

ДЕТ

К. 532

проф. Г. А. КОЗЛОВ

КУРС ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

М 4548

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

**ШЛЮЗЫ, ПОЛУШЛЮЗЫ, СУДОПОДЪЕМНИКИ
И СУДОВОЗНЫЕ ДОРОГИ**

19  33

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА—ЛЕНИНГРАД

проф. Г. А. КОЗЛОВ

КУРС ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

ТОМ ВТОРОЙ
ИСКУССТВЕННЫЕ ВОДНЫЕ ПУТИ

издание второе
расширенное и дополненное

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ
ШЛЮЗЫ, ПОЛУШЛЮЗЫ, СУДОПОДЪЕМНИКИ
И СУДОВОЗНЫЕ ДОРОГИ

УЧЕБНОЕ РУКОВОДСТВО ДЛЯ ВТУЗ'ов

УТВЕРЖДЕНО НАРОДНЫМ КОМИССАРОМ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



ОГИЗ—ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО 1933

1282085

113794

Курс внутренних водных путей Т. II, Ч. I, трактует гидротехнические сооружения на искусственных водных путях, именно судопропускные сооружения; шлюзы, полушлюзы, судоподъемники, судовозные дороги. Книга предназначена как учебное пособие для студентов высших транспортных учебных заведений, и для инженеров, занятых строительством по реконструкции искусственных водных путей. Книга выходит вторым, значительно расширенным изданием. Каких-либо аналогичных изданий в литературе СССР не имеется, по сравнению же с аналогичными зарубежными она делает упор на удовлетворении потребностей по реконструкции наших искусственных водных путей и дает значительно более свежий и надлежащим образом анализированный материал, чем в германских и итальянских последнего времени, как-то: в курсах проф. Энгельса и Ферро. Книга включает также материал для составления проектов сооружений, предназначенных для пропуска плавающего подвижного состава.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

в кн. Козлов, Курс внутренних водных путей

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
17	2 снизу	S_b	S'_b
22	16 сверху	$\mu k'^2$	$\mu k t_1'^2$
22	19 "	x'	x_0'
22	20 "	t_1''	t_1'
22	23 "	t_1' и t_1''	t_1' и t_1''
54	19 снизу	тощим	или тощим
55	19 сверху	то	то и
65	1 снизу	с	, либо с
72	9 "	фиг. 112 фиг. 113	фиг. 113 фиг. 112
79	6 сверху	(фиг. 112)	(фиг. 111)
89	3 "	, и	,
92	3 снизу	\mathfrak{H}_b	\mathfrak{H}
106	14 "	\mathfrak{H}_c (стр. 91)	\mathfrak{H}_c (стр. 92)
125	15 сверху	двери	бьефа
139	1 снизу	ω^2	ω^3
151	12 сверху	фиг. 4	фиг. 247
151	13 "	27)	по
151	10 снизу	(фиг. 220)	(фиг. 219 и 220)
151	8 "	два первых шлюза	(два первых шлюза)
188	фиг. 300	H H	H_1 H_2
191	6 сверху	приводов,	приводов
194	7 и 10 сверху	aK_e	$a_b K_e$
211	16 "	сэараих	саараих

О г л а в л е н и е

Стр.

Предисловие ко второму изданию. 4

ОТДЕЛ I

ШЛЮЗЫ И ПОЛУШЛЮЗЫ

Глава I.	История развития сооружений для пропуска плавающего подвижного состава. Типы полушлюзов и шлюзов. Составные элементы.	5
	§ 1. История происхождения сооружений. Принципы устройства. Типы.	
	§ 2. Составные элементы шлюзов и полушлюзов.	
Глава II.	Наполнение и опорожнение шлюзов. Сберегательные бассейны	20
	§ 3. Наполнение и опорожнение шлюзов. § 4. Сберегательные бассейны. Принципы расчета. Их расположение и очертания.	
Глава III.	Постоянные части шлюзов и полушлюзов	37
	§ 5. Принципы устройства. Главнейшие типы. § 6. Деревянные стены. § 7. Деревянные фундаменты. § 8. Веревяльные и шандорные столбы деревянных шлюзов и полушлюзов. § 9. Каменные и бетонные стены. § 10. Каменные и бетонные фундаменты. § 11. Железобетонные стены и фундаменты. § 12. Металлические стены. § 13. Простейшие и смешанные типы стен и фундаментов.	
Глава IV.	Подходы к шлюзам и полушлюзам	84
	§ 14. Назначение подходов и требования, предъявляемые к ним. Укрепление откосов и дна. Эстакады. Плавающие палы.	
Глава V.	Ворота шлюзов и полушлюзов	89
	§ 15. Основания устройства. Классификация типов. § 16. Двустворчатые ворота с распором, вращаемые на вертикальных осях: А. Главнейшие элементы ворот. Б. Деревянные ворота. В. Металлические ворота. Г. Ворота смешанной конструкции. § 17. Оси вращения двустворчатых ворот с распором. § 18. Двустворчатые ворота без распора, вращаемые на вертикальных осях. § 19. Одностворчатые ворота, вращаемые на вертикальных осях. § 20. Веерные ворота. § 21. Ворота, вращаемые на горизонтальных осях и укладываемые на флютбет. § 22. Самодействующие ворота, вращающиеся на горизонтальных осях. § 23. Ворота, вращаемые на горизонтальных осях, расположенных на стенах (сегментные). § 24. Откатные ворота. § 25. Подъемные ворота. § 26. Погружаемые ворота. § 27. Открытие и закрытие ворот и их приводные механизмы: А. Сопротивление ворот движению. Б. Приводные механизмы. § 28. Достоинства и недостатки главнейших типов ворот.	
Глава VI.	Щиты для закрытия водопроводных галлерей и отверстий в воротах	157
	§ 29. Типы щитов и их расположение. § 30. Плоские подъемные щиты. § 31. Плоские горизонтальные щиты. § 32. Поворотные щиты. § 33. Цилиндрические и пробочные щиты. § 34. Криволинейные поворотные щиты (сегментные). § 35. Открытие и закрытие щитов и их приводные механизмы: А. Усилие, необходимое для открытия щитов. Б. Приводные механизмы.	
Глава VII.	Оборудование шлюзов и полушлюзов.	182
	§ 36. Принадлежности, содействующие проводке подвижного состава. § 37. Предохранительные ограждения и устройства. § 38. Ремонтные устройства. § 39. Машинные установки и механические устройства, использующие для управления шлюзов их перепады. Связь управления приводными механизмами и прочим оборудованием. Централизация управления. § 40. Постройки при шлюзах и полушлюзах. Устройство верхней поверхности, прилегающей к ним территории.	
Глава VIII.	§ 41. Основания определения пропускной способности шлюзов.	197

ОТДЕЛ II

СУДОПОДЪЕМНИКИ И СУДОВОЗНЫЕ ДОРОГИ (НАКЛОННЫЕ ПЛОСКОСТИ)

Глава IX.	Судоподъемники	198
	§ 42. Идея устройства судоподъемников. Судоподъемники в виде весов. Гидравлические судоподъемники. Судоподъемник на поплавах.	
Глава X.	Судовозные дороги (наклонные плоскости).	200
	§ 43. Наклонные плоскости с продольным перемещением судов насухо. Наклонные плоскости с продольным перемещением судов в камерах, наполненных водой. Наклонные плоскости с поперечным перемещением судов. Сравнение наклонных плоскостей с судоподъемниками.	
Литература	21

Предисловие ко второму изданию

Развивающиеся у нас строительство на внутренних водных путях, намечаемое к осуществлению во второе пятилетие, создание сети новых путей, среди которых особенное значение имеет реконструкция р. Волги и ее главных притоков, а также освоение построенных в первом пятилетии новых водных путей — требуют, с одной стороны, подготовленных кадров, а с другой — ознакомления лиц, занимающихся строительством на внутренних водных путях, с современными достижениями водного строительства.... Вторая пятилетка, если она хочет рассчитывать на серьезный успех, должна дополнить нынешний лозунг нового строительства новым лозунгом освоения новых предприятий и новой техники.

Из резолюции январского объединенного пленума ЦК и ЦКК ВКП(б).

Вышедшее в 1928 г. первое издание курса искусственных водных путей во многих своих частях ныне уже устарело и не отвечает современному развитию науки и техники. Это обстоятельство заставило автора пересмотреть ряд разделов первого издания, их дополнить, развить и некоторые из них изложить в иной трактовке, более отвечающей современному воззрению на затрагиваемые в курсе вопросы.

Соответственно с этим во втором издании III и V отделов первого издания значительно развиты отделы, трактующие наполнение и опорожнение камер шлюзов, железобетонные и металлические типы их постоянных частей, некоторые типы ворот и щитов, особенно зарекомендовавших себя на практике, как-то: откатные и подъемные ворота и цилиндрические щиты, выбор наиболее целесообразного в различных условиях типа ворот, и, наконец, оборудование шлюзов; кроме того, во втором издании даны основания расчетов главнейших элементов описываемых сооружений.

Во втором издании, с одной стороны, не внесены описания ряда сооружений, приведенных в первом курсе и имеющих в настоящее время скорее историческое значение, но с другой, уделено внимание построенным у нас за последнее время сооружениям, как-то: на рр. Волхове и Днестре, а также и на других, хотя бы и не предназначенных для удовлетворения нужд одного только водного транспорта.

При ограниченности объема курс естественно не может претендовать на исчерпывающее освещение ряда трактующих в нем вопросов, но он ставит себе целью обратить внимание работников водных путей на те возможности, которыми они могли бы воспользоваться в деле реконструкции обслуживаемых ими путей.

15 мая 1932 года.

проф. Г. А. КОЗЛОВ

Отдел первый

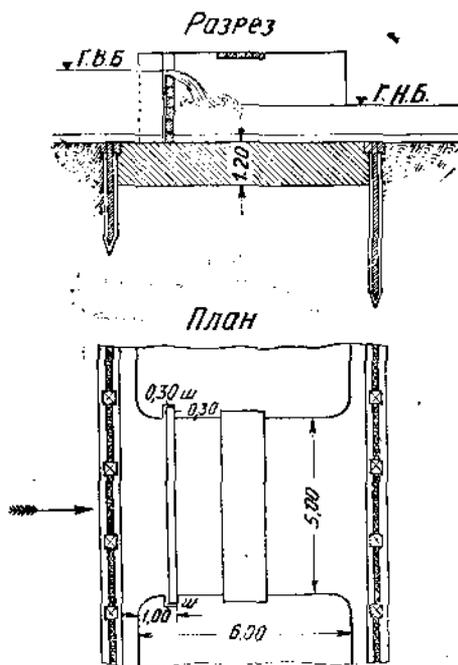
ШЛЮЗЫ И ПОЛУШЛЮЗЫ

ГЛАВА I

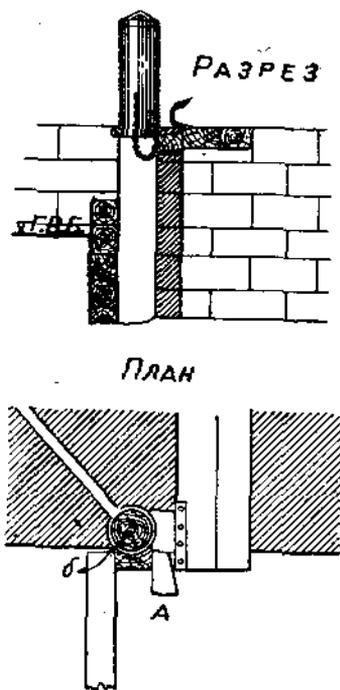
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ПРОПУСКА ПЛАВАЮЩЕГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА. ТИПЫ ПОЛУШЛЮЗОВ И ШЛЮЗОВ. СОСТАВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

§ 1. История происхождения сооружений. Принципы устройства. Типы

Сооружения для пропуска плавающего подвижного состава в местах сосредоточения перепадов на шлюзованных реках и каналах устраивали еще в средние века. По дошедшим до нас отрывочным данным имеется основание полагать, что их начали применять в Западной Европе еще в XIII веке.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

В те времена в плотинах или возле них устраивали особые сооружения которые представляли собой отверстия, закрываемые во время поддержания подпора достаточно водонепроницаемыми заграждениями, которые были названы затворами или воротами.

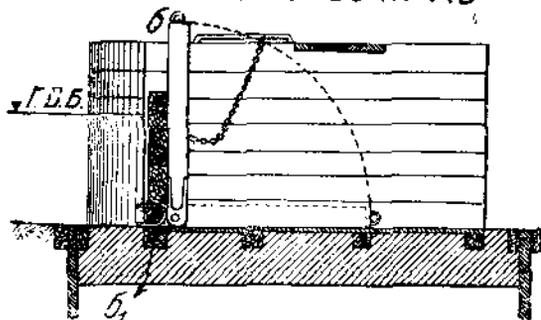
Когда надо было пропускать подвижной состав, затворы удаляли в сторону, а по окончании пропуска возвращали обратно. Сооружения подобные этим делали и в шлюзованных каналах.

Они были названы во Франции судопропускными отверстиями (pertuis), а у нас полушлюзами.

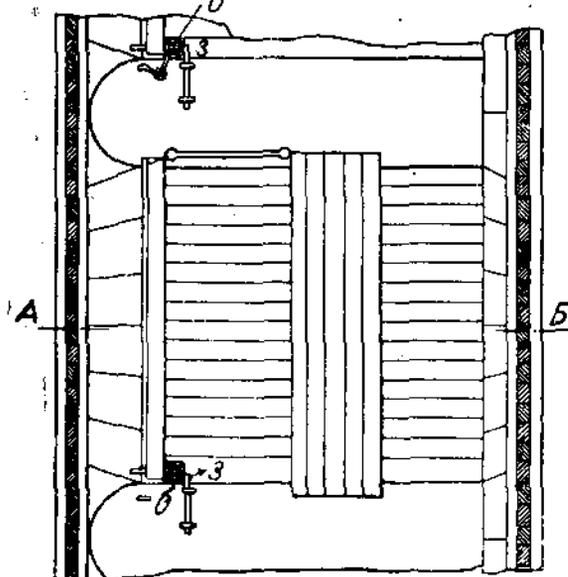
Спервоначала их устраивали с деревянными или каменными стенами и такими же полами; пространство между стенами закрывали шандорами ши

(фиг. 1), которые закладывали в особые пазы, устроенные в стенах. Когда приходилось открывать полушлюзы, шандоры вытаскивали один за другим посредством багров с крючьями и убрали в сторону.

РАЗРЕЗ ПО АБ



ПЛАН



Фиг. 3.

Так как постановка и разборка их требовали немало времени и вызывали значительные простои подвижного состава, то, чтобы ускорить хотя бы разборку, их стали закладывать с одной стороны в широкие пазы в стенах, а с другой упирать в брусья *б* (фиг. 2 и 3), которые могли поворачиваться на вертикальных (фиг. 2) или на горизонтальных *б*₁ (фиг. 3) осях. Брусья удерживали от вращения в первом случае клиньями *А*, а во втором — задвижками *З*.

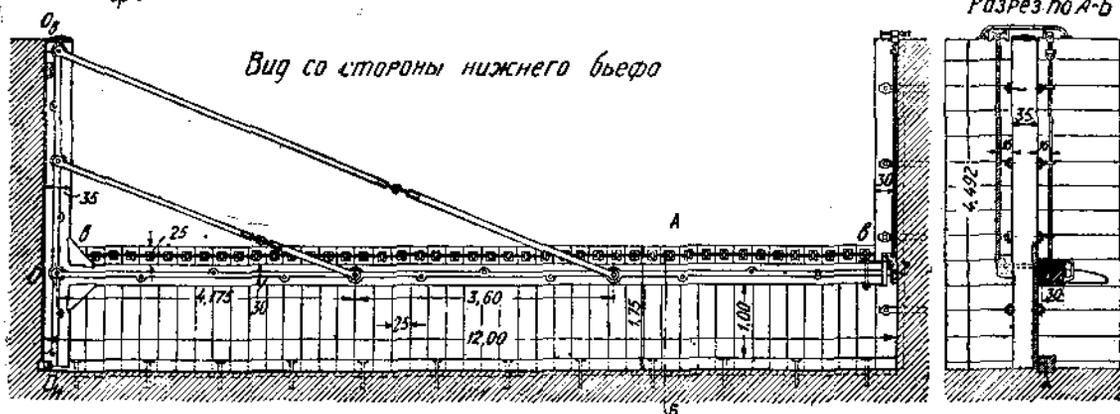
Когда выбивали клинья или отодвигали задвижки, упорные брусья скрывались в стенах или падали на флютбет, шандоры выносились течением в нижний бьеф, и отверстия открывались.

Устроенными таким образом затворами для подпоров около 1 м закрывали отверстия шириной в свету до 4 м.

Для закрытия еще больших отверстий применяли затворы, состоящие из вертикальных брусьев, названных спицами (по-франц. *aiguilles*). Спицы подвешивали по линии *вв* (фиг. 4) к горизонтальным балкам *ог*, перекрывавшим отверстия полушлюзов.

Фиг. 4

Вид со стороны нижнего бьефа



Фиг. 4.

Сверху их опирали на балки, а снизу—на фундаменты полушлюзов. Балки *ог* устраивали на одном конце *о* вращающимся на вертикальных осях *о*₁*о*₂, а на другом *г* удерживали при помощи задвижек.

Когда требовалось открыть полушлюз, задвижки отодвигали, и напор воды на спицы поворачивал балки по направлению длины полушлюза и открывал отверстие.

Затворами этого типа закрывали отверстия шириной в свету до 12 м.

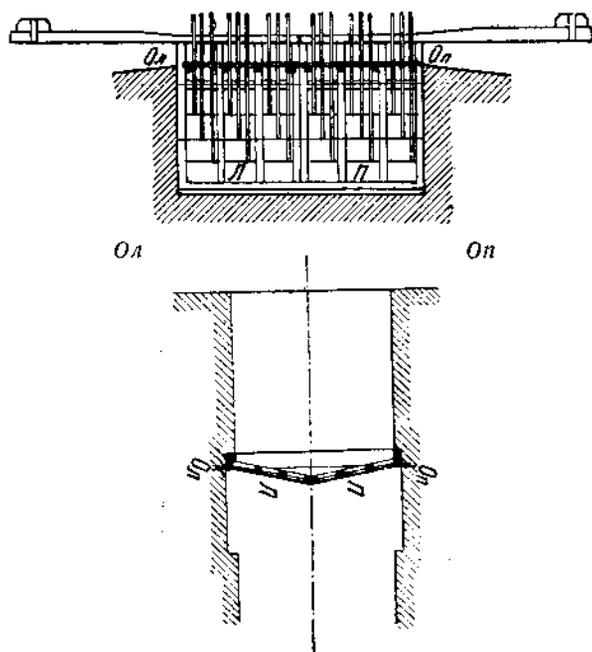
Более совершенные затворы в виде ворот, сделанных из двух створок L и $П$ (фиг. 5—полушлюз на р. Дельфенау в Германии), поворачиваемых на вертикальных осях o_1, o_2 и o_3, o_4 , были устроены в XIV столетии в Германии. Длина каждой створки была взята несколько большей половины ширины полушлюза; поэтому, когда полушлюз был ими закрыт, они составляли между собой в плане угол, направленный вершиной в сторону верхнего бьефа, меньший 180° , и плотно нажимались одна на другую.

В створках были устроены плоские подъемные щиты, расположенные в несколько рядов как по высоте створок, так и по их ширине.

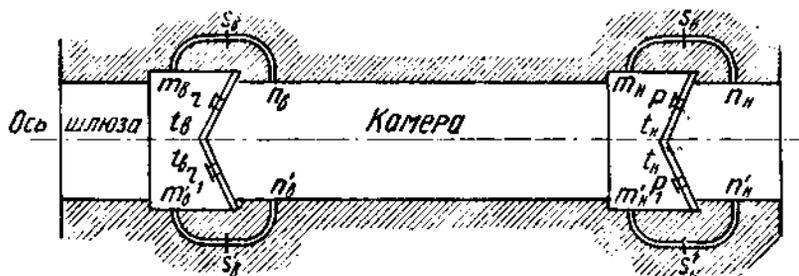
Перед тем как надо было открыть ворота, щиты поднимали вручную посредством прикрепленных к ним штанг.

Открытие щитов позволяло пропустить воду в нижний бьеф, поднять в нем горизонт воды и таким образом уменьшить давление на ворота, вследствие чего последние можно было легко открыть и тем самым открыть полушлюз.

В дальнейшем вместо полушлюзов стали применять более совершенные сооружения — камерные шлюзы, идея устройства которых по некоторым недостаточно проверенным данным, хотя и была известна издавна, но осуще-



Фиг. 5.



Фиг. 6.

ствление ее и дальнейшее распространение стало возможным лишь после того, как в 1452 году она была достаточно ясно изложена итальянским инженером Леоне Баттиста Альберти и затем дополнена предложением Леонардо да Винчи применить водопроводы и двустворчатые ворота с распором.

Камерный шлюз (фиг. 6) представляет собой два полушлюза, которые так же, как и указанные выше полушлюзы, закрывают воротами. Полушлюзы располагают один от другого на расстоянии, позволяющем поместить между ними подвижной состав. Пространство между полушлюзами называют камерой, откуда и самый шлюз — камерным.

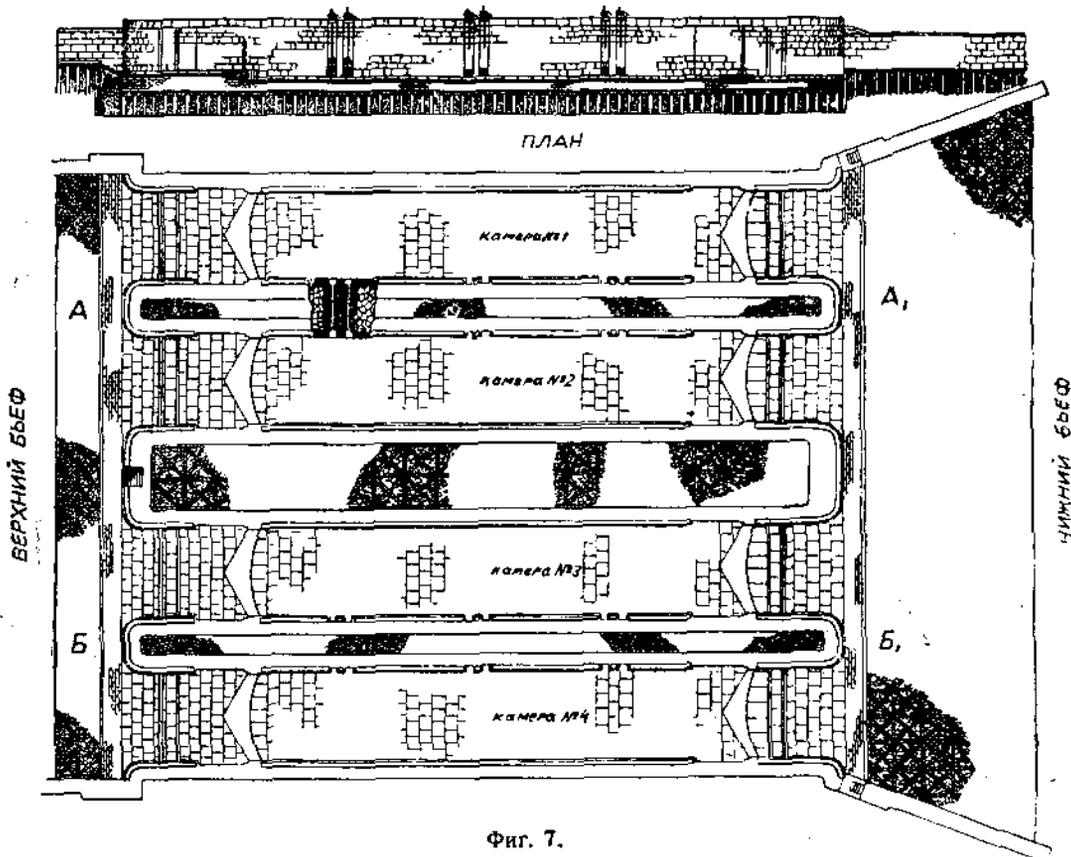
В камерах шлюзов горизонт воды может находиться либо на уровне верхнего бьефа, либо на уровне нижнего; в первом случае должны быть закрыты нижние ворота, а во втором — верхние, иначе говоря, в шлюзах всегда закрыты одни из ворот, и следовательно шлюзы всегда поддерживают необходимый

подпор. Благодаря такому устройству в шлюзах не может иметь места такого протекания воды по камерам из верхнего бьефа в нижний во время пропуска подвижного состава, какое бывает в полушлюзах, описанных на стр. 6, и поэтому не может происходить бесполезная утрата ее из верхнего бьефа.

Наполнение камер шлюзов старых типов делали через отверстия r и r_1 в верхних воротах, а опорожнение—через отверстия p и p_1 в нижних. Эти отверстия были названы клинкетными или клинкетами.

Число отверстий и их размеры брали меньшими, чем в воротах, показанных на фиг. 5. Во время поддержания подпора отверстия также закрывали затворами, названными щитами.

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ ПО ОСИ КАМЕРЫ



Фиг. 7.

Впоследствии наполнение камер стали делать через криволинейные галереи $m_s n_n$ и $m'_s n'_n$, устроенные в боковых стенах, а опорожнение через галереи $m_n s_n$ и $m'_n s'_n$, которые были названы водопроводными или водопроводами. Эти галереи также закрывали щитами: первые S_s и S'_s , а вторые S_n и S'_n .

В этом случае в воротах иногда делали и клинкеты, и тогда для наполнения и опорожнения камер пользовались одновременно как одними, так и другими.

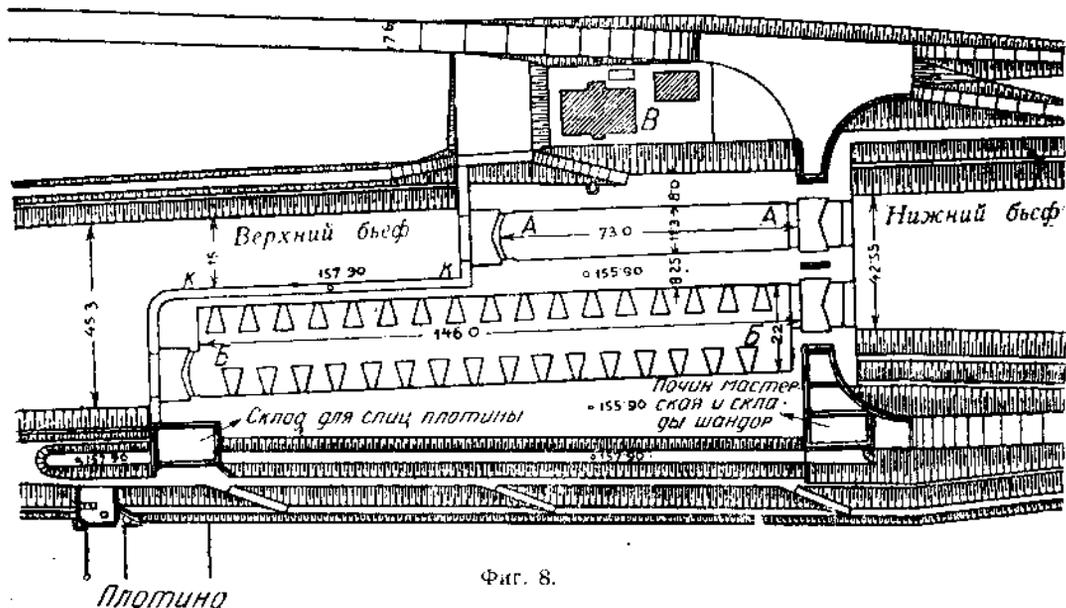
В таком виде устройство шлюзов в основном сохранилось и до настоящего времени.

Для проводки через шлюз подвижного состава из верхнего бьефа в нижний делают обычно следующие маневры: сначала открывают клинкетные отверстия r и r_1 верхних ворот или верхние водопроводы и наполняют камеру водой верхнего бьефа, после этого открывают верхние ворота, вводят подвижной состав в камеру, и закрывают ворота. Затем открывают клинкетные отверстия p и p_1 нижних ворот или нижние водопроводы и выпускают воду из

камеры в нижний бьеф. Тогда подвижной состав опускается до уровня нижнего бьефа, после этого открывают нижние ворота и выводят состав в нижний бьеф.

В случае проводки его из нижнего бьефа в верхний маневры делают в обратном порядке.

Эти маневры называют шлюзованием подвижного состава.



Фиг. 8.

Полушлюзы, входящие в состав камерных шлюзов, называют головами, из них обращенную в сторону верхнего бьефа называют верхней и обращенную в сторону нижнего—нижней.

В зависимости от нахождения шлюзов и полушлюзов в реке или канале их называют речными или канальными.

В дальнейшем изложении кроме полушлюзов и шлюзов описываются также заграждения, служащие для закрытия судоходных каналов от доступа высоких вод, которые могут причинять им различные повреждения, а также для предохранения отдельных участков каналов либо от опорожнения воды во время аварий в них, особенно в тех местах, где находятся высокие насыпи или крупные искусственные сооружения, либо от понижения горизонта воды вследствие угона ветрами.

Эти заграждения называют предохранительными или защитными полушлюзами.

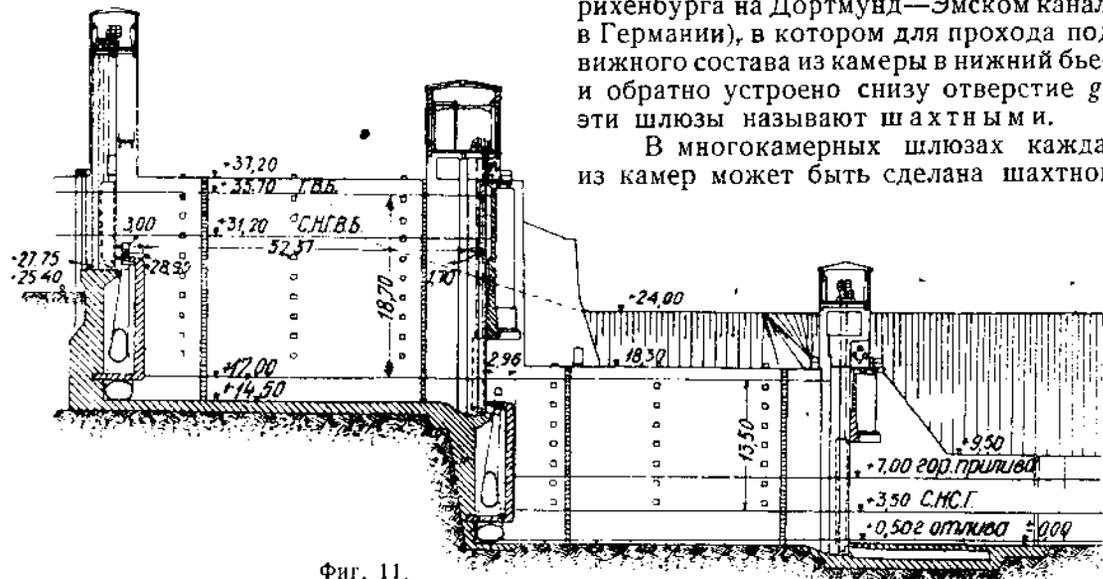
Пропуск подвижного состава через шлюзы обычно бывает связан с расходом из верхнего бьефа некоторого объема воды, который зависит от размеров шлюза, преодолеваемого им падения и от водоизмещения подвижного состава.

Этот объем называется сливной призмой. Его определяют по формуле:

$$V = Qh \pm W, \tag{1}$$

крываемую в нижней голове воротами, опирающимися верхней частью на поперечное ограничение камеры со стороны нижнего бьефа *сг* (фиг. 10 — шлюз у Гейнрихенбурга на Дортмунд—Эмском канале в Германии), в котором для прохода подвижного состава из камеры в нижний бьеф и обратно устроено снизу отверстие *ge*; эти шлюзы называют шахтными.

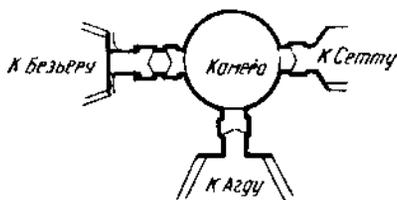
В многокамерных шлюзах каждая из камер может быть сделана шахтной;



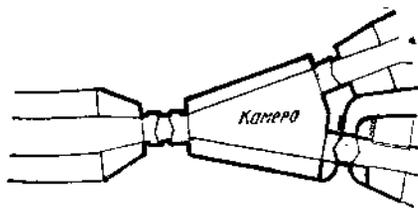
Фиг. 11.

это обстоятельство дает возможность преодолевать в одном месте весьма значительные падения, как например в шлюзе у г. Лимерика на р. Ченнон в Ирландии (фиг. 11) падение 32,2 м.

В случае необходимости преодолевать падения между несколькими водными пространствами, расположенными в плане под различными углами, при посредстве одной камеры, применяют так называемые поворотные шлюзы (фиг. 12 — шлюз у Агда на Южном канале во Франции) или стрелочные (фиг. 13 — шлюз у Эг-Морта на канале, соединяющем р. Рону с Сеттским портом).



Фиг. 12.



Фиг. 13.

Если горизонт воды в нижнем бьефе подвергается колебаниям, например в реках с значительной разностью между горизонтами высоких и низких вод, или в устьях рек, подверженных приливам и отливам, подпор на шлюз может изменяться также в весьма значительных пределах, и даже менять направление на обратное.

Во время отсутствия подпора шлюзы открывают, и подвижной состав проводят через него как по открытому каналу; при дальнейшем подъеме воды в нижнем бьефе, если необходимо поддержать горизонт его выше горизонта верхнего, шлюз снова закрывают, но пользуются им для преодоления подпора в направлении обратном первоначальному.

Такие шлюзы называют шлюзами с двусторонним подпором.

Ворота этих шлюзов должны иметь конструкцию, которая отвечала бы такому подпору, или должны быть устроены две пары ворот, из которых одна могла бы поддерживать подпор в одном направлении, а другая — в обратном.

Размеры камер шлюзов назначают с таким расчетом, чтобы в них мог поместиться заданный подвижной состав и, если необходимо, его плавучие тяговые средства, и кроме того, чтобы между подвижным составом и внутренним очертанием камеры оставались небольшие промежутки в длину и в ширину, необходимые для облегчения шлюзования.

Эти промежутки для речных простых шлюзов, в зависимости от размеров шлюзов, берут в длину от 1,0 до 2,5 м, в ширину от 0,30 до 1,0 м, для канальных — в длину от 0,5 до 2,0 м, в ширину от 0,2 до 0,6 м. Большие для более значительных шлюзов и меньшие для меньших.

Для шлюзов караванных промежутки берут еще большие, так как учитывают сравнительно большие затруднения при вводе и выводе подвижного состава.

Для сбережения воды и ускорения пропуска маломерного подвижного состава в камерах иногда устраивают одну *П* (фиг. 14 — новый шлюз № 1 на Северодвинской системе), или даже две дополнительные головы, которые называют промежуточными.

Камерам дают в плане либо прямоугольные, ломаные или криволинейные очертания, либо те и другие вместе, например состоящие из прямоугольников с закругленными углами (фиг. 15 — Ричмондский шлюз на р. Темзе), или из ряда кривых и прямых и т. п.

С внутренней стороны, по так называемым лицевым поверхностям стен, их ограничивают вертикальными, наклонными или криволинейными поверхностями.

Головы относительно камер располагают в плане весьма различно, в зависимости от топографии местности, назначения шлюзов и очертаний камер. По большей части оси их направляют по осям камер (фиг. 6), однако в шлюзах, предназначенных для шлюзования по нескольким (фиг. 13) направлениям, а также нередко в шлюзах караванных (см. камеру *ББ* на фиг. 8) для удобства проводки подвижного состава оси голов несколько отодвигают от осей камер.

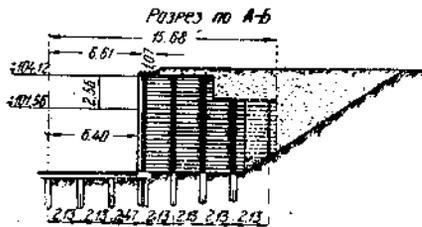
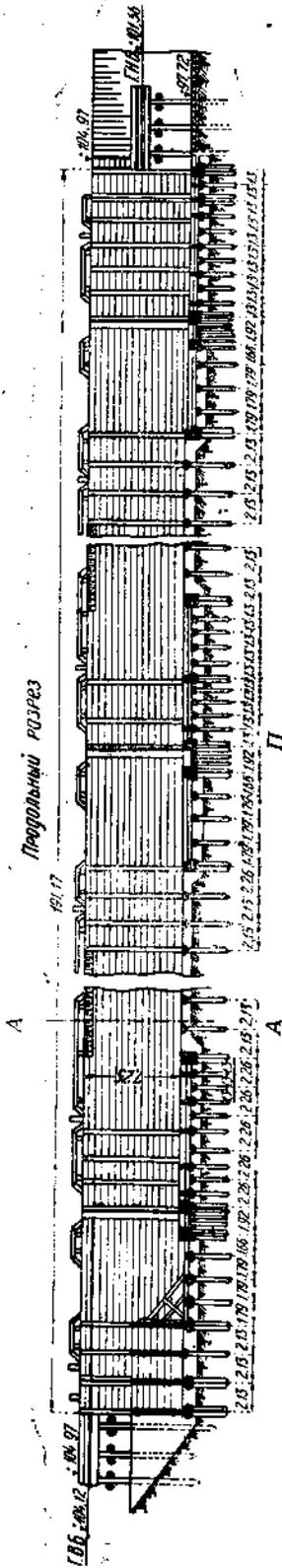
Если оси голов отодвинуты от осей камер в разные стороны, шлюзы называют байонетными.

В шлюзах, построенных на закруглениях или в очень стесненных местах, оси голов могут составлять с осями камер даже острые углы (фиг. 16 — шлюз у моста Лиги в г. Праге на р. Влтаве).

Головы шлюзов и полушлюзов образуют из подвижных и постоянных частей.

К подвижным частям относятся главным образом ворота t_1, t_2 и t_3, t_4 (фиг. 6), устраиваемые большей частью из двух

створок или полотнищ, составляющих в закрытом положении с осью головы угол примерно от 70° до 77° и вращаемых на вертикальных осях, режущих составляющих в закрытом положении угол близкий 90° . Их устраивают также из одного полотнища, вращаемого также



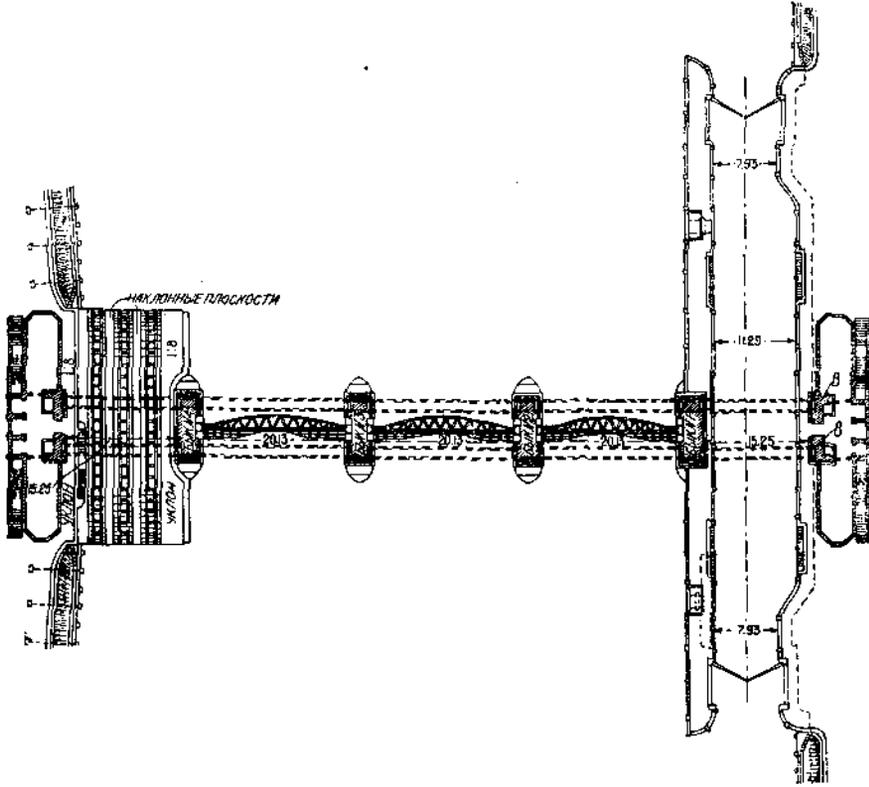
Фиг. 14.

на вертикальной оси, или из полотнища, вращаемого на горизонтальной оси и укладываемого для открытия шлюза или полушлюза на флютбет (фиг. 17 — шлюз у Северки на р. Москве).

Оси вращения ворот обычно располагают либо в плоскостях полотнищ, либо в непосредственной близости к ним и реже на значительном расстоянии от полотнищ.

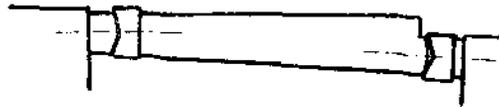
Ворота с горизонтальными осями, расположенными на большом расстоянии, называют сегментными (фиг. 18 — новый шлюз у Розенталя на Бреславльском обходном канале).

Если оси вращения расположены от полотнищ на бесконечно большом расстоянии, получают ворота откатные (фиг. 19 — шлюз у С. Питера на



Фиг. 15.

канале, соединяющем р. Маас с Льеж-Антверпенским каналом), подъемные *eg* (фиг. 10) и наконеч погружаемые в особые углубления Г или колодцы К, устроенные в фундаменте головы (фиг. 20 — шлюз у Кеокука на р. Миссисипи).



Фиг. 16.

Постоянные части образуют:

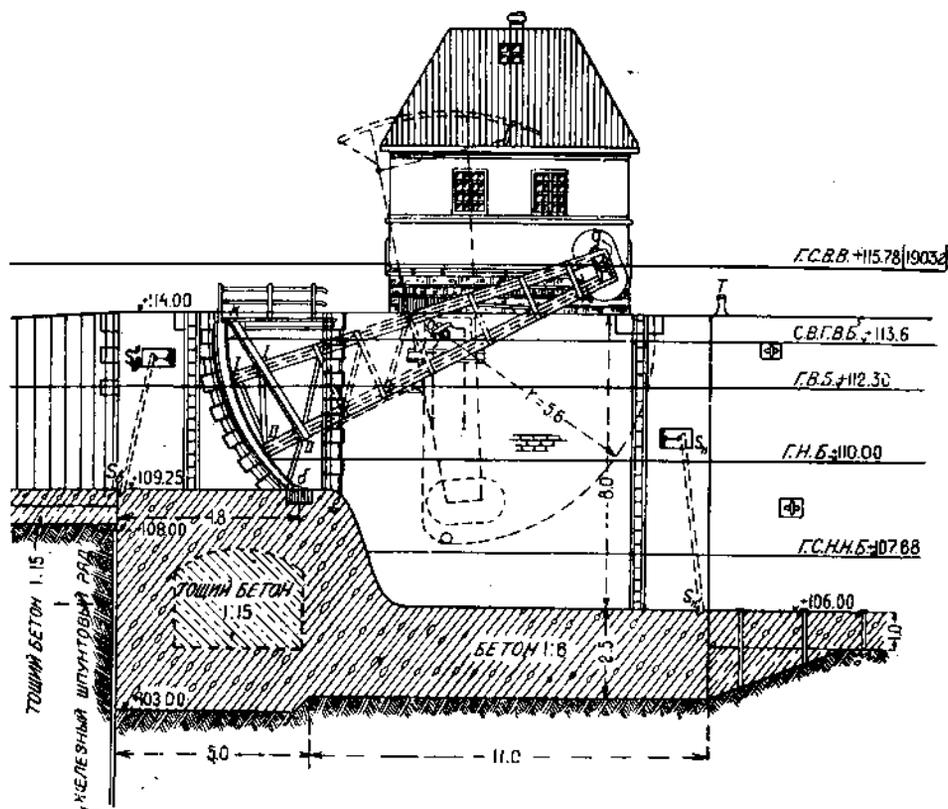
- из упорных частей, назначение которых заключается в восприятии давления от ворот и в передаче его на основание шлюза или полушлюза;
- из шкафных — служащих для помещения ворот в открытом положении;
- из входных — служащих для направления подвижного состава во время ввода и вывода из шлюза или во время проведения через полушлюз и для размещения преимущественно перед прочими частями различных принадлежностей того или другого, а в нижней голове для упора ворот;

пасом против толщины ворот, необходимым для свободного движения ворот и для размещения приспособлений, направляющих ворота во время движения.

Для помещения ворот в шкафных стенах устраивают ниши по большей части во всю высоту стен и реже лишь на высоту полотнищ ворот (шлюз у Белфелда на р. Маасе).

Глубину ниш для одно- и двуполотных ворот, вращаемых на вертикальных осях, берут несколько большей толщины ворот; этот запас глубины необходим для лучшего помещения ворот даже в случае попадания между ними и стенами посторонних предметов.

Длину ниш для веерных ворот и длину шкафных стен для сегментных ворот берут в зависимости от конструкции и размеров ворот и от направления их движения.



Фиг. 18.

Глубину ниш, считая по направлению перпендикулярному оси полушлюза или головы шлюза, для ворот, вращаемых на горизонтальных осях, берут несколько большей ширины той части их, которая служит для передачи давления на стены и для достижения необходимой водонепроницаемости закрытия шлюза или полушлюза, а глубину ниш для подъемных и погружаемых — также и для направления их движения.

Длину ниш, в которые отводят откатные ворота, берут несколько больше длины этих ворот.

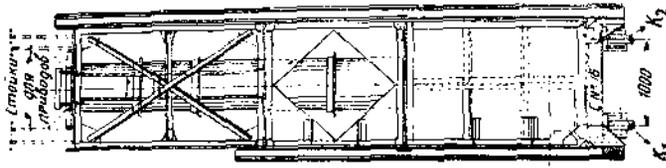
Если нишами пользуются для ремонта ворот, длину ниш увеличивают настолько, чтобы при входе в них можно было поставить особые ограждения, называемые ремонтными.

Длину входных частей назначают в зависимости от системы наполнения и опорожнения камеры шлюза, а также от типа и размеров принадлежностей шлюза или полушлюза (см. главу VII), к которым относятся главным образом следующие:

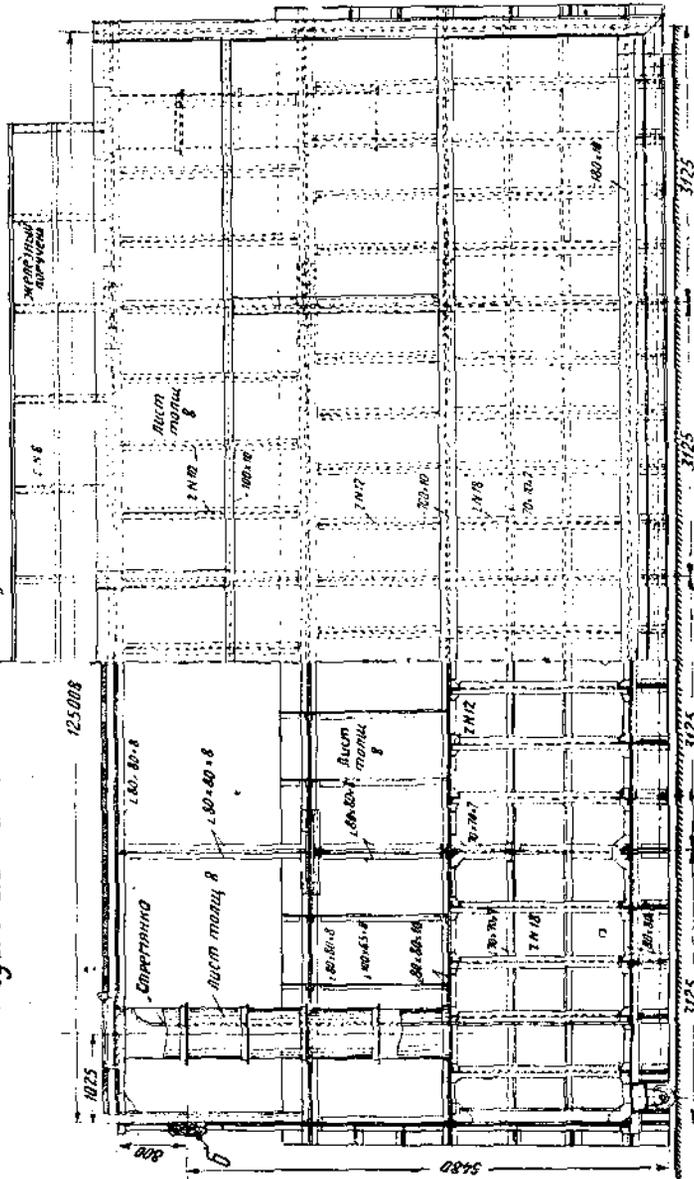
1) Предохранительные — служащие главным образом для предохранения шлюза от ударов подвижного состава. Их устраивают большей частью в шлюзах с интенсивным судоходством, как например в шлюзах, построенных на каналах, соединяющих великие американские озера с р. Св. Лаврентия, где не-

редки случаи повреждения стен и ворот подвижным составом и, как следствие этого, длительные перерывы навигации, потери воды верхнего бьефа и большие расходы по ремонту.

Вид с торцевой стороны



Вид с противоположной стороны



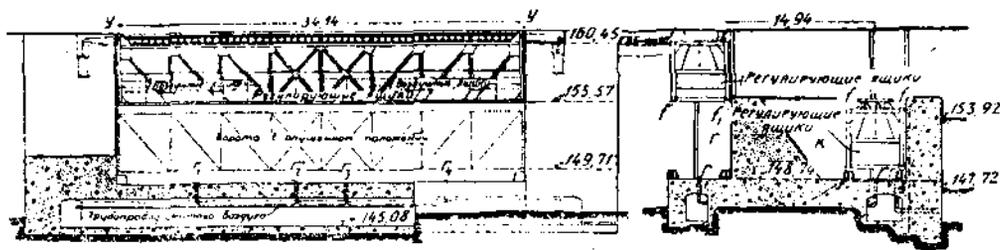
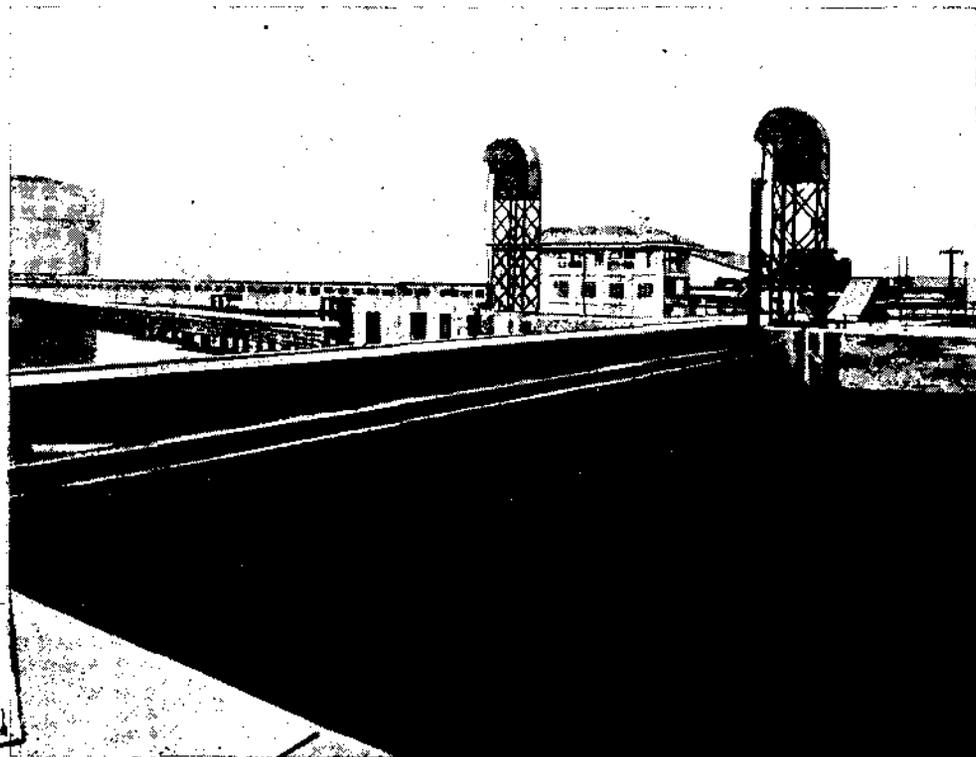
Фиг. 19.

111248

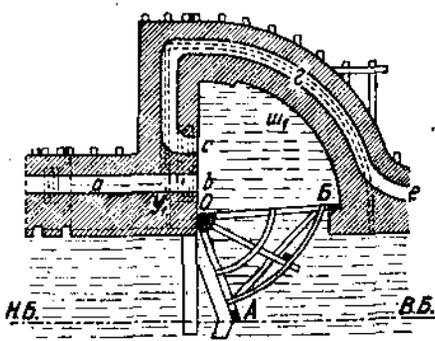
Такие заграждения образуют либо из ворот, располагаемых перед основными и открываемых и закрываемых в обычное время вместе с последними (фиг. 25 — третий шлюз на канале, обходящем пороги на р. Св. Марии в штате Мичиган САСШ), либо из различных механических приспособлений.

2) Ремонтные — служащие для ремонта шлюзов и полушлюзов или их отдельных частей. Эти принадлежности делают в виде разборчатых загражде-

1945



Фиг. 20.



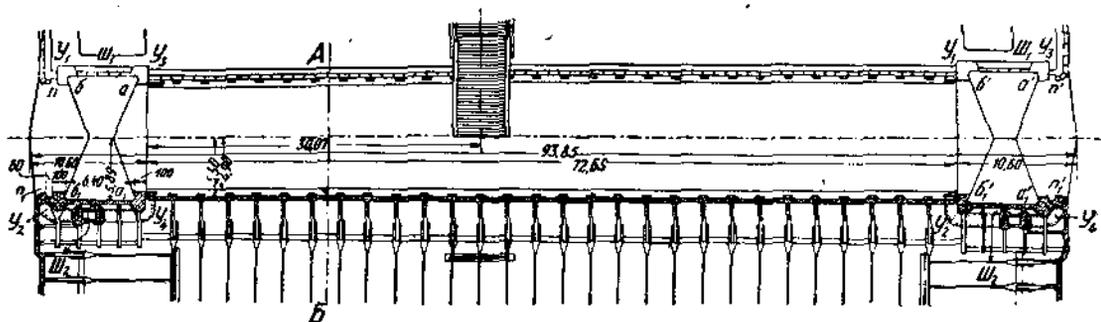
Фиг. 21.



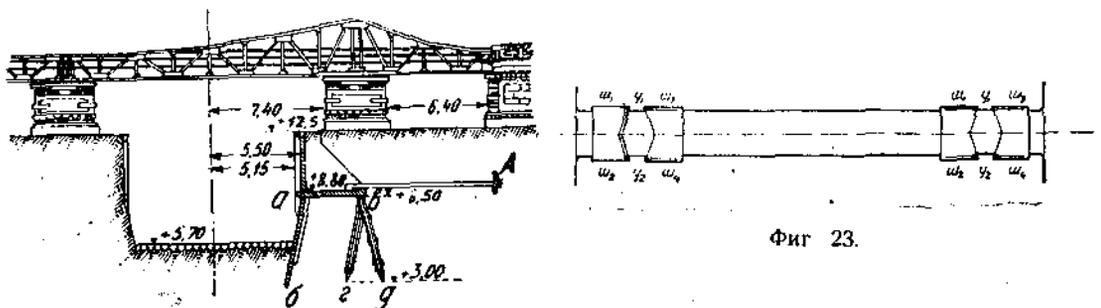
ний, которые опирают на стены и на фундамент между стенами. Для упора заграждений в стенах и фундаментах оставляют соответствующие пазы n, n_1, n' и n_1' (фиг. 22) или отверстия S , (фиг. 18), а для складывания некоторых частей их, например поворотных балок или ферм — особые ниши.

2 Курс внутр. водн. путей

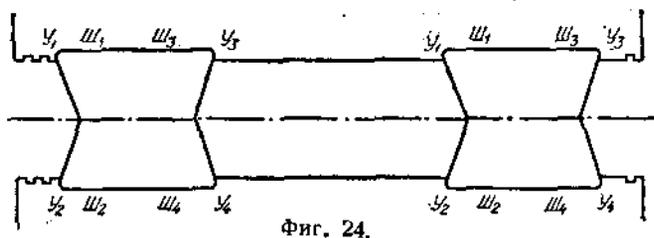
Такие же ограждения устраивают иногда внутри камер и голов или между головами и камерами $S_1 S_1'$ (фиг. 18), и тогда ими пользуются для ремонта как камер или голов, так и отдельных частей тех и других.



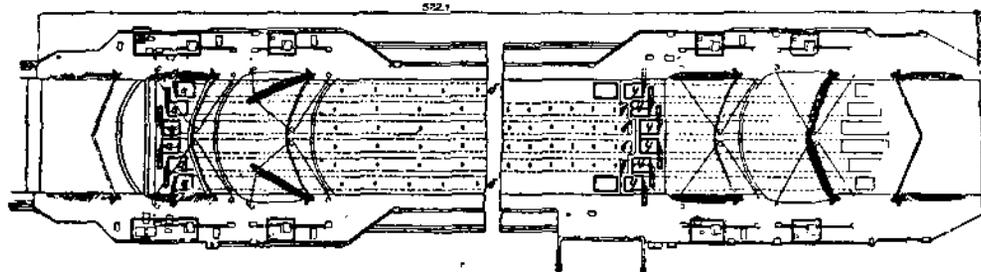
Фиг. 22.



Фиг. 23.



Фиг. 24.



Фиг. 25.

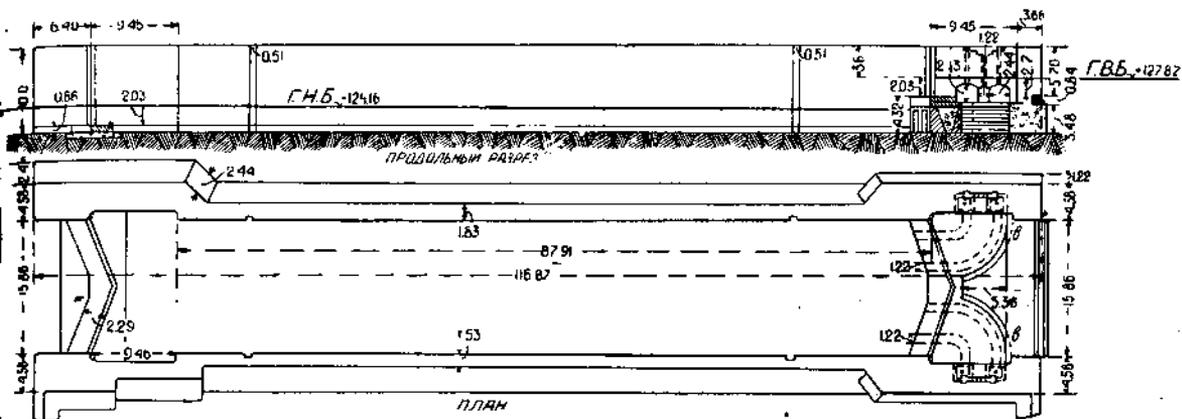
Если возле входных частей находятся какие-либо гидротехнические сооружения, например плотина или гидростанция, или если через входные части устроены мостовые переходы, то длину этих частей берут в зависимости от характера связи с этими сооружениями и от размеров последних.

Верхнюю часть фундаментов шлюзов и полушлюзов между боковыми стенами называют флютбетом; верхнюю поверхность ее закладывают в верхней голове либо на одном уровне с верхней поверхностью флютбета камеры, либо выше ее — и тогда переходную часть фундамента от верхней головы к камере образуют в виде ступени, называемой стенкой падения. Ее ограничивают со стороны камеры вертикальными или наклонными плоскостями.

Ту, выступающую в виде порога, часть флютбета головы, на которую передают давление воды от ворот непосредственно, называют королем.

Глубину воды над королем и в камере назначают, исходя из следующих соображений: во-первых, чтобы в шлюз мог быть введен подвижной состав с наименьшими затруднениями и наименьшей затратой времени и энергии, во-вторых, чтобы усилия на ввод и вывод по возможности не превышали усилия, необходимого для тяги между шлюзами, в-третьих, если в будущем потребуется пропускать подвижной состав более значительных размеров, чем раньше, то чтобы перестройка шлюза или полущлюза требовала возможно меньше издержек и была исполнена в кратчайший срок. Запас глубины под нижним ограничением подвижного состава до верхней поверхности королей назначают в зависимости от осадки первого и берут в пределах от 0,50 до 1,75 м; во всяком случае глубину воды над королями принимают не меньшей минимальной глубины воды в бьефах.

Если задать глубину над верхним и нижним королями шлюза наименьшей, то верхние поверхности их должны быть расположены на отметках, разность между которыми равна подпору шлюза при наименьших уровнях бьефов.



Фиг. 26.

В отношении верхних королей от такого расположения однако нередко делают отступления и закладывают их несколько ниже этого уровня и даже на одном уровне с верхней поверхностью нижнего короля.

Последнее расположение имеет ряд удобств для транспорта, позволяя в шлюзованных реках пропускать через шлюз подвижной состав как во время постройки и ремонта плотины, так и во время ее сборки после окончания прохода высоких вод, в тех случаях, когда последняя не может быть исполнена с достаточной быстротой. Кроме того оно дает возможность уменьшить длину верхних водопроводов, а если шлюзом пользуются для пропуска высоких вод, то позволяет избежать его повреждений во время протекания через него воды.

Флютбет в шкафных частях ворот, вращаемых на вертикальных осях, а также откатных и подъемных, закладывают ниже верхней поверхности королей. Такое расположение необходимо для того, чтобы ворота имели надлежащий упор в короли и чтобы случайно попадающие посторонние предметы не могли помешать их движению, а также чтобы сопротивление их движению было возможно меньшим. Обычно запас под нижней кромкой ворот в зависимости от их размеров берут от 0,20 до 0,50 м.

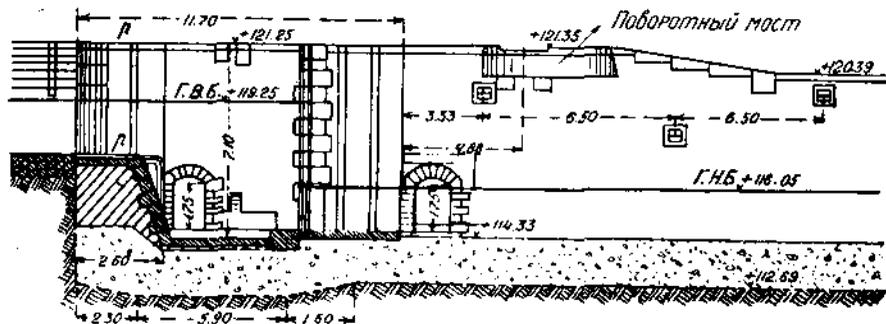
Флютбет в шкафных частях ворот, вращаемых на горизонтальных осях и укладываемых на него, располагают ниже верхней поверхности королей на толщину, не меньшую толщины ворот плюс запас от 0,1 до 0,3 м на возможное попадание посторонних предметов.

Флютбет углублений или колодцев, в которые опускают погружаемые ворота, устраивают на такой высоте, чтобы во время прохода подвижного состава последний не мог задевать за них даже в случае попадания в колодцы посторонних предметов.

В флютбетах шкафных частей верхних голов шлюзов нередко устраивают особые углубления, служащие для удержания наносов, влекомых водой верхнего бьефа. Подошвы этих углублений закладывают на уровне флютбета камеры, но в шлюзах, имеющих высокие стенки падения, располагают несколько выше этого уровня, определяя высотное положение подошв в зависимости от количества наносов, которые могут откладываться. Форму этих углублений в плане берут обычно близкой к прямоугольной, реже к треугольной, с основанием *ва* (фиг. 26 — шлюз у Галлатина на р. Кумберленд в штате Тенесси САСШ) на флютбете входной части и с криволинейными боковыми сторонами.

Такие углубления, называемые ловильными, или у нас на р. Москве ящиками для сбора наносов, устраивают иногда и в шкафных частях нижней головы.

Флютбет во входных частях закладывают либо на уровне шкафных частей, либо на уровне верхней поверхности королей. Если верхняя поверхность верхнего короля заложена ниже дна верхнего подхода, флютбет закладывают иногда выше верхней поверхности короля, располагая примерно на уровне дна подхода (фиг. 14 и 27 — шлюз у Миндена на р. Фульде в Германии). Такое расположение дает возможность уменьшить количество земляных работ по прорытию верхнего бьефа, а также высоту предохранительных и ремонтных заграждений *pp*.



Фиг. 27.

Верхнюю поверхность стен шлюзов и полушлюзов располагают примерно на 0,4—1 м выше наиболее высокого подпорного горизонта. Ее располагают иногда и на большей высоте, которую определяют тогда в зависимости от высоты бортов подвижного состава.

В однокамерных шлюзах эту поверхность располагают либо на одной и той же высоте на всем протяжении шлюзов (фиг. 14 и 26), либо со спуском к бечевнику нижнего бьефа, устраиваемым лишь в пределах нижних входных стен. В ступенчатых шлюзах такие спуски устраивают в нижней голове и во всех камерах кроме верхней. Переходы от одного уровня к другому делают, в зависимости от способа проводки подвижного состава через шлюзы, либо в виде лестниц, либо в виде наклонных площадок, реже либо в виде вертикальных плоскостей, или близких к вертикальным (фиг. 11), высоту которых берут равной высоте переходов.

В верхних головах незатопляемых шлюзов верхнюю поверхность стен поднимают выше самого высокого горизонта лишь в тех местах, в которых устраивают заграждения, предохраняющие шлюзы от высоких вод.

Стены нередко повышают в тех местах, в которых через шлюз или полушлюз устраивают мосты (фиг. 27). Пролетное строение этих мостов, если они сделаны неподвижными, располагают на такой высоте, чтобы под ними мог свободно проходить надводный габарит подвижного состава и габарит тяговых приспособлений, служащих для проводки состава либо по всему водному пути, либо только через шлюз.

В шахтных шлюзах, благодаря наличию в нижних головах поперечных ограничений камер, мосты располагают на конструкциях, входящих в состав этих ограничений.

Г Л А В А II

НАПОЛНЕНИЕ И ОПОРОЖНЕНИЕ ШЛЮЗОВ. СБЕРЕГАТЕЛЬНЫЕ БАССЕЙНЫ

§ 3. Наполнение и опорожнение шлюзов

Наполнение и опорожнение камер шлюзов производят либо через клинкетные отверстия в воротах, либо через водопроводные галлерей, либо, если конструкция ворот такова, что их можно открывать под действующим на них напором, то через отверстия, образующиеся при постепенном открытии ворот.

Время наполнения и опорожнения определяют следующим образом.

Если предположить: 1) что лицевые поверхности камерных стен имеют одинаковый наклон (фиг. 28), определяемый отношением заложений откосов к их высотам, равным n , 2) что щиты, закрывающие отверстия, расположены под водой и 3) что открытие их происходит мгновенно, расход воды q во время наполнения камеры в единицу времени выразится по формуле:

$$q = \mu w \sqrt{2gx}, \quad (2)$$

где:

μ — коэффициент расхода, определяемый в зависимости от гидравлических сопротивлений, встречаемых водой во время ее протекания. Для предварительных подсчетов он может быть принят по указаниям Энгельса для отверстий в воротах в пределах от 0,6 до 0,8; для коротких водопроводных галлерей от 0,5 до 0,7 и для длинных, устраиваемых во всю длину камеры, — 0,4,

w — общая площадь поперечных сечений водопроводных отверстий,

g — ускорение силы тяжести = $9,81 \text{ м/сек}^2$,

x — переменная разница горизонтов воды верхнего бьефа и камеры, уменьшающаяся во время наполнения от величины h — подпора шлюза до нуля и возрастающая во время опорожнения от нуля до h .

Расход за время dt_1 , где t_1 — время наполнения, равен

$$dq = \mu w \sqrt{2gx} dt_1. \quad (3)$$

Обозначая через:

Ω_{cp} — среднее по высоте шлюза горизонтальное сечение его в нижней шкафной части,

a — ширину флютбета камеры,

l — длину его,

h_n — высоту постоянного слоя воды в камере,

тот же расход выразится следующим образом:

$$dq = - [\Omega_{cp} + al + 2nl(h + h_n - x)] dx, \quad (4)$$

тогда:

$$dt_1 = - \frac{[\Omega_{cp} + al + 2nl(h + h_n - x)] dx}{\mu w \sqrt{2gx}}. \quad (5)$$

Интегрируя левую часть уравнения (5) в пределах от 0 до t_1 и правую в пределах от h до 0, получаем:

$$t_1 = \frac{\Omega_{cp} + al + 2nl \left(\frac{2}{3}h + h_n \right)}{\mu w} \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (6)$$

Подобным же образом для опорожнения:

$$dt_2 = \frac{[\Omega_{cp} + al + 2nl(h + h_n - x)] dx}{\mu w \sqrt{2g(h-x)}}, \quad (7)$$

где t_2 — время опорожнения.

Интегрируя левую часть в пределах от 0 до t_2 и правую в пределах от 0 до h , получаем:

$$t_2 = \frac{\Omega_{cp} + al + 2nl \left(\frac{1}{3}h + h_n \right)}{\mu w} \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (8)$$

Отсюда видно, что если лицевые поверхности камерных стен сделаны наклонными, время наполнения больше времени опорожнения.

В случае вертикальных лицевых поверхностей стен камер $n = 0$, и тогда

$$t_1 = t_2 = \frac{\Omega}{\mu w} \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad (9)$$

где $\Omega = \Omega_{cp} + al$.

Если отверстия не могут быть открыты немедленно, то применяя для наполнения шлюзов с вертикальными лицевыми поверхностями формулу (5) получаем следующую зависимость:

$$\mu w dt'_1 = - \frac{\Omega dx}{\sqrt{2gx}}, \quad (10)$$

Предположив, что открытие отверстий совершается с постоянной скоростью, можно допустить:

$$w = kt'_1 \quad (11)$$

тогда:

$$\mu kt'_1 dt'_1 = - \frac{\Omega dx}{\sqrt{2gx}}, \quad (12)$$

откуда после интегрирования

$$\frac{\mu k'^2}{2} = \frac{2\Omega}{\sqrt{2g}} \left(\sqrt{h} - \sqrt{x'_0} \right) \quad (13)$$

и

$$x'_0 = \left[\sqrt{h} - \frac{\mu \sqrt{2gk t_1'^2}}{4\Omega} \right]^2. \quad (14)$$

Из выражения (14) можно определить x' , соответствующее времени окончательного открытия отверстий t'_1 и, зная его, определить время, необходимое для окончательного наполнения шлюза по формуле:

$$t''_1 = \frac{\Omega}{\mu w} \sqrt{\frac{2x'_0}{g}}, \quad (15)$$

складывая t'_1 и t''_1 , можно получить t_1 время наполнения камеры шлюза. Аналогичным образом можно определить и время опорожнения t_2 .

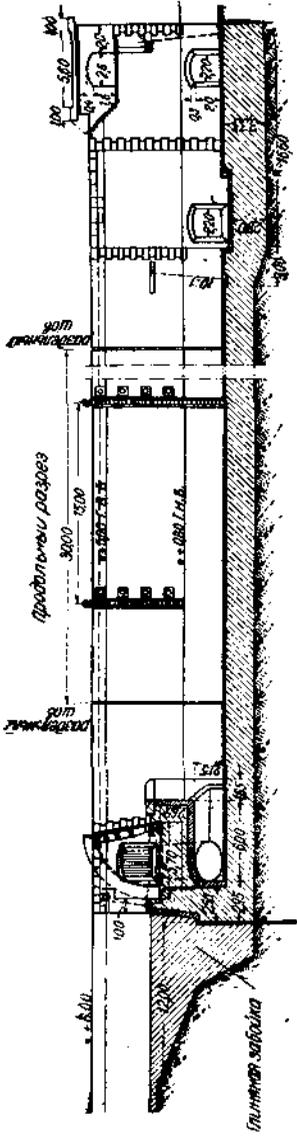
В действительности, вследствие неравномерности открытия отверстий и возможных отклонений μ от указанных выше величин, определенные таким образом значения t_1 и t_2 следует считать лишь приближительными.

Время наполнения и опорожнения обычно определяют в зависимости от заданной пропускной способности шлюза и даже лучше от предполагаемой после переустройства его в будущем, а также от пропускной способности прочих шлюзов, находящихся на том же водном пути, на котором строят шлюз, и кроме того от наибольшей скорости вертикального перемещения подвижного состава во время шлюзования, которую не допускают большей 0,05 м в секунду.

Если хотят уменьшить t_1 и t_2 возможно более, отверстия в воротах и сечения водопроводов делают возможно большими и принимают меры к уменьшению гидравлических сопротивлений во время протекания воды.

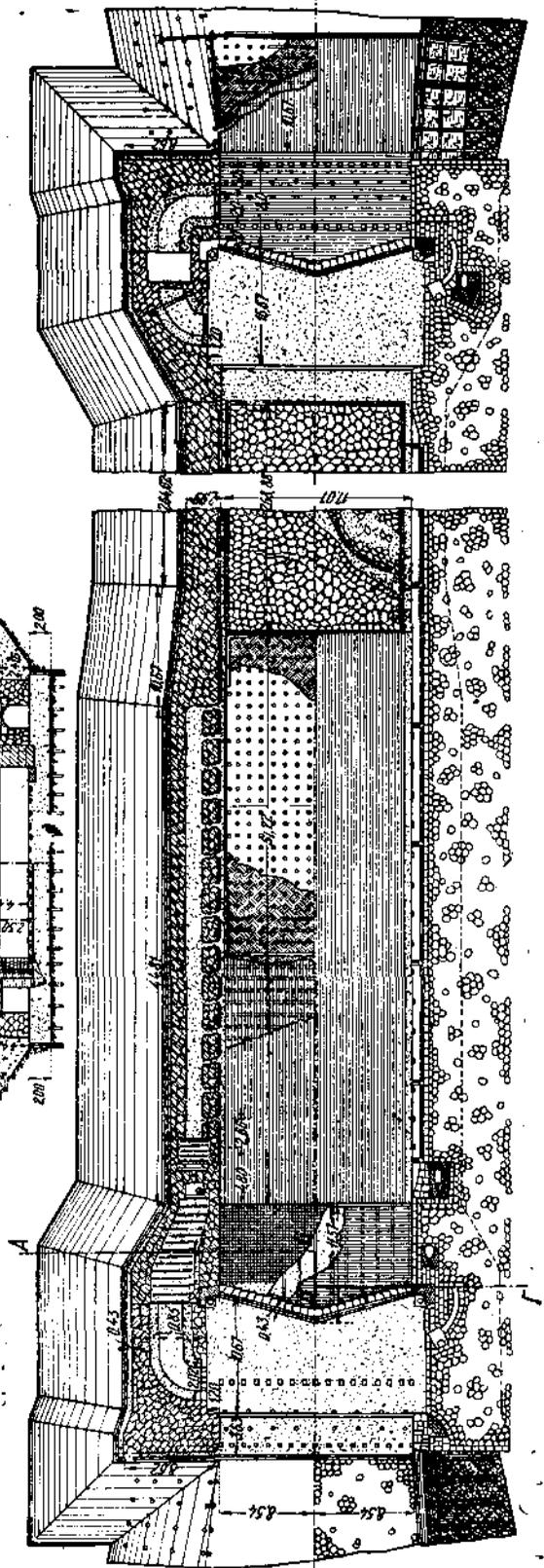
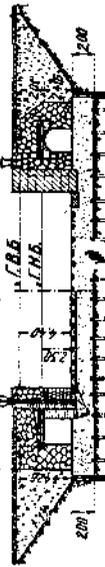
Для достижения более спокойного шлюзования подвижного состава водопроводы устраивают предпочтительно в постоянных частях в обход королей (фиг. 6) и располагают по большей части в обеих стенах; значительно реже их устраивают в одной; первое расположение более удобно, чем второе, так как благодаря столкновению вытекающих струй дает более спокойное шлюзование, и кроме того позволяет в случае порчи одного водопровода пользоваться другим, остающимся исправным.

В верхних головах шлюзов со стенками падения, допускающими размещение водопроводов в стенках, водопроводы, в числе двух и даже, как иногда делают в американских шлюзах, в числе четырех (фиг. 26), устраивают в стенках



Фиг. 29.

Разрез по А-Б

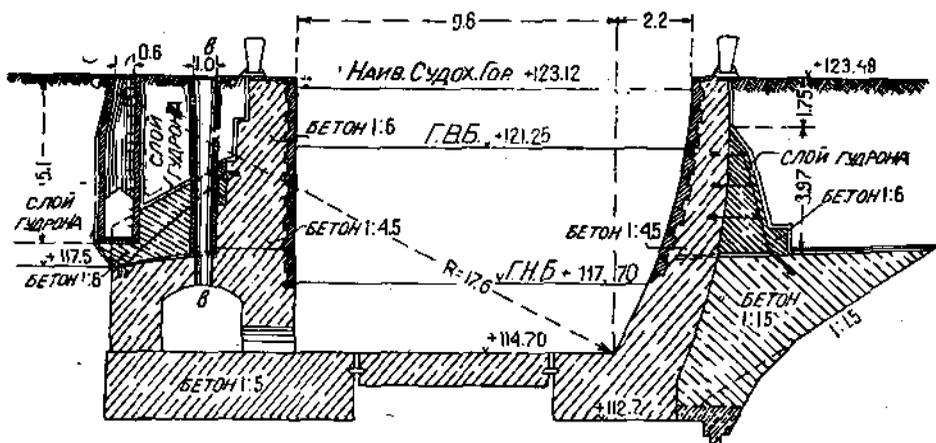


и притом один независимо от другого, и каждый из них закрывают отдельным щитом. Большое количество водопроводов в случае порчи некоторых из них позволяет наполнять камеру посредством остальных.

В этих случаях водопроводы выводят из шкафных стен либо непосредственно в камеру (фиг. 26), либо сначала в поперечную галерею под флютбетом шкафной части и затем в камеру (фиг. 29 — шлюз у Ольденбурга на канале, соединяющем р. Эмс с р. Хунте в Германии).

Для достижения несколько более спокойного шлюзования водопроводы устраивают в шлюзах не только в обход ворот, но и на всем протяжении боковых стен, и соединяют с камерами посредством коротких поперечных каналов, сумму площадей поперечных сечений которых берут возможно большей: примерно в 1,5 раза и даже до 2,5 раза больше площади поперечных сечений продольных галерей, при этом как наполнение, так и опорожнение производят предпочтительно через одни и те же поперечные каналы.

Наличие продольных галерей имеет то удобство, что позволяет пользоваться ими, кроме наполнения и опорожнения камер, для пропуска воды к гидросиловым установкам, устраиваемым иногда в шлюзах, а также для пропуска излишней воды верхнего бьефа в нижний, однако устройство их стоит неде-



Фиг. 31.

шево и не всегда возможно по местным условиям, тогда их проводят не на всем протяжении камер, а лишь примерно на протяжении от 1:2,5 до 1:7,5 длины последних (фиг. 30—новые шлюзы на р. Шексне).

В шлюзах, сооружаемых либо в скальных грунтах, либо в очень застроенной местности, а также в тех случаях, когда одну из боковых стен делают облегченного типа, например в виде укрепленного откоса, ограничиваются лишь одним продольным водопроводом *а* (фиг. 31—шлюз у Яновица на р. Одере). Такое расположение, хотя и позволяет освободить от приводных механизмов щитов одну из стен, однако оказывается неудобным для шлюзования подвижного состава, так как последний может наваливаться на стены.

Если такие водопроводы применяют в параллельных шлюзах, то их располагают в промежуточных стенах, при этом ими пользуются не только для наполнения и опорожнения обеих камер, но и для переливания воды из одной камеры в другую.

В американских речных шлюзах наполнение и опорожнение нередко производят через поперечные галереи, устраиваемые в речных стенах, при этом галереи, служащие для наполнения, располагают выше примыкающих к шлюзам плотин, а галереи для опорожнения — ниже последних.

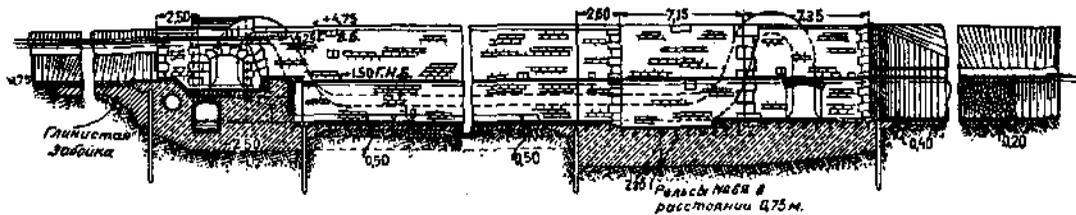
Там же получил распространение и другой способ наполнения и опорожнения посредством так называемых донных водопроводов *а**б*—*а**б* (фиг. 25), которые располагают под флютбетом шлюзов и сообщают с камерами посредством вертикальных каналов.

Водопроводы этого типа устраивают продольными и поперечными: первые выводят либо из шкафной части *а*—*а* (фиг. 25) верхней головы, либо из особой поперечной галереи *П*₁*П*₂*Г* (фиг. 32— шлюз у Волховской гидроэлектростанции), располагаемой ниже шкафной части, вторые выводят из продольных галерей,

располагаемых в стенах, входы в которые делают либо в шкафной части, либо таким же образом, как сделано в шлюзе, показанном на фиг. 32 (см. также 4 на фиг. 33—шлюз у Кеокука на р. Миссисипи).

Донные продольные водопроводы у нас применены также в шлюзе у Днепровской гидроэлектростанции (фиг. 34).

В отличие от продольных водопроводов, устраиваемых в стенах, опорожнение посредством донных производят либо через особые галереи, служащие на значительном протяжении также и для наполнения, либо через особые галереи,



Фиг. 35.

отдельные от галерей для наполнения; во втором случае входные устья у—у (фиг. 25) галерей для опорожнения располагают либо во флютбете камеры вблизи нижней головы, либо в нижней шкафной части, а самые галереи выводят в нижний бьеф либо через боковые стены, либо через фундамент нижней головы (фиг. 25).

Система наполнения и опорожнения посредством донных водопроводов была применена главным образом в шлюзах, построенных на скальных грунтах, и оказалась достаточно удовлетворительной в отношении спокойствия шлюзования подвижного состава.

В некоторых германских шлюзах, например в построенных на Эльба-Травском канале (фиг. 35—шлюз у Круммесе) и на канале, соединяющем р. Одер с р. Шпрее, Тельтовском и Средне-Германском, а также в нижнем шлюзе у Освего на Эрийском водном пути, наполнение и опорожнение камер сделано посредством продольных водопроводов с поперечными каналами $k_1—k_6$ (фиг. 36), устроенных по системе инж. Готоппа. Эта система в отличие от описанных выше заключается в том, что оба продольных водопровода в обеих головах изогнуты в виде сифонов.

Нижние части перегибов o и $и$ сифонов, называемые порогами, расположены несколько выше горизонта верхнего бьефа и водопроводы оставлены не закрытыми щитами.

Для пуска в ход сифонов устроены так называемые всасывающие резервуары B , по одному на каждой стене шлюза или один на весь шлюз. Резервуары посредством каналов $г$ с затворами $з$ сообщаются с верхним бьефом и посредством труб $Р$ со щитами $щ$ — с нижним;

посредством труб $г_1$ и $г_2$ с клапанами $к_о$ и $к_и$ они сообщаются с сифонами верхней и нижней голов, которые в свою очередь посредством труб $г'_1$ и $г'_2$ с клапанами $к'_о$ и $к'_и$ могут быть соединяемы с наружным воздухом.

Перед началом работы шлюза, открывая затворы $з$ и клапаны $к_о$ и $к'_о$ или $з, к_и$ и $к'_и$, наполняют резервуары водой верхнего бьефа, затем, закрывая те же затворы и клапаны и открывая щиты $щ$, сообщают резервуары с нижним бьефом; вследствие этого в них образуется вакуум.

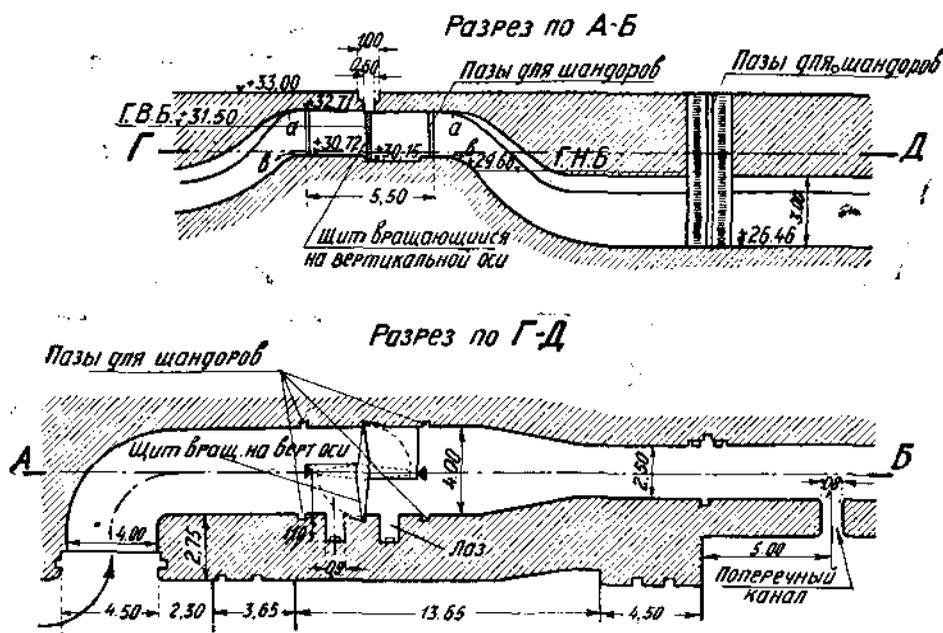
Вакуум используют для пуска в ход сифонов; для этой цели, закрывая клапаны $к'_о$, открывают клапаны $к_о$ на трубах $г_1$, соединяют верхнюю часть резервуаров

с сифонами верхней головы и разрежают воздух в сифонах, тогда вода из резервуаров вытекает в нижний бьеф, и сифоны приходят в действие, заставляя воду верхнего бьефа поступать в камеру шлюза. В это время клапаны k_n' остаются открытыми, а сифоны нижней головы находятся в соединении с наружным воздухом.

Во время протекания воды сифонами верхней головы она захватывает воздух, находящийся в трубах r_1 и в резервуарах, и вновь восстанавливает прежний вакуум, вследствие чего в резервуары по трубам R поступает вода из нижнего бьефа.

После окончания наполнения камеры закрывают клапаны k_n и открывают k_n' , впускают воздух в сифоны верхней головы и прекращают их действие.

Для опорожнения камеры закрывают клапаны k_n' и открывают k_n , тогда воздух, находящийся в сифонах нижней головы, разрежается, сифоны начинают работать, камера опоражнивается, и резервуары по трубам R вновь наполняются водой нижнего бьефа. Во время опорожнения клапаны k_n' остаются открытыми.



Фиг. 37.

После окончания опорожнения камеры закрывают клапаны k_n и открывают k_n' , вследствие этого в сифоны нижней головы поступает воздух и прекращает их действие.

Сифонам дают обычно прямоугольные сечения, которые для усиления всасывающего действия сужают сверху примерно на 40—50%.

Всасывающие резервуары располагают между горизонтами верхнего и нижнего бьефов по возможности ближе к горизонту первого и наполняют водой верхнего бьефа весьма редко: кроме начала работы шлюза лишь после длительных перерывов в его работе или же в случае повреждения стенок и труб.

Сифонная система наполнения и опорожнения оказалась несложной по устройству, экономичной в эксплуатации, удобной в отношении скорости наполнения и опорожнения и отсутствия потерь воды вследствие фильтраций, неизбежных в случае применения щитов, а также удобной в отношении возможности осмотра ее механических частей. Тем не менее она имеет ограниченный круг распространения, так как не может быть применена в тех случаях, когда горизонт верхнего бьефа подвергается значительным колебаниям, для шлюзов, преодолевающих незначительные подпоры, когда размещение резервуаров становится невозможным, а также для шлюзов, преодолевающих подпоры большие 8 м.

Сифонная система наполнения и опорожнения может быть устроена без всасывающих резервуаров, но со щитами, закрывающими водопроводные галереи. В таком виде она была осуществлена в 1906 г. ниж. Люно в новом шлюзе у Аблона на р. Сене (фиг. 37).

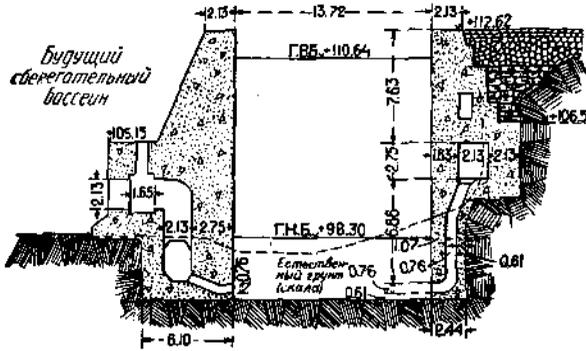
Она состоит из изогнутых водопроводов, закрытых поворотными щитами. Пороги в водопроводах расположены ниже горизонта верхнего бьефа. После открытия щитов вода поступает в водопроводы, захватывает находящийся в них воздух, заполняет все их сечение и заставляет работать как сифоны.

Система ниж. Люно, по сравнению с системой наполнения и опорожнения обычными водопроводами, представляет удобства в том отношении, что позволяет применять щиты несколько более легкие, чем те, которые применяют обычно для этих водопроводов.

Двусторонние галереи различных систем располагают в плане и в продольном профиле по большей части симметрично относительно оси шлюза, реже несимметрично. Несимметричное расположение применяют: 1) в камерах,

имеющих несимметричные очертания в плане, 2) в стенах, различающихся между собой по конструкции, 3) в шлюзах, построенных частично в скальных грунтах или в очень стесненных местах, например застроенных зданиями, и наконец 4) в головах шлюзов, закрываемых откатными воротами.

Примером несимметричного расположения может служить расположение галерей в шлюзе у Литль-Фола на Эрийском водном пути, одна из стен которого построена в скальном грунте (фиг. 38), и водопровод в ней работает в конце опорожнения как сифон.



Фиг. 38.

Водопроводные галереи устраивают в продольном профиле большей частью прямолинейными и горизонтальными. Если приходится делать в них вертикальные или наклонные переходы, последние делают плавными, а внутренние поверхности возможно более гладкими.

Поперечные сечения галерей, устраиваемых в стенах, делают весьма различными. Их следовало бы выбирать круглыми, как имеющими наименьший периметр при заданной площади и, следовательно, наибольшую пропускную способность; однако для продольных водопроводов предпочитают применять сечения, более развитые в высоту, чем в ширину, для поперечных же каналов, наоборот, более развитые в ширину, чем в высоту. Сечения ограничивают с боков прямыми линиями, а сверху и снизу различными кривыми, кроме того для продольных галерей применяют и более сложные, как-то: эллиптические, овоидальные (фиг. 39) и состоящие из сочетаний прямых и кривых линий.

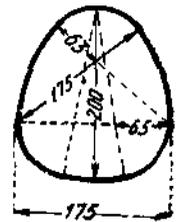
Поперечные сечения продольных донных водопроводов берут по большей части прямоугольные с закруглениями углов, а также круглые, сечения же поперечных донных — круглые или близкие к круглым, при этом, чтобы не увеличивать толщину фундамента камеры, более развитыми в ширину, чем в высоту.

Сечения продольных водопроводов, служащих только для наполнения, иногда уменьшают к нижней голове и по концам снабжают смотровыми колодцами.

В местах расположения щитов сечения дают уширения, которые однако не должны вызывать большого сопротивления протекания воды, и следовательно должны обеспечивать возможно большую пропускную способность водопроводов.

Входным отверстиям водопроводов дают размеры большие (примерно в 1,25—1,50 раза), чем сечения самих водопроводов, и располагают возможно ниже. Такое расположение необходимо делать с той целью, чтобы в начале переливания воды ею не захватывался воздух, который мог бы задерживаться в водопроводах и нарушать их правильное действие.

Входные отверстия водопроводов в верхней голове располагают либо в скальных стенах (фиг. 27) с лицевой стороны, либо во входных с лицевой (фиг. 32) или с фасадной (фиг. 40—Мюлендамский шлюз на р. Шпрее в Берлине) стороны, в последнем случае, в зависимости от очертания стен в плане, отверстия

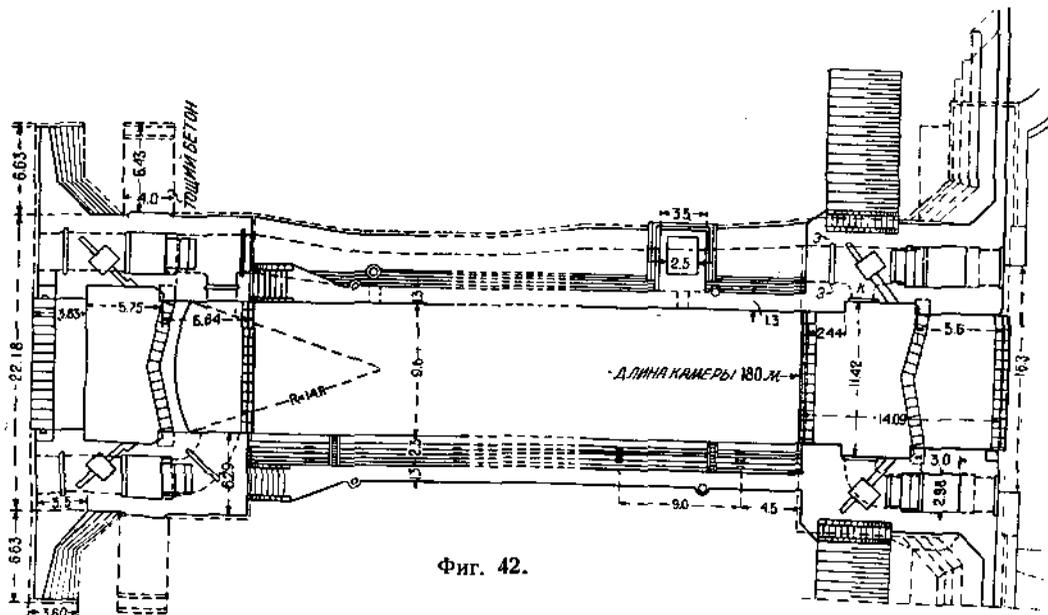


Фиг. 39.

Выходные отверстия поперечных каналов, соединяющих продольные галереи с камерой, располагают по большей части на равных расстояниях друг от друга, и в противоположных стенах — одно отверстие против другого, реже их располагают в шахматном порядке (фиг. 8).

Входные отверстия водопроводов в нижней голове устраивают в шкафной части нижних ворот, а если их несколько (фиг. 25), то либо в шкафной части ворот, ближайших к камере, либо даже в конце камеры и размещают в зависимости от типа нижних ворот.

Выходные отверстия водопроводов в нижних головах располагают во входных стенах обычно с лицевой стороны (фиг. 10), реже с фасадной; последнее расположение однако недостаточно удобно, так как вызывает в нижнем подходе продольные течения, беспокоящие подвижной состав во время стоян-



Фиг. 42.

ки перед шлюзом, но оно оказывается неизбежным, если приходится периодически промывать нижние подходы; в таком случае подвижной состав зачаливают в некотором отдалении от шлюза. Подобно выходным их устраивают иногда с несколькими устьями (фиг. 32 и 41 — шлюз у Аугст-Вилена на р. Рейне).

Желая использовать, применительно к местным условиям, положительные стороны различных систем наполнения и опорожнения и различных расположений входных отверстий, а также для ускорения наполнения и опорожнения, описанные системы нередко применяют в различных сочетаниях.

Например в шлюзе у Волховской гидростанции (фиг. 32) для наполнения устроены, кроме донных галерей, еще галереи в стенке падения в обход ворот.

Водопроводы закрывают щитами, которых берут по одному, в редких случаях — по два на один водопровод или на одно устье; щиты располагают обычно симметрично относительно оси шлюза. Если водопроводы расположены несимметрично или если площадь для постройки шлюза мала, щиты располагают также и несимметрично (фиг. 40 — нижняя голова).

Положение щитов относительно устьев зависит от того, находятся ли они в стенах или во флютбетках; в первом случае щиты располагают в некотором отдалении от устьев, а во втором — по большей части непосредственно возле устьев.

Располагая щиты в отдалении от устьев, оказывается возможным не ограничиваться одним щитом, но применять два и более; второе расположение позволяет в случае порчи одного щита пользоваться другим. Расположение щитов в отдалении от устьев позволяет кроме того устраивать перед щитами предохранительные и ремонтные заграждения *ав — ав* (фиг. 37).

Для удаления из водопроводных галлерей воздуха, который может быть захвачен водой во время быстрого открытия щитов, устраивают вентиляционные шахты *вв* (фиг. 31 и 41), которые выводят либо на верхнюю поверхность стен, либо на их лицевые поверхности (шлюз у Белфелда на р. Маасе).

Если вода бьефов включает насосы, которые могут засорять шлюз или входы в него, то посредством открытия щитов оказывается возможным промывать камеру, и входы; для промывания же только шкафных частей нижней головы и отчасти камеры в шкафных стенах могут быть устроены поперечные каналы *к* (фиг. 42 — шлюз у Олау на р. Одере); по этим каналам вода после установки заграждений *зз* и после открытия нижних щитов вытекает в нижний бьеф и увлекает за собой отложившиеся наносы.

