

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ И МЕЛИОРАЦИИ

КАФЕДРА: «ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ИНЖЕНЕРНЫЕ
КОНСТРУКЦИИ»

ВОДНЫЕ ПУТИ И ПОРТЫ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ



ТАШКЕНТ – 2013

Конспект лекций рассмотрен и рекомендован к опубликованию Научно-методическим Советом ТИИМ (протокол №9 от 02.07 2013 г.)

В конспекте лекций изложены общие сведения о водных путях, о типах судов, способах улучшения судоходных условий и схемы искусственных водных путей. Описаны типы, размеры системы питания и конструкции судоходных шлюзов, а так же приводятся способы гидравлических и статических расчетов их. Дана компоновка портов на внутренних водных путях и типы их сооружений.

Конспект лекций предназначен для бакалавров по направлениям образования 5580700 Гидротехническое строительство, 5650700 Эксплуатация гидротехнических сооружений и насосных станций.

Составил, д.т.н.: М.Р.Бакиев, профессор, д.т.н.
Е.И.Кириллова, доцент, к.т.н.

Рецензенты: Э.Д.Махмудов, директор
института “Водных проблем” АН РУ, д.т.н.
Б.Р.Уралов, зав.кафедрой ИВЭиНС ТИИМ,
доцент, к.т.н.

ВВЕДЕНИЕ

ВОДНЫЕ ПУТИ В ОБЩЕЙ СИСТЕМЕ ТРАНСПОРТА

Водными путями называют водные пространства и водотоки, которые используются для перевозки по ним грузов и пассажиров. Водными пространствами являются океаны, моря, озера, водохранилища, реки, их притоки и каналы.

Водные пути обычно разделяются на внешние - океанские, морские и внутренние - речные, озерные. Внутренние водные пути в свою очередь разделяются на естественные и искусственные.

Естественными внутренними водными путями являются реки и озера в их естественном состоянии. К искусственным - относятся ошлюзованные реки и водохранилища, а также судоходные каналы.

Для оценки роли внутренних водных путей в общей системе транспорта рассмотрим требования, предъявляемые к транспорту.

К современному транспорту предъявляются следующие требования:

- дешевизна перевозок;
- срочность перевозок;
- безопасность для перевозимых пассажиров и грузов;
- массовость перевозок;
- постоянство и регулярность перевозок.

Оценим, на сколько водный транспорт удовлетворяет этим требованиям и каковы его преимущества и недостатки.

Речной транспорт при надлежащей его организации - является наиболее дешевым из всех видов транспорта по следующим причинам:

- во-первых, значительно меньшая по сравнению с другими видами транспорта затрата энергии на перемещение грузов (меньше расходы топлива);
- во-вторых, относительно меньшие расходы на содержание подвижного состава, меньший процент веса мертвого груза (тары);
- в-третьих, значительно меньшие затраты на сооружение и содержание водного пути по сравнению с железнодорожным.

По срочности перевозок - речной транспорт отвечает в меньшей степени требованиям, чем другие виды.

В отношении безопасности движения, как показывает статистика, речной транспорт имеет преимущество перед железнодорожным, автомобильным и авиационным.

Под массовостью перевозок понимают, с одной стороны, приспособляемость транспорта для перевозки любого вида груза и, с другой, способность перевозить одновременно большое количество однотипных грузов.

Речной транспорт вполне отвечает этим требованиям, так как он может принимать к перевозке, как штучные грузы любых размеров (вплоть до собранных ферм стальных мостов), так и всякого рода навалочные грузы, следующие наливом.

Требованию регулярности и постоянства перевозок в наших климатических условиях речной транспорт полностью удовлетворяет

Целесообразность перевозки тех или других грузов по внутренним водным путям, в большей мере, зависит от географических и технических особенностей этих путей.

Географической особенностью внутренних водных путей является то, что плановое положение их определяется гидрографией и извилистостью речной сети. В связи с этим коэффициенты удлинения пути на внутренних водных путях больше, чем на сухопутных видах транспорта.

Основной технической особенностью водных путей является относительно малое сопротивление и небольшая скорость движения по ним судов.

Относительная дешевизна транспортирования грузов по воде привела к развитию, в некоторых государствах, смешанных водно-железнодорожных перевозок.

Целесообразны и экономичны так же водные перевозки многих грузов на судах смешанного плавания (типа “река - море”) между двумя речными портами в бассейнах разных морей или между морским и речным портами.

Краткие исторические сведения о водном транспорте

Использование водных пространств в качестве путей сообщения относится к самым древнейшим временам.

Первые исторические сведения о существовании портов относятся к третьему тысячелетию до нашей эры. Более чем за 500 лет до н.э. на затруднительных для плавания судов на веслах и парусах участках некоторых рек (в том числе Тигра и Евфрата) велись работы по регулированию русел. Примерно к этому же периоду времени относится и устройство первых судоходных каналов; известно, что за шесть веков до н.э. существовал канал от Нила к Красному морю.

В России еще до X в.н.э. существовал “великий путь из варяг в греки”, по которому наши предки плавали между Балтийским и Черным морями по северным рекам и по Днепру, перемещая лодки через водоразделы между их притоками по “волокам” и в обход днепровских порогов на бревнах-катках и других приспособлениях.

В Западной Европе, начиная с XIII- XIV вв. н.э. от судоходных рек к промышленно развивающимся и торговым городам стали строить открытые судоходные каналы. На отдельных мелководных притоках судоходных рек строились полушлюзы, представляющие собой, по существу, разборные щитовые водосбросы с судоходным отверстием, при попусках воды через которые небольшие суда того времени спускались до более многоводных и глубоких участков рек.

Камерные шлюзы на судоходных каналах, впервые позволившие судам свободно и безопасно преодолевать небольшие перепады, обусловленные рельефом местности по трассе каналов, стали строиться с XV в. Первое изображение камерного шлюза обнаружено в рукописях гениального средневекового ученого и художника Леонардо да Винчи (1452-1519), который считается изобретателем данного типа сооружения.

Развитие в XVI - XVII вв. в западной Европе (преимущественно в Англии и Франции) мануфактуры вызвало необходимость в доставке значительного

количества грузов к развивающимся промышленным центрам, городам и морским портам. Для обеспечения водных подходов к ним был построен ряд судоходных каналов и шлюзованы некоторые мелководные верховые участки рек, что позволило плавать по ним малым судам того времени (грузоподъемностью до 100-200 т).

В России в начале XVIII в. при Петре I был построен Ивановский канал, соединивший Оку с верховьями Дона, создана первая шлюзованная водная система - Вышневолодская, давшая небольшим судам возможность выходить с волги к Балтийскому морю, строились Приладожские обходные каналы.

В конце XIX - начале XX в. в Германии были построены новые участки Среднегерманского канала, каналы Липпе, Рейн - Герне и др. В США построили несколько судоходных каналов и шлюзовали верхние участки ряда рек - Огайо, Миссисипи и др. Новые судоходные каналы создали во Франции и Бельгии.

На Волхове на скальном основании был возведен судоходный шлюз с напором 10 м, введенный в эксплуатацию в 1926 г. - это первое крупное судоходное сооружение, построенное в России.

В 1928-1933 гг. между Белым и Онежским озером вошел в эксплуатацию Беломоро-Балтийский канал с 19 судоходными шлюзами, создавши выход к морю судам с Волги (через Мариинскую систему). Затем на Свири был построен Нижнесви́рский энергетически – транспортный гидроузел с судоходным шлюзом напором 12,5 м. Этот шлюз - первое крупное судоходное сооружение, возведенное в России на нескальных грунтах (на мягкой девонской глине).

1952 год вошел в строй действующих крупнейший Волго-Донской комплекс гидротехнических сооружений (воднотранспортных, энергетических и мелиоративных). Этот комплекс, состоящий из Волго-донского судоходного канала и Цимлянского гидроузла на Дону, дал выход водному транспорту из Волжского бассейна в Черное море.

В Центральной Азии на Каракумском канале возведены шлюзы, позволившие использовать его для судоходства. Судоходный шлюз с подходами к ним построен на Тахиаташском гидроузле основного ирригационного назначения (на Амударье).

ЛЕКЦИЯ № 1 (2 часа) **ТЕМА: "СУДА И СПОСОБЫ ТЯГИ"**

План:

1. Требования, предъявляемые к судам
2. Конструктивные элементы судов
3. Основные типы судов внутреннего плавания
4. Способы тяги судов.

Перевозка пассажиров и всех видов грузов по внутренним водным путям производится на судах и баржах.

Суда различного назначения должны отвечать следующим общим требованиям - плавучестью, остойчивостью, прочностью, ходкостью, поворотливостью и грузоподъемностью.

Плаучесть - это способность судна с полным грузом держаться на воде в нормальном положении, для чего подводная часть судна должна быть водонепроницаема. Запас плаучести судна связан с высотой подводного борта h_b при условии его водонепроницаемости и устанавливается для судов речного плавания в пределах от 0,2 до 0,8 м, а для озерного плавания - 2 м и более над уровнем воды.

Под остойчивостью судна подразумевается его способность при действии боковых сил, вызывающих крен, сохранять равновесие и способность его возвращаться к нормальному (вертикальному) положению при прекращении действия боковых сил.

Судно, как и всякое сооружение, должно удовлетворять условиям прочности. Поэтому прочность корпуса судна и всех его элементов должна обеспечиваться при различной нагрузке (вес двигателей, судовых устройств и груза) по длине и ширине, при любом положении его относительно ветровой волны, а так же при навале его на причальные сооружения при зачалке.

Грузоподъемность судов определяется как разность между водоизмещением судна с полным грузом и водоизмещением порожнего судна:

$$G = \gamma_v \delta_c l_0 b_0 S_c - \gamma_v \delta_n l_0 b_0 S_{c.n.} \quad (1.1)$$

где γ_v - плотность воды;

δ_n - коэффициент полноты водоизмещения судна в порожнем состоянии;

δ_c - коэффициент полноты водоизмещения судна с полным грузом;

$\delta_c = (0,85 \text{ } 0,9)$ - несудоходные суда и $\delta_c = (0,7 \text{ } 0,8)$ - для судоходных судов;

l_0 - длина судна;

b_0 - ширина судна

S_c - осадка судна;

$S_{c.n.}$ - осадка судна порожнем;

Полагая $\delta_n \approx \delta_c$ и $\gamma_v = 1 \text{ т/м}^3$, для приближенного определения грузоподъемности судов часто пользуются формулой:

$$G = \delta_c l_0 b_0 (S_c - S_{c.n.}) \quad (1.2)$$

Поворотливостью судна называется способность его вращаться под действием руля вокруг мгновенной вертикальной оси.

Для судов, плавающих по внутренним водным путям, имеющих часто узкий и извилистый фарватер, поворотливость судна имеет большое значение, чем для морских судов. В связи с этим для судов внутреннего плавания минимальный диаметр циркуляции $D_{ц.}$ по замкнутой кривой, которую судно описывает при максимальном угле поворота руля принимают:

$$D_{ц.} = 2R_{ц.} \leq 4l_c, \quad (1.3)$$

где l_c - наибольшая длина судна, м.

Ходкость - водоизмещающих судов зависит от сопротивления воды R их движению, на преодоление которого затрагивается работа двигателей. Общее сопротивление движению судна со стороны водной среды складывается из трех основных элементов:

- сопротивления трения между подводной поверхностью судна и обтекающим судно струями воды;
- водоворотного или вихревого сопротивления;
- волнового сопротивления.

Для судов, обращающихся по внутренним водным путям, необходимо учитывать скорость самого потока и живое сечение водного пути.

Соппротивление судна на ходу можно определить по формуле В.В.Звонкова

$$R = f \omega_c v_c^{1,83} + \delta \varphi O v_c^{1,7+0,15 v_c} \quad (1.4),$$

где: f - коэффициент трения, равный 0,17 для металлических судов и 0,23 - 0,25 для деревянных;

ω_c - смоченная поверхность судна, м²;

v_c - скорость движения судов, м/с;

δ - коэффициент полноты водоизмещения судна;

φ - коэффициент водоворотного сопротивления, для клинообразных судов;

$\varphi = 10,5$, для ложкообразных - $\varphi = (7 \div 8)$;

O - площадь погруженного мидельшпангоута.

Для получения величины сопротивления движения судна в ограниченном водном пространстве R_H вводят поправочный коэффициент K_e :

$$R_H = K_e R \quad (1.5)$$

где $K_e = [n / (n - (1 + 0,2 \delta^2 v_c^2))]^{2,25}$, (1.6),

где $n = F / O$, а F - площадь живого сечения реки или канала, м².

Как видим, сопротивление судна на ходу зависит от коэффициента полноты δ и с увеличением его увеличивается.

При уменьшении живого сечения водного пути сопротивление движению судна возрастает.

Конструктивные элементы судов

Конструкции судов весьма разнообразны и зависят как от типов судов, так и от основных материалов из которых они выполняются.

Корпус судна представляет собой коробчатую балку, состоящую из днища, бортов и палубы. Днища и борта составляют наружную обшивку судна. Обшивка судна поддерживается рядом балок, расположенных внутри судна в поперечном и продольном направлениях.

Поперечные балки, изогнутые по форме корпуса и расположенные вдоль судна на равных расстояниях друг от друга, называются шпангоутами.

Шпангоуты в стальных речных судах состоят обычно из одного или двух уголков. Второй уголок приклепывается с обратной стороны.

По днищу между обратным и прямым шпангоутным уголком от одного борта к другому укладываются листы, которые образуют так называемый флор. В палубных судах палуба поддерживается поперечными балками, называемыми бимсами.

Бимсы ставятся обычно в одной плоскости со шпангоутами, составляя вместе с ними замкнутые рамы. Бимсы выгибаются кверху для придания палубе выпуклой формы, облегчающей сток вод к бортам и увеличивающей продольную жесткость судна.

По середине пролета бимсы часто поддерживаются стойками - пиллерсами.

Продольные балки, идущие вдоль всего корпуса судна, называются кильсонами.

Продольная балка, идущая по днищу в диаметральной плоскости судна, называется килем или килевой балкой. В передней и задней оконечности судна килевая балка переходит в так называемые штевни, в передней части судна - форштевень и в задней части - ахтерштевень.

Для увеличения продольной прочности по бортам укладываются продольные балки, называемые бортовыми стрингерами или полками, а по палубе ставятся дополнительные листы обшивки, называемые палубными стрингерами. Продольные балки, располагаемые между бимсами, называются карлингсами.

Размеры судов

Основными размерами или, как их называют в судостроении, размерениями судна являются его длина, ширина и высота борта (рис.1).

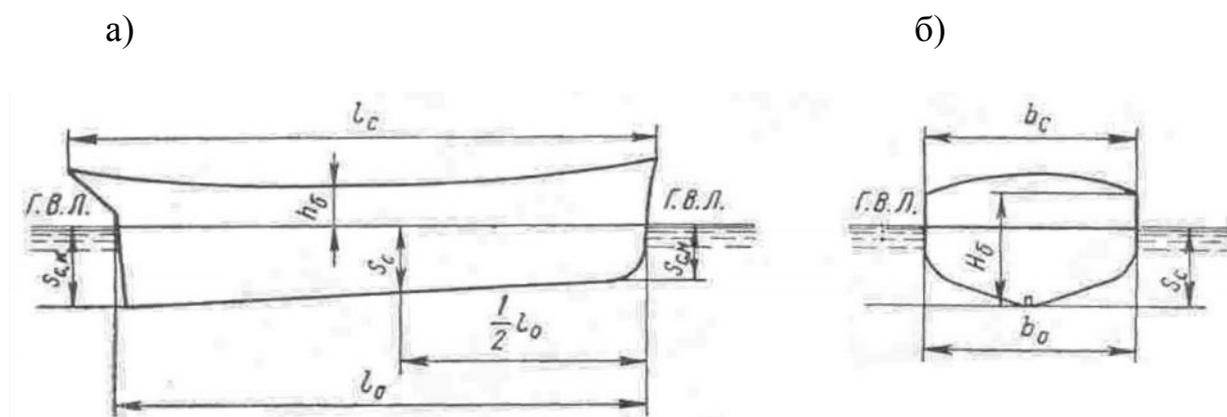


Рис.1. Основные и габаритные размеры судна.

а) продольный разрез по оси; б) поперечный по миделевому сечению;
 Г.В.Л. - грузовая ватерлиния; l_0 - длина судна; l_c - наибольшая длина судна;
 b_0 - ширина судна b_c - наибольшая ширина судна; $H_б$ - высота борта судна; S_c - осадка судна; $S_{c.н.}$ - осадка носом; $S_{c.к.}$ - осадка кормой.

Соотношения между приведенными выше основными размерами судна являются важными характеристиками его формы.

Отношение $l_c / H_б$, в большей мере определяют прочность корпуса судна, на судах внутреннего плавания: для судоходных судов это отношение равно (12-30), для несамоходных - (25-40).

Отношение l_0 / b_0 характеризует условия движения судов; чем больше отношение, тем судно быстроходнее. Для грузопассажирских судов внутреннего плавания это отношение равно (7-9), для несамоходных грузовых судов - (5 - 7).

Водоизмещением судна (весовым) с полным грузом W называют вес его вместе с грузом в тоннах. Оно численно равно (в пресной воде) объему подводной части судна, выраженному в кубических метрах,

Водоизмещение судна определяется по формуле:

$$W = \delta_c l_0 b_0 S_c, \quad (1.7)$$

где δ_c - коэффициент полноты водоизмещения судна с полным грузом.

