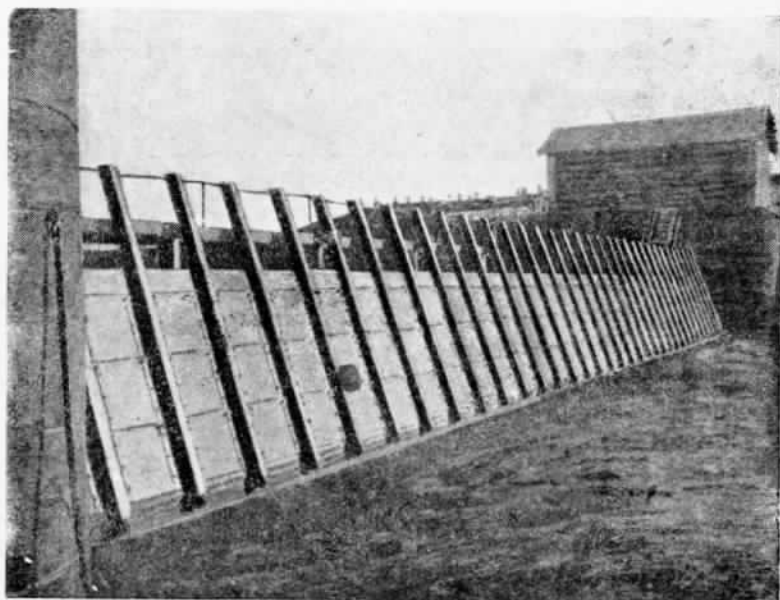
устоям и быкам — на устои и на быки. Для упора их на устои и быки к тем и другим прикрепляют особые поддерживающие конструкции или в устоях и быках устраивают пазы. Снизу водоудерживающие конструкции устанавливают на порог плотины. Спицы опирают снизу также на порог, а сверху — на упорные балочки, прикрепленные к фермам (фиг. 279), или к служебным мостикам. Балочками, прикрепленными к фермам, пользуются также для взаимной связи ферм и для соединения ферм с устоями и быками.

Для того, чтобы фермы не подвергались преждевременному износу вследствие упора на них водоудерживающих конструкций и особенно во время их подъема и опускания, перед фермами ставят опираемые на них особые стойки, устраиваемые по типу, показанному на фиг. 126 и 281 (плотина у Бленчтауна на р. Муррей в Австралии). Перед разборкой затворов стойки убирают на берега.

Расстояния между фермами l берут обычно в зависимости от типа водоудерживающих конструкций. Если применяют шторы, щитки или деревянные щиты, расстояния берут обычно около 1,25 м. Для затворов переустроенной в 1930 г. Бабьегородской плотины на р. Москве оно было принято равным 2,25 м. Для затворов первоначальных типов со спицами берут около 1,25 м для новых — значительно большим и даже превышающим высоту ферм H . Большая величина l дает возможность затрачивать на изготовление спицевых затворов меньше металла, чем на изготовление затворов с фермами прежних типов.

Если водоудерживающие конструкции сделаны в виде шандоров, спиц или плоских металлических затворов, то большие величины l вполне возможны. Если же водоудерживающие конструкции сделаны в виде штор, щитков или деревянных щитов, то для возможности размещения ферм на расстояниях, превышающих H , l берут кратным длинам штор, щитков или щитов, а для поддержания их между фермами устраивают стойки C_1C_1 и C_2C_2 (фиг. 282—плотина у Литомрежа на р. Эльбе), называемые промежуточными.

Промежуточные стойки перед укладкой или во время укладки ферм также укладывают на флютбет. Если их укладывают вместе с фермами, то делают поворачиваемыми на горизонтальных осях O_1 или O_2 (фиг. 282), которые располагают примерно на таком же уровне, как и оси вращения ферм. Сверху стойки упирают на служебные мостики.

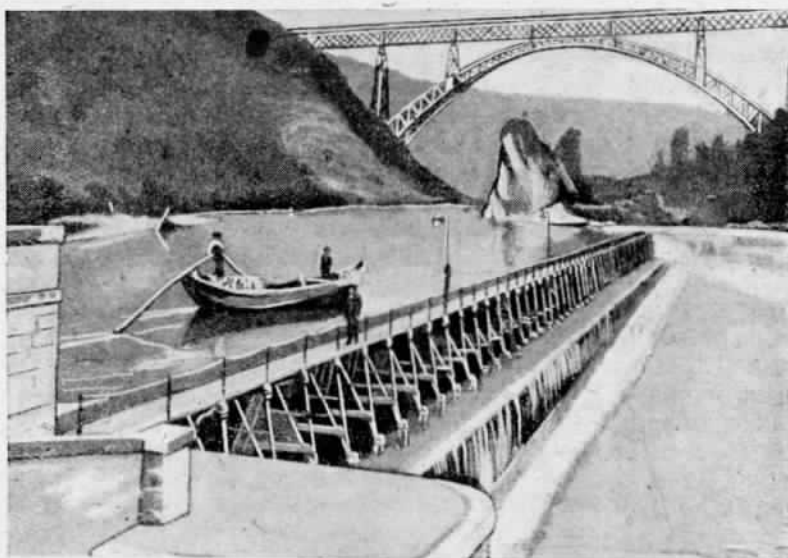


Фиг. 283

В зависимости от положения осей вращения стоек стойки делают двух типов. Оси стоек, редко применяемого первого типа, располагают параллельно длине плотины (фиг. 283—Краснохолмская плотина на деривационном канале р. Москвы в г. Москве), оси второго располагают так же, как оси ферм, т. е. перпендикулярно отверстию плотины.

Стойки первого типа перед укладкой ферм также укладывают на флюте, поворачивая при этом в сторону верхнего бьефа. Стоек второго типа между двумя смежными фермами берут обычно от одной до трех, и каждую группу стоек вместе с мостиком, на который опирают стойки, а также вместе с фермой, соединенной с этим же мостиком, называют секцией. Во время установки и укладки поддерживающих конструкций все части секции поднимают и опускают одновременно.

Чтобы во время подъема и опускания секции, вследствие давления на нее воды, не происходило перекашивания секцию, поддерживают со стороны нижнего бьефа особой стойкой, называемой поддерживающей. Эту стойку располагают в каждой секции со стороны того устоя или быка, с которого протянута тягловая цепь



Фиг. 284.

Если количество промежуточных стоек таково, что l меньше H , то фермы в их нижней части делают в виде порталов; при этом l берут не меньше, чем примерно $\frac{H}{1,5}$, иначе высота порталов выходит чрезмерно большой и для устройства ног фермы требуется значительное количество металла.

Фермы этого типа были применены впервые в 1904 г. для закрытия отверстия плотины у Падерно на р. Адде в Италии (фиг. 284) и называются полупортальными; промежуточные стойки второго типа впервые были применены для закрытия отверстий плотин у Мельника и Обжистви на р. Эльбе в Чехо-Словакии по предложению инж. Шварцера и называются его именем.

Служебный мостик, устраиваемый для упора сверху стоек, делают из элементов, пролет которых берут равным l , а иногда даже кратным l ; в последнем случае им перекрывают несколько ферм (фиг. 285—плотина у Кайзербада на Дунайском обходном канале в Вене). Концевые части этих мостиков иногда устраивают свисающими в виде консолей (фиг. 286—плотина у Линне на р. Маасе в Голландии).

Еще до появления в Европе ферм полупортальных типов в США инж. Томасом были сконструированы фермы еще более раскрытые сбоку, чем фермы, показанные на фиг. 282 и 284, и примерно таким образом, как устроены затворы инж. Бецнера (фиг. 236), т. е. посредством придания им-образного очертания (фиг. 287—плотина № 6 у Бивера на р. Огайо). Такое устройство

фермы позволило сблизить фермы на расстояние равное их толщине, и тогда оказалось излишним устраивать водоудерживающие конструкции и служебный мостик, так как фермы в поднятом положении могли прижиматься вплотную одна к другой, вследствие чего по ним можно было переходить с одного берега на другой.

Уложенные на флютбет поддерживающие конструкции затворов обычно защищают от стороны верхнего бьефа от ударов, постоянными частями плотины. Для этой цели флютбет в том месте, куда укладывают эти конструкции несколько понижают по отношению к порогу. Высоту h_n этого понижения, называемую также высотой порога (фиг. 288), определяют выражением:

$$h_n = a + H \sin \alpha + \left(\Delta - \frac{\delta}{2} \right) \cos \alpha + z, \quad (260)$$

где a — расстояние от оси вращения ферм до флютбета, зависящее от конструкции нижних элементов фермы и ее подшипников, принимаемое обычно в пределах от 0,20 до 0,30 м,

α — угол наклона плоскости симметрии уложенной фермы к горизонту =

$$= \arcsin \frac{\delta}{l}, \quad (261)$$

Δ — толщина в м уложенной фермы вместе с уложенной на ней частью служебного мостика, в том случае, если он занимает положение, показанное на фиг. 288,

δ — толщина фермы в м,

z — запас над сложенными на флютбете поддерживающими конструкциями, принимаемый от 0,02 до 0,04 м.

Прочие обозначения прежние.

Подставляя в формулу (260) значения a , α и z , получают:

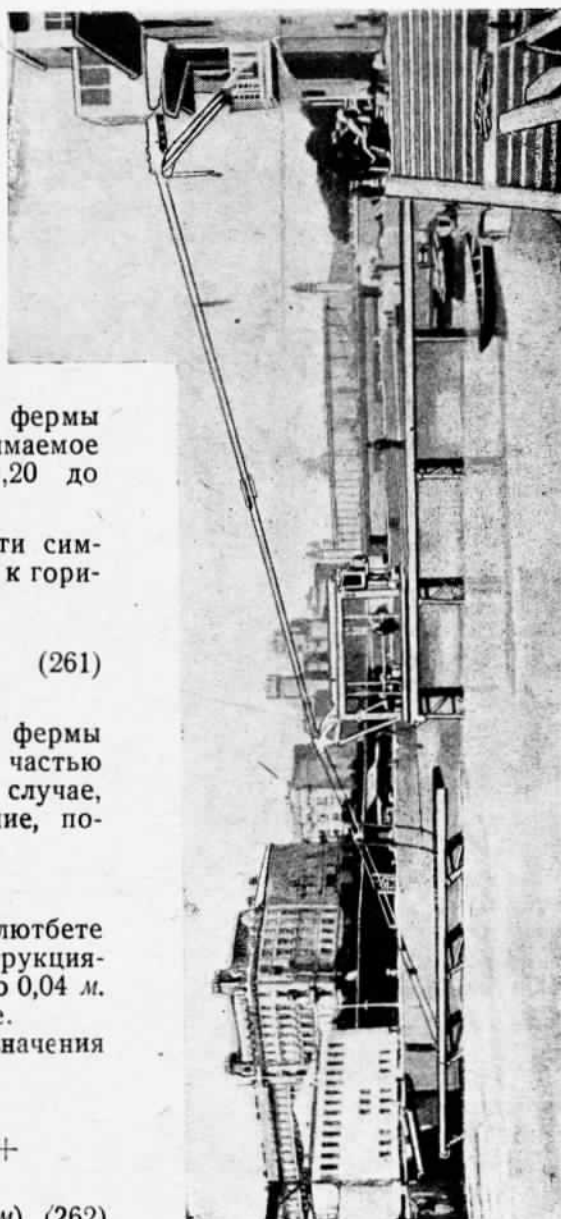
$$h_n = \frac{H\delta}{l} + \left(\Delta - \frac{\delta}{2} \right) \frac{\sqrt{l^2 - \delta^2}}{l} + (0,20 \text{ м} - 0,30 \text{ м}) + (0,02 \text{ м} - 0,04 \text{ м}). \quad (262)$$

Если служебный мостик убирают на берег, то $\Delta = \delta$, и тогда высота порога:

$$h_n = \frac{H\delta}{l} + \frac{\delta \sqrt{l^2 - \delta^2}}{2l} + (0,20 \text{ м} - 0,30 \text{ м}) + (0,02 \text{ м} - 0,04 \text{ м}). \quad (263)$$

Пренебрегая δ^2 вследствие его малости по сравнению с l^2 , получают:

$$h_n = \frac{H\delta}{l} + \frac{\delta}{2} + (0,20 \text{ м} - 0,30 \text{ м}) + (0,02 \text{ м} - 0,04 \text{ м}). \quad (264)$$



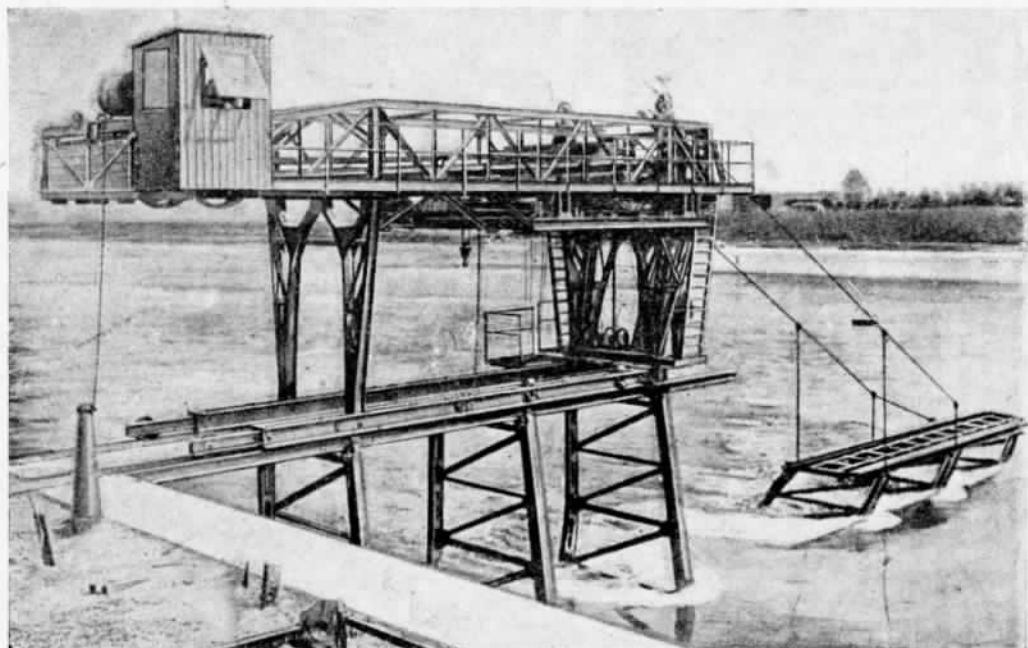
Фиг. 285.

Если фермы не укладывают одна на другую, то в формуле (260) принимают $\alpha = 0$, тогда:

$$h_n = \Delta - \frac{\delta}{2} + (0,20 \text{ м} - 0,30 \text{ м}) + (0,02 \text{ м} - 0,04 \text{ м}). \quad (265)$$

Так как устройство порогов отверстий, закрываемых затворами с фермами, не накладывающимися одна на другую, требует немало материала, то в последнее время были сделаны попытки строить плотины без порогов. Первая попытка — в плотинах на р. Маасе в Голландии — дала положительные результаты.

Для той же цели, для которой устраивают понижение флютбета за порогом, устой или бык, в который укладывают расположенную возле него ферму, ось вращения которой отстоит от него в расстоянии меньшем H , снабжают нишей. Этот устой или бык называют толстым.



Фиг. 286.

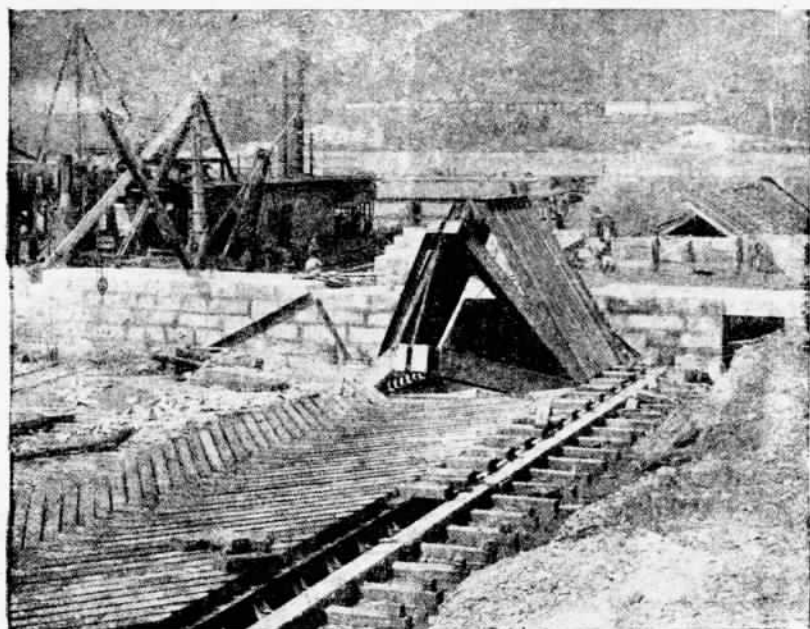
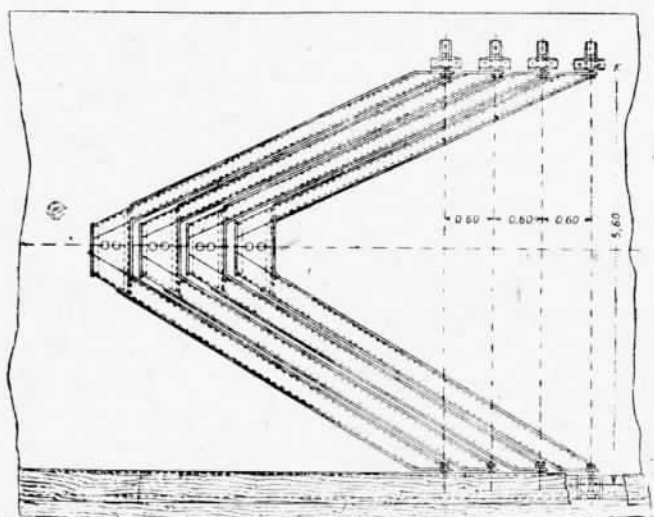
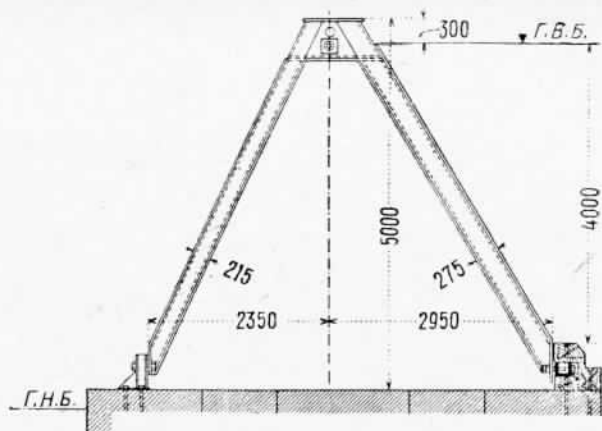
Глубину Γ (фиг. 280) ниши определяют выражением:

$$\Gamma = H - l + \eta, \quad (266)$$

где η — конструктивный запас от 0,10 м до 0,20 м, необходимый для свободного входа ферм в устой или в бык, прочие обозначения прежние.

Из предыдущих формул видно значение возможно большего увеличения l , позволяющего сделать размеры порога флютбета и толстого устоя или быка наименьшими.

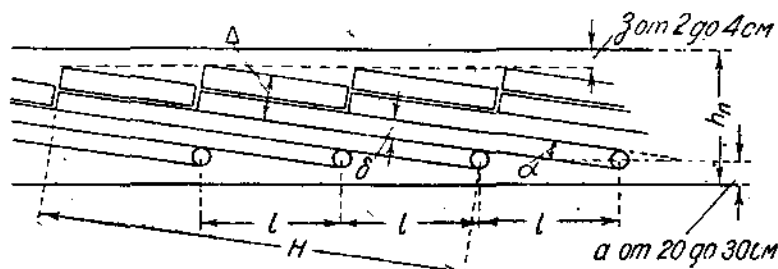
Новейшие затворы, имеющие наибольшие l , позволяют по сравнению с затворами, устроенными с малыми l , достичь наименьшей затраты материала, необходимого как для затворов, так и для постоянных частей, и вследствие этого достичь наименьшей стоимости тех и других. Помимо этого, они дают возможность выполнить постройку плотин проще и скорее, чем постройку плотин, имеющих затворы, устроенные с фермами с малыми l . Во время эксплуатации плотин они дают возможность производить сборку и разборку затворов достаточно быстро, а в реках, содержащих в воде соли, вредно действующие на металл, количество металла, находящегося постоянно в воде, — иметь наименьшим.



Фиг. 287.

§ 60. Связи между фермами и служебные мостики

Связи между фермами применяют для удержания ферм в вертикальном положении, особенно необходимом после установки или перед укладкой каждой фермы. При отсутствии связей поставленная ферма или ферма, назначенная к опусканию, будучи несвязанной с соседней, может упасть на флутбет.



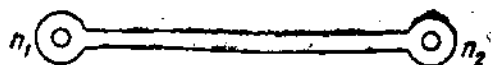
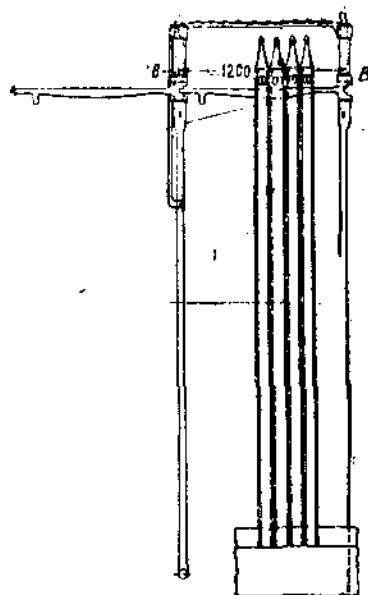
Фиг. 288.

Если служебные мостики не могут быть использованы для связи ферм, то фермы при малых l соединяют между собой, а также с устоями и быками железными полосами n_1, n_2 (фиг. 279 и 289). Полосы делают либо по типу, показанному на фиг. 279, либо в виде штанг, снабженных по концам проушинами, которыми их надевают на короткие вертикальные штыри, устроенные на фермах, и сверху прижимают гайками.

Если водоудерживающей конструкцией являются спицы, то их упорные балочки (фиг. 279) используют как связи между фермами. Сечения упорных балочек, подвергающихся небольшим нагрузкам, берут сплошными круглыми, а подвергающихся большим — полыми трубчатыми.

Для затворов временного типа (фиг. 306 части 1-й) упорные балочки b_1, b_2, b_3 и b_4 делают также из дерева.

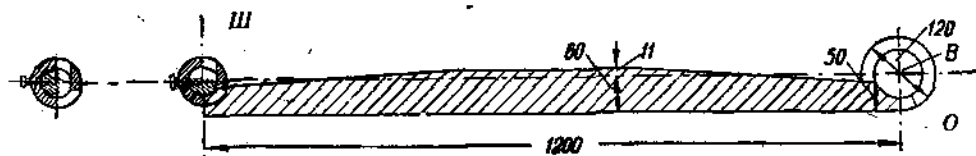
Для быстрого открытия отверстий плотин, закрытых спицами, упорные балочки делают вращающимися на одном конце B (фиг. 290 — плотины на р. Маасе в Бельгии) на вертикальной оси O , а другим опирают на цилиндрический шпindel $ш$, поворачиваемый во втулке $в$, прикрепленной к со-



Фиг. 289.

положение б

положение а



Фиг. 290.

седней ферме. Втулку и шпindel против прилегающего к ним конца упорной балочки делают с прорезами высотой, несколько большей высоты того конца, который упирают на стенку прорези шпинделя. После поворота шпинделя на вертикальной оси на 90° в положение б (фиг. 290), спицы поворачивают балочку и открывают отверстие. Чтобы они не уплыли в нижний бьеф, их подвязывают канатами к служебному мостику.

Приспособление этого типа было предложено впервые бельгийским инженером Куммером и с успехом применено для затворов плотин на р. Маасе в Бельгии и на р. Биг-Зенди в США.

Фермы системы инж. Томаса (фиг. 287), в поднятом положении соединяют между собой сверху крюками поворачиваемыми на вертикальных осях.

Служебные мостики делают шириной, достаточной для помещения рабочих и механических приспособлений для маневрирования водоудерживающими конструкциями, а также для проезда тележек, служащих для перевозки этих конструкций с берегов и обратно и, наконец, для временного помещения конструкций после удаления их из пролета или перед установкой для поддержания подпора. Если по мостику должны проходить пешеходы, ширину его делают достаточной для прохода в пределах примерно от 1 до 2 м. Для предотвращения падения людей в нижний бьеф мостики ограждают со стороны нижнего бьефа перилами, снимаемыми с мостиков перед их разборкой или перед укладкой на флютбет.

Мостики простейшего типа делают из сосновых досок толщиной от 3 до 4 см (фиг. 61), длиной по возможности кратной l и не более 6—7 м. Их укладывают по фермам вразбежку с прозорами одна от другой в 2—2,5 см. К фермам их прикрепляют планками n_1 , n_2 , из полосового железа, соединяемыми с фермами болтами.

Доски иногда собирают в щиты, каждый пролетом l , связывая вблизи их торцов поперечными брусками, скрепляемыми с досками болтами.

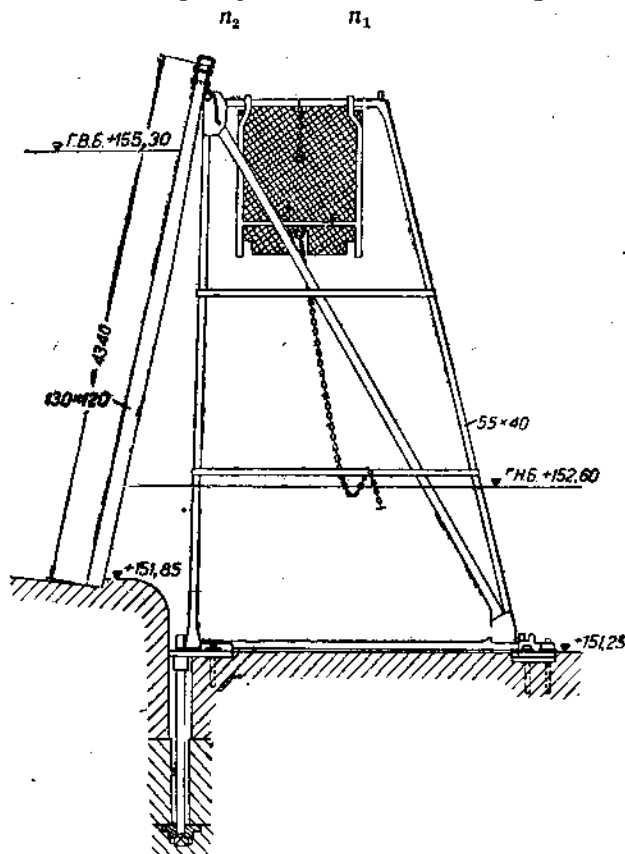
Укладку и разборку деревянных мостиков производят обычно вручную, подвозку же досок тележками, передвигаемыми по рельсовому пути, уложенному на фермах.

Мостики делают также из железа, которое берут, во избежание падений людей при проходе, особенно во время гололедицы, предпочтительно рифленое (фиг. 291—плотина у Нижних Бежковиц на р. Эльбе). Снизу железо укрепляют распорками и раскосами из фасонного железа.

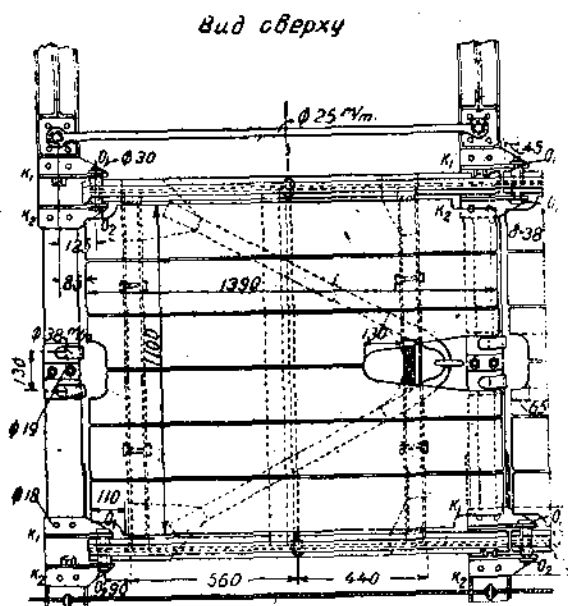
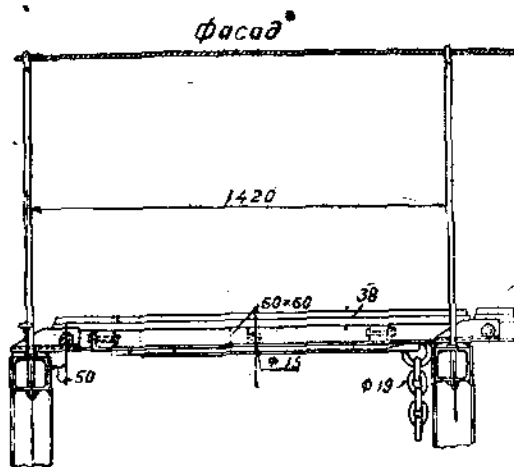
Железные мостики делают двух типов: первый, редко применяемый, — съемный, второй, более распространенный, — укладываемый на флютбет вместе с фермами (фиг. 279 и 291).

Мостики второго типа соединяют с фермами таким образом, что они могут поворачиваться относительно ферм на 90° ; для этой цели мостики простейших типов с одного конца насаживают посредством проушин (фиг. 291) на верхние стяжки ферм. Для соединения с фермами мостиков более сложных типов фермы снабжают сверху парными подшипниками в виде консолей k_1 и k_2 (фиг. 292—плотина у с. Кузьминского на р. Оке). Через консоли пропускают осевые валки $o_1 o_1$ и $o_2 o_2$, вокруг которых мостики могут поворачиваться.

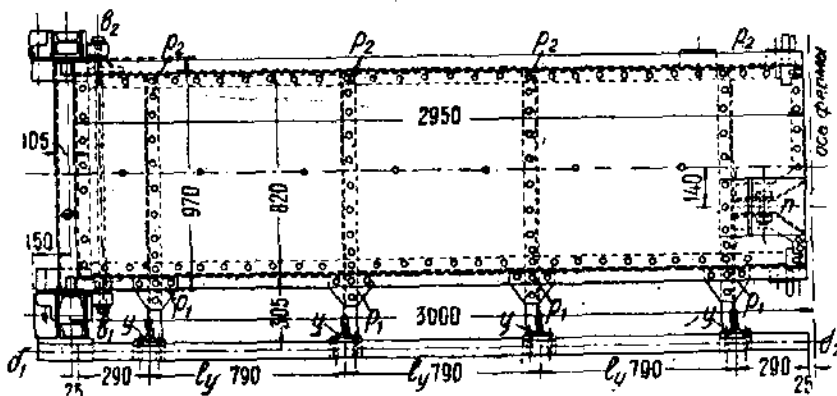
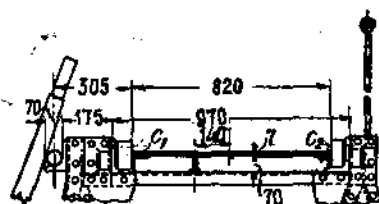
Мостики для пролетов примерно от 1,50 до 3,50 м делают в виде мостовых балок сплошного сечения (фиг. 293—плотина у Радунницы на р. Эльбе). Балки образуют из поясов, сделанных из фасонного железа и связанных посредством уголков c_1 и c_2 с горизонтальной стенкой, сделанной большею частью из риф-



Фиг. 291.



Фиг. 292.



ленного железа, укрепленного внизу распорками $p_1 p_2 \dots$ из фасонного железа. Для упора спиц к ним прикрепляют упорные балочки $b_1 b_2$, пролеты которых l_x берут в пределах от 0,75 до 1,5 м, а сечения—аналогичные указанным выше.

Распорки $p, p_2, \dots$ (фиг. 293) мостиков обычно размещают в тех сечениях, в которых прикреплены упорные балочки или в которых на мостики опирают промежуточные стойки. В этих местах к поясам мостиков прикрепляют либо захваты $y, y, \dots$ для поддержания упорных балочек, либо поковки для упора верхних частей промежуточных стоек.

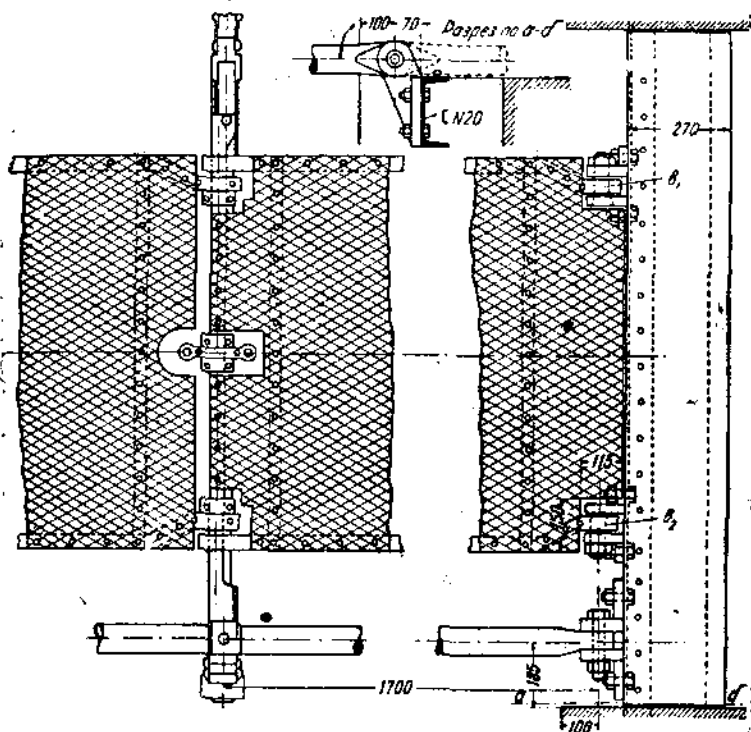
В одном конце поясов мостика просверливают отверстия, необходимые для пропуска глухих осевых валов $\phi_{1\phi_2}$ (фиг. 293), а в другом — отверстия для пропуска болтов, снимаемых во время разборки затвора. В этом же конце прикрепляют петли Π для захвата тяговыми цепями.

Участок затвора между толстым устоем или быком и первой ближайшей к нему фермой перекрывают либо коротким элементом служебного мостика, либо металлической плитой (фиг. 294—плотина на обходном канале р. Одера вокруг Бреславля), поворачиваемой на горизонтальном валу или на вальках σ_1 и σ_2 , прикрепленных к верху толстого устоя или быка.

Для предохранения от повреждения льдом или плавающими предметами плиту поворачи-

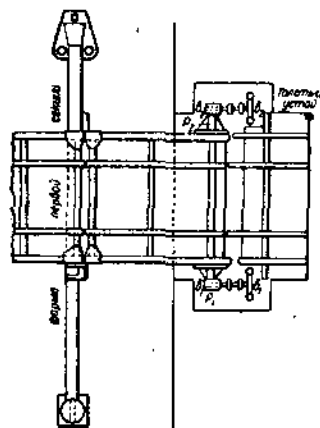
вают во время разборки затвора книзу устоя или быка. Устроенные таким образом плиты называют концевыми клапанами (немецк. Blindklappe).

Для регулирования положения ферм и для устранения в них напряжений от изменения температуры связи между фермами и мостики насаживают на фермы с достаточной свободой. Для этой же цели на одной из опор устраивают регулирующие стяжные приборы p_1 и p_2 (фиг. 295—плотина у Литомрежа) в виде салазок, скрепленных с элементами мостика, примыкающими к этой опоре; салазки передвигают посредством парных горизонтальных винтов $\theta_1\theta_1$ и $\theta_2\theta_2$, вращаемых вручную.



Фиг. 294.

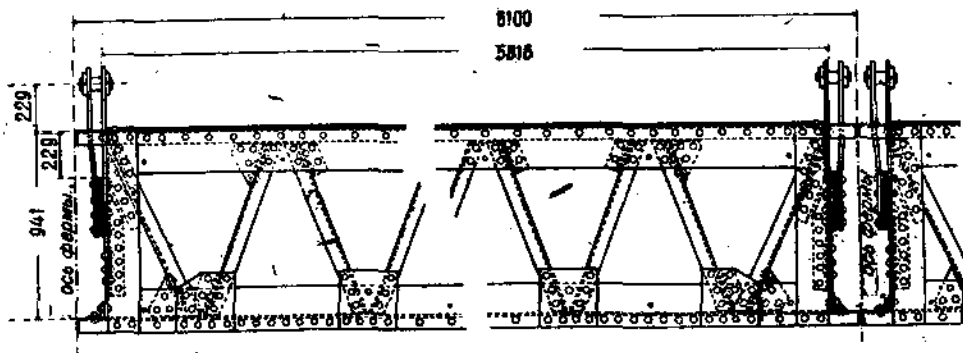
Мостики для более значительных пролетов делают из горизонтальных сквозных ферм (фиг. 63 и 296—плотина № 1 и 2 на р. Биг-Зенди) и из проезжей части, которую устраивают либо подобно тому, как было



Фиг. 295.

указано на стр. 171, либо из железных листов. Листы прикрепляют к фермам либо непосредственно, либо посредством стоек c_1c_1 и c_2c_2 (фиг. 63).

Фермы мостиков образуют из параллельных поясов коробчатого или двутаврового сечения, из распорок и диагоналей (фиг. 297—плотина у с. Фау-



Фиг. 296.

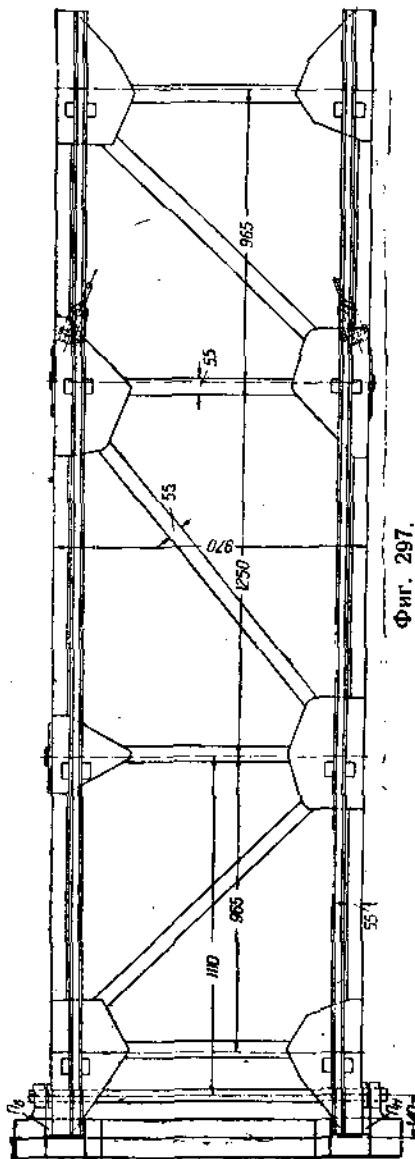
стово на р. Москве) или из одних диагоналей (фиг. 296). Распорки и диагонали делают из швеллеров или из уголков. В первом случае диагонали направляют таким образом, чтобы от действия горизонтальных нагрузок они работали на растяжение.

Пояса обоих мостиков насаживают на осевые валы с достаточной свободой, устраняющей возможные напряжения от изменений температуры и неточностей

при монтаже поддерживающих конструкций. В случае надобности применяют стяжные регулирующие приборы.

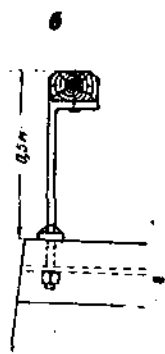
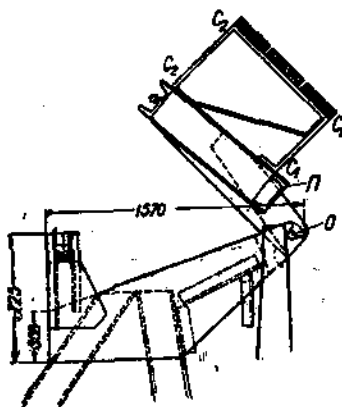
Чтобы балки не подвергались постоянным напряжениям от вертикальной нагрузки, мостики концами опирают на верхние стяжки ферм, для этой цели под поясами мостиков и на верхних стяжках ферм прикрепляют подушки n , и n_1 (фиг. 297).

Для упора спиц на мостики к передним поясам мостиков прикрепляют упорные балочки таким же образом, как и к мостикам со сплошной горизонтальной стенкой.



Для быстрой разборки спиц плотин № 1 и 2 на р. Биг-Зенди была осуществлена особая конструкция (фиг. 63 и 298), состоящая в том, что спицы были оперты сверху не на упорные балочки, а на передние пояса Π служебных мостиков; мостики же были устроены поворачиваемыми на горизонтальных осях O , расположенных на фермах параллельно поверхности спицевого заграждения. Если мостик поворачивают так, как показано на фиг. 298, спицы лишаются поддержания сверху и освобождают отверстие. Вращение мостиков производят при помощи кранов, установленных на понтонах, плавающих в верхнем бьефе.

Если водоудерживающие конструкции состоят из щитков, то в тех случаях, когда расстояния между фермами малы — на фермах со стороны верхнего бьефа, а когда значительны, — на служебных мостиках, устраивают перильца (фиг. 299), на которые во время вытаскивания щитков опираются рабочие. Перильца делают из горизонтального деревянного бруса b , поддерживаемого железными стойками на высоте около 0,5 м над служебным мостиком.



Фиг. 298.

Фиг. 299.

Если водоудерживающие конструкции состоят из щитов, то на фермах устанавливают железные вертикальные рамы p_1, p_2, p_3, p_4 (фиг. 33), а к фермам прикрепляют сверху вертикальные надставки H_1 и H_2 с круглыми отверстиями O для пропуска съемных штырей $ш_1$ и $ш_2$, удерживающих рамы.

Для передвижения подъемных механизмов и катучих тележек на мостиках устраивают рельсовые пути, которые делают либо общими для тех и других (фиг. 61), либо отдельными. Последние применяют в тех случаях, когда для подъема водоудерживающих конструкций применяют краны (фиг. 52, а). Пути для этих тележек располагают большей частью внутри путей для кранов.

Если фермы расположены одна от другой на небольших расстояниях, то те и другие укладывают непосредственно на фермах (фиг. 292), а если на боль-

ших,—то на служебных мостиках. Рельсы чаще всего применяют Виньольевского типа и реже—других типов. Ширину колеи берут предпочтительно 1 м.

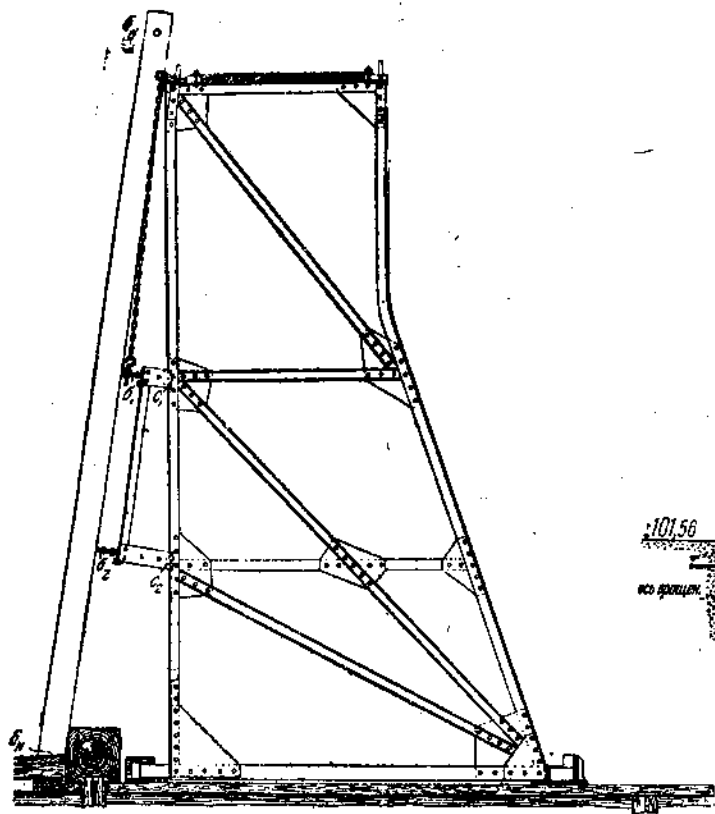
Если служебные мостики сделаны из рифленого железа, рельсы склепывают вместе с железом и во время укладки поддерживающих конструкций вместе с мостиком опускают на флютбет. К мостикам, сделанным в виде решетчатых ферм, рельсы прикрепляют примерно таким же образом, как к фермам, показанным на фиг. 61.

§ 61. Промежуточные поддерживающие конструкции

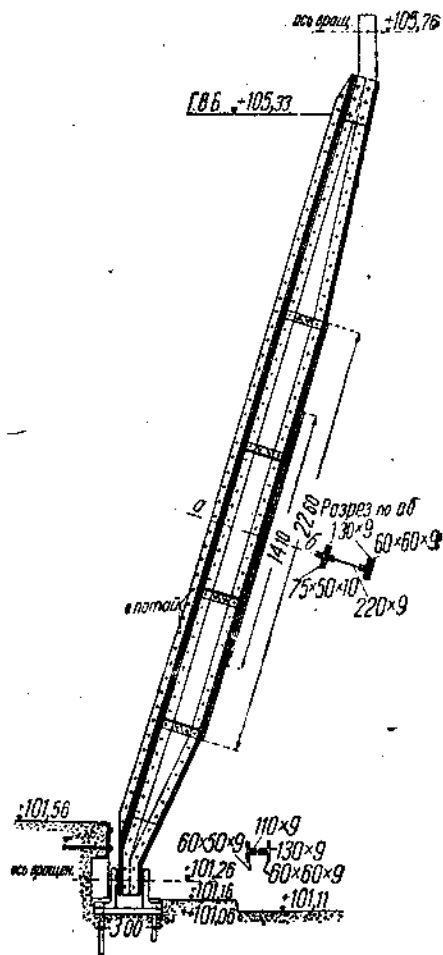
К промежуточным поддерживающим конструкциям относятся горизонтальные балки, применяемые для поддержания спиц затворов, показанных на фиг. 306 части 1-й и на фиг. 64, а также промежуточные стойки, показанные на фиг. 281, 282 и 283, применяемые для поддержания щитков и щитов.

Первые делают из сосновых брусьев b_1 , b_2 , b_3 и b_4 , скрепленных болтами с уголками, прикрепленным в свою очередь к фермам.

Вторые для затворов старых типов делали в виде деревянных стоек б,б_н (фиг. 300, а—старая плотина у с. Фаустово), которые опирали на фермы, на флютбеты и на



Фиг. 300, а.



Фиг. 300,б.

промежуточные металлические балки b_1 и b_2 , прикрепленные к коротким стойкам $b_1 c_1$ и $b_2 c_2$, передававшим давление от стоек $b_1 b_2$ на узлы передних ног ферм; для затворов новых типов стойки делают в виде двутавровых балок из прокатного или из фасонного и полосового железа, к которым для стоек инж. Шварцера

спереди прикрепляют низкий швеллер или два уголка (фиг. 300, б), склепанные по вертикальным полкам потайными заклепками.

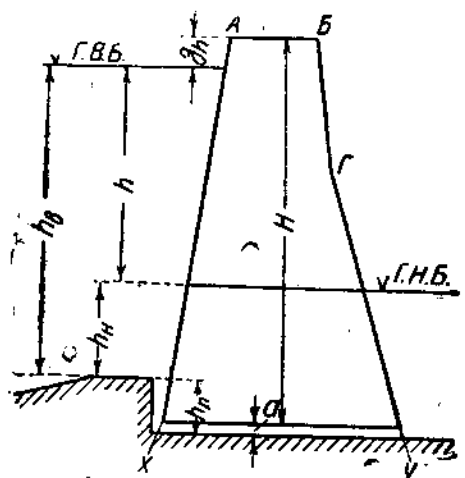
Небольшие металлические стойки делают одинаковой ширины по всей их длине. Стойкам больших размеров дают с боков очертания, приближающиеся к форме балок равного сопротивления изгибу (фиг. 300 б).

Для упора стоек Шварцера в служебные мостики, стойки делают сверху с отгибами в вертикальном направлении, а для связи с осевыми валками мостика, в них делают овальные отверстия таких размеров, чтобы стойки могли быть сложены с фермами и мостиками. Для той же цели к нижним концам стоек прикрепляют отливки с проушинами, оси которых располагают от плоскости симметрии стоек на таком же расстоянии, на каком располагают оси вращения служебных мостиков от плоскости симметрии ферм. В случае применения подшипников, имеющих оси, расположенные выше осей вращения ферм (фиг. 282), нижние отливки делают с проушинами, оси которых располагают в плоскости симметрии стоек.

Поддерживающие стойки (см. стр. 166) делают из швеллеров или из двутавров и по концам снабжают отливками или поковками более простого типа, чем поковки промежуточных стоек.

§ 62. Фермы. Их типы и формы

Высоту ферм определяют в зависимости от действующего на плотину подпора (h) (фиг. 301) и от положения горизонта воды нижнего бьефа относительно порога.



Фиг. 301.

Обозначая через h_n возвышение горизонта нижнего бьефа относительно порога плотины, высоту фермы H от оси вращения до ее верха определяют выражением:

$$H = h + h_n + h_n - a + z_h, \quad (267)$$

где: z_h — возвышение верха фермы над самым высоким горизонтом верхнего бьефа, принимаемое в пределах от 0,30 до 0,50 м, прочие обозначения прежние.

Низ служебных мостиков располагают примерно на такой же высоте, как и верх верхних горизонтальных стержней ферм, называемых верхними стяжками, на которые обычно укладывают эти мостики.

Очертания ферм образуют в зависимости от принятого типа вододерживающих конструкций, от способов, применяемых при установке и укладке последних и наконец от

высоты ферм и берут обычно близким к форме трапеций.

