П О С О Б И Е

по проектированию судоходных шлюзов к СНиП 2.06.07-87 „Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения“

П-864-88

ГИДРОПРОЕКТ

МОСКВА 1988

gost.e-ecolog.ru

Всесоюзный ордена Ленина проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт "Гидропроект" им. С.Я.Жука Минэнерго СССР

Государственный институт проектирования на речном транспорте (Гипроречтранс) Минречфлота РСФСР

Ленинградский институт водного транспорта (ЛИВТ) Минречфлота РСФСР

УТВЕРЖДАЮ:

Главный инженер института

Новоженин В.Д.

"28" июня 1988 г.

П О С О Б И Е

по проектированию судоходных шлюзов к СНиП 2.06.07-87 "Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения"

П - 864 -88

Гидропроект

Ответственный исполнитель разработки Б.П.Петухов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник технического отдела института Н.А.Соничев

Москва - 1988

Рекомендовано к изданию комиссией технического совета института "Гидропроект" им. С.Я.Жука.

Пособие по проектированию судоходных шлюзов к главе СНиП 2.06.07 "Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения".
(Гидропроект им. С.Я.Жука Минэнерго СССР,
Гипроречтранс Минречфлота РСФСР,
ЛИВТ Минречфлота РСФСР).

Содержит основные положения, рекомендации и примеры расчета, использование которых целесообразно при проектировании всех сооружений и устройств, связанных с судоходными шлюзами.

Пособие включает текст СНиП 2.06.07-87 "Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения" в той его части, которая содержит требования по проектированию судоходных шлюзов.

Пособие предназначено для инженерно-технических работников проектных, научно-исследовательских и эксплуатационных организаций, занимающихся проектированием и эксплуатацией судоходных шлюзов.

Настоящее Пособие распространяется на проектирование вновь возводимых и реконструируемых судоходных шлюзов и подходов к ним, располагающихся на внутренних водных путях и их приморских окончаниях.

Настоящим Пособием надлежит пользоваться с учетом требований глав СНиП и других нормативных документов, а также требований Государственных стандартов, санитарных норм и правил техники безопасности, охраны труда и охраны окружающей среды.

П Р Е Д И С Л О В И Е

Пособие составлено в развитие той части главы СНиП 2.06.07-87 "Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения", которая относится к судоходным шлюзам.

Текст СНиП 2.06.07-87, приводимый в Пособии, отмечен на полях вертикальной чертой и его пункты, формулы, таблицы, рисунки имеют двойную нумерацию: вначале по Пособию, а затем в скобках - по СНиП.

Пособие по кругу рассматриваемых вопросов шире, чем соответствующая ему часть СНиП, и содержит разделы, не вошедшие в нее, но подлежащие учету при разработке проектов судоходных шлюзов.

Кроме того, к пунктам СНиП даются пояснения по их применению, отдельные положения главы СНиП, сформулированные в сжатом виде, расшифровываются посредством текстового и графического материалов. Приводятся примеры расчета для наиболее типичных случаев, встречающихся в практике проектирования.

Данное Пособие составлено в развитие Руководства по проектированию судоходных шлюзов к СНиП П-55-79, которое утратило свою силу в связи с утверждением СНиП 2.06.07-87.

Пособие составляли: разделы I- 7 - институт "Гидропроект" им.С.Я.Жука Минэнерго СССР (инженеры Г.Ф.Ильюшенков, З.В.Кузнецова, Б.П.Петухов, Н.П.Пентко), институт "Гипроречтранс"Минречфлота РСФСР (к.т.н. В.Э.Даревский, инженер Р.П.Степанов); Ленинградский институт водного транспорта (ЛИВТ) Минречфлота РСФСР (проф.В.В.Баланин); раздел 8 - НИС "Гидропроекта" (к.т.н. Г.Ф.Онипченко); раздел 9 - НИС "Гидропроекта" (к.т.н. И.С.Ронжин); раздел IO - институт "Гидропроект" (инженеры Г.Ф.Ильюшенков, З.В.Кузнецова, Б.П. Петухов); раздел II - МИСИ им.Куйбышева (д.т.н. А.В. Михайлов, к.т.н. С.Н. Левачёв), НИС "Гидропроекта" (к.т.н. А.В. Нефедов), Ленгидропроект (инженер А.И. Ромм); разделы I2,I4 - институт "Гидропроект".

(инженеры Я.Н. Ветухновский, М.С. Соколов); раздел I3 - институт "Гипроречтранс" (инженер Р.П. Степанов); раздел I4 - ЛИВТ Минречфлота РСФСР (проф. В.В. Баланин); разделы I5-I7 - институт "Гидропроект"(инженеры Г.М. Новикова, А.Г. Орлов); разделы I8-I9 - институт "Гипроречтранс", ЛИВТ (к.т.н. В.Э. Дэревский, инженер Р.П. Степанов, проф. В.В. Баланин); раздел 20 - НИС "Гидропроекта"(Е.М. Шехтер); раздел 2I - институт "Гипроречтранс" (инженер Р.П. Степанов).

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Согласно СНиП 2.06.0I-86 судоходные шлюзы и их сооружения подразделяются на постоянные и временные. К временным относятся шлюзы или их сооружения, используемые только в период строительства и ремонта постоянных сооружений.

Примером временных шлюзов могут служить шлюзы в гидроузлах, предназначенные для пропуска судов и плотов только в период строительства и обеспечивающие преодоление ими перепада уровней при промежуточных отметках верхнего бьефа. Временными сооружениями постоянных судоходных шлюзов могут быть причальные и направляющие сооружения, обеспечивающие судоходство через постоянные шлюзы только в период строительства при уровнях ниже постоянных навигационных. К временным сооружениям относятся также перемычки, временные оградительные стенки и дамбы, котлованы и др.

I.2. Согласно СНиП 2.06.0I-86 постоянные сооружения судоходных шлюзов в зависимости от их назначения подразделяются на основные и второстепенные. К основным следует относить сооружения, разрушение или повреждение которых приводит к прекращению судоходства или сокращению пропускной способности шлюза.

К второстепенным относятся сооружения, разрушение или повреждение которых не влечет за собой указанных выше последствий.

Основные гидротехнические сооружения судоходных шлюзов:

головы, камеры;

противофильтрационные и дренажные устройства;

сооружения системы питания;

причальные и направляющие сооружения;

подпорные стены, сопрягающие сооружения судоходных шлюзов с другими сооружениями гидроузла и входящие в состав напорного фронта;

подходные каналы.

Второстепенные гидротехнические сооружения судоходных шлюзов:

сопрягающие подпорные стены, не входящие в состав напорного фронта;

струенаправляющие и раздельные стенки и дамбы;

отдельно стоящие служебно-вспомогательные причалы;

другие сооружения, не перечисленные в составе основных гидротехнических сооружений.

I.3.(3.2). Классы внутренних водных путей следует назначать в соответствии с ГОСТ 26775-85 и согласовывать с Минречфлотом РСФСР или управлениями речного пароходства союзных республик.

Как указано в СНиП 2.06.01-86 "Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования", классы гидротехнических сооружений (в том числе и классы сооружений судоходных шлюзов) назначаются в зависимости от возможных последствий их разрушения или нарушения требований эксплуатации.

Последствия разрушения сооружений должны оцениваться с учетом:

наличия в нижнем бьефе, прибрежной или шельфовой зоне городов, населенных пунктов, предприятий и объектов народного хозяйства и т.п.;

наибольшей высоты водоподпорных сооружений и вида грунтов оснований;

объемов и назначения водохранилищ;

обеспечения безопасности плавания судов различного назначения;

геологического, топографического строения района возведения и др.

Последствия нарушения эксплуатации гидротехнических сооружений судоходных шлюзов следует оценивать с учетом ущерба, наносимого народному хозяйству нарушением работы речного транспорта.

I.4. Согласно СНиП 2.06.01-86 класс основных гидротехнических сооружений судоходного шлюза следует принимать по наибольшему его значению, определяемому по табл.I и 2. Класс второстепенных сооружений определяется по табл.2.

В зависимости от конструкции, высоты и вида грунтов основания класс сооружений назначается по табл.I.

Таблица I

Наименование сооружений	Виды грунтов основания	Классы сооружений			
		I	II	III	IУ
		Высота сооружений, м			
Сооружения судоходных шлюзов, участвующие в создании напорного фронта	Скальные грунты	Более I00	от 60 до I00	от 25 до 60	менее 25
	Песчаные, крупнообломочные и глинистые грунты в твердом и полутвердом состоянии	Более 50	от 25 до 50	от I0 до 25	менее I0
	Глинистые, водонасыщенные в пластичном состоянии	более 25	от 20 до 25	от I0 до 20	менее I0

Примечание: Высота сооружений принимается равной высоте отдельных конструкций судоходного шлюза (голов, секций камер) в наиболее заглубленной их части. Высота шлюза определяется по разности отметок верха устоев голов или пришлюзовых площадок (исключая парапеты и другие выше расположенные конструкции) и подошвы сооружений (без учета местных заглублений в основание, устройства зуба и т.п.)

В зависимости от последствий нарушения эксплуатации гидротехнических сооружений класс их назначается по табл.2.

Таблица 2

Классификационная группа водного пути	Класс водного пути по ГОСТ 26775-85	Глубина судового хода, м		Класс сооружений	
		гарантированная	средненавигационная	основных	второстепенных
Сверхмагистрали	I-II	свыше 2,5	свыше 2,9	II	III
Магистрали	III-IУ	свыше I,5 до 2,5	свыше I,7 до 2,9	III	IУ
Местного значения	У-УП	менее I,5	менее I,7	III	IУ

Примечание: Если по гарантированной и средненавигационной глубинам судового хода участок водного пути относится к разным классам, то его следует относить к более высокому из этих классов. Примеры отнесения водного пути к отдельным классификационным группам: сверхмагистрали - водные пути Единой глубоководной системы европейской части СССР; магистрали - Москворецкая система, реки Северский Донец, Ока; водные пути местного значения - реки Маныч, Сож, Цна и др.

I.5. Класс основных гидротехнических сооружений шлюзов, входящих в состав напорного фронта комплексного гидроузла, надлежит устанавливать как для участника, показатели которого соответствуют более высокому классу.

При совмещении двух или нескольких отдельных сооружений различного назначения (например, причальных с оградительными) классы сооружений следует устанавливать по сооружению, соответствующему более высокому классу.

I.6. Если разрушение отдельных сооружений шлюзов может вызвать последствия катастрофического характера для расположенных ниже городов, крупных промышленных предприятий, транспортных магистралей, то класс таких сооружений, определяемый по табл.I, при надлежащем обосновании, допускается повышать в соответствии с масштабом последствий, но не более, чем на единицу.

I.7. Временные гидротехнические сооружения шлюзов, как правило, следует относить к IУ классу. В случае, если разрушение этих сооружений может вызвать последствия катастрофического характера для строительной площадки, населенных пунктов и предприятий или вызвать значительную задержку возведения основных сооружений объектов I, II классов, они могут быть отнесены, при надлежащем обосновании, к III классу.

I.8. Согласно СНиП 2.06.01-86, обязательное приложение 2, п.8 при пересечении одного гидротехнического сооружения с другими сооружениями более высокого класса повышение класса проектируемого гидротехнического сооружения должно быть обосновано.

I.9. При проектировании судоходных шлюзов необходимо соблюдать требования действующих в стране законодательств по охране природы, а также по охране здоровья строительного, эксплуатационного персонала и населения.

Основные требования к проектированию судоходных шлюзов.

I.10. В соответствии с требованиями СНиП 2.06.01-86 тип и конструкцию шлюзов надлежит выбирать в зависимости от величины напора, колебаний уровней воды в бьефах, топографии, климатических и инженерно-геологических условий местности, размера и характера грузопотока, типов и размеров расчетных судов на основе технико-экономических сравнений вариантов и с учетом пропускной способности и удобств эксплуатации шлюзов.

I.11. При проектировании судоходных шлюзов надлежит предусматривать и обеспечивать надежность и удобство эксплуатации сооружений, их надлежащее архитектурное оформление, возможность проведения в дальнейшем ремонтных и восстановительных работ, пожарную безопасность и средства пожаротушения.

I.12. Судоходные шлюзы следует проектировать, рассматривая возможность и технико-экономическую целесообразность совмещения сооружений, выполняющих различные функции, ввода их во временную эксплуатацию до полного завершения строительства, унификации по габаритам, технологическому оборудованию и конструктивному решению.

I.13. Проектирование судоходных шлюзов на приморских окончаниях внутренних водных путей следует вести с учетом специфики условий моря, в том числе гидрологического режима, агрессивности морской воды и биологических факторов.

I.I4. (3.3). При проектировании на судоходных реках каскада гидроузлов, включающих шлюзы, судоходные глубины, установленные для данного водного пути, необходимо обеспечивать на всем его протяжении в течение всего расчетного срока навигации.

Обеспечение на отдельных участках судоходных глубин путем дноуглубления или дополнительных попусков воды допускается только при надлежащем обосновании.

I.I5. (3.6). При проектировании судоходных шлюзов следует рассматривать возможность их использования для пропуска части паводковых расходов с расчетной вероятностью превышения для водных путей менее, %

сверхмагистральных	I
магистральных	3
местного значения	5

Сбрасываемая через судоходные шлюзы часть паводковых расходов воды должна быть обоснована технико-экономическими расчетами и согласована с Минречфлотом РСФСР или управлениями речного пароходства союзных республик.

При технико-экономических расчетах учитываются дополнительные требования и мероприятия, связанные со спецификой работы шлюза как водосброса: дополнительные крепления откосов и дна подходных каналов, усиление и дополнительное закрепление ворот, усиление уплотнений температурно-осадочных швов и др.

Режим сброса и величины усилий, возникающих при этом в конструкциях и механическом оборудовании шлюза, устанавливаются расчетами или гидравлическими лабораторными исследованиями.

Порядок пропуска через шлюзы паводковых расходов должен разрабатываться в проектах и обуславливаться правилами эксплуатации судоходных сооружений гидроузла.

I.I6. (3.7.). Судоходные шлюзы следует проектировать с учетом возможности продления навигации и обеспечения работы шлюзов при отрицательных температурах воздуха. Для этих целей надлежит осуществлять обогрев основных ворот, закладных частей и стен камер, обеспечивать устройство майн, уборку льда из камер и др.

I.I7. Судоходные шлюзы, предназначенные для строительства в зонах распространения вечномерзлых грунтов, на просадочных и набухающих грунтах и в районах с карстовыми образованиями,

надлежит проектировать по индивидуально разработанным техническим условиям, утверждаемым в установленном порядке, с учетом требований СНиП 2.06.07-87 "Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения".

I.I8. Проектирование временных судоходных шлюзов следует производить по рекомендациям настоящего Пособия с учетом временного характера сооружений и условий эксплуатации.

I.I9.(I.4.). В сооружениях I, II и III классов следует предусматривать установку контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), обеспечивающей проведение натурных наблюдений и исследований как в период строительства, так и в период эксплуатации.

Состав, объем и режимы натурных наблюдений должны определяться программой, включаемой в проект.

В сооружениях IУ класса необходимость установки КИА должна быть обоснована.

I.20.(I.3). При проектировании судоходных шлюзов I и II классов, как правило, следует проводить прочностные, гидравлические и другие исследования. Проведение этих исследований для сооружений III и IУ классов должно быть обосновано.

Состав и содержание исследований по шлюзам определяется отдельными техническими условиями.

I.2I. При выборе материалов для строительства судоходных шлюзов следует руководствоваться требованиями норм и ГОСТ на материалы, применяемые для речных гидротехнических сооружений, а при возведении их на приморских и морских акваториях также требований, предъявляемых к материалам морских гидротехнических сооружений.

В зависимости от условий эксплуатации сооружений к их материалам должны предъявляться кроме прочностных, требования по водонепроницаемости, морозостойкости, стойкости против агрессивности воды, кавитационной и износостойкости.

Реконструкция судоходных шлюзов

I.22. Реконструкция судоходных шлюзов производится с целью: увеличения их пропускной способности, модернизации оборудования,

восстановления несущей способности основных сооружений и т.п.

I.23. Реконструкция шлюзов, как правило, должна производиться без прекращения ими основных эксплуатационных функций, например в межнавигационный период, а также путем возведения дополнительных ниток.

I.24. При проектировании реконструкции особое внимание следует уделять вопросам разработки технологии и организации работ, обеспечивающих сохранность и надежность существующих сооружений, их максимальное использование, а также окончание работ точно в установленный срок, особенно при выполнении их в течение межнавигационного периода.

Классификация судоходных шлюзов

I.25. (3.I). Судоходные шлюзы на внутренних водных путях подразделяются:

по числу камер, расположенных последовательно - на однокамерные, двухкамерные и т.д.; по числу камер, расположенных параллельно - на однониточные, двухниточные и т.д.; по величине напора на камеру - на низконапорные с расчетным напором $H_d < 10$ м; средненапорные - $10 < H_d < 30$ м, высоконапорные - $H_d > 30$ м.

I.26. В однокамерном шлюзе суда преодолевают сразу весь напор на гидроузле.

Для уменьшения времени шлюзования и объема сливной призмы при пропуске судов меньшей длины однокамерные шлюзы выполняются иногда с промежуточной головой.

В двухкамерных и многокамерных шлюзах весь напор гидроузла разбивается на ступени и этим уменьшаются высотные габариты сооружений шлюза. Выбор числа камер в шлюзе производится, в основном, по прочностным характеристикам основания, водохозяйственным и технико-экономическим условиям.

Число ниток определяется грузо- и судооборотом. На выбор числа ниток влияет также необходимость в отдельных случаях специализации одной из них для пропуска определенных типов судов, например, скоростных или плотов.

Строительные материалы

I.27. Для строительства судоходных шлюзов из бетона и железобетона применяется тяжелый бетон, качество которого должно удовлетворять требованиям ГОСТ "Бетон тяжелый. Технические условия". По водонепроницаемости бетон должен удовлетворять требованиям СНиП "Защита строительных конструкций от коррозии".

I.28. В соответствии с требованиями СНиП 2.06.08-87 в зависимости от вида и условий работы сооружений шлюза устанавливаются показатели качества бетона, основными из которых являются следующие:

а) классы бетона по прочности на сжатие;

б) классы бетона по прочности на осевое растяжение;

в) марки бетона по морозостойкости;

г) марки бетона на водонепроницаемости.

К бетону ряда сооружений судоходного шлюза (камеры, системы питания и пр.)предъявляются дополнительные, устанавливаемые в проектах и подтверждаемые экспериментальными исследованиями требования по сопротивляемости истиранию потоком воды с донными взвешенными наносами, стойкости против кавитации.

I.29. При строительстве судоходных шлюзов в комплексе с другими сооружениями гидроузла с целью уменьшения числа проектных марок бетона следует увязывать назначаемые марки бетона шлюза с марками бетонов, принятыми для других сооружений.

Сборные железобетонные элементы и конструкции судоходных шлюзов должны отвечать требованиям соответствующих нормативных документов и ГОСТ.

I.30. Бетон лицевых поверхностей стен камер, устоев голов, направляющих и причальных сооружений в пределах колебаний судоходных уровней воды должен иметь повышенную прочность, стойкость против истирания и ударов, водонепроницаемость, морозостойкость.

Повышение прочности, сопротивления истиранию и плотности бетонных поверхностей может быть достигнуто применением фибробетона, абсорбирующей опалубки и вакуумированием.

I.3I. При армировании железобетонных конструкций и элементов судоходных шлюзов следует применять арматуру в соответствии

с требованиями СНиП "Бетонные и железобетонные конструкции", СНиП "Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений" и действующими ГОСТ.

I.32. Для изготовления металлических конструкций и механизмов судоходных шлюзов (ворот, затворов, их механизмов, причальных приспособлений и т.п.) применяется металл в соответствии с требованиями СНиП "Стальные конструкции".

I.33. При использовании в конструкциях судоходных шлюзов камня, щебня, гравия и песка требования к ним должны соответствовать:

- для камня СНиП "Каменные и армокаменные конструкции";
- для щебня ГОСТ "Щебень из природного камня для строительных работ. Технические условия";
- для гравия ГОСТ "Гравий для строительных работ. Технические условия";
- для крупнозернистых и среднезернистых песков ГОСТ "Песок для строительных работ. Технические условия".

I.34. Строительные материалы для гидроизоляции и заполнения шпонок в деформационных швах принимаются по указаниям нормативных документов на проектирование гидроизоляций и соответствующих ГОСТ, а при отсутствии необходимых указаний - по данным лабораторных исследований.

I.35. Лесоматериалы для отдельных элементов и конструкций шлюза должны соответствовать требованиям СНиП "Деревянные конструкции".

I.36. Разрешается применение новых синтетических материалов в конструкциях судоходных шлюзов и их оборудовании при условии надлежащего обоснования целесообразности использования соответствующих материалов.

I.37. Использование строительных материалов для возведения судоходных шлюзов производится в соответствии с "Техническими правилами по экономному расходованию основных строительных материалов".

I.38. Строительные материалы для зданий (особенно неотапливаемых), возводимых на площадках судоходных шлюзов, и отделки их фасадов и внутренних помещений должны быть

долговечными и выбираться с учетом работы их в условиях переменного температурного режима и высокой влажности воздуха.

Для отделки фасадов и внутренних стен не следует применять мелкоштучные облицовочные материалы и штукатурку; рекомендуется использовать стеновые элементы (панели заводского изготовления) с отделочным слоем, а также материалы, обладающие повышенной долговечностью, устойчивостью против коррозии от воздействия атмосферных факторов и надежно закрепляемые на поверхности фасадов и внутренних стен зданий. Отделка фасадов и стен внутренних помещений должна удовлетворять требованиям эстетики.

I.39. При проектировании объектов судоходного шлюза рекомендуется использовать принцип однородности применяемых материалов, что является наиболее конструктивным способом создания ансамбля транспортного комплекса.

I.40. Судоходные шлюзы, проектируемые в районах, где в течение года наблюдаются отрицательные температуры воздуха, должны возводиться из материалов, обеспечивающих их нормальную работу в этих условиях. В частности, металлоконструкции этих шлюзов должны изготовляться из металла спокойных плавок и обладать хладостойкостью.

Состав и объем проектных и изыскательских материалов

I.4I. Состав и объем материалов проекта судоходного шлюза определяется для каждой стадии проектирования "Инструкцией о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений".

I.42. Состав и объем топографических, инженерно-геологических, гидрологических, производственно-строительных и других изысканий и исследований должен соответствовать требованиям главы СНиП "Инженерные изыскания для строительства. Основные положения", "Инструкции по инженерным изысканиям для промышленного строительства" и других инструкций по инженерным изысканиям для гидротехнического строительства.

I.43. Материалы проекта судоходного шлюза должны содержать данные по грузообороту и судообороту в створе гидроузла в соответствии с перспективной схемой развития водного транспорта, а также данные о существующих и проектируемых на перспективу судах и плотах на данном водном пути на расчетные сроки.

При отсутствии схемы развития водного транспорта бассейна грузооборот определяется на основании экономических исследований.

2. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ШЛЮЗОВ

2.1. (п.I приложения 2). Данные по типам расчетных судов, грузо- и судообороту (навигационному и среднесуточному в наиболее напряженный период навигации) в створе гидроузла, определяемые на расчетный перспективный срок, следует устанавливать на основании схемы развития водного транспорта бассейна, а при отсутствии ее на расчетный перспективный срок - на основании экономических исследований.

За расчетный перспективный срок принимается:

для шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях - I0 лет после начала постоянной эксплуатации; для шлюзов на водных путях местного значения - 5 лет.

Расчетное судно (составы, плот) выбирается по водоизмещению, длине, ширине, осадке, надводному возвышению привального бруса, надводному габариту согласно сетке типов судов, утвержденной Минречфлотом РСФСР или управлениями речного флота союзных республик или другими органами, регулирующими судоходство.

2.2. Данные о грузопотоках приводятся в виде таблицы, включающей сведения об объемах грузов, проходящих в створе гидроузла в прямом (т.е. обеспечивающем максимальный грузопоток) и обратном направлениях, а также о суммарных объемах грузов.

Данные о пассажиропотоках включают сведения о густоте движения пассажиров в створе гидроузла.

Данные о спортивных и прогулочных судах приводятся как среднесуточное количество их в наиболее напряженный период навигации.

Данные о типах судов приводятся с разбивкой на несамоходные и самоходные, в том числе грузовые теплоходы, танкеры, толкачи, буксиры, пассажирские суда водоизмещающие и скоростные (на подводных крыльях, на воздушной подушке, полуглиссирующие и т.д.), плоты и т.д.

Характеристики судов при этом должны включать сведения, перечень которых приведен в пункте 2.I.

Наряду с данными о существующих судах должны быть приведены данные о судах намечаемых для использования на водном пути после его реконструкции, составах, в частности секционных, учитывая, что именно последние, пропускаемые через шлюзы без переформирования, обеспечивают возможность заметного повышения производительности труда и экономии трудовых ресурсов.

2.3. (п.2 приложения 2). Навигационный судооборот определяется по направлениям вверх и вниз отдельно груженых и порожних судов различных типов: самоходных и несамоходных, пассажирских и грузопассажирских, плотоводов, технического флота, шлюзуемых секций плотов и др.

Распределение навигационного объема перевозок грузов по видам флота производится на основе разработанной проектной схемы освоения грузопотоков с учетом расстановки по линиям переходящего остатка существующего флота и флота нового пополнения.

Количество единиц флота каждого типа устанавливается как частное от деления объема груза, перевозимого судами рассматриваемого типа, на грузоподъемность судна и коэффициент использования грузоподъемности судов данного типа. При выборе типов судов следует учитывать партионность груза, рекомендации по использованию тех или иных судов для перевозки соответствующих родов грузов.

Навигационный судооборот по пассажирскому флоту устанавливается на основе перечня пассажирских линий на перспективу с учетом частоты отправления судов по линиям.

Далее путем сопоставления объема грузов, необходимых к перевозке по прямому и обратному направлениям, выявляется тоннаж порожняка. При этом учитывается, что все суда, проходящие в одном направлении, должны в дальнейшем вернуться и опять проследовать через шлюз, возвращаясь за очередной партией грузов. При выполнении расчета необходимо также учитывать, что плоты перемещаются по реке или водному пути лишь в одну сторону, а плотоводы, следующие легкачом, обычно не требуют специального времени на шлюзование и пропускаются совместно с другим флотом.

Далее необходимо иметь в виду, что суда, в которых перевозятся нефтепродукты (за исключением нефтерудовозов), могут загружаться в одном направлении, а обратно следуют порожними, если нет нефтепродуктов обратного направления.

Возможность обратной загрузки сухогрузного тоннажа устанавливается на основе разработанной укрупненной проектной схемы освоения грузопотоков с учетом "Правил перевозок грузов".

При определении навигационного судооборота должны также учитываться буксирный и рейдовый флот и суда сторонних организаций.

2.4. (п.3 приложения 2). Среднесуточный судооборот в наиболее напряженный период навигации по каждому виду перевозок определяется как отношение навигационного судооборота к длительности навигации, сут, умноженное на коэффициент неравномерности подхода судов и плотов к шлюзам, принимаемый по данным анализа проектируемого судооборота. При отсутствии таких данных коэффициент неравномерности допускается принимать: для судов I,3; плотов I,7.

Длительность навигации, сут, устанавливается с учетом ее продления при отрицательных температурах воздуха органами, регулирующими судоходство на внутренних водных путях.

В отдельных случаях, при отсутствии данных о коэффициенте неравномерности подхода судов и плотов к шлюзам, коэффициент неравномерности, необходимый для определения среднесуточного судооборота в наиболее напряженный период навигации по каждому виду перевозок на судоходных реках, устанавливается для каждого рода грузов по отчетным данным за последние три года как отношение количества груза, проходящего через створ гидроузла в наиболее напряженный месяц навигации, к среднемесячному в разрезе всей навигации количеству данного груза, проходящего через тот же створ. Перевозки грузов в месячном разрезе устанавливаются по статистике на речном транспорте.