Основные типы судов внутреннего плавания

Классифицировать суда можно по следующим признакам:

- по району плавания - на суда речные, канальные и озерные;
- по роду основного материала, из которого они выполнены - деревянные, стальные, железобетонные и смешанные;
- по способу перемещения - на суда судоходные и суда несудоходные;
- по назначению - на суда транспортные, промысловые, технические.

Способы тяги судов

Существуют два способа тяги несамходных судов по внутренним водным путям - буксирная и береговая. В настоящее время основной из них является буксирная тяга.

Буксирная тяга (рис.2), при которой несамходные суда перемещаются самоходным судном, бывают двух видов - за буксиром на канате или перед толкачом.

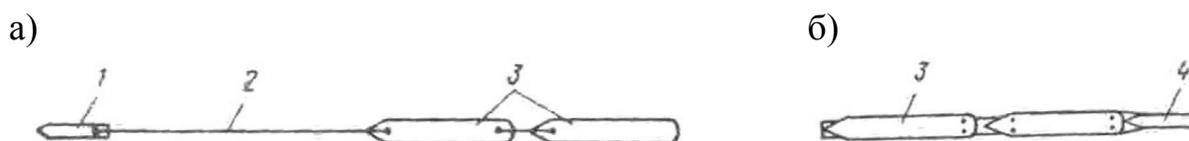


Рис.2. Буксирная тяга составов судов

- а) буксиром на длинном канате; б) толкачом; 1 -буксирное судно; 2-канат; 3-несамходные суда; 4-толкач.

Буксирное судно вместе с буксируемыми им судами называется буксирным составом или составом судов.

За буксиром суда и плоты ведутся на стальном канате, передний конец которого крепится на буксирном судне, а задний - на буксируемых несамходных судах.

Размещение несамходных судов в составе за буксиром зависит от способа буксировки, направления движения (вверх или вниз по течению), типов судов и условий плавания их по водному пути (скорость течения, кривизна русла, наличия судопропускных сооружений и т.п.).

При буксировке нескольких судов за буксиром против течения их обычно счаливают гибко одно за другим, с минимальным расстоянием между ними (рис.3,а). При буксировке нескольких судов по течению их иногда счаливают, устанавливая в два - три ряда бортами друг к другу (рис.3.б.). При этом основной канат крепят на среднем судне, а остальные счаливают между собой более тонкими снастями крест – накрест.

На водохранилищах и в озерах суда в составах, буксируемых на длинном канате, располагают в один ряд, на расстоянии не менее 30 м друг от друга.

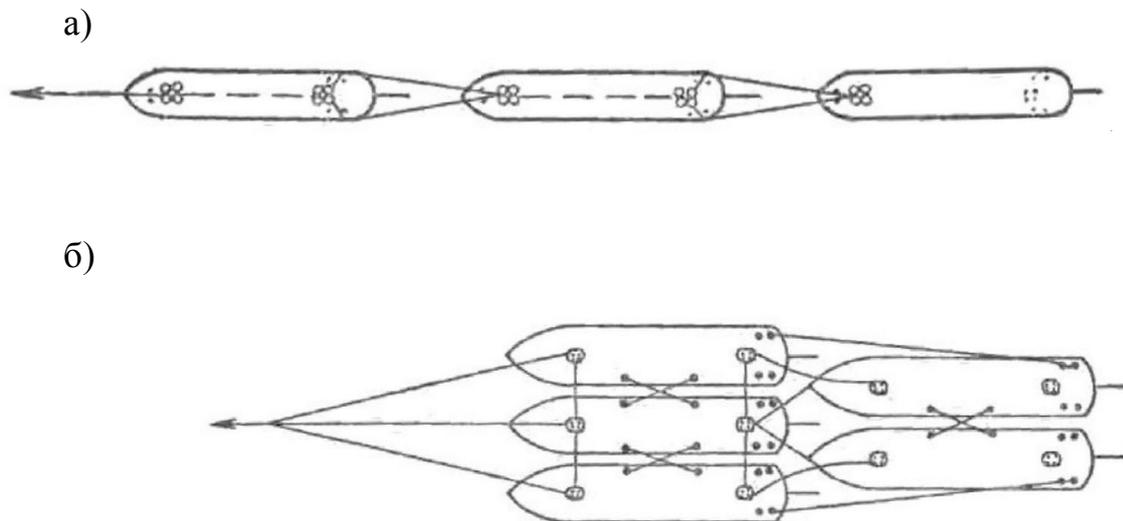


Рис.3. Расположения несамоходных судов в составах за буксирным судном
 а) при движении против течения; б) при движении по течению

Толкач располагается непосредственно за судами, на заднее из которых он передает тяговое усилие через упорные конструкции (рис.4).

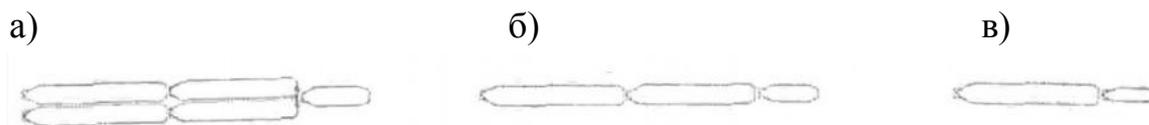


Рис.4. Толкаемые составы.
 а) из четырех судов; б) из двух судов; в) из одного судна, одинаковых судов; 1-суда; 2-толкач.

Береговая тяга судов с помощью канатов механическими двигателями (паровозами, позднее тракторами) широко применялась в прошлом на судоходных каналах.

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к судам?
2. Назовите основные конструктивные элементы судов?
3. Основные типы судов внутреннего плавания ?
4. Как можно определить основные размеры судов?
5. Какие бывают способы тяги судов?

ЛЕКЦИЯ № 2 (2 часа)

ТЕМА: "СУДОХОДНЫЕ РЕКИ В ЕСТЕСТВЕННОМ СОСТОЯНИИ И УЛУЧШЕНИЕ СУДОХОДНЫХ УСЛОВИЙ НА НИХ"

План:

1. Требования, предъявляемые судоходством к водному пути
2. Габариты водных путей
3. Судоходные глубины водного пути

4. Способы улучшения судоходных условий

Требования предъявляемые судоходством к водному пути

Для того чтобы реки в естественном состоянии могли быть использованы для целей водного транспорта, они должны удовлетворять следующим требованиям:

- при наименьшем судоходном горизонте реки должен быть сохранен фарватер; фарватер должен иметь везде глубины, достаточные для плавания судов с определенной осадкой, на ширине, допускающей свободное расхождение двух встречных возов; минимальный радиус закругления фарватера должен позволять свободно разворачиваться судну;

- имеющиеся на реке сооружения не должны стеснять движения судов по фарватеру;

- скорость течения реки в навигационный период не должна превышать величины допускающей движение отдельных судов или буксирных возов вверх по течению;

- русло реки в пределах фарватера не должно быть засорено предметами, мешающими безопасному движению судов: камнями, затонувшими деревьями и судами, частями старых сооружений;

- продолжительность навигации не должна быть слишком кратковременной (не только в паводок, но и в межень).

При решении вопроса о том, может ли река в естественном ее состоянии быть судоходной, необходимо учитывать общий гидрологический режим речного русла

Русло равнинной реки в плане, как известно, обычно представляет собой ряд меандр, т.е. плавно сопрягающихся между собой извилин. Такое расположение реки в плане обусловлено ее эрозийной деятельностью и является наиболее устойчивым для рек, протекающих в широких поймах, образованных отложениями самой реки. В то же время эрозийные процессы, продолжаясь постоянно, вызывают постепенное перемещение меандр вниз по течению реки (рис.5).

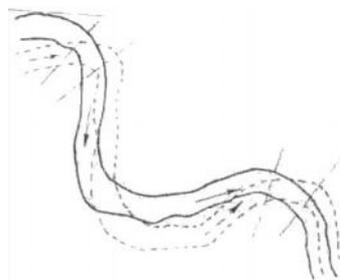


Рис.5. Передвижение меандр реки

Очертанию реки в плане соответствует и подвижной ее рельеф. Русло реки состоит из ряда углубленных мест - плесов, расположенных в пределах извилин с наибольшими глубинами у вогнутых подмываемых берегов, разделенных более мелкими местами - перекатами, располагающимися обычно на прямых участках рек и между двумя извилинами.

Продольный профиль реки, построенный по линии наибольших глубин, представляет собой волнистую линию с чередующимися плесами и перекатами (рис.6).



Рис.6. Продольный профиль участка реки

Перекат, имеющий наименьшую на данном участке реки глубину и определяющий допускаемую осадку судов, называется нормирующим.

Уклоны поверхности воды на плесах и перекатах различны. В межень при малых расходах уклоны поверхности воды на перекатах больше, чем на плесах и происходит размыв перекатов.

Во время высоких вод уклоны поверхности потока в пределах плесов оказывается больше, чем на перекатах. В это время происходит усиленный размыв дна в плесах и отложение наносов на перекатах.

Что касается радиусов закругления реки, то они редко бывают меньше трехкратной ширины реки. Фарватер, обычно имеет несколько большую кривизну, чем геометрическая ось русла.

Габариты водных путей

Судоходство совершается не по всей ширине реки или озера, а по судовому ходу (или иначе фарватеру), которым называется водная полоса с глубиной и шириной при проектных уровнях воды, не менее гарантийных. Эта полоса обозначается специальными знаками речной или озерной обстановки и располагается в той части водного пути, где имеется меньше препятствий.

Основные размеры судового хода, обуславливающие размеры плавающих по нему судов и плотов, называют габаритами водного пути. К ним относятся глубина на самых мелких перекатах, ширина судового хода, радиусы его закруглений, размеры гидротехнических сооружений на искусственных водных путях (длина и ширина камер шлюзов), размеры мостовых отверстий (ширина мостового отверстия измеряется в свету между мостовыми опорами, а высота - от низа фермы пролетного строения моста до наивысшего расчетного судоходного уровня воды).

Гарантийные габариты (глубина, ширина, радиусы закруглений) устанавливаются или как минимальные навигационные или как дифференцированные (в зависимости от уровней воды).

Основным ориентиром при планировании, проектировании и производстве работ по улучшению судоходных условий рек является так называемый проектный уровень воды, за который принимается один из низких навигационных уровней, имеющих обеспеченность (95 - 99)% для магистральных рек и (80 - 95)% для путей местного значения.

Судоходные глубины водного пути

Одним из основных условий судоходства на реке является наличие по всей длине фарватера глубин, допускающих проход судов с определенной осадкой.

Это условие выражается следующей зависимостью:

$$H_{\text{сmin}} = S_{\text{сmax}} + \sum \Delta S, \text{ м} \quad (2.1)$$

где

$$\sum \Delta S = \Delta S_{\text{с}} + \Delta S_{\text{д}} + \Delta S_{\text{в}} + \Delta S_{\text{н}}$$

$\Delta S_{\text{с}}$ - минимальный (килевой) запас под днищем судна, принимается равный (0,1 - 0,3) м;

$\Delta S_{\text{д}}$ - увеличение осадки судна при движении;

$\Delta S_{\text{в}}$ - запас глубины на волну;

$\Delta S_{\text{н}}$ - запас на отложение наносов, примерно принимается равным (0,2 ÷ 0,5) м.

Увеличение осадки судна при движении его по мелководью может быть приближенно определено по формуле:

$$\Delta S_{\text{д}} = K_{\text{д}} \left(K_{\text{д}}^2 - 1 \right) \sqrt{\left(\frac{S_{\text{с}}}{h_{\text{с}}} \right) \left(\frac{v_{\text{с}}^2}{2g} \right)} \quad (2.2)$$

где $K_{\text{д}} = 1,8 - 0,1 (l_0 / v_0)$

При движении или отстое судов на озерах, водохранилищах, в бьефах и других акваториях требуется дополнительный запас глубины на волну. Величина этого запаса определяется по формуле:

$$\Delta S_{\text{в}} = 0,3 h_{\text{в}} - \Delta S_{\text{с}}, \quad (2.3)$$

где $h_{\text{в}}$ - расчетная высота волны.

Ширина фарватера

На разных участках естественных и искусственных водных путей ширина судового хода (фарватера) B_0 зависит от установленного порядка движения - двустороннего или одностороннего, от бокового воздействия ветра и течения, от кривизны судового хода и радиуса его закругления.

Ширина двустороннего судового хода на прямолинейных участках, при наибольшей грузовой осадке судов должна быть больше или равна:

$$B_0'' \geq B_{\text{ст1}} + B_{\text{ст2}} + a_{\text{с}} + 2a_{\text{б}}, \quad (2.4)$$

где $B_{\text{ст1}}$ и $B_{\text{ст2}}$ - ширина наибольших расходящихся судов;

$a_{\text{с}}$ и $a_{\text{б}}$ - соответственно запасы между судами, а так же между ними и откосами грунта.

При одностороннем движении ширина судового хода определится как

$$B_0' = B_{\text{ст}} + (1,2 \div 1,3) 2a_{\text{с}}, \quad (2.5)$$

По условию безопасности движения судов

$$a_{\text{сmin}} = 0,2 V_{\text{ст}} \text{ и } B_0'' \geq V_{\text{ст}} \quad (2.6)$$

Для крупных судов ширину судового хода рекомендуется принимать

$$B_0'' \geq 2B_c + 0,07 l_c + 2a_c \quad (2.7)$$

Радиусы закруглений и уширения судового хода на кривых

Судоходные суда, а также жестко счalenные толкаемые составы несудоходных судов могут свободно двигаться по криволинейным судовым ходам с радиусом круговых кривых

$$R_{\text{min}} \geq 4 l_{\text{ст}}, \quad (2.8)$$

где $l_{\text{ст}}$ - длина жестко счalenного состава или самоходного судна.

Для буксировки же гибко счalenного состава судов радиус кривых судового хода

$$R_{\text{min}} \geq 5 l_c \quad (2.9)$$

где l_c - длина наибольшего несамоходного судна.

Ширина судового хода на криволинейных участках увеличивается, поэтому для определения величины этого уширения используется формула:

$$\Delta B_0'' = 2 \cdot 0,35 l_{\text{ст}}^2 / R, \quad (2.10)$$

На кривых участках с $R > 20 l_{\text{ст}}$ судовые хода не учитывают.

Классификация водных путей

Внутренние водные пути подразделяют на категории только по судоходным глубинам. Классификация водных путей приведена в таблице №1.

Таблица №1

Категории водного пути	Глубина судового хода, (м)	
	наименьшая гарантированная	используемая флотом
I - сверхмагистралы	более 2	более 3
II - магистралы	1,1 - 2,6	1,65 - 3
III - пути местного значения	0,6 - 1,4	1 - 1,65
IV - малые реки	0,45 - 0,8	до 1,0

Многие реки в естественном состоянии не удовлетворяют требованиям судоходства по своим глубинам, радиусам закруглений, засоренности и нуждаются в специальных технических мероприятиях для приведения их в судоходное состояние.

Способы улучшения судоходных условий

Для организации на реках правильного судоходства необходимо провести ряд технических мероприятий, таких как: навигационное ограждение, руслоочищение, выправление русла, дноуглубление, регулирование стока, строительство шлюзов и каналов.

Из отмеченных мероприятий руслоочищение, выправление русла и дноуглубление мало изменяют естественный режим рек, но в то же время являются в основном мерами по улучшению судоходного состояния естественных водных путей.

Регулирование стока, строительство шлюзов и каналов, наоборот, коренным образом меняют естественный режим рек и переводят их в разряд искусственных водных путей.

Навигационное ограждение, как средство обеспечения безопасности судоходства, одинаково применяется и на естественных и на искусственных водных путях.

Руслоочищение может применяться как на естественных, так и на искусственных водных путях, но больше всего - на естественных.

Контрольные вопросы

1. Требования, предъявляемые судоходством к водному пути?
2. Как определить габариты водных путей?
3. Категории водного пути?
4. Способы улучшения судоходных условий рек?

ЛЕКЦИЯ № 3 (2 часа)

ТЕМА: "ИСКУССТВЕННЫЕ ВОДНЫЕ ПУТИ"

План:

1. Основные виды искусственных водных путей
2. Компоновка судопропускных сооружений в гидроузлах и на каналах
3. Обходные и подходные судоходные каналы
4. Межбассейновые воднотранспортные соединения

На реках и их притоках, находящихся в естественном состоянии, расходы воды, а следовательно, и гарантированные судоходные глубины уменьшаются вверх по течению. Увеличение судоходных глубин дноуглублением или выправлением русла невозможно. Все это вызывает необходимость создания искусственных водных путей.

Основные виды искусственных водных путей

В зависимости от своего назначения и характера искусственные водные пути подразделяют на следующие виды:

- шлюзование реки;
- обходные и подходные судоходные каналы;

- межбассейновые воднотранспортные соединения

Шлюзование рек

Шлюзованием реки называется радикальный способ увеличения судоходных глубин возведением на ней ряда гидроузлов, повышающих в период навигации уровни воды в реке по сравнению с имевшимся в естественном ее состоянии.

Для увеличения судоходных глубин на всем ошлюзованном участке реки расположение гидроузлов и напоры воды на них должны быть такими, чтобы подпор от нижележащего гидроузла обеспечивал в нижнем бьефе вышележащего заданные судоходные глубины. При этом река разделяется гидроузлами на ряд бьефов.