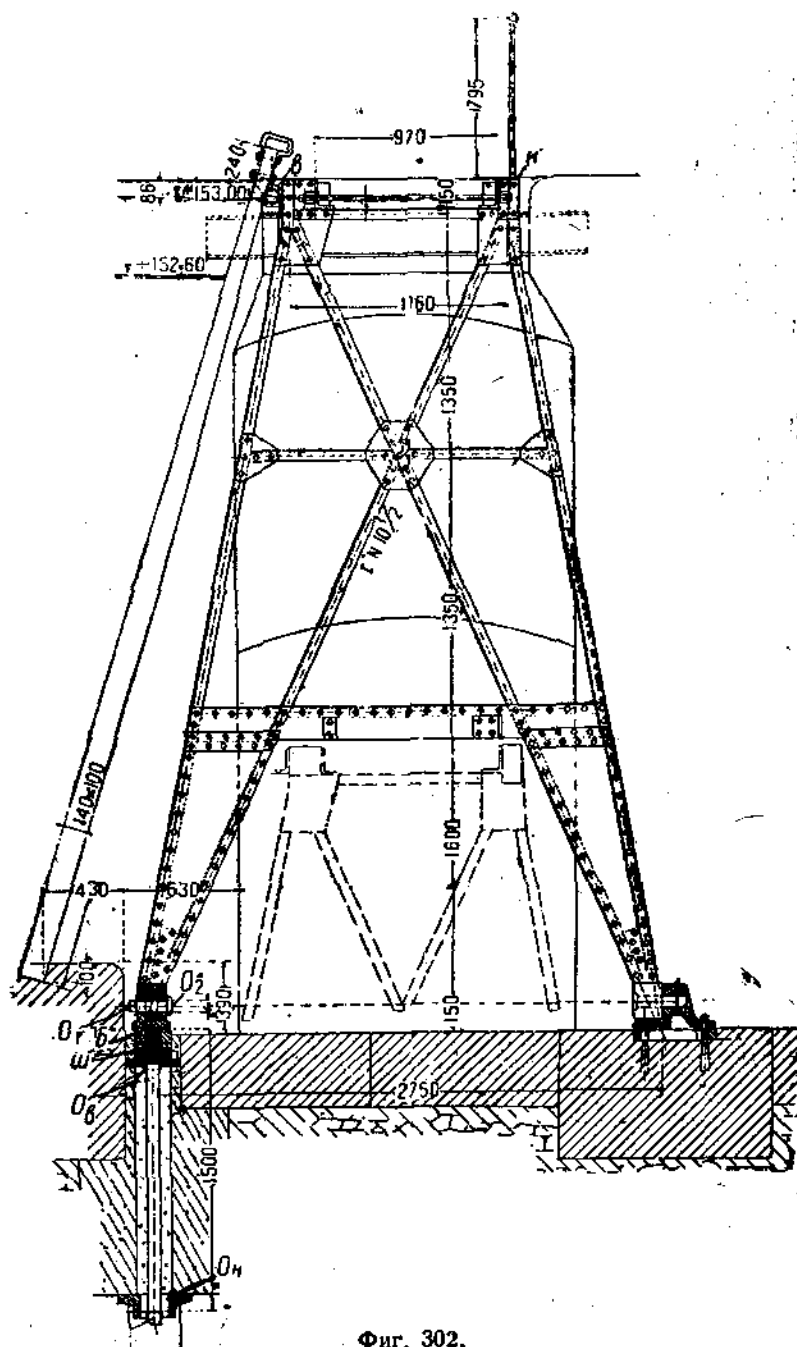
Длину верхних стяжек ферм назначают в зависимости от ширины служебного мостика, которую определяют согласно указаниям § 60. Со стороны верхнего бьефа фермам дают обычно прямолинейные очертания. Их стержни, поддерживающие вододерживающие конструкции или наиболее близкие к этим конструкциям, называют передним поясом или передней ногой. Стержни, ограничивающие фермы со стороны нижнего бьефа, называют задним поясом или задней ногой.

Переднему поясу по большей части дают наклон к вертикали, определяемый в зависимости от типа вододерживающих конструкций, а поясу полупортальных ферм — также в зависимости от соотношения между l и H .

Передние пояса ферм системы инж. Пуарэ, поддерживающих спицы или стойки, устроенные по типу, показанному на фиг. 126 и 281, делают вертикальными или близкими к вертикальным, пояса же ферм, поддерживающих прочие типы вододерживающих конструкций делают с уклонами в пределах от $1/7$ до $1/10$.

Передние пояса полупортальных ферм, поддерживающих спицы, делают также несколько наклонными (фиг. 302 — плотина у Радницы на р. Эльбе). Передние

пояса тех же ферм, поддерживающих промежуточные стойки системы Шварцера, делают в зависимости от уклона стоек (фиг. 303), который назначают в свою очередь в зависимости от ширины стойки (s), от наименьшего расстояния между



Фиг. 302.

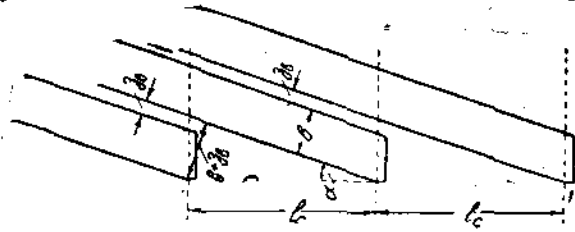
их кромками в уложенном положении (з.) и от l_0 и определяют следующим выражением:

$$i = \text{tang arc sin } \frac{\theta + s_2}{l_2}, \quad (268)$$

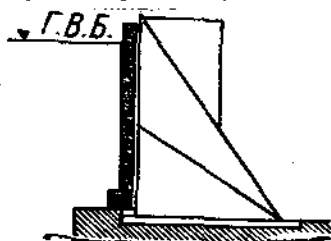
где δ — определяют из условия прочного сопротивления стоек действующим на них силам, а z , берут примерно от 2,5 до 3,5 см.

Ширину ферм Пуарэ по низу, т. е. длину их нижних стаячек берут не-
много большей половины высоты ферм H .

Задний пояс ферм в большинстве случаев делают прямолинейным; его уклон ставят в зависимость от ширины фермы по низу ХУ (фиг. 301) и от поло-

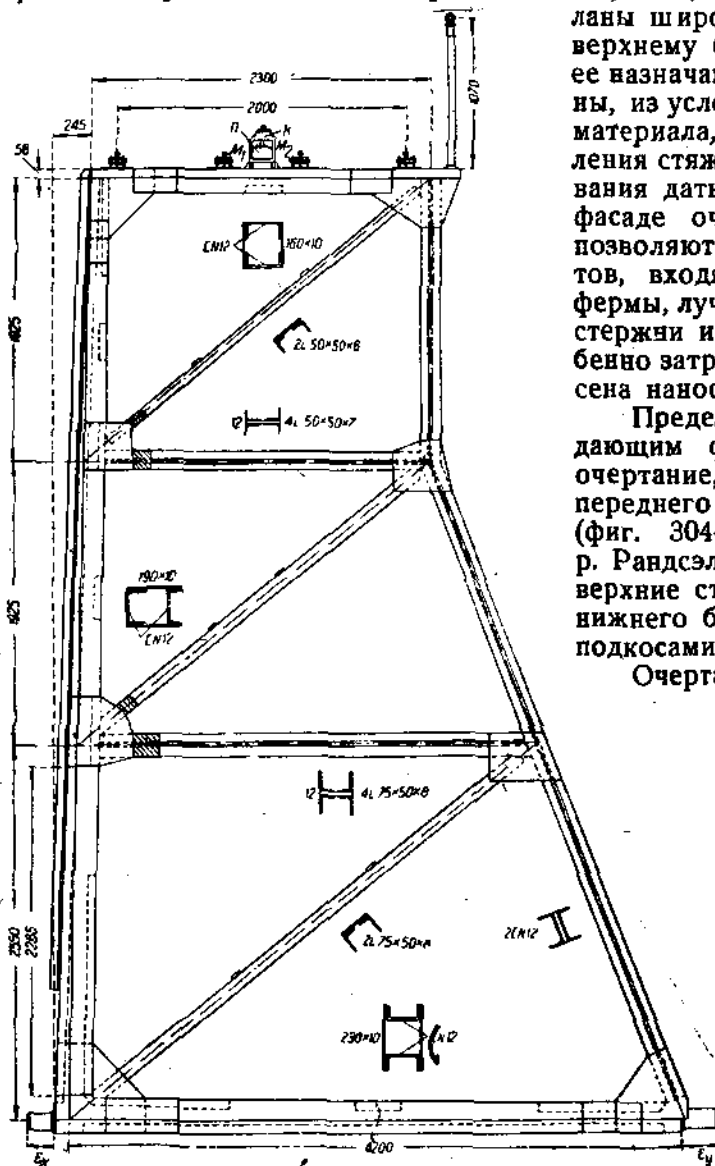


ФИГ. 303.



ФИГ. 304.

жения точки *Б* (фиг. 52), а) прикрепления пояса к верхней стяжке ферм. Точку *Б* выбирают либо у низового конца верхней стяжки, либо, если служебные мостики сде-



Фиг. 305.

ланы широкими, несколько ближе к верхнему бьефу; в последнем случае ее назначают, исходя, с одной стороны, из условия наибольшей экономии материала, необходимого для изготовления стяжки, а с другой — из требования дать ферме более суженные в фасаде очертания. Такие очертания позволяют уменьшить длины элементов, входящих в состав заполнения фермы, лучше загрузить некоторые ее стержни и облегчить ее подъем, особенно затруднительный, если она занесена наносами.

Предельным положением точки *Б*, дающим ферме наиболее суженное очертание, является место соединения переднего пояса с верхней стяжкой (фиг. 304—плотина у Бергсфоса на р. Рандсэльф в Норвегии). Устраивая верхние стяжки со свесами в сторону нижнего бьефа, свесы поддерживают подкосами *БГ*.

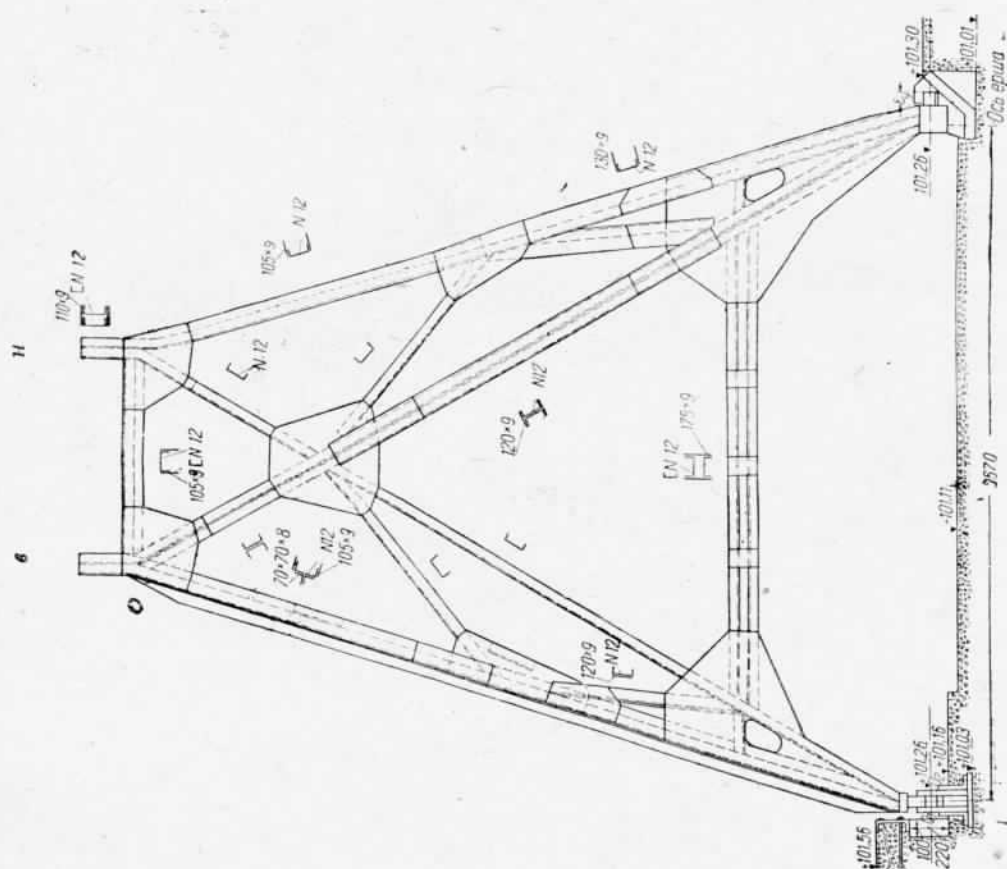
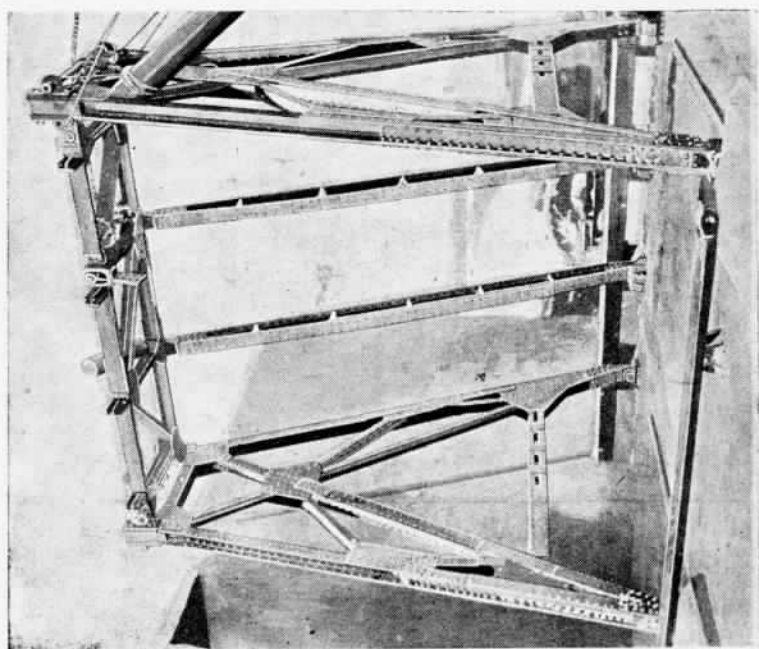
Очертания задних поясов ферм большой высоты делают ломаными с вогнутостью, обращенной в сторону нижнего бьефа (фиг. 305—плотина Знаменитая на р. Сухоне).

Для придания задним поясам полупортальных ферм одинакового вагона с передними, ширину этих ферм по низу (срут несколько большей, чем указано на стр. 177 для ферм Пуара.

Давая полупортальным фермам такие очертания, хотя и оказывается возможным уменьшить усилия в некоторых стержнях ферм, а также давления их на подшипники и упростить разметку и сборку ферм, но при-

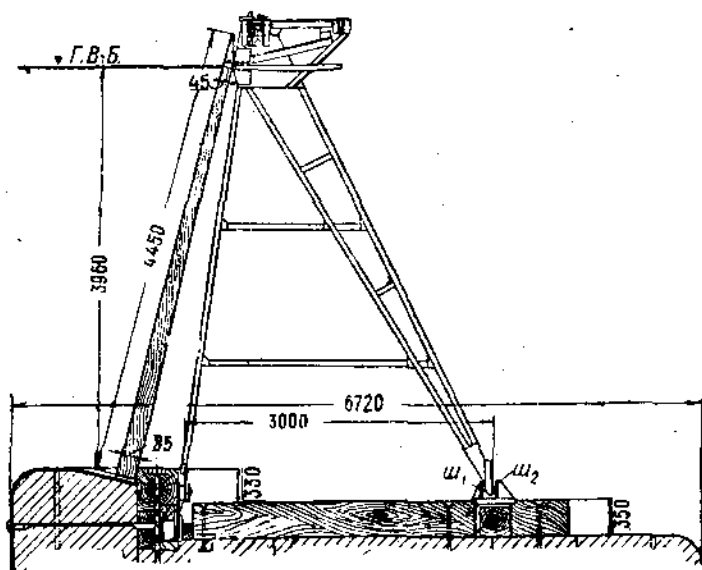
ходится увеличивать длины всех стержней. В окончательном результате стоимости ферм, имеющих как симметричное, так и несимметричное очертание ног, получается примерно одинаковой.

Заполнение ферм Пуарэ малой высоты (фиг. 291), а также полупортальных ферм, поддерживающих спицы (фиг. 302) и щиты (фиг. 126), делают обычно под-

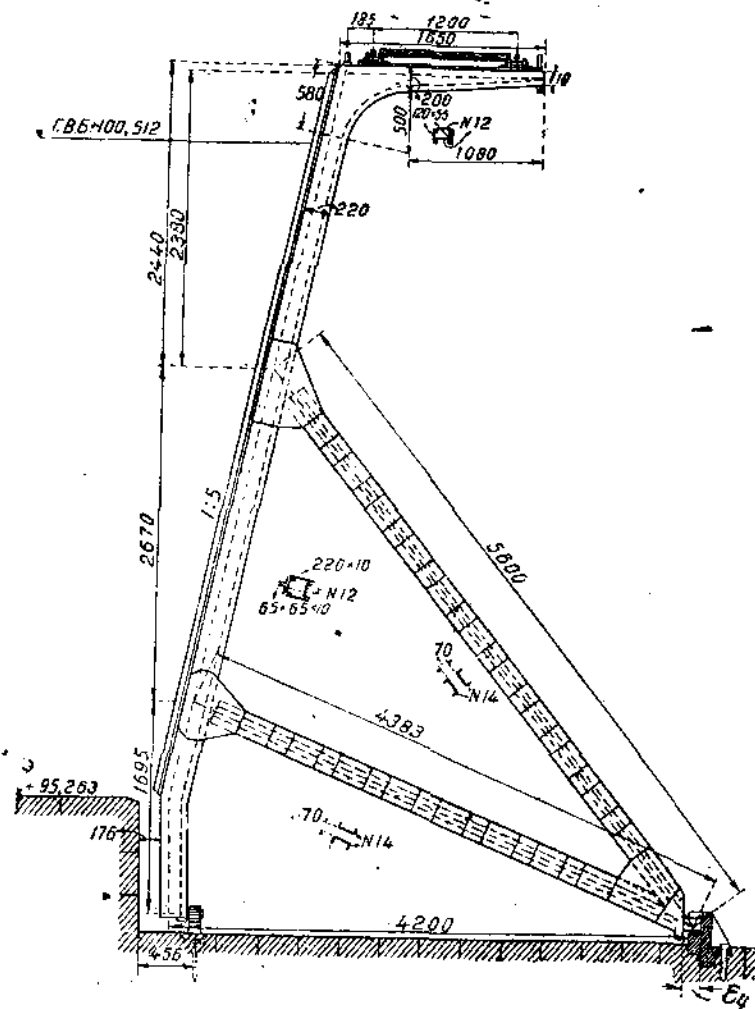


Фиг. 306.

косной системы; заполнение ферм прочих типов делают большей частью раскосной системы, образованной из горизонтальных стяжек и диагоналей (фиг. 305), а иногда смешанной, образованной из раскосов и диагоналей (фиг. 306—новая плотина у Фаустова).



Фиг. 307.



Фиг. 308.

Заполнение ферм подкосной системы значительной высоты обычно укрепляют промежуточными стяжками (фиг. 126, 284, 291 и 302), которые применяют для придания поясам и раскосам большей жесткости при продольном изгибе. Нижние стяжки этих ферм, подобно полупортальным фермам, могут отсутствовать.

Фермы без нижних стяжек несколько отличной от показанных на фиг. 126, 302 и 306 конструкции были применены для закрытия плотины у Луизы на р. Биг-Зенди (фиг. 307) и у нас, в виде опыта по предложению проф. Пузыревского, для закрытия плотины у с. Кузьминского на р. Оке (фиг. 308).

Для ферм с раскосным заполнением количество стяжек и следовательно число панелей назначают, исходя из условия возможно меньшей затраты материала для изготовления ферм. В зависимости от высоты ферм число панелей берут от двух до пяти.

Так как вес ферм в значительной степени зависит от поперечных размеров ног, особенно когда водоудерживающие конструкции опираются на передние ноги, то при выборе числа панелей прежде всего имеют в виду достичь наименьшего расхода материала для устройства ног.

Раскосам дают либо восходящие направления—от нижних передних узлов к верхним задним (фиг. 281 и 305), либо нисходящие (фиг. 309—плотины № 2, 3, 4 и 5 на р. Сев. Донце). В первом случае раскосы работают преимущественно на растяжение, во втором—на сжатие, соответственно с

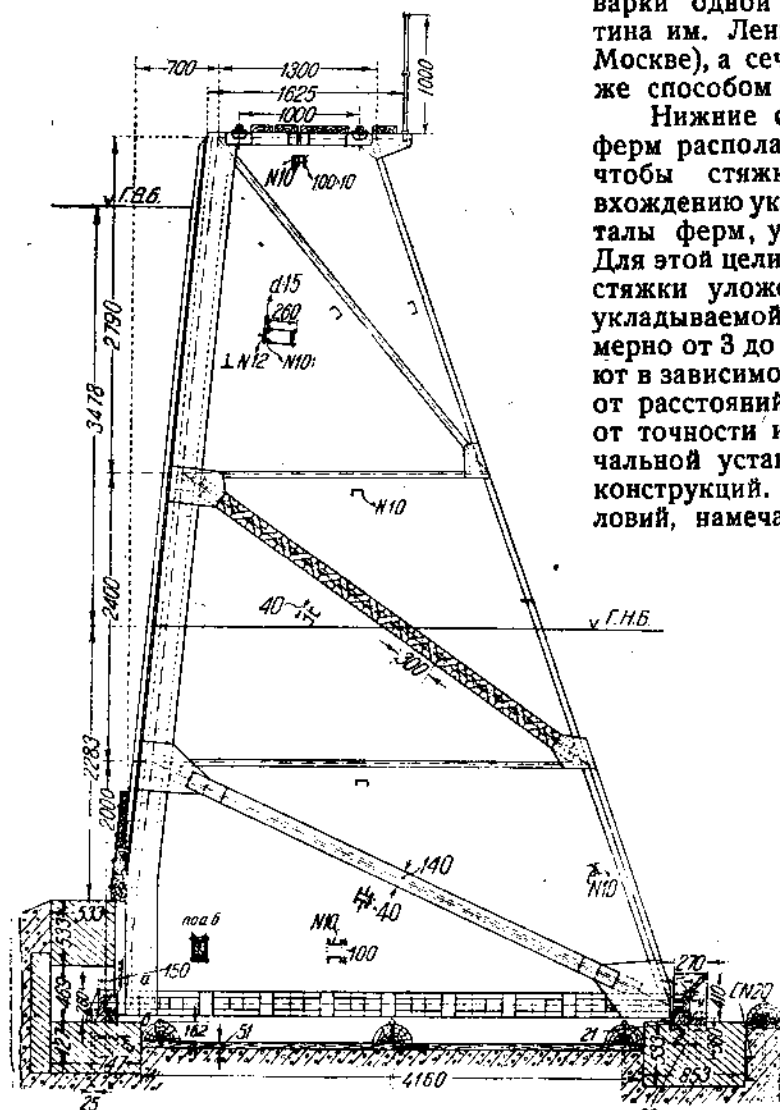
Как бы не было намечено заполнение ферм системы Пуаре, металл многих элементов ферм, когда они расположены одна к другой на малых расстояниях (1), работает с значительной недогрузкой, и вес ферм весьма значителен.

варки одной панели (фиг. 310—плотина им. Ленина у с. Перервы на р. Москве), а сечения их стержней таким же способом увеличивают.

ферм этого типа. Если, выбранное на основании этих условий, заполнение ферм препятствует вложению укладываемых ферм в порталы уложенных ранее, то должны быть изменены либо уклон i передних ног ферм, либо расстояния между фермами l .

В прежнее время, когда применяли фермы малой высоты, их делали из брускового железа, в настоящее же время делают из фасонного и полосового.

Вследствие возможных дрожаний стержней во время перелива воды из верхнего бьефа в нижний и отчасти во время провоза подъемных механизмов, служащих для маневрирования водоудерживающими конструкциями и катучих тележек, мягких сечений обычно избегают применять.

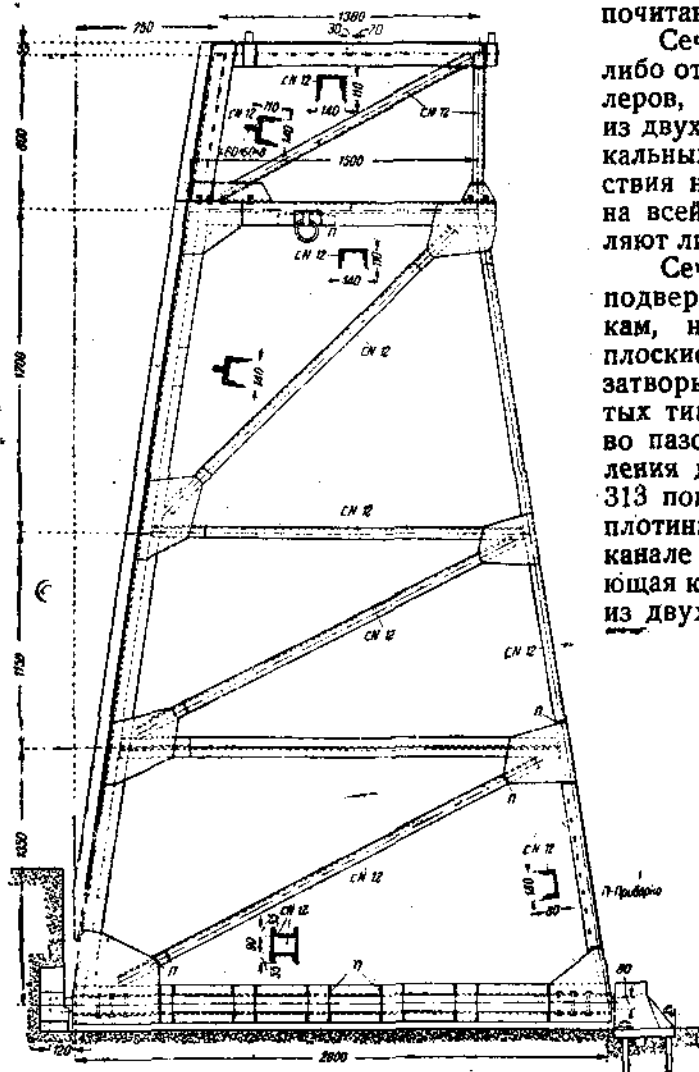


Фиг. 369.

Сечения стержней больших ферм берут предпочтительно двустенчатые, образуемые для поясов из швеллеров и парных вертикальных листов; для менее нагруженных стержней ограничиваются двумя швеллерами и даже одним, прикрепляемым к фасонкам или к вертикальным листам их толстыми полками; для более нагруженных стержней, например для передних поясов и верхних стяжек, кроме вертикальных листов нередко применяют два швеллера, образуя закрытые со всех сторон сечения (фиг. 309), которые однако, вследствие трудности их осмотра и ремонта, предпочитают открытым.

Сечения нижних стяжек делают либо открытого типа из двух швеллеров, либо закрытого (фиг. 312) из двух швеллеров и двух вертикальных листов. В случае отсутствия надобности устраивать листы на всей длине стяжки, листы оставляют лишь по концам стяжек.

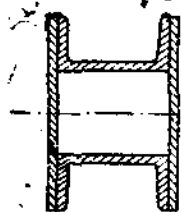
Сечения передних ног ферм, подвергающихся большим нагрузкам, например поддерживающих плоские подъемные металлические затворы, берут достаточно развитых типов, допускающих устройство пазов, необходимых для направления движения затворов. На фиг. 313 показано сечение ноги фермы плотины у Кайзербада на обходном канале в Вене, водоудерживающая конструкция которой состоит из двухъярусных затворов.



Фиг. 310.



Фиг. 311.



Фиг. 312.

Сечения ног полупортальных ферм берут как открытого, так и закрытого (фиг. 302 и 306) типов, а сечения ног порталных ферм (фиг. 287) закрытого.

Сечения передних ног делают по длине ног либо одинаковыми, либо с равномерным увеличением книзу; последнее делают либо только на протяжении верхней панели (фиг. 314—плотина у ст. Кочетовской на р. Дону), либо на всей длине ноги.

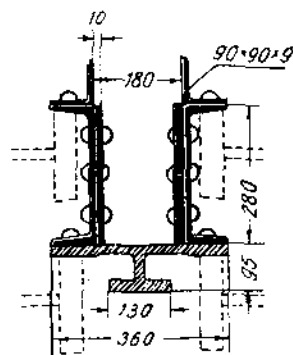
Взаимное соединение всех стержней ферм, так же, как и стержней мостиков и промежуточных поддерживающих конструкций, делают заклепками, но применяют сварку, она является особенно желательной для соединения стержней ферм системы Пуарэ, так как помимо экономии в металле по сравнению с

клепкой благодаря уменьшению Δ (см. стр. 167), она позволяет уменьшить высоту порога $h_{\text{п}}$.

Для упора ферм системы Пуарэ в подшипники, фермы снабжают внизу либо Т-образными отливками, приболченными к их нижним стяжкам (фиг. 32 части 1-й и (фиг. 315—плотина у Ля-Мюлььера на р. Соне), либо штырями E_x и E_y (фиг. 305 и 309), длиной около 10 см, сделанными по концам стяжек в виде круглых валков. Со стороны нижних стяжек, сделанных из полосового и фасонного железа, хвосты штырей оставляют в виде прямоугольных брусьев, которые соединяют с нижними стяжками малых ферм заклепками, а больших ферм—горизонтальными и вертикальными болтами.

Полупортальные фермы снабжают снизу отливками, которые прикрепляют к ногам и раскосам посредством болтов; для этой цели отливкам в местах соединения с фермами дают приливы, через которые пропускают соединяющие болты. Передние отливки (фиг. 281, 302 и 306) ниже внешних очертаний стержней ферм делают в виде проушин, через которые пропускают осевые валки o_1 o_2 передних подшипников. Задние отливки делают либо одинакового типа с передними, либо в виде болванок со вставленными в них горизонтальными штырями (фиг. 306), служащими для направления ферм во время их вращения.

Для ферм некоторых плотин на р. Огайо передних опорных отливок не применили и вставили осевые валки $ш_1$ $ш_2$ (фиг. 307) в железные обделки концов ног.



Фиг. 313.

§ 64. Подшипники ферм и стоек

Наиболее ответственными подшипниками ферм, воспринимающими значительные давления, являются задние. Для ферм малого и среднего размеров их отливают из чугуна, для ферм больших размеров—из стали. Размеры подшипников по низу определяют из условия прочного сопротивления на смятие под ними флютбета и образуют для ферм, сделанных по типу, показанному на фиг. 122 и 189, большей частью в виде-образных отливок, а для ферм, поворачиваемых на горизонтальных осях—в виде совков, в которые заводят фермы посредством выступающих на длину e , штырей (фиг. 295, 302, 305, 306, 308 и 309).

В задних подшипниках полупортальных ферм ниже верхних раструбов совков, делают чашки, служащие для восприятия давления от ферменной отливки (фиг. 302 и 306). Размеры боковых поверхностей совков определяют из условия прочного сопротивления их срезанию во время вращения ферм.

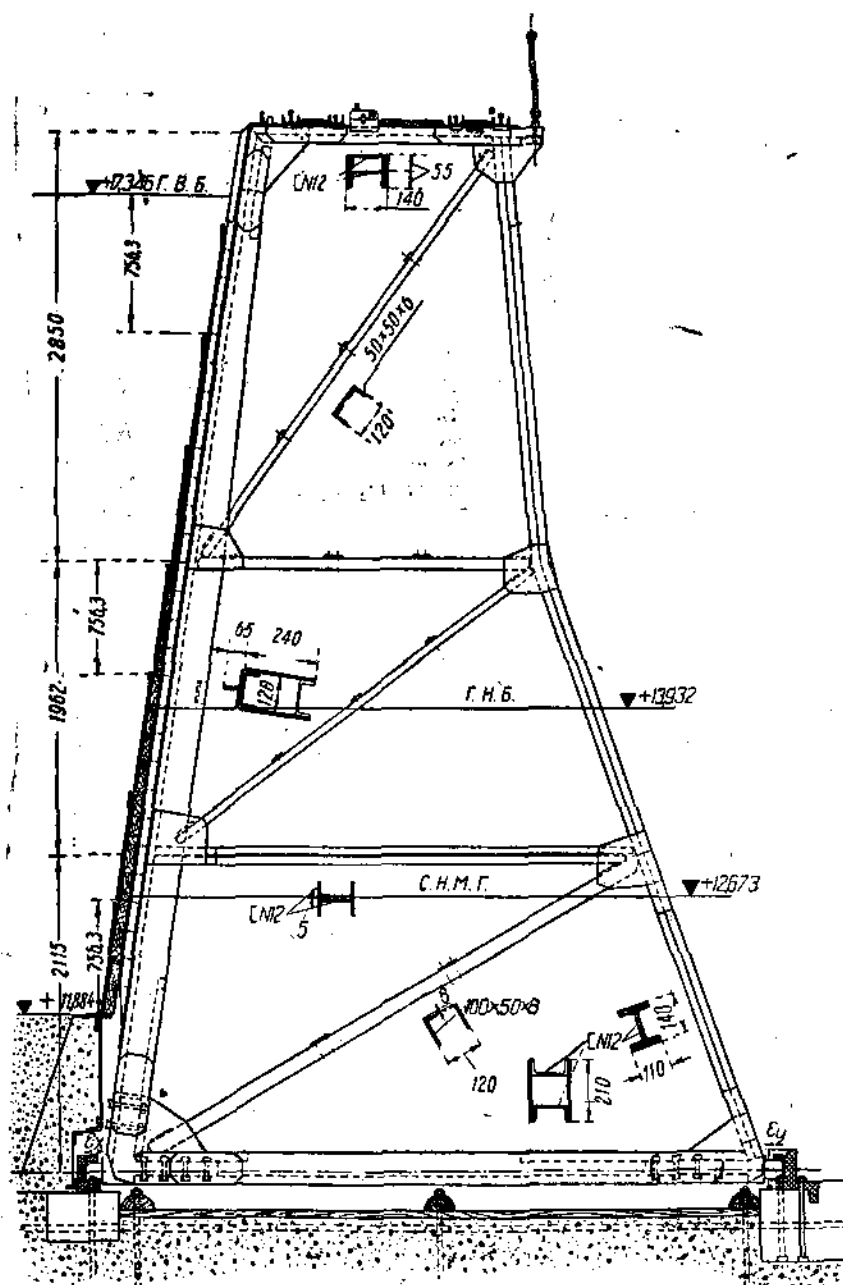
Для сопротивления задних подшипников сдвигающим усилиям, передаваемым фермами, подшипники заделывают в флютбет, и по нижним поверхностям снабжают упорными зубьями $з$ (фиг. 309). Глубину заделки определяют из условия прочного сопротивления на смятие флютбета в месте упора на него подшипников.

Если опорные отливки задних ног ферм сделаны в виде проушин, то подшипники делают в виде двух вертикальных стенок $с$ и $с$ (фиг. 315), параллельных порогу плотины, отлитых как одно целое с горизонтальными упорными плитами r_1 r_2 . Через стенки $с$ и $с$ пропускают осевые болты o_1 o_2 , которые стягивают гайками, а на последние для предотвращения развинчивания навинчивают еще контргайки. Прикрепление подшипников к флютбету делают закладными и ершенными болтами.

Передние подшипники не воспринимают столь значительных усилий, как задние, так как на них передаются главным образом вертикальные составляющие опорных реакций и притом обычно меньшие, чем на задние подшипники; в виду того, что передающиеся на них составляющие действуют на вырывание подшипников, их делают более сложными чем задние. Для ферм Пуарэ,

сделанных по типу, показанному на фиг. 122 и 189, и вращаемых на горизонтальных осях, передние подшипники делают двух типов:

первый—закрытый, применяемый для ферм, установленных на массивные флютбеты, устраивают в виде чугунной отливки, втолпленной в кладку порога. Его прикрепляют снизу анкерным болтом, заделанным в флютбет (фиг. 261)



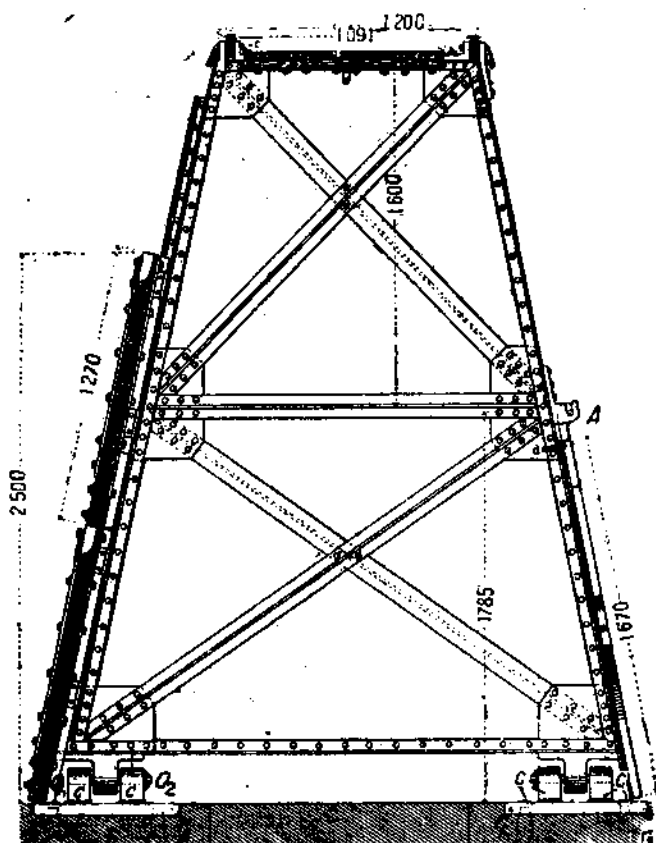
Фиг. 314.

Внизу болт удерживают анкерной подушкой, либо отлитой из чугуна, либо сделанной из обрезков фасонного железа;

второй—открытый (фиг. 122, 189, 300а, 308, 309 и 315), применяемый для ферм, установленных как на массивных, так и на деревянных флютбетах.

Его отливают либо из чугуна, либо из стали и прикрепляют также посредством болтов с анкерными подушками снизу.

Передний подшипник полупортальных ферм делают в виде втулки сверху с развилкой для пропуска осевого вала (фиг. 302), и с нарезкой навинчиваемой на анкерный болт, нижней головке α которого дают форму молотка. Для закладки болта в флютбет болт опускают в отверстие o, o_1 флютбета, заводя головкой под анкерную плиту, и затем поворачивают на 90° . Чтобы болт не упал во время навинчивания втулки, его поддерживают шайбой $ш$.



Фиг. 315.

Так как размеры отверстий o, o_1 делают большими, чем диаметр болтов, то описанная конструкция подшипника обеспечивает передачу на него вертикальных давлений в достаточной степени. Учитывая необходимость ослаблять флютбет отверстием o, o_1 , предпочитают применять подшипники, сделанные по типам, показанным на фиг. 281, 306 и 315, которые воспринимают предпочтительно вертикальные усилия.

Для ферм некоторых плотин на р. Огайо вместо подшипников применяют лишь горизонтальные вадки, заделанные в порог флютбета (фиг. 307).

Подшипники для промежуточных и поддерживающих стоек делают по тому же типу, как и подшипники, показанные на фиг. 281 и 315. Подшипники для промежуточных стоек отливают большей частью из стали, а для поддерживающих, подвергающихся малым давлениям — из чугуна, а подвергающихся большим — также из стали.

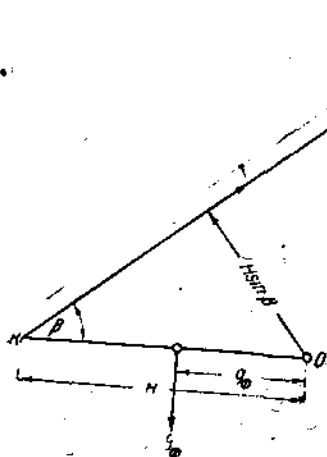
Для предотвращения сдвига и опрокидывания подшипников стоек Шварцера на нижних поверхностях этих подшипников устраивают врезные зубья, а подшипники втапливают во флютбет достаточно глубоко и прикрепляют к флютбету закладными или ершенными болтами.

Поддерживающие конструкции простейших типов устанавливают и укладывают обычно вручную. Установка и удаление небольших ферм, переносимых на берега во время открытия отверстия, производят следующим образом: спуск и подъем на верхние площадки устоев—посредством лебедок простейшего типа, а развозку в отверстиях плотины—посредством тележек, передвигаемых вручную по рельсам, уложенным по флютбету.

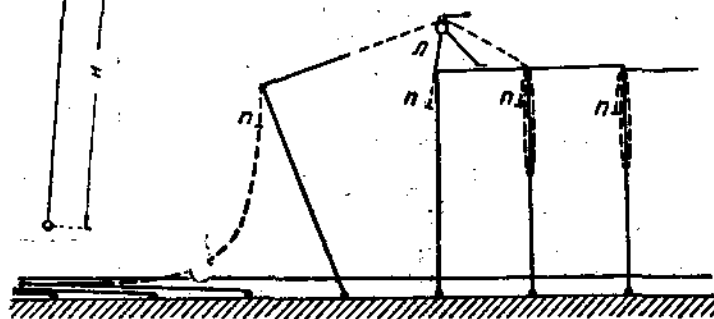
Если флютбет покрыт водой настолько, что можно пользоваться плотами или понтонами, то установку и удаление ферм делают посредством кранов, установленных на плотках или на понтонах; прикрепление же ферм к подшипникам и их открепление при малом покрытии водой производят вручную, а при большом—при помощи водолазов. Так же производят установку и удаление ферм, сделанных по типам, показанным на фиг. 122 и 189.

Если прикрепление и открепление ферм сводится лишь к перемещению горизонтальных опорных валков O, O_1 (фиг. 189), то перемещение может быть сделано посредством рычагов p, p_1 , передвигаемых со служебных мостиков вращением рычагов вокруг горизонтальных осей g .

Если флютбеты покрыты небольшим слоем воды, легкие фермы, вращаемые на горизонтальных осях, устанавливают и укладывают непосредственно с флютбета либо вручную, либо посредством простейших меха-



Фиг. 316.



Фиг. 317.

низических приспособлений. Если флютбеты покрыты водой настолько, что этот способ не может быть применен, легкие фермы поднимают и опускают с устоев плотины посредством багров $гк$ (фиг. 316), оканчивающихся крюками $к$, которыми рабочие захватывают за верхние стяжки ферм; в этом случае фермы поднимают поодиночке.

Более тяжелые фермы, а также фермы с легкими металлическими мостиками поднимают лебедками $л$ (фиг. 317), на барабаны которых навивают цепи, соединяющие поднимаемую ферму как с соседней фермой, так и с устоем или с быком.

Сначала поднимают ферму ближайшую к устью или быку без ниши, называемому тонким, соединяют с ним связями или служебным мостиком и передвигают по мостику лебедку, которую закрепляют по способу, показанному на фиг. 317. После этого расцепляют в точке $л$ цепь, соединяющую первую ферму со второй, длинную часть цепи навивают на барабан лебедки, поднимают вторую ферму, затем таким же образом третью и т. д. Опускание ведут в обратном порядке.

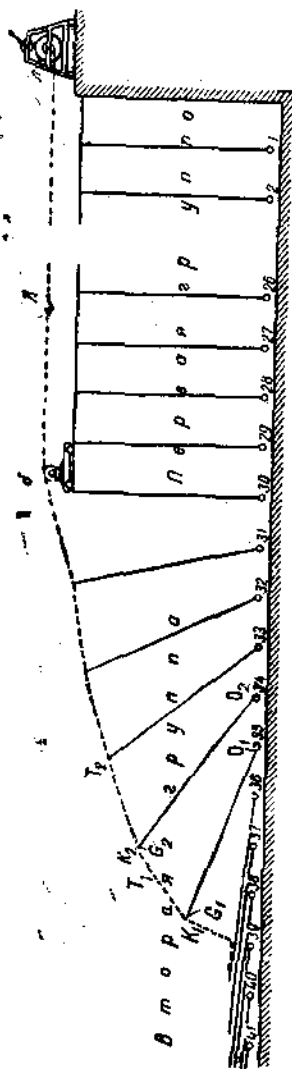
Так как установка и укладка ферм поодиночке требуют много времени, то для ускорения маневров с фермами применяют следующий способ: для подъема и опускания ферм пользуются длинной цепью, называемой главной; ее соединяют с фермами либо при помощи прикрепленных к верхним стяжкам ферм коротких цепей $ц, ц_1$ (фиг. 318), оканчивающихся $\perp$ -образными поковками $т$, либо при помощи зажимов (фиг. 305). Зажимы делают например в виде плашек $п$, передвигаемых вертикальными винтами по направляющим стенкам $м_1, м_2$ колонок $к$, прикрепленных к верхним стяжкам ферм.

При установке ферм сначала поднимают первую ферму, расположенную возле тонкого устоя или быка, и соединяют с устоем или быком либо посредством соединительной полосы n_1, n_2 (фиг. 279), либо посредством мостика; затем отцепляют короткую цепь или освобождают зажим и продолжают навивать главную цепь на барабан лебедки, протягивая ее через зажим до тех пор, пока не поднимут следующую ферму. Эту операцию продолжают непрерывно до окончания подъема всех ферм. Так как при большом числе ферм протягивание главной цепи через зажимы требует больших усилий, а цепь и верхние стяжки ферм скоро изнашиваются, то этот способ применяют лишь для установки и укладки небольшого числа ферм.

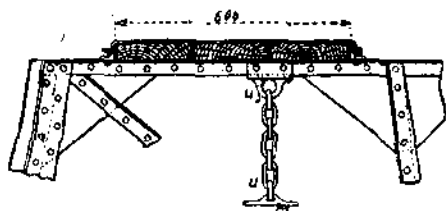
Для установки и укладки большого числа ферм, кроме главной цепи или вместо нее—кромѣ троса, применяют более короткие цепи, из которых каждая служит для подъема и опускания одной группы ферм (например в плотинах на р. Северном Донце, состоящей примерно из 30 ферм). Такие цепи называются групповыми. Во время установки и укладки ферм групповые цепи соединяют с главной цепью или с главным тросом при помощи крюка K (фиг. 319), прикрепленного к концу главной цепи или главного троса.

Для подъема ферм главную цепь или трос соединяют с первой от тонкого устоя или быка, групповой цепью, поднимают описанным выше способом первую группу ферм, затем главную цепь или трос отцепляют от групповой и протягивают через все поставленные фермы первой группы ко второй. Перед протягиванием цепи или троса на двух поднятых последними фермах (№ 29 и № 30) устанавливают деревянную или железную раму с блоком b (фиг. 319), цепь или трос соединяют со второй групповой цепью и снова навивают ее на лебедку, поднимая таким образом фермы второй группы. Эту операцию ведут до тех пор, пока не поднимут все фермы.

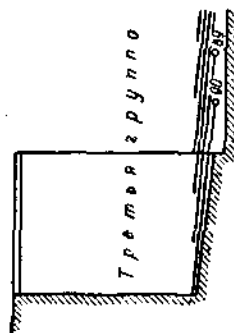
Укладку ферм производят следующим образом: главную цепь или трос протягивают через все цепные зажимы или соединяют с короткими цепями u, m (фиг. 318). Если же имеются групповые цепи, их протягивают только через зажимы той группы ферм, которая расположена у толстого устоя или быка, и соот-



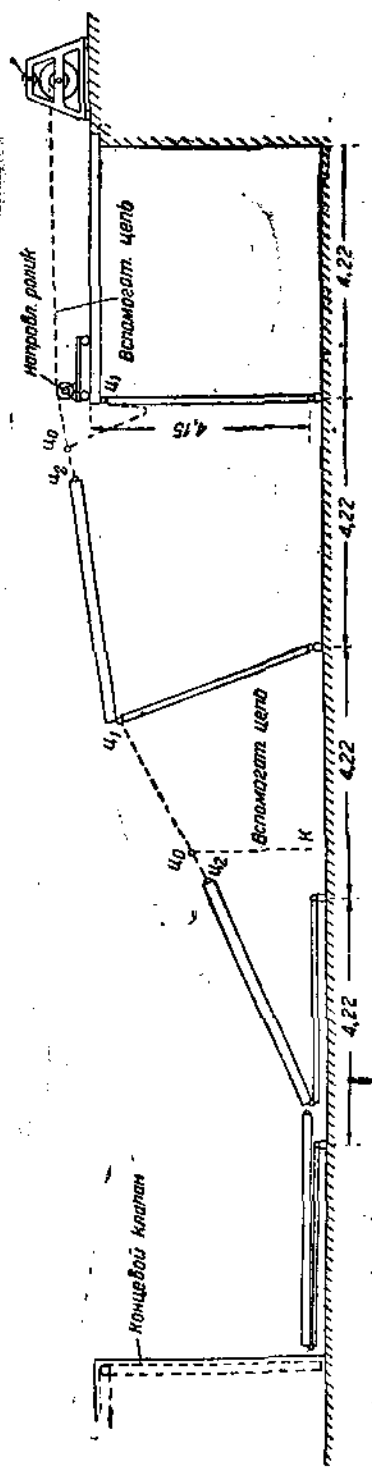
Фиг. 319.



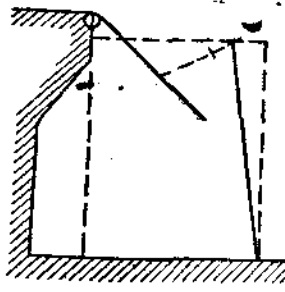
Фиг. 318.



ветственно с этим соединяют с короткими цепями ферм лишь этой группы. После окончания этой операции первую ферму, стоящую у толстого устоя или быка, разъединяют от второй и посредством цепи, навиваемой на лебедку, прикрепленную на толстом устое или быке, ее укладывают в нишу устоя или быка.



Фиг. 321.



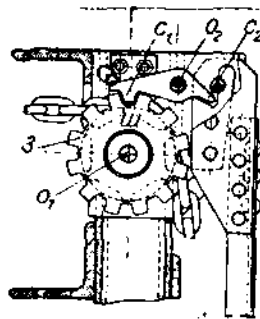
Фиг. 320.

Если в плотине имеется слепой клапан, его прижимают к устью или быку одновременно с укладкой первой фермы (фиг. 320).