На реках, становящихся судоходными в результате возведения гидроузла или каскада гидроузлов, коэффициенты неравномерности устанавливаются в результате анализа грузооборота и выявления реально возможных сроков поступления грузопотока наибольшей интенсивности к створу гидроузла. При образовании

в результате сооружения гидроузла выше створа его крупного водохранилища с тяжелым ветро-волновым режимом и наличием туманов, полученные указанным выше способом коэффициенты неравномерности поступления судов к створу гидроузла в разрезе навигации должны быть увеличены умножением на коэффициент, учитывающий метеорологические факторы, который может быть определен в зависимости от прогноза волнового режима водохранилища и состава флота, подлежащего эксплуатации к расчетному сроку.

2.5. (п.4 приложения 2). Общее число шлюзований в сутки следует определять как сумму шлюзований транспортного флота (включая плоты) и двух пар шлюзований для сверхмагистральных и магистральных водных путей и одной пары – для водных путей местного значения для пропуска технического флота.

Для выполнения расчетов по определению необходимого количества шлюзований в сутки надлежит определить состав судов, подлежащих размещению в камере за одно шлюзование.

При сооружении гидроузла в каскаде уже действующих на реке гидроузлов, как правило, размеры камеры шлюза такого гидроузла принимаются аналогичными уже существующим. На основании этих размеров нетрудно установить число судов, в разных сочетаниях, которые могут быть размещены в данной камере. Выбор возможных сочетаний судов на одно шлюзование производится с учетом общего количества судов тех или иных типов, а также плотов, подлежащих пропуску через шлюз. При этом следует учитывать, что одновременное шлюзование судов и плотов не допускается также, как и шлюзование судов с нефтегрузами первой категории совместно с другими судами.

При возведении гидроузла, являющегося первым на данной реке, назначение числа подлежащих одновременному шлюзованию судов производится на основании размеров камеры, обеспечивающих пропуск одиночного самоходного грузового судна с наибольшими плановыми габаритами или баржи с толкачем с наибольшими габаритами в плане.

Количество шлюзований, требуемое для обеспечения расчетного судооборота, определяется исходя из этих габаритов камеры и сопоставляется с числом возможных шлюзований через данный шлюз (см.п.2.6.настоящего Пособия). Если количество требуемых

шлюзований превышает возможности шлюза принятых в первом приближении габаритов, следует рассматривать шлюз с камерой увеличенных габаритов или две нитки шлюзов. Выбор между этими двумя вариантами должен быть сделан с учетом намечаемого способа организации перевозок в отдельных судах или составах. Поскольку, кроме отдельных случаев, перевозка в составах является более эффективной и производительной, как правило, следует принимать однониточный шлюз, рассчитанный на шлюзование двух одиночных расчетных судов или расчетного состава из двух или более барж с толкачем. Исключением может быть случай, когда шлюз рассчитан на круглогодовое плаванье и основным типом флота являются грузовые теплоходы смешанного река-море плавания. При этом создается возможность в периоды относительно менее интенсивного судоходства выводить одну или другую нитку из эксплуатации для проведения необходимых ремонтных работ. Наконец, такая схема имеет несколько большую пропускную способность и более надежна.

2.6. (п.5 приложения 2).

При определении возможного количества шлюзований следует исходить из следующих предпосылок.

Пропуск судна производится через шлюз при одностороннем - или двустороннем шлюзовании.

Время цикла одностороннего шлюзования определяется продолжительностью следующих операций: ввод судов в шлюз, учалка судов, закрытие ворот, наполнение или опорожнение камеры, открытие ворот, вывод судов из шлюза, закрытие ворот, опорожнение или наполнение камеры, открытие ворот.

Время цикла двустороннего шлюзования определяется продолжительностью следующих операций: ввод судов в шлюз, учалка судов, закрытие ворот, наполнение или опорожнение камеры, открытие ворот, вывод судов из шлюза, ввод судов в шлюз, учалка судов, закрытие ворот, наполнение или опорожнение камеры, открытие ворот, вывод судов из шлюза.

Для многокамерного шлюза во всех случаях добавляется операция по переводу судов из одной камеры шлюза в другую.

При установлении продолжительности цикла шлюзования надлежит руководствоваться требованиями "Правил пропуска судов,

составов и плотов через шлюзы внутренних судоходных путей", установленных Минречфлотом РСФСР.

2.7. (п.6 приложения 2) Время на учалку судна в шлюзе для всех судов, за исключением скоростных, следует принимать 2 мин, для скоростных судов - 0,5 мин.

2.8. (п.7 приложения 2) Время наполнения и опорожнения камер шлюза следует определять гидравлическими расчетами. Для предварительных расчетов время наполнения и опорожнения камеры шлюза t, мин, допускается определять по формуле

$$t = \alpha \sqrt[3]{H_d b_{c,ef} l_{c,ef}}, \qquad I(I)$$

где: α - коэффициент, принимаемый для шлюзов с головной системой питания равным 0,27, с распределительной системой питания - 0,19;

H_d - расчетный напор на камеру, м;

$b_{c,ef}$ - полезная ширина камеры, м;

$l_{c,ef}$ - полезная длина камеры, м.

2.9. (п.8 приложения 2). Время открытия и закрытия ворот шлюза следует определять на основании конструктивных разработок в зависимости от типа ворот и механизмов, высоты перекрываемого отверстия, а также ширины шлюза.

При предварительных расчетах продолжительности открытия и закрытия ворот допускается принимать:

для плоских ворот - 2 мин при высоте перекрываемого отверстия $h_h \leqslant 5$ м; 2,5 мин при $5 < h_h \leqslant 10$ м и 3 мин при $h_h > 10$ м;

для двустворчатых ворот - 2 мин при ширине камеры $b_c \leqslant 18$ м; 2,5 мин при $18 < b_c \leqslant 30$ м и 3 мин при $b_c > 30$ м.

2.10. (п.9 приложения 2). Время ввода судов в шлюз, вывода из него и перевода из камеры в камеру определяется в зависимости от скорости и длины пути их движения.

Скорость движения необходимо определять расчетом из условия обеспечения безопасности входа, выхода и стоянки судов у причала.

Для предварительных расчетов средние скорости движения судов на внутренних водных путях в шлюзе и на подходах к нему принимаются по табл.3 (I).

Таблица 3 (I)

Шлюзуемый объект	Средняя скорость движения, м/с		
	вход	выход	Переход из одной камеры в другую
Скоростные суда	2,0	3,0	I,50
Самоходные суда	I,0	I,4	0,75
Толкаемые составы	0,9	I,2	0,75
Буксируемые составы	0,7	I,0	0,60
П л о т ы	0,6	0,6	0,50

2.II. (п.I0 приложения 2). Длина пути движения судна при входе в шлюз и выходе из него определяется положением его на подходах и в камере.

Начальное расчетное положение на подходе при одностороннем движении судов в каждом из направлений определяется допустимой величиной гидродинамической силы при наполнении (опорожнении) камеры из подходного канала, при боковом заборе и выпуске воды - возможностью открытия ворот перед ним. При двустороннем движении судов начальное положение судна определяется возможностью расхождения со встречным судном. Во всех случаях расстояние между судном и воротами не должно быть менее 5 м.

Положение последующих судов при выходе определяется: при одностороннем движении - возможностью закрытия ворот за ними, а при двустороннем движении - расхождением со встречным судном, ожидающим шлюзования.

При одновременном шлюзовании нескольких судов длину пути движения следует определять по судну, которое входит в камеру шлюза и выходить из нее последним.

Время, необходимое этому судну с момента открытия ворот до входа в камеру включает помимо времени движения время ожидания начала движения, т.к. последнее судно (как и другие суда, за исключением первого) должно выждать пока впереди или рядом стоящее судно (в камере) не продвинется на расстояние, обеспечивающее безопаность судоходства. Расстояние, обеспечивающее безопасность судоходства, может быть принято равным длине последнего или любого другого (кроме первого) ожидающего начала движения судна.

Время ожидания начала движения для последнего судна с момента открытия ворот определяется прохождением расстояния, равного сумме длин всех последовательно входящих в камеру судов, кроме его собственной длины.

При переходе из камеры в камеру длина пути движения принимается равной длине камеры и промежуточной головы шлюза.

2.I2. (п.II приложения 2). При предварительных расчетах длину пути входа(выхода) расчетного судна, ожидающего шлюзования у причала, допускается принимать равной:

при одностороннем движении судов в каждом из направлений

$$l = l_{c,ef}\,(1+\beta_1)\,; \qquad 2(2)$$

при двустороннем движении судов

$$l = l_{c,ef}\,(1+\beta_2)+l_2\,; \qquad 3(3)$$

где: $l_{c,ef}$ - см. формулу I (I);

β_1 - коэффициент, принимаемый равным: при входе 0,4, при выходе 0,I;

β_2 - коэффициент, принимаемый равным 0,4;

l_2 - длина участка, определяемая в соответствии с обязательным приложением 5 п. 6.8 настоящего Пособия.

2.I3. (п.I2 приложения 2). Грузо- и судопропускная способность шлюзов определяется числом шлюзований расчетных судов, исходя из полной загрузки шлюза в наиболее напряженные сутки

(при работе шлюза, в среднем в течение 23 ч) при принятых типах расчетных судов и структуре перевозок на установленные расчетные сроки.

При определении пропускной способности однониточных шлюзов число шлюзований для всех типов судов следует принимать 25% при одностороннем шлюзовании и 75% при двустороннем шлюзовании; для плотов принимается только одностороннее шлюзование.

При пропуске через шлюз плотов и отсутствии специализированной нитки для этих целей необходимо учитывать затраты времени на траление и очистку камеры от топляков при каждом переходе от пропуска серии плотов к пропуску судов. Количество таких операций в сутки должно устанавливаться с учетом количества подлежащих пропуску плотоединиц и числа рейсов пассажирского флота, проходящего шлюз по жесткому расписанию и требующего соответствующей подготовки камеры.

При расчете пропускной способности многокамерного шлюза с числом камер более двух необходимо принимать схему серийного шлюзования с числом пропусков до трех судов (группы судов) одного направления в серии, если этому не препятствует необходимость пропуска пассажирского флота.

Пример определения пропускной способности шлюза

Исходные данные.

Однониточный однокамерный шлюз с размерами в плане 300х37 м и глубиной на пороге 5,5 м.

Напор на шлюзе – 15 м.

Система питания – распределительная.

Ворота верхней головы – плоские, высота перекрываемого отверстия 8 м.

Ворота нижней головы – двустворчатые.

Среднесуточный судооборот в наиболее напряженный период навигации, а также состав флота, подлежащего пропуску через шлюз, принимается в соответствии с табл.4.

Плотовые перевозки не предусматриваются.

Предусматриваются две пары шлюзований технического флота, что требует 0,7х4= 2,8 часа в сутки. На шлюзование транспортных судов остается 23–2,8 = 20,2 часа.

Таблица 4

№№ п/п	Тип судна	Грузоподъемность судна в т	К-во груженых судов в сутки, единиц		К-во порожних судов в сутки, единиц		Всего единиц флота в сутки		Суммарная грузоподъемность груженых судов в т
			в прямом направлении	в обратном направлении	в прямом направлении	в обратном направлении	в прямом направлении	в обратном направлении	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
I	Грузовой теплоход проекта I565	5000	7	I	–	6	7	7	40000
2	Грузовой теплоход проекта I565М	5500	4	2	–	2	4	4	33000
3	Грузовой теплоход проекта 576	2000	6	I	–	5	6	6	I4000
4	Грузовой теплоход проекта 6I3	2360	3	I	–	2	3	3	9440
5	Секционный состав I787	7500	3	I	–	2	3	3	30000
6	Секционный состав Р-I56	I0000	4	2	–	2	4	4	60000
7	Нефтеналивная баржа проекта Р-43	9200	5	–	–	5	5	5	46000
			32	8	–	24	32	32	232440

Продолжение таблицы 4

I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO
8	Буксир-толкач проекта 749	-					4	4	
9	Буксир-толкач проекта 758	-					8	8	
IO	Пассажирское судно	-					3	3	

Продолжительность навигации - 200 сут.

Коэффициент неравномерности - I,3.

Средневзвешенный коэффициент использования грузоподъемности судов - 0,8.

Определение пропускной способности шлюза следует начинать с выбора оптимальных схем расстановки судов в камере шлюза, при которых наиболее полно используется площадь ее зеркала, см. рис.I.

Затем, исходя из суточного судооборота (данные табл.4) и в соответствии со схемами размещения судов в камере определяется количество шлюзуемых групп судов (количество шлюзований), а учитывая требования п.2.I3.- количество двусторонних (75%) и односторонних шлюзований.

Далее производится определение продолжительности судопропуска. Формулы для определения затрат времени на шлюзование имеют следующий вид:

для одностороннего шлюзования

$$t_{tot} = t_1 + t_3 + 2t_4 + 2t_5 + 2t + t_6 \quad ; \quad 4$$

для двустороннего шлюзования

$$t_{tot} = 2(t_2 + t_3 + t_4 + t + t_5 + t_7) \quad ; \quad 5$$

где: t_1 и t_2 - время входа судов в шлюз соответственно при одностороннем и двустороннем движении судов;

t_3 - время учалки судна;

t_4 и t_5 - время открытия или закрытия ворот соответственно верхней и нижней голов шлюза;

t_6 и t_7 - время выхода судов из шлюза соответственно при одностороннем и двустороннем движении судов;

t - время наполнения или опорожнения камеры;

t_{tot} - суммарные затраты времени на шлюзование.

Расчет времени шлюзования для первой схемы расстановки судов, рис.I, ведется по формуле 5 как для пропуска одиночного судна (жесткосчаленный состав) при двустороннем движении.

Длина пути входа.

$$\ell = \ell_{c,ef}(1+\beta_2) + \ell_2 \ ;$$

где : при несимметричном подходе и

$$C = 1{,}2\, b_c + 0{,}5\,\Delta b = 48 \text{ м}$$

$$\ell_2 = \sqrt{\ell_s^2 + c(4r-c)} = 476 \text{ м}$$

$$\ell = 300\times(1+0.4)+476 = 896 \text{ м}$$

Средняя скорость входа состава 0,9 м/с

Время входа $t_2 = \frac{896}{0.9} = 996$ с

Длина пути выхода равна длине пути входа – 896 м.

Средняя скорость выхода состава I,2 м/с

Время выхода $t_7 = \frac{896}{1.2} = 747$ с

Время учалки состава $t_3 = 120$ с

Время открытия или закрытия ворот верхней головы

$$t_4 = 150 \text{ с}$$

Время открытия или закрытия ворот нижней головы

$$t_5 = 180 \text{ с}$$

Время наполнения камеры:

$$t = 0.19 \times \sqrt[3]{15\text{x}37\text{x}300} = 10.5 \text{ мин.} = 630 \text{ с}$$

Общее время шлюзования

$$t_{tot} = 5646 \text{ с}$$

Расчет времени шлюзования для второй схемы расстановки судов ведется по формуле 5 как для пропуска группы судов при двустороннем движении.

Длина пути входа состава принимается исходя из предположения, что из шлюза перед началом шлюзования данного состава вышел следующий в обратном направлении состав из 2-х барж проекта Р-43, схема I, т.е. положение в подходном канале в

ожидании шлюзования и следовательно длина пути входа состава с баржей проекта I56 будет определяться возможностью его расхождения с составом из барж пр.Р-43.

Таким образом, в соответствии с предыдущим расчетом длина пути входа рассматриваемого состава - баржа пр.I56 с буксиром пр.749 составит 896 м.

Длина пути входа следующего за составом судна возрастает на длину состава 267 м и равна II63 м. Кроме того, из условия безопасности судоходства это судно начнет свое движение после того, как состав пройдет расстояние, равное длине судна, т.е. I40 м, рис.2.

Таким образом, суммарное время входа второго судна составит $\frac{II63}{I.0} + \frac{I40}{0.9} = I3I9$ с

Время входа третьего судна определяется тем, что расстояние, которое оно должно пройти, равно расстоянию, которое прошло второе судно, поскольку в камере оно встанет не рядом, а вслед за вторым. Свое движение третье судно начнет после того как второе судно пройдет расстояние I40 м. Следовательно, время его входа, которое определяет общее время заполнения камеры судами, будет равно:

$$t_2 = I3I9 + \frac{I40}{I.0} = I459 \text{ с}$$

Время выхода судов из камеры рассчитывается аналогично.

Для состава длина пути выхода определяется по формуле 3(3) п.2.I2.настоящего Пособия, исходя из того, что подход несимметричен и радиус закругления равен трем длинам состава.

$$\ell = 300(I+0.4)+472 = 892 \text{ м}$$

Время выхода состава $\frac{892}{I.2} = 743$ с

Время выхода второго судна равно времени выхода состава и времени, за которое состав проходит расстояние I40 м, равное длина второго судна $743 + \frac{I40}{I.2} = 860$ с

Время выхода третьего судна, определяющее весь процесс выхода при этой схеме:

$$t_7 = 860 + \frac{140}{1.4} = 960 \text{ с}$$

Время остальных операций указано в расчете для схемы I.

Общее время шлюзования при расстановке судов по схеме 2 при двустороннем движении составит:

$$t_{tot} = 6998 \text{ с}$$

Аналогичным образом определяется время шлюзования при двухстороннем движении для схем 3,4,5 и 6. Оно соответственно составит 6076, 6900, 6750 и 6794 с .

Расчет времени одностороннего шлюзования выполнено по формуле 4 для схемы 4, рис.I, как для одностороннего группового судопропуска.

Длина пути входа состава:

$$l = l_{c,ef}(1 + \beta_1) = 300\ (1+0.4) = 420 \text{ м}$$

Путь входа следующего за ним грузового теплохода будет равен 420 + 267 = 687 м.

Время входа этого теплохода:

$$\frac{687}{1.0} + \frac{140}{0.9} = 843 \text{ с}$$

Время входа пассажирского судна равное суммарному времени ввода судов:

$$t_1 = 843 + \frac{120}{1.0} = 963 \text{ с}$$

Далее определяется время выхода судов из шлюза.

Длина пути выхода состава 300(1+0,1) = 330 м,время его выхода - $\frac{330}{1.2} = 275$ с

Грузовой теплоход затрачивает $275 + \frac{140}{1.2} = 392$ с

И пассажирское судно $392 + \frac{140}{1.4} = 492$ с

Итак, время выхода $t_6 = 492$ с

Суммарное время шлюзования.

$$t_{tot} = 3495 \text{ с}$$

Поскольку по схемам расстановки судов в камере, рис.I, предусматривается, в основном, групповой пропуск судов, время для одностороннего шлюзования, рассчитанное для схемы 4, принято в качестве среднего времени одностороннего шлюзования для всех групп судов при определении общего времени на односторонние шлюзования.

Все расчетные данные по определению судопропускной способности камеры шлюза представлены в таблице 5.

Общее время, потребное для обеспечения суточного судооборота составляет I9,06 часа. Время, подлежащее использованию для пропуска грузовых и пассажирских судов, как было установлено ранее, равно 20,2 часа. Таким образом, шлюз с заданными габаритами обеспечивает пропуск расчетного судооборота.

Наибольший объем грузов, который может быть пропущен через шлюз за навигацию при коэффициенте неравномерности I,3 и коэффициенте использования грузоподъемности судов 0,8, в среднем составит:

$$\frac{232440 \times 0{,}8 \times 200}{I.3} = 28{,}6 \text{ млн.т}$$

Наибольшая навигационная судопропускная способность будет равна:

$$\frac{70 \times 200}{I.3} = I0769 \text{ судов}$$

Следует отметить, что более правильно оценивать допустимый уровень загрузки шлюза не осредненным коэффициентом неравномерности, а расчетом фактической его загрузки, пользуясь методом имитационного моделирования, разработанным в институте комплексных транспортных проблем при Госплане СССР [Л.92], сопоставлением полученных затрат по шлюзам и флоту, с учетом простоев последнего в ожидании шлюзования, и стоимости строительства дополнительных ниток шлюза и шлюза с камерами больших габаритов. В тех случаях, когда проектируется строительство дополнительных ниток шлюзов на уже шлюзованном водном пути, целесообразно пропускную способность действующих шлюзов считать исходя из отчетных данных о затратах времени на отдельные операции, руководствуясь Методическими указаниями по определе-

Таблица 5

Шлюзуемая группа судов (по рис.I)	Кол-во шлюзуемых групп судов (количество шлюзований) шт.	Двустороннее шлюзование			Одностороннее шлюзование		
		Колич-во шлюзован. (75%) шт.	Время шлюзования, час.		Колич-во шлюзован. (25%) шт	Время одного шлюзования час	Общее время шлюзования, час
			На одно шлюзован.	Общее в сутки			
Схема I	2	I,5	I,56	2,34	0,5	I,0	0,5
—"— 2	I	0,75	I,90	I,42	0,25	—"—	0,25
—"— 3	2	I,5	I,70	2,50	0,5	—"—	0,5
—"— 4	3	2,25	I,90	4,27	0,75	—"—	0,75
—"— 5	3	2,25	I,83	4,II	0,75	—"—	0,75
—"— 6	I	0,75	I,90	I,42	0,25	—"—	0,25
Итого	I2	9	-	I6,06	3	-	3,0

нию пропускной способности эксплуатируемых шлюзов, разработанными Минречфлотом.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАБАРИТОВ ШЛЮЗОВ

3.I. (п.I приложения 3). Основные габариты шлюзов (полезная длина и ширина камеры, а также глубина на порогах) должны отвечать характеристикам расчетных судов.

Основные габариты шлюзов, расположенных на одном водном пути, должны приниматься одинаковыми. Отступление от этого требования должно согласовываться с органами, регулирующими судоходство на внутренних водных путях; для шлюзов, расположенных на приморских окончаниях внутренних водных путей и водных путях, подведомственных Минморфлоту СССР,-согласовываться с этим министерством.

3.2. (п.2 приложения 3). Полезная длина камер $l_{c,ef}$ определяется по формуле

$$l_{c,ef} = \sum_{1}^{n} l_s + \sum_{1}^{n+1} \Delta l , \qquad 6(I)$$

где: $\sum_{1}^{n} l_s$ – сумма длин расчетных судов, шлюзуемых одновременно и устанавливаемых в камере шлюза в кильватер;

n – число одновременно шлюзуемых судов, устанавливаемых в камере шлюза в кильватер;

Δl – запас по длине камеры в каждую сторону и между судами, устанавливаемыми в камере шлюза в кильватер, определяемый по формуле

$$\Delta l = 2 + 0,03 l_s , \qquad 7(2)$$

Полезная ширина камеры шлюза $b_{c,ef}$ определяется по формуле

$$b_{c,ef} = \sum_{1}^{n_1} b_s + \sum_{1}^{n_1+1} \Delta b_s , \qquad 8(3)$$

где: $\sum_{1}^{n_1} b_s$ – сумма ширин одновременно шлюзуемых (рядом стоящих) судов;

Δb_s – запас по ширине в каждую сторону и между рядом стоящими в камере судами;

n_1 – число одновременно шлюзуемых (рядом стоящих) судов.

Запасы по ширине с каждой стороны камеры и между судами Δb_s должны быть не менее: при ширине судна до 10 м – 0,2 м; до 18 – 0,4 м; до 30 – 0,75 м; свыше 30 – 1,0 м. В шлюзах, предназначенных для пропуска морских судов, эти запасы должны быть не менее 1,5 м при движении судна своим ходом; при заводке буксировщиком – запас с одной стороны увеличивается на ширину буксировщика.

Глубина на порогах шлюза h_c, отсчитываемая от расчетного наинизшего судоходного уровня, должна приниматься

$$h_c \geq 1{,}3S, \qquad 9$$

где S – статическая осадка расчетного судна в полном грузу.

Для шлюзов полезные длину и ширину камеры, глубину на порогах следует округлять в сторону увеличения до ближайших размеров, приведенных в табл.6 (I).

При головной системе питания успокоительный участок должен находиться за пределами полезной длины камеры.

При определении габаритов камер шлюзов по условиям размещения в них судов и составов необходимо учитывать требования "Правил пропуска судов, составов и плотов через шлюзы внутренних судоходных путей".

За расчетную длину и ширину судов принимаются габаритные размерения их, учитывающие постоянно выступающие части (ГОСТ 1062-80 "Размерения надводных кораблей и судов главные").

В шлюзах, предназначенных для эксплуатации при отрицательных температурах воздуха, в случае отсутствия в камере устройств, исключающих образование льда на стенах, запасы по ширине между расчетными судами для этого периода и стенами камер необходимо определять с учетом образования на стенах ледяных вальцов. При отсутствии натурных данных ширина ледяных вальцов с каждой стороны может быть принята не менее утроенной толщины ледяного покрова, образующегося на водотоке в многолетнем разрезе к моменту завершения продленной навигации.

Таблица 6(I)

Отношение полезной ширины камеры шлюза, м, к полезной длине, м	37 / 400	37 / 300	30 / 300	20 / 300	20 / I50	I8 / I50	I5 / I50	I5 / I00	I2 / I00	8 / 50	6 / 35
Глубина на порогах шлюза, м	6,0	6,0	6,0	5,5	5,5	5,5	4,0	3,0	3,0	3,0	2,0
	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	5,0	3,5	2,5	2,5	2,5	I,5
	5,0	5,0	5,0	4,5	4,5	4,5	3,0	2,0	2,0	2,0	1,0
	–	–	–	4,0	4,0	4,0	–	–	I,5	I,5	–

Примечание. Другие габариты шлюзов допускается принимать только при согласовании с Минречфлотом РСФСР или управлениями речного флота союзных республик или другими органами, регулирующими судоходство, а для шлюзов на приморских окончаниях внутренних водных путей и водных путях, подведомственных Минморфлоту СССР, – по согласованию с этим министерством.

3.3. Границей полезной длины камеры шлюза с верховой ее стороны следует считать: при распределительной системе питания – низовую грань стенки падения или шкафной части головы, или низовую грань других частей конструкции верхней головы, наиболее выступающих в сторону камеры; при головной системе питания – конец успокоительного участка.

Границей полезной длины камеры шлюза с низовой ее стороны следует считать линию, отстоящую на расстоянии не менее 3 м в сторону камеры от верховой грани шкафной части ворот, а также линию предохранительных устройств, располагаемых перед воротами нижней головы, или других конструктивных элементов, выступающих в сторону камеры и мешающих вертикальному перемещению судна в камере.

В случае размещения предохранительных устройств в камере с двух сторон (для защиты верхних ворот при входе судна с нижнего бьефа и нижних ворот – при входе с верхнего) полезная длина камеры ограничивается этими устройствами.

В камере шлюза с промежуточной головой, кроме полной полезной длины, определяются также полезные длины верховой и низовой частей камеры соответственно между верхней и промежуточной, промежуточной и нижней головами шлюза.

Границы полезной длины обозначаются стоповыми огнями и окрашенными полосами на стенах камеры.

3.4. Границей полезной ширины камеры и судоходных пролетов в головах шлюза считаются вертикальные плоскости, проходящие по наиболее выступающим частям конструкций стен камер и устоев голов с учетом механического оборудования. Полезная ширина камеры обеспечивается по всей высоте в пределах от верха стен (включая парапеты) до плоскости на уровне осадки расчетного судна в полном грузу. Местные уширения стен понизу (вуты) допускаются в пределах запаса под днищем судна при наинизшем судоходном уровне воды с учетом наименьшего закругления обвода расчетного судна и наличия бортовых килей.

3.5. Глубина на порогах шлюза h_p назначается над наиболее выступающими частями днища шлюза, – обычно порогами ворот.

Отметка порогов шлюза определяется как разность между отметкой наинизшего судоходного уровня воды в соответствующем бьефе и глубиной на пороге, определенных с учетом требований п.п.3.2.и 3.6.Пособия.

3.6. (п.3 приложения 3). Расчетные наинизшие судоходные уровни воды в бьефах и камерах шлюзов устанавливаются по ежедневным расходам или уровням воды за навигационный период в многолетнем разрезе обеспеченностью для сверхмагистральных водных путей - 99%, магистральных - 97%, местного значения - 95% с учетом понижения уровня, происходящего вследствие переформирования русла, ветрового сгона, неустановившегося движения воды, отливных явлений.

Под навигационным периодом понимается полная его продолжительность с учетом так называемой продленной навигации, определяемой по п.2.4.настоящего Пособия.