Общая схема шлюзования мелководного участка реки зависит кроме природных условий в первую очередь от характера намечаемого использования его и проектной судоходной глубины на нем.

Технические схемы шлюзования существенно различаются, когда:

- шлюзование реки проектируется только в транспортных целях - для улучшения судоходных условий;
- каскад гидроузлов на реке проектируется для комплексного использования ее водных ресурсов - в интересах, как водного транспорта, так и в других отраслях водного хозяйства (энергетики, мелиорации, водоснабжения и т.д.).

Шлюзование реки требует постройки плотин. Для сквозного увеличения транзитных глубин расположение плотин и их высота должны быть подобраны таким образом, чтобы подпор от нижележащей плотины распространился до вышележащей и глубины непосредственно ниже каждой плотины, соответствовали заданным. При этом река разбивается на ряд сопрягающихся между собой бьефов.

Переход судов из одного бьефа в другой совершается при помощи специальных сооружений - камерных шлюзов или судоподъемников, располагаемых либо в самом речном узле, либо в особом обходном канале.

Рассмотрим схему шлюзования реки (рис.7)

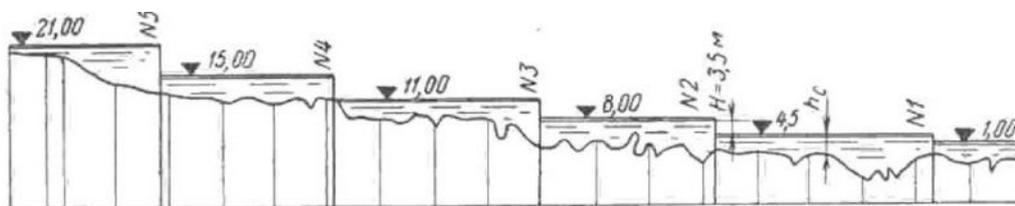


Рис.7. Схема шлюзования реки

Для определения необходимого подпора H , создаваемого плотинами, необходимо построить кривые подпора при различных характерных расходах реки. Выбор створов плотин производится с учетом топографических, геологических, гидрологических и местных хозяйственных условий.

Если плотины на реке сооружаются исключительно с целью увеличения судоходных глубин, расстояние между плотинами и их высота выбирается из условия получения наибольшей пропускной способности ошлюзованного пути и наименьшей себестоимости водных перевозок. Напоры на плотинах принимаются небольшие $H=(2 \div 5)$ м, при расстоянии между ними в несколько десятков километров. Эти размеры выбираются так, чтобы при подпоре река не выходила из коренного русла и пойма не заливалась.

Плотины, возводимые при таком способе шлюзования, обычно называются судоходными. Чаще всего применяются разборные плотины, которые поддерживают напор в период межени; на паводок затворы их полностью разбираются, а фермы укладываются на флютбет, причем в это время суда проходят над уложенными фермами плотины (рис.8).

а)

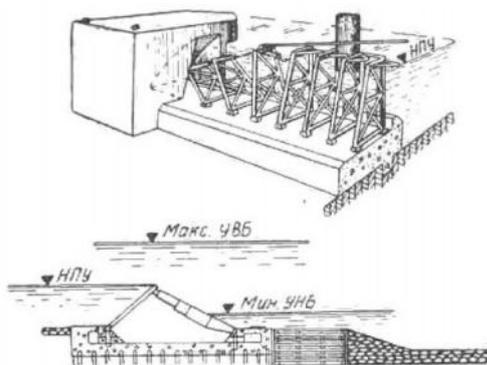


Рис.8.Судоходная плотина.

а) общий вид с нижнего бьефа плотины; б) продольный разрез по плотине

Фермы устанавливаются на флютбете через расстояния (1.25÷1.5) м друг от друга. При собранной плотине бытовой расход воды в реке переливается в нижний бьеф через затворы (щиты). После сборки плотины судоходство осуществляется через шлюз.

Метод шлюзования низконапорными разборными плотинами очень широко применялся за рубежом.

В последнее время в связи с широким строительством гидроэлектростанций шлюзование рассматривается, как часть комплексной задачи использования рек. Высота отдельных плотин и их взаимное расположение определяются как требованиями - гарантирования определенных транзитных глубин, так и условиями максимального эффекта всего проектируемого каскада ГЭС.

Последнее требование приводит к увеличению высоты плотин при одновременном увеличении расстояния между ними, т.к. для энергетических целей необходимо создание более крупных водохранилищ. Для создания больших водохранилищ используют грунтовые, бетонные и железобетонные плотины.

Шлюзование рек методом постройки водохранилищ способствует регулированию стока реки, что позволяет увеличить расходы в нижнем бьефе, а, следовательно, и транзитные глубины на нижележащих участках реки. Достоинством этого метода является то, что значительно снижаются скорости

реки из-за подпора, что позволяет уменьшить необходимую мощность буксиров и увеличить скорость судов.

Наряду с положительными для судоходства последствиями изменения режима реки с помощью водохранилищ имеются и отрицательные. К их числу следует отнести:

- образование значительных ветровых волн;
- сокращение периода навигации в связи с изменением ледового режима;
- невозможность лесосплава из-за малых скоростей в подпорных бьефах;
- значительные переформирования всей береговой полосы (происходят обвалы, оползни).

Компоновка судопропускных сооружений в гидроузлах и на каналах

Размещение судопропускных сооружений в речном гидроузле существенно влияет на его компоновку. Требования, которым должно удовлетворять расположение судопропускных сооружений, следующие:

- подходы к шлюзам с верхнего и нижнего бьефов должны быть безопасны и удобны;
- в обоих бьефах должны быть предусмотрены акватории для размещения ожидающих шлюзование судов;
- ширина подходных каналов должна допускать расхождение трех возов, при условии, что один из них будет стоять у причала;
- глубина на низовом подходе должна быть не меньше глубины на кроле шлюза;
- в случае расположения шлюза непосредственно в реке рядом с плотиной или ГЭС сопряжение этих сооружений со шлюзом должно соответствовать минимальной длине линий напорных сооружений;
- мостовой переход должен устраиваться с соблюдением установленных судоходных габаритов;
- принятое расположение сооружений должно быть экономически рациональным, т.е. объем и стоимость работ должна быть минимальными.

Судоходный шлюз вместе с подходами к нему должен располагаться на одной прямой длиной не менее

$$L_{\text{пр.мин}} = l_{\text{шл}} + 2l_{\text{п}}, \quad (3.1)$$

где $l_{\text{шл}}$ - полная длина шлюза;

$l_{\text{п}}$ - длина прямолинейных участков подходов.

В речных гидроузлах возможны следующие схемы расположения шлюза по отношению к водосбросной плотине:

- шлюз находится в реке и вынесен в сторону верхнего бьефа (рис.9)
- схема № 1:
- шлюз находится в реке и вынесен в сторону нижнего бьефа (рис.9)
- схема № 2:
- шлюз расположен вне русла в обходном канале (рис.9) - схема № 3;
- шлюз расположен вне узла в деривационном канале.

а)

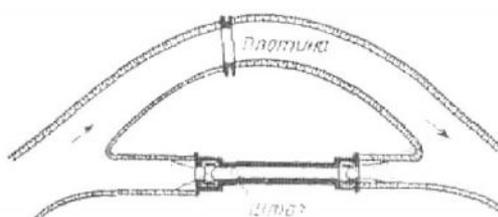
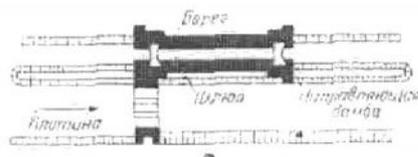
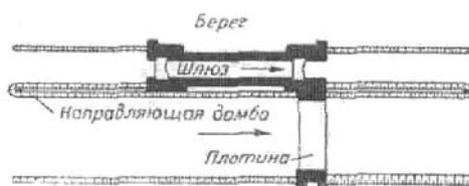


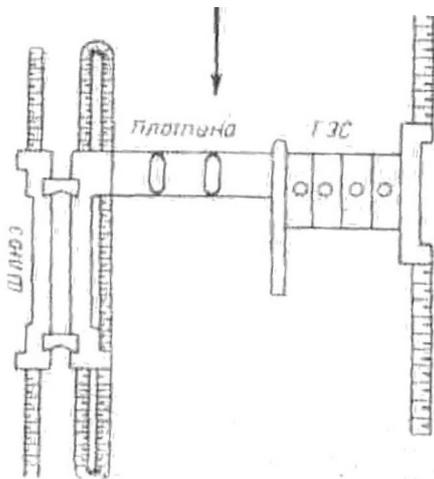
Рис.9. Схемы расположения шлюза в гидроузле

а) схема №1; б) схема №2; в) схема №3

1-водосбросная плотина; 2-шлюз №3 - направляющая дамба; 4-подход с верхнего бьефа; 5-подход с нижнего бьефа.

Если в гидроузле должна быть построена ГЭС, то шлюз и ГЭС предпочитают размещать по противоположным сторонам водосбросной плотины (рис.10). Такая схема обеспечивает условия подхода шлюзу, ибо основной поток воды движется через ГЭС, т.е. у противоположного берега.

а)



б)

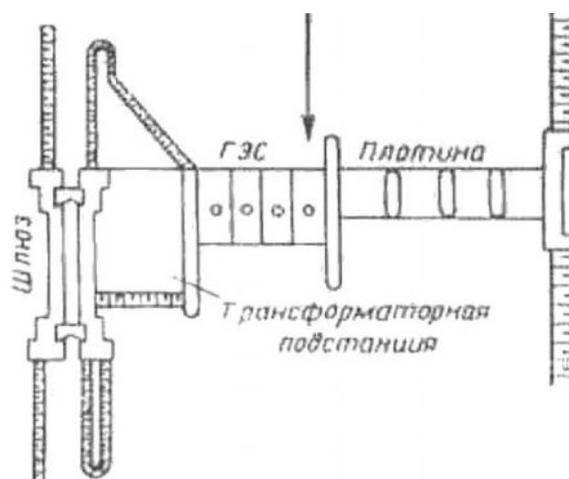


Рис.10. Схемы расположения шлюза и ГЭС в гидроузле.

а) на разных берегах; б) на одном берегу; 1-водосбросная плотина; 2-шлюз; 3-ГЭС; 4-разделительная площадка.

Иногда приходится располагать шлюз и ГЭС на одном берегу (рис.10). При этом желательно между ГЭС и шлюзом иметь разделительную площадку.

Выбор схемы местоположения шлюза в гидроузле определяется рельефом местности и инженерно-геологическими условиями.

Обходные и подходные судоходные каналы

Обходные судоходные каналы строят для движения судов в обход крупных водоемов, порогов, которые недоступны для судоходства или на которых обеспечение его технически трудно или экономически нецелесообразно.

Обходные судоходные каналы строят между устьевыми участками рек, впадающих в моря, во избежание перевалки грузов с речных судов на морские и обратно. Примером таких обходных каналов могут служить судоходные каналы в США, расположенные вдоль берегов Атлантического океана и Мексиканского залива на участках, впадающих в них судоходных рек, а также Беломорско-Балтийский канал.

Обходными судоходными каналами являются и крупные энергетически транспортные деривационные каналы. Примером является деривационный канал ГЭС на Роне (Франция) длиной 17 км, с расходом воды свыше 1500 м³/сек.

Подходные судоходные каналы прокладывают от рек и водохранилищ к расположенным вне их берегов промышленным центром и городам для доставки водным путем грузов.

Подходные судоходные каналы могут быть открытыми и шлюзованными.

В качестве подходных каналов для судоходства используются крупные магистральные ирригационные каналы. Примером может служить Каракумский оросительный канал протяженностью 800 км от реки Амударья до города Ашхабада.

Межбассейновые воднотранспортные соединения

Межбассейновые воднотранспортные соединения могут быть открытыми или шлюзованными.

Крупные реки, которые соединяют между собой искусственным водным путем. Реки соединяют через их притоки, приближением друг к другу и разделенные менее высокими водоразделами.

Открытые межбассейновые соединения строились как исключения, например, Суэцкий канал между Средиземным и Красным морями.

Современные межбассейновые воднотранспортные соединения - это сложные ошлюзованные системы, представляющие собой большой комплекс гидротехнических сооружений (шлюзов, плотин, дамб, водосбросов, каналов, насосных станций, ГЭС и т.д.)

Судоходные глубины и габариты судопропускных сооружений на воднотранспортных соединениях должны соответствовать перспективным условиям плавания судов в бассейнах, которые они соединяют.

Контрольные вопросы

1. Виды искусственных водных путей?
2. Существующие компоновки судопропускных сооружений в гидроузлах и на каналах?
3. Какие бывают судоходные каналы?
4. Какие бывают воднотранспортные соединения?

ЛЕКЦИЯ № 4 (2 часа) ТЕМА: "СУДОХОДНЫЕ ШЛЮЗЫ"

План:

1. Типы судоходных шлюзов и их основные конструктивные элементы
2. Габаритные размеры шлюзов
3. Пропускная способность шлюзов и время шлюзования судов

Для перехода судов из одного бьефа ошлюзованной реки или судоходного канала в другой устраиваются специальные сооружения - камерные шлюзы или судоподъемники.

Типы судоходных шлюзов и их основные конструктивные элементы

Суда переводят через шлюзы из верхнего бьефа в нижний и обратно посредством камер, уровни воды в которых выравнивают в соответствующей последовательности с уровнями верхнего и нижнего бьефов (рис.11).

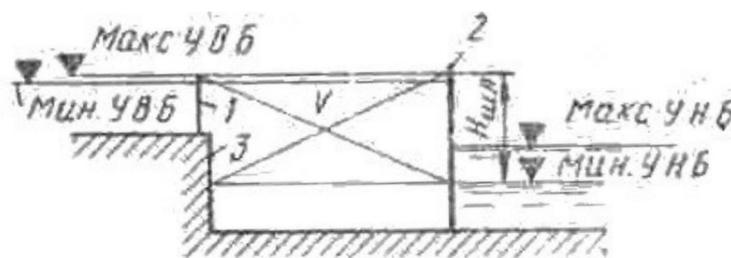


Рис.11. Схема однокамерного шлюза

1-верхние ворота; 2-нижние ворота; 3-стенка падения; 4-камера шлюза;
 $H_{шл}$ - напор на шлюз; V- сливная призма.

Общая схема судоходного шлюза зависит в первую очередь от числа камер в нем и их взаимного расположения. Судоходные шлюзы по числу камер могут быть: однокамерные, двухкамерные, трехкамерные и т.д. (рис.12). При наличии в шлюзе несколько камер последовательного шлюзования его называют многокамерным или многоступенчатым.

По числу камер параллельного (одновременного) шлюзования судов через каждую из них шлюзы могут быть однониточными, двухниточными (или парные) и т.д.

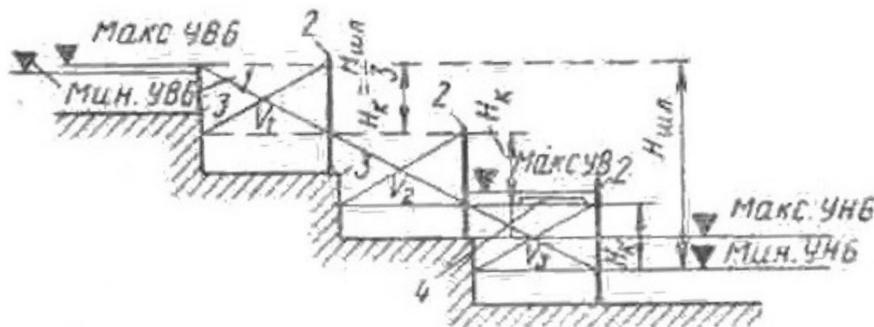


Рис.12. Схема многокамерного шлюза.
1-ворота; 2-стенка падения; 3-камера шлюза; $H_{шл}$ -напор на шлюз;
 H_k - напор на камеру.

Основными конструктивными элементами судоходных шлюзов являются камеры, головы, подходы, водопроводные устройства и ворота (рис.13).

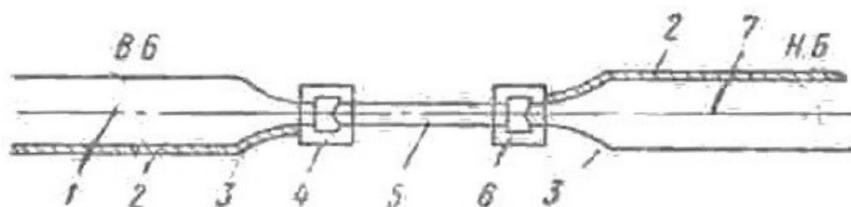


Рис.13. Схема шлюза с подходными каналами
1-верхний подходный канал; 2-нижний подходный канал; 3-камера шлюза;
4-причальные линии; 5-направляющие полы; 4-верхняя голова; 7-нижняя голова;
8-ворота.

Назначение основных элементов судоходных шлюзов:

- в камере размещаются суда в момент шлюзования;
- верхняя и нижняя головы шлюза служат для сопряжения камеры с верхним и нижним бьефами; они являются напорными сооружениями, позволяющими поддерживать в камерах уровни воды.
- ворота, располагаемые в головках, необходимы для пропуска судов в камеру или из неё при выровненных бьефах;
- водопроводные устройства - галереи или отверстия с соответствующими затворами, соединяющие камеру с верхним и нижним бьефами и служащие для наполнения или опорожнения камеры;
- палы и дамбы устраивают для плавного сопряжения голов шлюза с подходными каналами в верхнем и нижнем бьефах.