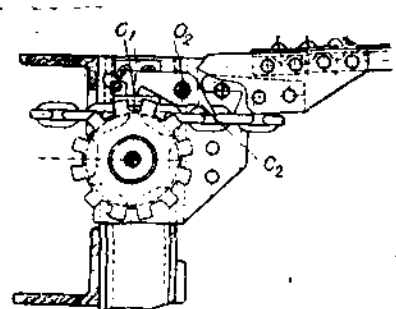
Пока первая ферма еще не опустилась на флютбет, опускают вторую ферму, оттягивая ее от третьей фермы цепью, закрепленной на второй и на первой фермах. Таким же образом опускают и все остальные фермы.

Если фермы укладывают на флютбет вместе со связанными с ними элементами мостиков, сделанных по типам, показанным на фиг. 291 и 292, то последние во время подъема и опускания ферм либо опирают на цепи сверху, либо подвешивают к ним посредством скоб или коротких цепей, а иногда поднимают и опускают баграми (фиг. 279).

Если поддерживающие конструкции состоят из тяжелых ферм и мостиков, то описанные выше способы установки и укладки связаны с следующими затруднениями: во-первых, приходится прикладывать большие усилия и затрачивать много времени, во-вторых, протягивание цепей по фермам даже через одну только группу ферм влечет порчу цепей и металлических частей затвора и, в-третьих, цепи, находясь под водой, подвергаются ржавлению. Учитывая эти затруднения, предпочитают не применять даже групповых цепей и ограничиваются лишь короткими $ц_1$ $ц_2$ (фиг. 321), при помощи которых связывают каждую ферму с соседней, а если имеется мостик, то с его частью, соединенной также с соседней фермой, расположенной со стороны толстого устья; для подъема и опускания ферм применяют главную цепь или главный трос.



Фиг. 322.



Фиг. 323.

Для установки и укладки ферм этим способом к коротким цепям в точке $ц_0$ прикрепляют небольшие отрезки цепей $ц_0$ $к$, свободные концы которых снабжают кольцами $к$. Точки прикрепления $ц_0$ этих отрезков выбирают с таким расчетом, чтобы во время подъема ферм из воды, когда цепь $ц_1$ $ц_2$ натянута, точки $ц_0$ выступали бы из воды. При этом крюком багра отрезки $ц_0$ $к$ вытаскивают из воды и соединяют с главной цепью или тросом. Отцепив цепь $ц_1$ $ц_2$ от поднятой

фермы, поднимают следующую ферму вместе с мостиком, который после подъема прикрепляют к поднятой ферме и продолжают подъем следующих ферм. Укладку ферм ведут обратным порядком. При этом способе одновременно поднимают или опускают не больше двух ферм или двух секций.

Преимущество последнего способа состоит в следующем: во-первых, на флютбете могут оставаться лишь соединительные цепи ψ_1, ψ_2 и короткие отрезки ψ_0, κ , которые в случае порчи легко могут быть заменены новыми, во-вторых, протягивание главных цепей или тросов через зажимы и их зажатие на фермах заменяется отцеплением от установленных ферм соединительных цепей и сцеплением главной цепи или главного троса с короткими отрезками, и в-третьих, главная цепь или трос находятся постоянно на лебедках и могут быть предохранены от ржавления.

Установку и укладку ферм ялтин на рр. Огайо и Биг-Зенди делают цепью, пропущенной через цепные шкивы ψ (фиг. 322), сделанные как одно целое с зубчатыми колесами 3, которые насажены на горизонтальные оси O_1 , вращающиеся на верху ферм. Во время установки или укладки ферм, цепь сцеплена с колесами, которые удерживаются храповиковыми собачками C_1, O_2, C_2 (фиг. 323), поворачиваемыми на горизонтальных осях O_2 . Отцепление же колес от ферм происходит при окончании подъема ферм посредством отвода от колес храповиковых собачек. Отвод производится поворотом на 90° звена служебного мостика, связанного с фермой; это звено нажимает в точке C_2 на собачки.

Если поддерживающие части устроены без мостика, например по системе инж. Томаса (фиг. 287), то на хвосты o_2, x (фиг. 324) таких же собачек нажимают ковшескими приливами к поковок, прикрепленных к поставленным ранее фермам Φ и Ψ .

На случай возможного разрыва тяговой цепи, фермы соединяют между собою предохранительными цепями.

Усилия, необходимые для подъема фермы или для удержания их при опускании, определяют в зависимости от принятого способа установки и укладки, а также от устройства поддерживающих конструкций.

Для одной устанавливаемой или укладываемой фермы его определяют выражением:

$$T = \frac{G_{\phi} l_{\phi}}{H \sin \beta}, \quad (269)$$

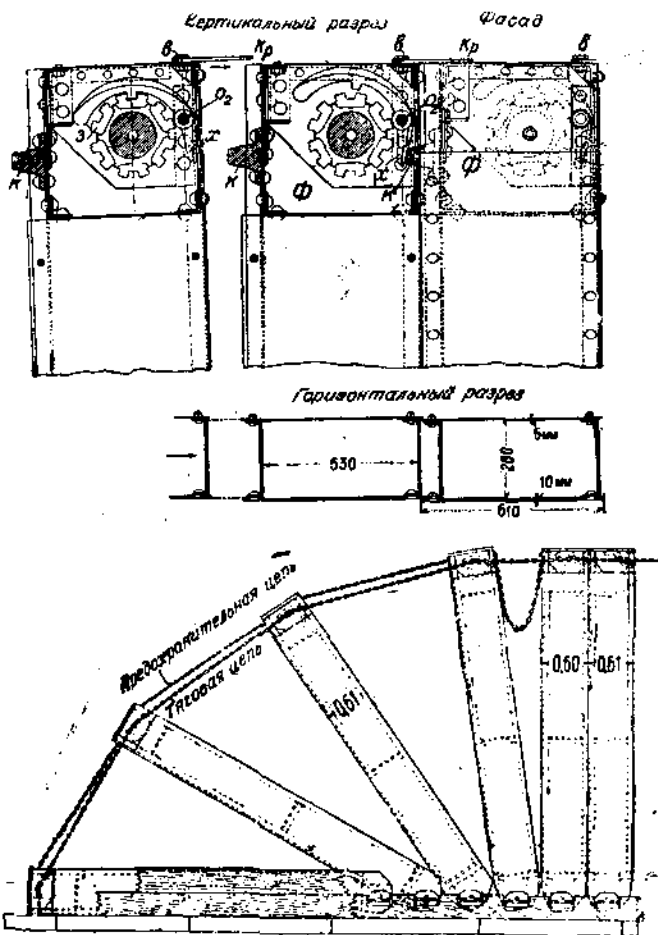
где: G_{ϕ} — вес фермы,

l_{ϕ} (фиг. 316) плечо его относительно оси вращения ферм,

H — высота фермы,

β — угол, составленный направлением тягового усилия с горизонтом.

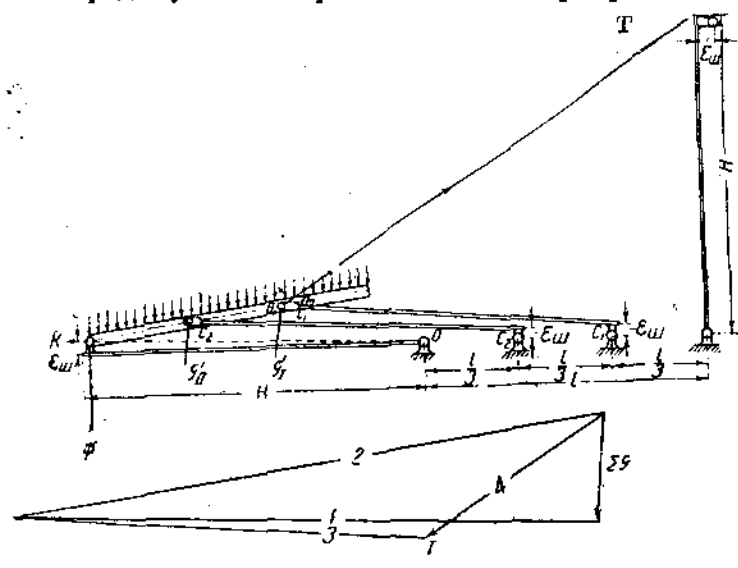
Для одновременного подъема или опускания нескольких ферм (фиг. 319) тяговое усилие T определяют последовательно для каждого из участков цепи между отдельными фермами, пользуясь для этого предпочтительно графическим способом.



Фиг. 324.

Сначала определяют тяговое усилие T_1 для фермы, начинающей подниматься или кончающей опускаться. Определение делают посредством разложения части G_1 веса этой фермы, передающейся на точку прикрепления K_1 цепи к ферме $O_1 K_1$ по направлению тягового усилия T_1 и по линии, соединяющей K_1 с осью вращения фермы. Определив натяжение T_1 , его принимают за активную силу, действующую на точку прикрепления K_2 цепи ко второй ферме $O_2 K_2$, более поднятой или менее опущенной, чем первая; затем определяют, так же как для первой фермы, часть G_2 веса второй фермы, приходящейся на точку K_2 ; разлагая T_1 и G_2 по направлению тягового усилия T_2 и по линии, соединяющей точку K_2 с осью вращения второй фермы $O_2 K_2$ определяют тяговое усилие T_2 . Продолжая такие построения, определяют тяговое усилие T у барабана лебедки или у направляющего блока.

Если поднимаемые или опускаемые фермы и мостики покрыты наносами, то в предыдущих построениях в веса G_1, G_2 включают и вес наносов.



Фиг. 325.

Усилие, необходимое для подъема и для удержания при опускании одной секции со стойками системы инж. Шварцера, определяют для того положения секции, при котором оно может быть наибольшим. Это положение отвечает началу подъема или концу опускания фермы, когда конец связанного с ней мостика, обращенный к тонкому устою или быку, поднят настолько, что валки для промежуточной $C_1 C_1$ (фиг. 325) и для поддерживающей стоек, называемых также ве-

дущими достигли в верхних отливках обеих стоек верха овальных отверстий $o_1 o_2$ (фиг. 325) отливки.

Определение усилий делают посредством графического построения всех сил, действующих на элементы мостика, как-то: его собственного веса, веса находящихся на нем наносов, передающихся на него веса oG , фермы G_o и стоек G_1' и G_2' и последующего разложения их по направлениям:

- 1) по линии OK ,
- 2) по линии $o_1 K$, в большинстве случаев совпадающей с плоскостью симметрии мостика,
- 3) по ведущим стойкам $C_1 C_1$,
- 4) по направлению тягового усилия T .

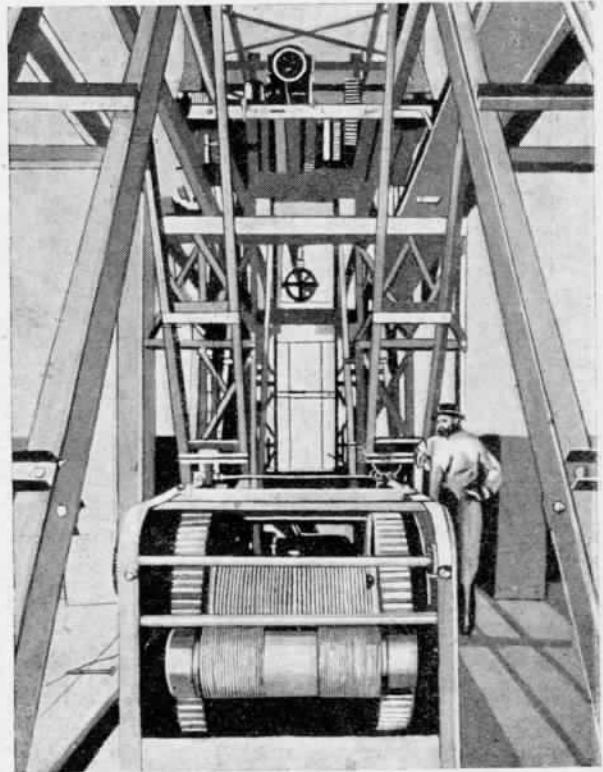
Части весов фермы G_o и стоек G_1' и G_2' передающиеся на рассматриваемый элемент мостика, определяют посредством деления сумм моментов этих весов относительно осей вращения фермы и соответственно—стоек, на расстояния OK для фермы и $C_1 C_1$ и $C_2 C_2$ —для стоек.

Продолжительность установки и укладки ферм системы Пуарэ зависит от способа установки и укладки ферм, их размеров и их веса, а также от опыта персонала, обслуживающего плотину, и от прочих местных условий. Она колеблется в пределах от одной до двух с половиной минут на одну ферму, а при неблагоприятных условиях может быть и еще больше. Продолжительность установки и укладки вручную тяжелых ферм и секций определяется примерно 10 минутами, электрическими подъемниками—примерно 5 минутами.

Подъемные механизмы для установки и укладки ферм устраивают либо в виде передвижных лебедок л (фиг. 317), либо в виде стационарных—прикрепленных к тонким устоям (фиг. 279) или быкам.

Механизмы для тяжелых ферм и секций, не требующие для подъема и опускания больших тяговых усилий, устраивают также в виде лебедок (фиг. 319 и 321). Механизмы большой подъемной силы делают либо в виде катучих кранов (фиг. 286), которыми устанавливают также и водоудерживающие конструкции, либо в виде электрических лебедок (фиг. 326—плотина у Кайзербада), расположенных в особом здании (фиг. 327); это здание может быть использовано также в качестве станции для снабжения энергией механизмов, обслуживающих плотину, починочной мастерской и склада запасных частей для затвора.

Для подъема концевых клапанов, не поднимаемых одновременно с подъемом ферм, ближайших к толстым устоям или быкам применяют лебедки небольшой подъемной силы, прикрепленные к тем же устоям или быкам.



Фиг. 326.

§ 67. Основания расчета служебных мостиков и стоек

Поперечные размеры частей служебных мостиков и их оборудования определяют в зависимости от передающихся на них внешних сил, которые могут быть разделены на действующие продолжительное время и на действующие короткое.

К первым относятся:

- 1) собственный вес мостика,
- 2) вес его оборудования: перил, перилец, упорных балочек для спиц, рельс для проезда подъемных механизмов, служащих для маневрирования водоудерживающими конструкциями, катучих тележек для перевозки этих конструкций и т. п.,

- 3) вес тяговых цепей,

- 4) давление воды, передаваемое спицами или промежуточными стойками.

В зависимости от конструкции мостиков, на них передаются либо большинство этих сил, либо только некоторые из них.

Ко вторым относятся:

- 5) вес людей, проходящих по мостикам или производящих маневры с водоудерживающими конструкциями,

- 6) вес подъемных механизмов, определяемый по указаниям главы 4,

- 7) тяговые усилия во время маневрирования водоудерживающими конструкциями, определяемые по указанию той же главы,

- 8) вес катучих тележек,

- 9) силы, возникающие при торможении подъемных механизмов и катучих тележек во время передвижения их по мостикам,

- 10) вес водоудерживающих конструкций, временно сложенных на мостики или уложенных на катучие тележки для перевозки,

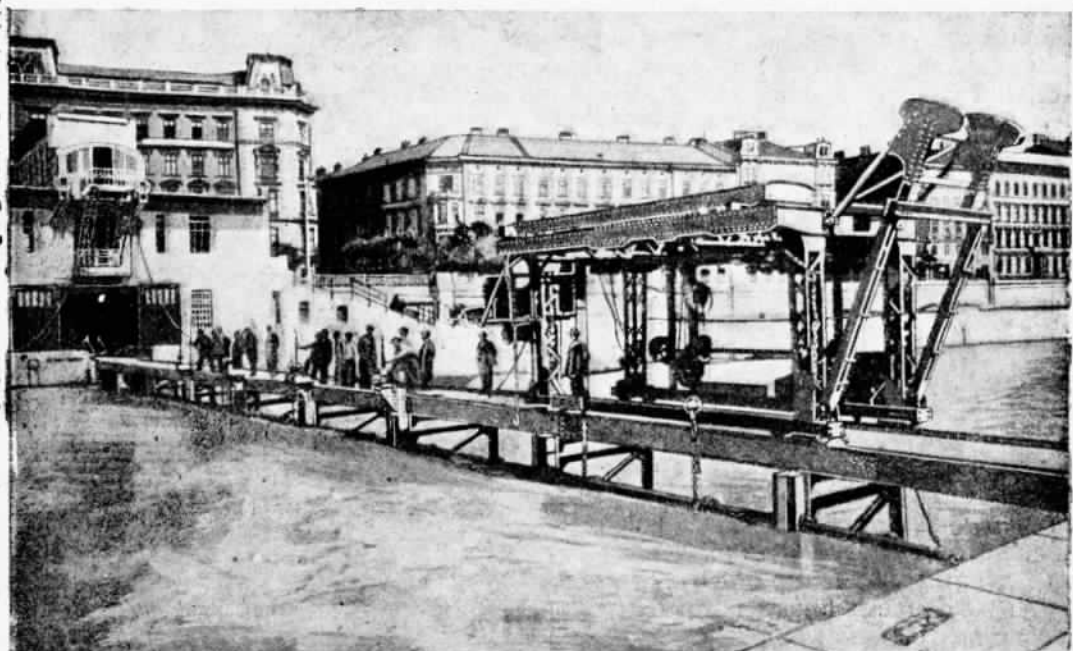
- 11) давление ветра на мостики и на все, что на них находится; способ определения этого давления был указан в § 12,

12) давление воды, вес наносов и случайных предметов, которые могут оказаться на мостиках во время подъема и опускания мостиков, а также нагрузки от поддерживающих конструкций, передающиеся в это время, например от стоек, и наконец

13) тяговое усилие.

Перила, прикрепленные к мостикам, а чаще к фермам, рассчитывают на действие навалки на них людей, а перильца—на усилия при упоре на них рабочих во время вытаскивания щитков.

Упорные балочки для спиц при расчете рассматривают как балки, свободно



Фиг. 327.

лежащие на двух опорах и изгибаемые давлением воды, передаваемым им спицами, весом спиц и собственным весом балочек. Последней нагрузкой в виду ее малости обычно пренебрегают. Сечения упорных балочек определяют по формуле:

$$\frac{12,5 (A + A_g) l_v^2}{R_{изг}} = W, \quad (270)$$

где: A — в кг на 1 пог. м затвора (см. § 13),

A_g — (см. Фиг. 328)—давление от веса спиц на 1 пог. м затвора, определяемое делением на $(h_g + a)$ с ос α момента веса спиц, взятого относительно их нижнего упора:

$$A_g = \frac{G_g g_c \cos \alpha}{h_g + a} \quad (271)$$

здесь:

G_g — вес спиц в кг на 1 пог. м затвора,

g_c — расстояние G_g до нижнего упора в м,

прочие обозначения см. § 13.

l_v — пролет упорной балочки в м.

W — для балочек, имеющих поперечное сечение в виде сплошного круга,

$$= \frac{\pi R^3}{4}, \quad (272)$$

где R — радиус круга в см;

для балочек, имеющих то же сечение в виде кольца (Фиг. 329),

$$W = \frac{\pi (R^4 - r^4)}{4R}, \quad (273)$$

здесь R — внешний радиус кольца в см,
 r — внутренний радиус кольца в см.

Подставляя $r = R - \delta$,

(274)

где δ — толщина стенки кольца,

в формулу 273 и пренебрегая членами, содержащими δ в третьей и четвертой степенях, вследствие их малости, получают:

$$W = \pi R \delta \left(R - \frac{3}{2} \delta \right). \quad (275)$$

Рельсы, укладываемые на фермах или на мостиках, рассчитывают на изгиб от:

1) их собственного веса, включая скрепления, и от веса прикрепленных к ним частей мостика, вместе с приходящимися на них нагрузками,
 2) веса подъемных механизмов и катушек тележек в нагруженном состоянии,

3) тяговых усилий во время маневров с водоудерживающими конструкциями,

4) действия ветра на подъемные механизмы и на катушки тележки,

5) действия тягового усилия во время установки и укладки водоудерживающих конструкций; последнее учитывают лишь в том случае, если оно может передаваться на рельсы.

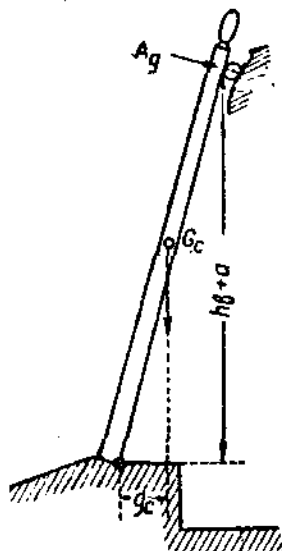
Мостики из досок, а также деревянный настил на мостиках прочих типов, рассчитывают на изгиб, рассматривая их как однопролетные балки, свободно лежащие либо на фермах, либо на поддерживающих мостики конструкциях и подвергающиеся действию их собственного веса и веса рабочего с ношей около 150 кг, а мостики и настил спицевых затворов рассчитывают еще на нагрузку от механизмов, служащих для подъема спиц во время удаления их из отверстия плотины.

Мостики, сделанные по типам, показанным на фиг. 291 и 292, рассчитывают на изгиб от действия тех из указанных выше нагрузок, которые, в зависимости от конструкции мостиков, могут на них передаваться; так например мостики, на которых уложены рельсы, передающие на мостики воспринимаемые ими давления, рассчитывают на те же нагрузки, на которые рассчитывают и рельсы. Мостики, не воспринимающие тягового усилия, рассчитывают также на изгиб во время их подъема и опускания: от их собственного веса, веса находящихся на них наносов и случайных предметов, а мостики, воспринимающие тяговые усилия (фиг. 317), рассчитывают кроме того на растяжение и изгиб тяговыми усилиями.

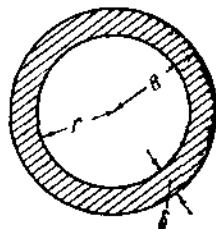
Промежуточные стойки, рассматривая как балки, свободно лежащие на двух опорах, рассчитывают на следующие деформации, происходящие во время поддержания затвором подпора:

1) на плоский изгиб от нагрузок, направленных перпендикулярно стойкам, т. е. от давления воды, от составляющих веса прилегающих к ним водоудерживающих конструкций и собственного веса стоек, 2) на продольный изгиб от составляющих, направленных по линии, соединяющей точки приложения верхней и нижней опорных реакций (фиг. 330 а) верхней опорной реакции N_A , б) веса прилегающих к стойкам водоудерживающих конструкций N_3 и в) от их собственного веса N_2 . Если эти составляющие не проходят через центры тяжести поперечных сечений стоек, то последние рассчитывают на изгиб от действия моментов $N_i \epsilon_i$, где ϵ_i — расстояние точки приложения силы N_i до центра тяжести соответствующего поперечного сечения,

$$i = a, \text{ з или } g.$$



Фиг. 328.



Фиг. 329.

Ведущие стойки рассчитывают на растяжение от составляющих: S_1 (фиг. 331), действующей на промежуточную стойку, и S_2 — на поддерживающую; кроме того их рассчитывают на изгиб от собственного веса стоек, веса наносов и находящихся на них случайных предметов. Если направления сил, растягивающих стойки, не проходят через центры тяжести поперечных сечений стоек, последние рассчитывают на изгиб от действия момента $S_1 \varepsilon_1$ или $S_2 \varepsilon_2$,

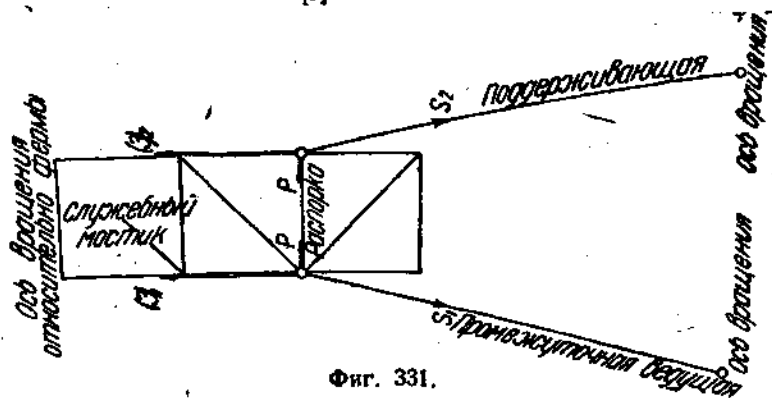
где ε_1 и ε_2 — расстояние точки приложения сил S_1 и S_2 до центров тяжести поперечных сечений соответствующих стоек; прочими деформациями, например скручиванием секций течением воды и продольным изгибом от веса мостиков, вследствие их малости обычно пренебрегают. Стойки S_2, C_2 (фиг. 282 и 325) рассчитывают на изгиб от их собственного веса, веса находящихся на них наносов и случайных предметов.

Мостики в виде горизонтальных балок со сплошными стенками (фиг. 293) рассчитывают на изгиб в вертикальном и горизонтальном направлениях во время поддержания затвором подпора. Изгиб в вертикальном направлении происходит под действием указанных в пп. 1—8, 10 и 11 на стр. 191 нагрузок или вертикальных составляющих этих нагрузок. Изгиб в горизонтальном направлении происходит под действием горизонтальных составляющих от давления спиц или стоек Шварцера и под действием временных нагрузок или их

горизонтальных составляющих, указанных в пп. 7, 9 и 11.

Давление V от спиц, действующее в вертикальном направлении и передаваемое на мостики в местах прикрепления упорных балочек, определяют от каждой из них на участках между их прикреплениями $u, u, \dots$ (фиг. 293) выражением:

$$V = \frac{1}{2}(A + A_p) l \sin \alpha, \quad (276)$$



Фиг. 331.

где все обозначения прежние.

Давления T от спиц, действующие в горизонтальном направлении от каждой балочки на тех же участках, определяют выражением:

$$T = \frac{1}{2}(A + A_p) l \cos \alpha. \quad (277)$$

Горизонтальные давления A (фиг. 330) от промежуточных стоек определяют обычно при расчете этих стоек.

Отсюда пояса и распорки мостиков со сплошными стенками рассчитывают на плоский изгиб от действия вертикальных нагрузок, а горизонтальные стенки их—на местный, аналогично указаниям, приведенным в § 20; от действия же горизонтальных сил пояса и стенки рассчитывают на изгиб, рассматривая мостики как балки со сплошной стенкой.

Во время установки и укладки секций мостики подвергаются:

1) изгибу от действия их собственного веса и поднимаемых и опускаемых вместе с ними частей их оборудования, а также от нагрузок, указанных в п. 12, и

2) растяжению от действия тягового усилия.

Вследствие этого пояса их рассчитывают на совместное действие плоского изгиба и растяжения, а распорки—на действие плоского изгиба. Если тяговое усилие приложено к одной из распорок, то последнюю рассчитывают на косоу изгиб.

Те из распорок мостиков, на которые опирают стойки Шварцера и возле которых приложено тяговое усилие, рассчитывают на продольный изгиб от составляющей P (фиг. 331), силы z (фиг. 325), разложенной по стойкам C_1 C_2 (фиг. 282) и по распорке.

Горизонтальные стенки мостиков рассчитывают на местный изгиб в вертикальном направлении по указаниям, приведенным в § 20 А.

Мостики, сделанные в виде сквозных ферм (фиг. 296 и 297), рассчитывают на такие же нагрузки, как и мостики со сплошными стенками. В этом случае под весом мостика подразумевают как вес мостика, так и вес лежащей на нем проезжей части. От действия горизонтальных сил мостики рассчитывают как сквозные фермы. Для расчета мостиков действующие на них нагрузки раскладывают по узлам мостиков и затем определяют осевые усилия в их стержнях.

Проезжую часть и оборудование мостиков рассчитывают согласно указаниям, приведенным на стр. 192 и 193. После определения веса проезжей части и оборудования рассчитывают распорки и раскосы мостиков. Для расчета распорок и раскосов помимо сил, на которые рассчитывают те же части мостиков со сплошными стенками, выясняют прочие действующие на них силы, в окончательном результате их рассчитывают на совместное действие осевых усилий и плоского изгиба в вертикальной плоскости, а если главные оси инерции их поперечных сечений не вертикальны, то—от действия косоу изгиба. Если раскосы мостиков с раскосным заполнением не подвергаются действию в вертикальных сил, то раскосы рассчитывают только на действие осевых сил.

После выяснения веса раскосов и распорок рассчитывают пояса, которые помимо осевых усилий рассчитывают также на изгиб от вертикальных нагрузок передающихся на них либо непосредственно, либо посредством распорок или раскосов, а если горизонтальные силы приложены между узлами, то—и на местный изгиб между этими узлами. Кроме этого пояса рассчитывают на те же деформации во время подъема и опускания секций, на которые рассчитывают пояса мостиков со сплошными стенами, а распорки—на те же деформации, какии подвергаются распорки последних.

Для расчета мостиков всех типов, а также оборудования, выявляют такие сочетания воспринимаемых ими сил, от действия которых части мостиков могут быть более всего напряжены. Руководствуясь ими и нормами допускаемых напряжений, подбирают их сечения и затем определяют их веса.

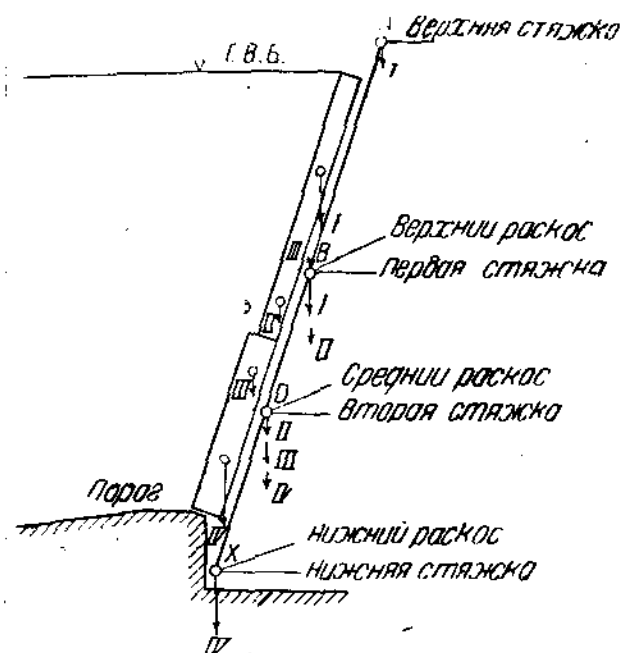
§ 18. Основания расчета ферм

Фермы подвергаются действию тех же сил, какии подвергаются и мостики, а также действию нагрузок от веса водоудерживающих конструкций, связей между фермами, от их собственного веса и от давления воды, льда, наносов и плавающих предметов, передаваемых, прилегающими непосредственно к фермам водоудерживающими конструкциями. Помимо этих сил фермы подвергаются временному действию нагрузок от давления воды, веса наносов и плавающих предметов во время подъема и опускания поддерживающих конструкций. Они подвергаются также действию ветра, но этой нагрузкой при расчете ферм, вследствие ее малости обычно пренебрегают.

Силы, действующие на фермы преимущественно в плоскостях ферм, вызывают в их стержнях осевые усилия, а в некоторых из них—местный изгиб. Силы, передающиеся во время установки и укладки ферм, также вызывают осевые усилия и кроме того изгиб в плоскости перпендикулярной фермам, а в некоторых стержнях—изгиб и в плоскости ферм.

Для нахождения усилий в стержнях выясняют силы, передающиеся на фермы, распределяют их по узлам ферм и определяют реакции подшипников ферм.

Распределение по узлам сил, передающихся на две рядом стоящие фермы от мостиков, разрезанных на фермах, делают, рассматривая части мостиков как балки, свободно лежащие каждая на двух опорах; распределение же сил, передающихся от двух и многопролетных мостиков (фиг. 285 и 286), неразрезанных на фермах, делают с учетом деформации поясов мостиков.



Фиг. 332.

Эти силы передают на верхние узлы ферм, причем вертикальные нагрузки передают либо непосредственно на узлы, либо через посредство верхних стяжек ферм (фиг. 291), а горизонтальные—либо так же, как вертикальные, либо посредством подшипников, прикрепленных к тем же стяжкам (фиг. 292 и 293), либо посредством выступов ϵ и η (фиг. 302 и 306) обеих ног. Силы, передаваемые верхними стяжками, распределяют в зависимости от расположения опор стяжек. Если например стяжки имеют каждая по две (фиг. 302, 305, 306, 309 и др.) или по три опоры и стяжки на них разрезаны, силы распределяют, рассматривая стяжки как балки, свободно лежащие на опорах. Если же стяжки сделаны неразрезными (фиг. 52, а), то силы распределяют в зависимости от упругих деформаций стяжек.

Величины сил, передающихся на узлы ферм от веса водоудерживающих конструкций, зависят: от типа этих конструкций, от их веса и от положения их центров тяжести по отношению к узлам.

Распределение нагрузок от веса водоудерживающих конструкций, прилегающих непосредственно к фермам, как то от шандор, штор, щитков, щитов и плоских подъемных затворов, делают, рассматривая стержни ферм как балки, свободно лежащие на двух опорах, которыми являются узлы ферм (фиг. 332).

Распределение нагрузок от водоудерживающих конструкций, частично прилегающих к фермам, делают в зависимости от способа передачи этих нагрузок фермам. Таким образом поступают в отношении нагрузок, передаваемых на фермы шандорами, щитками, щитами и шторами, прилегающими к устоям или к быкам, и в отношении нагрузок от спиц и от тех водоудерживающих конструкций, величины силы трения которых по передним ногам фермы меньше составляющей их веса, действующей параллельно тем же ногам.

Первые нагрузки распределяют поровну между устоями или быками и смежными с ними фермами, вторые нагрузки, передающиеся через упорные балочки на верхние узлы ферм, отстоящих одна от другой и от устоев и быков на одинаковых расстояниях $=l$, определяют выражением:

$$(A + A_p)l, \quad (278)$$

где все обозначения прежние.

Давление от веса водоудерживающих конструкций, которые не могут быть удержаны на передних ногах силой трения, определяют в виде составляющих их весов, направленных перпендикулярно ногам.

Распределение давлений от веса связей между фермами делают так же, как и распределение давлений от мостиков.

Нагрузку от собственного веса фермы берут применительно к весам построенных и удовлетворительно работающих ферм и распределяют по узлам пропорционально числу узлов или в зависимости от количества сходящихся в каждом узле стержней, выделяя при этом особо тяжелые стержни, веса которых считают, в зависимости от их размеров, за два или за три.

Распределение нагрузок от давлений воды, льда, наносов и плавающих предметов по узлам ферм, имеющих водоудерживающие конструкции, прилегающие к передним ногам ферм, делают по тому же принципу, как и распределение нагрузок от веса водоудерживающих конструкций.

После окончания распределения нагрузок по узлам ферм, отдельно для каждого случая загрузки, определяют реакции их подшипников. Реакции подшипников, показанных на фиг. 291, 302, 305, 309, 310 и 314 определяют, решая уравнения:

$$\sum X = 0, \quad \sum Y = 0 \quad \text{и} \quad \sum M = 0, \quad (279)$$

составленные для всех сил, действующих на фермы.

Реакции подшипников, показанных на фиг. 122, 189, 281, 306, 307, 308 и 315, определяют подобным же образом лишь в том случае, когда одна из концевых отливок ферм прилегает вплотную к подшипнику, которому она передает давление, а другая находится от другого подшипника на расстоянии, обеспечивающем отсутствие прилегания к этому подшипнику.

В том случае, когда сила трения концевой отливки фермы по осевому валу подшипника, не воспринимающего горизонтального давления, равная fX_0 ,

где f — коэффициент трения,

X_0 — вертикальная реакция этого подшипника, меньше горизонтальной составляющей нагрузки, действующей на ферму, то в узле фермы, находящемся вблизи этого подшипника, должна быть приложена горизонтальная сила fX_0 (фиг. 333), которая уменьшает горизонтальную составляющую давления другого подшипника на величину fX_0 . Если она больше fX_0 или, если оба подшипника могут воспринимать горизонтальные составляющие, то горизонтальные реакции подшипников определяют только из рассмотрения упругих деформаций фермы. Надо отметить, что вследствие сложности монтажа ферм этого типа их применяют редко.

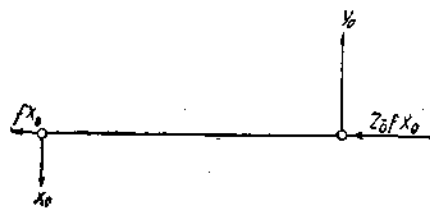
После нахождения из уравнений 279 реакций подшипников определяют осевые усилия в стержнях ферм, для этой цели пользуются предпочтительно графическими способами.

Для ферм, сделанных по типу, показанному на фиг. 281 и 315, а также для полупортальных, являющихся статически неопределимыми либо в отношении реакций, либо в отношении усилий в стержнях, — усилия определяют по формулам 140—143.

Для стержней, подвергающихся изгибу, определяют также изгибающие их моменты. К таким стержням относятся передние ноги ферм, поддерживающие прилегающие к ним водоудерживающие конструкции, а также верхние и нижние стяжки ферм, сделанные по типам, показанным на фиг. 291, 300, а, 305, 309, 310 и 315.

Передние ноги ферм рассчитывают также на изгиб от давления воды, льда, наносов и плавающих тел, веса водоудерживающих конструкции и собственного веса ферм. Передние ноги фермы, показанной на фиг. 308, рассчитывают также на изгиб от служебного мостика. Изгибом от действия собственного веса ферм и от веса нетяжелых водоудерживающих конструкций, ввиду его малого влияния на напряженное состояние стержней ферм, обычно пренебрегают.

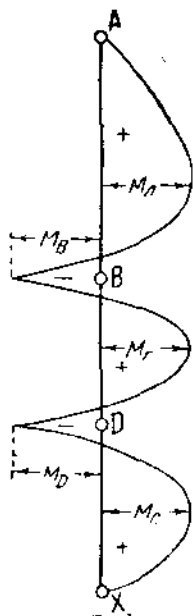
Изгибающие моменты в стержнях ног определяют, рассматривая последние как неразрезные балки, покоящиеся на нескольких опорах, а приближенно — как балки, лежащие каждая на двух опорах,



Фиг. 333.

Так как величины изгибающих моментов в стержнях ног по длине последних весьма изменяются (фиг. 334), а сечения ног берут обычно однообразными, то, учитывая большее влияние на напряженное состояние стержней изгиба, чем осевых усилий, положения узлов выбирают таким образом, чтобы наибольшие модули изгибающих ноги моментов M_A , M_B , M_T , M_D и M_E были возможно меньшими. Для этой цели узлы располагают так, чтобы наибольшие модули моментов были примерно равны один другому.

Если по этому способу оказывается невозможным расположить узлы, например в том случае, когда положение какого-либо из них зафиксировано в определенных границах, то для уменьшения количества материала, необходимого для устройства ног, желательно узлы расположить таким образом, чтобы наибольшие модули изгибающих моментов либо возрастали или убывали по длине ног по возможности равномерно, либо, оставаясь в некоторых частях ног, например в нижних, одинаковыми, в других частях они возрастали или убывали (сравни фиг. 314) указанным образом.

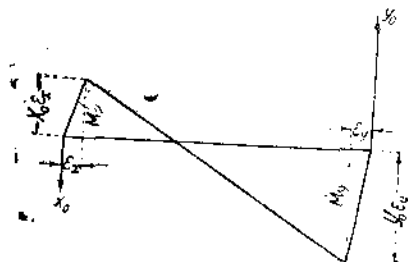


Фиг. 334.

Для расчета полупортальных и порталных (фиг. 287) ферм и передней ноги двухподкосной (фиг. 308) определяют также изгибающие моменты от действия опорных реакций. Для расчета полупортальных ферм моменты определяют для частей ног между подшипниками и верхом портала, для расчета двухподкосных между подшипниками и прикреплением нижнего подкоса, а для порталных

ных — на всей длине ног.

Изгибающие моменты верхних стяжек определяют, рассматривая их или их части как балки, свободно лежащие на двух опорах, а стяжки фермы, показанной на фиг. 308, — как консольные. Стяжки подвергаются действию вертикальных нагрузок, передающихся на служебные мостики и



Фиг. 335.

кроме того стяжки подвергаются действию нагрузки от веса связей между фермами и от их собственного веса, но двумя последними нагрузками, в виду их малости, обычно пренебрегают.

Если направление действия горизонтальных нагрузок не совпадает с центром тяжести поперечных сечений стяжек (фиг. 282, 292, 293, 302 и др.), то при их расчете учитывают также изгибающие моменты от внецентренного действия этих нагрузок.

Изгибающие моменты нижних стяжек определяют, рассматривая последние как балки, свободно лежащие на двух опорах (ногах ферм) и подвергающиеся действию вертикальных составляющих реакций подшипников. Если стяжки сделаны по типам, показанным на фиг. 279, 291, 300, а, 305, 309 и др., то распределение изгибающих моментов имеет вид, показанный на фиг. 335. Моменты в узлах X и Y имеют следующие значения:

в переднем узле:

$$M_x = X_0 E_x, \quad (280)$$

в заднем:

$$M_y = Y_0 E_y, \quad (281)$$

где: X_0 — вертикальная составляющая переднего подшипника,

Y_0 — вертикальная составляющая заднего подшипника,

E_x — длина переднего шипа,

E_y — длина заднего шипа.

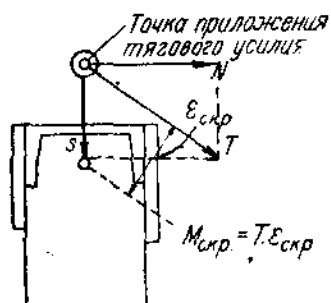
Во время установки и укладки ферм, фермы подвергаются наибольшим деформациям в начале их подъема или в конце опускания. Эти деформации про-

исходят: 1) от продольного изгиба от составляющей S (фиг. 336, а) тягового усилия, действующей в плоскости ферм, 2) от изгиба в плоскости, перпендикулярной фермам, от составляющей N того же усилия, действующей в той же плоскости, или от составляющих: N (фиг. 336, б), также действующей в той же плоскости, и S , действующей в плоскости, параллельной плоскости ферм и отстоящей от нее на расстоянии E_T , и 3) от действия собственного веса ферм и находящихся на них наносов. Фермы, сделанные по типу, показанному на фиг. 306, подвергаются также скручиванию от действия течения воды на связанные с ними мостики и стойки.

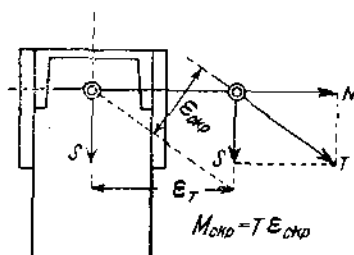
Для определения сжимающих усилий в ногах ферм, составляющую S (фиг. 336), раскладывают на две составляющие: одну $S_{\text{кр}}$, сжимающую ногу, и другую $S_{\text{ср}}$, сжимающую верхнюю стяжку.

Верхние стяжки рассчитывают на продольный изгиб от действия составляющих $S_{\text{ср}}$. Если же тяговое усилие передается через посредство стяжек, то их рассчитывают кроме того на косой изгиб и на скручивание моментом $M_{\text{скр}} = T \varepsilon_{\text{скр}}$.

Нижние стяжки рассчитывают на растяжение от действия составляющих сил, передаваемых им стержнями ферм и на косой изгиб от реакций подшипников.



Фиг. 336, а.



Фиг. 336, б.

Прочие стержни во время установки и укладки ферм подвергаются действию столь незначительных сил, что происходящие в это время их деформации оставляют вне учета.

Для расчета ферм и их подшипников выбирают такие сочетания сил, которые могут вызывать наиболее опасные для их частей деформации; затем, руководствуясь нормами допускаемых напряжений, подбирают их поперечные сечения и определяют их вес.

§ 69. Сфера применения затворов с поддерживающими конструкциями, опирающимися на флютбет, и их качества

Описанные затворы применяют для закрытия отверстий как водоспускных, так и водоподъемных плотин, поддерживающих односторонний подпор, реже их применяют для закрытия водовыпусков и водосливов.

Ими закрывают отверстия весьма значительных пролетов, в частности затворами, устроенными с поддерживающими конструкциями в виде ферм, закрывают пролеты длиной примерно до 200 м. Большие пролеты закрывать ими неудобно, так как в таком случае тяговые цепи должны быть взяты очень длинными, а установка и укладка ферм встречают ряд затруднений и задержек. Поэтому, если ими приходится закрывать исключительно большие пролеты, последние разделяют на несколько частей посредством быков.

Ими можно закрывать невысокие отверстия. Лишь затворами с фермами Пуарэ можно закрывать высотой, считая ее от горизонта верхнего бьефа, до 8 м.

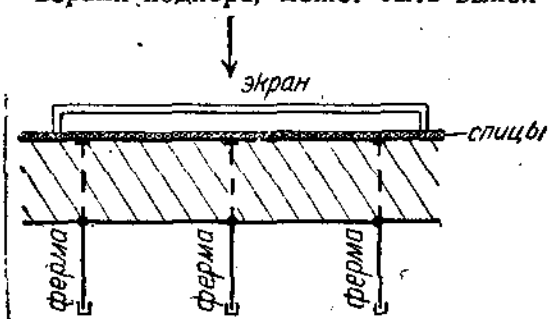
Плотность закрытия ими отверстий во время поддержания подпора зависит от типа вододерживающих конструкций, но даже в случае применения плоских подъемных затворов, вследствие значительного количества швов между затворами, она меньше плотности закрытия затворами, описанными в главах 5 и 6.

В уложенном состоянии затворы дают возможность пропускать в отверстиях плотины как плавающий подвижной состав, так и жидкий и твердый расходы.

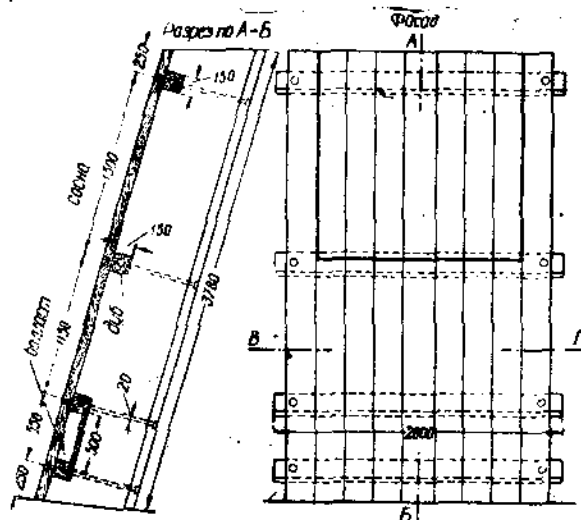
Вследствие продолжительности их укладки и особенно установки, крупное регулирование ими, даже если они устроены по типу, показанному на фиг. 298, близко к крупному регулированию затворами, описанными в предыдущей главе, крупное же регулирование бьефов рек, несущих массы наносов, которые могут засорять флютбет, встречает большие затруднения, чем регулирование затворами, описанными в той же главе. Мелкое регулирование производится ими достаточно удобно.

Поддержание подпора и маневрирование ими в случае навалок льда и крупных плавающих предметов сопряжено с риском для целостности затвора и допускается в ограниченных размерах и лишь в тех случаях, когда они имеют водоудерживающие конструкции, образованные из плоских металлических щитов и достаточно прочные фермы; в этом случае во время поддержания ими подпора через отверстия плотин можно осуществлять также пропуск мелкого льда и небольших плавающих предметов.

Осмотр водоудерживающих конструкций во время поддержания затворами подпора, может быть выпол-



Фиг. 337.



Фиг. 338.

нен частично лишь со стороны нижнего бьефа; со стороны же верхнего—может быть выполнен с большими затруднениями, с такими же затруднениями может быть выполнен и их ремонт. Для ремонта водоудерживающих конструкций и даже флютбета некоторых плотин применяют особые приспособления, например сделанные по типу, показанному на фиг. 337 и 338 (плотины у Кудрэ и Эври на р. Сене). Эти приспособления опирают на затворы, не требующие ремонта, и под их защитой ремонтируют поврежденные конструкции.

Осмотр и мелкий ремонт поддерживающих конструкций во время поддержания затворами подпора связаны с некоторыми затруднениями, так как части затворов находятся постоянно под водой.

Замена водоудерживающих и поддерживающих конструкций, удаляемых для открытия отверстий на берега (фиг. 122 и 189), выполняется достаточно удобно. Замена поддерживающих конструкций, укладываемых на флютбет, может быть произведена лишь в то время, когда они сложены на флютбет, однако замена ферм, уложенных одна на другую, связана с затруднениями.

Затворы, отличаясь от затворов, описанных в отделе III, большей простотой и требуя меньше материала для их изготовления, а также меньше работы по его обработке, относятся к одним из дешевых типов затворов, особенно пригодных для временного закрытия отверстий плотин; для последней цели их делают достаточно простых типов, например переносных.

Влияние их на стоимость постоянных частей плотин близко влиянию на стоимость тех же частей затворов, описанных в предыдущей главе.

Необходимость для разборки затворов (у нас в зимнее время) удалять на берега водоудерживающие конструкции, а у некоторых затворов также и поддерживающие—заставляет устраивать на берегах складочные помещения, что увеличивает стоимость плотины и ее эксплуатации.

ЗАТВОРЫ, ПЕРЕДАЮЩИЕ ВНЕШНИЕ СИЛЫ НА УСТОИ, БЫКИ И НА ФЛЮТБЕТ

ГЛАВА 12

ПРИНЦИП УСТРОЙСТВА ЗАТВОРОВ. ЗАТВОРЫ ПРОСТЕЙШИХ ТИПОВ. ДЕРЕВЯННЫЕ МОСТОВЫЕ ЗАТВОРЫ

§ 70. Принцип устройства затворов

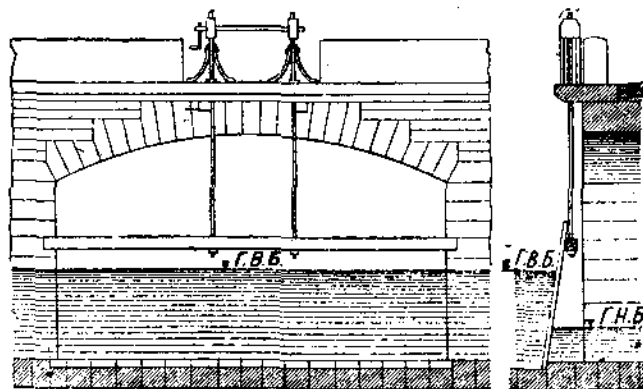
В отделе III было указано, что большинство описанных в нем типов затворов передают некоторые силы также на флютбет. В свою очередь, большинство затворов, описанных в IV отделе, передают некоторые силы также на устои и быки. Например затворы, устроенные с поддерживающими конструкциями в виде ферм (см. § 58), передают на устои и на быки, вне зависимости от типа водоудерживающих конструкций половины давления воды на концевые панели (I). Чем с меньшим количеством поддерживающих конструкций эти затворы сделаны, тем большую часть давления воды и прочих сил передают они на устои и на быки.