Под переформированием русла следует понимать не только местные размывы, но и деформации, вызванные многолетней глубинной эрозией, дноуглубительными работами на перекатах и разработкой карьеров минерально-строительных материалов в русле. К явлениям неустановившегося движения воды относятся колебания уровней, вызываемые суточным и недельным регулированием на гидроэлектростанциях, работой насосных станций, наполнением и опорожнением камер шлюзов, включая инерционные понижения уровня. Для систем питания с забором и выпуском воды вне подходных каналов необходимо учитывать перепад уровней от места забора (выпуска) до конца подходного канала.

Расчетные наинизшие судоходные уровни воды у шлюза при условии его работы в периоды продленной или зимней навигации устанавливаются на основании технико-экономических расчетов и согласовываются с органами, регулирующими судоходство.

3.7. (п.4 приложения 3). Расчетные наивысшие судоходные уровни воды в бьефах и камерах шлюзов, за исключением шлюзов при гидроузлах с судоходными плотинами, устанавливаются по максимальному расходу воды расчетной вероятности превышения: для сверхмагистральных водных путей - 1%, магистральных - 3%, местного значения - 5% с учетом повышения уровней воды, происходящего вследствие ветрового нагона, образования заторов и

заторов, явлений неустановившегося движения, приливных явлений.

Для шлюзов при гидроузлах с судоходными плотинами расчетным наивысшим уровнем считается меженный судоходный уровень, при котором предусмотрен пропуск судов через шлюз. При более высоких уровнях судоходство осуществляется через судоходный пролет плотины.

При определении повышения уровня, происходящего вследствие явлений неустановившегося движения воды, необходимо учитывать работу ГЭС, холостые сбросы через водосливы, работу насосных станций, наполнение или опорожнение камер шлюзов, включая инерционные повышения уровня.

В многокамерных шлюзах, имеющих боковые водосливы для сброса излишних объемов воды сливной призмы, расчетный наивысший судоходный уровень в камере устанавливаются по режиму работы водослива.

Для рек с остроконусным характером паводков расчетные наивысшие судоходные уровни воды в бьефах и камерах шлюзов допускается при надлежащем технико-экономическом обосновании и по согласованию с органами, регулирующими судоходство на внутренних водных путях, понижать с учетом конкретных гидрологических и навигационных особенностей реки.

3.8. (п.5 приложения 3). Для однониточных шлюзов, расположенных на канале, расчетные уровни воды следует устанавливать из условия забора из канала (при отсутствии поступления воды) или выпуска в канал воды (при отсутствии слива воды) в объеме трех сливных призм - для сверхмагистральных и магистральных водных путей и двух сливных призм - для водных путей местного значения. При двухниточных шлюзах число сливных призм принимается соответственно на одну больше.

Расчетные наинизшие и наивысшие судоходные уровни в бьефах шлюзованного канала, закрытых судопропускными сооружениями с обоих концов, следует устанавливать по расчетным статическим уровням, определенным на основании водохозяйственных расчетов для обеспечения водой насосных станций, ГЭС, ирригационных систем и других водопользователей, связанных с этим каналом с учетом понижения или повышения их ветровыми сгонами и нагонами, явлениями неустановившегося движения (вызываемыми

работой ГЭС, насосных станций, наполнением и опорожнением камер шлюзов), а также при заборе из канала или выпуске в канал определенного количества сливных призм, указанного выше.

3.9. (п.6 приложения 3). Уровень воды в нижнем бьефе при ремонте шлюзов устанавливается по расходу воды с расчетной вероятностью превышения для сверхмагистральных и магистральных водных путей – выше 10%; для водных путей местного значения – выше 20%; для гидроузлов с судоходными плотинами – не выше расчетного наивысшего судоходного уровня.

Уровень воды в верхнем бьефе при ремонте шлюзов принимается на отметке расчетного наивысшего судоходного уровня, определяемого по п.3.7 и 3.8 настоящего Пособия.

3.10. В соответствии со СНиП 2.06.01-86 (п.п.2.15 и 2.16) для временных гидротехнических сооружений шлюза максимальные уровни воды устанавливаются по расходу с расчетной ежегодной вероятностью превышения равной 5%. Для временных сооружений, отнесенных к III классу, ежегодную вероятность превышения необходимо принимать равной 3%, а для временных сооружений, обеспечивающих строительство и ремонт постоянных сооружений III и IV классов, допускается, при соответствующем обосновании, уменьшать расчетные расходы воды, принимая ежегодную вероятность превышения свыше 5%.

В строительный период следует учитывать возможность повышения уровня воды против расчетного из-за возникновения заторных или зажорных явлений.

3.11. (п.7 приложения 3). Высота подмостовых габаритов в шлюзах $h_{бг}$, надводные габариты подъемных ворот, разводных и подъемных мостов должны приниматься в соответствии с ГОСТ 26775-85 от наивысшего расчетного судоходного уровня воды (п.4)-п.3.7 Пособия.

Ширина подмостовых габаритов $b_{бг}$ принимается: при вертикальных стенах – не менее полезной ширины камеры шлюза, при наклонных стенах – не менее ширины камеры на отметке этого уровня.

В зависимости от класса внутреннего водного пути высота подмостового габарита должна быть не менее указанной в табл.7 (ГОСТ 26775-85).

Таблица 7

Класс внутреннего водного пути	I	II	III	IУ	У	УI	УII
Высота подмостового габарита, $h_{бг}$, м	I6,0	I4,5	I3,0	II,5	I0,0	7,5	5,0

При размещении мостового перехода на шлюзе в районе подходных каналов высота подмостового габарита ($h_{бг}$) назначается по табл.7 от расчетного наивысшего судоходного уровня воды (п.3.7 настоящего Пособия) в соответствующем бьефе. Ширина подмостового габарита ($b_{бг}$) должна быть в этом случае не менее ширины канала на отметке расчетного наивысшего судоходного уровня воды. Размещение опор моста в пределах расчетной ширины подходного канала не допускается. Под мостовым переходом по берегам канала на отметках бровок должны быть обеспечены проезды для автотранспорта. Схемы подмостовых габаритов в шлюзе показаны на рис.3, а в подходном канале на рис.3а.

Проектирование пересечений судоходных шлюзов и подходных каналов высоковольтными воздушными линиями должно проводиться с учетом выполнения требований Правил устройства электроустановок.

Расстояние от нижних проводов до максимальных надводных габаритов судов при расчетном наивысшем судоходном уровне воды и высшей температуре воздуха должно составлять не менее:

2,0 м при напряжении линии до II0 кВ;
2,5 м -"- I50 кВ;
3,0 м -"- 220 кВ;
3,5 м -"- 330 кВ;
4,0 м -"- 500 кВ.

Надводные габариты судов принимаются в соответствии с указаниями п.2.I. настоящего Пособия и согласовываются с органами, регулирующими судоходство на соответствующем водном пути.

При проектировании пересечений судоходных каналов телеграфными и телефонными воздушными линиями расстояние от нижних проводов до максимальных надводных габаритов судов при расчетном наивысшем судоходном уровне воды и высшей температуре воздуха должно составлять не менее I,0 м.

Кроме того, расстояние от расчетного наивысшего судоходного уровня воды до нижних проводов любых воздушных линий при высшей температуре воздуха не должно быть менее высоты подмостового габарита для соответствующего класса водного пути.

3.I2. (п.8 приложения 3). Верх стен шлюзов, направляющих и причальных сооружений или их парапетов, способных воспринимать навал судов, при расчетном наивысшем уровне воды не должен быть ниже верхнего привального бруса наибольшего расчетного судна при полной загрузке и не ниже нижнего привального бруса расчетного судна в порожнем состоянии, а для судов на воздушной подушке и подводных крыльях - при движении их на подушке или крыльях.

Расположение привальных брусьев по высоте борта определяется, как правило, по проектам расчетных судов.

При отсутствии необходимых данных о положении привальных брусьев расчетных грузовых судов положение верхнего привального бруса допускается принимать на расстоянии h_{s1}, рис.4а, определяемом от расчетного наивысшего судоходного уровня воды по формуле:

$$h_{s1} = 0{,}9(h_s - S), \qquad \text{I0}$$

где: h_{s1} - возвышение верхнего привального бруса расчетного, по высоте надводного борта, судна над наивысшим уровнем;

h_s - высота борта расчетного судна;

S - статическая осадка расчетного судна в полном грузу.

Положение нижнего привального бруса, рис.4б, определяется по формуле:

$$h_{s2} = 0{,}9(h_s - S_1) - h_6, \qquad \text{II}$$

где: h_{s2} - возвышение нижнего привального бруса расчетного судна над наивысшим уровнем;

S_1 - статическая осадка расчетного судна порожнем;

h_6 - расстояние между привальными брусьями; принимается равным I м.

Возвышение площадок, расположенных вдоль стен камер шлюзов, причальных и направляющих сооружений над расчетным наивысшим судоходным уровнем воды должно быть для шлюзов на сверхмагистральных водных путях не менее 2 м, магистральных – не менее I м; на водных путях местного значения – не менее – 0,5 м. В многокамерных шлюзах, имеющих боковые водосливы, это возвышение должно отсчитываться от наивысшего уровня воды в камере, который устанавливается при работе водослива. Возвышение сооружений и частей шлюза, входящих в напорный фронт гидроузла, должно соответствовать требованиям, предъявляемым к сооружениям напорного фронта.

3.I3. (п.9 приложения 3). Ширина площадок, указанных в п.3.I2(8), должна назначаться из условий размещения на них различных коммуникаций и обеспечения одностороннего проезда автотранспорта, но не менее 4,5 м.

Допускается уменьшение ширины площадок до 2 м для шлюзов на сверхмагистральных водных путях при условии обеспечения подъезда автотранспорта к каждой голове шлюза, а также шлюзов на водных путях местного значения, если на них не предусматривается заезд автотранспорта.

Ширина площадок причальных линий должна быть также не менее 2 м.

Общая ширина площадки вдоль стены камеры, по которой предусматривается движение автотранспорта, определяется из условия размещения тротуара, каналов для прокладки кабелей и других коммуникаций, пожарного водопровода, опор освещения, проезжей части (ширина не менее 4,5 м), обочин и др.

У голов шлюза устраиваются уширенные площадки, обеспечивающие возможность разворота автотранспорта и его работу при эксплуатации сооружений.

При расположении судоходного шлюза по условиям компоновки (организация магистральных проездов через шлюз, геологические условия и пр.) выдвинутым по отношению к створу в верхний бьеф, общая ширина площадок вдоль голов и камеры может увеличиваться и назначаться, при технико-экономическом обосновании, из условия возможности обеспечения работы сооружений шлюза как располагаемого в нижнем бьефе.

3.I4. (п.I0 приложения 3).

Габарит по высоте в пределах площадок для проезда автомашин должен приниматься не менее 4,5 м, для прохода людей – не менее 2,5 м.

Габарит по высоте отсчитывается от уровня площадки шлюза или бровки канала.

При проводке судов или плотов через шлюзы береговой тягой габарит по высоте и ширина площадки под мостом должны удовлетворять габаритам тяговых механизмов и связанных с их работой устройств.

3.I5. (п.II приложения 3).

На стенах камер и голов шлюза с лицевых сторон должны быть устроены парапеты высотой не менее I,Iм, рассчитанные на навал судна, или охранные ограждения, отнесенные от лицевой грани на расстояние, исключающее навал на них судов.

Верхней части лицевой грани стен или парапетов должно быть придано очертание, исключающее зависание судна привальным брусом, а кордон должен быть облицован металлом.

При отсутствии парапетов охранные ограждения высотой I,I м следует выполнять на бетонных бортиках, возвышающихся не менее 0,2 м над прилегающей площадкой.

В тех случаях, когда засыпка с тыловой стороны стен не доведена до отметки верха площадки, то последняя для обеспечения прохода может быть выполнена у стены в виде консоли шириной по п.3.I3; при этом со стороны засыпки надлежит устанавливать охранное ограждение высотой I,I м.

Примеры определения полезных габаритов камеры шлюза

I. Требуется определить полезные габариты камеры шлюза при шлюзовании расчетных судов: толкаемого состава, одиночного судна, рис.5а.

В камере, например, размещается 4-секционный толкаемый состав с габаритами: длина – 276 м, ширина 35 м, осадка в грузу – 3,7 м.

По п.3.2. определяем полезные габариты камеры.

Длина камеры определяется по формулам 6(I) и 7(2)

$$l_{c,ef} = \sum_{1}^{n} l_s + \sum_{1}^{n+1} \Delta l ;$$

$$\Delta l = 2 + 0{,}03\ l_s \quad ;$$

$$\Delta l = 2 + 0{,}03 \times 276 = 10{,}3 \text{ м}$$

$$l_{c,ef} = 276 + 2 \times 10{,}3 = 296{,}6 \text{ м}$$

Полезная ширина камеры определяется по формуле 8(8) с учетом запасов по ширине:

$$b_{c,ef} = \sum_{1}^{n} b_s + \sum_{1}^{n+1} \Delta b_s ;$$

$$b_{c,ef} = 35 + 2 \times 1{,}0 = 37{,}0 \text{ м}$$

Глубина на порогах определяется по формуле 9

$$h_c \geq 1.3\ S \quad ;$$

$$h_c \geq 1.3 \times 3.7 = 4{,}8 \text{ м}$$

Установленные по формулам расчетные габариты камеры шлюза следует округлять до ближайшей большей величины, указанной в табл.6(I), т.е. в результате имеем следующие полезные габариты камеры: длина – 300 м, ширина – 37 м, глубина на порогах – 5 м.

2. Требуется определить полезные габариты камеры при шлюзовании группы судов и состава, рис.5,б.

В камере суда размещаются в две колонны: первая – грузовой теплоход длиной 115 м, шириной 14 м, с осадкой в грузу 3,5 м (1); пассажирский теплоход длиной 96 м, шириной 14,3 м, с осадкой в грузу 2,4 м (2); вторая – двухсекционный кильватерний сухогрузный состав из барж с буксиром – толкачем общей длиной 270,5 м, шириной 14,3 м, с осадкой в грузу 4 м (3).

Длина камеры определяется по формулам 6(I) и 7(2) п.3.2. отдельно для каждой кильватерной колонны в камере:

а) для колонны из судов 1 и 2

Запасы по длине камеры определяются по судну большей длины в колонне:

$$\Delta l' = 2 + 0{,}03 \times 115 = 5{,}5 \text{ м}$$

$$l'_{c,ef} = 115 + 96 + 3 \times 5{,}5 = 227{,}5 \text{ м}$$

б) для двухсекционного состава 3

$\Delta l'' = 2 + 0{,}03 \times 270{,}5 = 10{,}1$ м

$l''_{c,ef} = 270{,}5 + 2 \times 10{,}1 = 290{,}7$ м.

Для дальнейших определений длины камеры принимается наибольшая полученная в этом расчетном случае величина – 290,7 м (б).

Ширина камеры определяется по формуле 8 (3) с учетом запасов между судами и между судами и стенами шлюза по наибольшим ширинам рядом стоящих судов:

$$b_{c,ef} = 14{,}3+14{,}3+3\times0{,}4 = 29{,}8 \text{ м}$$

Глубина на порогах определяется по формуле 9 для судна с наибольшей осадкой в грузу:

$$h_e \geqslant 1{,}3 \times 4 = 5{,}2 \text{ м}$$

Определенные по формулам расчетные габариты камеры шлюза окончательно устанавливаем по табл.6(I) и получаем следующие полезные габариты камеры: длина 300 м, ширина 30 м, глубина на порогах 5,5 м.

4. ЧИСЛО НИТОК И КАМЕР ШЛЮЗОВ

4.1. (п.13 приложения 2)

Число ниток шлюзов определяется исходя из необходимой пропускной способности их на расчетные сроки.

Как правило, следует предусматривать возможность строительства в будущем дополнительной нитки шлюза без перерыва в работе эксплуатируемых судоходных сооружений.

При надлежащем технико-экономическом обосновании допускается принимать одну из ниток шлюзов с меньшими габаритами камер для пропуска скоростных или малогабаритных судов, рис.6.

Таким образом, в некоторых случаях за счет разгрузки крупногабаритных существующих шлюзов от мелкого флота удается со сравнительно небольшими затратами увеличить общую пропускную способность судоходных сооружений до уровня, отвечающего расчетной перспективе.

Территория, предназначенная для размещения дополнительной нитки шлюза включается в зону отчуждения гидроузла и не подлежит застройке другими постоянными зданиями и сооружениями, рис.7.

4.2. В проекте должна быть рассмотрена возможность создания дополнительной нитки шлюза в зависимости от роста грузооборота за пределами расчетного срока, рис.8, без перерыва судоходства по основной нитке.

4.3. (п.I приложения 4).

Шлюзы в составе гидроузла на сверхмагистральных и магистральных водных путях, а также на судоходных каналах, как правило, должны быть однокамерными. Многокамерные шлюзы и шлюзы с разъездными бьефами допускаются при надлежащем обосновании.

При этом выбор числа последовательно расположенных камер шлюзов производится на основании сравнения технико-экономических показателей рассматриваемых вариантов в зависимости от напора, топографических, инженерно-геологических и гидрологических условий, а также пропускной способности шлюза.

4.4. На многокамерных шлюзах при небольших колебаниях верхнего и нижнего бьефов расчетные наивысшие и наинизшие уровни воды в средних камерах и отметки порогов промежуточных голов определяют делением полного падения уровня воды на шлюзе между его камерами на равные части по высоте - соответственно при максимальных и минимальных уровнях воды в бьефах, как это показано на рис.9.

На большинстве гидроузлов при ограниченном регулировании стока происходят значительные колебания уровней воды в нижнем бьефе; при этом деление величины напора на шлюзе между ступенями на равные части приводит к последовательному увеличению высот стен и ворот по направлению к нижнему бьефу.

В этих случаях для выравнивания напоров на камеры в нижней камере устраивают водосливы для бокового сброса воды, рис.I0.

Максимальные уровни воды в средних камерах получают делением разности между наивысшим расчетным уровнем верхнего бьефа и уровнем нижнего бьефа, получающимся при повышении его над наинизшим расчетным уровнем на величину, равную полному навигационному колебанию уровня верхнего бьефа. Минимальные уровни воды в камерах определяются также, как и в шлюзах без бокового водослива.

При больших навигационных колебаниях верхнего бьефа для той же цели водослив устраивают во второй сверху камере.

5. КОМПОНОВКА СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗОВ.

Компоновка шлюзов в составе гидроузлов

5.I. Основные задачи компоновки судоходных шлюзов в гидроузлах - расположение их в оптимальных для данного гидроузла топографических и инженерно-геологических условиях, сопряжение их с другими сооружениями при обеспечении благоприятных условий подхода к ним и прохода через них судов.

Под благоприятными условиями подхода судов к шлюзам понимается обеспечение удобства и безопасности при входе судов в шлюз и выходе из него, отстое перед шлюзами, когда они заняты, и подходе к сооружениям с реки и подпертых бьефов (водохранилищ), а также при отстое в у шлюзов при штормах.

5.2. Для решения задач, указанных в п.5.I. необходим :

создать нормальные условия для движения судов, обеспечив выполнение требований, предъявляемых к длине прямолинейных участков и радиусам закругления судового хода;

при размещении шлюза относительно оси створа гидроузла обеспечить минимально возможные величины нагрузок на его сооружения;

правильно разместить трассу шлюза по отношению к изгибам русла реки во избежание заносимости входа в подходные каналы;

обеспечить приемлемый скоростной и волновой режим при входе в каналы и на их акватории.

5.3. (п.2 приложения 4).

Подходные каналы шлюзов, сопрягаемые с руслом реки, водохранилищем или каналом, следует проектировать с учетом возможных переформирований русла, исключения заиления входа и попадания в него льда и шуги.

Входы в подходные каналы из реки следует, как правило, располагать на вогнутом, прижимном берегу.

5.4. (п.3 приложения 4).

В районе сопряжения подходных каналов шлюзов с рекой или водохранилищем наибольшие продольные скорости течения не должны превышать 2,5 м/с для сверхмагистральных и магистральных водных путей и 2 м/с - для водных путей местного значения; в подходных каналах продольные скорости должны быть не более 0,8 м/с. Нормальная к оси судового хода составляющая скорости

течения для водных путей всех категорий в районе входа в подходные каналы должна быть не более 0,4 м/с, непосредственно в створе входа и в самом канале не должна превышать 0,25 м/с, а в пределах причальных стенок на ширине $1,5\,b_з$ от лицевой грани причала и глубине, равной осадке расчетного судна, как правило, отсутствовать полностью.

В многониточных шлюзах, имеющих общие подходные каналы, при наполнении и опорожнении камеры одной из ниток, продольные и поперечные составляющие скоростей течения в подходных каналах должны удовлетворять приведенным выше требованиям.

Скорости течения воды в районе сопряжения каналов с водохранилищем или рекой не должны превышать допускаемых скоростей при наиболее неблагоприятном для судоходства гидравлическом режиме работы гидроузла.

5.5. (п.4 приложения 4).

При отсутствии данных о скорости течения воды для предварительного проектирования направление судового хода при выходе подходного канала в реку или водохранилище допускается назначать под углом к основному течению на этом участке, не превышающем:

на сверхмагистральных и магистральных водных путях	25^0
на водных путях местного значения	30^0

5.6. В каждом частном случае конфигурация, место и направление выхода канала в реку выбираются по данным гидрологических материалов о скоростях течения, о его направлении и условиях отложения наносов, а также прогноза режима реки у места выхода канала при работе водосбросных сооружений гидроузла.

На основании этих данных на пространственной гидравлической модели подбирается направление, очертание и размеры канала у выхода в реку, а также расположение защитных дамб.

При этом величина уширения на выходе канала в реку должна составлять не менее половины ширины канала. Увеличенная ширина канала на выходе должна быть обеспечена на участке не менее длины расчетного судна. Переход этой ширины к ширине канала должен выполняться плавно на длине не менее 20 значений разнос-

ти между шириной выходного сечения канала и шириной сечения, определяемого условиями расхождения судов, рис. I I. Угол, образующийся у мыска между берегом канала и берегом реки или водохранилища, должен быть округлен радиусом не менее 0 2 длины судна (при наивысшем судоходном уровне воды).

5.7. Местоположение шлюзов в составе гидроузлов зависит от типа компоновки гидроузла, геологических и топографических условий в створе сооружений.

При пойменной компоновке рекомендуется принимать однобережное расположение за общими перемычками всех бетонных сооружений, включая судоходные шлюзы, которое позволяет при возведении сооружений ограничиться одной строительной площадкой, рис. I2.

При этом для удобного подхода судов к шлюзам со стороны нижнего бьефа во время работы гидроэлектростанции и особенно водосбросных сооружений вход в нижний подходной канал следует располагать на расстоянии, достаточном для выравнивания скоростей течения по поперечному сечению реки.

При нескальных грунтах основания обычно избегают непосредственного примыкания шлюзов к водопропускным сооружениям гидроузла ввиду сложности возведения и эксплуатации раздельных дамб или стенок между ними. Это относится ко всем типам компоновок бетонных сооружений (пойменной, русловой).

На скальных основаниях в достаточно узких долинах часто встречается русловая компоновка, в которой судоходные шлюзы, как правило, примыкают или подходят очень близко к другим бетонным сооружениям гидроузла, рис. I3. В таких условиях нижние подходы шлюзов должны быть отделены от реки защитными стенками или раздельными дамбами, длина которых зависит от расходов водосбросных сооружений, направлений течений и глубин потока. При этом на участках входа - выхода в русло должны быть обеспечены удовлетворительные условия судоходства, т.е. поперечные к судовому ходу скорости течения не должны превышать величин , указанных в п.5.4.

При удельных расходах в нижнем бьефе I5–20 м^3/с удовлетворительные условия входа судов в нижний подходной канал шлюза удается обеспечить при отдалении входа в подходной канал на 3–4 длины камеры от створа водосбросных сооружений. При удельных расходах 50–60 м^3/с вход в канал необходимо удалять от этих сооружений на I,5–2 км и более.

5.8. (п.5 приложения 4).

В составе гидроузлов шлюзы следует располагать, как правило, в нижнем бьефе. Расположение однокамерных или верхней камеры многокамерных шлюзов в верхнем бьефе гидроузла допускается при надлежащем обосновании, при неблагоприятных инженерно-геологических и топографических условиях в нижнем бьефе или по условиям, диктуемым транспортной магистралью, пересекающей судоходные сооружения.

При расположении шлюза в верхнем бьефе следует стремиться выполнить его с обратными засыпками за стенами, имеющими ширину поверху достаточную для размещения в них дренажа, рис. I4. Камера шлюза при этом работает в условиях подобных тем, которые имеют место при ее размещении в нижнем бьефе.

5.9. (п.6 приложения 4).

Судоходная трасса шлюза, рис. I5 (черт. I), должна быть прямолинейной на участке длиной не менее величины l_{st} определяемой по формуле

$$l_{st} = l_e + 2(l_a + l_s), \qquad \text{I2 (I)}$$

где: l_e – длина шлюза, включая головы;

l_a – длина верхнего (нижнего) участка подхода, определяемая по обязательному приложению 5 п.6.8 Пособия

l_s – длина расчетного судна.

Длину прямолинейного участка l_{st} допускается уменьшать в пределах участков верхнего и нижнего подходов по согласованию с Минречфлотом РСФСР или управлениями речного флота союзных республик на величину не более 2 l_s

5.I0. (п.7 приложения 4).

Ось прямолинейного участка подходного канала должна сопрягаться с осью судового хода в канале или водохранилище по кривой, очерченной радиусом γ (радиус поворота судна), который должен быть не менее пяти длин расчетного судна или трех

длин расчетного толкаемого состава.

При наличии плотовых перевозок радиус "2" должен быть не менее пяти длин секции плота при секционной сплотке и двух длин плота при несекционной сплотке.

Для временных судоходных каналов, используемых в период строительства гидроузлов, допускается уменьшить радиус закруглений, но не менее чем до трехкратной длины наибольшего судна, полуторакратной длины толкаемого состава, до трех с половиной длин секций плота при секционной сплотке и до длины плота при несекционной сплотке, которые фактически будут эксплуатироваться на данном участке водного пути в период строительства.

5.II. Обратные кривые при сопряжении осей постоянных судовых ходов в реке или водохранилище с осями подходных каналов не допускаются.

Для временных судоходных каналов, используемых только в период строительства, как исключение, допускаются обратные кривые при условии обеспечения между ними прямолинейной вставки, имеющей длину не менее длины одиночного расчетного судна или толкаемого состава, которые будут эксплуатироваться в этот период.

5.I2. (п.8 приложения 4).

Мостовые переходы транспортных магистралей, пересекающие шлюзы, следует устраивать, как правило, через нижнюю или одну из промежуточных (для многокамерного шлюза) голов, рис.I6.

При пересечении трассы шлюзов магистральными автомобильными дорогами, во избежание смещения камер в верхний бьеф, следует рассматривать вариант устройства мостовых переходов через верхние головы шлюзов, высота которых определяется требуемыми подмостовыми габаритами (п.п. 3.II и 3.I4), с возведением на примыкающих к ним участках земляной плотины эстакадных подъездов.

Автомобильные дороги местного значения, имеющие небольшие радиусы закругления, следует пропускать через нижние головы шлюзов, расположенных в нижнем бьефе, посредством отвода их с гребня земляной плотины по дамбам, примыкающим к нижним головам, рис. I6а.

При необходимости устройства в гидроузле железнодорожного перехода, а также при расположении шлюза в примыкании к водосбросной плотине или к зданию гидроэлектростанции целесообразность расположения камеры в верхнем бьефе по сравнению с подводом напорных сооружений к верхней голове шлюза, рис. I6,б,в, должна быть установлена на основании технико-экономического сопоставления.

Опоры железнодорожного перехода должны быть самостоятельными и отделены от основных конструкций шлюза.

Для эксплуатационного переезда через шлюз, при отсутствии других мостовых переходов, необходимо проектировать разводные мосты: поворотные, накатные или др.

5.I3. (п.9 приложения 4)

Участки каналов на длине подхода к шлюзу l_a должны иметь ограждения во всех случаях, когда высота поперечной и косой (с углом более 45^0) ветровой волны у причалов шлюзов может быть более 0,6 м с расчетной обеспеченностью по суммарной продолжительности в навигационный период для водных путей,%:

сверхмагистральных и магистральных	2
местного значения	5

Высоты волн определяются в соответствии с требованиями СНиП 2.06.04-82* "Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)".

Для всех водных путей расчетную обеспеченность высот волн в системе необходимо принимать равной 5%.