Переход судов из верхнего бьефа в нижний совершается следующим образом: предварительно при обоих закрытых воротах горизонт воды камере выравнивается с горизонтом верхнего бьефа; для этого нижние водопроводные

галереи, сообщающие камеру с нижним бьефом, должны быть закрыты, а верхние, сообщающие камеру с верхним бьефом, открыты; после этого верхние ворота открываются, и суда входят в камеру. Затем закрываются верхние ворота, закрываются также затворы верхних водопроводных галерей и открываются затворы нижних водопроводных галерей. Вода из камеры вытекает в нижний бьеф до тех пор, пока горизонт в камере не сравняется с нижним бьефом. Одновременно с понижением уровня воды в камере опускаются находящиеся в ней суда. После выравнивания горизонта воды в камере с горизонтом воды в нижнем бьефе могут быть открыты нижние ворота, и суда выведены из камеры в нижний бьеф. Затем нижние ворота закрываются и весь цикл может быть повторен. Подобным способом происходит и переход судов из нижнего бьефа в верхний.

Весь процесс перехода судна при помощи шлюза из одного бьефа в другой называется шлюзованием судна.

Габаритные размеры шлюзов

Основными габаритными размерами шлюза являются: полезная длина, ширина камеры и глубина на королях. Эти размеры принимаются в зависимости от размеров расчетных составов или судов. На каждом шлюзе граница полезной длины камеры l_k обязательно указываются в натуре опознавательными красными знаками (полосы, огнями).

Величина l_k может быть определена по следующей формуле:

$$l_k = l_{ст} + 2 \Delta l, \quad (4.1)$$

$l_{ст}$ - длина состава или судна;

Δl - запас по длине камеры с каждой стороны,

$$\Delta l = 1 + 0,015 l_{ст} \quad (4.2)$$

Полезная ширина камеры определяется по наименьшему расстоянию между наиболее выступающими частями камеры или голов шлюза. Обычно её принимают равной:

$$B_k = B_{ст} + 2\Delta B \quad (4.3)$$

$B_{ст}$ - ширина состава судна максимальная;

ΔB - запас по ширине камеры с каждой стороны шлюзующихся судов или составов; принимается равной (0,8-2,0).

Полезная глубина в камере шлюза, определяется наименьшей глубиной на выступающих частях днища шлюза (королях) при самом нужном судоходном уровне воды нижнего бьефа.

Обычно она принимается равной

$$S_k = h_k + (1,2 \div 1,4) S_c \quad (4.4)$$

S_c - осадка наибольшего расчетного судна с полным грузом.

Все размеры шлюза увязываем со стандартными согласно класса капитальности водных путей.

Пропускная способность шлюзов и время шлюзования судов

Эксплуатационная работа шлюза заключается в пропуске судов через него из одного бьефа в другой. Пропуск судов через шлюз состоит из ряда разных операций.

При одностороннем движении караванов из нижнего бьефа в верхний, через однокамерный шлюз, выполняются следующие операции:

- 1- ввод судна в шлюз из нижнего бьефа - $t_{вв}$;
- 2- закрывание ворот нижней головы - $t_{зн}$;
- 3- наполнение камеры шлюза - $t_{нап}$;
- 4- открывание ворот верхней головы - $t_{ов}$;
- 5- вывод судна из шлюза в верхний бьеф - $t_{вд}$;
- 6- закрывание ворот верхней головы - $t_{зв}$;
- 7- опорожнение камеры - $t_{ок}$;
- 8- открывание ворот нижней головы - $t_{он}$;

$$t_{од} = \sum t_i = t_{вв} + t_{зн} + t_{нап} + t_{ов} + t_{ов} + t_{вд} + t_{зв} + t_{ок} + t_{он} \quad (4.5)$$

При двустороннем движении судов, после проведения первых 5 операций по приведенному выше перечню выполняется еще следующие:

- 6а - отвод каравана - $t_{от}$;
- 7а - подход ожидающего каравана к шлюзу - $t_{под}$;
- 8а - ввод судна в шлюз со стороны верхнего бьефа - $t_{вв}$;
- 9 - закрывание ворот верхней головы - $t_{зв}$;
- 10 - опорожнение камеры - $t_{о}$;
- 11 - открывание ворот нижней головы - $t_{он}$;
- 12 - вывод каравана из камеры в нижний бьеф - $t_{од}$;
- 13 - отвод каравана - $t_{от}$;
- 14 - подход ожидающего каравана к шлюзу - $t_{под}$;

На 14-ой операции заканчивается цикл двустороннего пропуска двух караванов через шлюз. При этом полное время составит:

$$T_{дв} = 0,5 \sum t_i \quad (4.6)$$

Расчетное суточное число шлюзований через однониточный однокамерный шлюз составит:

$$n = 2 * 1410 / (t_{од} + t_{дв}), \quad (4.7)$$

где $t_{од}$ и $t_{дв}$ - подставляется в минутах.

Число караванов, которое может быть пропущено через шлюз в течении навигации, называется технической судопропускной способностью шлюза, которая определяется как

$$N_T = n T, \quad (4.8)$$

T - длительность навигации в сутках.

Действительная или эксплуатационная судопропускная способность шлюза составит

$$N_{\text{э}} = n_{\text{ср}} T = (\eta / \varphi) T, \quad (4.9)$$

φ - коэффициент неравномерности движения шлюзующихся караванов, равен в пределах $\varphi = 1,2 \div 1,8$.

Действительная грузопропускная способность шлюза за навигацию равна при этом в обоих направлениях

$$P_3 = (\delta \alpha / \varphi) n_{\text{р}} T, \quad (4.10)$$

δ - коэффициент использования грузоподъемности судов, равный $\delta = 0,6 \div 0,8$;

α - коэффициент использования судопропускной способности шлюза для грузовых перевозок, равный $\alpha = 0,6 \div 0,7$;

$n_{\text{р}}$ - суммарная грузоподъемность судов наибольшего расчетного каравана.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы судоходных шлюзов?
2. Основные конструктивные элементы судоходных шлюзов?
3. Как можно определить габаритные размеры шлюзов?
4. Пропускная способность шлюзов?
5. Как определяется время шлюзования судов?

ЛЕКЦИЯ № 5 (2 часа)

ТЕМА: "ВОДОПРОВОДНЫЕ УСТРОЙСТВА ШЛЮЗОВ"

План:

1. Типы водопроводных устройств
2. Гидравлический расчет водопроводных галерей
3. Условия отстоя в камере

Для наполнения и опорожнения камеры шлюза используют водопроводные устройства. Под системой питания судоходного шлюза понимается совокупность всех водопроводных устройств.

Система питания шлюза должна удовлетворять следующим эксплуатационным и гидравлическим требованиям:

- время наполнения и опорожнения камеры должно соответствовать заданной пропускной способности шлюза;

- наполнение и опорожнение камеры должно проходить при нормальных условиях отстоя судов и составов в камере, а также отстоя и маневрирования их в подходах;

- воздействие потока на элементы шлюза при многократном наполнении и опорожении камеры в условиях длительной эксплуатации не должно вызывать повреждений.

Типы водопроводных устройств

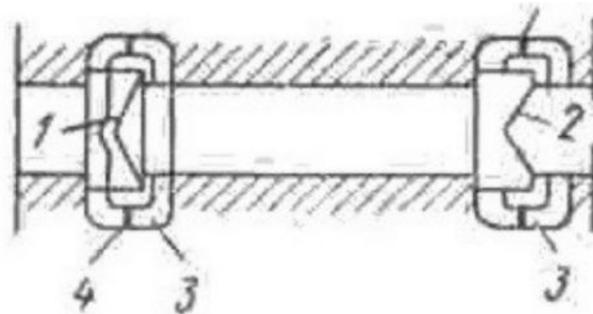
Распределение подачи и забора воды по длине и ширине камеры, а также способы гашения энергии в основном и определяют системы наполнения и опорожнения камеры шлюза

Различают две системы питания: (рис.14).

- сосредоточенную или головную ;
- распределительную.

Сосредоточенная система питания - это когда вода подается в камеру шлюза и выпускается из нее по всей ее длине через расположенные в днище или стенах камеры галереи.

а)



б)

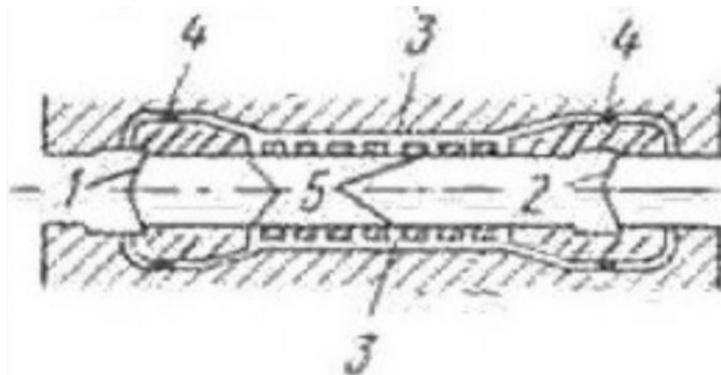


Рис.14. Схемы питания шлюза.

а - сосредоточенная; б - распределительная; 1-верхние ворота; 2- нижние ворота; 3- водопроводная галерея; 4-затвор; 5-выпуски.

Применение головной системы питания рекомендуются в случаях:

- при $H_k l_k \leq 2000$, а $H_k / S_k \leq 3$;
- на нескальных основаниях и напорах $H_k \leq 12-13$ м;

Распределительные системы питания принимают главным образом:

- при нескальных основаниях с напором $H_k > 15$ м;
- при скальных основаниях - на шлюзах любого напора.

Форма поперечного сечения водопроводных галерей может быть различной: круглая, прямоугольная или с полуциркульным сводом. Верх входного отверстия галереи должен быть заглублен под уровень самого низкого

горизонта воды у входа в галерею не менее чем на (0,5-0,7)м, чтобы избежать возможности засасывания в неё воздуха.

Достоинством сосредоточенной системы питания судовых шлюзов являются малые объёмы строительных работ по сравнению с распределительной системой питания, а также гашение энергии потока воды, поступающей в камеру, достигается путём встречного удара струй, выходящих из противоположных отверстий.

Достоинством же распределительной системы питания судовых шлюзов является равномерная подача и забор воды по длине камеры. Это создаёт наиболее благоприятные условия отстоя судов при шлюзовании и одновременно позволяет значительно сократить время наполнения и опорожнения камер по сравнению с головными системами питания.

Гидравлический расчет водопроводных галерей

Целью гидравлического расчета системы питания судовых шлюзов является установление общих размеров основных элементов этой системы, при которых за данное время наполнения и опорожнения камер обеспечивается при соблюдении всех предъявляемых к системе эксплуатационных и технических требований.

При наполнении и опорожнении камер возникает связанное между собой неустановившееся движение воды в подходе к каналу или в бьефе; водопроводной системе и камере шлюза. Но изменение по времени уровней воды в подходах к шлюзу y_1 и вдоль его камеры y_2 всегда мало по сравнению с напором $H_t = y_1 - y_2$, определяющим движение воды в водопроводной системе. Потому их можно принимать постоянными (рис.15).

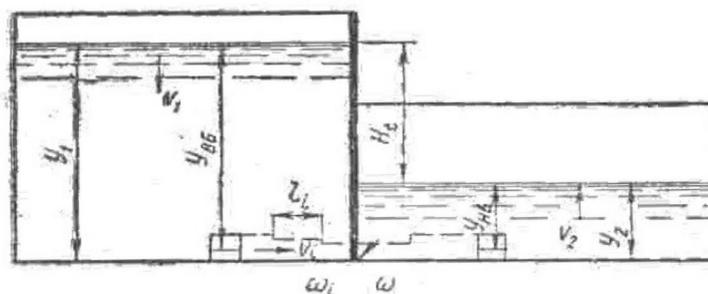


Рис.15. Расчетная схема шлюзовых водопроводных галерей.

Общее уравнение одномерного неустановившегося движения воды в водопроводной системе между подходным каналом и камерой шлюза имеет вид:

$$y_1 + (v_1^2 / 2g) = y_2 + (v_2^2 / 2g) + (1/\mu_t^2) (v^2 / 2g) + (1/g) \sum l_i (dv_i / dt) \quad (5.1)$$

Если принять уровни воды в подходе к каналу и камере горизонтальными и пренебречь всегда весьма малыми скоростями изменения v_1 и v_2 , то уравнение примет вид:

$$H_t = (1/\mu_t^2) (v^2 / 2g) + 1/g \sum l_i (dv_i / dt), \quad (5.2)$$

где v и v_i - скорость в расчетном и i -м сечении водопроводных галерей площадью соответственно ω и ω_i ;

μ_t - коэффициент расхода системы в момент времени t ;

Из формулы (5.2) без учета инерционной силы следует, что в камеру шлюза за промежуток времени dt поступает объем воды

$$Q_t dt = \mu_t \omega \sqrt{2g} \sqrt{H_t}, \quad (5.3)$$

который равен приращению объема воды в камере $\Omega_y dH_y$.

Площадь камеры постоянная по высоте и равна

$$\Omega = V_k / H_n \quad (5.4)$$

V_k - объем сливной призмы;

H_n - начальный напор на голову шлюза.

Тогда уравнение (5.2) получит следующий вид:

$$[\Omega / \omega \sqrt{2g}] dH / \sqrt{H_t} = \mu_t dt \quad (5.4)$$

Коэффициенты расхода распределительных систем питания получают в пределах $\mu_{ср} = 0,5 \div 0,6$, а для головных систем питания коэффициент расхода равен $\mu_{сс} = 0,7 \div 0,8$.

При равномерном открывании затворов полное время наполнения или опорожнения однокамерного шлюза равно:

$$T = [\Omega \sqrt{H_n}] / [\mu \omega \sqrt{2g} (2 - k_3)] \quad (5.5)$$

Отсюда площадь водопроводных отверстий, необходимая для наполнения или опорожнения камер в течение времени T

$$\omega = [4\Omega \sqrt{H_n}] / [\mu \sqrt{2g} T (2 - k_3)] \quad (5.6)$$

k_3 - относительное время открывания затворов:

$k_3 = t_3 / T_{нап}$;

t_3 - время открывания затвора при наполнении камер;

$T_{нап}$ - время наполнения камеры.

Для условий наполнения камер через головные системы питания принимают $k_{зг} = 0,7 \div 0,8$, а через распределительные системы $k_{зр} = 0,4 \div 0,5$. При опорожнении камеры в подходные каналы рекомендуется принимать $k_{зоп} = 0,6$.

Наибольший расход воды, поступающей в камеру шлюза, достигает следующих значений:

- при открывании затворов за время $t_3 \leq 0,5 T$ на момент полного открытия

$$Q_{\max} = [8\Omega H_H(1-k_3)] / T(2-k_3)^2 \quad (5.7)$$

- при открывании затворов за время $t_3 \geq 0,5 T$ на момент полного открытия

$$Q_{\max} = [8 / 3\sqrt{3}] [\Omega H_H] / T\sqrt{(2-k_3)k_3} \quad (5.8)$$

в момент времени

$$t_m = \frac{T}{\sqrt{3}} \sqrt{k_3(2-k_3)}, \text{ при } H_t = \frac{4}{g} H_H.$$

Условия отстоя в камере

Время наполнения камеры выбирается обычно с таким расчетом, чтобы средняя скорость H/T поднятия или опускания уровня в камере, а с ним и находящийся в камере судов не превосходила (2-4) см/сек. Эта скорость может быть превышена, если применять наиболее рациональные способы наполнения шлюза.

Наблюдения в натуре показывают, что на условия отстоя влияет не только скорость наполнения камеры, сколько сама система наполнения, а также время открытия затвора.

Различают три силы, действующие на судно при наполнении камеры:

- толкающую силу, обусловленную давлением потока, выходящего из галереи на носовую часть судна и стремящуюся подвинуть судно в сторону нижней головы;

- подсасывающую силу, вызванную местным понижением уровня у входа из галерей и подобную подсасыванию, вызываемому эжектором - эта сила направлена в сторону верхней головы;

- волновую силу, вызываемую образованием в камере длинных волн - эта сила двигает судно то в сторону нижней, то в сторону верхней головы.

Опыт показывает, что те же процессы происходят и при опорожнении камеры, однако, они оказывают значительно меньшее влияние на судно.

Замедленное открытие затворов несколько смягчает волновые явления при головном наполнении камеры.

Наибольшее продольное усилие, действующее на состав судов в камере при наполнении ее, определяется по формуле:

$$P_{\max} = (4\Omega H_{ш} W\eta) / [a_3 (2-a_3) (\omega_k - \omega_c) g t_{ш}^2] \quad (5.9)$$

Ω - площадь зеркала камеры шлюза;

$H_{ш}$ - действующий напор на шлюз;

W - возмущение судна или жестко счленного состава;

η - коэффициент, учитывающий влияние продольных скоростей движения потока и изменение приращения расхода потока во времени, $\eta = 0,4$;

a_3 - коэффициент полного открытия затворов галерей;

ω_k - площадь камеры шлюза на короле, равна $(v_k h_k) = \omega_k$;

ω_c - площадь погруженной части грузового состава по миделю.

Контрольные вопросы

1. Назовите типы водопроводных устройств?
2. Гидравлический расчет водопроводных галерей?
3. Действующие силы на судно при наполнении камеры?
4. Условия отстоя судна в камере?
5. Как определить продольное усилие, действующие на состав судов?
6. Требования, предъявляемые к системе питания судоходных шлюзов?
7. Составьте расчетную схему шлюзных водопроводных галерей?