Если водоудерживающие конструкции сделаны из шандоров, штор, щитков или щитов, то при отсутствии поддерживающих конструкций они передают давление воды полностью на устои и на быки, т. е. обращаются в затворы, описанные, в 4-ой главе. Если же водоудерживающие конструкции сделаны из спиц (фиг. 339—плотина у Беломбр. на р. Ионье), то они передают давления не только на устои и на быки, но и на флютбет.

Затворы, устройство которых основано на том же принципе, на каком основано устройство затвора, показанного на фиг. 339, но сделанные более сложными, чем этот затвор, часто применяют для закрытий отверстий плотин. Они и составляют предмет описания данной главы.

Подобно затворам, описанным в отделе IV, их образуют из водоудерживающих (непосредственных) и из поддерживающих конструкций. Ими закрывают отверстия плотин на такую же высоту, как и затворами, описанными в III и IV отделах, и применяют как для постоянного, так и для временного закрытия отверстий.

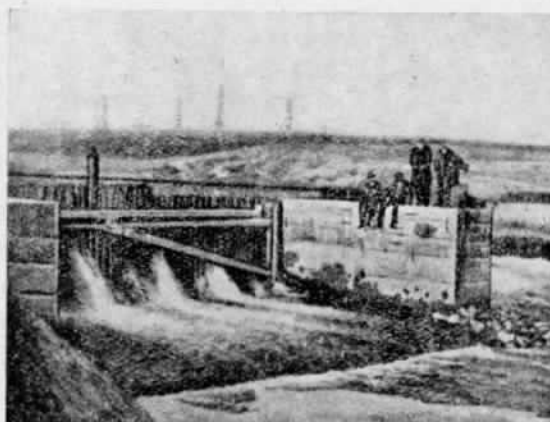
Поддерживающие конструкции наиболее простых затворов этого типа, (фиг. 339), например ремонтных, делают в виде горизонтальных балок, располагаемых преимущественно около горизонта верхнего бьефа и опираемых концами на устои и на быки.



Фиг. 339.

Если вес балок незначителен, затворы укладывают и разбирают вручную; если значителен, то либо при помощи подъемных штанг или канатов приводимых в движение простейшими подъемными механизмами, либо при помощи кранов. Подъемные механизмы устанавливают на устоях и быках или на основанных на них мостах (фиг. 339), а краны—на понтонах, плавающих в верхнем бьефе.

Балки затворов, служащих для постоянного закрытия отверстий, укладывают и разбирают посредством таких же механизмов. Иногда их разбирают, пользуясь



Фиг. 340.

напором воды на водоудерживающие конструкции, которые делают в таком случае из спиц. Для этой цели балки устраивают на одном конце вращающимися на вертикальных осях (фиг. 340—плотина у Стра на р. Бренте в Ломбардии), а на другом—удерживают выдвижными ригелями. Для открытия отверстия ригели задвигают в устои или в быки, и напор воды на спицы, так же, как устроено для разборки затворов, показанных на фиг. 290, поворачивает балки. При этом спицы лишаются сверху опоры и всплывают; для того чтобы вода не унесла их в нижний бьеф, их предварительно подвязывают к балкам канатами.

Затворы этого типа, а также и подобные им более простые по устрой-

ву (см. § 1 части 1-ой), принадлежат к старейшим типам затворов, известным в Западной Европе еще со времен XIV столетия. В настоящее время их применяют лишь для закрытия плотин весьма простых типов.

Первое усложнение поддерживающих конструкций затворов произошло вследствие замены спиц другими типами водоудерживающих конструкций как-то: шандорами, деревянными щитами и даже затворами, сделанными по типам, показанным на фиг. 237—240.

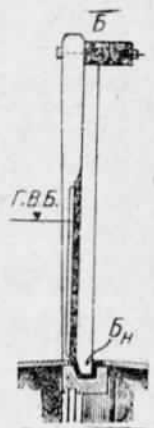
Для поддержания шандоров и щитов были применены промежуточные стойки (фиг. 341), которые нижними концами были уперты на флютбет, а сверху поддержаны горизонтальными балками Б. Для удержания поворотных затворов были применены цепи или тросы, прикрепленные к затворам у верхних оконечностей их концевых стоек (фиг. 342—плотина у Земо-Авчальской гидростанции) и удерживаемые на устоях и быках, аналогично откидным клапанам, показанным на фиг. 74. Для подъема и опускания их были применены лебедки, установленные на устоях или на быках, на барабаны лебедок навивали цепи или тросы.

Затворы, устроенные по типам, показанным на фиг. 341 и 342, применяют как для постоянного, так и для временного закрытия плотин, например на случай ремонта.

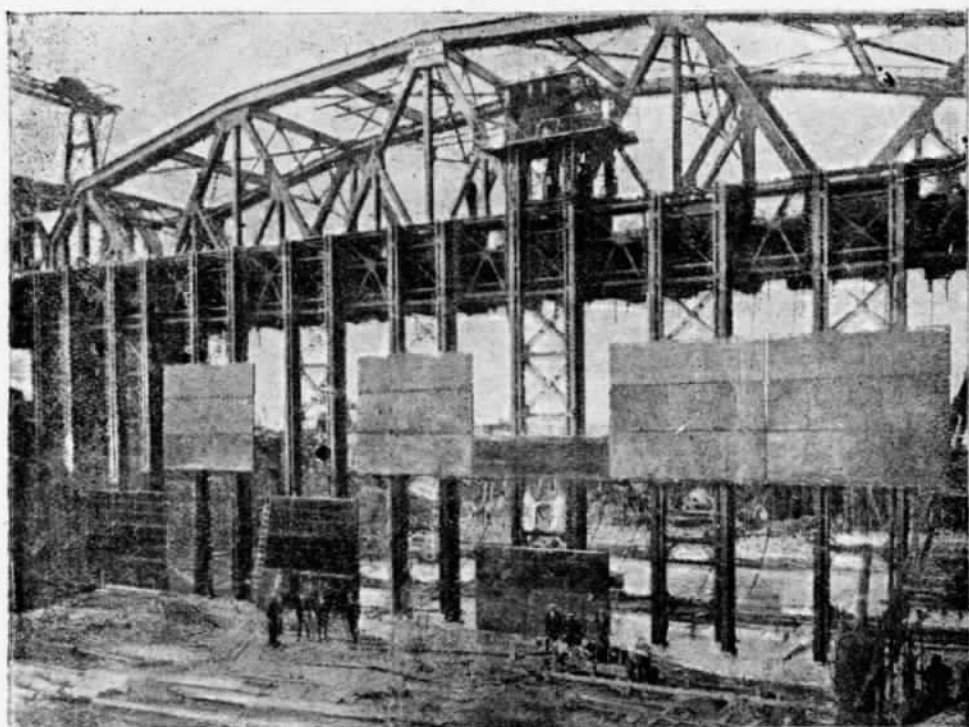
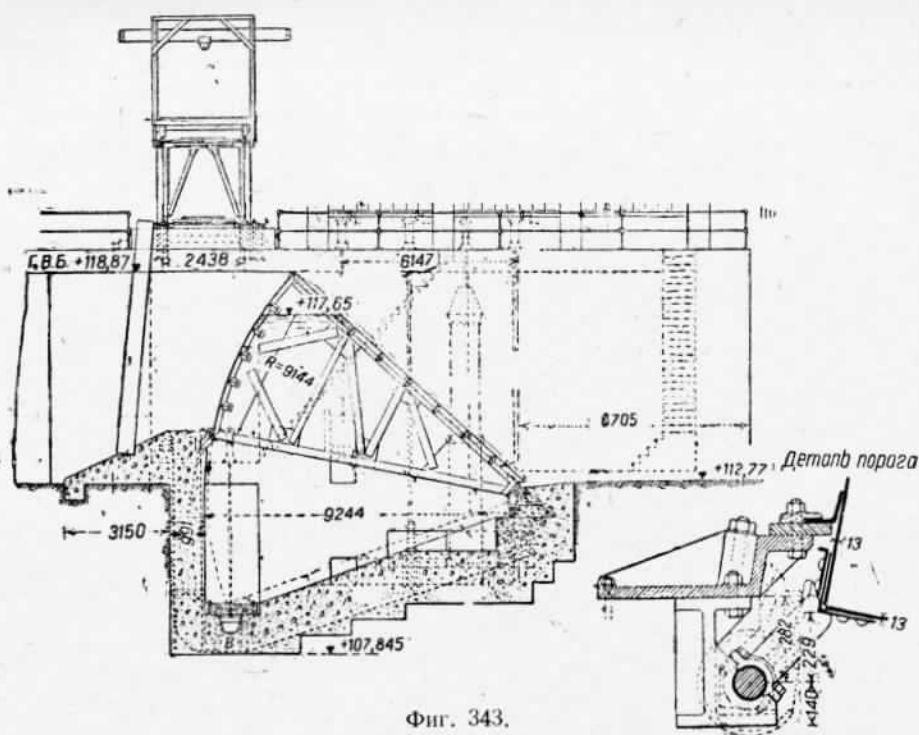
Для маневрирования затворами, закрывающими отверстия постоянно, устраивают предпочтительно балочные мосты. Давление от водоудерживающих конструкций передают на мосты либо непосредственно (фиг. 343—ремонтный затвор плотины у Рочестера на р. Дженеси в шт. Нью-Йорк США), либо посредством поддерживающих конструкций, из которых наиболее простыми являются стойки, сделанные из дерева (фиг. 341) и более сложными—сделанные из металла (фиг. 344—плотина у Граве на р. Маас).

Затворы этого типа называют мостовыми.

Поддерживающие конструкции мостовых затворов делают из дерева, металла или из того и другого вместе. Мосты плотин временного типа делают из дерева (фиг. 345), мосты плотин долговременного—из камня (фиг. 339), бетона, железо-бетона, металла и из нескольких материалов.



Фиг. 341.



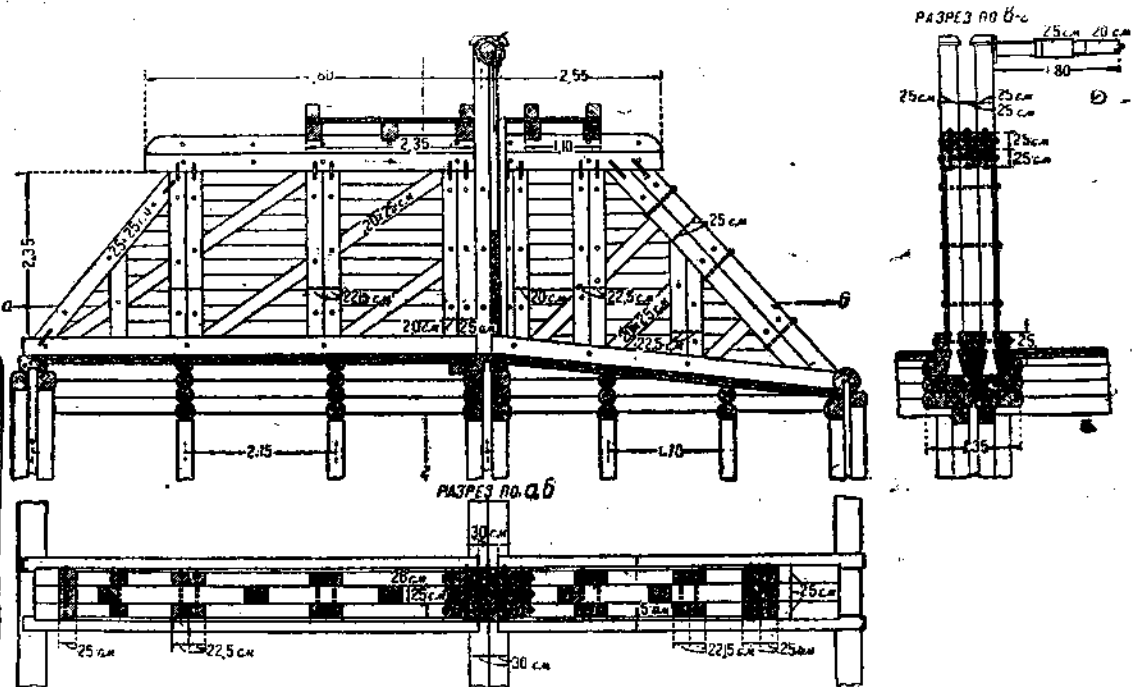
Спицы опирают на горизонтальные балки (фиг. 340), а шандоры и щиты на промежуточные стойки, которые поддерживают либо подкосными фермами (фиг. 300 части 1-ой), либо горизонтальными балками, устраиваемыми иногда по типу, показанному на фиг. 340, осуществленному также для закрытия

204

плотины у г. Моргано на р. Ист-Каньоне в шт. Утах США). Стойки большой длины берут иногда двойные.

Стойки делают обычно из дерева и редко из металла.

Деревянные стойки берут длиной не свыше 5 м, и делают из брусьев, которым для поддержания шандоров дают прямоугольные сечения, для поддержания же щитов стойкам дают сечения, показанные на фиг. 346; для упора

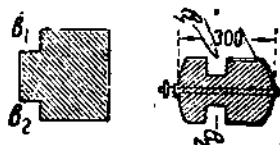


Фиг. 345.

щитов делают выемки b_1 и b_2 . Наибольший диаметр леса, из которого делают стойки, берут 35 см.

Снизу их устанавливают в углубления флютбета, в которые заделывают чугунные башмаки *Б*, (фиг. 341), а сверху упирают на горизонтальные балки *Б*, которые в случае большой длины иногда поддерживают подкосными фермами, сделанными по типу, показанному например на фиг. 300 части I-ой.

Для уменьшения поперечных размеров а также веса спиц и стоек, и следовательно для облегчения маневров с ними, балки А (фиг. 347) и фермы иногда располагают несколько ниже верха тех или других. Для той же цели стойки значительной длины иногда поддерживают внизу подкосами, сделанными по типу, описанному в § 38 части 1-ой и в § 58. Иногда их поддерживают в нескольких местах по высоте горизонтальными балками, опираемыми на устои и быки, или же вместо одного затвора ставят два (фиг. 300 части 1-ой и фиг. 348); благодаря такому устройству уменьшают давление воды на каждый из затворов.



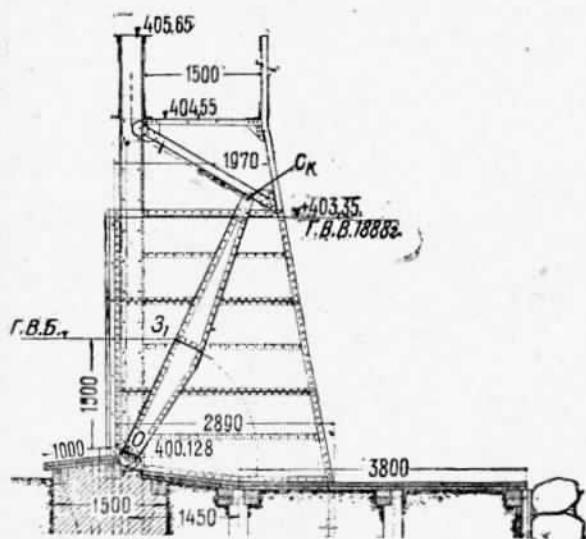
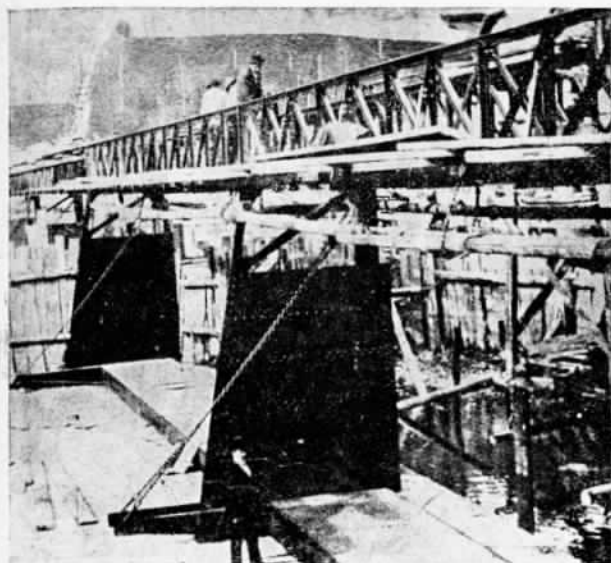
Фиг. 346.



Фиг. 347.

Металлические стойки применяют для восприятия больших нагрузок и делают из двутавров (фиг. 349) или из двух швеллеров (фиг. 85), взаимно связанных заклепками. Соединения заклепками вследствие выступающих заклепочных головок и затруднительности устройства в тонких полках швеллеров потайных головок, представляют некоторые неудобства, но они могут быть устранены, соединяя швеллеры посредством сварки.

Поперечные размеры спиц и стоек без выпусков над горизонтальными балками или над подкосными фермами определяют по формулам, указанным в § 13, полагая в них для стоек вместо b среднее арифметическое из расстояний от рассчитываемой стойки до соседних. Угол α для вертикальных спиц и стоек полагают равным O .



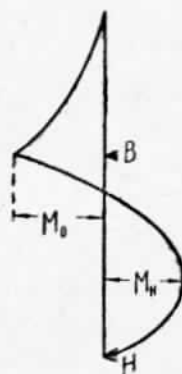
Фиг. 351.

Спицы и стойки с выпусками над горизонтальными балками или над фермами рассчитывают так же, как концевые стойки затворов системы Шаноана (см. § 55).

Для уменьшения их поперечных сечений, которые по всей их длине берут обычно однообразными, желательно располагать балки и фермы на такой высоте, чтобы изгибающие моменты M_0 (фиг. 352) в сечениях спиц или стоек, соответствующих верхним опорам B , были равны наибольшим изгибающим моментам M_n в сечениях тех и других между опорами B и H .

Горизонтальные балки, поддерживающие спицы, рассчитывают на изгиб от равномерно распределенной нагрузки, определяемой на 1 пог. м затвора по формулам 34 и 271.

Балки, поддерживающие стойки, передающие каждая дав-



Фиг. 352.

ление P , рассчитывают также на изгиб. Изгибающий момент в произвольно выбранном поперечном сечении балок, соответствующем упору m -ой стойки, считаемый от одной из опор балок, при общем числе стоек n и одинаковом расстоянии между ними равным $l = \frac{L}{n+1}$ выражается формулой:

$$M_m = \frac{Plmn}{2} - Pl(m-1) - Pl(m-2) \dots - Pl = \frac{Plm(n-m+1)}{2}. \quad (282)$$

Наибольшее значение его при нечетном n , соответствует среднему сечению балки и равно:

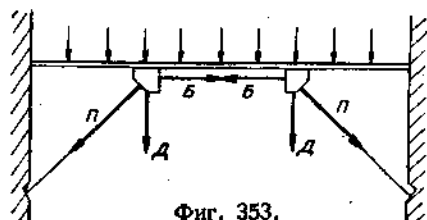
$$\max M_m = \frac{Pl(n+1)^2}{8}, \quad (283)$$

где $m = \frac{n+1}{2}$.

При четном n оно соответствует сечениям против двух средних стоек и равно

$$\max M_m = \frac{Pln(n+2)}{8}. \quad (284)$$

Подкосы рассчитывают на продольный изгиб под действием нагрузки n , передающейся на подушки (фиг. 353) и разложенной по подкосам и бабкам; кроме того длинные подкосы рассчитывают на изгиб от собственного веса.

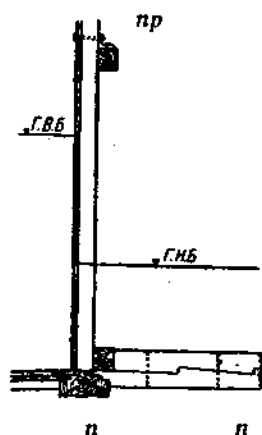


Фиг. 353.

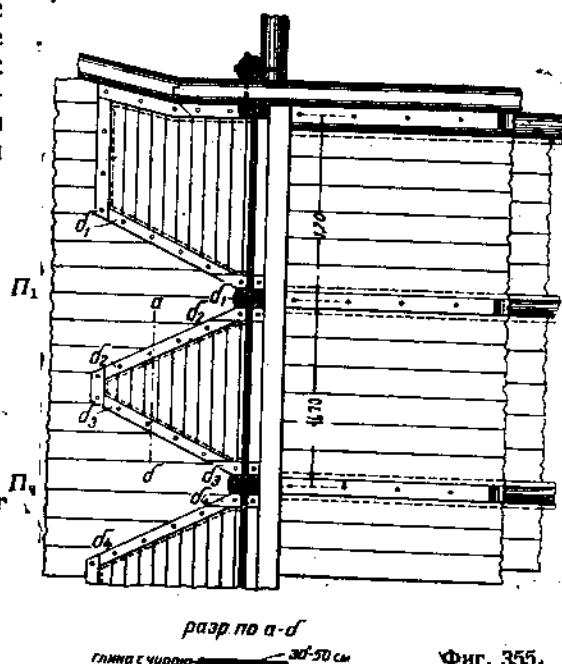
Бабки, поддерживающие вертикальные стойки, рассчитывают на плоский изгиб от той части нагрузки от спиц, которую они могут принять вместе с горизонтальными балками; кроме того их рассчитывают на продольный изгиб от составляющей B . Длинные бабки рассчитывают также на изгиб от их собственного веса.

§. 73. Деревянные мостовые затворы

Водоудерживающие конструкции деревянных мостовых затворов делают в виде деревянных шандоров и щитов и опирают на деревянные стойки. Стойки внизу опирают либо таким же образом, как стойки затворов, описанных в предыдущем параграфе, либо на упорные брусья (фиг. 354), поддерживаемые деревянными лежнями связанными с поперечинами $пп$ флютбетов при помощи зубьев, вытесанных по плоскостям взаимного прилегания, и при помощи болтов.



Фиг. 354.



Фиг. 355.

Для облегчения установки стоек во время протекания воды в отверстиях плотины, к флютбету прикрепляют направляющие брусья $б_1, б_2, б_3, б_4, \dots$ (фиг. 355), уложенные по способу, показанному на фиг. 355 и 356. Во время установки, стойки заводят нижними оконечностями в промежутки $П_1$ и $П_2$ (фиг. 355), вода их подхватывает и устанавливает на место.

Для вытаскивания стоек, к ним приделывают внизу кольца, которые рабочие захватывают баграми с крюками на концах. Этими кольцами пользуются также для поддержания стоек во время их установки.

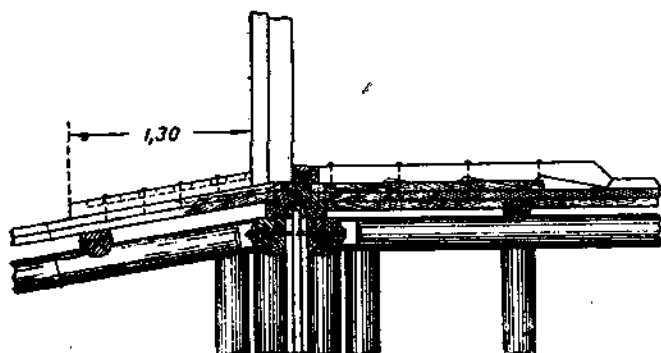
Сверху стойки скрепляют болтами с горизонтальными балками $Б$ (фиг. 341) или с металлической проушиной $п$, (фиг. 354), прикрепленной к тем же балкам.

В тех случаях, когда количество воды или плавающих предметов, пропускаемых в отверстиях плотин, не требует открытия полностью всех отверстий и когда стойки имеют большую высоту, кроме съемных стоек, или же вместо них,

применяют стойки, неизменно связанные с постоянными частями плотин и со служебными мостами.

Стойки этого типа, называемые постоянными, делают из двух брусьев, соединенных между собой болтами; в поперечном разрезе им дают очертания, показанные на фиг. 357. Снизу их врубают шипами в шапки (фахбаумы) королевых шпунтовых рядов флютбета и упирают на брусья, также связанные с флютбетом, с флютбетом их соединяют болтами, скобами, планками или хомутами.

Стойки большой длины поддерживают особыми конструкциями, состоящими из невысоких стоек c, c_n (фиг. 358), к которым их при-

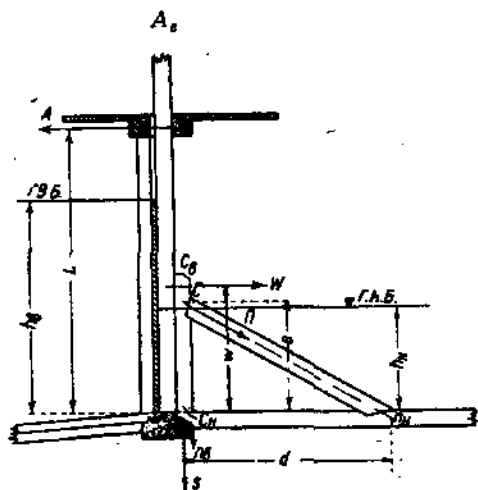


Фиг. 356.

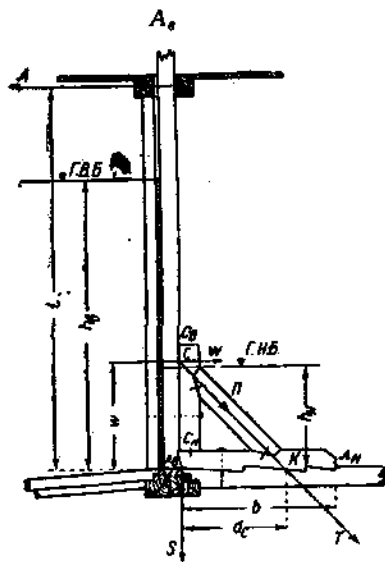


Фиг. 357.

крепляют болтами. Стойки c, c_n поддерживают со стороны нижнего бьефа подкосами $сп_n$, прикрепленными в свою очередь к поперечинам, уложенным на флютбете. Прикрепление делают либо непосредственно, либо посредством коротких горизонтальных лежней $л, л_n$ (фиг. 359), в которые врубают также и стойки c, c_n .



Фиг. 358.



Фиг. 359.

Стойки значительной длины и подвергающиеся значительному давлению воды подкрепляют двумя подкосами (фиг. 360), а пространство между ними закрывают досками.

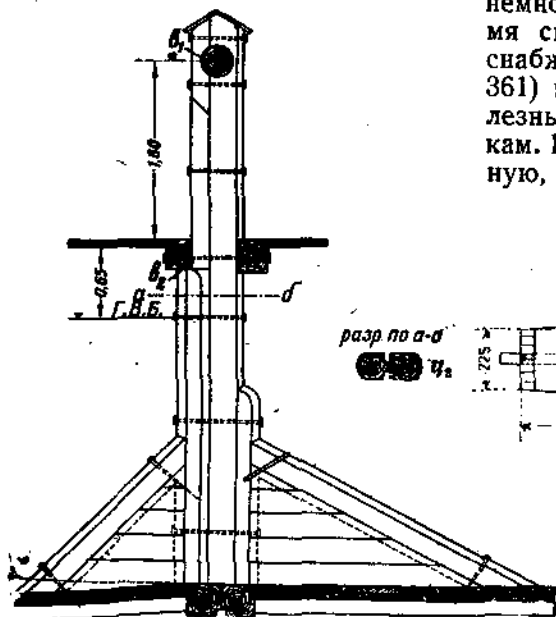
Если постоянные стойки приходится поддерживать по всей их длине и если в тех местах, где они поставлены, необходимо иметь опору для служебного моста, стойки опирают на деревянные фермы, покрытые с боков досками. Эти фермы приближаются по конструкции к промежуточным быкам (фиг. 345), называемым тонкими, и описываются в III части курса.

Подъем шандоров и щитов менее ответственных типов затворов делают при помощи деревянных ворот, имеющих длину до 8,5 м.

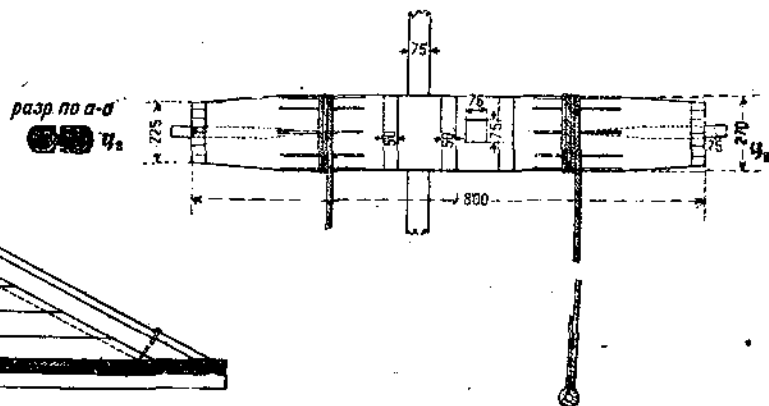
Для помещения цапф воротов постоянные стойки выпускают над проезжей частью служебного моста и снабжают сверху утолщениями в виде верти-

кальных брусьев $\epsilon_1 \epsilon_2$ (фиг. 360), прикрепленных болтами к выпускам стоек. Ворота вращают вручную колесами, насаженными их концах ворот.

Так как подъем шандоров и щитов при помощи длинных ворот связан с большими затруднениями, то ворота современных плотин делают длиной, немного превышающей расстояние между двумя смежными стойками. По концам ворота снабжают железными цапфами $\epsilon_1 \epsilon_2$ (фиг. 361) в виде штырей, опирающихся на железные подшипники, прикрепленные к стойкам. Ворота этого типа вращают также вручную, посредством колес или аншпугов.



Фиг. 360.

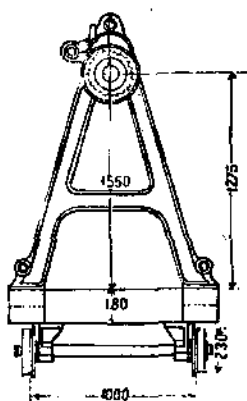
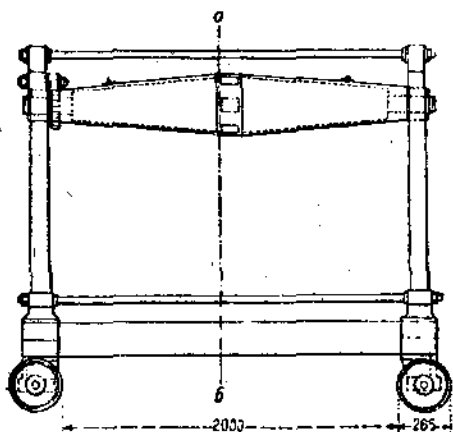


Фиг. 361.

Ворота, связанные со стойками, весьма громоздки и требуют для приведения их в движение больших усилий; во избежание этого применяют либо переносные ворота, либо лебедки с зубчатыми передачами (фиг. 362), установленными на катучих тележках. Последние передвигают по рельсам, уложенным по мостам почти у самых стоек, которые в этом случае делают без выпусков над проезжей частью мостов.

ВИД СБОКУ

РАЗРЕЗ ПО АА



Фиг. 362.

езда повозок, то им дают более сложную конструкцию. В первом случае их делают шириной до 3 м, во втором—4 м и более.

Мосты делают в виде деревянной проезжей части из досок (фиг. 345) или пластин, уложенных либо поперек моста, либо вдоль его на поперечинах, сделанных из брусьев. Поперечины укладывают в свою очередь на балочные прогоны, из которых передние иногда используют для упора в них стоек.

Прогоны укладывают на устои и быки. Количество их по ширине моста зависит от его назначения и от воспринимаемых нагрузок. Прогоны, воспринимающие нагрузки от стоек, укладывают большей частью вплотную один

к другому, соединяя шпонками. Если по плотине должен быть уложен рельсовый путь для проезда катучих ворот, лебедок или тележек, то прогоны располагают по возможности под каждой линией рельсов.

Прогоны, подвергающиеся большим вертикальным нагрузкам, составляют по высоте из двух и более балок. Балки в случае больших нагрузок соединяют взаимно шпонками (фиг. 363—плотина у д. Васняково на Северо-Двинской системе).

Прогоны делают либо из брусьев, либо из бревен с надлежащей притеской на опорах и по плоскостям прилегания одного к другому. Если длина их не превышает 8,5 м, каждый из них делают из одного бревна; прогоны большей длины сращивают из нескольких бревен. Чтобы не прибегать к сращиванию или не увеличивать числа прогонов, последние поддерживают промежуточными бычками.

Прогоны иногда соединяют по ширине мостов поперечными связями, сделанными из брусьев или из пластин; связи располагают по длине мостов одна от другой на расстоянии около 2 м.

Проезжую часть мостов оборудуют привальными брусьями и перилами, устраиваемыми аналогично тому, как устроены те же части деревянных мостов обыкновенных дорог.

§ 74. Основания расчета деревянных поддерживающих конструкций

Поперечные размеры стоек, сделанные по типам, показанным на фиг. 341 и 354, определяют по способам, указанным в § 72.

Поперечные размеры стоек, поддерживаемых короткими стойками s , s_n (фиг. 358 и 359) с подкосами определяют следующим образом: в тех случаях, когда точка пересечения s (фиг. 358) оси подкоса с осью короткой стойки расположена ниже центра давления W воды, стойку рассматривают как балку, свободно лежащую на двух опорах, отстоящих

одна от другой на расстоянии $L - \frac{2}{3}e$,

где: L — длина стойки, считаемая между центром упора в прогон служебного моста и верхней поверхностью поперечины p_s, p_n ,

e — длина стойки s_n

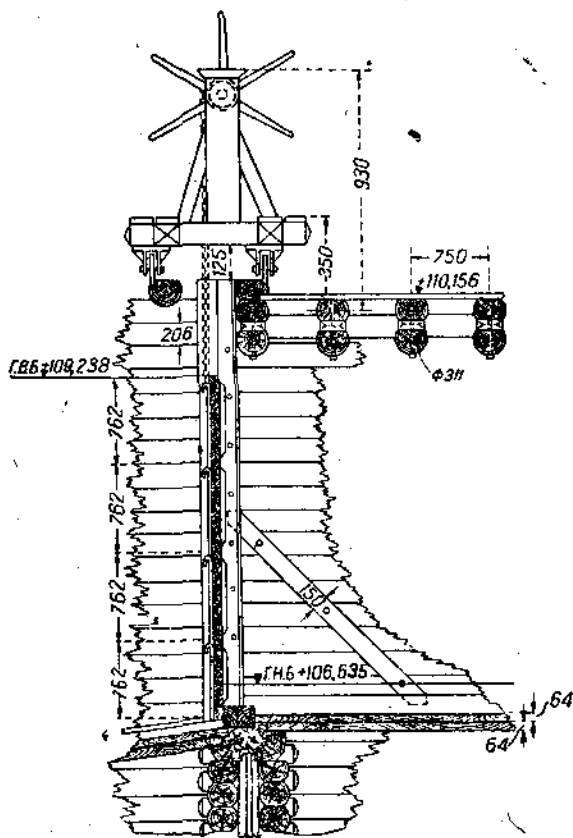
$$\text{и изгибаемую силой } W = \frac{\gamma_0 l (h_s^3 - h_n^3)}{2}, \quad (285)$$

где: γ_0 — см. замечание на стр. 61.

Прочие обозначения прежние.

Расстояние точки приложения силы W от верхней поверхности поперечины определяется выражением:

$$W = \frac{h_s^3 - h_n^3}{3(h_s^2 - h_n^2)}. \quad (286)$$



Фиг. 363.

Давление A на верхнюю опору определяют из уравнения $\Sigma M = 0$, взятого относительно нижней опоры для всех сил, действующих на стойку,

$$A = \frac{l [h_s^3 - h_n^3 - 2e (h_s^2 - h_n^2)]}{2(3L - 2e)} \quad (287)$$

Зная A , поперечные размеры стойки определяют так же, как поперечные размеры стоек, сделанных по типам, показанным на фиг. 341 и 354.

Давление на нижнюю опору определяется следующим выражением:

$$B = W - A = \frac{l [3 (h_s^2 - h_n^2) L - h_s^3 + h_n^3]}{2(3L - 2e)} \quad (288)$$

Усилие, растягивающее стойку c, c_n :

$$S = \frac{2Be}{3d} \quad (289)$$

где d —длина поперечины, считаемая от точки пересечения ее оси с осью подкоса до связи n_s стойки c, c_n с флютбетом.

Усилие, сжимающее подкос cn :

$$П = \frac{2B}{3d} \sqrt{e^2 + d^2} \quad (290)$$

Если точка c лежит на одном уровне с центром давления W (фиг. 359) или выше его, то стойку A, d_s рассчитывают как двухпролетную неразрезную балку, состоящую в нижней панели из двух стоек. Давление от нее на точку c , необходимое для расчета подкоса и прикрепления ее к флютбету, считают в запас прочности, с учетом трудности пригонки подкоса к стойке, в первом случае равном W , а во втором—распределяющимся по правилу рычага между точкой c и нижним прикреплением стойки.

Стойку, имеющую поддерживающую конструкцию, длина d_s части лежня $d_s d_n$ (фиг. 359), которой равна $2/3$ длины лежня, рассчитывают на плоский изгиб следующим образом:

Составляя выражение ΣM относительно точки пересечения оси подкоса с нижней поверхностью лежня $l_s l_n$ всех сил, действующих на стойку, и приравнявая ее нулю, получают с достаточной для практических целей точностью уравнение:

$$Ww - Sd_s - AL = 0, \quad (291)$$

где: S —давление на нижнюю поверхность лежня $l_s l_n$, равное натяжению связи стойки с подкосом, взятому с обратным знаком. S может быть принято распределяющимся, как показано на фиг. 364, т. е. в точке c наибольшим и равным $kR_{сж}$ и в точке a равным нулю, здесь k —ширина лежня,

$R_{сж}$ —допускаемое сопротивление лежня и поперечины на смятие. Тогда

$$S = \frac{1}{2} R_{сж} kb, \quad (292)$$

d_s —приближенно может быть принято равным $2/3 l$.

Прочие обозначения прежние.

Из уравнения 291 получают:

$$A = \frac{l (h_s^3 - h_n^3)}{6L} - \frac{R_{сж} b^2 k}{3L} \quad (293)$$

Зная A , определяют изгибающие моменты стоек. Кроме расчета стоек на плоский изгиб, их рассчитывают на внецентренный продольный изгиб от веса во-

рота и усилия, воспроизводимого им во время вытаскивания водоудерживающих конструкций, а также от собственного веса стоек и веса водоудерживающих конструкций, но последней деформацией, в виду ее малости, обычно пренебрегают.

Усилие, сжимающее подкос:

$$[P = \frac{R_{сж} k b}{2e} \sqrt{e^2 + d_c^2}. \quad (294)$$

Служебные мосты рассчитывают, помимо нагрузок от проезда, также на постоянные и временные нагрузки, указанные в пунктах 1, 2 и 4—11, включительно § 67.

Поперечные размеры досок пластин и поперечин проезжей части рассчитывают по способам, указанным в курсах мостов, причем для их расчета, кроме нагрузок от проезда, учитывают нагрузки, указанные в пункте 7 того же параграфа.

Прогоны рассчитывают как балки, свободно лежащие на опорах и изгибаемые указанными выше нагрузками; при этом прогоны, не воспринимающие давлений от стоек, рассчитывают по правилам, изложенным в курсах мостов, а воспринимающие давления—от стоек на косой изгиб.

Если для восприятия вертикальной или горизонтальной нагрузок устроено несколько прогонов, то для расчета прогонов, одинаковых поперечных сечений, и не связанных шпонками, нагрузку на них распределяют пропорционально числу прогонов, подвергающихся одновременному действию нагрузок. Если же прогоны соединены шпонками, то их рассчитывают на передающуюся на них нагрузку, не распределяя ее в отдельности на каждый прогон, но рассматривая прогоны, соединенные шпонками, как составные балки.

Для расчета указанных частей выбирают сочетания нагрузок, вызывающие в этих частях наибольшие напряжения; после этого, руководствуясь, с одной стороны, ими, а с другой—нормами допускаемых напряжений, подбирают их сечения и определяют вес.

§ 75. Сфера применения простейших и деревянных затворов и их качества

Затворы с поддерживающими конструкциями простейших типов, подобно затворам, описанным в § 44 и 58, А, применяют преимущественно для временного закрытия отверстий водоспускных и водоподъемных плотин. Хотя ими можно закрывать отверстия, имеющие пролеты примерно не свыше 12 м, но зато на несколько большую высоту (примерно до 5,0 м), считая ниже горизонта нижнего бьефа, чем указанными затворами.

Затворы, описанные в § 73 и 74, близки по характеру работы к затворам долговременного типа, описанным в предыдущей главе, и их применяют для постоянного поддержания подпора, но, так как их делают из недолговечных материалов, то они отличаются от затворов долговременного типа меньшим сроком службы.

При отсутствии промежуточных быков ими закрывают пролеты не свыше 12 м и на высоту ниже горизонта верхнего бьефа до 4,5 м. Устройство промежуточных быков позволяет применять их для закрытия значительно больших пролетов, но обычно не больше 50 м.

Ими закрывают плотины, поддерживающие лишь односторонние подпоры. Водонепроницаемость закрытия ими отверстий одинакова закрытию затворами, описанными в предыдущей главе, имеющими такие же водоудерживающие конструкции, какие применяют для этих затворов.

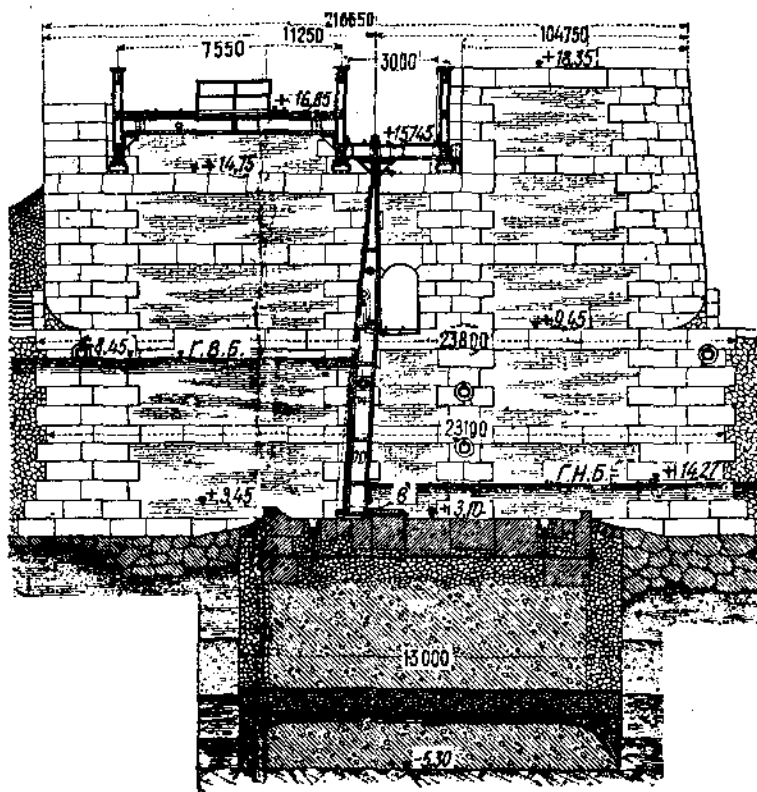
Так как устройство служебных мостов для маневров с ними является необходимым и мосты делают обычно неподвижными, то вследствие небольших длин поддерживающих конструкций пропуск плавающего подвижного состава, а также жидкого и твердого расходов стеснен по ширине малыми расстояниями между опорами, а по высоте—пролетным строением мостов.

Вследствие медленности их сборки и разборки крупное регулирование ими может быть производимо в весьма ограниченных размерах. Мелкое регулирование производится ими достаточно удовлетворительно.

Поддержание ими подпора, в случае навалок на них льда и плавающих предметов, а также пропуск льда и плавающих предметов в нижний бьеф сопряжены

укладывают рельсовые пути. Так как для помещения этих путей требуется широкая проезжая часть, то ширину мостов делают большей, чем необходимо для проезда.

Для поддержания затворов на устоях и на быках моста, предназначенного для проезда через плотину, иногда устанавливают особое пролетное строение, которое делают либо независимым от пролетного строения последнего (фиг. 365—плотина у Ханнекенфера на р. Эмсе), либо совмещенным с ним (фиг. 366—плотина у Поз на р. Сене).



Фиг. 366.

Низ пролетного строения мостов у нас должен быть расположен согласно указаниям § 7. Если по условиям переезда через реку или для уменьшения стоимости моста низ пролетного строения не может быть расположен на высоте, указанной в § 7, то пролетное строение устраивают подвижным: подъемным (фиг. 367—плотина у Мельника на р. Эльбе), поворотным (фиг. 204 части 1-й или откатным (фиг. 368—плотины на р. Нетце в Германии).

§ 77. Схемы устройства поддерживающих конструкций

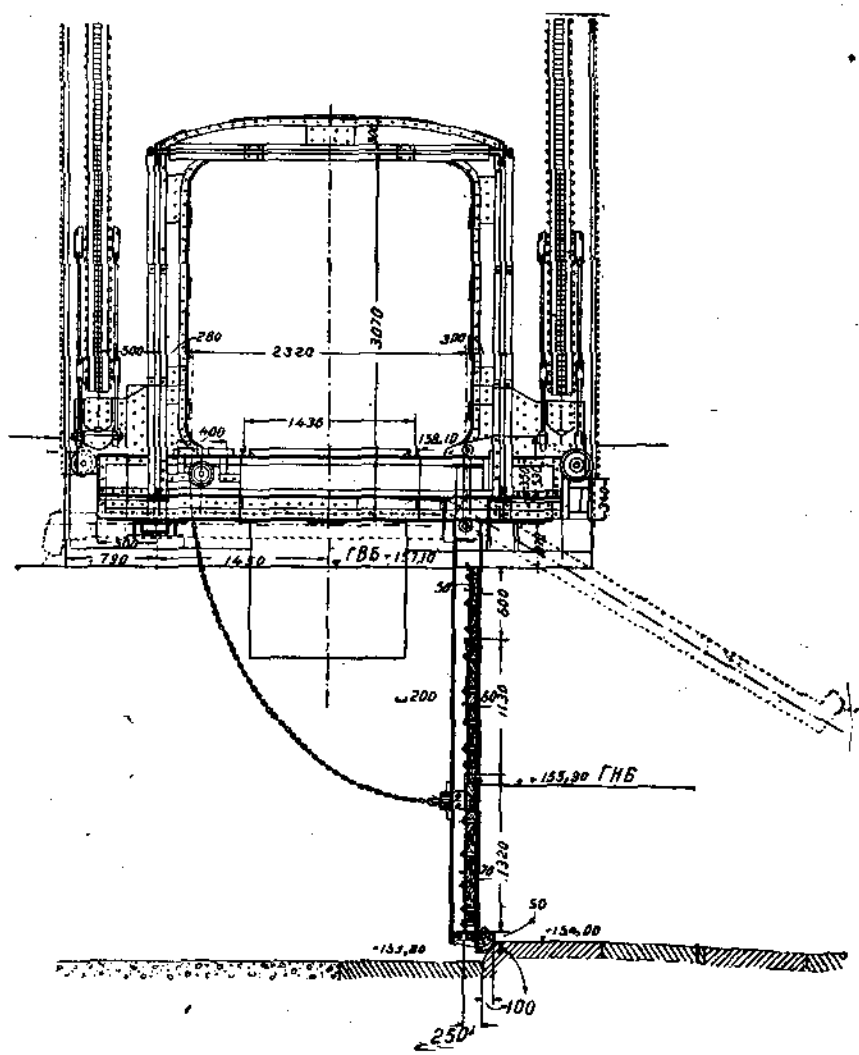
Мостовые затворы с деревянными спицами, опираемыми на мосты (фиг. 343), образуют из мостовых прогонов, к которым прикрепляют упорные балочки для спиц; спицы подвешивают к балочкам посредством крюков. Для высоких затворов применяют металлические спицы, которые устраивают неснимаемыми с верхних опор; их насаживают сверху наглухо на горизонтальные валы, играющие роль упорных балочек. Нижними оконечностями деревянные и металлические спицы опирают на выступы (фиг. 305 части 1-й), устроенные на флютбете плотины.

Металлические стойки (фиг. 344) подвешивают к мостам так же, как подвешивают металлические спицы.

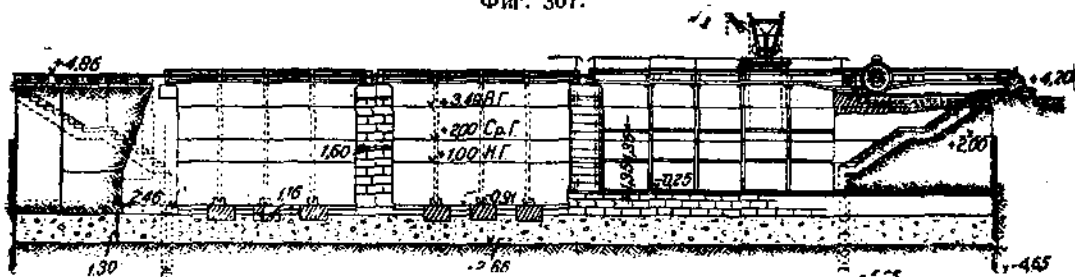
Если стойками поддерживают деревянные щиты, длины которых меньше, чем расстояния между стойками, то по стойкам укладывают горизонтальные прогоны g_1 и g_2 (фиг. 369—плотина у с. Усти на р. Беле в Чехо-Словакии). Затвор этого типа был предложен чешским инженером Загор

скими и осуществлен для закрытия отверстий нескольких плотин на реках Чехо-Словакии. Во время поддержания затвором подпора стойки этого затвора имеют наклонное положение к вертикали и удерживаются татами m и m_0 , прикрепленными в точке k проезжей части моста.

Иногда, вместо подвески стоек сверху, их прикрепляют к флютбету (фиг. 370—плотина у Женевы на р. Роне), относительно которого они могут поворачиваться на горизонтальных осях o .