Компоновка шлюзов на судоходных каналах

5.I4. Компоновка шлюза на судоходном канале заключается, прежде всего, в надлежащем сопряжении подходных каналов к нему с транзитным судоходным каналом в соответствии с рекомендациями пунктов 5.9÷5.II. настоящего Пособия.

При этом должны быть соблюдены требования по минимально допустимому по условиям расхождения судов и составов расстоянию между соседними шлюзами.

5.I5. (п.I0 приложения 4).

Прямолинейный участок между двумя шлюзами, располагаемыми последовательно на судоходном канале рис. I7а (черт.2,а), должен быть по условиям расхождения судов не менее величины $\ell_{c'}$ определяемой по формуле

$$\ell_{c_1} = 2(\ell_1 + \ell_2) + \ell_3 , \qquad \text{I3 (2)}$$

где ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3 – длины участков, определяемые согласно требованиям обязательного приложения 5-п.6.8 Пособия.

При размещении двух шлюзов на криволинейном участке канала рис.I7б (черт.2,б) расстояние между ними должно быть не менее величины ℓ_{c_2} определяемой по формуле

$$\ell_{c_2} = 2(\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_s) + \ell_r , \qquad \text{I4(3)}$$

где ℓ_s – длина расчетного судна;

ℓ_r – длина криволинейной вставки, очерченной радиусом r.

Длина криволинейной вставки равна $\ell_r = 0{,}0174\, r\alpha^\circ$,

где α° – угол поворота осей канала в градусах.

5.I6. При расстояниях между последовательно расположенными шлюзами близких к минимальным необходимо тщательно рассматривать волновой режим в каналах между шлюзами, возникающий при опорожнении камер верхнего и наполнении камер нижнего шлюзов.

Улучшение волнового режима в этих случаях может быть достигнуто за счет расширения коротких разъездных каналов, рис. I8.

5.I7. Следует, по возможности, избегать расположения соседних шлюзов на расстоянии близком к минимальному, особенно серий шлюзов, расположенных друг за другом на таких расстояниях, т.к. это приводит к значительному увеличению времени шлюзования в данном узле и снижает пропускную способность канала вцелом, поскольку все операции судов в соседних шлюзах оказываются тесно связанными между собой.

5.I8. На каналах с машинным питанием желательно обеспечивать подачу воды на водораздел, по возможности, с использованием водоводов, располагаемых вне судоходной трассы. При значительных расстояниях между шлюзами насосные станции, а также их

водозаборный и водосбросной участки целесообразно располагать в деривации, в обход шлюзов, используя судоходный канал, как водотранспортирующий тракт. В тех случаях, когда серия шлюзов располагается на расстояниях друг от друга близких к минимальным, размещение насосных станций и соответствующих водоводов на этом участке канала должно приниматься вне судоходной трассы или осуществляться другие решения (образование озеровидных бьефов и т.п.), снижающие высоту длинных волн.

В таких случаях при деривационной схеме насосной станции с напорным трубопроводом вдоль шлюза здание станции целесообразно располагать против его нижней головы, а выпускное сооружение - против верхней, в пределах общего с ней напорного фронта, рис. I9.

При безнапорном отводящем тракте местоположение напорного здания насосной станции выбирается на основе технико-экономического сопоставления вариантов ее размещения, так как расположение насосной станции в створе нижней головы, рис. 20а, дает минимальные объемы работ по отводящему каналу, но шлюз оказывается в верхнем бьефе, а нахождение ее в створе верхней головы, рис. 20б, оставляя шлюз в нижнем бьефе, может резко увеличить объемы работ.

5.I9. (*п.II приложения* 4).

Подводящие и отводящие каналы насосных станций во избежание их значительного удлинения, часто выводят в подходные каналы шлюзов.

В местах расположения на подходах к шлюзам сосредоточенных заборов или выпусков воды из других гидротехнических сооружений должно быть предусмотрено уширение подходов, которое назначается в зависимости от величины дрейфа, испытываемого судном под влиянием поперечного течения, скорости которого при наинизшем судоходном уровне не должны превышать 0,25 м/с. Сопряжение уширенного и нормального сечений канала выполняется плавно на длине не менее 20 уширений в каждую сторону от границ водосбросных (водозаборных) сооружений.

Если забор или выпуск воды насосных станций располагается на участке причала, то верх отверстий в причале должен быть заглублен ниже осадки расчетного судна.

В подходных каналах шлюза, при работе насосных станций, не должно возникать вихревых зон с вертикальной осью вращения с недопустимыми, по условиям судоходства, поперечными скоростями.

6. ПОДХОДЫ К ШЛЮЗАМ.

6.I. (п.I приложения 5).

Размеры и очертания подходов к шлюзам в плане должны обеспечивать расхождение шлюзуемых судов при двустороннем движении. На период временной эксплуатации шлюза при строительстве гидроузла допускается устройство подходов для одностороннего движения с разъездами или без них при условии обеспечения необходимой пропускной способности.

6.2. (п.2 приложения 5).

Подходы к шлюзам по взаимному расположению их оси и продольной оси шлюза подразделяют на следующие:

симметричные, рис.2I,а (черт.Iа) – оси подходного канала и шлюза совпадают;

полусимметричные, рис. 2I,б (черт Iб) – ось подходного канала смещена относительно оси шлюза в сторону от причальной линии таким образом, что расстояние между лицевой гранью устоев головы шлюза и причальной линией находится в пределах от 0,2 расчетной ширины судна до расстояния, соответствующего симметричному подходу;

несимметричные, рис. 2I,в (черт.Iв) – ось подходного канала расположена по отношению к оси шлюза так, что причальная линия продолжает лицевую грань устоев головы шлюза или смещена от нее на расстояние не более 0,2 расчетной ширины судна.

6.3. Движение судов каждого направления следует, как правило, принимать правосторонним, считая по направлению движения. Допускается левостороннее движение на подходах в том случае, если при этом создаются лучшие условия для входа судов в шлюз или достигается существенный экономический эффект.

6.4. Для однониточных шлюзов рекомендуется принимать полусимметричные подходы с движением по траектории, наиболее близкой к прямой для судов, входящих в шлюз.

Допускается устройство симметричных подходов, а также устройство несимметричных подходов с прямым входом и выходом составов того направления, по которому значительно преобладает грузовой поток. В случае преобладающего движения плотов через шлюзы с бьефа отправления плотов устраиваются несимметричные подходы, а с противоположного бьефа – полусимметричные, обеспечивая тем самым вход и выход плотов по прямой.

6.5. (п.3 приложения 5).

Ширину судового хода подходных участков с прямолинейным движением на уровне расчетной осадки при наинизшем расчетном судоходном уровне следует принимать не менее величины B, определяемой по следующим формулам:

для однониточных шлюзов

$$B = 1{,}3\ (b_{s1} + b_{s2}); \qquad 15(1)$$

для двухниточных шлюзов

$$B = 1{,}3\ (b_{s1} + b_{s2} + b_{s3}), \qquad 16(2)$$

где b_{s1}, b_{s2}, b_{s3} – ширины расходящихся расчетных судов.

Ширину судового хода подходных участков двухниточных шлюзов следует принимать не менее расстояния между лицевыми гранями внешних стен камер смежных шлюзов.

Если это расстояние окажется недостаточным, то необходимое уширение канала следует делать в сторону берега, к которому примыкает нитка шлюза, приспособленная для пропуска судов в обоих направлениях.

В подходном канале двухниточного шлюза при размещении причальной линии на продолжении межкамерного пространства ширина судового хода к каждой нитке определяется как для однониточного шлюза из условия обеспечения расхождения двух судов.

Ширину судового хода подходных участков двухниточных шлюзов в пределах длины l_a, рис.22 (черт.2) для случая расположения причальных линий на продолжении внешних стен камер смежных шлюзов следует определять из условия двухстороннего движения судов через каждую нитку с учетом формулы 16 (2).

6.6. (п.4 приложения 5).

Расчетная глубина судового хода подходных каналов при расчетном наинизшем судоходном уровне должна приниматься не менее 1,3 статической осадки расчетного судна в полном грузу.

При надлежащем обосновании допускается учитывать дополнительно запас на заносимость подходов.

Величина запаса на заносимость в зависимости от интенсивности отложения наносов в период между ремонтными черпаниями может приниматься от 0,2 до 1,0 м. Ремонтные черпания предусматриваются не чаще одного раза за навигацию.

6.7. (п.3.31)

В подходных каналах при запасе глубины под днищем судна менее 2 м следует учитывать возможность размывов дна у причалов от воздействия струй при работе движителей судов и предусматривать мероприятия по предотвращению этих размывов.

В частности рекомендуется понижать отметку дна или крепить его железобетонными плитами на тех участках подхода, где сказывается воздействие струи, отбрасываемой движителями при входе судна в шлюз. К таким участкам относятся дно каналов в примыкании к головам шлюза между причальными и направляющими сооружениями, а также зона дна, расположенная вдоль причала и имеющая ширину не менее $0,8\,b_s$. Ширина крепления должна обеспечивать устойчивость его элементов и грунта канала за пределами крепления при работе двигателей в режиме "на швартовых".

6.8. (п.5 приложения 5).

Длина верхнего (нижнего) участка подхода рис.22 (черт.2), в пределах которого предусматривается расхождение встречных судов, должна быть не менее величины l_a, определяемой по формуле

$$l_a = l_1 + l_2 + l_3; \qquad \text{I7(3)}$$

где l_1 – длина участка, равная $0,5\,l_s$

l_3 – длина участка, равная $\sum_1^2 l_s$

l_2 – длина участка, на котором судно при встречном движении переходит с оси шлюза на ось судового хода в канале, определяемая по формуле

$$l_2 = \sqrt{l_s^2 + c(4r - c)}, \qquad \text{I8(4)}$$

здесь l_s – длина расчетного судна;

r – радиус траектории центра тяжести судна (радиус поворота судна), принимаемый не менее трех длин расчетного судна;

C – смещение оси судового хода в канале относительно оси шлюза при выходе или входе судна.

Величина смещения C определяется по формулам:

при симметричном подходе

$$C = 0,6\,b_s + 0,5\,\Delta b; \qquad \text{I9(5)}$$

при полусимметричном подходе

$$C = 1,96\,b_s + 0,5\,\Delta b - a_m \qquad \text{20(6)}$$

для подхода, в котором

$$0,75\,b_s < a_m \leq 1,3\,b_s + 0,25\,\Delta b \qquad 21$$

и $$c = a_m - 0,7\,b_s \qquad 22(7)$$

для подхода, в котором

$$1,3\,b_s + 0,25\,\Delta b < a_m < 1,3\,b_s + 0,5\,\Delta b; \qquad 23$$

при несимметричном подходе

$$c = 1,2\,b_s + 0,5\,\Delta b, \qquad 24\ (8)$$

где b_s – ширина расчетного судна;

Δb – уширение, определяемое по п.6.9.Пособия (п.6 приложения 5)

a_m – смещение лицевой грани причала от оси шлюза.

При определении величин l_1, l_2, l_3 расчетными следует принимать суда и толкаемые составы наибольшей длины.

6.9. (п.6 приложения 5).

Ширина судового хода на участках l_2, l_3, рис. 22 (черт.2), при поочередном движении по кривой судов в двух направлениях должна приниматься равной $b + \Delta b$. За пределами этих участков при одновременном движении по кривой судов в двух направлениях – $b + 2\Delta b$

Уширение Δb определяется по формуле

$$\Delta b = 0,35\,\frac{l_s^2}{r}, \qquad 25(9)$$

где l_s и r см. п 6.8 настоящего Пособия (п.5 приложения 5)

Переходной участок l_4, рис. 22 (черт. 2), должен приниматься длиной не менее 20 уширений в каждую сторону. При сопряжении подходного канала в пределах переходного участка или непосредственно за ним с бьефом или переходным участком подходного канала соседнего шлюза его следует принимать на всем протяжении уширенным (без переходного участка).

6.10. (п.7 приложения 5).

При проектировании шлюзов, входящих в состав гидроузлов с водосбросными сооружениями, расположенных на сверхмагистральных и магистральных водных путях, условия входа, стоянки, движения и дрейфа судов в подходных каналах должны, как правило, определяться по данным лабораторных исследований.

Для шлюзов на водных путях местного значения такие исследования выполняются только при надлежащем обосновании.

Причальные и направляющие сооружения

6.II. (п.I приложения 7).

Причальные сооружения следует располагать в пределах длины участков подходов к шлюзу l_a с правой стороны судового хода для входящих в шлюз судов, принимая направление их движения, как правило, правосторонним. Расположение причала с левой стороны судового хода допускается при надлежащем обосновании левостороннего движения судов на подходах.

6.I2. (п.2 приложения 7).

По условиям компоновки сооружений (например, при непараллельности оси судового хода в канале и оси шлюза) допускается причальную линию располагать под углом, как правило, не более 3^0 к лицевой грани шлюза в сторону от судового хода. При этом подходы к шлюзу должны быть прямолинейными на участке $l_a + l_s$ в соответствии с п.5.9 Пособия (п.6 приложения 4). Расположение причальной линии под углом более 3^0 надлежит обосновывать исходя из условий, обеспечивающих безопасный и удобный подход судов к причалу и вход от него в камеру шлюза. Удаленный от шлюза конец причальной линии должен сопрягаться с границей судового хода.

При этом скула речного судна, входящего вдоль причальной линии с углом к лицевой грани в 3^0, не должна попадать на створку ремонтных или основных ворот, находящихся в открытом положении.

6.I3. (п.3 приложения 7).

По концам причальных сооружений следует предусматривать криволинейные участки (с радиусом не менее 0,2 l_s), сопрягающиеся с берегом канала, а также пешеходные мостики между причалом и берегом на расстоянии не более 200 м друг от друга.

Для выхода эксплуатационного персонала со служебных судов причальные сооружения должны быть оборудованы лестничными сходами.

6.I4. (п.4 приложения 7).

Длину причальной линии шлюзов l_m, рис. 23 (черт.I), следует определять при одностороннем движении судов в каждом из направлений по формуле

$$l_m = l_{min} + \sum_1^n l_s - \gamma l_s ; \qquad 26(I)$$

при двухстороннем движении судов по формуле

$$l_m = l_2 + \sum_1^n l_s - \gamma l_s ; \qquad 27(2)$$

где l_m – длина причальной линии, принимаемая от верховой грани верхней головы или низовой грани нижней головы шлюза;

l_{min} – наименьшее расстояние от верховой грани верхней головы или низовой грани нижней головы шлюза до носа первого ожидающего шлюзования судна, определяемое в соответствии с обязательным приложением 2-п.2.II Пособия;

$\sum_1^n l_s$ – сумма длин одновременно шлюзуемых и устанавливаемых в камере шлюза в кильватер судов;

l_2 – длина участка, на котором судно при встречном движении переходит с оси шлюза на ось судового хода в канале;

l_s – длина расчетного судна;

γ – коэффициент, принимаемый 0,2 при расположении причала в канале или за защитными дамбами и равный нулю в остальных случаях.

Длину причальной линии на водных путях местного значения допускается уменьшать при одностороннем движении судов до размеров полезной длины камеры шлюза; при двустороннем движении судов – до размеров полезной длины камеры шлюза, но с размещением начала причальной линии от внешней грани головы шлюза на расстоянии l_2, в пределах которого следует предусматривать устройство направляющего сооружения и отдельно стоящих причальных сооружений (быки, свайные кусты и др.).

Для расчетного судна или жесткосчаленного состава l_{min} в верхнем подходе, при канале призматической формы, должно приниматься равным l_2; при форме верхнего подхода в виде озерковидного бьефа l_{min} может приниматься 0,5 l_s; в нижнем подходе, для тех же судов, l_{min} может приниматься равным шести полезным ширинам камеры – $6\,b_{c.ef}$.

6.I5. (п.5 приложения 7).

В двухниточных шлюзах причальные сооружения в верхнем и нижнем подходах, как правило, следует предусматривать на продолжении межкамерного пространства.

В причале должны быть предусмотрены отверстия общей площадью 30–50% от площади подводной части причальной стенки для создания возможности распределения расхода опорожнения на всю ширину канала. Верх отверстий заглубляется под наинизший судоходный уровень по п.6.I9.

6.I6. (п.6 приложения 7).

Для плавного перехода от ширины подходных каналов к ширине ка́меры следует предусматривать устройство направляющих сооружений, примыкающих к лицевым граням голов шлюзов.

В двухниточных шлюзах при отсутствии на продолжении межкамерного пространства причальных сооружений должны предусматриваться направляющие сооружения, примыкающие к лицевым граням внутренних устоев голов шлюзов и образующие с ними общий контур.

Сопряжение внешних очертаний направляющих сооружений с лицевыми гранями голов шлюзов должно быть плавным.

Рекомендуемые схемы расположения причальных и направляющих сооружений двухниточных шлюзов в подходных каналах представлены на рис.24.

6.I7. (п.7 приложения 7) Угол α, рис. 23 (черт.I), между направлением касательной к очертанию направляющего сооружения и осью шлюза не должен превышать:

а) для направляющих сооружений, расположенных со стороны причальной линии, 25° – для шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях и 30° – для шлюзов на водных путях местного значения;

б) для остальных направляющих сооружений этот угол должен быть соответственно 50 и 60°.

6.I8. (п.8 приложения 7) Длину направляющего сооружения следует устанавливать в зависимости от длины расчетного судна. Проекция на ось шлюза рабочей части направляющего сооружения l_{α}, расположенной в пределах ширины судового хода, должна приниматься не менее I/2 l_s для сооружений, указанных в п.6.I7а (п.7 а) и не менее I/3 l_s – для сооружений, указанных в п.6.I7б (п.7б).

6.I9. (п.9 приложения 7) Возвышение верха стен или их парапетов, а также площадок причальных и направляющих сооружений над расчетным наивысшим судоходным уровнем воды, их ширина должны приниматься в соответствии с п.3.I2, 3.I3 Пособия (п.8 приложения 3).

Заглубление низа конструкций лицевых плоскостей причальных и направляющих сооружений под расчетный наинизший судоходный уровень воды при наличии плотовых перевозок должно приниматься не менее I,2 осадки плота, но не менее I м, если по гидравлическим условиям не требуется большего заглубления. При отсутствии плотовых перевозок в шлюзах, не предназначенных для пропуска маломерного флота, низ конструкции лицевых плоскостей причальных и направляющих сооружений должен назначаться не менее, чем на 0,5 м ниже верхнего привального бруса расчетного судна в грузу при расчетном наинизшем судоходном уровне. В шлюзах, рассчитанных на пропуск маломерного флота, низ этих конструкций должен назначаться не выше расчетного наинизшего уровня.

Верх причального и направляющего сооружения со стороны, обращенной к судовому ходу, должен иметь парапет или охранное ограждение, отнесенное от лицевой грани на расстояние, исключающее навалы судов. При отсутствии засыпки за сооружениями охранное ограждение устраивается и с тыловой стороны.

7. ПРЕДШЛЮЗОВЫЕ РЕЙДЫ И АВАНПОРТЫ.

Предшлюзовые рейды

7.I. (п.8 приложения 5).

В верхнем и нижнем бьефах шлюзов, как правило, должны быть предусмотрены предшлюзовые рейды, предназначенные для отстоя судов в ожидании шлюзования, при перемене тяги, переформировании составов и плотов, а также в период штормов и штормового предупреждения.

Предшлюзовые рейды должны располагаться на естественных или создаваемых путем устройства оградительных сооружений акваториях, непосредственно примыкающих к подходам шлюза, с высотой волны на судовых рейдах до I м и на рейдах переформирования плотов до 0,6 м. Указанные высоты волн принимаются с расчетной обеспеченностью по суммарной продолжительности в навигационный период 2% для шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях и 5% - на водных путях местного значения.

Для всех водных путей расчетная обеспеченность высот волн в системе принимается равной 5%.

Расстояние от рейда до конца причала в подходе, как правило, не должно превышать трех полезных длин камер.

7.2. Предшлюзовые рейды создаются в верхнем и нижнем бьефах. В зависимости от состава флота, принимающего участие в судообороте, организуются следующие рейды отдельно по прибытию и отправлению судов:

- для самоходных грузовых судов, размещение которых предусматривается ближе к шлюзам;
- для несамоходных грузовых судов;
- для нефтеналивных судов, размещаемых в верхнем бьефе выше, а в нижнем бьефе ниже рейдов сухогрузных судов с учетом требований "Правил пожарной безопасности на речном транспорте";
- для расформирования плотовых составов, размещаемых в аванпортах верхнего бьефа вдоль оградительных дамб и волноломов, а для формирования в нижнем бьефе - на участках водных путей, имеющих пониженные скорости течения, или в нижнем подходном канале,

при соответствующем обосновании, с таким расчетом, чтобы при входе и выходе плотов не было необходимости в выполнении сложных маневров;

– для ремонта плотов, располагаемых в естественных или искусственных укрытиях в районе гидроузла, но в стороне от судовых ходов или акваторий судовых рейдов.

7.3. В акваторию рейда включаются акватория для отстоя судов, судовых составов и плотов в ожидании шлюзования, прекращения шторма на водохранилище, смены тяги, а также, когда судовые и плотовые составы, проходящие через шлюз, имеют различные габариты в сравнении с габаритами шлюза, акватория для их переформирования.

7.4. Состав рейдов, количество их и специализация определяются номенклатурой грузов и структурой их перевозок. Размеры акватории каждого рейда устанавливаются исходя из расчетного количества максимальных по габаритам судов, судовых и плотовых составов, которые должны отстаиваться или переформировываться на данном рейде, с учетом необходимых для безопасной работы расстояний между судами и составами.

Расчетное количество судов или составов на каждом из рейдов принимается по напряженному суточному судообороту и должно быть не менее половины суточного судооборота несамоходных, четверти самоходных судов и суточного оборота плотовых составов.

7.5. Расположение рейдов должно быть выбрано с таким расчетом, чтобы проход судов на любой рейд и выход с него осуществлялся без пересечения акваторий других рейдов.

7.6. При определении местоположений рейдов следует производить анализ гидрологических (ветро-волновой и скоростной режимы), топографических и гидрографических условий, обеспечивающих безопасный отстой судов и плотов.

7.7. Суда и составы на пришлюзовых рейдах располагаются, как правило, в одну линию, т.е. в кильватер, параллельно судовому ходу или берегу.

Расстояния между судами (составами) в линии принимаются не менее:

50 м – для сухогрузных судов,

70 м – для нефтеналивных судов,

100 м – для судовых составов.

В тех случаях, когда акватории участков верхних и нижних бьефов, прилегающих к шлюзам, имеют соответствующие для размещения на них рейдов размеры, возможна расстановка судов и составов на рейдах в две или более линии.

При этом расстояние между линиями судов должно быть не менее полуторакратной ширины расчетного судна (состава) для сухогрузных судов с неогнеопасными грузами; 70 м – для сухогрузных судов с легковоспламеняющимися и огнеопасными грузами; 100 м – для судов с нефтегрузами I и II классов.

Расстояние между первой линией судов и границей проектных глубин со стороны берега и между крайними судами и кромкой судового хода должно быть не менее полуторократной ширины расчетного судна.

7.8. Расстояние между рейдами нефтеналивных судов и другими рейдами должно быть не менее 300 м и между рейдами судов с огнеопасными сухогрузами и другими рейдами (кроме рейдов нефтеналивных судов) – не менее 150 м.

7.9. Расстановка на рейдах плотов должна производиться в одну линию с интервалом между ними:

в аванпортах гидроузлов – не менее 60 м;

на свободных реках – не менее длины плота;

на водохранилищах – не менее половины длины плота.

7.10. В отдельных случаях при устройстве рейдов в стесненных условиях допускается отступление от указанных выше размеров в сторону их уменьшения по согласованию с органами, регулирующими судоходство.

7.11. Рейды следует оборудовать причальными устройствами (для надежной швартовки судов, составов и плотов), навигационными знаками, средствами связи и оповещения для диспетчерского руководства работой рейдов.

Допускается стоянка на рейде самоходных грузовых судов на собственных якорях.

Границы рейдов обозначаются соответствующими береговыми и (или) плавучими навигационными знаками, имеющими светосигнальное оборудование.

7.12. Глубина акватории рейдов, расположенных в подходном канале или в аванпорту, должна приниматься равной глубине подход-

ного канала, а расположенных на реке или водохранилище - по Нормам технологического проектирования портов и пристаней на внутренних водных путях.

Аванпорты

7.13. Аванпорты следует устраивать в тех случаях, когда на акватории подходов к шлюзам могут возникать волны такой высоты, при которых невозможно производить переформирование составов и плотов или другие операции с ними.

7.14. При выборе месторасположения акватории аванпорта следует использовать для защиты ее от ветровой волны естественные береговые укрытия в сочетании с устройством оградительных сооружений.

Суммарная высота волны, проникающей из водохранилища на акваторию аванпорта, и местной на рейдах и у причальных сооружений шлюза не должна превышать допустимых величин, указанных в п.5.13 и 7.1 настоящего Пособия.

Допустимую высоту волны у причальных сооружений порта (если таковой имеется в пределах аванпорта), при которой возможны перегрузочные работы, следует определять в соответствии с требованиями СНиП 2.06.04-82* (табл.21,б*) и "Норм технологического проектирования портов и пристаней на внутренних водных путях".

7.15. Расположение оградительных сооружений аванпорта следует принимать с учетом нижеследующих указаний:

а) вход в аванпорт из водохранилища, как правило, не должен располагаться на продолжении оси шлюза. Отступление допускается лишь в случаях, когда у причальных сооружений шлюза обеспечивается спокойная стоянка составов;

б) направление оси входа должно составлять с направлением господствующих штормовых ветров и волн угол, как правило, не более 45^{0}. В случае невозможности выполнения данного условия для уменьшения ветрового воздействия следует предусматривать удлинение оградительных сооружений на величину, равную длине расчетного судового жесткосчаленного состава ℓ_s, рис.25;

в) ширина входа, как правило, должна быть не менее длины расчетного жесткосчаленного судового состава. Уменьшение ширины входа допускается при специальном технико-экономическом обосновании.

За расчетную ширину входа принимают проекцию ширины (на уровне расчетной осадки при наинизшем судоходном уровне воды) на нормаль к оси транзитного судового хода;

г) нормальная к оси транзитного судового хода составляющая скорости течения воды в районе входа в аванпорт на расстоянии расчетного судна должна быть не более 0,25 м/с.

7.16. Для шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях расположение оградительных сооружений аванпорта должно быть проверено лабораторными исследованиями, для шлюзов на водных путях местного значения - такая проверка рекомендуется.

7.17. Размеры акватории аванпорта должны быть установлены исходя из судооборота, соответствующего судопропускной способности шлюза.

7.18. При определении размеров аванпорта следует исходить из условия возможности размещения, при необходимости, на его акватории предшлюзовых рейдов, порта, отстойного пункта промпредприятия, прочих объектов речного транспорта, рис.26, а также, с учетом условий эксплуатации речного транспорта и транспортных сооружений судовых ходов следующего назначения:

- транзитного судового хода, предназначенного для движения составов, следующих из водохранилища в шлюз или обратно, и для их расхождения;

- судового хода к порту, предназначенного для движения составов, следующих из водохранилища и шлюза к причалам порта и обратно, а также к судоремонтному заводу или мастерским, если таковые имеются в пределах аванпорта;

- местных судовых ходов, предназначенных для движения флота от рейдов к шлюзу, порту и к выходу в водохранилище, а также для движения в обратном направлении.

7.19. Радиусы закругления транзитного судового хода должны составлять не менее пяти длин расчетного судна в буксируемом составе, трех длин расчетных жесткосчаленного (толкаемого) состава и самоходного судна, пяти длин секций плота.

Транзитный судовой ход должен быть трассирован по возможности без обратных кривых. В случае невозможности удовлетворения этого условия между кривыми должна быть предусмотрена прямая вставка не менее длины расчетного толкаемого состава.

Радиусы закруглений местных судовых ходов следует устанавливать в соответствии с требованиями "Норм технологического проектирования портов и пристаней на внутренних водных путях".

В отдельных случаях, когда принятые указанные величины радиусов влекут за собой значительное увеличение размеров аванпорта, длин оградительных сооружений и капиталовложений в создание аванпорта, допускается, по согласованию с органами, регулирующими судоходство, величины радиусов судовых ходов в аванпорту уменьшать соответственно до двух, полутора, трех с половиной расчетных судов, составов и плотов.