Для уменьшения расхода воды на промывание площади поперечных сечений таких каналов берут меньшими площадями поперечных сечений соответствующих продольных галлерей.

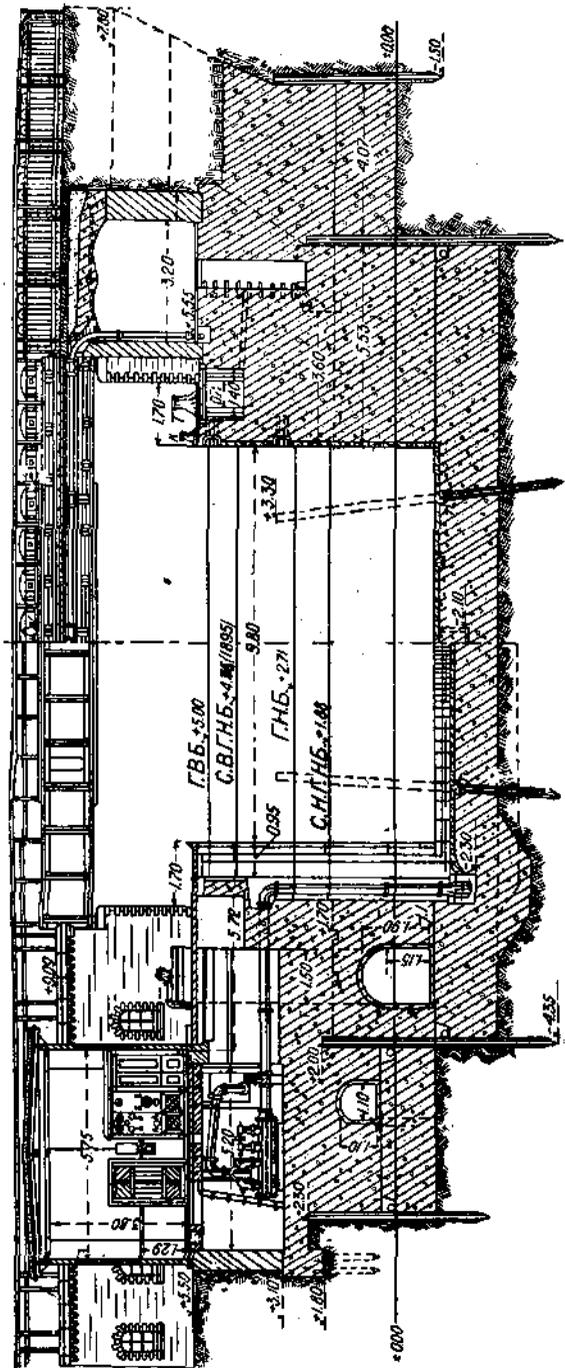
Иногда для той же цели в стенах и фундаментах укладывают чугунные трубы, причем для промывания более глубоких шкафов, например шкафов откатных ворот и отдельных углублений в стенах, трубы прокладывают независимо от водопроводов.

В предохранительных полушлюзах, устраиваемых в каналах для предварительного наполнения последних, также устраивают галереи и отверстия в воротах, но весьма небольших размеров.

Кроме описанных галлерей в стенах и фундаментах устраивают и другие галереи, служащие для различных целей, как-то: для пропуска излишней воды верхнего бьефа в нижний; для подвода ее к гидравлическим двигателям, устраиваемым в шлюзе; для всасывающих и нагнетательных труб насосных установок, служащих для опорожнения шлюза на случай ремонта (фиг. 43 — второй шлюз у Керсдорфа на канале, соединяющем р. Одер с р. Шпрее); для перекачивания воды из нижнего бьефа в верхний; для прокладки дренажных и иных труб; для управления самодействующими воротами (см. § 22) и т. п.

Эти галереи устраивают либо независимо от водопроводов, служащих для наполнения и опорожнения, либо, как было упомянуто на стр. 24, в некоторых случаях совмещают с ними либо на всем их протяжении, либо на отдельных участках.

Водопроводы и прочие галереи для освидетельствования их действия снабжают смотровыми колодцами, закрываемыми для прохода по верхней поверхности шлюза или полушлюза и для предотвращения затекания в них воды и попадания посторонних предметов съемными или поворачиваемыми дверцами.

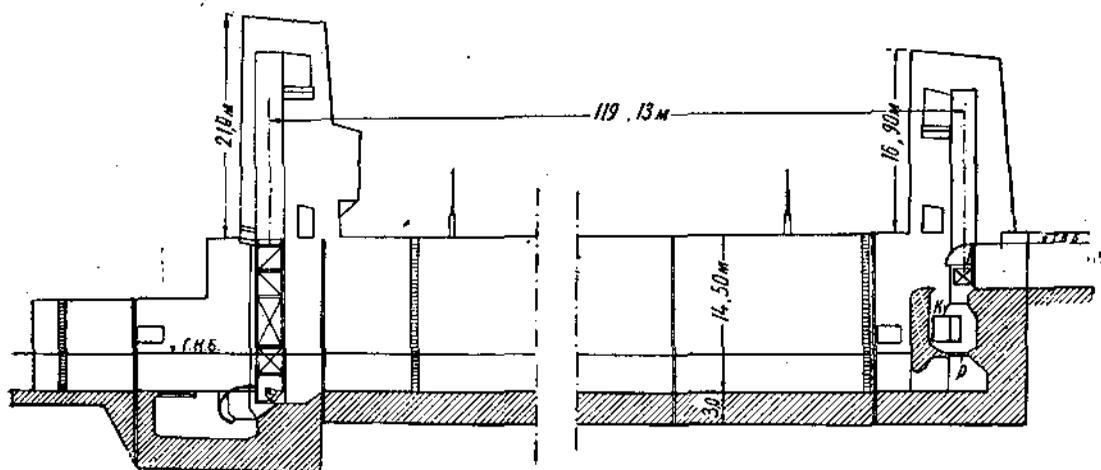


Фиг. 43.

Так как устройство водопроводов и щитов увеличивает стоимость постоянных частей шлюза, то в последнее время стремления техники были направлены к тому, чтобы как наполнение, так и опорожнение производить без помощи водопроводов.

По опытам, произведенным в 1911 и 1912 гг. проф. Креем в Берлинской гидротехнической и судоипытательной лаборатории для выяснения возможности наиболее спокойного наполнения и опорожнения камер, выяснилось следующее обстоятельство: если щиты, закрывающие водопроводы, открывать очень медленно, то даже, когда выходные отверстия водопроводов устроены в стенках падения и притом почти во всю ширину камер, во время наполнения не замечается сколько-нибудь значительных течений, которые могли бы беспокоить подвижной состав во время шлюзования.

Это обстоятельство навело на мысль, что наполнение и опорожнение можно производить посредством открытия ворот, которые в таком случае должны иметь такое устройство, чтобы, во-первых, их можно было открывать под действующим на них напором, поднимая над коромом, и, во-вторых, чтобы посредством надлежащим образом размеренного их подъема можно было управлять течением воды во время наполнения и опорожнения камеры.



Фиг. 44.

Этим требованиям в достаточной степени удовлетворяют сегментные ворота (фиг. 18), сконструированные впервые в 1921 г. для Розентальского шлюза.

Если шлюзом преодолевают значительное падение, то пропуск воды по стенке падения связан с появлением в камере значительных течений и с беспокойством для шлюзуемого подвижного состава, поэтому в построенном в 1927 г. шлюзе у Ляденбурга на р. Неккаре наполнение было устроено в виде опыта через особые галереи в стенке падения.

Для этой цели непосредственно ниже ворот в стенке была устроена камера K_1 (фиг. 44), в которой вытекающая при подъеме ворот вода приходит во вращательное движение, поглощающее ее энергию, и затем через решетку p , также поглощающую ее энергию, но вместе с тем и вращательное движение, поступает в камеру с умеренной скоростью.

Опыт эксплуатации этого шлюза показал достаточную целесообразность такого устройства.

В последнее время на основании опытов, произведенных в Делфтской гидротехнической лаборатории, в шлюзе у Боошефелда на р. Маассе в Голландии конструкция этих водопроводов, как показано на фиг. 45, была несколько упрощена.

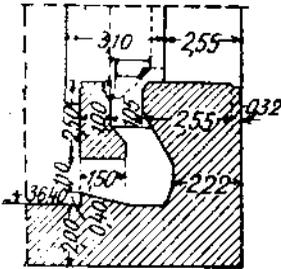
Так как в широких шлюзах, а также преодолевающих большие падения, открытие ворот под действующим на них напором может встречать значительные затруднения, то в построенных за последнее время таких шлюзах наполнение было сделано через отверстия в воротах. Эти отверстия были закрыты щитами, а для

уменьшения скорости протекающей воды были устроены либо такие же приспособления, какие устроены в Ляденбургском шлюзе (фиг. 44), либо несколько от них отличающиеся.

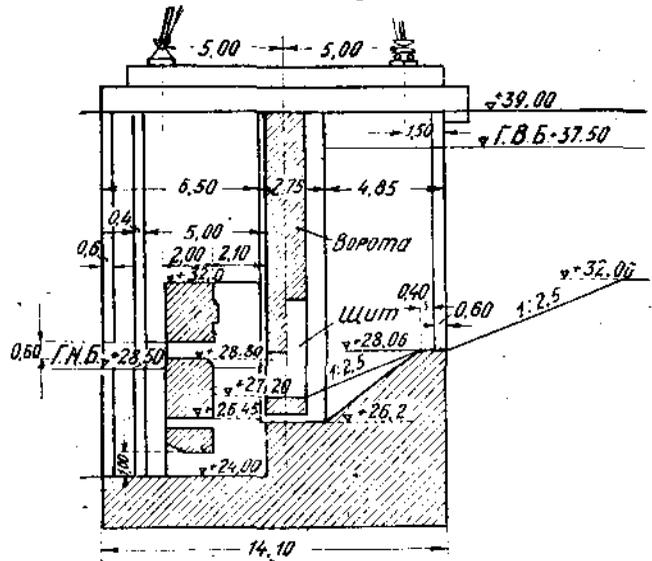
Последние были применены в виде опыта в 1929 и 1930 гг. в шести шлюзах на Везель-Датгеленском канале и сделаны из горизонтальных балок (фиг. 46—шлюз у Дорстена), расположенных одна от другой на различных расстояниях по высоте.

Количество балок в разных шлюзах было принято неодинаковым и колебалось от одной до трех. Количество, взаимное расположение и размеры этих балок были выбраны с таким расчетом, чтобы посредством ударов струй в балки и между собой можно было достигнуть наибольшего уменьшения скорости протекающей воды.

Аналогичные по идее устройства были применены и для опорожнения камер; для этой цели к нижним воротам со стороны нижнего бьефа были прикреплены криволинейные щиты (фиг. 44), а во флюгбетах входных частей устро-



Фиг. 45.



Фиг. 46.

ены водобойные колодцы. Щиты и колодцы предназначены для сообщения вытекающей из камеры воде вращательного движения, которое должно поглощать ее энергию. Это движение в нижнем бьефе превращается в поступательное, однако обладающее столь незначительной скоростью, что не причиняет беспокойства подвижному составу, ожидающему в нижнем бьефе очереди шлюзования.

Формы и размеры конструкций, уменьшающих скорость течения воды, были установлены посредством испытания их на моделях в гидротехнических лабораториях и затем исходя из условий прочности этих конструкций.

§ 4. Сберегательные бассейны. Принципы расчета. Их расположение и очертания

Если водный путь, на котором сооружают шлюз, имеет незначительные запасы воды, которые можно расходовать на шлюзование, а также, если наполнение шлюза влечет за собой недопустимое для плавания подвижного состава понижение горизонта воды в верхнем бьефе, то, чтобы пропустить через шлюз заданный грузооборот и поддержать уровень воды в бьефе на требуемой высоте, объем сливной призмы шлюза уменьшают, устраивая возле него особые бассейны, называемые сберегательными (фиг. 47—шлюз у Нидерфина на Берлин-Штеттинском водном пути). Когда приходится опорожнять камеру, в эти бассейны (фиг. 48—шлюз у Панхила на канале, соединяющем Вессем с Недервергом в Голландии), через особые водопроводы, соединенные с камерой, впускают часть сливной призмы. Когда камеру приходится наполнять, воду из этих бассейнов выпускают обратно в камеру.

Положим, переменный объем воды (фиг. 49) в камере шлюза разбит на $n + 1$ слоев, имеющих высоты h_1, h_2, \dots, h_n и h_{n+1} и соответственно объемы v_1, v_2, \dots, v_n и v_{n+1}

$$V = v_1 + v_2 + \dots + v_n + v_{n+1} \quad (16)$$

Пусть n первых слоев воды, начиная с верхнего, выпущены в n сберегательных бассейнов. Бассейны расположены таким образом, что уровень воды в них после наполнения находится ниже уровня воды в камере после выпуска из нее объемов воды, предназначенных для наполнения соответствующих бассейнов, на величины x_1, x_2, \dots, x_n , называемые конечными напорами при наполнении этих бассейнов; тогда в n бассейнах окажется объем воды:

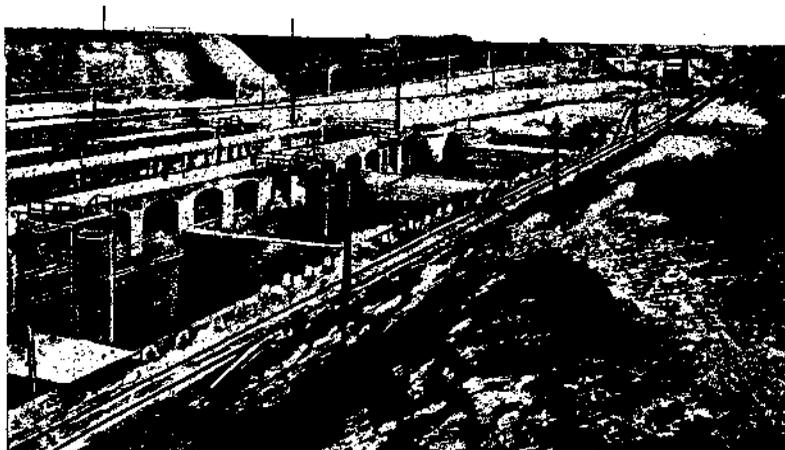
$$v_1 + v_2 + \dots + v_n.$$

Затем в нижний бьеф выпускают объем

$$V - (v_1 + v_2 + \dots + v_n),$$

равный v_{n+1} , после чего подвижной состав выводят из камеры.

Обратно во время прохода подвижного состава в верхний бьеф, после закрытия за ним нижних ворот, из бассейнов выпускают в камеру последовательно находящиеся в них объемы v_1, v_2, \dots, v_n .



Фиг. 47.

Обычно полы бассейнов располагают таким образом, что верхние поверхности их находятся выше горизонтов воды в камере после выпуска в нее воды из соответствующих бассейнов на величины y_1, y_2, \dots, y_n , называемые конечными напорами при опорожнении тех же бассейнов.

После выпуска воды из бассейнов из верхнего бьефа в камеру выпускают объем воды

$$V - (v_1 + v_2 + \dots + v_n)$$

равный v_0 , и подвижной состав выводят в верхний бьеф.

Из изложенного следует, что при правильном действии бассейнов:

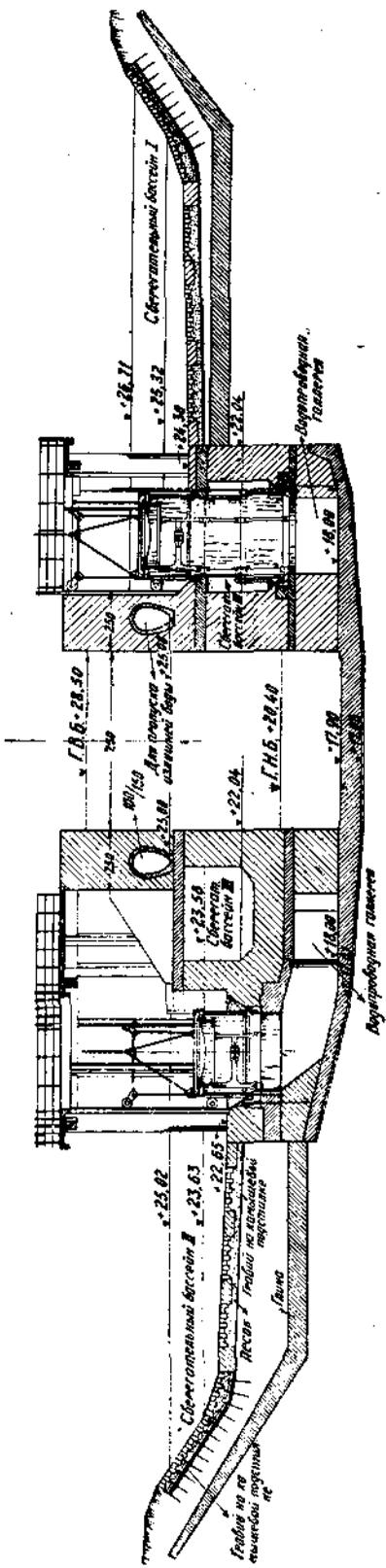
$$v_{n+1} = v_0. \quad (17)$$

Отношение v_0 , называемого уменьшенной сливной призмой шлюза к V равно α , называется коэффициентом действия сберегательных бассейнов.

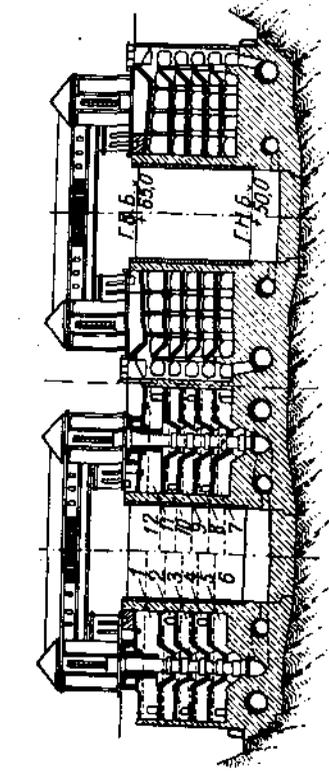
Наименьшее количество последовательных переливаний или ступеней сберегательных бассейнов, которыми можно достигнуть заданного сбережения, определяется неравенством:

$$n > \frac{1-\alpha}{\alpha}, \quad (18)$$

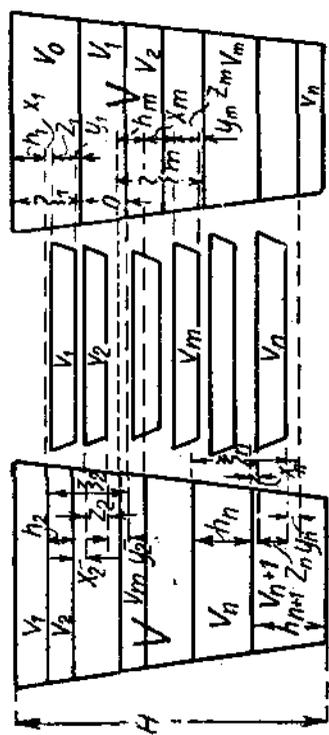
где n — искомое число ступеней.



Фиг. 48.



Фиг. 50.



Фиг. 49.

Для шлюза с отвесными камерными стенами сумма приблизительно средних по высоте площадей всех бассейнов, имеющих откосные стенки, $\sum \omega_i$, проф. Пузыревским была определена следующим выражением:

$$\sum \omega_i = \frac{n(1-a)\Omega}{(na+a-1) - \frac{\sum x_i}{H} - \frac{\sum y_i}{H}}, \quad (19)$$

где: Ω — площадь горизонтального сечения шлюза от верхних ворот до нижних,

$i = 1, 2, 3 \dots n$.

Прочие обозначения прежние.

Из выражения (19) видно, что общая площадь сберегательных бассейнов уменьшается как с увеличением числа ступеней, так и с уменьшением конечных напоров при наполнении и опорожнении; однако следует иметь в виду, что уменьшение общей площади бассейнов путем увеличения числа ступеней имеет недостаток, заключающийся в том, что влечет за собой увеличение протяжения боковых стенок бассейнов и количества затворов, закрывающих водопроводные отверстия.

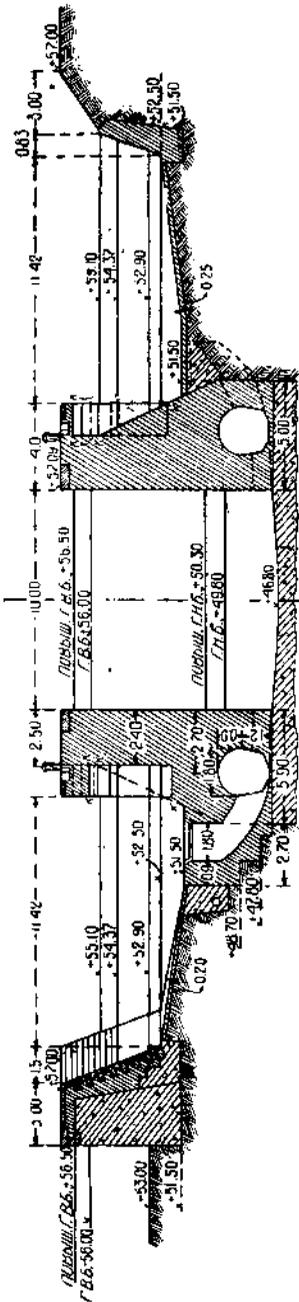
Что касается величин ω_i , то в существующих шлюзах ее берут большей частью в пределах от Ω до 2Ω .

Сберегательные бассейны обычно располагают непосредственно у самого шлюза по одной или по обеим (фиг. 10, 47 и 48) сторонам его. В последнем случае для устранения поперечных течений в камере ступени предпочитают делать минимум из двух бассейнов, располагаемых один по одну сторону шлюза и другой — по другую.

Имея на каждой стороне шлюза достаточно места для размещения бассейнов, бассейны располагают один возле другого, при этом бассейны разных ступеней, естественно, на разных уровнях (фиг. 10), в случае же отсутствия достаточно места некоторые из них, например III и III' (фиг. 48), или даже все размещают в стенах. В последнем случае бассейны располагают один над другим и каждый из них закрывают вышележащим, а верхний — крышей (фиг. 50 — шлюз Гинденбурга у Андертена на Средне-Германском канале).

Бассейнам дают в плане очертания, большей частью близкие к прямоугольным или трапециoidalным, вытянутым в сторону камеры (фиг. 10), в примыканиях же к головам шлюзов дают и более сложные.

Бассейны ограничивают со всех сторон либо стенами (фиг. 51 — второй шлюз у Мюнстера на Дортмунд-Эмском канале), либо обделкой откосов (фиг. 48). Стенам, в случае недостатка места, дают



Фиг. 51.

со стороны бассейнов либо вертикальные очертания, либо близкие к вертикальным (фиг. 51), в прочих случаях — наклонные, обделку же применяют для удешевления бассейнов. Стены и обделку возвышают примерно на 0,5—1,0 м над самыми высокими горизонтами воды в бассейнах. Поверху тем и другим дают возможно меньшую ширину.

Ограничения бассейнов снизу (полы) называют ф л ю т б е т а м и, их устраивают большей частью с наклонами к отверстиям водопроводных галлерей. Последние вы-

водят либо из галлерей наполнения шлюза (фиг. 51), либо непосредственно из камер и дают очертания изогнутые в продольном профиле, каждую из них закрывают отдельным щитом.

Принцип сифона также иногда применяют.

Галлерей нескольких бассейнов располагают обычно возможно ближе одна к другой; такое расположение дает возможность с большим удобством и затратой меньших средств сосредоточить управление закрывающими их щитами в одном месте, чем когда галлерей расположены дальше одна от другой.

В параллельных шлюзах сберегательными бассейнами для одной из камер могут служить прочие камеры; для переливания воды камеры их соединяют между собой поперечными водопроводами. Такие водопроводы устроены например в стенах АА₁ и ВВ₁ четырехкамерного шлюза у Шлиссельбурга (фиг. 7), в парных шлюзах у Кляйн-Махнова на Тельтовском канале и у Фюрстенберга на канале, соединяющем р. Одер с р. Шпрее. В этих шлюзах, например в старых шлюзах у Фюрстенберга, устраивают также сберегательные бассейны, которыми пользуются для сбережения воды в одной или в обеих камерах.

Во избежание переполнения бассейнов от случайных причин в стенах, ограничивающих последние, устраивают водосливы (шлюз у Андертена), через которые излишняя вода стекает в нижний бьеф.

Такие же водосливы применяют иногда в некоторых из камер ступенчатых шлюзов (например в шлюзе у Днепровской гидростанции).

ГЛАВА III

ПОСТОЯННЫЕ ЧАСТИ ШЛЮЗОВ И ПОЛУШЛЮЗОВ

§ 5. Принципы устройства. Главнейшие типы

К постоянным частям шлюзов и полушлюзов — к их стенам и фундаментам предъявляют следующие требования: они должны быть водонепроницаемыми, прочными и должны сохранять неизменность положения возможно долее, они должны быть образованы таким образом, чтобы возведение и, в случае необходимости, ремонт и даже переустройство их могли быть произведены в кратчайший срок и с минимальными затруднениями, и вообще, чтобы были соблюдены не только все интересы транспорта, но по возможности иных отраслей водопользования и прочих отраслей народного хозяйства, связанных с ними. Наконец они должны быть сделаны таким образом, чтобы расходы по сооружению шлюза или полушлюза и по последующей эксплуатации того и другого, а также по возможному в будущем переустройству были наименьшими.

Размеры, очертания и конструкция их зависят:

а) От пропускной способности водного пути, размеров и очертаний подвижного состава, способа и порядка проводки его через шлюз или полушлюз.

При значительной пропускной способности водного пути, при значительных размерах подвижного состава и при частых шлюзованиях размеры постоянных частей должны быть большими и конструкция их более солидной, чем при меньшей пропускной способности, меньших размерах подвижного состава и при редких шлюзованиях. Способ проводки оказывает влияние на стены шлюза и полушлюза, по которым должны быть проложены тяговые устройства и на которых должны быть расположены принадлежности того или другого.

б) От условий геологических, гидрологических, гидрогеологических и топографических.

В твердых грунтах, залегающих на высоте постоянных частей, эти последние либо могут отсутствовать, либо могут быть значительно упрощены; наоборот, если шлюзы или полушлюзы возводят в грунтах менее твердых, то может потребоваться устройство массивных стен и глубокое заложение фундаментов, в достаточной степени обеспеченных от подъемов.

Положение горизонтов поверхностных и грунтовых вод оказывает непосредственное влияние не только на размеры стен и фундаментов, но и на

их очертания: например, если шлюз или полушлюз поддерживает двусторонний подпор очертания постоянных частей должны соответствовать возможности устройства ворот и щитов, работающих на действие подпора с двух сторон.

Наличие течений, наносов и льда также, естественно, не остается без влияния на постоянные части. Оно выражается в том, что стенам и фундаментам приходится либо давать размеры, очертания и конструкцию, допускающие например свободный пропуск воды или льда, либо их защищать посредством предохранительных устройств от возможных повреждений, а флютбеты входов предохранять от уменьшения заданной глубины на них.

Присутствие в воде солей или микроорганизмов отражается на конструкции постоянных частей главным образом в отношении выбора для их сооружения того или иного материала.

в) От типов подвижных частей, как-то: ворот и щитов, приводов тех и других, и от оборудования различными принадлежностями.

Типы подвижных частей оказывают влияние не только на очертания постоянных частей, но и на их размеры и конструкцию, так например, если шлюз или полушлюз оборудован двусторонними воротами, вращаемыми на вертикальных осях, передающими поперечные силы на стены, последние приходится делать более массивными, чем в том случае, когда он оборудован воротами, поперечных сил не передающими; для других типов ворот, как например для сегментных и подъемных, приходится делать надстройки, а для откатных и погружаемых и отчасти для сегментных—углубления или ниши.

г) От местных особенностей, заключающихся в проведении возле шлюзов или полушлюзов, либо через них, водотоков или средств сообщения и связи, или в нахождении вблизи их каких-либо инженерных сооружений, например: мостов, туннелей, промышленных предприятий, гражданских зданий, фортификационных сооружений, а также в наличии в прилегающих водах рыбного хозяйства.

д) От размеров материальных ресурсов и от способа производства работ по сооружению шлюза или полушлюза.

В частности размеры, очертания и конструкция постоянных частей только шлюзов зависят:

а) От запасов воды, имеющейся для шлюзования, и от системы наполнения и опорожнения камеры.

Количество воды, имеющейся для шлюзования, оказывает влияние на очертания лицевых поверхностей стен и может делать необходимым устройство у шлюза сберегательных бассейнов; что же касается системы наполнения и опорожнения, то расположение и типы водопроводов в стенах и фундаментах естественно оказывают непосредственное влияние на размеры и конструкцию последних.

б) От особых потребностей водного транспорта, заключающихся, например, в необходимости производства грузовых операций у шлюза или в использовании его в качестве сухого дока, как это может потребоваться например во время военных действий.

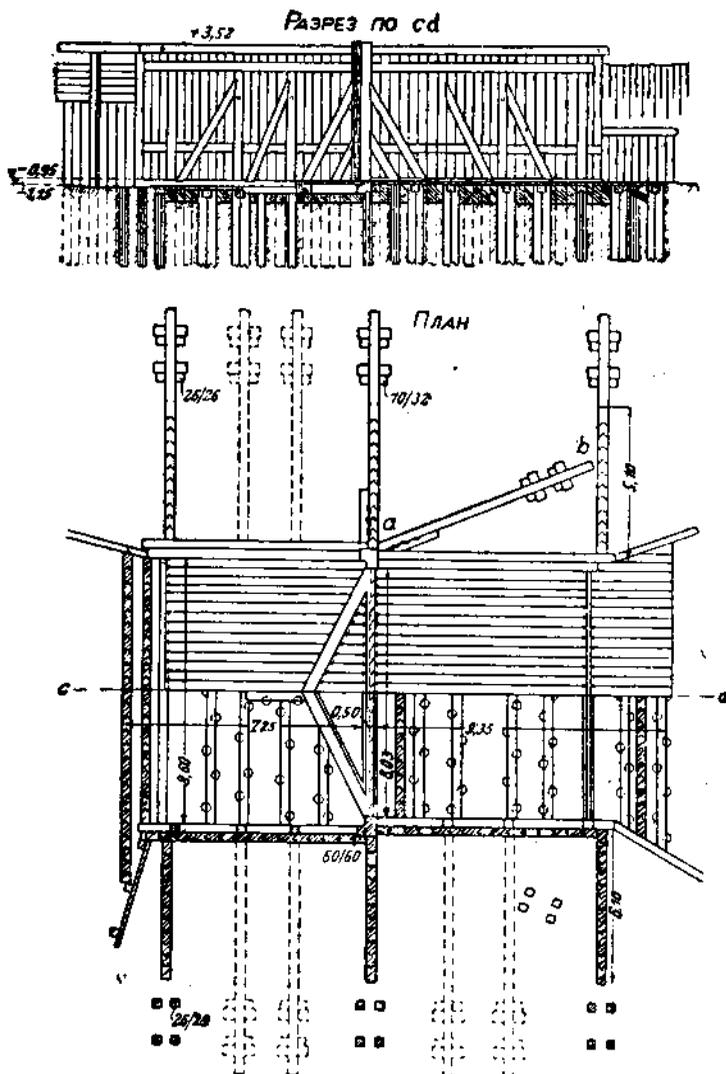
Переходя к рассмотрению типов постоянных частей шлюзов и полушлюзов, в отношении первых необходимо прежде всего отметить различие в работе постоянных частей голов от работы тех же частей в камерах.

Стены голов и стены камер, необходимые для образований ограничений шлюзов и полушлюзов с боков, представляют собой в грунтах, неспособных держаться достаточно крутыми откосами, подпорные стены. Они подвергаются, кроме нагрузки от собственного веса, береговые—с лицевой стороны давлением воды, а со стороны берега давлению засыпки и проникающей в нее фильтрационной воды, речные и промежуточные стены параллельных шлюзов, а также стены, примыкающие к сберегательным бассейнам, с обеих сторон—давлению воды. Кроме того, как те, так и другие могут подвергаться действию временной нагрузки, например от приспособлений, служащих для проводки подвижного состава, от прохода толпы, от мостов и проч.

Вместе с тем некоторые стены голов подвергаются действию сил, которым стены камер либо не подвергаются совершенно, либо подвергаются в очень редких случаях; к таким стенам относятся упорные, воспринимающие давление от ворот, и входные, воспринимающие давление от принадлежностей, указан-

ных на стр. 15—17, а также от случайных сил, как-то: от действия волн, ударов проводимого подвижного состава, напора льда и т. п. и, наоборот, стены камер подвергаются действию сил, которым стены голов подвергаются очень редко. К таким силам относятся часто и быстро сменяющиеся давления воды со стороны камер.

Эти обстоятельства естественно оказывают непосредственное влияние на различие в очертаниях стен. Оно выразится в том, что стены голов, а также и стены полушлюзов устраивают с лицевой стороны по большей части вертикальными, стены же камер выше горизонта нижнего бьефа с той же стороны



Фиг. 52.

устанавливают не только вертикальными, но и наклонными. Вертикальными их устанавливают в тех случаях, когда запасы воды, имеющейся на шлюзовании, незначительны, или когда необходимо уменьшить время шлюзования подвижного состава.

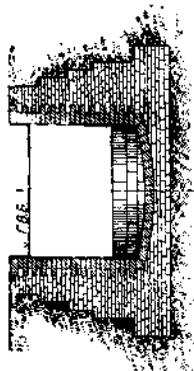
Что касается фундаментов голов и камер, находящихся в одних и тех же грунтовых условиях, то различие их работы является как следствие передачи на них различных нагрузок от воды и от боковых стен и действия фильтрационной воды, просачивающейся в основание, а также как следствие передачи на первые давления от подвижных частей и от упомянутых выше принадлежностей, которому последние подвергаются в меньшей степени.

Учитывая эти обстоятельства, постоянные части голов и камер нередко делают не только различными в отношении очертаний лицевых и прочих поверхностей, но различными в конструктивном отношении и даже совершенно независимыми друг от друга. Последнее обстоятельство может представлять, между прочим, некоторые удобства как во время постройки шлюза, так и в случае ремонта и переустройства его в будущем.

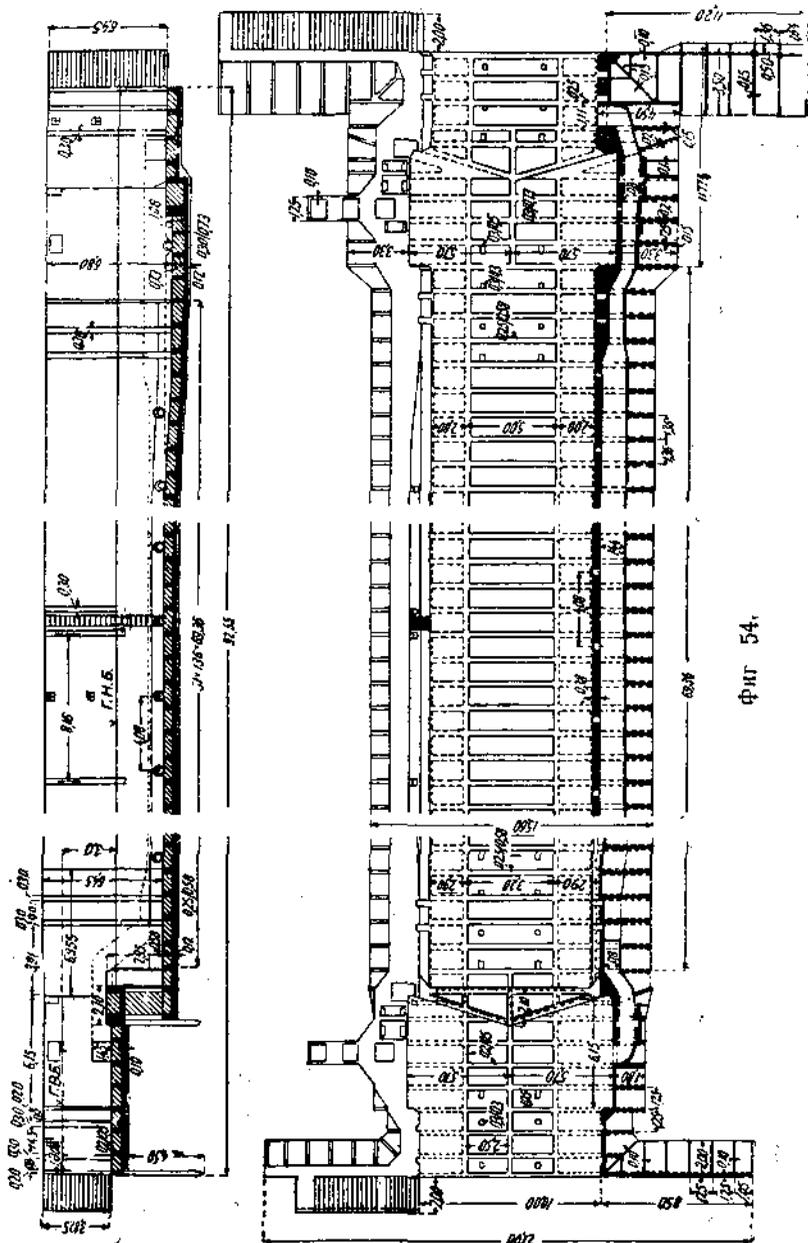
Стены и фундаменты по преимущественному применению в них главнейших материалов разделяют на:

- 1) деревянные,
- 2) каменные: из тесового и бутового камня или различных сортов искусственных камней,
- 3) бетонные: из жесткого, пластичного или литого бетона,
- 4) железобетонные,
- 5) металлические,
- 6) простейшие и смешанные.

Деревянные получили особое распространение в странах, богатых дешевым лесным материалом, преимущественно у нас. Их устраивают в грунтах,



Фиг. 53.



Фиг. 54.

допускающих забивку свай, из заборчатых или ряжевых стен и свайных фундаментов, в грунтах же, недопускающих забивки, для удобного ремонта верхних частей стен, — из ряжевых стен и либо из ряжевых фундаментов, либо даже без фундаментов, но с простейшей обделкой флютбетов.

Примером современных деревянных шлюзов могут служить новые шлюзы Северо-Двинской системы (фиг. 14).

Деревянные шлюзы и полушлюзы, построенные за границей, относятся к устаревшим типам; стены их делают там большей частью в виде заборчатых конструкций, состоящих из стоек, пространство между которыми забирают досками (фиг. 52 — шлюз у Бранденбурга на р. Гавеле).

Каменные шлюзы и полушлюзы в прежнее время были в большом распространении, но в настоящее время их применяют очень редко. Их строили из камня или из кирпича, причем фундаменты в камерах главным образом английских и французских шлюзов образовывали в виде сводов (фиг. 53—шлюзы на Рейн-Марнском канале), а в итальянских делали плоскими.

Бетонные стены и фундаменты являются, наоборот, новейшими и в настоящее время наиболее распространенными. Современная техника позволяет выполнять из бетона стены и фундаменты весьма быстро и экономично, применяя укладку или отливку бетона в особых формах, а также подводное погружение.

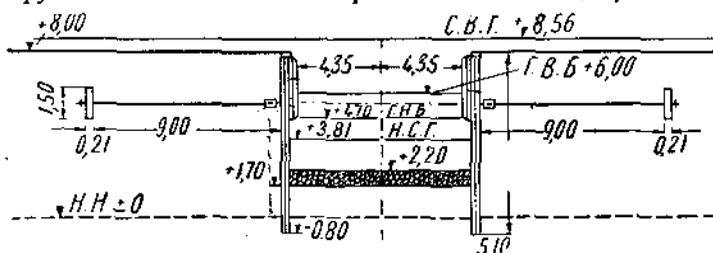
К. новейшим же типам постоянных частей, применяемым за последнее время также весьма часто и даже для шлюзов значительных размеров и подпоров, относят

стены и фундаменты железобетонные. Наиболее характерным примером их может служить шлюз у Бокени на р. Хармаш-Кереш в Венгрии (фиг. 54).

Металлические стены распространены весьма слабо; их разделяют на чугунные и железные.

Первый тип в настоящее время имеет лишь историческое значение; его можно найти в шлюзах незначительных подпоров Эллесмерского канала в Англии постройки XVIII столетия.

Второй тип представляет, наоборот, новейшую конструкцию, состоящую из металлических шпунтовых рядов, забитых вдоль лицевых поверхностей стен и подкрепленных со стороны засыпки металлическими анкерами (фиг. 55 — шлюз у Норкиттена на р. Прегеле).



Фиг. 55.

§ 6. Деревянные стены

Деревянные стены применяют в следующих случаях: 1) когда требуется, чтобы шлюз или полушлюз был построен в возможно короткий срок, 2) в грунтах слабых, где устройство тяжелых сооружений связано с большими затруднениями, и 3) когда средства, имеющиеся на постройку, ограничены.

Их не применяют в следующих случаях: 1) для шлюзов и полушлюзов долговременных, так как срок службы дерева в надводных частях ограничен примерно 12 годами, 2) когда движение через шлюз интенсивно и стены подвергаются частым ударам; 3) для преодоления больших подпоров, когда для предотвращения фильтрации под ними приходится весьма усложнять их конструкцию и, наконец, 4) в реках или в водоемах, где имеются микроорганизмы, действующие разрушительно на дерево.

По сравнению с долговременными типами деревянные представляют значительные упрощения, главным образом вследствие отсутствия водопроводных галлерей, заменяемых обычно отверстиями в воротах.

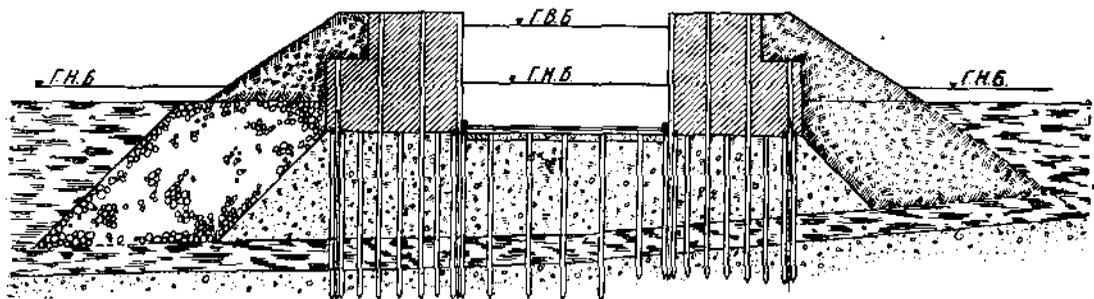
В деревянных шлюзах некоторые части стен в отличие от шлюзов долговременных носят иные названия, например входные части называются крыльями и, упорные — флютбетными или сливными.

В конструктивном отношении стены разделяют на:

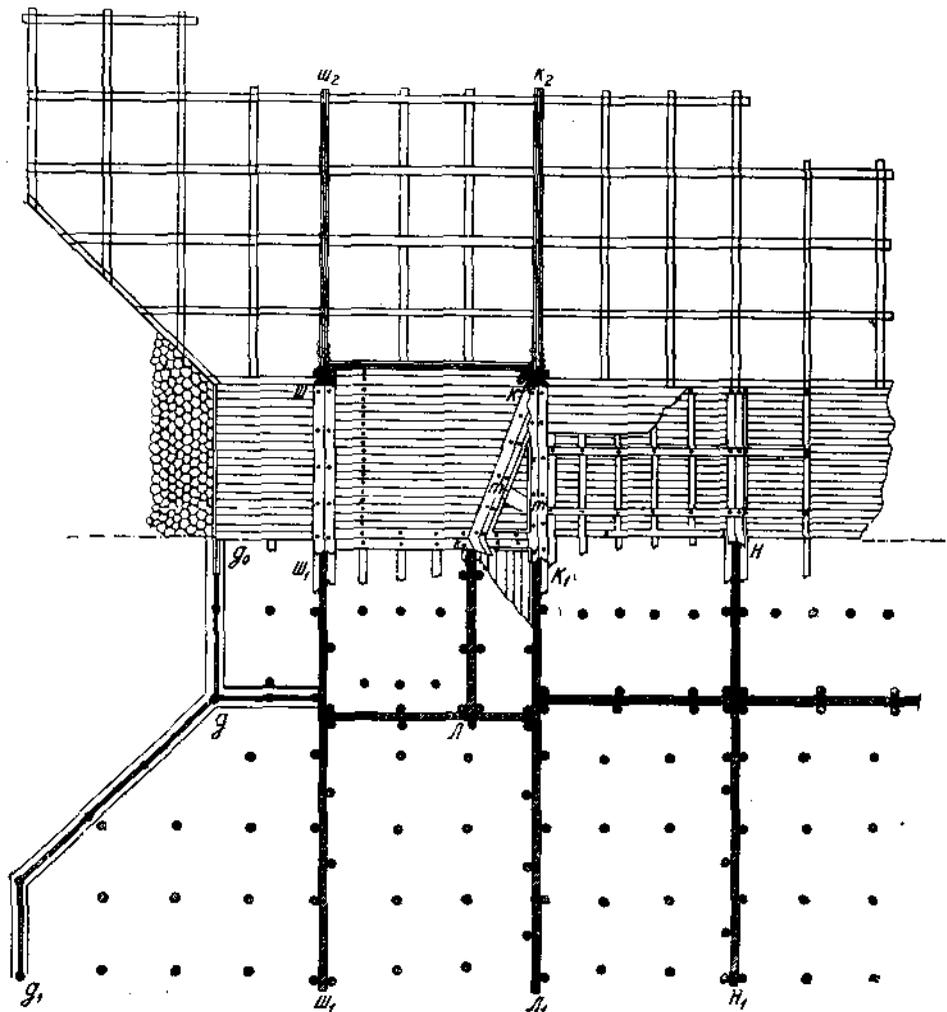
- 1) ряжевые,
- 2) заборчатые,
- 3) смешанной конструкции.

Ряжевые стены особенно удобны для постройки в твердых грунтах, не допускающих забивки свай, а также удобны в отношении производства их ремонта. Для камер шлюзов их рубят в зависимости от передающегося на них давления и обычно из 2—4 ящиков размерами в плане примерно 2×2 м; во всяком случае ширину их у основания делают не менее ширины трех ящиков и не менее высоты стен. Лицевые поверхности стен устраивают обычно отвесными, задние —

уступчатыми (фиг. 14), причем в слабых грунтах переход от трех ящиков к двум делают на высоте не менее $\frac{2}{3} H$ от основания, где H — высота стен, а в верхних частях делают шириной не меньше двух ящиков; в более же прочных грунтах ограничиваются только одним.



Фиг. 56.



Фиг. 57.

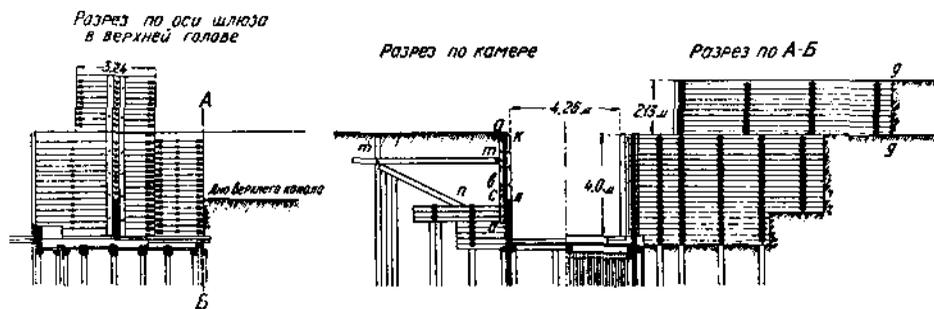
Для лучшего сопротивления береговых стен опрокидыванию применяют местные уширения в направлении засыпки, называемые ряжевыми якорями.

В новых шлюзах на Северо-Двинской системе (фиг. 14) якоря сделаны по длине шлюзов в три ящика.

Задние поверхности речных стен делают либо отвесными, либо устраивают аналогично тем же поверхностям береговых (фиг. 56—шлюз № 9 на Маринской системе); в случае надобности их защищают со стороны реки отсыпкой, откосы которой нередко укрепляют.

Стены верхней головы делают обычно прямоугольного сечения и, если шлюз преодолевает подпор около 3 м, в три ящика; флютбетные стены делают также в три ящика; длину их в шлюзах, например Маринской системы, принимают несколько более 5 м.

Верхние крылья шлюзов, преодолевающих подпоры более 3 м, устраивают длиной в два ряжевых ящика и не менее 3 м, а шириной по фасаду — от пяти до шести ящиков. Лицевые поверхности их устраивают в одной плоскости с лице-



Фиг. 58.

выми поверхностями флютбетных стен и у входа в шлюз иногда скашивают в плане (фиг. 57). В шлюзах, преодолевающих малые подпоры, крыльев обычно не устраивают, и тогда шкафные стены делают длиной не менее двух подпоров.

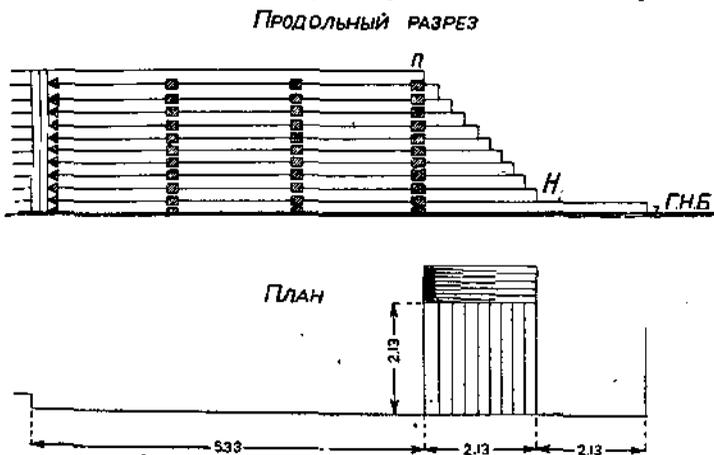
Высоту стен верхних голов и камер берут обыкновенно на 0,40—1,00 м выше самого высокого подпорного горизонта. В тех же случаях, когда шлюз должен быть закрыт от прохода высоких вод предохранительными заграждениями, стены перед шкафными частями для упора последних поднимают еще выше и прочно связывают с дамбами *gg* (фиг. 58 — шлюзы на р. Тезе), сопрягающими их с берегами.

Их поднимают также в местах расположения мостовых переходов.

Нижние флютбетные стены и нижние крылья конструируют аналогично верхним; длину их в шлюзах Маринской системы принимают несколько больше 4 м и

увеличивают при скашивании крыльев на один или на два ящика. Скашивание крыльев полезно по следующим причинам: во-первых, для уменьшения размывающего действия воды, вытекающей из отверстий в воротах, которая при столкновении с большей массой стоячей воды уменьшает скорость; во-вторых, для увеличения скорости опорожнения камеры, так как благодаря скашиванию затрудняется образование подпора в нижнем бьефе.

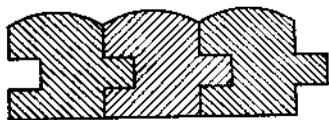
Для уменьшения количества верхних ряжевых венцов у входов (фиг. 59) крылья иногда доводят до уровня, лишь немного возвышающегося над горизонтом нижнего бьефа, и сопрягают в лицевых ящиках *пн* с камерными стенами уступами с наклоном около 45°, образуемым концами венцов продольных ряжей.



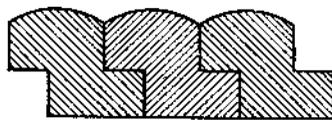
Фиг. 59.

Ряжевые стены с лицевой стороны рубят из обтесанного леса с припазовкой либо в шпунт (фиг. 60), либо в четверть (фиг. 61), либо простой притеской со вставными шипами.

Стены, располагаемые над шпунтовыми рядами против королевой KK_1 (фиг. 57) и шандорной $ШШ_1$ колод, так называемые шпунтовые простенки, а также лицевые поперечные (фасадные) стены шлюзов без верхних крыльев рубят в шпунт или вприплотку.



Фиг. 60.

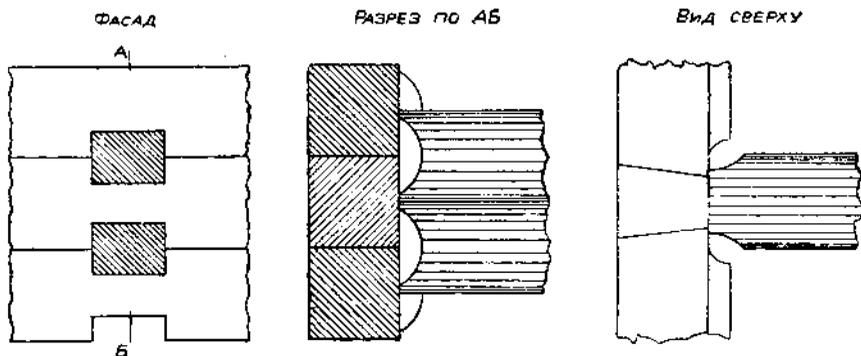


Фиг. 61.

Внутренние стены, кроме шпунтовых простенков, рубят без припазовки бревен; в пересечениях с наружными стенами их соединяют в лапу (фиг. 62), а во внутренних пересечениях обыкновенной вырубкой (фиг. 63).

Загрузку ряжей производят либо песчано-глинистым грунтом, либо песчано-галечным с примесью глины, либо гравием, хрящем или камнем. Практика эксплуатации деревянных стен показала, что глинистая загрузка, хотя и повышает водонепроницаемость ряжей, но, увеличиваясь в объеме во время заморозания, производит расстройство ряжей. По этой причине без примеси песка или древесных опилок, умеряющих выпучивание глины, она считается нежелательной. Прочие загрузки служат несколько лучше, хотя присутствие в некоторых из них мелкого песка отражается неблагоприятно на целостности лап, которые при проходе песчинок, захватываемых фильтрационной водой, легко ими проедаются.

Загрузку задних ящиков для большей водонепроницаемости стен рекомендуют делать глиной.



Фиг. 62.

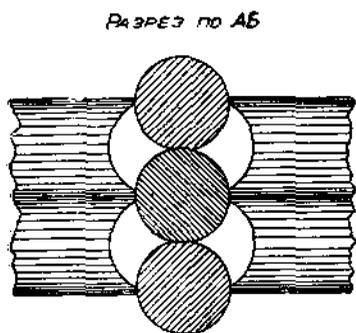
Поперечные размеры стен ниже верхней поверхности шлюзов и полушлюзов поверяют расчетом на устойчивость, скольжение и прочность под действием приложенных к ним внешних сил. Главнейшие из этих сил: собственный вес стен, давление воды на их лицевые поверхности, давление засыпки и фильтрационной воды на задние поверхности, давления, передаваемые воротами, мостами и разного рода принадлежностями оборудования шлюза или полушлюза, временные вертикальные нагрузки от прохода или проезда по стенам, по засыпке и по мостам, случайные нагрузки от навалки и зачала подвижного состава.

Из этих сил выбирают такие случаи их действия и такие сочетания, когда неизменяемость положения стен может быть менее всего обеспеченной.

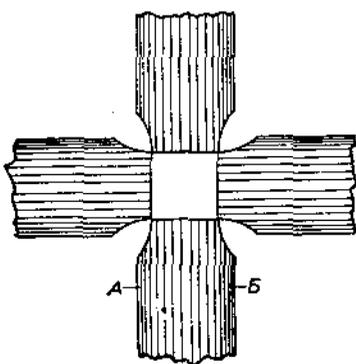
Заборчатые стены применяют для шлюзов и полушлюзов временного значения и в тех случаях, когда требуется построить их в самый короткий срок.

Обладая незначительным весом, они удобны для шлюзов, преодолевающих небольшие подпоры, сооружаемых в слабых грунтах, не могущих воспринимать значительных нагрузок.

В конструктивном отношении они представляют собой ряд стоек, нарубленных либо на продольные шпунтовые ряды, либо, за отсутствием последних,



Вид сверху

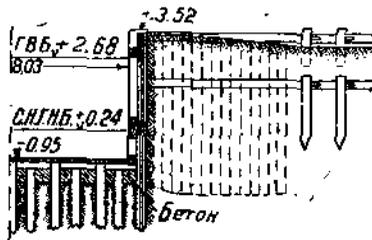


Фиг. 63.

этих стен снабжены анкерами в виде свай $сс$, соединенных с продольными шпунтами подкосами $с_0л$, а со стойками — железными тяжами $с_1т$. Для нижнего упора досок сзади продольных шпунтовых рядов забиты особые сваи $бб$, перекрытые горизонтальными досками $г$.



Фиг. 65.



Фиг. 64.

на свайные ростверки фундаментов стен.

Стойки подкрепляют со стороны засыпки деревянными или железными анкерами, а между собой связывают продольными брусками. Непосредственно за стойками делают заборку из досок или из пластин.

В тех местах, где расположены поперечные шпунтовые ряды, последние используют для противодействия фильтрациям воды и для восприятия нагрузок от ворот, для этой цели их срезают на уровне верха шлюзов, образуя по типу анкерных конструкций (фиг. 64 — шлюз у Бранденбурга на р. Гавеле).

Примером стен со стойками, нарубленными на продольные шпунтовые ряды, выступающие над флютбетом, могут служить стены шлюза у Альтруппина на Руппинском водном пути в Германии (фиг. 65). Стойки

Заборчатые стены по сравнению с ряжевными стенами имеют то преимущество, что позволяют производить ремонт их проще и скорее, чем ряжевых.

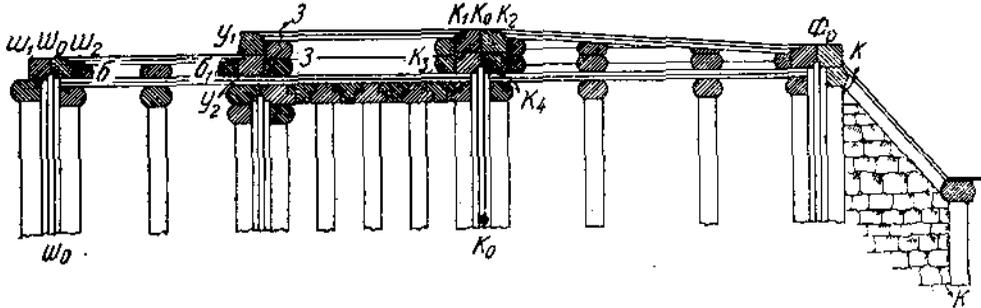
Стены смешанной конструкции представляют собой сочетание ряжевых и заборчатых стен, из которых первые применяют в нижней части стен, а вторые — в верхней, как требующей более частого ремонта, чем нижняя.

Примером их могут служить стены камер шлюзов на р. Тезе (фиг. 58). Нижняя часть этих стен исполнена из ряжей с ряжевными якорями, а верхняя —

из стоек *ас*, прикрепленных накладками *bd* на болтах к поперечным стенкам ряжей К стойкам посредством схваток *kl*, расположенных в плоскости лицевых стен ряжей, и посредством горизонтальных болтов прижаты пластины, образующие ограничение камер с боков. Стойки связаны с кустами свай деревянными тяжами *mt*, прикрепленными между верхней и средней третью высоты стоек. Кусты в свою очередь связаны посредством подкосов *tn* с ряжами.

§ 7. Деревянные фундаменты

Фундаменты деревянных шлюзов без стенок падения закладывают в некоторых частях голов обычно с некоторым возвышением против фундамента камеры; это возвышение делают в местах расположения королевых или шандорных перемычек, служащих—первые для восприятия давления от ворот, а вторые—для упора ремонтных заграждений.

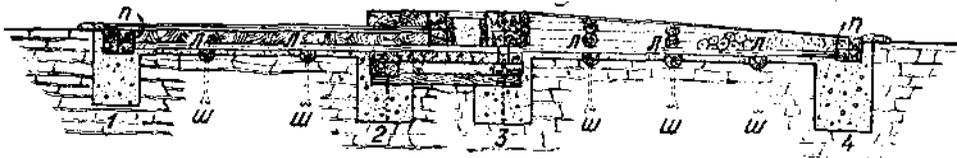


Фиг. 66.

Непосредственно ниже королевых перемычек для направления струй, вытекающих из клинкетных отверстий, устраивают наклонные площадки, называемые сливными частями.

В шлюзах со стенками падения, по которым производят наполнение камер, ниже сливных частей устраивают особые стенки *КК* (фиг. 66), называемые контрфорсными, которым дают в направлении к нижнему бьефу скаты с уклонами большими, чем в сливных частях; эти стенки, поддерживая сливные части, ограничиваемые снизу контрфорсными колодами Φ_0 , служат также для направления вытекающих струй и для устранения подмывов ниже колод.

Конструкции фундаментов камер зависят главным образом от свойств грунта, на котором возводят шлюз. В плотных грунтах, в которых исключена возможность фильтраций воды верхнего бьефа в основание под шлюзными



Фиг. 67.

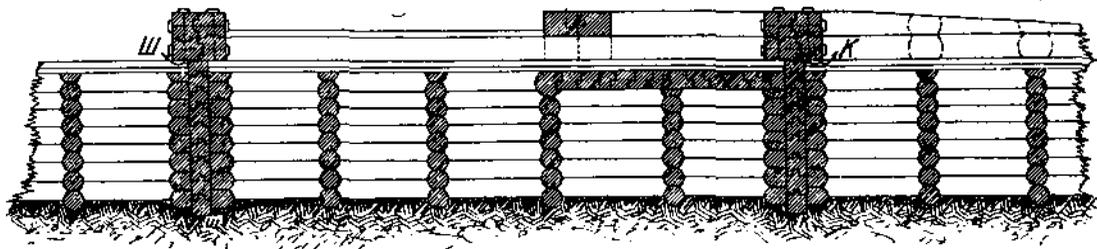
частями, фундаменты делают только в сливных частях. Таким же образом делают в грунтах, которые не могут противостоят размыву протекающей по ним водой.

В грунтах твердых, но имеющих прослойки, по которым может проникать в камеру вода, принимают меры к ее недопущению, для этой цели в верхней голове устраивают например бетонные стенки 1, 2, 3 и 4 (фиг. 67 — шлюз № 25 на Мариинской системе), опускаемые на глубину достаточную для предотвращения фильтраций.

В грунтах, допускающих забивку свай, основным элементом, предохраняющим фундамент от действия фильтрационной воды, а грунт основания от размыва, являются шпунтовые ряды, которые забивают особенно тщательно. Их рас-

полагают в головах, во-первых, под королевой перемышкой в количестве одного или двух, из которых задний K_2L_1 (фиг. 57) пропускают во всю ширину шлюза, включая стены, а передний K_0L , применяемый однако не всякий раз, забивают только между продольными шпунтовыми рядами. Ряды располагают также под шандорной перемышкой $Ш_1Ш_2$, на которой во время ремонта шлюза или полушлюза устанавливают ремонтное заграждение, поддерживающее подпор; последние ряды пропускают во всю ширину шлюза или полушлюза. Ряды обычно делают брусчатые. В конце флютбетных стен забивают еще один поперечный брусчатый ряд $НН_1$, обычно во всю ширину шлюза.

В шлюзах и полушлюзах с откосными крыльями по внешнему очертанию крыльев и перед входом в шлюз или полушлюз располагают поперечные шпунтовые ряды, но не брусчатые, а досчатые.



Фиг. 68.

Для противодействия боковым фильтрациям воды и для сопротивления давлению засыпки, по лицевым поверхностям крыльев, шкафных и камерных стен кроме поперечных шпунтовых рядов почти всегда забивают еще брусчатые или досчатые продольные ряды.

В случае опасения больших фильтраций под стены возле береговых со стороны засыпки, а возле речных по внешнему очертанию шлюзов забивают продольные шпунтовые ряды, при этом возле речных иногда не ограничиваются одним рядом, но забивают два, пространство между которыми загружают водонепроницаемым грунтом.

В конструктивном отношении фундаменты подобно стенам разделяют на:

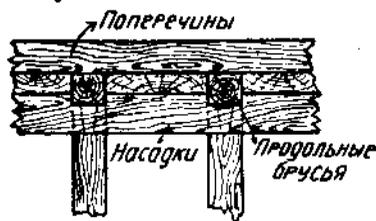
- 1) ряжевые,
- 2) свайные,
- 3) смешанной конструкции.

Ряжевые применяют в грунтах, не допускающих забивки свай или допускающих лишь на незначительную глубину. Их образуют из ряжей, опускаемых либо между короткими шпунтовыми рядами, либо между горизонтальными шпунтовыми брусками Kk и $Шш$ (фиг. 68), располагаемыми под королевой и шандорной колодами, а также в конце сливного пола. К брускам ряжи подводят их поперечными стенками; крайние же продольные стенки ряжей располагают таким образом, чтобы они совпадали с линиями боковых стен.

Свайные фундаменты применяют либо для передачи давления от шлюза или полушлюза на нижележащие слои материкового грунта, либо для уплотнения грунта основания, либо для образования ростверков, служащих для сопротивления давлению фильтрационной воды.

Их образуют из нескольких поперечных рядов свай (фиг. 69), на которые нарубают поперечные насадки; последние связывают со сваями либо посредством шипов с расклинкой либо скобами или хомутами. Насадки большой длины стыкуют, как показано на фиг. 70, и по возможности над сваями, но не между ними и не на оси шлюза.

По насадкам укладывают полы из одного ряда досок (фиг. 52) или из пластин, уложенных горбами кверху. Полы тщательно преконопачивают и заливают варом.



Фиг. 69.

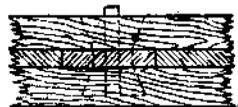
Для большей плотности полов параллельно доскам укладывают продольные брусья.

В случае опасения значительного давления фильтрационной воды, а также в тех местах, которые подвергаются действию течения воды, вытекающей из клинкетных отверстий, полы устраивают из двух рядов досок, укладываемых взакрыт с проконопаткой и заливкой варом, прокладкой между ними войлока и прибивкой гвоздями.

Доски укладывают в направлении параллельном оси шлюза между поперечными шпунтовыми рядами, а сверху зажимают соответствующими колодами



Фиг. 70.



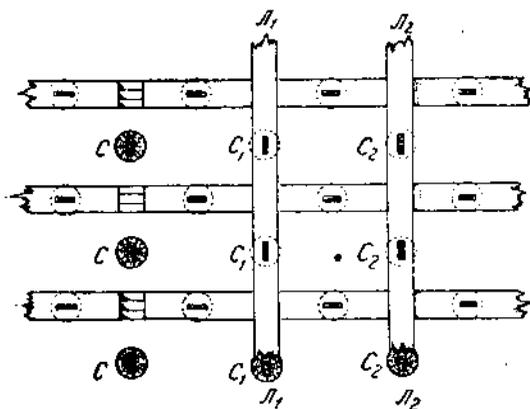
Фиг. 71.

королевой K_0 (фиг. 66), шандорной $Ш_0$ и контрфорсной $Ф_0$, в продольном же направлении их прижимают к шапкам продольных рядов, забитых вдоль стен.

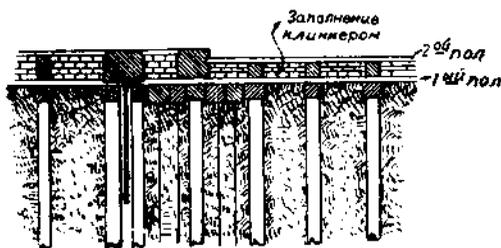
В американских шлюзах первый ряд иногда укладывают в поперечном направлении, а второй в продольном.

Для устранения поднятия настила давлением фильтрационной воды поверх его иногда укладывают поперечные прижимные брусья, соединяемые с насадками либо нагелями, сделанными по форме ласточкина хвоста (фиг. 71), либо ершами, либо гвоздями. Брусья заводят под боковые стены, у нижнего обреза которых их зажимают продольными брусьями. Кроме брусьев по насадкам укладывают иногда продольные лежни $Л_1Л_1$, $Л_2Л_2$ (фиг. 72), которые на рубают с расклинкой на особые сваи $с, с_1, с_2...$, забитые в промежутках между насадками.

Для той же цели, а также для предупреждения вымывания грунта основания, под полами производят загрузку из тщательно утрамбовываемой глины с примесью песка или из одной глины, а в головах, кроме того, либо из бетона, (фиг. 52) либо, как делают в германских шлюзах, из клинкерной кладки на гидравлическом растворе.



Фиг. 72.



Фиг. 73.

В голландских шлюзах вторые полы настилают по поперечным брусьям, при этом пространство между первыми и вторыми полами заполняют кладкой из клинкера на гидравлическом растворе (фиг. 73).

В последнем случае вторые полы устраивают из одного или из двух рядов досок с прокладкой между ними войлока, с проконопаткой и заливкой стыков и швов варом и прикреплением к поперечным брусьям дубовыми нагелями или корабельными гвоздями.

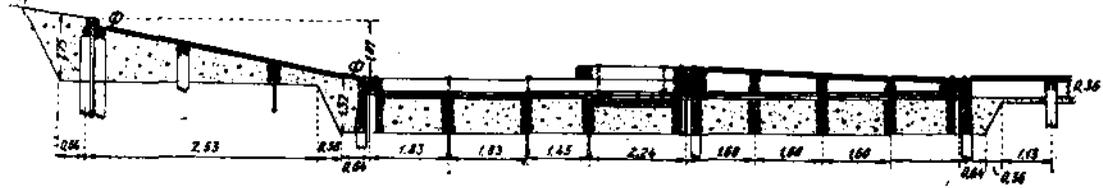
В местах, подвергающихся ударам воды, например непосредственно за контрфорсными стенками, загрузку делают чаще из камня, укладываемого на слое щебня.

В шкафных частях под королевые перемычки по насадкам поперечных рядов свай или непосредственно по сваям (фиг. 66) укладывают так называемые плиты

из брусьев, соединяемых между собой четвертями. Плоты после укладки на место просмаливают и покрывают войлоком. Поверх их укладывают полы по правилам, изложенным выше. В малых шлюзах, например у нас на р. Тезе и в германских (фиг. 52), иногда обходятся без плотов.

Расстояния между сваями назначают по расчету на прочное сопротивление частей ростверка или в зависимости от расположения и размеров ряжевых ящиков.

В скальных грунтах полы *пп* (фиг. 67) шкафных и сливных частей располагают на бетонных стенках, по которым в сливных предварительно укладывают продольные лежни и плоты; между стенками их располагают непосредственно



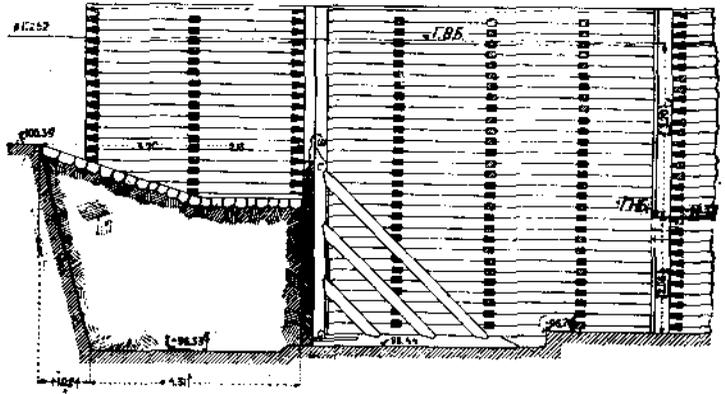
Фиг. 74.

на грунте. Перед укладкой на грунт обычно снимают верхние выветрившиеся слои его и затем кладут поперечные лежни *л-л*, которые скрепляют с грунтом штырями *ш-ш*, а пространство между ними заравнивают бетоном.

Шандорные колоды кладут обычно в виде шапок на шандорные шпунтовые линии *Ш₀Ш₀* (фиг. 66) и прикрепляют к насадкам болтами и ершами. Их вяжут из четырех или из двух брусьев *ш₁* и *ш₂*, располагаемых во втором случае в горизонтальной плоскости и соединяемых между собой шпунтами, вставными шипами и болтами.

Если верхний и нижний короли должны быть заложены на одном и том же уровне, флютбет входных частей *фф* (фиг. 74 — шлюз № 26 на Мариинской системе) и дно верхних подходов *фл* делают нередко с подъемом в сторону верхнего бьефа. Такое расположение вызывает однако увеличение земляных работ в верхних подходах и невыгодно в отношении заносимости шкафных частей, поэтому вместо него применяют другое,

состоящее в том, что шандорные перемишки делают повышенных типов. Эти типы образуют либо из шпунтовых бревен, либо из брусьев *шш* (фиг. 75 — шлюз № 25 на той же системе), поддерживаемых стойками *сс*, подпираемыми в свою очередь подкосами, либо из ряжей, нарубаемых на шапках поперечных шпунтовых линий (фиг. 14), также подпираемых подкосами.



Фиг. 75.

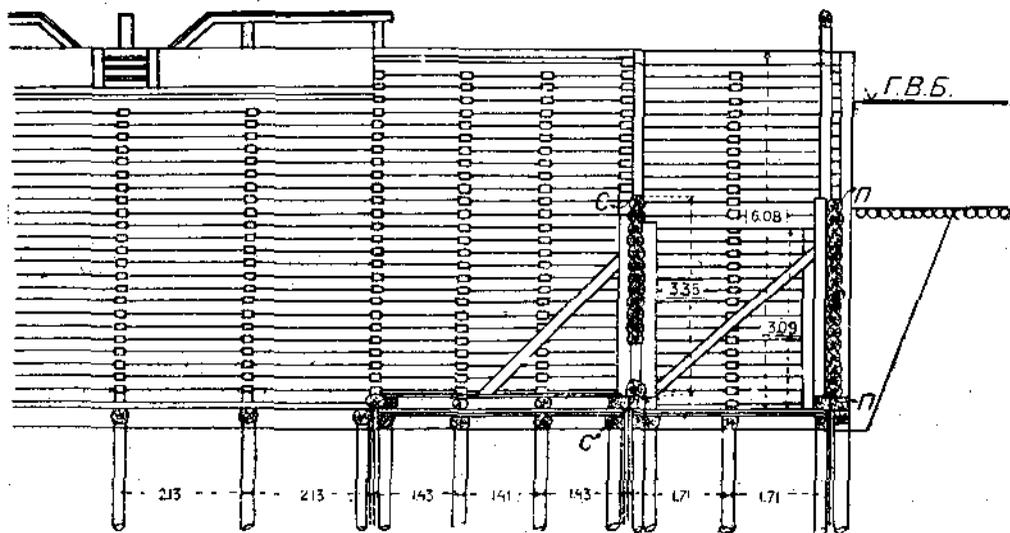
Фундаменты верхних голов шлюзов, устроенных с высокими стенками падения, через которые производят наполнение камер, ограничивают со стороны верхнего бьефа перемишками *ПП* (фиг. 76 — шлюзы на Тихвинской системе) такого же типа, как показанные на фиг. 75, и по такому же типу делают и стенки падения *СС*.

Королевые перемишки в деревянных шлюзах образуют из королевых колод *КК₁* (фиг. 57), усовиков *КК₀* и из заполнения между ними.

Королевые колоды *К₀* (фиг. 66) вяжут из четырех брусьев *К₁*, *К₂*, *К₃* и *К₄*. Соединяемых между собой шпунтами и вставными шипами с прокладкой вой-

лока; брусья стягивают по двум направлениям болтами, располагаемыми в шахматном порядке. Колоды надевают на королевые ряды K_0K_0 в виде шапок с прокладкой войлока и прикрепляют к насадкам свай ершами, располагаемыми в промежутках между болтами, скрепляющими брусья колод.

Назначение усовиков заключается в непосредственном восприятии давления от ворот. Их изготовляют из двух y_1 и y_2 (фиг. 66), редко из четырех брусьев, располагаемых один над другим по два бруса; нижние брусья заводят шипами



Фиг. 76.

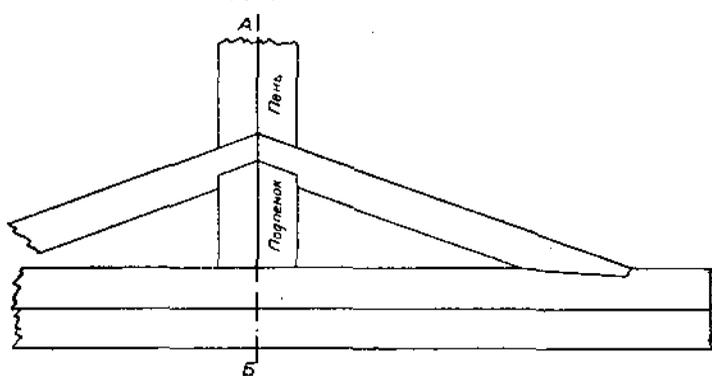
в пень, а верхние, образующие ус, укладывают на него и соединяют друг с другом болтами и ершами, а с подпенком шипами; концы усовиков со стороны боковых стен заводят косыми шипами в королевые колоды (фиг. 57).

Пнем называют двойной брус (фиг. 77), укладываемый по оси шлюза и служащий для связи королевой колоды с усовиками и шандорной колодой;

РАЗРЕЗ ПО АБ



План



Фиг. 77

один конец его заводят шипами в колоду короля, а другой зажимают шандорной колодой с врубкой примерно в две трети его толщины.

Подпенком называют двойной брус, укладываемый поверх пня между усовиками и королевой колодой. Он служит опорой для верхних брусьев усовиков. С пнем его связывают четырьмя болтами, а с колодой—шипами, с усовиками врубкой примерно в одну треть толщины усовика.

Для того, чтобы при нажиме ворот усовики прижимались к полу, наружные грани их нередко срезают под уклоном примерно 1:25 (фиг. 66). При этом, учитывая быстрый износ кромок усовиков, их иногда обшивают дубовыми досками.

Если головы шлюзов или полушлюзы имеют большую ширину, то для передачи давления от усовиков на королевые колоды по обе стороны осей голов или полушлюзов укладывают еще по нескольку двойных брусьев $тт$ (фиг. 57), устраиваемых в виде подпорок, называемых телятами.

Для передачи давления от открытых ворот на фундамент шлюзов или полушлюзов на нижних полах укладывают горизонтальные брусья $к_1$ и $к_2$ (фиг. 78), называемые комплатами. Комплаты укладывают между королевой и шандорной колодами на войлоке и притесывают частью к шапкам $ш$ продольных шпунтовых линий, частью к нижним венцам в стен.

Промежутки между брусьями усовичной части короля, т. е. между колодой и усовиками, покрывают полом, располагаемым на высоте усовиков и королевой колоды (фиг. 66) и составленным из одного или из двух рядов досок, в последнем случае доски укладывают взакрой с надлежащей проконопачкой и заливкой варом.

Для прикрепления пола со стороны усовиков к последним иногда прикрепляют брусья $з$ и $з_1$, называемые заусовичниками. Их применяют также для закрытия швов между верхними и нижними брусьями усовиков. Таким же образом полы прикрепляют в этом случае и к королевой колоде.

Пространство между шандорной колодой и усовиками покрывают таким же полом, располагаемым, если колода составлена из двух брусьев, на высоте верхних граней пня и шандорной колоды.

Концы досок этих полов прикрепляют к вспомогательным брусьям $б$ и $б_1$, прибитым к шандорной колоде и к усовикам, при этом нижний ряд полов запускают в четверти, вынутые в брусьях, а верхний либо прикрепляют к верхним их постелям, либо концы досок заводят между верхним и нижним усовиковыми брусьями и брусьями шандорной колоды; по бокам полы заводят в четверти, вынутые в комплатах (фиг. 78) и в пне.

В сливных частях на нижних полах укладывают ростверки, устраиваемые из обыкновенной ряжевой нарубки, венцы которой подводят одним концом к королевой колоде, а другим к контрфорсной Φ_0 (фиг. 66). Если последняя сделана по высоте в один брус, а королевая — в два, то верхние грани ряжей получают небольшой уклон в сторону нижнего бьефа. Поверх ростверков настилают такие же полы, как и в шкафных частях.

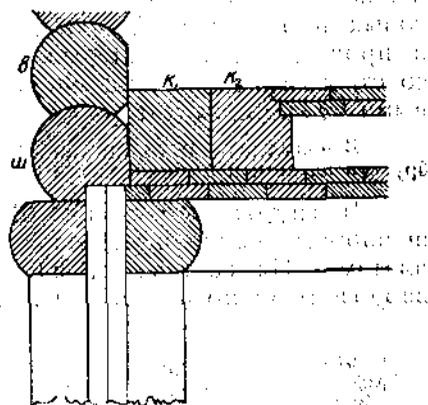
Пространство между верхними и нижними полами загружают в усовичной части королей преимущественно песчано-галечным грунтом с глиной или бетоном. Применяя бетонную загрузку королевые перемычки делают без телят. В шкафных частях это же пространство загружают щебнем или песчано-галечным грунтом с глиной, а в флютбетной — камнем с расщебенкой или также песчано-галечным грунтом с глиной, в голландских шлюзах — клинкерной кладкой на гидравлическом растворе.

В новых шлюзах Северо-Двинской системы верхние полы в сливных частях были исключены и заменены бетоном, взятым в пропорции: 1 часть цемента, 3 части песка и 5 частей щебня.

Сливные части нижних голов устраивают либо аналогично сливным частям верхних, либо упрощенного типа в виде одиночных полов из пластин, обращенных горбами кверху и настланных по поперечным насадкам, к которым их прикрепляют ершами, а пространство под ними загружают камнем.

В шлюзах и полушлюзах, возводимых в слабых грунтах, в местах значительных уширений стен, например там, где расположены приводные механизмы ворот, устраивают самостоятельные фундаменты на сваях, по которым нарубают ростверки и стенки, ограничивающие механизмы со стороны засыпки.

Фундаменты смешанной конструкции в виде ряжей, основываемые на сваях, применяют весьма редко и главным образом в тех случаях, когда



Фиг. 78.

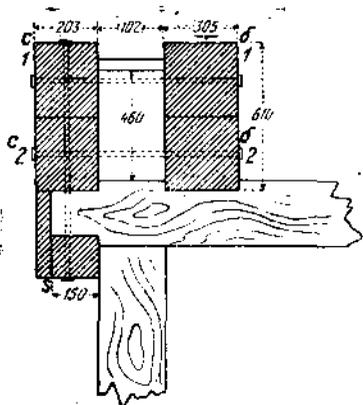
считают неизбежным в будущем углубление шлюза или полушлюза. Такой фундамент был применен, например, для флютбета верхней головы шлюза у Гольтенау на Эйдерском канале.

§ 8. Веревальные и шандорные столбы деревянных шлюзов и полушлюзов

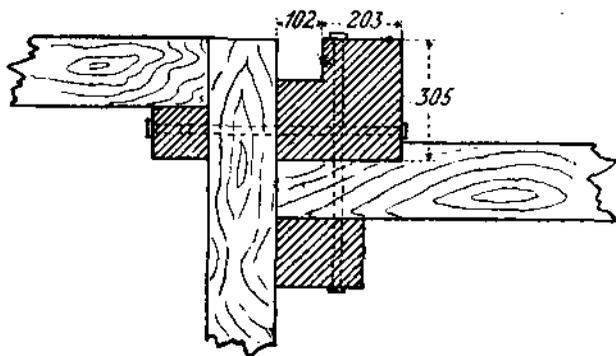
Для лучшего примыкания закрытых ворот к боковым стенам деревянных шлюзов и полушлюзов устанавливают так называемые веревальные столбы. Если стены сделаны из ряжей, столбы вяжут из двух брусьев, соединяемых между собой в шпунт, вставными шипами с прокладкой войлока и болтами. Для упора ворот в столбах делают выкружки, а снизу нарубают шипы, которые заводят в гнезда, выдолбленные в королевых колодах. Столбы прислоняют в углубления, образованные лицевыми стенами шкафов и выпущенными концами шпунтовых простенков (фиг. 57), при этом их врезают в лицевые стенки шкафов и прокладывают смоленый войлок по плоскостям соприкосновения столбов со стенами и с простенками. Со стенами их связывают болтами, иногда снабженными зубцами, за которые захватывают скобами.

В новых шлюзах Северо-Двинской системы веревальные столбы были образованы вместо двух брусьев из пяти и прикреплены к стенам болтами.

Шандорные столбы III (фиг. 57) ставят в углубления шкафных частей у шандорных колод и располагают частью над этими колодами, частью над комплатами. Их составляют из двух брусьев и запускают в комплаты шипами, нарубаемыми по одному на каждый брус.



Фиг. 79.



Фиг. 80.

Столбы более совершенной конструкции делают следующим образом: в верхних головах шлюзов без крыльев составляют из двух брусьев b_1 и b_2 (фиг. 79) и прислоняют к выпускам поперечных лицевых стен за лапы, а по другую сторону выпусков ставят две вспомогательные стойки c_1 и c_2 , с которыми столбы сквозь выпуски стягивают болтами. За продольными стенами, концы которых выпускают за поперечные примерно на 0,15 м, помещают стойки s , к которым притягивают болтами вспомогательные стойки c_1 и c_2 ; по плоскостям соприкосновения столбов со стенами прокладывают войлок, торцы же выпусков прикрывают досками.

Если верхние головы имеют крылья, то шандорные столбы устраивают по типу, показанному на фиг. 80.

В нижних головах шандорные столбы устраивают таким же образом, как и в верхних, имеющих крылья.

В шлюзах с заборчатыми стенами веревальные столбы подпирают в плоскости лицевых стен особыми подкосами; такие же подкосы устраивают между стойками шкафных и флютбетных частей (фиг. 52); кроме того столбы снабжают анкерами $ав$, располагаемыми примерно по направлению давления, передаваемого воротами.

§ 9. Каменные и бетонные стены

Как было указано в § 5, лицевые поверхности камерных стен для уменьшения объема сливной призмы и времени шлюзования делают от горизонта нижнего бьефа до верхней поверхности стен отвесными; те же поверхности каменных и бетонных стен ниже этого горизонта делают либо отвесными, либо для лучшей сопротивляемости давлению засыпки криволинейными или с уклонами в сторону камеры; в последнем случае уклоны назначают в зависимости от очертаний подводного габарита подвижного состава.

Если для шлюзования имеется избыточное количество воды и если грузооборот шлюза незначителен, то для удешевления обеих стен или только одной береговой им либо дают уклоны также выше горизонта нижнего бьефа, либо делают криволинейными во всю высоту (фиг. 31).

Ширину стен поверху сообразуют с возможностью удобного прохода по ним и удобного расположения на них шлюзного оборудования. Наименьшую ширину береговых стен малых шлюзов берут 0,60 м, больших 1,10 — 1,30 м.

Верхнюю поверхность стен возвышают над наивысшим горизонтом воды в камере или в бьефах минимум на 0,40 м, обычно же от 0,60 до 1,50 м; это возвышение делают одинаковым как для береговых, так и для речных стен.

В некоторых шлюзах, например в американских, для удобства сообщения подвижного состава с берегом и для возможно меньшего стеснения протекания воды паводков, пропускаемых через шлюз, стены поднимают до разных уровней, более высокого стены береговых и низкого — речных.

Заднюю поверхность береговых стен редко делают вертикальной, но большей частью уступчатой, наклонной (фиг. 30) или криволинейной. Редкие уступы представляют неудобство в том отношении, что в углах между вертикальными и горизонтальными плоскостями (фиг. 81), трудно достичь плотного прилегания засыпки, вследствие чего за стенами образуются протоки воды, проникающей из верхнего бьефа, увеличивающей давление на них; чтобы избежать вредного действия ее, углы либо срезают, как показано на фиг. 82, либо делают частые уступы по типу, принятому в американских шлюзах.

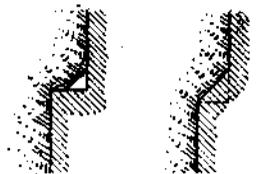
Наклонное очертание задних поверхностей является более целесообразным в отношении сопротивляемости стен во время промерзания засыпки, которая, увеличиваясь в объеме, производит на стены давление значительно выше расчетного. Если задние поверхности сделаны наклонными, то, вследствие поднятия засыпки, это давление может быть меньшим, чем в том случае, когда они устроены вертикальными.

Для уменьшения материала, необходимого для устройства стен, задним поверхностям дают, кроме наклонных очертаний, также криволинейные, обращаемые выпуклостью в сторону камеры или в сторону засыпки. Первые применяют большей частью для высоких стен, например шахтных шлюзов (фиг. 10 разрез по *ab*), вторые — в местах расположения водопроводных галлерей, а также в шлюзах, построенных в грунтах, весьма различающихся по своим свойствам. Иногда встречаются сочетания тех и других очертаний (фиг. 31).

Поперечные размеры береговых стен ниже верхней поверхности определяют расчетом аналогично тому, как было указано в § 6, при этом учитывают также давление воды на внутренние поверхности водопроводов во время наполнения и опорожнения камер.

В тех местах, где располагают какие-либо галлерей, ширину стен надлежащим образом увеличивают; такое же увеличение всего или части их профиля делают в местах размещения механизмов, служащих для открытия и закрытия ворот и шитов, в местах размещения принадлежностей для проводки и зачалки подвижного состава, силовых и насосных установок, обслуживающих шлюз (фиг. 43), и прочего оборудования шлюза или полушлюза, а также мостов, галлерей для пропуска излишней воды, разного рода надстроек на стенах и т. п.

Размеры этих уширений определяют в зависимости от конструкций перечисленных сооружений, устройств и механизмов.



Фиг. 81.

Фиг. 82.

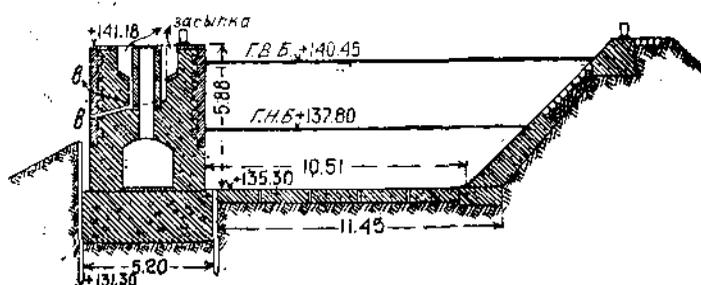
Если ширину стен требуется сделать поверху больше указанных выше минимальных размеров, то увеличения ее достигают либо посредством устройства свесов $K_1 K_2 Z_2$ (фиг. 41), либо посредством площадок, основываемых на сводах с горизонтальными образующими, опираемых на контрфорсы $kk k_1 k_1$ (фиг. 33 и 51).

Для увеличения устойчивости береговых стен и для придания им достаточной ширины поверху их иногда устраивают со стороны камеры (фиг. 83 — шлюз в Париже на канале Сен-Дени), или со стороны засыпки со сводами с вертикальными образующими. Своды эти опирают на вертикальные контрфорсы, располагаемые перпендикулярно оси шлюза. Сверху их перекрывают также сводами cc , но с горизонтальными образующими. В первом случае (фиг. 83) со стороны засыпки, а во втором — со стороны камеры стены делают в виде обыкновенных подпорных стен с уступами.

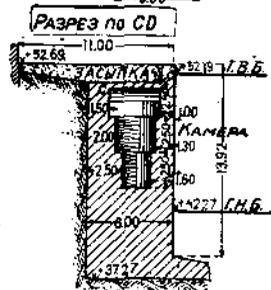
Задние поверхности речных стен делают как вертикальными, так и наклонными (фиг. 33). Такие же поверхности участков KK (фиг. 8) промежуточных стен параллельных шлюзов делают предпочтительно вертикальными, реже с крутыми наклонами.



Фиг. 83.



Фиг. 84.



В случае значительной ширины этих стен и необходимости иметь с задней стороны вертикальные поверхности, стены образуют всю высоту или лишь в верхней части из двух подпорных стенок (фиг. 84 — караванный шлюз на р. Одере у впадения р. Нейсы), пространство между которыми заполняют кладкой на гидравлическом растворе тощим бетоном, реже каким-либо водонепроницаемым материалом; в последнем случае для отвода в нижний бьеф воды, проникающей в засыпку, устраивают выпуски $ва$, закрываемые во время подъема горизонта нижнего бьефа особыми клапанами.

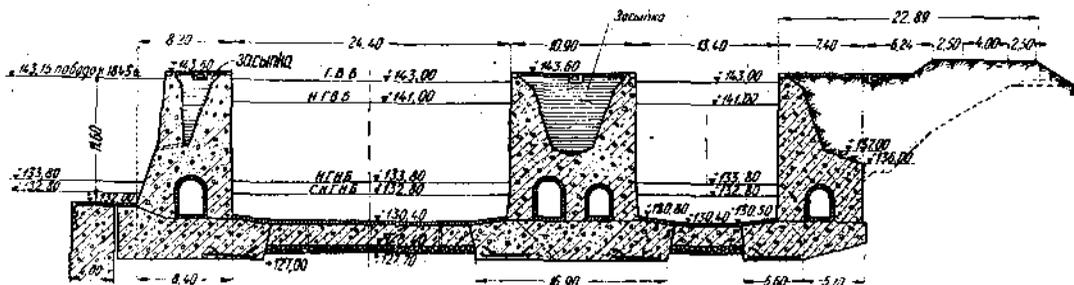
Промежуточные стены параллельных шлюзов делают, насколько позволяет конструкция шлюза, возможно более узкими и конструируют большей частью по тому же типу (фиг. 85 — шлюз у Стшекова на р. Эльбе), как и речные. С верховой и низовой сторон их ограничивают обычно вертикальными поверхностями, перпендикулярными осям шлюзов и закругленными в направлении входных частей, при этом со стороны верхнего бьефа их снабжают иногда ледорезами.

По такому же типу устраивают стены, у которых располагают устои плотин, либо которые с внешней стороны используют для грузки подвижного состава, либо на которых располагают какие-нибудь постройки (фиг. 8).

Задние поверхности невысоких стен шлюзов, у которых располагают сбегательные бассейны, делают наклонными (фиг. 51), а высоких — криволинейными, устраиваемыми с выпуклостью, обращаемой в сторону камеры (фиг. 10); уширения верхних поверхностей располагают обычно на сводах с горизонтальными образующими.

Задние поверхности внешних стен сберегательных бассейнов делают в зависимости от того, где расположены бассейны: на берегу или в канале; в первом случае эти поверхности делают подобными тем же поверхностям береговых, а во втором — подобными поверхностям участков *КК* (фиг. 8) стен параллельных шлюзов.

Для упора ворот и для поддержания необходимого подпора на шлюз стены нижних голов шахтных шлюзов над отверстием, служащим для прохода подвижного состава, связывают балочным или сводчатым перекрытием *gg* (фиг. 10), на котором устраивают забральную стенку *ссс'с'*, работающую на давление воды со стороны камеры.



Фиг. 85.

Ширину этой стенки поверху берут возможно меньшую. Если на ней располагают привода ворот или мосты, ее берут в зависимости от удобного размещения тех и других, а понижу — в зависимости от передающихся на нее внешних сил. Поверхность стенки, обращенную в сторону камеры, делают обычно вертикальной, а обращенную в сторону нижнего бьефа — вертикальной, наклонной или криволинейной.

Ширину балочных и сводчатых перекрытий определяют в зависимости от ширины забальной стенки понижу, а если рядом с ней (фиг. 10) устроен мост, то в зависимости от его ширины.

Примером каменного сводчатого перекрытия может служить перекрытие отверстия нижней головы шлюза у Гейнрихенбурга (фиг. 10).

На своде устроена забральная стенка из бетона, укрепленная в верхней и нижней части двутавровыми балками, введенными в боковые стены. Рядом со стенкой устроен мост под обыкновенную дорогу.

Обратные стены или откосные крылья K_0K_0 (фиг. 32) устраивают по тому же типу, как и боковые стены шлюзов или полушлюзов; их врезают в берега на длину, достаточную для прочной связи с последними шлюза или полушлюза, концевые же поверхности их делают уступчатыми или вертикальными.

Для устранения перенапряжений в стенах от изменений температуры и от неравномерных осадок стены устраивают по длине шлюзов большей частью из отдельных частей (отсеков); таким образом делают преимущественно в местах резких изменений поперечных сечений стен, например при переходе от голов к камерам, или в грунтах, которые с течением времени могут менять свои свойства.

Разделение стен на отсеки особенно необходимо в шлюзах, сооружаемых в местностях, подверженных землетрясениям, или в районах добычи полезных ископаемых.

Длину отсеков берут в пределах примерно от 10 до 30 м. Промежутки между отсеками, называемые разделительными или температурными швами, закрывают во избежание прохода воды и выноса засыпки диафрагмами из водонепроницаемых материалов, достаточно упругих, чтобы не препятствовать осадкам стен.

Для диафрагм применяют металлические листы, покрытые асфальтовым гудроном, смолеными канатами или асфальтовым войлоком. Листы закрепляют



Фиг. 86.

наглухо в одном отсеке *H* (фиг. 86 — караванные шлюзы на р. Одере от Козеля до впадения р. Нейсы) и дают свободу перемещения в другом. В пересечениях с водопроводными галереями в швы прокладывают смоленые канаты, а края галлерей обделывают фасонным железом.

До появления цементов стены строили либо из кирпича, либо из бутового или тесового камня на гидравлическом растворе; при этом стоимость стен шлюзов значительных размеров и преодолевающих большие подпоры оказывалась весьма значительной, кроме того производство работ требовало продолжительного времени и было связано с большими затруднениями, а иногда представляло задачу почти совершенно неразрешимую, особенно в грунтах обильных водой. Вследствие этого для преодоления значительного падения приходилось увеличивать количество шлюзов, или применять шлюзы ступенчатые.

С появлением цементов каменные стены были большей частью вытеснены бетонными, позволившими избежать, в тех случаях, когда применение бетона было экономически целесообразным, особенно в местах покрытых водой, затруднений, возникавших при сооружении каменных стен, и ускорить их постройку.