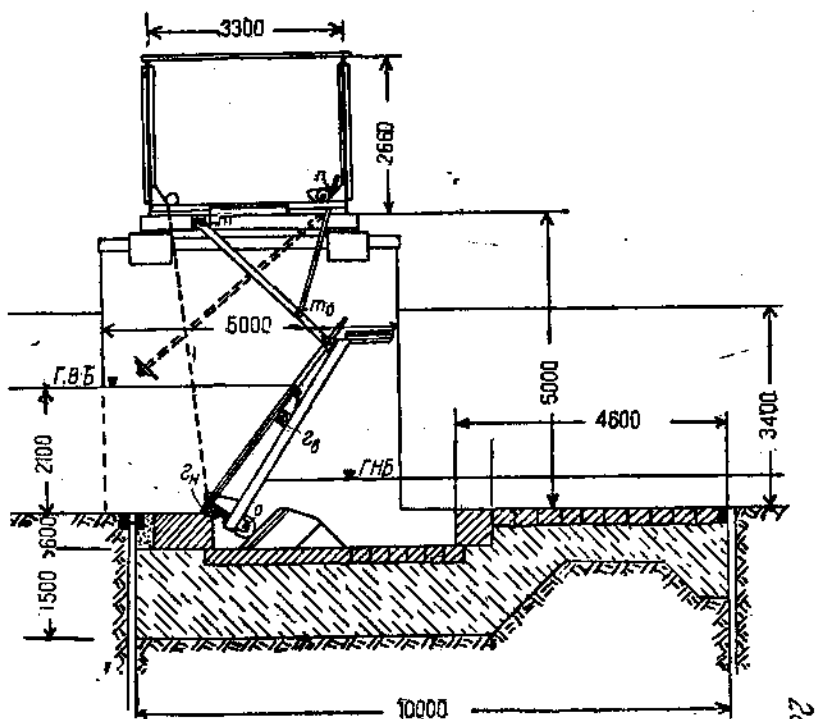


Фиг. 367.



Фиг. 368.

Если стойки подвешены к мосту, то для открытия отверстия плотины стойки вращают вокруг их осей и убирают под мост либо вместе с водоудерживающими конструкциями, либо без них. Если же стойки прикреплены к флютбету, то для той же цели их укладывают на флютбет, производя укладку аналогично укладке стоек затворов, показанных на фиг. 283.



Фиг. 369.

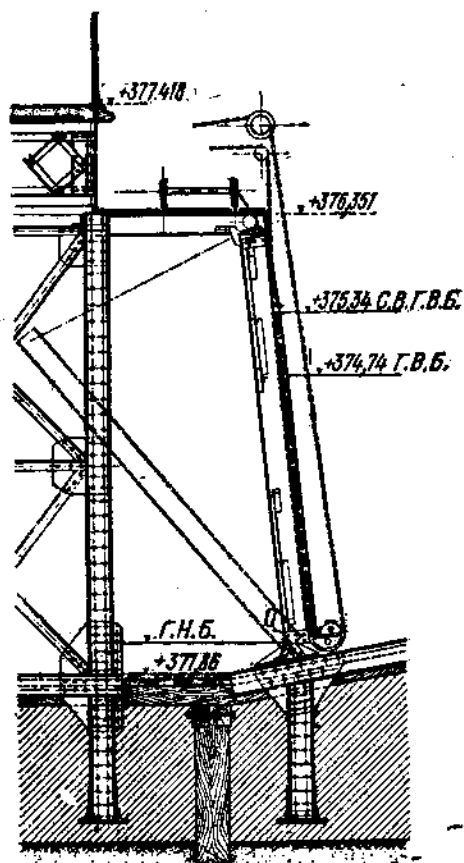
Оси вращения стоек, подвешенных к мостам, располагают либо с нижней стороны мостов (фиг. 371 — плотина у Вельтрус-Мижовицы на р. Влтаве), либо с верхней (фиг. 372 — плотина у Ранзерна ниже Бреславля на р. Одере), либо примерно около оси мостов (фиг. 373 — ремонтный затвор плотины у Боргхарена ниже Маастрихта на р. Маасе). В первом случае для открытия отверстия плотины стойки вращают против течения, во втором — по течению, в третьем — поперек течения.

Передачу давления на мост от стоек, подвешенных к мостам, делают через посредство осей вращения стоек, а на флютбет — их упором в выступ *в* (фиг. 366), устроенный над флютбетом или во флютбете.

Для открытия отверстия плотины стойки, устроенные таким образом, либо несколько поднимают над выступом *в*, либо, если они упираются в выступ посредством особой передвижной конструкции, которая описана ниже, то последнюю соответствующим образом передвигают.

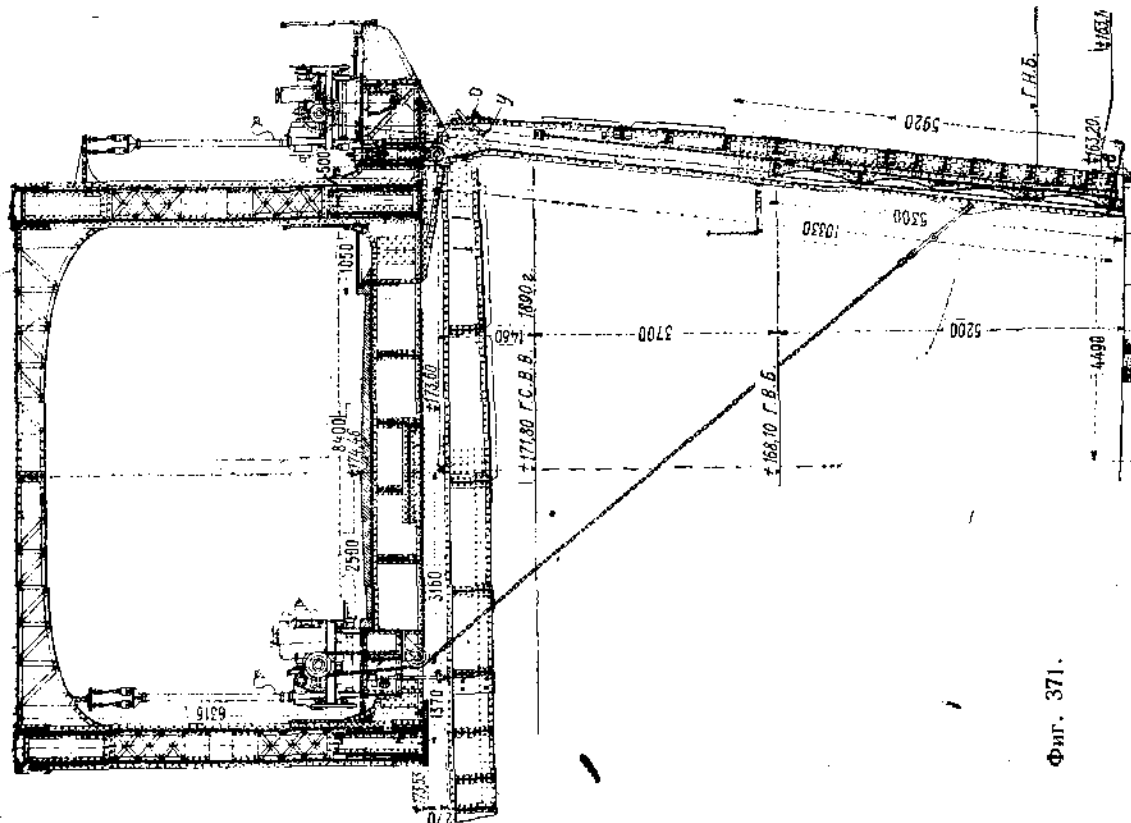
Иногда стойки составляют из двух частей: верхней — связанной с мостом, и нижней — вводимой для открытия отверстия плотины внутрь первой (фиг. 373).

Если для снятия стоек с нижних упоров стойки приходится сначала несколько поднимать, то это движение делают либо

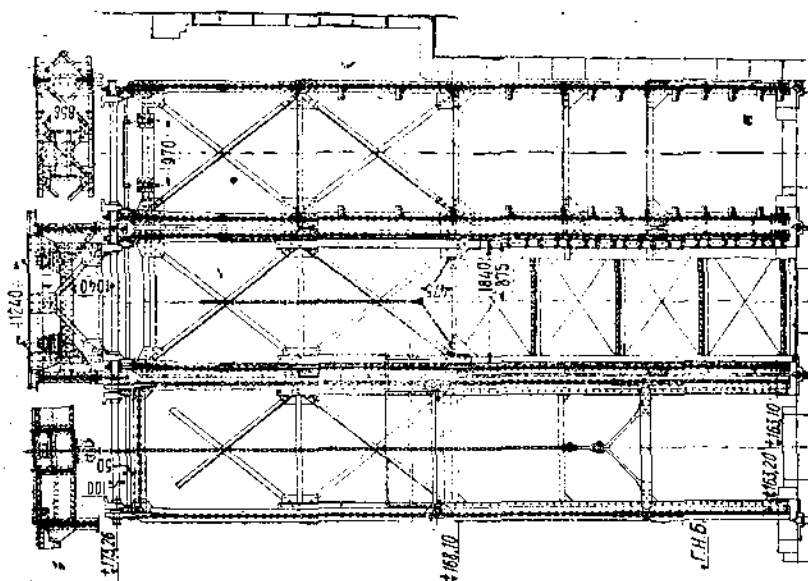


Фиг. 370.

посредством вращения винтов $\delta_1\delta_2$ (фиг. 36), которые вводят в гайки 2, вращаемые при подъеме стоек в горизонтальной плоскости, либо посредством вращения в вертикальной плоскости коротких рычагов $\delta_1\epsilon_1$ и $\delta_2\epsilon_2$ (фиг. 374—плотина у Ранзерна), вращаемых на горизонтальных осях $\delta_1\delta_2$. Стойки прикреп-



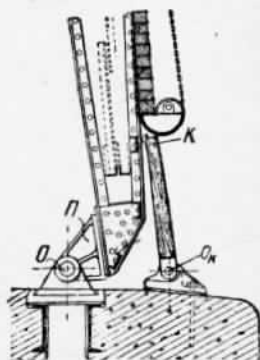
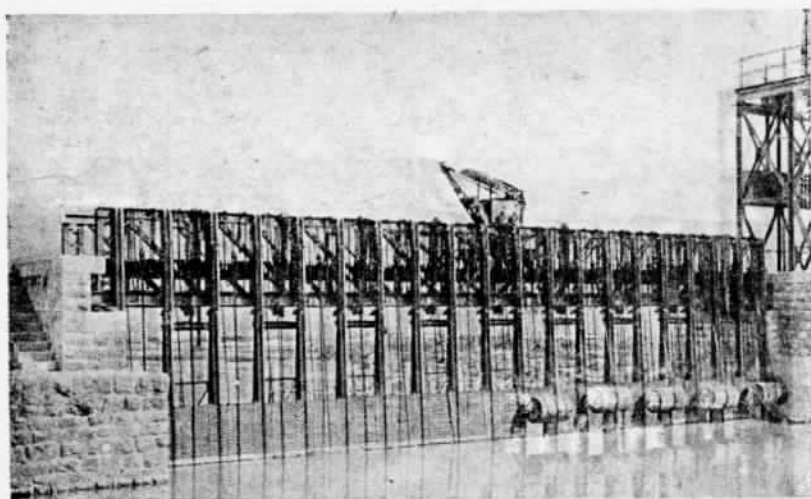
Фиг. 371.



плюют к рычагам как шарнирно, так и наглухо. Конструктивно такие рычаги могут быть образованы в виде коленчатых валов, являющихся одновременно осями вращения стоек.

В тех случаях, когда пролетное строение моста устроено подвижным, стойки передвигают вместе с последним.

Стойки, прикрепленные к флютбету, удерживают сверху во время поддержания затвором подпора выдвижными ригелями или короткими плечами упорок, имеющих вид Г-образных крюков, вращаемых на горизонтальных осях (фиг. 370). Отодвигая ригели или плечи упорок, стойки освобождают от упора наверху, после чего они под влиянием течения и собственного веса опускаются на флютбет и притом настолько быстро, что во избежание повреждения флютбета их приходится тормозить.



Фиг. 375.

Такая конструкция позволяет делать уборку стоек значительно скорее, чем стоек, которые надо поднимать с нижних упоров (фиг. 366).

Если река несет много наносов или гравия, которые могут откладываться перед подшипниками стоек или затворов, то, чтобы подъем тех и других не был связан с затруднениями, нижние оконечности стоек защищают от занесения при помощи клапанов KO (фиг. 375—плотина у Хагнека на р. Ааре), вращающихся на горизонтальных осях O .

§ 78. Расположение, очертания и конструкции стоек

Длину стоек определяют в зависимости от высоты флютбета, от низа пролетного строения моста и от уклона стоек. Наибольшая длина стоек построенных затворов принята 18,2 м (предохранительные затворы шлюзов Панамского канала).

Стойки размещают по длине затвора в зависимости от необходимости освобождать панель, закрытую водоудерживающими конструкциями, не освобождая или освобождая при этом другие панели.

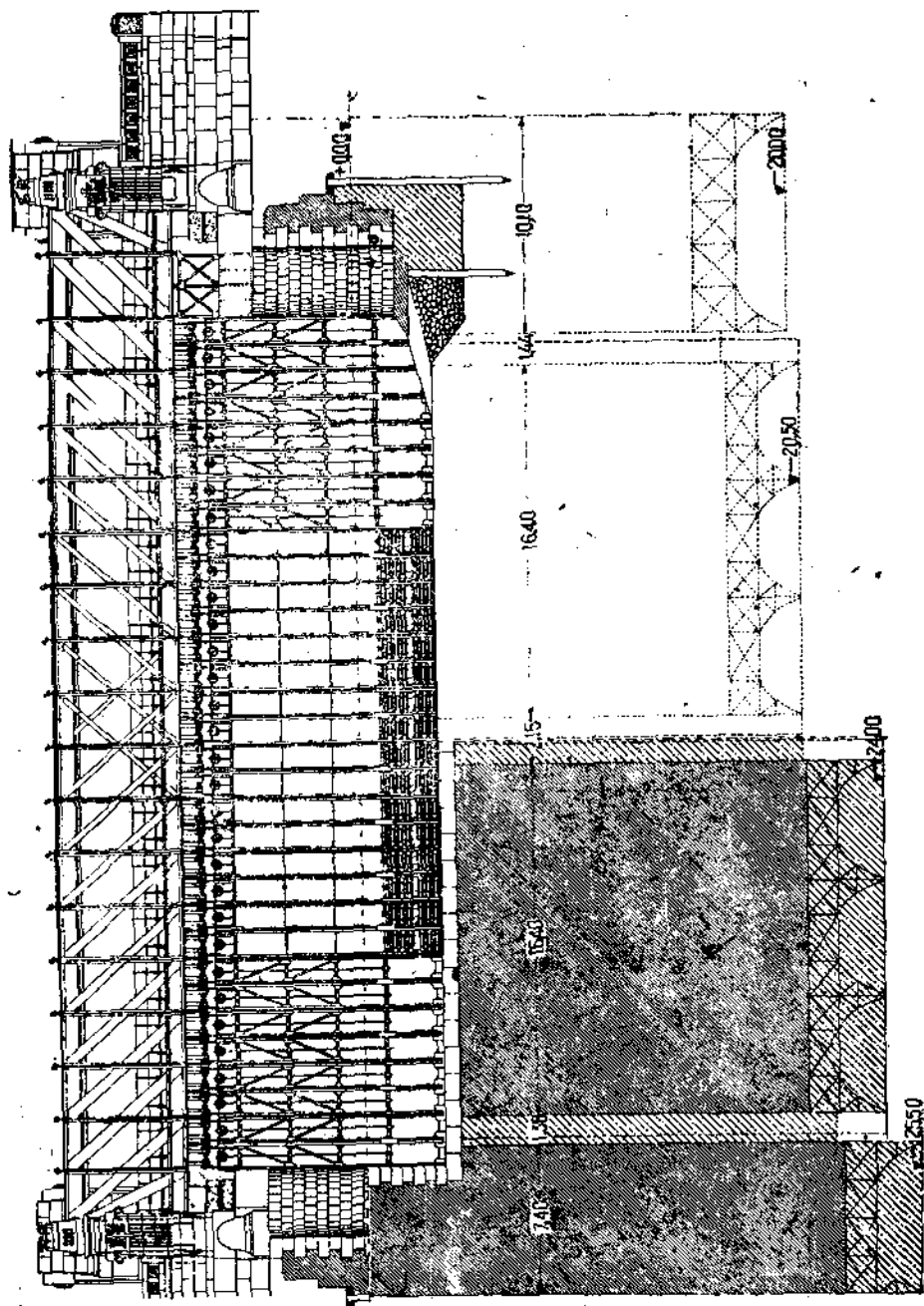
В первом случае для каждой панели берут две (фиг. 344) или три стойки (фиг. 36), которые соединяют в каждой панели поперечными связями, состоящими из распорок и диагоналей. Если панели сделаны каждая из двух стоек, то стойки располагают либо по концам панелей (фиг. 370), либо несколько ближе от концов панелей к их серединам (фиг. 344) и тогда расстояния между стойками назначают с таким расчетом, чтобы водоудерживающие конструкции, опираясь на стойки, могли работать как балки с двумя консолями, и следовательно для устройства этих конструкций требовалось возможно меньше материала.

Конструкция плоского подъемного металлического щита, имеющего рамные и главные ригели, сделанные с консолями, показана на фиг. 376 (плотина у Ранзерна). В тех случаях, когда между этими щитами необходимо делать уплотнения, последнее делают либо посредством деревянных спиц, поставленных так, как показано на фиг. 68, либо устраивая щиты клинообразными (плотина у Биттерфельда на р. Мульде) по типу, показанному например на фиг. 258 части 1-ой.

Если для открытия отверстия плотины стойки сдвигают с нижних упоров, то их рассчитывают еще на внецентренное растяжение, величину которого определяют по формуле:

$$T = fD + G_e, \quad (295)$$

где: D — давление от стойки на упоры,



Фиг. 377.

f — коэффициент трения стойки по упору, принимаемый в зависимости от материала трущихся поверхностей, от их состояния, а также от удельного давления стойки на упоры,

G_e — вес частей стойки и опирающихся на нее водоудерживающих конструкций ниже рассматриваемого сечения.

Поперечные сечения стоек берут по большей части двутавровые, устраиваемые для стоек, имеющих прямолинейные и взаимно параллельные пояса из

прокатных двутавров или из парных швеллеров (фиг. 85). Двутавровые сечения длинных стоек и подвергающихся большим нагрузкам, а также сделанных с криволинейными задними поясами, образуют из вертикальных листов, четырех поясных уголков и скрепляющих их поясных листов (фиг. 157). Если по стойкам скатывают и раскатывают шторы или поднимают и опускают щиты, то для направления движения тех и других спереди к стойкам приклепывают низкие однотавры.

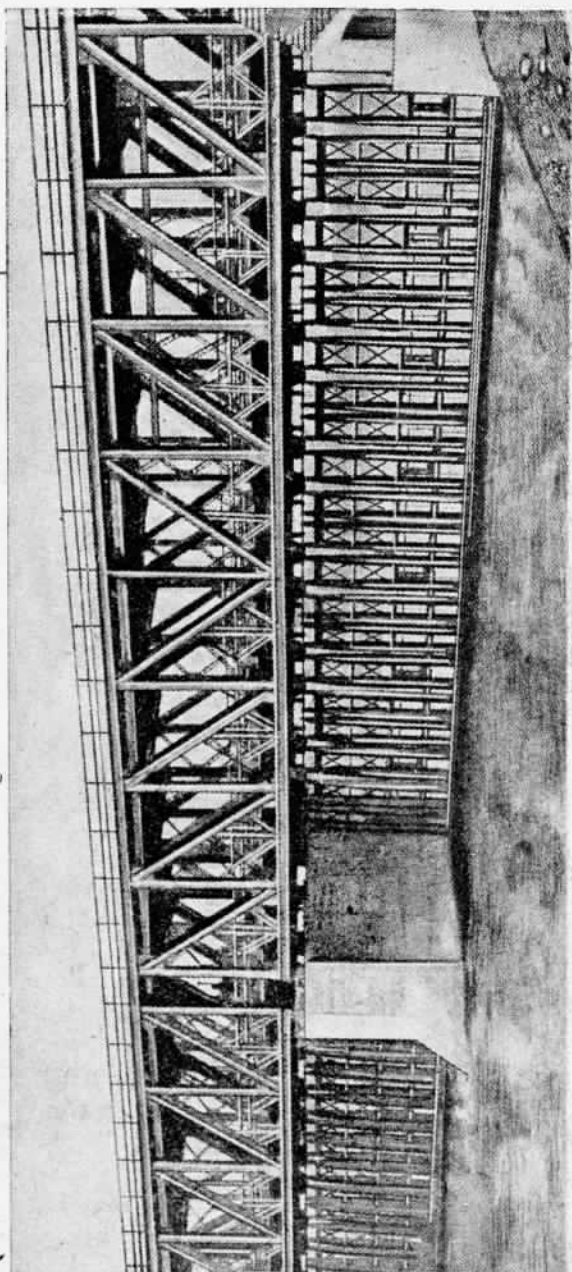
Спаренным и близко расположенным одна к другой стойкам, а также расположенным непосредственно у устоев и быков, дают коробчатые сечения, сделанные для стоек, имеющих оба прямолинейные и взаимно параллельные пояса из прокатных швеллеров; стойкам же с криволинейными задними поясами дают сечения, показанные на фиг. 83.

Для достижения надлежащей жесткости стоек их вертикальные стенки укрепляют парными уголками жесткости.

К задним поясам стоек, опираемых непосредственно (фиг. 36) на нижние упоры, против упоров прикрепляют стальные листы или отливки. Для уменьшения f (см. стр. 222) листы и отливки тщательно остругивают по плоскости упора и такую же обделку применяют для поверхности порога или упорной конструкции.

Если стойки прилегают к упорам не непосредственно, а при помощи передвижных конструкций, то для передачи давления на флютбет применяют упорные башмаки B (фиг. 381), прикрепленные к флютбету закладными, реже ершенными болтами. Эти башмаки, для прохода стоек во время их вращения в сторону нижнего бьефа, делают с проемами $пп$, ширину которых берут немного больше ширины стоек. Для удержания стоек в вертикальном положении под действием напора воды на затвор применяют особые конструкции, которые перед освобождением стоек поворачивают на горизонтальных осях o . Вращение этих конструкций, в зависимости от их схемы действия, делают тягами или штангами.

Например стойки затвора плотины у Претциена опирают на башмаки B (фиг. 381) посредством валков e ; валки соединены со стойками посредством коротких рычажков p , поворачиваемых на осях o ; рычажки управляют длинными рычагами bm_0 , приводимыми в движение тягами m_0, m_1, m_2 . Поднимают узлы m_0 , поворачивают рычаги p и bm_0 , тогда валки e сходят с башмаков B и освобождают стойки.

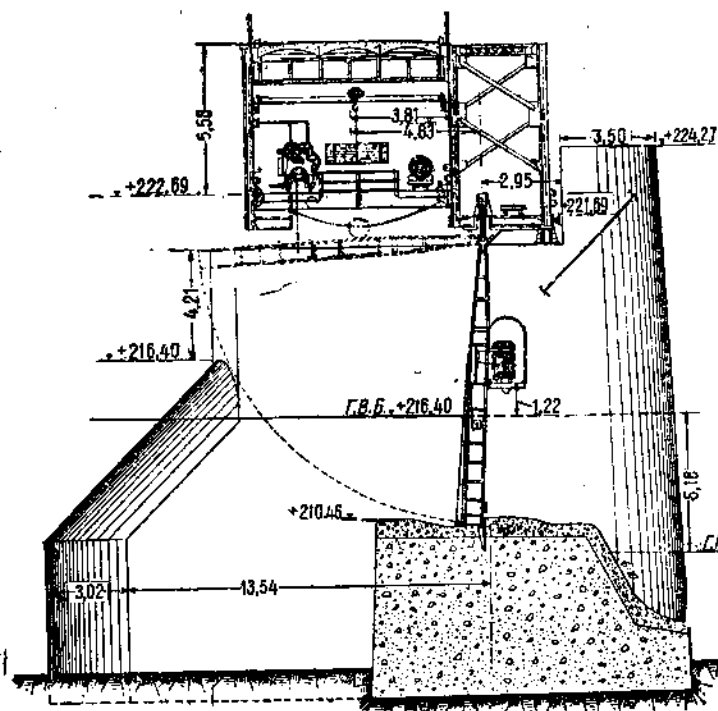
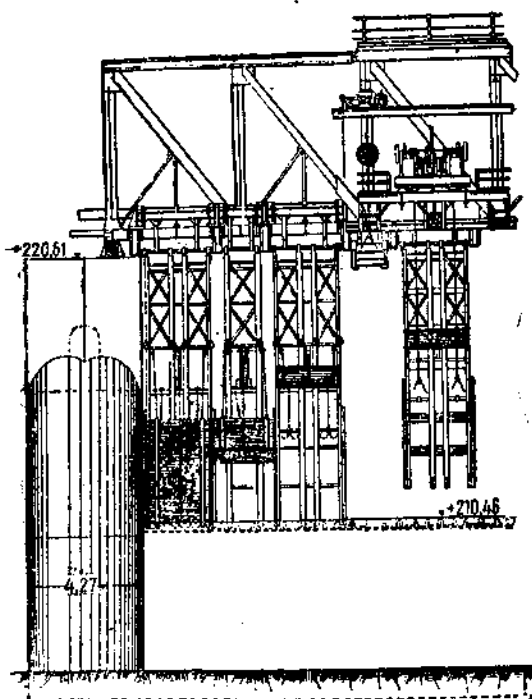


Фиг. 378.

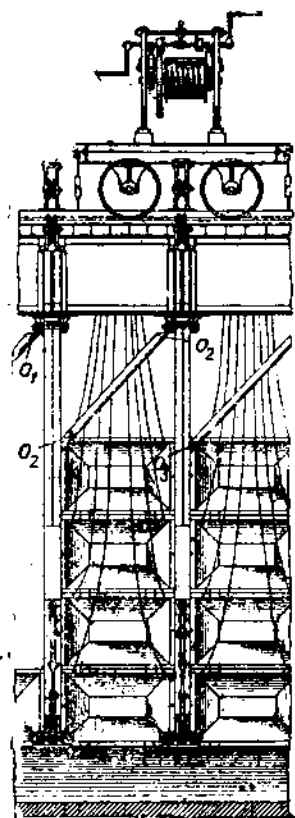
Стойки затвора плотины у Дөрвердена на р. Везере, удерживают на башмаках *Б* (фиг. 382) короткими выступами у рычагов *Ор*, поворачиваемых на осях *О* в подшипниках n_1, n_2 , прикрепленных к стойкам. Во время передвижения точек *р* вниз, выступы у отходят от упора в башмаки и освобождают стойки. Передвижение рычагов *Ор* делают посредством штанг *рш*, опускаемых вертикальными штангами, управляемыми сверху вручную.

К стойкам, прикрепленным к флютбету, прибавляют отливки *П* (фиг. 375) с проушинами, через которые пропускают осевые валки *О*, помещенные в подшипники, прикрепленные в свою очередь закладными или ершенными болтами к флютбету. Конструкция этих подшипников, изготовляемых из стали, показана на фиг. 375.

К стойкам, подвешенным к мостам, прикрепляют сверху отливки, устроенные с отверстиями для пропуска осевых валков; валки помещают в подшипники, прикрепленные либо к нижним поясам главных ферм (фиг. 365 и 381), либо к поперечным бал-



Фиг. 378.



Фиг. 379.

кам проезжей части мостов (фиг. 366), либо одновременно к тем и другим (фиг. 371).

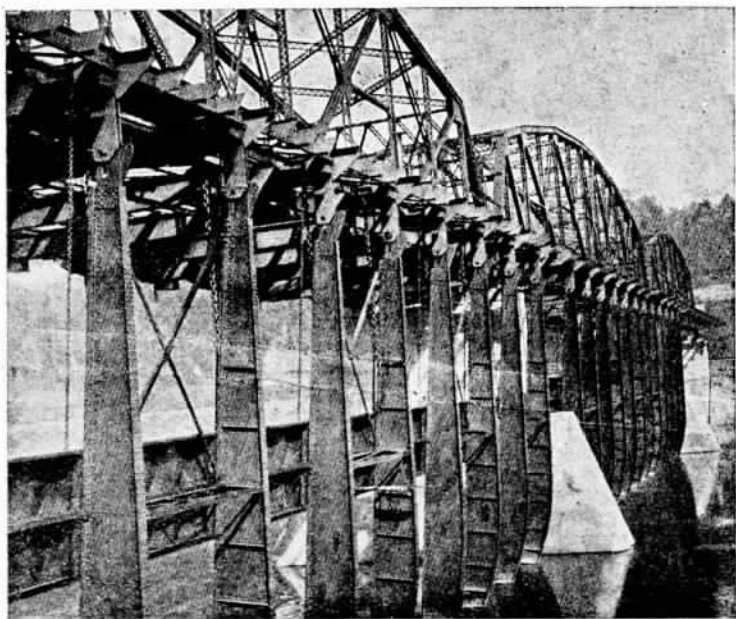
Длинные связи между стойками делают жестких профилей, например двустенчатых, устраиваемых из полосового железа и из уголков или из швеллеров,

которые в случае надобности скрепляют решеткой или планками. Короткие связи делают большей частью из листового железа в виде диафрагм, прикрепленных к связям уголками. Их делают также и из круглого железа.

Все соединения частей делают заклепками, диаметром применительно к нашему стандарту—17 и 20 мм.

§ 79. Сборка и разборка затворов

Так как шторы подвешивают к стойкам при помощи цепей с натяжными винтами, то их свертывают при помощи бесконечных цепей (фиг. 36, 370, 375 и 378) и закрепляют на верху стоек так же, как указано в § 11. Свертывание производят лебедкой, перевозимой на катучей тележке T (фиг. 36) по рельсовому пути, уложенному по служебному мостику, расположенному большей частью с низовой стороны стоек. Мостик устраивают поворачиваемым на горизонтальной оси O_1 и перед подъемом стоек, поворачивая на 90° , прижимают к стойкам. После поворота стоек шторы иногда снимают при помощи катучего крана.

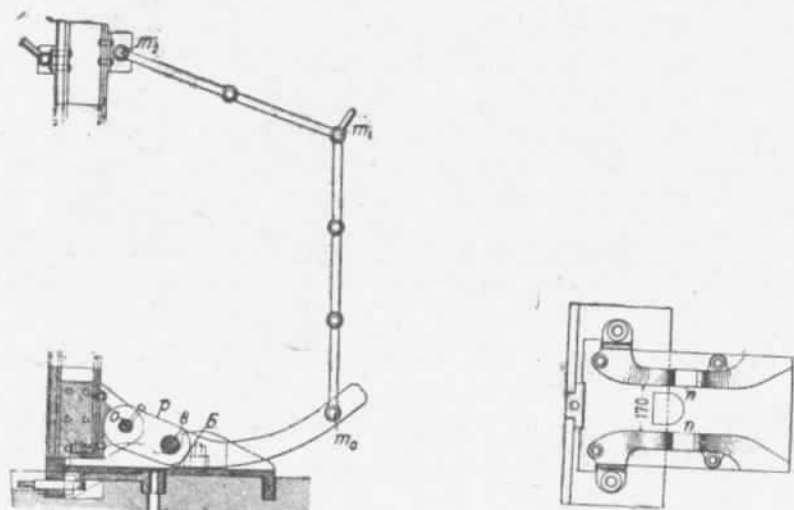
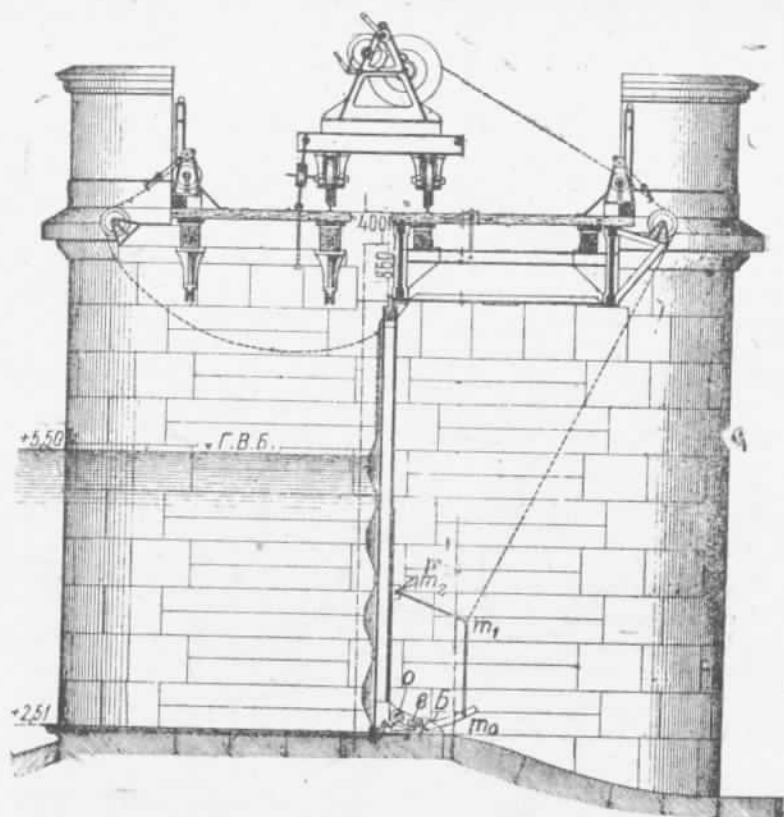


Фиг. 380.

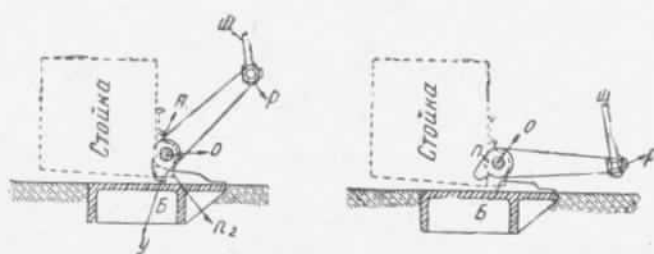
Плоские металлические щиты, во время их разборки, либо удаляют на берега, либо поднимают (фиг. 372) настолько, насколько это требуется для пропуска жидкого и твердого расходов. Полное удаление щитов возможно лишь тогда, когда они имеют небольшие размеры (фиг. 365); удаление же больших и тяжелых щитов связано с значительными затруднениями. В этом случае подъем стоек предпочитают делать вместе со щитами (фиг. 371 и 372), но тогда для облегчения маневров со стойками вращение стоек плотин новейших типов делают в направлении течения реки.

Для подъема щитов вместе со стойками, щиты подвешивают к ним при помощи роликов (фиг. 372), или крюков k_n (фиг. 376), прикрепленных с низовой стороны к щитам. Ролики во время подъема и опускания щитов катятся, а крюки k_n скользят по полкам поясов стоек.

Щиты, удаляемые из отверстий плотин на берега, поднимают обычно цепями, навиваемыми на барабаны лебедок, установленных на катучих тележках. Тележки передвигают по рельсовому пути, уложенному на проезжей части мостов (фиг. 365) или на тротуарах (фиг. 371), устроенных на консолях, приклепанных к мостам.

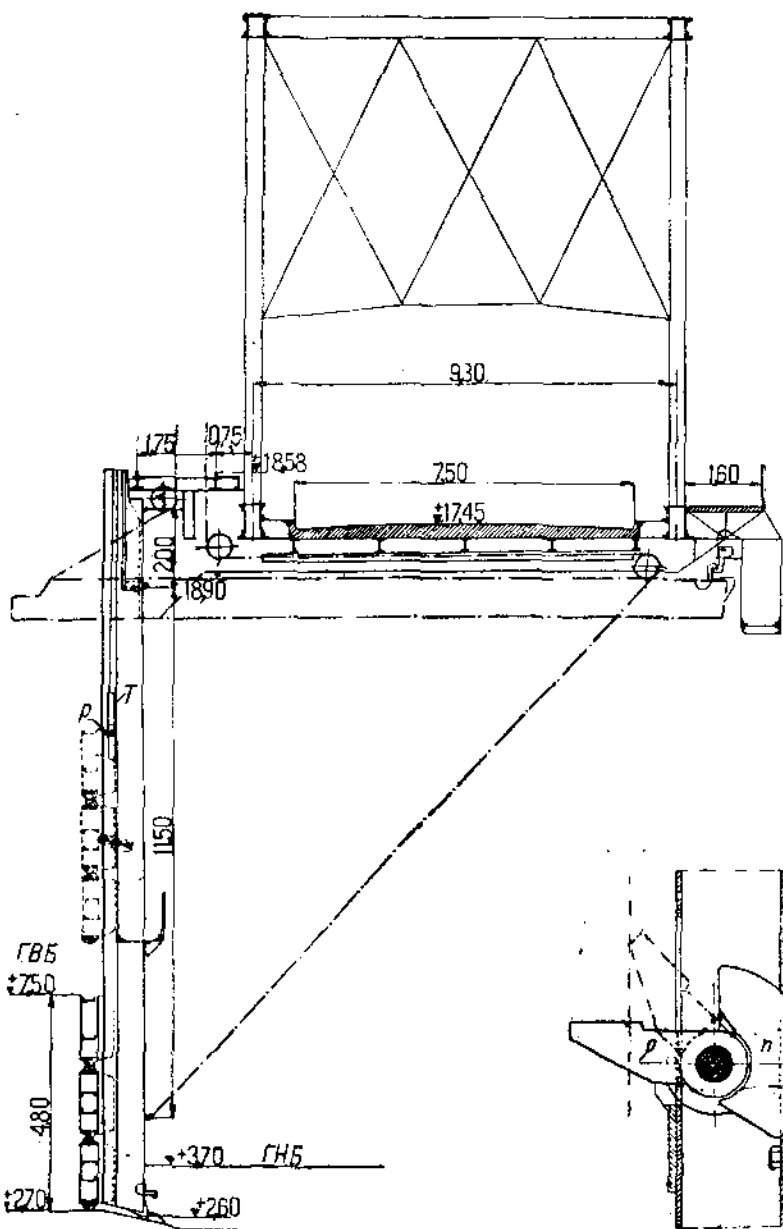


Фиг. 381.



Фиг. 382.

Частичный подъем щитов производят также цепями и таким же способом, как полное удаление. Если же щиты устроены многоярусными, например по типу, показанному на фиг. 126, то их поднимают и опускают например посредством тележки T (фиг. 383), передвигаемой по стойкам с низовой стороны щитов. Эту тележку снабжают для захвата затворов короткими рычажками p (фиг. 384), поднимаемыми противовесами n ; конструкция рычажков такова, что в случае надобности противовесики могут быть освобождены от подъема рычажков; для этой цели устроены особые упорочки y .

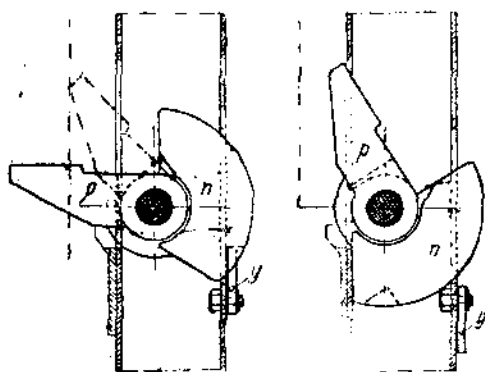


Фиг. 383.

Для подъема какого-нибудь щита, упорочки y подводят под противовесики, а тележку пропускают с низовой стороны щита; так как рычажки находятся в опущенном состоянии, то при новом подъеме тележки, они захватывают за выступы, имеющиеся на щите, и поднимают его.

Для опускания щита противовесики освобождают от упорочек y , но щит, будучи значительно тяжелее противовесиков, остается висеть на тележке. После опускания щита тележку опускают еще ниже, и тогда противовесики поднимают рычажки; подъем их дает возможность освободить тележку от щита и послать за следующим. Таким способом можно поднимать одновременно два и даже три щита.

Поднятые щиты удерживают в наивысшем положении особыми удержателями y



Фиг. 384.

(фиг. 371), которые устраивают либо выдвижными, либо поворачиваемыми на горизонтальных осях o в подшипниках, прикрепленных к стойкам.

Вращение стоек делают цепями (фиг. 365, 370, 371 и 372), навиваемыми либо на лебедки, служащие для подъема затворов (фиг. 372), либо на особые лебедки. Последние передвигают по особым путям, уложенным или o на мостах, служащих для проезда, либо на отдельных мостах (фиг. 366), либо на тех и других (фиг. 365).

Подъем и опускание стоек затворов системы ииж. Загорского (фиг. 369) делают вместе со щитами посредством тяг m_0n , прикрепленных в точке m_0 к тягам mm_0 . После отхода стоек от нижних упоров стойки подтягивают к мостам цепями.

Поднятые стойки удерживают в верхнем положении короткими цепями с крюками или Г-образными рычагами, вращаемыми на горизонтальных осях.

Продолжительность разборки одной панели мостовых затворов определяется: ручным способом—от 30 до 45 мин., машинным—от 10 до 20 мин.; продолжительность опускания: ручным—от 10 до 30 мин., машинным—около 10 минут.

Если мосты устроены подъемными (фиг. 367), то разборку затворов делают при помощи лебедок, передвигаемых по рельсам, уложенным на мостах. Сначала удаляют верхние ряды щитов и затем поднимают мост вместе с нижним рядом щитов и со стойками. Эта операция, вследствие протекания воды в отверстия плотины при почти сравнявшихся горизонтах верхнего и нижнего бьефов, обычно не представляет затруднений. Мосты подвешивают на цепях и поднимают механизмами, установленными на устоях или быках или на основанных на них мостах; для облегчения подъема мостов их уравнивают противовесами.

Устроенные по этому типу затворы, в числе семи, были построены в 1901 г. на нижнем участке р. Уазы и затем, по предложению инж. Либиша, в 1912 г. на р. Эльбе у Мельника и Обжистви.

Отверстия плотин на р. Уазе оборудованы сверху пешеходными мостиками а на р. Эльбе мосты в опущенном или в поднятом положении служат, для пешеходного сообщения между берегами. Стойки затворов этих плотин соединены попарно в панели и устроены так, что освобождение их может быть сделано очень быстро. Это достигнуто посредством придания выступу флютбета уклона $26^{\circ}34'$ к вертикали, вследствие чего вертикальная составляющая давления воды на затвор превышает усилие, определяемое формулой 295. Такое устройство позволяет для подъема стоек ограничиваться лишь освобождением упорков, удерживающих стойки сверху, затрачивая на освобождение одной панели примерно 2 минуты.

Железобетонные мосты применяют лишь для закрытия небольших пролетов, например для закрытия пролета 15 м плотины у Лондона на р. Темзе (канадской) в провинции Онтарио; их устраивают неподвижного типа, образуя из нескольких железобетонных прогонов, соединенных железобетонной проезжей частью, устроенной в виде ребристых плит.

§ 80. Сфера применения мостовых затворов долговременных типов и их качества

Мостовые затворы долговременных типов применяют преимущественно для закрытия отверстия водоспускных плотин, поддерживающих односторонний подпор; реже их применяют для закрытия отверстий водоподъемных плотин поддерживающих такой же подпор. Их применяют для закрытия пролетов, до 60 м и для высот отверстий до 15 м, считая ниже горизонта верхнего бьефа.

Они дают достаточно удовлетворительную плотность закрытия, особенно высокую, если водоудерживающие конструкции затворов сделаны в виде плоских металлических щитов.

Благодаря возможности закрывать затворами большие отверстия и устраивать мосты даже подвижными, пропуск плавающего подвижного состава, а также жидкого и твердого расходов происходит в отверстиях плотин с меньшими затруднениями, чем в отверстиях, закрытых плоскими подъемными затворами.

Крупное регулирование может быть производимо ими достаточно удовлетворительно и особенно хорошо в тех случаях, когда они сделаны со стойками, поворачиваемыми в сторону нижнего бьефа; но все же оно уступает крупному регулированию поворотного-опускными затворами.

Мелкое регулирование и поддержание подпора в случае навалок на затворы льда и плавающих предметов, а также пропуск их в нижний бьеф могут быть сделаны ими примерно таким же образом, как затворами, описанными в главе 11, имеющими водоудерживающие конструкции, устроенные по типам, применяемым для мостовых затворов.

Осмотр, мелкий и средний ремонт водоудерживающих конструкций и стоек, предпочтительно неукладываемых на флютбет, не встречает больших затруднений.

Стоимость затворов с невысокими стойками близка стоимости затворов, описанных в главе II; стоимость же затворов с длинными стойками приближается к стоимости затворов, описанных в отделе III.

Мостовые затворы передают обычно весьма значительную нагрузку от давления воды на фундамент плотины, а на мост—лишь сравнительно небольшую. Вследствие этого сколько-нибудь значительного усиления конструкции проезжей части и нижних ветровых связей мостов против той конструкции, которую обычно применяют для мостов, не требуется. Однако опорные части мостов, в некоторых случаях должны быть приспособлены к восприятию горизонтальных давлений; для этой цели упор пролетного строения на подферменники со стороны нижнего бьефа должен быть устроен не только в горизонтальной плоскости, но также и в вертикальной, а верхним частям устоев и быков должны быть даны надлежащие размеры.

Устройство рельсовых путей для проезда подъемных механизмов, предназначенных для маневрирования водоудерживающими конструкциями затворов и стойками, требует надлежащего обустройства мостов, а иногда даже вызывает необходимость устраивать особый мост, отдельный от моста для пешеходного движения, его приходится делать например в том случае, когда мосты устраивают подъемными (плотины на р. Уазе), что ложится значительным расходом на стоимость плотины. Наличие быков, надлежащим образом поднятых над водой, также увеличивает стоимость плотин. При этих обстоятельствах, если устраивать мост только для подпора верхнего бьефа и не использовать его для дороги, стоимость мостовых затворов становится большей, чем стоимость даже вальцевых.

ЗАТВОРЫ, УПРАВЛЯЕМЫЕ НАПОРОМ ВОДЫ ВЕРХНЕГО БЬЕФА

ГЛАВА 14

ПРИНЦИП УСТРОЙСТВА ЗАТВОРОВ. ТИПЫ ЗАТВОРОВ. ОДНОСТВОРЧАТЫЕ ЗАТВОРЫ СИСТЕМЫ ИНЖ. ЛУИШЬ-ДЕФОНТЕНА И ЖИРАРА**§ 81. Принцип устройства затворов и их классификация**

Для получения ряда удобств при эксплуатации плотины и уменьшения стоимости эксплуатации можно воспользоваться поддерживаемым плотиной подпором, применив его для маневрирования затворами. Если река, на которой построена плотина, отличается весьма переменчивым гидрологическим режимом, использование подпора позволяет более успешно справляться с поддержанием горизонта воды верхнего бьефа на заданной высоте, чем затворами, описанными в предыдущих отделах.

В §§ 25, 35 и 53, были отмечены некоторые способы использования напора воды верхнего бьефа для указанной цели, однако устройство управляющих затворы механизмов мало влияло на конструкцию затворов. В данной главе описываются такие типы затворов, на устройство которых использование подпора оказывает значительно большее влияние, чем на указанные выше типы, вследствие чего эти затворы весьма разнятся по устройству от первых.

Как было отмечено в § 20 части 1-й, идея использования подпора для маневрирования затворами полушлюзов была известна еще в XVIII столетии, но большого значения для маневрирования затворами плотин, действующих обычно медленнее, чем шлюзные, она не имела. Лишь в середине XIX столетия оказалось возможным осуществить ее в форме, достаточно удобной для достижения этой цели.

Современные затворы описываемого типа различаются, во-первых, по степени участия в управлении ими персонала, обслуживающего плотины, и затем — по конструкции затворов. Соответственно с этим их разделяют на затворы:

- 1) требующие небольшого участия технического персонала и
- 2) на автоматические.

Те и другие разделяют на затворы, состоящие каждый из одной только створки (одностворчатые), и на затворы, состоящие из двух и более створок (двустворчатые).

Затворы, требующие небольшого участия персонала, по способу передачи воспринимаемых ими внешних сил на постоянные части плотин относятся к затворам, передающим большинство сил на флютбет.

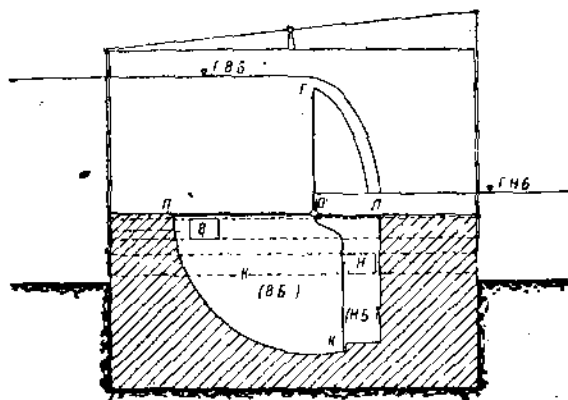
§ 82. Принцип устройства одностворчатых затворов системы инж. Луишь-Дефонтена и Жира

Первая попытка, сделанная в 1855 году, в направлении использования напора для маневрирования затворами принадлежит французскому инженеру Луишь-Дефонтену, предложившему для закрытия водосливной части плотины у Дамри на р. Марне применить затворы своеобразной конструкции.

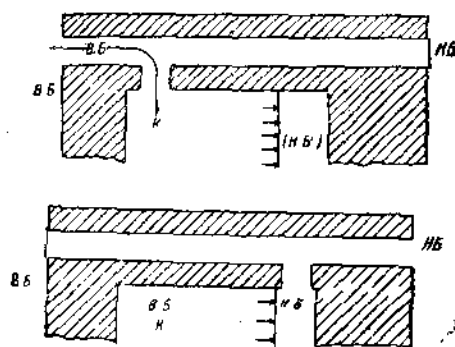
Предложенные им затворы, установленные в этой плотине оказались достаточно целесообразными в эксплуатации, вследствие чего в течение следующих 25 лет их применили для закрытия плотин, построенных на той же реке между Эпернэ и Шарантоном, и затем для закрытия других плотин в Западной Европе.

Затвор системы Луиш-Дефонтена состоит из щита *ОГ* (фиг. 385), называемого главным или верхним, который связан с другим плоским или криволинейным щитом *ОК*, называемым контр щитом, имеющим высоту примерно на 5—10% больше высоты верхнего щита. Затвор вращается на горизонтальной оси *о*, расположенной на уровне флютбета.