7.20. Ось транзитного судового хода на входе в аванпорт из водохранилища должна иметь прямолинейное направление на расстоянии не менее длины расчетного жесткосчаленного состава в обе стороны от входного отверстия.

7.21. Ширину транзитного судового хода в пределах акватории аванпорта на уровне расчетной осадки при однониточном шлюзе устанавливают с учетом возможности движения по нему двух расчетных жесткосчаленных составов или расчетных судов.

При двухниточных шлюзах должна быть также учтена возможность одновременного обгона составов расчетным пассажирским судном.

Все расчеты по определению ширины судового хода должны быть выполнены при наинизшем судоходном уровне с коэффициентом запаса по ширине не менее I,3 для беспрепятственного расхождения составов и судов.

Ширина каждой из судоходных полос, принятых из условия, для расчетных судов и составов, двустороннего движения (в две судоходные полосы) и одностороннего движения (в одну судоходную полосу) для расчетного плотового состава, не должна быть меньше определяемой с учетом ветрового дрейфа по формуле:

$$B_n = \ell_s \sin\theta + 1{,}5\,b_s, \qquad 28$$

где: ℓ_s и b_s – соответственно длина и ширина расчетного судна;

θ – угол дрейфа судна, определяемый по формуле:

$$\theta = arc\sin\frac{V_w C + V_n}{V_s} \leq 25^\circ,$$

где: V_w – скорость ветра (нормальная составляющая к оси судового хода) с вероятностью превышения, равной 1% в многолетнем разрезе

для периода навигации по ежедневным данным, м/с, принимается с учетом защищенности акватории;

для плотовых составов расчетная скорость ветра не должна превышать наибольшей скорости ветра, при которой, по условиям волнения, может осуществляться транспортировка плота (различная по речным бассейнам);

С – коэффициент парусности судна, определяемый по табл. 8;

V_n – нормальная к оси судового хода составляющая скорости течения воды, определяемая по данным наблюдений или расчетом, но не более 0,25 м/с;

V_s – минимальная возможная скорость движения судна или состава, м/с.

Таблица 8

Тип судна	Характеристика	Коэффициент С
Пассажирское и грузо-пассажирское	Трех – и четырехдечное	0,085
	Двухдечное	0,075
Грузовое самоходное	С грузом в трюме	0,030
	С грузом на палубе	0,050
	В балласте	0,075
То же, несамоходное	С грузом в трюме	0,025
	С грузом на палубе	0,070
	В балласте	0,075
Плот	–	0,015

Расчеты должны быть выполнены для всех возможных сочетаний расчетных судов и составов для шлюза и типовых составов для водохранилища. Окончательно в расчет принимается наибольшая из полученных ширин.

7.22. Ширина местного судового хода на уровне расчетной осадки должна быть установлена исходя из движения одного наибольшего расчетного состава, который может по нему проходить. Расчеты выполняются с учетом ветрового дрейфа состава в соответствии с требованиями "Норм технологического проектирования портов и при-

таней на внутренних водных путях".

7.23. Ширина транзитного судового хода, установленная для прямолинейного участка, п.7.21, должна быть увеличена на закруглениях. Величину уширения при криволинейном движении судов следует определять в соответствии с указаниями п.6.9 настоящего Пособия.

7.24. Границы транзитных и местных судовых ходов должны быть размещены за пределами зоны, в которой возникают скорости с поперечными составляющими по отношению к судовому ходу более 0,25 м/с.

7.25. Расчетную глубину на судовых ходах и рейдах, расположенных на акватории аванпорта, при расчетном наинизшем судоходном уровне воды следует принимать не менее 1,3 статической осадки расчетного судна в полном грузу. При этом на участках акватории, где возможны отложения наносов, надлежит учитывать дополнительно запас на заносимость. Величина запаса на заносимость, в зависимости от интенсивности отложения наносов в период между ремонтными черпаниями, может приниматься от 0,2 до 1,0 м. Ремонтные черпания предусматриваются не чаще одного раза за навигацию.

7.26. Если на акватории аванпорта предусматривается отстой флота в зимний период, глубина на рейдах должна устанавливаться с учетом сработки уровня бьефа в этот период, а также образования ледовой чаши у судов.

7.27. Для обеспечения безопасности судоходства вход в аванпорт, как правило, обозначается береговыми навигационными знаками (маяки, опознавательные знаки), имеющими светосигнальное оборудование.

Электроснабжение сигнальных огней навигационных знаков должно соответствовать первой категории по ПУЭ.

Судовые ходы в пределах акватории аванпорта должны, при необходимости, обозначаться береговыми и (или) плавучими навигационными знаками со светосигнальным оборудованием.

8. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ШЛЮЗОВ

8.I. (п.I приложения 6).

Основные системы питания шлюзов, применяемые для наполнения и опорожнения их камер, подразделяются:

а) по способу подачи воды в камеры и выпуску ее из камер на

сосредоточенную;

распределительную;

б) по способу забора воды из верхнего бьефа и сброса ее в нижний бьеф

в пределах подходных каналов;

вне пределов подходных каналов.

Могут применяться системы питания в комбинации из вышеприведенных

8.2. (п.2 приложения 6).

Системы питания судоходных шлюзов должны отвечать следующим требованиям:

а) продолжительность наполнения и опорожнения камеры должна соответствовать заданной судопропускной способности шлюза;

б) режимы наполнения и опорожнения должны обеспечивать нормальные условия стоянки судов в камере и работы оборудования, а также нормальные условия стоянки и маневрирования судов в подходных каналах, в том числе при независимой работе камер многониточных шлюзов, имеющих общий подходной канал. Эти условия определяются допустимыми значениями продольных и поперечных составляющих гидродинамических сил, воздействующих в процессе шлюзования и после него на стоящие в камере или у причала суда, а также допустимыми значениями продольных и поперечных скоростей течения в подходных каналах, определяемыми в соответствии с обязательным приложением 4.-п.5.4 Пособия.

(п.4 приложения 6).

Продольные и поперечные составляющие гидродинамических сил определяются расчетом или лабораторными исследованиями и не должны превышать:

для продольной составляющей

$$F_{\ell_{доп}} = 1{,}4 \sqrt[3]{\mathcal{D}} \quad , \qquad 29(I)$$

где $\mathcal{D}$ – водоизмещение расчетного судна или наибольшего грузового судна в расчетном составе в полном грузу, кН;

для поперечной составляющей - $0,5F_{gen}$, где F_{gen} - допустимая гидродинамическая сила.

В камере и у причалов, не оборудованных подвижными рымами, величины продольных и поперечных составляющих гидродинамических сил следует умножать на величину $\cos\beta$, где β - угол в вертикальной плоскости между канатами, удерживающими судно за причальные тумбы при расчетном наинизшем судоходном уровне воды и горизонталью.

Для составов, в которых суда сцалены жестко и не имеют возможности относительного перемещения, допускаемые величины составляющих гидродинамической силы : принимаются как для судна наибольшего водоизмещения, входящего в состав.

(п.2 приложения 6).

в) воздействие потока на элементы шлюза, а также на русло и крепление каналов при многократном наполнении и опорожнении камеры не должно вызывать их повреждения.

К таким воздействиям, подлежащим определению и учету в проекте шлюза, относятся динамические нагрузки на конструкции голов, стен, балок перекрытия галерей, на механическое оборудование, ледовые нагрузки как в процессе нормальных шлюзований, так и в аварийных ситуациях, а также при транзитных попусках расходов воды через камеры шлюза. В каналах следует также учитывать размывающее действие потока от движителей судов, начинающих движение от причала

(п.2 приложения 6).

г) конструкции элементов системы питания должны быть доступными для осмотра и ремонта, а также должны обеспечивать быстрое прекращение наполнения или опорожнения камеры, безопасное для судов, находящихся в камере и на подходах.

Гидромеханическое оборудование - затворы галерей, аварийные ворота - должны быть расчитаны на перекрытие потока под напором в течение не более 2 мин.

(п.2 приложения 6).

д) проникание морской воды в пресноводный водоем, ограждаемый напорным фронтом, в который входит судоходный шлюз, должно быть исключено.

Для этой цели могут быть рекомендованы мероприятия по промыву камеры от соленой воды попусками пресноводного водоема, если он является верхним бьефом, или откачка соленой воды из ка-

меры, или наполнение ее пресной водой с помощью насосов, если верхним бьефом является море (в условиях приливов).

8.3. Преимущество сосредоточенной системы питания перед распределительной, как правило, - меньшие капиталовложения. Недостаток - большая зависимость условий отстоя судов в камере от начального стеснения живого сечения камеры судами, от скорости подъема затворов и, связанная с этим, большая, по сравнению с распределительными системами, продолжительность процесса наполнения камеры.

Сосредоточенные (головные) системы питания по режиму потока делятся на два типа: с затопленным режимом течения потока (затопленные обходные галереи или подтопленное со стороны камеры отверстие под воротами), рис.27, и с истечением через незатопленное отверстие под воротами (высота стенки падения больше начальной глубины в камере), рис.28. В последнем случае имеет место захват воздуха потоком, падающим со стенки падения и выделение его в камере, что существенно ухудшает условия отстоя судов. Поэтому при высокой стенке падения рекомендуется переходить к затопленной схеме наполнения через обходные галереи в верхней голове.

8.4. Распределительные системы питания обеспечивают подвод воды к камере в нескольких точках и равномерно распределяют ее по площади камеры. Они создают значительно лучшие условия отстоя судов в камере при более быстром ее наполнении, но стоимость их обычно выше, поскольку размещение галерей и затворов требует увеличения объема бетона.

Распределительные системы питания могут быть простыми, когда по длине водопроводных галерей в определенном порядке располагаются водовыпуски в камеру, рис.29а. Такие системы применяются при напорах до 20 м. При больших напорах применяют сложные системы, обеспечивающие одновременный подвод воды к нескольким участкам камеры и распределение ее на этих участках с помощью выпусков, (рис.29б,в,г).

При высоких напорах для ускорения процессов наполнения и опорожнения камер шлюзов могут применяться, кроме основных распределительных систем, дополнительные системы питания распределительного или сосредоточенного типа. Дополнительная система включается в работу после полного открытия затворов основной системы и затопления галерей и затворов дополнительной. При высоких напо-

рах для сбережения объема воды, затрачиваемой на шлюзование и снижение волновых колебаний и сил, действующих на суда в подходных каналах, могут предусматриваться сберегательные бассейны.

(п.5 приложения 6).

8.5. Выбор системы питания следует производить в соответствии с п.2 приложения 6 п.8.2 Пособия с соблюдением следующих условий:

При значениях $l_{c,ef}$ $H_d < 2000$ и $H_d / h_l < 2$, а также $H_d < 15$ м, (где $l_{c,ef}$ - полезная длина камеры, м; H_d - расчётный напор на камеру, м; h_l - глубина на пороге), следует принимать сосредоточенную систему питания шлюза. При больших значениях указанных показателей и при $H_d > 15$ м следует, как правило, применять распределительную систему питания.

При напорах до 5 м целесообразно проектировать наполнение камер шлюзов через клинкеты в воротах, через клапанные или сегментные ворота. Низконапорные шлюзы при высоте стенки падения не более двух начальных глубин в камере h_l рекомендуется проектировать с наполнением из-под плоских подъемно-опускных ворот, если конструктивное решение верхней головы позволяет применение такого решения.

При более высокой стенке падения, а также при напорах свыше 10 м рекомендуется применять обходные галереи в верхней голове.

Сосредоточенные (головные) системы питания.

8.6. Выбор величины отверстия под воротами или сечения водопроводных галерей и скорости подъема ворот или затворов при затопленном режиме течения производится следующим образом:

а) по расчету судопропускной способности определяется требуемое время наполнения и опорожнения камеры t .

На предварительной стадии площадь затопленного отверстия, через которое наполняется камера ($A_{оп}$), может быть определена по формуле [Л.70]:

$$A_{оп} = \frac{4\, A_{р.с} \sqrt{H_d}}{\mu \sqrt{2g}\, t\, (2 - K_c)} ;$$

где $A_{р.с}$ - площадь камеры, м^2;

H_d - расчетный напор, м;

$K_c = t_c / t$ - относительное время открытия отверстия

t_c - время открытия затворов

(п.7 приложения 6).

Системы питания расчитываются, принимая продолжительность открытия затворов равной: при наполнении камер для сосредоточенных систем питания – не более 0,8 и распределительных систем – не более 0,6 продолжительности наполнения; при опорожнении камер для любых систем – не более 0,6 продолжительности опорожнения.

Для схемы наполнения из-под подъемно-опускных ворот ширина отверстия равна ширине камеры. Тогда высота открытия отверстия определяется как

$$h_{оп} = \frac{A_{оп}}{B_c}, \qquad 31$$

При этом должно быть соблюдено условие $h_{оп} < 0{,}6\, H_{in}$, т.е. высота отверстия не должна превышать 0,6 глубины на пороге перед отверстием.

При наполнении через обходные галереи их размеры по высоте и ширине выбираются по их соотношению, ограниченному условием $h_{оп} / B_{оп} \geq 1$.

б) допустимая скорость подъема ворот или затворов, исходя из требования ограничения первого пика гидродинамической силы нормативной величиной $F_{\ell_{зап}}$, определяется по формуле:

$$V_\ell = \frac{F_{\ell_{зап}} (A_c - A_{ms}) \sqrt{g}}{\mathcal{D}_M B_{оп} \sqrt{2 \cdot H_{in}}}, \qquad 32$$

где M – коэффициент расхода системы питания, принимаемый 0.55 для отверстия под воротами и 0,8 для обводных галерей;

A_c – площадь сечения камеры при наинизшем судоходном уровне нижнего бьефа, м^2;

A_{ms} – площадь миделевого сечения судна, м^2;

$B_{оп}$ – ширина водопроводного отверстия, м;

H_{in} – начальный напор над отверстием, м.

Имея Аоп, ширину отверстия $B_{оп}$ и V_ℓ уточняется и Кс, $t'_c = \frac{A_{оп}}{B_{оп} V_\ell}$ и $Кс = \frac{t'_c}{t}$, затем определяется время наполнения камеры по формуле:

$$t' = \frac{4\, A_{рс}}{M A_{оп} \sqrt{2g}} \frac{\sqrt{H_d}}{(2 - Кс)}; \qquad 33$$

t' – сравнивается со временем t, необходимым по пропускной способности шлюза. Если $t' > t$, то необходимо увеличение площади живого сечения камеры $\mathcal{A}_c$ в начале наполнения для увеличения v_e и повторные расчеты t'.

(п.7 приложения 6).

Для шлюзов с сосредоточенной системой питания в целях сокращения времени, затрачиваемого на шлюзование, и увеличения пропускной способности шлюзов допускается применять многоскоростные и дифференцированные для различных типов судов и начальных глубин в камере графики открывания затворов галерей.

Такие графики подбираются, как правило, исследованиями на физических или математических моделях.

8.7. Для расчета величины отверстия незатопленного в начале режима наполнения наиболее простым приемом является построение гидравлических характеристик наполнения.

Исходными данными для этого построения являются:

время наполнения t, необходимое по судопропускной способности шлюза;

коэффициент расхода μ =0,55;

площадь зеркала камеры Ар, с;

ширина отверстия b_{on};

начальный напор над порогом отверстия H_{in} и общий напор H_d;

допустимая скорость открытия отверстия v_e (по п.8,6б);

высота отверстия h_{on}, ограничиваемая величиной 0,6 H_{in}

расчет сводится в таблицу и производится в следующей последовательности:

время наполнения разбивается на n интервалов Δt_i.

Для Δt_i принимается напор, равный начальному над отверстием минус половине высоты открытия отверстия за время Δt_i, $H_I = H_{in} - v_e \frac{t_i}{2}$

По формуле истечения из отверстия рассчитывается расход, средний для интервала Δt_i:

$$Q_i = b_{on} v_e \cdot \Sigma \Delta t_i \mu \sqrt{2g\left(H_{in} - \frac{\Sigma \Delta t_i v_e}{2}\right)}, 34$$

Принимается, что в течение промежутка времени Δt_i расход остается постоянным. Тогда за время Δt_i, в камеру поступит объем воды, равный $\Delta W_i = Q_i \Delta t_i$. В камере поднимется уровень на величину $\Delta h_i = \frac{\Delta W_i}{A_{pc}}$.

На следующей ступени расчет повторяется по той же формуле, но напор уменьшается до величины $H_i = H_{in} - \frac{v_\ell \cdot \Sigma \Delta t_i}{2}$.

Расчет ведется до подтопления центра отверстия со стороны камеры, т.е. до момента, когда выполняется условие $(H_{in} - h_{on}/2) = (H_d - \Sigma \Delta h)$. Далее напор принимается как разность уровней в верхнем бьефе и в камере.

Расчет сводится в таблицу, по данным которой затем строятся графики $\Sigma \Delta h, Q, h_{on} = f(t)$, рис.30.

Пример расчета № I.

Исходные данные.

Расчетное судно: b_s =I4 м $\mathcal{D}$ =42000 кН
S =2,5 м $F\ell$ =43,7 кН
A_{ms}=35 м^2

Габариты камеры: ℓ_c =300 м H_d = I2 м
t_{min} - требуемое время наполнения = I5 мин.
b_c = 30 м H_{in} = 5 м
h_ℓ =5,0 м μ = 0,55

По формуле 32 определяем допустимую скорость подъема ворот:

$$v_\ell = \frac{4 \cdot 1 (150-35) \sqrt{9,81}}{42000 \cdot 0,55 \cdot 30 \sqrt{2 \cdot 5}} = 0,008 \text{ м/с} = 0,48 \text{ м/мин.}$$

Высота отверстия под воротами ограничивается условием

$$h_{on} < 0,6 H_{in}$$

т.е. $h_{on\,max} = 3,0$ м.

По данным расчета получено $t < t_{min}$, $h_{on} < 0,6 H_{in}$, но $t_c = t$, поэтому расчет может быть повторен с ограничением h_{on} величиной, обеспечивающей $t = t_{min}$.

В случае, если t получится больше требуемого по пропускной способности, расчет повторяется при большем значении живого сечения камеры Ас или с применением многоскоростного графика подъема ворот. Момент изменения скорости назначается из условия:

$$t_{in} = \ell_s \left[\sqrt{g \frac{A_c - A_{ms}}{B_c - B_s}} + 2(\ell_c - \ell_s) \right] \sqrt{g \frac{A_c}{B_c}}, \quad 35$$

Таблица 9.

t с	$h = v_c \cdot \Delta t$ м	$H_{in} - \frac{h_{on}}{2}$ м	Q_i м³/с	Δh_i м	$\Sigma \Delta h_i$ м	$H_d - \Sigma \Delta h_i$ м
0	0	5,00	0	0	0	I2,00
30	0,24	4,88	38,75	0,I3	0,I3	II,87
60	0,48	4,76	76,55	0,26	0,39	II,6I
90	0,72	4,64	II3,37	0,38	0,77	II,23
I20	0,96	4,52	I49,I9	0,50	I,27	I0,73
I50	I,20	4,40	I83,99	0,6I	I,88	I0,I2
I80	I,44	4,28	2I7,76	0,73	2,6I	9,39
2I0	I,68	4,I6	250,46	0,83	3,44	8,56
240	I,92	4,04	282,08	0,94	4,38	7,62
270	2,I6	3,92	3I2,60	I,04	5,42	6,58
300	2,40	3,80	34I,97	I,I4	6,56	5,44
330	2,64	3,68	370,I8	I,23	7,79	4,2I
360	2,88	3,56	397,2	I,32	9,II	2,89
390	3,00		372,78	I,24	I0,35	I,65
420	3,00		28I,68	0,94	II,29	0,7I
450	3,00		I64,77	0,62	II,9I	0,09
480	3,00		65,79	0,22	I2,I3	-0,I3

где Ас, Вс, l_c – площадь сечения, ширина и длина камеры шлюза, A_{ms} – площадь миделевого сечения судна, l_s – длина судна, B_s – ширина судна

Величина второй скорости может приниматься в 2 раза больше первой.

Следует иметь в виду, что подобранный расчетом многоскоростной график подъема ворот является приближенным, он должен уточняться на математической или физической модели по нормативным условиям отстоя судов в камере.

8.8. Для затопленного режима наполнения камеры расчет ведется в той же последовательности с той лишь разницей, что напор в течение всего периода наполнения считается как разность уровней в бьефе и в камере шлюза. Получив $t \neq t_{min}$, изменяют выбранную по формуле 30 величину Аоп и повторяют расчет.

Получив окончательно $t \approx t_{min}$ и значение Аоп, выбирают сечения галерей под затворами из условия $h_{оп} / b_{оп} \geq 1$.

8.9. На водозаборных отверстиях галерей наполнения рекомендуется устанавливать сороудерживающие решетки с просветами между стержнями, меньшими, чем минимальное отверстие между балками камеры гашения.

8.10. Условия отстоя судов в камерах с головной системой наполнения характеризуются изменением направления действия гидродинамической силы. В начале наполнения, когда приращение расхода максимально, а глубина в камере близка к начальной, суммарная расчетная гидродинамическая сила направлена в сторону нижней головы, а величина ее определяется, в основном, волновой составляющей, рассчитываемой по формуле п.8.6. б:

$$F_l = \frac{\mathcal{D}_M \, b_{оп} \sqrt{2 H_{in}}}{v_l \, (A_c - A_{ms}) \sqrt{g}}$$

По мере наполнения камеры направление силы меняется на обратное.

Причиной этому является обратный уклон водной поверхности, зависящий от степени равномерности распределения скоростей течения по сечению камеры и восстановления кинетической энергии в потенциальную по мере уменьшения скоростей течения в направлении к нижней голове. Большее значение имеют силы сопротивления от обте-

кания судна потоком. После прохождения максимума расхода к ним добавляется волновая составляющая, определяемая отрицательным приращением расхода ($-\frac{dQ}{dt}$). Для выбора оптимального сочетания действия этих причин, дающего минимальное значение обратной гидродинамической силы, на входе потока в камеру устраивается камера гашения, конструкция которой подбирается специальными исследованиями. Исследованиями же, при необходимости, подбирается график подъема ворот или затворов в период наполнения после прохождения максимума расхода.

8.II. На предварительной стадии проектирования камера гашения может приниматься длиной (по потоку) $(0,5\div0,8)H_d$. Наиболее распространенный тип камеры гашения – балочный, применяемый при напорах I0÷I5 м, рис.3Iа,б,в.

При наполнении камеры из-под ворот отверстия между балками должны быть не менее 0,5 м, что уменьшает вероятность их засорения и облегчает очистку. Размеры щелей между балками должны увеличиваться от нижних к верхним.

Камера гашения должна иметь такую конструкцию, которая позволяла бы производить ее очистку, извлечение топляков и т.п.

8.I2. После камеры гашения в камере шлюза предусматривается успокоительный участок, длину которого устанавливают исследованиями.

На предварительной стадии проектирования рекомендуется его длину принимать $0,3\text{-}0,6\ H_d$.

Полезная длина камеры начинается с низовой границы успокоительного участка.

8.I3. Опорожнение камер шлюзов с головной системой питания осуществляется при малых напорах – через клинкеты в воротах или из-под поворотных сегментных ворот, а при средних напорах – через обходные галереи в нижних головах.

8.I4. Гидравлический расчет опорожнения камеры ведется по аналогии с расчетом наполнения через затопленные галереи (п.8.6).

8.I5. Максимальные гидродинамические силы, действующие на суда в камере во время ее опорожнения, возникают в конце опорожнения, поэтому, как правило, скорость подъема затворов водопроводных галерей они не ограничивают. Существующие системы приводов позволяют поднимать затворы со скоростью до 2 м/мин. Ограничение скорости подъема может потребоваться по условиям отстоя

судов у причалов, если опорожнение осуществляется в нижний подходной канал, п.8.39. Снижение гидродинамической силы, действующей на судно в камере в конце опорожнения, до нормативной величины может быть достигнуто приспуском затворов или ворот на такую величину, которая соответствовала бы площади водопроводных отверстий

$$A_{оп} = \frac{I}{M}\sqrt{\frac{F\ell\,(A_c - A_{ms})\,A_{p,c}}{\mathcal{D}}}\,, \qquad 36$$

8.I6. Установка балок, перекрывающих выходные отверстия галерей опорожнения, необязательна и должна быть обоснована. Они могут уменьшить гидродинамические нагрузки на створки ремонтных ворот, находящихся в нишах, улучшить распределение потока по сечению канала, уменьшить поверхностное волнение на ближнем участке канала. В случае их применения отверстия между балками должны быть не менее I м для предотвращения их засорения и облегчения очистки. При траншейном водовыпуске рекомендуется предусматривать в траншее поперечную стенку, расположенную по оси шлюза для стабилизации места встречи потоков, выходящих из галерей. Это существенно уменьшает нарушение режима течений в нижнем подходном канале при несимметричной работе затворов или опорожнении камеры через одну галерею.

8.I7. При необходимости сравнения нескольких вариантов систем питания и большом диапазоне изменения исходных условий (большие колебания уровней в бьефах, большое разнообразие типов судов и т.д.) рекомендуется прибегать к расчетам на ЭВМ, для чего по указанной выше (п.8.6, 8.7) методике составляется алгоритм и программа счета.

8.I8. На шлюзах, оборудованных подвижными рымами в камерах, скорость вертикального перемещения судов не ограничивается. На шлюзах, оборудованных неподвижными причальными устройствами, наибольшая скорость вертикального перемещения судов ограничивается условиями перекладки причальных канатов и не должна превышать I м/мин.

8.I9. Для создания нормальных условий отстоя судов в камере и благоприятных условий работы механического оборудования рекомендуется, как правило, применять непрерывное открытие ворот или затворов без остановок.

Распределительные системы питания

8.20. Выбор типа и конструкции распределительной системы питания производится в зависимости от напора, размеров камеры, компоновки шлюза в составе гидроузла и требуемого времени наполнения--опорожнения.

При напорах I5–20 м и длине камеры I50 м возможно применение простых систем с одним участком водовыпусков, занимающим большую часть длины камеры, рис.29а. При большем напоре и большей длине камеры могут применяться системы с двумя и более участками выпусков, а также эквиинерционные и комбинированные системы, улучшающие условия отстоя судов и позволяющие сократить время наполнения, рис.29б,в,г, шлюзы со сберегательными бассейнами, рис.32а,б, позволяющие экономить воду, расходуемую на шлюзование.

Распределительная система питания должна обосновываться гидравлическими исследованиями на физических моделях. Выбор системы питания следует начинать с наиболее простых схем. Переход к более сложным должен быть обоснован технико-экономическими сопоставлениями.

8.2I. Сечение галерей наполнения распределительной системы питания выбирается так же, как для затопленной схемы сосредоточенной системы питания (п.8.6). Поскольку строгий расчет гидродинамической силы для распределительных систем питания сложен и требует использования ЭВМ, на предварительных стадиях проектирования до проведения исследований рекомендуется применять сравнительный метод оценки условий отстоя судов в камере шлюза.

За базовые условия принимается скорость подъема затворов, рассчитанная по формуле 33(п.8.6) при условии равенства расчетной гидродинамической силы ее допускаемому значению для различных типов расчетных судов.

Уменьшение гидродинамической силы при распределительной системе питания по сравнению с сосредоточенной рекомендуется учитывать умножением расчетной F_t на коэффициент a_c, зависящий от схемы водовыпусков в камере, рис.33 [Л. 76].

8.22. На водозаборе галерей наполнения должны быть установлены решетки с размерами просветов между стержнями меньше, чем поперечный размер минимального выпуска в камере.

8.23. На водозаборных отверстиях не должно возникать воронок, засасывающих воздух в систему питания. Для этого заглубление верхней кромки отверстий d под наинизший судоходный уровень должно быть выбрано из условий отсутствия воронкообразования по условию [Л.76].

$$d \geqslant 0{,}7\, v \cdot h'^{0{,}5}_{оп}, \qquad 37$$

где v – средняя скорость на входе в водозаборное отверстие, м/с;
$h'_{оп}$ – высота водозаборного отверстия, м.

8.24. Площадь входных отверстий водопроводных галерей должна приниматься увеличенной против нормального сечения не менее, чем в I,5 раза, а выходных – не менее, чем в 2 раза при обеспечении равномерного распределения скоростей по сечению отверстий.