В настоящее время каменные конструкции остались в смешанном типе, устраиваемом из камня и бетона и применяемом в тех случаях, когда на месте можно получить по невысоким ценам камень и когда, наоборот, получение цемента, песка, гравия или щебня связано с большими затруднениями. Их применяют также в тех случаях, когда для возведения каменных стен требуется либо увеличить устойчивость стен на опрокидывание внутрь шлюза, либо образовать бетонную перемычку $п_1п_1$ (фиг. 87 — шлюз у Гамельна на р. Везере) в помощь ранее забитым продольным и поперечным шпунтовым рядам; такая перемычка позволяет избежать перенапряжений в законченных частях сплошного фундамента во время постройки нижних частей стен и облегчить их дальнейшее возведение.

Примером смешанного типа, в котором для увеличения устойчивости кирпичной стены был применен бетон, может служить стена,

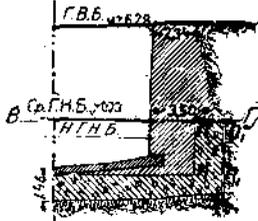
показанная в поперечном разрезе на фиг. 88, лицевая часть ее исполнена из более легкого, но достаточно прочного материала — из клинкера, а внешняя — из тощего бетона менее прочного, но более тяжелого, чем клинкер.

При желании уменьшить вес верхних частей бетонных стен, а также когда цены на кирпич невысоки, верхние части стен могут быть сделаны из кирпича на цементном растворе (фиг. 89 — шлюз у Кляйн-Махнова на Тельтовском канале).

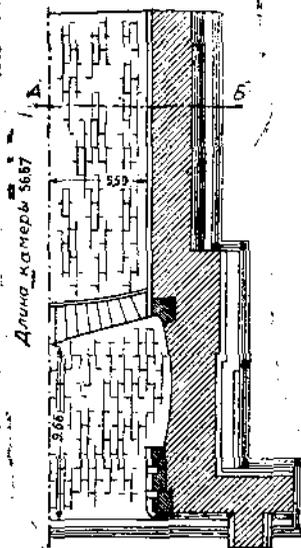
Состав бетона для стен и количество воды в нем берут в зависимости от требующейся от него прочности, в настоящее время применительно к указаниям проф. Абрамса и Графа. Обычно состав бетона берут в пропорции: 1 часть цемента, $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$ части песка и 5 — 6 частей щебня; для более ответственных частей — 1 часть цемента, 2 — $2\frac{1}{2}$ части песка и 3 — $3\frac{1}{2}$ части щебня.

Количество воды назначают в зависимости от способа укладки бетона. Наименьшее берут для жесткого, подвергаемого после укладки тщательному трамбованию, которое однако не всегда может быть исполнено с желаемым успехом, следовательно не всегда может обеспечить необходимую прочность и водонепроницаемость кладки. Несколько большее берут для пластичного, который также подвергают трамбованию, и еще большее для литого, однако не больше того, которое необходимо для его текучести.

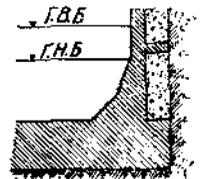
Разрез по АБ



Разрез по ВГ



Фиг. 87.

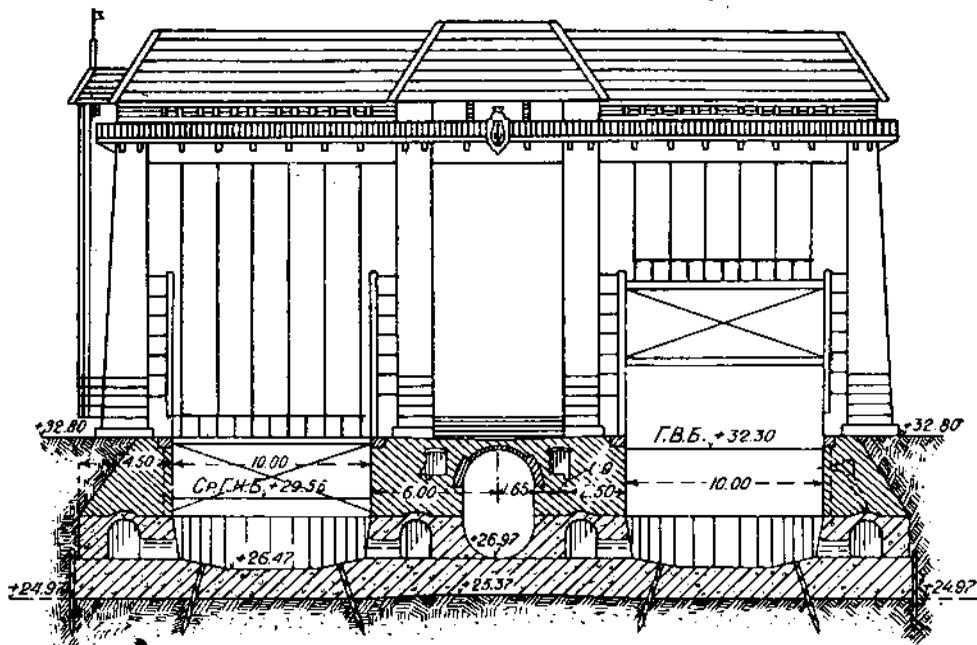


Фиг. 88.

Литой бетон, хотя и требует для получения заданной прочности большего количества цемента, чем пластичный, но дает возможность с большей уверенностью получить ее, а также облегчить производство работ по постройке стен.

Для придания бетону возможно большей прочности, водонепроницаемости и эластичности, необходимой для предупреждения образования во время схватывания бетона трещин, а также для предохранения его от выщелачивания, в него добавляют иногда трасс и гидравлическую известь.

Лицевые поверхности каменных стен обычно облицовывают либо тем же камнем, из которого выполняют стены, либо более твердым, укладываемым с подтеской постелей; такую облицовку применяют от верхней поверхности стен до горизонта нижнего бьефа или несколько ниже его, реже во всю высоту стен (фиг. 30). Выше горизонта нижнего бьефа обычно облицовывают тесовым камнем и притом с большей тщательностью, чем ниже этого горизонта. Если к лицевым



Фиг. 89.

поверхностям стен прикрепляют отбойные брусья, то ограничиваются лишь грубым приколом. Расшивку швов производят обычно цементным раствором, примерно в пропорции: 1 часть цемента на $1-1\frac{1}{2}$ части песка.

Лицевые поверхности кирпичных стен облицовывают тесовым камнем или клинкером.

Лицевые поверхности бетонных стен облицовывают камнем, клинкером или бетонными камнями, при этом для лучшей связи камней с бетоном иногда применяют металлические пироны (фиг. 10), употребляют также и бетон, но лишь более жирного состава, чем для стен. Его берут примерно в пропорции: 1 часть цемента, 1—2 части песка и 2 части щебня, и затирают по лицевым поверхностям цементным раствором, состоящим из 1 части цемента и 2-3 частей песка.

Забральные стенки шахтных шлюзов, откосные крылья и стены берегательных бассейнов также покрывают с лицевой стороны облицовкой, для последних лишь более простой, чем для боковых стен.

Лицевые поверхности забральных стенок со стороны нижнего бьефа обычно покрывают тщательной облицовкой, которой дают нередко архитектурную отделку.

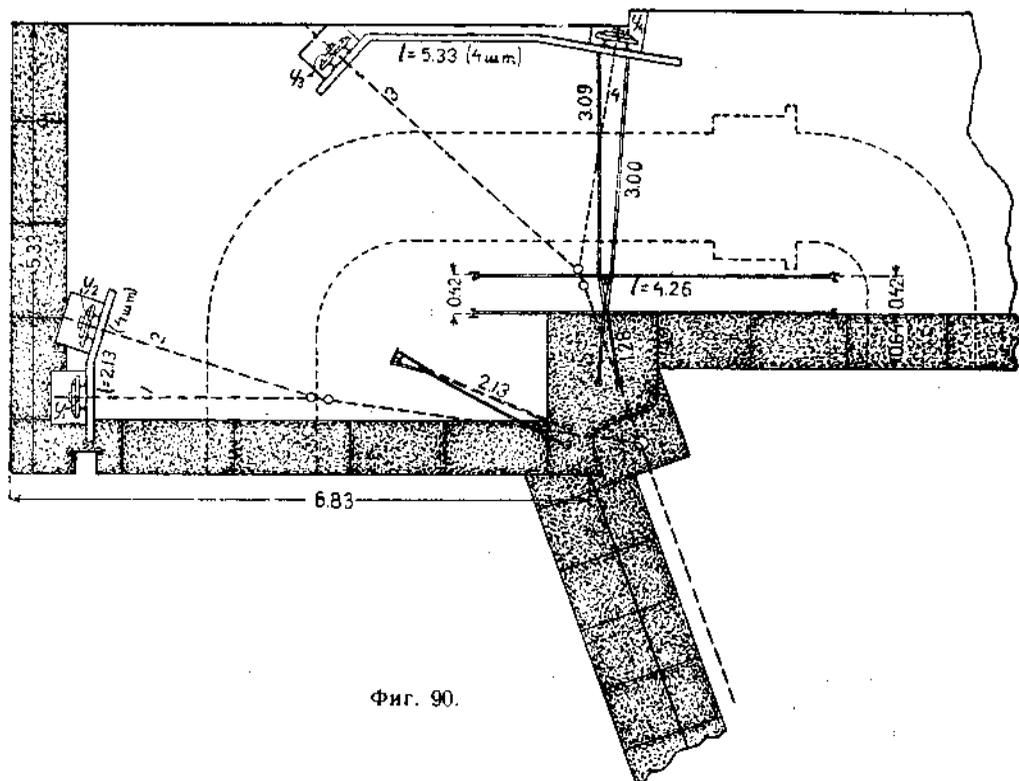
Углы и наиболее ответственные части, как-то: веревяльные выкружки, упорные части предохранительных и ремонтных заграждений, делают несколько закругленными и облицовывают достаточно твердым камнем, а бетонных и кирпичных стен кроме того жирным бетоном, реже клинкером. Для связи камней с забуткой применяют нередко пироны (фиг. 90—шлюзы на р. Северном Донце).

Поверхности, воспринимающие сосредоточенные давления, например от веревяльных столбов ворот, облицовывают иногда чугунами или стальными фасонными отливками, которые прикрепляют к стенам болтами.

Вместо сплошных отливок ограничиваются нередко подушками, располагаемыми против упорных частей ворот и прикрепляемыми к стенам болтами или ершами с заливкой их цементным раствором.

Так как установка таких подушек и пригонка к ним ворот связаны с большими затруднениями, то в одном из шлюзов Чехо-Словакии (у Стшекова на р. Эльбе) к веревяльным выкружкам были прикреплены распределительные балки (фиг. 91), сделанные из парных двутавров.

Верхние поверхности стен покрывают большей частью либо плитным камнем, либо железобетоном, достаточно хорошо сопротивляющимся истиранию канатами и тросами при проводке подвижного состава и достаточно шероховатым для предотвращения несчастных случаев с проходящими по нему людьми.



Фиг. 90.

Обрез кордона со стороны камеры, во избежание истирания причальными канатами или тросами, обычно делают с небольшими возвышениями и закругляют, а также снабжают металлическими отливками или брусками Б (фиг. 92 — шлюз у Линне на р. Маасе в Голландии), связываемыми например фасонным и полосовым железом со стенами, защищенными сверху жирным бетоном.

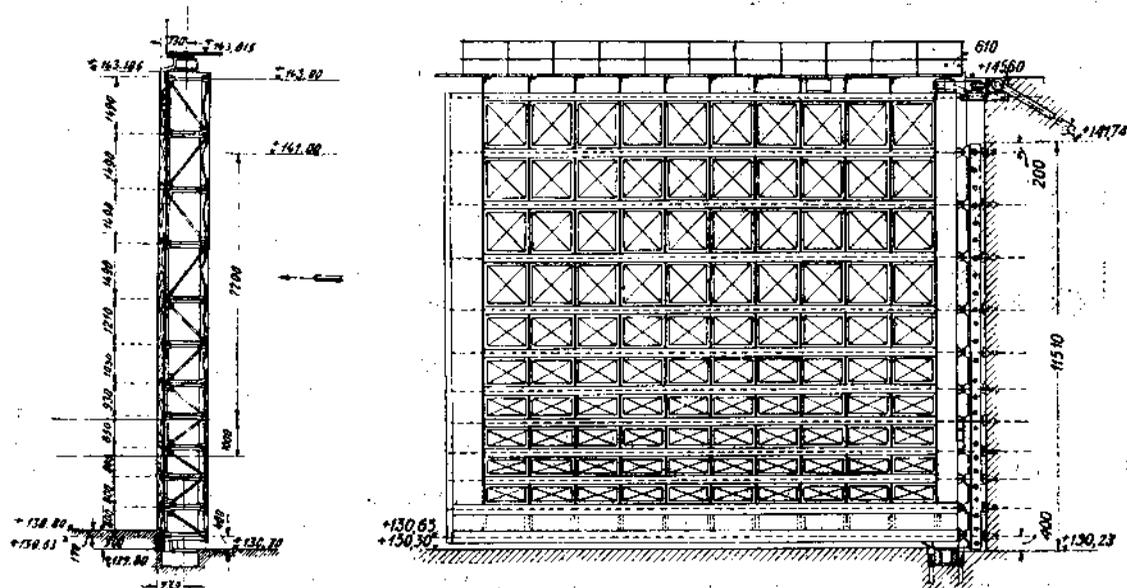
В наших шлюзах для той же цели применяют иногда деревянные бруска, прикрепляемые к стенам закладными болтами.

Задние поверхности береговых стен шлюзов и сберегательных бассейнов обыкновенно затирают цементным раствором и для предохранения бетона от выщелачивания покрывают смолой, асфальтовым гудроном, толем (фиг. 93 — новый шлюз у Вернсдорфа на канале, соединяющем р. Одер с р. Шпрее), а также особыми красками, например „инертотем“, применяемым в германских шлюзах.

Учитывая то обстоятельство, что, благодаря разности горизонтов воды в бьефах, вода имеет постоянное стремление проникать в засыпку, увлажнить ее и таким образом увеличивать давление на стены, засыпку эти стенами выполняют из сухого, тщательно утрамбовываемого грунта. В нижней части ее закладывают иногда тощий бетон. (фиг. 31), взятый в пропорции: 1 часть це-

мента и примерно 15 частей песка со щебнем и соединяемый со стенами для предотвращения появления трещин более жирным бетоном с железной арматурой. Кроме того применяют меры к удлинению путей фильтраций воды; для этой цели со стороны задних поверхностей стен верхних голов делают стенки, устранимые либо из тощего бетона (фиг. 42), либо из глины, либо из глины с примесью песка.

Разрез по АБ



Для сбора фильтрационной воды, проникающей в засынку, иногда укладывают один или несколько рядов дренажей (фиг. 93), образуемых либо из труб с отверстиями, обкладываемыми мелким камнем, либо из крупных камней. Дренажам дают уклон к нижнему бьефу и выводят в этот последний.

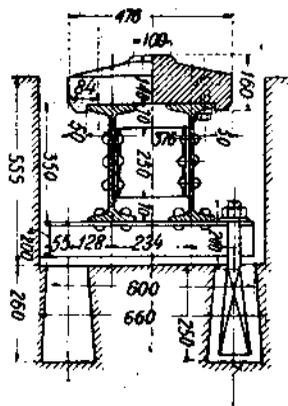
В каменных и бетонных стенах водопроводные галереи для наполнения и опорожнения камер размещают от лицевой и задней поверхностей стен на расстояниях, неменьших половины поперечных размеров водопроводов.

Галереи в каменных стенах перекрывают сводами из тесовой кладки или из клинкера, а снизу ограничивают обратными сводами. Боковые стенки их облицовывают более твердым камнем, реже бетоном.

Галереи в бетонных стенах покрывают камнем или жирным бетоном, который для уменьшения гидравлических сопротивлений затирают цементным раствором, взятым в пропорции: 1 часть цемента и примерно 2 части песка.

Для облицовки водопроводов шлюзов, преодолевающих большие подпоры, в местах значительных скоростей течения применяют чугунные или стальные отливки, прикрепляемые болтами к кладке стен.

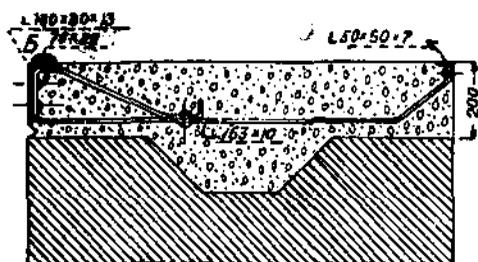
Поперечные водопроводы, а также переходы из продольных в поперечные, либо облицовывают твердым камнем, клинкером или жирным бетоном с соответствующей затиркой сверху, либо покрывают чугунными или стальными отливками.



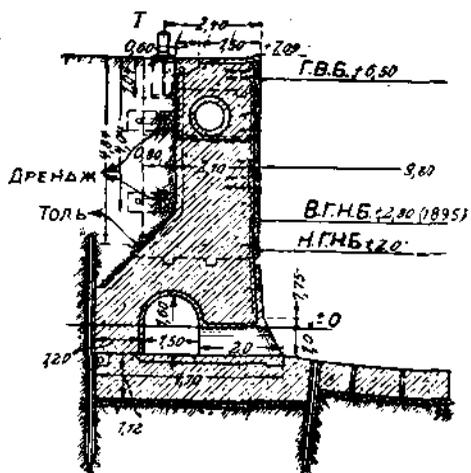
Фиг. 91

Сифонные части водопроводов облицовывают внутри жирным бетоном, который затирают цементным раствором, взятым в пропорции: 1 часть цемента и примерно 1 часть песка, а сверху покрывают металлом; с внешней стороны над верхней поверхностью стен для защиты от солнечных лучей их затирают цементным раствором.

Галереи, ниши, отверстия и колодцы, устраиваемые в стенах для веерных, откатных и погружаемых ворот или для частей других типов ворот, для щитов, для приводных



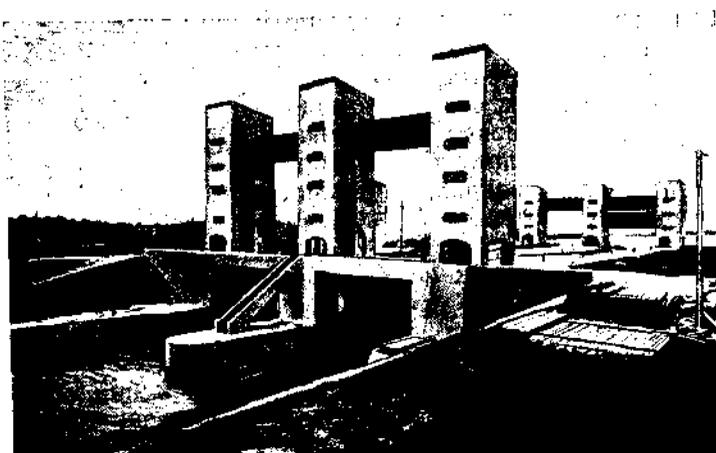
Фиг. 92.



Фиг. 93.

механизмов ворот и щитов, а также для принадлежностей шлюза и полущлюза, облицовывают, в зависимости от степени важности этих принадлежностей для шлюза и полущлюза, камнем или бетоном. Например, особенно тщательно выполняют облицовку в местах передачи сосредоточенных давлений от подвижных частей, от принадлежностей и оборудования шлюзов и полущлюзов, а также в колодцах для плит или поплавков, служащих для открытия и закрытия ворот и щитов (см. § 39).

Смотровые колодцы и отверстия небольших размеров, выводимые на верх стен, закрывают железными плитами, реже досками, такие же колодцы и отверстия значительных размеров закрывают плитами, досками или сводиками, опираемыми на стены и на металлические балки, уложенные по стенам. В сводиках устраивают дверцы.



Фиг. 94.

Надстройки на стенах для сегментных и подъемных ворот, а также служебные постройки, например централизованные кабины (см. § 39), делают из камня или из бетона с тщательной облицовкой и нередко с архитектурной отделкой (фиг. 89). Надстройки для подъемных ворот соединяют сверху мостами, на

которых располагают приводные механизмы, последние закрывают с боков стенами, а сверху крышей (фиг. 94—шлюз у Ляденбурга на р. Неккаре).

§ 10. Каменные и бетонные фундаменты

Каменные и бетонные фундаменты делают либо общими для боковых стен и флютбетов, либо отдельными для тех и других.

Первые называют сплошными. Их устраивают преимущественно в головах шлюзов и в полушлюзах, возводимых на основаниях неспособных выдерживать больших нагрузок. Такие фундаменты дают возможность распределять нагрузки на значительно большие площади основания, чем отдельные фундаменты, и избегать дорого стоящих работ по предварительной подготовке оснований.

Кроме того, они способствуют удлинению путей фильтраций воды и уменьшению вредного влияния ее на основания, находящиеся непосредственно за ними однако устройство их связано с рядом затруднений и обходится недешево.

Поперечные размеры их, в частности их толщину (δ), определяют расчетом, рассматривая их как упругие балки, лежащие на упругих основаниях и подвергающиеся главным образом изгибу и сжатию, или изгибу и растяжению.

Перед приступом к расчету толщины (δ) ее задают, руководствуясь толщинами фундаментов построенных сооружений, и затем в различных местах по длине шлюза или полушлюза, перпендикулярно оси того или другого, вырезают полосы шириной, равной единице длины (обычно 1 м), выясняют все действующие на них активные и реактивные силы, определяют осевые сжимающие или растягивающие усилия (N), изгибающие моменты (M) и поперечные усилия (Q) и затем напряжения от совместного действия сжатия и изгиба или растяжения и изгиба, а также от срезания, после чего поверяют правильность выбранных толщин.

Действующие на фундаменты активные силы могут быть либо сосредоточенными или принимаемыми за таковые, либо распределяющимися по длине полос и их частей равномерно или по определенной зависимости, которую для обычно действующих на шлюзы и полушлюзы нагрузок с достаточной для практических целей точностью можно принять по выражению:

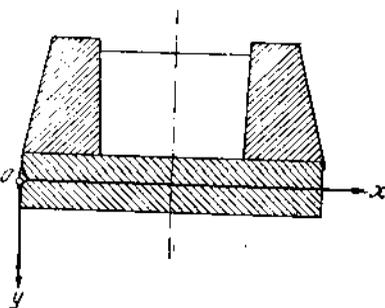
$$q = q_0 + tx, \quad (20)$$

где:

q_0 — равномерно распределенная часть нагрузки,

t — постоянный коэффициент, зависящий от характера распределения нагрузки,

x — абсцисса произвольно выбранного по длине полосы сечения, отсчитываемая от начала координат 0 (фиг. 95).



Фиг. 95.

К сосредоточенным активным силам относятся:

- 1) вес ворот, мостов и различных частей оборудования шлюза или полушлюза,
- 2) давление воды и случайных сил, например волнения и ударов подвижного состава, передаваемых воротами,
- 3) давление воды, засыпки, составляющих тяговых усилий, необходимых для проводки подвижного состава, и случайных сил, например от ударов подвижного состава, действующих в горизонтальном направлении на стены и передаваемых ими на фундамент,
- 4) временные нагрузки, передаваемые мостами.

К силам, распределяющимся различным образом по длине полос, относятся:

- 1) вес стен,
- 2) вес воды между стенами и позади их,
- 3) вес засыпки,
- 4) временные вертикальные нагрузки, действующие на стены и на засыпку от веса толпы и веса живых и механических двигателей, проводящих подвижной состав,

5) вес оборудования шлюза или полушлюза, если он передается на участки определенной длины,

6) собственный вес фундамента,

7) давление фильтрационной воды на подошву фундамента.

Реактивными силами являются реакции грунта основания, распределяющиеся по длине полос по закону, точное выражение которого неизвестно, но с достаточной достоверностью может быть принято для произвольно выбранных поперечных сечений полос по формуле:

$$p = p_0 + ky + k_1 y^2 + k_2 y^3 + \dots \quad (21)$$

где:

p — единичная реакция грунта,

p_0 — единичная неупругая реакция его,

k, k_1, k_2 — постоянные коэффициенты, зависящие от свойств грунта основания, называемые коэффициентами оседания,

y — вертикальное оседание основания.

С достаточной для практических целей точностью p может быть принято по формуле:

$$p = p_0 + ky, \quad (22)$$

где k изменяется для различных грунтов в пределах примерно от 3 до 20 кг/см³.

Для определения напряжений от указанных выше сил выбирают такие случаи их действия и такие сочетания, которые вызывают в полосах наибольшие напряжения.

Для определения величин y , которые можно принять равными прогибам осей полос, обращаются к рассмотрению уравнения оси изогнутой балки, которое в системе координат, показанных на фиг. 95, имеет вид:

$$EJ \frac{d^2 y}{dx^2} = -M, \quad (23)$$

где E — модуль нормальной упругости материала полосы, определяемый для бетона выражением:

$$E_b = \frac{4 E_b' E_b''}{E_b' + E_b'' + 2 \sqrt{E_b' E_b''}} \quad (24)$$

E_b' — модуль нормальной упругости бетона на растяжение,

E_b'' — " " " " сжатие,

J — момент инерции произвольно выбранного поперечного сечения полосы относительно горизонтальной оси, проходящей через его центр тяжести параллельно оси шлюза или полушлюза, равный $\frac{\delta^3}{12}$,

M — изгибающий момент, считаваемый положительным, если он производит изгиб полосы выпуклостью вниз.

Беря вторую производную от обеих частей уравнения (23) и имея в виду, что $\frac{d^2 M}{dx^2}$ равняется единичной нагрузке в рассматриваемом сечении, равной в свою очередь $-q + p_0 + ky$,

где: q — единичная нагрузка внешних сил, действующих справа от сечения с абсциссой x , определяемая выражением (20). Она считается положительной, если направление ее отвечает направлению положительной оси ординат; получаем:

$$EJ \frac{d^4 y}{dx^4} + ky = q \quad (25)$$

(p_0 , будучи одинаковой по длине полос и, следовательно, не влияющей на их изгиб, обычно опускается).

Интеграл уравнения (25) имеет вид:

$$y = \frac{q_0 + mx}{k} + A_1 \operatorname{ch} \operatorname{hyp} ax \cos ax + A_2 \operatorname{ch} \operatorname{hyp} ax \sin ax + A_3 \operatorname{sh} \operatorname{hyp} ax \cos ax + A_4 \operatorname{sh} \operatorname{hyp} ax \sin ax, \quad (26)$$

где: A_1, A_2, A_3 и A_4 — постоянные интегрирования.

$$a = \sqrt[4]{\frac{k}{4EJ}}. \quad (27)$$

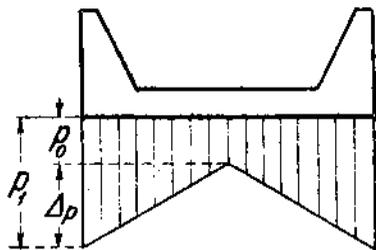
Зная y , можно получить значение тангенса (i) угла наклона к оси Ox касательной к изогнутой оси, изгибающего момента (M) и поперечной силы (Q). Они следующие:

$$i = \frac{m}{k} + a [(A_2 + A_3) \operatorname{ch} \operatorname{hyp} ax \cos ax + (A_4 - A_1) \operatorname{ch} \operatorname{hyp} ax \sin ax + (A_1 + A_4) \operatorname{sh} \operatorname{hyp} ax \cos ax + (A_2 - A_3) \operatorname{sh} \operatorname{hyp} ax \sin ax]; \quad (28)$$

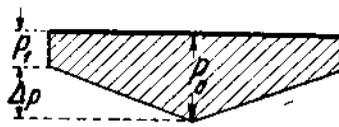
$$M = \frac{k}{2a^2} (-A_4 \operatorname{ch} \operatorname{hyp} ax \cos ax + A_3 \operatorname{ch} \operatorname{hyp} ax \sin ax - A_2 \operatorname{sh} \operatorname{hyp} ax \cos ax + A_1 \operatorname{sh} \operatorname{hyp} ax \sin ax); \quad (29)$$

$$Q = \frac{k}{2a} [(A_3 - A_2) \operatorname{ch} \operatorname{hyp} ax \cos ax + (A_1 + A_4) \operatorname{ch} \operatorname{hyp} ax \sin ax + (A_1 - A_4) \operatorname{sh} \operatorname{hyp} ax \cos ax + (A_2 + A_3) \operatorname{sh} \operatorname{hyp} ax \sin ax). \quad (30)$$

Относя выражения (26), (28), (29) и (30) к участкам полос, в которых либо отсутствуют резкие изменения нагрузок, либо J остается постоянным, можно для тех сечений, в которых один участок примыкает к другому, определить по-



Фиг. 96.



Фиг. 97.

стоянные интегрирования и получить искомые значения M и Q и затем, имея N , как указано на стр. 61, определить напряжения в полосах.

Определение постоянных интегрирования может быть весьма упрощено, если применить способы, предложенные у нас проф. Крыловым и другими.

Для менее точных подсчетов напряжений в фундаментах однолинейных шлюзов или полушлюзов с симметричной нагрузкой можно воспользоваться приближенным методом инж. Франциуса, основанном на предположении распределения единичной реакции основания по линейной (фиг. 96 и 97), параболической или синусоидальной зависимости от длины полос.

Обозначая через:

p_0 — единичную реакцию грунта по оси шлюза или полушлюза,

p_1 — " " реакцию грунта на внешних оконечностях полосы,

L — длину полосы (фиг. 98),

p — единичную равномерно распределенную нагрузку на участках $a_1 a_1$ и $a_2 a_2$,

- q — такую же нагрузку на участке $a_1 a_2$ между стенами,
 P — сосредоточенные силы,
 c — расстояние точек приложения сил P до ближайших к ним оконечностей полос,
 M — момент сил, действующих на полосу через посредство стен и непосредственно на концевые сечения,
 $\Delta p = p_1 - p_0$,
 n — постоянный коэффициент, зависящий от формы распределения единичной реакции основания и равный в предположении

линейного распределения	0,3500
параболического "	0,3667
синусоидального "	0,3795

имеем при E и J постоянных по длине полосы:

$$\Delta p = \frac{(p - q) a (L - 2a)(5L^2 - 2La - 4a^2) + P(5L^3 - 24L^2c + 32c^3) - 24ML^2}{\frac{16E\delta^2}{k} + nL^4} \quad [(31)]$$

$$p_0 = \frac{\Delta p}{2} + \frac{2}{L} \left[P + ap + \frac{q(L-2a)}{2} \right]; \quad (32)$$

$$p_0 = p_1 - \Delta p. \quad (33)$$

Имея значения p_0 и p_1 , можно для каждого сечения полосы определить M и Q , а имея N , определить напряжения в них и следовательно поверить достаточность выбранных толщин δ .

Для уменьшения толщины фундамента и размывающего действия фильтрационной воды основание, на котором предполагают возводить фундамент, надлежащим образом подготавливают, для этой цели слабые слои грунта удаляют и заменяют более прочными, например глиной. Если же укладка глины встречает затруднения, например, когда приходится предварительно откачивать воду, то эти слои либо заменяют тощим бетоном, погружаемым в нее, либо уплотняют грунт посредством забивки свай.

Если материковый грунт расположен ниже подошвы фундамента на такой глубине, что в него можно упереть сваи, то при помощи их нагрузку от фундамента передают на этот последний,

если же грунт залегает на значительной глубине, нагрузку от фундамента передают либо посредством глубоких врезных зубьев $z_1 z_1$ и $z_2 z_2$ (фиг. 41), либо посредством столбов $c_0 c_0$, располагаемых первые по внешнему очертанию фундамента, а вторые внутри его.

Если в будущем потребуется понижать фундамент, такая конструкция может весьма облегчить производство работ.

В случае глубокого залегания материкового грунта фундамент может быть устроен либо на опускных колодцах, либо подобно тому, как сделано в шлюзе у Нуссдорфа на Дунайском обходном канале в Вене, — на кессонах.

Если по местным условиям не требуется устраивать сплошного фундамента, фундаменты под стенами делают отдельными от фундамента под флютбетом и разделяют посредством шпунтовых рядов на ряд отсеков.

Такие фундаменты рассматривают как части стен и рассчитывают по принципам, указанным в § 9, кроме того их поверяют на выпучивание грунта основания в сторону камеры.

Шпунтовые ряды обычно располагают в шлюзах и полушлюзах по внешним очертаниям тех и других, а в шлюзах — между головами и камерами, но, если встречается особая необходимость, то и в головах и в камерах.

Если такие ряды забиты на достаточную глубину и достаточно тщательно, то они являются хорошим средством для уменьшения вредного действия фильтрационной воды на фундаменты и облегчают их постройку.

Внутренние продольные шпунтовые ряды забивают обычно отдельными участками между поперечными рядами, последние же пропускают поперек всего шлюза или полушлюза; такое расположение поперечных рядов делают с той целью, чтобы не допускать протока фильтрационной воды по линиям продольных шпунтов.

В верхних головах шлюзов со стенками падения не следует располагать промежуточные ряды таким образом, как показано на фиг. 99, по той причине, что при последующей осадке голов может произойти разрыв фундамента по линии *аб*.

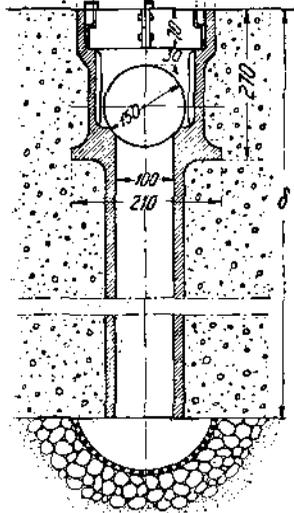
В случае больших напоров фильтрационной воды фундаменты между стенами иногда делают в виде сводов с опорами на фундаментах стен, и тогда внутренние продольные ряды забивают наклонно (фиг. 43).

Шпунтовые ряды обычно применяют деревянные, в грунтах же, недопускающих забивки дерева, металлические системы Лярсена, Ренсома и других.

Эти ряды по сравнению с деревянными отличаются значительной плотностью, так как в зазоры между шпунтинами зачастую проникают частицы грунта и закрывают их.

Для предотвращения протекания фильтрационной воды по внутренним шпунтовым рядам последние иногда срезают ниже верхней поверхности фундамента и покрывают сверху бетонными полосами *п,п* (фиг. 43), сделанными в виде ласточкина хвоста, связываемого с кладкой верхней части фундамента.

Таким же образом поступают в отношении внешних поперечных шпунтовых рядов, примыкающих к бетонным укреплениям дна подходов к шлюзам и полушлюзам.

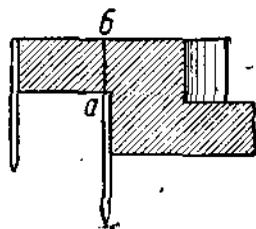


Фиг. 100.

Состав бетона и количество воды для него назначают аналогично тому, как было указано в предыдущем параграфе для стен. Обычно состав его берут в пропорции: 1 часть цемента, $2\frac{1}{2}$ —3 части песка и 5—6 частей щебня,—при этом более жирный употребляют по периферии, а более тощий для заполнения.

Что касается очертаний фундаментов между стенами, то верхнюю поверхность их делают либо горизонтальной, либо с наклоном от стен к оси шлюза, либо вогнутой с отношением стрелы к ширине примерно 1 к 20—25 (фиг. 101 — шлюзы на р. Мозеле).

Нижнюю поверхность сплошных фундаментов делают либо горизонтальной с утолщениями к середине, реже — с утолщениями под боковыми стенами.



Фиг. 99.

В достаточно плотных грунтах вместо шпунтовых рядов иногда применяют утолщения фундаментов по их внешнему очертанию и реже — поперек камер, сделанные в виде врезных зубьев.

Другой способ уменьшения влияния на фундамент фильтрационной воды заключается либо в отводе ее в нижний бьеф посредством дренажей, либо в заделке в фундамент чугунных трубок, закрываемых снизу сетками, а сверху шариковыми клапанами (фиг. 100 — шлюз у Стшекова на р. Эльбе); для предохранения трубок от заполнения частицами грунта сетки обкладывают снизу камнями.

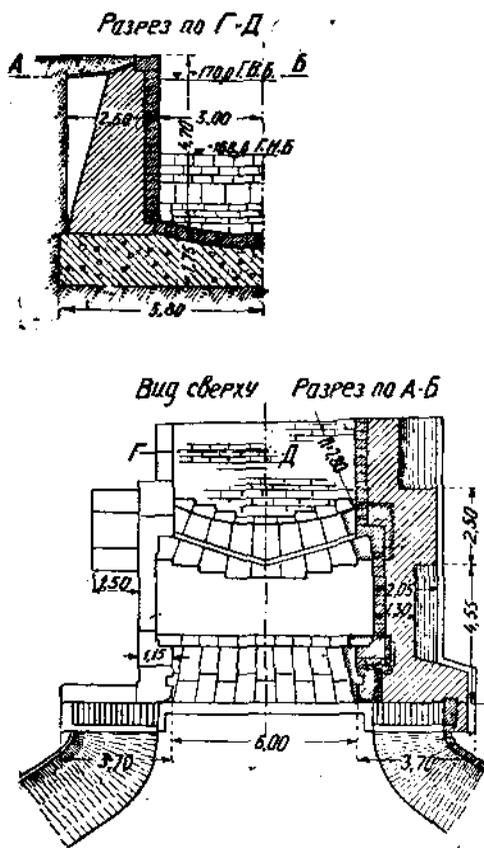
До появления цементов фундаменты строили из каменной кладки, причем для лучшего сопротивления изгибу их либо закладывали на весьма значительной глубине, либо применяли сводчатые фундаменты (фиг. 53).

С появлением цементов стали применять почти исключительно бетон, позволивший выполнять в небольшой срок достаточно прочные и водонепроницаемые фундаменты и притом не только в сухих местах, но и в покрытых водой.

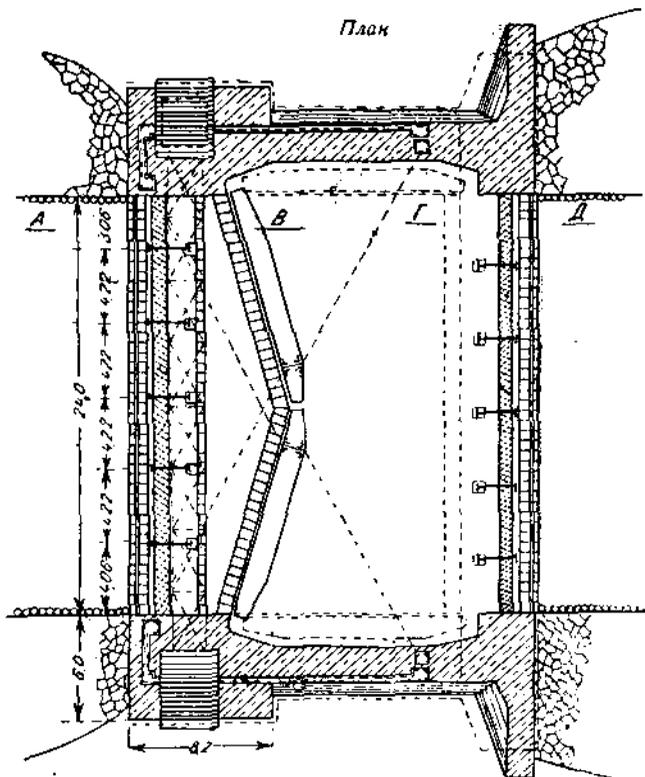
Толщину сплошных фундаментов по длине шлюза или полушлюза, вследствие разницы грунтовых условий и нагрузок, а также вследствие наличия особых конструкций, как - то, разного рода углублений, делают различной; например в караванных шлюзах, построенных на р. Одере от впадения р. Нейсы до Бреславля, в верхней части камер она была принята на протяжении 30 м в 1 м, далее к нижнему бьефу уменьшена до 0,5 м.

Применяя фундаменты изменяющейся толщины, сопряжения нижних поверхностей участков с различными толщинами делают обычно наклонными плоскостями и, как исключение, вертикальными.

В случае необходимости устроить у шлюза особые фундаменты, как например, для насосных и силовых установок, обслуживающих шлюз, для разного рода построек, а также для пропуска дюкеров, фундаменты делают либо отдельными от шлюза, либо общими с ним и конструируют в зависимости от размеров и назначения возводимых на них сооружений.



Фиг. 101.



Фиг. 102а.

Флютбеты голов делают большей частью горизонтальными.

Флютбеты шкафных частей ворот, вращаемых на горизонтальных осях (фиг. 17), и откатных (фиг. 19), делают иногда не горизонтальными. Первым дают тогда очертания, отвечающие очертаниям ворот, а вторые делают с вогнутостью вниз. Эту вогнутость делают с той целью, чтобы случайно попадающие предметы не препятствовали движению ворот.

Стенки падения малой высоты очерчивают в плане по прямым, а более значительной либо по дугам кругов (фиг. 42), либо по ломаным линиям (фиг. 26), реже — по кривым сложных видов.

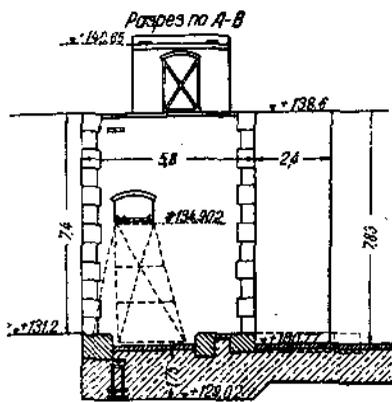
Стенки, образываемые по кривым или ломаным линиям, устраивают в виде сводов с опорами на упорных стенах и рассчитывают на давление от ворот и от грунта засыпки; прямолинейные же рассчитывают как подпорные стены.

Если верхние головы оборудованы воротами, не допускающими переливания воды во время наполнения камер по стенкам, то лицевые поверхности послед-

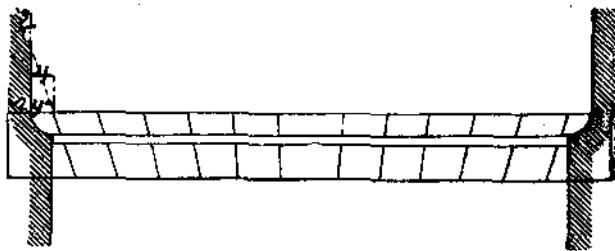
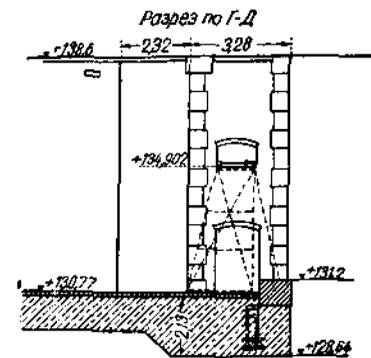
них делают большей частью вертикальными или близкими к вертикальным и с уширениями книзу; если же головы оборудованы воротами, допускающими переливание воды по стенкам, последние образуют по типам флютбетов водосливных плотин.

Те части входных фундаментов, на которые опирают ремонтные заграждения шандорного типа, передающие давление напора на входные стены, образуют в виде перемычек из тесовой или из бетонной кладки.

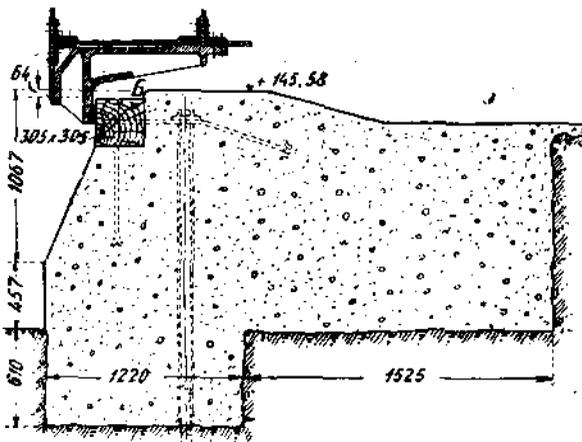
В случае применения заграждений иных типов, например шандорных, щитовых или спицевых, передающих давление на стойки, подкосы или на фермы, опираемые на флютбет, входные фундаменты, а иногда и фундаменты шкафных частей, если в них вынесены опорные части подкосов и ферм, конструи-



Фиг. 102б.



Фиг. 103.



Фиг. 104.

руют по типам, аналогичным водобойным частям разборчатых плотин, например для помещения уложенных ферм делают углубления, а для упора спиц пороги (фиг. 102 — полушлюз в канале Копен—Шёнау на р. Одере).

Различные галереи и отверстия в фундаментах и стенках падения устраивают по тем же правилам, как и отверстия в стенах.

Короли делают обычно в виде перемычек из тесовых камней и очерчивают в плане с верховой и низовой стороны для однополотных и двухполотных бесраспорных ворот по прямым линиям (фиг. 103), а для двустворчатых ворот с распором либо по двум ломаным (фиг. 102), либо по ломаным, соответствующим очертаниям кривых сводов (фиг. 101). Разрезка камней перемычек показана на фиг. 101—103, а также на фиг. 30, 40, 42, 87 и 90. Для упора ворот в камнях делают вырубку глубиной, равной углублению флютбетов шкафных частей; ниже этих вырубков камни заделывают в фундамент.

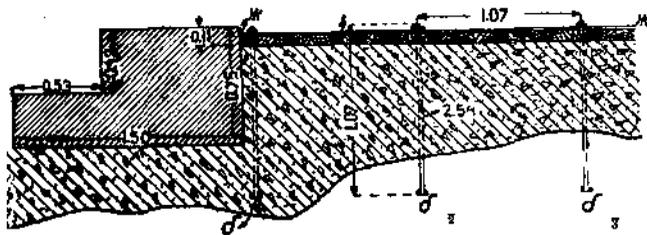
Пятовые камни делают значительно больших размеров, чем средние (фиг. 90 и 101), и заделывают как в стены, так и в фундамент на большую глубину, чем прочие камни. Их граням, обращенным в сторону напора, дают ширину не менее удвоенной глубины шкафных стен (фиг. 103) и укладывают для упора двустворчатых ворот с распором по большей части подобно опорным камням

сводов (фиг. 101), а для односторчатых ворот с уклоном боковых граней к оси шлюза или полушлюза около $13-20^\circ$, при этом во всяком случае избегают острых углов. Со стороны королей в них делают вырубку, устраиваемые по той же форме, как и в прочих частях королей, у стен же — по форме веревяльных выкружек.

Для королевых перемычек, устраиваемых из бетона, применяют более жирный бетон, чем для прочих частей фундаментов, и либо затирают сверху цементным раствором, либо покрывают листовым и фасонным железом, удобным в отношении передачи давления на возможно большую часть фундамента.

Для передачи давления от ворот на короли к последним иногда прикрепляют болтами или ершами деревянные брусья Б (фиг. 104 — шлюз у Кеокука на р. Миссисипи), боковые грани которых со стороны упора ворот для лучшего прижатия последних, иногда несколько скашивают.

Стенки падения облицовывают крупными камнями, соединяемыми иногда с забуткой пиронами (фиг. 10). Особенно тщательно выполняют облицовку для



Фиг. 105.

стенкам, по которым производят переливание воды во время наполнения камер. Бетонные стенки облицовывают также более жирным бетоном.

Ремонтные перемычки образывают, подобно королевым, из более крупных камней, боковые поверхности которых образуют либо подобно клиньям сводов, либо с

наклоном к оси шлюза (фиг. 101), либо параллельными ей; эти перемычки делают также из более жирного бетона, затираемого сверху цементным раствором.

Для лучшего прилегания шандоров к перемычкам к последним иногда прикрепляют деревянные брусья.

Если через шлюз прокладывают тузрную цепь, то в облицовке королевых и ремонтных перемычек для пропуска ее оставляют отверстия, покрываемые снизу и с боков листовым железом.

Флютбет голов, кроме флютбета перемычек, и флютбет камеры редко оставляют без облицовки, но покрывают либо тесовым камнем, либо клинкером, либо жирным бетоном, затираемым сверху цементным раствором; особенно тщательно облицовывают его в местах, подвергающихся действию течения воды, как-то: у отверстий водопроводных галлерей, в местах передачи значительных нагрузок, например от откатных ворот и т. п.; в этих случаях применяют более твердый камень или более жирный бетон; в местах, подвергающихся действию течения воды, применяют также деревянный настил, укладываемый либо по брусам, прикрепленным к фундаменту болтами, либо непосредственно по бетону, с которым его скрепляют полосовым железом жж (фиг. 105) на вертикальных болтах b_1, b_2, b_3 ; углы и выступающие части нередко защищают также железом.

Фундаменты под стенами сберегательных бассейнов делают большей частью независимыми от фундаментов флютбетов бассейнов. Последние делают либо из каменной кладки на гидравлическом растворе, иногда с добавкой трасса и гидравлической извести, либо из бетона толщиной $0,2-0,5$ м (фиг. 51).

§ 11. Железобетонные стены и фундаменты

Железобетон стали применять для устройства стен и фундаментов шлюзов и полушлюзов сравнительно недавно. Благодаря своим качествам он вскоре получил широкое распространение, которое с каждым годом все более увеличивается.

Особенно желательно его применение для шлюзов, преодолевающих значительные подпоры, возводимых в грунтах, не могущих выдерживать больших нагрузок, и в грунтах водопроницаемых, вызывающих необходимость прибегать к устройству весьма сложных и дорого стоящих оснований.

Вводя железо в те зоны бетона, где ожидаются растягивающие напряжения, оказывается возможным уменьшить вес стен и фундаментов, упростить основания и уменьшить стоимость шлюза или полшлюза.

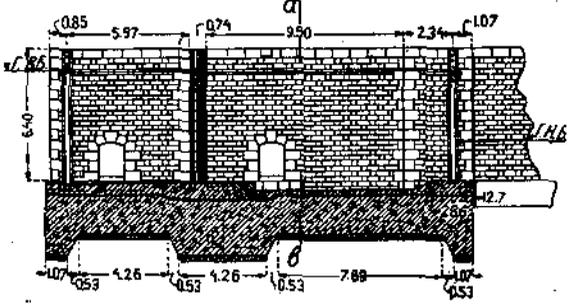
Этим однако не исчерпывается применение железобетона, так как и при более благоприятных грунтовых условиях для шлюзов и полшлюзов, преодолевающих и меньшие подпоры, он может оказаться более выгодным, чем камень и бетон, если конечно местные условия складываются в пользу его применения.

Железобетонные стены и фундаменты разделяют на гравитационные — бетонные с частичным вложением арматуры, на полые и на решетчатые.

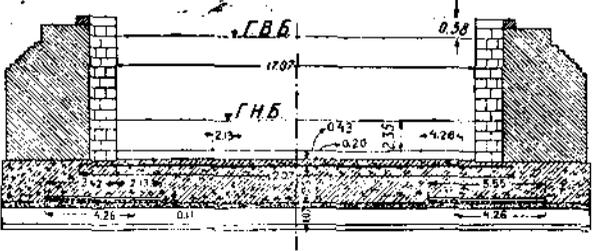
Примером гравитационных стен с частичным вложением арматуры могут служить боковые стены шахтного шлюза у Гейрихенбурга (фиг. 10); в этих стенах арматура применена непосредственно над продольными водопроводами, а также в верхней части стен и служит: верхняя, в виду отсутствия температурных швов, для восприятия напряжений, возникающих при изменении температуры, а нижняя — для усиления нижней части стен.

Примером бетонных фундаментов со вложением арматуры могут служить фундаменты голов шлюзов на рр. Шексне (фиг. 30) и Северном Донце

РАЗРЕЗ ПО ОСИ ШЛЮЗА



РАЗРЕЗ ПО АВ

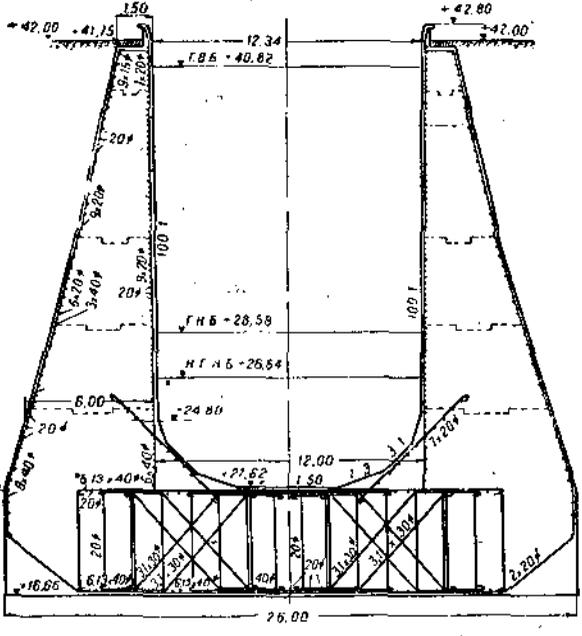


Фиг. 106.

и Северном Донце (фиг. 106); в последних арматура уложена как в верхней части фундаментов между стенами, так и частично в нижней.

В ряде шлюзов, построенных за последнее время на германских каналах, арматура применена не только в фундаментах голов, но также и в фундаментах камер (фиг. 35).

В некоторых шлюзах арматуру вводят одновременно как в стены, так и в фундаменты (фиг. 107 — новый шлюз у Фюрстенберга), при этом продольную предназначают для восприятия растягивающих напряжений от изгиба в вертикальной плоскости параллельной оси шлюза, а поперечную — для восприятия напряжений в плоскости перпендикулярной той же оси, и для связи стен с фундаментом.



Фиг. 107.

Сравнивая приведенные типы стен и фундаментов с типами бетонных стен и фундаментов, описанных в § 9 и 10, не трудно видеть, что конструкции их близки последним. Очертания их могут иметь формы несколько отличные от

описанных в §§ 9 и 10 в сторону некоторого их облегчения. Это облегчение может быть достигнуто в тех шлюзах, в которых

лицевым поверхностям каменных стен можно дать наклонные очертания, а также в шлюзах незначительных размеров.

В первом случае лицевые поверхности образуют, например, в виде ряда плоскостей, имеющих различные наклоны (фиг. 108 — нижний шлюз в Сороксарском рукаве р. Дуная), над которыми кордон устраивают на консолях K_1 и K_2 , во втором случае, если стены снабжены достаточным количеством арматуры, задние поверхности делают вертикальными, и тогда стены получают вид вертикальных плит. Примером стен последнего типа могут служить стены шлюзов, построенных на нижнем участке р. Одера (фиг. 109 — шлюз у Марвица).

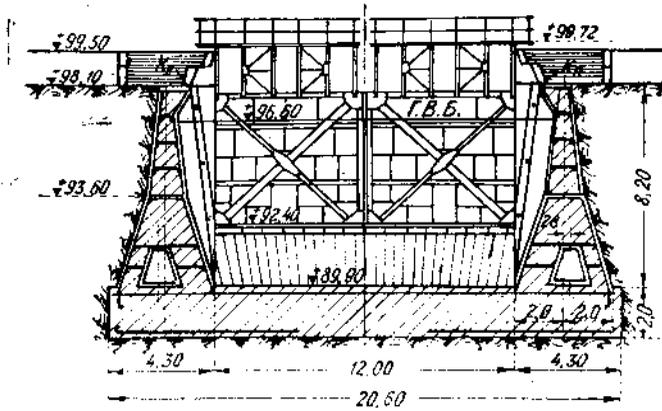
Гравитационные стены и фундаменты делают по длине шлюза, подобно бетонным, из нескольких отсеков, швы между которыми закрывают либо металлическими листами (фиг. 86), либо заливкой асфальтовой мастики, либо железобетонными шпонками, покрытыми смесью смолы и асфальта. Швы эти делают обычно как во всю высоту, так и во всю толщину стен, но иногда для восприятия напряжений от изменений температуры их делают лишь в части той или другой (шлюзы в нижней части Сороксарского рукава и новый шлюз у Фюрстенберга).

Определение поперечных размеров этих стен и фундаментов делают на основании принципов, указанных в §§ 9 и 10, при этом напряжения от растягивающих,

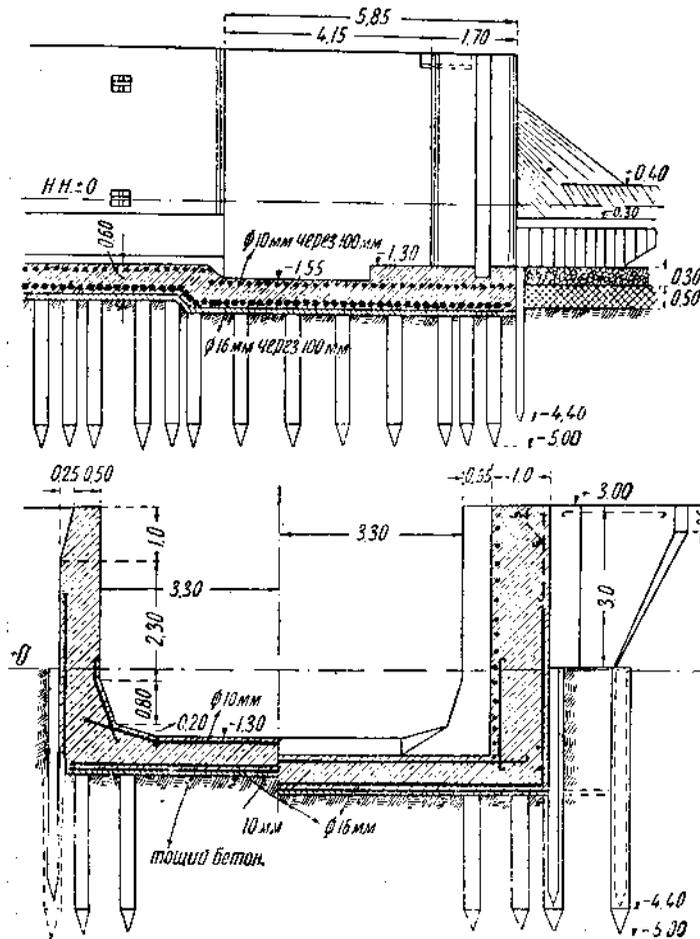
сжимающих и срезающих сил, а также от изгиба определяют по соответствующим формулам железобетонных конструкций.

При расчете сплошных фундаментов надо иметь в виду, что EJ для сечений с двойной арматурой должно быть принято следующим:

$$EJ = E_s \left\{ \frac{x^3}{3} + n[f(\delta - x - a)^2 + f_1(x - a_1)^2] \right\} \quad (34)$$



Фиг. 108.



Фиг. 109.

где:

x — расстояние нейтральной оси рассматриваемого поперечного сечения до поверхности полосы со стороны сжатого пояса

n — отношение модулей нормальной упругости железа и бетона,

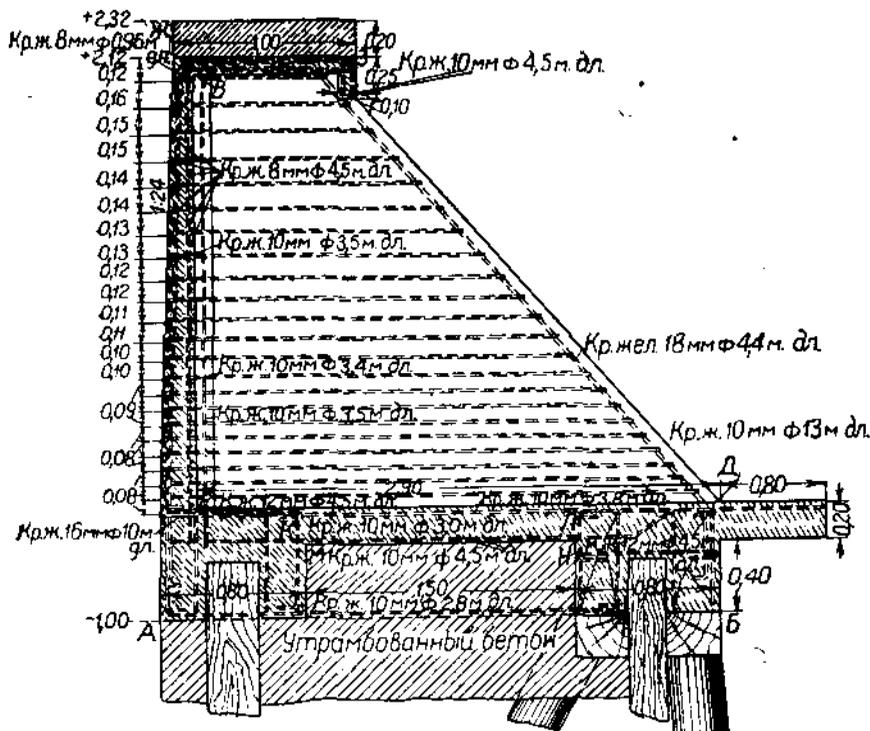
f и f_1 — площади поперечных сечений железа в растянутой и соответственно в сжатой зонах,

a и a_1 — расстояние центров тяжести площадей f и f_1 до поверхностей полос со стороны растянутого и соответственно сжатого поясов.

Прочие обозначения прежние.

Железобетонные полые конструкции, подобно гравитационным, применяют как для стен, так и для фундаментов.

Полые стены (фиг. 110 — шлюз у Утрехта на Мерведском канале в Голландии) образуют из лицевых вертикальных или близких к вертикальным плит,



Фиг. 110.

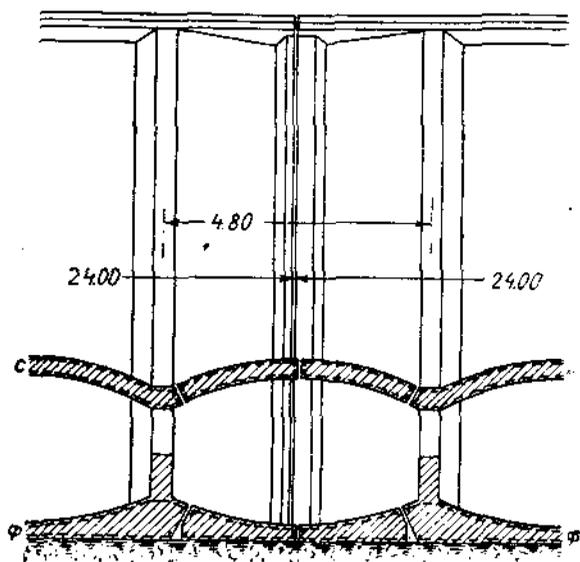
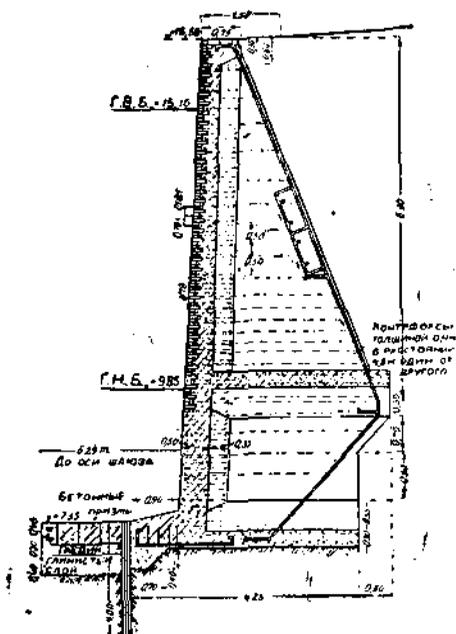
которые поддерживают контрфорсами преимущественно трапециoidalного очертания, располагаемыми перпендикулярно оси шлюза и покрываемыми сверху кордоном.

Лицевые плиты и контрфорсы основывают на горизонтальных плитах, укладываемых или непосредственно на грунт основания, или на горизонтальные балки, покоящиеся на сваях. В местах расположения ворот и щитов контрфорсы устраивают в зависимости от направления равнодействующей давления ворот и от расположения отверстий для щитов.

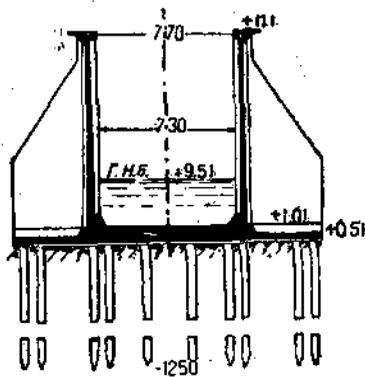
В шлюзе у Утрехта основанием для боковой стены служат две продольных железобетонных балки прямоугольного сечения, опирающиеся: передняя АК — на сваи и задняя БЛ — на шпунтовый ряд. Продольные балки связаны между собой поперечными балками, поверх которых уложены горизонтальные плиты КЛМН. На балке АК возведены лицевые плиты, имеющие толщину, убывающую от низа кверху, плиты связаны с плитами ДЕ поперечными контрфорсами ВГДЕ, поверх которых уложено горизонтальное перекрытие ВГЖЗ, поддерживающее кордон.

В шлюзе у Дбрвердена на р. Везере (фиг. 111) не только стены, но и фундаменты под ними устроены полыми. Стены составлены из лицевых плит, облицованных от кордона до горизонта на 0,5 м ниже нижнего бьефа клинкером

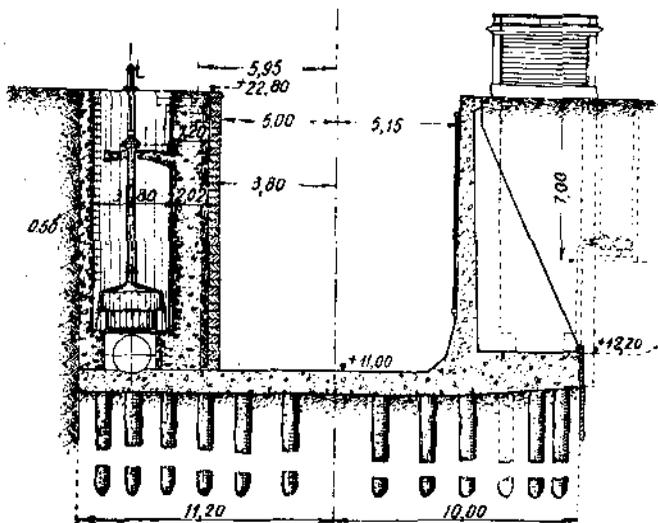
и поддерживаемых контрфорсами, имеющими показанные на фиг. 111 очертания. Внизу они основаны на фундаментных плитах *фф*, сделанных в виде обратных сводов. Приблизительно на трети высоты от низа контрфорсы связаны между собой сводами *сс* с горизонтальными образующими. Своды служат для уменьшения давления засыпки на нижнюю часть лицевых плит и для увеличения устойчивости стен. Через каждые 24 м стены разрезаны на отсеки, отделенные один от другого температурными швами.



Фиг. 111.



Фиг. 112.



Фиг. 113.

Стены с водопроводными галереями иногда устраивают смешанного типа: сверху полыми, а внизу в зоне размещения галлерей массивными (фиг. 112 — шлюз у Понтелягоскуро на канале Бойчелли, соединяющем р. По с ее рукавом По-Волано).

Надо заметить, что полые стены, связанные со сплошными гравитационными фундаментами, позволяют весьма уменьшить толщину последних. Примером таких фундаментов может служить фундамент шлюза у Батальи на канале, соединяющем каналы Баталья и Сотто ди Баталья в Ломбардии (фиг. 113).

Если постоянные части возводят на мягких грунтах, внушающих опасения за выпучивание фундаментов под действием напора фильтрационной воды на их подошвы, фундаменты иногда располагают на железобетонных сваях (фиг. 112 и 113) системы Симплекс или Дуплекс, при этом арматуру фундаментов вводят в сваи. Такая конструкция позволяет в значительной степени уменьшить толщину фундаментов.

Весьма своеобразно стены и фундаменты устроены в шлюзе у Бродоло на водном пути, соединяющем р. По с Венецианской лагуной. Основанием камерных стен и откосных крыльев этого шлюза служат наклонно забитые железобетонные шпунтовые ряды *ab* (фиг. 22) и железобетонные горизонтальные платформы *av*, поддерживаемые со стороны засыпки наклонными сваями *eg* и *eg* и притянутые горизонтальными тяжами к вертикальным анкерным полосам *A*. Выше горизонтальных платформ стены устроены полыми и образованы из лицевых плит *ae*, поддерживаемых поперечными контрфорсами *авв*.

В грунтах слабых, неспособных выдерживать нагрузок даже полых стен, для распределения давления от стен и фундаментов на возможно большую площадь основания постоянные части образуют из полых железобетонных стен и полых фундаментов.

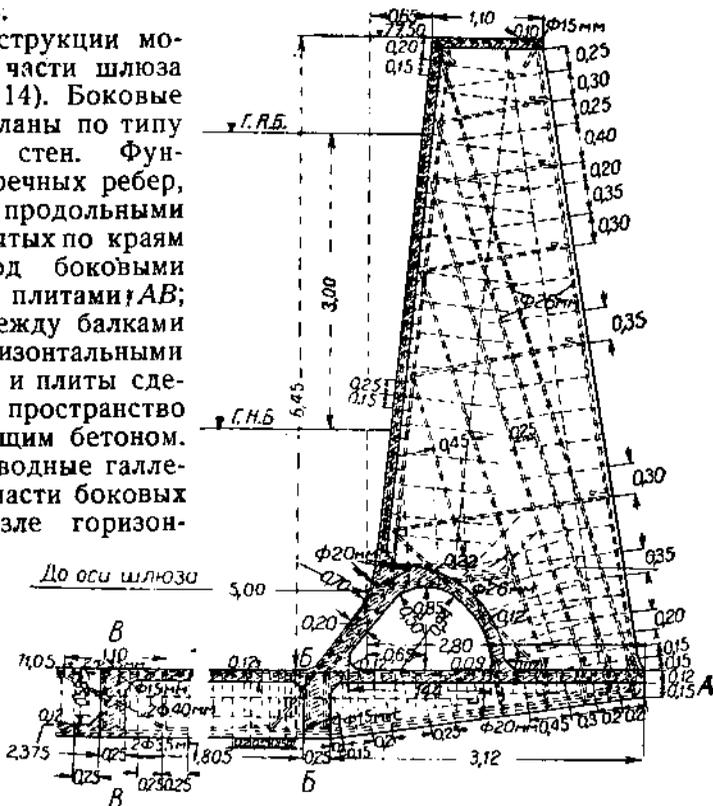
Примером такой конструкции могут служить постоянные части шлюза у Бокени (фиг. 54 и 114). Боковые стены этого шлюза сделаны по типу описанных выше полых стен. Фундамент образован из поперечных ребер, соединенных между собой продольными балками *BB* и *BB* и покрытых по краям флютбета камеры и под боковыми стенами горизонтальными плитами *AB*; снизу посредине шлюза между балками *BB*, ребра связаны горизонтальными плитами *BГ*. Ребра, балки и плиты сделаны из железобетона, а пространство между ними заполнено тощим бетоном.

Продольные водопроводные галереи проведены в нижней части боковых стен непосредственно возле горизонтальных плит и сделаны по типу, показанному на фиг. 114.

Что касается различных уширений, устраиваемых в стенах и фундаментах полых конструкции и необходимых для размещения приводных механизмов ворот и щитов, а также мостов и разного рода углублений и ниш и т. п., то их образуют посредством придания ограничивающим их стенам надлежащего очертания и посредством соответствующего развития контрфорсов.

Определение поперечных размеров частей полых стен и фундаментов делают, исходя из следующих принципов: лицевые стены рассчитывают главным образом на изгиб от давления воды и от нагрузки, передаваемой засыпкой, а также на сжатие нагрузками, передаваемыми кордоном и собственным весом стен. Контрфорсы рассчитывают на сжатие и изгиб под действием нагрузок, передаваемых им главным образом лицевыми плитами и в значительно меньшей степени передаваемых засыпкой и собственным весом. Низовые плиты рассчитывают на изгиб от давлений, передаваемых им лицевыми плитами, контрфорсами и засыпкой, а снизу от реакции грунта основания.

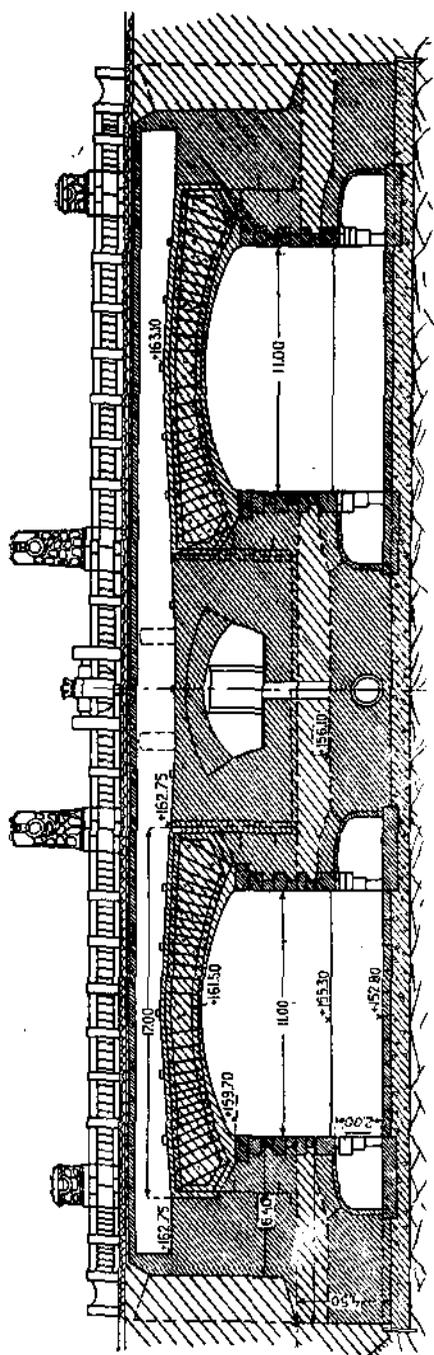
Полые фундаменты рассчитывают по принципам, указанным в §§ 10 и 11.



Фиг. 114.

Железобетонные решетчатые конструкции распространены еще менее, чем полые, и пока применены лишь для стен с закрытыми сберегательными бассейнами.

Примером их могут служить стены шахтного шлюза Гинденбурга у Авдертена, имеющего пять ступеней сберегательных бассейнов (фиг. 50), состоящих каждая из десяти бассейнов.



Фиг. 115.

Камерные стены этого шлюза составлены по длине шлюза из пяти отсеков, отделенных один от другого и от верхней и нижней голов температурными швами. Отсеки закрыты со всех сторон железобетонными стенами, облицованными с лицевой стороны клинкером.

Стены, а также верхние и нижние ограничения бассейнов, связаны между собой железобетонными фермами, состоящими из стоек и раскосов.

Водопроводные галереи шлюза сделаны в виде вертикальных шахт, выведенных из продольных водопроводов.

Железобетонные конструкции нередко применяют в каменных и бетонных стенах и фундаментах для отдельных их частей, как-то: 1) для балочных и сводчатых перекрытий, соединяющих стены нижних голов шахтных шлюзов (фиг. 115—шлюзу Гожина на р. Влтаве), 2) для надстроек, служащих для направления движения подъемных ворот (фиг. 44) и щитов, закрывающих водопроводы сберегательных бассейнов, 3) для анкерных конструкций массивных стен (шлюз у г. Клеве на канале, соединяющем его с р. Рейном в Германии), 4) для поперечных и продольных шпунтовых рядов, 5) для королей, подвергающихся значительным сжимающим и перерезывающим усилиям (фиг. 116—шлюз у Аугст-Вилена на р. Рейне), 6) для сводов, служащих для уширения боковых стен поверху (фиг. 33), 7) для облицовки сифонов и колодцев, стенки которых подвергаются истиранию, например в шлюзах, подвижные части которых устроены с приводами системы Нихольма (см. гл. VII), 8) для укрепления стен (фиг. 31), если оно требуется после их постройки и т. п.

§ 12. Металлические стены

Стены из железа и стали (фиг. 55) стали применять с недавнего времени—вскоре после появления в строительстве железных и стальных шпунтовых рядов.

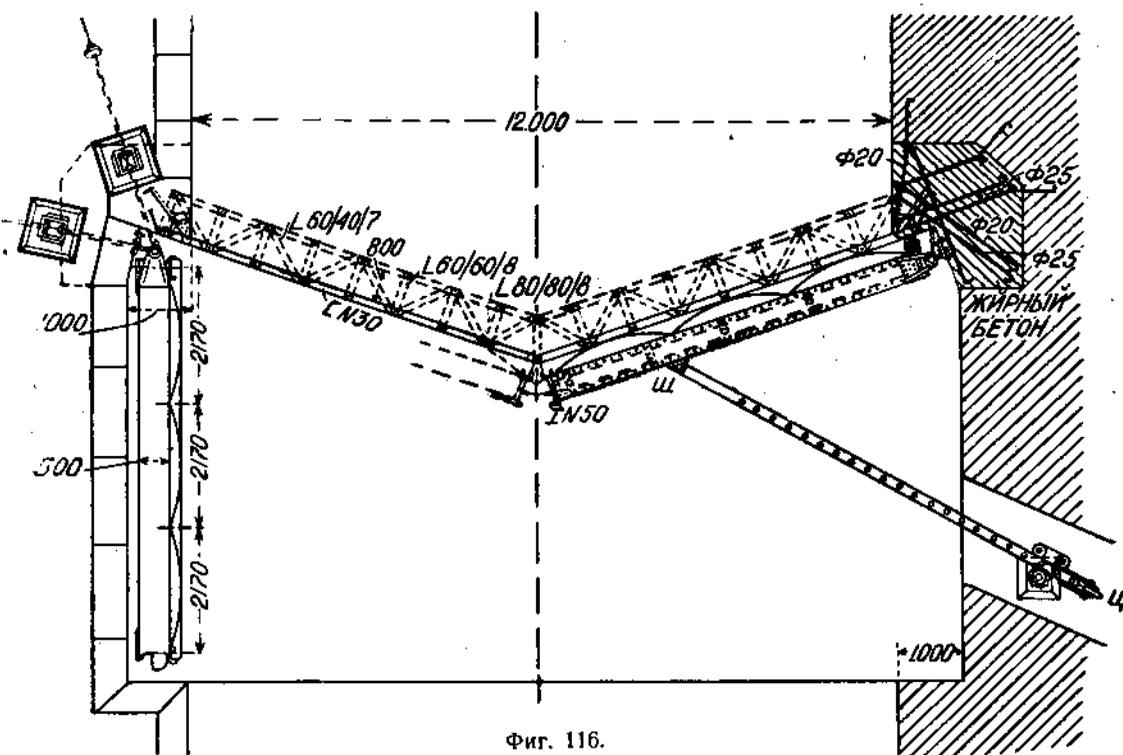
Они оказались достаточно целесообразными для шлюзов, возводимых в грунтах неспособных выдерживать значительных нагрузок.

Их применяют как в камерах, так и в головах и образуют из шпунтов системы Лярсена, Рансома, ящичных и других.

Шпунтовые ряды со стороны засыпки подкрепляют одиночными (фиг. 55) или двойными (фиг. 117—шлюз у Фридрихсфельде на Везель-Даттельнском канале) анкерами. Анкера устраивают в виде металлических тяжей со стяжными муфтами и подушек, сделанных из отрезков таких же шпунтов, или из бетона.

В промежуточных стенах парных шлюзов анкерами *aa* (фиг. 118 — шлюз у Грисхейма на р. Майне) пользуются для соединения одной стены с другой.

Стены из шпунтов оказались достаточно водонепроницаемыми и удобными в отношении быстроты их постройки. Стоимость их ниже других типов. Так как забивка шпунтов по линиям лицевых поверхностей несколько затруднительна



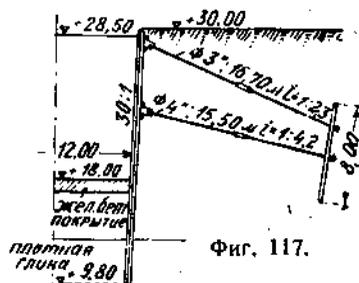
Фиг. 116.

по причине возможных отклонений шпунтов от требуемого направления, шпунты забивают в небольшом отдалении от этих поверхностей и по лицевым поверхностям покрывают отбойными брусьями.

Металлические конструкции применяют в шлюзах для отдельных частей стен, описанных в предыдущих параграфах, как-то: для надстроек для движения подъемных ворот и цилиндрических щитов, закрывающих водопроводы сберегательных бассейнов (фиг. 47), для забральных стенок шахтных шлюзов и др.

Металлические надстройки для подъемных ворот делают либо в виде рамных конструкций (фиг. 119 — шлюз у Даттельна на Везель-Даттельнском канале), либо в виде сквозных пространственных ферм, соединенных поверху металлическими мостами (шлюз у Литтл-Фола и ряд полушлюзов на Эрийском водном пути).

Металлические забральные стенки делают обычно балочного типа. Примером стенки такого типа может служить перекрытие нижней головы шлюза у Бург-Ле-Конта на канале, соединяющем Роани с Дигуэном (фиг. 120), передающее давление от воды на каменные боковые стены. Оно образовано из железной обшивки *бб*, которая прикреплена к ригелям P_0 , P_1 , P_2 и P_3 двутавровых сечений.



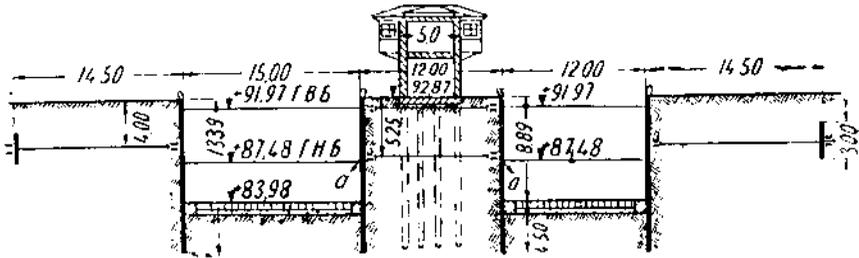
Фиг. 117.

§ 13. Простейшие и смешанные типы стен и фундаментов

К простейшим типам стен и фундаментов относятся стены и фундаменты, возводимые в твердых грунтах, способных держаться достаточно крутыми откосами. В этом случае не только камерные стены, но также и упорные, могут отсутствовать.

Шлюзы, построенные в таких грунтах, имеют вид, показанный на фиг. 121 (шлюз у Хольмена на Тролльхэттанском канале в Швеции).

У нас по этому типу построены береговые стены нижних камер шлюза у Днепровской гидроэлектростанции (фиг. 122).



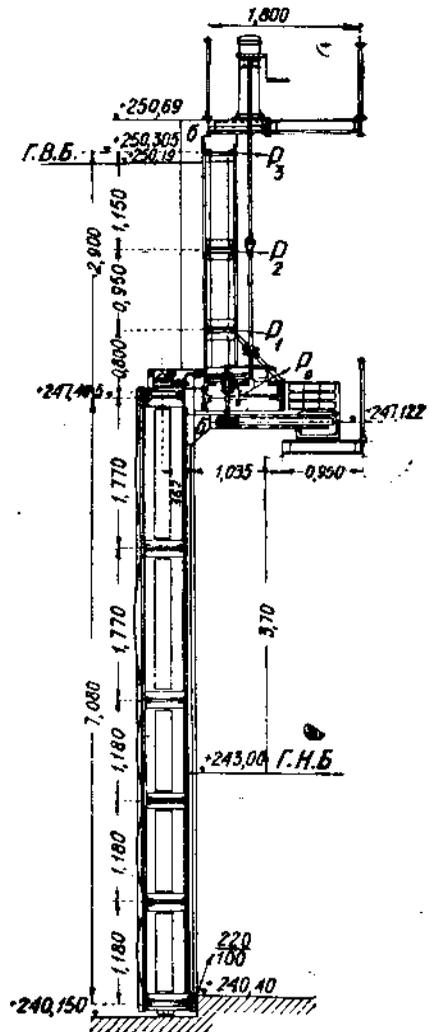
Фиг. 118.

Так как лицевые поверхности стен, после отбойки грунта имеют шероховатый вид, то, чтобы сделать их более гладкими, а если в грунте имеются трещины, то, чтобы предохранить от просачивания воды, их покрывают бетоном. Бетон нередко соединяют с грунтом либо железными пионами, либо анкерами. Для предохранения стен от просачивания за ними воды их защищают иногда обратными стенами K_0K_0 (фиг. 32).

Если после отбойки и удаления грунта оказываются пустоты, их предварительно заполняют камнем, а входы в них, если имеют большие размеры, закрывают стенами, устроенными по типам, описанным в §§ 9 и 11. В этих случаях, в зависимости от конфигурации грунта, стены могут иметь в поперечном разрезе иногда весьма сложные очертания (фиг. 38).



Фиг. 119.



Фиг. 120.

Камерные стены могут быть также значительно упрощены и удешевлены, если имеется избыток воды для шлюзования и если движение подвижного состава не слишком интенсивно. В этом случае их делают откосными и в случае надобности укрепляют. Тип укрепления выбирают в зависимости от крути откосов, качества грунта и способа проводки подвижного состава.

В шлюзах на верхнем участке р. Шпрее, устроенных с камерами, ограниченными откосами, применено одно из легких укреплений, состоящее у флютбета из тяжелых фашин ϕ и ϕ (фиг. 123—шлюз у Бескова), выше—до самого низкого горизонта нижнего бьефа—из мостовой, уложенной на фашинах, а еще выше—из одерновки.

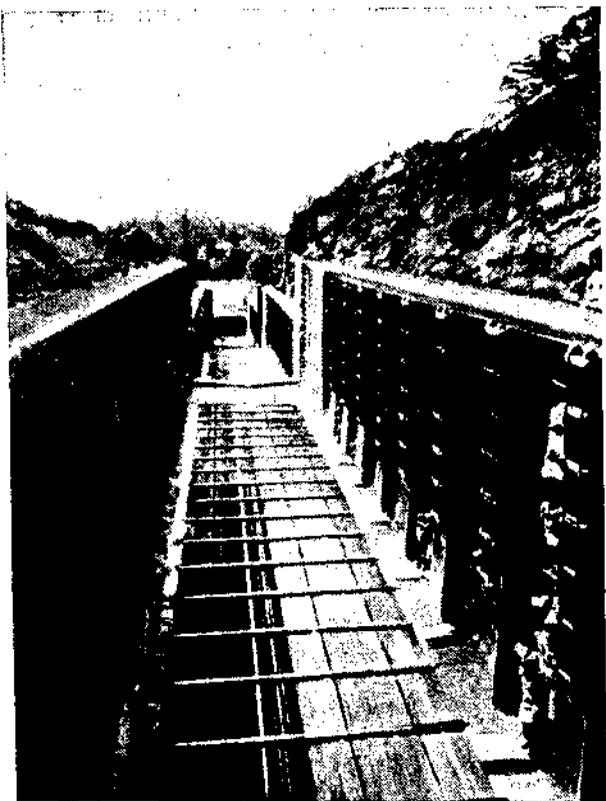
Более распространенным является укрепление откосов камнем, укладываемым иногда на цементном растворе, а также бетонными призмами, укладываемыми на слое песка или гравия.

Первый тип укрепления иногда опирают у флютбета либо на короткие шпунтовые ряды *шш* (фиг. 124—шлюз у Боллингерфера на Дортмунд-Эмском канале), либо на ряд свай, перед которыми или позади которых укладывают призмы из бетона или из каменной кладки.

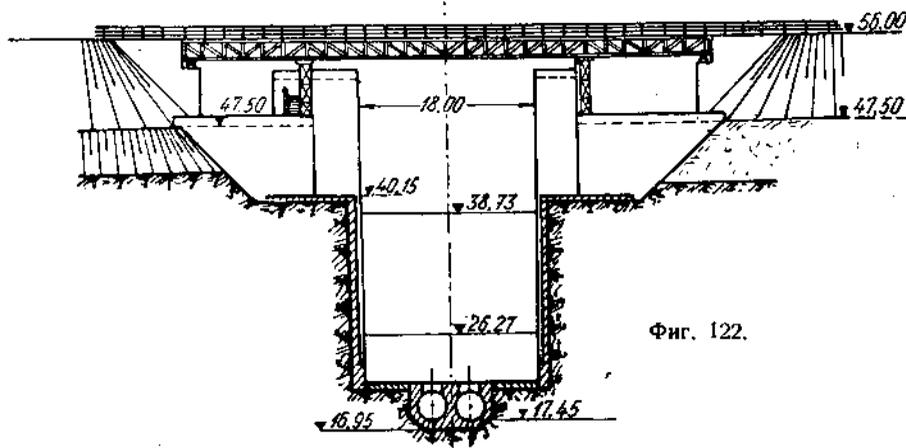
Наклон откосов укреплений возле голов делают обыкновенно более крутым, чем в камерах, а самые укрепления делают более солидными.

Речные стены простейшего типа делают в виде земляных дамб с ядрами из песчано-глинистого грунта, врезаемыми в основание на достаточную глубину и с откосами, укрепляемыми к ак со стороны камеры, так и со стороны реки (фиг. 125—шлюз у Эври на р. Сене).

С речной стороны их укрепляют отмошкой, поддерживаемой шпунтовыми рядами и каменными отсыпями, а дно реки перед ними в случае легко размываемого грунта—фашинными тюфяками.



Фиг. 121.

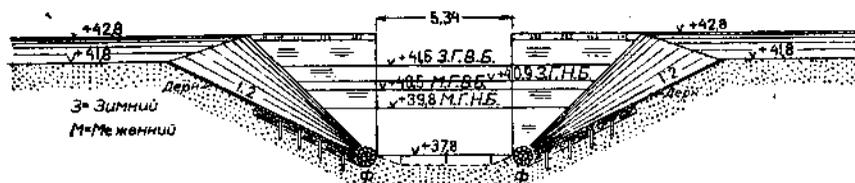


Фиг. 122.

Фундаменты шлюзов и полушлюзов, устраиваемые в достаточно прочных грунтах, могут быть также весьма упрощены; в этом случае ограничиваются только выравниванием основания и удалением верхних ненадежных и выветрившихся слоев

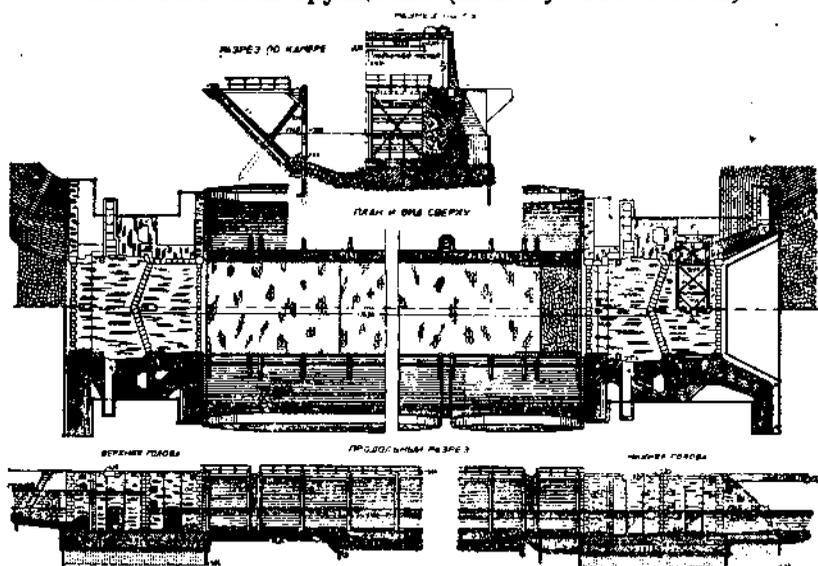
В местах, подвергающихся размыванию течением воды, главным образом у входных и выходных отверстий водопроводных галлерей, основания покрывают бетоном или деревянным настилом.

Примером укрепления деревянным настилом на поперечных лежнях верхней флютбетной части, основанной на твердом грунте, может служить укрепление, показанное на фиг. 67.



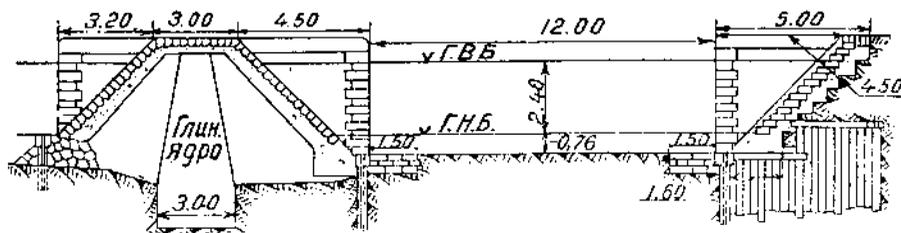
Фиг. 123.

Если в основании шлюза обнаруживают пустоты, их заполняют камнем или бетоном; если пустоты имеют значительные размеры, их покрывают иногда сверху железобетонными конструкциями (шлюз у Литтл-Фола).



Фиг. 124.

В грунтах меньшей твердости, но все же достаточно водонепроницаемых, а также в тех частях шлюза, где возможность появлений фильтрации устранена искусственными мерами, фундамент камеры либо упрощают, либо оставляют даже без всякого покрытия.

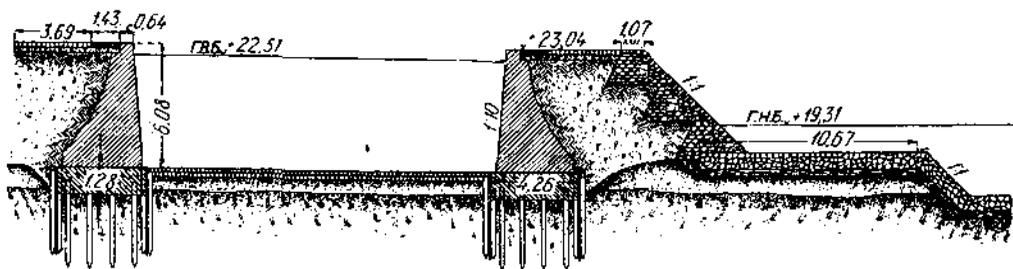


Фиг. 125.

В качестве простейших покрытий в этих случаях применяют либо мощения (фиг. 126 — шлюз № 6 на р. Северном Донце), либо фашинные тюфяки или выстилки *фф* (фиг. 124), защищаемые сверху камнем, либо бетонные (фиг. 84) и железобетонные плиты. В местах, подвергающихся размыванию водой, например вблизи водопроводных отверстий, применяют более солидные укрепления

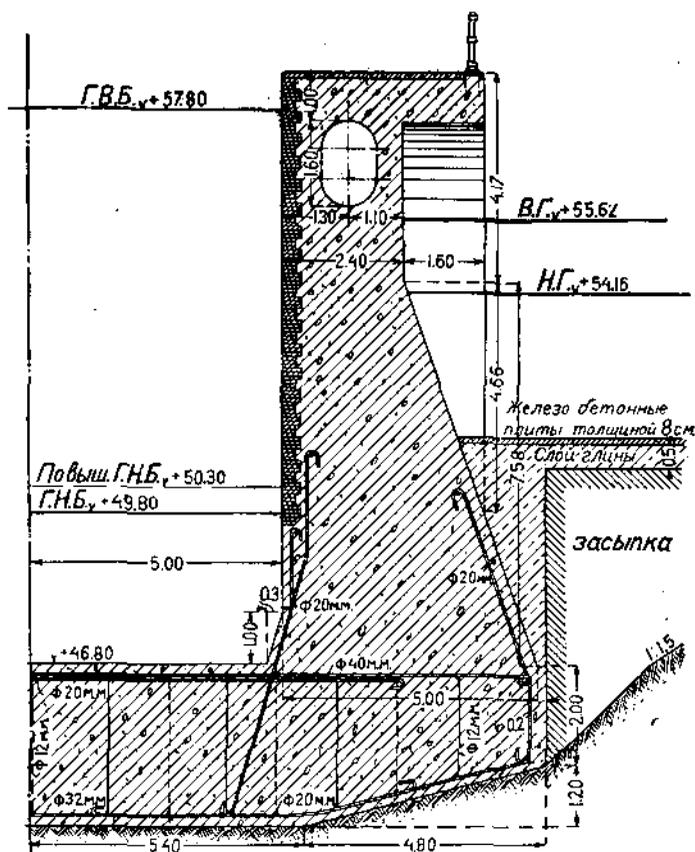
ния, например сделанные либо из каменной наброски, уложенной на фашинном тюфяке или в плетневых клетках, либо из каменных мостовых на цементном растворе, либо из бетона.

В более слабых грунтах для покрытия дна камер и сберегательных бассейнов иногда применяют покрытия, состоящие из глины, защищаемой сверху либо



Фиг. 126.

мощением, либо бетонными призмами (фиг. 112), либо железобетонными плитами (фиг. 127 — шлюз у Ганновера-Линдена на Линденской ветви Средне-Германского канала), укладываемыми предпочтительно на гравелистой подстилке. Призмы соединяют между собою достаточно плотно, но вместе с тем и таким образом, что они могут перемещаться одна относительно другой на небольшую высоту.



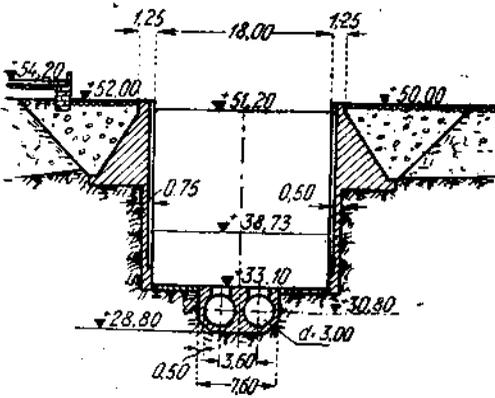
Фиг. 127.

Описанные выше типы стен и фундаментов, как мы видели например на фиг. 52, 65 и 73, нередко были составлены из нескольких материалов и были отнесены к типам, описанным в §§ 5, 6 и 7, в зависимости от того, какой из примененных в них материалов являлся главнейшим.

Для устройства шлюзов и полушлюзов применяют однако немало других типов, в которых используют также несколько различных материалов, причем ни один из них не является доминирующим перед другим.

Такие типы могут быть названы типами из многих материалов или смешанными.