ЛЕКЦИЯ № 6 (2 часа)

ТЕМА: "СТЕНЫ И ДНИЩА ШЛЮЗНЫХ КАМЕР И ГОЛОВ"

План:

1. Типы и конструкции стен и днищ шлюзных камер:
 - а) для нескальных грунтов;
 - б) для скальных грунтов
2. Типы и конструкции шлюзных голов
3. Определение основных размеров голов шлюза

Основные конструктивные части шлюзов можно разделить на неподвижные и подвижные элементы. К неподвижным конструктивным элементам относятся стены и днища камер, а также стены и днища шлюзных голов. К подвижным конструктивным элементам относятся шлюзные ворота и затворы в галереях.

Типы и конструкции стен и днищ шлюзных камер

Типы и конструкции стен и днищ шлюзных камер зависят от геологических и геотехнических характеристик оснований - прочности, деформативности, водопроницаемости, сопротивления сдвигу и размыву слагающих их пород.

Стены шлюза могут быть конструктивно объединены с днищем в одно целое, работая с ним совместно, это называется неразрезная конструкция или доковая. В тоже время, стены шлюза могут быть отделенными от днища сквозными швами, и работать независимо от него, эта конструкция будет называться разрезной.

Разрезные боковые стены шлюза на нескальных грунтах могут быть следующих типов: гравитационные, контрфорсные и бетонные на высоком свайном ростверке (рис.16).

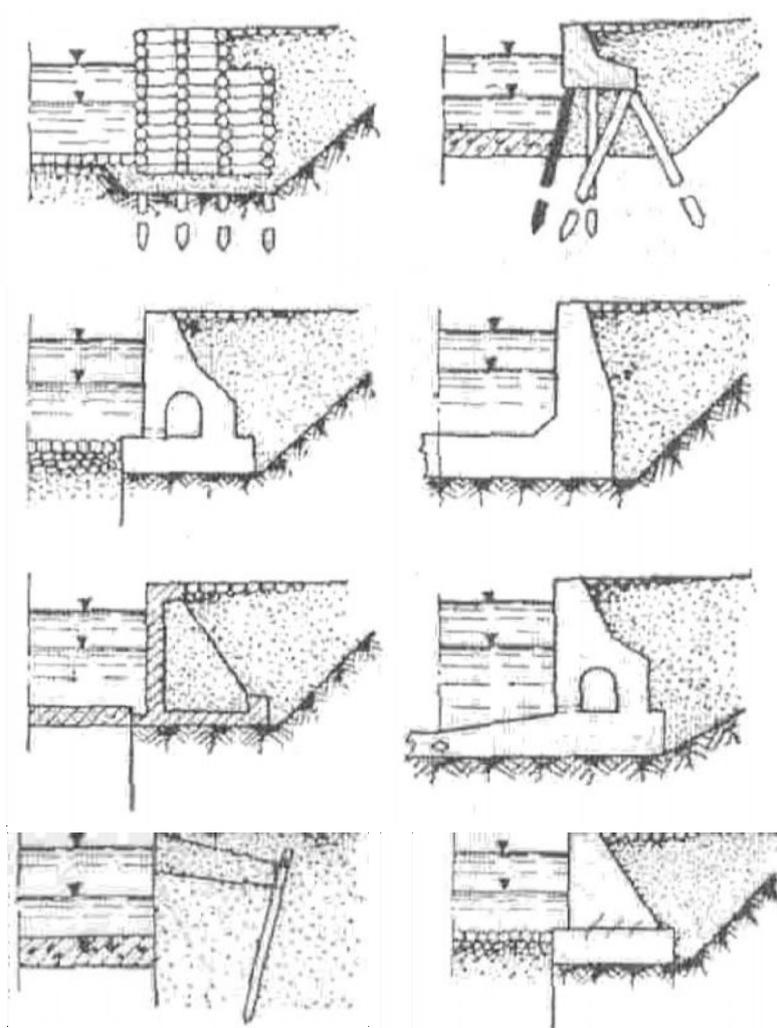


Рис.16. Типы камерных стен шлюзов

На скальных грунтах камеры вырубаются в них, поверхность скалы обычно покрывают бетонной облицовкой (рис.17)

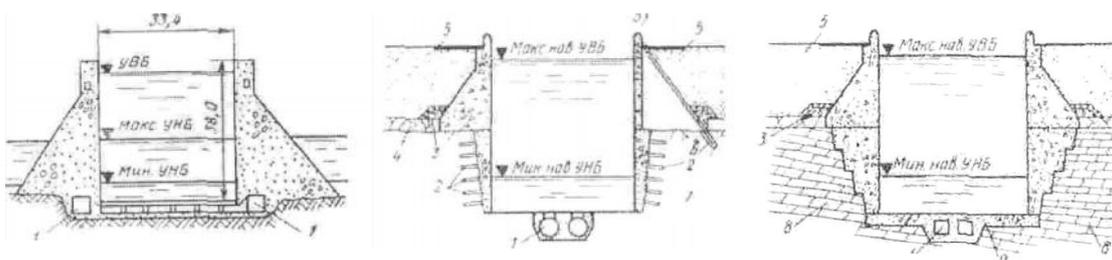


Рис.17. Камеры шлюзов на скальном основании

а) – с бетонными стенами и водопроводными галереями в них; б) – Частично врубленные в скалу хорошего качества, с тонкой облицовкой и бетонными стенами над ней; в – частично врубленные в сильно трещиноватую скалу, с толстой облицовкой и бетонными стенами; 1- водопроводная галерея; 2- анкеры; 3- дренаж; 4- выветрелый слой скального грунта; 5- песчаная засыпка; 6- заанкерванная арматура; 7- слаботрещиноватые породы; 8- сильнотрещиноватый известняк; 9- днищевая плита

По типу днищ применяют два основных вида камер:

- со сплошными практически водонепроницаемыми железобетонными днищами, жестко связанными со стенами камер;
- водопроницаемыми днищами.

При водонепроницаемом днище камеры шлюза представляют собой коробку, которую фильтрационный поток обтекает снизу и сбоку. Под сооружением рассматривается напорная фильтрация, а в обход его безнапорное движение фильтрационной воды (рис.18).

Для облегчения работы конструкции и понижения уровня грунтовых вод за стенами шлюза устраивают открытый или закрытый дренаж. Дренаж устраивают с продольным уклоном $i = 0,002 - 0,005$ в сторону нижнего бьефа:

Для ограничения контактной фильтрации вдоль тыловых граней верхней головы шлюза устраивают бетонные диафрагмы или шпунт. Шпунт также устраивают и под сооружением для удлинения пути фильтрации. Ширина железобетонных стен камеры по низу принимается равной $(0,18 \div 0,2) H_{ст}$. Толщину водонепроницаемого днища принимают $(1/5 \div 1/6) H_{ст}$, но не менее $(1/8 \div 1/10) B_k$.

Если в днищах камер размещены водопроводные галереи, то днища выполняются рамной конструкции, для которой требуется меньший объем железобетона.

При водопроницаемых днищах камер фильтрация носит неустановившийся характер в период работы шлюза, а в период осушения камеры для ремонта фильтрация приобретает установившийся характер.

Каждая голова шлюза при водопроницаемом днище камеры является в фильтрационном отношении самостоятельным напорным сооружением, поэтому каждая из них должна иметь самостоятельный подземный контур, в который входят, понур и шпунт (рис.18).

Фильтрация воды, происходящая при водопроницаемых днищах под стенами камер в обоих направлениях, вызывает необходимость забивки шпунта и вдоль стен, а также укладки обратного фильтра под дном камеры.

Глубина забивки шпунтов может приближенно определяться по формуле

$$d_{шп} = \sqrt[3]{\kappa_3 H_{\phi} / 2 [\gamma_{гр.взв.} - (1 - \epsilon_{гр.})]} - t_{п} / 2 \quad (6.1)$$

κ_3 - коэффициент запаса, принимаемый равным 2,0;

H_{ϕ} - действующий напор, равный разности отметок расчетного уровня воды и низа дренажа;

$\gamma_{гр.взв.}$ - объемный вес взвешенного грунта;

$\epsilon_{гр.}$ - относительная пористость грунта;

$t_{п}$ - заглубление подошвы фундаментной плиты стен ниже дна камеры.

Камеры шлюзов с отдельно стоящими стенами и водопроницаемыми днищами применяют при плотных глинистых грунтах в основаниях и при напорах (8-100) м.

Наиболее совершенными и надёжными являются камеры шлюзов со сплошными водонепроницаемыми железобетонными днищами, которые применяются на нескальных грунтах при различных напорах.

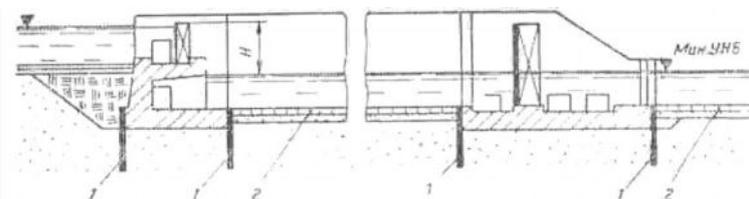


Рис.18. Продольный разрез шлюза с водопроницаемым днищем.

1-шпунт; 2-понур; 3-4 - соответственно верхняя и нижняя голова шлюза; 5-камера; 6-дно камеры из ж/б плит; 7-подставка по типу обратного фильтра.

Таблица № 2

Стандартные размеры камер судоходных шлюзов

Отношение полезной ширины камеры шлюза, (м) к полезной длине, (м)	Глубина на порогах шлюза, (м)	Отношение полезной ширины камеры шлюза, (м) к полезной длине, (м)	Глубина на порогах шлюза, (м)
37/400	6,0; 5,5; 5,0	15/150	4,0; 3,5; 3,0
37/300	6,0; 5,5; 5,0	15/100	3,0; 2,5; 2,0
30/300	6,0; 5,5; 5,0	12/100	3,0; 2,5; 2,0; 1,5
20/300	5,5; 5,0; 4,5; 4,0	8/50	3,0; 2,5; 2,0; 1,5
20/150	5,5; 5,0; 4,5; 4,0	6/35	1,5; 1,0; 2,0;
18/150	5,5; 5,0; 4,5; 4,0		

Конструкции камер шлюзов на скальных основаниях зависят от характера слагаемых пород. Стены шлюза могут быть конструктивно объединены с днищем в одно целое, работая с ним совместно, это называется неразрезная конструкция или доковая. В тоже время, стены шлюза могут быть отделенными от днища сквозными швами, и работать независимо от него, эта конструкция будет называться разрезанной.

На полускальных и слабо скальных породах камеры шлюзов выполняют, как и на нескальных основаниях, железобетонными со сплошным днищем или разрезанным.

Если показатели прочности скальных пород достаточно высоки, то стены и днища камер выполняют в виде бетонных облицовок скальной выемки, с заполнением анкерами в скалу. Облицовка может иметь небольшую (0,5÷1,0) м толщину, способную воспринимать фильтрационное давление воды за стенами камеры.

Стены и днища камер всех типов, выполняемые из армированного бетона или железобетона, должны быть разрезаны по длине камеры температурных и осадочными швами расстояние между конструктивными швами принимают равным (20÷30) м. Температурно-осадочные швы на судоходных шлюзах

применяют такой же конструкции, что и на других гидротехнических сооружениях.

Типы и конструкции шлюзных голов

Конструкция голов шлюзов зависит от системы водопроводных устройств, типов основных ворот ремонтно-аварийных заграждений и характеристик грунтов оснований, и представляет собой коробку, состоящую из боковых стен и флютбета.

Различают следующие типы верхних голов судоходных шлюзов:

- головы без водопроводных устройств, компоновка которых определяется в основном типом верхних ворот;

- головы с без галерейным наполнением камеры - из-под ворот или через них, компоновка которых определяется типом этих ворот и конструкцией гасительных устройств

- головы с наполнением через стенку падения и через водопроводные галереи, компоновка их также зависит от типов ворот и схемы галерей;

- головы с наполнением через стенку падения и через горизонтальные или наклонные водопроводные галереи в устоях, (компоновка также зависит от типа ворот и схемы галерей);

- головы с такими же галереями, но с выводом их в продольные боковые или донные галереи камер.

Возможные компоновки нижних голов менее разнообразны, чем верхние, так как размещение в них водопроводных устройств и ворот ограничено расположением верха их днища заданной отметки.

На нижних головах применяют только двустворчатые ворота, поэтому типовых компоновок их имеется всего две:

- без галерейная - при боковом выпуске воды из камер и при выпуске воды из камеры через клинкет в воротах;

- с круговыми обходными или продольными галереями в устоях.

Для ориентировочных расчетов основные размеры голов шлюза с двустворчатыми воротами можно определить по следующим зависимостям (рис.20):

- стрела створа ворот определится

$$f = \frac{B_k}{2} \operatorname{tg} \theta, \quad (6.2)$$

где $\theta = 20^\circ \div 22^\circ$ - угол наклона королевой линии к поперечной плоскости;

- длина створки ворот от оси вращения, находящийся посередине глубины шкафной ниши, и до створа равна

$$l_{\text{вор}} = \frac{b_k + d}{2 \cos \theta}, \quad (6.3)$$

где d - глубина шкафной ниши.

- длина шкафной ниши определяется в зависимости от длины створки ворот и равна

$$l_1 = (1,05 \div 1,1) l_{\text{вор}};$$

- глубина шкафной ниши зависит от толщины ворот, которую определяют по высоте расчетного ригеля.

$$t_{\text{риг}} = (0,11 \div 0,14) l_{\text{вор}};$$

$$d = t_{\text{риг}} + (0,3 \div 0,35) \text{ м};$$

- высота короля (порога) над шкафным полом принимается от $(0,5 \div 1,0)$ м.

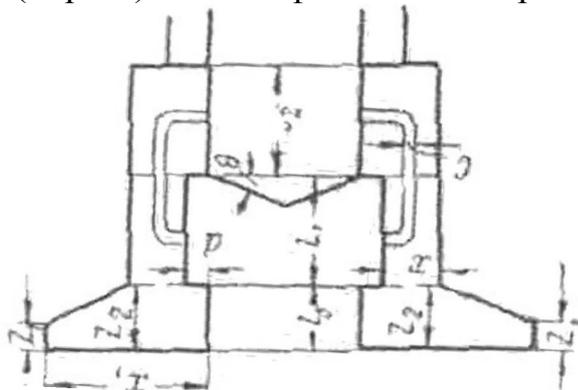


Рис.19. Схема головы с двустворчатыми воротами

- длина входной части равна $l_0 = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right)H_{\text{ш}}$;

- длина упорной части $l_2 \approx H_{\text{ст}}$, где $H_{\text{ст}}$ - высота стены;

- толщина шкафной стенки $X = 3v_{\text{г}}$, где $v_{\text{г}}$ - ширина водопроводной галереи;

- длина крыла $X_1 = m H_{\text{ст}} + 1,0$, где m - коэффициент заложения откоса;

- толщина крыла в его конце $Z_1 = (1,5 \div 2,0)$ м, а в месте сопряжения со стенкой $Z_2 = 0,5 H_{\text{ст}}$

Контрольные вопросы

1. Типы и конструкции стен судоходных шлюзов?
2. Типы и конструкции днищ судоходных шлюзов?
3. От чего зависит конструкция камер шлюзов?
4. Типы и конструкции шлюзных голов?
5. Схема шлюзной головы?

ЛЕКЦИЯ № 7 (2 часа)

ТЕМА: "СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГОЛОВ СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗОВ"

План:

1. Расчет упорных голов
2. Расчет стен голов шлюзов на нескальных основаниях

Принятая конструкция головы судоходного шлюза разделяется на составные части:

- входную, переходящую в окрылки, сопрягающие шлюз с подходным каналом;
- шкафную часть, содержащую ниши, в которых помещаются створки открытых ворот;

- упорную часть, отделенную от шкафной части королём (порогом), к которому прижимается нижнее уплотнение ворот (на неё передаётся давление от ворот).

Стены боковые (открылки) и шкафные работают как обычные подпорные стены, и схема их расчета аналогична схеме расчета камерных стен.

При расчете упорных голов обычно вводится ряд условных предположений, идущих в запас прочности. Считают, что упорный массив отделен швом от шкафной части и от стен камеры на верхней голове или от открылков на нижней голове. Рассматривают два случая загрузки:

- ворота закрыты и испытывают давление воды, находящейся на отметке верхнего бьефа (случай опорожненной камеры для верхней головы и наполненной для нижней головы), засыпка же и вода позади стен отсутствуют - период ремонта;

- на стены передается полное давление грунта и грунтовой воды, с внешней стороны ворота закрыты, но напора воды на них нет, на стены от ворот передается лишь момент от собственного их веса.

Схема первого нагружения показана на рис.20.