8.25. Повороты галерей во всех направлениях рекомендуется производить по кривым с радиусом по оси не менее $r = 2$ в, где в – расчетная ширина галереи на участке поворота. При напорах до 10 м величина радиуса может быть уменьшена до I,5в.

8.26. Допускаемые скорости движения воды по водопроводным галереям, расположенным в теле бетонных массивов, должны быть ограничены условиями неразрушения поверхности бетона. На прямолинейных участках галерей в зависимости от наличия в воде наносов и их крупности допускаются скорости течения воды в пределах I5–20 м/сек. В местах, где местные скорости превышают указанные, а также возможны кавитационные явления, следует предусматривать мероприятия по предотвращению разрушения бетона.

8.27. В системах питания шлюзов с водопроводными галереями, расположенными в стенах, верх выпусков из галерей должен быть расположен не выше плоскости днища судна с наибольшей осадкой при наинизшем судоходном уровне. Потолок галерей при расположении их в стенках камеры шлюза должен быть расположен не менее, чем на 0,3 м ниже наинизшего расчетного судоходного уровня воды в камере шлюза.

8.28. Галереи системы питания шлюза должны иметь размеры, обеспечивающие проход людей для осмотра и ремонта. Форма и размеры выпусков должны обеспечивать возможность осмотра, очистки их и выполнения ремонтных работ. Ширина и высота выпусков не должны

быть меньше расстояния между стержнями сороудерживающих решеток водозабора. В необходимых случаях в галерее должны быть устроены лазы.

8.29. (п.6 приложения 6).

При наполнении (опорожнении) камеры шлюза наибольший инерционный подъем (спад) уровня воды в ней не должен превышать 0,25 м.

К моменту открытия ворот шлюза перепад уровней между камерой и бьефом не должен превышать 0,2 м.

Инерционное понижение уровня расчитывается по формуле [л.71] :

$$\Delta H_i = \frac{\ell_{пр} \mu^2 A'_{оп}}{Ар,с}, \qquad 38$$

где: $\ell_{пр} = \frac{\Sigma \ell_i \cdot A_{oi}}{A'_{оп}}$ – приведенная длина галерей опорожнения,м;

μ – коэффициент расхода системы опорожнения;

$A'_{оп}$ – площадь сечения галерей опорожнения, обеспечивающая ΔH_i, $м^2$;

$Ар,с$ – площадь зеркала камеры, $м^2$;

ℓ_i, A_{oi} – длины и площади сечения отдельных участков галерей опорожнения.

Если ΔH_i оказывается больше указанного выше предельного значения, следует предусматривать предварительное опускание затворов галерей до величины $A'_{оп}$, соответствующей предельному значению ΔH_i. Скорость, величина и время начала опускания затворов должны уточняться лабораторными исследованиями.

8.30. Отметка пола галереи в месте расположения негерметичных затворов наполнения выбирается, исходя из двух условий:

– недопущения захвата воздуха вальцом за затвором в процессе его подъема;

– недопущением кавитационной эрозии водовода за затвором.

Последнее условие обязательно для шлюзов с напором более 20 м.

Для выполнения первого условия необходимо заглублять затворные камеры на величину, обеспечивающую положительное значение давления за затвором. Указанное условие соблюдается при обеспечении неравенства:

$$d' \geq K_p H_d$$

где d' – заглубление потолка водопроводной галереи под уровень нижнего бьефа или начальный уровень воды в камере, м;

H_d – расчетный напор, м;

K_p – коэффициент понижения давления, зависящий от гидравлических потерь в галереях системы питания [Л.71].

Гидравлические потери определяются коэффициентом сопротивления ξ_2 участков галереи, расположенных ниже затвора.

Поскольку минимальное давление за затвором возникает при относительном открытии затворов K_c=0,4, в таблице I0 даны значения K_p для этого открытия при коэффициентах расхода системы опорожнения от 0,5 до 0,8. Для плоских, сегментных и поворотных затворов K_p отличаются несущественно.

За герметичными затворами, исключающими поступление воздуха за затвор, допускается вакуум до 0,5 атмосферы.

Таблица I0

ξ_2 \ μ	K_p наполнение 0,5	0,6	0,7	0,8	опорожнение 0,5	0,6	0,7	0,8
I,0	0,33	0,4I	0,47	0,56	0,44	0,52	0,6I	0,7I
I,25	0,30	0,385	0,43	0,5I	0,4I5	0,49	0,57	0,65
I,5	0,28	0,36	0,40		0,39	0,46	0,54	
2,0	0,25	0,32			0,35	0,4I		
3,0	0,22				0,28			

8.3I. При больших напорах заглубление затворов, необходимое для обеспечения требований п.8.29, может получиться конструктивно нецелесообразным. Повышение давления за затворами, а одновременно и удовлетворение второго условия – недопущение кавитационного разрушения стенок водовода – может быть получено устройством расширенной камеры за затвором, рис.34, размеры которой выбираются по следующим зависимостям, полученным экспериментальным путем [Л.72].

Длина расширенной камеры по дну от уступа до участка сужения:

$$l_{ch} = h_{on} \cdot l_o \ , \qquad 40$$

где: l_o – величина, определяемая эмпирической зависимостью:

$$l_o = 0{,}22\, \xi_{ch_1}^{-1} + 0{,}7 \ , \qquad 41$$

$$\xi_{ch_1} = \frac{2g(P_r - P_{min})}{v_{cm}^2} = \frac{2g\Delta P}{v_{cm}^2} \ ; \qquad 42$$

P_{min} – минимально допустимое давление в расширенной камере;

P_r – давление в отводящей галерее;

v_{cm} – скорость в сжатом сечении за затвором в момент минимального давления за затвором, что происходит при напоре примерно 0,9 Hd.

Отсюда:

$$v_{сж} = \varphi \sqrt{1{,}8\, g\ Hd} \ , \qquad 43$$

где φ =0,95 – коэффициент скорости.

Объем расширенной камеры определяется по формуле:

$$W_{ch} = h_{оп}^2 \cdot b_{оп} \cdot \delta \ , \qquad 44$$

где: $\delta = 8{,}71\, \xi_{ch_2}^{1.94} + 1 , \qquad 45$

ξ_{ch_2} коэффициент сопротивления расширенной камеры при полном открытии затвора, связанный с ξ_{ch_1} зависимостью:

$$\xi_{ch_1} = 0{,}1\, \xi_{ch_2}^{-1} \ ; \qquad 46$$

δ – коэффициент объема расширенной камеры.

Задаваясь отношением высоты галереи к ширине α и принимая то же отношение этих величин для расширенной камеры (как правило $h_{оп} / b_{оп} \geq 1$), получаем все размеры расширенной камеры:

$$h_{ch} \cdot b_{ch} \cdot l_{ch} = h_{оп}^2 \cdot b_{оп} \cdot \delta$$

или

$$b_{ch}^2 \cdot \alpha \cdot l_{ch} = h_{оп}^2 \cdot b_{ch} \cdot \delta$$

$$b_{ch} = \sqrt{\frac{h_{on}^2 \cdot b_{on} \cdot \delta}{\alpha \cdot l_{ch}}} \quad ; \quad h_{ch} = \alpha b_{ch} \ ,$$

Сечение расширенной камеры должно быть симметрично относительно центра отверстия под затвором при его подъеме на высоту 0,8 $h_{оп}$, т.е. относительно оси, проходящей на высоте 0,4 $h_{оп}$ от пола подводящей галереи, рис.34.

Пример расчета № 2. Шлюз имеет напор 60 м, потолок галереи заглублен под уровень нижнего бьефа на 5 м, дополнительное подтопление со стороны камеры при расходе $\frac{Q\,max}{2}$ составляет $P_т = I{,}0$м, размеры галерей 3х3 м ($\alpha = I$). Для обеспечения положительного давления на потолке расширенной камеры принимаем $\Delta P = 5$ м.в.ст. (с запасом на пульсацию I,0 м.в.ст.).

Скорость в сжатом сечении будет равна:

$$V_{сж} = \varphi \sqrt{I{,}8\, g H_d} = 0{,}95 \sqrt{I{,}8 \cdot 9{,}8 \cdot 60} = 3I \text{ м/с}$$

$$\frac{V^2_{сж}}{2g} = 48{,}73 \text{ м}, \quad \xi_{ch_I} = \frac{\Delta P}{V^2_{сж}/2g} = \frac{5}{48{,}73} = 0{,}I026$$

По формуле 4I вычисляем l_o

$$l_o = 0{,}22 : 0{,}I026 + 0{,}7 = 2{,}84$$

и по формуле 42 получаем

$$l_{ch} = 3\ 2{,}84 = 8{,}52 \text{ м}.$$

Далее по формуле 46 определяем $\xi_{ch_2} = 0{,}I / \xi_{ch_I} = 0{,}974$.

По формуле 45 вычисляем коэффициент объема расширенной камеры δ

$$\delta = 8{,}7I\ 0{,}974^{I.74} + I = 9{,}27.$$

При $h_{оп} = b_{оп} = 3$ м объем расширенной камеры по формуле 44 составит

$$W_{ch} = 3^3 \times 9.27 = 250{,}3 \text{ м}^3.$$

При длине камеры $l_{ch} = 8{,}52$ ее поперечное сечение равно

$$A_{ch} = \frac{W_c}{l_{ch}} = \frac{250{,}3}{8{,}52} = 29{,}4 \text{ м}^2.$$

Поперечные размеры расширенной камеры будут:

$$h_{ch} = b_{ch} = \sqrt{29{,}4} = 5{,}42 \text{ м}.$$

Уступ вниз от пола галереи будет равен:

$$\frac{h_{ch}}{2} - 0{,}25\ h_{оп} = 2{,}7I - 0{,}25\ 3 = I{,}96 \text{ м}.$$

Расширение в стороны симметричны и составляют:

$$\frac{B_{ch} - B_{оп}}{2} = \frac{5,42-3}{2} = 1,21 \text{ м}$$

Выбранные по этой методике размеры расширенной камеры удовлетворяют условиям отсутствия захвата воздуха в валец через пазы ремонтных затворов и недопущения кавитационной эрозии стенок водовода.

8.32. Подводящие галереи могут располагаться в основаниях стен или в днище камеры шлюза. Из подводящих галерей вода поступает в распределительные, подающие воду к выпускам. Суммарное сечение распределительных галерей рекомендуется принимать в 1,5-2 раза больше, чем подводящих с тем, чтобы по ходу потока скорости течения постепенно уменьшались.

Исследования и опыт эксплуатации шлюзов показали, что для создания благоприятных условий отстоя судов при напорах до 40 м достаточно иметь 4 участка выпусков в камере [Л. 74] . Большее число их, а также применение эквиинерционных систем питания существенно удорожает и осложняет конструкцию системы питания, и не дает соответствующего этому улучшения условий отстоя судов. Они могут рекомендоваться только для особых условий, например, в шлюзах для скоростного флота, при напорах на камеру более 60 м или при необходимости иметь очень короткое время наполнения.

Выпуски должны распределить воду не только по длине камеры, но и по ширине. Степень равномерности распределения потока по длине камеры зависит от расположения участков выпусков в камере, их количества, шага и размеров самих выпусков. Равномерное распределение потока по ширине камеры может быть достигнуто применением щелевых выпусков с расширенным межбалочным пространством, рис.35. Такая форма выпусков хорошо зарекомендовала себя на практике, она достаточно проста и технологична, т.к. позволяет применять сборный железобетон.

Суммарная площадь выпусков должна быть в 2-4 раза больше площади подводящих галерей. На реках, где осуществляется сплав леса в плотах или молевой сплав, минимальный поперечный размер выпуска должен быть не более 15см

8.33. При проектировании высоконапорных шлюзов количество последовательно расположенных камер выбирается на основе технико-экономических расчетов. Однокамерные шлюзы при благоприятных топо-

графических и геологических условиях могут применяться при напорах до 60 м.

8.34. Существенное сокращение времени наполнения высоконапорного шлюза может быть получено устройством дополнительной системы питания как распределительного, так и головного типа. Дополнительная система питания может располагаться на более высоких отметках, чем основная, и включаться в работу после ее затопления со стороны камеры, рис.36[Л.74] .

8.35. Применять для высоконапорных шлюзов систему питания с разделением напора не рекомендуется, т.к. при нарушениях в режиме работы затвора одной из ступеней, вторая ступень воспринимает полный напор, т.е. будет работать как в одноступенчатой схеме.

8.36 (п.9 приложения 6).

В многокамерных шлюзах при значительных колебаниях судоходных уровней воды в бьефах при надлежащем обосновании допускается предусматривать устройство водосливов во второй и последней камерах для сброса излишков воды сливной призмы. Верх водосливных отверстий следует располагать на глубине не менее наибольшей осадки судна, считая от отметки гребня водослива, рис.37.

Водосливы допускается располагать как в одной, так и в обеих стенах камеры симметрично относительно продольной оси камеры. Напор воды на гребне водослива при пропуске максимального расхода воды рекомендуется принимать не больше I м. Надводосливная конструкция стены камеры должна иметь такие формы и отметки, при которых исключалась бы возможность образования вакуума и работа водослива по схеме сифона.

8.37. При наличии систем питания с двумя или более питающими галереями, перекрываемыми отдельными затворами, должны быть подобраны режимы их открытия при выключении из работы одного из затворов в любых сочетаниях; при этом для соблюдения нормативных требований по условиям стоянки расчетных судов в камере допускается увеличение времени шлюзования.

8.38. При заборе и сбросе воды вне подходных каналов система питания и режим наполнения и опорожнения не зависят от условий в подходах. Но в этих случаях необходимо учитывать возможную разность уровней между бьефом в зоне забора и сброса расхода и зоной

у ворот в подходных каналах. Эта разница может быть достаточно существенна, что не позволит довести процесс наполнения или опорожнения до выравнивания уровней по обе стороны рабочих ворот. Для исключения влияния этого перепада уровней могут быть применены дополнительные галереи или клинкеты в воротах, включаемые в работу в конце наполнения (опорожнения). Затворы основных галерей в это время должны закрываться, чтобы исключить транзитный переток воды через них. Если перепад уровней не превышает 0,2 м, устройство дополнительных галерей или клинкетов не требуется. В этом случае достаточно к концу наполнения (опорожнения) опустить затворы основной системы питания.

8.39. При заборе и сбросе воды с использованием подходных каналов система питания и выбранные, по условиям отстоя судов, в камере режимы наполнения-опорожнения должны создавать нормативные условия отстоя и маневрирования судов на подходах во время шлюзования. Они определяются ограничением гидродинамических сил, действующих на суда, стоящие у причальной стенки, и скоростей течения на участке подхода нормативными величинами. Нормативные допустимые значения сил для судов те же, что и для отстоя их в камере шлюза-п.8.2 Пособия.

Продольные составляющие скоростей течения на подходе к причалу не должны превышать 0,8 м/с, поперечные составляющие не должны превышать 0,25 м/с.

8.40. Если при заданном сечении канала A_a степень стеснения судном сечения канала $A_{ms}/A_a < 0,2$, то прямая (направленная в сторону нижнего бьефа) волновая расчетная гидродинамическая сила приближенно может быть определена без учета этого стеснения по формуле:

$$F_l = \frac{1,2\, Q_{max}\, D}{A_a\, g\, t_{a\,max}}, \qquad 48$$

где: Q_{max} – максимальный расход наполнения (опорожнения), $м^3/с$;

$t_{a\,max}$ – время от начала наполнения (опорожнения) до поступления максимального расхода, с .

Величина расчетной гидродинамической силы, вычисленная по формуле 48, не должна превышать допустимых величин гидродинамических сил ($F_{l\,доп}$) для различных типов расчетных судов, участвующих в судообороте.

При невыполнении условия формулы 48 следует подобрать ско-

рость подъема затворов опорожнения по формуле 32, принимая вместо живого сечения камеры A_c живое сечение канала (A_a).

8.41. Для уменьшения гидродинамических сил, действующих на суда, ожидающие шлюзования у причалов канала, рекомендуется выполнять причалы с подводными отверстиями, подключая к каналу, при береговом расположении причалов, емкости откосных пазух, а при центральном причале двухниточных шлюзов - объединяя параллельные каналы.

Сквозность причалов и расположение подводных отверстий подбираются на моделях. При предварительных расчетах рекомендуется принять сквозность до 50% от площадей подводной части стенки для центральных причалов и до 20% - для береговых.

Верх отверстий в причале должен быть заглублен под наинизший судоходный уровень не менее, чем на осадку расчетного судна.

8.42. В двух- и более ниточных шлюзах наполнение или опорожнение камер одной нитки при проектной схеме маневрирования водопроводными затворами не должно препятствовать нормальной работе других ниток.

8.43(п.8 Приложение 6). Для регулирования уровня воды в межшлюзовых бьефах следует предусматривать регуляторы уровней бьефов, которые должны быть рассчитаны на пропуск не менее одной сливной призмы в течение одного шлюзования по одной нитке шлюзов.

8.44. (п.3 приложения 6).

Для шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях, а также для шлюзов с напорами более 6 м на водных путях местного значения элементы системы питания должны определяться по данным лабораторных и натурных исследований.

Исследования на последующих стадиях проектирования проводятся специализированными организациями на физических и математических моделях по соответствующим техническим заданиям.

В задании указываются исходные данные и задачи исследований.

В число исходных данных входят:

1. тип системы питания;

2. габариты шлюза, подходов к нему и их предварительная компоновка;

3. требуемое по пропускной способности время наполнения и опорожнения;

4. типы судов, их габариты, осадки, водоизмещения;

5. судоходные уровни в верхнем и нижнем бьефах;

6. наличие водосбросных сооружений и режимы их работы, если они могут повлиять на судоходные условия.

В соответствии с особенностями каждого проекта формулируются задачи исследований, в которые, как правило, входит следующее:

I. Выбор и обоснование формы и размеров всех элементов системы питания, начиная от формы водозабора и кончая водовыпуском. Сюда включаются размеры гасительных устройств (для головной системы питания), размещение в камере и размеры водовыпусков (для распределительной системы питания), форма и размеры галерей опорожнения.

2. Выбор режимов работы механизмов, обеспечивающих наполнение и опорожнение камеры в заданное время при нормативных условиях отстоя расчетных судов в камере и у причалов в подходных каналах.

3. Определение гидродинамических нагрузок на гидромеханическое оборудование, не имеющее аналогов в натуре или работающее в условиях, не позволяющих получить эти нагрузки расчетом.

4. Изучение судоходных условий на подходах к шлюзу с учетом работы ГЭС, водосбросов и соседних ниток шлюза (распределение скоростей течения, волновой режим, глубины, конструкции раздельных и сопрягающих стенок и т.д., обеспечивающие нормативные судоходные условия).

5. Исследования условий пропуска паводка через шлюз, если он предназначен для этого по проекту.

6. Оценка размывов и мероприятия по креплениям в бьефах шлюза.

7. Определение основных характеристик неустановившегося движения в подходных каналах (уклонов, скоростей течения, амплитуды колебания уровней), влияющих на судоходные условия, условия отстоя и воздействующих на сооружения [Л.67.] .

При моделировании неустановившегося движения воды следует учитывать наложение колебаний от одного шлюзования на колебания, вызванные предыдущими, различные сочетания последовательных шлюзований, наложение шлюзований соседних ниток шлюза, изменения в работе ГЭС, водосбросов, насосных станций.

Результаты исследований должны представлять материалы, дающие ответ на поставленный вопрос в форме, пригодной для непосредственного использования в проектировании. Роль и влияние каждого фактора должны быть освещены в некотором диапазоне исходных данных, что дает возможность оценить возможные отклонения интересующих характеристик при изменениях исходных данных в процессе дальнейшего проектирования и строительства.

8.45 Для низконапорных шлюзов, системы питания которых аналогичны исследовавшимся ранее или эксплуатируемым шлюзам, элементы системы питания допускается принимать в проектах на основании расчетов и шлюзов-аналогов.

8.46 В проекте должно быть предусмотрено проведение освидетельствования шлюза перед его затоплением и проведение пусковых натурных испытаний по программе и методике, изложенном в п. 20.39 Пособия

9. ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ И ДРЕНАЖНЫЕ УСТРОЙСТВА

9.I. Противофильтрационные и дренажные устройства судоходного шлюза предназначаются для:

- снижения величины противодавления фильтрационного потока на подошвы и стены сооружений шлюза;
- обеспечения устойчивости и сохранности грунтов основания сооружений шлюза и откосов земляных каналов, сопряжений, дамб и т.п. при воздействии на них фильтрационного потока;
- уменьшения величины потерь воды на фильтрацию под сооружениями шлюза и в обход их;
- защиты сооружений шлюза от воздействия агрессивных грунтовых вод (в необходимых случаях);
- безопасного для сооружений выпуска и отвода фильтрационных вод.

9.2. Суммарные размеры подземного и обходного контуров шлюза в плане и вертикальной плоскости определяются необходимостью удовлетворения требований, изложенных в п.9.I. Конфигурация указанных контуров определяется размерами оборудования и статической работы сооружения. Конструктивные формы отдельных противофильтрационных устройств должны соответствовать местным природным условиям, а также отвечать экономическим требованиям.

9.3. (3.I5).

Элементы подземного контура шлюзов (понуры, шпунты, завесы, диафрагмы, дренажи) следует проектировать в соответствии со СНиП 2.06.06-85.

9.4. При проектировании противофильтрационных и дренажных устройств должно быть учтено частое и быстрое изменение направления движения фильтрационного потока при наполнении и опорожнении камер шлюзов, особенно при шлюзах с водопроницаемым днищем.

9.5. При водонепроницаемом днище на всем протяжении от верхней головы до нижней включительно шлюз на нескальном основании в фильтрационном отношении рассматривается работающим как одно целое сооружение в виде длинной замкнутой коробки, обтекаемой фильтрационным потоком.

При водопроницаемом днище каждая голова и стены камер рассматриваются как самостоятельно работающие подпорные сооружения с соответствующим развитием подземного контура голов и стен камер.

9.6. При расположении шлюза в прочных скальных породах противофильтрационная и дренажная системы должны проектироваться для снижения величины противодавления на элементы конструкций и

предотвращения суффозии грунта, залегающего выше скалы, при обходной фильтрации.

При слабых в фильтрационном отношении скальных или полускальных породах, а также при залегании в них прослоек нескальных грунтов рассмотрению подлежат те же вопросы, что при проектировании противофильтрационных и дренажных устройств шлюзов на нескальных грунтах.

9.7. Противофильтрационные устройства судоходных шлюзов выполняются в виде понуров, экранов, завес, шпунтовых рядов, зубьев, шпонок; дренажные устройства выполняются в виде фильтров, дренажей, разгружающих скважин (самоизливающихся и с откачкой воды) и т.п.

Элементы подземного и обходного контура сооружения (понуры, шпунты, завесы, диафрагмы, дренажи) должны удовлетворять общим требованиям, предъявляемым к проектированию аналогичных конструкций гидротехнических сооружений.

Для возможности осмотра, контроля и текущего ремонта в навигационный период, а также капитального ремонта в межнавигационный период элементов фильтрационной системы должна быть предусмотрена возможность осушения отдельных частей шлюза, осмотра и ремонта дренажных устройств.

При расположении шлюзов на основаниях, сложенных мелкозернистыми песками, как правило, рекомендуется предусматривать противовыпорные шпунтовые ряды глубиной 4-6 м по контурам нижних голов и подпорных стенок.

Для предотвращения сосредоточенной фильтрации вокруг голов рекомендуется предусматривать следующее:

а) тыловым граням устоев голов не следует придавать наклон в сторону засыпки и не следует делать на ней горизонтальных выступов ниже максимального уровня воды в шлюзе;

б) обратные засыпки пазух голов по напорному фронту следует выполнять из менее водопроницаемых грунтов, дополнительно устраивая по напорной линии противофильтрационные диафрагмы (шпунты, завесы);

в) в низовой части обратной засыпки голов следует укладывать более водопроницаемые грунты, а места возможных выходов фильтрационных вод (дно и откосы кюветов) покрывать обратным фильтром. Обратные засыпки пазух камер и голов (кроме входящих в напорный фронт) рекомендуется выполнять из проницаемых песчаных грунтов.

При наличии на строительной площадке ограниченного количества таких грунтов обратные засыпки пазух из этих грунтов производятся выше дна дренажа или в крайнем случае непосредственно у стен слоем толщиной не менее 2 м с сопряжением (горизонтальным песчаным слоем) с дренажем по всей длине камеры или участками, располагаемыми против температурно-осадочных швов.

9.8. (3.16).

При проектировании шлюзов, располагаемых в нижнем бьефе, следует предусматривать дренажные устройства (открытые или закрытые) в обратной засыпке вдоль шлюза. При расположении шлюзов в верхнем бьефе дренажные устройства предусматриваются при наличии за стенами камер обратной засыпки шириной, обеспечивающей нормальную работу дренажа, а также возможность его вскрытия для ремонта. Уклон дренажа должен быть не менее 0.002 в сторону нижнего бьефа.

9.9. (3.17).

В проектах шлюзов на скальном основании со стенами-облицовками следует предусматривать боковой дренаж за облицовкой.

9.10. При расположении камер шлюза в верхнем бьефе дренажные устройства могут вовсе не предусматриваться, если обратная засыпка за стенами камер запроектирована на полную высоту или с малой шириной по верху. При этом учитывается работа опорожненных или осушенных камер под полным напором верхнего бьефа.

9.11. Расположение дренажной системы и размеры обсыпок должны обеспечивать возможность вскрытия дренажных устройств для их ремонта в случае обнаружения процесса засорения.

Основные дренажные галереи рекомендуется выполнять проходными.

9.12. Плановое положение дренажной линии относительно стен камеры и голов шлюза должно быть установлено на основании технико-экономического обоснования вариантов.

9.13 (3.18).

Линии закрытого дренажа в обратных засыпках шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях должны обеспечивать проход людей и быть оборудованными смотровыми колодцами. Для шлюзов на водных путях местного значения диаметр труб закрытого дренажа должен быть таким, чтобы была обеспечена возможность очистки труб через смотровые колодцы. Смотровые колодцы на линиях закрытого дренажа следует предусматривать на расстоянии не более чем через 50 м. Не допускается совмещение сбросных линий дренажных

устройств шлюза с линиями сброса поверхностных вод.

9.I4 (3.I9).

Конструкции дренажных устройств должны исключать возможность их промерзания, занесения наносами и закупорки плавающими предметами. Верхняя кромка трубы дренажного устройства на выходе в нижний бьеф должна быть заглублена не менее чем на 0,5 м ниже нижней поверхности ледяного покрова максимальной толщины при минимальном зимнем уровне нижнего бьефа.

При определении нагрузок на стены камеры от давления грунтовых вод их уровень, полученный в результате фильтрационного расчета, следует поднять на половину напора, снимаемого дренажом (особое сочетание нагрузок). Таким приемом учитывается подъем уровня грунтовых вод засыпки при засорении дренажа.

9.I5. (3.20).

Отметки дна дренажа однокамерных и нижних камер многокамерных шлюзов следует принимать на I м выше уровня воды нижнего бьефа с расчетной вероятностью превышения I0% для шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях и 20% для шлюзов на водных путях местного значения.

Дренаж верхней и средних камер многокамерных шлюзов следует предусматривать на отметках на I м выше минимальных уровней воды в соответствующей камере, но не ниже отметок дренажа нижерасположенной камеры.

9.I6. При определении нагрузок на камерные стены от давления грунтовых вод возможное повышение их уровня непосредственно у тыловых граней стен камер и массивов голов над наивысшим уровнем воды в дренаже, которое может возникнуть из-за фильтрации в засыпку при наполненной камере через уплотнение температурных швов, рекомендуется принимать не большим I м для засыпок из песка и I,5 м для засыпок из суглинка.

9.I7. При выполнении фильтрационных расчетов для шлюзов с водопроницаемыми днищами следует учитывать, что при наполнении и опорожнении их камер имеет место неустановившееся движение потока воды под сооружением и в обход его, причем пьезометрические уровни в засыпке у тыловых граней стен после длительного стояния воды в камере на одной отметке изменяются по сравнению с изменением уровней воды в камере весьма медленно. При такой конструкции днища необходимо учитывать мгновенное опорожнение или наполнение камер при соответствующих уровнях воды в засыпках за стенами.