К ним могут быть отнесены стены верхней камеры шлюза у Днепровской гидроэлектростанции (фиг. 128), которые в нижней части, в зоне скального грунта, сделаны по типу, описанному на стр. 76, а в верхней — в зоне сыпучего — по типу, описанному в § 9.



Фиг. 128.

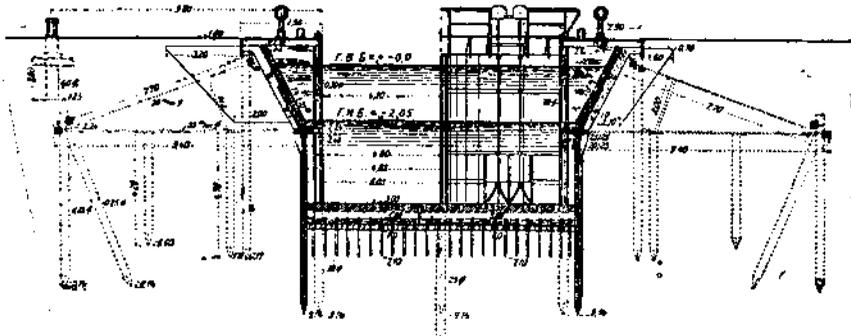
Из смешанных типов наиболее распространенными являются типы каменно-деревянный и бетонно-деревянный.

Оба применяют для устройства береговых камерных стен и образуют например в виде деревянных шпунтов, срезаемых примерно у горизонта нижнего бьефа и связываемых с берегом деревянными анкерами, а выше в виде откосов, укрепляемых камнем или бетоном, укладываемым на слое песка и торфа (фиг. 129 — шлюз у Эмдена на Эмденском соединительном канале в Германии).

Каменно-деревянный тип имел до появления цемента широкое распространение для устройства фундаментов шлюзов в Западной Европе и представлял почти единственное решение постройки долговременных шлюзов в слабых грунтах, а также, как мы видели из § 7, был применен для фундаментов деревянных шлюзов.

Он имел в старых шлюзах две разновидности: одну, получившую распространение для устройства голов германских шлюзов, в виде одиночных полов

Т



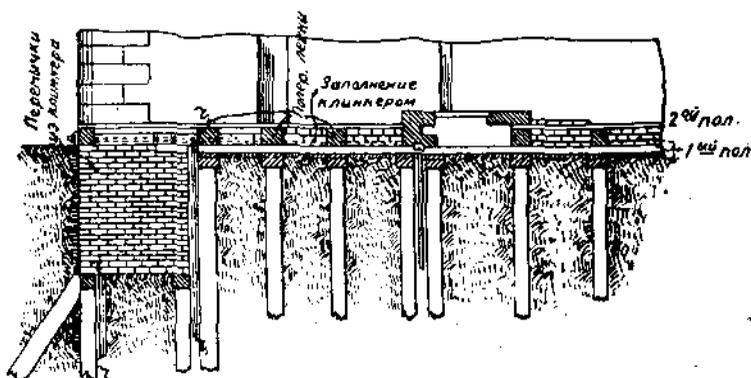
Фиг. 129.

и загрузки клинкерной кладкой на гидравлическом растворе, а другую, применяемую в голландских шлюзах, в виде двойных полов с заполнением пространства между ними кладкой из клинкера на гидравлическом растворе (фиг. 73 и 130) и в виде перемычек, образованных из поперечных шпунтовых рядов r , r_1 и r_2 и из клинкерных стенок, сделанных на таком же растворе.

Впоследствии, в связи с появлением и распространением цемента, вместо камня стали применять бетон (фиг. 131 — шлюз Павла на р. Миссисиппи), который укладывали либо по свайному ростверку, либо по насадкам, реже по схваткам свай, либо наконец непосредственно по сваям, которые забивали как для уплотнения грунта, так и для передачи давления от стен на нижележащий материк, при этом роль деревянного ростверка стал исполнять слой бетона между сваями.

Последний тип, составляющий переход к типам, описанным в § 9, получил осуществление в новых шлюзах на р. Шексне (фиг. 30).

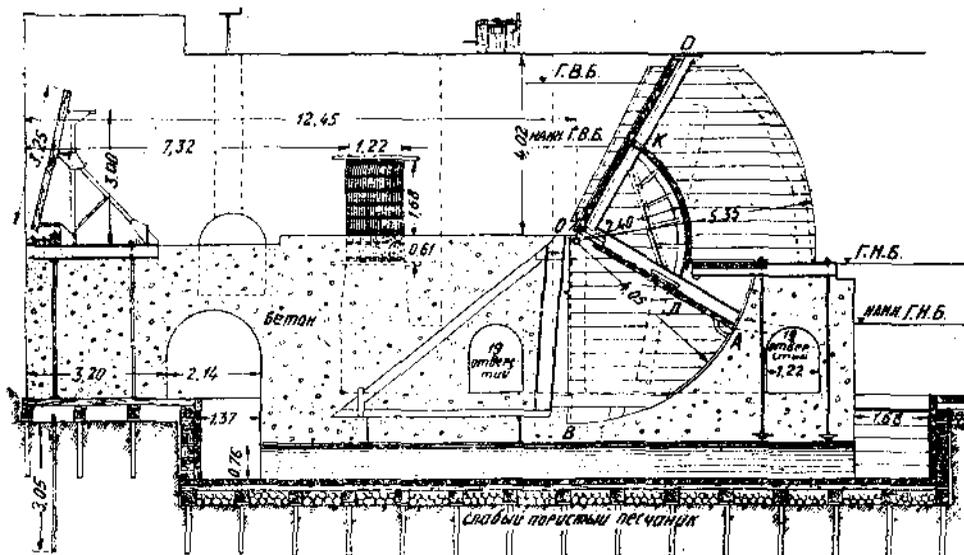
В недавнее время, в связи с распространением железобетонных конструкций, тот же тип послужил прототипом для смешанного деревянного и железобетонного типа, осуществленного в одном из голландских шлюзов (у Гаусверта на Зюйд-Бевеландском канале), построенном в слабом грунте, через который можно было ожидать появления значительного напора воды на подошву фундамента. В этом шлюзе для устройства фундамента между стенами железобетон был уложен на ростверке, который был образован из одиночных полов и из насадок, нарубленных на деревянных сваях.



Фиг. 130.

Типы стен, в которых применены дерево, железо, камень и бетон, обуславливаются либо желанием достичь возможно большего удешевления стен, либо особыми местными условиями. Их можно встретить в германских шлюзах.

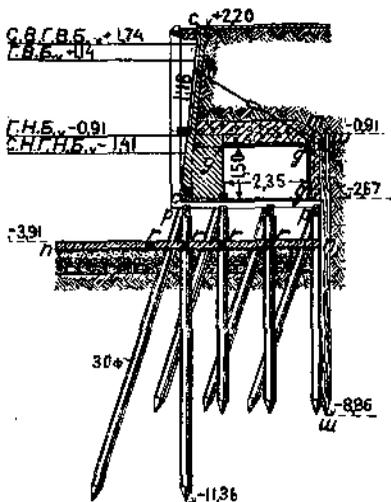
Примером береговых стен с водопроводными галереями, для устройства которых применены дерево, железо, клинкер и бетон, могут служить камерные стены шлюза у Борзума на Дортмунд-Эмском канале.



Фиг. 131.

Они образованы из вертикальных и наклонных свай, по которым уложены ростверки *рр* (фиг. 132). Между ростверками уложены поперечные балки *пл*, соединенные взаимно короткими продольными распорками *г₁*, *г₂*, *г₃* и *г₄*. На ростверках по лицевым поверхностям стен установлены железные стойки *сс*, притянутые тяжами *тт* к нижней части стен. Пространство между стойками заполнено снизу каменной кладкой, а выше забрано сводиками из клинкера. Верхнее перекрытие

водопроводов и ограничение их со стороны шпунтовых рядов *шш* выполнены из двутавровых балок, между вертикальными стенками которых уложены доски *g'g* и *gg*, а по доскам бетон.

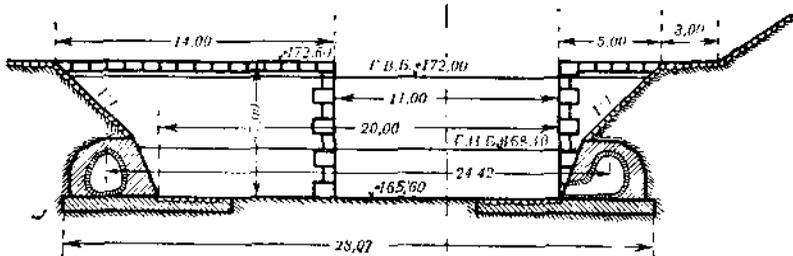


Фиг. 132.

Пол галлерей устроен из досок, уложенных для протекания воды во время наполнения и опорожнения камеры, с просветами в 5 см.

Примером стен смешанного типа, в которых применены каменные, бетонные или железобетонные конструкции и вместе с ними простейшие, сделанные в виде откосов, укрепленных камнем или бетоном, могут служить для каменных — береговые стены шлюза у Либшица на р. Влтаве в Чехо-Словакии (фиг. 133) и речные стены шлюзов на р. Северном Донце (фиг. 126), для железобетонных — стены восточного и западного шлюзов у Хоензаатена на Берлин-Штеттинском водном пути, построенные у Хоензаатена в грунтах, состоящих из крупного гравия с камнем, сильно водопроницаемого и затруднявшего во время производства работ забивку деревянных свай.

В восточном шлюзе нижние части камерных стен образованы из железобетонного шпунтового ряда *шш* (фиг. 134), над которым устроена железобетонная горизонтальная платформа *пр*, поддерживаемая вдоль лицевых поверхностей стен наклонно заби-



Фиг. 133.

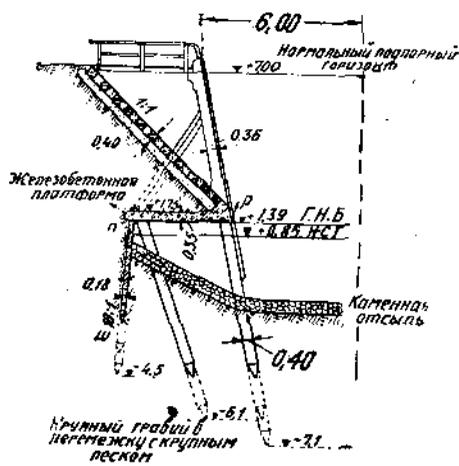
тыми железобетонными сваями. Поверх горизонтальной платформы уложена засыпка, замощенная по откосам крупным камнем на слое песка.

В западном шлюзе береговая камерная стена сделана несколько отличной от стен восточного. Это отличие состоит в том, что железобетонный шпунтовый ряд забит не под задним обрезом горизонтальной платформы, но вдоль лицевой поверхности стены (фиг. 135).

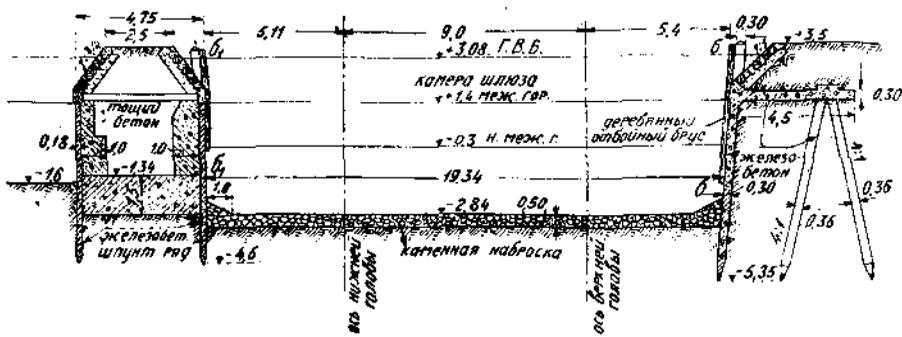
Конструкция постоянных частей по длине шлюзов и полушлюзов в большинстве случаев не остается одной и той же, но изменяется в зависимости от местных условий и затем, как было указано в § 5, от различия условий работы головных частей от камерных.

Указаниями предыдущих параграфов можно руководствоваться, чтобы, сообразуясь с местными условиями, создать путем соответствующих сочетаний стены и фундаменты шлюзов и полушлюзов, удовлетворяющие предъявляемым к ним требованиям.

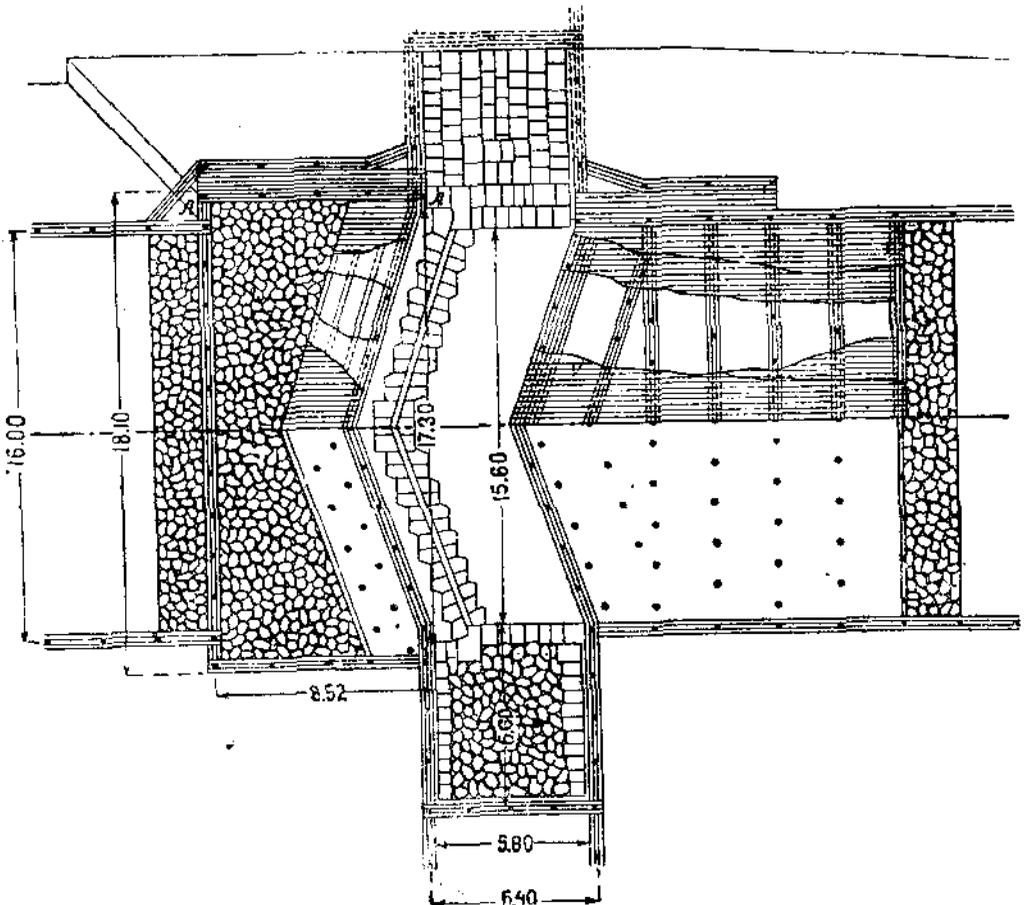
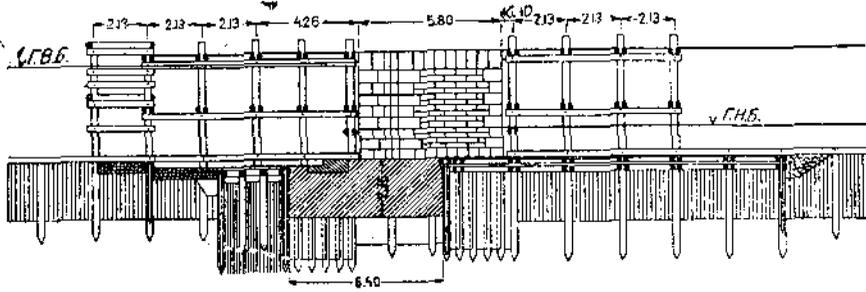
Примером шлюзов, по длине которых применено несколько различных типов стен и фундаментов, могут служить упомянутые в настоящем труде шлюзы у Норкиттена, Боллингерфера и Борзума, имеющие в головах массивные стены



Фиг. 134.



Фиг. 135.



Фиг. 136.

и фундаменты, а в камерах постоянные части, сделанные по типам, показанным на фиг. 55, 124 и 132; из наших шлюзов примером могут служить шлюзы на р. Москве (фиг. 136), имеющие массивные каменные упорные стены и упорные фундаменты, простейшие ограничения камер и деревянные фундаменты в шкафовых и сливных частях.

ГЛАВА IV

ПОДХОДЫ К ШЛЮЗАМ И ПОЛУШЛЮЗАМ

§ 14. Назначение подходов и требования, предъявляемые к ним. Укрепление откосов и дна. Эстакады. Сваи. Плавающие палы

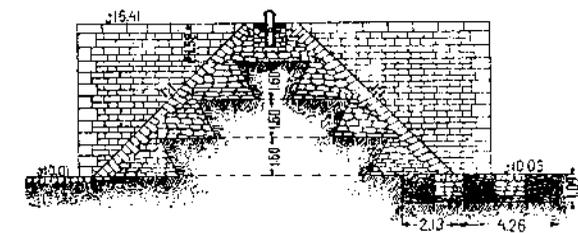
Шлюзы или полушлюзы должны быть надлежащим образом связаны с прилегающими к ним участками рек или каналов. Ближайшие к ним части последних называют подходами.

В отношении их конструирования должен быть соблюден ряд требований, главнейшие из которых судоходные и строительные.

Судоходные требования заключаются в том, что в подходах должна быть обеспечена безопасность стоянки ожидающего очереди шлюзования или находящегося под грузкой подвижного состава, затем удобство проводки и уменьшение до минимума случайных повреждений, происходящих во время проводки.

Строительные требования заключаются в следующем:

В главе I было указано, что боковые стены шлюзов и полушлюзов со стороны верхнего и нижнего бьефов должны быть связаны с берегами при помощи откосных крыльев, которые должны быть



Фиг. 137.

врезаны в берега на достаточную глубину. Однако для обеспечения стен и тем более фундаментов от обходов фильтрационной воды, а также от размывов берегов и дна с верховой и низовой сторон, одних крыльев зачастую бывает недостаточно.

По этой причине необходимо, чтобы в шлюзах перед верхней головой и сзади нижней, а в полушлюзах сверху и снизу, дно и откосы реки или канала были на достаточном протяжении и надлежащим образом укреплены; кроме того, если через шлюз приходится периодически пропускать воду паводков, необходимо, чтобы подходам были даны очертания, обеспечивающие беспрепятственный пропуск воды, а если стены шлюзов и полушлюзов подвергаются напору льда, чтобы они были защищены ледорезами и им были даны размеры, достаточные для сопротивления напору последнего.

Для удовлетворения этим требованиям стены должны быть достаточно плавно сопряжены с берегами, должны быть устроены места, где мог быть помещен подвижной состав в ожидании шлюзования, чтобы были устроены приспособления для его причала и проводки, а также чтобы были приняты меры для уменьшения вредного влияния на него продольных и поперечных течений, появляющихся в подходах.

Эти устройства особенно необходимы для ограждения речных шлюзов со стороны реки. Для этой цели их отделяют от реки посредством ограждающих сооружений: дамб или стен, называемых разделительными. Последние устраивают по направлению речных стен на длину, по возможности не меньшую полезной длины камеры, причём головы их в реках, несущих наносы, располагают таким образом, чтобы подходы к шлюзам возможно менее подвергались отложениям наносов.

Разделительные сооружения делают преимущественно из земли, каменной наброски, и из земли и каменной наброски вместе с соответствующим укреплением откосов и подошв, реже из железа и из дерева. На фиг. 137 показан поперечный разрез земляной дамбы с обделкой мощением боковых откосов сооружения № 4 на р. Северном Донце.

Стены из железа и дерева, сделанные в виде деревянных шпунтовых рядов, с которыми связаны железные сваи, служащие для поддержания пешеходного мостика, применяют лишь в очень стесненных местах.

Примером такой стены может служить нижняя подходная стена Мюлендамского шлюза в Берлине на р. Шпрее (фиг. 138).

В тех местах, где на разделительных дамбах производят грузовые операции, дамбы обделывают набережными и снабжают причальными приспособлениями.

Для плавности сопряжения стен с берегами входные стены и фундаменты нередко удлиняют в направлении подходов, раздвигая по концам на ширину, равную примерно 1,5 ширины шлюза в головах или ширины полушлюза, при этом откосные крылья kk и k_1k_1 (фиг. 124) переносят к концам раструбов.

Очертания и конструкции раструбов устраивают следующим образом: лицевые поверхности их делают плоскими или криволинейными и дают им либо однообразные откосы, либо более пологие по мере удаления от шлюзов или полушлюзов, а в поперечном разрезе образуют по типам, аналогичным шлюзным стенам, отделяя частую от шлюзов или полушлюзов температурными швами. По концам их либо врезают в берега, либо, если в подходах устроены набережные, то сопрягают с последними.

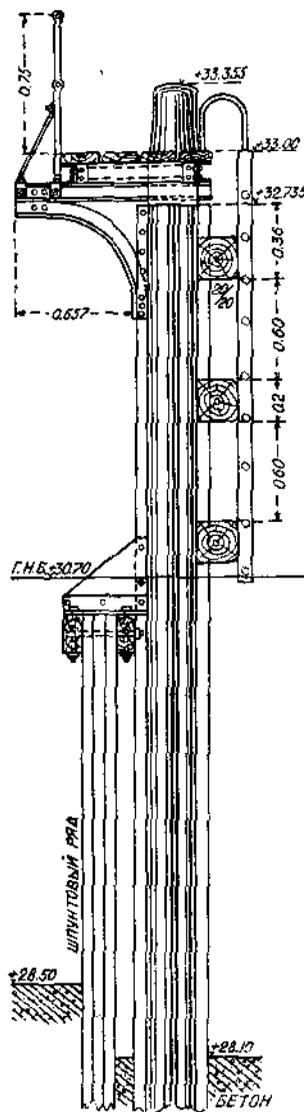
Дно реки или канала в подходах обычно укрепляют. Это укрепление делают большей частью неодинаково в верхнем и нижнем подходах.

При выборе типа укрепления в верхнем подходе главное внимание обращают на возможно большую его водонепроницаемость, как способствующую уменьшению фильтраций воды в грунт, и затем на предохранение от размывов течением, образующимся во время наполнения камеры; в нижнем подходе обращают внимание главным образом на предохранение от размывов водой, вытекающей из камеры во время ее опорожнения, и затем на водонепроницаемость во время производства ремонта шлюза.

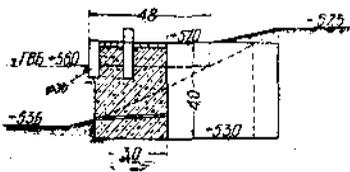
В шлюзах и полушлюзах с двусторонним подпором оба требования в отношении каждого подхода соблюдают в одинаковой степени.

Укрепление дна подходов делают обычно на длину от 5 до 30 м и дают размеры, очертания и конструкцию в зависимости от подпора на шлюз или полушлюз, грунтовых условий, от типа постоянных частей, скоростей течения и глубины воды в подходе, а также от способов проводки подвижного состава.

В шлюзах и полушлюзах, преодолевающих небольшие подпоры, в прочных грунтах и при достаточном обеспечении того или другого от фильтраций воды и при прочих благоприятных условиях ограничиваются большей частью мощением; при тех же условиях, но в менее прочных грунтах, применяют каменную наброску в плетневых клетках на фашинной выстилке или на фашинном тюфяке; в менее благоприятных условиях применяют следующие: 1) каменную наброску в плетневых клетках на фашинных тюфяках, 2) бетонные призмы на слое глины, 3) настил по сваям с соответствующей загрузкой под ним, 4) мощение на



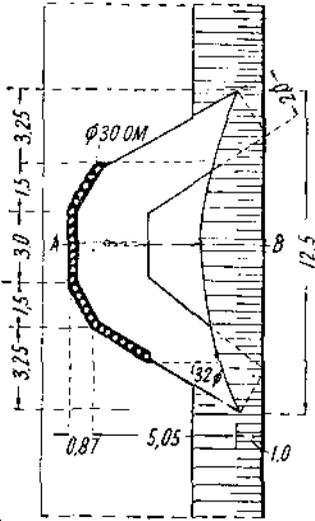
Фиг. 138.



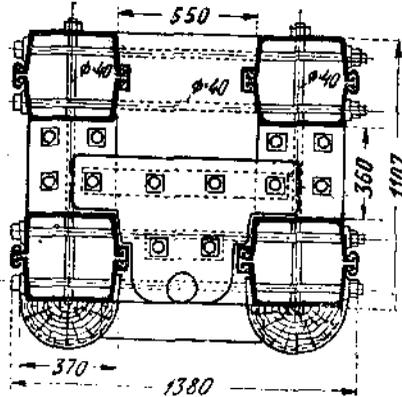
гидравлическом растворе, 5) бетонные покрытия (фиг. 124) в виде слоя утрамбованного или опущенного в мешках бетона.

Особенно солидно укрепляют верхние подходы шлюзов, преодолевающих большие подпоры; в этом случае применяют фашинные покрытия значительной толщины, глубокие забойки из глины, защищаемые сверху либо мощением, либо бетонными призмами, либо слоем бетона, и наконец бетонные или железобетонные конструкции.

Примером одного из таких укреплений может

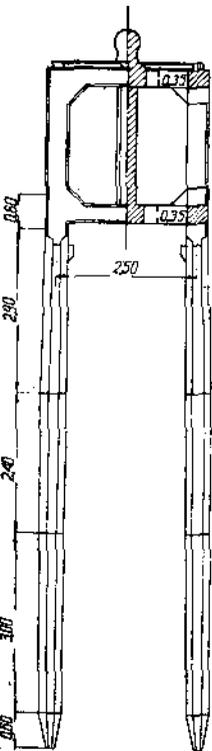


Фиг. 139.

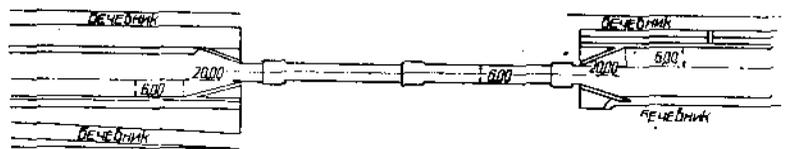


Фиг. 140.

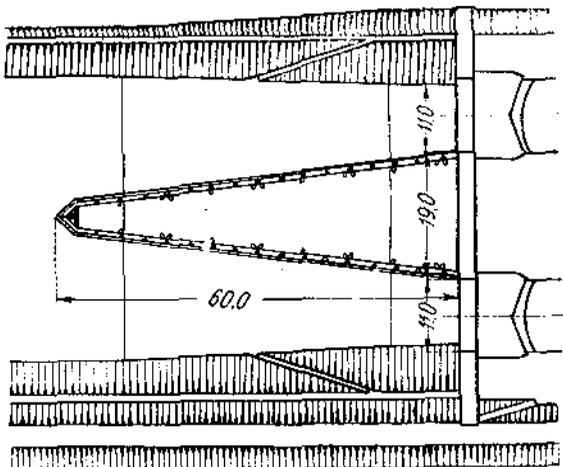
служить укрепление дна подхода шлюза у Гейрихенбурга (фиг. 10), перед которым на длине 5 м применена забойка из глины значительной толщины с добавочным углублением и, предназначенным для удлинения фильтрационных путей, сверху забойка защищена мощением.



Фиг. 141.



Фиг. 142.



Фиг. 143.

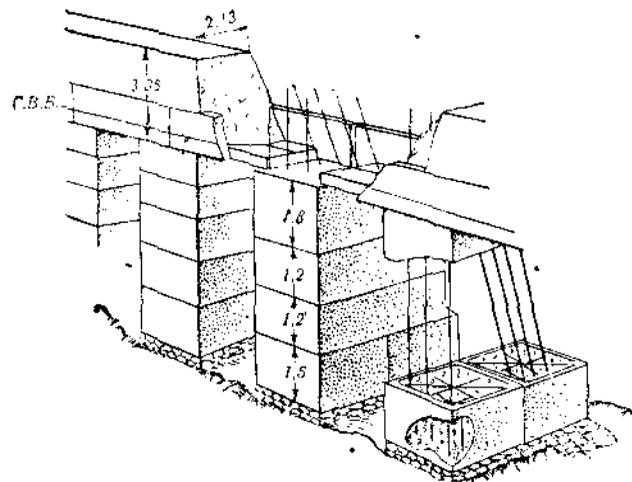
По мере удаления от шлюза или полушлюза укрепления делают более легкими и в конце иногда снабжают либо короткими шпунтовыми рядами, либо частокотом свай, перед которым делают каменную отсыпь.

В верхних подходах иногда устраивают ловильные колодцы *лл* (фиг. 41), располагаемые непосредственно выше ремонтных заграждений.

Для защиты подвижного состава от течений и для его причала в ожидании шлюзования, а также для облегчения проводки устраивают либо ограждающие дамбы или стены, либо направляющие эстакады, либо столбы (фиг. 139—третий шлюз у Мюнстера), а также забивают деревянные, железные (фиг. 140—шлюзы на Рейн-Гернском канале) и железобетонные (фиг. 141—шлюзы в Голландии) сваи, располагаемые с одной или с обеих сторон подходов в различных сочетаниях: кустами или в одиночку.

Эстакады, столбы и сваи непосредственно возле шлюзов или полушлюзов располагают в плане большей частью в виде раструбов, реже по продолжению лицевых поверхностей стен на длину, не меньшую ширины отверстия шлюза или полушлюза.

У концов раструбов шлюзов эстакады, столбы и сваи располагают по прямым параллельным осям шлюзов на длину, по возможности достаточную для причала наиболее длинного каравана.

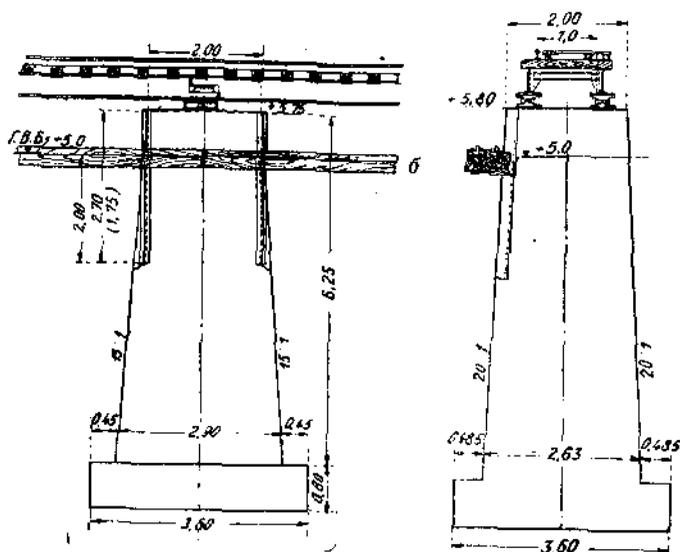


Фиг. 145.

составляющим продолжение промежуточных стен, дают в плане очертания в виде сходящихся от шлюза прямых (фиг. 143).

Эстакады разделяют на долговременные и на временные; первые устраивают из камня, бетона, железа и железобетона, а вторые—из свай, ряжей и наконец из сочетаний тех и других.

Примером бетонных эстакад, могут служить эстакады шлюзов Рейн-Гернского канала, перекрытые поверху железными мостами и снабженные со стороны канала плавучими отбойными брусьями *б* (фиг. 144).



Фиг. 144.

В этих местах их располагают таким образом, чтобы в подходе оставался проход для подвижного состава шириной, не меньшей двойной ширины шлюза, и чтобы составу, ожидающему очереди шлюзования, был открыт вход в шлюз по прямому направлению (фиг. 142—шлюзы на Северном канале во Франции).

В случае отсутствия входных стен или частей шкафных эстакад примыкают к шкафным стенам, причём в шкафах *лл* (фиг. 136) им дают очертания, необходимые для помещения полотнищ открытых ворот.

В параллельных шлюзах эстакадам, столбам и сваям, со-

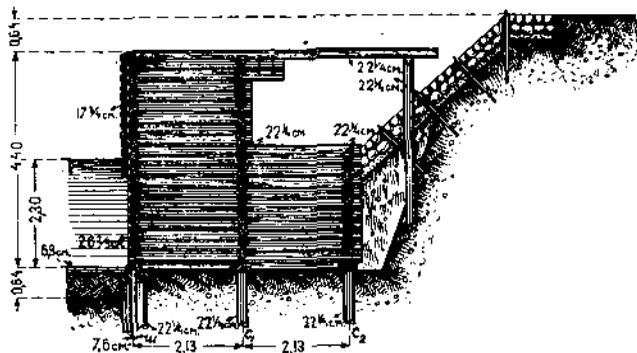
ставляющим продолжение промежуточных стен, дают в плане очертания в виде сходящихся от шлюза прямых (фиг. 143).

Эстакады разделяют на долговременные и на временные; первые устраивают из камня, бетона, железа и железобетона, а вторые—из свай, ряжей и наконец из сочетаний тех и других.

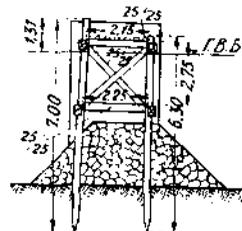
Примером бетонных эстакад, могут служить эстакады шлюзов Рейн-Гернского канала, перекрытые поверху железными мостами и снабженные со стороны канала плавучими отбойными брусьями *б* (фиг. 144).

Примером железных эстакад, устроенных из железных свай, защищенных снизу бетоном и перекрытых сверху пешеходными, мостиками, может служить эстакада Мюлендамского шлюза (фиг. 138).

Примером железобетонной эстакады может служить эстакада шлюза у Трои на Эрийском водном пути (фиг. 145), состоящая из железобетонных массивов,



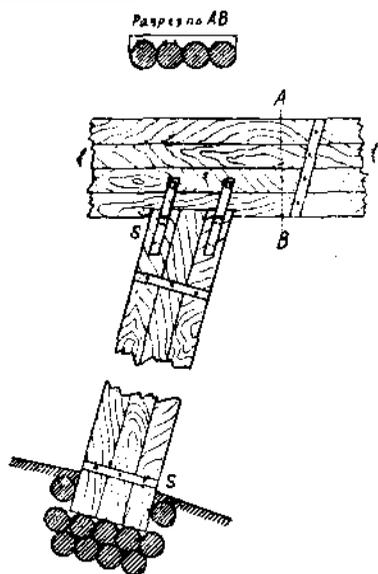
Фиг. 146.



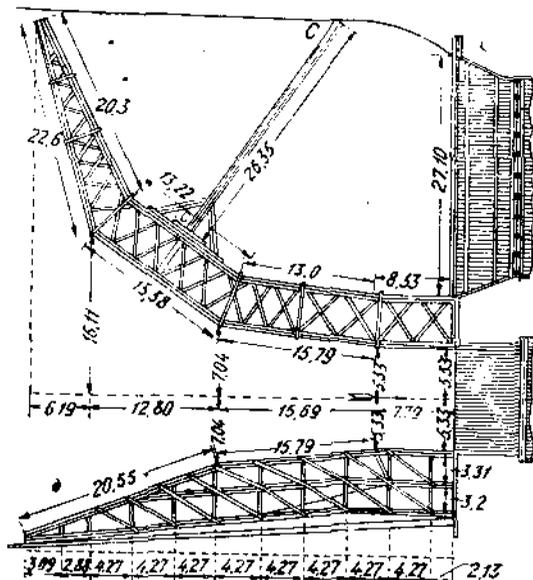
Фиг. 147.

уложенных на фундаменте, сделанном из бетона, опущенного в мешках. Массивы скреплены с дном подхода железными анкерами и заполнены бетоном. Поверху массивы соединены железобетонным перекрытием.

Ряжевые эстакады применяют в грунтах как допускающих забивку свай, так и недопускающих. Их устанавливают либо непосредственно на дне подхода, либо на основании, состоящем либо из свай, либо из свай и шпунтовых рядов,—последних располагаемых с лицевой стороны шлюза. Примером эстакады этого типа может служить эстакада нижнего подхода шлюза у Ковжи на



Фиг. 148.



Фиг. 149.

Мариинской системе (фиг. 146), образованная возле входных стен из двух рядов ящиков, основанных на шпунтовом ряде *ш* и на сваях *с₁* и *с₂*.

Свайные основания могут быть поднимаемы значительно выше дна подхода, и тогда во избежание подмыва пространство между сваями может быть загружено камнем, поддерживаемым за лицевыми сваями заборкой.

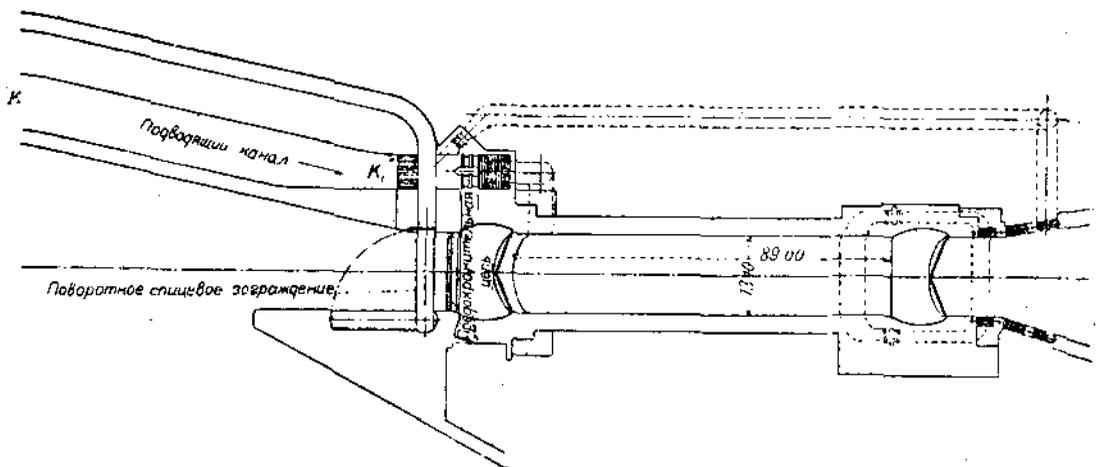
Свайные эстакады образуют большую часть из двух продольных рядов свай (фиг. 147—шлюзы на р. Маасе в Бельгии), связанных в поперечном направлении насадками или схватками, а также подкосами, и прикрепленными болтами и скобами. По насадкам или по схваткам укладывают прогоны, а по прогонам настил. Иногда настил укладывают не по прогонам, а непосредственно по насадкам или схваткам.

В продольном направлении сваи соединяют схватками.

Основания эстакад во избежание подмывов укрепляют каменной наброской или фашинными туюфками.

Если подходы должны быть защищены от течений, то отверстия в эстакадах могут быть закрыты стенами из шпунтов (фиг. 138) или щитами; последние для пропуска плавающих предметов могут быть поднимаемы.

Для деревянных шлюзов, реже для каменных, при значительных колебаниях горизонтов воды в бьефах, а также для шлюзов, построенных в грунтах, недопускающих забивки свай, вместо эстакад применяют плавучие



Фиг. 150.

палы, состоящие либо из лав II (фиг. 148) и стрел ss, опираемых в берега, либо из плавающих решетчатых ферм (фиг. 149—шлюз № 26 на Мариинской системе), опираемых одним концом в берега, а другим—в головные части шлюзов; палы значительных размеров подпирают также стрелами ss.

Для предохранения подвижного состава от продольных течений воды в бьефах входы в водопроводы речных шлюзов, как было указано на стр. 24, иногда располагают со стороны реки, а перед каналными устраивают особые сооружения в виде каналов KK_1 , подводящих воду к входным отверстиям водопроводных галерей вне стоянки подвижного состава и входа в шлюзы (фиг. 150—новый шлюз у Бринкебергскулле на Трольхэттанском канале).

ГЛАВА V

ВОРОТА ШЛЮЗОВ И ПОЛУШЛЮЗОВ

§ 15. Основания устройства. Классификация типов

Типы ворот, применяемых для закрытия шлюзов и полушлюзов, были приведены на стр. 12 и 13

К воротам предъявляют ряд требований, которые заключаются в следующем:

1. Ворота должны быть достаточно водонепроницаемыми и должны плотно прилегать к постоянным частям. В противном случае в шлюзах могут происходить потери воды верхнего бьефа и шлюзование подвижного состава может быть поставлено в затруднительные условия, а в участках каналов, закрываемых

предохранительными полушлюзами, может увеличиваться объем воды, подлежащей удалению.

2. Они должны быть открываемы и закрываемы в возможно короткий промежуток времени. Это необходимо для увеличения пропускной способности шлюзов, а в предохранительных полушлюзах для уменьшения последствий повреждений в каналах или в их искусственных сооружениях.

3. Открытие и закрытие их должно требовать возможно меньших усилий.

4. Во время действия на них давления воды, изменений температуры, приводных усилий и случайных сил, как-то: ударов подвижного состава, плавающих предметов, волн и пр., а также осадок стен и фундаментов, они не должны испытывать нежелательных деформаций.

В случае нахождения в воде примесей или микроорганизмов, вредно действующих на материал ворот, необходимо, чтобы ворота возможно менее подвергались их разрушительному действию и чтобы вообще служили возможно долее. В тех же случаях, когда их приходится ремонтировать, необходимо, чтобы ремонт как ворот, так и всего шлюза или полушлюза сводился к минимальному и мог быть выполнен в возможно короткий срок.

5. Они должны иметь такую конструкцию, чтобы она требовала возможно меньшего расхода материала для постоянных частей, чтобы сливная призма шлюза была наименьшей, система наполнения и опорожнения камеры возможно более простой и эффективной, а проводка подвижного состава безопасной, легкой и скорой. Кроме того желательно, чтобы по ним можно было удобно переходить или переезжать через шлюз или полушлюз и вообще, чтобы были удовлетворены возможно полнее все интересы транспорта и прочие, связанные со шлюзами и полушлюзами.

6. Они должны быть устроены возможно проще и таким образом, чтобы как эксплуатация шлюзов и полушлюзов, так и будущее переустройство тех и других обходились возможно дешевле.

По направлению действия на них подпора их разделяют на ворота, способные поддерживать односторонний подпор, и на ворота, способные поддерживать двусторонний.

По типу закрываемых ими отверстий их разделяют на ворота:

- 1) закрывающие отверстия, открытые сверху
- 2) " " закрытые "
- 3) " те и другие.

По материалу, применяемому для их устройства, на ворота

- а) деревянные,
- б) металлические,
- в) смешанной конструкции.

Выбор материала зависит от назначения шлюза или полушлюза, от свойств воды бьефов, от типа, размеров и конструкции ворот и характера действующих на них внешних сил, а также от стоимости заготовки и обработки материала.

Для временных закрытий, или, если необходимо построить ворота в короткий срок, для шлюзов или полушлюзов незначительных размеров и подвергающихся действию незначительных внешних сил, и наконец при дешевизне леса с успехом могут быть применяемы ворота деревянные; наоборот, для шлюзов и полушлюзов долговременных, значительных размеров и подвергающихся действию значительных внешних сил деревянные менее применимы и более отвечают цели металлические, для некоторых же типов ворот, как-то: для сегментных, подъемных и погружаемых, а также, когда в воде имеются соли или микроорганизмы, разрушительно действующие на дерево, применение металла становится неизбежным.

Большинство типов ворот можно открывать лишь в том случае, когда они не поддерживают подпор, или когда поддерживают очень небольшой, а закрывать при отсутствии течений в отверстиях, но некоторые из типов можно открывать также под полным действующим на них напором и закрывать во время протекания воды в отверстиях.

§ 16. Двустворчатые ворота с распором, вращаемые на вертикальных осях

В настоящее время двустворчатые ворота с распором являются наиболее распространенным типом. Их больше всего применяют для закрытия открытых сверху отверстий шлюзов, реже — полушлюзов, тех и других с односторонним подпором.

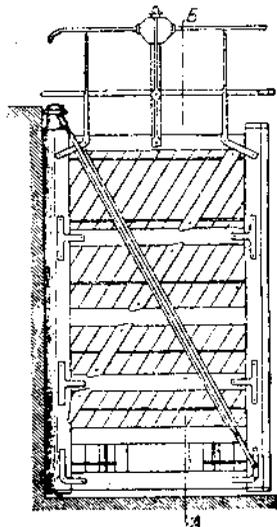
А. Главнейшие элементы ворот. Главнейшими элементами являются в зависимости от конструкции ворот либо горизонтальные брусья, надлежащим образом скрепляемые, либо обшивка и остов, образуемый из рамы и из ее заполнения, которое делают либо посредством горизонтальных брусьев, называемых ригелями, либо посредством вертикальных, называемых стойками.

Раму образуют обычно из четырех брусьев, называемых: горизонтальные — верхними и нижними рамными брусьями или ригелями, а вертикальные — столбами, из них примыкающие к стенам называют веревальными, а примыкающие к соседним полотнищам — створными.

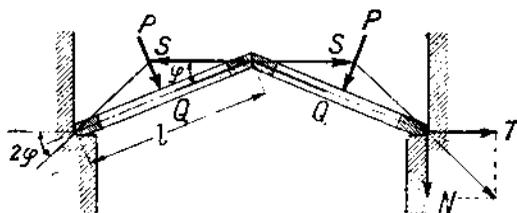
Разрез по АБ



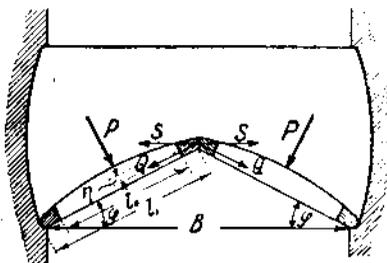
Вид со стороны нижнего бьефа



Фиг. 151.



Фиг. 152.



Фиг. 153.

Для удержания полотнищ в вертикальном положении и для возможности их вращения к веревальным столбам снизу прикрепляют особые металлические части, называемые пятниками. Пятники опирают на пяты n (фиг. 151 — шлюзы на Рейн-Марнском канале), прикрепляемые в свою очередь к фундаментам шкафных частей. Верхние части веревальных столбов заканчивают шипами, которые охватывают тяжами, называемыми гальсбантами, заводимыми на достаточную глубину в упорные стены.

По очертанию в плане ворота разделяют на плоские e , образуемые в плане прямыми линиями со стороны верхнего и нижнего бьефов, и на криволинейные, образуемые кривыми линиями либо со стороны обоих бьефов, либо со стороны только верхнего.

Под давлением напорной воды полотнища ворот работают на изгиб, как плиты, свободно лежащие на трех опорах — одной на стенах, а другой — на короле и третьей — на смежном полотнище, кроме того они работают на продольное сжатие от давления S (фиг. 152) от смежного полотнища.

Давление S , равное также давлению, передаваемому полотнищем на упорную стену, может быть определено из уравнения:

$$\frac{Pl}{2} - Sl \sin \varphi = 0, \quad (33)$$

где:

P — давление воды на полотнище,

l — длина полотнища,

φ — угол, составленный закрытым полотнищем с линией, перпендикулярной оси полушлюза, принимаемый обычно в пределах от 13 до 20°.

Из уравнения (33) имеем:

$$S = \frac{P}{2} \operatorname{cosec} \varphi. \quad (34)$$

Усилие Q , определяется выражением:

$$Q = S \cos \varphi = \frac{P}{2} \cotg \varphi. \quad (35)$$

Сила P вызывает изгиб полотнища, а Q — сжатие.

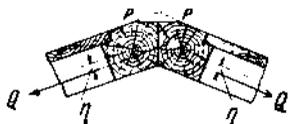
Для расчета постоянных частей давление S на стену обычно разлагают на две составляющих: одну N , действующую параллельно оси шлюза или полушлюза и равную:

$$N = S \sin 2\varphi = P \cos \varphi, \quad (36)$$

другую T перпендикулярную первой и равную:

$$T = S \cos 2\varphi. \quad (37)$$

Если ворота имеют выпуклость, обращенную в сторону верхнего бьефа (фиг. 153), или если столбы устроены таким образом, что направление действия давления Q (фиг. 154) не проходит через центры тяжести вертикальных сечений полотнища параллельных силе P , последние подвергаются изгибу еще от дополнительного момента $Q\eta$, где η — расстояние от центра приложения силы Q до центров тяжести сечений. Так как этот момент обычно бывает обратного знака по сравнению с изгибающим моментом от действия силы P , то наличие его может содействовать уменьшению количества материала, необходимого для изготовления ворот.



Фиг. 154.

Ворота в открытом положении подвергаются главным образом дей-

ствию собственного веса G (фиг. 155), который в случае нахождения ворот в воде уменьшается на величину \mathcal{N} равную весу воды, вытесненной погруженными в нее частям ворот.

Давление $V = G - \mathcal{N}$ обычно передается вертикально на пяту и как исключение на гальсбанг и вызывает в последнем растягивающее усилие и обратное по направлению усилие в пяте, определяемые выражением:

$$Z = \frac{Gv - \mathcal{N}c}{h}, \quad (38)$$

где:

v — расстояние силы G до оси вращения полотнища,

c — " " " \mathcal{N} до той же оси,

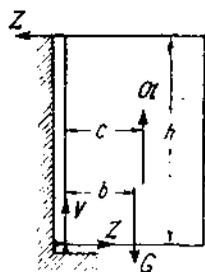
h — " " от центра пяты до силы Z .

Так как силы V и Z во время вращения ворот вызывают трение и износ трущихся частей, а сила G — провисание полотнища, следует G и v делать возможно меньшим, а \mathcal{N} , c и h возможно большими.

Для этой цели в воротах иногда устраивают так называемые воздушные ящики и к, которые закрывают со всех сторон обшивкой и частями остова и притом настолько плотно, что в них не может затекать вода. Размеры их берут таким образом, чтобы по возможности:

$$\mathcal{N}c = Gv, \text{ но } \mathcal{N}b < G. \quad (39)$$

Соблюдение этого требования в большинстве случаев, особенно для нижних ворот, оказывается весьма затруднительным, так как для достижения достаточ-



Фиг. 155

ной плавучести ворот ширина их и вместе с тем глубина шкафов должны быть настолько значительными, что стоимость уширения не компенсируется преимуществами, получаемыми от уменьшения веса ворот, и тогда \mathcal{N} с делают меньше G в.

Так как в случае колебания горизонтов воды в бьефах \mathcal{N} с может подвергаться изменениям, то давление на пяту и гальсбант может также изменяться. Если это обстоятельство почему-либо нежелательно, ворота снабжают добавочными ящиками, называемыми регулирующими, в которые выпускают воду во время повышенный горизонтов и выпускают во время понижений.

Кроме воздушных ящиков для той же цели к полотнищам прикрепляют снизу катки или колеса, которые во время движения полотнища катятся по рельсам, прикрепленным к флютбету шкафов частей. Такое устройство однако оказывается мало практичным, так как величина силы Z и распределение усилий в остовах полотнищ, а также нагрузка на катки и колеса ставятся в зависимость от состояния рельсового пути.

В малых воротах для той же цели применяют коромысла с противовесами Π (фиг. 156), которые, хотя образуют момент веса относительно осей вращения полотнищ C с обратного знака с моментом G в, но вследствие добавления веса коромысел и противовесов к весу ворот увеличивают нагрузку на пяты и следовательно увеличивают сопротивление от трения в пятах во время открытия и закрытия ворот.

Б. Деревянные ворота. Деревянные ворота разделяют:

- 1) на брусчатые без обшивки и
- 2) на состоящие из обшивки и остова; вторые можно назвать в отличие от первых остовными.

Первые образуют из горизонтальных брусьев, располагаемых один над другим.

В воротах старых типов брусья соединяли по концам вертикальными схватками, а в промежутках либо вставными шипами, которые размещали по толщине ворот ближе к верхнему бьефу, а по фасаду в шахматном порядке, либо гребнями и пазами; гребни делали на верхних сторонах брусьев, а пазы—на нижних; те и другие не доводили до концов брусьев примерно на 25 см.

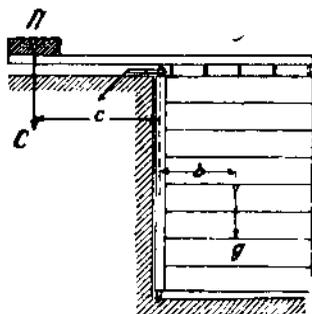
В воротах позднейших типов брусья стягивают вертикальными болтами, длину которых берут равной высоте полотнища (фиг. 157—новые шлюзы на Северо-Двинской системе). Для большей водонепроницаемости полотнищ постели между брусьями тщательно притесывают и покрывают войлоком. У створного и веревяльного столбов брусья связывают парными вертикальными схватками, стягиваемыми либо болтами и шурупами, либо только болтами.

Сечения брусьев берут увеличивающимися книзу, в плане же каждый из них образуют из одного или из двух брусьев, либо очерченных параллельными прямыми, либо устроенными с выпуклостью к верхнему бьефу.

Вереяльный и створный столбы образуют надлежащей обделкой концевых частей ригелей и парными схватками, а также оковывают железом.

В случае необходимости устроить в воротах водопроводные отверстия, последние располагают в нижней части ворот между нижними рамными брусьями и так называемыми надщитовыми или надкликетными \mathcal{N} Щ, которые берут несколько большего сечения, чем лежащие выше, и соединяют с нижними рамными брусьями посредством коротких стоек $T-T$, называемых телятами; при этом вертикальные болты, предназначенные для связи брусьев ворот, пропускают через телята. Иногда применяют более короткие болты, которыми связывают надкликетные брусья с верхними и нижними рамными брусьями полотнищ.

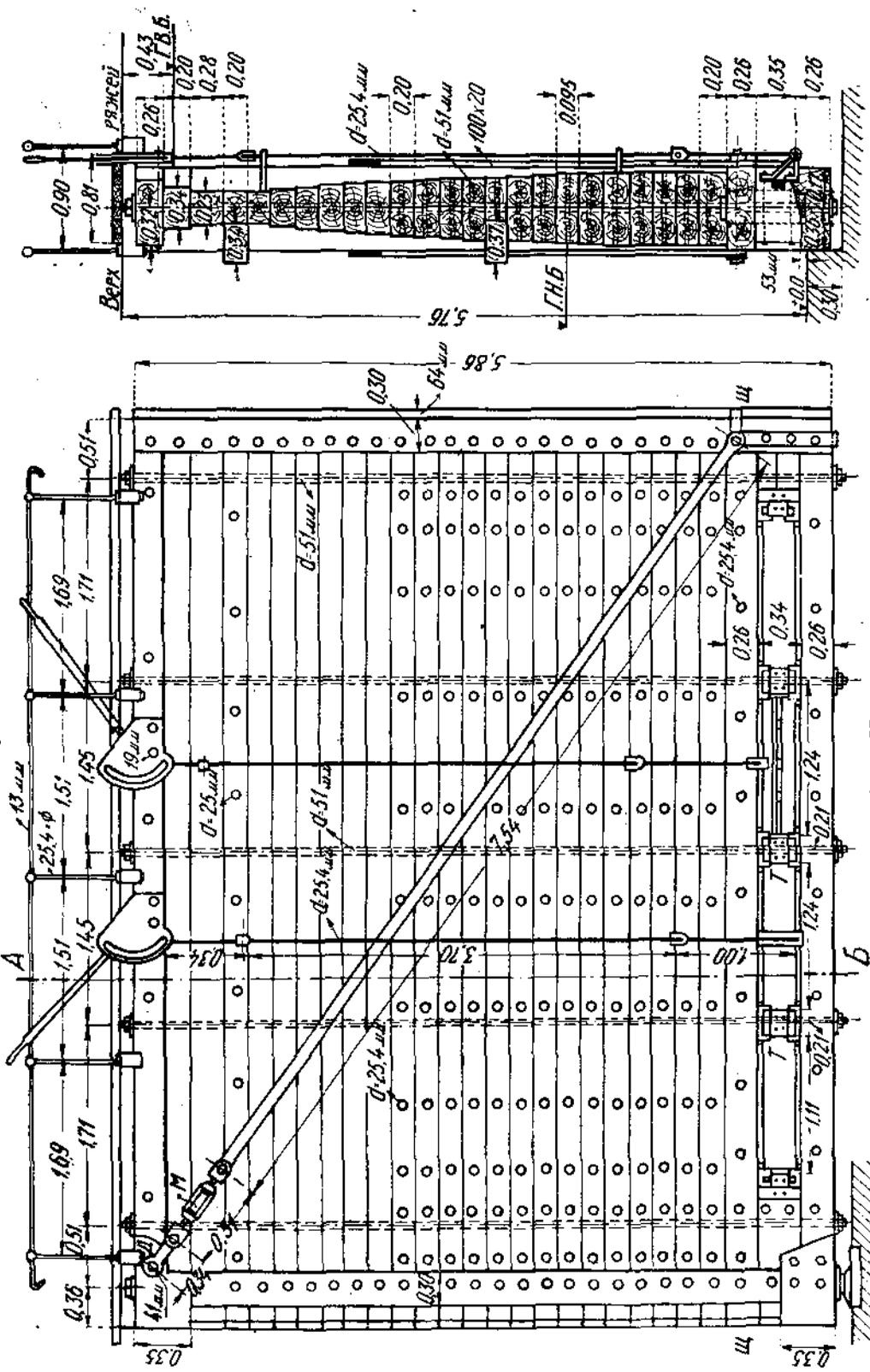
Для предохранения ворот от провисания применяют наклонные тяжи $ДД$, прикрепляемые нижними оконечностями посредством горизонтальных болтов к особым хомутам, охватывающим створные столбы, а верхними посредством таких же болтов к верхним рамным брусьям или к металлическим конструкциям, устроенным поверх вереяльных столбов, называемым наголовниками.



Фиг. 156.

Вид со стороны бережного бьефа

Разрез по А-Б



Фиг. 157.

Тяжи во избежание повреждения подвижным составом располагают по возможности заподлицо с воротами и для надлежащего натяжения снабжают муфтами М.

Для предохранения ворот от всплывания к ним подвешивают иногда на подъемных винтовых штангах металлические ящики, наполняемые чугуными болванками.

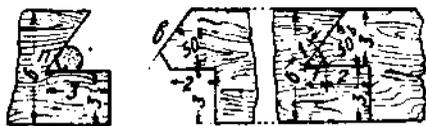
Остовные ворота в зависимости от того, являются ли элементы заполнения рамы горизонтальными или вертикальными, разделяют на ригельные и стоечные.

Обшивку их делают обычно из досок толщиной 5—8 см, располагаемых либо вертикально, либо с наклоном от верха створного столба к низу веревяльного и врубаемых в раму на полную толщину досок (фиг. 151).

Доски соединяют одна с другой обычно вплотную и прокладывают между ними смоленую пеньку или металлические полосы. Применяют и другие способы, например сплачивание в полдерева, вставные шипы с тщательной конопаткой, сделанные по типу, показанному на фиг. 158, или наконеч сплачивание по типу, показанному на фиг. 159, состоящему из остроугольного паза п, в который

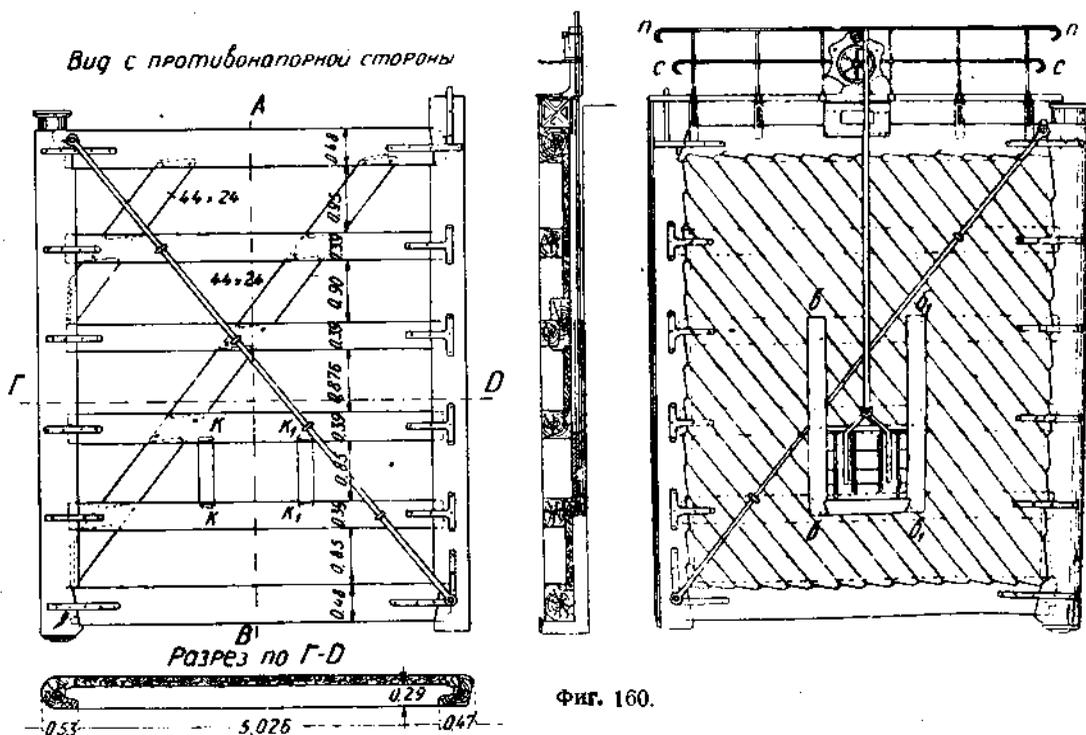


Фиг. 158.



Фиг. 159.

Разрез по А-В Вид с напорной стороны



Фиг. 160.

вводят выступ *b* со срезанным острым углом; паз покрывают горячей смолой и заполняют пенькой; при вдвигании выступа в паз пенька сжимается и образует плотное и водонепроницаемое закрытие шва, которое не нарушается даже в случае коробления досок.

Ригельные ворота более распространены, чем стоечные, и главным образом в заграничных шлюзах. Ригели этих ворот располагают друг от друга на расстояниях, уменьшающихся книзу (фиг. 151), а иногда и на одинаковых. В первом случае ригелям дают одинаковые сечения, а во втором — как одинаковые, так и разные. Сечения их берут квадратные или же прямоугольные с отношением ширины к высоте большим единицы.

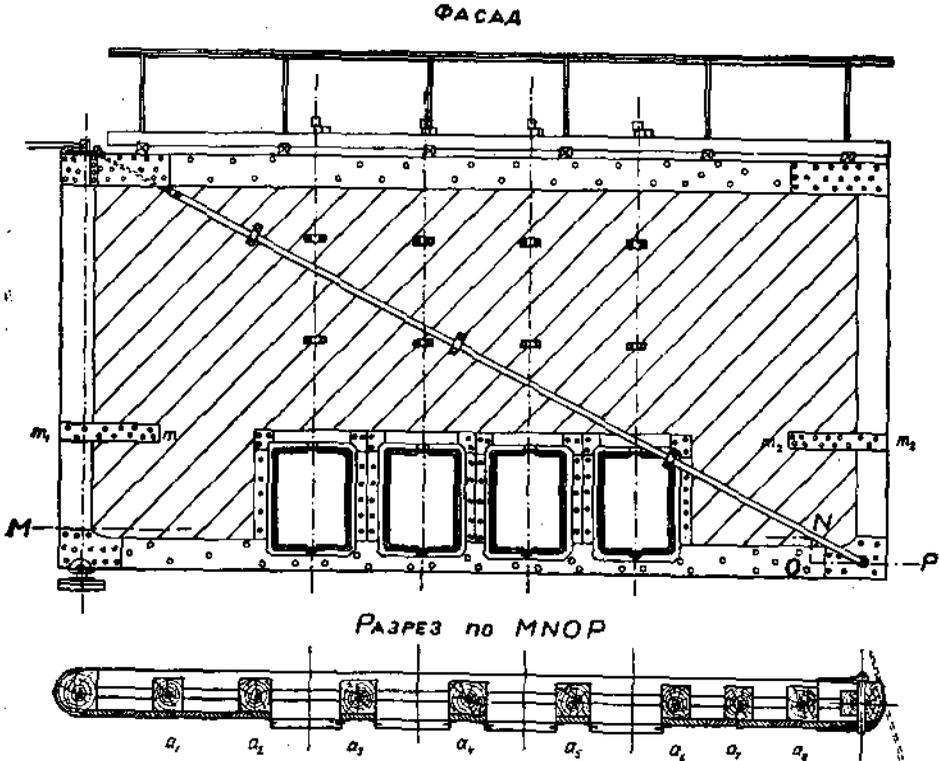
нижним рамным брусом и ограничивают сверху горизонтальным ригелем, называемым надклинкентным, который врубают в стойки и в столбы. С последними его скрепляют металлическими планками m_1m_1 и m_2m_2 .

Для предохранения ворот от провисания применяют железные тяжи.

Как на брусчатых, так и на остовных воротах над верхними рамными брусками устраивают служебные мостики; их делают большей частью из досчатого настила, прикрепляемого к деревянным или железным поперечинам, прикрепленным в свою очередь либо непосредственно к брускам (фиг. 160), либо посредством консолей k_1k_2 (фиг. 161) к столбам и к средней стойке.

Мостики снабжают с одной или с обеих сторон перилами, состоящими из стоек, поручня pp (фиг. 160) и средника $сс$, сделанных из круглого или из фасонного железа. В затопляемых шлюзах перила делают съёмными.

В. Металлические ворота. Металлические ворота разделяют на чугунные, железные и стальные.



Фиг. 163.

Чугунные ворота относятся к устаревшим типам.

В прежнее время их применяли для шлюзов очень малых размеров, как например для шлюзов шириной 2,10 м на Монгомерском канале в Англии.

Впоследствии, с появлением железа и стали, от чугуна, вследствие невысокой сопротивляемости его вообще и особенно ударам, а также вследствие неудовлетворительной работы при низких температурах, стали отказываться и в настоящее время совершенно перестали применять.

Железные и стальные ворота образуют из обшивки и из остова. Обшивку применяют для передачи давления воды либо непосредственно на стены, либо на остов, образуемый из рамы и ее заполнения; в первом случае обшивка является как бы остовом и работает на сжатие, во втором она, работая на изгиб, является лишь промежуточным элементом, передающим внешние силы на остов. Ворота первого типа можно назвать обшивочными, а второго, по сравнению с деревянными аналогичного типа—остовными.

Обшивку располагают обычно со стороны верхнего бьефа, а в воздушных ящиках и для защиты полотноц от ударов подвижным составом, также со стороны нижнего.

Обшивку обшивочных ворот делают из плоского листового железа, а остовных из плоского листового и лоткового.

Толщину обшивки обшивочных ворот определяют по формуле:

$$\delta_{см} = \frac{10 R_y}{R_{сж}}, \quad (40)$$

где:

$\delta_{см}$ — искомая толщина в см,

R_y — радиус кривизны обшивки в м,

y — высота столба воды в м, соответствующая давлению воды на тот слой обшивки, толщину которой определяют,

$R_{сж}$ — допускаемое сопротивление металла на сжатие в кг/см².

К толщине $\delta_{см}$ обычно прибавляют 1 мм на износ от ржавления и от случайных ударов.

Обшивку остовных ворот рассматривают при расчете как плиты, опирающиеся четырьмя кромками на ребра остова.

Толщину плоской обшивки определяют по формуле Баха:

$$\delta_{см} \geq a \sqrt{\frac{\varphi p}{2 \left[1 + \left(\frac{a}{b} \right)^2 \right] R_{изз}}}, \quad (41)$$

где:

a и b — стороны плиты в см, измеряемые между плоскостями прикрепления,

p — давление воды на плиту в кг/см², предполагаемое распределенным равномерно по площади плиты,

φ — коэффициент, зависящий от качества материала обшивки и от характера прикрепления ее к остову. Его принимают для литого железа с плотно заделанными краями 0,75 и с краями, свободно лежащими на ребрах остова, 1,13. Характер прикрепления при помощи заклепок можно считать промежуточным между первым и вторым.

Прочие обозначения прежние.

Для ворот небольших размеров обшивку берут минимальной толщины по всему полотнищу. Для ворот более значительных ее желательно брать однообразной, подбирая расстояния между ребрами остова соответствующим образом. Так как такой подбор во многих случаях оказывается затруднительным, обшивку берут разной толщины — меньшей в верхней части ворот и большей в нижней.

Наименьшую толщину ее берут 6 мм, наибольшую — 16 мм.

Отдельные листы обшивки располагают либо в одной плоскости, либо в разных; в первом случае их соединяют друг с другом либо впритык, перекрывая сверху накладками такой же толщины, как и листы, либо нагибая один на другой, во втором случае соединяют внахлестку, применяя, где необходимо, подкладки. С остовом и между собой до настоящего времени их скрепляли заклепками, но с развитием сварки желательно переходить на нее.

Стыки обшивки располагают преимущественно на горизонтальных элементах остовов; при таком расположении толщина обшивки более отвечает определенной по расчету, так как имеется возможность менять ее в стыках. Если расстояния между ригелями незначительны, стыки располагают через два или через три ригеля. Если стыки устраивают вертикальными, то их большей частью располагают на вертикальных ребрах остовов и предпочтительно во всю высоту ворот, реже зигзагообразно. Вертикальные стыки могут быть устроены и при наличии лишь одних ригелей, но в этом случае сквозных стыков обычно избегают.

Для достижения водонепроницаемости стыков, особенно в местах расположения плавучих ящиков, кромки листов несколько сострагивают, а заклепочные головки расчеканивают.

Для предохранения обшивки от ржавления рекомендуют либо прикреплять цинковые листы, в присутствии которых она быстро окислируется, либо покрывать суриком и по нему каменноугольной смолой, либо окрашивать особыми красками, например „инертотем“ (см. § 9). Масляные краски вследствие недо-

статочно прочного сцепления с железом и легкой порчи от сырости во время окраски считают менее практичными. В надводных частях может быть применено покрытие одним суриком.

Обшивка из плоского железа имеет немало недостатков, как-то: малую сопротивляемость ударам подвижного состава и плавающих тел, ржавление, ослабление водонепроницаемости вследствие разницы деформаций между ней и остовом и трудность ремонта, тем не менее, в виду простоты устройства и возможности свободы выбора расстояний между ребрами остова, ее применяют весьма часто; для образования же изогнутых поверхностей и воздушных ящиков она является более подходящей, чем другие.

Обшивку из лоткового железа (фиг. 91) применяют значительно реже. Лотковое железо хотя и представляет некоторые удобства для ворот, подвергающихся ударам, однако, вследствие ограниченных размеров листов, оно неприменимо для полотнищ с большими расстояниями между ригелями и стойками по той причине, что для прикрепления листов приходится вводить добавочные ригели и стойки.

Обшивочные ворота получили наиболее широкое распространение в Германии. Первоначально их делали из обшивки, изогнутой по цилиндрической поверхности радиусом, равным примерно ширине шлюза, из рамы и из незначительного количества ригелей и стоек.

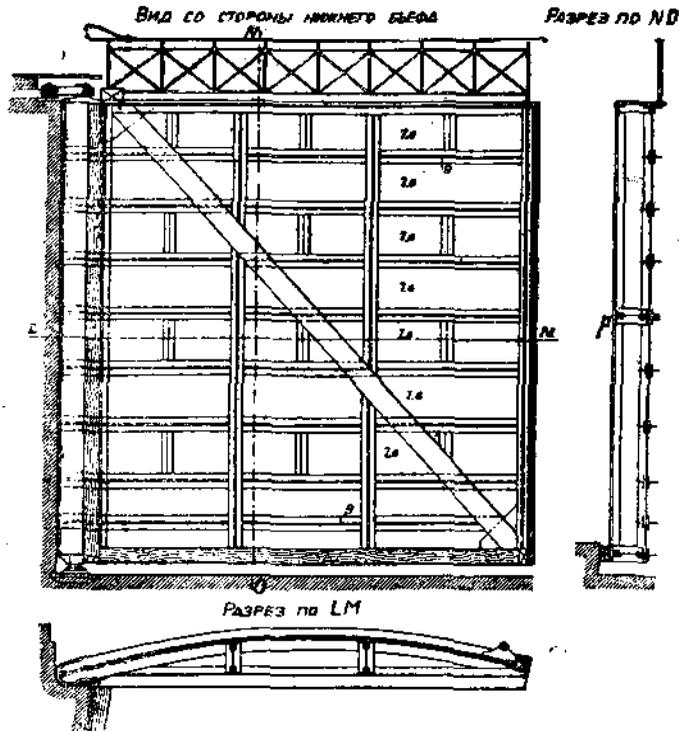
Примером таких ворот могут служить ворота шлюза у Гамельна на р. Везере (фиг. 164). Обшивка этих ворот сделана из листового железа, изогнутого по поверхности, очерченной радиусом

12,92 м, и прикреплена к столбам, рамным брусью, двум стойкам и одному ригелю *p*. В стыках обшивки, с обеих сторон ее, приклепано однотавровое железо, служащее не только в качестве стыковых накладок, но и для придания обшивке большей жесткости. Для предохранения ворот от провисания в местах соединения веревяльного столба с верхним рамным ригелем и створного с нижним рамным приклепан тяж из полосового железа.

Этот тип ворот на практике оказался недостаточно жестким, и в него были внесены некоторые изменения, заключавшиеся в том, что обшивка была усилена со стороны нижнего бьефа фасонным железом, расположенным весьма часто по высоте, и прикреплена к раме, образованной из элементов значительно более жестких профилей, чем те, которые применяли раньше.

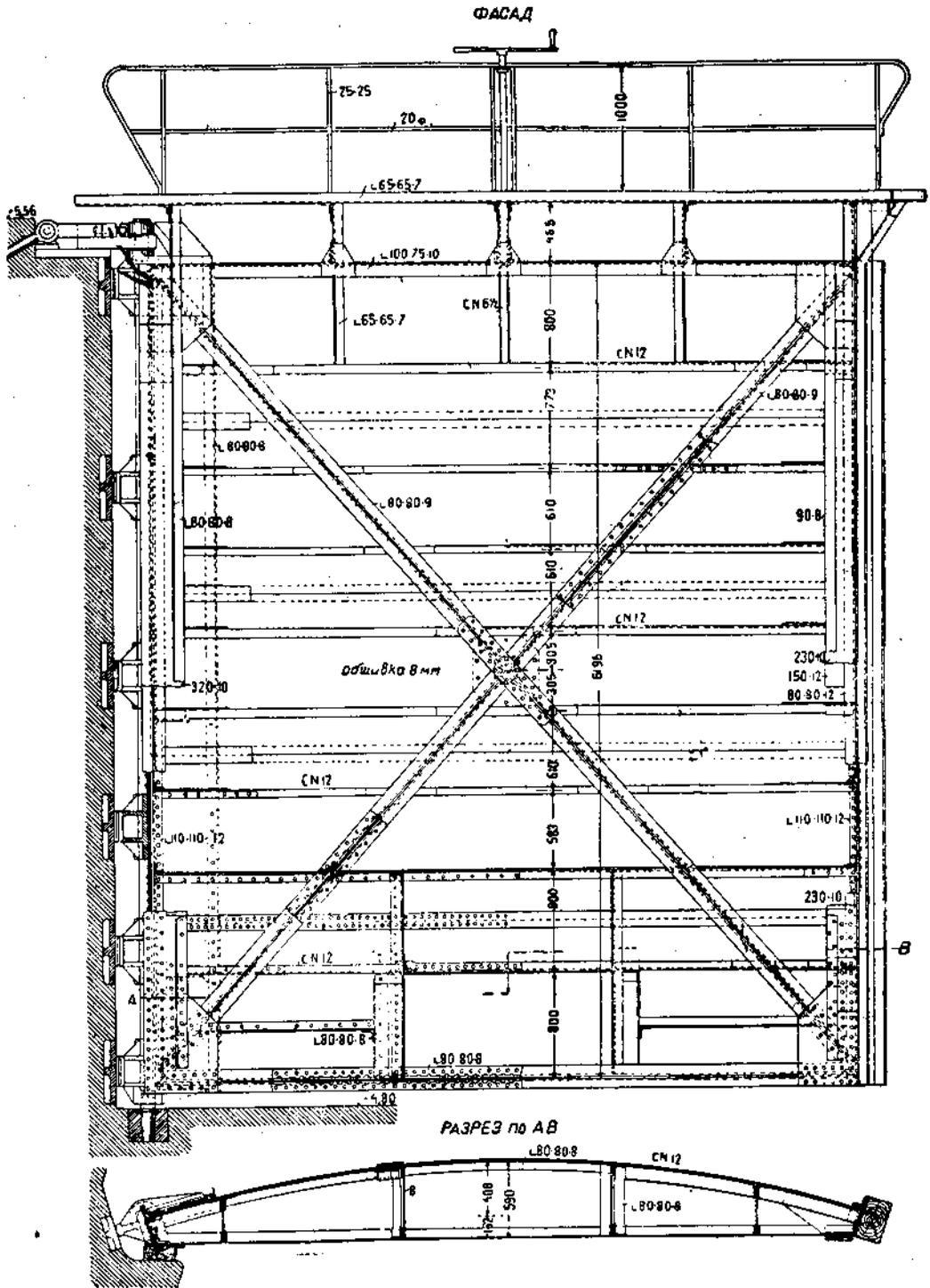
Примером ворот такого типа могут служить ворота шлюза у Боллингерфера (фиг. 165), остов которых для лучшей сопротивляемости случайным нагрузкам и для предотвращения провисания образован в виде жесткой рамы, составленной, кроме рамных брусьев, веревяльного и створного столбов, из двух диагоналей особо жесткого сечения, а в зоне водопроводных отверстий из ригелей и стоек коробчатых сечений.

В новейших воротах больших размеров диагоналям рам стали давать еще более жесткие сечения (фиг. 166). Эти диагонали стали делать в виде брусьев рыбообразной формы, а для высоких и узких полотнищ вместо одной пары



Фиг. 164.

диагоналей стали применять две, располагаемые одна над другой. Устройство таких диагоналей потребовало однако дорого стоящих работ по выгибу железа



Фиг. 165.

в местах соединения с обшивкой и вызвало значительное удорожание ворот по сравнению с остальными.

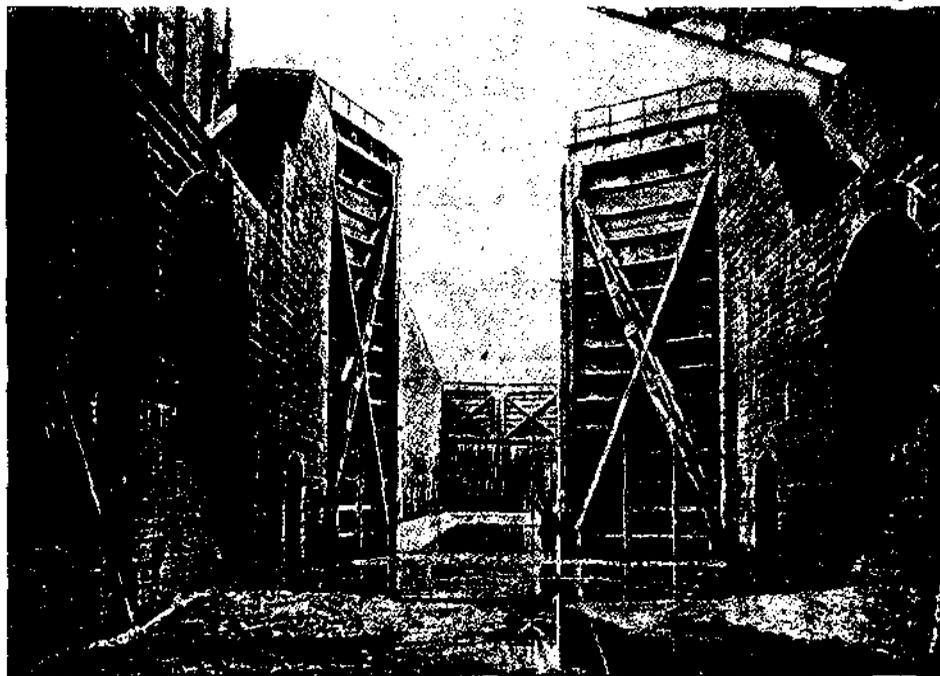
Передачу давления на стены обшивкой ворот старой конструкции выполняли при помощи веревяльных столбов, прилегавших по всей высоте к стенам.

От такой передачи воротами более новых типов стали отказываться и стали прикреплять по концам некоторых из ригелей металлические упоры, при помощи которых передавали давления на подушки, прикрепленные ершами к стенам.

Кроме обшивки из листового железа в обшивочных воротах применяли также обшивку из волнистого, но вследствие значительной поверхности ржавления и неудовлетворительного соединения ее с рамой, затрудненный устройства стыков и плохой сопротивляемости ударам ворот, а также невозможности делать в воротах воздушные ящики, от дальнейшего применения ее отказались.

Ворота остовного типа разделяют на три главнейших типа:

- 1) ригельные,
- 2) стоечные,
- 3) промежуточные между первыми и вторыми: ригельно-стоечные и стоечно-ригельные, устраиваемые первый с минимальным количеством ригелей, связанных длинными стойками, а второй с минимальным количеством стоек, связанных длинными ригелями.



Фиг. 165.

Остовы ригельных ворот (фиг. 91) образуют из рам и ригелей; последние, воспринимая давление от обшивки, работают в зависимости от их конструкции либо на изгиб и сжатие, либо только на сжатие (арочные).

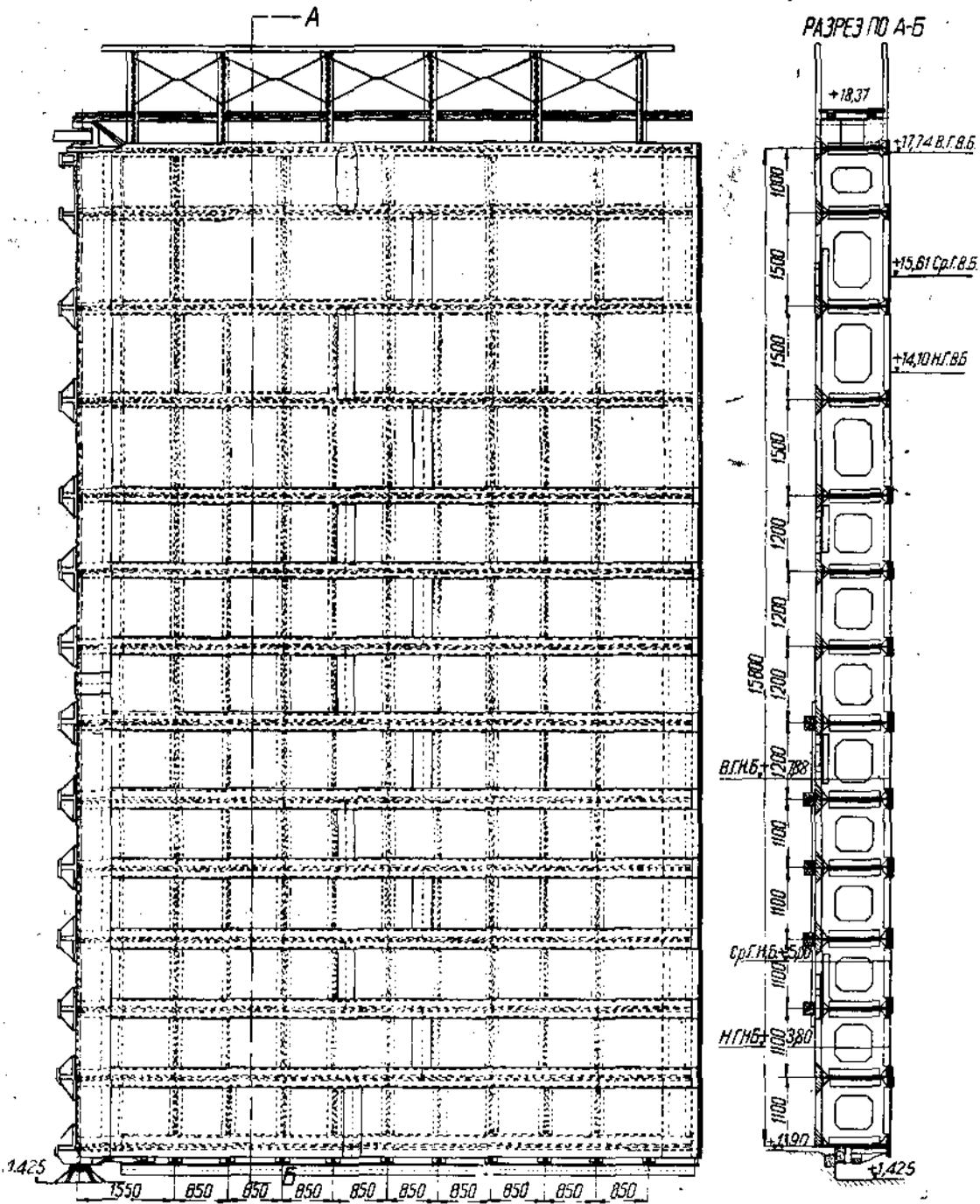
Обычно ригели делают почти одинаковых профилей и располагают один от другого на расстояниях, убывающих книзу с таким расчетом, чтобы давление воды, приходящееся на каждый из них, было примерно одинаковым.

В плане их образуют в виде балок либо с параллельными поясами (фиг. 167—шлюз у Волховской гидростанции), либо с передним поясом криволинейным или ломаным и с выпуклостью, направленной в сторону верхнего бьефа, а с задним прямолинейным.

Их рассчитывают на плоский изгиб под действием передающейся на них через посредство обшивки частей силы P (см. стр. 92) и на продольный изгиб под действием частей силы Q .

В арочных воротах задние пояса ригелей устраивают криволинейными, обращенными выпуклостью в сторону верхнего бьефа.

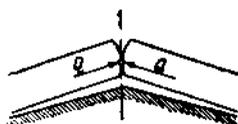
Ригели делают обычно двутавровых или коробчатых сечений и изготовляют из прокатного или листового и фасонного железа; их прикрепляют к столбам парными уголками. Толщину железных частей их берут не менее 6 мм.



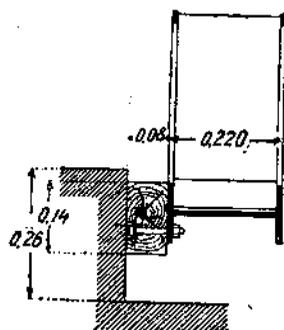
Фиг. 167.

Нижний рамный ригель, предназначенный для передачи давления воды по всей своей длине на король, подвергается действию плоского и продольного изгиба лишь тогда, когда он, соприкасаясь с рамным ригелем соседнего полотнища, отходит от короля (фиг. 168) вследствие увеличения температуры, неточности пригонки, попадания случайных предметов или деформаций короля. Учитывая эти обстоятельства, его рассчитывают в запас прочности не только на изгиб, но и на продольное сжатие.

Для передачи от него давления на король к нему прикрепляют при помощи уголков или швеллеров деревянные брусья, располагаемые таким образом, чтобы центры тяжести поперечных сечений их и рамного ригеля находились примерно в одной и той же горизонтальной плоскости. Брусья прикрепляют большей частью посредством горизонтальных болтов со скрытыми головками на стороне, прилегающей к королю (фиг. 169).



Фиг. 168.

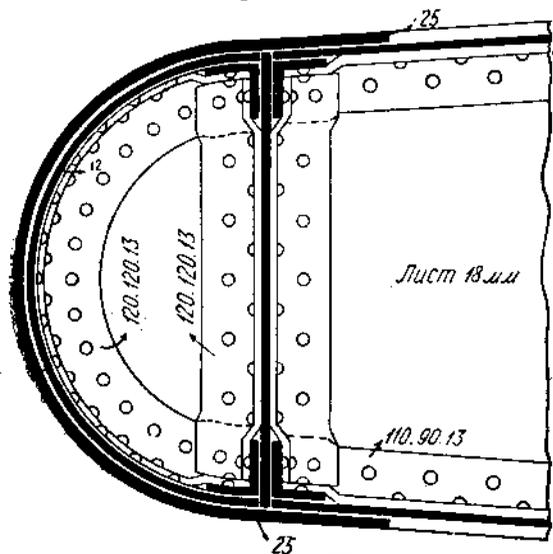


Фиг. 169.

Верхний рамный ригель, работая как один из ригелей, служит также для поддержания служебного мостика и механизмов для открытия щитов, закрывающих клинкетные отверстия.

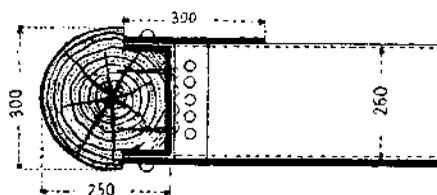
Сечения рамных ригелей берут обычно однотипными с сечениями ригелей заполнения.

Веревальные столбы делают в поперечном сечении одно- или двустенчатыми и изготавливают из фасонного или из полосового и фасонного железа, тщательно соединяя их с ригелями и с рамными брусками.



Фиг. 170.

В прежнее время им давали сечения, состоявшие со стороны стен из кривых линий, подобных показанным на фиг. 170, соответствовавших очертаниям веревальных выкружек; однако такие сечения оказались нецелесообразными вследствие неясности в распределении усилий в столбах, а также недостаточной водонепроницаемости закрытия шлюза или полушлюза, трудности сборки столбов и сложности их ремонта.



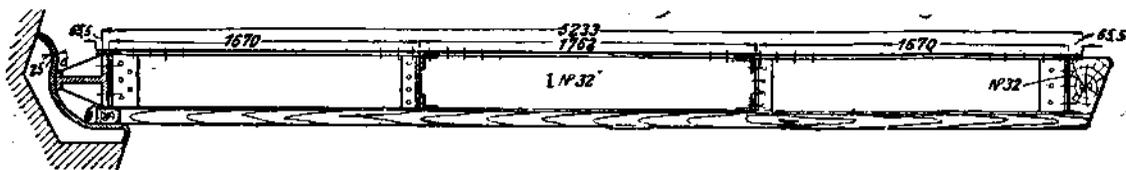
Фиг. 171.

Учитывая эти обстоятельства, столбы стали образовывать из металлических и деревянных частей (фиг. 171—первый шлюз у Опельна на р. Оudere), последних, отесанных со стороны веревальных выкружек по криволинейным поверхностям.

Назначение деревянных брусков заключалось в том, чтобы сделать столбы возможно более упругими и в случае износа легко заменять новыми.

Однако, так как неопределенность в распределении усилий в столбах и в ригелях не была таким образом устранена, эта конструкция оказалась непрактичной. Тогда перешли к другой, состоявшей в том, что для передачи давления от ворот на стены стали применять отдельные упоры *d* (фиг. 172), которые располагали против каждого ригеля, а для устранения фильтраций воды между столбами и стенами и для передачи давления от ворот стали применять деревянные брусья *b*, прикрепляемые к веревальным столбам болтами аналогично тому, как показано на фиг. 169.

Если полотнище состоит из большого числа ригелей, то применение упоров против каждого ригеля оказалось непрактичным, по этой причине в таком случае упоры стали размещать не против каждого ригеля, но через один или через несколько, подвергая веревяльные столбы между ними изгибу в плоскости ворот. Такое расположение однако не вызвало значительных затруднений, так как увеличение сечений столбов не потребовало большого расхода материала.



Фиг. 172.

Створные столбы делают коробчатых или двутавровых сечений и устраивают из такого же железа, как и веревяльные. Створение между полотнищами осуществляют посредством деревянных прижимных брусьев, прикрепленных к столбам горизонтальными болтами со скрытыми головками аналогично тому, как показано на фиг. 169; по столбам, во избежание ржавления в близком соприкосновении с деревом, укладывают иногда свинцовые листы.

В американских шлюзах для обеспечения створения, даже в случае ударов в ворота, упорным поверхностям брусьев дают возможно большие размеры.

Если в шлюзе проложена тузрная цепь, в брусьях делают соответствующие вырезы (шлюз у Сюрея на р. Севе).

К воротам больших размеров вместо деревянных брусьев прикрепляют иногда металлические, обделанные для обеспечения центральности передачи давлений криволинейными поверхностями (фиг. 173). В этом случае прикрепляют и деревянные, но лишь как вспомогательные.

Для уменьшения толщины обшивки и свободной длины ригелей при продольном изгибе в плоскости ворот между поясами ригелей, обращенными в сторону верхнего бьефа, а в воротах, снабженных плавучими ящиками, также между обращенными в сторону нижнего, обычно вводят промежуточные стойки.

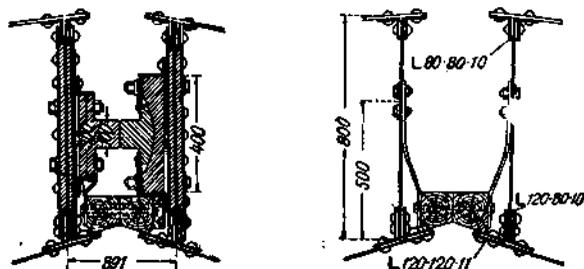
Стойкам дают коробчатые (фиг. 172) или двутавровые сечения, размеры которых определяют в зависимости от сопротивления стоек на изгиб от давления воды, передаваемого обшивкой.

Для образования клинкетных отверстий между ригелями прикрепляют стойки, а по периметру отверстий деревянные брусья, которым дают в поперечном сечении формы, достаточно обеспечивающие плавность протекания струй.

Для предохранения ворот от провисания применяют жесткие диагонали или тяжи из полосового железа, прикрепляемые к верхней части веревяльного столба и к нижней части створного. Если со стороны нижнего бьефа обшивка устроена во всю высоту ворот, диагоналей и тяжей иногда не делают, так как считают, что обшивка дает надлежащую жесткость в плоскости полотнища и обеспечивает его неизменяемость.

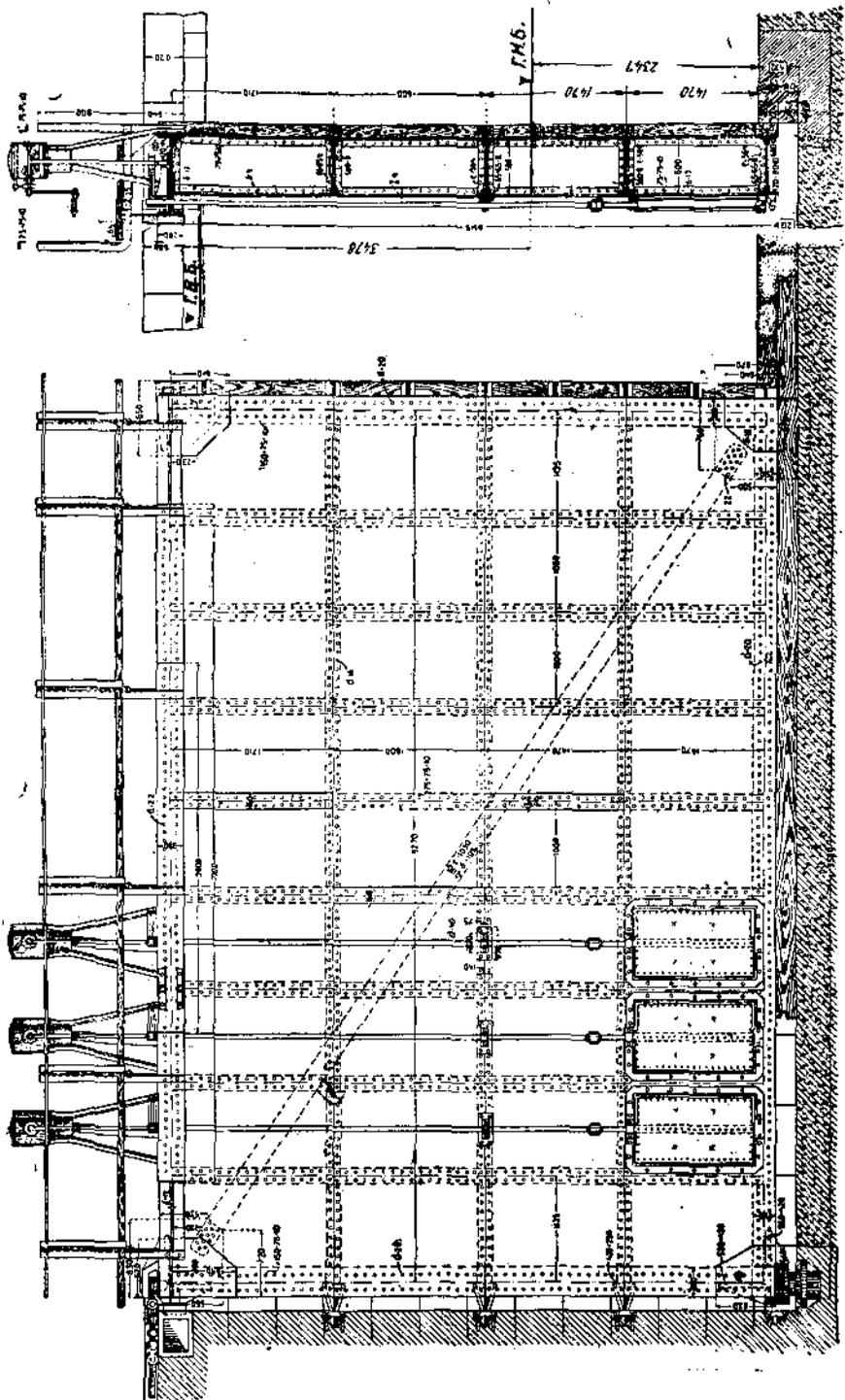
Остовы стоечных ворот образуют из рам и стоек; последние прикрепляют сверху к верхнему рамному ригелю, а внизу к нижнему рамному; благодаря такой конструкции давление от воды, действующей на ворота, передают на король и на верхний рамный ригель, который в таком случае для восприятия весьма значительной части давления делают нередко значительно шире толщины ворот (фиг. 174 — три нижних шлюза на р. Северном Донце). Для прикрепления обшивки между стойками располагают промежуточные ригели, а между ригелями; в случае надобности, прикрепляют еще дополнительные стойки.