При длине створки ворот $l_0 = \frac{b + d}{2 \cos \theta}$, в обозначениях, указанных на чертеже, давление воды на створку будет:

$$P = \frac{\gamma_0}{4 \cos \theta} H(H+2h)(b+d) \quad (7.1)$$

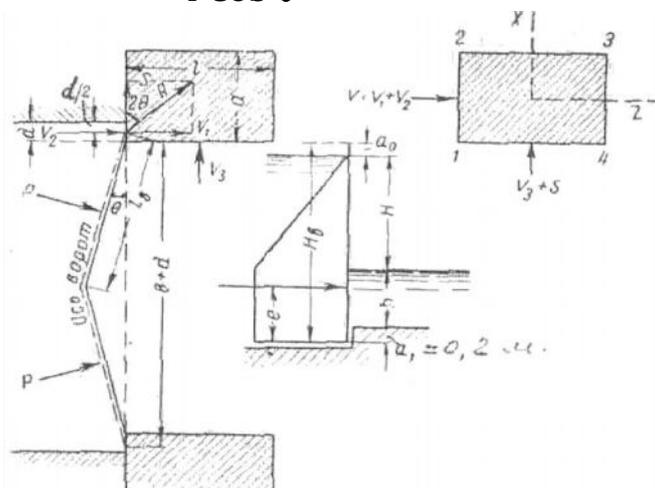


Рис.20. Схема сил для расчета упорных стен

Так как двустворчатые распорные ворота представляют собой симметрично нагруженную трехшарнирную конструкцию, то равнодействующая давления, передаваемого на стену, будет составлять с лицевой гранью стены угол $90^0 - 2\theta$.

Отсюда $R = \frac{P}{2 \sin \theta}$. разложив эту силу на две составляющие:

V_1 - параллельную оси шлюза и S - ей перпендикулярную, получим:

$$V_1 = R \sin 2\theta = P \cos \theta \quad (7.2)$$

$$S = R \cos 2\theta = P \operatorname{ctg} 2\theta \cos \theta \quad (7.3)$$

Помимо давления ворот на упорный массив будет передаваться давление воды на часть шкафного уступа, не прикрытого воротами. Принимаем ширину этой полоски $\frac{d}{2}$ и, обозначая давление на неё V_2 , получаем:

$$v_2 = \frac{\gamma_0 d h}{4} (H + 2b) \quad (7.4)$$

Боковое давление воды на упорную часть в нижнем бьефе:

$$v_3 = \frac{\gamma_0 h^2}{2} l_3 \quad (7.5)$$

Перенесем силы V_1 , S_1 и V_2 в плоскости главных осей инерции массива упорной стены OXY и XOZ , заменив крутящее действие их крутящим моментом, приближенно равным:

$$M_y = S \frac{l_2}{2} - (V_1 + V_2) \frac{a}{2} \quad (7.6)$$

где: a - толщина упорной стены. Момент этот будет действовать в плоскости XOZ . Как видим, упорные стены будут работать в условиях сложного сопротивления: сжатие вертикальными силами от собственного веса; изгиб в двух главных плоскостях инерции относительно осей X и Z и кручение вокруг оси Y .

Обычно влиянием крутящего момента M_y , уравновешиваемого моментом сил трения, приложенных по подошве упорной стены, пренебрегают и учитывают лишь изгиб в двух плоскостях и сжатие продольными силами. Точное исследование по методам теории упругости показывает, что крутящий момент способствует более равномерному распределению напряжений по подошве упорной стены и несколько снижает значение нормальных напряжений.

Момент сил V_1 и V_2 относительно оси X будет:

$$\sum M_x = (V_1 + V_2) e_1 \quad (7.7)$$

где e - плечо силы относительно плоскости дна камеры:

$$e = \frac{h^2 + 3Nh + 3h^2}{3N + 6h} \quad (7.8)$$

Момент сил S и V_3 относительно оси Z

$$\sum M_z = S e_1 + V_3 e_2 \quad (7.9)$$

где $e = \frac{h}{3}$.

Весь расчет ведется в предположении отсутствия стенки падения.

Напряжение в основании упорных стен в плоскости дна камеры:

$$\sigma = \frac{\sum N}{F} + \frac{\sum M_x}{W_x} + \frac{\sum M_z}{W_z} \quad (7.10)$$

где $\sum N$ - сумма вертикальных сил (вес массива стены);

$$F = a l_2; \quad W_x = \frac{l_2^2 a}{6}; \quad W_z = \frac{l_2 a^2}{6}; \quad (7.11)$$

Формула (8) дает напряжения по всем четырем углам рассматриваемого массива.

В том случае, если массив не армирован, необходимо, чтобы $\sigma_{\max} < [\sigma]$ и $\sigma_{\min} > 0$. Решающим обычно является второе условие, которое, очевидно, требует, чтобы:

$$\frac{\sum M_x}{W_x} + \frac{\sum M_z}{W_z} < \frac{\sum N}{F} \quad (7.12)$$

скалывающее напряжение ν по подошве упорной стены может быть определено по приближенной формуле:

$$\tau_{\max} = \frac{3R'}{2F'} \quad (7.13)$$

где $R' = \sqrt{(V_1 + V_2)^2 + (S + V_3)^2}$

При массивных бетонных или каменных стенах может быть произведена проверка упорной стены на сдвиг, считая, что она удерживается лишь силами трения. В этом случае коэффициент устойчивости на сдвиг K будет:

$$K = \frac{\sum Nf}{R'} \quad (7.14)$$

где $f \approx 0,75$.

Расчет для второго случая загрузки проводится аналогично описанному. При этом учитываются моменты от веса ворот относительно осей X и Z и от бокового давления грунта и грунтовых вод относительно оси Z .

Для верхней головы при наличии стенки падения схема действия сил по существу остается та же, изменяются лишь плечи сил S , V_1 и V_2 относительно основания упорной стены.

При безраспорных системах ворот расчет упорных стен принципиально не меняется, будет лишь отсутствовать распор ворот, а характер передачи нагрузки от ворот на стены будет зависеть от системы затвора и расположения опорных частей.

Расчет стен голов шлюзов на нескальных основаниях

Стены голов шлюзов, расположенных на нескальных основаниях, во избежании перекоса ворот обычно жестко связываются с днищем (флютбетом).

Тогда расчет днища может быть произведен как балки на упругом основании методами, применяемыми для камер докового типа. Дополнительно следует лишь учесть неравномерный характер распределения сил по продольной оси шлюза, а также переменную жесткость самого флютбета.

Для этого может быть применен следующий приближенный метод, использованный при расчете верхних голов шлюзов канала им. Москвы.

Первоначально голова шлюза вместе со стенами рассматривается как монолитный жесткий массив. При этом допущении для различных случаев загрузки в продольном направлении вычисляется давление на грунт по обычным формулам неравномерного сжатия. Эпюры реакции грунта (в продольном направлении) будут трапеции, затем массив разделяется на две части швом, проходящим по середине плиты ниши. Для каждой части массива вычисляется ее жесткость и определяется относительная жесткость части:

$$\alpha_1 = \frac{E_1 I_1}{E_1 I_1 + E_2 I_2} \quad (7.15)$$

и

$$\beta_1 = \frac{E_2 I_2}{E_1 I_1 + E_2 I_2} \quad (7.16)$$

Затем спроектировав положение центра тяжести сечения каждой части флютбета на эпюру реакции грунта (центр тяжести сечения условно принимается в центре тяжести растянутой арматуры) и приняв эти точки за опоры двухконсольной балки определяют опорные реакции от нагрузки (реакции грунта) и вычисляются коэффициенты распределения нагрузки.

$$\alpha_2 = \frac{R_1}{\sum R} \quad (7.17)$$

и

$$\beta_2 = \frac{R_2}{\sum R} \quad (7.18)$$

Далее определяют расчетные коэффициенты распределения нагрузок между отдельными частями флютбетов:

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \quad (7.19)$$

и

$$\beta_1 = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} \quad (7.20)$$

очевидно, $\alpha_1 + \beta_1 = 1$; $\alpha_2 + \beta_2 = 1$ и $\alpha + \beta = 1$.

Пропорционально этим коэффициентам α и β , учитывающим как продольное распределение нагрузки, так и относительную жесткость частей флютбета, и распределяются для расчета все общие нагрузки на флютбет между отдельными его частями. Каждая часть флютбета в дальнейшем рассчитывается самостоятельно по упрощенному методу или более точному способу расчета балок на упругом основании.

Контрольные вопросы

1. Определение напряжений в основании упорных стен?
2. Как можно определить скалывающее напряжение?
3. Проверка упорной стены на сдвиг?
4. Расчет стен голов шлюзов на нескальных основаниях?

ЛЕКЦИЯ № 8 (2 часа) **ТЕМА: "ШЛЮЗНЫЕ ВОРОТА"**

План:

1. Типы шлюзных ворот.
2. Требования, предъявляемые к шлюзным воротам.
3. Классификация шлюзных ворот.

Типы шлюзных ворот

Судоходные отверстия шлюзов оборудуют затворами двух типов: постоянными и временными. Постоянными затворами являются шлюзные ворота и относятся к основным. Временными - ремонтные и аварийные.

Шлюзными воротами называются затворы, закрывающие судоходные отверстия шлюзов и обеспечивающие выпуск в камеру и выпуск из неё шлюзуемых судов, а также для наполнения и опорожнения камеры шлюза.

Требования, предъявляемые к шлюзным воротам

К шлюзным воротам предъявляются следующие требования:

- ворота должны быть достаточно водонепроницаемы;
- ворота должны быть просты по конструкции и надёжны в эксплуатации;
- открытие и закрытие ворот должно производиться по возможности в короткий срок;
- открытые ворота не должны стеснять надводных и подводных судоходных габаритов;
- тип и конструкция ворот должны обеспечивать наиболее рациональную систему наполнения и опорожнения камеры, а также и наименьший объем сливной призмы шлюза.
- ворота должны обладать прочностью и жесткостью во избежание появления деформаций;
- изготовление, монтаж и ремонт ворот не должны вызывать особых затруднений;
- конструкция ворот не должна вызывать существенного увеличения объема кладки или усиления головы шлюза;
- маневрирование воротами должно обеспечиваться минимальными тяговыми усилиями;
- стоимость ворот, а также их эксплуатация должна быть наименьшей.

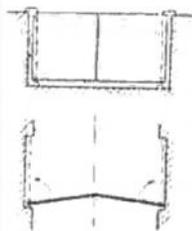
Классификация шлюзных ворот по следующим общим признакам:

- по конструкции и способу движения

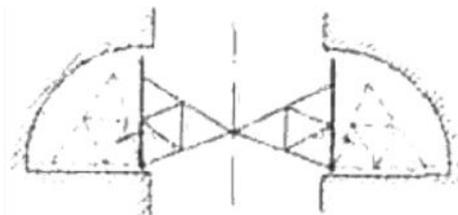
I. Двухполотные

1) Створчатые (поворотные - с вертикальной осью вращения):

- плоские



- веерные;

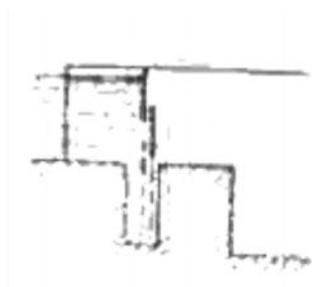


2) Плоские сдвоенные (с поступательным движением):

- подъемные



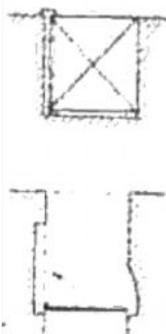
- опускаемые



II. Однополотные

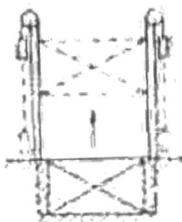
1) Плоские:

А. Поворотные - с вертикальной осью вращения

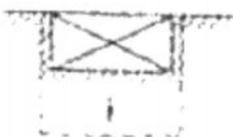


Б.С поступательным движением:

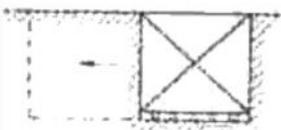
а) подъемные



б) опускаемые



в) откатные

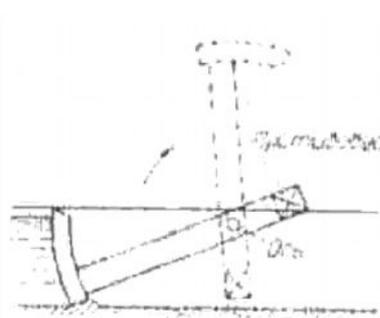


2) Клапанные (поворотные - с горизонтальной осью вращения);



3) Сегментные (поворотные с горизонтальной осью вращения):

а) подъемные



б) опускаемые



4) Секторные



5) Вальцовые



Контрольные вопросы

1. Назовите типы шлюзных ворот?
2. Назначение шлюзных ворот?
3. Требования, предъявляемые к шлюзным воротам?
4. Классификация шлюзных ворот по конструкции?
5. Классификация шлюзных ворот по способу движения?

ЛЕКЦИЯ № 9 (2 часа)

ТЕМА: "СУДОХОДНЫЕ КАНАЛЫ"

План:

1. Типы судоходных каналов.
2. Поперечные сечения каналов.
3. Трассирование судоходных каналов.
4. Потери воды из каналов и их питание.
5. Крепление откосов каналов.

Каналом называется искусственное русло правильной формы, устроенное в выемке или насыпи. Каналы, используемые как водные пути, называются судоходными.

Судоходные каналы строились ещё в глубокой древности. Так, Аристотель писал о постройке за 1400 лет до н.э. в Египте судоходного канала для соединения Нила с Красным морем. За 1100 лет до н.э. в Китае существовала целая сеть искусственных каналов для плавания судов. Судоходный канал длиной 600 км был построен от Вавилона до устьев Евфрата в VI веке до н.э.

Типы судоходных каналов

Среди судоходных каналов различают следующие типы:

- обходные;
- подходные;
- соединительные.

Обходные каналы - устраиваются для обхода какого-либо препятствия на основном водном пути, например, участок реки или озера, на котором речные суда по условиям плавания не могут выходить. К таким каналам относятся каналы, устроенные в обход Ладожского, Онежского и Белого озёр.

Подходные каналы (тупики) - соединяют отдельные промышленные предприятия или с судоходной рекой или транзитным судоходным каналом.

Соединительные каналы связывают отдельные судоходные реки или озера. Примером могут служить: Беломорско - Балтийский канал.

В последнее время строятся судоходные каналы комплексного назначения. Наряду с судоходством они используются для подвода воды к гидростанциям, для водоснабжения или являются магистральными ирригационными каналами. Примером последнего могут являться Каракумский канал.

Судоходные каналы разделяются также на открытые и ошлюзованные.

По роду питания каналы могут быть самотечные и с механической подачей воды.

Поперечные сечения каналов

Поперечное сечение канала и его основные характеристики выбирают на основании максимальных размеров судов, которые будут плавать по этому каналу.

Движение по судоходным каналам может быть встречным или односторонним.

Простейшая форма поперечного сечения канала - трапециидальное. (рис.21).

Уклоны канала выбираются в зависимости от характера грунта.

Для песчаных и глинистых грунтов коэффициент заложения откосов принимается равным $m=2\div 4$.

Ширина канала на уровне осадки максимально расчетных судов должна удовлетворять условию: $b_1 > 2B + 3d$, м.

Величина d , т.е. промежуток между встречными судами и между бортом судна и откосами канала, принимается $d = (2 \div 3)$ м.

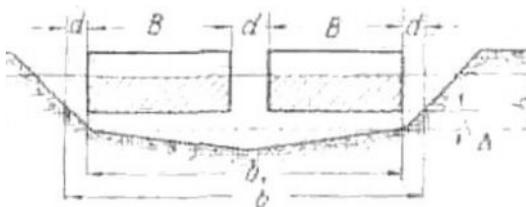


Рис.21. Расчетная схема судоходного канала при 2-х стороннем движении судов

Ширина канала по урезу воды должна удовлетворять условию

$$b > 2,6B, \text{ м}$$

Глубина канала при наименьшем горизонте воды в нем определяется по формуле:

$$h_{\text{к min}} = h + \Delta, \text{ м} \quad (9.1)$$

где Δ - величина запаса под днищем судна, назначается в зависимости от размера и типа судов, скорости их движения и грунта, принимается равной от $\Delta = (0,5 \div 1,5)$ м.

Чтобы не происходил размыв дна канала, его делают с некоторым уклоном к оси канала, коэффициент заложения принимают равным $m = (2,5 \div 5,0)$

Бровки канала должны возвышаться над максимальным горизонтом воды в канале. Для каналов построенных в выемке это превышение принимается равным (1-1,5) м, а для каналов, построенных в насыпях (2-3) м.

На бровках устраиваются бермы, шириной от (3-4) м, для прохода и проезда вдоль канала эксплуатационных служб, для его осмотра и ремонта.

Если канал проходит в глубокой выемке за бермой устраивается кювет для перехвата и отвода вод. Устойчивость откосов каналов, построенных в глубокой выемке, следует проверять расчетом.

Вдоль бровки откоса выемки устраиваются нагорные каналы для перехвата поверхностного стока с прилегающего склона (рис.22)

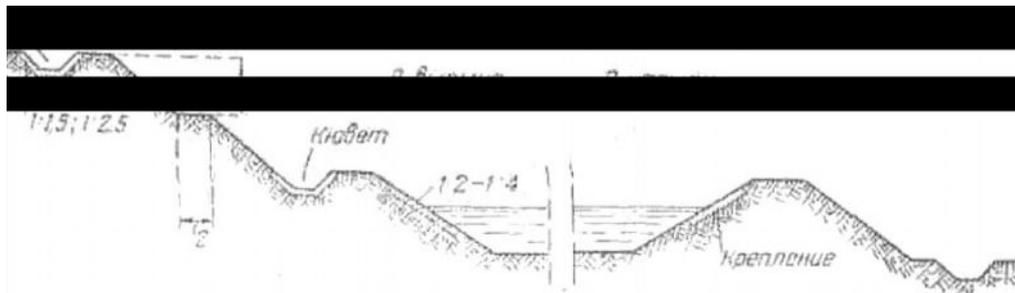


Рис.22. Типовое сечение судоходного канала в насыпи и в выемке

Трассирование судоходных каналов

При трассировании судоходного канала стремятся придерживаться прямолинейного направления, а при необходимости поворота канала, минимальный радиус закругления в обычных условиях принимается равным $R=6 B_c$, где B_c - ширина максимального судна.