Верхний щит, находясь в вертикальном или близком к вертикальному положении, закрывает отверстие плотины. Если отверстие требуется открыть, щит приводят в горизонтальное положение, укладывая на флютбет. Контрщит, поворачиваясь тогда на 90°, движется внутри особой камеры *К*, устроенной



Фиг. 385.



Фиг. 386.

во флютбете, называемой камерой давления, которой дают в поперечном разрезе очертания, сделанные в виде квадрата с добавкой со стороны нижнего бьефа прямоугольника или трапеции. Сверху камеру закрывают металлическими плитами *ПП*.

Вследствие сходства камеры давления с барабаном, затворы этого типа, а также и закрываемые ими плотины, называют в Германии барабанными (Trommelwehre).

Так как затворы имеют ограниченную длину, например затворы плотин на р. Марне—до 1,50 м, то для закрытия отверстий больших пролетов их берут несколько, отделяя один от другого вертикальными металлическими переборками, которые втапливают в кладку камеры давления, а поверху скрепляют плитами *ПП*.

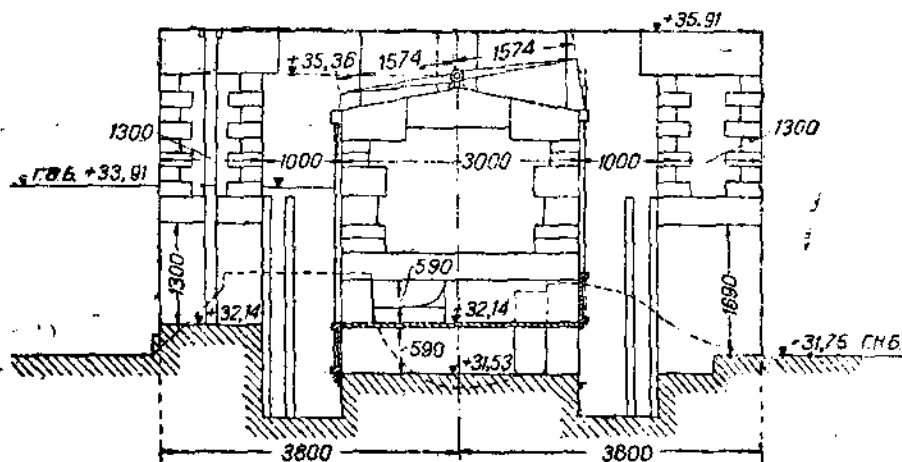
В каждой переборке делают по два отверстия *В* и *Н* (фиг. 385), которыми пользуются для пропуска в камеру давления воды верхнего или нижнего бьефа, необходимой для приведения затвора в открытое или закрытое положение. Воду в камеру впускают из водопроводной системы, устроенной в одном из устоев или быков и образованной из каналов *ВБ* и *НБ* (фиг. 386), служащих для пропуска воды верхнего и нижнего бьефов; эти каналы находятся в сообщении: первый — с отверстиями *В* в переборках, второй — с отверстиями *Н* в переборках или во флютбете.

Впуск воды в каналы регулируют щитами *вв* и *нн* (фиг. 387—плотина у Жуанвилль-ле-Пон на р. Марне), управляемыми вручную. Для плотин первоначальных типов эти щиты делали плоского подъемного типа.

Приводя щиты *вв* и *нн* в положение, показанное на фиг. 386 и 387, воду верхнего бьефа по каналу *ВБ* пропускают в отверстия *В* и далее через отверстия *В* в переборках в камеру давления, где она действует на контрщит со стороны верхнего бьефа. Аналогичным образом пропускают воду нижнего бьефа в отверстие *НБ* (фиг. 386), затем через отверстие *Н* в переборках в камеру, где она действует на контрщит с обратной стороны. Операции с пропуском воды

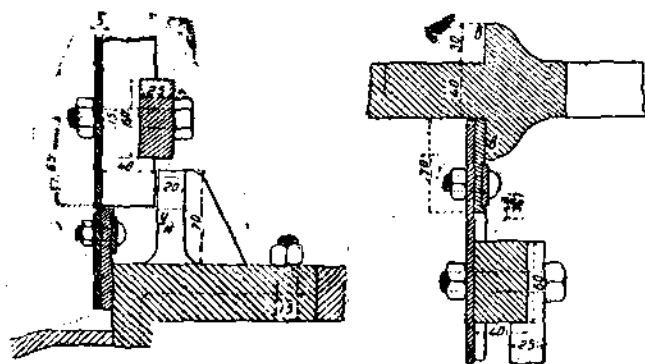
в камеру давления делают одновременно, так как щиты и связаны между собою коромыслом, к которому они подвешены тугами.

Высоту контрщита выбирают таким образом, что—даже при потере до 20% высоты напора в камере давления—давление на него превышало давление на верхний щит; поэтому, когда контрщит приходит в конечное положение и упирается нижней кромкой в прилив $У_н$ (фиг. 388—та же плотина), затвор закрывает отверстие плотины.



Фиг. 387.

Закрывая щитом *вв* канал *ВБ*, а щитом *нн* канал *НБ* воду из передней части камеры давления выпускают в нижний бьеф, а в часть камеры, обращенную к нижнему бьефу (заднюю), выпускают воду верхнего бьефа, которая действует тогда на контрщит так же, как на верхний щит действует напор верхнего бьефа, вследствие этого затвор укладывается на флютбет и открывает отверстие плотины.



Фиг. 388.

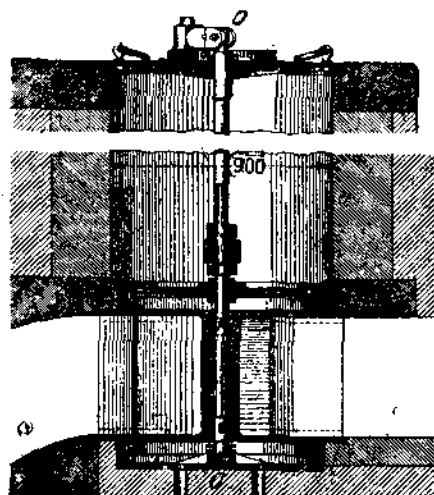
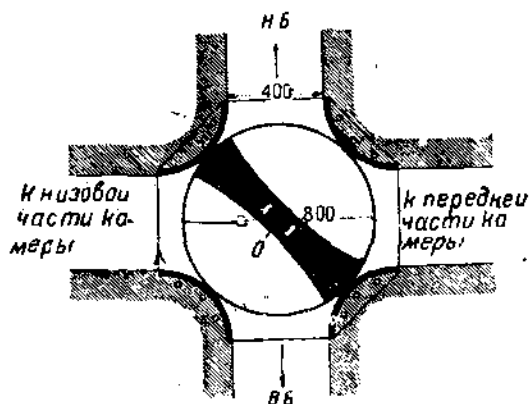
Контрщиту дают обычно больший вес, чем верхнему. Такое устройство позволяет после сравнения горизонтов в обоих бьефах закрыть отверстие плотины; однако закрытие может произойти лишь при условии, что протекающая в отверстии плотины вода не прижимает верхнего щита к флютбету.

Для закрытия затвора в случае протекания в отверстии воды, в переднюю часть камеры впускают воду верхнего бьефа, а заднюю соединяют с нижним; тогда, если в верхнем бьефе имеется хотя небольшой подпор, затвор может закрыть отверстия. В случае отсутствия напора или его малости (меньше 0,60—0,80 м) перед затворами устанавливают на флютбет вспомогательный затвор временного типа (фиг. 278) его же делают из досок толщиной в 7—8 см или из шандор, надлежащим образом подпертых со стороны нижнего бьефа.

Во время эксплуатации плотины вспомогательными затворами пользуются также для осмотра и ремонта флютбета плотины и затворов.

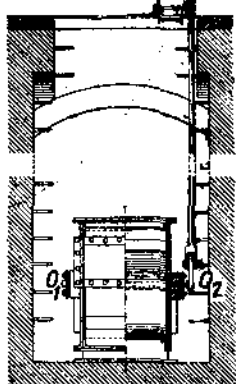
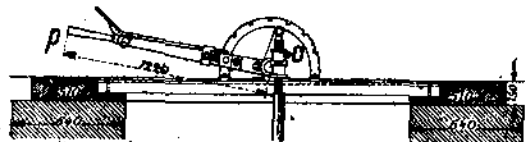
Так как перестановка щитов *вв* и *нн* производится весьма быстро и легко вручную, то все маневры по подъему и укладке затворов, хотя и связаны с ударами верхних щитов на флютбет, но требуют значительно меньшего вре-

р. Шпрее, шести плотин на р. Майне; плотины у г. Оппельна на р. Одере, и наконец плотины у Винау на р. Ааре в Швейцарии—были еще более усовершенствованы. Усовершенствования заключались в изменении конструкции водопроводов и закрывающих их щитов, а также осевых частей затворов. В конечном результате эти усовершенствования позволили увеличить пролеты затворов до 15 м (плотина у Винау).

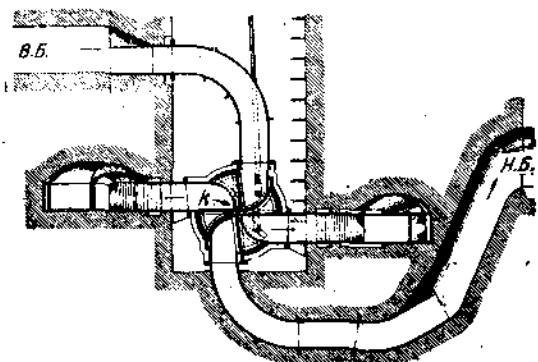


Фиг. 391.

Усовершенствование щитов, закрывающих водопроводы, заключалось в том, что вместо плоских подъемных щитов *вв* и *нн* (фиг. 387) были применены щиты, поворачиваемые на вертикальных *о* (фиг. 391—плотина у Оппельна на р. Одере) или на горизонтальных *о₁* *о₂* (фиг. 392—плотина у Шарлоттенбурга на р. Шпрее) осях. Для каждой плотины их брали не более двух и даже только одного и устраивали с четырьмя ходами (фиг. 393—та же плотина). Четыре хода соответствуют четырем водопроводам, из которых два служат для про-



Фиг. 392.



Фиг. 393.

пуска воды из обоих бьефов и два—для впуска ее в камеру давления. При положении крана *К*, показанного на фиг. 393 сплошными линиями, вода из верхнего бьефа поступает в переднюю часть камеры и поднимает затвор. При положении же крана, показанного пунктирными линиями, вода верхнего бьефа поступает в камеру сзади контрщита и складывает затвор.

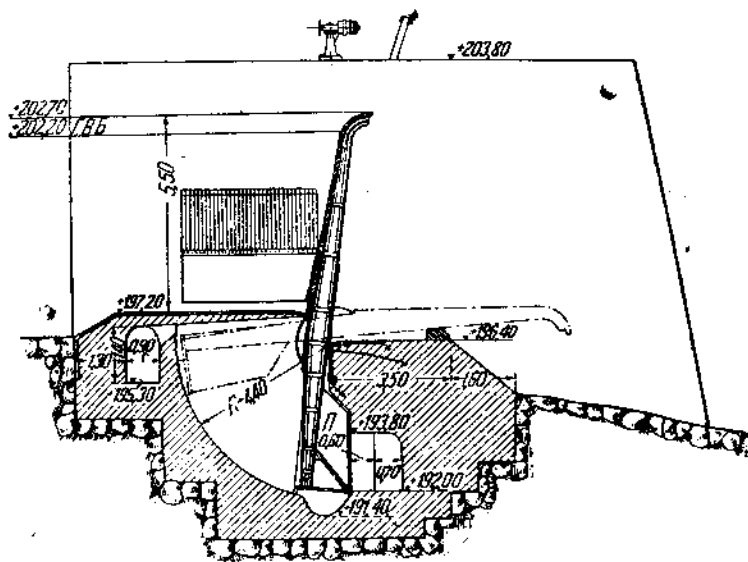
Поворотный щит этой плотины приводят в движение штанговой, *оо₂* (фиг. 392), оканчивающейся наверху, например нарезкой, вводимой внутрь втулки, вращаемой зубчатым валом, поворачиваемым в свою очередь перекидным рычагом *О_р*.

Время, необходимое для опускания затворов современного типа, определяется, например около 5 минут и несколько больше—для подъема.

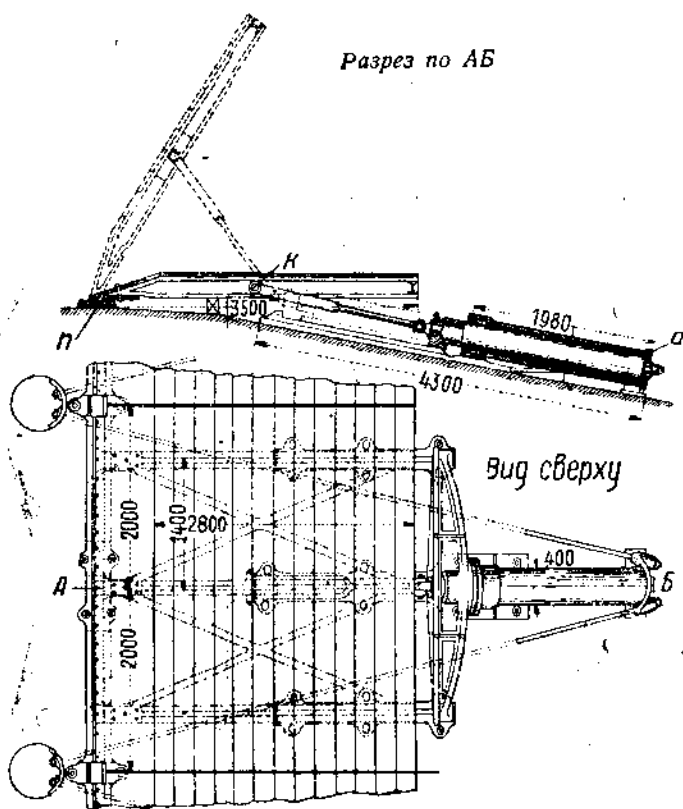
Если во время эксплуатации плотины требуется несколько поднять горизонт воды верхнего бьефа, то верхние щиты могут быть несколько нарощены, такое нарощение способствует лучшей устойчивости затворов во время закрытия ими отверстий плотины. Нарощения на 0,50 м были применены например для затворов плотины на р. Марне.

Затворы инж. Луиш-Дефонтеа иногда делают автоматическими, тогда их устраивают следующим образом: контрщит снизу со стороны нижнего бьефа снабжают противовесами П (фиг. 394 — водосливное отверстие пролетом 7,5 м плотины у Эгизон на р. Крез во Франции), вес которых берут достаточным для подъема затвора из открытого положения. Укладку затвора делают при помощи впуска воды верхнего бьефа в камеру давления позади контрщита посредством сифона, заборное устье которого располагают со стороны верхнего бьефа, а порог — на уровне, выше которого горизонт в верхнем бьефе не должен подниматься.

При таком устройстве достаточно небольшого подъема воды в верхнем бьефе, и сифон приходит в действие, наполняя водой верхнего бьефа камеру давления, вследствие чего затвор открывается; тогда вода протекает в отверстие плотины в значительно большем количестве, чем при поднятом затворе, и горизонт верхнего бьефа опускается. Вследствие опускания горизонта сифон перестает забирать воду, и затвор под действием



Фиг. 394.



Фиг. 395.

противовеса открывает отверстие плотины.

прикрепления труб к балкам Б (фиг. 390) или к флютбету трубы также снабжают флянцами. Затворы прикрепляют к валкам или к валам посредством стоек, входящих в состав затворов.

Отдельные затворы располагают вдоль плотины с зазорами около 1 см один от другого. Так как затворами поддерживают небольшие подпоры, вследствие чего фильтрации воды через зазоры между затворами весьма незначительны, то зазоры обычно оставляют без всякого закрытия.

Для лучшего прилегания контрщитов к внутренней поверхности камеры давления на нижних кромках их устраивают уплотнения в виде деревянных брусьев с кожаными или каучуковыми полосами, которые при повороте затворов скользят по этой поверхности.

Для ускорения вращения затворов криволинейные части камер давления образуют со стороны верхнего бьефа таким образом, чтобы прилегание к ним уплотняющих конструкций затворов во время вращения было менее плотным, чем в том случае, когда затворы закрыты. Уплотнение по оси вращения со стороны верхнего бьефа делают из уголка у (фиг. 397—плотина у Оппельна на р. Оudere), прикрепленного к металлическим плитам, закрывающим камеру давления.

Для предохранения верхнего щита от ударов, при укладке на флютбет, к щиту прибавляют со стороны нижнего бьефа деревянные брусья.

Перекрытие камеры давления делают в поперечном разрезе флютбета с переломом возле оси вращения затвора. Этот перелом необходим для укладки затвора вровень с флютбетом.

Перекрытие камер затворов первоначальных типов делали чугунными плитами, скрепленными с перегородками и с флянцами осевых труб болтами, а с флютбетами—ершами или закладными болтами. Перекрытие камер затворов новых типов делают из листового железа, уложенного по продольным балкам двутаврового сечения (фиг. 390), опирающимся на устои и быки. В перекрытиях делают смотровые отверстия, закрываемые крышками, прикрепленными в случае надобности болтами.

Перегородки первоначальных типов делали из чугунных плит и втапливали в кладку фундаментов примерно на 0,10 м. В местах упора контрщитов при конце их хода плиты снабжали выступами в, в (фиг. 388).

Криволинейную поверхность камеры давления защищают листовым железом, а для упора контрщитов закладывают крепкие камни. Кромки этой поверхности у флютбета обделывают швеллерами, связанными иногда с кладкой анкерами. Если камера сделана из дерева, то те же кромки обделывают парными уголками.

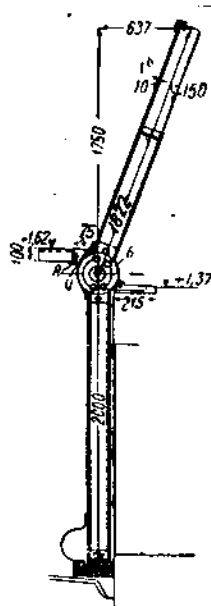
Для удаления из наиболее пониженных мест камеры засорений укладывают трубы, которые выводят в нижний бьеф. Трубы закрывают щитками, открывая которые, пропускают по трубам воду, уносящую с собой засорения.

Водопроводы, устраиваемые в устоях или в быках, делают либо в виде каналов круглого сечения, либо в виде двух вертикальных стенок, перекрытых сверху сводиками; реже прокладывают трубы диаметром около 0,7 м.

Для помещения щитов и их приводов в устоях или быках делают отверстия, внутренние поверхности которых надлежащим образом защищают, а сверху покрывают чугунными или железными съемными крышками.

Для ремонта водопроводов перед их входными и выходными устьями делают затворы простейших типов, например из шандоров.

Щиты Жирара были сделаны из горизонтальных досок, приболченных к металлическому остову, опирающемуся нижней оконечностью на чугунные подшипники; поддерживающие конструкции их были сделаны из железа.



Фиг. 397.

Условия укладки и подъема затворов выражают следующим образом:

1) Условия укладки:

$$M_{\text{скл}} > M_{\text{сопр}} \quad (296)$$

где: $M_{\text{скл}}$ — момент сил, содействующих укладке, состоящий из:

- 1) момента $W_n^u w_n^u$ давления воды на верхний щит (фиг. 398, 296),
- 2) момента $W_n^u w_n^u$ давления воды на поверхность контрщита, обращенную в сторону нижнего бьефа (низовую),
- 3) момента $G_n g_n$ собственного веса верхнего щита,
- 4) момента ударного действия протекающей воды на верхний щит, определяемого выражением:

$$M = k \gamma_0 F \frac{v^2}{2g} p,$$

где: k — постоянный коэффициент $\approx 1,50$,

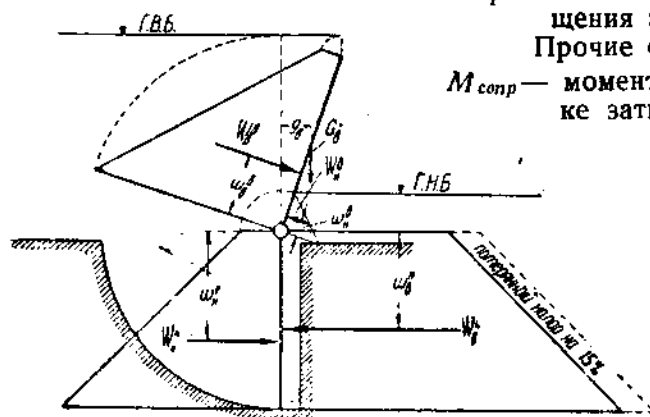
F — площадь вертикальной проекции верхнего щита,

v — скорость течения воды,

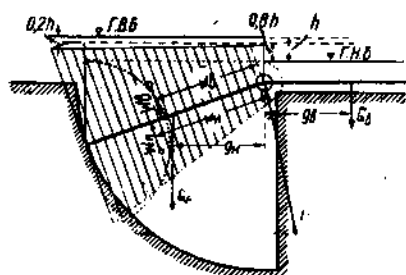
p — плечо силы удара относительно оси вращения затвора,

Прочие обозначения прежние.

$M_{\text{сопр}}$ — момент сил, сопротивляющихся укладке затвора, состоящий из:



Фиг. 398.



Фиг. 399.

- 1) момента $W_n^u w_n^u$ давления воды на поверхность контрщита, обращенную в сторону верхнего бьефа (верховую),
- 2) момента $W_n^u w_n^u$ давления воды на низовую поверхность верхнего щита,
- 3) момента собственного веса контрщита,
- 4) момента трения в цапфах оси вращения затвора, равного μDr ,

где:

μ — коэффициент трения в цапфах,

D — давление, передающееся на цапфы от напора воды и от веса затвора, определяемое удобнее всего, графически,

r — радиус осей цапф.

2) Условия подъема:

$$M_{\text{под}} > M_{\text{сопр}} \quad (298)$$

где: $M_{\text{под}}$ — момент сил, содействующих подъему затвора, состоящих:

- 1) из момента $W_n^u w_n^u$ (фиг. 399) давления воды верхнего бьефа на контрщит; момент должен быть определен с учетом потерь напора во время протекания воды по водопроводным каналам и через отверстия в переборках камеры давления. Эти потери могут быть определены в пределах около 20% от полного напора,
- 2) из момента $G_n g_n$ собственного веса контрщита.

$M_{\text{собр}}$ — момент сил, сопротивляющихся подъему затвора, состоящий из:

- 1) момента давления воды нижнего бьефа на низовую поверхность контрщита,
- 2) момента $G_s g_s$ собственного веса верхнего щита,
- 3) момента трения конструкции уплотнения по нижней кромке контрщита,
- 4) момента трения в цапфах оси вращения (см. стр. 238).

Обшивку щита и контрщита рассчитывают согласно указаниям § 20.

Стойки рассчитывают как консольные балки, заделанные в сечениях, находящиеся возле оси вращения и сопротивляющиеся действию нагрузок, распределяемых по длине стоек согласно указаниям § 20.

Осевые валки рассчитывают на изгиб от действия силы D , при этом их рассматривают как балки, свободно лежащие на двух опорах и подвергающиеся равномерно распределенной по ширине стойки a нагрузке, равной $\frac{D}{a}$.

§ 85. Сфера применения затворов Луишь-Дефонтена и их качества

Вследствие необходимости устраивать для затворов Луишь-Дефонтена камеры давления, затворами закрывают преимущественно отверстия водоподъемных плотин, поддерживающих односторонний подпор; в настоящее же время ими закрывают главным образом отверстия плотоходов. Применение их для отверстий с высоко расположенным флютбетом облегчается тем, что, если эти отверстия плотин занимают всю ширину реки, то они создают достаточный напор для поднятия затвора. Если затворами закрывают отверстия с невысоко расположенными флютбетом, напор для поднятия затворов получают посредством закрытия других отверстий плотины.

Затворы Луишь-Дефонтена делают наибольшей длины 15 м и наибольшей высоты, считая ее ниже горизонта верхнего бьефа—около 2,80 м.

Плотность закрытия ими отверстий примерно такая же, как затворами, описанными в отделе IV, но меньшая, чем затворами, описанными в отделе III.

Пропуск плавающего подвижного состава в отверстиях, допускающих по высотному положению порогов пропуск, свободен, так как по высоте он не ограничен какими-либо конструкциями, принадлежащими затворам или их приводам. Если же с одной опоры на другую должен быть устроен мостовой переход, то низ его пролетного строения должен быть расположен у нас согласно указаниям § 7.

Пропуск значительных количеств воды, льда и плавающих предметов возможен, но стеснен высоким расположением порогов, а также устоями и быками; пропуск наносов весьма затруднен.

При помощи затворов можно делать крупное регулирование достаточно удовлетворительно. Мелкое регулирование можно делать ими лишь в случае применения подкосов и выдвижных реек, устроенных по типу, описанному на стр. 233, но оно ограничено положением реек и, в случае увеличения количества воды, подлежащего пропуску в нижний бьеф, представляет опасность повышения горизонта верхнего бьефа, вследствие невозможности отодвинуть обратно рейки; поэтому, если управление каждым затвором сделать независимым один от другого, что связано с усложнением конструкции всей плотины, то мелкое регулирование затворами невозможно.

Поддержание ими подпора во время навалки на верхние щиты льда и плавающих предметов возможно лишь при условии, что количество льда и плавающих предметов столь незначительно, что оно может быть пропущено за короткий срок в нижний бьеф, посредством небольшого нажима на затворы, которые могут в таком случае несколько поворачиваться в сторону нижнего бьефа.

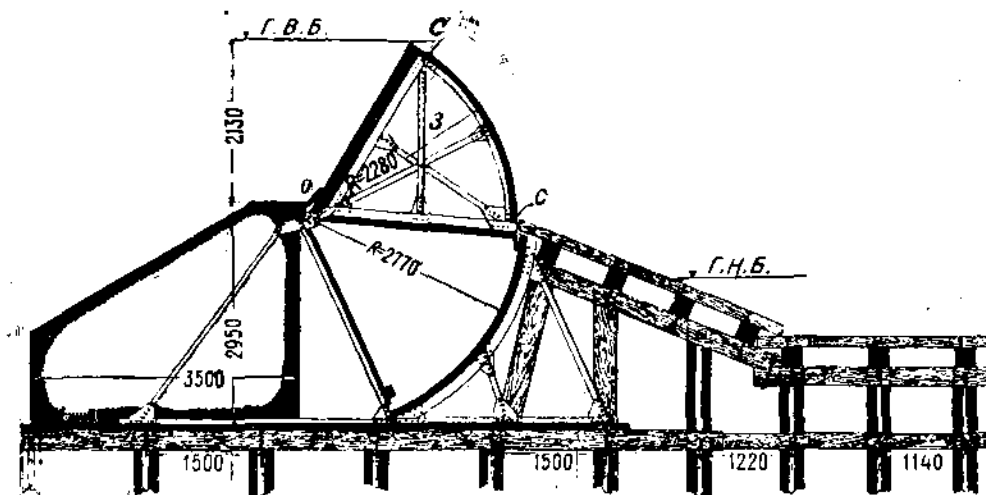
В отношении осмотра и ремонта эти затворы нуждаются в устройстве перед ними особых ремонтных затворов.

Стоимость затворов значительно выше стоимости затворов, описанных в отделе IV. Влияние их на стоимость постоянных частей плотины отражается главным образом на стоимости флютбетов и в меньшей степени—на стоимости устоев и быков.

ЗАТВОРЫ СИСТЕМЫ ИНЖ. ЧИТТЕНДЕНА

§ 86. Принцип устройства затворов

К одностворчатым затворам, управляемым напором воды верхнего бьефа, относятся также затворы системы инж. Читтендена, примененные впервые для закрытия отверстий плотин, построенных с начала текущего столетия на р.р. Огайо, Мононгазла и Оседж в США. Некоторые отверстия этих плотин оказалось желательным закрыть затворами, действующими на подобие затворов Луишь-Дефонтена; так как размеры отверстий были весьма значительны, то затворам пришлось дать в продольном направлении надлежащую жесткость, которая по предложению инж. Читтендена была достигнута значительно большим отгибом контрщитов, чем контрщитов затворов инж. Луишь-Дефонтена, построенных например на р. Одер, и посредством отнесения осей вращения к передним (верховым) кромкам камер давления.



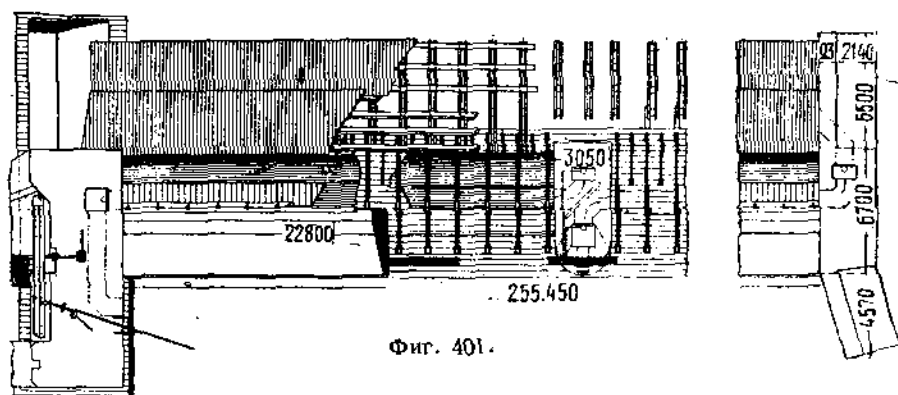
Фиг. 400.

Контрщиты затворов Читтендена обычно наклоняют к верхним щитам под углами близкими к 90° (фиг. 131 части 1-й) и берут по размерам равным размерам верхних щитов. Их соединяют с верхними щитами связями СС (фиг. 400—плотина на р. Оседж), которым в плоскости перпендикулярной осям затворов дают криволинейные очертания в виде дуг кругов, описанных из осей вращения затворов. Связями пользуются для прикрепления к ним с внешней стороны обшивки и таким образом создают внутри затвора полость 3, закрытую со всех сторон. Эта полость необходима для придания затвору пловучести, особенно желательной для первоначального его подъема, когда напор, воспринимаемый плотиной, обычно невелик.

Такая конструкция затвора создает схему его действия, отличную от схемы действия затворов Луишь-Дефонтена. Эта схема заключается в следующем: подвод воды верхнего бьефа в камеру давления с нижней стороны створки ОС производят таким же образом, как и в камеру давления затвора Луишь-Дефонтена; что же касается наполнения и опорожнения полости 3, то первое делают открытием задвижек, а второе—удалением воды самотеком. В случае невозможности удалить самотеком, опорожнение делают сжатым воздухом или насосами, всасывающие трубы которых располагают возле оси вращения затвора и в непосредственной близости к устоям или быкам.

Заполнение полости 3 водой дает возможность ускорить открытие отверстия плотины и регулировать протекание воды через него; последнее достигают различными степенями наполнения полости и различными степенями наполнения водой верхнего бьефа камеры давления.

Управление водой, поступающей в камеру давления, производят посредством водопроводов (фиг. 401), располагаемых в устоях или в быках плотины и закрываемых плоскими подъемными щитами ω_1 и ω_2 (фиг. 402—та же плотина), которые поднимают и опускают ручными приводами.



Фиг. 401.

Затворами Читтендена, подобно затворам Луиш-Дефонтена, закрывают отверстия водоподъемных плотин с повышенными флютбеттами, допускающими удобное размещение камер давления и позволяющими иметь необходимый для первоначального подъема затворов подпор.

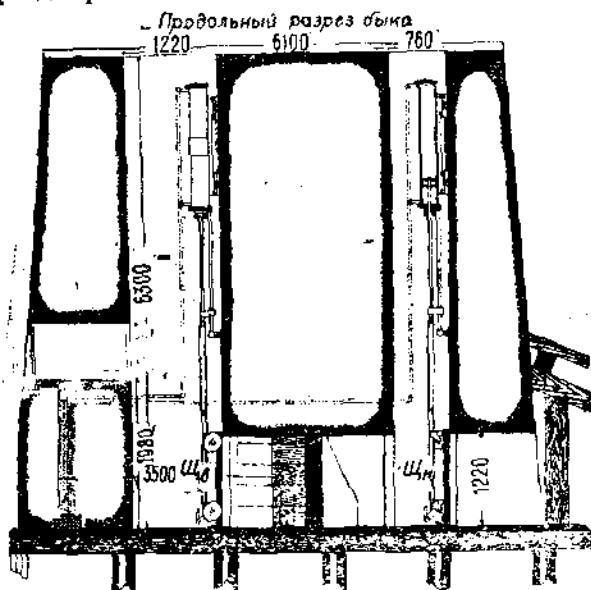
Наибольший пролет, который ими в настоящее время закрыт $\approx 61,8$ м (плотина у Дэвис-Айленд на р. Огайо), а наибольшая высота закрываемого отверстия — около 4 м (шлюз Св. Павла на р. Миссисиппи). Время, необходимое для подъема и опускания затворов, не имеющих закрытых полостей, определяется примерно 5 минутами, имеющих закрытые полости — несколько больше.

Затворы Читтендена делают также автоматическими.

Автоматичность достигается двумя способами: первый — осуществлен в 1917 г. для подъема и опускания затворов (фиг. 403), закрывающих водослизы, пролетом 12,19 м каждый, на высоту 1,52 м при водоудержательной плотине у оз. Шербёрн на р. Суифт в шт. Монтана США, второй — осуществлен в 1925 г. для затворов (фиг. 404), закрывающих отверстия пролетом каждое 19,5 м и высотой 4,42 м, водоподъемной плотины у Эммета на р. Пэйтт в шт. Айдаго США.

Первый способ заключается в том, что затвор (фиг. 403) снабжают сифоном, который располагают в устоях или в быках плотины. Порог криволинейного колена π сифона устраивают на том уровне, который должен быть поддержан в верхнем бьефе, заборное же устье размещают в камере давления, а выходное $У_1$ в нижнем бьефе ниже оси вращения затвора.

Камеру давления соединяют с верхним бьефом коротким водопроводом, закрываемым подъемным щитом ω_1 , степень открытия которого должна быть такой, чтобы через водопровод вода поступала в камеру в меньшем количестве, чем отводится из нее сифоном в нижний бьеф. Водопровод, сообщающий камеру с нижним бьефом, отсутствует, вследствие чего опорожнение камеры в нижний бьеф может происходить только посредством сифона.



Фиг. 402.

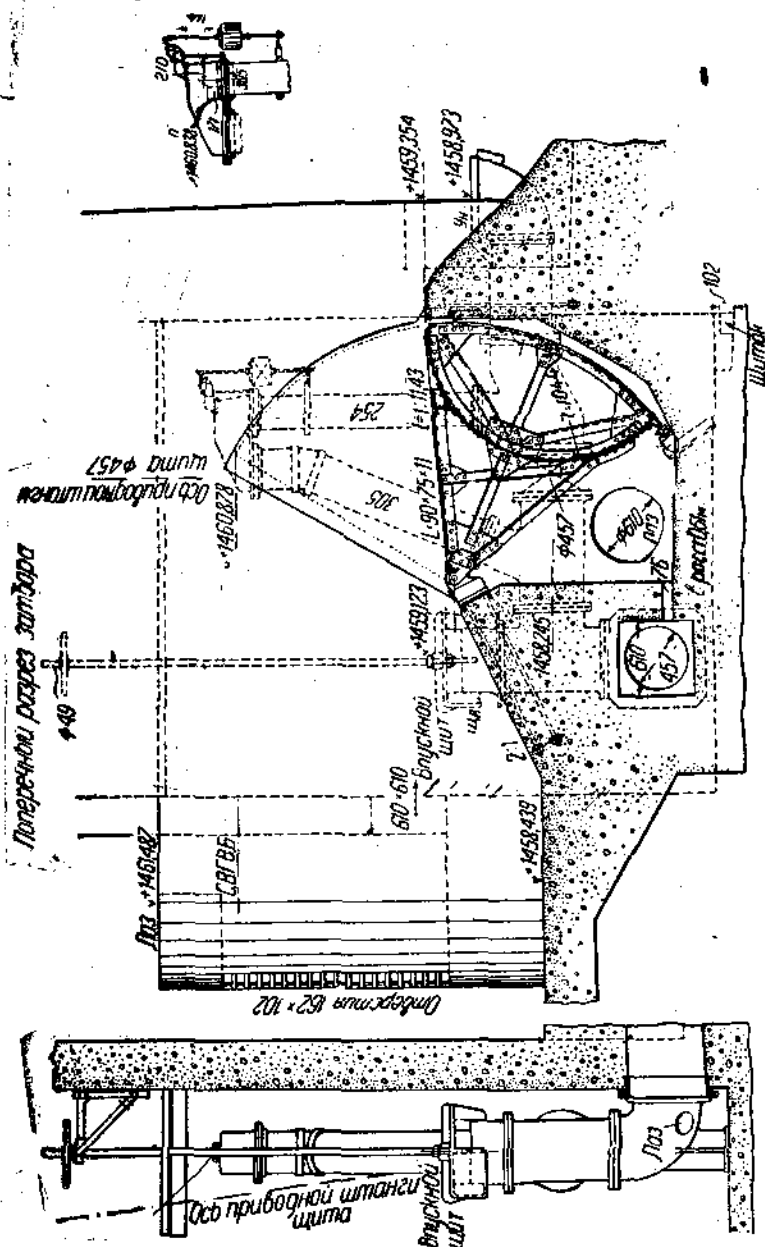
Если вода в верхнем бьефе поднимается выше заданного горизонта, сифон приходит в действие и опорожняет камеру, вследствие чего затвор опускается и снижает горизонт верхнего бьефа. Если же вода в верхнем бьефе опускается, сифон перестает действовать, камера постепенно наполняется из верхнего бьефа, затвор поднимается и повышает горизонт этого бьефа.

Из практики выяснилось, что для поддержания горизонта верхнего бьефа на заданной высоте, устроенные таким образом затворы обладают вполне достаточной чувствительностью.

Второй способ заключается в том, что количество воды и ее напор в камере давления регулируют особыми подъемными щитами именно: впуск в камеры давления плоскими—А (фиг. 405) и выпуск пробочными—Е, расположенными в устоях и быках плотины.

Пробочный щит образуют из нижней криволинейной части К, соединенной посредством штока с поршнем Л, поднимающимся и опускающимся в цилиндре Ц, внутренний диаметр которого больше диаметра нижней части щита.

Сверху и снизу на поршень действует вода верхнего бьефа; впуск ее по верх поршня происходит по узкой труб-



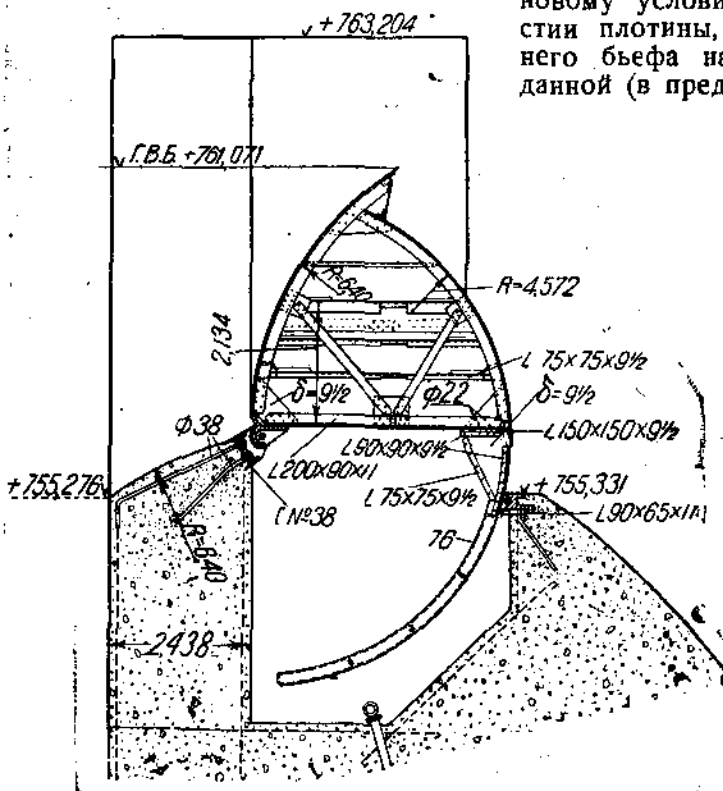
Фиг. 403.

ке в. При этом количество ее, поступающее в цилиндр, регулируется щитком б, закрывающим отверстие О, сообщающее цилиндр с нижним бьефом. Щиток б управляют поплавком П, погруженным в колодец К, соединенный трубопроводом Т с верхним бьефом.

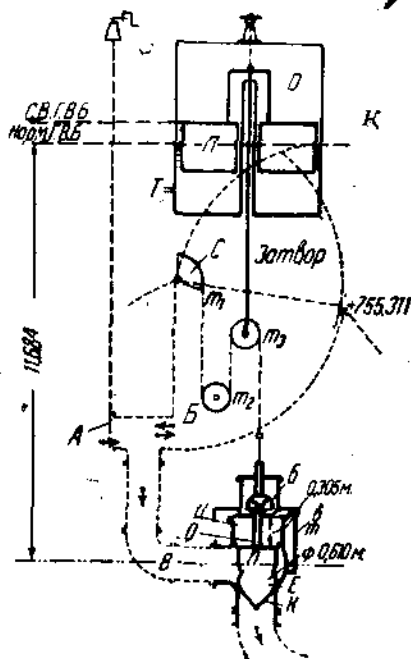
Если горизонт верхнего бьефа поднимается, поплавок также поднимается и поднимает щиток б; тогда часть воды из цилиндра Ц вытекает в нижний бьеф, и давление на поршень настолько снижается, что поршень под давлением на него снизу воды поднимается и поднимает щит Е; последний открывает отверстие, и вода из камеры давления вытекает в нижний бьеф. Вследствие вытекания воды опускается и затвор и открывает отверстие плотины, через

которое протекает большой расход воды, чем до опускания затвора, и горизонт верхнего бьефа снижается.

Во время подъема щита и опускания затвора щиток б, находясь при помощи троса m_1 , m_2 , m_3 в связи с сектором С, насаженным на ось вращения затвора, опускается; тогда отверстие О снова закрывается и давление воды в цилиндре возрастает и опускает щит. Вследствие опускания щита закрывается выпускное отверстие, и дальнейшее опускание затвора прекращается. После повторных колебаний он приходит в устойчивое положение, соответствующее новому условию протекания воды в отверстии плотины, и удерживает горизонт верхнего бьефа на высоте, весьма близкой заданной (в пределах до 0,15 м).



Фиг. 404.



Фиг. 405.

Если горизонт верхнего бьефа опускается, то описанные операции протекают в обратном порядке.

Впускной щит обычно поднимают вручную, его держат обычно в положении, закрывающем не все отверстие водопровода; это необходимо для пополнения воды в камере давления, утрачиваемой как вследствие выпусков ее в нижний бьеф через отверстие Е, так и вследствие возможных filtrаций через неплотности в щелях.

Затворы системы Читтендена делают обычно из металла и реже — смешанной конструкции.

§ 87. Конструкции затворов и основания их расчета

Затворы первоначальных типов делали смешанной конструкции: из обшивки из горизонтально расположенных досок, тщательно припазованных и прифугованных, и из металлического остова.

Затворы современных типов делают из плоской листовой металлической обшивки и из остова, который образуют из ряда металлических ферм, располагаемых в плоскостях, перпендикулярных осям вращения затворов (фиг. 401) и устраиваемых из полосого и фасонного металла. Передние щиты их делают обычно плоскими, а иногда, для лучшего протекания поверх их воды, — криволинейными (фиг. 404).

Фермы связывают между собой в плоскостях передних щитов и контрщитов продольными связями, которым дают жесткие сечения. Поверх щитов иногда укладывают дощатый настил для служебного мостика. Фермы рассчитывают как плоские сквозные системы, подвергающиеся следующим нагрузкам: 1) давлению воды, 2) временной нагрузке от прохода по служебному мостику, (если он устроен), 3) собственному весу и 4) реакции осевых частей.

Продольные связи рассчитывают на изгиб аналогично тому, как продольные фермы жесткости, применяемые в затворах, описанных в главе 7.

Возле боковых поверхностей устоев и быков затворы закрывают от затекания в них воды сплошными переборками.

Уплотнение по оси вращения затворов осуществляют посредством металлических листов или небольших щитов *Ощ* (фиг. 131 части 1-ой и фиг. 400), вращающихся на горизонтальных осях *О* и прижимаемых давлением воды к напорной поверхности затворов.

Уплотнение по низовым кромкам контрщитов делают либо так же, как то же уплотнение затворов Луишь-Дефонтена, либо посредством каучуковых полос (фиг. 403), либо посредством железных штанг (фиг. 404), прижимаемых давлением воды к прозору, подлежащему закрытию; эти штанги удерживают от падения в камеру изогнутыми скобами.

Уплотнение по боковым поверхностям устоев и быков делают посредством упругих металлических листов, а по кромкам затворов, работающих при низких температурах, — посредством каучуковых полос.

На случай отказа действия затворов, их снабжают резервными приводами в виде тросов, навиваемых на кабестаны, расположенные на верхних площадках устоев или быков.

Постоянные части плотин в местах прилегания к ним затворов делают аналогично тому, как те же части плотин, закрываемых затворами Луишь-Дефонтена, но особое внимание уделяют прикреплению опорных частей осей вращения. Это прикрепление делают в виде треугольно-подкосных ферм (фиг. 131 части 1-ой), сделанных из полосового и фасонного металла и размещенных одна от другой на таких же расстояниях, как и поперечные фермы затворов. Фермы втапливают в кладку флютбетов на достаточную глубину и укрепляют анкерными конструкциями. Для небольших затворов довольствуются одними анкерными тяжами (фиг. 403).

§ 83. Сфера применения затворов Читтендена и их качества

По тем же причинам, которые были указаны для затворов Луишь-Дефонтена, затворы Читтендена применяют для закрытия отверстий водоподъемных плотин, поддерживающих односторонний подпор, но для закрытия отверстий пролетом до 61,8 м и высотой, считая ниже горизонта верхнего бьефа, до 4 м.

Плотность закрытия ими отверстий выше плотности закрытия затворами Луишь-Дефонтена и близка плотности закрытия затворами, описанными в главах 5, 7 и 8.

В отношении пропуска плавающего подвижного состава, жидкого и твердого расходов через открытые отверстия, а также в отношении крупного регулирования, качества их близки затворам Луишь-Дефонтена. Мелкое регулирование удобнее всего осуществимо ими тогда, когда они сделаны автоматическими.

В отношении поддержания подпора во время навалки и пропуска льда и плавающих предметов, качества их выше качеств затворов Луишь-Дефонтена и близки качествам затворов, описанных в главе 7; но ниже вальцовых.

В отношении осмотра и ремонта они несколько удобнее затворов Луишь-Дефонтена, но для ремонта их все же требуется иметь ремонтные затворы.

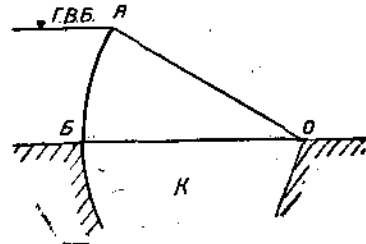
Стоимость их примерно близка стоимости вальцовых затворов; влияние же их на стоимость постоянных частей плотины примерно одинаково с влиянием на ту же стоимость затворов Луишь-Дефонтена.

СЕКТОРНЫЕ ЗАТВОРЫ

§ 89. Принцип устройства затворов

Если затвор системы инж. Читтендена, показанный на фиг. 400, повернуть на вертикальной оси на 180° , перенеся таким образом его ось вращения с верховой стороны на низовую, то криволинейная поверхность АБ (фиг. 406), воспринимающая напор воды, будет передавать его посредством лучей АО и БО на ось вращения затвора.

В таком случае отпадает необходимость в обшивке по плоскости БО, так как роль контрщита будет исполнять плоскость АО, которая для этой цели должна иметь обшивку, служащую, помимо восприятия давления на нее воды из камеры давления, также для направления воды, протекающей в отверстии плотины из верхнего бьефа в нижний.



Фиг. 406.

Устроенные таким образом затворы были предложены впервые американским инженером Кулеем и применены в 1909 году для закрытия предохранительной плотины у Локпорта на отводном канале у Чикаго. Главнейшие размеры этого затвора, а также размеры главнейших затворов, осуществленных впоследствии для закрытия других плотин, указаны в таблице 5.

Таблица 5

№№ по порядку	Название плотины	Число затворов	Конструкция	Пролет в м	Высота закрытия в м	Год постройки	Страна
1	У Локпорта на Чикагском канале.	1	металлич.	14,70	5,50	1909	США (Иллинойс)
		1	"	3,66			
2	У Гемелингена близ Бремена на р. Везере.	2	"	54,00	4,60	1912	Германия
3	У Рочестера на р. Дженеси	2	"	30,48	4,62	1916	США (Нью-Йорк)
4	Сан-Кьяра д'Ула, у Кальяри на р. Тирсо	2	жел.-бет.	12,00	7,00	1923	Италия (Сардиния)
5	У Раанафосса на р. Гломмен	2	металлич.	50,00	3,75	1924	Норвегия
6	У Камаразы на р. Ногера-Паллареза.	2	жел.-бет.	27,00	6,90	1926	Испания
7	На р. Парахибе.	3	"	45,00	1,40	1926	Бразилия
8	У Старвед Рок, близ Ля-Салль на р. Иллинойс	4	металлич.	30,48	1,50	1929	США (Иллинойс)
9	На р. Джилла, ниже слияния с р. Сан-Карлос (плотина Кулиджа)	6	жел.-бет.	15,24	1,20	1932	США (Аризона)

Наиболее значительными затворами являются затворы плотины на р.р. Везере, Гломмен и Парахибе. Первые заслуживают внимания тем, что ряд недостатков, присущих первоначальному типу затворов, делавших его мало удобным в эксплуатации, при конструировании затворов этой плотины был в значительной степени устранен посредством изменения и усовершенствования схемы действия затворов и их конструкции.