Фиг. 173.



ВНУТРИ СТОРОНЫ ВЕРХНЕГО БЪЕБЫ

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ



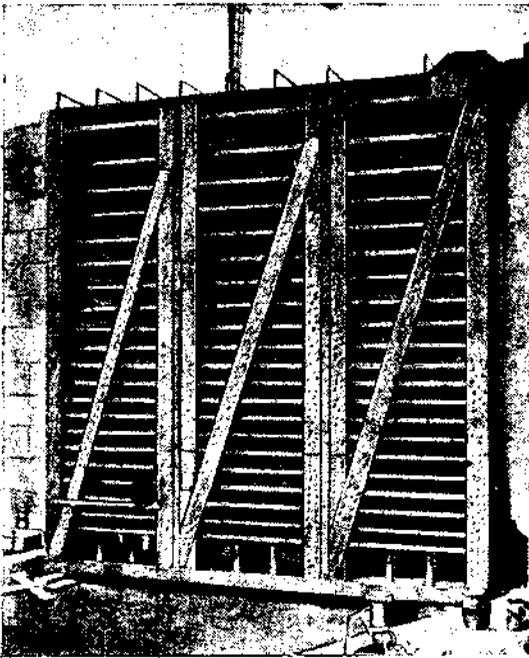
Фиг. 174.

Последние располагают со стороны верхнего бьефа, а в воздушных ящиках кроме того еще и со стороны нижнего.

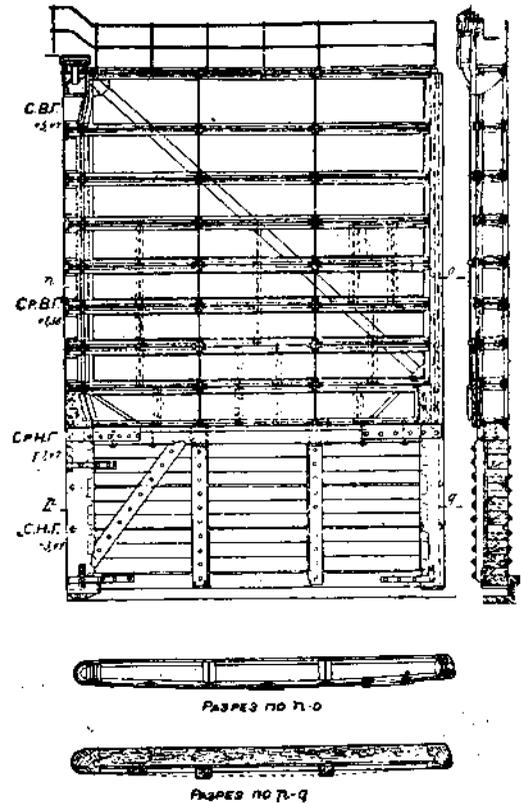
Сечения стоек, промежуточных ригелей и рамных брусьев берут по большей части двутавровые, причем сечения верхнего рамного ригеля посредине делают большими, чем по концам.

Веревальный и створный столбы образуют подобно столбам ригельных ворот.

Давление от ворот на стены передают посредством подушек, располагае-



Фиг. 175.



Фиг. 176.

мых по концам рамных ригелей, а иногда и по концам промежуточных, давление же от одного полотнища на другое передают по всей высоте створных столбов при помощи деревянных брусьев; для центральности передачи давления в местах соприкосания верхних рамных ригелей обоих полотнищ применяют иногда стальные подушки с криволинейными упорными поверхностями и иногда со съёмными вкладышами.

Клинкетные отверстия располагают обычно между нижними рамными ригелями и нижними промежуточными и ограничивают с боков стойками остова. Для увеличения ac (стр. 91) отверстия располагают возможно ближе к веревальным столбам.

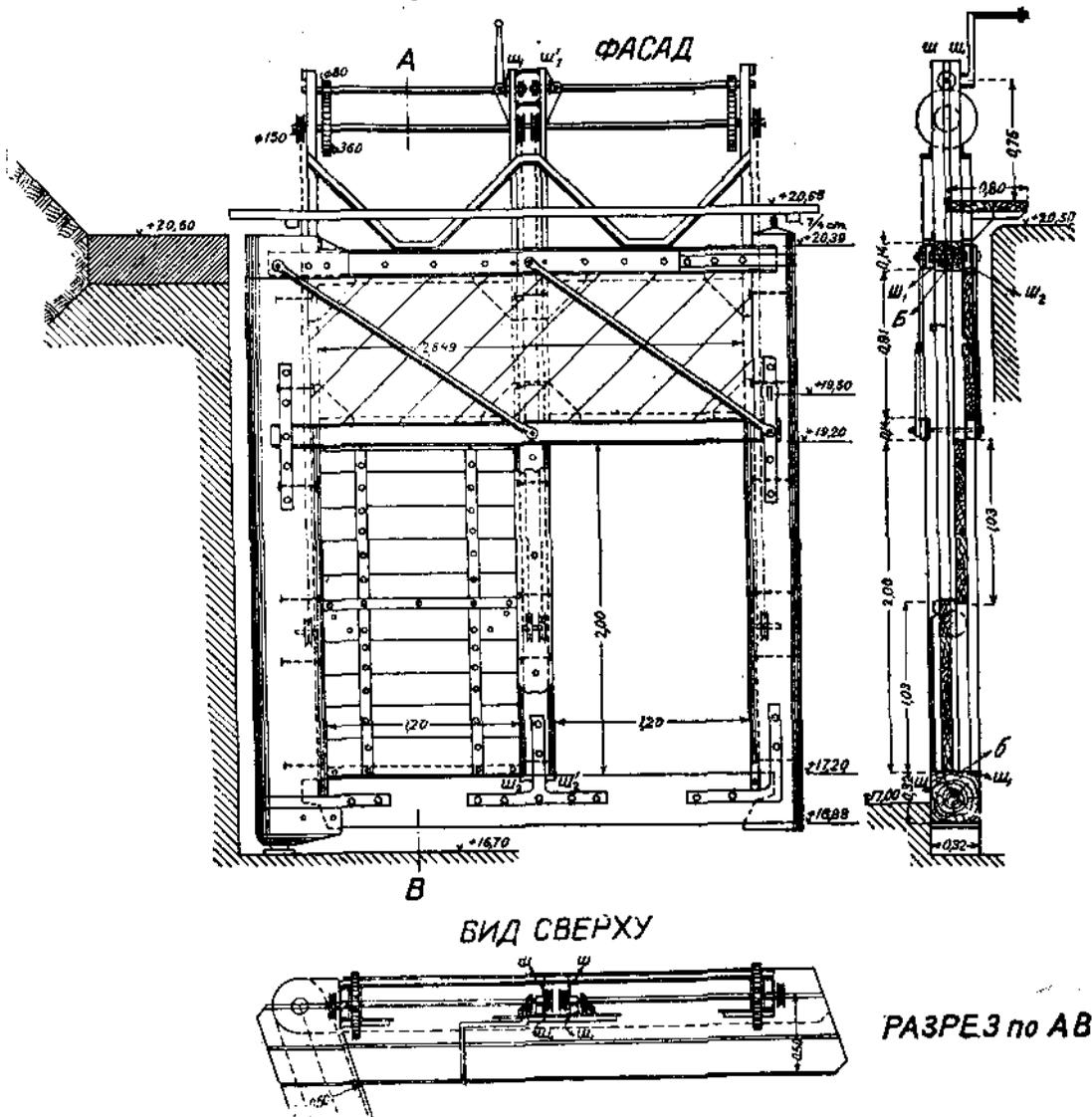
Для приведения рамы ворот в неизменяемую систему и для предохранения ее от провисания применяют диагонали или тяжи, которые устраивают подобно тому, как устроены те же связи ригельных ворот.

Если количество главных стоек незначительно, то иногда применяют диагонали, располагаемые по типу, показанному на фиг. 175 (шлюз у Миннехах-Парк на р. Миссисипи).

Стойчатые ворота применяют обычно в тех случаях, когда длина их полотнищ превосходит высоту примерно на 20%; в этих случаях они более экономичны в отношении расхода материала, чем ригельные.

Г. Ворота смешанной конструкции. Ворота смешанной конструкции разделяют на два типа: первый, в котором одна часть высоты ворот или одна часть его остова деревянная, а другая — металлическая; второй — в котором обшивка деревянная, а остов металлический.

В первом типе, распространенном пока весьма мало, деревянной делают ту часть ворот, которая находится под водой, а железной — расположенную над водой. Цель применения дерева в нижней части заключается в том, чтобы облегчить и упростить ремонт ворот, который бывает связан с большими затруднениями в тех случаях, когда ворота имеют железную обшивку в подводной части.



Фиг. 177.

Ворота этого типа применены в шлюзе у Глюкштадта на реке Эльбе, находящемся в районе действия приливов и отливов; верхняя часть их до уровня обыкновенного отлива сделана из железной обшивки, прикрепленной к ригелям двухтаврового сечения (фиг. 176), сделанным на середине длины более широкими, чем по концам, и к двум промежуточным стойкам. Для предохранения от провисания применен железный тяз из листового железа.

Нижняя часть их сделана из деревянных брусьев прямоугольного сечения, соединенных вертикальными схватками и подкосом и врубленных в веревяльный и створный столбы, которые в свою очередь связаны с рамными брусьями посредством врубок и металлических скреплений.

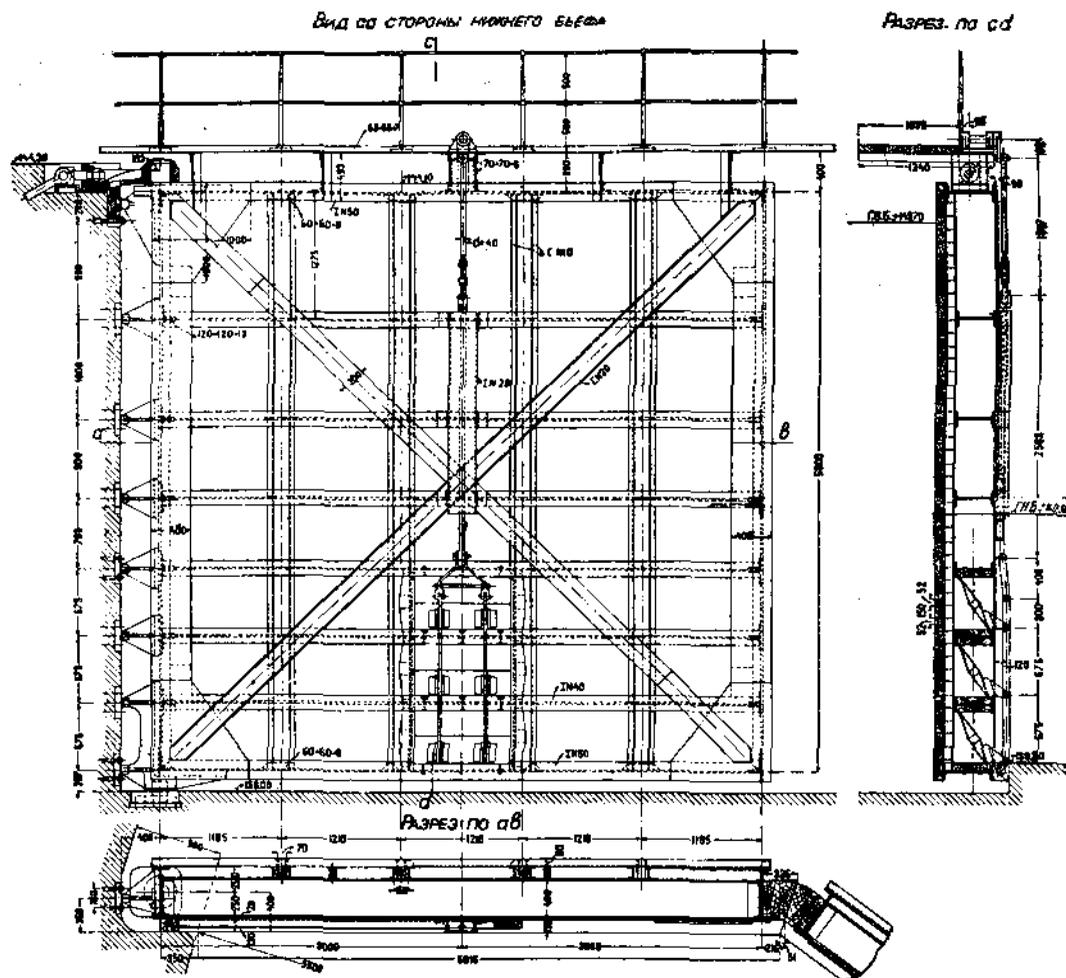
Ворота с остовом смешанной конструкции применяют весьма редко, например в том случае, когда в них приходится устраивать водопроводные отверстия значительных размеров.

Примером ворот этого типа могут служить ворота шлюза у Кудензее на Бюттлерском канале (фиг. 177). В полотнищах этих ворот между нижними рамными брусьями и промежуточными ригелями устроено по два больших отверстия, закрываемых двумя парами деревянных подъемных щитов. Конструкция остова их следующая: веревяльный и створный столбы и нижний рамный брус обычной деревянной конструкции, верхний рамный ригель составлен из парных швеллеров ш_1 и

ш, между которыми уложен деревянный брус Б, промежуточный ригель — из двух швеллеров. Промежуточная стойка сделана из двух пар швеллеров ш₁, ш₂, ш' и ш', которые служат для направления движения щитов; между швеллерами введён деревянный брус Б₈. Для направления движения щитов со стороны столбов к последним прикреплены две пары таких же швеллеров. Верхняя часть ворот между промежуточными и верхним рамным ригелями обшита наклонными досками и стянута двумя диагональными тяжами. Соединения верёвального и створного столбов и промежуточной стойки с нижним рамным брусом сделаны по типу, применяемому в деревянных воротах.

Ворота второго типа в первоначальном виде устраивали с чугунным остовом.

Примером их могут служить ворота Краснохолмского двухстворного шлюза на обходном канале р. Москвы в г. Москве.



Фиг. 178.

Впоследствии вместо чугунных остовов стали применять остовы из железа, которые стали делать по типам, указанным на стр. 101, а обшивку делать из досок, которые располагали вертикально или горизонтально. В первом случае толщину досок брали по необходимости одинаковой по всей высоте, а во втором — увеличивающейся от верхнего рамного бруса к нижнему. Стыки между досками устраивали аналогично тому, как указано в § 16, Б, а остовы — как указано в § 16, В.

Примером ворот этого типа с ригельным остовом могут служить ворота шлюза у Лобозицы на р. Эльбе (фиг. 178).

Они образованы из обшивки из горизонтальных досок и из остова, состоящего из рамы из двутаврового железа и из шести ригелей, расположенных на расстояниях, убывающих книзу. Обшивка прикреплена к стойкам, состоящим из

деревянных брусев, зажатых между швеллерами, приклепанными к ригелям. Остов приведен в неизменяемую связь двумя диагоналями из швеллеров.

Ворота того же типа со стоечно-ригельным остовом применены для шлюза у Аблона на р. Сене. Они образованы из обшивки из вертикальных дубовых досок, прикрепленных болтами к остову, составленному из рамы, одной стойки и промежуточного ригеля двутавровых сечений, приведенных в неизменяемую связь подкосом *сп* (фиг. 179) и тягом *вт*. Давление от ворот на стены передано тремя упорами, расположенными против обоих рамных брусев и промежуточного ригеля.

Так как через Аблонский шлюз проложена туэрная цепь *цц*, то для пропуска ее в деревянных упорных брусках створных столбов устроены отверстия соответствующих размеров.

На описанных в § 16, В и Г воротах, подобно тому, как делают на деревянных воротах, для возможности прохода с одной стены на другую и для управления приводами щитов, закрывающих клинкетные отверстия, устраивают служебные мостики. Эти мостики, как было указано в § 16, В, располагают на поперечных фермочках, прикрепленных к верхним рамным ригелям. По фермочкам укладывают настил из досок или из рифленого железа. Если фермочки сделаны небольшой ширины, то свесы устраивают на консолях.

Служебные мостики ворот значительных размеров иногда располагают непосредственно на верхних рамных ригелях, к которым в случае недостаточной ширины для прохода также прикрепляют консоли.

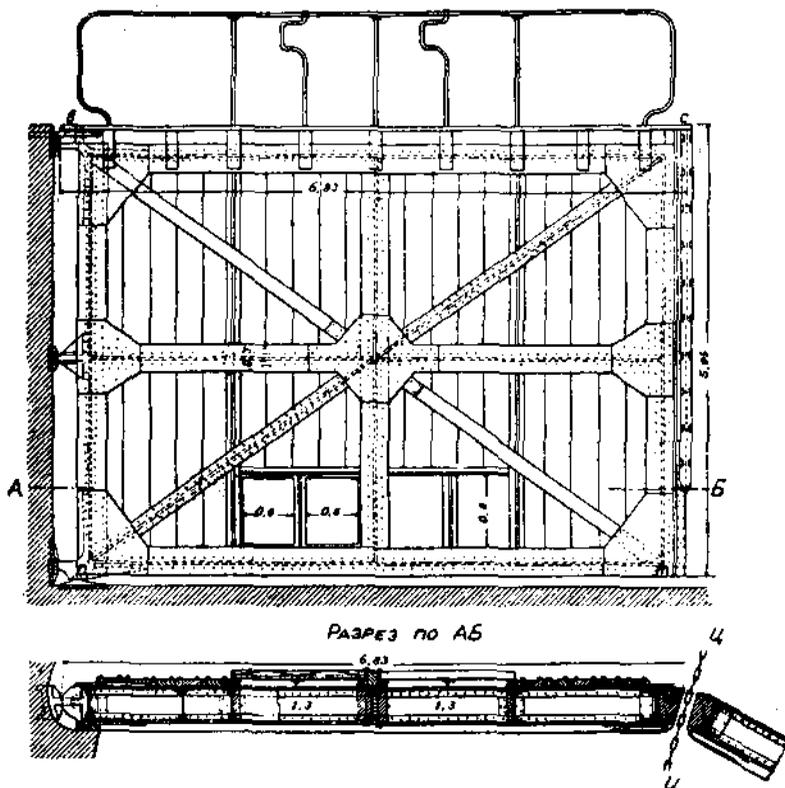
С одной или с обеих сторон мостиков обычно прикрепляют перила, устраиваемые преимущественно из углового или из круглого железа, реже из труб; в затопляемых шлюзах перила делают съёмными.

§ 17. Оси вращения двустворчатых ворот с распором

Расположение осей вращения двустворчатых ворот с распором тесно связано с очертаниями веревяльных столбов и веревяльных выкружек.

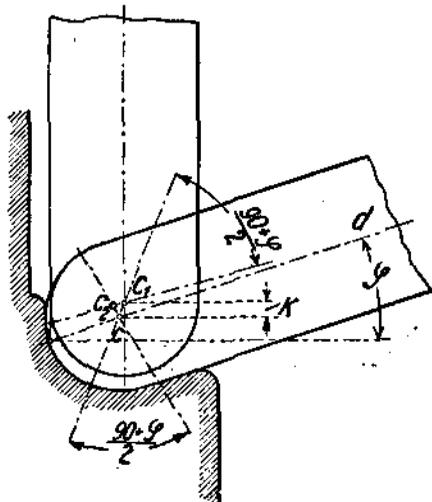
В отношении очертаний последних должно быть прежде всего соблюдено условие наиболее совершенного закрытия воротами шлюза или полушлюза, т. е. обеспечение водонепроницаемости закрытия отверстий, а затем условие быстроты и легкости открытия и закрытия ворот. Кроме того должны быть соблюдены статические требования, состоящие в том, что материал выкружек должен достаточно прочно сопротивляться давлению, передаваемому воротами.

Этим условиям в достаточной степени удовлетворяет устройство столбов и выкружек, описанное в § 16.

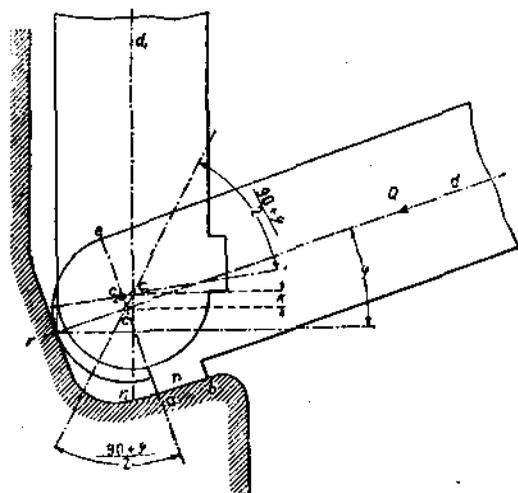


Фиг. 179.

Для того чтобы открытие и закрытие ворот было наиболее легкими, необходимо, чтобы между столбами и выкружками не происходило трения, в результате которого может произойти также преждевременный износ трущихся поверхностей. Для этой цели столбы во время движения полотнищ не должны соприкасаться с выкружками, но по мере открытия ворот постепенно отходить от них и в конечном положении отстоять от выкружек на расстоянии $k = 10-50$ мм (фиг. 180). Этого можно достичь посредством надлежащего выбора в плане положения осей вращения столбов, которые не должны быть совмещены с осями цилиндрических поверхностей веревальных столбов, но расположены на небольшом расстоянии от них.



Фиг. 180.

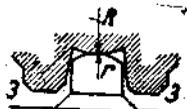


Фиг. 181.

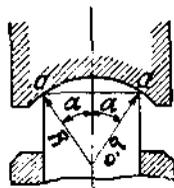
Для нахождения в плане такого положения осей вращения поступают следующим образом: обозначая через s (фиг. 180) проекцию на горизонтальную плоскость оси цилиндрической поверхности веревального столба в закрытом положении полотнища и через c_1 — в открытом, и соединяя s и c_1 прямой, проводят через s и c_1 прямые, составляющие с линией sc_1 углы $\frac{90^\circ + \varphi}{2}$, где угол φ см. стр. 92. В пересечении обеих прямых находят точку c_2 , которую принимают за проекцию на горизонтальную плоскость искомой оси вращения.



Фиг. 182.



Фиг. 183.



Фиг. 184.

Для веревальных столбов и выкружек, сделанных по типу, показанному на фиг. 181, проекцию оси вращения находят на линии ae , проходящей через точку a (проекцию на горизонтальную плоскость внешнего ребра упорного бруса n) и составляющей с плоскостью упора того же бруса угол $eab > 90^\circ$.

Обозначая точку пересечения линии ae с направлением силы Q (см. стр. 92) через s и проводя через нее прямую, составляющую с линией ae угол $\frac{90^\circ + \varphi}{2}$, находят в пересечении с линией d_1r_1 (положение линии dr в открытом положении полотнища) точку c_1 , затем, проводя к линии sc_1 прямую под углом $\frac{90^\circ + \varphi}{2}$, находят в пересечении с линией ae точку c_2 — искомую проекцию оси вращения полотнища.

Нижние опорные части ворот образуют из пятников и пят. Те части пятников, которые соприкасаются непосредственно с пятами, называют на д-пятниками. Их образуют по типам, показанным на фиг. 182, 183 и 184. В первом случае R больше r , во втором R больше, меньше или равно r . Во втором случае для удержания ворот на пятах надпятники снабжают закраинами $з$ и $з$, которые для более легкой насадки пятников расширяют книзу; устройство их однако считают недостаточным практическим и допускают в воротах лишь незначительных размеров.

На практике оказалось, что в обоих случаях шаровые поверхности вследствие частого вращения ворот истираются и соприкосновение их наступает в нескольких точках; учитывая это обстоятельство, пяты устраивают по типу, показанному на фиг. 184, где $R = r$.

Радиус шаровой поверхности пяты, показанной на фиг. 182, при $R = r$ определяют по формуле:

$$R \geq 0,691 \sqrt{\frac{V}{R_{\text{сжм}}}}, \quad (42)$$

где:

V — (см. стр. 92) в тоннах,
 $R_{\text{сжм}}$ — допускаемое сопротивление материала пяты на сжатие в $кг/см^2$.

Радиусы шаровых поверхностей для пяты, показанной на фиг. 183, определяют по формуле:

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{r} = \frac{R_{\text{сжм}}}{12,75V} \quad (43)$$

и для показанной на фиг. 184 по формуле:

$$R \geq 0,691 \sqrt{\frac{V}{R_{\text{сжм}}(1 - \cos^2 \alpha)}},$$

где α — половина центрального угла $аОа$ (фиг. 184).

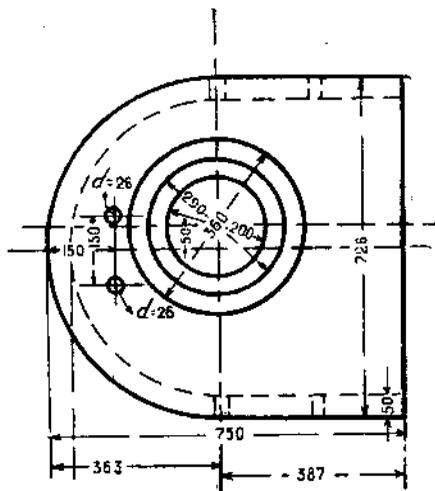
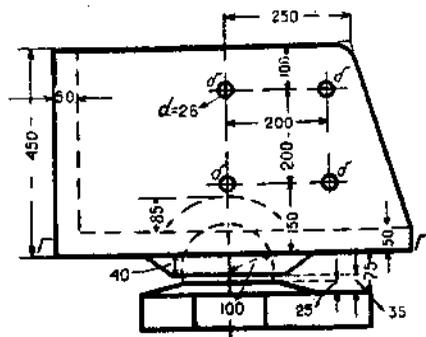
Прочие обозначения прежние.

Пятники и пяты деревянных ворот делают следующим образом: пятники в виде совков с вертикальными стенками и с надпятником в нижней горизонтальной стенке ГГ (фиг. 185 — новые шлюзы на Северо-Двинской системе). Пятники прикрепляют к воротам посредством горизонтальных болтов, пропускаемых через отверстия $б, б, б$, устроенные в боковых вертикальных стенках.

Пяты и их нижние части, так называемые подпятники, небольших ворот образуют как одно целое (фиг. 185); подпятники более значительных ворот делают отдельно от пят в виде стальных отливок, в которые вкладывают стальные пятовые валки (фиг. 186 — шлюз у Фюрстенвальде на канале, соединяющем р. Одер с р. Шпрее).

Пятники ворот с металлическим остовом образуют в виде угольников, шириной, несколько меньшей толщины ворот, и длиной, достаточной для надежного скрепления их болтами с веревальными столбами и нижними рамными ригелями (фиг. 187 — шлюзы на р. Оке); со стороны веревальных выкружек их снабжают особыми упорами $у, у$, соприкасающимися с подушками, прикрепленными к стенам, а снизу надпятниками $НН$. Эти пятники отличаются от пятников деревянных ворот тем, что они не только не ослабляют веревальных столбов и рамных ригелей вырезами, но, наоборот, увеличивают сечения тех и других и содействуют их взаимной связи.

Пяты тех же ворот, подобно пятам и подпятникам деревянных ворот, либо образуют как одно целое, либо делают составными из нескольких частей, а именно: из подпятников и из валков, вкладываемых в эти последние; подпят-



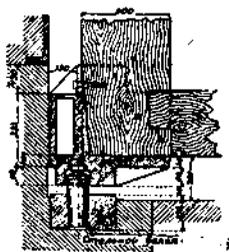
Фиг. 185.

ники втапливают во флютбет и прикрепляют иногда болтами, а для лучшего упора на флютбете снабжают выступами.

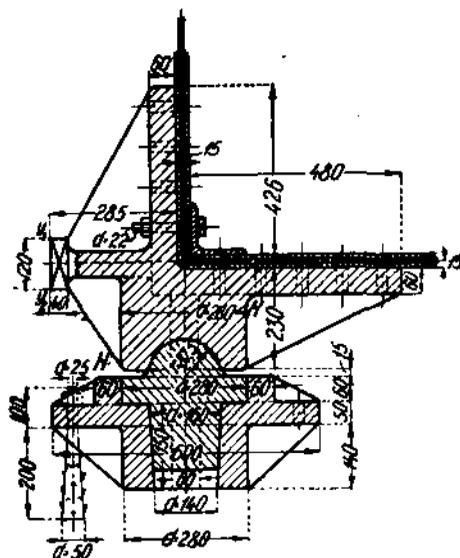
Сечения пятовых валков определяют из условия прочного сопротивления их на неравномерное сжатие под действием равнодействующей сил V и Z , размер же подошвы подпятников определяют из условия сопротивления флютбета на такое же сжатие.

Для более точной установки и для последующего регулирования в плане подпятники могут быть сделаны из двух частей: нижней, прикрепленной к флютбету, и верхней перемещаемой относительно нижней посредством клиньев K_1K_2 и K_3K_4 (фиг. 188 — шлюз у Круммесе на Эльба-Травском канале).

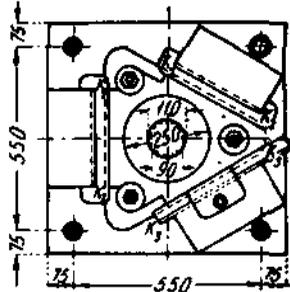
В местах соприкосновения пят с надпятниками применяют вкладыши, изготовляемые из более твердых металлов, чем пяты и надпятники. Их устраивают таким образом, чтобы после срабатывания их можно было легко заменять новыми.



Фиг. 186.



Фиг. 187.



Фиг. 188.

Для предотвращения перенапряжений и неплотности створения полотнищ, а также перенапряжений пят, в случаях: 1) возможных неточностей при монтаже ворот, 2) изменения температуры, 3) осадки постоянных частей, 4) попадания между упорными брусками ворот и королями посторонних предметов, и, наконец 5) срабатывания поверхностей прилегания надпятников к пятам и упоров к упорным подушкам, — пятовые валки устраивают вращающимися в надпятниках и в подпятниках.

Их располагают тогда примерно по направлению равнодействующей веса ворот и реакции гальсбантов (фиг. 189 и 190), помещая в первом типе (фиг. 189) в подпятниках, а во втором (фиг. 190) — в надпятниках. Благодаря такой конструкции, когда ворота открыты, валки прилегают к упорам, устроенным в первом типе в подпятниках, а во втором — в надпятниках. Во время поддержания воротами подпора, а также в указанных выше случаях валки могут несколько перемещаться, вращаясь по шаровым поверхностям.

В первом типе упоры устраивают передвигающимися в горизонтальном направлении; для этой цели применяют регулирующие винты S , при помощи которых установку упоров и валков можно сделать достаточно точной.

Конструкции, служащие для поддержания ворот сверху, выполняют следующим образом: для деревянных брусчатых ворот шипы отливают вместе с наголовниками (фиг. 157), а для деревянных остовных устраивают либо по типу, показанному на фиг. 160 и 161, либо на веревальные столбы и верхние рамные брусья надевают чугунные или стальные отливки, снабженные для прикрепления диагональных тяжей особыми втулками v_1 и v_2 (фиг. 191 — шлюзы на нижнем участке р. Майна).

Иногда применяют более сложные, например в виде совков (фиг. 192—шлюз у Фюрстенвальде), имеющих для лучшей связи с веревальными столбами по верхней и боковым поверхностям выступы *в* и *в*, для удержания валков сверху — приливы *пл*, а для передачи давления от верхнего рамного бруса на стены — упоры *уу*. Валки вставляют в горизонтальные стенки совков и в приливы.

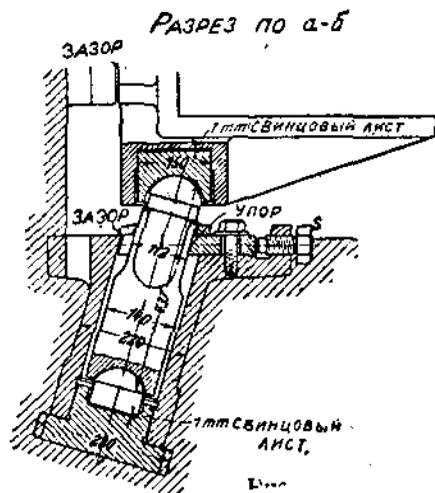
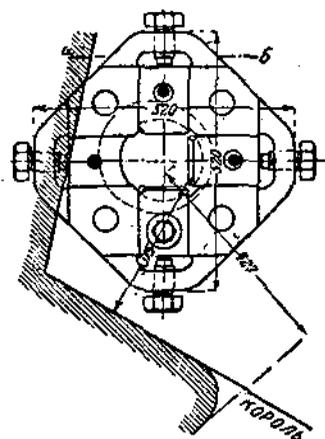
Для ворот с металлическим остовом применяют углообразные отливки АБВ (фиг. 193—шлюз у Трои на р. Влтаве) с шипами *Г* и упорами *Д*; их прикрепляют на болтах к веревальным столбам и к верхним рамным ригелям.

Для удобства исправления и замены новыми шипы делают иногда съемными, устраивая их аналогично типу, показанному на фиг. 192.

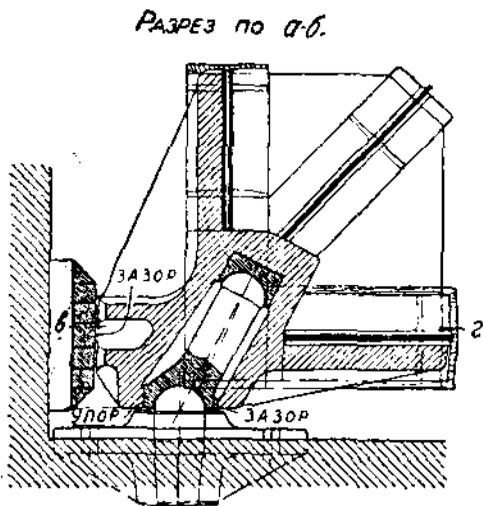
Размеры шипов определяют из условия прочного сопротивления их на изгиб силой *Z* (см. стр. 92).

Так как расход материала для опорных частей вообще не велик, а возможность случайных повреждений значительна, то их рекомендуют делать с достаточным запасом против расчета.

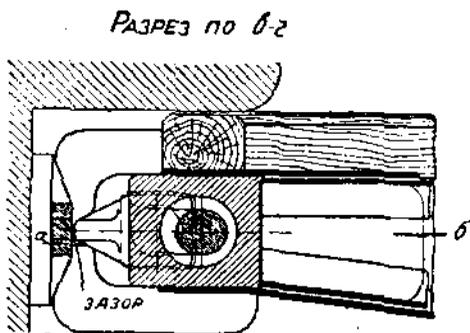
Гальсбанты простейших типов устраивают либо в виде отливок, прикрепленных закладными болтами к стенам (фиг. 194—шлюз у Раны на канале, соединяющем г. Ориаго с портом Маргерой в Венецианской области), либо из двух ветвей. В первом случае они могут воспринимать вертикальные силы *V* (см. стр. 92), во втором — только горизонтальные. Ветви располагают таким образом, чтобы при любом положении ворот ветви работали преимущественно на растяжение; для этой цели угол между ними бе-



Фиг. 189.



Фиг. 190.



рут либо равным углу вращения ворот, либо в крайнем случае близким ему, поэтому одну ветвь направляют по возможности параллельно лицевой поверхности упорной стены, а другую параллельно упорной поверхности короля.

Для того чтобы возможно большая часть стены принимала участие в сопротивлении опрокидыванию силой *Z*, ветви заводят в стены на достаточную

рые для уменьшения сопротивления движения ворот и износа делают в виде вращающихся цилиндров Π , Π_1 (фиг. 193), позволяющих заменять скользящее трение трением качения.

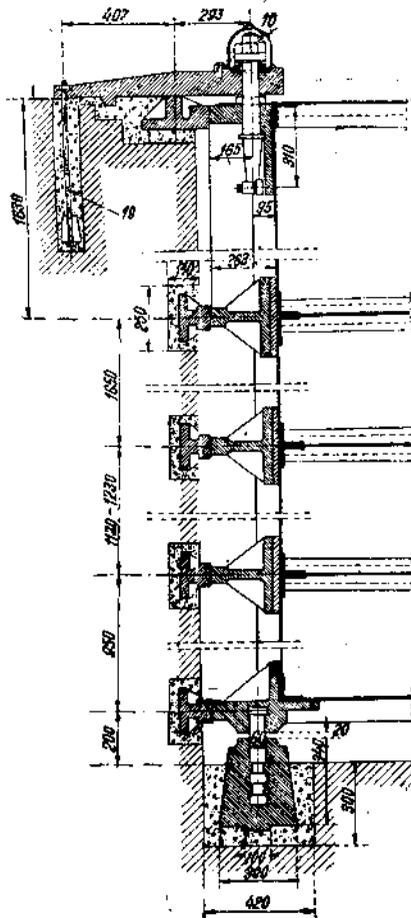
§ 18. Двустворчатые ворота без распора, вращаемые на вертикальных осях

Необходимым условием применения двустворчатых ворот без распора является наличие поперечной связи стен шлюза, которая имеется в нижних головах шахтных шлюзов, поэтому их применяют только для закрытия закрытых сверху отверстий шлюзов, преодолевающих односторонние подпоры.

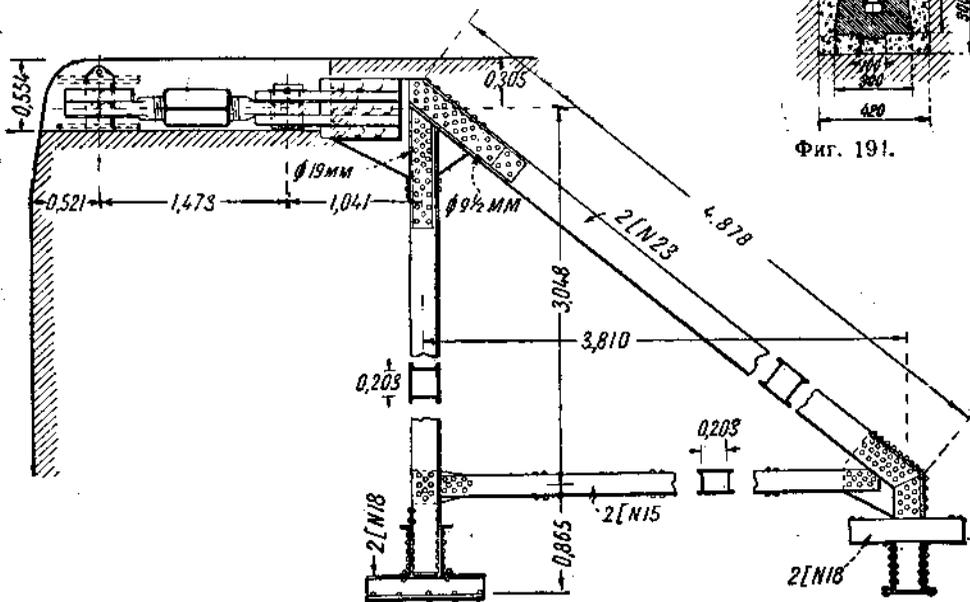
Открытие их под напором невозможно.

В плане полотнища их составляют угол, обращенный вершиной в сторону верхнего бьефа, обычно равный 180° и как исключение (шлюз у Ганновера-Линдена и южный шлюз у Миндена) несколько меньший 180° .

Ворота этого типа делают из металла и образуют из обшивки из плоского или лоткового железа, устраиваемой по способу, изложенному на стр. 98 и 99, и из остова таких же типов, какие приняты для ворот с распором. Надо заметить, что обшивку металлических ворот всех далее описываемых типов делают по такому же способу, какой принят для двустворчатых ворот.



Фиг. 191.



Фиг. 195.

Примером ворот с остовом стоечно-ригельного типа могут служить ворота шлюза у Бург-ле-Конта (фиг. 120 и 198).

Они образованы из металлической обшивки из лоткового железа, прикрепленной к железной раме, заполненной одной стойкой и четырьмя промежуточными ригелями. Рама приведена в неизменяемую связь жестким подкосом и удерживается от провисания тяжом из полосового железа.

типа, образованного из рамы, одного ригеля $p_0 p_0$, промежуточной стойки $c_1 c_2$ и из двух промежуточных ригелей. Все стержни сделаны двутавровых сечений и связаны подкосом m и диагональным тязем mn .

Аналогичным образом устроены ворота нижней головы шахтного шлюза в Париже на канале С.-Дени. Остов каждого полотнища этих ворот образован из рамы, пяти ригелей и двух промежуточных стоек, связанных частыми диагоналями. Служебных мостиков на полотнищах этих ворот за отсутствием надобности не сделано.

В предохранительных полушлюзах, устраиваемых в Америке перед шлюзами больших размеров, вместо ворот иногда применяют поворотные мостовые заграждения, устроенные в основном по тому же принципу, как и заграждение, показанное на фиг. 4. Эти заграждения образуют из мостов, к проезжей части которых $n_1 n_2$ (фиг. 204) на горизонтальных осях подвешены стойки, по которым перед закрытием полушлюзов опускают щиты, шторы или металлические брусья. В последнем случае стойки располагают особенно часто (фиг. 204). Перед открытием полушлюзов стойки снимают или поворачивают под мосты, а мосты поворачивают параллельно осям подходов к шлюзам.

§ 20. Веерные ворота

Веерные ворота применяют для закрытия открытых сверху отверстий шлюзов и полушлюзов с двусторонним подпором, а также в тех случаях, когда требуется открывать ворота под действующим на них напором и закрывать во время протекания воды в отверстиях. Они получили наибольшее распространение в Голландии и в Германии.

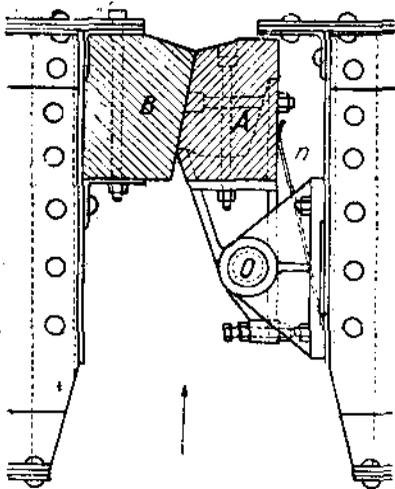
Открытие и закрытие их производят посредством подпора, поддерживаемого шлюзом или полушлюзом. Идея использовать подпор для открытия и закрытия ворот была известна еще в XVIII столетии и впервые была осуществлена в Голландии для закрытия полушлюзов, но конструктивное оформление ее в те времена было весьма несовершенным. Лишь значительно позже благодаря изобретению веерных ворот удалось достаточно удобно воспользоваться ею для закрытия как полушлюзов, так и шлюзов.

Веерные ворота образуют из одного (фиг. 205 — шлюз у Скевенингена в Голландии) или из двух полотнищ, составленных каждое из двух створок, вращающихся на общих осях O , одной более короткой AO (фиг. 21), примыкающей к королю, и другой — более длинной BO (на 20—25%), образующей в первом случае (фиг. 205) со створкой AO угол близкий 90° , а во втором (фиг. 21) близкий $90^\circ - \varphi$, где угол φ см. стр. 92 и как исключение угол 180° (шлюз у Эйляге на обходном канале Данцигской Вислы).

Для открытия шлюза или полушлюза створки поворачивают в шкафные части $Ш_1$ (фиг. 205 и 21), которым дают в плане вид секторов. Шкафные части посредством водопроводных галлерей ab сообщают с нижним бьефом и посредством галлерей cde с верхним; галереи закрывают щитами b и c , показанными пунктиром.

Когда шлюз или полушлюз закрыт, щиты b закрыты, c — открыты, шкафные части наполнены водой верхнего бьефа, и ворота короткими створками прижимаются к королю. Если требуется открыть ворота под напором со стороны верхнего бьефа, закрывают щиты c и открывают b , тогда вода из шкафных частей вытекает в нижний бьеф, напор верхнего бьефа на длинные створки со стороны камеры преодолевает напор на короткие, и ворота открываются.

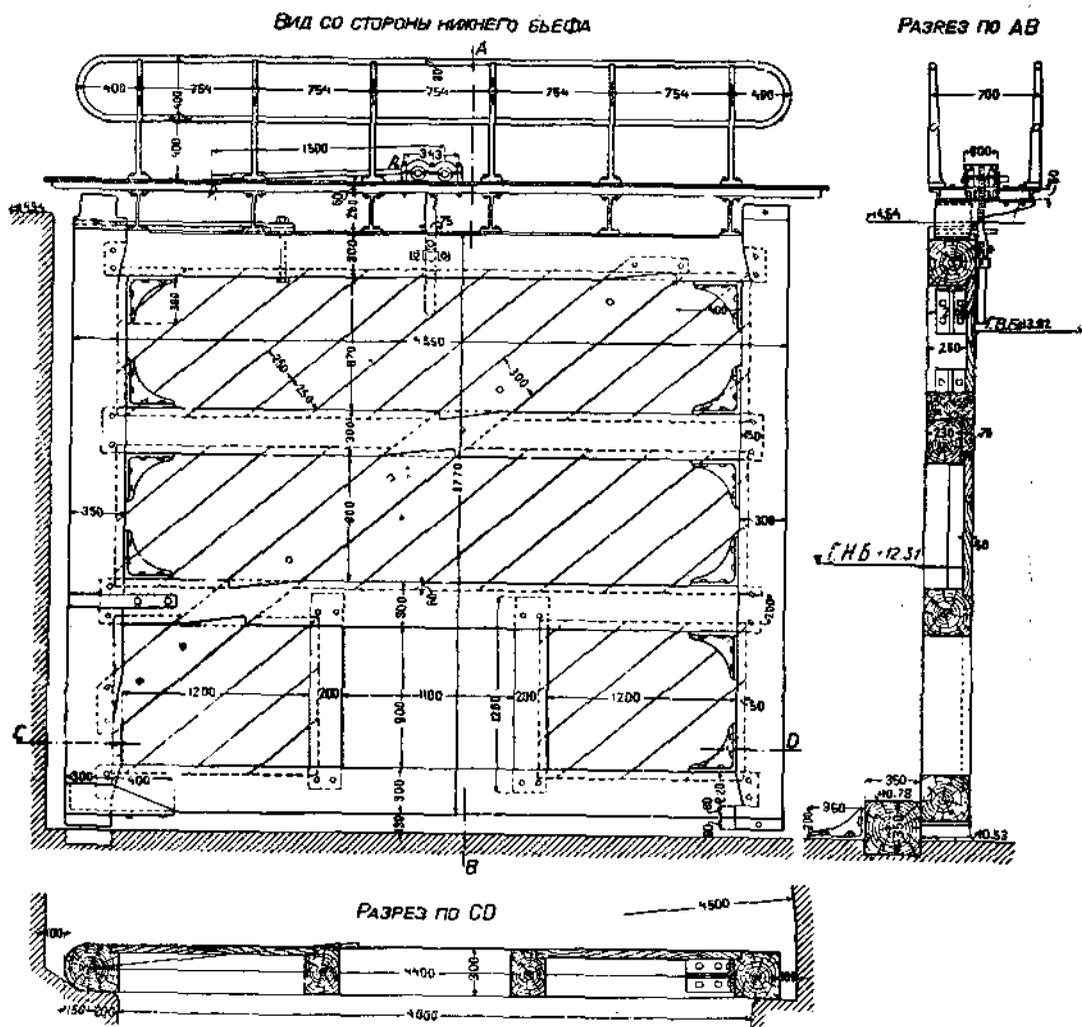
Если горизонт воды нижнего бьефа поднимается и может стать выше горизонта верхнего бьефа, то перед сравнением его с этим горизонтом закрывают щиты c и открывают b , тогда шкафные части наполняются водой нижнего



Фиг. 200.

бьефа. Так как после перемены направления подпора давление его на длинные створки превышает давление на короткие, ворота удерживаются в закрытом положении. В этом случае ворота могут быть открыты также под действующим на них напором; для этой цели закрывают щиты *b* и открывают *c*, тогда вода из шкафных частей вытекает в камеру, и давление воды на короткие створки заставляет ворота открываться.

Веерные ворота разделяют на деревянные, металлические и смешанной конструкции.



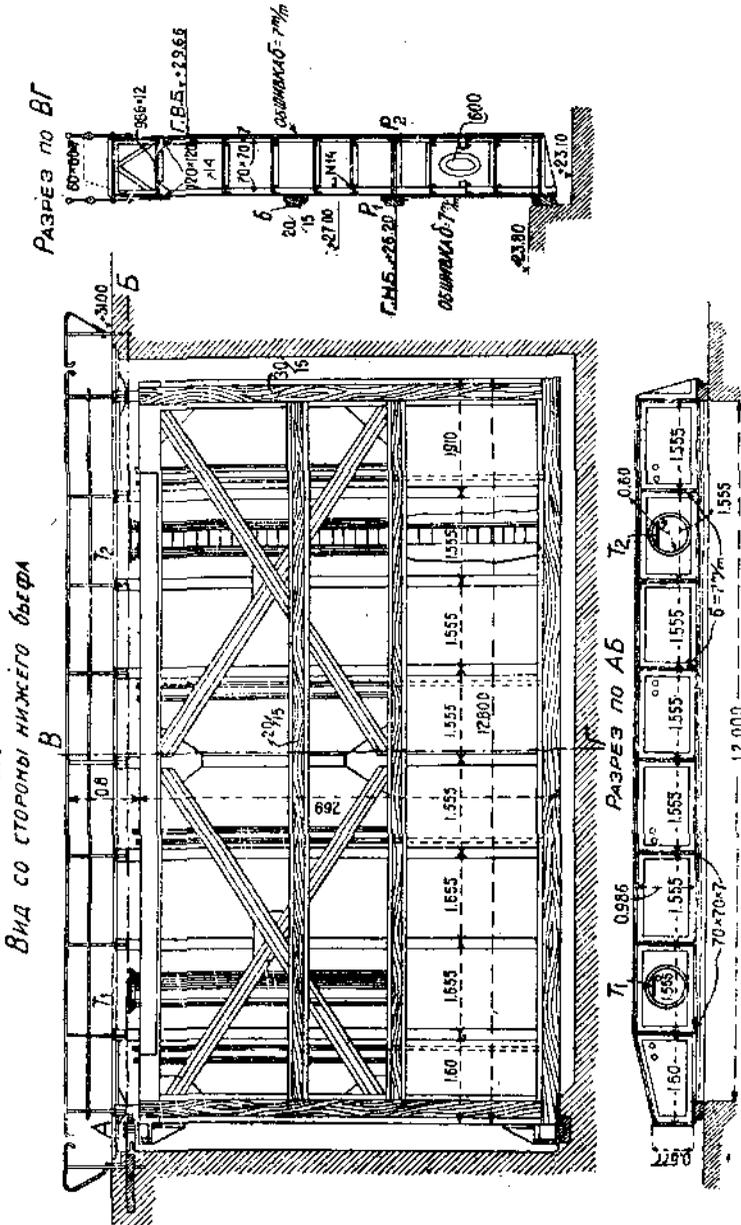
Фиг. 201.

Деревянные ворота больше всего распространены в Голландии; у нас они применены в Тверецком полушлюзе на Вышневолоцкой системе.

Ворота с металлическим остовом применены в шлюзе у Рендсбурга на Кильском канале (фиг. 206). Остов их образован из рамы, семи ригелей в коротких створках и шести в длинных, из них ригели 1, 2, 3, 4, 5, 6 и IV сделаны в виде сплошных балок двутаврового сечения, а ригели 7, I, II, III, V и VI — в виде решетчатых ферм с параллельными поясами. Створки связаны одна с другой горизонтальными фермами *абгв*. Для облегчения движения ворот они снабжены воздушными ящиками, расположенными между нижними рамными ригелями и ригелями 6 и IV. Ящики закрыты с обеих сторон плоской железной обшивкой. Пространство над ними закрыто в коротких створках обшивкой из плоского железа, а в длинных — вертикальными досками.

Описанный тип был усовершенствован для ворот шлюза, построенного у Анделя на соединительном канале между рр. Маасом и Ваалом (фиг. 207).

Усовершенствование его заключалось в устройстве обходных водопроводов в стенах и водопроводных отверстий t в коротких створках, p в длинных, а также rs вблизи осей вращения; водопроводы и отверстия закрыты щитами. Отверстия t устроены для наполнения или опорожнения камеры, а отверстия p и rs для открытия ворот на случай порчи галлерей в боковых стенах.



Фиг. 202.

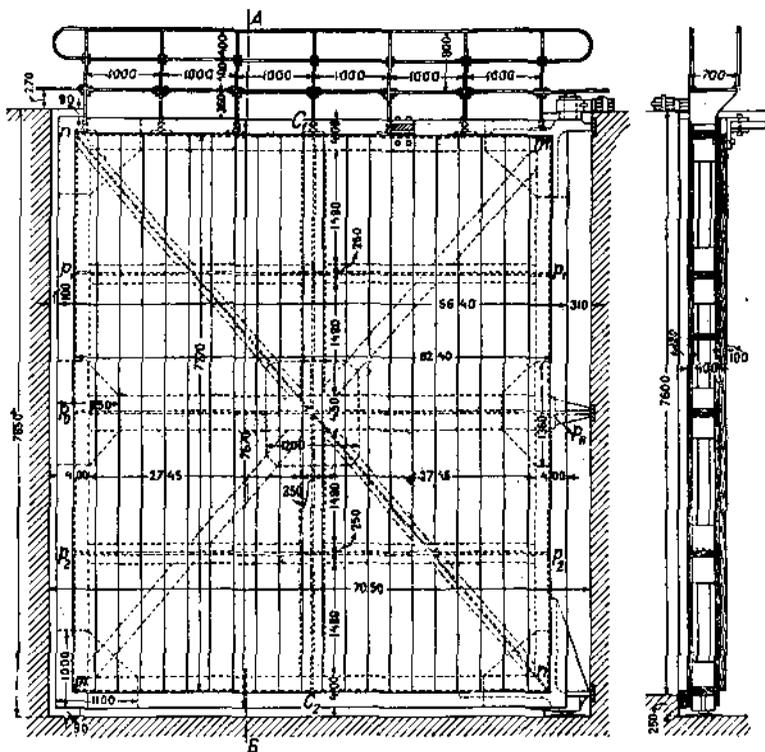
В последнем случае, если хотят открыть ворота при подпоре со стороны A , закрывают отверстия p и открывают отверстия rs , а если хотят открыть при подпоре со стороны B , закрывают отверстия rs и открывают p .

Между короткими и длинными створками в нижней трети высоты створок устроены воздушные ящики, уравновешивающие полностью вес полотнищ. Над этими ящиками расположены запасные, уравновешивающие также полностью вес ворот во время затопления нижних; они служат для вывода ворот из шлюза

перед ремонтом. В обычное время верхние ящики наполнены водой, которую, после закрытия ящиков перед выводом полотна, удаляют, наполняя ею нижние. Воздушные ящики закрыты со всех сторон обшивкой из плоского железа, створки же над ящиками, как видно на фиг. 208, закрыты лишь с одной стороны.

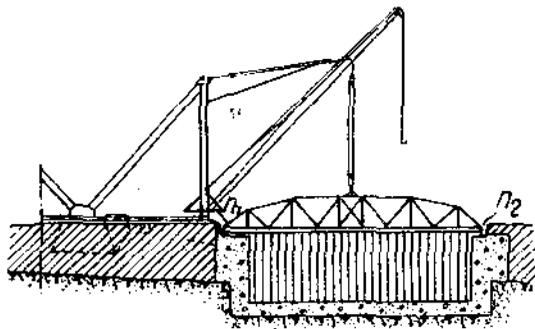
Вид со стороны верхнего бьефа

Разрез по АБ

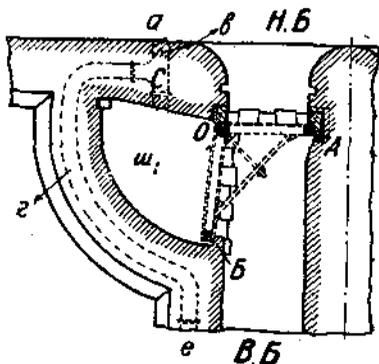


Фиг. 203.

В последнее время веерные ворота были применены в морском транспорте для закрытия шлюзов у Зодертельн на канале, соединяющем оз. Меларен с Балтийским морем, и у Сканстулла на канале Хаммарби в Швеции, и оказались достаточно целесообразными в эксплуатации.



Фиг. 204.



Фиг. 205.

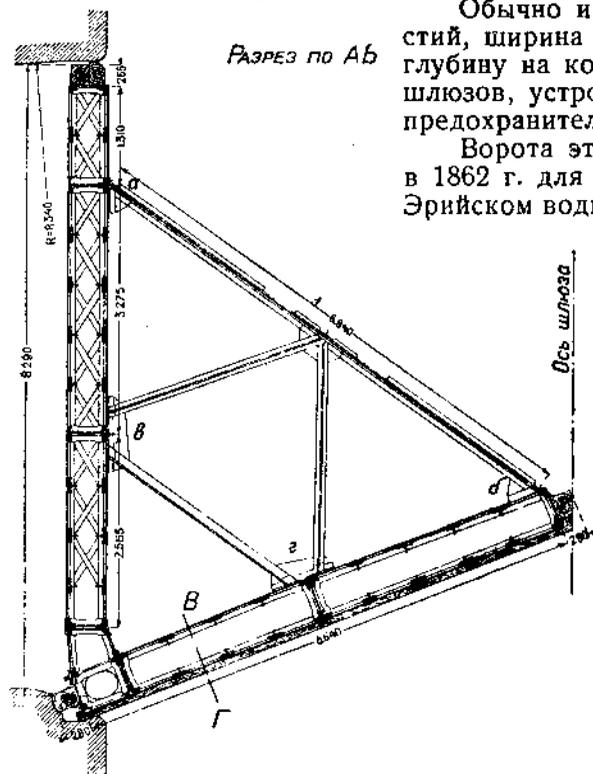
Что касается конструкции навески двустворчатых ворот без распора, а также навески и конструкции служебных мостиков одностворчатых и веерных ворот, то они мало отличаются от конструкций навески и служебных мостиков двустворчатых ворот с распором и не требуют особых пояснений.

§ 21. Ворота, вращаемые на горизонтальных осях и укладываемые на флютбет

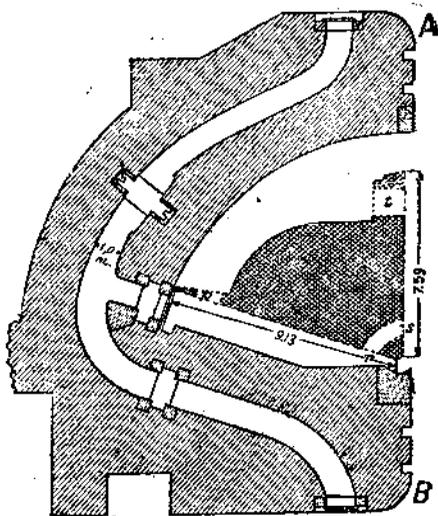
Ворота, вращаемые на горизонтальных осях и укладываемые на флютбет, применяют для закрытия открытых сверху отверстий шлюзов и полушлюзов с односторонним подпором.

Обычно их применяют для закрытия отверстий, ширина которых значительно превосходит глубину на королях, как-то: для верхних голов шлюзов, устроенных со стенками падения, и для предохранительных полушлюзов.

Ворота этого типа были применены впервые в 1862 г. для верхней головы шлюза № 39 на Эрийском водном пути и с конца XIX столетия

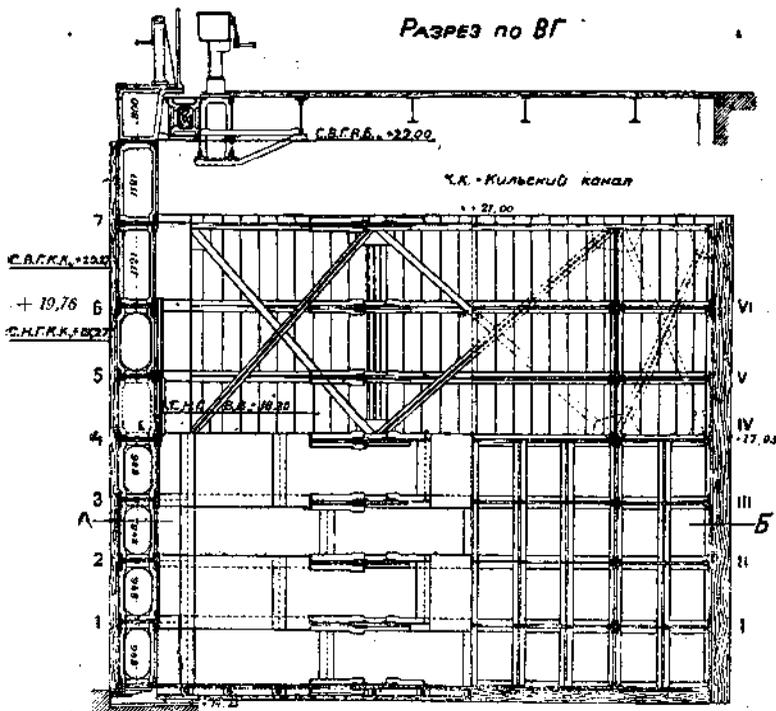


РАЗРЕЗ по АБ

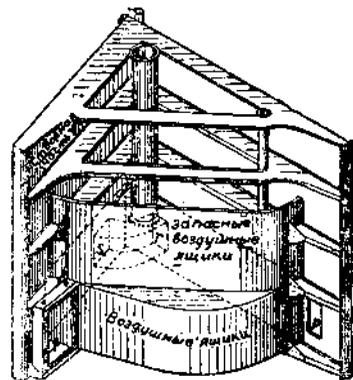


Фиг. 207.

РАЗРЕЗ по ВГ



Фиг. 206.

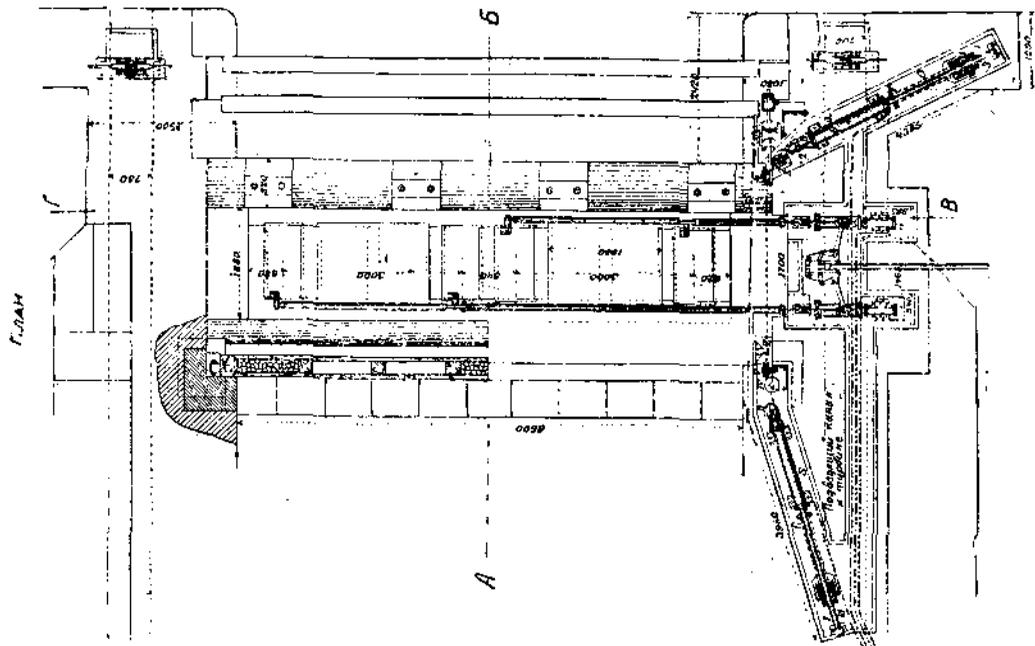
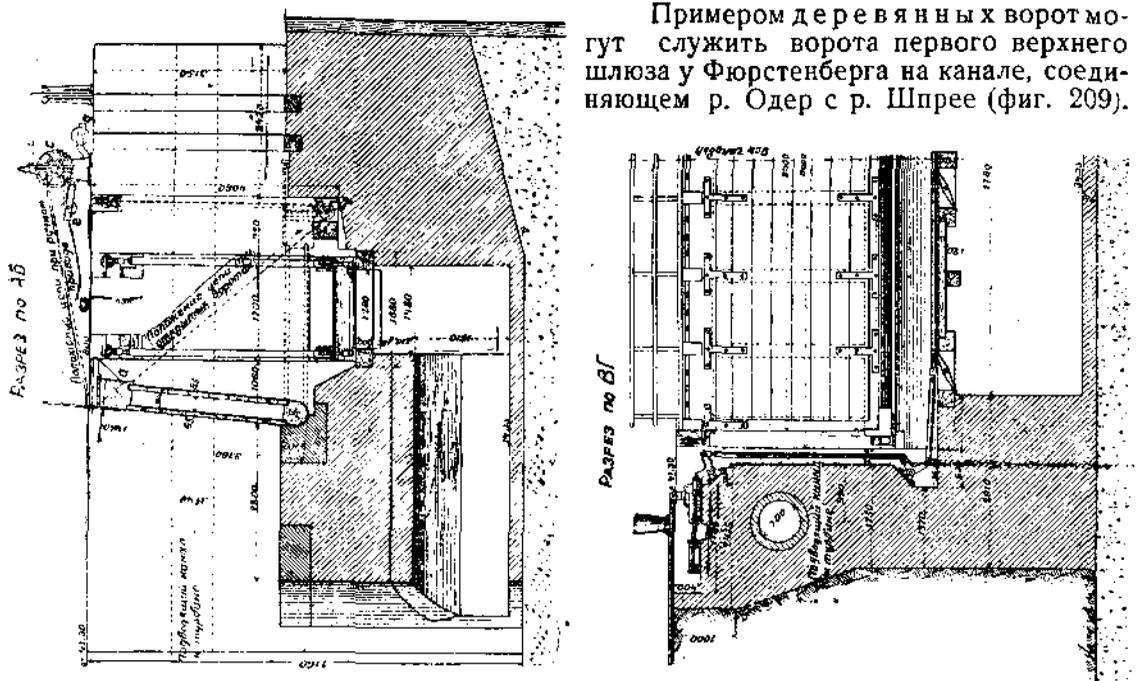


Фиг. 208.

для многих шлюзов в Германии, Голландии, Чехо-Словакии и в Австрии, а у нас в 1885 г. для шлюзов на Тихвинской системе и в 1927 г. для шлюза у Северки на р. Москве (фиг. 17).

Их разделяют на деревянные, металлические и смешанной конструкции.

Примером деревянных ворот могут служить ворота первого верхнего шлюза у Фюрстенберга на канале, соединяющем р. Одер с р. Шпрее (фиг. 209).



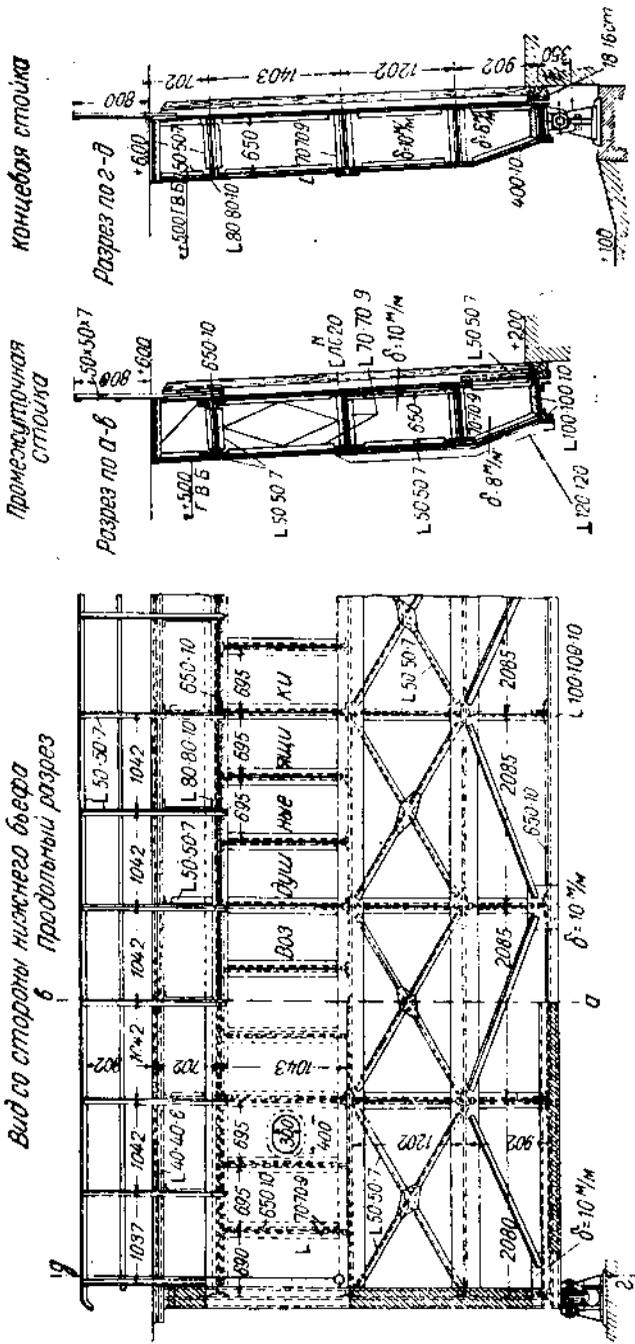
Фиг. 209.

Они устроены с двусторонней обшивкой из горизонтальных досок и с остовом, состоящим из верхнего рамного бруса, нижнего рамного, называемого веревальным или поворотным, двух концевых и шести промежуточных брусчатых стоек, скрепленных с рамными брусками металлическими угольниками.

Пространство между обшивкой ворот заполнено мелким камнем; наличие его и уклона упорных поверхностей в 1 : 10 позволяет после окончания сравне-

ния горизонтов воды в камере и в бьефах ворота легко опускать на флютбет.

По верхнему рамному брусу ворот на коротких поперечинах уложен служебный мостик из досок, снабженный со стороны нижнего бьефа перилами, которые во время опускания ворот также опускаются на флютбет.



Фиг. 210.

Металлические ворота образуют из обшивки и остова. Обшивку их делают из плоского или лоткового железа и располагают с одной или с обеих сторон ворот.

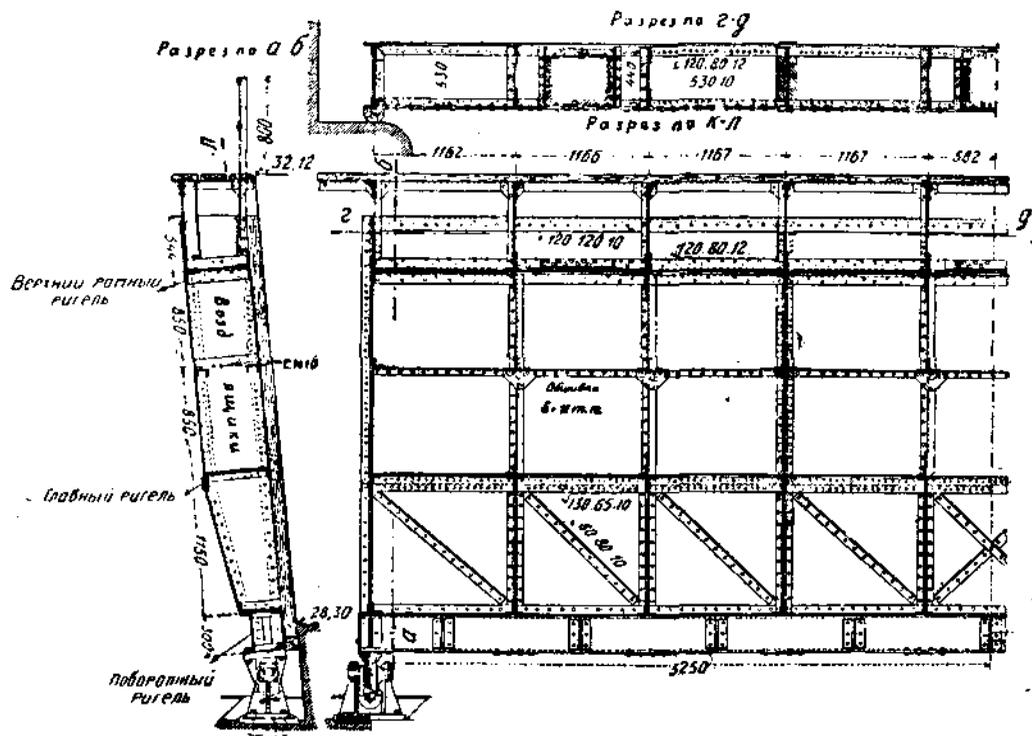
Одностороннюю обшивку располагают предпочтительно со стороны верхнего бьефа, реже со стороны нижнего (третий шлюз у Мюнстера).

вающих широкие отверстия, устраивают кроме того промежуточные в количестве не более двух; большего количества вследствие трудности монтажа ворот обычно не берут.

Подшипники устраивают обычно по типу, показанному на фиг. 213 (второй шлюз у Мюнстера).

Для более точной установки ворот во время монтажа подшипники снабжают регулировочными клиньями K_1 и K_2 , сделанными аналогично типу, показанному на фиг. 188.

Для того чтобы в случае неплотного прилегания ворот к королю избежать перенапряжений в частях ворот, опорным валкам либо дают небольшую свободу перемещения в подшипниках, либо их устраивают шарообразными



Фиг. 212.

(шлюзы у Андертева и на Рейн-Гернском канале), либо (см. фиг. 212 и 214) аналогично типу, показанному на фиг. 189.

В новом шлюзе у Фюрстенберга верхние ворота были подвешены с той же целью к штангам $Ок$ и $Ош$ (фиг. 215), прикрепленным в точках $К$ и $Ш$ шарнирно к стенам.

§ 22. Самодействующие ворота, вращающиеся на горизонтальных осях

Ворота этого типа применяют для закрытия открытых сверху отверстий шлюзов и полушлюзов с односторонним подпором и в тех случаях, когда их приходится открывать под напором и закрывать во время протекания воды в отверстиях.

Они сходны по идее устройства с веерными воротами и с затворами плотин, открываемых и закрываемых действующим на них напором воды (системы инж. Луишь-Дефонтена, инж. Читтендена секторная и Бертреп).

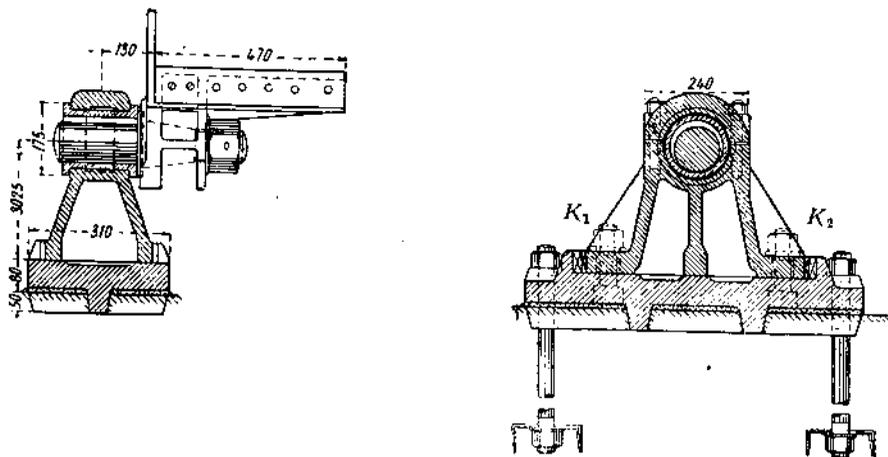
Их делают из одной и из двух створок, поворачивающихся на горизонтальных осях.

Ворота, состоящие из одной плоской створки, сделанной по системе инж. Луишь-Дефонтена, применены в предохранительных полушлюзах, устроенных по концам судоходного моста через р. Грин на водопроводном и одновременно

судоходном канале, питающем раздельный бьеф канала, соединяющего р. Иллинойс с р. Миссисипи.

Ворота, состоящие из одной углообразной в поперечном разрезе створки (фиг. 131), сделанной по системе инж. Читтендена, применены для закрытия верхней головы шлюза Павла на р. Миссисипи.

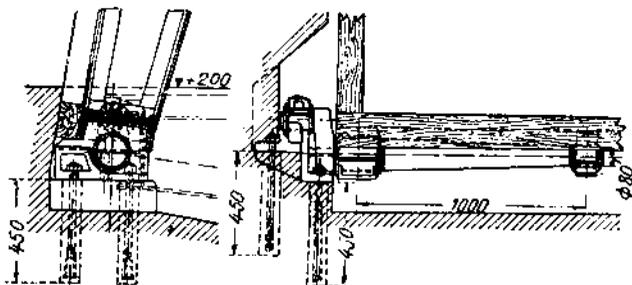
Эти ворота образованы из двух полотен *АО* и *ДО*, расположенных под углом около 90° одно к другому. Полотна сделаны из досчатой обшивки и из остова из прокатных балок, связанных криволинейными ребрами *КЛ*. Во



Фиг. 213.

время открытия ворот переднее полотно укладывается на флютбет, а заднее поварачивается в нишу *АОВ*, образованную в фундаменте головы. Устройство водопроводов, сообщающих нишу с верхним и нижним бьефами, аналогично устройству водопроводов, применяемому в шлюзах и полушлюзах, закрываемых веерными воротами.

Ворота, состоящие из таких же полотен, но имеющих оси вращения, расположенные со стороны нижнего бьефа, применены для верхних голов 14 шлюзов на канале, соединяющем р. Иллинойс с р. Миссисипи.



Фиг. 214.

Ворота, состоящие из двух створок, вращающихся каждая на оси, независимой от оси другой створки, применены для закрытия шлюза у Луисвилля на канале, обходящем пороги на р. Огайо. Конструкция их аналогична заграждениям плотин системы Бертреп, в частности ее разновидности—системы инж. Ланга.

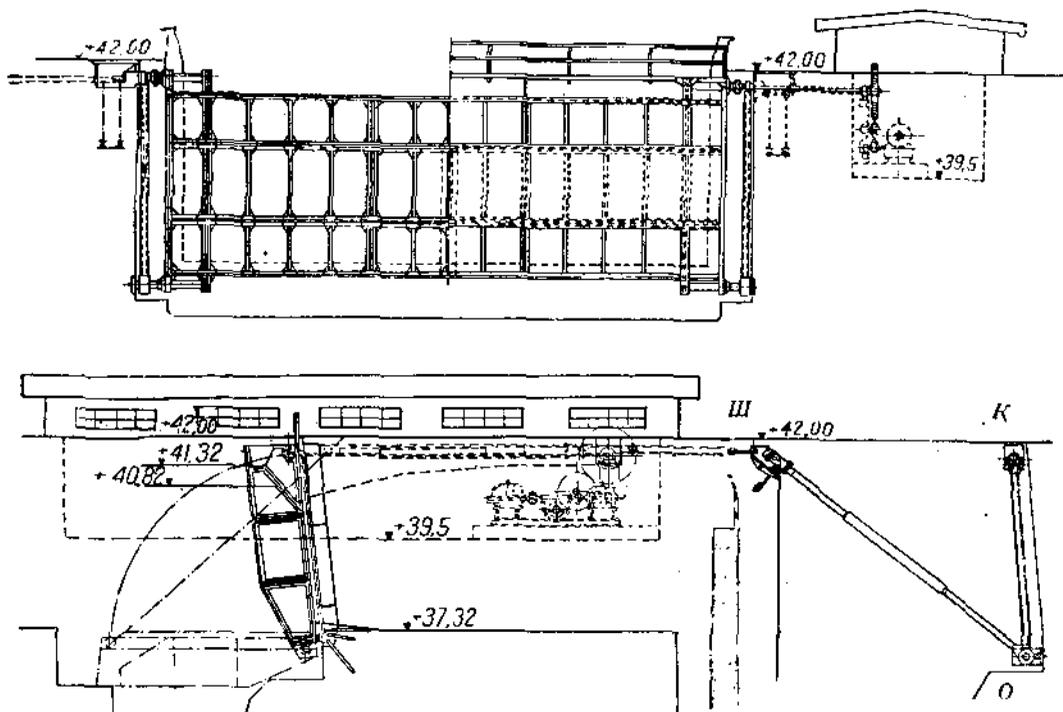
§ 23. Ворота, вращаемые на горизонтальных осях, расположенных на стенах (сегментные)

Сегментные ворота применяют для закрытия открытых сверху отверстий шлюзов и полушлюзов как с односторонним, так и с двусторонним подпором, в тех случаях, когда требуется открывать ворота под напором и закрывать во время протекания воды в отверстиях.

Так как при помощи их в случае катастроф в каналах можно быстро предотвращать утечки воды из каналов и быстро наполнять опорожненные участки после окончания исправления в них повреждений, то воротами можно с особым удобством пользоваться для закрытия предохранительных полушлюзов, устраиваемых в каналах.

В шлюзах их применяют (см. стр. 32) только для закрытия верхних голов, имеющих стенки падения, что же касается применения для нижних, то, в виду необходимости утяжелить конструкцию ворот и увеличивать размеры упорных стен, оно оказывается нецелесообразным.

Ворота этого типа образуют из железной обшивки, прикрепляемой к сплошным или решетчатым криволинейным стойкам (фиг. 18), имеющих очертания, близкие к сегментам, откуда такие ворота называют также с е г м е н т н ы м и.



Фиг. 215.

Стойки служат для передачи давления от обшивки на ригели, прикрепленные к металлическим фермам, называемым рукавами или ногами. Ноги поворачивают в вертикальных плоскостях в особых нишах, устроенных в боковых стенах; для этой цели рукава насаживают на горизонтальные валы, поворачиваемые в подшипниках, прикрепленных к стенам.

Благодаря небольшому сопротивлению от трения в подшипниках и наличию противовесов, уравновешивающих большую часть веса ворот, оказывается возможным без больших приводных усилий открывать ворота под напором воды верхнего бьефа. Медленное открытие ворот дает возможность переливание воды из верхнего бьефа в нижний производить через отверстия между королем и нижней кромкой ворот.

В открытом положении ворота располагаются на такой высоте, что надводный габарит подвижного состава может свободно проходить под ними.

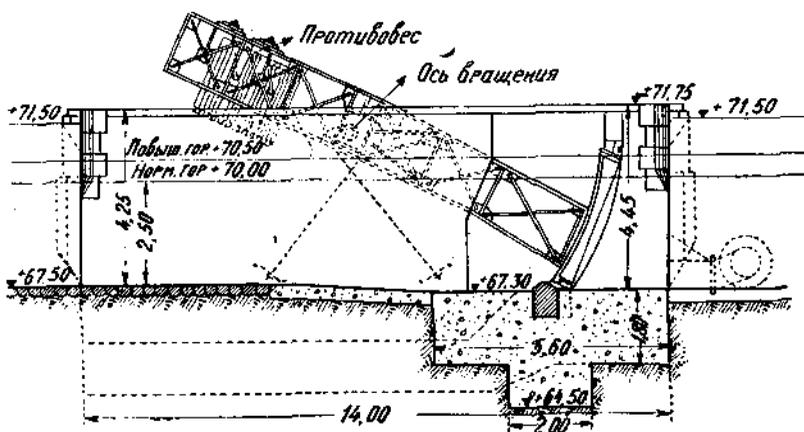
Ворота этого типа были применены впервые в 1888 г. для предохранительного полушлюза на Лезском ответвлении канала, соединяющего р. Рону с Сеттским портом, затем для семи предохранительных полушлюзов на Дортмунд-Эмском канале (фиг. 216), для нового шлюза у Розенталя на Бреславльском обходном канале (фиг. 18) и наконец в последнее время для шлюза у Гроссвондорфа на р. Алле в Восточной Пруссии.

Ворота шлюза у Розенталя образованы из обшивки, приклепанной к криволинейным стойкам, называемым шпантами, сделанным из швеллерного железа. Они прикреплены в свою очередь к двум ригелям I—I и II—II, состоящим из раскосных ферм с параллельными поясами.

Фермы связаны между собой диагоналями и приклепаны к ногам I—II—g, на которые по другую сторону их осей вращения O насажены противовесы g, имеющие перевес над фермами. Противовесы сделаны в виде чугунных болванок.

Опорные части ворот сделаны в виде стальных валов, прикрепленных к ногам и поворачивающихся каждый в двух подшипниках, прикрепленных к стенам. Для прохода противовесов в стенах устроены соответствующие углубления.

Нижнее уплотнение сделано посредством деревянного бруса б, прижимающегося благодаря перевесу ворот над противовесами к тесовым камням, уложенным на флютбете перед лицевой поверхностью стенки падения, а боковое посредством чугунных отливок, прижимающихся к прикрепленным к стенам отливкам, изогнутым по кривым, близким к очертаниям отливок, прикрепленных к воротам. Так как центры кривизны первых расположены ниже центров кривизны вторых, ворота прилегают достаточно плотно к стенам, особенно в нижней их части, а во время подъема легко отходят от них.



Фиг. 216.

По верхней кромке ворот на особых консолях K устроен пешеходный мостик с досчатым настилом и железными перилами, расположенными со стороны верхнего бьефа.

Ворота полушлюзов Дортмунд-Эмского канала по конструкции весьма близко подходят к воротам шлюза у Розенталя, отличаясь лишь тем, что более новые из них имеют постоянный перевес над противовесами, а старые только тогда, когда они закрыты.

Плотность и водонепроницаемость закрытия воротами достигается внизу таким же образом, как и воротами шлюза у Розенталя, т. е. посредством деревянных брусков, а по бокам — посредством металлических спиц, прижимаемых к боковым стенам давлением воды верхнего бьефа.

§ 24. Откатные ворота

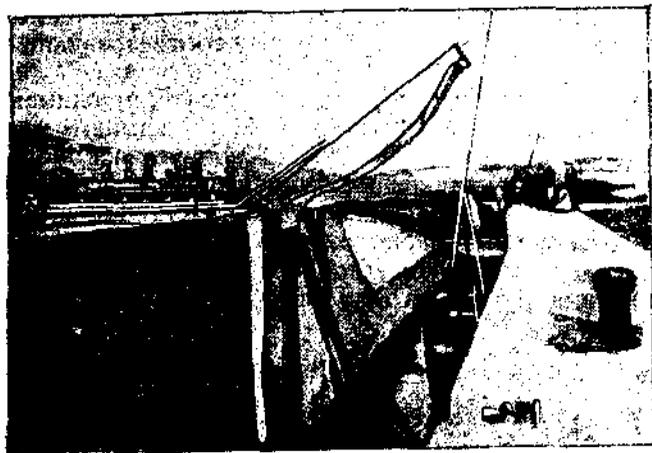
Откатные ворота применяют для закрытия открытых сверху отверстий шлюзов и полушлюзов большей частью с двусторонним подпором и реже с односторонним. Их применяют с особым удобством в тех случаях, когда постоянные части могут подвергаться осадкам.

Ворота этого типа передвигают либо по флютбетам шкафных частей, либо по мостам, основанным на стенах.

Их разделяют на деревянные, металлические и смешанной конструкции.

Деревянные ворота применяют весьма редко и лишь для закрытия временных шлюзов. Они были устроены например в шлюзе у Гольтенау, на Эйдерском канале во время постройки Кильского канала.

Металлические ворота образуют из обшивки из плоского полосового, реже из лоткового, железа и из остова ригельного типа (фиг. 19).



Фиг. 217.

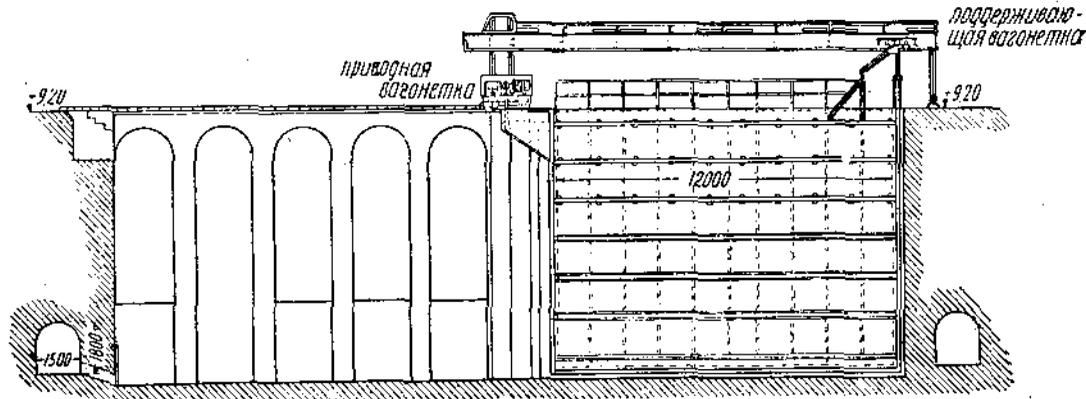
Чтобы во время движения ворот они не могли отклоняться в сторону, на стенах шкафных частей устраивают мосты. Мосты эти располагают на такой высоте, чтобы под ними мог свободно проходить плавающий подвижной состав. Если же такое расположение оказывается невозможным, мосты делают поворотными, например на горизонтальных осях (фиг. 217—шлюз у Ассуана на р. Ниле).

Элементы рамы, ригели и стойки ворот небольших размеров делают большей частью в виде клепаных двутавровых балок, те же части больших ворот—в виде сквозных ферм.

Для облегчения движения ворот во время открытия и закрытия отверстий в нижней их зоне устраивают воздушные ящики, доступ в которые делают посредством вертикальных труб (фиг. 19).

Водонепроницаемость закрытия ими отверстий достигается аналогично тому, как воротами, описанными в § 19 и 21.

Чтобы во время движения ворот они не могли от-



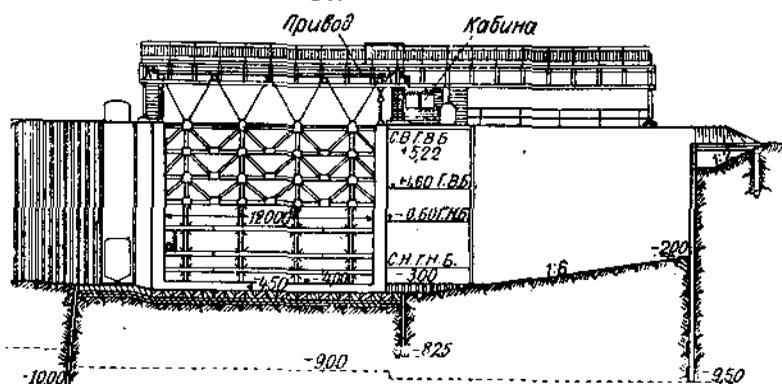
Фиг. 218.

Ворота, опираемые на флютбеты, устанавливают на колесах K_1 и K_2 (фиг. 19), которые во время движения ворот катятся по рельсам, прикрепленным к флютбету.

Ворота, опираемые на мосты, подвешивают к вагонеткам, катящимся по рельсам, прикрепленным к мостам (фиг. 218—шлюз у г. Бергедорфа на канале, соединяющем город с Довским рукавом р. Эльбы). Если постоянные части могут подвергаться большим деформациям или оседать, ворота подвешивают к тележкам KK (фиг. 219—шлюз в Гарбурге-Вильгельмсбурге на канале Эрнст-Августа) по-

средством тросов, расположенных в плоскости ворот и в плоскости, перпендикулярной ей, и пропущенных через шкивы, прикрепленные к тележкам. В открытом положении ворота висят в небольшом расстоянии от стен и от короля.

Назначение тросов заключается в том, чтобы в начале наполнения камеры допускать перемещение ворот в направлении оси шлюза до соприкосновения прижимных брусьев с упорными стенами и королем, а после опорожнения камеры позволять обратный отход ворот и благодаря этому во время откатывания ворот в шкафные ниши избегать трения брусьев по постоянным частям. На-

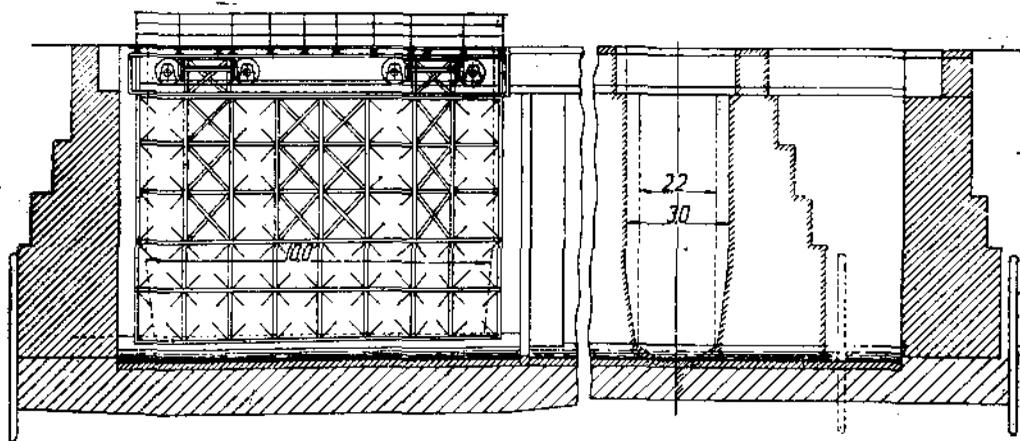


Фиг. 219.

клонное расположение тросов позволяет также не опасаться появления значительных напряжений в воротах от деформаций стен и от давления ветра и предохраняет их от раскачивания во время действия последнего.

Для той же цели ворота подвешивают иногда к тележкам (фиг. 220 — шлюз у Бреслава на р. Одере), верхние части которых могут передвигаться в направлении перпендикулярном полотнищам ворот.

По верхним рамным ригелям ворот устраивают служебные мостики, ограждаемые обычно перилами.



Фиг. 220.

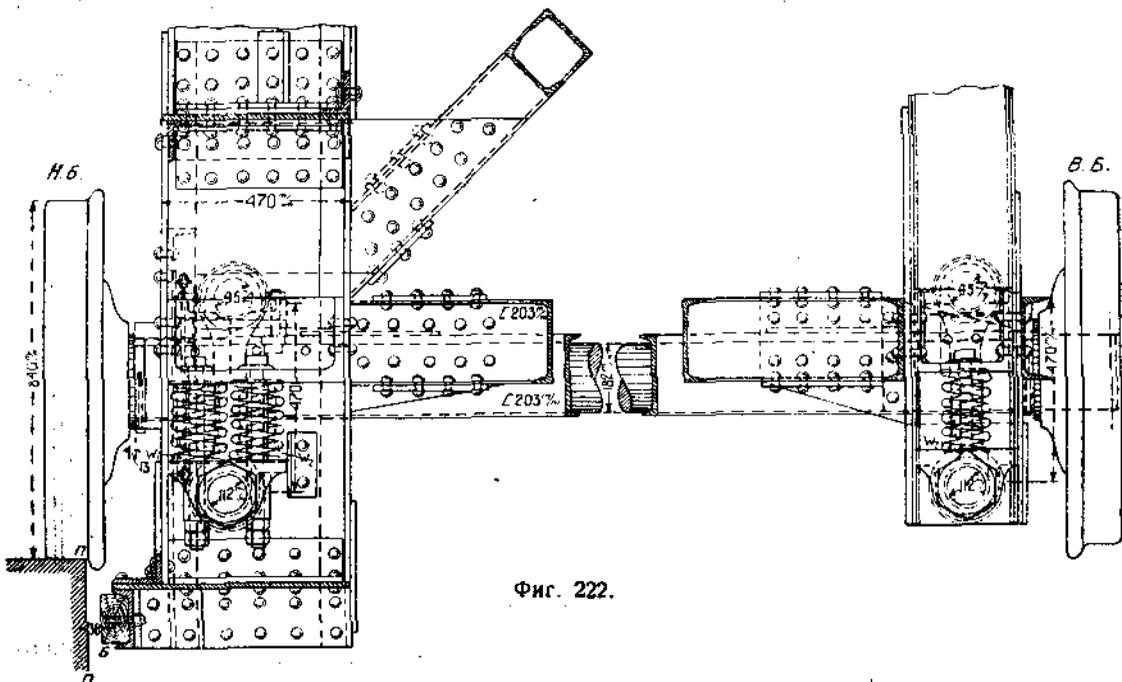
Примером ворот смешанной конструкции могут служить ворота шлюзов шириной 33,5 м, на р. Огайо.

Эти ворота образованы из обшивки, сделанной из горизонтальных дубовых досок, которые взяты увеличивающейся к низу толщиной, и из остова, состоящего из двух вертикальных железных ферм (фиг. 221 — шлюз № 6): одной, расположенной по напорной поверхности ворот, другой — по задней. Фермы связаны в горизонтальном направлении поверху и понизу рамными фермами-ригелями, образованными из стоек и диагоналей, а в плоскостях перпендикулярных к напорной поверхности ворот — одиночными подкосами.

Во избежание трения прижимных брусьев *Б* (фиг. 222 — шлюз № 37), по упорным поверхностям *ПП* ворота подвешены к 12 парам колес на пружинах w_1, w_2 и w_3 , которые поддерживают ворота в расстоянии 38 мм от упорных поверхностей и играют такую же роль, какую играют наклонные тросы ворот шлюзов Рейн-Гернского канала.



Фиг. 221.