9.I8. Основной задачей фильтрационного расчета судоходных шлюзов является обоснование рациональных и экономичных форм,

размеров и конструкций противофильтрационных и дренажных устройств, а также получение исходных данных для последующей оценки фильтрационной прочности грунтов оснований шлюзов и для расчета устойчивости откосов пришлюзовых дамб.

В соответствии с этой задачей фильтрационный расчет должен состоять из определения фильтрационного противодавления на подошву шлюза, положения кривой депрессии в теле пришлюзовых дамб, фильтрационного расхода, избыточных напоров, скорости фильтрации, градиентов напора и водозахватной способности дренажа.

Эпюры фильтрационных противодавлений и положение кривой депрессии, ограничивающей область грунта, взвешенного в воде, учитываются в расчете общей устойчивости, в выборе типа дренажа и в отыскании его местоположения из условия обеспечения требуемого снижения фильтрационного давления под днищем шлюза.

Фильтрационный расход является исходной величиной для определения необходимых размеров отводящей части дренажной системы (водосбросных труб и галерей, открытых кюветов, вертикальных скважин и т.д.) и для выбора необходимых противофильтрационных мероприятий.

При установившейся фильтрации в верховом клине пришлюзовой дамбы гидродинамические силы фильтрационного потока направлены вниз и способствуют устойчивости ее верхового откоса, в средней части дамбы эти силы действуют в направлении от верхнего бьефа к дренажу и только в низовом клине дамбы и в ее основании под дренажем они действуют снизу вверх полностью или частично, взвешивая грунт. Поэтому для однородных дамб и их оснований определение градиентов напора при выходе фильтрационного потока в дренаж или в нижний бьеф является обязательным. Они могут быть снижены до допустимых значений путем уширения профиля дамб или развития ее дренажа. Для судоходных шлюзов и их дамб со слоистыми основаниями крайне важно определение еще градиентов напора фильтрации при входе потока из слоя с мелкозернистым грунтом в слой, представленный более крупнозернистым грунтом, и градиентов напора или скоростей фильтрации продольного потока вблизи контактов смежных слоев грунта, резко отличающихся друг от друга гранулометрическим составом. При оценке фильтрационной устойчивости судоходных шлюзов и их дамб из грунтовых материалов на предварительных стадиях проектирования, кроме выходных градиентов напора, градиентов напора или скоростей фильтрации на контакте смежных слоев грунта, требуется определение средних градиентов напора фильтрации в основании шлюза и пришлюзовых дамб.

Определение водозахватной способности дренажа необходимо при выборе его оптимальных размеров.

9.19. Фильтрационный расчет судоходных шлюзов производится при нескольких характерных уровнях воды в верхнем и нижнем бьефах. Для шлюзов сверхмагистральных и магистральных водных путей обязательным является расчет для четырех случаев:

а) при наивысшем судоходном уровне верхнего бьефа и наинизшем судоходном уровне нижнего бьефа, эксплуатационного;

б) эксплуатационного при наивысших судоходных уровнях бьефов;

в) ремонтного (камеры шлюза опорожнена), в верхнем бьефе - наивысший судоходный уровень, в нижнем - ремонтный уровень, принимаемый по п.3.9 настоящего Пособия;

г) ремонтно-аварийного (засорен участок дренажа до 50% общей его длины, наиневыгоднейшим образом расположенный), уровни в бьефах по подпункту "в".

Основным расчетным случаем является эксплуатационный при наивысшем судоходном уровне в верхнем бьефе и наинизшем судоходном в нижнем бьефе.

9.20. При фильтрационных расчетах судоходных шлюзов необходимо принимать во внимание следующие их особенности:

- для шлюзов с водонепроницаемыми днищами рекомендуется рассматривать только условия установившегося движения потока воды под сооружением и в обход его. При этом возможное повышение уровня грунтовых вод непосредственно у тыловых граней голов и камер над наивысшим уровнем воды в дренаже принимается в соответствии с п.9.16 Пособия;

- при наполнении и опорожнении камер шлюзов с водопроницаемыми днищами имеет место неустановившаяся фильтрация под сооружением и в обход его, причем пьезометрические уровни после длительного стояния воды в камере на одной отметке изменяются по сравнению с колебанием уровней воды в камере весьма медленно. Поэтому при такой конструкции днища камер необходимо для всех частей шлюза рассматривать две расчетные схемы, которые дают наиболее невыгодные условия статический и фильтрационной работы голов и камер.

Первый случай - камера мгновенно опорожнена, а уровень воды в основании и за стенами сооружений отвечает наполненной камере. Второй случай - камера мгновенно наполнена, а уровень воды в основании и за стенами камер отвечает опорожненной камере;

- в песчаных дамбах наблюдается экранирующий эффект железобетонного крепления их верховых откосов. Он зависит от относи-

тельной проницаемости крепления, величины его заглубления под горизонт верхнего бьефа и гидравлической длины профиля дамбы. При заглублении безфильтрового железобетонного крепления под горизонт воды верхнего бьефа более 0,6H (где H – глубина воды перед плотиной) и водопроницаемости крепления менее 0,00005см/с проявляется экранирующий эффект примерно 15% от напора на сооружение;

– послойная укатка при возведении дамб приводит к их анизотропии. Коэффициент фильтрации в горизонтальном направлении, как правило, больше, чем в вертикальном и, как следствие этого, кривая депрессии перед дренажем дамбы расположена выше, чем при изотропном теле дамбы. Изменение коэффициента анизотропии в зависимости от мощности обсыпаемых слоев составляет от 3 до 10;

– в основаниях судоходных шлюзов, представленных слабоуплотненными иловатыми, глинистыми и суглинистыми грунтами, а также алевритовыми породами в период наполнений камер развивается поровое давление до $(0,6\text{–}0,8)Hd$, которое сохраняется довольно продолжительное время, обуславливаемое процессом консолидации грунта;

– при расположении шлюзов на малопроницаемых (глинистых скальных или полускальных основаниях) водопроницаемость элементов бетона днища и стен шлюза оказывает существенное влияние на фильтрацию под сооружением. Такое влияние начинает проявляться при относительной проницаемости бетона, превышающей 0,02 и материала противофильтрационных завес – 0,05;

– в песчаных и глинистых грунтах имеет место ламинарный грунтовый поток, характеризующийся в каждой разности определенным коэффициентом фильтрации. В полускальных и скальных породах фильтрация зависит от характера трещиноватости. Мелкая равномерная трещиноватость может быть аппроксимирована обобщенным коэффициентом фильтрации. В породах с разломными трещинами, особенно без заполнителя, необходимо рассматривать расчетную схему с наличием определенным образом ориентированных трещин, которые составляют главные пути фильтрации потока, что сказывается на изменчивости фильтрационного давления на подошву сооружения в направлении подпорного фронта. При этом следует принимать во внимание закономерности сезонного изменения фильтрационного потока в связи с температурным изменением сечения трещин;

– в основаниях шлюзов, расположенных в газонефтеносных районах, наблюдается движение двухфазной жидкости с изменяющимся по длине пути фильтрации газовым фактором. Последний при фильтра-

ции к нижнему бьефу или дренажу из-за снижающегося давления возрастает и уменьшает водопроницаемость пород;

– при расположении шлюзов на основаниях с водорастворимыми включениями, в процессе их эксплуатации эти включения подвергаются выщелачиванию, в результате чего со временем увеличиваются коэффициенты фильтрации пород их оснований,

9.21. Для производства фильтрационных расчетов следует иметь данные о конструкции шлюза, размерах его противофильтрационных и дренажных элементов, геологическом строении основания, водопроницаемости элементов шлюза и каждого слоя грунтов основания, минерализации грунтовых вод, засоленности грунтов основания, водорастворимых прослойках в породах основания, газовом факторе в грунтовых водах, напряженном состоянии основания сооружения, физико-механических свойствах их грунтов, горизонтах воды в верхнем и нижнем бьефах, уровнях воды в дренажах и действующем напоре.

9.22. Фильтрационные расчеты и исследования для шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях на стадии проекта рекомендуется выполнять с учетом пространственности движения фильтрационного потока в районе судоходного шлюза с достаточно полным охватом его в плане и по вертикали. Такие исследования производятся, как правило, на пространственных моделях методом электрогидродинамических аналогий (ЭГДА) с учетом факторов, приведенных выше, [Л .47].

Этот метод позволяет определить не только противодавление, фильтрационные расходы, но и напоры в сильно проницаемых прослойках основания и полную гидродинамическую сетку фильтрации. С помощью последней возможно определение градиентов напора и скоростей фильтрации в любой интересующей нас точке области фильтрации.

Фильтрационные расчеты для шлюзов на водных путях местного значения рекомендуется производить, рассматривая плоскую или пространственную задачу, пользуясь приближенными способами расчета.

Схема и примеры расчетов фильтрации в зоне сопряжения шлюза с грунтовой плотиной и фильтрации в зоне берегового сопряжения шлюза приведены ниже.

9.23. Расчетами производится также проверка фильтрационной прочности грунтов оснований шлюза и тела его дамб, которая выполняется с учетом геологического строения основания и физико-механических характеристик грунтов. При расчетах различают общую фильтрационную прочность грунтов основания и местную фильтрационную прочность.

На основании расчетов общей фильтрационной прочности на предварительных стадиях проектирования устанавливают основные размеры противофильтрационных и дренажных элементов шлюза. На последующих же стадиях проектирования их размеры уточняются расчетами местной фильтрационной прочности. Этими расчетами грунты основания шлюза и тела его дамб проверяются на суффозию, фильтрационный выпор, контактный размыв и т.д., а также подбираются гранулометрические составы обратных фильтров дренажей судоходного шлюза.

При производстве расчетов по оценке фильтрационной прочности грунтов основания шлюза и тела его дамбы рекомендуется руководствоваться рекомендациями по проектированию дренажей и фильтров,[Л. 48] .

Расчеты по подбору гранулометрического состава обратных фильтров дренажей судоходных шлюзов рекомендуется выполнять с использованием положений рекомендаций по расчету обратных фильтров,[Л. 44,46] .

9.24. При противофильтрационных устройствах с вертикальными шпунтами и другими преградами (завесы, зубья), доведенными до водонепроницаемых или малопроницаемых грунтов, при которых расчеты не дают надежных результатов, допускается принимать остаточное фильтрационное давление за шпунтами в пределах $(0.1 - 0.3)Hd$ в зависимости от характера преграды и степени водопроницаемости основания. В этих случаях необходимо обращать особое внимание на обеспечение надежности работы дренажных устройств как в отношении отвода фильтрационного потока, так и в отношении сохранения грунтов основания и засыпки.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ ФИЛЬТРАЦИИ В ЗОНЕ СОПРЯЖЕНИЯ ШЛЮЗА С ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНОЙ

I. Шлюз с камерой в верхнем бьефе, рис. 38

Общие положения

Расчет фильтрации в теле пришлюзовой дамбы к дренажу шлюза можно рассматривать как плоскую задачу, рис.39. Тогда положение кривой депрессии в теле дамбы определяется по графику, приведенному на рис.40, удельный фильтрационный расход в ее дренаж - по графику на рис.4I и градиент напора при выходе потока в дренаж - по графику на рис. 42.

Последний этап расчета заключается в следующем: верховой откос дамбы с заложением m_1 приводится к вертикальному по формуле 49:

$$\Delta l = \frac{m_1 (H + t)}{1 + 2 m_1} , \qquad 49$$

где: H - глубина воды в водохранилище перед дамбой;

t - мощность водопроницаемого основания дамбы

Вслед за этим, имея в виду тождество 50, по таблицам полных эллиптических интегралов,[Л. 77] , находим интеграл первого рода K_λ и его модуль λ

$$\frac{l_2}{t} = \frac{K_\lambda}{K_{\lambda_1}} , \qquad 50$$

где: $l_2 = \Delta l + l + l_{dr} + l_3$

l - гидравлическая длина профиля дамбы;

l_{dr} - ширина дренажа;

l_3 - расстояние от дренажа до стенки камеры шлюза.

Затем определяем значение χ по формуле 5I,[Л.75],

$$\chi = \frac{sn\left(\frac{l_1}{l_2} K_\lambda ; \lambda\right)}{sn\left(\frac{l_1 + l_{dr}}{l_2} K_\lambda ; \lambda\right)} , \qquad 5I$$

Считая последнее модулем полного эллиптического интеграла, по вышеупомянутым таблицам определяем полные эллиптические ин-

тегралы первого рода $K\chi$ и второго рода $K\chi_1$, после чего находим величину избыточного напора за дренажем по формуле 52.

$$h_{\Delta} = \frac{H}{K\chi} \arcsin\left[\sqrt{\frac{sn^2\left(\frac{l_1 + l_{dr}}{l_2} K_{\lambda};\lambda\right) - 1}{sn^2\left(\frac{l_1}{l_2} K_{\lambda};\lambda\right) - 1}} \cdot \chi\right], \qquad 52$$

где: H - действующий напор.

Средний градиент напора фильтрации в теле дамбы определяется по формуле 53 и в ее основании по формуле 54.

$$J_{av} = \frac{H}{0{,}0087\, H \operatorname{arcctg}\frac{1}{m_1} + l}, \qquad 53$$

$$J_{av} = \frac{H}{0{,}017(H_1 + 0{,}5t)\operatorname{arcctg}\frac{1}{m_1} + l}, \qquad 54$$

Водозахватную способность дренажа дамбы, которая должна несколько превышать расчетный фильтрационный расход q, следует определять по формуле 55

$$Q_{dr} = 65\,(2\Delta h + l_{dr})\sqrt[3]{K}, \qquad 55$$

где: Δh - перепад уровней воды на стенке дренажа в м, определяемый по номограмме на рис. 43 для

$$\bar{h} = \frac{u}{H}\left(1 - \frac{K\chi_1}{2 q_r K_{\chi}}\right), \qquad \bar{l} = \frac{(H_1 + t)^2 - \left[U\left(1 - \frac{K_{\chi}}{2 q_r K_{\chi}}\right)\right]^2}{H\left(2 q_r - \frac{K\chi_1}{K_{\chi}}\right)};$$

где: u - длина периметра дренажа, лежащего под уровнем воды в нем;

q_r - приведенный расход в дренаж, определяемый по графику на рис. 41

Конкретный пример. Судоходный шлюз с камерой докового типа расположен в верхнем бьефе гидроузла. Ширина пришлюзовой дамбы по гребню составляет 11 м. Заложение ее верхового откоса равно 1:1,5. Ширина дренажа равна 10 м, а расстояние между ним и лицевой гранью стенки шлюза 4 м. Расстояние по горизонтали между урезом воды в верхнем бьефе и дренажем равно 105 м. Мощность водопроницаемого грунта под дренажем шлюза составляет 50 м. Напор на пришлюзовую дамбу равен 9 м. Требуется определить: расположение

деспрессионной поверхности в теле дамбы, остаточный напор у низовой грани стенки шлюза, градиент напора при выходе фильтрационного потока в дренаж шлюза, средний градиент напора фильтрации в дамбе.

Положение кривой депрессии в теле дамбы рассчитывается по следующей формуле: $h_i = h_z \cdot H$

где: h_i – глубина грунтового потока в теле дамбы на искомой ординате, считая от подошвы дренажа;

h_z – приведенный напор;

H – напор на дамбу.

Величина h_z определяется по графику на рис. 40,[Л. 68].

Для $\frac{t}{\ell} = \frac{50}{105} \approx 0{,}5$;

$h_{z_{0.1}} = 0.81$

$h_{z_{0.2}} = 0.72$

$h_{z_{0.3}} = 0{,}64$

$h_{z_{0.4}} = 0{,}57$

$h_{z_{0.5}} = 0{,}50$

$h_{z_{0.6}} = 0.42$

$h_{z_{0.7}} = 0.36$

$h_{z_{0.8}} = 0.27$

$h_{z_{0.9}} = 0.20$

Тогда, $h_{i_{0.1}} = 0.81.9 = 7.29$ м

$h_{i_{0.2}} = 0.72.9 = 6{,}48$ м

$h_{i_{0.3}} = 0.74.9 = 5{,}76$ м

$h_{i_{0.4}} = 0.75.9 = 5.13$ м

$h_{i_{0.5}} = 0.5.9 = 4{,}5$ м

$h_{i_{0.6}} = 0.42.9 = 3.78$ м

$h_{i_{0.7}} = 0{,}36.9 = 3.24$ м

$h_{i_{0.8}} = 0.27.9 = 2{,}43$ м

$h_{i_{0.9}} = 0.20.9 = 1{,}8$ м

Значения h_i откладываются в масштабе от подошвы дренажа дамбы. Градиент напора при выходе потока в дренаж – вычисляется по графику на рис. 42,[Л. 48] , который для $\frac{\ell_{dr}}{H} = \frac{10}{9} = 1{,}1$, $\frac{t}{H} = \frac{50}{9} \simeq 5{,}5$

Последующий этап расчета; приведение верхового откоса дамбы с заложением $m_1 = 1{,}5$ к вертикальному по формуле 49

$$\Delta \ell = \frac{I,5.\ (9+50)}{I + 2.I,5} = 22,\ I \text{ м}$$

Учитывая тождество 50, имеем:

$$\ell_2 = \Delta \ell + \ell + \ell_{d\tau} + \ell_3 = 22,I+I00+I0+4=I36,I \text{ м}$$

$$\frac{K_\lambda}{K_{\lambda_1}} = \frac{I36,I}{50} = 2,7$$

по таблицам специальных функций Я.Н.Шпильрейна [Л. 77] находится полный эллиптический интеграл первого рода K_λ=4,293338; K_{λ_1} = I,57I9760 и модуль λ = 0.998499.

Затем определяется значение χ по формуле 5I, в которой

$$\ell_1 = \ell + \Delta \ell = I00+22,I=I22,\ I \text{ м}$$

$$\chi = \frac{sn\left(\frac{I22,I}{I36,I} \times 4,29;\ 0,9985\right)}{sn\left(\frac{I22,I+I0}{I36,I} \times 4,29;\ 0,9985\right)} = \frac{(3,85;\ 0,9985)}{(4,I6;\ 0,9985)} = 0,994$$

Считая χ модулем полного эллиптического интеграла по таблицам Я.Н.Шпильрейна, определяется эллиптический интеграл первого рода K_χ=4,84I, [Л. 77].

Теперь находится величина избыточного напора за дренажем по формуле 52.

$$h_\Delta = \frac{9}{4,84I} arc\,sn\left[\sqrt{\frac{sn^2\left(\frac{I22,I+I0}{I36,I} \cdot 4.29;\ 0,9985\right) - I}{sn^2\left(\frac{I22,I}{I36,I} \cdot 4,29;\ 0,9985\right) - I}} \cdot 0,9994\right]$$

$$h_\Delta = I,86 arcsn\left[\sqrt{\frac{sn^2(4,I6;\ 0,9985) - I}{sn^2(3,85;\ 0,9985) - I}} \cdot 0,9994\right]$$

$$h_\Delta = I,86\ arc\ sn\left[0,45 \cdot 0,9994\right] = I,86 \cdot 0.44 = 0,82 \text{ м}$$

Средний градиент напора фильтрации в теле дамбы определяется по формуле 53:

$$J_{av} = \frac{9}{0,0087.9\ arc\ ctg\frac{I}{I,5} + I00} = 0,089$$

Водозахватная способность дренажа дамбы расчитывается по формуле 55:

$$Q_{dr} = 65(2\Delta h + \ell_{dr})\sqrt[3]{K} = 65.(2.0{,}82+10)\sqrt[3]{0.005}=128{,}6 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

2. Шлюз с камерой в нижнем бьефе, рис. 44

Общие положения

Сначала устанавливается условный урез в верхнем бьефе напорного фронта переносом его от действительного вглубь водохранилища на расстояние, определяемое формулой 49. Затем определяется глубина фильтрационного потока по контуру сопряжения шлюза с грунтовой плотиной и фильтрационные расходы.

Глубина потока на острие противофильтрационной диафрагмы, в точке "а", находится по формуле 56 ,[Л. 73] :

$$H_a = \sqrt{\left[(H_1+t)^2 - H_2^2\right]\frac{Q_{r_1}}{Q_{r_1}+Q_{r_2}} - H_2^2}\quad , \qquad 56$$

где H_2 - мощность водопроницаемой толщи под дренажем шлюза;

Q_{r_1} - находится по номограмме на рис. 45

$$Q_{r_2} = \frac{B}{\pi}\operatorname{arch}\left(\frac{-\alpha_1-\alpha_2\varepsilon_a}{1-\varepsilon_a}\right)+\frac{C}{\pi}\operatorname{arch}\left(\frac{\alpha_3-\alpha_4\varepsilon_a}{1+\varepsilon_a}\right) \quad , 57$$

где: $B = \dfrac{H_3^2 - H_2^2}{(H_1+t)^2 - H_2^2}$; $C = \dfrac{(H_1+t)^2 - H_3^2}{(H_1+t)^2 - H_2^2}$;

H_3 - мощность водопроницаемой толщи под дренажем грунтовой плотины.

$$\alpha_1 = \frac{\lambda-\delta-2\lambda\delta}{\lambda+\delta} \quad ; \quad \alpha_2 = \frac{2+\lambda-\delta}{\lambda+\delta} \quad ; \quad \alpha_3 = \frac{-\lambda+\delta-2\lambda\delta}{\lambda+\delta}$$

$$\alpha_4 = \frac{2-\lambda+\delta}{\lambda+\delta} \qquad 58$$

Величины λ, δ и ε находятся по вспомогательному графику для заданных значений $y = S$; L и I,I P, строящегося по следующему уравнению:

$$y = \frac{\ell}{\pi}\left[-\mathcal{D}F_1(-\varepsilon) + F_2(-\varepsilon)\right] ; \qquad 59$$

где значения функций $F_1(-\varepsilon)$; $F_2(-\varepsilon)$; $F_3(+\varepsilon)$; $F_4(+\varepsilon)$ находятся по таблице II

$$\mathcal{D} = 2\sqrt{2}\ \frac{1-\beta}{1+\beta} \qquad , 60$$

Функция β определяется по графику рис. 46

Таблица II

$-\varepsilon$	$F_1(-\varepsilon)$	$F_2(-\varepsilon)$	$-\varepsilon$	$F_1(-\varepsilon)$	$F_2(-\varepsilon)$
0,0	0,0	0,0	0,6	0,6I2	2,634
0,I	0,302	0,9II	0,65	0,628	2,8I6
0,I5	0,358	I,I22	0,7	0,642	3,026
0,2	0,403	I,3I7	0,75	0,655	3,25
0,25	0,446	I,49I	0,8	0,667	3,525
0,3	0,48	I,656	0,85	0,678	3,868
0,35	0,509	I,82	0,9	0,688	4,304
0,4	0,535	I,973	0,95	0,698	5,037
0,45	0,557	2,I3	0,93	0,703	5,976
0,5	0,577	2,292	0,99	0,706	6,677
0,55	0,595	2,454	I,0	0,709	00

Глубина фильтрационного потока в точке "В" определяется по формуле 6I:

$$H_B = \sqrt{\left[(H_1+t)^2 - H_a^2\right]\left[\frac{1}{2} - \frac{1}{\pi}\arcsin\frac{2+\sin\left(\frac{\pi\ell_1\Delta}{\ell_1\Delta} - \frac{\pi}{2}\right) - ch\left(\frac{\pi S}{\ell_1\Delta}\right)}{\sin\left(\frac{\pi\ell_1\Delta}{L} - \frac{\pi}{2}\right) + ch\left(\frac{\pi S}{\ell_1\Delta}\right)}\right] + H_a^2} \qquad 6I$$

Глубина фильтрационного потока в точке "С" определяется по зависимости 62:

$$H_c = \sqrt{\frac{H_3^2 - H_2^2}{\pi}\arcsin(-\alpha_4) - \frac{H_a^2 - H_2^2}{\pi}\arcsin(-\alpha_3) + \frac{H_a^2 + H_2^2}{2}}\ ; \qquad 62$$

где: H_3 – мощность водопроницаемой толщи под дренажем грунтовой плотины

Величины α_1 , α_3 определяются по формулам 58, для которых λ и δ находятся выше по указанному графику.

Расход в дренаж шлюза определяется по формуле 63:

$$Q = K\frac{H_3^2 - H_2^2}{2\pi}\,arch\left(\frac{\alpha_1+\alpha_2\varepsilon_\partial}{1-\varepsilon_\partial}\right)+K\frac{H_a^2-H_3^2}{2\pi}arch\left(\frac{\alpha_4\varepsilon_\partial-\alpha_3}{1+\varepsilon_\partial}\right); \quad (63)$$

Величины α_1 , α_2, α_3 , α_4 определяются по формулам 58. Для них λ и δ и для формулы 63 величины ε_∂ определяются по вышеуказанному графику.

Конкретный пример

Судоходный шлюз с камерой докового типа расположен в нижнем бьефе гидроузла. Длина верхней головы шлюза составляет 10 м и дренажа в пришлюзовой дамбе – 100 м. В сопряжении верхней головы шлюза с грунтовой плотиной устраивается диафрагма длиной 10 м. Верховой откос грунтовой плотины имеет заложение 1:1,5. У подошвы ее низового откоса устраивается дренажная канава. Расстояние между нею и осью плотины равно 20,5 м. Напор на плотину составляет 9 м. Мощность водопроницаемых грунтов под верховой призмой плотины составляет 30 м и под дренажем плотины – 25 м. Расстояние между дренажами плотины и шлюза равно 26 м. Коэффициент фильтрации грунтов тела плотины, дамбы и их основания равен 0,5 м/сут. Необходимо определить потерю напора на диафрагме и величину фильтрационного расхода в дренаж шлюза.

Расчет начинаем с установления условного уреза воды в верхнем бьефе путем переноса его от действительного вглубь водохранилища на расстояние, определяемое формулой 49:

$$\Delta l = \frac{1,5(9+30)}{1+2.1,5} = 14,6 \text{ м}$$

Теперь определяется глубина фильтрационного потока по контуру сопряжения шлюза с грунтовой плотиной.

Глубина потока на острие против фильтрационной диафрагмы в точке "а" находится по формуле 56, где:

Q_{z_1} – находится по номограмме рис. 45. Для отношения:

$$\frac{l_1}{l_{1\Delta}} = \frac{5}{14,6+5} = \frac{5}{19,6} = 0,25$$

и $\frac{S}{l, \Delta} = \frac{I0}{I9,6} = 0,5$ Q_{z_1} равен 0,29 м/сут.

Q_{z_2}- определяется по формуле 57 с использованием уравнений 58, для которой:

$$B = \frac{25^2 - 20^2}{39^2 - 20^2} = 0,20; \qquad C = \frac{39^2 - 25^2}{39^2 - 20^2} = 0,79$$

Величины λ ; δ ; εa , входящие в систему управлений 58 , находятся по вспомогательному графику (рис. 47) для заданных значений $y = S$; l и I,IP. Для определения величин, необходимых для построения этого графика, используются уравнения 59 и 60.

Функция B, входящая в уравнение 60, определяется по графику рис. 46. Для отношения $\frac{\rho}{\ell} = \frac{26}{20,5} = I,3$

$\beta = I3$.