При кривизне направлений в разные стороны между ними должны быть прямолинейные вставки длиной не менее $1,5L_c$, для беспрепятственного поворота судов на ходу.

Для определения необходимого уширения канала по дну можно использовать формулу:

$$\Delta B = \frac{L_c^2}{2R}. \quad (9.2)$$

Следует отметить, что направление длинных прямолинейных участков судоходных каналов не должно совпадать с направлением господствующих ветров во избежание значительных колебаний уровней воды из-за ветровых волн.

При трассировании каналов следует добиваться наименьшей длины их и минимальных объемов работ.

Потери воды из каналов и их питание

Вода в судоходном канале расходуется на испарение с водной поверхности, на фильтрацию через дно и откосы канала, на шлюзование и утечку через не плотности в затворах шлюзов и плотин.

Потери на испарение с водной поверхности можно определить по следующей формуле:

$$E = (18,6 + 3,73 W)d^{0,654} \quad (9.3)$$

E - среднемесячное испарение в мм;

W - среднемесячная скорость ветра в м/с;

d – среднемесячный дефицит влажности.

Потери на фильтрацию зависят от рода грунта и могут определяться по формуле:

$$q = 0,0375k_0 \sqrt{\frac{Q}{V}} \quad (9.4)$$

q - потери воды на 1 см длины канала;

Q - расход воды в канале м³/с;

V - средняя скорость в м/с;

k_0 -коэффициент (представляющий собой слой воды) фильтрации грунта в м/сутки.

Скорость течения воды в судоходном канале не должна превышать величины $V=(0,6\div 0,8)$ м/с

Ошлюзованные каналы получают питание из боковых речек или специальных водохранилищ, расположенных на отметках, допускающих подачу воды самотёком. В некоторых случаях водораздельные бьефы канала приходится питать путём подачи воды насосами из реки или водохранилища.

Крепление откосов каналов

Для предохранения откосов канала от размыва волной, возникающей при проходе судов, устраиваются крепления (рис.23).

Откосы крепят не по всей высоте, а лишь в зоне возможного колебания уровня воды, а также на 1 м ниже низкого навигационного горизонта. Высоту корабельной волны можно определить по формуле:

$$h = \frac{V^2}{g}; \quad (9.5)$$

h - высота волны;

v - скорость движения судна;

g - ускорение силы тяжести.

Скорость движения судов в каналах допускается до 30 км/ч.

Для устройства крепления откосов судоходных каналов следует применять местные строительные материалы. Наиболее часто крепление устраивается в виде мостовой по слою щебня или гравия, при этом мостовая должна выполняться тщательно с расклиновкой.

Крепление части откосов может выполняться в виде каменной наброски из камня $d \geq 0,25$ м. при отсутствии на месте камня крепление может выполняться из бетонных или железобетонных плит, укладываемых по слою гравия.

а)



б)

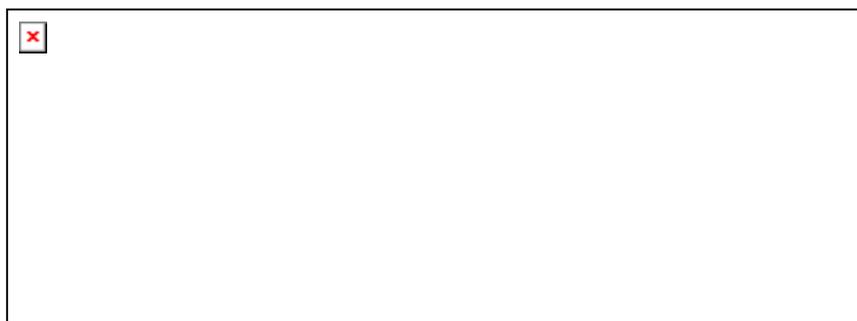


Рис.23. Типы креплений откосов канала

а - в виде каменной наброски; б - бетонными и железобетонными плитами
1-каменная наброска; 2-одерновка; 3-ж/бетонные и бетонные плиты;
4-упор крепления.

Чтобы уменьшить потери воды на фильтрацию по дну канала и откосам устраиваются противофильтрационные экраны. Материалом таких экранов чаще всего служат глина, суглинок или полимерные плёнки. Толщина экрана, выполненного из грунта принимается $0,6 \div 1$ м. Экран доводится до отметок, превышающих наивысший горизонт воды в канале на $0,2 \div 0,3$ м и сверху прикрывается защитным слоем толщиной от $0,5 \div 1$ м из песка или местного грунта.

Контрольные вопросы

1. Назовите типы судоходных каналов?
2. Как определяются размеры поперечного сечения судоходного канала?
3. Как выполняется трассирование судоходных каналов?
4. Как можно определить потери воды из каналов?
5. Как выполняется крепление откосов судоходных каналов?

ЛЕКЦИЯ № 10 (2 часа)

ТЕМА: “ТИПЫ СООРУЖЕНИЙ НА СУДОХОДНЫХ КАНАЛАХ”

План:

1. Сооружения на судоходных каналах
2. Насосные станции
3. Сооружения при пересечении с водотоками и дорогами
4. Водосбросы и водоспуски
5. Предохранительные заграждения

На судоходных каналах приходится возводить различные искусственные сооружения, различающиеся по своему назначению:

-сооружения, связанные с сопряжением бьефов. К ним относятся: плотины, судоходные шлюзы и судоподъемники;

- насосные станции для перекачки воды из нижнего бьефа (НБ) канала в верхний бьеф (ВБ);

- сооружения, строящиеся в местах пересечений канала, рек, ручьёв, оврагов и дорог. К этим сооружениям относятся: трубчатые переезды, дюкеры, мосты, туннели и паромные переправы;

- сооружения, связанные с пересечением каналом больших возвышенностей или горных хребтов. К ним относятся судоходные туннели;

- сооружения, связанные с регулированием горизонта воды в канале, опорожнением его и отключением отдельных частей канала от соседних участков, к ним относятся: водосбросы, водоспуски, предохранительные заграждения.

Насосные станции

Насосные станции на судоходных каналах служат для перекачки воды, требующейся для питания каналов. Необходимость перекачки воды насосами в водораздельный бьеф канала возникает тогда, когда приток воды из рек, озёр, водохранилищ недостаточен для покрытия всех потребностей в воде.

Насосные станции располагаются обычно рядом со шлюзами, сопрягающими бьефы в специальных обходных каналах, параллельных основным судоходным каналам (рис.24).



Рис.24. Схема расположения насосной станции у судоходного шлюза.

1-судоходный шлюз; 2-насосная станция; 3-трасса судоходного канала;
4- нижний подводящий канал; 5-отводящий канал.

Скорость в отводящем канале не должна превышать 0,8 м/с.

Для уменьшения подсосывающего влияния тока воды, направляющегося к насосной станции, на суда движущихся по каналу, вход в подводящий канал насосной станции перекрывается полами с забральной стенкой, заглубленной на 3 м ниже поверхности воды.

Сооружения при пересечении с водотоками и дорогами

При пересечении судоходных каналов с естественными или искусственными препятствиями устраиваются водопроводящие и другие сооружения.

Тип водопроводящих сооружений зависит от положения препятствия по отношению ко дну канала.

Сооружения, устраиваемые по трассе судоходного канала в местах встречающихся препятствий могут быть следующими: судоходные туннели, трубчатые переезды, дюкеры, мосты и каналы.

Судоходные туннели

При пересечении судоходным каналом возвышенных мест или горных хребтов взамен глубоких выемок устраиваются судоходные туннели (рис.25).

Судоходные туннели строятся на водных путях уже давно. Первый судоходный туннель - Малькаский (длиной 150 км, шириной- 6,7 м, высотой- 8,2 м) был построен во Франции в 1679-1681 г. на Лангедонсом канале, который установил связь между Атлантическим океаном и Средиземном морем.

Водосбросы и водоспуски

Регулирование уровней воды и опорожнение судоходных каналов осуществляется с помощью водосбросов или водоспусками.

Водосбросы устраиваются в виде открытых водосливов или сифонов, для сброса излишних вод из канала в случае повышения горизонта воды выше расчетного. Эти сооружения располагаются в тех местах, где можно устроить удобный отвод воды в реку или балки.

а)

б)

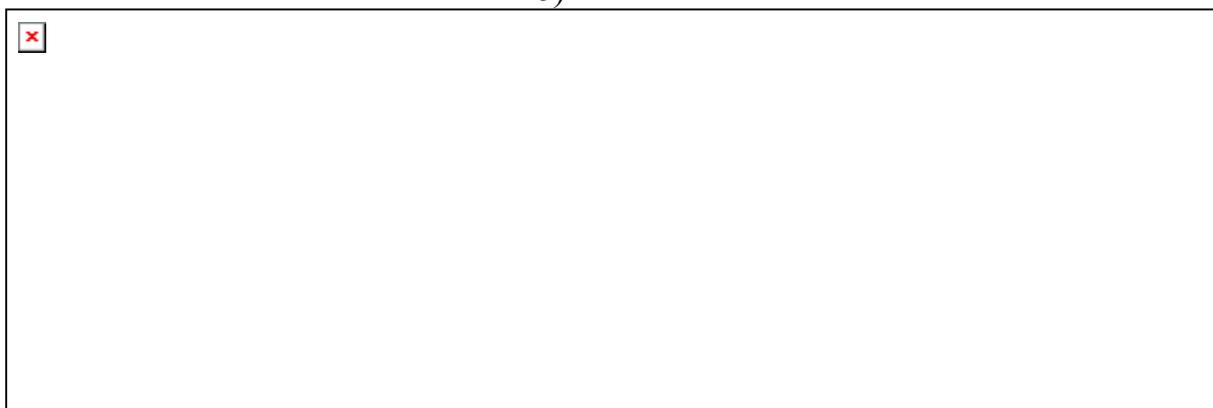


Рис.25. Поперечное сечение судоходных туннелей

а - для двухстороннего движения судов; б - для одностороннего движения судов.

Водоспуски предназначаются для опорожнения отдельных участков канала, которые могут понадобиться для осмотра или ремонта подводных частей канала или находящихся на нём сооружений.

Водоспуски могут быть открытого типа или трубчатые, обустроенные затворами. Расположение водоспусков также должно быть выбрано с учётом удобства отвода воды.

Предохранительные заграждения

Предохранительные заграждения (аварийные) или заградительные ворота, устраивают на судоходных каналах для разбивки его на несколько секций для того, чтобы в случае аварии или необходимости осмотра можно было выключить отдельную секцию не опорожняая всего канала. Необходимость устройства предохранительных заграждений вызывается следующими условиями:

- наличием длинного водораздельного бьефа;
- наличием больших водохранилищ, питающих канал;
- наличием большого числа ответственных сооружений на канале;
- наличием участков канала в насыпях;
- возможностью отдельных повреждений канала или аварий судов;
- тяжелыми последствиями аварий на каком-либо участке канала.

В соответствии с этими условиями и местными особенностями канала устанавливаются места расположения и число предохранительных заграждений.

Предохранительное заграждение может быть устроено в виде однопролетного или двухпролётного сооружения. Предохранительные заграждения должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- возможности перекрывать большие пролеты;
- возможностью установки заграждения в текущую воду;
- быстрой установке заграждения;
- отсутствию стеснения подводных и надводных габаритов, движущихся по каналу судов;
- достаточной водонепроницаемостью;
- удобству осмотра и ремонта.

В качестве предохранительных заграждений на каналах применяют фермы Томаса, откатные ворота, сегментные подъемные и опускные затворы, плоские опускные и плоские подъемные затворы.

Контрольные вопросы

1. Какие сооружения устраивают на судоходных каналах?
2. Когда необходимо устраивать насосные станции на судоходных каналах?
3. Какие сооружения устраивают при пересечении с водотоками, дорогами и горными хребтами?
4. Что из себя представляют судоходные туннели?
5. Для чего предназначены водосбросы и водоспуски на судоходных каналах?
6. Для чего нужны предохранительные заграждения на судоходных каналах.

ЛЕКЦИЯ № 11 (2 часа) ТЕМА: "РЕЧНЫЕ ПОРТЫ"

План:

1. Типы речных портов
2. Требования, предъявляемые к порту
3. Порты на каналах, водохранилищах и озерах

Речным портом называется транспортный узел, в котором происходит перегрузка грузов и пассажиров с речных судов на сухопутные виды транспорта и наоборот.

Речной порт должен отвечать основному требованию - возможности производить в нём быстро, удобно и с наименьшими затратами перегрузочные пассажирские операции судов на другие виды транспорта и обратно.

Речной порт состоит из портовой акватории, т.е. части водной поверхности, используемой для подхода, маневрирования и стоянки судов и примыкающей к ней портовой территории, на которой располагаются береговые части порта. Речные порты обычно располагаются близ городов или крупных населенных пунктов.

Помимо крупных речных портов на водных путях имеются большое количество мелких остановочных пунктов, в виде плавучих причалов - дебаркадеров, стоящих у неукрепленного берегового откоса.

В состав портовой акватории входят:

- подходы к причальной линии;
- портовые бассейны и причальные линии, у которых непосредственно происходят перегрузочные операции;
- рейды или водные площади, на которых происходит формирование и разборка воев с перегрузкой с одних судов на другие.

Для зимовки и ремонта судов отводят обычно отдельные участки акватории в виде затонов или искусственных бассейнов.

На портовой территории размещаются железнодорожные пути, складские помещения, служебные здания, перегрузочные устройства, ремонтные мастерские.

Основным фактором, определяющим размеры порта, является его грузооборот. Заданный грузооборот порта определяет размеры сооружений порта и длину причальных линий, а также виды и мощности различных перегрузочных механизмов.

Длина причальной линии устанавливается в зависимости от производительности перегрузочных механизмов.

Типы речных портов

Порты на внутренних водных путях классифицируются по различным признакам. В зависимости от места положения они бывают:

- порты на свободных реках;
- порты на ошлюзованных реках и каналах;
- порты на озерах и водохранилищах.

Порты на свободных реках могут быть разделены на: русловые и внерусловые.

В русловом порте причальные линии располагаются непосредственно в русле реки вдоль ее берега (рис.26).



Рис.26. Русловой порт

Во внерусловом порте причальные линии располагаются в естественных заливах или затонах, соединенных с основным руслом, притоком или каналом.

Рассматривая русловые и внерусловые порты, можно выделить следующие их преимущества:

- для русловых портов - меньший объем и стоимость работ по сооружению порта, более удобный подход судов к причальной линии; более легкую приспособленность к любым местным условиям:

- для внеруслового порта - вполне спокойные условия стоянки судов: возможность использования бассейнов всего порта: более удобное расположение железнодорожных путей и складов.

К недостаткам можно отнести:

- для русловых портов - менее удобные условия стоянки судов у причалов из-за скорости течения реки; невозможность зимовки у открытых причалов ввиду незащищенности судов от ледохода; заносимости во время паводков подходов и акватории перед самым причалом; растяннутость причальных линий.

- для внерусловых портов - устройство искусственных бассейнов связано с большим объемом земляных работ и удорожанием причальных устройств.

Требования, предъявляемые к порту

Для русловых портов требования судоходства сводятся к следующему:

- ширина реки должна быть достаточна для размещения судов, стоящих у причала и подходящих к ним;

- глубина на подходах и у причалов должна соответствовать расчетной осадке судов;

- скорости течения должны быть незначительными и не превышать 1-1,2 м/с;

- участок берега, вдоль которого располагается причальная линия, должен иметь устойчивый характер.

Ширина водной поверхности вдоль причальной линии должна быть равна $7B_c$, где B_c - максимальная ширина судна. По действующим правилам технической эксплуатации глубина на рейдах и у причалов в русловых портах должна на 0,3 м превышать глубину, гарантированную на транзитном ходе.

Скорость течения у причала для удобства подхода и швартовки не должна превышать 1-1,2 м/с.

Рейды в русловых портах редко располагаются вблизи причальных линий; обычно их располагают выше или ниже по течению (рис.27).



Рис.27. Расположение рейдов

Размеры рейдов определяются максимальным количеством судов, которые одновременно могут скопиться на рейде. Расстановка судов на рейде производится колоннами и рядами, так, чтобы возможен был удобным подход буксира. Расстояние между колоннами принимается равными $4B_c$.

Во внерусловых портах рейды большей частью выносятся в русло реки, а в бассейнах располагают лишь причальные линии, минимальная ширина бассейна должна быть $\geq 6B_c$.

Расположение порта должно также обеспечивать возможность осуществления удобной железнодорожной и автомобильной связи порта с общей сетью железнодорожных и автомобильных дорог.

Порты на каналах, водохранилищах и озерах

Речные порты на каналах и ошлюзованных реках располагаются в специальных бассейнах, созданных местным уширением канала или реки. Иногда в бассейн выступают отдельные участки территории, окруженные набережными, так называемые, портовые пирсы.