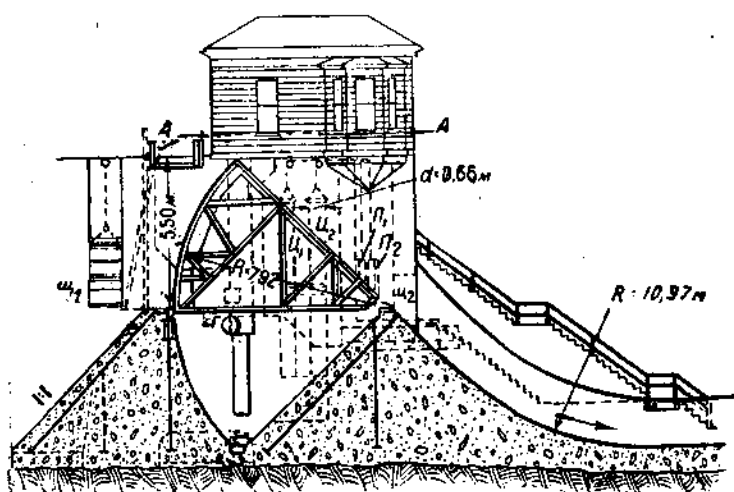
При конструировании затворов позднейшей постройки опыт эксплуатации затворов этой плотины был также учтен, в результате чего затвор описываемого типа получил законченный вид, позволивший с успехом применять его в условиях, отвечающих качествам этого затвора. Его называют в отличие от затворов, описанных в главе 7, секторным.

Принцип действия его в основном тот же, как и затворов Луиш-Дефонтена и Читтендена, но в конструктивном отношении он отличается от первого значительной продольной жесткостью и большей массивностью.

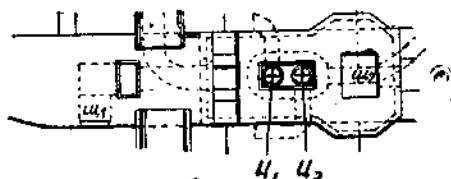
Подобно устройству затворов плотины у Виллареджио на р. Дора-Балтеа (см. § 25), секторный затвор может быть устроен автоматически действующим в зависимости от положения воды в верхнем бьефе; для этой цели пользуются поплавками, плавающими в верхнем бьефе, и подъем и опускание затворов ставят в зависимость от положения поплавков.

§ 90. Подъем и опускание затворов. Регулирование их действия. Условия равновесия

Подъем и опускание затворов выполняют посредством впуска в камеру давления воды верхнего или нижнего бьефа через водопроводы, расположенные в устоях или в быках плотины (фиг. 407—плотина у Локпорта).



Разрез по А-А



Фиг. 407.

Подобно устройству затворов Луиш-Дефонтена и Читтендена эти водопроводы закрывают щитами ψ_1 и ψ_2 , которыми регулируют как подачу воды в камеру давления, так и отвод из нее в нижний бьеф. Для регулирования положения затвора устроены полые цилиндрические щиты ψ_1 и ψ_2 , расположенные в цилиндрических колодцах, сообщенных посредством водопроводов с верхним бьефом, а снизу—с камерой давления.

Вода из верхнего бьефа поступает внутрь щитов и, достигнув верхних кромок, сливается в нижний бьеф. Так как затвор находится в со-

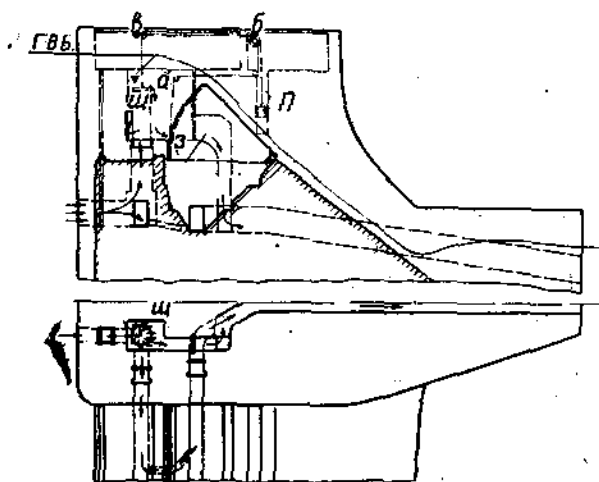
общении с камерой давления, то уровень воды в последней должен отвечать положению верхних кромок цилиндрических щитов.

Щиты подвешены на тросах, перекинутых через ряд блоков и имеющих на концах противовесы Π_1 и Π_2 , служащие для уравнивания веса щитов. Подъем и опускание затворов плотин у Локпорта, Рочестера и у Старвед-Рок делают ручной передачей.

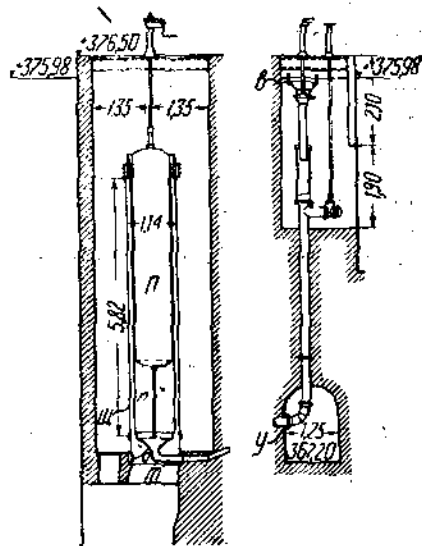
Для подъема и опускания затворов прочих плотин введена автоматичность действия, которая состоит в следующем.

Щит находится в кинематической связи с затвором посредством троса $а б в щ$ (фиг. 408—плотина у Раанафосса), проведенного через блоки $а$, $б$ и $в$. Во время опускания затвора щит поднимается и создает в камере давления увеличение давления, стремящееся поднять затвор, а во время подъема затвора щит опускается и создает уменьшение давления, опускающее затвор.

Для подъема и опускания затворов плотин у Гемелингена, Сан - Кьяра, д'Улы и Камаразы и плотины Кулиджа применены указанные на стр. 246 поплавки П (фиг. 409—плотина у Камаразы), плавающие в верхнем бьефе. Поплавки затворов плотин у Сан-Кьяра, д'Ула и у Камаразы связаны с цилиндрическими щитами непосредственно, благодаря чему щиты постоянно следуют за движением поплавков. Поплавки обеих плотин расположены в тех же колодцах, в которых находятся щиты.



Фиг. 408.



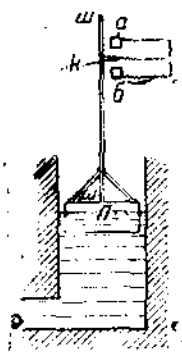
Фиг. 409.

Наполнение колодцев происходит по коленчатой трубке *в у т*, приемное устье которой *в* расположено на уровне верхнего бьефа, опорожнение же в нижний бьеф происходит по другой трубке, закрытой небольшим щитом.

Если вода в верхнем бьефе начинает подниматься, пространство *п* под поплавком наполняется водой, поплавок и щит поднимаются и выпускают через отверстия *о* воду из камеры давления в нижний бьеф, вследствие чего затвор опускается. Если вода в верхнем бьефе опускается ниже приемного устья в приток воды в колодец прекращается и оставшаяся в нем вода стекает в нижний бьеф, а поплавок и щит опускаются и уменьшают вытекание воды из камеры давления. Приток воды из верхнего бьефа через небольшие отверстия в уплотняющей конструкции между флютбетом и криволинейной поверхностью затвора продолжается, вследствие чего затвор поднимается.

Для лучшего регулирования водой затворов плотины у Камаразы щиты, закрывающие трубки опорожнения, соединены посредством троса с затвором аналогично тому, как устроено для затворов плотины у Раанафосса.

Поплавки П (фиг. 410) затворов плотины у Гемелингена снабжены штангами *ш ш* с контактом *к*, которым он прижимается к контактам *а* или *б* и пускает в ход электромоторы мощности около $\frac{1}{2}$ л. с., действующие на цилиндрические щиты. Контакт *к*, прижимаясь к контакту *б*, поднимает щит и создает в камере увеличение давления, поднимающее затвор, а прижимаясь к контакту *а*, опускает щит и уменьшает давление в камере, благодаря чему затвор опускается. Щиты устроены и подвешены таким же образом, как и щиты затворов у Локпорта. На случай порчи электромоторов имеются ручные приводы.

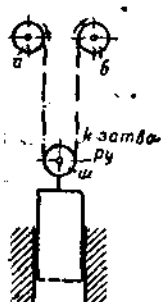


Фиг. 410.

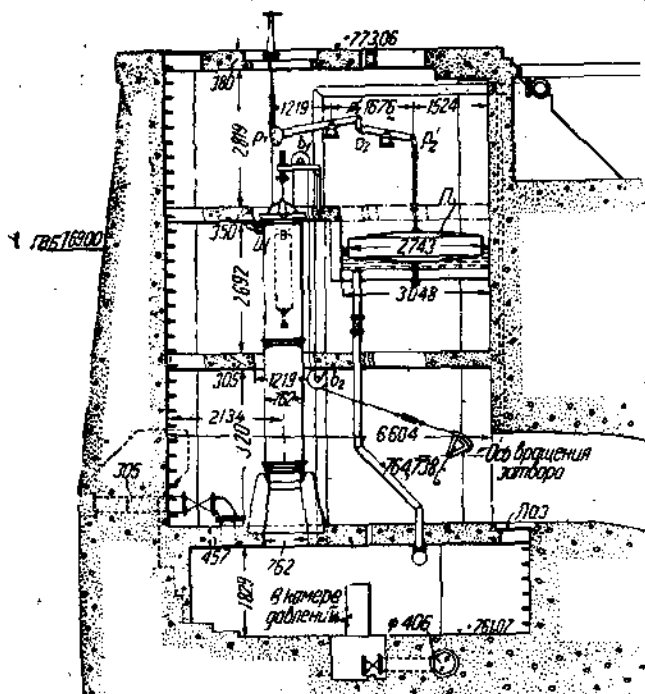
Так как полная автоматичность действия секторного затвора может быть достигнута не при всех его положениях и особенно не при самом низком, то подъем и опускание цилиндрических щитов ставят также в зависимость от положения затвора.

Эта зависимость для затворов плотин у Гемелингена, Раанафосса и плотины Кулиджа осуществлена посредством тех же тросов, к которым подвешены цилиндрические шты. Тросы затворов плотины у Гемелингена и Раанафосса прикреплены к затворам и проведены через блоки *б* и *ш* (фиг. 411), далее навиты на шкивы *а*, приводимые в движение электромоторами. Тросы затворов плотины Кулиджа прикреплены к затворам небольшими секторами с (фиг. 412), связанными с осями вращения затворов, далее проведены через блоки *в*₂, *в*₁ и *ш* и соединены с системой рычагов *р*₁, *р*₁', *р*₁'', *р*₂ и *р*₂', связанных с поплавками *П*.

В начале эксплуатации затворов плотины у Гемелингена

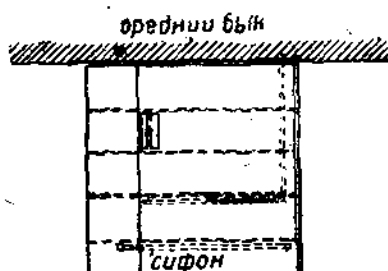
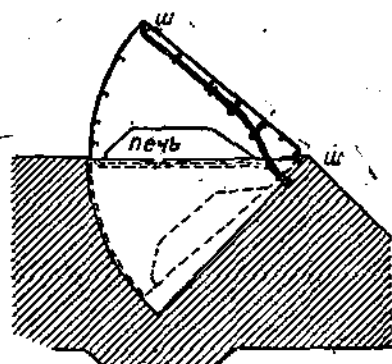


Фиг. 411.



Фиг. 412.

оказалось, что в тех случаях, когда горизонт верхнего бьефа опускался ниже флутбета, подъем, опущенных на дно камер давления, затворов оказывался почти невозможным. Тогда для подъема затворов обратились к помощи сжатого воздуха (примерно на $\frac{1}{20}$ атмосферы сверх нормальной), выпускаемого посредством



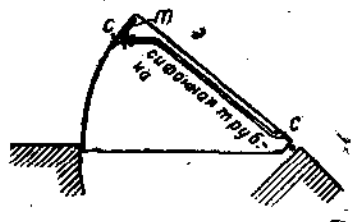
Фиг. 413.

гибкой шланги *шш* (фиг. 413) в верхнюю часть пространства, занятого сектором, называемую его вершиной. Для получения сжатого воздуха возле плотины была устроена компрессорная установка. По мере того, как благодаря подъему затвора в верхнем бьефе образуется подпор, помогающий дальнейшему подъему затвора, сжатый воздух удаляют наружу через те же шланги.

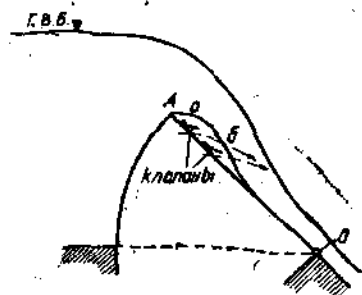
В дальнейшей эксплуатации затвора плотины у Гемелингена обнаружился ряд затруднений, связанных с подъемом и опусканием затвора, состоящих, с одной стороны, в заедании его во время опускания от случайных причин, а с другой —

в чрезмерном подъеме вследствие появления разрежения воздуха во время протекания воды по наклонной плоскости АО (фиг. 406).

Первое затруднение оказалось возможным преодолеть посредством прикрепления к сектору сифонных трубок СС (фиг. 414), устроенных сверху с небольшими трубочками *т*, служащими для захвата и удаления воздуха из вершины сектора. Удаление воздуха влечет за собой увеличение давления на сектор сверху;



Фиг. 414.



Фиг. 415.

это давление вследствие значительной длины его плеча относительно оси вращения затвора оказывается весьма эффективным, вследствие чего затвор получает достаточный толчок для устранения случайного препятствия, мешающего опусканию затвора.

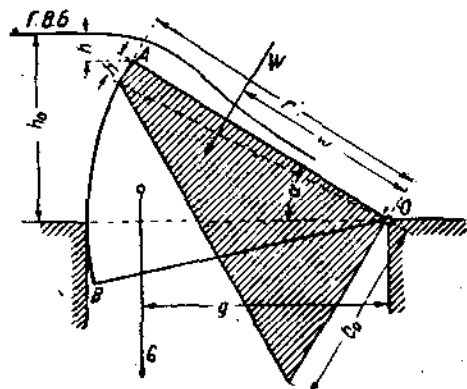
Второе затруднение оказалось возможным преодолеть либо посредством труб (плотина у Рочестера и Камаразы), либо посредством удаления воды из камеры давления через отверстия, устроенные в обшивке, прикрепленной по плоскости АО (фиг. 415). Отверстия были снабжены кожаными клапанами *а* и *б*, открывающимися наружу и выпускающими воду из камеры давления; после удаления воды давление на сектор уменьшается, и тогда дальнейший подъем его происходит менее интенсивно. Клапаны устроены таким образом, что вода не может проникнуть в камеру давления и нарушить условия устойчивости затвора.

Секторные затворы делают обычно из металла и реже из железобетона. Дерево, вследствие необходимости давать затвору достаточную водонепроницаемость и жесткость, применять не рекомендуют.

Условие равновесия затвора выражают, исходя из равенства нулю суммы моментов всех сил, действующих на затвор относительно его оси вращения О (фиг. 416). Это равенство имеет следующий вид:

$$(h_0 + 2h) \frac{r^3}{6} L - Gg - Ww \pm R_f \pm R_{f_1} \frac{r}{2} \pm D\mu \frac{d}{2} = 0, \quad (299)$$

где: h_0 — высота напора воды над осью вращения сектора,
 h — высота слоя воды, переливающейся через затвор,
 r — радиус сектора,
 L — его пролет,
 G — вес затвора,
 g — плечо силы G относительно оси вращения сектора,
 W — давление на плоскость АО воды, переливающейся в нижний бьеф,
 w — плечо силы W относительно оси вращения сектора,
 $\pm R_f$ — величина силы трения по криволинейной поверхности затвора и по нижнему уплотнению, сопротивляющаяся подъему или опусканию затвора,



Фиг. 416.

$\pm R_{\text{д}}$ — величина силы трения по наклонной ноге AO . $R_{\text{д}}$ можно считать равномерно распределенной по длине AO ,

D — давление на ось вращения затвора, определяемое удобнее всего графически посредством сложения всех действующих на затвор сил,

μ — коэффициент трения в цапфах оси вращения затвора,

d — диаметр цапф,

знак $\pm$ соответствует подъему затвора, знак $-$ опусканию.

Обозначая через α — угол наклона ноги AO к горизонту, получают

$$h_0 = h + r \sin \alpha \quad (300)$$

Подставляя выражение h_0 в формулу 299 и определяя из нее h , получают

$$h = \frac{2}{r^2 L} \left[Gg + Ww \mp r \left(R_{\text{д}} + \frac{R_{\text{д}}}{2} \right) - D\mu \frac{d}{2} \right] - \frac{r \sin \alpha}{3}. \quad (301)$$

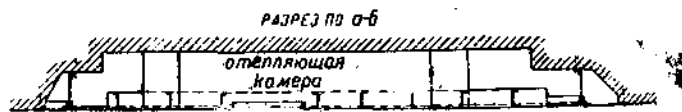
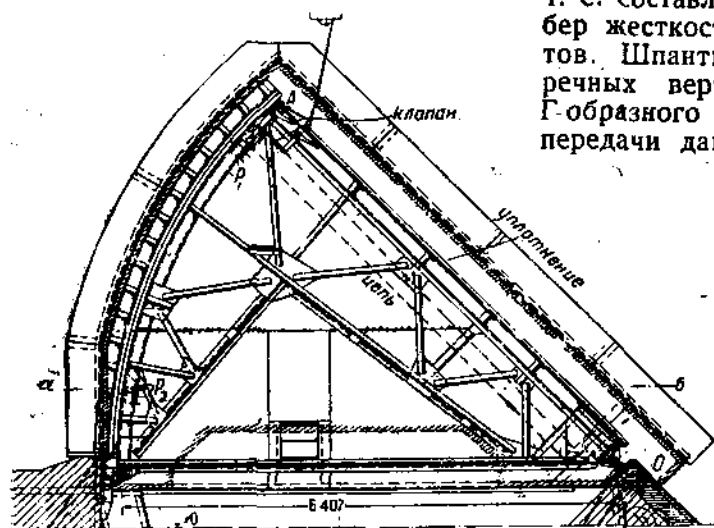
§ 91. Конструкция затворов

Металлические затворы конструируют следующим образом.

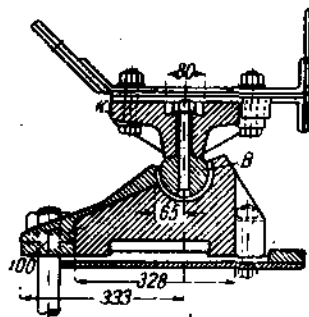
Криволинейную поверхность, обращенную в сторону верхнего бьефа, делают из обшивки из листового железа, прикрепленной к поддерживающей конструкции, которую образуют по типу, применяемому для затворов, описанных в главе 7,

т. е. составляют из горизонтальных ребер жесткости и криволинейных шпантов. Шпанты вводят в состав поперечных вертикальных сквозных ферм Г-образного очертания, служащих для передачи давления воды на ось вращения затвора.

Наклонную грань AO (фиг. 417 — плотина у Гемелингена) образуют из обшивки из плоского железа, прикрепленной к



камера давления
Фиг. 417.



Фиг. 418.

продольным обрешетинам и верхним лучам, принадлежащим наклонным рукавам (названия аналогичные принятым для затворов, описанных в 7-ой главе). Обшивку защищают от ударов при перевалке льдин наклепанными на нее уголками (затвор у Локпорта).

Поперечные фермы делают из полосового и фасонного железа, большей частью однотавровых профилей; их поперечные размеры определяют так же, как и размеры аналогичных ферм затворов инж. Читтендена.

Продольную связь жесткости, устраиваемую в плоскости, проходящей через нижнюю кромку водоудерживающей конструкции и через ось вращения, образуют из стоек и диагоналей жестких профилей как-то: угольковых и коробчатых.

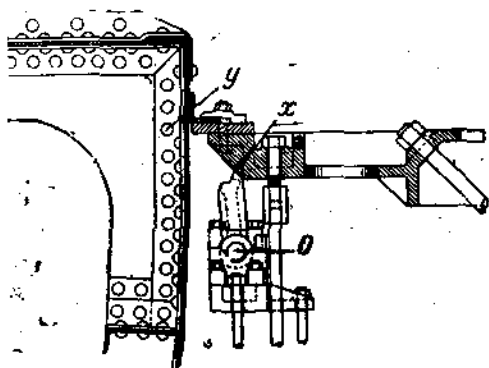
Ось вращения конструируют в виде сплошного (фиг. 418 — плотина у Гемелингена) или полого вала B , на который опирают концевые отливки k наклонных лучей поперечных ферм. Эту отливку делают сплошной во всю длину

пролета; она служит одновременно уплотнением камеры давления со стороны нижнего бьефа.

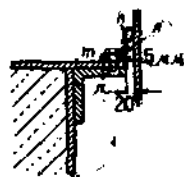
Уплотнение по напорной поверхности затворов делают главным образом для предохранения камеры давления от засорения наносами.

По нижней кромке затворов уплотнение делают следующим образом: уплотнение затворов плотины у Локпорта (фиг. 419), построенной в канале, имеющем достаточно чистую и свободную от наносов воду, сделано посредством уголков y , прижатых к порогам и могущих несколько сдвигаться под напором воды к затворам.

Уплотнение затворов плотин у Рочестера и Раанафосса, построенных на реках, имеющих загрязненную воду, сделано посредством железного листа $л$ (фиг. 420); к листу затвора плотины у Раанафосса приболчена изогнутая медная



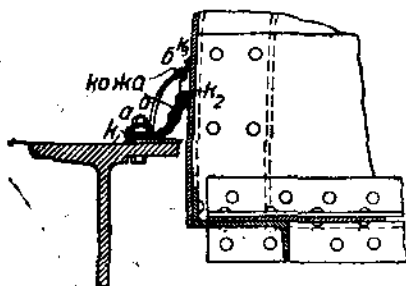
Фиг. 419.



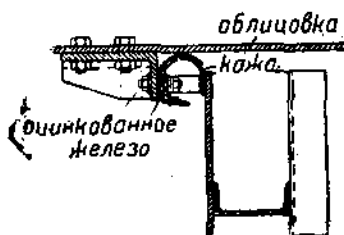
Фиг. 420.

полоса $п$ и $т$, на конце которой прикреплена полоса из хромовой кожи.

Уплотнение затвора плотины у Гемелингена сделано посредством кожаной полосы $к_1$ $к_2$ (фиг. 421), защищенной изогнутой железной полосой $аб$, снабженной сверху кожаной полоской $к_3$. Кожаная и железная полосы прикреплены



Фиг. 421.

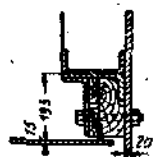


Фиг. 422.

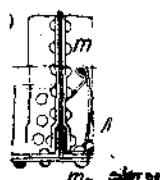
болтами к обделке порога плотины, причем железная снабжена отверстиями $о$, служащими для подвода воды, прижимающей кожаную полосу. Обе кожаные полосы во время подъема и опускания затвора прижимаются к затвору.

Уплотнение по криволинейной напорной поверхности у боковых поверхностей устоев и быков делают либо посредством прикрепленной к затвору изогнутой кожаной полосы (фиг. 422 — плотина у Гемелингена), защищенной по уплотняющей поверхности оцинкованным железом, либо так, как показано на фиг. 423 (плотина у Раанафосса).

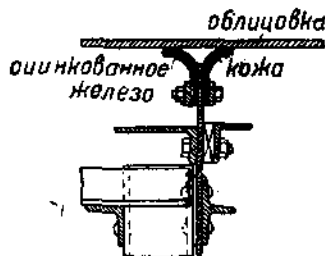
Уплотнение по наклонной плоскости $АО$ делают следующим образом: уплотнение затворов плотины у Локпорта, — посредством бронзовых труб $т$ (фиг. 424), прижимаемых к боковым поверхностям устоев и быков пружинящими металлическими листами $тл$; уплотнение затворов прочих плотин — либо посред-



Фиг. 423.



Фиг. 424.



Фиг. 425.

ством двух, направленных в разные стороны, кожаных полос (фиг. 425—плотина у Гемелингена), защищенных оцинкованным железом и прижимаемых давлением воды к боковым поверхностям ниш устоев и быков, либо посредством одного металлического листа с деревянным прижимным брусом на конце (фиг. 426—плотина у Рочестера).

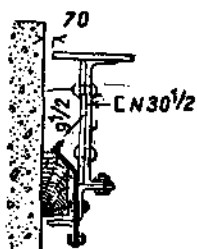
Боковые поверхности устоев и быков в местах прилегания уплотняющих конструкций защищают железными листами (фиг. 417), а порог в месте расположения подшипников для осей вращения—опорными отливками, прикрепленными к флютбету анкерными конструкциями, предпочтительно жестких сечений.

К верхнему ребру затвора, для лучшего протекания через него воды, прикрепляют дубовые направляющие брусья (плотина у Раанафосса); к нему же для небольшого повышения воды верхнего бьефа иногда прикрепляют до-бавочные брусья.

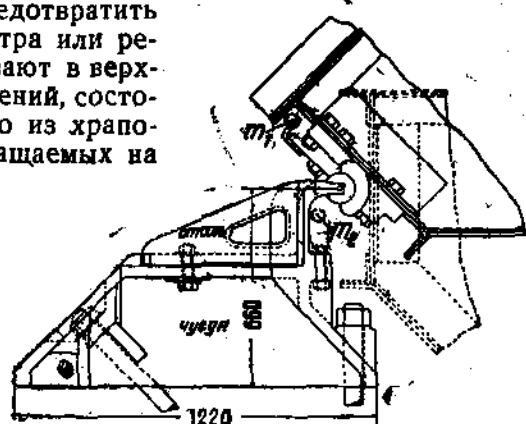
Для направления движения затвора во время подъема и опускания—возле боковых поверхностей устоев и быков к нему иногда прикрепляют ролики p_1 и p_2 (фиг. 417).

Для смягчения ударов при окончании опускания затвора в камеру давления, к нижней кромке затвора или к флютбету камеры прикрепляют деревянные отбойные брусья.

Чтобы в случае аварий затвора предотвратить его падение в камеру, а также для осмотра или ремонта камеры давления, затвор удерживают в верхнем положении при помощи приспособлений, состоящих либо из выдвижных ригелей, либо из храповиковых собачек ХО (фиг. 343 и 419), вращаемых на



Фиг. 426.



Фиг. 427.

горизонтальных осях O , расположенных ниже уплотнения по нижней кромке затвора.

Для бесперебойной работы затворов в холодное время мерой недопущения образования льда является постоянный пропуск по затвору воды, однако лишь отчасти препятствующей образованию льда. Более эффективной мерой является обогревание затворов особыми приспособлениями, которые размещают либо в затворах, либо в примыкающих к затворам частях устоев и быков. Так например, опорными валами затворов плотины у Рочестера пользуются для пропуска пара по затворам, для этой цели валы устоены полыми, для той же цели возле опорных валов затворов плотины у Локпорта (фиг. 427) проложены две железные гальванизированные трубы m_1 и m_2 ; такие же трубы m и m_0 (фиг. 424) устроены в верхних частях этих затворов и возле бокового уплотнения.

Отепляющие устройства для затворов плотины у Гемелингена сделаны в виде коксовых печей, помещенных в особых камерах (фиг. 417), расположенные возле боковых поверхностей устоев и быков, помимо этого затворы обогревают паром, пропускаемым по паропроводам, устроенным внутри затворов.

Железобетонные затворы устраивают в виде понтонов (фиг. 428—плотина Кулиджа), закрытых со всех сторон железобетонными стенками, и укрепленных внутри поперечными переборками.

Концевые переборки, для возможности их осмотра, располагают на небольшом расстоянии от боковых поверхностей устоев и быков, а криволинейную поверхность затвора делают по концам со свесами, выпускаемыми за внешние очертания концевых переборок. Для большей жесткости затвора переборки соединяют продольными стенками I, II и III (фиг. 429—плотина у Камаразы), между которыми в переборках устраивают отверстия для прохода людей.

у верхней кромки первой створки и следовательно на той же оси, что и первая; второй—состоит из двух не связанных между собой створок *ВО* и *НО* (фиг. 431—плотина у Дэвис-Айленд на р. Огайо), вращающихся: первая—на оси *В* и вторая—на оси *Н*, расположенные обе примерно на уровне флютбета.

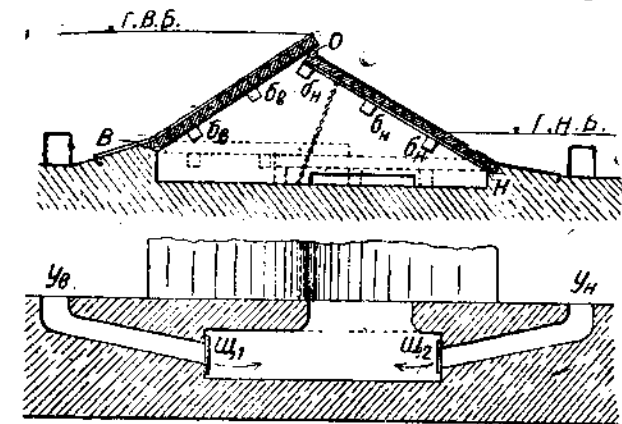
Если на створки обоих типов опираются или к ним прикреплены шарнирно еще по одной или по две створки, то образуются затворы трех- и четырехстворчатые.

Более старым типом затвора является тип, показанный на фиг. 431. Он был предложен в 1818 г. американскими инженерами Уйатом и Хазаром и применен впервые, в виде опыта, для закрытия плотины на р. Мойх-Чонк притоке р. Лигей в шт. Пенсильвания США.

Он состоит из створки *ВО*, обращенной в сторону верхнего бьефа (верховой), осуществляющей водоудерживающую конструкцию затвора со стороны верхнего бьефа, и из створки *НО*, обращенной в сторону нижнего бьефа

(низовой), поддерживающей первую. Пространство под створками является камерой давления, служащей для тех же целей, для которых служат камеры давления одностворчатых затворов.

После наполнения камеры водой верхнего бьефа, давление на верхнюю створку с обеих сторон ее уравнивается; давление же на низовую становится большим изнутри камеры, чем со стороны нижнего бьефа, тогда створка стремится опрокинуться в сторону этого бьефа, и затвор поднимается. После удаления из камеры воды в нижний бьеф,



Фиг. 431.

низовая створка под давлением верхней и под действием собственного веса опускается на флютбет, и затвор складывается. Для поднятия его необходимо, чтобы плотина поддерживала небольшой подпор, которым можно было бы воспользоваться для подвода воды верхнего бьефа в камеру.

Так как в то время, когда затвор сложен, вода, протекая поверх его, имеет некоторый уклон, то необходимый для подъема затвора, подпор, поддерживаемый плотиной, всегда имеется. Лишь в тех случаях, когда входное устье *У* (фиг. 431) водопровода, подводящего воду в камеру, находится на небольшом расстоянии от плотины, подпор может быть недостаточным для подъема затвора. Если уклон протекающей воды очень мал, то, чтобы входное устье не приходилось относить от затвора на большое расстояние, подпор получают, устраивая перед затвором щитовой затвор, сделанный например по одному из типов, описанных в главе 9-ой.

Затвор описываемого типа был назван в США медвежьим капканом (англ. „Bear Trap“), вследствие чего у нас он получил название „бертрепа“.

Опыт применения его оказался настолько удачным, что он не замедлил распространиться в США, сначала для закрытия 12-ти плотин на р. Лигей и затем—плотин, построенных для улучшения сплавных условий небольших рек Пенсильвании и Канады, а вслед за этим—плотин других рек Северной Америки.

В начале семидесятых годов минувшего столетия он был перенесен в Европу и применен для закрытия плотины у Невилль-о-Пон на р. Марне. Так как вследствие неправильно выбранных размеров створок, затвор с трудом переходил из уложенного положения к подъему, а иногда и совсем не поднимался, то впереди его поставили вспомогательные щиты системы Тенара; однако и с их помощью он поднимался весьма медленно, вследствие чего, спустя некоторое время, его пришлось снять и заменить другим; после этого он долгое время не имел применения в Европе.

Как показала практика эксплуатации затворов этого типа в США, они имели немало недостатков; главнейшие из них следующие:

1) вследствие возвышения верхней кромки верховой створки над низовой, пропуск льда и плавающих предметов поверх затворов был связан с ударами в низовые створки и с нарушением устойчивости затворов;

2) водонепроницаемость между затворами и устоями или быками оказалась незначительной, и в прозорах между ними и затворами легко заклинивались случайно попадающие предметы, препятствовавшие свободному движению створок;

3) перепад, остававшийся в открытой плотине, был недостаточен для подъема затворов из сложенного положения;

4) движение затворов протекало недостаточно равномерно, вследствие чего происходило перекашивание створок и, кроме того, движение створок было связано с значительным трением в местах их соприкосновения;

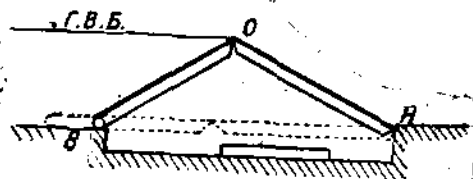
5) затворы не могли быть применены для закрытия плотин, поддерживающих двусторонний подпор;

6) вследствие значительной ширины флютбета, необходимой для размещения двух створок, стоимость плотин, закрываемых затворами, была весьма высокой.

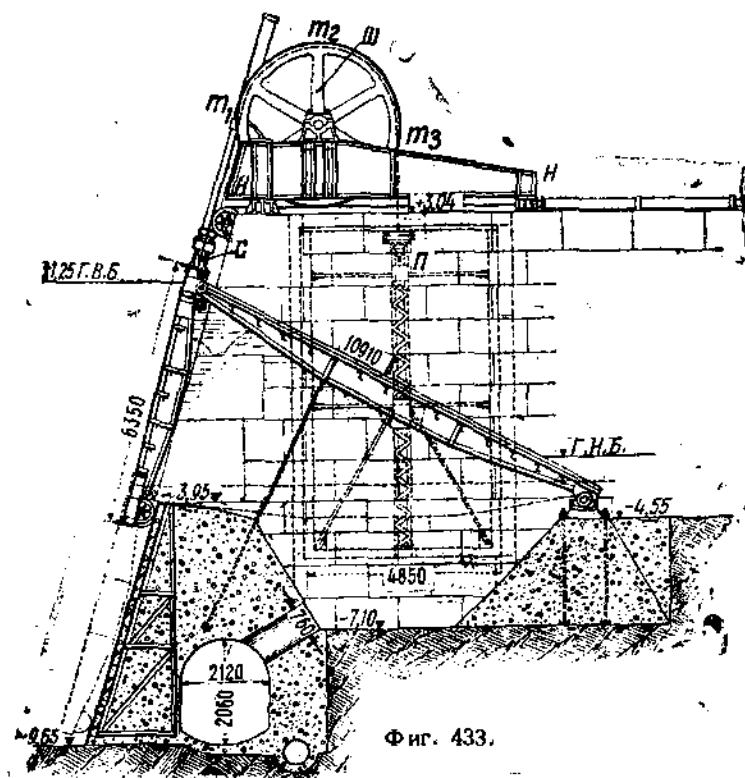
В тех случаях, когда эти недостатки не могли иметь большого значения, затворы Уайта и Хазара применяли с достаточным успехом, и даже применили для плотин, построенных в 1929 г. на р. Огайо.

В минувшем столетии стремления инженеров были направлены к возможному уменьшению или даже совершенному устранению этих недостатков и в конструкцию затворов был внесен ими ряд усовершенствований, преследовавших эту цель.

Для устранения первого недостатка, по предложению американского инж. Дюбуа, створки ВО и НО (фиг. 432—плотина у Оклер на р. Чиппева) в узле О связали по их верхним кромкам шарнирно и устранили ось вращения верховой створки у флютбета; благодаря этому, во время движения затвора верховая створка могла скользить нижней кромкой по флютбету. Таким образом



Фиг. 432.

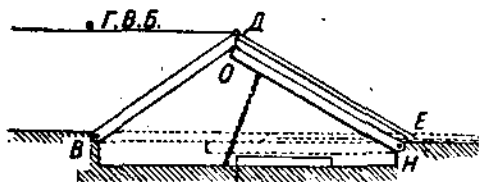


Фиг. 433.

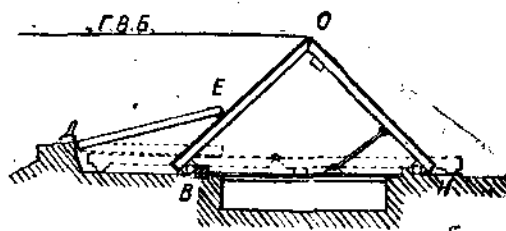
образовался указанный выше первый тип двустворчатого затвора.

Для устранения того же недостатка, а также и других, в особенности шестого, по предложению инж. Кулея, движению нижней кромки верховой створки, вместо горизонтального направления, дали наклонное (фиг. 433—плотина у Локпорта на Чикагском отводном канале). Затвор системы Кулея по своим очертаниям походит на секторный; вес его верховой створки уравновешен противовесами, движущимися в устоях и быках. Для размещения противовесов на устоях и быках установлены металлические надстройки НН со шкивами Ш, через которые перекинуты тросы t_1, t_2, t_3 , прикрепленные одним концом к верховой створке, а другим—к противовесам П.

В дальнейшем для устранения первого недостатка, по предложению инж. Дюбуа, к верхней кромке верховой створки была прикреплена шарнирно дополнительная створка *ДЕ* (фиг. 434), которая была оперта нижней кромкой на флютбет. Во время опускания затвора эта створка также укладывается на флютбет, вытягиваясь в одну плоскость с верховой створкой. Для устране-

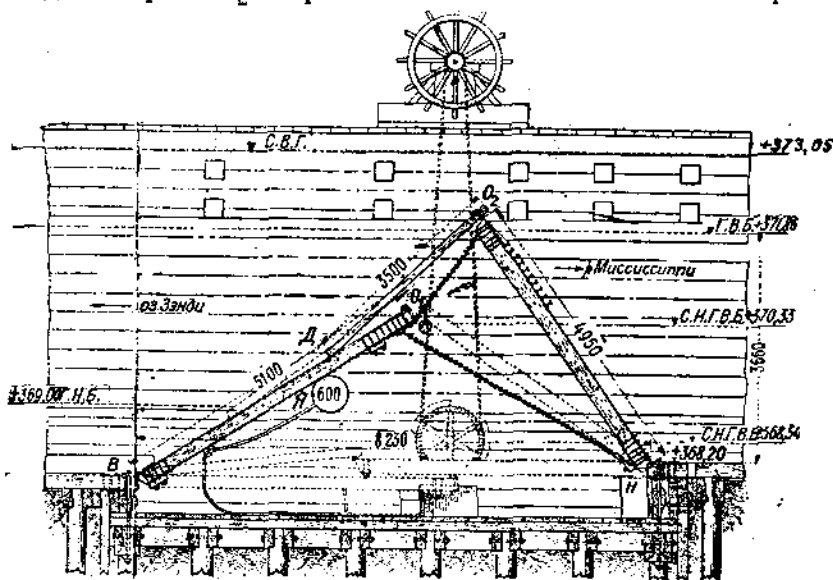


Фиг. 434.



Фиг. 435.

ния второго недостатка низ верховой створки затворов плотин, сооружаемых на реках, несущих много наносов, по предложению инж. Карро, был защищен откидной створкой *ДЕ* (фиг. 435), вращающейся на оси *Д*. Оба затвора, показанные на фиг. 434 и 435, представляют собой трехстворчатые затворы. Второй из них имеет новый недостаток, заключающийся в весьма значительном сопротивлении от трения верховой створки по флютбету, вследствие чего его применяют для закрытия отверстий лишь весьма небольших размеров.



Фиг. 436.

Дальнейшее усовершенствование двустворчатых затворов заключалось в замене частей некоторых створок меньшими створками, а усовершенствование трехстворчатых заключалось в прикреплении к затворам дополнительных створок. Эти усовершенствования дали возможность, во-первых, применить затворы для закрытия плотин, которые должны поддерживать двусторонний подпор, и, во-вторых, уменьшить ширину флюتبета плотины.

Усовершенствованный таким образом двустворчатый затвор был предложен инж. Лангом и применен для закрытия следующих плотин, построенных с 1891 г. по 1898 г. в Северной Америке: для плотины на р. Св. Креста, для двух плотин на р. Миссисиппи, для двух—на р. Чиппева и для одной—на р. Зэнди.

Над верхней частью верховой створки *ВО*₁ (фиг. 436—плотина близ озера Зэнди на р. Зэнди в Миннесоте) затвора этого типа была устроена створка

l_n — ширина низовой створки,
 β — угол наклона ее к горизонту,
 D_n — давление верховой створки на низовую,
 d_n — плечо этого давления относительно точки H , равное $l_n \cos(\alpha + \beta)$,
 здесь α — угол наклона верховой створки к горизонту,
 T — сила, зависящая от сопротивления от трения при движении низовой створки по верховой, приведенная к поверхности качения катков, определяемая выражением:

$$T = f D_n, \quad (304)$$

где f — коэффициент, зависящий от сопротивления в трущихся частях низовой створки, соприкасающихся с верховой,
 t — плечо силы T относительно точки H , равное $l_n \sin(\alpha + \beta)$,
 G_n — вес низовой створки,
 g_n — плечо силы G_n относительно той же точки в сложенном положении створки,
 S — сила удара воды, падающей на низовую створку; она может быть приближенно определена выражением:

$$S = \varepsilon (1 - \cos \gamma) v \frac{Q}{g}, \quad (305)$$

здесь γ — угол, составленный направлением падающей струи с низовой створкой,

ε — постоянный коэффициент, принимаемый = 0,94 применительно с соображением инж. Райха, высказанным им для случая $\gamma = 90^\circ$,
 v — скорость ударающей в створку струи =

$$= \sqrt{2gh_y}, \quad (306)$$

где h_y — расстояние точки Y до горизонта верхнего бьефа,

$$Q — \text{расход ударающей струи в 1 сек.} = \frac{2}{3} \varphi \sqrt{2g} h_y^{3/2} \quad (307)$$

здесь φ — коэффициент расхода для водослива с острым ребром; он может быть принят = 0,62,

$$s — \text{плечо силы } S \text{ относительно точки } H, \text{ равное} = \frac{k \sin \gamma}{\sin \beta}, \quad (308)$$

$$\text{здесь: } k = l_n \sin \alpha + n - m + h_y^1 - h_y, \quad (309)$$

n — высота углубления флютбета камеры давления со стороны верхнего бьефа,

m — высота углубления флютбета камеры давления со стороны нижнего бьефа,

M_n — момент давления воды, стекающей по низовой створке, относительно точки H .

Подставляя выведенные значения букв в формулу 302, получают следующие условия равновесия, подъема и опускания затвора:

$$h \cong \frac{2}{L l_n^2} \left\{ D_n [\cos(\alpha + \beta) + f \sin(\alpha + \beta)] l_n + \dot{G}_n g_n \cos \beta + S s + M_n + \frac{L l_n^2 \sin \beta}{3} \right\}. \quad (310)$$

Давление D_n в точке o определяется из условия равновесия верховой створки, которое, пренебрегая m в виду его малости, может быть выражено следующим образом:

$$D_n \frac{l_n \sin \beta - n}{\sin \alpha} + W_{nn} w_{nn} = G_n g_n \cos \alpha + W_n w_n, \quad (311)$$

где W_{nn} — давление на створку со стороны камеры

w_{nn} — плечо этого давления относительно точки B (оси вращения верховой створки)

$$W_{nn} w_{nn} = L \frac{(l_n \sin \beta - n)^2}{6 \sin^2 \alpha} (3h - 2l_n \sin \beta - n), \quad (312)$$

G_n — вес верховой створки,

g_n — плечо его, относительно точки B в сложенном положении створки,

W_e — давление на створку со стороны верхнего бьефа,
 w_e — плечо этого давления относительно той же точки

$$W_e w_e = L \frac{l_e^2}{6} (3h_e - 2l_e \sin \alpha). \quad (313)$$

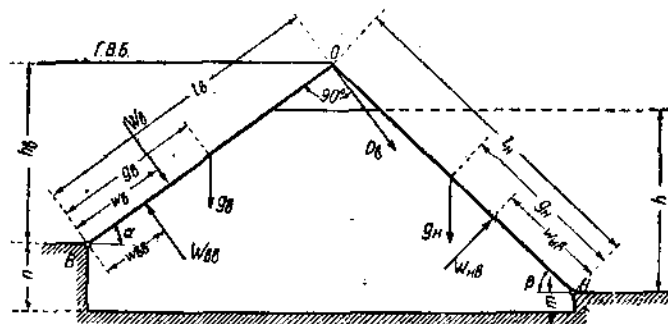
Подставляя значения $W_{ee} w_{ee}$ и $W_e w_e$ в формулу 311, получают:

$$D_e = \frac{\sin \alpha}{l_n \sin \beta - n} \left[G_e g_e \cos \alpha + L \frac{l_e^2}{6} (3h_e - 2l_e \sin \alpha) - L \frac{(l_n \sin \beta - n)^2}{6 \sin^2 \alpha} \times \right. \\ \left. \times (3h - 2l_n \sin \beta - n) \right]. \quad (314)$$

Подставляя D_e в формулу 310, определяют h и затем из выражения

$$\Delta h = h_e + n - m - h \quad (315)$$

определяют подпор необходимый для удержания затвора.



Фиг. 440.

В том случае, когда низовая створка своей верхней кромкой достигает верхней кромки верховой створки и горизонт верхнего бьефа устанавливается на уровне этой же кромки, горизонт напора для подъема створки может находиться ниже точки O (фиг. 440) и предыдущие выражения упрощаются следующим образом:

$$W_{ne} w_{ne} = \frac{L h^2}{6 \sin^2 \beta}, \quad (316)$$

$$S_s + M_n = 0, \quad (317)$$

тогда:
$$h \geq \sqrt[3]{\frac{6 \sin^2 \beta}{L} (D_n l_n^2 [\cos(\alpha + \beta) + f \sin(\alpha + \beta)] + G_n g_n \cos \beta)}, \quad (318)$$

уравнение же для определения D_e превращается в

$$D_e l_e + W_{ee} w_{ee} = G_e g_e \cos \alpha + W_e w_e, \quad (319)$$

где:

$$W_{ee} w_{ee} = L \frac{(h - n)^2}{6 \sin^2 \alpha} \quad (320)$$

$$W_e w_e = \frac{L l_e^3 \sin \alpha}{6} \quad (321)$$

откуда:

$$D_e = \frac{1}{l_e} \left[G_e g_e \cos \alpha + L \frac{l_e^3 \sin \alpha}{6} - L \frac{(h - n)^2}{6 \sin^2 \alpha} \right]. \quad (322)$$

Если затвор сложен (фиг. 441), то на него действует перепад $\Delta h \cong h_e - h_n$ и тогда условие подъема затвора выражают следующим образом:

для верховой створки, пренебрегая моментом силы $f D_e$ относительно точки B , вследствие его малости, получают:

$$D_e (b - l_n) + W_{ee} w_{ee} > G_e g_e + W_e w_e, \quad (323)$$

где b — ширина камеры давления по низу,

$$W_{ee} w_{ee} = L \frac{(b - l_n)^2}{2} (h_e + \delta_0). \quad (324)$$

здесь δ_0 — толщина верховой створки

$$W_e w_e = L h_e \frac{l_e^2}{2} \quad (325)$$

подставляя выражения $W_{\delta\delta}$ и $W_{\delta n}$ в формулу 323, получают

$$D_{\delta}(b-l_n) + L \frac{(b-l_n)^2}{2} (h_{\delta} + \delta_{\delta}) > G_{\delta}g_{\delta} + L h_{\delta} \frac{l_{\delta}^2}{2}. \quad (326)$$

D_{δ} определяют из условия равновесия низовой створки уравнением:

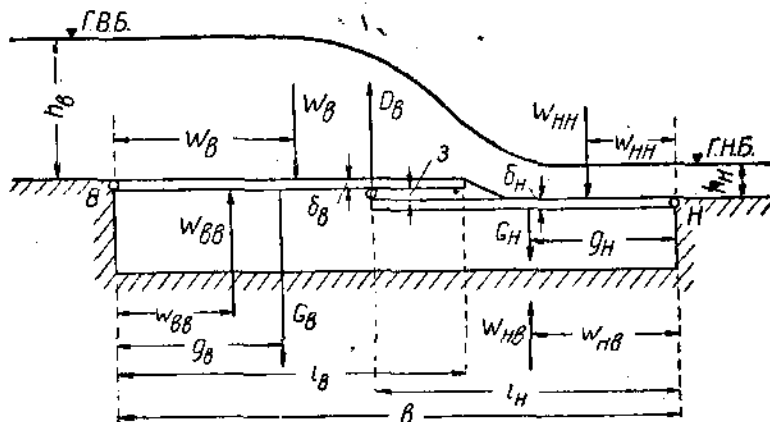
$$D_{\delta}l_n + G_{nn}g_{nn} + W_{nn}w_{nn} = W_{\delta n}w_{\delta n}. \quad (327)$$

где: $W_{nn}w_{nn}$ — момент давления протекающей по створке воды относительно точки H , равный

$$Lh_n \frac{(b-l_n)^2}{2} \quad (328)$$

$W_{\delta n}w_{\delta n}$ — момент давления из камеры относительно той же оси; пренебрегая величиной зазора z между створками, вследствие малости z , момент равен:

$$L(h_{\delta} + \delta_{\delta} + \delta_n) \frac{l_n^2}{2}. \quad (329)$$



Фиг. 441.