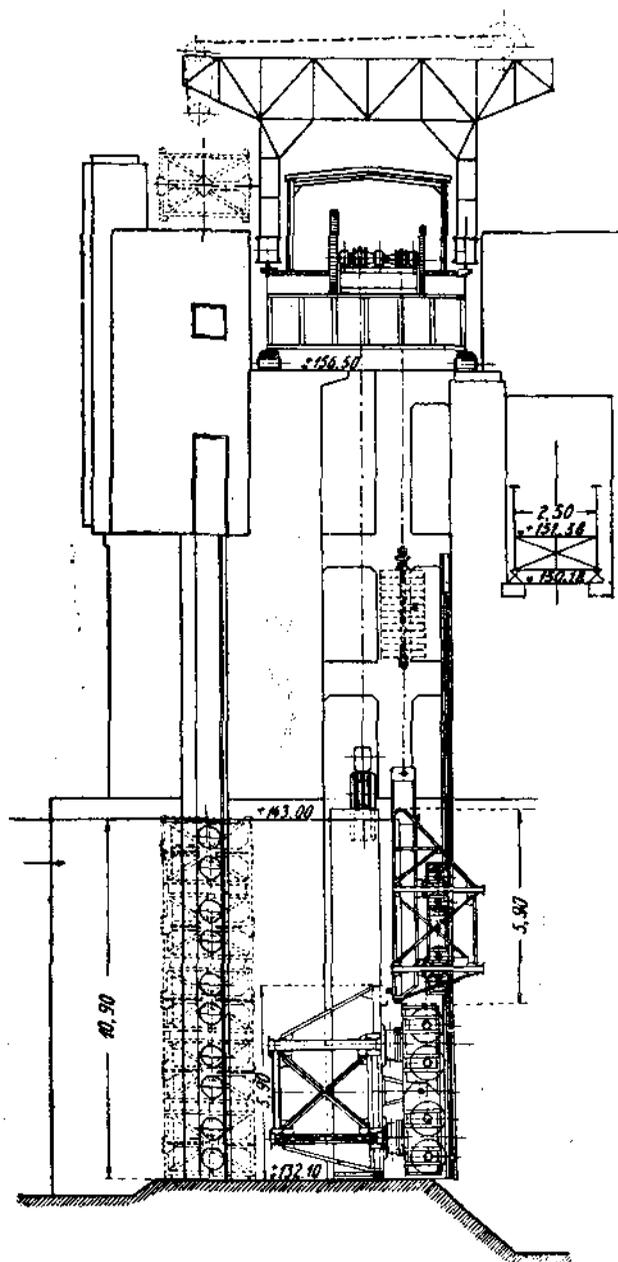
Фиг. 222.

В нижней части ворот устроено 18 водопроводных отверстий, а по верхней рамной ферме уложен служебный мостик, состоящий из деревянного настила, прикрепленного к досчатым поперечинам.

Благодаря легко разъединяемой конструкции навески и наличию воздушных ящиков оказывается возможным откатные ворота выводить из шлюзов или полушлюзов достаточно легко и в случае надобности устанавливать их перед входами в шлюз или полушлюз в качестве ремонтных заграждений.

§ 25. Подъемные горота

Подъемные ворота применяют для всех указанных выше случаев закрытия отверстий, но большей частью для закрытия предохранительных полушлюзов в каналах, судоподъемников, судовозных дорог (см. отдел II) и особенно удобно



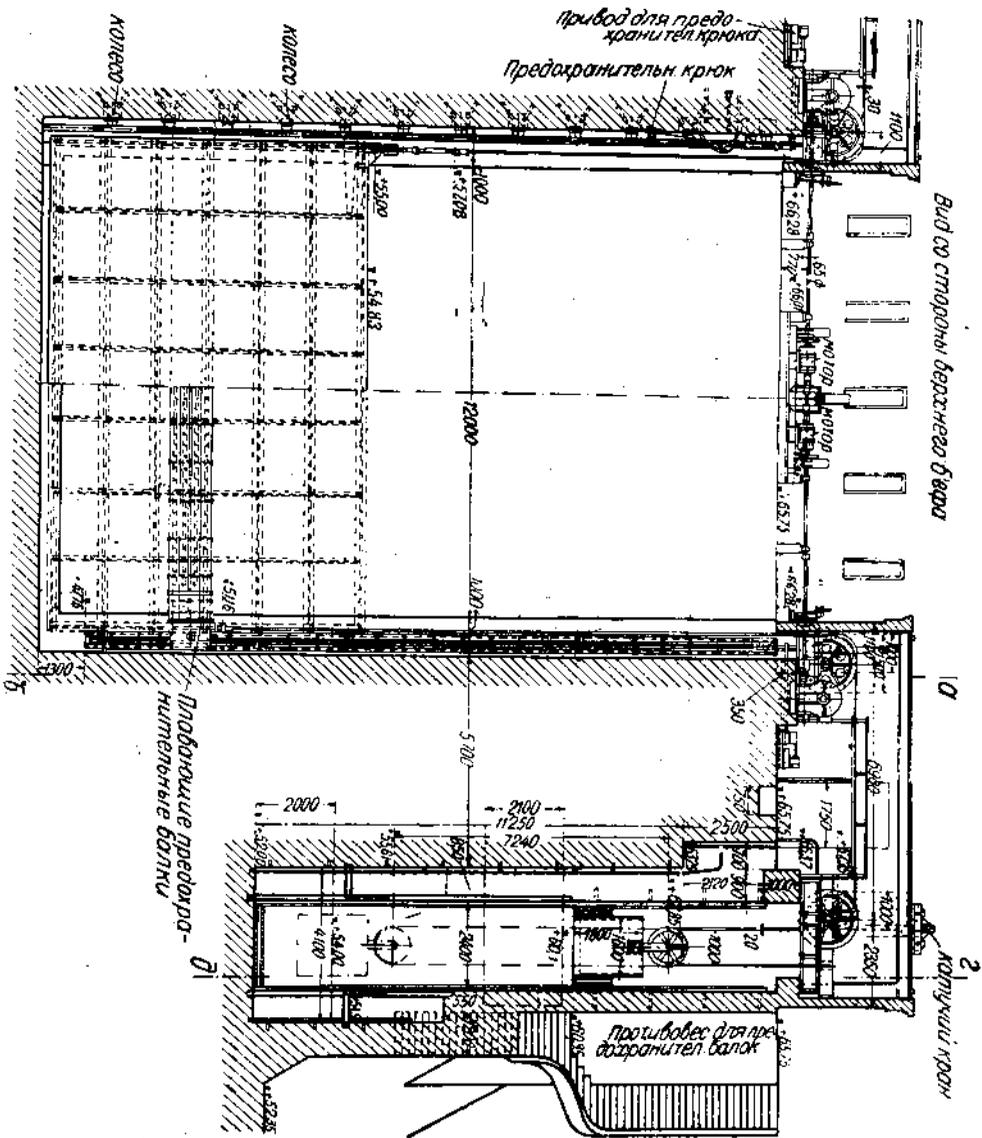
Фиг. 223.

для нижних голов шлюзов, преодолевающих большие подпоры, в частности шахтных.

Для закрытия шлюзов, преодолевающих меньшие подпоры, их применяют значительно реже и лишь в тех случаях, когда необходимость в них вызывается какими-либо особыми обстоятельствами, например, когда наполнение и

опорожнение шлюзов предполагают сделать по типу, описанному на стр. 32 или когда устройство надстроек требуется по местным условиям (шлюз у Кляйн-Махнова).

Подъемные ворота делают обычно из одного полотна, но если через шлюз предполагают пропускать значительные расходы воды, то из двух (фиг. 223 — шлюз у Стшекова на р. Эльбе). Полотна поднимают и опускают в вертикальном направлении.



Фиг. 224.

Их делают из дерева и из металла.

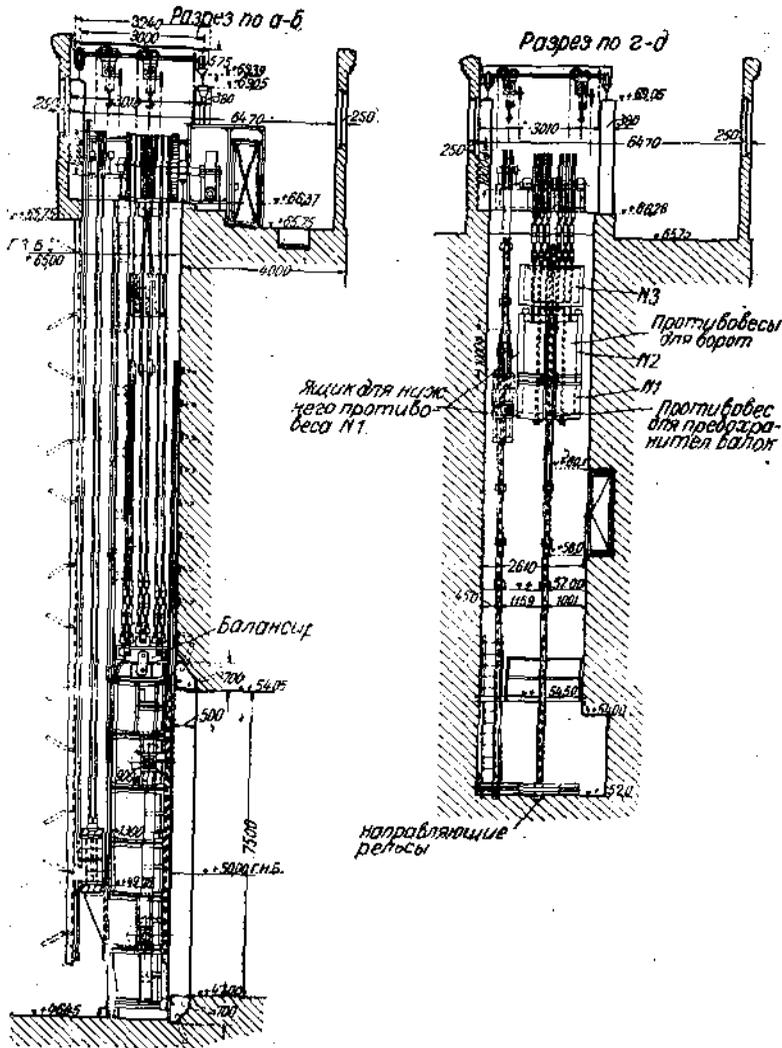
Деревянные применяют очень редко и во всяком случае не для подъема под напором. Их можно изредка встретить в голландских полушлюзах небольших пролетов, в полушлюзах, закрывающих головы судовозных дорог, и как исключение в предохранительных полушлюзах, имеющих пролеты средних размеров (полушлюз у Шлаубехаммера на канале, соединяющем р. Одер с р. Шпрее).

Металлические ворота образуют из обшивки из плоского, листового или лоткового (фиг. 119) железа и из ригельного или стоечного остова.

В воротах с односторонним подпором обшивку располагают обычно со стороны верхнего бьефа, режу ее располагают со стороны нижнего, в воротах с двусторонним — с обеих сторон.

Ригельные остовы применяют в тех случаях, когда высота ворот превышает их длину. Если, наоборот, длина превышает высоту, применяют стоечные. Соответственно этому ригельные применяют для ворот шлюзов, преодолевающих большие подпоры (фиг. 224—шлюз Гинденбурга), стоечные для ворот шлюзов, преодолевающих малые (фиг. 225—шлюз у Кляйн-Махнова), а также для предохранительных полушлюзов (фиг. 226—полушлюз у Норека на Средне-Германском канале).

Рамные и прочие ригели, а также стойки остовов делают обычно в виде прокатных или клепаных балок двутавровых сечений, ригели же больших про-



Фиг. 224а.

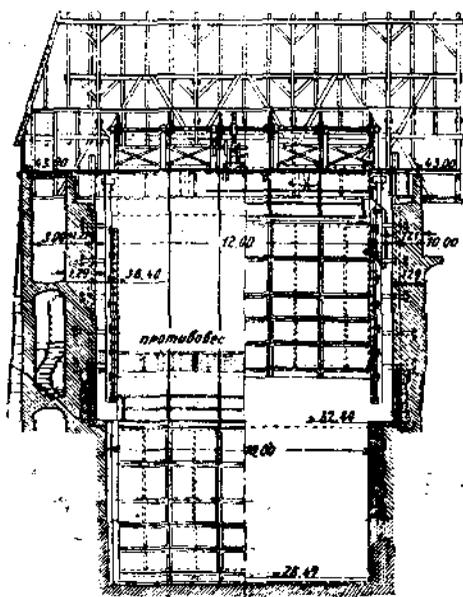
летов делают чаще в виде сквозных ферм с прямолинейными или, как устроено например для предохранительных полушлюзов на Берлин-Штеттинском водном пути, с криволинейными поясами.

Промежуточные стойки ригельных ворот и промежуточные ригели стоечных, как служащие помимо поддержания обшивки также для взаимной связи частей остова, делают большей частью жестких сечений, как-то: двутавровых и коробчатых, и устраивают из прокатного или клепаного железа.

Для лучшей связи частей остова применяют диагонали предпочтительно жестких сечений.

Нижнее уплотнение ворот (по королю) делают посредством деревянных брусьев, прикрепленных к нижнему рамному ригелю со стороны нижнего бьефа. Этим брусьям для лучшего уплотнения дают иногда книзу скосы.

Боковое уплотнение ворот, закрывающих шлюзы, делают преимущественно посредством деревянных брусьев, прикрепленных к концевым стойкам, а ворот полушлюзов либо посредством таких же брусьев, либо посредством металлических спиц, прилегающих к воротам с напорной стороны, либо посредством уменьшения прозора между концевыми стойками и пазами боковых стен особыми конструкциями.



Фиг. 225.

В последнем случае к концевым стойкам со стороны пазов прикрепляют вертикальные брусья *Б* (фиг. 227—предохранительный полушлюз у Уотерфорда на Эрийском водном пути), которым дают в разрезе горизонтальной плоскостью трапециoidalные сечения. Брусья вводят в швеллеры *Ш*, прикрепленные к пазам. Для той же цели к концевым стойкам прикрепляют еще уголки *У*.

Верхнее уплотнение ворот, закрывающих закрытые сверху отверстия, делают посредством деревянных брусьев, прикрепленных к верхнему рамному ригелю ворот.

Направление движения ворот осуществляют посредством колес, расположенных в плоскости ворот, а иногда в плоскости, перпендикулярной первой см. *К* (фиг. 228—шлюз Гинденбурга) во втором случае катящихся по рельсам *р* и *р*, прикрепленным к стенам.

Направление движения ворот осуществляют посредством колес, расположенных в плоскости ворот, а иногда в плоскости, перпендикулярной первой см. *К* (фиг. 228—шлюз Гинденбурга) во втором случае катящихся по рельсам *р* и *р*, прикрепленным к стенам.

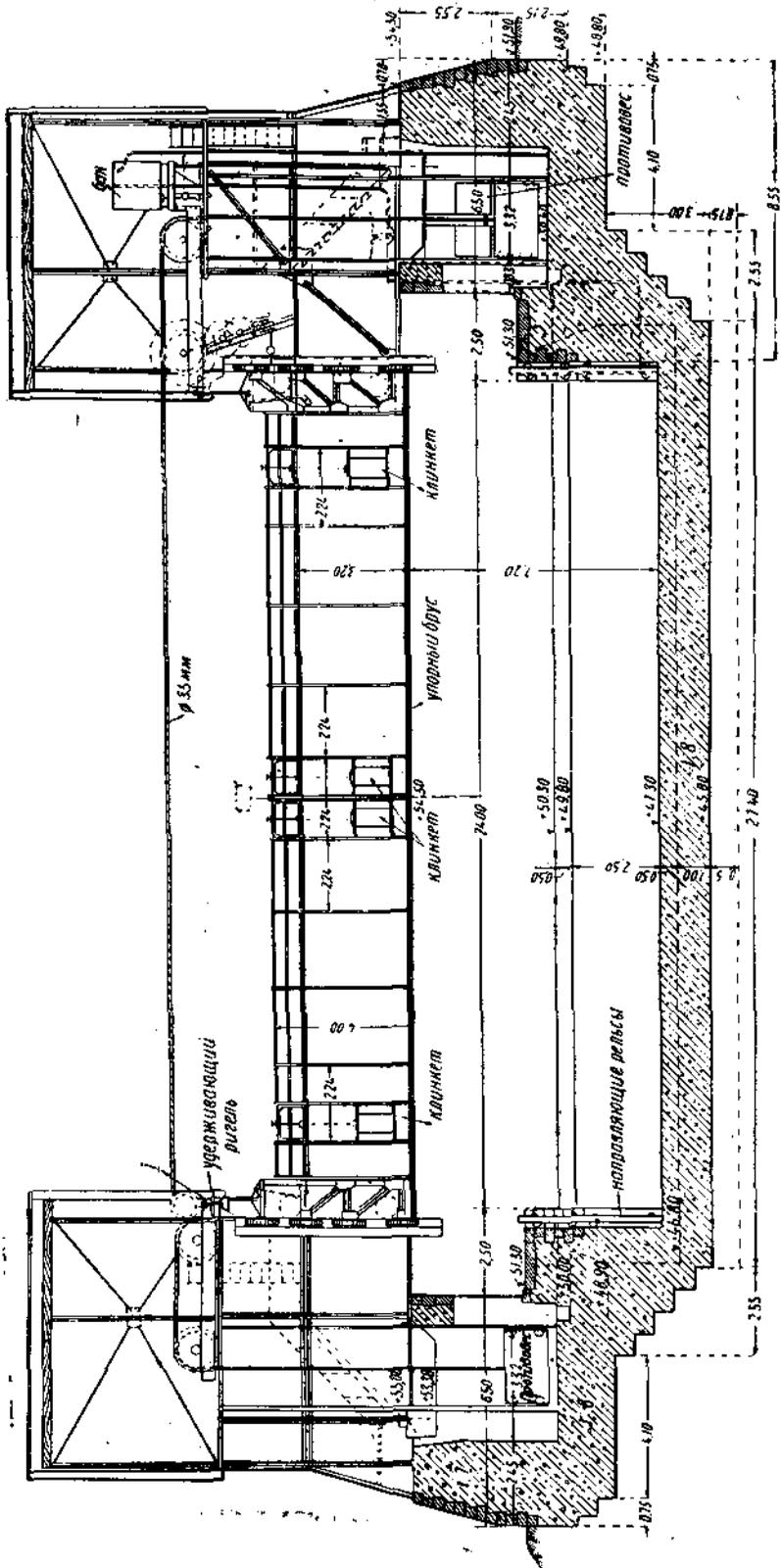


Фиг. 226а.

Если верхней поверхностью боковых стен пользуются для проводки подвижного состава, направляющие рельсы над этой поверхностью прерывают на соответствующую высоту (фиг. 119 и 226).

В воротах, закрывающих предохранительные каналные полушлюзы, для наполнения каналов после окончания ремонта устраивают отверстия, закрываемые подъемными щитами.

В воротах, закрывающих шлюзы, отверстия устраивают для наполнения и опорожнения камер и закрывают подъемными (шлюзы на Везель-Даттельнском канале) или сегментными (фиг. 44) щитами.



Фиг. 225 б.

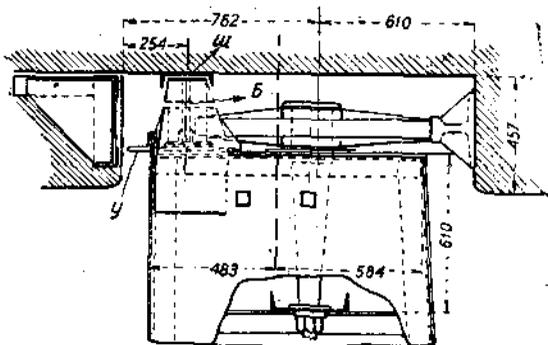
§ 26. Погружаемые ворота

Погружаемые ворота применяют для закрытия открытых сверху отверстий шлюзов с односторонним подпором.

Открытие ворот этого типа под напором воды и закрытие во время протекания воды через шлюз невозможно.

Так как для открытия шлюза ворота должны быть опущены в колодец, устроенный в шкафной части, то их применяют лишь для закрытия верхних голов шлюзов с высокими стенками падения. Для закрытия же голов без стенок падения или со стенками малой высоты и в случае большой глубины воды на верхнем короле, а также в случае возможности отложения наносов в колодцах, их не устраивают, так как в этих случаях приходится бы закладывать фундаменты колодцев на значительной глубине.

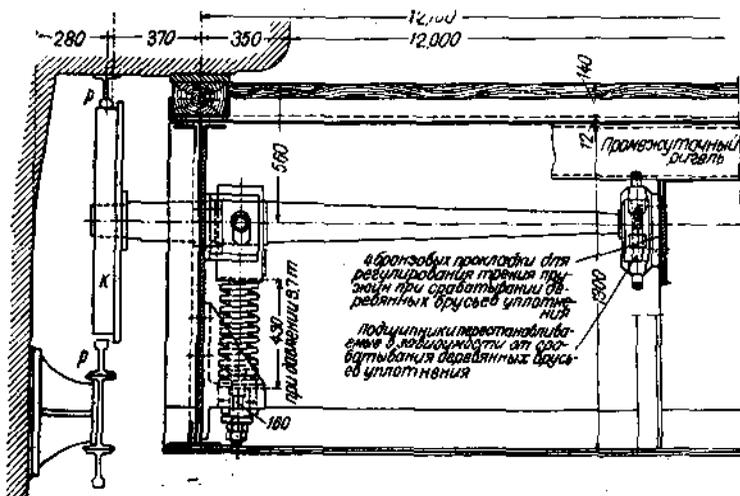
В настоящее время погружаемые ворота применены лишь для закрытия верхней головы шлюза шириной 33,5 м у Кеокука на р. Миссисипи и шлюза шириной 18,3 м у Мэсл-Шол на р. Тенесси.



Фиг. 227.

Ворота шлюза у Кеокука (фиг. 20) сконструированы таким образом, что во время опускания вес их бывает больше веса вытесняемой ими воды, а во время подъема—меньше. Дополнительной нагрузкой, заставляющей ворота опускаться, является вес воды, впускаемой в особые ящики, имеющие объем 170 м³, называемые регулирующими. Перед поднятием ворот воду из ящиков удаляют сжатым воздухом.

Ворота имеют высоту около 5 м и состоят из железной обшивки, расположенной со стороны нижнего бьефа, и из остова, образованного из двух вертикальных раскосных ферм // и //', связанных поверху и понизу рамными фермами-ригелями. По верхней ферме на двух двутавровых продольных балках и на поперечных уложен рельсовый путь.



Фиг. 228.

В нижней части ворот, в пределах шести концевых панелей, устроены воздушные ящики, имеющие объем 129 м³. Регулирующие ящики устроены непосредственно под ними и в двух средних панелях и имеют вид колоколов с открытым дном. Сжатый воздух поступает в них посредством трубопровода, устроенного в особой галлерее под колодцем и имеющего четыре вертикальных отрезка r_1 , r_2 , r_3 и r_4 . Удаление воздуха из регулирующих ящиков производят перед опусканием ворот посредством особых шлангов, выведенных на верхнюю поверхность стен шлюза и перекинутых через шкивы, вращаемые на горизонтальных осях в подшипниках, прикрепленных к металлическим башням, основанным на стенах (фиг. 20).

Водонепроницаемость закрытия достигается деревянными брусьями, прикрепленными к концевым частям и к нижней рамной ферме ворот.

Направление движения осуществляется особыми ползунами, прикрепленными к концевым частям ворот и двигающимися в направляющих коробках, устроенных в стенах, а также зубчатыми колесами. Колеса насажены на общие валы и сцепляются с кремальберами, прикрепленными к стенам.

Для удержания ворот от чрезмерного всплывания и от падения в колодез во время прохода по ним железнодорожного подвижного состава имеются особые ригели u и u' , выдвигаемые с верхней поверхности стен под верхние части передней и задней вертикальных ферм.

Ворота весят в воздухе 231 т.

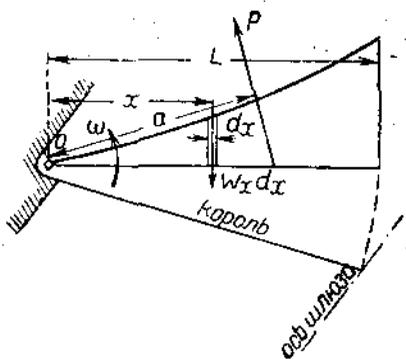
§ 27. Открытие и закрытие ворот и их приводные механизмы

А. Сопротивление ворот движению. Открытие и закрытие ворот производят особыми механизмами, называемыми приводными, или кратко приводами.

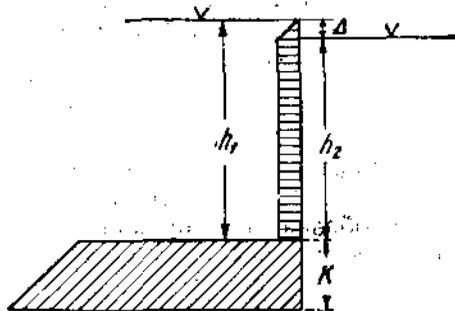
Их располагают обычно на стенах и, как исключение, на воротах (шлюзы на Павийском канале).

Механизмы эти рассчитывают таким образом, чтобы ими можно было преодолевать сопротивление ворот движению, которое складывается из следующих главнейших элементов: 1) сопротивления среды, в которой передвигают ворота, 2) сопротивления в трущихся частях ворот и 3) сопротивления в приводных механизмах и в местах прикрепления последних к воротам.

Для ворот, вращаемых на вертикальных осях, сопротивление среды определяют следующим образом:



Фиг. 229.



Фиг. 230.

Сопротивление движению на единицу площади пластинки в воде неограниченных размеров со скоростью v_x выражается следующей формулой:

$$w_x = k\gamma_0 \frac{v_x^2}{2g} = Cv_x^2, \quad (45)$$

где:

k — числовой коэффициент, принимаемый по Ляндсбергу 1,1;

γ_0 — вес 1 м³ воды = 1000 кг;

g — ускорение силы тяжести = 9,81 м/сек².

$$C = \frac{k\gamma_0}{2g} = 56. \quad (46)$$

Если ворота поворачивают с угловой скоростью ω , то сопротивление полоски шириной dx (фиг. 229), высотой, равной l и находящейся в расстоянии x от оси вращения, выражается следующим образом:

$$w_x dx = 56 v_x^2 dx = 56 \omega^2 x^2 dx. \quad (47)$$

Отсюда сопротивление w_1 на единицу высоты полотнища определяется интегрированием уравнения (47) в пределах от l до 0, где l — ширина полотнища:

$$w_1 = \int_0^l 56 \omega^2 x^2 dx = \frac{56 \omega^2 l^3}{3} \quad (48)$$

для полотнища, погруженного на глубину h в воду:

$$w_1 = \frac{56 \omega^2 l^3 h}{3} \quad (49)$$

Обозначая через v_0 среднюю скорость точек полотнища, находящихся в расстоянии $\frac{l}{2}$ от оси вращения, равную $\omega \frac{l}{2}$, и через $F = lh$ площадь части полотнища, погруженной на глубину h в воду, и подставляя в формулу (49) F и v_0 , имеем:

$$w_1 = 74,7 F v_0^2 \cong 75 F v_0^2. \quad (50)$$

Момент сопротивления движению полотнища относительно оси вращения его определяется следующим выражением:

$$M_1 = \int_0^l w_x h x dx = 14 \omega^2 l^4 h. \quad (51)$$

Отсюда расстояние точки приложения силы w_1 до оси вращения:

$$x_0 = \frac{M_1}{w_1} = \frac{3}{4} l \quad (52)$$

и

$$M_1 = \frac{3}{4} w_1 l_1. \quad (53)$$

Во время движения полотнища в воде горизонт перед ним повышается, а позади него понижается, вследствие этого на полотнище передается давление воды w'_2 , соответствующее некоторому напору Δ (фиг. 230), определяемое следующим образом:

$$w'_2 = \gamma_0 \frac{\Delta l}{2} (h_1 + h_2), \quad (54)$$

где:

h_1 — глубина воды перед полотнищем,

h_2 — " " позади полотнища.

Прочие обозначения прежние.

Принимая

$$\frac{h_1 + h_2}{2} = h,$$

имеем:

$$w_2' = 1000 \Delta F. \quad (55)$$

В начале открытия ворот на нижнюю часть их, прилегающую на высоту k к королю, передается давление, определяемое с небольшим запасом по формуле:

$$w_2'' = \gamma_0 k l h = 1000 k F. \quad (56)$$

Тогда полное давление на полотнище в начале открытия будет:

$$w_2 = w_2' + w_2'' = 1000 (\Delta + k) F. \quad (57)$$

Это давление можно считать приложенным в расстоянии $\frac{l}{2}$ от оси вращения полотнища. Тогда момент силы w_2 относительно оси вращения будет:

$$M_2 = \frac{1}{2} w_2 l. \quad (58)$$

Моменты сопротивления в трущихся частях ворот: в пятнике и в гальсбанте могут быть определены приближенно по формуле:

$$M_3 + M_4 = \frac{1}{4} \mu_1 G d + \frac{1}{2} \mu_1 Z d_1 \quad (59)$$

где:

M_3 — момент трения в пятнике,

M_4 — " " " гальсбанте,

μ_1 — коэффициент трения в начале движения ворот металла по металлу в пятнике и гальсбанте, принимаемый от 0,30 до 0,40,

G — вертикальное давление на пята,

d — диаметр ее,

Z — горизонтальное давление на гальсбант,

d_1 — диаметр верхнего шипа или валка.

Отсюда момент сопротивления движению в воде и в трущихся частях может быть приближенно определен выражением:

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = \frac{3}{4} w_1 l + \frac{1}{2} w_2 l + \frac{1}{4} \mu_1 G d + \frac{1}{2} \mu_1 Z d_1. \quad (60)$$

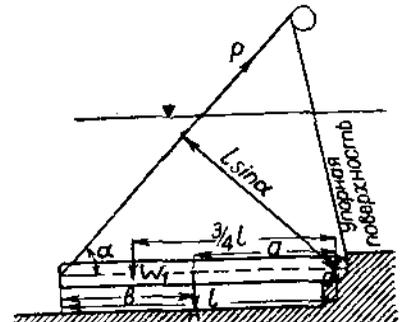
Если приводное усилие приложено в расстоянии a (фиг. 229) от оси вращения, то величина его в начале открытия приближенно определяется силой P

$$P = (3 w_1 + 2 w_2) \frac{l}{4 a} + \frac{\mu_1}{4 a} (G d + 2 Z d_1) \quad (61)$$

Если горизонты воды бьефов и камеры не сравнены и разнятся между собой на высоту δ , приводное усилие в начале открытия увеличивается (с небольшим запасом) на величину

$$P' = \gamma_0 \frac{\delta F l}{2 a} \quad (62)$$

В выражении (57) Δ представляет собой весьма неопределенную величину, зависящую от скорости движения полотнища и его формы, а также от его положения относительно боковых стен. В тех случаях, когда между веревальной выкружкой и веревальным столбом остается слишком незначительный промежуток, как например, когда ворота имеют веревальные столбы, примыкающие на всю высоту к выкружкам, Δ естественно повышается. Это повышение объясняется тем обстоятельством, что вода, отброшенная движущимся полотнищем к стенам, получает выход в сторону нижнего бьефа только со стороны створного столба. Обычно Δ берут в зависимости от скорости вытекания воды из шкафных частей, в пределах от 0,01 до 0,03 м, но во всяком случае ее полезно определять опытным путем.



Фиг. 231.

Положение точки приложения тягового усилия зависит главным образом от конструкции ворот и приводных механизмов, а также от расположения водопроводных галлерей и закрывающих их щитов. Обычно прикрепление приводов делают выше наивысшего подпорного горизонта, иначе части механизмов должны находиться в воде; однако такое положение вызывает перекашивание ворот и увеличение моментов M_3 и M_4 . Во избежание этого полезно прикрепление приводов устраивать возможно ближе к центру приложения равнодействующей сопротивления движению ворот. Несколько приблизиться к такому расположению можно лишь на нижних воротах, прикрепляя к ним приводы со стороны нижнего бьефа.

Для ворот, вращаемых на горизонтальных осях и укладываемых на флютбет (фиг. 231), сопротивление среды определяют по формуле:

$$w_1 = 75 F v_0^2, \quad (63)$$

где:

F — площадь полотнища, погруженная в воду,

v_0 — скорость движения всех точек полотнища, находящихся в расстоянии половины высоты полотнища.

Так как сила w_1 приложена в расстоянии $\frac{3}{4} l$ от оси вращения (см. выражение 52), то момент сопротивления вращению полотнища может быть определен выражением:

$$M_1 = \frac{3}{4} w_1 l. \quad (64)$$

Обозначая через:

G — вес ворот в воде,

a — расстояние направления силы G до оси вращения ворот,

P — приводное усилие,

α — угол, составленный направлением силы P с линией, соединяющей точку ее приложения с осью вращения полотна.

Давление на осевые подшипники в начале подъема ворот может быть выражено достаточно точно следующим образом:

$$R_2 = \sqrt{\left(\frac{Gb}{l} + \frac{w_1}{4}\right)^2 + (P \cos \alpha)^2} \quad (65)$$

и момент трения в подшипниках формулой:

$$M_2 = \frac{\mu R_2 d}{2} = \frac{\mu d}{2} \sqrt{\left(\frac{Gb}{l} + \frac{w_1}{4}\right)^2 + (P \cos \alpha)^2} \quad (66)$$

или приближенно:

$$M_2 \approx \frac{1}{2} \left(\frac{Gb}{l} + \frac{w_1}{4}\right) \frac{\mu d}{\cos \alpha}, \quad (67)$$

где:

$b = l - a$,

μ_1 — коэффициент трения в цапфах (см. стр. 140),

d — их диаметр.

Момент веса ворот относительно оси вращения в начале подъема определяется выражением:

$$M_3 = Ga. \quad (68)$$

Так как расстояние приводного усилия до оси вращения равно $l \sin \alpha$, то величина его может быть выражена приближенно формулой:

$$P = (M_1 + M_2 + M_3) \frac{1}{l \sin \alpha} = \frac{3w_1}{4 \sin \alpha} + \left(\frac{Gb}{l} + \frac{w_1}{4}\right) \frac{\mu d}{l \sin^2 \alpha} + \frac{Ga}{l \sin \alpha}. \quad (69)$$

Сопrotивление движению откатных ворот определяют следующим образом: Обозначая через:

G — вес ворот в воде,

R — радиус колес,

l — плечо трения качения колес по рельсам,

μ_1 — коэффициент трения цапф осей катков,

r — радиус осей колес,

F — сумму площадей проекций на плоскость перпендикулярную направлению движения ворот поперечных стенок ворот, преодолевающих сопротивление среды,

v — скорость движения ворот,

F' — проекцию на ту же плоскость погруженной части поперечного сечения ворот, вызывающей подпора Δ .

Сопrotивление от трения качения и в цапфах осей колес определяется выражением:

$$P_1 = \frac{G}{R} (l + \mu_1 r). \quad (70)$$

Сопrotивление среды и сопротивление от подпора Δ выражением:

$$P_2 = 75 F v^2 + 1000 F' \Delta. \quad (71)$$

Тогда сопротивление движению ворот будет:

$$P = P_1 + P_2 = \frac{G}{R} (l + \mu_1 r) + 75 F v^2 + 1000 F' \Delta. \quad (72)$$

Так как при выводе формулы (72) не учтено трения ворот и воды по боковым стенкам шкафов, то действительное сопротивление движению ворот превышает определяемое по этой формуле примерно на 50—100%.

Сопrotивление движению подъемных ворот зависит от веса ворот и противовесов, типа обшивки и характера прикрепления ее к остоу, от трений в колесах и в направляющих катках и от сопротивления среды; последнее однако обычно весьма незначительно и может быть оставлено вне учета; вес ворот во время

подъема и опускания не остается одинаковым, но вследствие уменьшения подъемной силы воды увеличивается по мере выхода ворот из воды.

Что касается сопротивления в приводных механизмах, то его определяют в зависимости от конструкции соответствующего механизма.

Б. Приводные механизмы. Для ворот шлюзов и полушлюзов применяют весьма большое количество разных типов механизмов, но в дальнейшем описываются лишь наиболее распространенные на практике или наиболее характерные из них.

Конструкции механизмов обычно состоят из двух главнейших элементов: первый — передаточные части от ворот к двигателям и второй — самые двигатели, как то: лебедки, кабестаны, моторы и т. п.

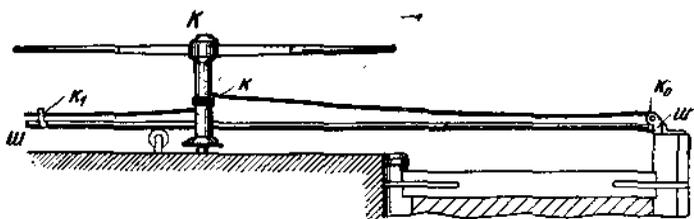
Для ворот, вращаемых на вертикальных осях, применяют следующие механизмы.

Для ворот небольших размеров:

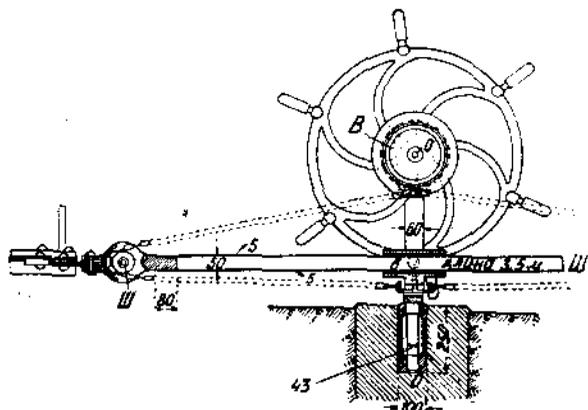
1. Багры с крюками, зацепляемыми рабочими, стоящими на стенах, за скобы, прикрепленные к воротам у створных столбов.

2. Горизонтальные штанги *шш* (фиг. 232) с канатами K_0K_1 , навиваемыми на кабестаны *К*. Штанги и кабестаны для малых ворот устраивают из дерева, для более значительных — из железа.

Для ворот французских шлюзов применяют приводной механизм, состоящий из трубчатой штанги *шш* (фиг. 233 — шлюзы на Центральном канале),двигающейся во втулке *в*, прикре-

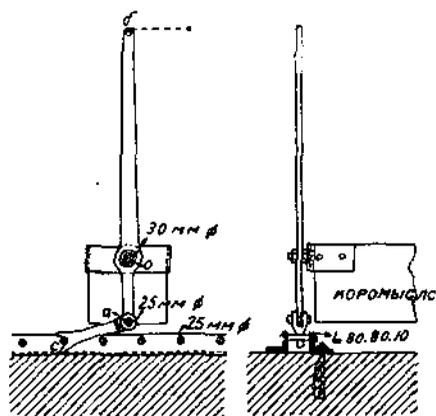


Фиг. 232.

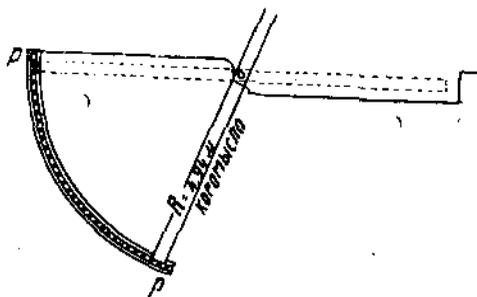


Фиг. 233.

шлюзов применяют приводной механизм, состоящий из трубчатой штанги *шш* (фиг. 233 — шлюзы на Центральном канале),двигающейся во втулке *в*, прикре-



Фиг. 234.



Фиг. 235.

пленной к вороту *В*, имеющему желобчатый барабан. Ворот расположен на стене и вращается на вертикальной оси *ОО*, тянущая же цепь пропущена через его барабан наискось.

3. Коромысло с противовесом *П* (фиг. 156) или без него, снабжаемое иногда особым рычагом *аб* (фиг. 234 — шлюз у Вольтерсдорфа около Берлина)

с короткой сереежкой *ас*, имеющей на конце вилку *с*, которая входит в цевки криволинейной цевочной рейки *рр* (фиг. 235), прикрепленной к стене. Наклоняя длинный рычаг *об*, коромысло передвигают по цевочной рейке на длину, равную длине между двумя цевками, затем, наклоняя его в другую сторону, захватывают короткой сереежкой за следующую цевку, и таким образом поворачивают ворота. Для движения ворот в обратном направлении сереежку переключают на другую сторону и повторяют снова такие же действия.

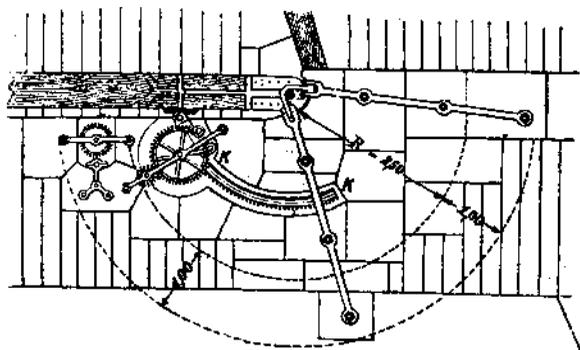
4. Зубчатые рейки или зубчатые квадранты *кк* (фиг. 236 — шлюз у Эври на р. Сене).

Для ворот значительных размеров применяют:

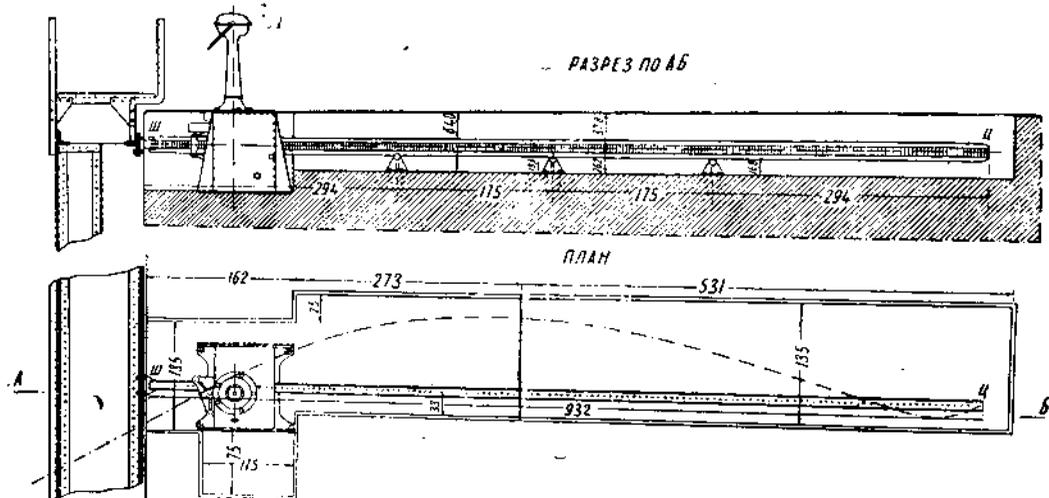
1. Цевочные рейки *ЦШ* (фиг. 116 и 237 — шлюзы на р. Оке), сделанные из полосового или фасонного железа, через горизонтальные полки которого пропущены вертикальные цевки. Рейки прикрепляют к воротам посредством вертикальных шкворней *Ш*.

2. Коромысла *ккк* (фиг. 238 — шлюзы на Тролльхеттанском канале), прикрепленные к воротам и приводимые в движение горизонтальными штангами *кш*. Штанги связаны шарнирно с рычагами *рш*, поворачиваемыми на вертикальных осях *р* посредством зубчатых передач вручную или электромоторами.

3. Горизонтальные штанги *По* (фиг. 239 — караванные шлюзы на р. Одере между впадением р. Нейсы и Козелем), прикрепленные одним концом на шкворне к воротам или к коромыслам, а на другом — к ползунам *П*, движущимся в особых параллелях *п₁п₁* и *п₂п₂* и приводимым в движение винтовыми или зубчатыми штангами *ш₁ш₂*.



Фиг. 236.



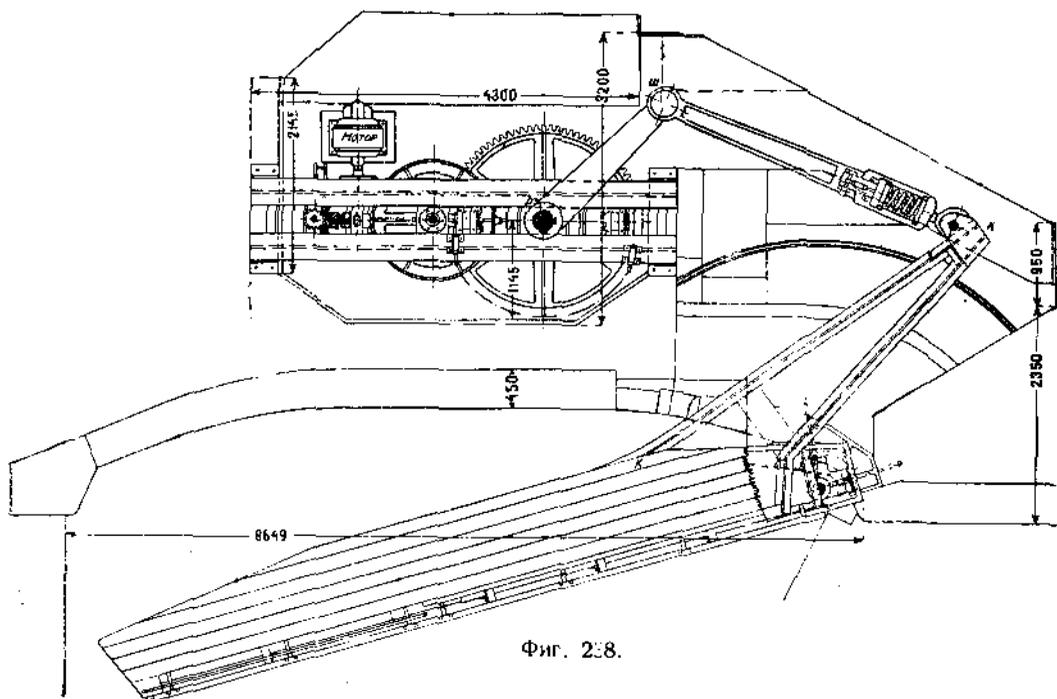
Фиг. 237.

Штанги прикрепляют также к зубчатым колесам, вращаемым на вертикальных осях (фиг. 240 — шлюз у Волховской гидростанции). В этом случае штанги располагают при открытом или при закрытом положении ворот по направлению линий, проходящих через оси вращения колес и точки прикрепления штанг к воротам. Во время открытия и закрытия ворот точки прикрепления штанг к колесам описывают дуги около 180° . Такое устройство позволяет в начале и в конце движения штанг передать воротам наибольшее усилие при наименьшей скорости движения, и примерно при среднем положении ворот — наибольшую скорость движения при наименьшем тяговом усилии.

В случае применения гидравлической энергии штанги прикрепляют иногда непосредственно к поршням гидравлических цилиндров, устраиваемых поворачивающимися на вертикальных осях O (фиг. 241 — шлюзы на канале, соединяющем р. Шельду с р. Маасом.)

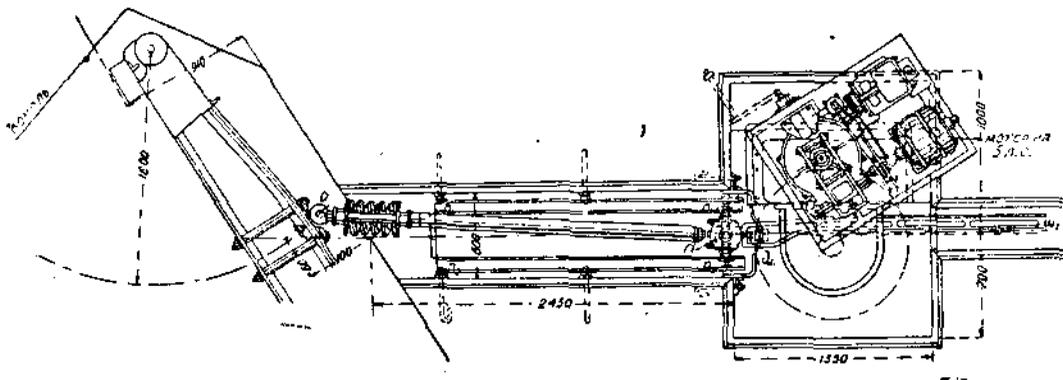
4. Зубчатые секторы SOS (фиг. 242 — шлюзы у Нидерфинова на Берлин-Штеттинском водном пути) с рычагами OP , поворачиваемыми на вертикальных осях O .

В точках P к рычагам присоединены шарнирно более короткие рычаги $Pв$, прикрепленные в свою очередь в точке $в$ к воротам.



Фиг. 238.

Эти приводы относятся к так называемым жестким. Они имеют большой недостаток — поломки от ударов подвижного состава или волн в ворота и от быстрого изменения сопротивления движению последних. Во избежание этого в местах прикрепления приводов к воротам применяют пружинные буфера,

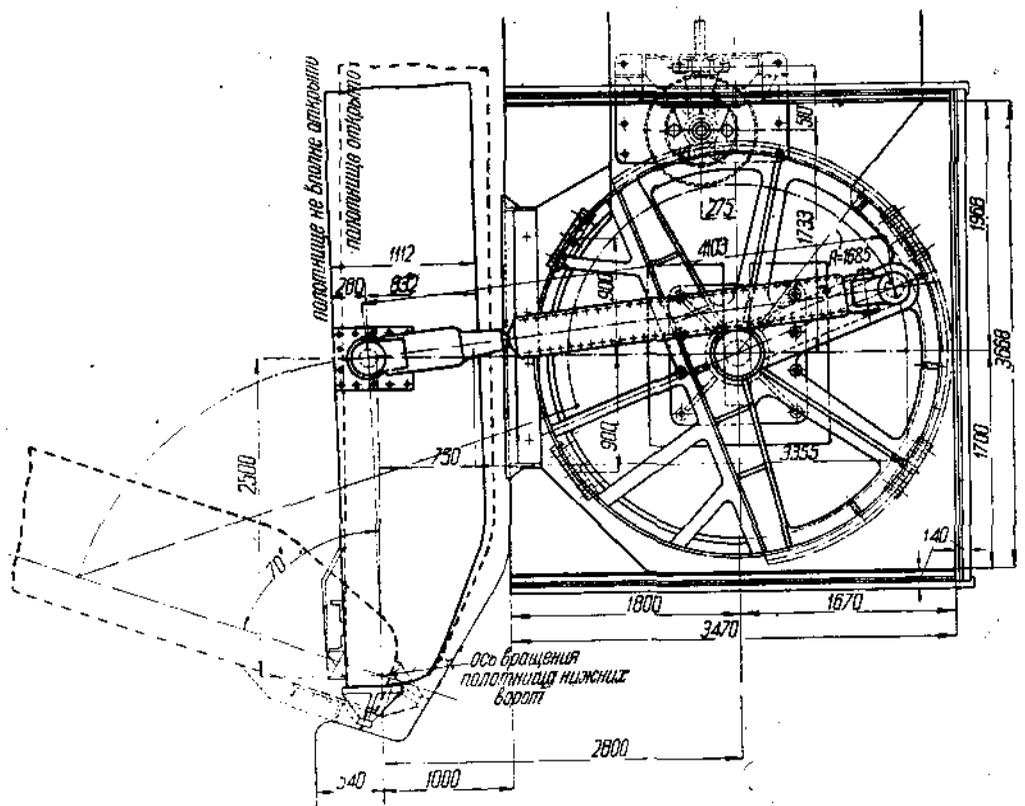


Фиг. 239.

или же в приводы вводят особые механизмы, которые предохраняют приводы не только от поломок, но и от перенапряжений; такого рода механизмы применены например для ворот шлюзов у Нидерфинова.

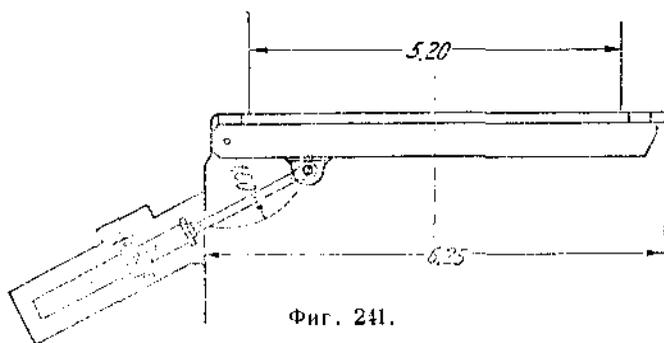
С такой же целью коромысла, горизонтальные штанги и ползуны приводят в движение посредством бесконечных цепей y_1, y_2, y_3 (фиг. 243 — шлюзы на р. Уорриор в САСШ), перекинутых через цепные колеса K_1 приводных лебедок, а также K_2 и K_3 направляющих приспособлений.

Во многих приводах жесткие части нередко совершенно исключают и применяют мягкие, состоящие из тросов или цепей, навиваемых на барабаны приводных механизмов и направляемых блоками, прикрепленными к стенам и к флутбетам.



Фиг. 240.

Последние приводы имеют другой недостаток, это — провисание и недостаточность натяжения по мере их срабатывания, вызывающие увеличение бесполезного хода приводных механизмов и нередко их поломки; для устранения



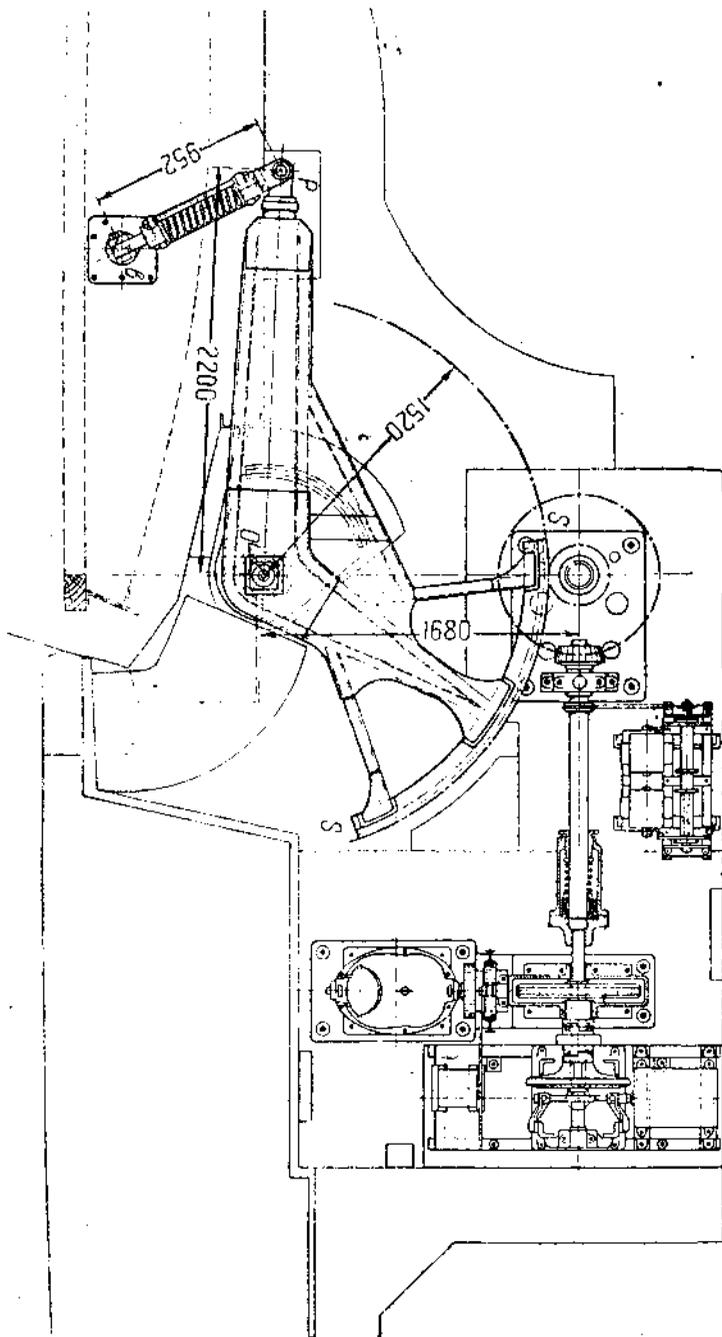
Фиг. 241.

этого недостатка в приводах вводят особые натяжные приспособления, устраиваемые по большей части в виде грузов.

В случае применения гидравлических цилиндров тросы прикрепляют либо к поршневым штокам двух цилиндров, оси которых располагают на одной

прямой, либо к штокам четырех цилиндров, которых берут по два на каждое полотнище.

Примером последнего устройства могут служить приводы нижних ворот первого шлюза у Вернсдорфа.

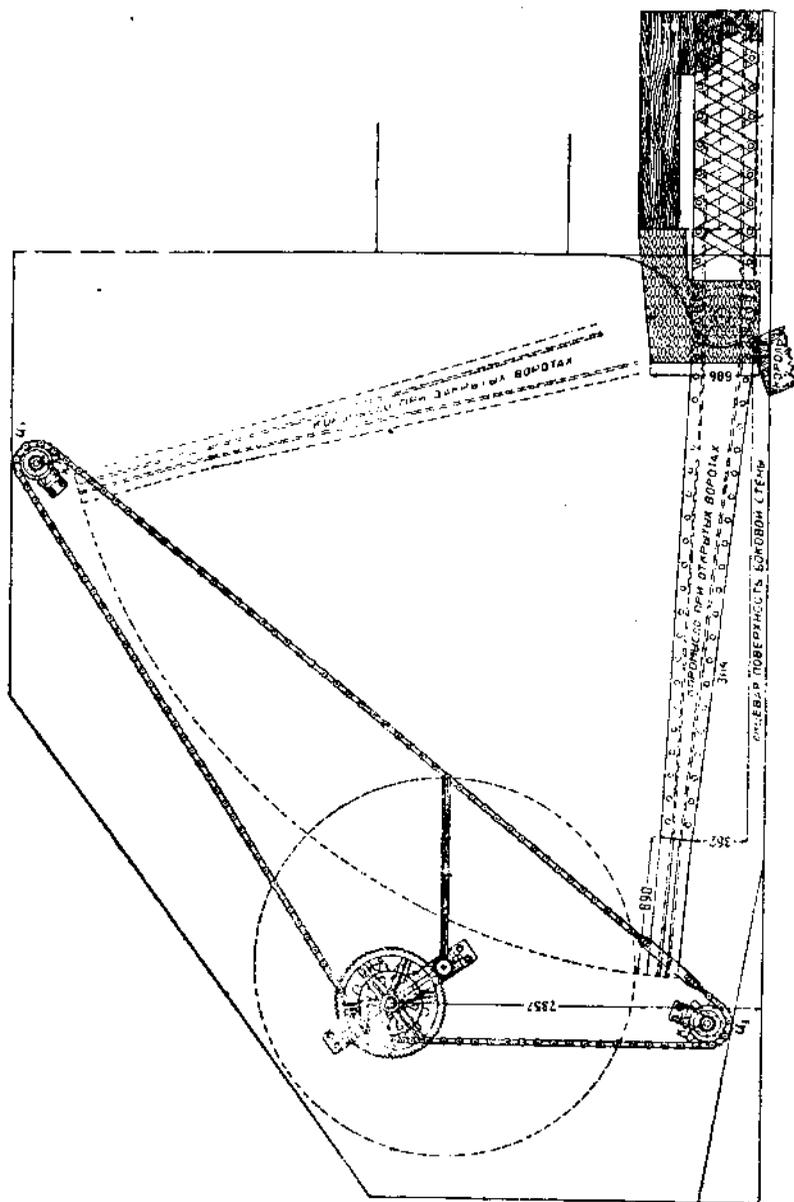


Фиг. 242.

На боковых стенах этого шлюза параллельно его оси имеется по два цилиндра *O* и *S* (фиг. 244), к которым прикреплены блоки *II* и *2*. В цилиндрах движутся поршни с прикрепленными к ним шкивами *I*, *III* и *1, 3*, через которые перекинута цепи, служащие: *I*, *II*, *III*, *IV*, *IV-a*, *V*, *VI*, *VII*, *VIII* и *h* — для открытия ворот, а *1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8* и *h₁* — для закрытия. Блоки *VII* и *7* расположены в верхней части ворот, а *VIII* и *8* — в нижней. Цепи, огибающие блоки *VII* и *VIII*, прикреплены в точках *h*, а огибающие блоки *7* и *8* — в точках *h₁*, находящиеся на уровне короля.

Ручные лебедки Л (фиг. 237), применяемые для приводов, делают обычно с двумя передачами: одной — для большей скорости открытия и меньшего усилия и другой — для меньшей скорости и большего усилия.

В случае применения электрической энергии устанавливают моторы (фиг. 238, 239 и 242), приводящие в движение лебедки или кабестаны, которые

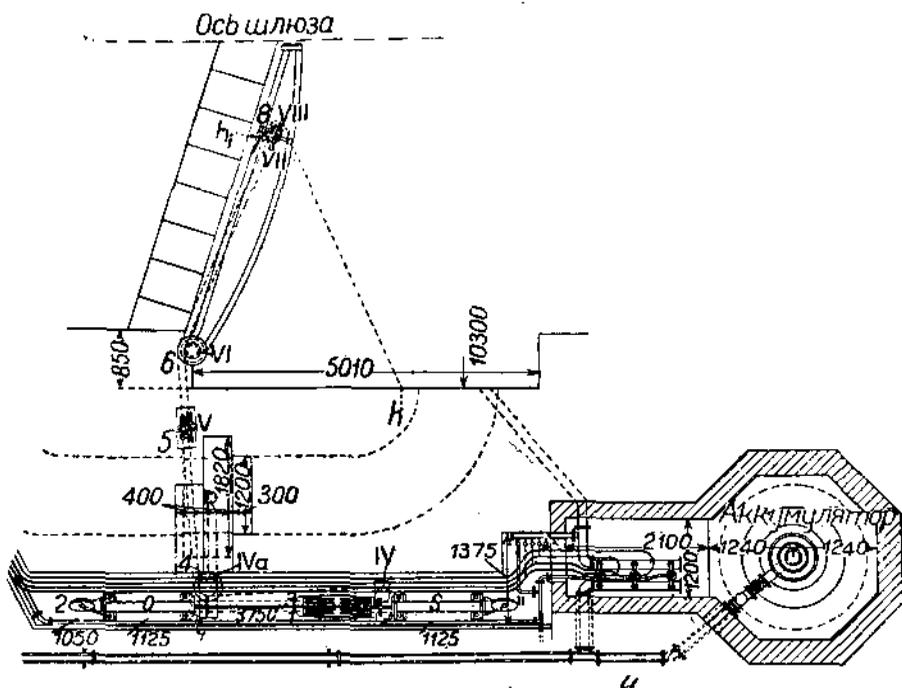


Фиг. 243.

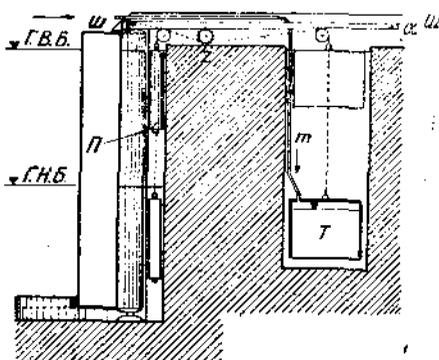
действуют посредством передаточных валов с насаженными на них зубчатыми колесами на мягкие или жесткие части приводов, прикрепленных к воротам.

Если для вращения ворот применены двигатели, действующие сжатым воздухом (нижние ворота шлюза у Кеокука), приводы берут жесткие.

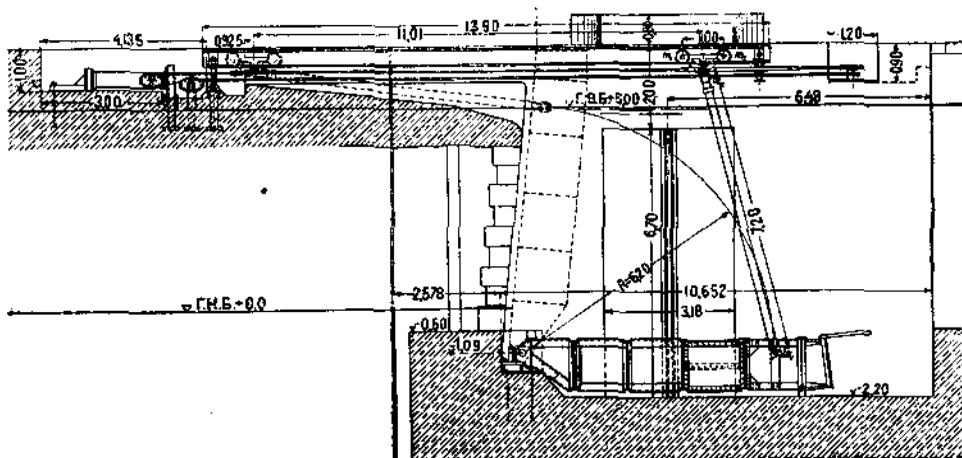
Для приводов нижних ворот шлюзов Эльба-Травского канала, приводимых в движение весом особых грузов и сжатым воздухом, применены одновременно мягкие и жесткие части: мягкие для открытия ворот, а жесткие для закрытия; движущей силой для открытия является вес колоколов Т (фиг. 245) и противовесов П, подвешенных на цепях, проведенных через зубчатые колеса Z. Цепи одним концом прикреплены к воротам, а другим в точке α к штангам, служащим для закрытия ворот. Колокола поднимаются и опускаются в особых колодцах.



Фиг. 244.



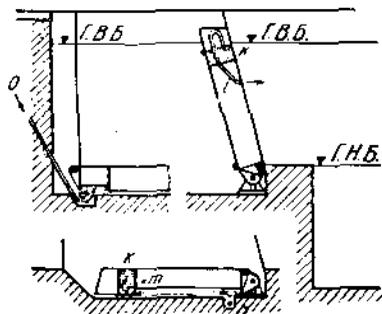
Фиг. 245.



Фиг. 246.

Вследствие выпуска сжатого воздуха по гибким трубкам t под колокола вес колоколов уменьшается, тогда противовесы, опускаясь, увлекают за собой горизонтальные штанги $шш$, прикрепленные к воротам, и закрывают ворота. Обратно, после выпуска сжатого воздуха из колоколов они опускаются и увлекают за собой цепи, которые открывают ворота.

Приводы ворот, вращаемых на горизонтальных осях и укладываемых на флютбет, применяют главным образом для подъема ворот, для опускания же, происходящего обычно под действием веса ворот, их применяют очень редко. Приводы эти прикрепляют обычно с одной стороны ворот, реже с двух.



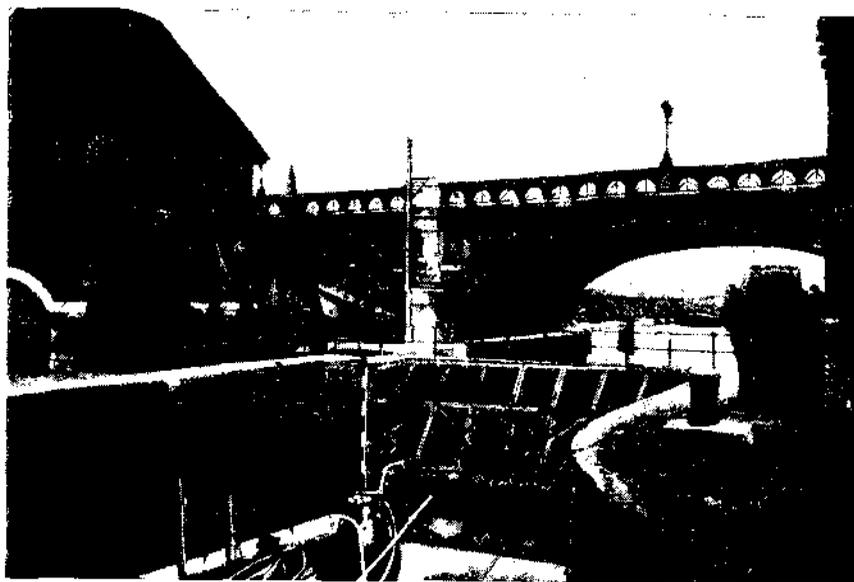
Фиг. 247.

Для ворот шлюзов их образуют большей частью из тросов или цепей, навиваемых на лебедки, расположенные на боковых стенах. Лебедки приводят в движение вручную или электромоторами.

Тросы и цепи иногда образуют в виде бесконечных цепей $авс$ (фиг. 209), проводимых через блоки b . В таких случаях для натяжения тросов применяют коленчатые рычаги eg с грузами g на отогнутых плечах.

Иногда предпочитают другой способ расположения, состоящий в том, что тросы прикрепляют к стенам, противоположным тем, на которых находятся лебедки, и пропускают по блокам, прикрепленным к верхним рамным брускам или ригелям ворот (шлюз у Кайзербада), применяя для надлежащего натяжения противовесы.

Мягкие приводы ворот этого типа имеют, подобно приводам ворот, вращаемых на вертикальных осях, ряд недостатков, как-то: некоторые части их



Фиг. 248.

постоянно находятся под водой, они нуждаются в особых натяжных приспособлениях и не обеспечивают неизменного положения ворот во время прохода над воротами подвижного состава.

Учитывая это обстоятельство, вместо мягких предпочитают применять жесткие, сделанные в виде штанг $ш_1 ш_2$ (фиг. 246 — шлюзы на Рейн-Гернском канале), прикрепленных на одном конце $ш_1$ шарнирно к воротам, а на другом $ш_2$ — к тележкам $т_1 т_2$, передвигаемым по стенам посредством тросов или цепочных реек, приводимых в движение лебедками вручную или электромоторами.

Для предотвращения перенапряжений от случайных сил в приводы вводят иногда такие же механизмы, какие применяют для жестких приводов ворот, вращаемых на вертикальных осях.

Гидравлические приводы в применении к воротам этого типа снабжают одним (ворота предохранительных полушлюзов на канале, соединяющем р. Одер с р. Шпрее) или двумя цилиндрами. В первом случае цилиндр служит для подъема ворот, а во втором — цилиндр *O* (фиг. 209) для опускания, а цилиндр *S* для подъема. Цепь для опускания пропущена через блоки 5, 4, 3, 2 и 1 и прикреплена к точке *f*, цепь же для подъема пропущена через блоки *V, IV, III, II* и *I* и прикреплена к точке *f*₁. Посредством выключения цепей, охватывающих цилиндры, приводы этого типа могут быть переведены на ручные, для этой цели имеется ручная лебедка.

Приводы, действующие сжатым воздухом, были применены для верхних ворот шлюзов Эльба-Травского канала и отличаются от описанных выше своеобразностью устройства.

В этих воротах непосредственно под верхним рамным ригелем устроены ящики *k* (фиг. 4) которые могут быть попеременно наполняемы водой или сжатым воздухом. Сжатый воздух 2 7) трубкам *O* и по каналам *От* вытесняет из ящиков воду, вследствие чего ворота облегчаются, поднимаются и закрывают шлюз. В этом положении их удерживают от опускания предохранительными ригелями. Во время опорожнения камеры воздух выходит по трубе *i*, ящики наполняются водою верхнего бьефа и ворота после окончания наполнения камеры под действием составляющей их весай ложатся на флютбет, открывая шлюз.

Приводы сегментных ворот устраивают большей частью односторонними (фиг. 248), реже двусторонними (более новые ворота полушлюзов Дортмунд-Эмского канала, см. стр. 130). Их образуют в виде зубчатых дуг, прикрепленных к рукавам (фиг. 248) или к стенам посредством штанг и сцепленных зубчатыми колесами с горизонтальными приводными валами, вращаемыми посредством ручных лебедок или электромоторов. Если устройство дуг нежелательно, ворота поворачивают лебедками, валы которых сцепляют червячной передачей с осевыми валами ворот.



Фиг. 249.

Двусторонние приводы, хотя и дают некоторые гарантии против перекашивания ворот во время подъема и опускания последних и, следовательно, способствуют уменьшению веса ворот, но вследствие увеличения количества приводных механизмов, сложности их устройства и затруднений при проводке электрической энергии через шлюз они оказываются не всегда целесообразными.

Откатные ворота, опираемые на флютбет, приводят в движение прикрепленными к ним тросами или цепями, навиваемыми например в шлюзах на р. Огайо (фиг. 249) на барабаны валов, вращаемых в подшипниках, прикрепленных к стенам в начале шкафов. Во избежание обрывов тросов или цепей вследствие случайного увеличения сопротивления движению ворот те и другие прикрепляют к воротам посредством пружин или качающихся коромысел.

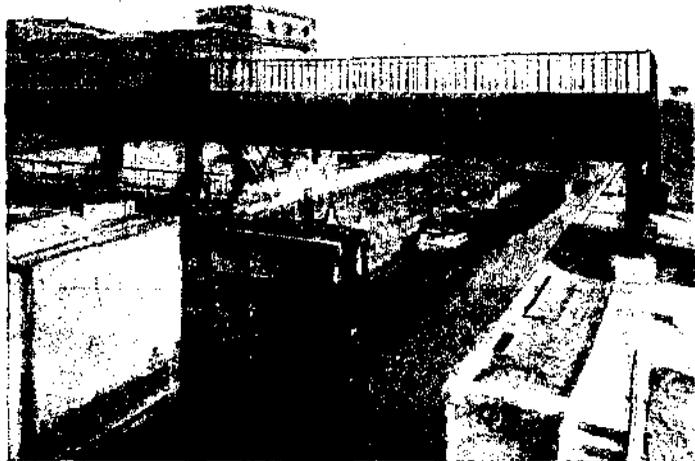
Приводы откатных ворот, опираемых на мосты (фиг. 220 и 250 — шлюз у Мюльгейма-Раффельберга на р. Руре), перекинутые через шлюзы, приводят в движение разного рода двигателями или ручными лебедками. Если на тележках установлены электромоторы, то передвижение производят посредством вращения электромоторами зубчатых колес (фиг. 218) или колесных скатов тележек (фиг. 251 — шлюз у О'Бекзе на канале, соединяющем р. Тиссу с каналом Франца).

Направление движения ворот осуществляют посредством роликов *S* и *S* катящихся по рельсам, прикрепленным у верхних кромок шкафов стен.

Подъемные ворота поднимают лебедками, на барабаны которых навивают тросы или цепи, прикрепленные к воротам; тросы или цепи для больших ворот перекидывают через шкивы или барабаны, насаженные на горизонтальные валы (фиг. 10 и 225), приводимые в движение посредством передач ручными или механическими двигателями.

К тросам или цепям малых ворот и к барабанам, насаженным на те же или на особые валы, больших ворот подвешивают противовесы, вес которых для большей уверенности опускания ворот берут несколько меньшим веса ворот.

Так как при выходе ворот из воды вес их увеличивается, то приводы иногда снабжают добавочными противовесами, действующими на ворота таким образом, что при выходе ворот из воды эти противовесы уравновешивают ворота вместе с главными.



Фиг. 250.

В Германии для предохранения подвижного состава, а также шлюзов и полушлюзов от повреждений на случай обрыва противовесов, к концам цепей, перекинутых через особые шкивы, насаженные на горизонтальные валы (фиг. 224 и 225), нередко прикрепляют особые предохранительные ящики.

Горизонтальные валы малых ворот приводят в движение зубчатыми передачами вручную, а более значительных электромоторами.

§ 28. Достоинства и недостатки главнейших типов ворот

К достоинствам двустворчатых ворот с распором, вращаемых на вертикальных осях, относятся:

- 1) достаточная быстрота открытия и закрытия отверстий;
- 2) достаточно умеренный расход материала, необходимого для их изготовления, объясняемый тем, что полотнища подвергаются:
 - a) изгибу от давления воды, зависящему от пролета:

$$L = \left(\frac{B}{2} + e \right) \sec \varphi,$$

где e — расстояние плоскости передачи давления от полотнища на упорную стену до лицевой поверхности последней.

Прочие обозначения прежние.

Пролет L бывает обычно значительно меньше ширины отверстия B ;

- b) сжатию силой Q , которое, будучи приложено в расстоянии η от центров тяжести поперечных сечений полотнища, позволяет уменьшить напряжения в них от изгиба;

3) достаточная для многих шлюзов и полушлюзов водонепроницаемость закрытия отверстий;

4) отсутствие надобности в устройстве для движения ворот каких-либо надстроек на стенах, которые могли бы стеснять проводку и плавание подвижного состава.

К недостаткам ворот относятся:

1) отсутствие возможности без усложнения конструкции ворот (см. стр. 14) применять их для шлюзов или полушлюзов с двусторонним подпором;

2) так как длина полотнищ превышает $V/2$, шлюз или полушлюз удлиняется на длину шкафных частей, которая больше $V/2$, удлиняются также и водопроводы. В шахтных шлюзах, если закрывать воротами нижние головы, объем сливных призм увеличивается на объем, необходимый для заполнения нижних шкафных частей; это обстоятельство отражается неблагоприятно на пропускной способности шлюза, кроме того, наличие угла между створками, равного $180^\circ - 2\varphi$, вызывает усложнение конструкции взаимной связи стен нижней головы;

3) их нельзя открывать под действующим на них обычно напором и следовательно применять в шлюзах, наполнение которых сделано по типу, описанному на стр. 32, а также почти не возможно закрывать во время протекания воды через шлюз или полушлюз;

4) наполнение и опорожнение, сделанное по типу, описанному на стр. 33, встречает ряд конструктивных затруднений;

5) так как ворота передают воспринимаемые ими внешние силы не только на упорные стены, но и на король, и передача зависит от тщательности пригонки ворот во время монтажа, а во время эксплуатации ворот от ряда обстоятельств, как-то: от положения упорных поверхностей стен и короля, от изменений температуры, от попадания между воротами и королем посторонних предметов, и наконец от износа ворот, то напряженное состояние их зависит от всех этих факторов.

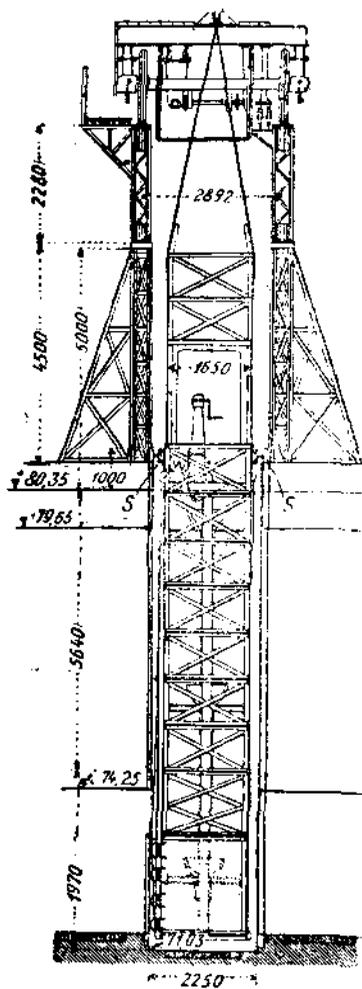
При неблагоприятном стечении обстоятельств, если ворота сделаны без запаса против расчета, износ их становится с течением времени весьма значительным, вследствие чего укорачивается срок их службы;

6) водонепроницаемость закрытия отверстий, достигаемая, вследствие значительной длины путей фильтраций, посредством некоторого усложнения конструкции ворот, также зависит от факторов, указанных в п. 5, и может с течением времени ухудшаться. Это обстоятельство весьма затрудняет применять ворота для шлюзов, для наполнения камер которых запасы воды имеются в незначительном количестве, а также для шлюзов, построенных в местностях, где возможны оседания постоянных частей;

7) в случае занесения шкафных частей наносами или в случае попадания в них посторонних предметов, стесняющих движение ворот, применение ворот не только может стать затруднительным, но даже и невозможным;

8) так как для открытия и закрытия ворот применяют обычно два привода, то для управления ими надо содержать большее количество обслуживающего персонала, чем в тех случаях, когда ворота сделаны по другому типу, требующему лишь одного привода. Затем, так как приводы занимают верхние площадки обеих стен, то своим присутствием они могут стеснять проводку подвижного состава;

9) в случае большого отношения длины полотнищ к их высоте, как, на-



Фиг. 251.

пример, когда воротами закрывают верхние головы шлюзов со стенками падения и предохранительные полушлюзы, ворота во время открытия и закрытия подвергаются провисанию, кроме того вследствие невозможности приложить тяговое усилие в центре приложения сил, сопротивляющихся движению ворот, особенно когда они имеют большую высоту, они подвергаются перекашиванию, вызывающему усиление их конструкции;

10) ворота имеют значительную поверхность, подвергающуюся напору воды, превышающую площадь отверстия шлюза или полушлюза на $(B + 2e_1)(\sec\phi - 1)$, где e_1 — несколько меньше глубины шкафа, и кроме того отличаются сложностью устройства навески и примыканий к стенам;

11) ворота передают на стены, помимо продольных сил, еще поперечные силы, возникающие как в то время, когда они закрыты, так и тогда, когда они открыты, вследствие этого упорным стенам приходится нередко давать размеры большие, чем в том случае, когда стены подвергаются действию только продольных сил;

12) вследствие постоянного нахождения значительной части ворот под водой осмотр и ремонт их мало удобен;

13) так как в закрытом положении полотнища ворот составляют между собой угол, направленный вершиной в сторону верхнего бьефа меньший 180° , ими неудобно пользоваться для переезда с одной стороны на другую.

До тех пор, пока двустворчатые ворота применяли для шлюзов и полушлюзов небольших размеров и преодолевающих небольшие подпоры и небольшой грузооборот и когда вода для шлюзования был в достаточном количестве, а также когда отсутствовали указанные в пп. 1—4 вкл. случаи их применения, эти недостатки не могли побуждать строителей переходить к воротам иных типов.

Впоследствии по мере увеличения требований, которые стали предъявлять к шлюзам и полушлюзам, пришлось, несмотря на усовершенствование конструкции ворот, обратиться к другим типам. Эти типы стало возможным создавать благодаря развитию машиностроения и конструкций гидротехнических сооружений.

Ворота двустворчатые без распора имеют достоинства ворот с распором, указанные в пп. 1, 3 и 4, кроме того следующие:

4) они не передают на упорные стены поперечных сил T от давления воды на полотнища;

5) они отличаются достаточной ясностью напряженного состояния их частей;

6) в шахтных шлюзах они позволяют избежать ряда осложнений в устройстве связей между стенами нижних голов, и наконец

7) они имеют меньшую поверхность, подвергающуюся напору.

Недостатки двустворчатых ворот с распором, указанные в пп. 2, 3, 7, 8, 9 и 12, относятся в одинаковой степени и к воротам этого типа, из них недостаток, указанный в п. 2, вследствие меньшей длины полотнища относится к ним в меньшей степени.

Кроме этих недостатков им присущи следующие:

7) ими нельзя закрывать открытые сверху отверстия, а также шлюзы и полушлюзы с двусторонним подпором, и наконец

8) по линии створа полотнищ они иногда не дают той водонепроницаемости закрытия, которую дают ворота с распором.

Ворота одностворчатые, вращаемые на вертикальных осях, имеют достоинства, указанные в пп. 3 и 4 для двустворчатых ворот с распором и указанные в пп. 4, 5 и 7 для двустворчатых без распора, но по сравнению с последними необходимо отметить, что они имеют большее достоинство в отношении водонепроницаемости, чем двустворчатые, так как не имеют шва по оси шлюза или полушлюза;

6) так как для них требуется только один привод, то оказывается возможным сосредоточить управление приводами на одной стене, позволяя другую использовать с большим удобством, чем первую, для проводки подвижного состава; это достоинство дает особые удобства для эксплуатации параллельных шлюзов, так как боковые стены их могут быть не заняты приводами;

7) вследствие прямолинейности ворот в плане ими можно с большим удобством, чем двустворчатыми с распором, пользоваться для перехода с одной стены на другую.

К недостаткам их относятся недостатки двустворчатых ворот с распором, указанные в пп. 3, 7 и 12, кроме того следующие:

4) их нельзя применять для закрытия шлюзов и полушлюзов с двусторонним подпором;

5) вследствие значительной длины полотнищ они требуют длины шкафных частей, превышающей ширину шлюза, вследствие чего оказываются мало-пригодными для закрытия нижних голов шлюзов, особенно шахтных;

6) по той же причине они требуют несколько большего времени для открытия и закрытия, чем двустворчатые;

7 и 8) они подвергаются более значительному провисанию и перекашиванию во время открытия и закрытия и передают на постоянные части более значительные силы от пят, гальсбантов и приводов, чем те же ворота.

Веерные ворота имеют главнейшее достоинство — это значительно более широкий круг применения, чем прочие типы ворот, поворачиваемых на вертикальных осях, и достоинство двустворчатых ворот с распором, указанное в п. 4, кроме того третье достоинство, именно: вследствие значительной массивности они обладают способностью хорошо сопротивляться действию случайных сил.

К недостаткам веерных двустворчатых ворот относятся: недостатки, свойственные двустворчатым воротам с распором, указанные в пп. 2 и 5 — 13 вкл., из них указанные в пп. 2, 7 и 10, вследствие несколько большей длины шкафных частей, относятся к ним в большей степени, чем к двустворчатым, а указанный в п. 6 еще в большей чем предыдущие. Последний недостаток объясняется большей длиной путей фильтрации. Водонепроницаемость ворот особенно понижается во время поддержания ими подпора со стороны нижнего бьефа, когда полотнища не нажимаются друг на друга, кроме того:

11) они отличаются сложностью конструкции и усложняют конструкцию постоянных частей;

12) они вызывают необходимость производить маневрирование щитами, закрывающими водопроводы перед каждой переменной направления подпора.

К недостаткам веерных одностворчатых ворот (фиг. 205) относятся недостатки одностворчатых ворот, указанные в пп. 2, 3, 5, 7 и 8, из них три последних недостатка, вследствие требующейся для них большей, чем для однополотных ворот длины шкафных частей относятся к ним еще в большей степени, кроме того к ним относится недостаток двустворчатых веерных ворот, указанный в п. 12.

Ворота, вращаемые на горизонтальных осях и укладываемые на флютбет, имеют достоинства одностворчатых ворот, указанные в пп. 1—5 вкл. и 7, кроме того следующие:

7) для ворот, закрывающих неширокие отверстия, можно ограничиваться одним приводом;

8) если они устроены с двумя приводами — одним из них можно пользоваться как запасным;

9) если они закрывают невысокие отверстия, то длина шкафных частей может быть небольшой.

К недостаткам их относятся недостатки двустворчатых ворот с распором, указанные в пп. 3, 4, 7 и 12, кроме того ворота большой высоты имеют недостаток, аналогичный указанному в п. 2, а ворота, имеющие двусторонние приводы, недостаток, указанный в п. 8, затем они имеют следующие:

7) их нельзя применять для закрытия шлюзов и полушлюзов с двухсторонним подпором;

8) если они снабжены воздушными ящиками, то в случае больших колебаний горизонта верхнего бьефа они могут утрачивать значительную часть плавучести и вследствие этого нуждаться в устройстве сложных приводов;

9) в широких отверстиях, где толщина их должна быть сделана весьма значительной, приходится низко закладывать флютбет шкафных частей и подвергать его опасности занесения наносами;

10) ворота значительной длины, даже если имеют двусторонние приводы, подвергаются перекашиванию, перенапряжениям, а опорные части их изнашиваются неравномерно;

11) вследствие наклона их в закрытом положении к вертикали поверхность их, подверженная напору, несколько больше, чем поверхность одностворчатых и двустворчатых ворот без распора и, наконец

12) для предотвращения аварий во время укладки их на флютбет их необходимо снабжать предохранительными принадлежностями.

Сегментные ворота имеют достоинство, указанное на стр. 127, это весьма широкий круг их применения, кроме того они имеют достоинства ворот, укладываемых на флютбет, указанные в пп. 1, 4, 5 и 6, и наконец следующие:

6) их можно открывать в случае отложения перед ними наносов;

7) их можно с достаточным удобством осматривать и ремонтировать.

Недостатки их следующие:

1) вследствие значительной длины шкафных частей необходимо увеличивать длину шлюза или полушлюза. По этой причине, если бы ими пришлось закрывать нижние головы шлюзов и особенно шахтных, то пришлось бы увеличивать объем сливных призм и уменьшать пропускную способность шлюзов,

2) если надводные габариты плавающего подвижного состава и его тяговые средства имеют большую высоту, то конструкция ворот, вследствие необходимости давать ногам большую длину, весьма усложняется, и увеличивается количество материала необходимого для устройства ворот;

3) они передают в верхних зонах стен значительные продольные и отчасти поперечные сосредоточенные силы и вызывают необходимость устраивать надстройки для размещения приводов, а в открытом положении значительно возвышаются над стенами. По этой причине приходится, с одной стороны, затрачивать значительное количество материала для устройства стен, а с другой — во время шлюзования подвижного состава испытывать некоторые стеснения;

4) если для облегчения открытия и закрытия их приходится снабжать противовесами, то последние усложняют конструкцию стен и ворот и вызывают необходимость соответствующего расхода материала для устройства тех и других;

5) поверхность их, подверженная действию напора, несколько больше, чем поверхность ворот, укладываемых на флютбет;

6) для удержания в открытом положении ворот, имеющих перевес над противовесами, необходимо иметь предохранительные приспособления, без которых они могут под действием ветра подвергаться раскачиванию и даже закрывать отверстие, и наконец

7) они имеют недостаток ворот, укладываемых на флютбет, указанный в п. 10.

Откатные ворота помимо достоинств, указанных на стр. 129, имеют достоинства двустворчатых ворот без распора, указанные в пп. 4, 5 и 7; из них достоинство, указанное в п. 5, им принадлежит несколько в большей степени, чем не только воротам двустворчатым, но и воротам всех прочих типов.

Это достоинство имеет весьма важное значение для закрытия ими отверстий шлюзов и полушлюзов в тех случаях, когда постоянные части могут подвергаться оседаниям.

Помимо этих достоинств они имеют следующие:

6) благодаря коротким шкафным частям они позволяют сделать длину шлюза или полушлюза наименьшей;

7) наличие шкафных ниш позволяет использовать ниши как откосные крылья, а во время перерыва навигации — как сухие доки для ремонта ворот;

8) вследствие значительной массивности они хорошо сопротивляются разного рода случайным нагрузкам;

9) ими можно с достаточным удобством пользоваться для перехода и переезда с одной стены шлюза или полушлюза на другую, и наконец

10) их можно для ремонта того или другого использовать как ремонтное заграждение.

К недостаткам их относятся недостатки двустворчатых ворот с распором, указанные в пп. 3, 4, 7 и 12, кроме того следующие:

5) вследствие несимметричного относительно оси шлюза или полушлюза расположения водопроводов одновременное вытекание воды из водопроводов во время наполнения камер и такое же поступление в них во время опорожнения оказываются трудно достижимыми;

6) наличие глубоко врезанных в берега шкафных ниш ложится значительным расходом на стоимость постоянных частей;

7) вследствие необходимости устраивать иногда сложные приводы, а также приспособления для навески и направления движения ворот, стесняется проводка подвижного состава и затрудняется наблюдение за ходом его шлюзования.

Подъемные ворота имеют главнейшее достоинство — это особенно широкий круг их применения, затем достоинства откатных ворот, указанные в пп. 3 — 6 и в некоторых случаях в пп. 8 и 10, кроме того следующие:

7) их можно открывать даже в случае отложения перед ними наносов;

8) их можно достаточно удобно осматривать и ремонтировать;

9) ими можно пользоваться для перехода с одной стороны на другую.

Недостатки их следующие:

1) Для размещения приводов и для направления движения ворот необходимо иметь надстройки, расположенные на высоте, обеспечивающей пропуск подвижного состава.

Такие надстройки могут стеснять проводку по стенам тяговых средств, проводящих подвижной состав, и наблюдение за ходом шлюзования последнего. Будучи высоко поднятыми над стенами, они могут подвергаться деформациям от давления ветра, действующего не только на них, но и на ворота; по этой причине для устройства надстроек приходится затрачивать весьма значительное количество материала.

Это обстоятельство заставляет зачастую отказываться от применения ворот в шлюзах и ограничиваться применением их преимущественно для закрытия нижних голов шахтных шлюзов, для которых, вследствие коротких шкафных частей и отсутствия надобности устраивать в большинстве случаев надстройки, они являются особенно удобными;

2) для открытия и закрытия ворот необходимо иметь достаточно сложные приводы, которые приходится снабжать противовесами, а иногда и предохранительными приспособлениями.

Если при постройке шлюза или полушлюза возникает вопрос о выборе наиболее подходящего в данных условиях типа ворот, то, учитывая важность правильного решения этого вопроса, так как от конструкции ворот зависит наиболее дорогая часть шлюза или полушлюза, его стены и фундамент, следует не ограничиваться только учетом достоинств и недостатков наиболее подходящих в данных условиях типов, но и обращаться к исчислению как стоимости устройства ворот и их эксплуатации, так и к стоимости устройства и эксплуатации тех частей стен и фундаментов, на которые ворота оказывают непосредственное влияние.

Эти исчисления должны быть сделаны по возможности на основании проекта, достаточно освещающего конструкцию как ворот, так и постоянных частей.

Наличие только таких данных позволит провести сравнение между рассматриваемыми типами и сделать окончательный выбор наиболее подходящего типа ворот.

Г Л А В А VI

ЩИТЫ ДЛЯ ЗАКРЫТИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ ГАЛЛЕРЕЙ И ОТВЕРСТИЙ В ВОРОТАХ

§ 29. Типы щитов и их расположение

Для закрытия водопроводных галлерей, устраиваемых в постоянных частях шлюзов, применяют следующие типы щитов:

1) плоские, передвигаемые в вертикальной или в горизонтальной плоскости,

2) плоские, вращаемые вокруг горизонтальных или вертикальных осей, называемые поворотными,

3) цилиндрические и пробочные,

4) сегментные.

Из этих щитов плоские, передвигаемые в вертикальной плоскости, поворотные и, как исключение, сегментные, применяют также для закрытия клинкетных отверстий в воротах.

Щиты в водопроводных галереях располагают согласно указаниям главы II, в воротах же их располагают в зависимости от размеров составных частей и конструкции ворот.

Обычно для увеличения пропускной способности отверстий и для уменьшения беспокойства, причиняемого течением подвижному составу, находящемуся в камере, щиты располагают в воротах возможно ближе к нижним рамным брускам или ригелям, назначая соотношения между размерами щитов в зависимости от размеров и конструкции полотниц.

§ 30. Плоские подъемные щиты

Плоские подъемные щиты применяют для закрытия вертикальных отверстий. Их разделяют на щиты, подвергающиеся одностороннему подпору, и на щиты, подвергающиеся двустороннему, а также на щиты,

состоящие из одного полотна (фиг. 160), и на щиты, состоящие из двух (фиг. 177) полотен, располагаемых непосредственно выше другого. Последние называют двухрусными.

Обычно щиты поднимают и опускают в особых рамах, прикрепленных к стенам, а в воротах — к обшивке (фиг. 160) или к остоу. Рамы значительных размеров, применяемые для щитов, закрывающих клинкетные отверстия, прикрепляют к веревальным и створным столбам или к особым стойкам. Для надлежащего направления движения щитов в рамах устраивают вертикальные пазы.

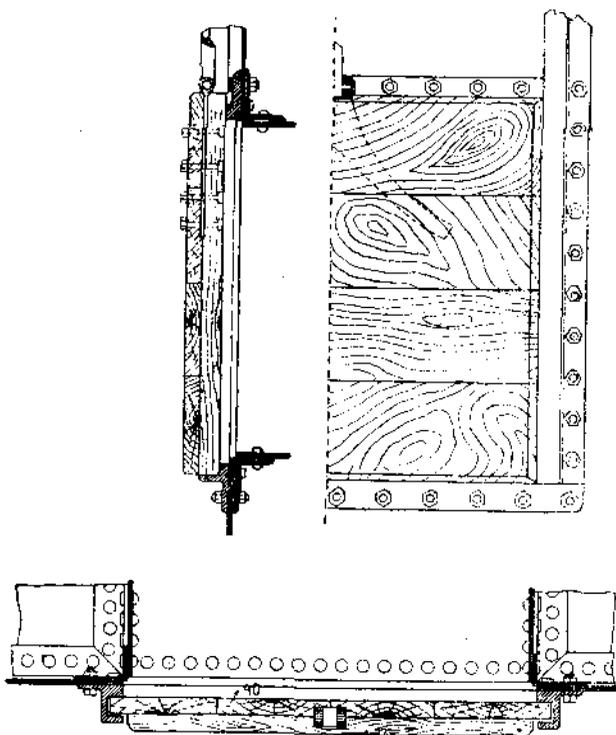
Щиты делают из дерева, чугуна, железа и стали.

Деревянные щиты применяют главным образом для закрытия клинкетных отверстий и, как исключение, для закрытия водопроводных

галлерей, как например промывных, а прочих большей частью только на время ремонта галлерей.

Щиты незначительных размеров делают из одного или из двух рядов досок. Если их делают из одного ряда, доски располагают горизонтально и связывают либо шпунтами и пазами, либо шпонками, либо полосовым железом; если же их делают из двух рядов, то доски располагают со стороны нижнего бьефа вертикально, а со стороны верхнего — горизонтально, при этом горизонтальные ряды доводят лишь до пазов (фиг. 252), а вертикальные вводят в самые пазы.

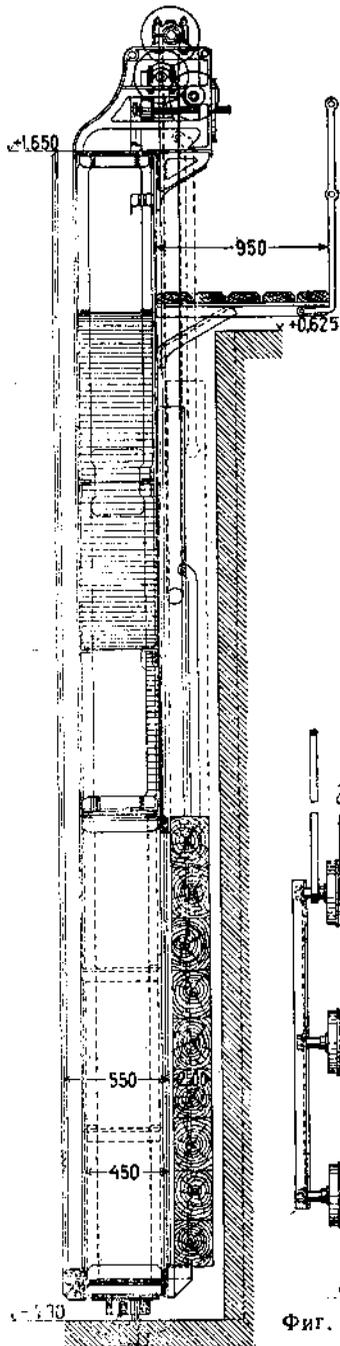
Щиты более значительных размеров делают из брусьев, располагаемых горизонтально и соединяемых шпунтами и пазами или шпонками. Брусья соединяют различными способами, как-то: 1) вертикальными болтами bb_1 и



Фиг. 252.