Озерные порты и порты на (обширных) водохранилищах отличаются от речных портов тем, что причалы и прилегающие к ним акватории, в том числе рейды для стоянки судов, должны быть защищены от действия ветровых волн специальными сооружениями, называемыми молом.

Мол - это оградительное сооружение, соединенное с берегом.

Также устраиваются волноломы - это оградительное сооружение, не связанное с берегом.

Ограждение акватории от волн может осуществляться как стационарными волноломами, так и плавучими.

Контрольные вопросы

1. Какие бывают типы речных портов?
2. Требования, предъявляемые к речным портам?
3. В чем различие портов расположенных на каналах или водохранилищах?
4. С помощью каких сооружений борются с волнами в речных портах?

ЛЕКЦИЯ № 12 (2 часа)
ТЕМА: “ПОРТОВЫЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ”

План:

1. Причальные сооружения
2. Оградительные сооружения
3. Судоподъемные устройства

К портовым гидротехническим сооружениям относятся следующие сооружения:

- причальные, служащие для постановки вдоль них судов при производстве грузовых или пассажирских операций;
- оградительные, защищающие акваторию порта от ветрового волнения, сильного течения или ледохода;
- судоподъемные устройства, служащие для ремонта подводной части судовых корпусов.

Причальные сооружения

Причальные сооружения делятся на следующие типы:

- для укрепления причальных откосов;
- вертикальные подпорные стенки для набережных;
- пристани ;
- плавучие причалы, так называемые, дебаркадеры.

Борт судна, стоящего у причала, для удобства грузовых операций должен быть расположен ближе к портовой территории, на которой расположены железнодорожные пути, проезды, склады и механические перегружатели. Поэтому вертикальная стенка должна быть достаточно низкой, чтобы судно могло подойти к ней вплотную.

Однако, для речных судов, имеющих небольшую осадку, нет возможности пользоваться причалом откосной формы. Для этого подъемный кран должен иметь достаточный вылет стрелы, чтобы он мог доставать от одной стороны до середины стоящих у причала судов (рис.28).

При значительном колебании горизонтов воды откос иногда разделяется по высоте бермами или террасами на несколько ярусов.

Крепление причальных откосов можно производит отсыпкой камня или бетонными плитами на соответствующей подготовке. Крутизна откоса должна соответствовать его устойчивости. Устойчивость откоса должна быть проверена расчетом на сдвиг по криволинейным поверхностям скольжения с учетом временной и постоянной нагрузок, а также с учетом веса подъемных механизмов.

Вертикальные стенки набережных представляют собой подпорные стенки и могут иметь разнообразные конструкции в зависимости от того строятся ли они насухо или основание стенки возводится ниже уровня воды без водоотлива.

Набережные могут быть устроены вдоль берега реки в русловых портах, так и по периметру береговых бассейнов и вокруг выступающих в акваторию пирсов.

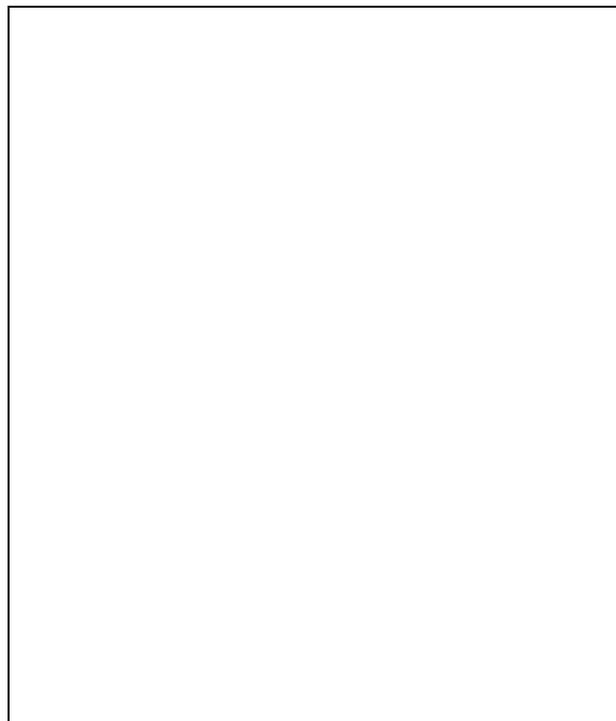


Рис.28. Тип причала откосного профиля

Стенки набережных по конструкции могут быть следующих типов:

- ряжевая набережная с бетонной надстройкой (рис.29 а);
- бетонная подпорная стенка; тип этой конструкции сооружается при большом колебании горизонта воды (рис.29 б);
- набережная с высокими железобетонным свайным ростверком и передним шпунтом (рис.29 в);
- набережная в виде заанкерowanego металлического шпунтового ряда (рис.29 г);
- тип железобетонной свайной набережной с задним шпунтовым рядом (рис.29 д).

а)

б)



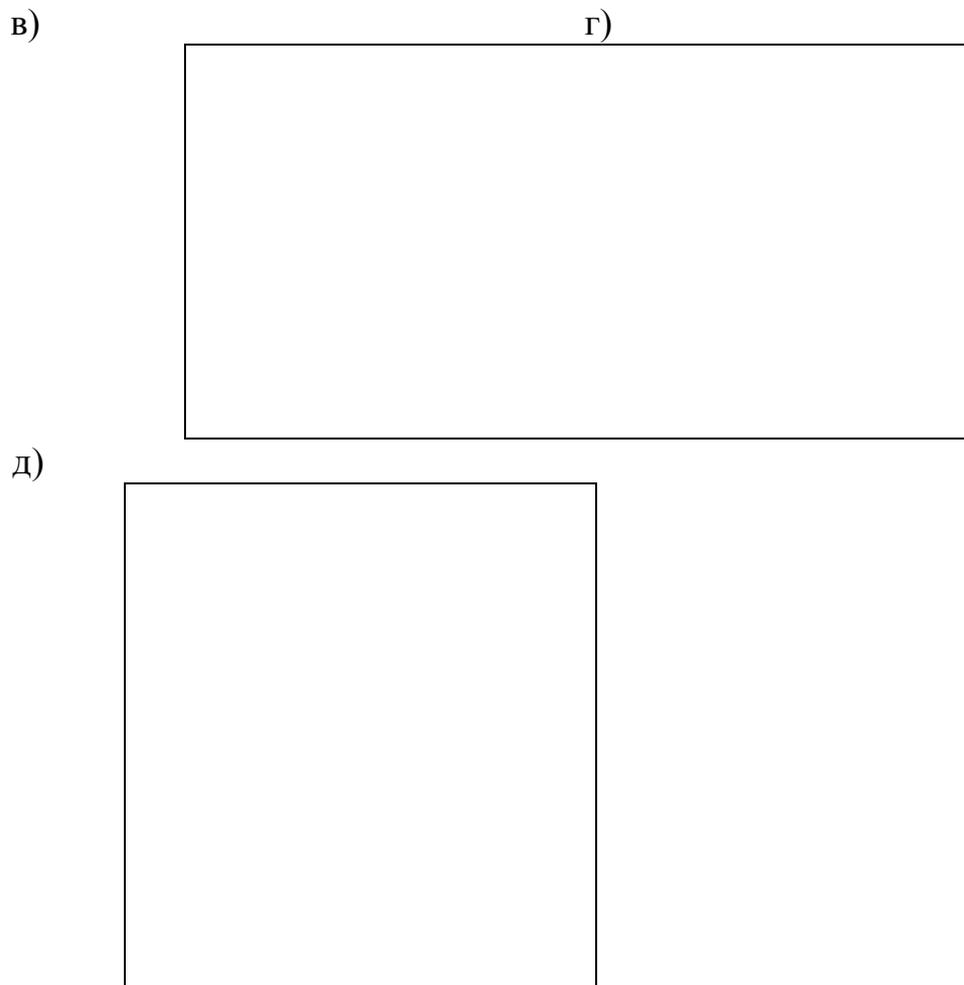


Рис.29. Стенки набережных

Набережные снабжаются отбойными приспособлениями, в виде деревянных рам из брусьев, навешанных на лицевые грани набережной или в виде отдельно забитых перед стенкой отбойных свай, которые имеют целью исключить удар судов о стенку. Для швартовки судов служат причальные тумбы, устанавливаемые у самого кордона набережных, чтобы не мешать движению кранов.

Тумбы располагаются через 25 м. По лицевой грани стен навешиваются кольца-рамы.

Пристани представляют собой сквозные сооружения со сплошным настилом. Они располагаются обычно над береговым откосом. Иногда пристани располагаются перпендикулярно к берегу, образуя своего рода пирсы. Пристани могут быть деревянные, стальные, железобетонные. По своей конструкции чаще всего бывают свайные, реже - в виде отдельных опор (рис.30).

Для грузопассажирских судов используют плавучие причалы, так называемые, дебаркадеры.

Плавучий дебаркадер представляет собой стальную, железобетонную или деревянную баржу, устанавливаемую на откосе берега на якорях и соединенную с берегом сходными или легкими мостиками.

Плавучие причалы (дебаркадеры) используются при больших колебаниях горизонтов воды, при незначительном размере грузооборота и для грузопассажирских причалов.

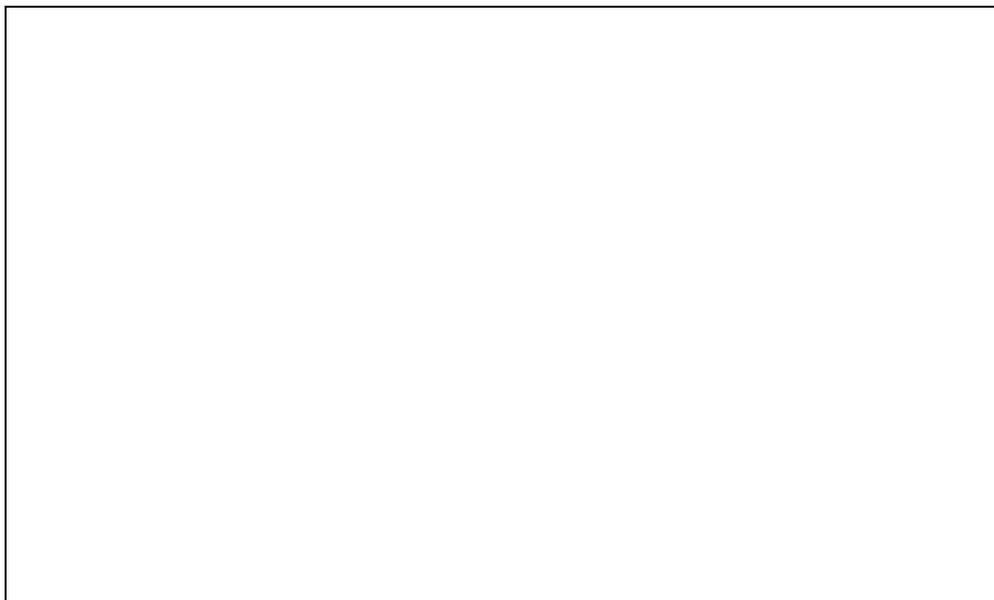


Рис.30. Свайная пристань

Оградительные сооружения

Сооружения, защищающие акваторию порта и причальные ниши от воздействия ледохода, ветровых волн, сильного течения и от заносимости наносами, называются оградительными.

К ним относятся: ледорезы и ледозащитные стенки, дамбы; волнозащитные сооружения - дамбы и шпоры, служащие для защиты от наносов или сильного течения.

Ледозащитные сооружения приходится возводить в случаях, когда у причальных линий зимуют суда.

Ледорезы представляют собой пространственную конструкцию с передней наклонной гранью и могут выполняться из свай или ряжевые, заполненные камнем.

Расстояние между ледорезами принимается от 10-15 м.

Волнозащитные сооружения применяются в водохранилищных или озерных портах.

Существует два типа волноломов:

- вертикальная или почти вертикальная стенка, отражающая волну (рис.31 а), применяется при достаточной глубине перед стенкой, равной $H > 3h$, где h - половина высоты волны;

- откосное сооружение с углом наклона наружного откоса к горизонту $\alpha < 45^\circ$, на котором волна разбивается (рис.31 б).

Для ряда портов, расположенных в пределах водохранилищ, волнозащитные сооружения можно выполнять в виде грунтовых дамб.

Судоподъемное устройство

В состав гидротехнических портовых сооружений входят судоподъемные устройства - эллинги сухие доки и плавучие доки.

а)

б)

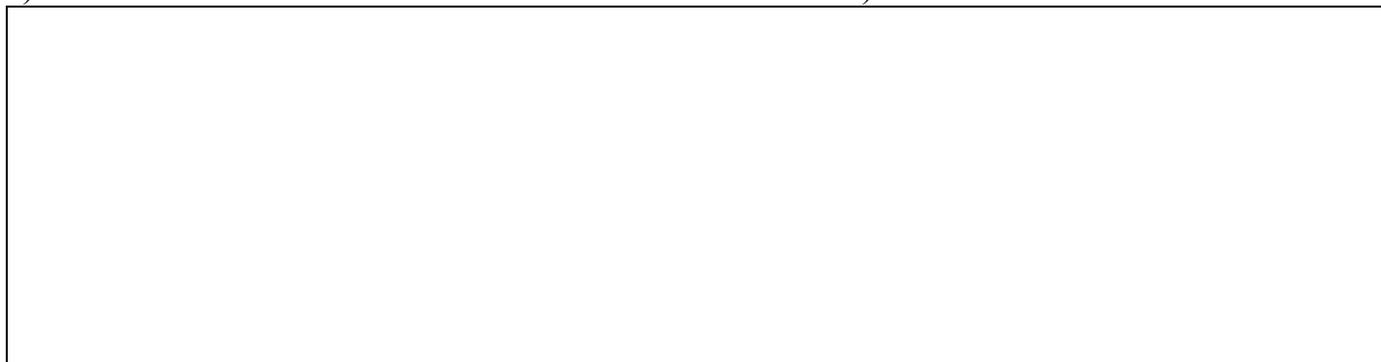


Рис.31. Схема волноломов

Ремонт механизмов в подводной части корпуса судна может быть произведен на плаву. Перед ремонтом подводная часть судна должна быть осушена. Осушку судна осуществляют различными способами. Судно может быть поднято с помощью салазок или тележек по наклонной плоскости берега при помощи лебедок. Такое устройство подъема называется эллингом. Наклонная плоскость, служащая для подъема и спуска судов при ремонте, называется стапелем.

Другим способом осушки подводной части судна является отвод судна в сухой док.

Сухой док представляет собой камеру, напоминающую судоходный шлюз, и имеющую лишь один вход, закрываемый воротами. Судно вводится в док и закрепляется в нем, ворота закрываются, и вода из камеры выкачивается насосами, судно садится на специальные опоры из брусьев.

Плавучий док представляет собой поток, состоящий из отдельных секций, имеющих днище и боковые стенки. Торцевые части плавучего дока открыты. Перед подъемом судна плавучий док заполняется водой через отверстия, имеющиеся в стенах и днищах дока. Когда нижняя палуба дока, так называемая стапель, опустится ниже днища судна, последнее вводится в док и закрепляется. После этого насосы, расположенные на доке, откачивают воду из балластных отсеков, док постепенно всплывает и поднимает с собой судно.

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляют причальные сооружения?
2. Для чего нужны оградительные сооружения?
3. Что такое ледорезы?
4. Что из себя представляют волнозащитные сооружения?
5. Какие бывают судоподъемные устройства?
6. Что такое эллинг?

Литература

1. Михайлов А.В., Левачев С.Н. Водные пути и порты: Учебник для вузов. – М., 1982г.
2. КМК 3.07.02-96 Гидротехнические транспортные сооружения на реках и водохранилищах.
3. Михайлов А.В., Левачев С.Н., Колесников Ю.М. Статические расчеты камер судоходных шлюзов: Учебное пособие. М.: МИСИ, 1989г.
4. Методические указания к курсовому проекту судоходного шлюза/ Моск.инж. – строит. ин – т им. В.В. Куйбышева. М.: МИСИ, 1989г.
5. Порты и портовые сооружения /Под.ред. Г.Н. Смирнова. М.: Строиздат, 1979г.
6. КМК 2.02.02 – 98 Основания гидротехнических сооружений
7. КМК 2.06.04 – 97 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)

Содержание:

Введение.....	3
Водные пути в общей системе транспорта.....	3
Лекция №1. «Суда и способы тяги».....	5
Лекция №2. «Судоходные реки в естественном состоянии и улучшение судоходных условий на них».....	10
Лекция №3. «Искусственные водные пути».....	15
Лекция №4. «Судоходные шлюзы».....	21
Лекция №5. «Водопроводные устройства шлюзов».....	25
Лекция №6. «Стены и днища камер и голов».....	30
Лекция №7. «Статический расчет голов судоходных шлюзов».....	35
Лекция №8. «Шлюзные ворота».....	40
Лекция №9. «Судоходные каналы».....	44
Лекция №10. «Типы сооружений на судоходных каналах».....	48
Лекция №11. «Речные порты».....	51
Лекция №12. «Портовые гидротехнические сооружения».....	55
Литература.....	60

Бакиев Машариф Рузметович
Кириллова Евгения Ивановна

ВОДНЫЕ ПУТИ И ПОРТЫ

(конспект лекции)

Редактор: И.Таджиханов

Подписано к печати _____
форм 60x84 1/16 объем 3,9 п.л.
тираж 50 заказ № _____

Отпечатана на ротапинтере в типографии ТИИМ

Ташкент – 700000, ул. Кары-Ниязова дом 39.