Подставляя эти выражения в формулу 327 и определяя D_{δ} , получают:

$$D_{\delta} = \frac{1}{l_n} \left[L(l_{\delta} + \delta_{\delta} + \delta_n) \frac{l_n^2}{2} - Lh_n \frac{(b-l_n)^2}{2} - G_{nn}g_{nn} \right] \quad (330)$$

и подставляя в неравенство 326 получают:

$$\frac{(b-l_n)}{l_n} \left[(h_{\delta} + \delta_{\delta} + \delta_n) \frac{l_n^2}{2} - Lh_n \frac{(b-l_n)^2}{2} - G_{nn}g_{nn} \right] + L(h_{\delta} + \delta_{\delta}) \frac{(b-l_n)^2}{2} > G_{\delta}g_{\delta} + L \frac{l_{\delta}^2}{2} h_{\delta}, \quad (331)$$

так как

$$h_n = h_{\delta} - \Delta h,$$

то

$$\Delta h > \frac{2l_n}{L(b-l_{\delta})^2(b-l_n)} \left[G_{\delta}g_{\delta} + Lh_{\delta} \frac{l_{\delta}^2}{2} - L(h_{\delta} + \delta_{\delta} + \delta_n) \frac{(b-l_n)l_n}{2} + Lh_{\delta} \frac{(b-l_n)^2(-l_n)}{2l_n} + G_{nn}g_{nn} \frac{(b-l_n)}{l_n} - L \frac{(b-l_n)^2}{2} (h_{\delta} + \delta_{\delta}) \right]. \quad (332)$$

Если толщины обеих створок не велики, то в предыдущем выражении полагают $\delta_{\delta} = \delta_n = 0$ и тогда оно обращается в

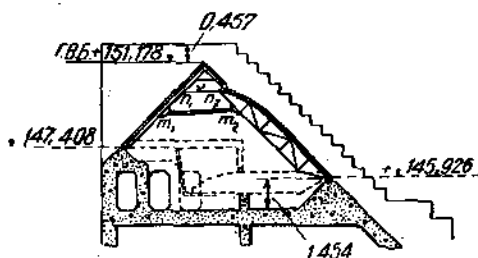
$$\Delta h > \frac{2l_n}{L(l-l_{\delta})^2(b-l_n)} \left[G_{\delta}g_{\delta} + Lh_{\delta} \frac{l_{\delta}^2}{2} - Lh_{\delta} \frac{(b-l_n)b_n}{2} + L \frac{(b-l_n)^2(b-l_n)}{2l_n} h_{\delta} + G_{nn}g_{nn} \frac{b-l_n}{l_n} \right]. \quad (333)$$

Выражениями 332 и 333 определяют подпор, необходимый для начала подъема затвора.

Стойки делают в виде сплошных балок: для небольших затворов—однообразных сечений, для более значительных—переменных (фиг. 433 и 442), стойки больших затворов делают также в виде сквозных ферм (фиг. 444—плотина у Нью-Браунфельда на р. Гвадалупе в Техасе США).

Обшивку и стойки затворов Бертреп рассчитывают по правилам, указанным в § 120; при этом имеют в виду, что опорами для стоек являются, с одной стороны, оси вращения створок, а с другой—примыкающие к ним створки. При расчете стоек затворов Дахвер учитывают также их изгиб от сил, действующих

на надставки. Обвязку рам и горизонтальные ребра жесткости рассчитывают по правилам, указанным в том же параграфе, и кроме того учитывают влияние перекашивания от веса створок.

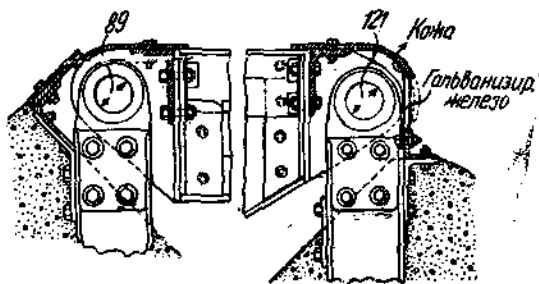


Фиг. 444.

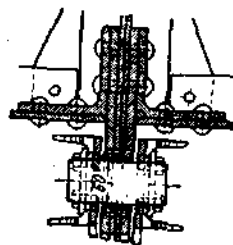


Фиг. 445.

Сечения стоек и надставок затворов Дахвер берут обычно двутавровые, но для небольших створок берут иногда коробчатые; для последних стойки и надставки делают из прокатного железа. Для больших створок сечения составляют из вертикальных листов, поясных уголков и листов, скрепляющих последние. Надставки затворов Дахвер соединяют со стойками фасонками или подкосами n_1 , n_2 (фиг. 444), расположенными с внутренней стороны створок; в первом случае их рассчитывают на изгиб, во втором—на продольное сжатие, а подкосы—на растяжение.



Фиг. 446.



Фиг. 447.

Обвязки и ребра жесткости малых затворов делают из прокатного железа, а больших—из полосового и фасонного; сечения их берут коробчатые и двутавровые. Для соединения отдельных частей до настоящего времени применяли только заклепки.

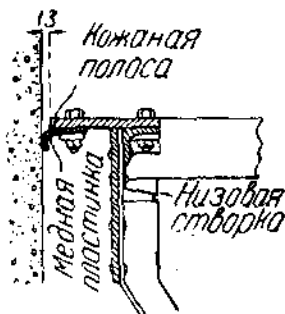
Створки смешанной конструкции делают двух типов: первый (фиг. 442—левая створка) образуют из металлических стоек, между которыми параллельно стойкам располагают плотно сплоченные взаимно брусья (фиг. 445—разрез по ab фиг. 443), прикрепляя их к ребрам жесткости болтами; второй,—образуют из дощатой или брусчатой обшивки (фиг. 438) и из остова металлической конструкции; обшивку располагают перпендикулярно стойкам, прикрепляя к ним либо поверх стоек, либо заподлицо с наружной плоскостью их поясов. Обшивку прикрепляют к стойкам болтами.

В местах расположения осей вращения к стойкам прикрепляют при помощи болтов либо металлические отливки (фиг. 446—плотина у Нью-Браунфельда), либо пакеты листов (фиг. 447—плотина у Зибнена на р. Аа в Швейцарии), в которых делают проушины для осевых валков.

Подшипники для створок помещают против соответствующих стоек. Низовые створки затворов Бертреп снабжают сверху катками (фиг. 442 и 443).

Конструкции уплотнений показаны на фиг. 446 и 448, на первой показаны уплотнения по осям вращения створок, на второй—на конце низовой створки у боковых поверхностей устоев или быков.

Конструкции, препятствующие опрокидыванию низовых створок затворов Бертреп в нижний бьеф, делают в виде цепей (фиг. 431, 433 и др.), тяг (фиг. 435) или выступов σ (фиг. 449—плотина № 6 на р. Аллегани), устраиваемых возле верхних кромок стоек, упирающихся в упорки у на верховых створках. Для смягчения ударов упорки снабжают пружинами p . Те же конструкции затворов Дахвер делают в виде тяг m_1, m_2 (фиг. 444).



Фиг. 448.



Фиг. 449.

Во избежание повреждении створок во время укладки на флютбет, к ним прикрепляют со стороны камер давления деревянные отбойные брусья δ_1, δ_2 и δ_3, δ_4 (фиг. 431).

Опорные части (подшипники) и шарнирные соединения створок устраивают по типам, показанным на фиг. 443, 446 и др. К деревянным флютбетам подшипники прикрепляют способом, показанным на фиг.

436, а к бетонным—способом, показанным на фиг. 433, 443 и 446, т. е. посредством втопленных в бетон тяжей и клепаных металлических конструкций.

Неавтоматический аппарат, направляющий втекание воды в камеру давления и располагаемый в устоях и быках, устраивают аналогично типу, описанному на стр. 241.

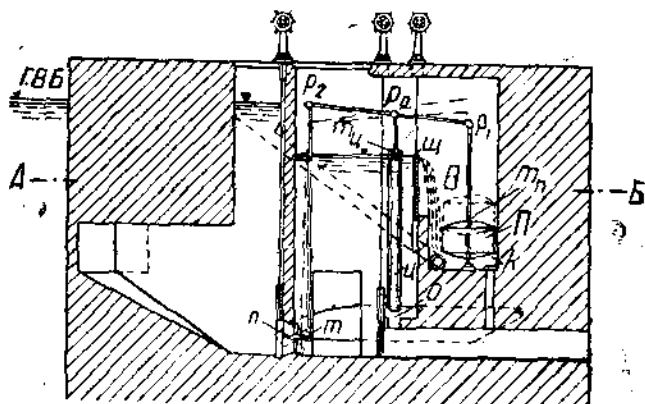
Автоматический аппарат устраивают по типу, показанному на фиг. 450. Его образуют из поворотного щита n и цилиндрического ψ , закрывающих: первый—отверстие водопровода, подводящего воду в камеру давления из верхнего бьефа, а второй—отверстие в стенке, сообщающей камеру с нижним бьефом.

Открывая щит n , наполняют камеру B водой до верхней кромки регулирующего щитка ψ , который предварительно устанавливают вручную на заданной высоте. Вода, переливающаяся через щиток ψ , поступает в камеру B , в которой плавает поплавок P ; связанный тягами m, p_1, p_2 p_0, p_2 и p_2, m со щитом n . К тяге p_1, p_2 в точке p_0 подвешен посредством тяги p_2, m щит ψ .

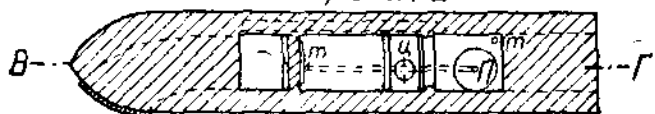
Если вода в верхнем бьефе начинает подниматься выше заданного горизонта, то, поднимаясь также в пространстве B , она переливается через щиток ψ и наполняет камеру B , вследствие этого поплавок поднимается и закрывает щит n .

При дальнейшем повышении горизонта верхнего бьефа поплавок продолжает подниматься, поднимая лишь рычаг p_1, p_2 , упирающийся при этом в точку m на щит n . Поплавок, продолжая подниматься, поднимает затем и щит ψ , вследствие чего открывается отверстие в стенке o и вода из камеры давления вытекает в нижний бьеф, после чего затвор складывается и открывает отверстие плотины.

Разрез по В-Г



Разрез по А-Б



Фиг. 450.

Если вода в верхнем бьефе опускается, приток ее в пространство *В* прекращается, а вода, поступившая в него ранее через отверстие *к*, вытекает в нижний бьеф. По мере ее вытекания, поплавков *л*, опускается и открывает шит *п*, а вода, поступающая в камеру давления, поднимает затвор.

§ 96. Сфера применения затворов, состоящих из двух и более створов, и их качества

Описанные затворы применяют для закрытия отверстий водоспускных и водоподъемных плотин, поддерживающих обычно односторонний подпор; но некоторые типы затворов (фиг. 435) применяют также для плотин, поддерживающих двусторонний подпор.

Затворами Бертреп закрывают отверстия пролетом до 50 м и высотой несколько больше 5 м, затворами Дахвер — пролеты до 35 м и высотой до 5 м.

Поддерживая подпор, затворы дают удовлетворительную плотность закрытия.

В отношении пропуска плавающего подвижного состава, жидкого и твердого расходов, затворы, как не нуждающиеся в устройстве мостов, перекрывающих пролет плотины, могут быть поставлены выше затворов, описанных в отделе III. Сравнивая их в том же отношении с затворами, описанными в главах 10 и 11, их приходится поставить ниже последних по той причине, что вследствие меньшей величины пролетов, которые ими закрывают, в отверстиях плотин приходится устраивать быки.

Крупное регулирование можно производить ими так же удобно, как и затворами, описанными в главах 14, 15 и 16. Мелкое регулирование можно производить ими вручную, но значительно удобнее тогда, когда они устроены с автоматическими приспособлениями.

Поддержание ими подпора во время небольших навалов льда, плавающих предметов и наносов возможно; в это же время можно пропускать поверх их в нижний бьеф лед, плавающие предметы и наносы.

В отношении осмотра и ремонта они близки к затворам, описанным в главах 14, 15 и 16.

Стоимость их выше стоимости затворов, описанных в главах 10 и 11, но ниже затворов, описанных в главах 5, 6, 7, 8, 15 и 16; влияние их на стоимость постоянных частей плотин, вследствие необходимости устраивать достаточно широкие флютбеты, особенно для затворов системы Карро, — весьма значительно.

ГЛАВА 18

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЗАТВОРЫ

§ 97. Принцип устройства затворов. Главнейшие типы

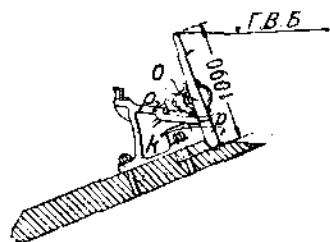
С автоматическими затворами, управляемыми напором воды верхнего бьефа, нам приходилось встречаться в § 25, 35, 46, 47 и 53. А и в предыдущих главах данного отдела. Приспособления, делающие эти затворы автоматическими, были основаны большей частью на действии поплавков, поднимающихся и опускающихся в зависимости от положения горизонта воды в верхнем бьефе, и в одном случае (см. § 53) на действии груза, связанного с затвором. Эти приспособления оказывали влияние лишь на конструкцию последнего затвора, на конструкции же прочих они оказывали весьма малое.

Затвор Шаноана (фиг. 243 а) в том виде, в каком он был впервые сконструирован в 70-х годах прошлого столетия, оказался нецелесообразным в эксплуатации и дальнейшего распространения не получил, но послужил прототипом затворов особого типа, осуществленных впервые примерно лет 30 тому назад. Эти затворы разнятся от затвора Шаноана тем, что приспособления, делающие затворы автоматическими, оказывают на их устройство значительно большее влияние, чем противовес *П* (фиг. 243 а) на затвор Шаноана.

Затворы этого типа и составляют предмет дальнейшего описания. Подобно затворам, описанным в §§ 44, 45, 46 и 71 их устраивают вращающимися на горизонтальных осях. В зависимости от положения осей вращения они могут быть разделены на два типа.

Первый тип устраивается с осями вращения, расположенными вблизи водоудерживающей конструкции затвора, второй—устраивается осями вращения, расположенными в отдалении от той же конструкции.

Первый тип разделяется на три разновидности:



Фиг. 451.

первая—устраиваемая с осями вращения, расположенными примерно на середине высоты затворов,

вторая—с осями вращения, расположенными около нижних кромок щитов затворов, и

третья—с осями, расположенными возле верхних кромок щитов или выше их.

Затворы первой разновидности применяют для закрытия небольших высот и устраивают простейшего типа, подобно описанным в главе 9-ой. Действие их основано на том же принципе, на котором основано действие упомянутого выше затвора

Шаноана. Их делают чаще из дерева или из дерева и металла, реже из одного металла.

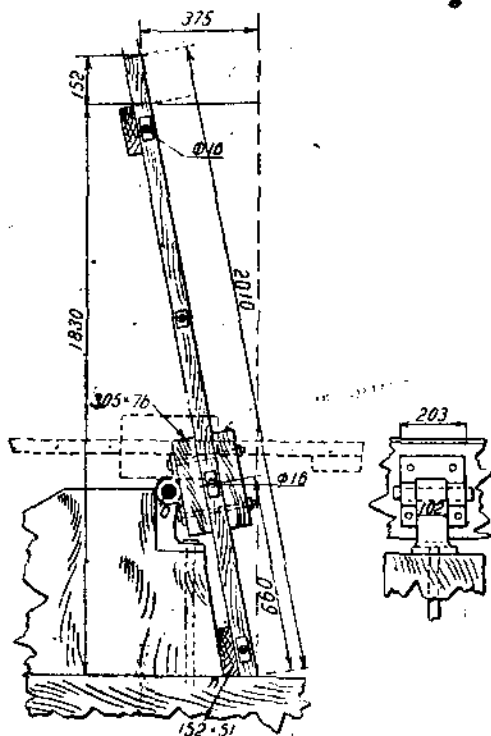
Части затворов этой разновидности, расположенные ниже их осей вращения *О* (фиг. 451—плотина у Норвича на р. Квинбоух в шт. Коннектикут США), делают тяжелее частей, расположенных выше. Во время повышения горизонта воды верхнего бьефа затвор поворачивается и пропускает воду, а после понижения горизонта под действием веса нижней части возвращается в закрытое положение и закрывает отверстие, затворами, имеющими каждый длину 1,82 м, в плотине у Норвича закрыто отверстие пролетом 132 м. Затворы этой разновидности в открытом положении, естественно, стесняют отверстия плотины в такой же степени, в какой щиты, описанные в § 32 части 1-ой, стесняют сечения водопроводных галлерей.

Располагая оси вращения этих затворов на уровне флютбета (фиг. 452—плотина у Хармон-Парк на р. Либанон в шт. Огайо США и устраивая перед флютбетом понижение *оп*, высотой несколько большей нижней части затвора, можно стеснение отверстия сделать минимальным.

Затворы второй и третьей разновидностей применяют для закрытия отверстий более значительной высоты. Затворы второй разновидности удерживают в закрытом положении посредством грузов (противовесов), прикрепленных сверху или снизу затворов. В первом случае затворы называют уравновешенными сверху, во втором—уравновешенными снизу.

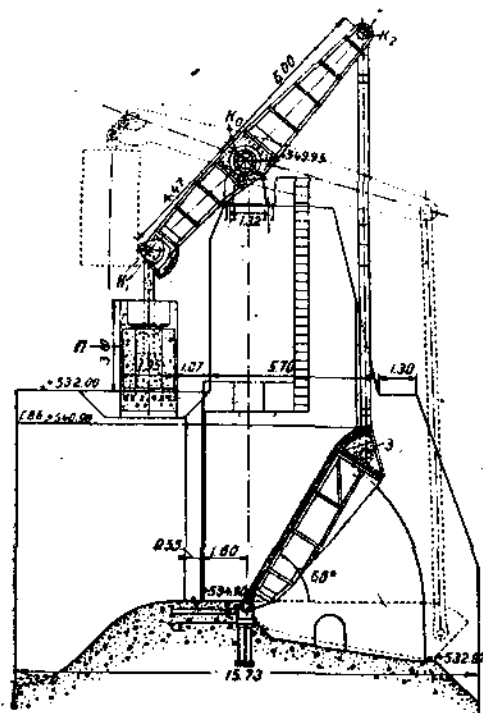
К верхним краям уравновешенных сверху затворов прикрепляют тросы или штанги $з\ k_2$ (фиг. 453—плотина у Трамп на р. Ногера Паллареза в Испании), которые в точках k_2 прикрепляют к коромыслам $k_2 k_0 k_1$. В точках k_1 плеч $k_0 k_1$ коромысел подвешивают противовесы $Л$, уравновешивающие часть веса затвора и приходящегося на него давления воды.

Противовесы затворов этой же разновидности и уравновешенных сверху делают также в виде цилиндров $ц$ (фиг. 454—плотина у Атланты на р. Таллюля в шт. Джорджия США), на концы которых навивают тросы, прикрепленные к затворам; цилиндры во время вращения затворов катятся по криволинейным рейкам $k_1 k_2$, прикрепленным к устоям или быкам.

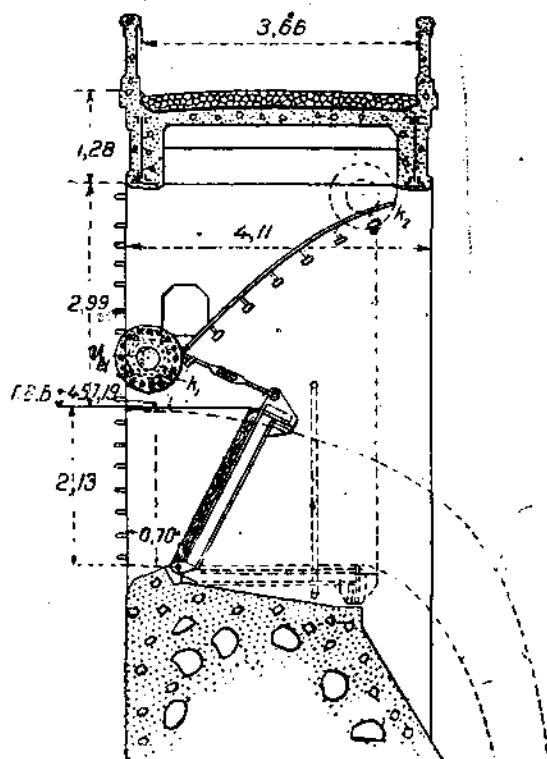


Фиг. 452.

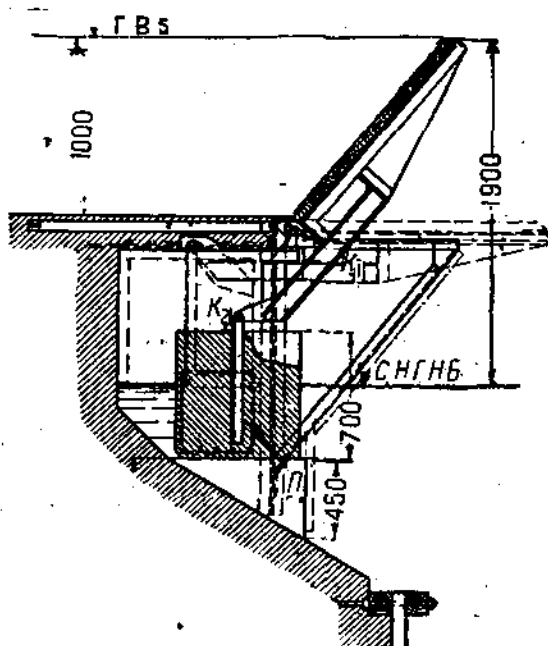
К уравновешенным снизу затворам ниже их осей вращения прикрепляют кронштейны K_1K_2 (455—плотина между Вестерхамом и Хойфельдом на р. Мангалль в Швейцарии), к которым посредством тросов подвешивают противо-



Фиг. 453.

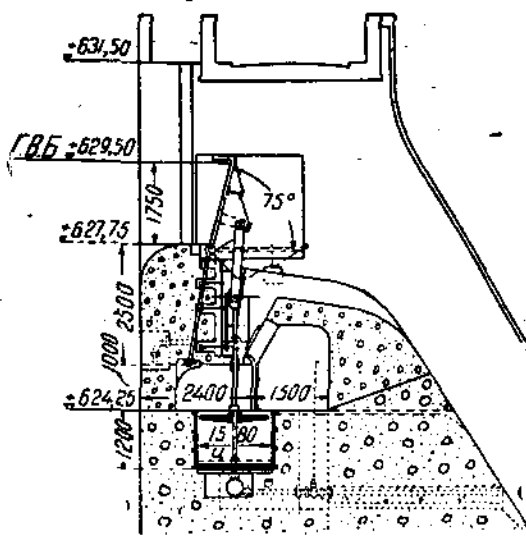


Фиг. 454.



Фиг. 455.

весы. Щиты затворов более сложных типов уравновешенных снизу, поддерживают подкосами, устроенными по типу подкосов затворов Бецнера (см. стр. 139).

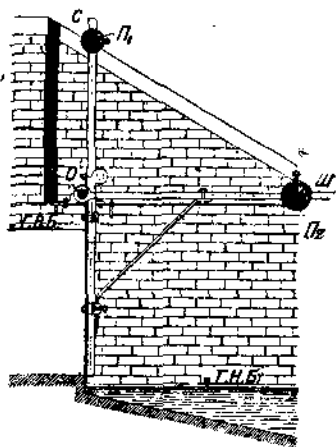


Фиг. 456.

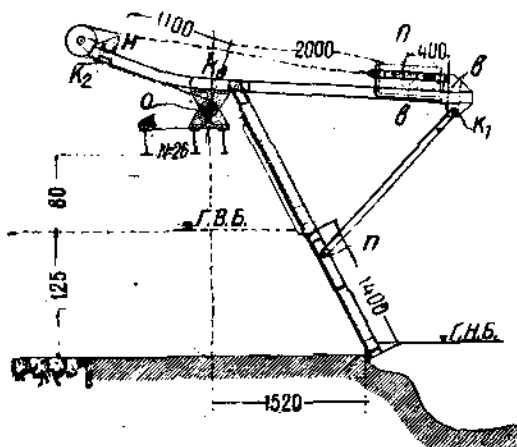
Нижние оконечности подкосов прикрепляют шарнирно либо к шкивам или к коромыслам, сделанным по такому же типу, как коромысла затворов, уравновешенных сверху, либо к штокам поршней (фиг. 456—водослив при плотине Лампманн

в Германии), движущихся в цилиндрах ψ , пространство которых под поршня наполнено сжатым воздухом.

Затворы третьей разновидности также уравнивают противовесами. Для прикрепления последних концевые стойки затворов, а в случае надобности и некоторые из промежуточных стоек, выпускают выше верхних кромок затворов и на выпуски насаживают противовесы Π_1 (фиг. 457—водоспуск Рейн-Марнского канала). Кроме выпусков стоек, перпендикулярно к затворам прикрепляют штанги o ψ , на которые надевают другие противовесы Π_2 .

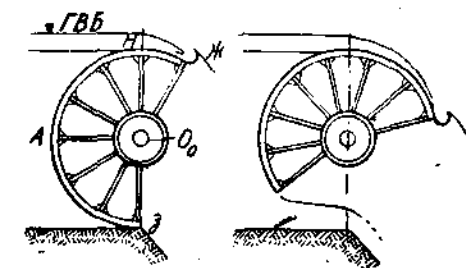


Фиг. 457.



Фиг. 458.

Выпуски затворов более сложных типов прикрепляют к коромыслам $к_1$ $к_2$ (фиг. 458—плотина у Хеймерсхейма на р. Эрфт в Германии), на которых располагают передвижные противовесы. Плечи $к_0$ $к_1$ коромысел поддерживают подкосами $к_1$ $п$, прикрепленными к коромыслам шарнирно в точках $к_1$.



Фиг. 459.

ними оконечностями $п$ по стойкам затворов.

Крупное регулирование при помощи затворов, устроенных по типу, показанному на фиг. 458, делают обычно неавтоматически, посредством передвижения противовесов от одного упора $в$ к другому $н$. Таким же образом иногда делают и мелкое регулирование.

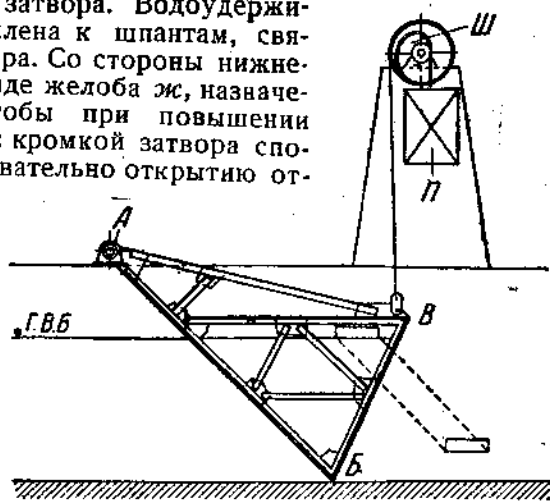
Автоматические затворы второй и третьей разновидностей делают из дерева, металла или из того и другого вместе.

Затворы второго типа в отношении расположения осей вращения походят на затворы, показанные на фиг. 146 или 136, причем принцип действия затворов, похожих на затвор, показанный на фиг. 146, близок также принципу действия затвора, показанного на фиг. 451, а принцип действия затворов, похожих на показанный на фиг. 136, близок принципу действия затвора, показанного на фиг. 458.

Первые были предложены итальянским инженером Макола и осуществлены для закрытия небольших отверстий. Они образованы из криволинейной вододерживающей конструкции $из$ (фиг. 459), устроенной в виде части цилиндра,

диаметр которого взят равным высоте затвора. Водоудерживающая конструкция затвора прикреплена к шпангам, связанным лучами с осью вращения затвора. Со стороны нижнего бьефа эта конструкция сделана в виде желоба $\mathcal{Ж}$, назначение которого заключается в том, чтобы при повышении горизонта верхнего бьефа над верхней кромкой затвора способствовать повороту затвора и следовательно открытию отверстия непосредственно над флютбетом. Закрытие отверстия происходит под действием веса затвора таким же образом, как закрытие затвором, показанным на фиг. 451.

Вторые образуют в разрезе перпендикулярном их осям вращения в виде треугольных призм $АВВ$ (фиг. 460), грани которых $ВВ$ являются водоудерживающими конструкциями. Их называют призматическими (немец. „Prismawehre“).

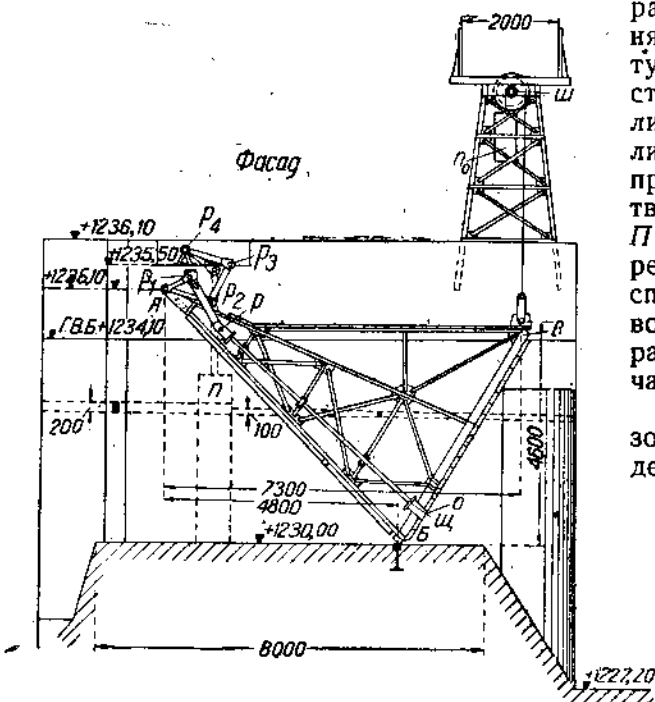


Фиг. 460.

Во время поддержания подпора призма $АВВ$ постепенно наполняется водой верхнего бьефа, поступающей в нее через отверстия в стенке $АБ$. Вода заполняет призму лишь до уровня порога водослива, устроенного для отвода из призмы воды в нижний бьеф. Затвор уравновешен противовесом $П$, с которым он связан тросом, перекинутым через шкив, имеющий спиралеобразное очертание, позволяющее по мере подъема затвора уравновешивать все большую часть его веса.

Вследствие повышения горизонта верхнего бьефа затвор под действием напора воды на стенку $ВВ$ поднимается, при этом вода из ящика вытекает в нижний бьеф, затвор облегчается, действие на него противовеса увеличивается, он поднимается еще выше и открывает отверстие плотины.

При последующем понижении горизонта верхнего бьефа давление воды на призму уменьшается и затвор начинает опускаться, тогда в призму поступает вода верхнего бьефа, количество которой по мере опускания призмы увеличивается, вследствие чего скорость опускания также увеличивается, и затвор закрывает отверстие. Так как затвор этого типа не обладает большой чувствительностью и не является вполне автоматическим, его снабжают также ручными приводами.



Фиг. 461.

Для достижения более высокой чувствительности и полной автоматичности действия затвора, в грани *БВ* (фиг. 461—плотина у Арани в истоке р. Занги в ССР Армении) устраивают отверстие *о*, закрытое щитком *щ*, открываемым опусканием поплавка *п*, плавающего в колодце, устроенном в быке. Щиток связан с поплавком системой рычагов *р*, *р*₁, *р*₂, *р*₃ и *р*₄. Если поплавок поднимается, отверстие *о* открывается и вода из призмы вытекает в нижний бьеф, тогда затвор поднимается и открывает отверстие плотины.

Призматическими затворами закрывают отверстия весьма небольших размеров. Наибольшая ширина отверстия, которое ими в настоящее время закрыто, равно 6,40 м (плотина у Тура на р. Марне), а наибольшая высота отверстия = 4,10 м (фиг. 461).

§ 98. Конструкция затворов

Деревянные затворы первого типа первой разновидности делают из досок или из брусьев, которые связывают обвязками в щиты.

Деревянные затворы того же типа второй разновидности, уравновешенные сверху, делают более жесткой конструкции, чем затворы первой разновидности.

Для увеличения их жесткости в продольном направлении их укрепляют по верхнему рамному ригелю продольными балками. Осевые части затворов устраивают аналогично типам, описанным в § 54.

Осевым частям затворов, показанных на фиг. 451, дана оригинальная конструкция, состоящая из приболченных к затворам зубчатых секторов, сцепляющихся с зубчатыми рейками *р*₁ *р*₂, устроенными на кронштейнах *к*, прикрепленных к флюгбетам.

Металлические затворы первого типа второй и третьей разновидностей образуют из обшивки из плоского или лоткового железа, которую приклепывают к остову, составленному из верхней или нижней обвязок и стоек. На уровне горизонта верхнего бьефа их укрепляют продольной связью, а между стойками располагают диагонали.

Ригели, стойки и продольные связи делают из прокатного и реже из полосового и фасонного железа, предпочтительно жестких сечений; диагонали делают из уголков.

Затворы смешанной конструкции образуют из горизонтальных досок, приболченных к металлическому остову стоечного типа.

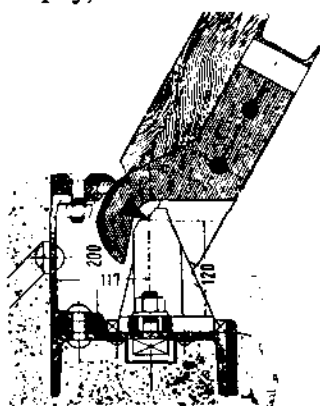
Подкосы, нижнюю обвязку и кронштейны затворов второй разновидности уравновешенных снизу, делают в виде двутавровых балок, а если они представляют собой фермы, то из уголков; подкосы затворов первого типа третьей разновидности делают из уголков.

К затворам второй разновидности внизу прикрепляют отливки, упирающиеся на опорные части, конструкция которых показана на фиг. 462. Нижнего уплотнения затворов этой разновидности достигают двумя способами: первый — посредством прилегания к обделке порога опорных отливок, которым для лучшего прилегания и свободного вращения в разрезе вертикальной плоскостью, перпендикулярной оси плотины, дают очертания, показанные на фиг. 462; второй — посредством закрытия зазора между порогом и опорными отливками кожаными полосами, защищенными сверху металлическими листами.

Боковое уплотнение осуществляют тонкими железными листами, изогнутыми так, как показано на фиг. 463. Вследствие значительной упругости, листы под действием напора достаточно хорошо прилегают к боковым поверхностям устоев и быков.

Приводные штанги затворов той же разновидности делают из брускового, круглого или полосового железа и снабжают по концам проушинами для пропуска осевых валков.

Коромысла, подвергающиеся небольшим нагрузкам, делают из прокатного железа, подвергающиеся же большим — в виде клепаных балок двутаврового сечения, укрепленных в расположения опорных частей, тяг и штанг — листами и уголками.



Фиг. 462.



Фиг. 463.

Противовесы, в зависимости от конструкции затворов, делают либо в виде чугунных отливок и плит, либо из бетона, иногда снабжаемого в средней и нижней зонах (фиг. 455) арматурой, либо в виде полых цилиндров из котельного железа (фиг. 454), заполненных армированным бетоном, либо в виде взаимно связанных катков (фиг. 458).

Призматические затворы делают из металла или смешанной конструкции; для обшивки граней призм затворов, устраиваемых смешанной конструкции, применяют дерево. Остов их делают аналогично типу, показанному на фиг. 146. Стержни их делают из фасонного железа и берут одностенчатых профилей, образованных из одиночных или из парных уголков (фиг. 162, правая).

§ 99. Сфера применения автоматических затворов и их качества

Автоматические затворы применяют преимущественно для закрытия отверстий водоподъемных плотин, имеющих повышенные флютбеты; затворы первого типа первой и третьей разновидностей, а также второй разновидности, уравновешенные сверху, применяют также для закрытия отверстий водоспускных плотин.

Затворы первого типа первой разновидности применяют для закрытия отверстий длиной до 200 м, но высотой, считая ниже горизонта верхнего бьефа, не свыше 1 м. Затворы прочих разновидностей того же типа применяют для отверстий длиной до 32 м и высотой до 2 м. Затворы второго типа применяют для отверстий длиной до 6,50 м и высотой до 2,00 м.

Во время поддержания подпора плотность закрытия отверстий затворами первого типа первой разновидности примерно такая же, как и затворами, описанными в главе 9, а затворами прочих разновидностей того же типа плотность примерно такая же, как затворами, описанными на стр. 206.

Пропуск плавающего подвижного состава в отверстиях, закрытых затворами первого типа первой разновидности, сделанных по типу, показанному на фиг. 452, и второй разновидности уравновешенных снизу, возможен лишь при условии, что высотное положение флютбетов допускает пропуск; пропуск в отверстиях, закрытых затворами прочих разновидностей и затворами второго типа, стеснен либо щитами затворов, либо их противовесными частями, либо приводами затворов.

Крупное регулирование делают лишь затворами первого типа первой разновидности, затворы же прочих разновидностей и второго типа для этой цели не применяют. Если же при их помощи приходится производить крупное регулирование, то последнее делают вручную. Мелкое регулирование осуществляется затворами достаточно удовлетворительно.

Вследствие незначительной устойчивости и незначительной жесткости конструкции затворов, поддержание ими подпора во время навалки на них наносов, льда и плавающих предметов невозможно. Пропуск наносов можно производить достаточно удобно лишь затворами первого типа третьей разновидности, а также затворами второго типа.

Осмотр и ремонт затворов первого типа первой и второй разновидностей, уравновешенных снизу, при наличии воды на флютбетах затруднительны; осмотр и ремонт частей затворов второй разновидности, уравновешенных сверху, при том же условии менее затруднителен, осмотр же и ремонт прочих достаточно удобен.

Стоимость затворов первого типа первой разновидности примерно такая же, как и стоимость затворов, описанных в главе 9-й; стоимость же прочих—близка стоимости подобных им по устройству затворов, описанных в главах 5, 7 и 12.

Влияние затворов первого типа первой разновидности на стоимость постоянных частей плотины незначительно; влияние же затворов первого типа второй разновидности, уравновешенных сверху, и затворов второго типа, вследствие необходимости устраивать быки,—значительно больше влияния затворов первого типа первой разновидности и еще больше влияния затворов второй разновидности, уравновешенных снизу, последнее объясняется тем, что последние требуют, помимо устройства быков, также углублений флютбетов для помещения противовесов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

§1100. Основания выбора типа затворов

Имея достаточно точное задание, касающееся закрытия отверстия плотины, и руководствуясь данными, приведенными в §§ 27, 36, 42, 49, 56, 69, 75, 80, 85, 88, 92, 96 и 99, предварительно могут быть намечены наиболее подходящие к условиям задания типы затворов. Затем, произведя исчисление стоимости затворов и установив их влияние на стоимость постоянных частей плотины, может быть определена, с одной стороны, стоимость плотины, оборудованной выбранными типами затворов, а с другой — стоимость эксплуатации этой же плотины.

Имея эти данные, можно сделать окончательный выбор типа затвора, который, давая наименьшую стоимость плотины и ее эксплуатации, в то же время давал бы максимум удобств для водного транспорта и минимум стоимости расходов по его эксплуатации, а также обеспечивал бы наиболее продолжительный срок службы плотины.

Оглавление

ОТДЕЛ I

ТИПЫ ПЛОТИН

	Стр.
Глава 1. Типы плотин и их составные элементы	
§ 1. Типы плотин. § 2. Отверстия в плотинах и возле них. § 3. Основные элементы плотин различных типов	3—6
Глава 2.	
§ 4. Главнейшие факторы, определяющие состав сооружений барража, размеры сооружений и их устройство	11—14
Глава 3. Основные устройства главнейших элементов водоспускных (разборчатых) и водоподъемных плотин	
§ 5. История происхождения плотин. Сфера их применения. § 6. Отверстия плотин и способы установления главнейших размеров отверстий. § 7. Надводные части плотин	14—19

ОТДЕЛ II

ТИПЫ ЗАТВОРОВ. НЕСАМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ЗАТВОРЫ

Глава 4. Типы затворов. Вододерживающие конструкции затворов	
§ 8. Типы затворов. § 9. Типы вододерживающих конструкций. § 10. Шандоры. § 11. Шгоры. § 12. Деревянные щиты. А. Щитки. Б. Щиты. § 13. Спицы. § 14. Вододерживающие конструкции смешанных типов	21—43

ОТДЕЛ III

ЗАТВОРЫ, ПЕРЕДАЮЩИЕ ДАВЛЕНИЕ НА ОПОРЫ ПЛОТИН

Глава 5. Плоские подъемные однопольотные металлические затворы	
§ 15. Основания устройства затворов. § 16. Обшивка затворов. § 17. Схемы оснований. § 18. Конструкция оснований. § 19. Подъем и опускание затворов. § 20. Основания расчета затворов. А. Основания расчета обшивки. Б. Основания расчета оснований. Основы с деревянной обшивкой. Основы с обшивкой из плоского листового железа: а) основания расчета стоек; б) основания расчета ригелей; в) основания расчета опорных частей. § 21. Приводы. § 22. Конструкции приводов	44—73
Глава 6. Плоские опускаемые затворы. Плоские подъемные затворы с откидными клапанами, многоярусные и прочих типов	
§ 23. Типы затворов. § 24. Конструкции затворов. § 25. Приводы. § 26. Затворы чугунные, железобетонные и смешанной конструкции. § 27. Сфера применения плоских железных, стальных и смешанной конструкции затворов для постоянного закрытия плотин и качества этих затворов	73—81
Глава 7. Затворы, поворачиваемые на горизонтальных осях, расположенных вне вододерживающей конструкции (сегментные).	
§ 28. Принцип устройства затворов. Типы затворов. § 29. Деревянные затворы. § 30. Затворы металлические и смешанной конструкции. § 31. Уплотнение. Оси вращения. § 32. Затворы с откидными клапанами. § 33. Поворотно-опускаемые затворы. § 34. Основания расчета затворов. § 35. Приводы затворов. § 36. Сфера применения поворотных затворов и их качества	81—100
Глава 8. Вальцевые затворы	
§ 37. Принцип устройства. Типы затворов. § 38. Конструкции затворов. § 39. Опускаемые затворы. § 40. Приводы. § 41. Основания расчета затворов. § 42. Сфера применения вальцевых затворов и их качества	111—115

ОТДЕЛ IV

ЗАТВОРЫ, ПЕРЕДАЮЩИЕ ВНЕШНИЕ СИЛЫ НА ФЛЮТБЕТ (КОНСОЛЬНЫЕ)

- Глава 9. Затворы, поворачиваемые на осях, расположенных в плоскости их щитов.**
 § 43. Принцип устройства затворов. Типы затворов. § 44. Затворы с деревянными щитами, вращаемые на горизонтальных осях. § 45. Затворы с металлическими щитами, вращаемые на горизонтальных осях. § 46. Затворы со щитами смешанной конструкции, вращаемые на горизонтальных осях. Затворы смешанной конструкции. § 47. Затворы, вращаемые на вертикальных осях. § 48. Основания расчета затворов. § 49. Сфера применения поворотных затворов и их качества. 136—142
- Глава 10. Затворы, со щитами, вращаемыми на двух и более горизонтальных осях**
 § 50. Принцип устройства затворов. Типы. § 51. Затворы со щитами, поддерживаемыми со стороны верхнего бьефа. § 52. Затворы со щитами поддерживаемыми со стороны нижнего бьефа и вращаемыми на трех и более осях. § 53. Затворы со щитами, поддерживаемыми со стороны нижнего бьефа, вращаемыми на двух осях. А. Затворы первоначальных типов. Б. Затворы более совершенных типов. § 54. Конструкция затворов. § 55. Основания расчета затворов. § 56. Сфера применения затворов и их качества. 143—158
- Глава 11. Затворы с поддерживающими конструкциями, опирающимися на флютбет**
 § 57. Принцип устройства затворов. § 58. Затворы с поддерживающими конструкциями простейших типов: А. С деревянными и конструкциями. Б. С металлическими конструкциями. § 59. Основания устройства затворов с поддерживающими конструкциями в виде плоских металлических ферм. § 60. Связи между фермами и служебные мостики. § 61. Прочие служебные поддерживающие конструкции. § 62. Фермы. Их типы и формы. § 63. Конструкции ферм. § 64. Подшпунники ферм и стоек. § 65. Установка и укладка поддерживающих конструкций. § 66. Подъемные механизмы. § 67. Основания расчета служебных мостиков и стоек. § 68. Основания расчета ферм. § 69. Сфера применения затворов с поддерживающими конструкциями, опирающимися на флютбет и их качества. 159—200

ОТДЕЛ V

ЗАТВОРЫ, ПЕРЕДАЮЩИЕ ВНЕШНИЕ СИЛЫ НА УСТОИ, БЫКИ И ФЛЮТБЕТ

- Глава 12. Принцип устройства затворов. Затворы простейших типов. Деревянные мостовые затворы**
 § 70. Принцип устройства затворов. § 71. Затворы с поддерживающими конструкциями простейших типов. § 72. Основания расчета затворов. § 73. Деревянные мостовые затворы. § 74. Основания расчета деревянных поддерживающих конструкций. § 75. Сфера применения простейших и деревянных затворов и их качества. 201—214
- Глава 13. Мостовые затворы долговременных типов**
 § 76. Принцип устройства главных элементов затворов. § 77. Схемы устройства поддерживающих конструкций. § 78. Ра положения, очертания и конструкция стоек. § 79. Сборка и разборка затворов. § 80. Сфера применения мостовых затворов долговременных типов и их качества. 214—229

ОТДЕЛ VI

ЗАТВОРЫ, УПРАВЛЯЕМЫЕ НАПОРОМ ВОДЫ ВЕРХНЕГО БЬЕФА

- Глава 14. Принцип устройства затворов. Типы затворов. Одностворчатые затворы и системы ниж. Луиш-Дефонтена и Жирара**
 § 81. Принцип устройства затворов и их классификация. § 82. Принцип устройства одностворчатых затворов системы ниж. Луиш-Дефонтена и Жирара. § 83. Конструкции затворов. § 84. Основания расчета затворов. § 85. Сфера применения затворов Луиш-Дефонтена и их качества. 230—239
- Глава 15. Затворы системы ниж. Читтендена**
 § 86. Принцип устройства затворов. § 87. Конструкция затворов и основания их расчета. § 88. Сфера применения затворов Читтендена и их качества. 240—244
- Глава 16. Секторные затворы**
 § 89. Принцип устройства затворов. § 90. Подъем и опускание затворов. Регулирование их действия. Условия равновесия. § 91. Конструкция затворов. § 92. Сфера применения секторных затворов и их качества. 245—253
- Глава 17. Затворы, состоящие из двух и более створок**
 § 93. Принцип устройства затворов. Главнейшие типы. § 94. Условия подъема и опускания двухстворчатых затворов системы Бартреп. § 95. Конструкция затворов и основания их расчета. § 96. Сфера применения затворов, состоящих из двух и более створок и их качества. 253—265
- Глава 18. Автоматические затворы**
 § 97. Принцип устройства затворов. Главнейшие типы. § 98. Конструкция затворов. § 99. Сфера применения автоматических затворов и их качества. 265—271
- Заключительное.**
 § 100. Основания выбора типа затворов. 272

ЛИТЕРАТУРА

- Ф. Г. Збрэжек. Курс внутренних водяных сообщений. 1897 и 1915 гг.
 К. А. Акулов и Г. А. Козлов. Курс внутренних водных сообщений. Т. II. Искусственные водные пути. 1928 г.
 К. А. Акулов и Б. Ю. Калинович. Краткие сведения о различных типах разборчатых плотин. 1913 г.
 В. Колычев. Влияние условий службы разборчатой плотины на определение наивыгоднейшего ее типа. 1914 г.
 В. В. Подарев. Гидротехнические сооружения. Плотины. Вып. 1. 1923 г.
 В. В. Подарев. Гидротехнические сооружения. Плотины. Вып. 2. 1925 г.
 Н. И. Анисимов. Водоподъемные плотины. 1931 г.
 В. Г. Гебель. Цилиндрические затворы. 1922 г.
 В. Г. Гебель. Затворы гидротехнических сооружений. Вып. 1. 1928 г.
 С. В. Тарановский. Щиты Стоея. Материалы к проекту Днепростроя. Вып. III. 1927 г.
 С. В. Тарановский. Секторные, сегментные и цилиндрические затворы. Вып. VII. Те же материалы, вып. XII. 1931.
 К. В. Попов. Деревянные плотины. 1929 г.
 В. В. Димитриев. Металлические конструкции гидравлических сооружений. 1932 г.
 Н. Д. Тяпкин. Пример расчета фермы Поурэ для р. Сев. Довца. 2 изд. 1939 г.
 Под его же редакцией. Водоподъемные плотины сист. Шанюана. 1915 г.
 В. Валединский. Основные свойства плотин и их классификация. 1927 г.
 С. П. Широких. Разборчатая плотина с фермами Поурэ и щитами напором 3,5 м. Издание МИИТа. 1928 г. (литограф.).
 Г. Иванов. Пример расчета цилиндрического затвора плотины. Изд. МВТУ. 1929 г. (литограф.).
 М. Г. Смирновский. Гидравлический расчет отверстия плотины. 1929 г.
 De Maz. Rivières canalisées. 1903.
 Cuénot. Rivières canalisées et canaux. 1913.
 Bonnet. Cours de barrages. 1920.
 Fourrey. Cours de navigation intérieure. 2 P. Barrages. 3 ed. 1920.
 Handbuch der Ingenieurwissenschaften. III Teil. Der Wasserbau. II B. Wehre und Fischwege. 1912.
 Handbuch der Ingenieurwissenschaften. III Teil. Der Wasserbau. V. B. Binnenschifffahrt. Schifffahrtskanäle. Flusskanalisierung. 1906.
 H. Kulka. Beitrag zur Theorie des Wasserdruckes und zur Bewertung und Konstruktion des Segmentwehres, Schützen und Walzenwehres. 1913.
 H. Kulka. Der Eisenwasserbau. I B. 1928.
 H. Engels. Handbuch des Wasserbaues. 2 Aufl. 1923.
 Deutsch. Der Wasserbau. 1926.
 O. Franzius. Der Verkehrswasserbau. 1927.
 P. V. Scharro. Waterbouwkundige Constructies. 1919.
 E. Wegmann. The design and construction of dams. 1927.
 Guido Ferro. Navigazione interna. 1927.
 Klir a Tolman. Stavitelství Vodní. II. Jezy, pruplavy, plavidlové komory. 1921.

5-я типография

Трансжелдориздата НКПС.

Москва, Каланчевский тупик, д. 3/5.

Редактор *А. Инсаров*

Уполн. Главлита Б-3688

Тираж 5 155 экз. Разм. бум. 72 × 105²/₁₆

Сдано в набор 19/1—34 г.

ОГИЗ 2533 Т-12

17¹/₂ п. л.

Тех. редактор *М. Зильберборт*

Зак. тип. 1028

24,79 вст. л. 72960 зн. в п. л.

Подписано к печати 20/VI—34 г.