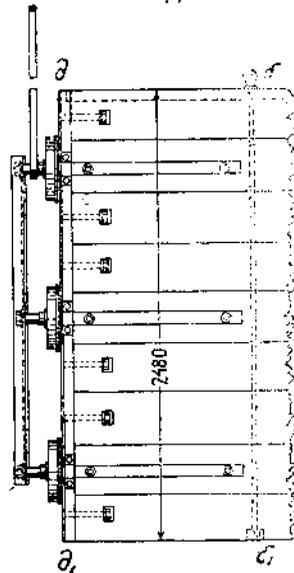
досками dd_1 , последние располагают по торцам брусьев (фиг. 253 — шлюз у Ольдерзума на Дортмунд-Эмском канале), 2) деревянными схватками на болтах и 3) полосовым железом.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ



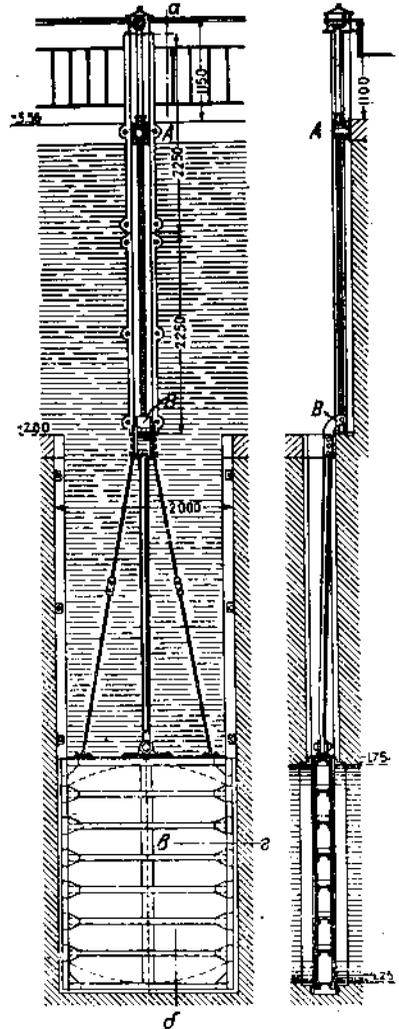
Фиг. 253.

ФАСАД

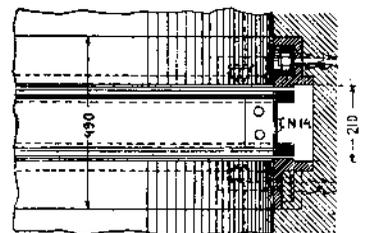


ФАСАД

РАЗРЕЗ по ac



РАЗРЕЗ по bc

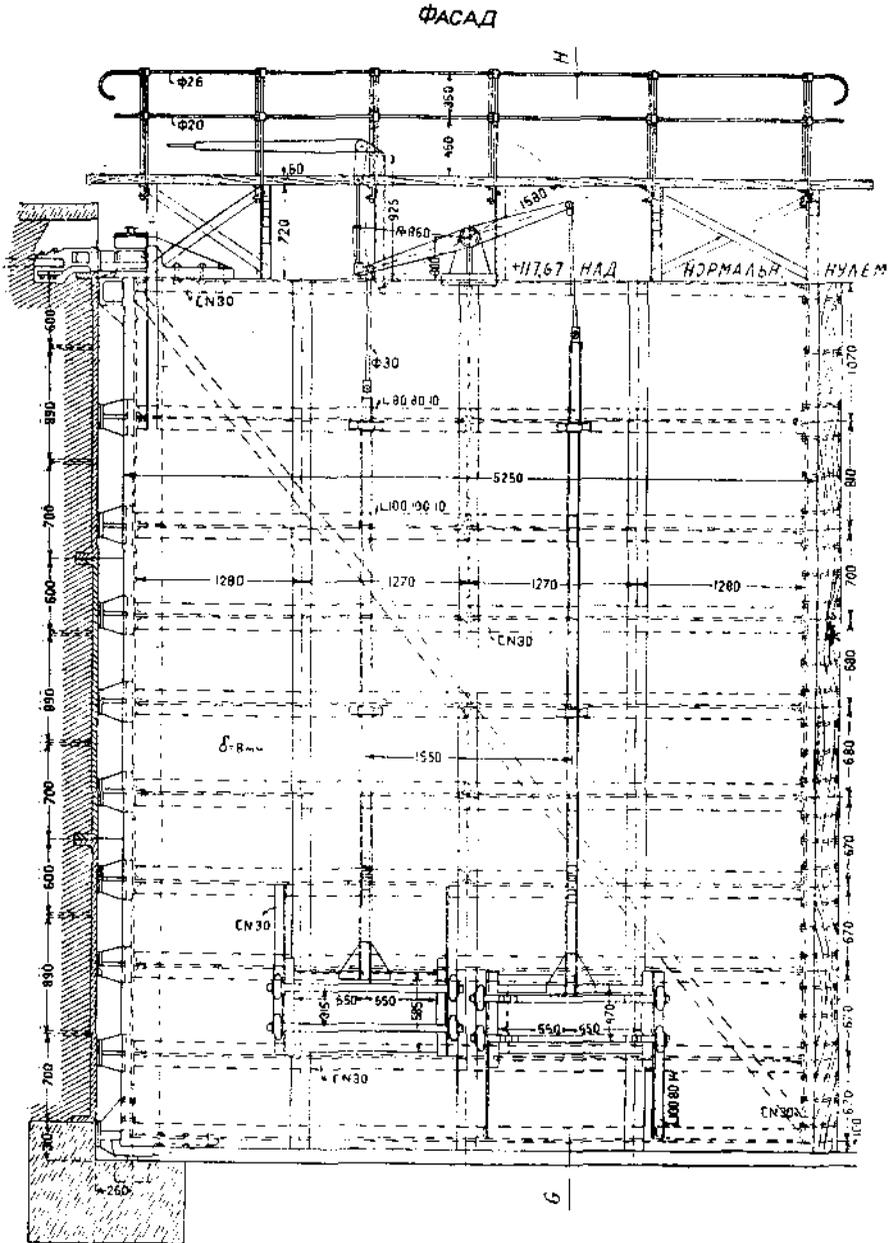


Фиг. 254.

Для облегчения подъема щитов упорные части обделывают металлическими полосами. Реже для той же цели, а также для направления их движения, к ним прикрепляют колеса.

Чугунные щиты, вследствие хрупкости, присущей чугуну, применяют весьма редко и лишь для очень небольших отверстий. Их делают в виде ребристых плит, передвигаемых в чугунных направляющих рамах.

Железные щиты для незначительных отверстий, а также для более значительных, но редко открываемых, образуют либо из железных плит, либо из обшивки из плоского (фиг. 254 — предохранительный, он же ремонтный щит шлюза у Ольдерзума) или лоткового железа и из остова, составляемого из



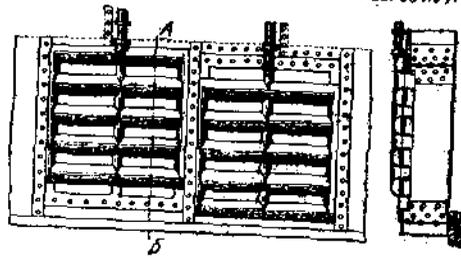
Фиг. 255.

рамы, ригелей и стоек, сделанных из прокатного железа. Соединения отдельных частей щитов делают в общем по тем же принципам, как и соединения аналогичных частей металлических ворот.

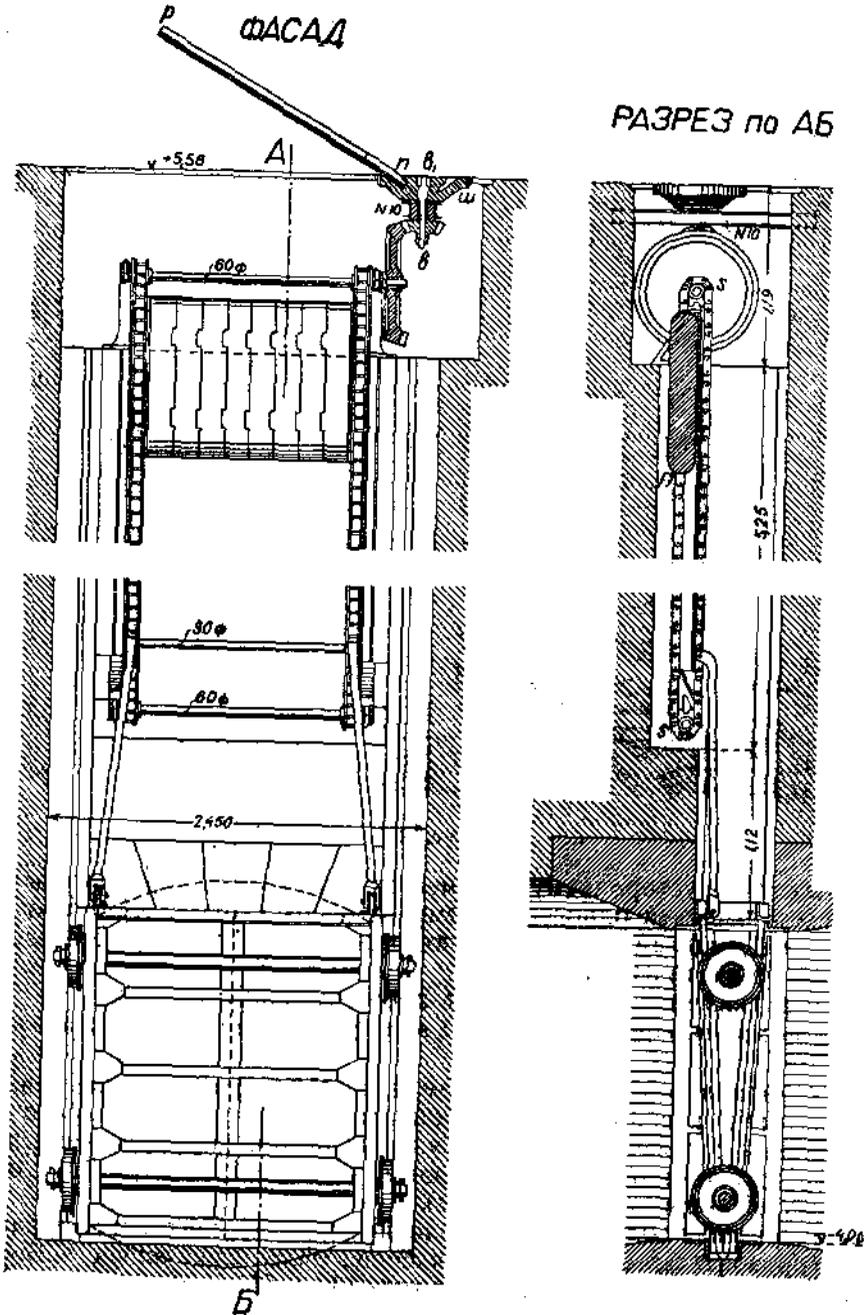
Пазы для этих щитов делают из чугуна или из железа, а к щитам, для лучшего прилегания к пазам и для облегчения подъема, прикрепляют металлические или бронзовые фасонные полосы. Для нижнего уплотнения к нижним ребрам щитов прикрепляют полосы, сделанные из такого же материала, реже деревянные.

Вид со стороны напора

Разрез по А-Б



Фиг. 256.



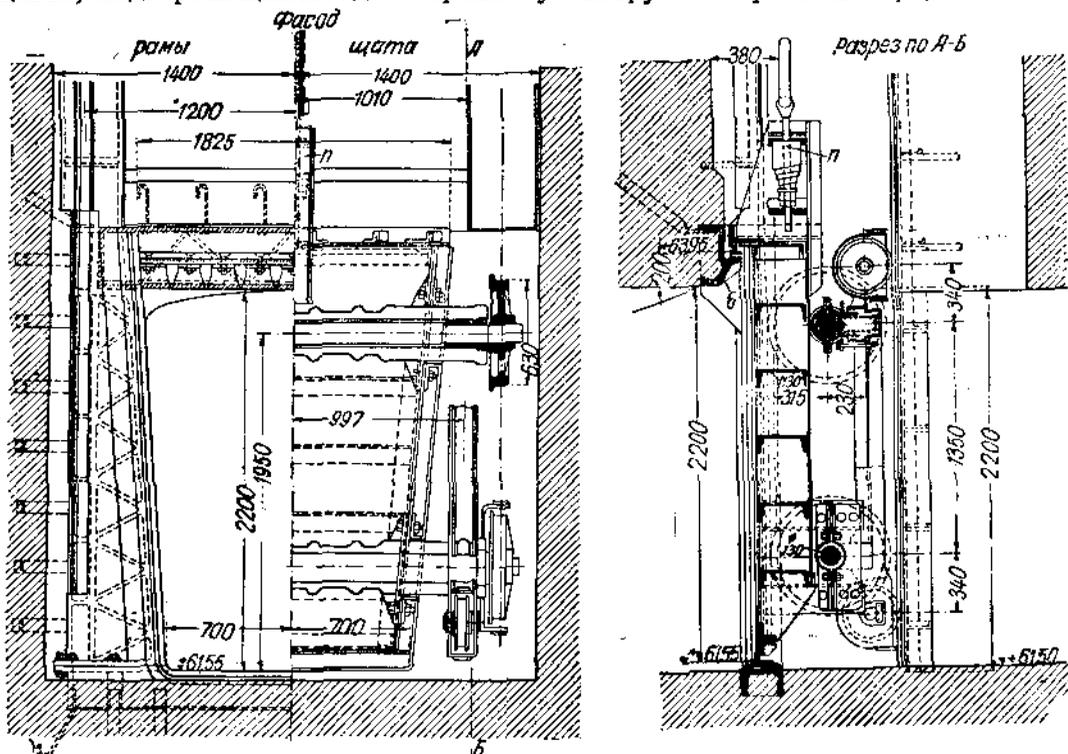
Фиг. 257.

Для уменьшения усилия, необходимого для открытия щитов, закрывающих отверстия в воротах, применяют парные щиты, которые подвешивают посредством вертикальных тяг к особым балансирам, располагаемым поверх верхних рамных брусьев или ригелей ворот. Так как вес одного щита уравновешивается весом другого, то такое устройство позволяет применять щиты незначительных размеров и вместе с тем для подъема ограничиваться преодолением почти только одного трения в пазах. Для облегчения подъема щиты этого типа снабжают иногда колесами (фиг. 255).

Щиты этого типа называют балансирами или кулисными.

Если высоту подъема щитов желают уменьшить возможно более, щиты делают из ряда мелких щитов (фиг. 256 — шлюзы на Саарском канале во Франции).

Железные щиты значительных размеров образуют из обшивки и из остова. Обшивку делают из плоского или лоткового железа, которое прикрепляют к щитам, подвергающимся одностороннему напору со стороны напора, а к щитам



Фиг. 258.

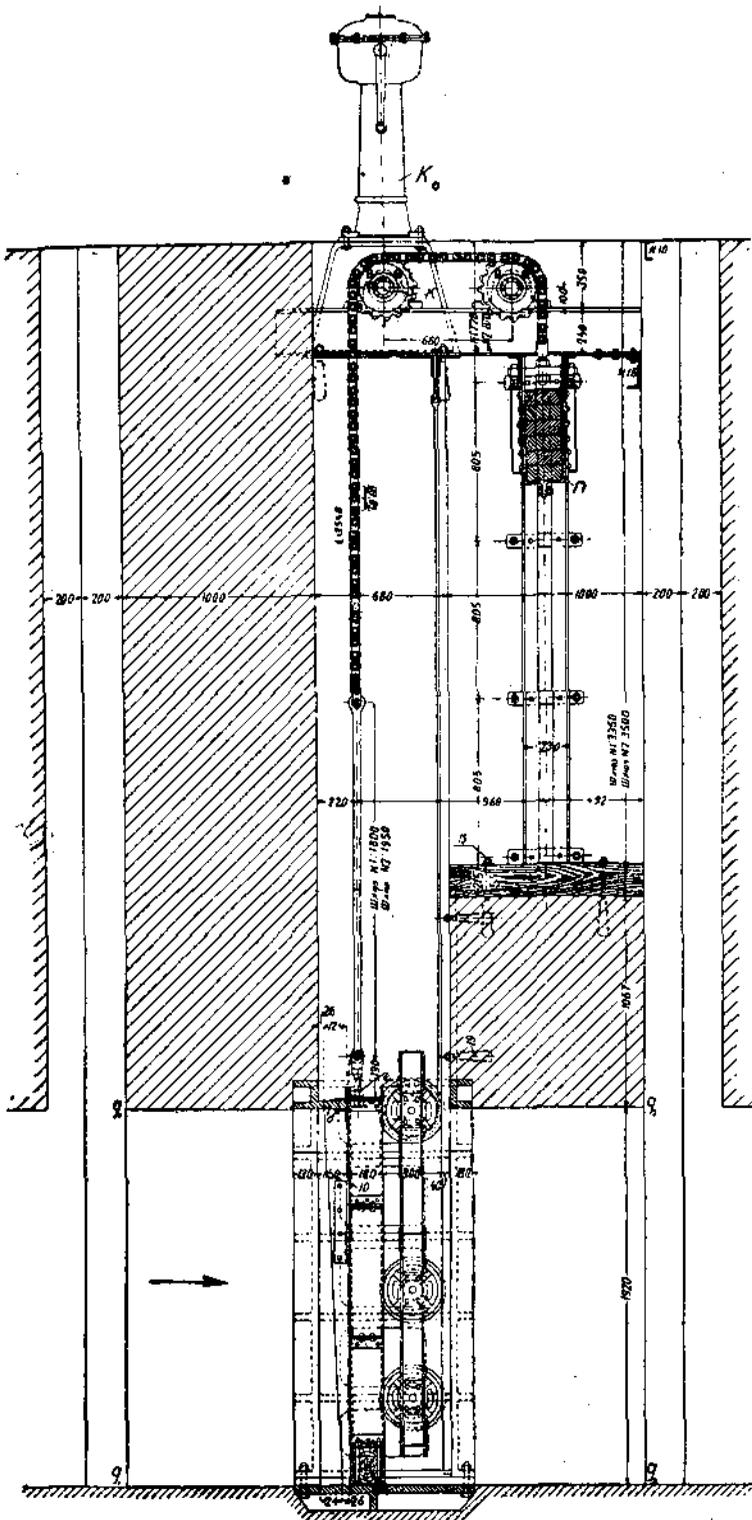
подвергающимся двустороннему и в местах расположения воздушных ящиков в щитах, подвергающихся одностороннему — с обеих сторон. Остов образуют из рамы и ригелей, сделанных из прокатного или клепаного железа предпочтительно жестких сечений.

Между ригелями нередко вводят промежуточные стойки.

Для лучшего сжатия струй при втекании их в отверстия нижние кромки щитов иногда несколько закругляют.

Чтобы воспользоваться давлением напорной воды для облегчения подъема щитов, им дают в разрезе вертикальной плоскостью перпендикулярной отверстию очертания с сужением книзу. Сужение щитов, подвергающихся одностороннему напору, делают с одной стороны, а подвергающихся двустороннему — с двух (фиг. 257 — шлюз у Ольдерзума).

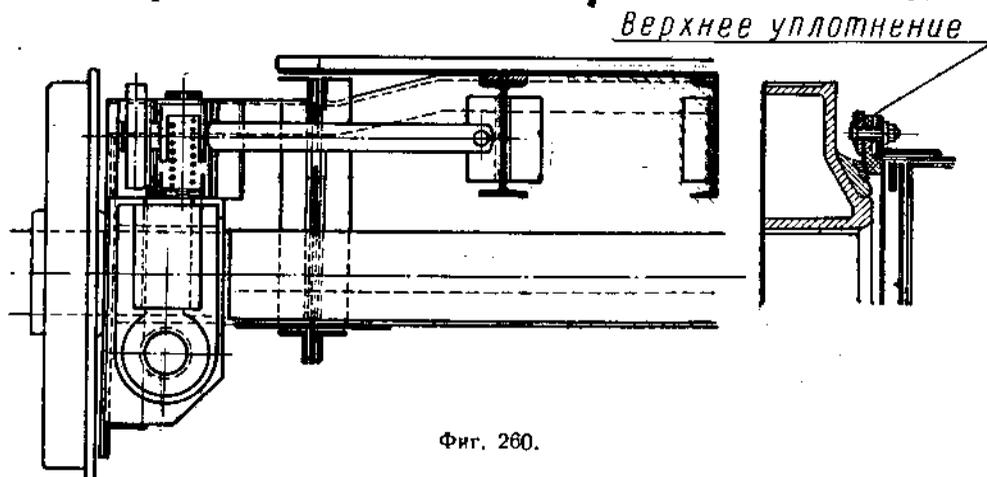
Для облегчения подъема и направления движения щитов их опирают либо на колеса с горизонтальными осями вращения (фиг. 258 — шлюз у Больцума на Средне-Германском канале), либо на катки (фиг. 259 — шлюзы на р. Оке), реже на шары (шлюз у Дөрвердена), заключенные в особые рамы, устроенные по системе Стоinea.



Н
Фиг. 259.

В случае нахождения в воде наносов применение катков становится нецелесообразным, так как при незначительном засорении катков и путей качения передвижение щитов становится затруднительным вследствие возрастания сопротивления от трения.

Для предотвращения качаний щитов во время их движения их снабжают со стороны напора колесами (фиг. 258 и 260—новый шлюз у Фюрстенбурга), которые катятся в пазах со стороны обратной плоскостям упора. Для обеспечения прилегания колес к пазам колеса иногда снабжают пружинами.

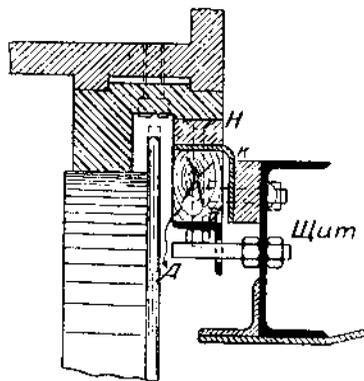


Фиг. 260.

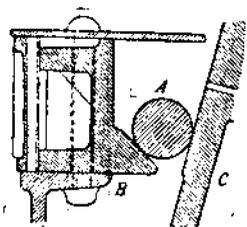
Боковое уплотнение щитов значительных размеров осуществляют следующими способами:

Щиты снабжают по бокам тщательно обработанными металлическими накладками, которым дают в плоскости перпендикулярной щитам уклон книзу, этот уклон соответствует уклону упорных поверхностей пазов. Благодаря такому устройству щиты после их опускания достаточно плотно прижимаются к пазам.

Так как во время напора воды на щиты, на упорные поверхности пазов передается весьма значительное давление, подъем щитов становится очень трудным. Чтобы избежать этого затруднения, щиты снабжают накладками, которым в плоскости щитов дают уклон от 1:10 до 1:20 к вертикали, и такой же уклон дают боковым



Фиг. 261.



Фиг. 262.

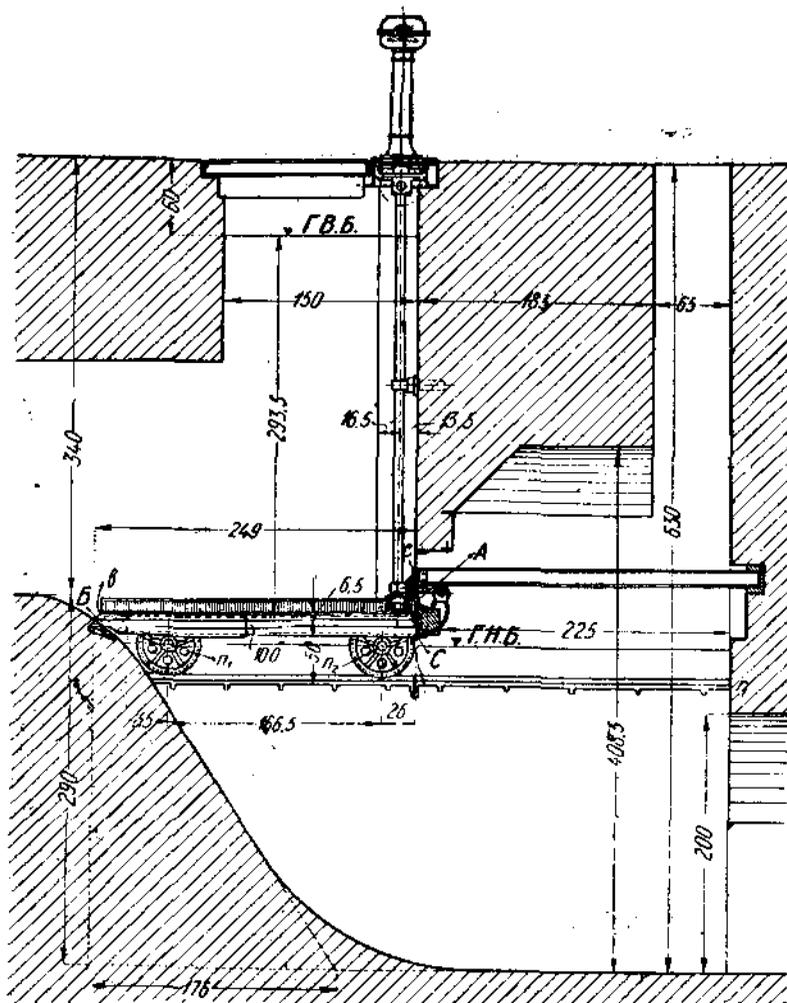
поверхностям пазов (фиг. 258). Щиты, устроенные таким образом, во время опускания входят в пазы как бы в виде клиньев и дают необходимое уплотнение, а во время подъема легко отходят от пазов. Щиты этого типа называют клинообразными.

Другой способ уплотнения, осуществленный в некоторых шлюзах Дортмунд-Эмского канала, заключается в том, что между боковыми ребрами щитов и пазами оставляют зазоры, которые закрывают деревянными брусками Д (фиг. 261) с бронзовыми накладками Н, прикрепленными к щитам посредством Г-образных кожаных полос К. Зазоры закрывают также штангами А (фиг. 262), прижимаемыми давлением воды к щитам В и к металлической обделке стен С.

Штанги А во время подъема щитов поднимают либо вместе со щитами, либо независимо от них.

Нижнее уплотнение осуществляют посредством деревянных или железных брусьев (фиг. 259), прикрепленных к щитам и опирающихся либо непосредственно на кладку флютбета, либо на металлическую обделку его Н.

Нередко брусья обделывают снизу на клин, наклон которого делают соответственно скосам обделки флютбета.



Фиг. 263.

Верхнее уплотнение осуществляют посредством прикрепленных к щитам либо деревянных или железных брусьев б (фиг. 258 и 259), либо кожаных или каучуковых полос (фиг. 260), которые прижимаются к выступам рам или к обделке стен. Для лучшей плотности закрытия брусьям дают в разрезе вертикальными плоскостями, перпендикулярными плоскости отверстий, наклоны, соответствующие наклонам выступов рам или обделки стен.

§ 31. Плоские горизонтальные щиты

Щиты этого типа были предложены в 1903 г. австрийским инж. Майером.

До настоящего времени они были применены лишь для закрытия горизонтальных отверстий водопроводных галлерей верхних голов некоторых шлюзов на рр. Эльбе и Влтаве в Чехо-Словакии.

Они сконструированы в виде платформ, опирающихся на колеса, катящиеся во время движения щитов по рельсам $гг_1$ (фиг. 263), и образованы из обшивки и остова, к которому приболочены подшипники $п_1$ и $п_2$ для колесных скатов.

Железные щиты более значительных размеров, вращаемые на горизонтальных осях, применяют исключительно для закрытия водопроводных галлерей. Их образуют из двусторонней железной обшивки, которой в вертикальном разрезе дают очертание в виде параллелограмма (фиг. 264), и укрепляют стойками из фасонного железа.

Осевые валы этих щитов изготовляют из квадратного или круглого железа и на концах обделывают цилиндрическими поверхностями.

Рамы их делают обычно из дерева и прикрепляют болтами к кладке стен. Однако такое устройство в случае ремонта щитов не позволяет вынимать щиты из рам и требует установки по обеим сторонам их ремонтных заграждений и водоотлива. Чтобы избежать этого неудобства, рамы могут быть устроены съемными (фиг. 266). Рамы этого типа отливают из чугуна и к ним прикрепляют захваты *з* для вытаскивания рам, а также блоки *б* для направления движения подъемных цепей. Для прикрепления щитов к рамам в закрытом положении в последних устраивают выступы *в* и *в*.

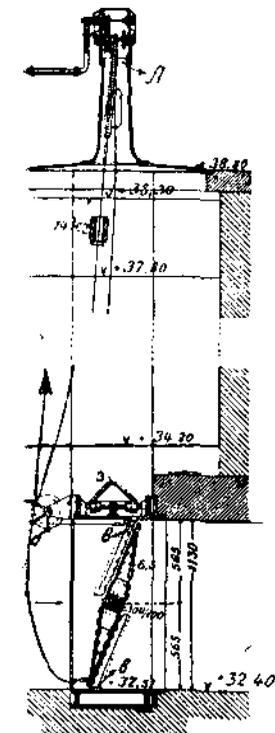
Для уменьшения приводных усилий щитов, закрывающих клинкетные отверстия в воротах, и для уменьшения выхода щитов за очертания открытых ворот, вместо одного щита иногда применяют два и более, располагая их в таком случае один над другим (фиг. 178 и 267—шлюзы у Праги и у Клеван на р. Влтаве).

Щиты, вращаемые на вертикальных осях, применяют только для закрытия вертикальных отверстий.

Небольшим щитам дают прямоугольные или круглые очертания; их делают из чугуна или из железа; более значительные щиты устраивают по типу, показанному например на фиг. 268 (шлюзы на р. Северном Донце).

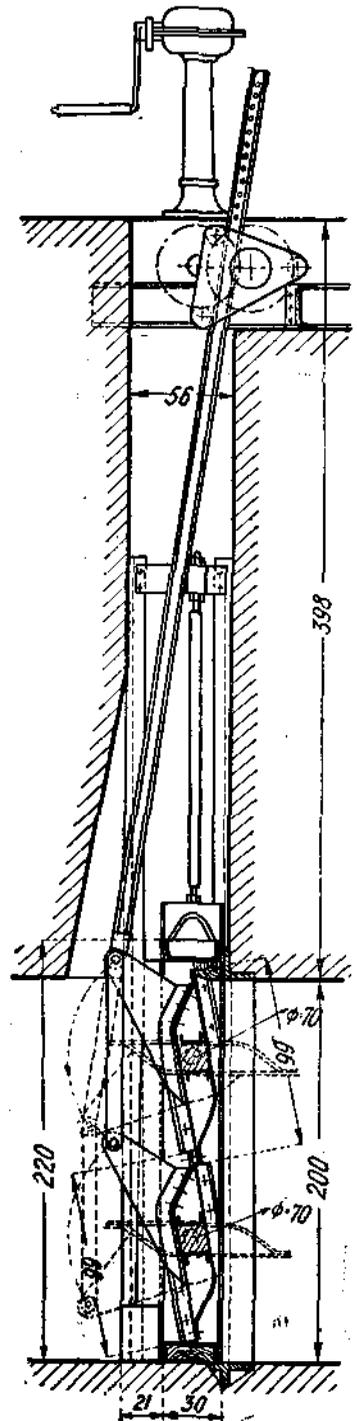
По этому же типу сделан щит, закрывающий одну из галлерей верхней головы шлюза у Волховской гидростанции.

Осевые валы этих щитов делают из квадратного железа и обрабатывают снизу цилиндрическими поверхностями; их вставляют в пятники, помещенные в рамах. Если валы и пятники хотят предохранить от истирания, в пятники вставляют валки *ш*, на которые опирают валы, устроенные снизу с углублениями соответствующими валкам, а в углубления помещают вкладыши *в*. Благодаря такой конструкции валки и вкладыши после срабатывания могут быть легко заменены другими.



Фиг. 266.

Рамы либо отливают из чугуна целиком, либо составляют из отдельных частей со съемными перекладинами—такое устройство позволяет в тех случаях, когда приходится осматривать и ремонтировать щиты, удаляя переклад-



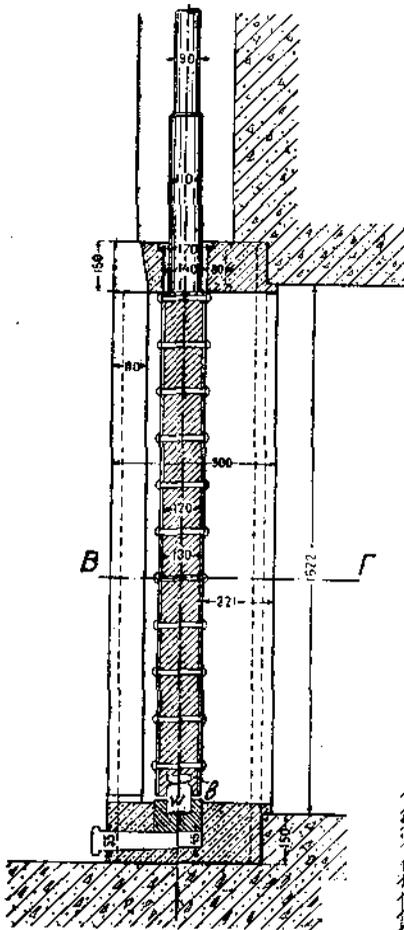
Фиг. 267.

дины, легко вынимать щиты. В рамах для упора щитов делают соответствующие приливы. Рамы прикрепляют к стенам закладными болтами или ершами и заливают раствором.

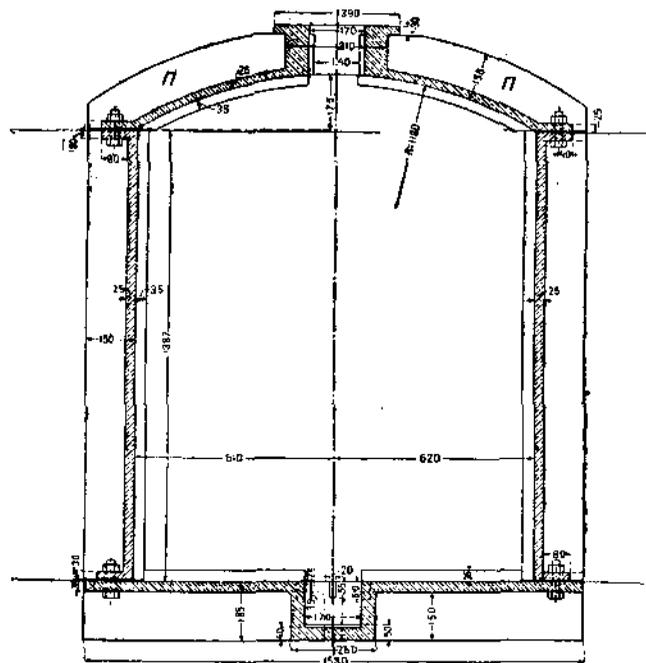
Щиты смешанной конструкции не имеют каких-либо преимуществ по сравнению с описанными выше и применяются весьма редко.

Поворотные щиты отличаются легкостью в управлении, но прижатие их к упорным поверхностям невелико, вследствие чего по их кромкам возможны фильтрации воды и поэтому в шлюзах, где требуется особая плотность закрытия отверстий, их применять не рекомендуют и особенно не рекомендуют применять щитов, устроенных по типу, показанному на фиг. 178 и 267, как имеющему большое протяжение путей фильтраций. Последние кроме того неудобны в

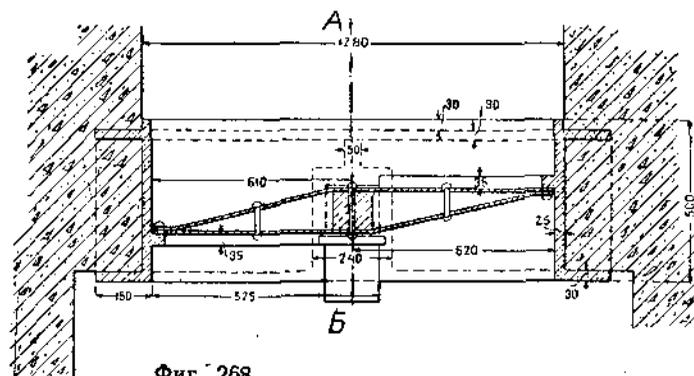
РАЗРЕЗ по АБ



ФАСАД



РАЗРЕЗ по ВГ



Фиг. 268.

том отношении, что вследствие незначительной площади закрываемых ими отверстий увеличивается возможность еще большего уменьшения ее случайно попадающими предметами.

§ 33. Цилиндрические и пробочные щиты

Цилиндрические щиты применяют для закрытия горизонтальных отверстий и образуют в виде полых цилиндров, которые опирают нижними кромками на круглые входные устья водопроводных галлерей; при этом самые

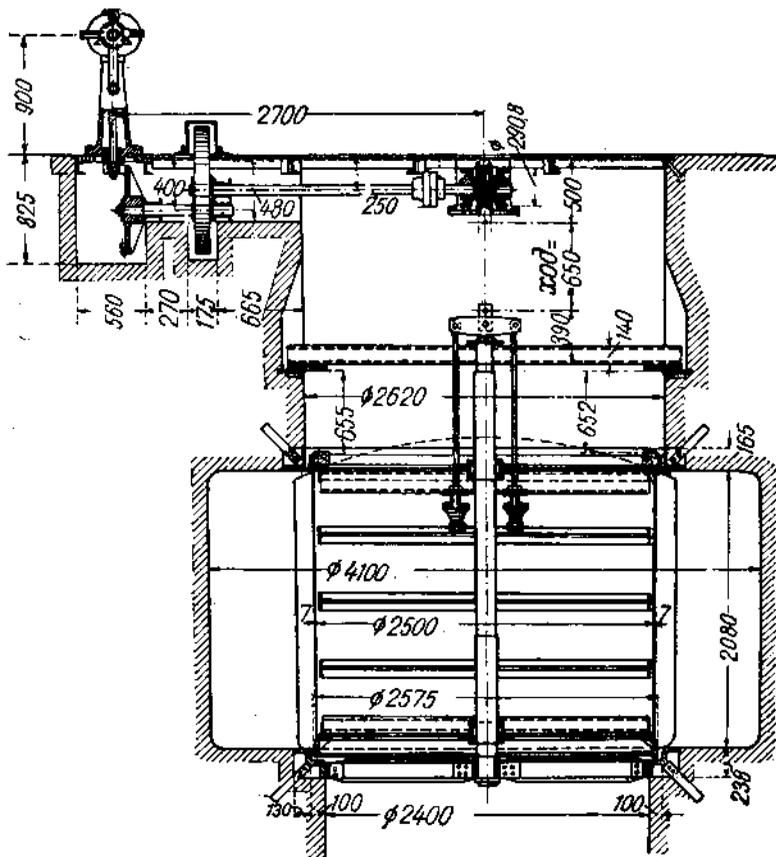
Сверху их почти всегда делают открытыми, но если уровень подпорной воды может временами подниматься значительно выше нормального, то сверху их закрывают крышками.

Цилиндрические щиты образуют из обшивки из листового железа, которую укрепляют горизонтальными диафрагмами из фасонного железа. К обшивке прикрепляют короткие стойки с горизонтальными балочками *бб* (фиг. 269 — шлюзы на Оснабрюкском ответвлении Средне-Германского канала), к которым прикрепляют приводы.

Иногда в щитах устраивают воздушные ящики (фиг. 270 — шлюз у Леница).

Плотность закрытия щитами отверстий осуществляют посредством металлических колец, прикрепленных снизу к щитам. Кольца прижимаются весом щитов к входным устьям водопроводных галлерей.

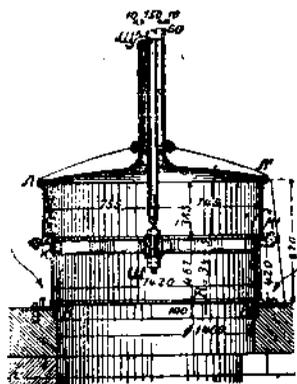
Для плавности и возможно меньшего сжатия струй во время втекания в отверстия входные устья обрабатывают плавными поверхностями и защищают



Фиг. 272.

металлической облицовкой, прикрепленной к устьям болтами или ершами.

Для направления движения щитов к ним прикрепляют катки, катящиеся по рельсам, прикрепленным либо к кладке вертикальных шахт, либо к особым металлическим надстройкам, устраиваемым на стенах, а также на фундаментах шлюзов.



Фиг. 273.

Вместо прикрепления катков к щитам катки прикрепляют иногда к стенам шлюзов или к металлическим надстройкам, а к щитам против катков прикрепляют железные полосы *п* и *п* (фиг. 269).

Высокие щиты применяют для закрытия водопроводных галлерей верхних голов и сберегательных бассейнов, для закрытия же нижних голов, вследствие низкого положения входных устьев (на 0,5 — 1 м ниже горизонта нижнего бьефа), необходимости делать их слишком высокими, увеличивать их вес и делать неудобными во время подъема и опускания, применяют их избегают.

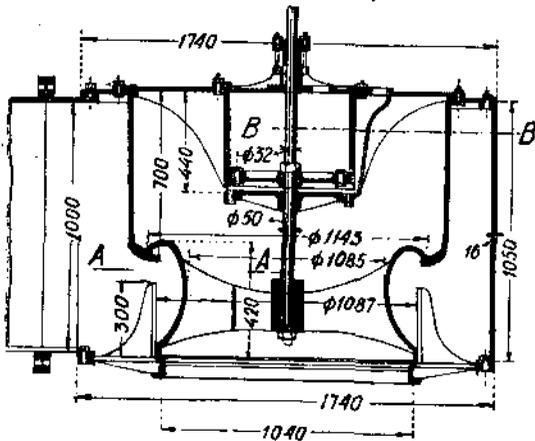
Учитывая, что вес высоких щитов обычно весьма значителен, для закрытия отверстий водопроводов сберегательных бассейнов был выработан другой тип, состоящий в том, что к стенам были прикреплены металлические трубы, в нижней части которых были устроены низкие щиты, вводимые для открытия во-

допроводов внутрь труб (фиг. 271 — шлюз у Гейнрихенбурга,) вследствие сходства этой конструкции с трубами телескопов устроенные таким образом, щиты были названы телескопическими.

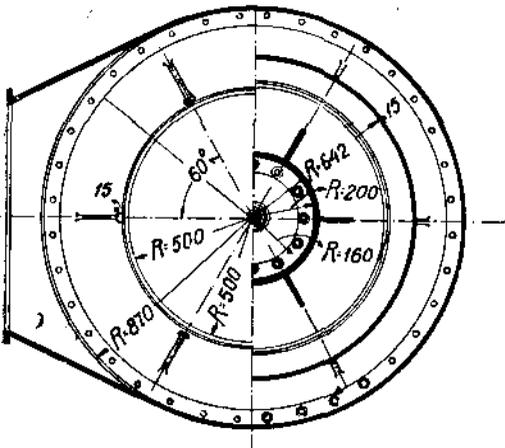
Щиты этого типа применяют также для закрытия отверстий прочих водопроводов, устраиваемых в шлюзах; тогда их вводят во время открытия в колодцы, устроенные в стенах (фиг. 272 — шлюз у Ольденбурга). По этому же типу устраивают также щиты для сберегательных бассейнов, расположенных в несколько ярусов по высоте (фиг. 50).

Щиты последнего типа называют низкими открытыми в отличие от низких закрытых, называемых французскими, образуемых либо в виде полых цилиндрических частей *вкк'в'* (фиг. 273 — шлюзы на канале Сен-Дени), либо в виде криволинейных (фиг. 274 — шлюз у Батальи на канале, соединяющем каналы Баталья и Сотто ди Баталья в Ломбардии), которые для открытия отверстий вводят в особые колокола *клк'к'*, имеющие сверху узкие трубы, поднятые до верхней поверхности шлюзов. В малых шлюзах

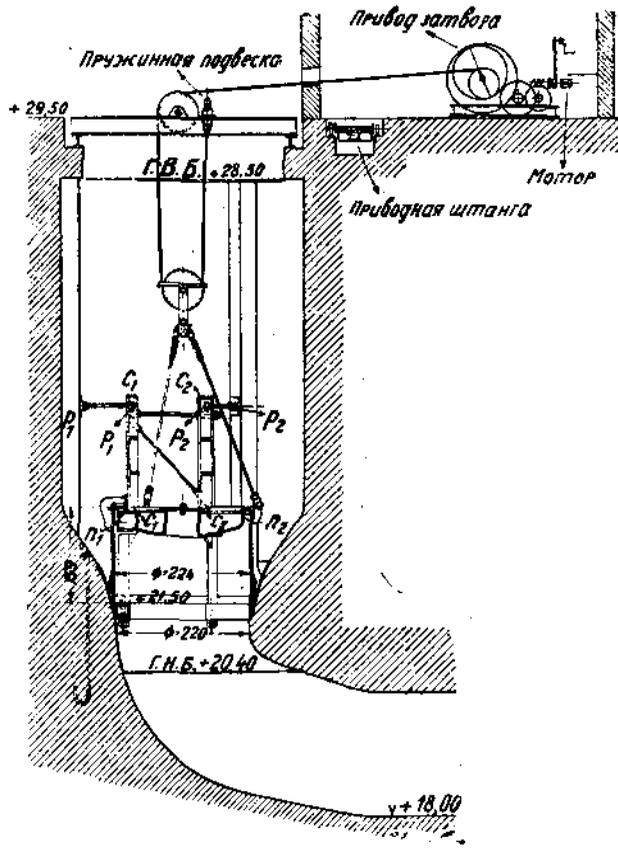
Вертикальный разрез



Разрез по ААВВ



Фиг. 274.



Фиг. 275.

кольцевые части и колокола отливают из чугуна, а в больших делают из железа или стали. Кольцевые части прикрепляют посредством радиальных стержней из круглого или полосового и фасонного железа к подъемным штангам *шш*, передвигаемым в трубах.

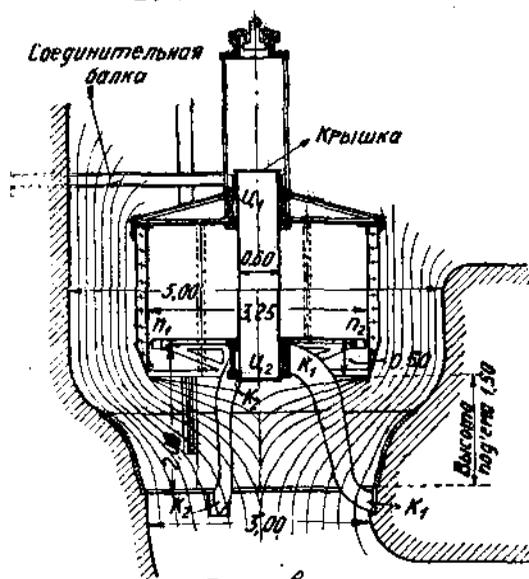
Колокола прикрепляют к стенам посредством вертикальных контрфорсов, располагаемых над отверстиями, закрываемыми щитами. Однако, так как контрфорсы стесняют течение воды и не отличаются достаточной прочностью, вместо них предпочитают прикреплять колокола непосредственно к стенам.

Так как во время подъема щитов в протекающей в отверстиях воде образуются завихрения, снижающие пропускную способность водопроводов,

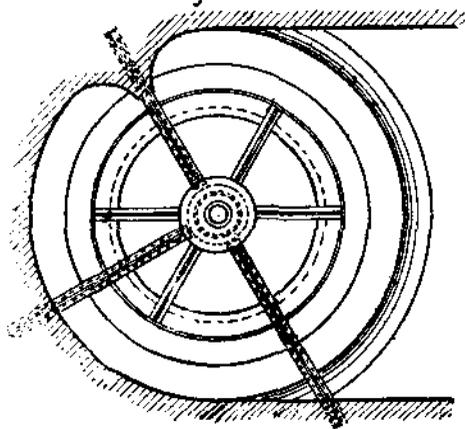
колокола заменяют направляющими плитами n_1, n_2 (фиг. 275 — шлюз у Панхила), которые располагают внутри щитов и прикрепляют посредством стоек c_1, c_1 и c_2, c_2 , распорок p_1, p_1 и p_2, p_2 к стенкам колодцев, а устья отверстий образуют по плавно сужающимся криволинейным поверхностям.

Щиты этого типа устраивают также закрытыми сверху (фиг. 276 — шлюз у С. Питера), образуя в таком случае в виде колоколов, а направляющие плиты прикрепляют к стенкам колодцев посредством кронштейнов k_1, k_1 и k_2, k_2 .

Вертикальный разрез



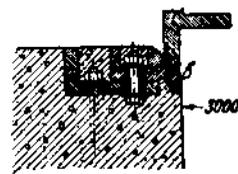
Вид сверху



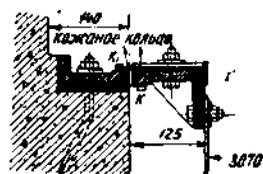
Фиг. 276.

Плотности закрытия по нижним ребрам щитов достигают обычно действием веса щитов. Для увеличения эффекта действия веса нижние кромки щитов или кромки прикрепленных к щитам особых металлических колец скашивают соответственно скосам металлических облицовок v (фиг. 277 — третий шлюз у Мюнстера) устьев, или применяют кольца из булыжового железа (фиг. 270), резе деревянные и каучуковые прокладки.

Плотность закрытия по верхним ребрам осуществляют посредством кожаных или каучуковых колец k и k_1 (фиг. 278 — тот же шлюз), прикрепленных к колоколам или стенам, а k_1 к щитам. Первые прижимаются, в случае давления воды извне, к соответствующим выступам щитов, а вторые, в случае давления изнутри, к выступам на колоколах или на стенах. Плотность закрытия осуществляют также посредством прижатия к обделкам колоколов или стен кольцевых металлических частей щитов, выступающих за очертания последних. В таком случае либо эти части делают со скосами, либо с ним прикрепляют каучуковые или деревянные накладки (фиг. 279 — шлюз у Понтелягоскуро).



Фиг. 277.



Фиг. 278.

Для направления движения щитов больших размеров во время подъема и опускания подъемные штанги делают значительно более широкими, чем штанги щитов, показанных на фиг. 273, и пригоняют к внутренней поверхности труб с достаточной плотностью (фиг. 280 — новый шлюз у Фюрстенберга). Для той же цели по осям щитов устраивают либо направляющие штанги (фиг. 272), охватываемые диафрагмами щитов, либо стойки c_1, c_1 и c_2, c_2 (фиг. 275), либо цилиндры u_1, u_2 (фиг. 276 и 280), прикрепленные снизу к плитам n_1, n_2 , а сверху поддерживаемые соединительными балками или колоколами.

Водопроводам в непосредственной близости к щитам дают очертания (фиг. 281), обеспечивающие отсутствие завихрения струй и плавность втекания их в отверстия.

Цилиндрические щиты могут быть применены для закрытия водопроводных галлерей как верхних, так и нижних голов шлюзов и главным образом

для галлерей сберегательных бассейнов, при этом иногда для поддержания значительных подпоров; они могут быть легко и быстро поднимаемы, а высокие опускаемы даже во время протекания воды; они достаточно водонепроницаемы; не подвергаются большому износу по сравнению с другими щитами и не отличаются большой сложностью.

Однако по причине высокого коэффициента расхода вследствие перегибов струй протекающей воды и необходимости зачастую давать водопроводным галлереям, особенно в нижних головах шлюзов, крутые перегибы *ифе* (фиг. 10) в продольном профиле, от применения их в этих головах отказываются и применяют щиты других типов.

Цилиндрические щиты высокого и низкого уровня могут быть закрыты снизу поддонами, играющими ту же роль, какую играют плиты n_1, n_2 , показанные на фиг. 275 и 276; тогда их применяют для закрытия отверстий, подвергающихся только одностороннему напору.

Щиты такого типа называют пробочными.

Наличие поддонов в щитах высокого уровня (фиг. 282 — шлюз у Бреславля на р. Одре) позволяет ограничиваться меньшей высотой щитов и располагать верх их ниже горизонта верхнего бьефа, но тогда сверху их закрывают крышками.

Поддоны щитов старых типов (фиг. 282) делали в виде плоских, более новых — в виде криволинейных (фиг. 283 — шлюз у Вольта Гримана на водном пути, соединяющем р. По с Венецианской лагуной) плит.

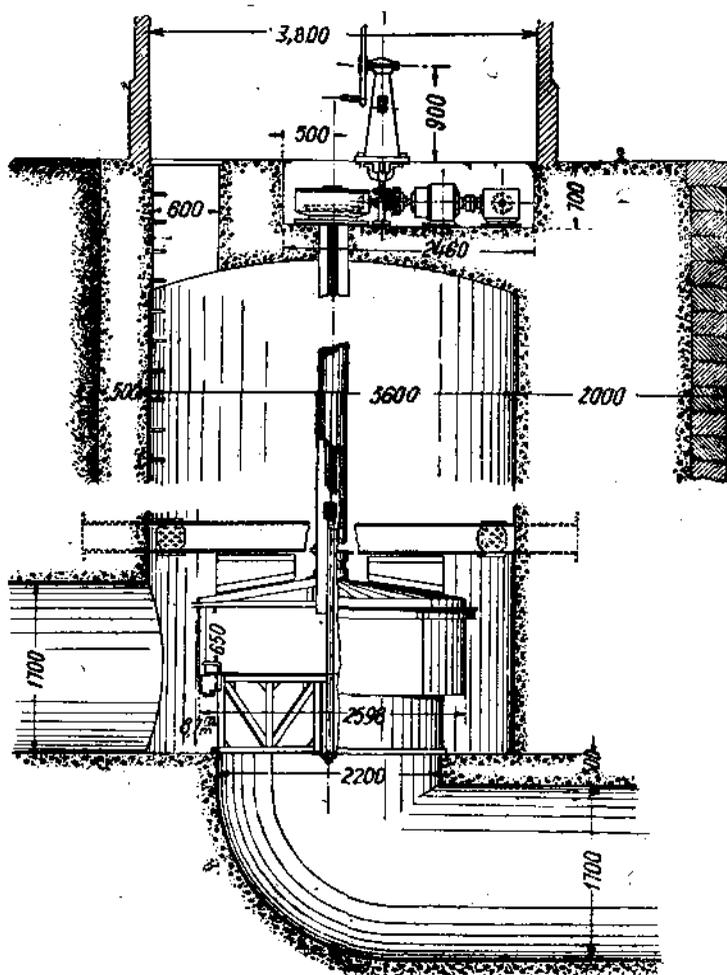
Пробочные щиты могут быть применены также для двустороннего напора, в таком случае им дают весьма оригинальное устройство, предложенное впервые германским инж. Ардельтом и осуществленное для закрытия вертикальных отверстий (фиг. 284) водопроводов нового шлюза у Фюрстенберга.

Они сделаны по форме похожей на мину. Их передвигают в горизонтальном направлении в особом уширении, устроенном в водопроводной галлерее.

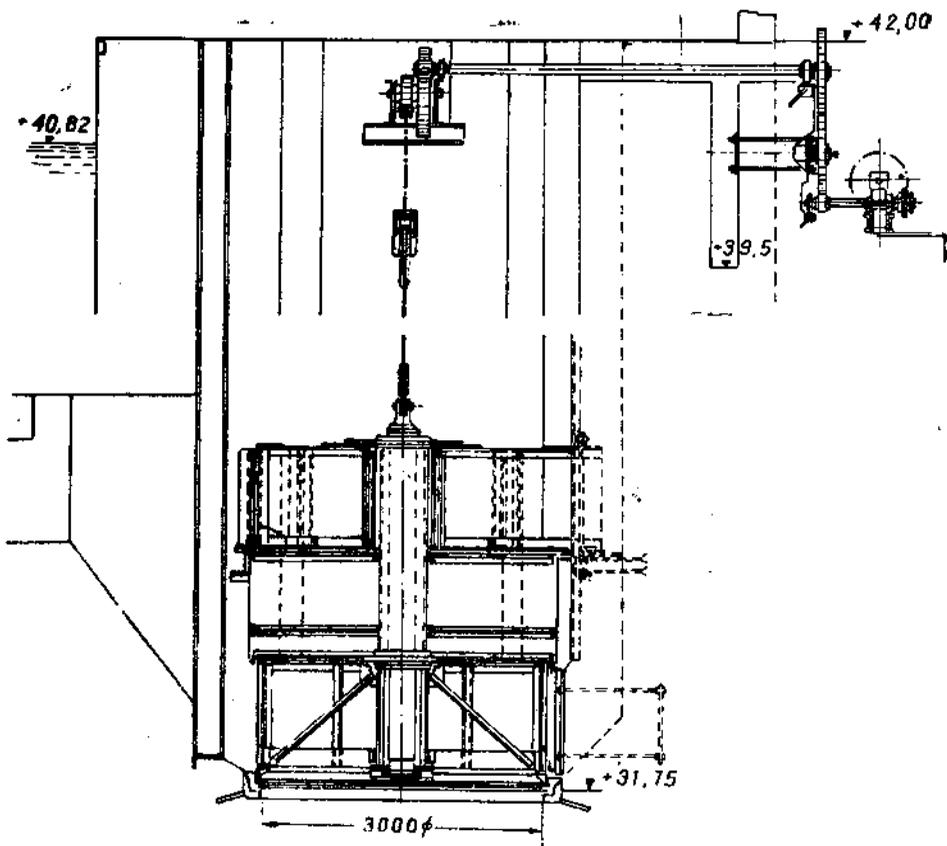
Во время напора справа щит левой криволинейной оконечностью прижимается к левому отверстию и закрывает его, а во время напора слева правой оконечностью, сделанной примерно такой же формы, прижимается к правому отверстию.

§34. Криволинейные поворотные щиты (сегментные)

Сегментные щиты применяют для закрытия вертикальных и горизонтальных отверстий и поддерживают ими как односторонний, так и двусторонний подпор.



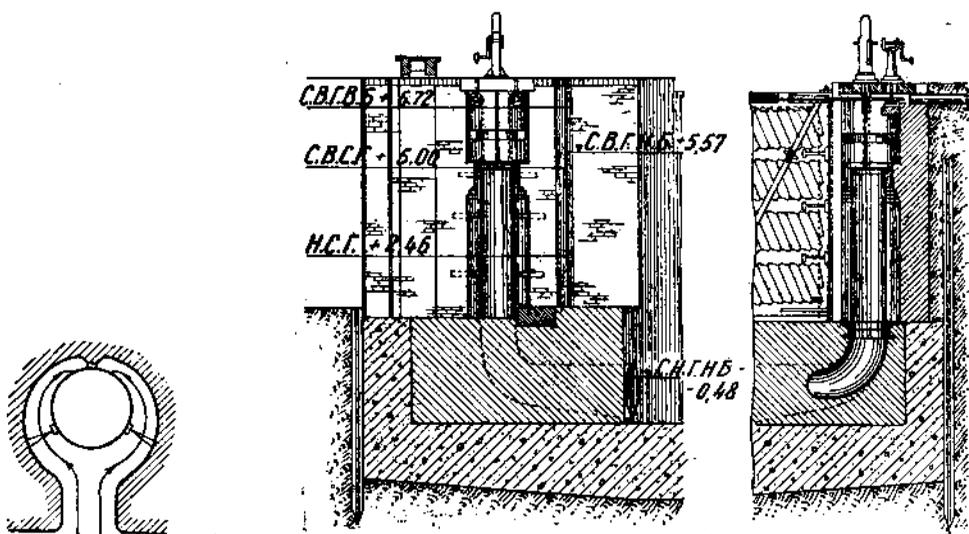
Фиг. 279.



Фиг. 280.

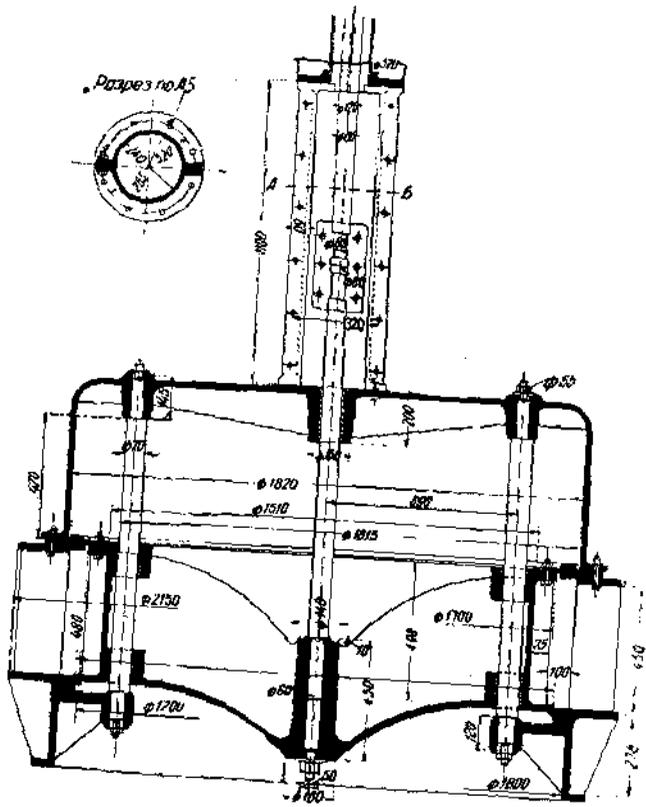
*Продольный разрез
верхней головы*

*Поперечный разрез
верхней головы*

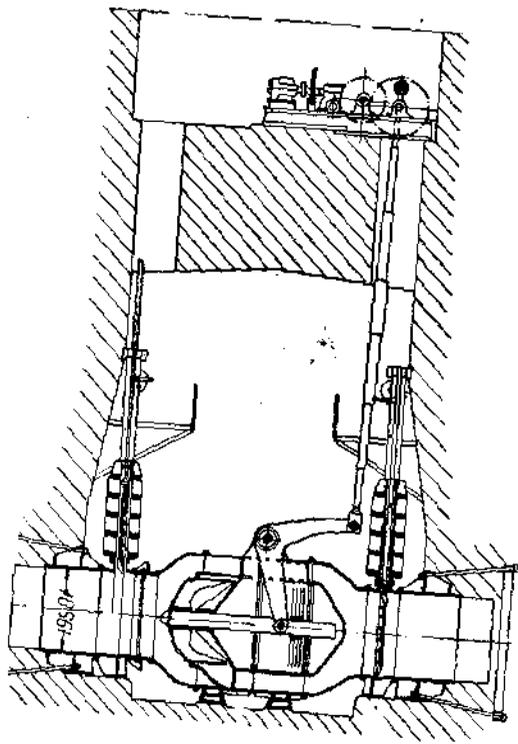


Фиг. 281.

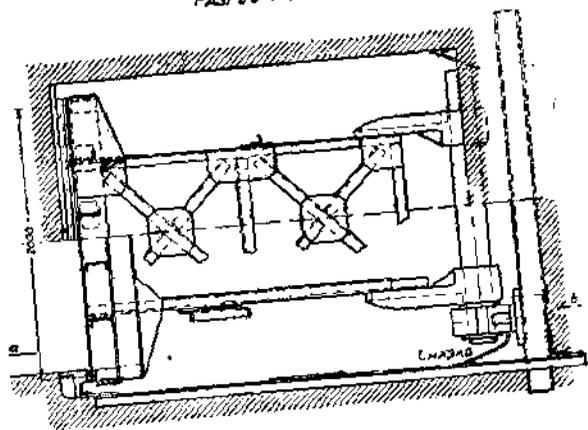
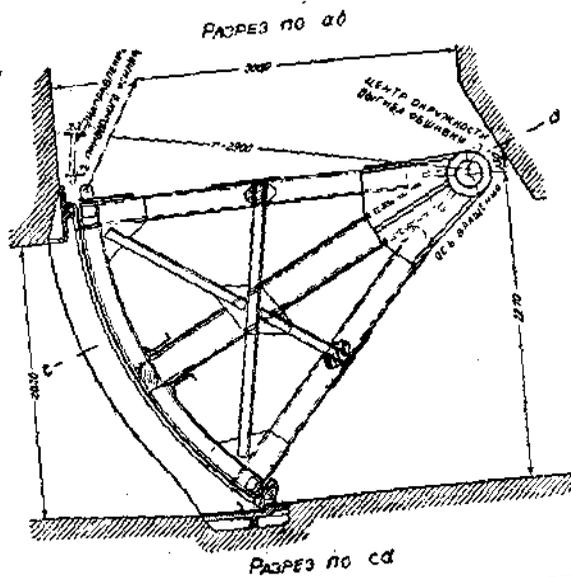
Фиг. 282.



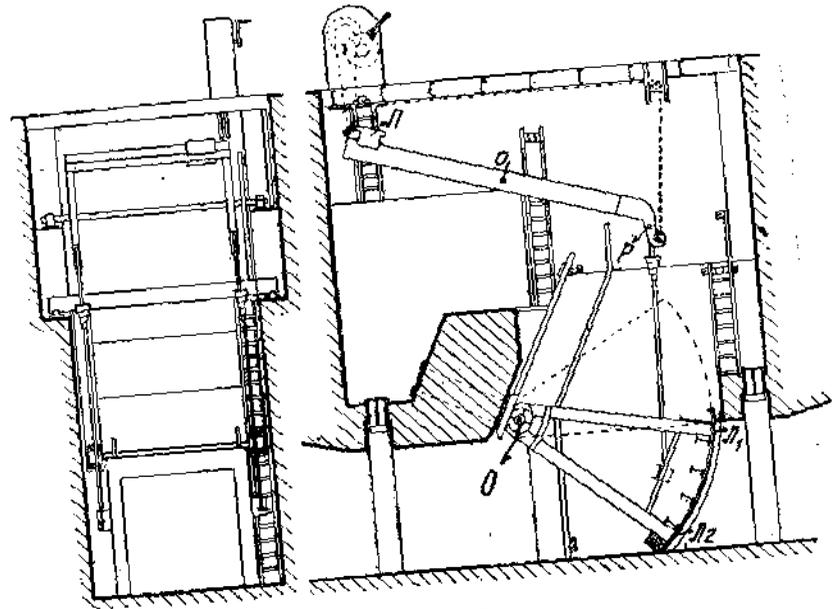
Фиг. 283.



Фиг. 284.



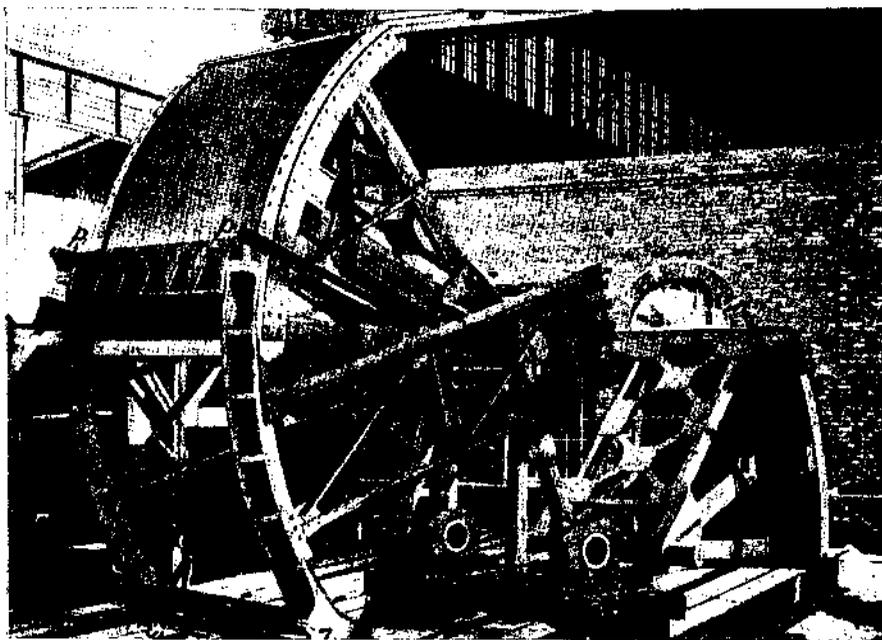
Фиг. 285.



Оси вращения их располагают горизонтально и, как исключение, в старых шлюзах, например на Павийском канале, вертикально.

Благодаря тому, что усилие, необходимое для поворота щитов, невелико, оказывается возможным поддерживать ими весьма большие подпоры, как например в тех случаях, когда ими закрывают водопроводы нижних голов шахтных шлюзов.

Сегментные щиты с горизонтальными осями вращения образуют из плоской или криволинейной обшивки (последней, изгибаемой по дугам кругов радиусом примерно от 2 до $3\frac{1}{2}$ м); обшивку прикрепляют к криволинейным ребрам, называемых шпантами, прикрепляемым в свою очередь к ригелям,



Фиг. 287.

которые связывают по их концам или вблизи концов с рукавами (фиг. 285 — шлюз у Нидерфинова).

В щитах значительной ширины рукава устраивают также и посредине щитов.

Рукава делают либо из двух лучей oa_1 и oa_2 (фиг. 286 — шлюз у Недерверта), либо в виде треугольных сквозных ферм, сделанных из стержней, соединяющих осевые части щитов с верхними и нижними ребрами щитов, а между этими ребрами со шпантами. Рукава связывают друг с другом сквозными фермами и диагоналями.

Шпанты и прочие стержни делают из фасонного или из полосового и фасонного железа.

Нижнего уплотнения достигают посредством прикрепленных к нижним ребрам щитов деревянных или металлических фасонных брусьев с острыми ребрами, прижимаемых весом щитов к металлической обделке флютбета водопроводных галлерей возле места их упора.

Для бокового уплотнения к стенам прикрепляют металлические рамы $ч_1p_1pч$ (фиг. 287 — шлюз у Нидерфинова), а к боковым ребрам щитов — металлические фасонные брусья; брусьям дают очертания, аналогичные описанным на стр. 129 для сегментных ворот, т. е. одинаковые с упорными поверхностями рам, но с центрами кривизны, несовпадающими с осями вращения щитов и расположенными таким образом, что щиты входят в рамы как бы в виде клиньев.

На практике выяснилось, что эта конструкция, хотя и обеспечивает надлежащую плотность закрытия, но вызывает увеличение приводного усилия и

требует сложных работ по пригонке щитов к рамам, которые могут быть выполнены на месте работ лишь при наличии хорошо оборудованных мастерских, поэтому иногда предпочитают другую конструкцию, состоящую в том, что между щитами и стенами оставляют небольшой зазор, закрываемый деревянными брусками, прижимаемыми давлением воды к стенам (шахтный шлюз у Миндена).

Для верхнего уплотнения к верхним ребрам щитов прикрепляют металлические фасонные бруска, прижимаемые наподобие клиньев к фасонным брускам, прикрепленным к стенам, или устраивают конструкции, аналогичные применяемым для подъемных щитов.

Осевые валы сегментных щитов, в отличие от осевых валов таких же ворот, делают во всю ширину щитов общими для всех рукавов, причем противовесы для уменьшения объема кладки стен переносят к приводным механизмам.

Сегментные щиты, устраиваемые в воротах (фиг. 11 и 44), отличаются от описанных выше значительно большей простотой конструкции.

Хотя сегментные щиты имеют ряд недостатков, как-то: они требуют сложного монтажа и вызывают необходимость иметь значительные отверстия в стенах для размещения приводов и в начале открытия иногда заклиниваются, однако они имеют больше достоинств, как-то: ими можно закрывать достаточно большие отверстия и поддерживать большие напоры, их можно без больших затруднений открывать и закрывать во время протекания воды и кроме того они закрывают отверстия достаточно плотно. Наличие этих достоинств позволяет думать, что в будущем они получат несколько большее распространение, чем до настоящего времени, и особенно для закрытия водопроводных галлерей шлюзов, преодолевающих большие подпоры.

§ 35. Открытие и закрытие щитов и их приводные механизмы

А. Усилие, необходимое для открытия щитов. Величина усилия P , необходимого для открытия щитов, зависит от сопротивления движению щитов в начале открытия. Это сопротивление определяют в зависимости от передающегося на щиты давления воды, от очертаний, размеров, конструкций и от их веса, а также от конструкции поверхностей, к которым они прилегают.

Для щитов, располагаемых ниже горизонта нижнего бьефа, P определяют достаточно точно следующим образом:

Для плоских подъемных щитов с плоской обшивкой и опираемых на пазы без помощи колес, катков или шаров по формуле:

$$P = \gamma_0 \mu h F + G - \Pi, \quad (73)$$

где:

γ_0 — вес единицы объема воды,

μ — коэффициент трения в начале подъема упорных частей по упорным поверхностям пазов,

h — напор воды на щит,

F — площадь его,

G — вес щита (включая части приводов от щита к подъемному механизму);

Π — вес противовеса.

Для подъемных щитов, передвигаемых на колесах, по формуле:

$$P = \gamma_0 h F \left(\frac{t + \mu_1 r}{R} \right) + \gamma_0 \mu h f + G - \Pi. \quad (74)$$

Для кулисных щитов $G - \Pi$ может быть принято равным 0.

Для горизонтальных откатных щитов:

$$P = (\gamma_0 h F + G) \left(\frac{t + \mu_1 r}{R} \right) + \gamma_0 \mu h f - \gamma_0 h f_1, \quad (75)$$

где:

t — плечо трения качения колес,

μ_1 — коэффициент трения в подшипниках осей колес,

r — радиус цапф осей,

R — радиус колес,

f — площадь конструкции, служащей для водонепроницаемости закрытия, не входящая в площадь щита, например соответствующая конструкциям D (фиг. 261) и A (фиг. 262).

μ — коэффициент трения этой конструкции по упорным поверхностям,

f_1 — площадь упорной конструкции A и B (фиг. 263), способствующая открытию щита.

Прочие обозначения прежние.

Для вертикальных щитов, передвигаемых на катках, заключенных в особые рамы:

$$P = \gamma_0 h \left(\frac{Ft}{R} + \mu f \right) + G_1 \left(\frac{\mu_1 r}{R} + \frac{1}{2} \right) + G - \Pi, \quad (76)$$

где:

t — плечо трения качения катков;

R — радиус катков,

G_1 — вес катков с рамами;

r — радиус цапф осей катков.

Прочие обозначения прежние.

В случае расположения верхних кромок щитов выше горизонта нижнего бьефа в формулах 73—76 вкл. hP , hf и hf_1 должны быть заменены величинами давления воды, определяемыми в зависимости от распределения напора, приходящегося на каждую из площадей F , f и f_1 в отдельности.

Если особой конструкции, служащей для водонепроницаемости закрытия, не имеется, и в начале движения щиты опираются на колеса или на катки, а также если перед подъемом щитов конструкции, служащие для обеспечения водонепроницаемости, например круглые штанги, удаляются, то в формулах (74), (75) и (76) f должно быть приравнено нулю.

Для поворотных щитов, находящихся под давлением столба воды высотой h , давление P_* на верхнюю часть (фиг. 288) высотой l_* , равно:

$$P_* = \gamma_0 h b l_*. \quad (77)$$

Давление P_n на нижнюю высотой l_n

$$P_n = \gamma_0 h b l_n. \quad (78)$$

где b — ширина щита.

Прочие обозначения прежние.

Момент давления воды относительно оси вращения щита определяется выражением:

$$M_1 = \gamma_0 \frac{hb}{2} (l_*^2 - l_n^2). \quad (79)$$

Момент трения в цапфах оси, если пренебречь влиянием веса щита и приводного усилия, определяется выражением:

$$M_2 = \gamma_0 h l b \mu_1 \frac{d}{2}. \quad (80)$$

$$l = l_* + l_n, \quad (81)$$

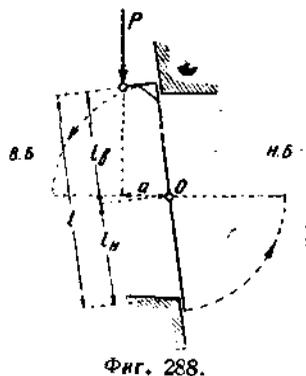
где:

μ_1 — коэффициент трения в цапфах в начале вращения,

d — диаметр цапф.

Отсюда, пренебрегая моментом веса щита, момент сил относительно оси вращения, препятствующих его вращению, определяется выражением:

$$M = M_1 + M_2 = \frac{1}{2} \gamma_0 h b (l_*^2 - l_n^2 + \mu_1 l d). \quad (82)$$



Обозначая:

$$l_0 - l_1 = e, \quad (83)$$

имеем:

$$M = \frac{1}{2} \gamma_0 h b l (e + \mu_1 d). \quad (84)$$

Если приводное усилие приложено в расстоянии a от оси вращения, то величина его P может быть определена приближенно выражением:

$$P = \gamma_0 \frac{h b l}{2 a} (e + \mu_1 d). \quad (85)$$

Для сегментных щитов, вращаемых на горизонтальных осях, при обозначениях аналогичных принятым в формуле (74), а также пренебрегая трением в оси вращения от веса щита и приводного усилия, вследствие его малости, и прочими незначительными силами, момент сил, сопротивляющийся подъему щита, может быть определен приближенно по формуле:

$$M = \gamma_0 \mu_1 h F_0 r + \gamma_0 \mu h f R + G p, \quad (86)$$

где:

μ_1 — коэффициент трения в цапфах осей в начале подъема,

F_0 — площадь проекции криволинейной поверхности щита на плоскость, проходящую через верхнюю и нижнюю кромки щита, подверженные давлению воды,

r — радиус цапф осей,

R — расстояние от оси вращения щита до поверхности f ,

G — вес щита,

p — расстояние от оси вращения его до направления силы G .

Прочие обозначения прежние.

Если приводное усилие приложено в расстоянии a от оси вращения, величина его может быть определена приближенно выражением:

$$P = \frac{\gamma_0 h}{a} (\mu_1 F_0 r + \mu f R) + \frac{G p}{a}. \quad (87)$$

Б. Приводные механизмы. Составные элементы приводных механизмов щитов аналогичны составным элементам приводных механизмов ворот (см. § 27, Б).

Плоские подъемные щиты небольших размеров со скользящим трением поднимают преимущественно жесткими приводами. Эти приводы делают в виде зубчатых штанг, прикрепленных к щитам по середине, реже по бокам щитов и сцепляемых с зубчатыми колесами. Колеса поворачивают либо рычагами $p_0 p_1$ (фиг. 201), либо лебедками простейшего типа (фиг. 160). Применяют также и простые штанги, снабжаемые сверху втулками B (фиг. 254) с винтообразной нарезкой, в которые вводят винты AB .

Большие подъемные щиты на колесах и на катках поднимают либо жесткими приводами, устроенными в виде зубчатых или иных штанг, либо мягкими в виде тросов или цепей, прикрепленных по середине или по бокам щитов и перекинутых либо через барабаны, либо через шкивы, либо через цепные колеса K (фиг. 259) приводных лебедок.

Иногда тросы и цепи перекидывают через парные шкивы или через цепные колеса S и S (фиг. 257), вращаемые на горизонтальных осях.

Для облегчения подъема и смягчения ударов во время опускания щитов этого типа мягкие приводы устраивают с противовесами Π (фиг. 257 и 259).

В современных шлюзах приводы щитов, реже противовесов, прикрепляют к тем и другим посредством пружин n (фиг. 258).

Балансирные щиты приводят в движение посредством штанг. Последние прикрепляют к балансирам, вращаемым на горизонтальных осях (фиг. 255) и приводимым в движение зубчатыми колесами или коленчатыми рычагами.

Ручные приводные механизмы подъемных щитов делают либо в виде перекидных рычагов, либо в виде зубчатых передач, заключаемых в особые ста-

нины, а также в колонки K_0 (фиг. 259); кроме того применяют лебедки с горизонтальными барабанами, устанавливаемые на стенах или на служебных мостиках ворот со стороны щитов.

Для первоначального подъема щитов и для дальнейшего их движения иногда устраивают две передачи: одну — для получения большего усилия с меньшей скоростью подъема, а другую — для получения большей скорости подъема, но меньшего усилия.

В случае применения электрической энергии применяют червячные передачи и вводят промежуточные валы, сцепляемые друг с другом зубчатыми колесами.

Так как колонки, расположенные на верхней поверхности стен, могут представлять препятствия для прохода персонала, обслуживающего шлюз или полушлюз и проводящего подвижной состав, приводные механизмы иногда скрывают в стенах, а для приведения щитов в движение применяют например вертикальные валы $в_1$ (фиг. 256), располагаемые ниже верхней поверхности стен. В этом случае на валы насаживают шкивы $ш$ с отверстиями $п$ для пропуска съемных рычагов *пр*.

Если приводы сделаны по типу, показанному на фиг. 254, то либо применяют зубчатые передачи, либо штанги устраивают сверху с четырехгранными шипами, в которые вводят втулки съемных штанг, снабженных горизонтальными ручками, на которые действуют рабочие.

Приводы горизонтальных откатных щитов образуют в виде прикрепленных к щитам двух зубчатых полос, с которыми сцепляют зубчатые колеса, насаженные на вертикальные приводные валы (фиг. 263).

Приводы щитов, вращаемых на горизонтальных осях, образуют из:

1) Штанг и тяг, прикрепляемых к щитам, закрывающим вертикальные отверстия, шарнирно, первые у верхних (фиг. 264 и 267), а вторые у нижних ребер щитов и передвигаемых во время открывания щитов в первом случае вниз, а во втором — вверх. К щитам, закрывающим горизонтальные отверстия, тяги прикрепляют подобно тому, как показано на фиг. 209, и передвигают вбок. Помимо этих способов их прикрепляют также к кривошипам, насаженным на осевые валы (фиг. 25). Тяги соединяют обычно с ползунами или с коленчатыми рычагами, соединяемыми в свою очередь со штанговыми передачами. Ползуны и штанговые передачи передвигают: либо откидными рычагами, поворачиваемыми на горизонтальных осях, либо ручными лебедками простейшего типа, либо поршнями гидравлических цилиндров (фиг. 209).

2) Тросов или цепей (фиг. 266), применяемых лишь для щитов, закрывающих вертикальные отверстия и состоящих в том случае, когда открытый щит под действием собственного веса и прикрепленного к нему противовеса может притти в закрытое положение, из одной ветви, а если не может — из двух. Тросы и цепи прикрепляют к кронштейнам, прикрепленным в свою очередь к щитам, и проводят через ряд блоков к барабанам лебедок L , расположенных на стенах.

Осевые валы щитов, вращаемых на вертикальных осях, выводят либо на верхнюю поверхность стен, либо на верхний рамный брус или ригель ворот и устраивают сверху с коленчатыми рычагами или с зубчатыми секторами.

Коленчатые рычаги передвигают перекидными рычагами, реже горизонтальными штангами, а зубчатые секторы ручных проводов — зубчатыми колесами, насаженными на вертикальные валы ручных лебедок, те же секторы гидравлических приводов — зубчатыми рейками, составляющими продолжение штоков поршней гидравлических цилиндров.

Высокие цилиндрические щиты поднимают преимущественно цепями, которые прикрепляют либо к горизонтальным распорным балочкам, либо к вертикальным листам, прикрепленным в свою очередь к щитам.

Цепи иногда прикрепляют одним концом к балочкам, расположенным на стенах (фиг. 270 и 275), и затем их пропускают через блоки, прикрепленные к балочкам щитов.

Для смягчения ударов цепи и блоки прикрепляют иногда посредством пружин $п$ (фиг. 269 и 270). Цепи обычно навивают на барабаны $л$ (фиг. 269) приводных лебедок, к этим же цепям или к особым, навиваемым на те же барабаны, прикрепляют противовесы $П$, опускающиеся во время подъема

цилиндров большей частью внутрь последних. Для подвески противовесов пользуются также пружинами.

Низкие цилиндрические щиты поднимают преимущественно тягами, а более тяжелые из них — тягами с противовесами, реже либо цепями, либо тросами (фиг. 275), либо тягами с цепями.

Низкие щиты, закрывающие сберегательные бассейны, поднимают и опускают тягами, прикрепленными к обшивке щитов либо непосредственно, либо посредством охватывающих ее хомутов.

Тяги выводят на верхнюю поверхность стен посредством труб, заделанных в кладку стен.

Сегментные щиты поднимают либо цепями (фиг. 285), навиваемыми на барабаны лебедок, либо тягами. В первом случае для облегчения подъема нередко применяют противовесы. Тяги либо выводят на верхнюю поверхность стен, либо предварительно прикрепляют к ползунам, соединенным с вертикальными зубчатыми штангами, сцепляемыми с зубчатыми колесами приводных лебедок. Тяги могут быть прикреплены также к рычагам *Пр* (фиг. 286), поворачиваемым на горизонтальных осях и снабженным противовесами *П*.

В заключение всего сказанного о щитах необходимо иметь в виду, что при выборе наиболее подходящего для заданных условий их типа следует руководствоваться теми же указаниями, которые были приведены в конце § 28 относительно выбора типа ворот.

ГЛАВА VII

ОБОРУДОВАНИЕ ШЛЮЗОВ И ПОЛУШЛЮЗОВ

Благоустроенный шлюз или полушлюз должен быть оборудован принадлежностями, которые должны содействовать ускорению и облегчению проводки подвижного состава, предохранять его от возможных повреждений, позволять в случае необходимости успешно производить ремонт и вообще способствовать поддержанию его в должной исправности и наилучшему функционированию.

§ 36. Принадлежности, содействующие проводке подвижного состава

Для проводки подвижного состава через шлюзы и полушлюзы и для предотвращения аварий те и другие снабжают причальными приспособлениями в виде тумб *Т* (фиг. 14, 43, 93, 129 и др.), располагаемых на стенах, эстакадах, подходных дамбах или на прилегающей территории.

Для шлюзов или полушлюзов, устроенных с деревянными или простейшими стенами, тумбы делают из круглого леса (фиг. 129), а для каменных и бетонных — из чугуна или стали (фиг. 289). Высоту тумб над верхней поверхностью сооружений берут от 0,7 до 1,0 м. Для лучшего удержания причальных канатов тумбы иногда снабжают закраинами. Расстояние между тумбами берут в зависимости от длины шлюза примерно в пределах от 15 до 25 м.

Обычно тумбы располагают в расстоянии примерно 2 м от обреза стен, но в новейших шлюзах применяют также тумбы особого типа, поставленные на самом обресе.

Для зачалки подвижного состава во время шлюзования к боковым поверхностям камерных стен прикрепляют причальные кресты (фиг. 290), крюки или кольца, располагаемые горизонтальными рядами — верхние большей частью над горизонтом верхнего бьефа, а нижние — над горизонтом нижнего (фиг. 27).

Между верхними и нижними рядами прикрепляют промежуточные, располагаемые один от другого по высоте в расстоянии, например в германских шлюзах, около 1,7 м.

По длине камер причалы располагают на расстоянии около 10—20 м.

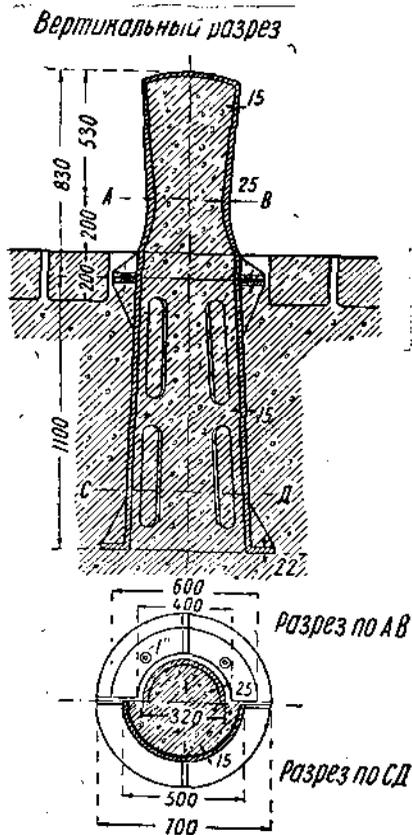
В шлюзах больших падений причалы могут быть сделаны на поплавках *П_п* (фиг. 291 — новый шлюз у Фюрстенберга), поднимающихся и опускающихся по лицевым поверхностям камерных стен в зависимости от положения горизонта воды в камере.

В шлюзах с интенсивным движением для ускорения проводки подвижного состава устраивают особые шпильки, приводимые в движение гидравлическими или электрическими двигателями.

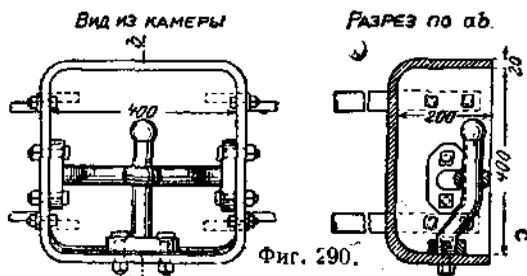
Шпили располагают обычно на одной из стен, непосредственно выше верхних ворот и ниже нижних, а также перед нижними воротами; в последнем случае ими можно пользоваться в случае повреждений приводов ворот как приводами.

Гидравлические двигатели спилей делают в виде трехцилиндровых машин, а электрические в виде моторов обычного типа (фиг. 292 — новые шлюзы на канале, соединяющем р. Одер с р. Шпрее).

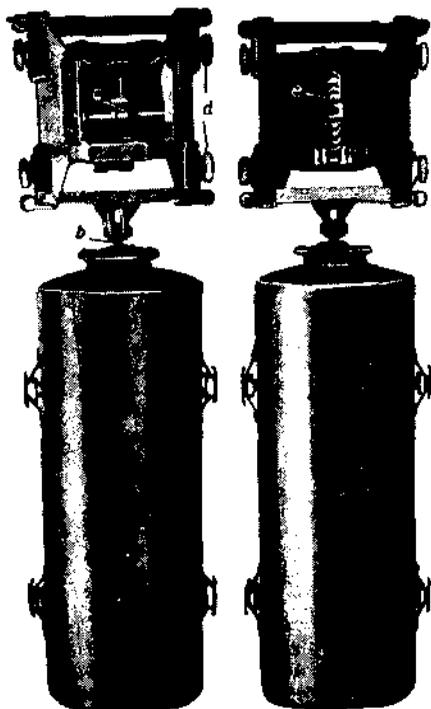
В прежних конструкциях их устраивали с постоянной скоростью вращения, в современных — не только с постоянной, но также с переменной и зависящей от скорости движения подвижного состава. Моторы располагают обычно непосредственно под верхней поверхностью стен и соединяют со шпильми жесткой передачей.



Фиг. 289.



Фиг. 290.



Фиг. 291.

Для надлежащего направления причальных канатов на шпили у обреза стен иногда прикрепляют особые катушки *к* (фиг. 43 и 292).

Значительно совершеннее в отношении содействия проводке оказались примененные например на верхнем шлюзе у Фюрстенберга, так называемые тяговые кошки (фиг. 293); их передвигают по подходящим эстакадам посредством установленных на них электромоторов, действующих на лебедки, через барабаны которых перекинута бесконечная тросы или цепи Галля закрепленные на концах эстакад. Электромоторы получают ток посредством скользящих контактов с шин, уложенных на прогонах тех же эстакад. На случай порчи кошек в шлюзах устраивают шпили.

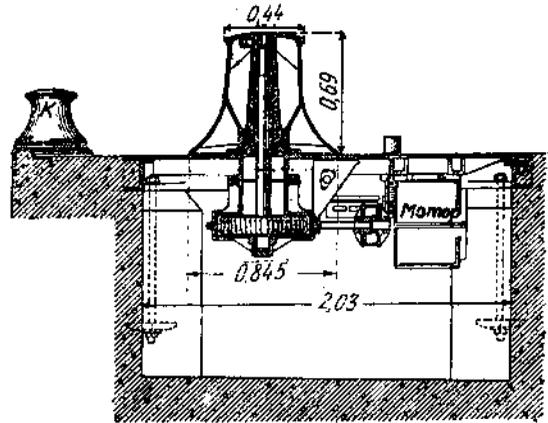
Еще совершеннее оказались электрические кошки, передвигаемые по эстакадам высокого уровня (фиг. 294—шлюз у Жанвилля на С. Кентенском канале), построенным на стенах, а также электрические локомотивы

(фиг. 295), передвигаемые по рельсам, уложенным по бечевникам и по боковым стенам или по шлюзной территории. Локомотивы могут служить для проводки подвижного состава также между шлюзами. Электрический ток доставляется им посредством воздушных проводов, подвешенных к столбам. Такое устройство было осуществлено для шлюза у Гемелингена на р. Везере (фиг. 295), где локомотивам были даны порталные очертания с высотой проезда под ними 4 м, а также для четырех шлюзов у Ниферфинова, отделенных один от другого промежуточными бассейнами длиной 350 м каждый.

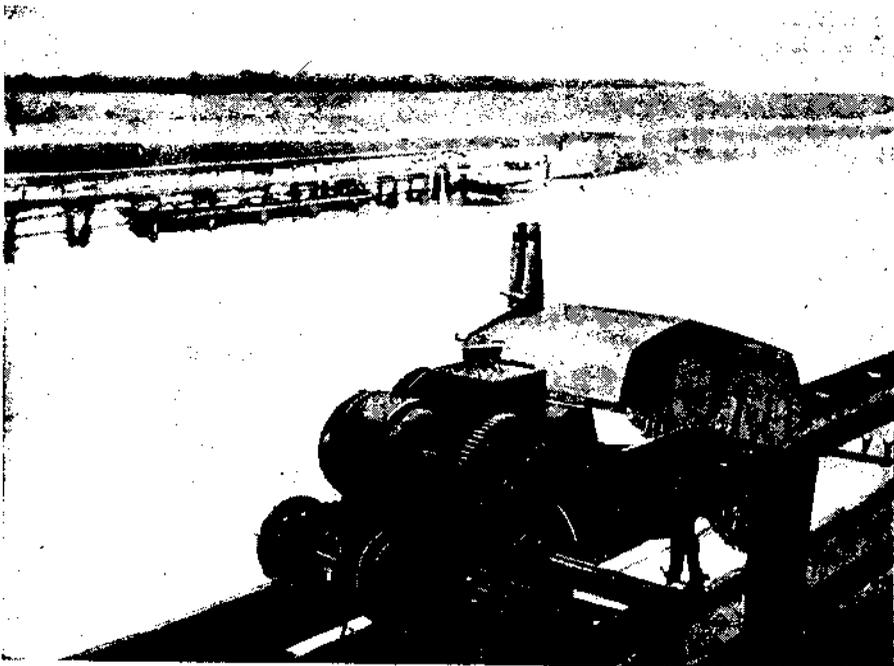
§ 37. Предохранительные ограждения и устройства

О цели устройства в шлюзах предохранительных ограждений было сказано в главах I и II, там же было сказано, что перед шлюзами с исключительно интенсивным грузооборотом применяют особые предохранительные полушлюзы (фиг. 204 и 296 — полушлюзы на р. Москве) или дополнительные ворота.

В шлюзах с менее интенсивным грузооборотом применяют более простые устройства, как-то: горизонтальные балки, либо вращаемые на вертикальных осях в подшипниках, располагаемых на боковых стенах (фиг. 150), либо пла-



Фиг. 292.



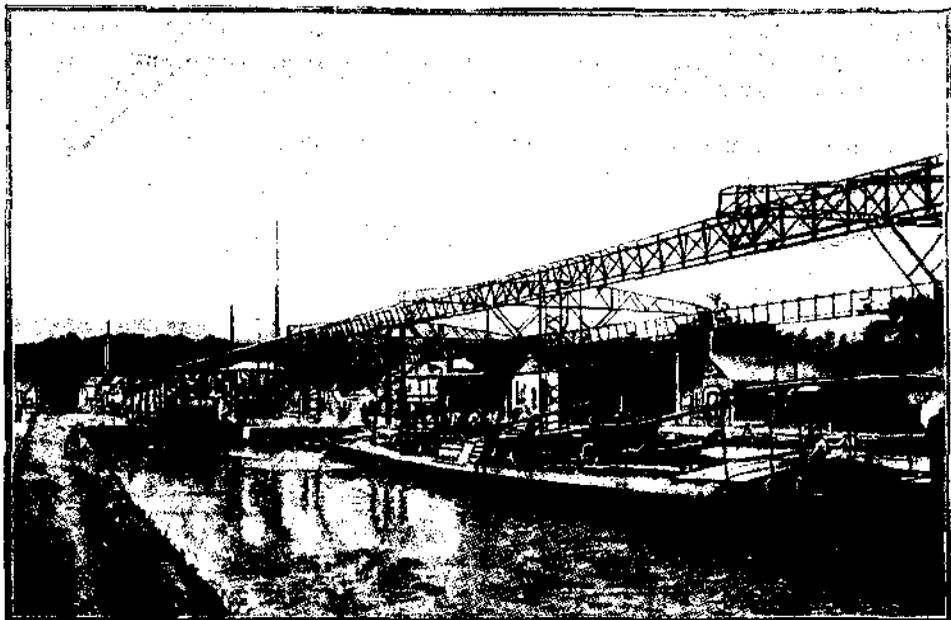
Фиг. 293.

вающие в камере перед воротами (фиг. 224) и поднимаемые как вместе с ними, так и отдельно от них особыми приводами, которые могут быть также снабжены противовесами. Иногда вместо балок применяют цепи, натягиваемые особыми лебедками поперек шлюзов и опускаемые на флотбет перед проходом подвижного состава.

Для обеспечения неизменности створения полотнищ двустворчатых ворот применяют иногда особые механизмы, устраиваемые например в виде клещей, закрепляемых на одном полотнище и захватывающих другое.

Все эти приспособления служат вообще для предотвращения значительных аварий, но кроме них в шлюзах и полушлюзах применяют иные, предохраняющие подвижные части от преждевременного износа.

К ним принадлежат приспособления, служащие для смягчения ударов в ворота во время навалки на них подвижного состава. Эти приспособления устраивают в виде отбойных брусьев *б* (фиг. 202) или кранцев, прикрепляемых к воротам со стороны верхнего и нижнего бьефов.



Фиг. 294.

К ним же принадлежат следующие приспособления: 1) служащие для смягчения ударов подъемных (фиг. 226), откатных (фиг. 19) и погружаемых ворот и подъемных и откатных щитов (фиг. 263) во время их открытия или закрытия, состоящие из тормозов, буферов и отбойных брусьев *б* (фиг. 19); 2) приспособления, служащие для удержания ворот в открытом положении, состоящие из крюков (фиг. 224), выдвижных ригелей (фиг. 226), иногда самодействующих, или тормозов, и наконец, 3) указатели положения ворот.

Для полотниц ворот, вращаемых на вертикальных осях, имеющих длину большую их высоты, применяют приспособления, служащие не только для удержания ворот в открытом положении, но и для предохранения их от ударов и от провисания; последние устраивают например в виде серег *СС* (фиг. 297—шлюз у Горинхема на Мерведском канале), подвешенных к боковым стенам шлюзов, и из выступов *вв*, прикрепленных к воротам и входящих в серьи.

Для удаления из воздушных ящиков ворот проникающей в них воды устраивают отверстия в воротах, закрываемые в обычное время кранами. В тех же случаях, когда воду нельзя выпустить через отверстия, ворота снабжают насосами. На случай ремонта ворот этими насосами можно пользоваться для облегчения вывода ворот из шлюза и для обратного ввода в шлюз.

В шлюзах с откосными камерными стенами для предотвращения навалки подвижного состава на откосы и повреждений тех и других, а также для большего удобства во время проводки, на всем протяжении или в части камер

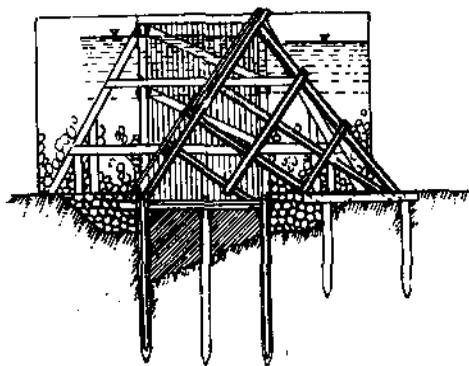


Фиг. 295.

устраивают эстакады. Их образуют из деревянных или железобетонных (фиг. 134) свай, которые покрывают сверху служебными мостиками. Вместо эстакад иногда ограничиваются забивкой кустов свай. Эстакады соединяют с бечевниками поперечными переходами, устраиваемыми в виде легких мостиков. Примером деревянных эстакад могут служить эстакады шлюза у Боллингерфера (фиг. 124).

Для предохранения боковых стен, имеющих крутые или вертикальные лицевые поверхности, а также подходов и камерных эстакад и столбов от истирания во время прохода и шлюзования подвижного состава, перед стенами забивают иногда отбойные сваи или их защищают отбойными брусьями *бб* и *б₁б₁* (фиг. 135) и кранцами. Брусья *б* (фиг. 144) могут быть сделаны также плавающими.

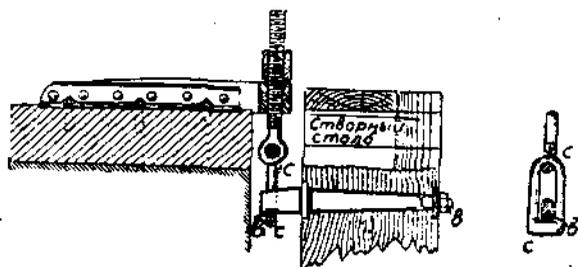
Отбойные сваи и брусья делают обычно из дерева; в шлюзах же, построенных в твердых грунтах, также из бетона (фиг. 121).



Фиг. 296.

Для предупреждения падения людей в открытые сберегательные бассейны последние ограждают по верхнему обрезу их стен перилами.

Таковыми перилами иногда ограждают и камеры (фиг. 14, в этом случае, если перила сделаны низкими,



Фиг. 297.

как зачастую устраивают в деревянных шлюзах, ими защищают обрезы стен от истирания канатами или тросами во время проводки подвижного состава.

Для предохранения водопроводных и прочих галлерей от попадания в них посторонних предметов во входах в них помещают иногда предохранительные щиты или решетки.

В шлюзах с интенсивным движением и в предохранительных полушлюзах для указания возможности входа в них и для указания положения ворот часто применяют особые сигналы в виде семафоров с передвигающимися крыльями и огнями разных цветов, реже в виде звуковых приспособлений: колоколов, гудков, сирен и пр. Такие сигналы иногда располагают и в подходах к шлюзам.

Из второстепенного оборудования применяют указатели положения горизонтов воды в камерах, водомерные рейки, иногда самопишущие, вывески глубин в бьефах, часы, приборы для обогрева в холодное время ворот, щитов и различных частей оборудования и наконец противопожарные и спасательные средства.

§ 38. Ремонтные устройства

О назначении ремонтных устройств и о расположении их в шлюзах и полушлюзах было также сказано в главах I и II.

Эти устройства различают по способу их установки и разборки на:

- 1) быстро устанавливаемые и быстро удаляемые и на
- 2) требующие для обеих операций продолжительного времени и устанавливаемые обычно на продолжительный срок.

Первые устраивают либо независимо от шлюзов по типу предохранительных полушлюзов (фиг. 296), либо в самих шлюзах в виде добавочных ворот (ср. фиг. 25), служащих в обычное время предохранительными для главных, а на время ремонта — ремонтными. Когда в шлюзах не требуется иметь особых предохранительных ворот, пользуются шлюзовыми, перемещая последние в ремонтные пазы. Это перемещение может быть сделано особенно удобно откатными воротами.

Если ремонт приходится делать не всего шлюза, но лишь части его, можно пользоваться шлюзными воротами, оставляя их на месте, конечно при условии, что ими можно поддерживать подпор обратный тому, который они обычно поддерживают.

Вторые делают либо в виде перемычек, либо в виде разборчатых частей, подобных применяемым в разборчатых плотинах. Их устанавливают либо перед шлюзами и полушлюзами, либо непосредственно в тех и других.

Перемычки для небольших отверстий делают из деревянных шандоров (фиг. 298), укладываемых достаточно плотно один на другой. Для предохранения шандоров от всплывания их удерживают либо штырями $ш_1, ш_2$ (фиг. 299), удерживаемыми в свою очередь прикрепленными к стенам скобами C_1 и C_2 , либо планками n_1, n_2 (фиг. 298), притянутыми цепями $ц_1, ц_1$ и $ц_2, ц_2$ к стенам.

Для лучшей водонепроницаемости шандорного заграждения между шандорами прокладывают войлок, а со стороны напора покрывают просмоленной парусиной или земляной отсыпью.

Для той же цели иногда берут два ряда шандоров (фиг. 300), располагая один от другого на расстоянии не меньшем 0,5 м и пространство между ними заполняют достаточно водонепроницаемым материалом, например глиной с примесью песка.

Небольшие шандоры рабочие укладывают и разбирают вручную, стоя на стенах, более тяжелые — с помощью лебедок. Для большего удобства укладки и разборки поперек шлюзов или полушлюзов могут быть протянуты тросы (фиг. 301).

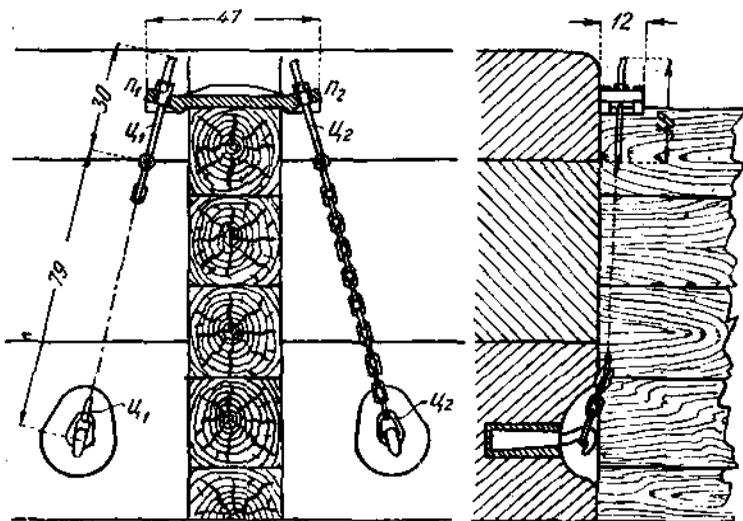
Применяют и более совершенные способы, например посредством деревянных кранов (шлюзы на р. Уорриор в САСШ), установленных на понтонах, плавающих перед заграждениями, или посредством лебедок, установленных на катучих тележках (фиг. 302—шлюз у Батальи).

В отверстиях больших пролетов или в высоких все шандоры, или только нижние из них, поддерживают с противонапорной стороны стойками. Стойки ставят в углубления, сделанные во флютбетам, и поддерживают подкосами, которые нижними оконечностями упирают в башмаки (фиг. 30), прикрепленные также к флютбетам. Стойки поддерживают также подкосными конструкциями (фиг. 300), состоящими из бабок n_1, n_2 и подкосов n_1, n_1 и n_2, n_2 , прижимающихся оконечностями n_1 и n_2 к башмакам, прикрепленным к боковым стенам.

В новейших шлюзах для закрытия таких отверстий применяют шандоры из металлических балок двутаврового сечения, либо устроенные в виде клепаемых конструкций (фиг. 303—шлюзы у Понтеягоскуро).

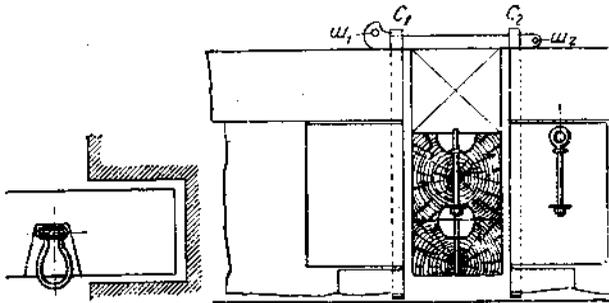
Последние образуют из обшивки из плоского листового железа, прикрепленного к двум ригелям из полосового и фасонного железа. Ригелям дают форму двутавровых балок или сквозных ферм с параллельными поясами. По концам для уменьшения ширины пазов в стенах их несколько сужают, а между собой в плоскости противонапорного пояса и в вертикальных плоскостях параллельных оси шлюза или полушлюза соединяют решеткой, сделанной большей частью из углового железа.

Для лучшего прилегания шандоров друг к другу, а нижнего к флютбету, к ним прикрепляют сверху и снизу деревянные брусья.



Фиг. 298.

Заграждения, устраиваемые по типам постоянно действующих затворов разборчатых плотин, образуют из деревянных, реже металлических, щитов или из спиц, которые с противонапорной стороны поддерживают особыми конструкциями.



Фиг. 299.

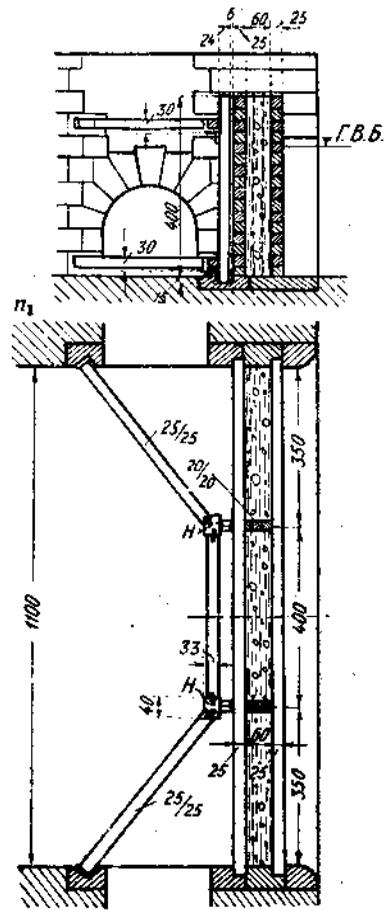
Щиты поддерживают стойками, поддерживаемыми в свою очередь подкосами или мостовыми фермами (шлюз у Строма на Трольхеттанском канале), а спицы горизонтальными деревянными или металлическими (фиг. 18) балками, последними трубчатыми или дву- и многотавровых (фиг. 304) сечений. Балки закладывают в отверстия S_1 и S_2 (фиг. 18) в стенах.

Эти балки делают также поворачиваемыми на вертикальных осях (фиг. 150), тогда ими пользуются во время обычной работы шлюза как предохранительными принадлежностями.

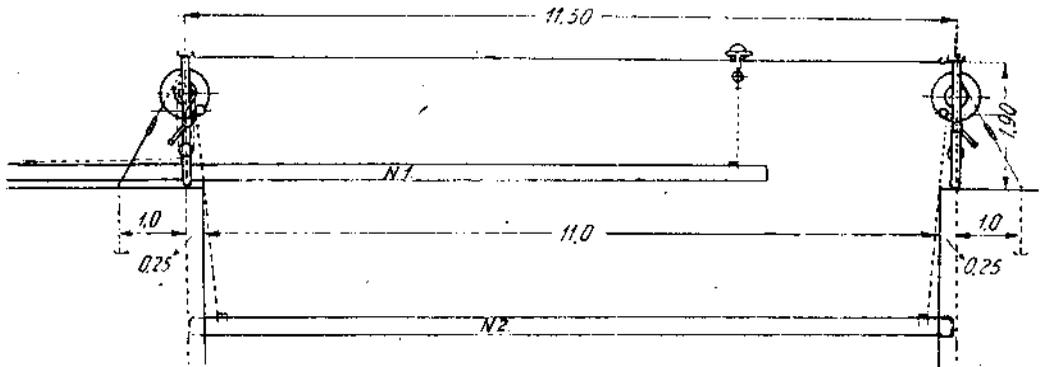
В случае больших напоров балки с противонапорной стороны могут быть подкреплены подкосными конструкциями (фиг. 305), сделанными аналогично типу, показанному на фиг. 300.

Если заграждениями этого типа приходится закрывать очень широкие отверстия, то в качестве поддерживающих конструкций применяют сквозные фермы системы Пуаре (фиг. 102) или полупортальной.

Фермы соединяют между собой и со стенами горизонтальными связями и служебными мостиками, однако несколько более простого типа, чем фермы затворов, применяемых в разборчатых плотинах.



Фиг. 300.



Фиг. 301.

Для уменьшения поперечных размеров спиц, особенно если они имеют большую длину, к фермам прикрепляют горизонтальные прогоны b_1 , b_2 , b_3 и b_4 (фиг. 306 — шлюзы на р. Огайо), на которые опирают спицы (ср. фиг. 296).

Фермам дают треугольные (фиг. 131) или трапециoidalные (фиг. 32) очертания и делают из полосового и фасонного железа, но несколько проще, чем фермы разборчатых плотин.

На время обычной работы шлюза фермы укладывают на флютбет в горизонтальном или в близком к горизонтальному положении.

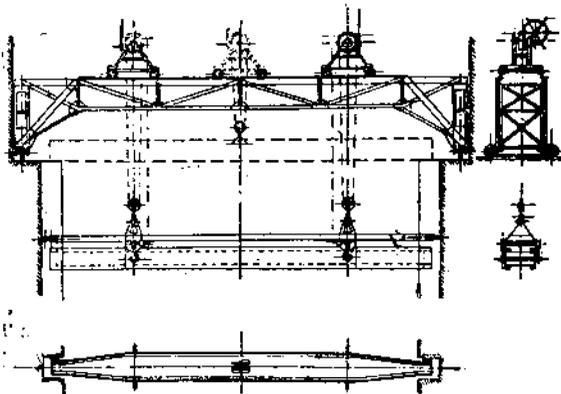
Установку и укладку их производят посредством лебедок, установленных на верхних площадках стен, а сборку и разборку щитов и спиц производят со служебных мостиков.

Для достижения возможно большей водонепроницаемости заграждения щиты и спицы либо покрывают со стороны напора просмоленной парусиной, либо насыпают перед ними золу и опилки, которые затягиваются водой в прозоры между щитами и спицами и достаточно плотно их закрывают.

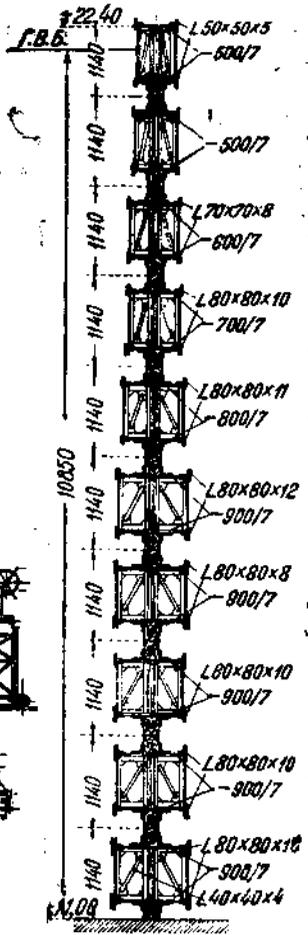
Если в верхних подходах могут периодически откладываться наносы, то, маневрируя щитами или спицами, можно достаточно успешно удалять наносы, пропуская их через шлюзы. Эти маневры можно делать однако лишь при условии, что конструкция последних рассчитаны на пропуск наносов.

Как было указано на стр. 30, для ремонта водопроводных и прочих галлерей и закрывающих их щитов в начале и конце галлерей или впереди и позади щитов устанавливают особые заграждения g_1g_1 и g_2g_2 (фиг. 259), устроенные либо по типу близкому к щитам (фиг. 254) либо в виде шандоров.

Для ремонта и реже для временного хранения ворот и металлических шандоров возле шлюзов иногда устраивают небольшие эллинги или сухие доки с заграждениями простейшего типа. Около них иногда устраивают небольшие мастерские.



Фиг. 302.



Фиг. 303.

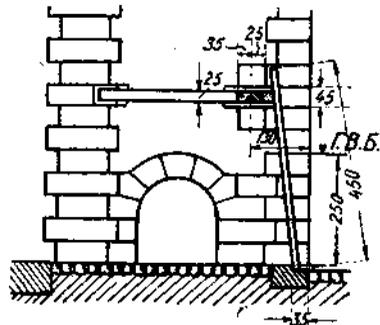
Для срочного ремонта заготавливают достаточное количество строительных материалов, инструментов и приспособлений, а также запасные полотнища ворот, запасные щиты, запасные приводные механизмы и их части.

Для осмотра и мелкого ремонта шлюзов, особенно больших, желательно иметь водолазные бригады.

Чтобы перед ремонтом можно было освободить шлюз или часть его, например водопроводные галлерей, от воды, ее впускают самотеком в низкие места, находящиеся вблизи



Фиг. 304.



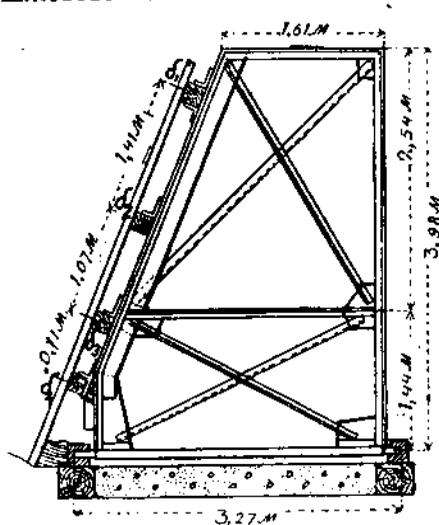
Фиг. 305.

шлюзов. Если выпустить ее самотеком нельзя, то либо применяют переносные насосы, либо устраивают постоянные насосные станции (фиг. 43—слева), оборудованные тепловыми или электрическими двигателями. Эти станции

могут служить также для перекачивания воды из нижнего бьефа в верхний и для тушения пожаров, возникающих либо на территории шлюза, либо невдалеке от него.

§ 39. Машинные установки и механические устройства, использующие для управления шлюзами их перепады. Связь управления приводными механизмами с прочим оборудованием. Централизация управления

Для шлюзов с большим и интенсивным движением плавающего подвижного состава весьма важным фактором, позволяющим не только обеспечить заданную пропускную способность, но и увеличить ее, а также удешевить операции по проводке подвижного состава и уменьшить количество аварий, а для предохранительных полущлюзов — своевременно закрыть их, является замена ручной работы работой разного рода двигателей. Эти двигатели устанавливают для действия не только приводных механизмов, но и для оборудования шлюзов.



Фиг. 306.

Двигатели применяют:

- 1) тепловые,
- 2) гидравлические,
- 3) пневматические,
- 4) электрические.

Энергию для них получают либо из силовых установок, устраиваемых возле шлюзов, либо из какого-нибудь источника, находящегося как вблизи, так в некотором отдалении от них, например от силовых установок, обслуживающих населенные и промышленные пункты и какие-либо инженерные сооружения, так и из общей силовой сети, обслуживающей данный район.

Машинные установки, устраиваемые непосредственно возле шлюзов, разделяют на:

А. Тепловые, — их применяют для шлюзов, преодолевающих незначительные перепады, в случае отсутствия вблизи шлюзов каких-либо энергетических ресурсов. Для шлюзов значительных размеров их об-

разуют из стационарных тепловых двигателей, а для небольших — из локомотивов.

Тепловыми двигателями приводят в движение генераторы, которые вырабатывают электрическую энергию, используемую либо непосредственно в приводных моторах, либо для зарядки аккумуляторных батарей, питающих те же моторы. Если приводы сделаны гидравлические, то двигателями иногда приводят в движение непосредственно насосы, нагнетающие воду в гидравлические аккумуляторы.

Б. Гидравлические, — распространенные значительно более первых, состоящие из турбин, главным образом системы Френсиса, которые приводят в движение генераторы. Последние вырабатывают так же, как и в случае применения тепловых двигателей, электрическую энергию, используемую либо непосредственно в приводных моторах, либо для зарядки аккумуляторных батарей, питающих те же моторы. Если приводы сделаны гидравлические, турбины иногда приводят в движение насосы, служащие для нагнетания воды либо в аккумуляторы, либо непосредственно в приводные механизмы. Если приводы сделаны пневматические, насосами пользуются для нагнетания воды в компрессоры, сжимающие воздух.

Турбинные установки применяют главным образом для шлюзов, преодолевающих значительные перепады, для преодолевающих же малые, установки заменяют более или менее сложными механическими приспособлениями, основанными на использовании тех же перепадов.

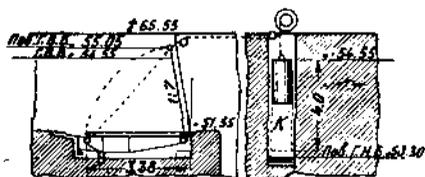
Нередко турбинные установки делают мощностью, значительно превышающей потребность в энергии данного шлюза, и тогда их используют для сосед-

них шлюзов и вообще для различных потребностей водного транспорта, как например: для обслуживания близлежащих сухих доков, или используют даже для каких-либо иных целей, например промышленных. Если возле шлюзов устроены тепловые установки, то турбинные соединяют с этими установками,

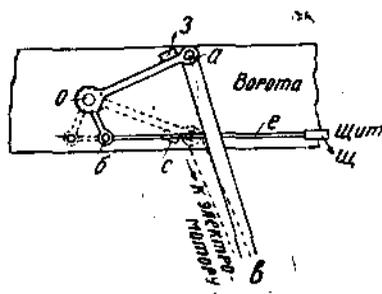
Механические приспособления, позволяющие использовать перепад шлюзов без турбин, в применении для приводов, ворот и щитов, образуют в виде различных механизмов, основанных либо на идее плавания и погружения тел в воду (системы Франка, Нихольма, Ключа и др.), либо на идее использования течения воды, выпускаемой из верхнего бьефа в нижний для получения либо сжатого воздуха (система Готоппа), либо сжатого и разреженного (система Лунгини).

Система Франка была применена для шлюзов у Меппена на Дортмунд-Эмском канале и у Оснабрюкка и Линдена на ответвлениях Средне-Германского канала.

Она состоит из поплавков, плавающих в особых колодцах *K* (фиг. 307), в которые по желанию может быть впущена вода верхнего или нижнего бьефа. Поплавки соединены посредством тросов с воротами или со щитами. Во время понижения уровня воды в колодцах поплавки опускаются и приводят в движение ворота или щиты. Обратное движение поплавков происходит под действием веса ворот или щитов; по этой причине эту систему применяют для закрытия ворот, вращаемых на горизонтальных осях и укладываемых на флютбет (фиг. 307), а также для плоских подъемных и цилиндрических щитов, однако как для ворот так и для щитов сравнительно небольших размеров, так как размеры колодцев и поплавков не могут быть слишком велики.



Фиг. 307.



Фиг. 308.

На фиг. 269 показано расположение щита, поплавков и труб, служащих для наполнения и опорожнения колодцев по системе Франка для шлюзов у Оснабрюкка.

Трубы *овк* служат для впуска воды верхнего бьефа в колодцы ниже поплавков при самом низком их положении; они закрыты в точках *в* трехходовыми кранами; трубы *ва* служат для удаления воды из колодцев.

В этих шлюзах заслуживает внимания устройство связи между приводами нижних ворот и щитов, закрывающих клинкетные отверстия. Оно осуществлено следующим образом:

Приводные штанги *ав* (фиг. 308) ворот и *бщ* щитов прикреплены на шкворнях *а* и *б* к коленчатым рычагам *аоб*, поворачиваемым на осях *о*. Если приводную штангу ворот приводят в движение электромотором по направлению, показанному на фиг. 308 стрелкой, коленчатые рычаги приходят в положение, показанное на той же фигуре пунктиром, при этом плечи *ао* упираются в упорки *с*, щиты открываются и камера опоражнивается.

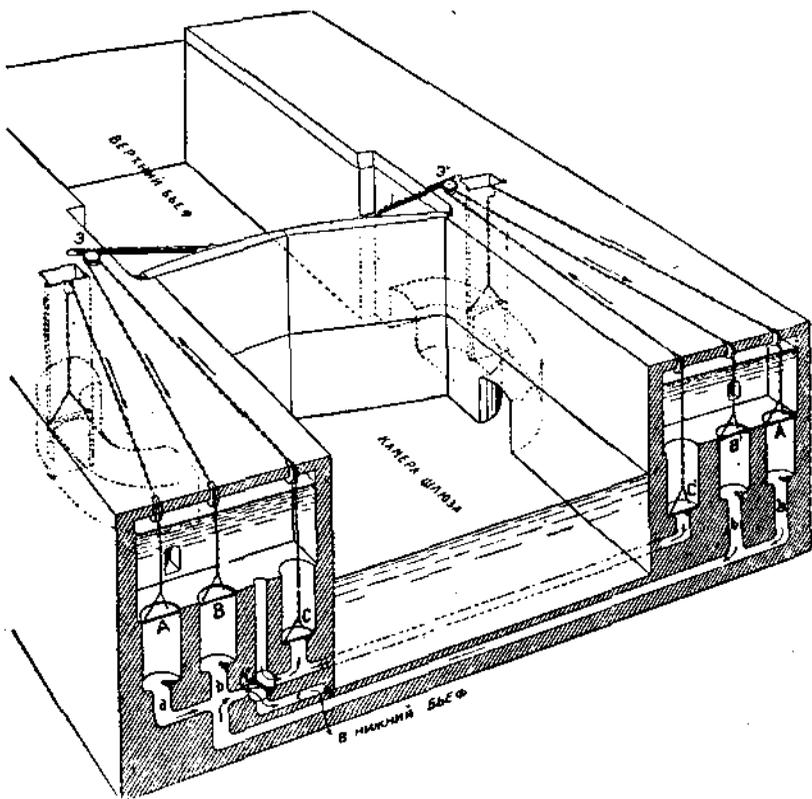
После опорожнения камеры электромоторы снова пускают в ход, тогда штанги *ав* приходят в движение и открывают ворота.

Если требуется опять закрыть ворота, электромоторам дают вращение в обратную сторону, тогда они приводят в движение рычаги *аоб*, которые поворачиваются до тех пор, пока плечи *ао* не дойдут до упорки *з*, тогда щиты закрываются и при дальнейшем вращении электромоторов последние закрывают и ворота.

Система инж. Нихольма была применена в шлюзе у Гемелингена и служит для приведения в движение ворот и щитов, причем эти движения поставлены в ней также во взаимную связь.

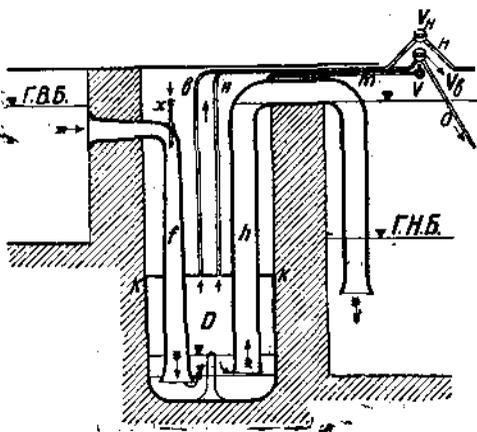
Соответственно с этим для открытия и закрытия ворот и щитов в ней имеются круглые плиты,двигающиеся в особых колодцах и подвергающиеся сверху давлению воды верхнего бьефа, а снизу давлению верхнего или нижнего в зависимости от придания движению соответствующего направления. Для каждого полотнища ворот имеются по две плиты B, C и B', C' (фиг. 309) и для каждого щита по одной A и A' . Колодцы могут быть сообщены с бьефами посредством особых каналов, расположенных внизу колодцев и закрываемых трехходовым краном K .

После поворота крана в положение, показанное на фиг. 309, вода из колодцев A, A' и B, B' по каналу c вытекает в нижний бьеф; плиты A, A' опускаются, вследствие чего щиты поднимаются и вода верхнего бьефа наполняет камеру. Как только горизонт воды в камере дойдет до уровня, которому соответствует в такой степени уменьшенное давление на ворота, что плиты B, B' могут повернуть зубчатые колеса z, z' , находящиеся в сцеплении с зубчатыми штангами ворот, и поднять плиты C, C' , по обеим сторонам которых находится вода верхнего бьефа, ворота открываются. После этого в камеру вводят подвижной состав. Затем трехходовой кран переставляют в положение, перпендикулярное показанному на фиг. 309, тогда вода, находящаяся под плитами C, C' , вытекает в нижний бьеф, а под плиты A, A' и B, B' поступает вода верхнего бьефа. Плиты C, C' опускаются, увлекают за собой плиты B, B' и закрывают ворота; щиты также опускаются и закрывают водопроводы. После этого рабочие, обслуживающие шлюз, открывают щиты нижних водопроводов, камера опорожняется и оказывается возможным закончить проводку подвижного состава.



Фиг. 309.

Впоследствии в эту систему Нихольмом были внесены некоторые конструктивные усовершенствования, однако большого распространения она пока еще не получила.



Фиг. 310.

Система Готтопа была применена для шлюзов Эльба-Травского канала. Устройство ее состоит в следующем: в боковой стене шлюза сделан колодец, в нижней части которого помещен железный цилиндр D (фиг. 310), закрытый сверху крышкой kk , в которой размещен ряд труб: f — для наполнения водой верхнего бьефа, h — в виде сифона для сообщения

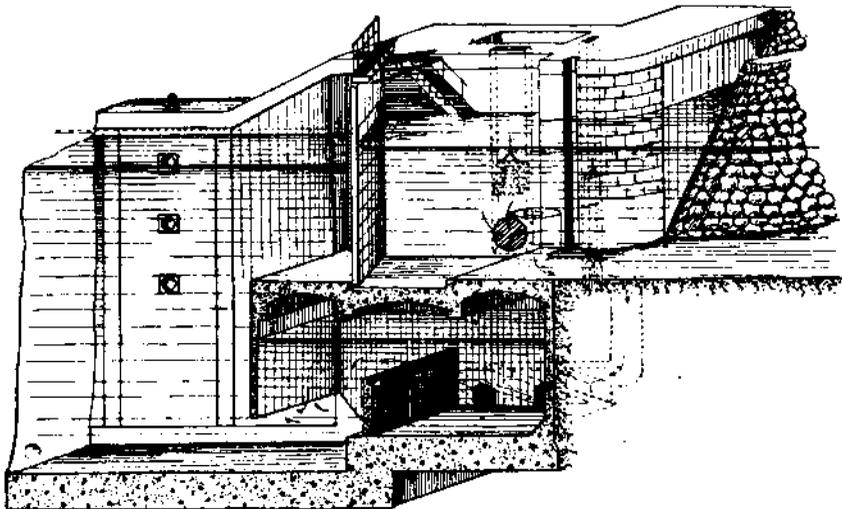
с нижним бьефом и наконец v и n — для подачи к приводным механизмам ворот сжатого воздуха, образующегося в цилиндре D .

Сифонная труба h в верхнем горизонтальном колене соединена посредством трубки t с клапаном v со всасывающим резервуаром (см. стр. 26) и с наружным воздухом.

Для пуска в ход сифона в верхней части его разрезают воздух; для этой цели клапан v поворачивают в такое положение, при котором сифон соединяется со всасывающим резервуаром, благодаря этому он забирает воду из цилиндра и направляет ее в нижний бьеф. Чтобы, после того как сифон пришел в действие, разрежение воздуха не могло нарушить его работу, клапан v закрывают.

Убыль воды в цилиндре D , захватываемой сифоном, тотчас же пополняется по трубке f из верхнего бьефа, вследствие чего происходит как бы переливание воды из верхнего бьефа в нижний. Во время переливания вода захватывает по трубке x воздух и направляет его в цилиндр, в котором он собирается под крышкой kk и постепенно уплотняется. Как только давление воздуха достигает давления столба воды, равного разности отметок верхнего бьефа и входного устья сифона, вода в цилиндре опускается ниже устья сифона и в сифон проникает воздух, который прекращает дальнейшее переливание. В результате этого в верхней части цилиндра образуется запас сжатого воздуха, который по трубкам $в$ и $н$ может быть направлен к приводам ворот.

По мере падения давления воздуха в цилиндре операцию с переливанием воды повторяют еще раз; при этом однако не пользуются всасывающим резер-



Фиг. 311.

вуаром, но во время наполнения камеры сообщают сифон с наружным воздухом, вследствие чего вода, поднимающаяся в правом колене сифона, вытесняет воздух наружу. Клапан v на трубе t во время этой операции должен быть открыт, затем перед опорожнением камеры его опять закрывают. Во время опорожнения камеры вода в правом колене опускается и в верхней части сифона получается разрежение, необходимое для пуска в ход сифона. Тогда он вновь начинает переливать воду и вместе с тем возобновляет запасы сжатого воздуха.

Сжатый воздух используют для приведения в движение ворот таким образом, как было описано на стр. 150 и 151.

Трубки $в$ и $н$ снабжают клапанами v_b и v_n , управление которыми сводят туда же, куда и управление клапаном v , а также клапанами всасывающего резервуара в так называемую централизованную кабину, откуда производят управление подвижными частями и оборудованием шлюза.

Система инж. Лунгини была применена в шлюзе у Батальи, оборудованном двустворчатыми воротами с распором и щитами, показанными на фиг. 274.

Сжатие и разрежение воздуха производится в особой камере $У$ (фиг. 311), устроенной под шкафной частью верхней головы непосредственно возле стенки падения. Сжатие получается во время наполнения камеры благодаря протеканию воды верхнего бьефа. Перед опорожнением камеры вследствие использования его в приводных механизмах и последующего сообщения с наружным воздухом оно прекращается.

Верхние ворота и щиты открывают и закрывают пользуясь сжатием, нижние ворота пользуясь разрежением.

Ворота оборудованы приводами, сделанными аналогично типу показанному на фиг. 238. На дуги секторов C_1C_2 (фиг. 312), вращаемых на вертикальных осях, навиты в разных направлениях две цепи. К двум из них прикреплены противовесы Π_1 и Π_2 , а к другой для верхних ворот колокола K_1 без дна, а для нижних — поплавок F ; цепи пропущены через блоки b_1b_2 и b_3b_4 . Колокола и поплавки погружены в колодезь K наполненный водой до уровня верхнего бьефа.

Для открытия верхних ворот под колокола K_1 по трубке t впускают сжатый воздух, вследствие чего натяжение цепи aK_1 ослабевает и ворота под действием противовесов Π_1 поворачиваются.

Для закрытия ворот пространство под колоколом сообщают с наружным воздухом, тогда натяжение цепи aK_1 увеличивается, колокола, преодолевая вес противовесов, опускаются и ворота открываются.

Для открытия нижних ворот уровень воды в колодезе, где плавает поплавок, понижают до уровня нижнего бьефа; для этой цели пользуются сифоном, верхнее колено которого сообщают с камерой U после образования в ней разрежения воздуха. Вследствие понижения уровня воды поплавок увеличивает натяжение цепи a_1P , преодолевает вес противовеса Π_2 и открывает ворота.

Для закрытия ворот уровень воды в колодезе снова сравнивают с уровнем верхнего бьефа, натяжение цепи a_1P уменьшается, и ворота под действием противовесов Π_2 закрываются.

Для открытия щитов пространство под тарелкой поршня (фиг. 274) сообщают со сжатым воздухом, и щит поднимается. Закрытие щитов происходит под действием собственного веса щитов, в то время когда то же пространство сообщено с наружным воздухом.

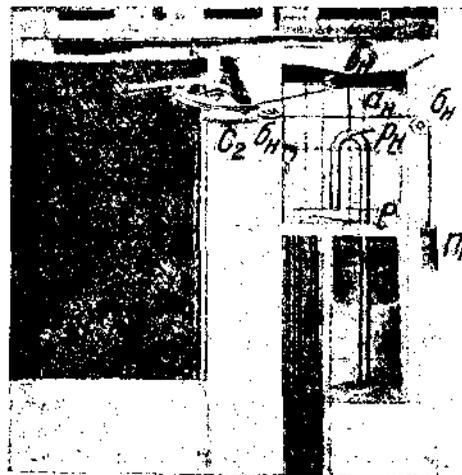
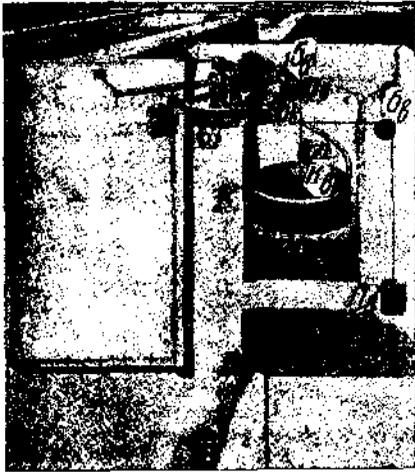
Управление всеми приводами, таким же образом как и приводами, оборудованными по системе Готоппа, сведено в централизованную кабину.

Как видно из описанных выше систем, применение для приводов гидравлической, пневматической и электрической энергии позволяет сосредоточить управление приводами в нескольких местах, или даже в одном — в централизованной кабине (фиг. 41). Такое сосредоточение имеет большое значение для равномерности наполнения и опорожнения камеры и вообще для успешности шлюзования, так как дает возможность сократить до минимума перерывы между отдельными операциями, необходимыми для проводки подвижного состава, и достичь одновременного открытия и закрытия одноименных приводов, как-то: двух полотнищ одних и тех же ворот, или двух щитов одной и той же головы.

Кроме того сосредоточение приводов в одном месте позволяет привести все приводы во взаимную связь с большим удобством, чем устраивая лишь частичную связь (фиг. 308), или имея ручные приводы, и осуществить эту связь таким образом, что открытие и закрытие приводов становится возможным лишь тогда, когда все предыдущие операции необходимые для проводки подвижного состава выполнены. Благодаря такому

устройству устраняется возможность неправильных маневров с приводами, происходящих в тех случаях, когда приводы взаимно несвязаны, например открытие нижних щитов в то время, когда открыты верхние ворота; обычно следствием таких маневров бывают задержки при проводке подвижного состава и потери воды в бьефах.

Зачастую в централизованных кабинах сосредотачивают также управление механизмами, предназначенными для тяги подвижного состава, предохранительными принадлежностями, сигнализацией и электрическим освещением. Его вводят в соответствующую связь с приводами ворот и щитов; благодаря этому достигается, кроме указанных выше удобств, также полная уверенность.



Фиг. 312.

в правильном действии всех шлюзных механизмов и большая безопасность движения.

Следует отметить, что только благодаря коммутации, достигаемой в электрической системе, возможно наиболее совершенное сосредоточение всех приводов в одном месте и приведение их в надлежащую связь, в других же системах достижение этого представляет более или менее значительные затруднения.

Для больших шлюзов, в целях лучшего наблюдения за отдельными операциями по шлюзованию, считают более целесообразным устраивать несколько кабин. В таком случае приводы, сосредоточенные в одной из кабин, связывают с приводами, сосредоточенными в прочих, однако эту связь делают таким образом, что приводами можно действовать независимо от прочих приводов; в этом случае одну из кабин делают централизованной для всех остальных.



Фиг. 313.

Связь между приводами и управлением прочим оборудованием осуществляют таким образом, чтобы в случае надобности можно было пользоваться любым из них вне зависимости от остальных и управлять им не только из кабины, но и непосредственно на месте, кроме того, чтобы в любой момент можно было прекращать движение каждого из них, находящегося в ходу.

Для большей уверенности в правильной работе механизмов кабины иногда снабжают указателями положения ворот, щитов, тяговых механизмов и сигналов. Указатели положения устраивают или в виде небольших моделей шлюзов, на которых ворота, щиты и различные принадлежности шлюзов находятся в таком же положении, как и на самих шлюзах, либо в виде ламп или стрелок (повторителей), показывающих положения ворот, щитов, сигналов и пр., первые различными цветами, а вторые посредством различных направлений стрелок.

Для отдачи распоряжений судоводителям кабины иногда снабжают громкоговорящими.

На фиг. 313 можно видеть современный центральный аппарат для управления приводами, действующими например сжатым воздухом (шлюз у Кеокука на р. Миссисипи).

У нас централизация приводов и их взаимозамыкание осуществлено в шлюзе у Волховской гидроэлектростанции.

Сопоставляя положительные и отрицательные стороны применения для шлюзных механизмов различных видов энергии относительно энергии электрической, можно прийти к следующему выводу: хотя применение ее и представляет некоторые затруднения, требуя для проводки через шлюзы хорошо изолированных кабелей и предохранения моторов от воды, и хотя она отличается некоторой ненадежностью при эксплуатации, однако имеет весьма важные преимущества перед другими, как-то: отсутствие чувствительности от изменений температуры, легкость передачи вдоль шлюзов, возможность быстрой установки добавочных механизмов, опрятность, удобное устройство тяговых приспособлений, экономичность в эксплуатации, применимость для освещения и легкость централизации приводов и приведения их во взаимную связь.

Что касается применения гидравлической энергии, то, отмечая солидность и простоту устройства механизмов, служащих для ее получения и расходования, а также отсутствие влияния на эти механизмы воды извне, приходится указать на отрицательные стороны его, как-то: медленность работы приводов, расход воды, независящий от нагрузки, и вследствие этого излишняя затрата работы на получение энергии, затруднения и даже невозможность пользоваться энергией в случае больших падений температуры, когда можно опасаться замерзания воды, бесполезный расход воды, происходящий вследствие неплотностей в стыках труб во время колебаний температуры, невозможность применять эту энергию для освещения и большие затруднения, связанные с централизованной системой управления приводами.

В отношении пневматической энергии приходится отметить, что вследствие исключительно редкого ее применения для приводов шлюзов, пока еще не представляется возможным сделать окончательное заключение о целесообразности ее применения и сравнить с электрической и гидравлической.

§ 40. Постройки при шлюзах и полушлюзах. Устройство верхней поверхности прилегающей к ним территории

Верхнюю поверхность прилегающей к шлюзам или полушлюзам территории в тех случаях, когда она может подвергаться действию течения высоких вод, защищают укреплением, устраиваемым, например, в виде бетонных плит или мощения.

Если шлюзы или полушлюзы сделаны в выемках, то при одинаковых условиях таким же образом укрепляют также откосы и банкеты выемок.

Для возможности перехода через шлюзы устраивают мосты, нередко подвижные (фиг. 124), а для прохода по стенам в местах переломов их профиля, а также во входных частях голов шлюзов и в полушлюзах — лестницы (фиг. 101).

Для сообщения шлюзной территории с подвижным составом во время нахождения его в шлюзах и для осмотра или ремонта шлюзов, в камерах, в сберегательных бассейнах и в отдельных углублениях стен применяют лестницы (фиг. 41) и стремянки, опускаемые примерно до горизонта нижнего бьефа, а иногда и до флютбета (фиг. 10 и 29).

Устройство лестниц в углублениях камерных стен, имеющих вертикальные или близкие к ним лицевые поверхности, вследствие увеличения объема сливной призмы, является нежелательным.

Лестницы устраивают также для доступа к мостам и дюкерам, пересекающим шлюз или полушлюз, а также в надстройках, на которых размещают приводы, служащие для движения сегментных и подъемных ворот.

Для подхода к приводам цилиндрических и прочих шлюзов, направляемых особыми металлическими надстройками (фиг. 47), а также для прохода между надстройками, служащими для подъема сегментных и подъемных ворот, и обрезом кордона стен шлюза, устраивают пешеходные мостики, в первом случае постоянного типа, а во втором — откидываемые для пропуска ворот во время открытия и закрытия последних.

Для удобства проводки подвижного состава в ночное время шлюз освещают; для этой цели применяют газ или электричество.

К принадлежностям шлюзов или полушлюзов относятся также служебные здания, служащие для осуществления функций, необходимых для надзора за шлюзом и за порядком прохода через него подвижного состава. К принадлежностям относятся также жилые помещения *В* и *В* (фиг. 8 и 15) для персонала, обслуживающего шлюз или полушлюз, здания для механического оборудования шлюзов, механические приспособления для грузки, сараи и навесы для складывания ремонтных приспособлений (фиг. 8), материалов и запасных частей (см. стр. 189) и сторожевые будки.

Все эти устройства и здания защищают на случай затопления высокими водами либо посредством поднятия их на достаточную высоту, либо посредством оградительных валов; здания оборудуют водопроводом, канализацией, освещением и телефоном, а также устраивают удобные к ним подъезды, подходы, а если шлюз расположен в выемке или в насыпи, или же у крутых берегов, то лестницы по откосам.

§ 41. Основания определения пропускной способности шлюзов

Так как для прохода подвижного состава через шлюз требуется некоторое время T , то естественно шлюз обладает ограниченной пропускной способностью.

Время T зависит от скорости движения состава в подходах и в самом шлюзе, от скорости наполнения и опорожнения камер и от скорости открытия и закрытия ворот.

Для простого шлюза оно может быть определено выражением:

$$T = t_1 + t_2 + 4t_3 + t'_1 + t''_1, \quad (86)$$

где:

t_3 — время открытия или закрытия одних ворот, считаемое для каждой операции одинаковым и равным примерно от $\frac{1}{2}$ до 2 мин.,

t'_1 — время необходимое для ввода подвижного состава в шлюз,

t''_1 — " " " вывода " " из шлюза,

Прочие обозначения прежние.

Обозначая через:

v_1 — среднюю скорость ввода состава в шлюз,

v_2 — " " вывода " из шлюза,

L_1 — протяжение пути ввода,

L_2 — " " вывода,

имеем:

$$T = t_1 + t_2 + \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2} + \text{от 2 до 8 мин.} \quad (87)$$

и пропускную способность шлюза

$$N = \frac{1440 n}{T} Q, \quad (88)$$

где:

n — число навигационных суток,

Q — среднее количество груза, пропускаемого через шлюз за одно шлюзование.

Если шлюз устроен со сберегательными бассейнами, t_1 и t_2 должны быть определены с учетом времени необходимого для наполнения и опорожнения последних.

Наибольшая пропускная способность параллельных шлюзов, в промежуточных стенах которых устроены водопроводы для переливания воды из камер одной линии в камеры другой, может быть достигнута в том случае, когда во время переливания воды из камер одной линии в камеры другой в одной из камер подвижной состав поднимается, а в другой опускается.

Наибольшая пропускная способность многокамерных шлюзов при одностороннем движении может быть достигнута в том случае, когда между камерами, занятыми составом, остается свободной по крайней мере одна камера.

Отдел второй
СУДОПОДЪЕМНИКИ И СУДОВОЗНЫЕ ДОРОГИ
(наклонные плоскости)

Г Л А В А IX
СУДОПОДЪЕМНИКИ

§ 42. Идея устройства судоподъемников. Судоподъемники в виде весов. Гидравлические судоподъемники. Судоподъемник на поплавках

Для преодоления больших падений в каналах кроме шлюзов применяют еще особые сооружения, называемые судоподъемниками.

Судоподъемники образуют из камер, перемещаемых по вертикальному направлению из одного бьефа в другой при помощи сложных механических приспособлений.

Камерам дают такие размеры и наполняют водой настолько, что в них может быть помещен тот подвижной состав, который должен быть пропущен за одно шлюзование. Их закрывают со стороны бьефов особыми воротами. Бьефы со стороны камер также закрывают воротами.

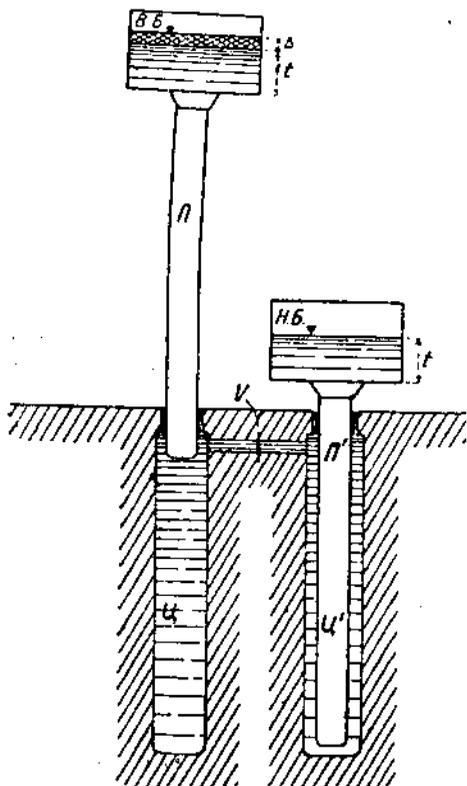
Вследствие перемещения камер из бьефа в бьеф вместе с ними перемещается и введенный в них подвижной состав.

Самый процесс шлюзования заключается в следующем: для перемещения из нижнего бьефа в верхний сначала открывают ворота, закрывающие нижний бьеф и нижние ворота камеры, и вводят подвижной состав в камеру, затем закрывают ворота и удаляют оставшуюся между ними воду, после чего поднимают камеру. После достижения камерой верхнего бьефа пространство между верхними воротами камеры и воротами верхнего бьефа заполняют водой, затем открывают ворота и выводят подвижной состав из камеры в верхний бьеф.

Для пропуска подвижного состава из верхнего бьефа в нижний операции ведут в обратном порядке.

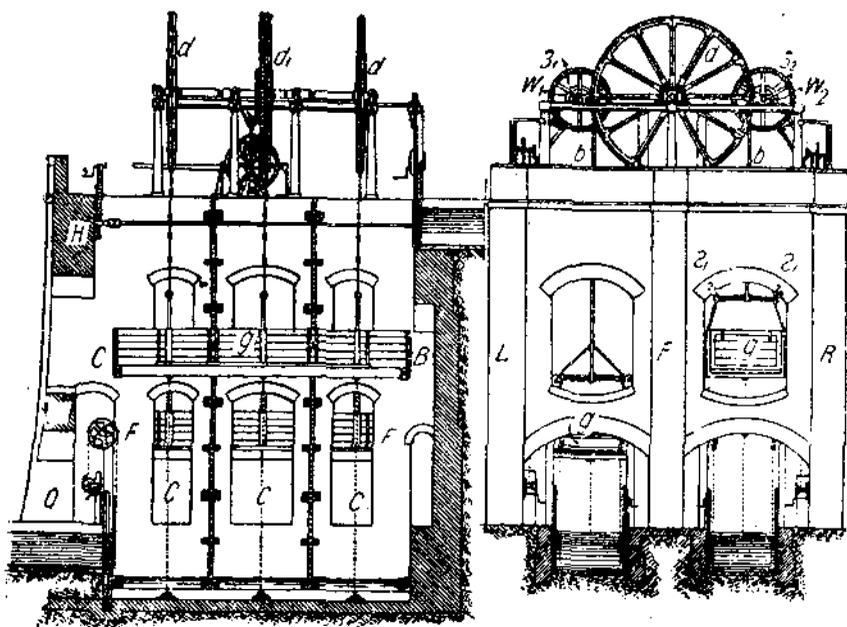
Силой, побуждающей камеру подниматься и опускаться, является в большинстве судоподъемников слой воды высотой Δ (фиг. 314), впускаемый в камеру из верхнего бьефа.

Подобно тому, как мы видели в шлюзах (см. § 1), также и в судоподъемниках, при вводе подвижного состава в камеру вода из нее вытесняется



Фиг. 314.

в прилегающий бьеф и при выводе пополняется из другого; таким образом во время прохода подвижного состава из нижнего бьефа в верхний — в нижний бьеф переходит объем воды, равный объему, вытесняемому подвижным составом, а во время прохода из верхнего бьефа в нижний — в верхний поступает такой же объем воды. Объем воды Qh , обычно переходящий в шлюзах из верхнего бьефа в нижний, в судоподъемниках сводится к крайнему минимуму, обусловливаемому лишь небольшими потерями в затворах и объемом Δ , необходимым для движения судоподъемника.



Фиг. 315.

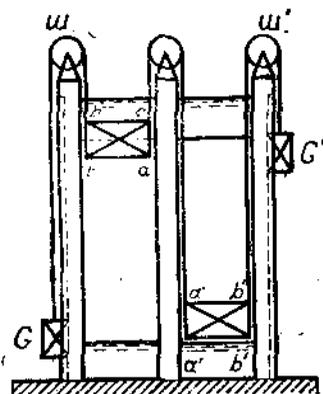
Так как вес камер и находящейся в них воды весьма значителен, то для облегчения подъема камер их уравнивают против весами. В качестве таких противовесов пользуются весом либо смежной камеры, либо металлических или бетонных грузов.

Применяя взаимное уравнивание камер g (фиг. 315), их либо связывают между собой посредством тросов или цепей b , перекинутых через шкивы d, d_1 и d_2 , либо прикрепляют к поршням Π и Π' (фиг. 314), которые погружают в сообщающиеся между собой цилиндры C и C' , наполненные водой под большим давлением (25—42 атм).

Так как устройство второй камеры не всегда является необходимым и может вызывать излишние расходы, наличие же противовесов угнетает судоподъемник, последний может быть устроен на полавках, погруженных в особые цилиндры.

Судоподъемник из двух камер, связанных одна с другой цепями Галля (фиг. 315), был устроен впервые в 1838 г. на канале, соединяющем р. Темзу с р. Северном, для преодоления падения 14,02 м судами грузоподъемностью около 8 т.

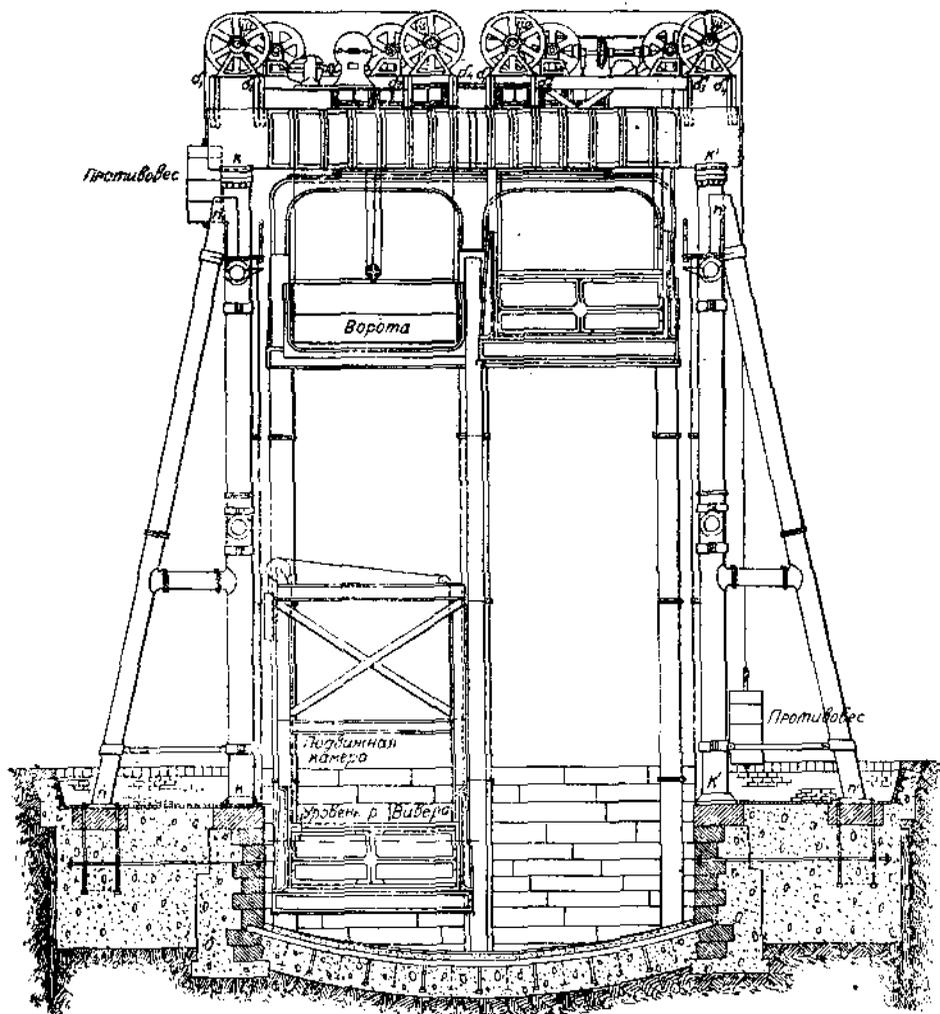
Камеры его g были сделаны из дерева и были закрыты деревянными подъемными воротами B и C . Они двигались между каменными подпорными стенами L, F и R . Со стороны нижнего бьефа подпорные стены были соединены вертикальной стеной HN , в которой для пропуска подвижного состава оставлены отверстия O , перекрытые сводами S .



Фиг. 316.

На стене F были расположены три шкива d , d_1 и d , через которые были перекинута соединяющие камеры цепи b , b . Средний шкив d_1 был снабжен зубчатым колесом, сцепленным с зубчатыми колесами z_1 и z_2 , насаженными на горизонтальные валы w_1 и w_2 , служащим для приведения его в движение и для торможения. Приводы его ручные.

Для приведения в движение судоподъемника пользовались слоем воды высотой 5 см, впускаемой в камеры из верхнего бьефа.



Фиг. 317.

Неудобство этого судоподъемника заключалось в стеснении габарита подвижного состава, который для ввода в камеры должен был быть проведен под горизонтальными балками z_2 и z_1z_1 , служившими для прикрепления подъемных цепей.

Для устранения этого неудобства инж. Грагам предложил соединить камеры посредством цепей, прикрепленных лишь по продольным стенкам aa и $a'a'$ (фиг. 316) камер, и уравновесить их противовесами G и G' . Противовесы он предложил подвесить к цепям, прикрепленным к камерам по стенкам bb и $b'b'$ и перекинутым через шкивы $ш$ и $ш'$, установленные на боковых стенах.

Судоподъемник, камеры которого построены судоподъемники на Таунском канале. Судоподъемник, камеры которого уравновешены также особыми грузами (фиг. 317), применен в 1908 г. для преодоления падения 15,4 м у Андертона на канале, соединяющем р. Вивер с Трент-Мерсейским каналом, судами грузоподъемностью около 100 т.

Для надлежащего направления камер во время подъема и опускания на бетонных фундаментах установлены металлические трубчатые колонны kk и $k'k'$, подпертые трубчатыми подкосами nn_1 и $n'n'_1$ и связанные поперечными балками, которые в свою очередь связаны продольными $b_1—b_4$. На продольных балках установлены шкивы $ш, ш, ш'$ и $ш'$, через которые перекинута тросы, прикрепленные с одной стороны к камерам, а с другой — к противовесам.

Для приведения шкивов в движение установлены электромоторы.

Камеры со стороны бьефов закрыты подъемными воротами, уравновешенными противовесами и приводимыми в движение также электромоторами.

Управление приводами сосредоточено в централизованной кабине, расположенной на мосту, устроенном в подходе к судоподъемнику со стороны верхнего бьефа.

Судоподъемники с камерами, покоящимися на гидравлических поршнях, образуют следующим образом:

Камеры устраивают из железа и располагают каждую на одном поршне.

Поршни погружают в цилиндры $Ц$ и $Ц'$ (фиг. 314), которые соединяют друг с другом горизонтальным трубопроводом, закрываемым задвижкой V . Для приведения в движение камер открывают задвижку, тогда камера, в которую впущен слой воды A , опускается и поршень ее вытесняет воду из соответствующего ей цилиндра в другой, вследствие чего другая камера поднимается.

Для закрытия бьефов и камер судоподъемников этого типа применяют либо подъемные ворота, либо вращаемые на горизонтальных осях и укладываемые на флютбет; пространство между воротами перед сравнением горизонтов воды в бьефах и в камере закрывают снизу и с боков возможно плотнее, например посредством резиновых шланг, внутрь которых впускают сжатый воздух или воду под большим давлением.

Перед открытием ворот пространство между воротами наполняют водой, выпускаемой из камеры через отверстия в воротах, закрывающих камеру.

Для направления движения камер во время подъема и опускания устраивают по обеим сторонам их либо каменные или бетонные стены, либо металлические башни, связанные одна с другой в продольном и поперечном направлении железными фермами.

Судоподъемники этого типа были применены на следующих каналах:

№№ по порядку	К а н а л	Преодоле- ваемое па- дение в м	Грузопод- ъемность под- вижного со- става в т	Местонахождение	Год постройки
1	Неффоссе—во Франции	13,1	до 3 0	Ле-Фонтинетт близь С. Омера	1888
2	Трентский—в Канаде	20,0	„ 1000	Петерборо	1903
3	„ „ „	14,8	„ 1000	Киркфильд	1907
4	Центральный—в Бельгии	15,4	„ 400	Лялувер	1893
5	„ „ „	16,9	„ 400	Удан-Эмери	1910
6	„ „ „	16,9	„ 400	Бракенъи	1919
7	„ „ „	16,9	„ 400	Тъэ	1919

Примером наиболее значительных судоподъемников этого типа может служить судоподъемник у Киркфильда.

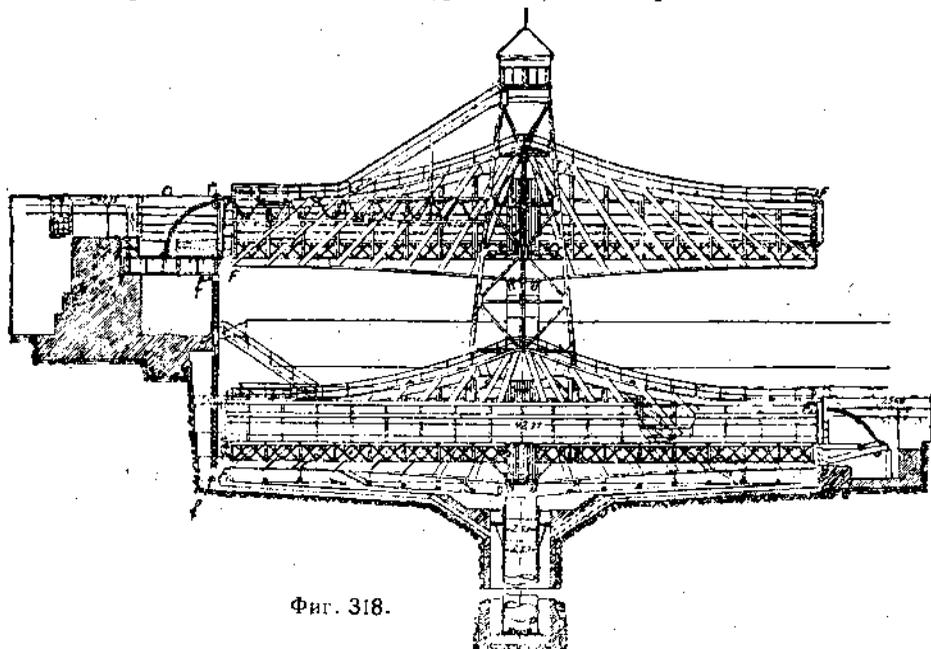
Он образован из двух камер, вмещающих каждая 1700 м³ воды.

Камеры его склепаны из железа и прикреплены к металлическим фермам FF и F_1F_1 (фиг. 318), покоящимся на поршнях p, p , отлитых из чугунных колец, соединенных по внутренним фланцам болтами. Поршни погружены в цилиндры, отлитые из стальных колец.

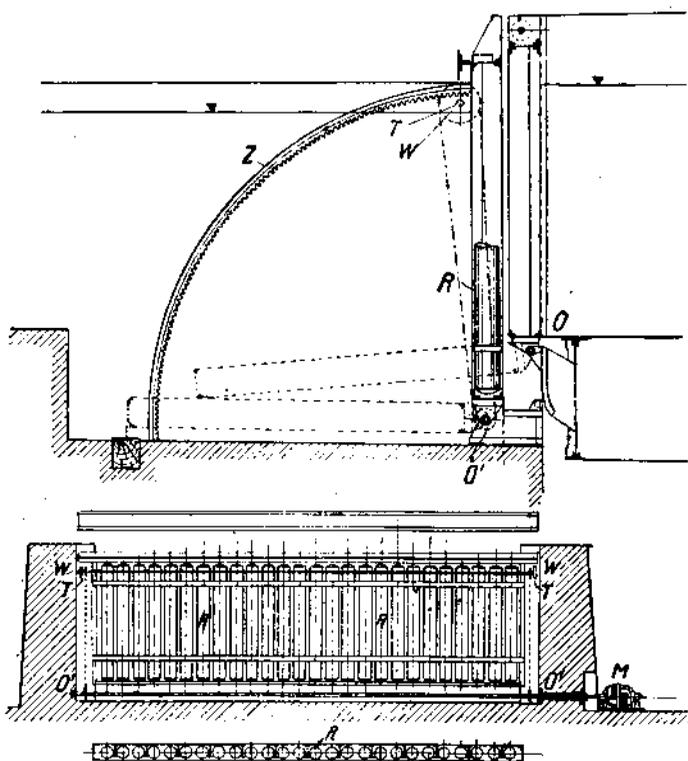
Для направления движения камер во время подъема и опускания на середине их длины устроены железные башни, связанные одна с другой поперечными горизонтальными железными фермами, а со стороны верхнего бьефа устроены вертикальные фермы ff . Башни и вертикальные фермы со стороны камер

снабжены гладкими металлическими полосами, по которым скользят ползуны, прикрепленные к камерам.

Ворота, закрывающие камеры и бьефы сделаны однополотными и поворачиваемыми на горизонтальных осях O (фиг. 319); они образованы из металлической



Фиг. 318.



Фиг. 319.

обшивки, из рамы, заполненной стойками, сделанными из двутаврового железа, и из полых труб R , последних предназначенных для сообщения воротам необходимой плавучести.

Для приведения ворот в движение пользуются горизонтальным валом WW с насаженными на него зубчатыми колесами T и T , сцепляющимися с зубчатыми дугами Z , прикрепленными к боковым стенкам подходов. Вал вращают бесконечной цепью, перекинутой через вал $O'O'$, приводимый в движение гидравлическим двигателем M .

Несмотря на ряд затруднений, которые встретились в процессе конструирования и производства работ по сооружению этих судоподъемников и заключа-



Фиг. 320.

лись главным образом в устройстве высоких стен, направляющих приспособлений, поршней и глубоких колодцев, они получили значительное распространение, так как отличаются небольшой сложностью механизмов, не подвергаются большому износу, имеют спокойный и достаточно быстрый ход, хорошее управление и регулирование.

Судоподъемник, устроенный на поплавках (фиг. 320), для судов грузоподъемностью 600 т, до настоящего времени получил единственное применение у Гейрихенбурга на Дортмунд-Эмском канале для преодоления падения 14,5 м.

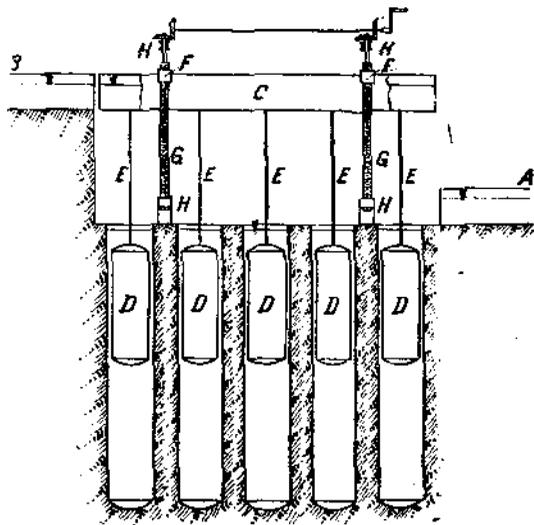
Он образован из пяти пустотелых железных цилиндров диаметром 8,30 м, погруженных в колодцы, наполненные водой и соединенные между собой горизонтальными трубами.

На схеме судоподъемника (фиг. 321) обозначены:

- A — нижний бьеф,
- B — верхний "
- C — подвижная камера,
- D — поплавки.

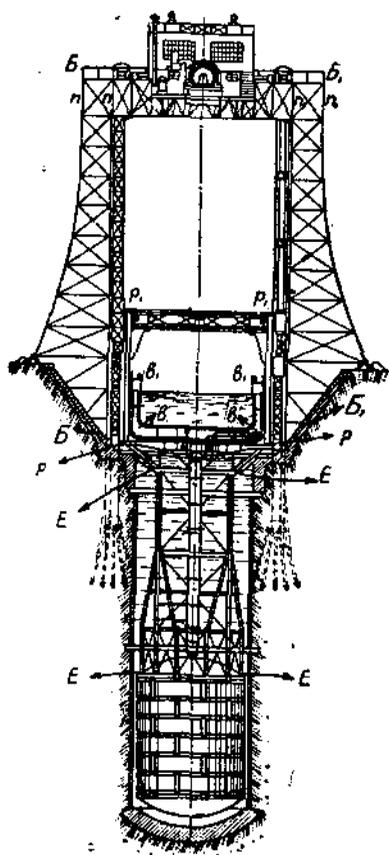
На поплавках посредством металлических пространственных ферм $E-E$ (фиг. 322) высотой около 17,9 м прикреплена на поперечных балках pp металлическая конструкция, образованная из продольных решетчатых ферм pp_1 и pp_1 , связанных поверху поперечными фермами p_1p_1 .

На этой конструкции посредством поперечных Γ -образных балок b_1bbb_1 прикреплена камера, обшитая с боков листовым железом, а снизу лотковым. Со стороны верхнего бьефа камера прикреплена неподвижно к поперечной



Фиг. 321.

балке, принадлежащей подвижной конструкции, а со стороны нижнего бьефа снабжена подвижными опорными частями, на которых она может перемещаться в случае продольных деформаций от изменений температуры. Бьефы и камеры закрыты подъемными воротами.



Фиг. 322.

Силой, побуждающей поплавок погружаться, является вес слоя воды (20 т) высотой 5 см, впускаемого в камеру из верхнего бьефа.

Для направления движения подвижной конструкции применены четыре железных башни *ББ* и *Б₁Б₁*, связанные поверху двумя продольными *пп* и *п₁п₁* и двумя поперечными фермами.

Для той же цели, а также для предохранения камеры от падения в случае повреждения поплавков, с внутренней стороны башен установлены вертикальные винтовые пустотелые штанги *Г, Г* (фиг. 321), по которым двигаются гайки *Ф, Ф*, прикрепленные к подвижной конструкции. Штанги приводят во вращение электромоторами, расположенными наверху ферм, связывающих башни.

Главное затруднение во время сооружения этого судоподъемника заключалось в устройстве глубоких колодцев для поплавков, которые пришлось опускать на глубину около 35 м. Обделка таких колодцев была выполнена снизу посредством ребристых чугунных плит, наверху посредством бетонной кладки.

Для приведения в движение механизмов, управляющих движением судоподъемника и его оборудованием, при нем устроена силовая станция мощностью 220 лошадиных сил.

Управление приводами штанг и ворот устроено из централизованной кабины и приведено во взаимную связь.

Продолжительность двойного шлюзования посредством этого судоподъемника определялась приблизительно 25 минутами.

Г Л А В А X

СУДОВОЗНЫЕ ДОРОГИ (НАКЛОННЫЕ ПЛОСКОСТИ)

§ 43. Наклонные плоскости с продольным перемещением судов насухо. Наклонные плоскости с продольным перемещением судов в камерах наполненных водой. Наклонные плоскости с поперечным перемещением судов. Сравнение наклонных плоскостей с судоподъемниками

Транспортирование подвижного состава производят также по особо устроенным для этой цели сухопутным дорогам, называемым судовозными.

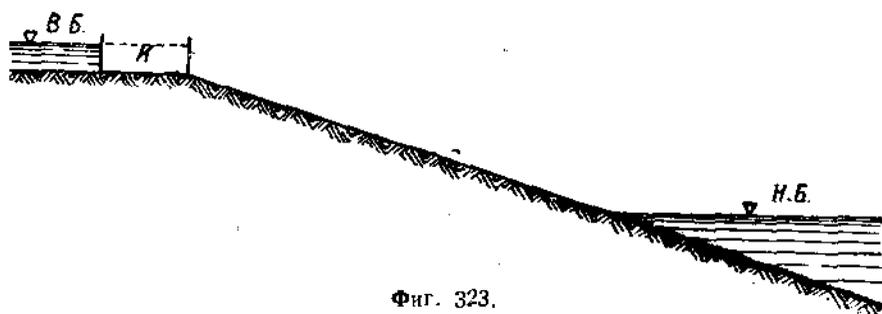
Первичными судовозными дорогами у нас можно считать старинные волоки, существовавшие в допетровской Руси между верховьями рр. Волги и Дона, Цны и Тверцы, Вытегры и Ковжи и друг., по которым, как свидетельствует голландский путешественник по России Н. Витзен в его сочинении „Noord en Oost Tartarye“ (Север и восток Татарии), тогдашние суда перевозили на катках, колесных ходах или на полозьях, а иногда и без всяких приспособлений, пользуясь скользкой травой.

Такие же дороги в виде наклонных плоскостей, направленных от водораздела к одному и другому бьефу, обделанных лежнями и покрытых сверху настилом, существовали издавна в Китае и в Бельгии. По этим плоскостям

суда перевозили насухо. Несмотря на небольшие высоты подъема и на незначительные размеры судов, перевозка судов вследствие несовершенства плоскостей отзывалась весьма неблагоприятно на их прочности.

Впоследствии благодаря ряду усовершенствований, внесенных в конструкцию плоскостей, их стали применять для более крупных судов, больших высот подъема, при этом с затратой сравнительно меньшей энергии и с большей безопасностью для перевозимых судов, чем раньше.

В настоящее время судовозные дороги существуют в виде наклонных плоскостей, значительно отличающихся по размерам, очертаниям и конструкции от упомянутых выше.

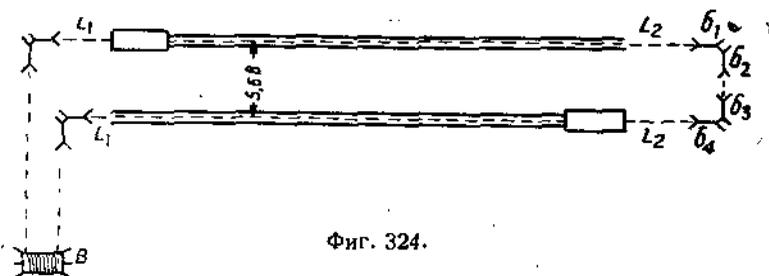


Фиг. 323.

Современным плоскостям дают прямые очертания в плане и однообразные скаты от верхнего бьефа к нижнему, или два ската — один от перевала между бьефами к нижнему бьефу, а другой — к верхнему.

В зависимости от расположения перевозимого по ним подвижного состава их разделяют на продольные и поперечные. В продольных большие измерения подвижного состава располагают по направлению длины скатов, а в поперечных — перпендикулярно ей.

Подвижной состав перевозят насухо на особых тележках или в камерах, наполненных водой. Тележек в большинстве случаев берут одну или две и для облегчения перевозки применяют в первом случае противовесы, а во втором взаимное уравновешивание одной из тележек посредством другой.



Фиг. 324.

Продольные наклонные плоскости с перевозкой насухо и с однообразным скатом вначале устраивали в верхнем бьефе с камерными шлюзами к (Фиг. 323), в которые после подъема тележек вводили поднятый подвижной состав. После закрытия нижних ворот камеры наполняли водой, верхний бьеф и затем после открытия верхних подвижной состав выводили в верхний бьеф. Обратное, для пропуска подвижного состава в нижний бьеф, камеры наполняли водой, затем из верхнего бьефа вводили подвижной состав, который опускали на тележки, после этого закрывали верхние ворота, опорожняли камеры, открывали нижние ворота и спускали в нижний бьеф.

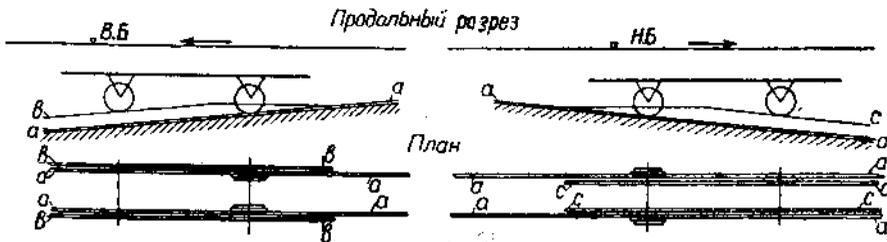
Такие плоскости в числе 23 были применены для преодоления падений от 11,0 м до 30,4 м на канале Моррис в САСШ для судов грузоподъемностью до 70 т.

Так как сооружение шлюзов в верхних бьефах оказалось весьма дорогим и неудобным для эксплуатации плоскостей, плоскости этого типа дальнейшего распространения не получили и были вытеснены двускатными; наиболее же

значительные из оставшихся на канале Моррис с течением времени были переделаны на двускатные.

Примером продольных двускатных плоскостей с перевозкой судов на сухо могут служить пять плоскостей Эльбинг-Оберландского канала, преодолевающих падения от 13,0 м до 24,5 м и служащих для перемещения судов грузоподъемностью до 60 т; из них четыре построены в 1860 г. и одна в 1880 г.

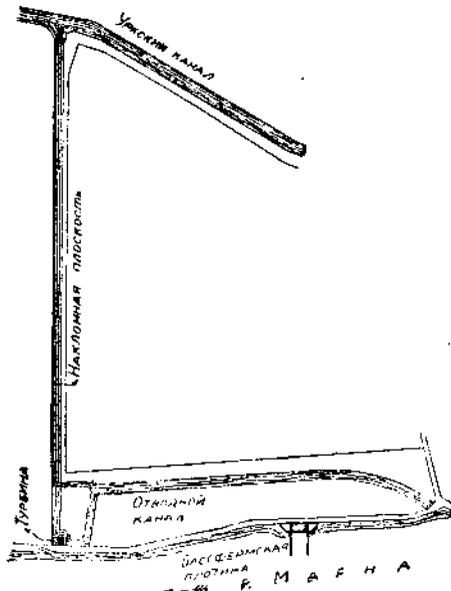
Эти плоскости устроены с рельсовыми путями, уложенными на большем протяжении скатов от перевалов к нижним бьефам с уклоном 1:12, на скатах же к верхним бьефам и в нижней части скатов к нижним с уклоном 1:24. По плоскостям перемещают две соединенных одна с другой посредством тросов L_1L_1 (фиг. 324) катучие тележки.



Фиг. 325.

Тросы L_1L_1 перекинуты через барабан B и навиг в различных направлениях; благодаря такому устройству, натягивая трос, поднимающий одну из тележек, трос, прикрепленный к другой тележке, спускают с барабана и опускают эту тележку под действием ее веса.

В обоих бьефах уложено по две дополнительных колес $в$ и $с$ (фиг. 325). Бандажи колес тележек устроены с ребрами, позволяющими катить одну ось по основной колее $а$, а другую по дополнительным, вследствие этого подвижной состав в начале и в конце движения поднимается и опускается в горизонтальном положении, и тем устраняются вредные напряжения в его корпусе.



Фиг. 326.

Для вытаскивания тележек из верхних бьефов к ним прикреплены так называемые задние тросы L_2L_2 , перекинутые через барабаны $б_1, б_2, б_3$ и $б_4$, расположенные в нижних бьефах; эти тросы помогают также довести тележки до нижнего положения в то время, когда тележки погружены в нижние бьефы.

Энергия, необходимая для вращения барабанов, находящихся в верхних бьефах, доставляется посредством использования перелопа воды верхнего и нижнего бьефов.

Двускатные наклонные плоскости могут быть устроены также с одной тележкой, неуравновешенной противовесами; тогда для ее передвижения по скатам плоскостей могут быть уложены зубчатки, с которыми сцеплены зубчатые колеса, насаженные на горизонтальных осевых валах; эти валы вращают в особых подшипниках, прикрепленных к той же тележке.

По этому принципу устроена наклонная плоскость выше г. Мо во Франции для судов грузоподъемностью до 70 т, преодолевающая падение 12,17 м между р. Марной и Уркским каналом (фиг. 326).

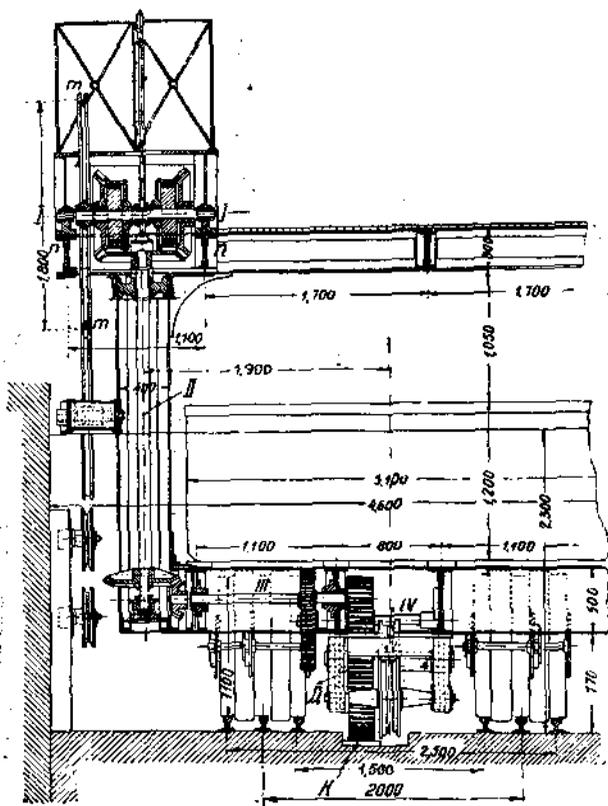
Этой плоскости дан уклон на скате к верхнему бьефу 1:16,7 и на скате к нижнему 1:25. Устройство рельсовых путей в обоих бьефах и ходовых частей

тележки аналогично устройству, принятому для наклонных плоскостей Эльбинг-Оберландского канала.

Для подъема тележек в нижнем бьефе установлена турбина мощностью 50 лошадиных сил, приводимая в движение перепадом воды р. Марны у Басфермской плотины, расположенной на р. Марне выше наклонной плоскости.

Турбина приводит в движение бесконечный трос *т* (фиг. 327), перекинутый через шкив, насаженный на горизонтальном валу *I-I*, который вращается в подшипниках *п* и *п*, прикрепленных к надстройке на середине длины тележки. Вращение вала передается, посредством промежуточных валов *II*, *III*, *IV* с насаженными на них зубчатыми колесами, движущим колесам *Д*, которые находятся в сцеплении с кремальерой *К*, уложенной на наклонной плоскости.

Так как перевозка судов насухо, во избежание значительных деформаций их корпусов, требовала значительного усложнения конструкций плоскостей, то с течением времени она была вытеснена перевозкой в камерах, наполненных водой. В настоящее время она сохранилась лишь для мелких судов в некоторых подпорных сооружениях Западной Европы, построенных на рр. Темзе (фиг. 15) (с применением конвейера), Майне и Дамэ, на Берлин-Штеттинском водном пути и на Тельтовском канале.



Фиг. 327.

Продольные наклонные плоскости с перевозкой судов в камерах, наполненных водой, устраивают односкатыми.

Они были применены впервые в 1849 г. у Блэкхилля вблизи Глазго на Монкландском канале для преодоления падения 29,28 м и затем в 1879 г. около Джорджтауна на канале, соединяющем р. Потомак с Чезапек-Огайским каналом, для преодоления падения 11,6 м.

Джорджтаунская наклонная плоскость предназначена для перевозки судов грузоподъемностью до 125 т по скату 1:12. Суда перевозят по ней в камерах длиной 34,12 м, шириной 5,1 м, покоящихся на 12 осях и уравновешенных двумя тележками с противовесами (фиг. 328).

Камера и тележки соединены тросами, перекинутыми через горизонтальные шкивы μ_1 , μ_2 , μ_3 и μ_4 , вращающиеся на вертикальных валах.

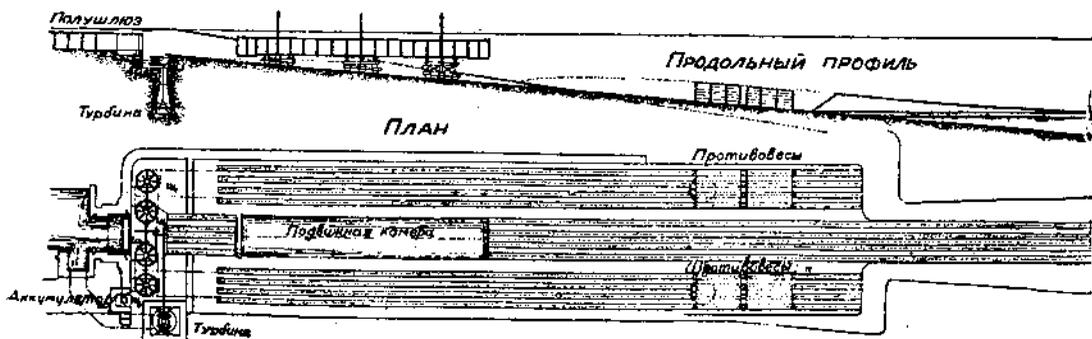
Для опускания камеры в нее впускают из верхнего бьефа воду и кроме того к шкивам прикладывают тяговое усилие, передаваемое посредством валов с зубчатыми колесами на вертикальные валы шкивов особой турбиной.

Впоследствии конструкция этой плоскости была значительно изменена. Это изменение заключалось в том, что количество перевозимой воды было доведено до такого минимума, что суда едва касались дна камеры.

Наклонная плоскость с поперечным перемещением принадлежит к более новому типу. Она позволяет преодолевать весьма значительные падения.

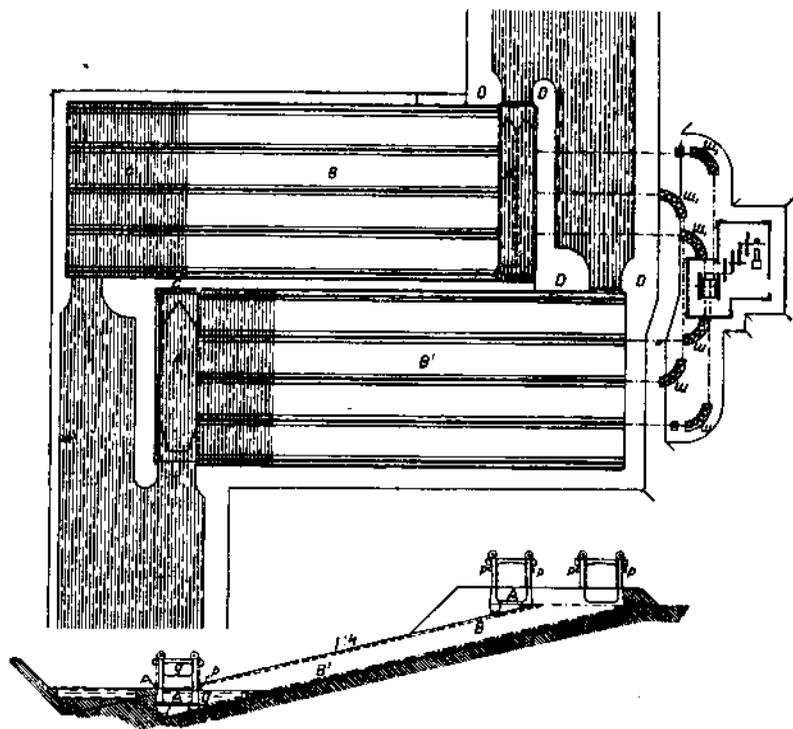
До настоящего времени она получила единственное применение в 1900 г. у Фокстова на канале Большого Соединения в Англии для преодоления падения 22,86 м судами грузоподъемностью около 70 т.

Эта плоскость оборудована четырьмя парами рельсовых путей B и B' (фиг. 329), уложенных с уклоном $1:4$. По рельсам передвигаются две тележки (фиг. 330) с камерами A и A (фиг. 329) длиной $24,4$ м, шириной $4,6$ м, наполненными водой; тележки связаны тросами, перекинутыми через горизонтальные шкивы $Ш-Ш_1$.



Фиг. 328.

В нижнем бьефе CC камеры погружают в воду, а в верхнем—прижимают посредством гидравлических прессов к частям бьефов DD и DD , примыкающим к наклонной плоскости.



Фиг. 329.

Камеры со стороны верхнего бьефа и подходные части последнего закрыты подъемными воротами g , движущимися в особых железных порталах. Ворота уравновешены противовесами $p-p$ и оборудованы гидравлическими приводными механизмами.

Энергия, необходимая для движения камер, доставляется посредством паровой машины.

Подъем судов совершается в течение 12 минут.

Главнейшие затруднения конструирования поперечных плоскостей встретились в достижении параллельности движения тележек; для устранения их одновременно был предложен ряд механических устройств, вкратце описанных на стр. 382—384 „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“, ч. III, т. VIII, 1914 г.; интересующиеся этими устройствами там же могут найти описание проектов не только поперечных плоскостей, но и продольных, предназначенных для перемещения подвижного состава весьма значительных размеров.

Из этого описания можно видеть, что наиболее трудная задача конструирования наклонных плоскостей заключается в том, чтобы возможно равномернее распределить нагрузки на наклонный путь. Ее до настоящего времени не удалось еще решить достаточно удовлетворительно, вследствие чего к применению наклонных плоскостей для судов большой грузоподъемности относятся с большой осторожностью.



Фиг. 330.

Продольные и поперечные наклонные плоскости в современной стадии разработки и осуществления имеют немало недостатков, из которых главнейшие следующие:

А) продольных: 1) ряд конструктивных затруднений, встречающихся в случае применения их для преодоления ими больших падений и для перевозки больших судов; 2) значительная высота тележек со стороны нижнего бьефа в случае большой длины перевозимого подвижного состава и большого уклона пути; 3) значительная длина наклонного пути, вызываемая необходимостью давать ему небольшие уклоны, и, наконец 4) колебания воды в камере во время движения, вредно отражающиеся на прочности как подвижного состава, так и камеры, и кроме того уменьшающие скорость перевозки.

Б) поперечных: 1) ряд затруднений в достижении параллельности движения камер и 2) необходимость удлинять протяжение водного пути на длину наклонных плоскостей.

Существующие плоскости, как видно из изложенного, несмотря на ряд присущих им недостатков, все же дают возможность преодолевать весьма значительные падения.

Сравнивая наклонные плоскости с судоподъемниками, приходится отметить ряд преимуществ первых перед вторыми, как-то: возможность применять их для больших падений; меньшие затруднения во время устройства фундаментов; вероятность меньшего подмыва фильтрационной водой; возможность сравнительно незначительными затратами увеличивать высоту падения; меньшая стоимость шлюзования подвижного состава для преодоления больших падений и наконец вследствие меньшего количества частей, находящихся в

воде, и большего удобства осмотра и ремонта меньшая стоимость эксплуатации.

По вопросу о применении судоподъемников и наклонных плоскостей для преодоления больших падений имел суждение X Международный судоходный конгресс, состоявшийся в 1905 г. в Милане, который вынес постановление в том смысле, что судоподъемники имеют преимущество перед наклонными плоскостями для падений до 25 м, для падений же, больших 25 м, преимущество должно быть отдано наклонным плоскостям.

Во всяком случае как судоподъемники, так и наклонные плоскости не получили до настоящего времени широкого распространения, а потому окончательных выводов о возможности применения осуществленных типов для различных случаев преодоления падений пока еще не представляется возможным сделать.

ЛИТЕРАТУРА

- Ф. Г. Зброжек. Курс внутренних водяных сообщений, 1897 и 1915.
 К. А. Акулов и С. А. Прокофьев. Материалы для проектирования камерных шлюзов. 1905.
 К. А. Акулов. Судходные каналы и их устройство 1912.
 И. В. Петрашень. Отчет о переустройстве Виртембергской системы. 1923.
 Н. П. Пузыревский. Устройство водных путей при невыгодных условиях местности и питания. 1908.
 Его же. Шлюзные ворота и пропуск судна через шлюз. 1924.
 Г. А. Козлов. Новые работы на водных путях Голландии. 1931.
 В. Е. Дячницкий. Работы по сооружению водного пути между оз. Ири и Атлантическим океаном. 1915.
 А. И. Фидман. Водные пути Германии. 1929.
 de Mas. Rivières canalisées. 1903.
 " Canaux. 1904.
 Bonnet. Cours de navigation intérieure 4 P. Canaux. 1922.
 Cuenot. Rivières canalisées et canaux. 1913.
 Jacquinet. Cours de navigation intérieure. Canaux. 1922.
 Handbuch der Ingenieurwissenschaften III Teil. Der Wasserbau
 5 Band. Binnenschiffahrt. Schiffahrtskanäle. Flusskanalisierung, 1906.
 8 Band. Schiffs schleusen. 1914.
 Engels. Handbuch des Wasserbaues. 1923.
 Emperger. Handbuch für Eisenbetonbau. 4 Band. 1926.
 Frezow. Der Wasserbau. 1920.
 Deutsch. Der Wasserbau. 1926.
 Struckel. Der Wasserbau. 1908.
 Franzius. Der Verkehrswasserbau. 1927.
 Sympher. Die Wasserwirtschaft Deutschlands und ihre neuen Aufgaben, 1927.
 L. Zweers. Sluizen 1910.
 P. V. Scharro. Waterbouwkundige Constructionen, 1919.
 Boldermann en Dwars. Waterbouwkunde, 1920
 Klir à Tolman. Stavitel'stvi Vodni. II tezy. průplavy, plavidlové komory, 1921.
 Guido Ferro. Navigazione interna. 1927.

Редактор М. Гришин

Техн. редактор М. Зильберберг

Уполн. Главлита 6-28629

ОГИЗ 1974—Т-12 в.

Заказ тип. 624.

Тираж 7155 экз.

Разм. бум 72×108 1/4—13 1/4 п. л.

92760 зн. в п. л.

Сдано в набор 25/XII—32 г

Подписано к печати 17/VI 33 г.



ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ:

БАХМЕТЬЕВ, Ю. Землечерпательные работы в портах. Стр. 142. Т. 4 225.
Ц. 1 р.

БЕРГ, В. КОРНЕВИЦ, Э. ЛЯХНИЦКИЙ, В. Портовые сооружения. (Расчетная часть). Под ред. проф. Ленинградского ин-та инж.вонд. тр-та В. Е. Ляхницкого. (Руководство для тр-тных втузов.) Стр. 426.
Т. 5:205. Ц. 7 р., пер. 75 к.

ВОДАРСКИЙ. Сплав грузов по внутренним водным путям. (Руководства и пособия для тр-тных техникумов.) Стр. 118. Т. 5 000. Ц. 1. р. 70 к.

КАЛИНОВИЧ, Б. Судходный шлюз и его расчет. Пособие для транспортных втузов и специалистов. (Руководства для тр-тных втузов.) Стр. 210. Т. 5 230. Ц. 3 р. 75 к., пер. 35 к.

КОРОЛЕВ, В. Морские портовые изыскания. (Серия „Овладей техникой“.) Стр. 39. Т. 6 250. Ц. 35 к.

КОРОЛЕВ, В. Гидротехнические сооружения в морских портах. Стр. 56. Т. 6 255. Ц. 65 к.

КОСТРОМИТИН, Н. Электрическое хозяйство портов. Стр. 183. Т. 5 255. Ц. 3 р. 50 к.

ЛЯХНИЦКИЙ, В. Морские порты. 2-е изд. перер. и доп. Стр. 367. Т. 5 255. Ц. 7 р. 50 к., пер. 1 р. 25 к.

С ЗАКАЗАМИ ОБРАЩАТЬСЯ
ВО ВСЕ ОТДЕЛЕНИЯ
и МАГАЗИНЫ
КНИГООБЪЕДИНЕНИЯ
НА МЕСТАХ.

Высылку единичных экземпляров
наложенным платежом производят:
Москва, 64, „КНИГА-ПОЧТОЙ“,
Ленинград, Проспект 25 Октября, 28,
Дом Книги „КНИГА-ПОЧТОЙ“.