Тогда $\mathcal{D} = 2.\sqrt{2} \cdot \frac{I - I3}{I+I3} = - 2,42,$

Значения функций $F_1(-\varepsilon)$; $F_2(-\varepsilon)$ находятся по таблице II. Имея вышеприведенные величины по формуле 59 получаем следующие значения У:

$$y\ 0,I = \frac{20,5}{3,I4}\left[2,42.0,3 + 0,0II\right] = 4,8$$

$$y\ 0,I5 = \frac{20,5}{3,I4}\left[2,42.0,36+I,I3\right] = I3,0$$

$$y\ 0,20 = \frac{20,5}{3,I4}\left[2,42.0,4+I,32\right] = I4,8$$

$$y\ 0,25 = \frac{20,5}{3,I4}\left[2,42.0,45+I,49\right] = I6,8$$

$$y\ 0,3 = \frac{20,5}{3,I4}\left[2,42.0,48+I,65\right] = I8,3$$

$$y\ 0,35 = \frac{20,5}{3,I4}\left[2,42.0,5I+I,82\right] = I9,8$$

$$y\ 0,4 = \frac{20,5}{3,I4}\left[2,42.0,53+I,97\right] = 2I,I$$

$$y_{0,45} = \frac{20,5}{3,14}\left[2,42.0,56 + 2,18\right] = 22,6$$

$$y_{0,5} = \frac{20,5}{3,14}\left[2,42.0,58 + 2,29\right] = 24$$

$$y_{0,55} = \frac{20,5}{3,14}\left[2,42.0,59 + 2,45\right] = 25,2$$

$$y_{0,6} = \frac{20,5}{3,14}\left[2,42.0,612 + 2,63\right] = 26,7$$

$$y_{0,65} = \frac{20,5}{3,14}\left[2,42,0,629 + 2,82\right] = 28,2$$

$$y_{0,7} = \frac{20,5}{3,14}\left[2,42.0,64 + 3,02\right] = 29,7$$

$$y_{0,75} = \frac{20,5}{3,14}\left[2,42.0,65 + 3,25\right] = 31,4$$

$$y_{0,8} = \frac{20,5}{3,14}\left[2,42.0,67 + 3,52\right] = 33,4$$

$$y_{0,85} = \frac{20,5}{3,14}\left[2,42.0,68 + 3,37\right] = 32,8$$

$$y_{0,9} = \frac{20,5}{3,14}\left[2,42.0,69 + 4,3\right] = 38,9$$

$$y_{0,95} = \frac{20,5}{3,14}\left[2,42.0,698 + 5,04\right] = 43,9$$

$$y_{0,98} = \frac{20,5}{3,14}\left[2,42.0,703 + 5,98\right] = 50,1$$

$$y_{0,99} = \frac{20,5}{3,14}\left[2,42.0,706 + 6,68\right] = 54,8$$

По расчетным значениям "y" построен график зависимости $y = f(-E)$ на рис. 47, по которому определены $\delta = 0,38$; $\lambda = 0,15$ и $\varepsilon_a = 0,65$. Теперь подставляем значения δ, λ и ε_a в формулы 58 и получаем следующие величины:

$d_1 = -0,65$; $d_2 = 3,3$; $d_3 = -0,22$; $d_4 = 4,2$.

Тогда $Q_{z_2} = \frac{0,2}{3,I4} arch \left(\frac{+0,65+3,3x0,65}{I-0,65}\right) + \frac{0,79}{5,I4} arch,$ ·

$\cdot \left(\frac{0,22+4,2x0,65}{I+0,65}\right) = 0,48$ (м/сут).

На $= \sqrt{\left[(9+30)^2 - 20^2\right] \cdot \frac{0,29}{0,29+0,48} + 20^2} = 28,7$ (м)

Глубина фильтрационного потока в точке "в" определяется по формуле 6I:

$$H_B = \sqrt{\left[(9+30)^2 - 28,7^2\right]\left[\frac{1}{2} - \frac{1}{3,14} arcsin \frac{2+sin\left(\frac{3,14 \cdot 19,6}{19,6} - \frac{3,14}{2}\right) - ch\left(\frac{3,14 \cdot 10}{19,6}\right)}{sin\left(\frac{3,14 \cdot 19,6}{20,5} - \frac{3,14}{2}\right) + ch\left(\frac{3,14 \cdot 10}{19,6}\right)}\right] + 28,7^2} = 33,8 \ (м)$$

Глубина фильтрационного потока в точке "С" определяется по зависимости 62:

$$H_c = \sqrt{\frac{-25^2-20^2}{3,I4} \cdot arcsin(+0,6I) - \frac{28,7^2-25^2}{3.I4} arc\,sin(-0,19) + \sqrt{\frac{28,7^2+20^2}{20}}} = 25,9 \text{ (м)}$$

Следовательно, потери напора на противофильтрационной диафрагме составят.

$$\Delta H = H_B - H_c = 33,8-25,9 = 7,9 \text{ (м)}$$

Расход в дренаж шлюза определяется по формуле (63), $\varepsilon_д$ определяется по графику рис. 47 для $l_{dz} = I00$ $\varepsilon_д = 0,99$.

$$Q = 0,5 \frac{25^2 - 20^2}{2x3,I4} arch \left(\frac{-0,6I+3,6x0,99}{I-0,99}\right) + 0,5 \frac{28,7^2-25^2}{2x3,I4} \cdot$$

$\cdot arc\,i\left(\frac{4,4-0,8-0,I9}{I+0,8}\right) = 75,I$ м^3/сут. $= 0,075$ л/сут.

ПРИМЕР РАСЧЕТА ФИЛЬТРАЦИИ В ЗОНЕ БЕРЕГОВОГО СОПРЯЖЕНИЯ ШЛЮЗА , РИС.48

Общие положения

Устанавливается условный урез воды в верхнем бьефе переносом его от действительного к оси подходного канала шлюза на расстояние, определяемое формулой 64 (см. предыдущий пример). Затем определяются глубины фильтрационнного потока по контуру шлюза и фильтрационные расходы.

Глубина потока на острие противофильтрационной диафрагмы в точке "а" находится по формуле 64.

$$H_a = \sqrt{\left[(H_1+t)^2 - H_2^2\right]\left(1 - \frac{1}{\pi}\arccos\frac{\delta_1}{\alpha_1}\right) + H_2^2}\ ,$$

$$\alpha_1 = 0.5\left[\sqrt{1+\left(\frac{\ell_1}{S}\right)^2} + \sqrt{1+\left(\frac{\ell_2}{S}\right)^2}\right]$$

$$\delta_1 = 0.5\left[\sqrt{1+\left(\frac{\ell_2}{S}\right)^2} - \sqrt{1+\left(\frac{\ell_1}{S}\right)^2}\right] \qquad 64$$

Глубина потока в точке "в" определяется по формуле 65:

$$H_B = \sqrt{\left[(H_1+t)^2 - H_2^2\right]\left(1 - \frac{1}{\pi}\arccos\frac{\delta_1+1}{\alpha_1}\right) + H_2^2}\ ; \qquad 65$$

Глубина потока в точке "С" определяется по формуле 66:

$$H_c = \sqrt{\left[(H_1+t)^2\right]\frac{1}{\pi}\arccos\left(\frac{1}{\alpha_1} - \delta_1\right) + H_2^2}\ ; \qquad 66$$

Расход в дренаж шлюза и в его отводной канал вычисляют по формуле 67:

$$q = k\frac{(H_1+t)^2 - H_2^2}{2\pi}\operatorname{arch}\left[\frac{1}{\alpha_1}\left(\sqrt{1+\left(\frac{\ell_2+\ell dz}{S}\right)^2} - \delta_1\right)\right]; \qquad 67$$

Конкретный пример

Судоходный шлюз расположен в зоне берегового сопряжения

Длина верхней головы шлюза равна I3 м. Боковая грань стенки верхней головы шлюза сопрягается с берегом посредством противофильтрационной диафрагмы длиною I0 м Она смещена к нижнему бьефу от верховой грани головы шлюза на 5 м. Дренаж шлюза имеет длину I00 м. Коэффициент фильтрации грунтов в зоне берегового

сопряжения равен 0,5 м/сут. Напор равен 9 м. Мощность водопроницаемых грунтов под верхним бьефом равна 30 м и под дренажем шлюза 20 м. Необходимо определить потери напора на диафрагме и фильтрационный расход в дренаж шлюза.

Сначала определяем коэффициенты α_1 и δ_1 по последним формулам системы уравнений 64:

$$\delta_1 = 0{,}5\left[\sqrt{1+\left(\frac{8}{10}\right)^2}-\sqrt{1+\left(\frac{5}{10}\right)^2}\right]=0.08$$

$$\alpha_1 = 0{,}5\left[\sqrt{1+\left(\frac{5}{10}\right)^2}+\sqrt{1+\left(\frac{8}{10}\right)^2}\right]=1.19$$

Затем с помощью первой формулы системы уравнений 64 определяем глубину потока на острие противофильтрационной диафрагмы в точке "а".

$$H_a=\sqrt{\left[(9+30)^2-20^2\right]\cdot\left(1-\frac{1}{3{,}14}\arccos\frac{0{,}08}{1{,}19}\right)+20^2}=$$

$= 31{,}3$ м

Глубина потока в точке "в" определяется по формуле 65:

$$H'_B=\sqrt{\left[(9+30)^2-20^2\right]\cdot\left(1-\frac{1}{3{,}14}\arccos\frac{0{,}08+1}{1{,}19}\right)+20^2}=36{,}9\text{ м}$$

Глубина потока в точке "С" определяется по формуле 66:

$$H_C=\sqrt{\left[(9+30)^2\right]\cdot\frac{1}{3{,}14}\arccos\left(\frac{1}{1{,}19}-0{,}08\right)+20^2}=27{,}2\text{ м}$$

Потери напора на диафрагме составят:

$$\Delta H = H_B - H_C = 36{,}9-27{,}2 = 9{,}7\text{ м}$$

Расход в дренаж и в его отводной канал вычисляется по формуле 67:

$$Q = 0{,}5\,\frac{(9+30)^2-20^2}{2\times3{,}14}\,\operatorname{arch}\left[\frac{1}{1{,}19}\left(\sqrt{1+\left(\frac{8+100}{10}\right)^2}-0{,}08\right)\right]=$$

$= 257{,}7$ м^3/сут. $= 0{,}26$ л/сут.

10. КОНСТРУИРОВАНИЕ ШЛЮЗОВ

Головы шлюзов

10.1. Компоновка и конструкции голов принимаются в зависимости от места, занимаемого головой в комплексе сооружений шлюза, вида грунтов основания, системы питания, габаритов шлюза и напора на него, типа механического оборудования и схемы его размещения, наличия мостовых переходов.

10.2. По месту, занимаемому в комплексе сооружений шлюза, головы подразделяются на верхние, промежуточные(на многокамерных шлюзах) и нижние.

Верхние головы, как правило, возводятся со стенками падения, что уменьшает высоту ворот, сокращает объемы работ по верховому подходу. Исключение составляют низконапорные шлюзы, в которых наинизшие судоходные уровни бьефов отличаются незначительно, а так же морские шлюзы и шлюзы в устьевых участках рек, подверженные действию нагонов, сгонов, приливов и отливов. К верхним головам чаще всего предъявляются требования, относящиеся к сооружениям, входящим в напорный фронт гидроузла.

При необходимости обеспечения судоходства на пониженных отметках верхнего бьефа в первый период эксплуатации верхние головы выполняют первоначально без стенки падения или со стенкой падения уменьшенной высоты. Наращивание стенки падения до отметок постоянной эксплуатации в этом случае производится в межнавигационный период под защитой ремонтных ворот.

Промежуточные головы устраивают для разделения смежных камер у многокамерного шлюза. В этих случаях эти головы всегда выполняются со стенками падения. Максимальный напор на промежуточной голове достигает двойной величины напора между смежными камерами.

Нижние головы у шлюзов размещаются со стороны нижнего бьефа и не имеют стенок падения.

С целью уменьшения времени шлюзования и экономии объема воды в сливной призме длинные камеры однокамерных шлюзов иногда делят на две части. В этом случае промежуточные (средние) головы не имеют стенок падения и могут выполнять роль как верхней, так и нижней голоры шлюза.

10.3. В зависимости от вида грунтов основания следует, прежде всего, различать головы на нескальных и скальных основаниях. Головы шлюзов, возводимые на нескальных основаниях, следует проектировать как неразрезную пространственную железобетонную

конструкцию, состоящую из днища, включая фундаментную плиту и стенку падения, при ее наличии, и жестко связанных с ним устоев.

Для облегчения условий работы днища и устоев нижние и промежуточные головы рекомендуется выполнять рамной конструкции с верхней плитой - затяжкой на устоях в пределах участков ниже основных ворот с использованием затяжки для размещения на ней мостового перехода при условии обеспечения нормативного подмостового габарита, рис. 49.

(3.I2) Головы шлюзов, возводимые на скальном основании, как правило, следует проектировать в виде устоев и отделенной от них плиты - днища, заанкеренной в основание или опертой в устой.

Конструкции голов на скальном основании определяются не только качеством скалы, но и расположением ее поверхности относительно площадки шлюза.

При расположении поверхности скалы на отметках, близких к отметкам подошвы головы, конструкции ее (особенно при слабой слоистой скале) принимают подобными таким же на нескальном основании. Однако, если при этом могут быть исключены растягивающие напряжения по подошве устоев, их отрезают от днища сквозными температурными швами.

При высоком расположении и хорошем качестве скалы днище и нижнюю часть боковых поверхностей устоев выполняют в виде облицовки на анкерах.

Из армированного бетона выполняют только ту часть устоев, в которую упираются ворота и на которой расположены механизмы. Стенка падения также может быть вырублена в скале и облицована. При наличии в голове водопроводных галерей для расположения шахт затворов в скале вырубают траншеи и облицовывают их бетоном.

Сами галереи, в зависимости от качества скалы, глубины заложения под поверхностью и от их очертания, выполняют в траншеях или туннельным способом.

I0.4. Верхние головы шлюзов в зависимости от типа системы питания подразделяются на:

а) головы без водопроводных устройств (при боковом заборе воды из верхнего бьефа, рис. 50;

б) головы с безгалерейным наполнением - из-под ворот или через отверстия (клинкеты) в них, рис.5I, 52;

в) головы с короткими обходными галереями в устоях и выпуском воды в камеру в пределах стенки падения или непосредственно за воротами при ее отсутствии, рис.53;

г) головы с галереями, которые выводятся в продольные боковые или донные галереи камер, рис. 54.

Промежуточные головы многокамерных шлюзов с точки зрения системы питания классифицируются аналогично верхним головам.

Нижние головы в такой классификации представляют две компоновки:

а) безгалерейная – при боковом выпуске воды из камер, а также при выпуске воды через клинкеты в воротах или из-под сегментных ворот, рис. 55;

б) с короткими обходными или продольными галереями в устоях, рис. 56.

10.5. Компоновка любой головы шлюза заключается в установлении общего очертания и размеров ее, наилучшим образом удовлетворяющих, при наименьших объемах работ, условиям размещения элементов системы питания, водопроводных затворов и основных ворот с их механизмами, аварийно-ремонтных заграждений с их механизмами и пр.

Для этого предварительно должны быть выбраны типы водопроводных устройств и механического оборудования. В общем случае такой выбор производится на основании технико-экономического сопоставления нескольких вариантов.

На основе рекомендаций настоящего Пособия количество таких вариантов должно быть сведено к минимуму.

10.6. При назначении размеров голов шлюзов с целью уменьшения объемов работ следует стремиться к уменьшению протяженности участков голов шлюзов, на которых размещаются аварийно-ремонтные или ремонтные и основные ворота. При необходимости удлинения голов шлюзов следует стремиться к увеличению длины участков, которые можно включать в полезную длину камеры.

10.7. При любых типах системы питания наименьшая длина верхней головы получается при плоских основных и аварийно-ремонтных воротах, которые, как правило, рекомендуется предусматривать при проектировании. При больших колебаниях уровня верхнего бьефа для уменьшения высоты плоских ворот на верхней голове целесообразно рассматривать возможность установки сдвоенного затвора, в частности с "Г" образной верхней частью, рис. 57а, а при малой интенсивности судоходства разборного порога, рис. 57б.

Обычно большой диапазон колебаний уровней верхнего бьефа является результатом глубокой сработки водохранилища, которая

происходит один раз в течение навигации, т.е. частые изменения уровней происходят обычно в сравнительно узком диапазоне и именно на него следует рассчитывать высоту ворот или верхней части сдвоенных ворот.

I0.8. При допустимом на водных путях местного значения совмещении на верхней голове функций основных и аварийных ворот в качестве таковых могут быть использованы плоские, рис. 52,и сегментные ворота, рис. 58.

Ремонтные ворота при этом чаще всего выполняют плавучими или двустворчатыми, причем последние рекомендуется размещать так, чтобы в пределах головы они находились только в закрытом состоянии. Большая часть шкафных ниш таких ворот располагается за пределами верхней головы.

I0.9. Как правило, наиболее целесообразна компоновка промежуточных голов с двустворчатыми воротами и расположением водопроводных галерей в той части днища, которая находится под устоями. Массивное днище головы при этом рекомендуется делать облегченного типа, размещая в нем либо технологические помещения, либо полости, заполняемые грунтом, рис. 59. В случае размещения в массиве днища технологических помещений особое внимание должно уделяться обеспечению трещиностойкости элементов днища и их водонепроницаемости.

При значительных напорах возможна также компоновка с расположением водопроводных галерей, их затворов и технологических помещений для обслуживания последних в части днища под судоходным отверстием.

I0.I0. Для нижних голов типовая компоновка при средних и малых напорах: основные двустворчатые ворота и водопроводные галереи в устоях. Ремонтные ворота – также двустворчатые, большую часть шкафных ниш которых следует размещать в специальной секции, отрезанной от нижней головы сквозным швом, или в пределах направляющих сооружений, принимая размеры элементов конструкции по аналогии с изложенным в п.I0.I2.

При высоких напорах нижние головы выполняют с плоскими подъемными основными воротами и железобетонной забральной стенкой над ними, рис. 60. В последнее время в качестве основных ворот на таких шлюзах получили распространение и могут рекомендоваться двустворчатые цилиндрические ворота, рис. 6I.

На низконапорных шлюзах в качестве основных ворот нижней головы часто используют уравновешенные сегментные полноповоротные

ворота, рис. 55, выполняющие, при необходимости, и функции ремонтных ворот.

В этом случае со стороны нижнего бьефа устраивают различного вида ремонтные заграждения: поворотные фермы, плавучий затвор, шандоры и т.п.

Для ускорения процесса опорожнения камеры и облегчения напряженного состояния ворот, в процессе маневрирования ими, целесообразно предусматривать в двустворчатых воротах шлюзов, при средних и низких напорах, устройство клинкетов.

I0.II. Головы морских шлюзов и шлюзов в устьевых участках рек, которые подвержены воздействию двустороннего напора (см. п.9.2), должны обеспечиваться: либо двумя основными двустворчатыми воротами на каждой голове, работающими соответственно при напоре с одной или с другой стороны, либо воротами такой конструкции, которая позволяет им принимать двусторонний напор, например откатные, уравновешенные сегментные или ворота другого типа с уплотнениями надлежащей конструкции. Кроме того, каждая из голов должна снабжаться ремонтными воротами.

I0.I2. При предварительной компоновке и конструировании голов можно принимать следующие размеры, необходимые для размещения оборудования:

а) при плоских опускных воротах ширина ворот (вдоль оси шлюза) $-(0,I-0,I25)b_{c,ef}$; глубина пазов $-0.06\,b_{c,ef}+0,5$ м.

б) при двухстворчатых воротах:

угол наклона створок к прямой, соединяющей оси вереяльных столбов - I8-22°;

глубина шкафных ниш в устоях - $(0.09-0,II)\,b_{c,ef}$;

длина шкафных ниш - $(0,60-0,62)\,b_{c,ef}$;

глубина шкафной ниши в днище - 0.8-I,0 м,

где: $b_{c,ef}$ - полезная ширина камеры.

При компоновке верхней головы с плоскими основными и аварийно-ремонтными воротами расстояние между их пазами, а также расстояние от верховой грани верхней головы до паза аварийно-ремонтных ворот ориентировочно можно принимать равным ширине пазов (принимаемых по аналогу).

Для нижних голов с двустворчатыми основными и ремонтными воротами расстояние между верховой гранью головы и шкафом основных ворот может быть принято равным 2-4 м, но должно быть увязано с размерами соответствующих элементов предохранительного устройства, которое обычно размещается в этой зоне. При этом

расстояние между основными и ремонтными воротами обычно составляет 8-10 м, при наличии водовыпусков между ними это расстояние увеличивается, примерно, на ширину водовыпусков.

10.13 (3.25).

Для осмотра и ремонта оборудования и элементов конструкций шлюза, расположенных на глубине до 20 м, следует предусматривать маршевые лестницы, более 20 м - лестницы и лифты.

При расположении центральных пультов управления в башнях высотой 15 м и более следует предусматривать также и пассажирские лифты.

Лифты и маршевые лестницы располагаются, как правило, в массивах устоев голов, обеспечивая, помимо своего основного назначения, уменьшение объемов бетона по головам. Для этих целей следует стремиться к размещению всех технологических помещений в массивах устоев голов, если при этом обеспечивается их устойчивость.

На камере, длиной более 150 м предусматривается не менее двух спусков, предпочтительнее по концам ее.

10.14. Для условий пропуска части паводка через шлюз (п.1.15 настоящего Пособия) основные размеры, очертания и формы порогов голов и гасительных устройств должны приниматься с учетом необходимого гашения потока. Кроме того, при выборе типа и конструкции ворот в верхних головах следует учесть необходимость маневрирования ими в текущей воде. При этом шлюз должен удовлетворять эксплуатационным требованиям при его работе по своему основному назначению.

При работе шлюза как водосброса оборудование, попадающее в поток, должно быть надежно закреплено и защищено от ударов плавающих предметов.

Камеры шлюзов

10.15. Размеры и очертания днища и стен камер, их конструкция назначаются в зависимости от габаритов шлюза, напора на камеру, принятой системы питания, характера основания и статической схемы работы камеры или ее отдельных частей.

10.16 (3.8). Камеры шлюзов подразделяются: по типу днищ - с водопроницаемыми и со сплошными водонепроницаемыми днищами (разрезанными продольными швами или докового типа);

по расположению водоводных галерей - без водопроводных и с водопроводными галереями в днище или в стенах; по высоте

обратных засыпок за стенами – с полными и неполными обратными засыпками.

Конструкции камер на нескальном основании

I0.I7. Днища камер при напорах до 5 м могут приниматься водопроницаемыми (рис.62), если в процессе технико-экономического сопоставления будет установлено, что такая конструкция требует меньших капиталовложений по сравнению с конструкцией камеры со сплошным водонепроницаемым днищем, являющейся более надежной в эксплуатационном отношении.

В конструктивном отношении водопроницаемые днища обычно представляют собой железобетонные или бетонные плиты, уложенные на обратном фильтре. При этом должно быть обращено особое внимание на обеспечение надлежащей длины фильтрационного контура в основании стены. Для достижения более экономичной конструкции стен шлюза, в рассматриваемом случае, может быть целесообразным применение железобетонных распорок, уложенных на уровне дна камеры.

I0.I8.

Сплошные железобетонные днища камер могут быть неразрезными, рис. 63а, б,в, временно разрезными на период строительства, рис. 63, г, и разрезными консольными с постоянным швом, рис.64.

I0.I9 (3.9). При расположении камер шлюзов в верхнем бьефе и при наличии в основании грунтов с высокими коэффициентами фильтрации следует предусматривать конструкцию камер докового типа с неразрезным днищем.

Для камер, расположенных в нижнем бьефе, продольные постоянные швы в днищах допускается устраивать при надлежащем обосновании.

I0.20. Разрезные днища с постоянным швом применяют в камерах шлюзов, расположенных в нижнем бьефе, преимущественно на связных грунтах основания при отношении высоты стены к полезной ширине камеры более 0,6,а также при отсутствии в основании напорных водоносных горизонтов или возможности возникновения таковых после постановки гидроузла или гидротехнического комплекса (например судоходного канала) под напор.

I0.2I. Временную разрезку днищ камер применяют для уменьшения изгибающих моментов и толщины этих днищ. Еще большее уменьшение толщины днища достигается предварительным обжатием бетона за счет растяжения арматуры верхней затяжки при неравномерной

осадке полусекций днищ, постепенно нагружаемых в процессе строительства стенами и весом обратной засыпки. Однако при этом усложняется производство работ, которое должно вестись по днищу, стенам камер и обратной их засыпке в определенной последовательности.

I0.22. Выбор между разрезными, временно разрезными и неразрезными конструкциями днищ камер, за исключением случаев, указанных в п.I0.20, определяется, в основном, технико-экономическими показателями при данных напорах и геотехнических свойствах грунтов основания. При этом следует учитывать большую эксплуатационную надежность днищ камер, не имеющих постоянных швов.

Для разрезных днищ требуются уплотнения продольных швов, гарантирующие полную их водонепроницаемость как при значительной разности осадок, так и при перекосах отдельных полусекций. Выполнение этого требования часто встречает серьезные затруднения.

I0.23. При предварительном проектировании толщину сплошных неразрезных днищ в большинстве случаев принимают равной 0,I7-0,20 свободной высоты стен камер и не менее 0.I-0.I25 ширины камеры. При расположении водопроводных галерей в таких днищах камер последние выполняют рамной конструкции, что позволяет снизить материалоемкость конструкции.

I0.24. Разрезные днища с постоянным швом в однониточных шлюзах имеют шов по оси камеры. При этом каждая из симметричных половин камеры представляет собой подпорную стену на фундаменте с передней консолью, равной по длине полуширине камеры шлюза.

Консольные разрезные днища применяют и на двухниточных шлюзах, рис. 65.

В этой конструкции для уменьшения задней консоли боковых уголковых стен продольные швы между ними и центральной более тяжелой частью камеры выполняют не вертикальными, а с наклоном в средней их части. Такие швы исключают возможность отрыва конца передней консоли боковой стены от грунта основания.

I0.25 (3.I0). Стены камер шлюзов, возводимые на нескальных грунтах, как правило, должны быть гравитационными из монолитного или сборного бетона и железобетона.

Для низконапорных шлюзов, которые сооружаются на основаниях, позволяющих погружение шпунта, допускается, при надлежащем технико-экономическом обосновании, стены камер возводить из шпунта или свай.

I0.26. Стены камер шлюзов с водопроницаемыми днищами, рис. 62, как правило, не имеют водопроводных галерей, что позволяет в этом случае

применять конструкции стен облегченного типа-контрфорсные железобетонные, сборно-монолитные уголкового профиля, а также из железобетонного или металлического шпунта. На морских шлюзах, а также на шлюзах, расположенных на приморских окончаниях внутренних водных путей, при малом отношении напора к глубине, а также в случаях, когда под отдельно стоящими стенами камер залегают слабые грунты, стены камер рекомендуется возводить на высоких свойных ростверках.

10.27. Массивные стены камер шлюзов со сплошными днищами без продольных водопроводных галерей могут быть близкими по профилю к трапеции. рис. 63а,в,г и рис.64а. Применимы при таких днищах также контрфорсные стены, рис. 64б. При наличии водопроводных галерей, рис.62б и 64б, в стенах камер нижняя их часть имеет рамную конструкцию, очертания которой определяются необходимым по площади поперечным сечением галерей, конструктивными и расчетными требованиями, предъявляемыми к железобетонным конструкциям. Ширину по низу трапецеидальных железобетонных стен, засыпанных до верху, принимают равной 0.18-0.22 от полной высоты стены, в зависимости от расчетных показателей грунта засыпки и положения уровня грунтовых вод в ней.

10.28 (8.13)

Лицевые грани камер шлюзов следует проектировать вертикальными или с уклоном в сторону засыпки не более 50:1. Наклонные грани стен должны сопрягаться с вертикальными гранями устоев голов переходным участком в продольном направлении с уклоном не более 1:5. Тыловые грани стен камер шлюзов при высоте более 10 м, как правило, следует выполнять с переменным уклоном по высоте.

Для облегчения условий работы нижних наиболее нагруженных сечений стен камер необходимо устроить постепенный переход от лицевой грани стены к днищу (вут) с уклоном 1:1 - 1:4. Высота вута должна приниматься не больше величины запаса глубины под днищем расчетного судна, а его форма должна учитывать запасы по обводам судна в поперечном сечении.

При напорах более 20 м. для облегчения работы стены целесообразно рассматривать вариант неполной обратной засыпки в пределах 0,7 ÷ 0.8 высоты стены с устройством консоли для прохода людей.

Конструкции камер на скальном основании

10.29. Выбор конструкции днища и стен при расположении камер на скальном основании зависит от качества скальных пород и высотного положения их кровли относительно дна камеры и верха ее стен.

На полускальных и слабых скальных породах камеры шлюзов выполняются, как и на нескальных основаниях, железобетонными со сплошным днищем.

10.30. При высоких показателях сопротивления сдвигу и прочности скальной породы, кровля которой лежит ниже или на уровне дна камеры, стены камер могут быть выполнены бетонными треугольного профиля с вертикальной лицевой гранью, рис.65а. Продольные водопроводные галереи распределительных систем питания располагают при этом в нижней части бетонных стен камер.

10.31 (3.11).

Стены камер шлюзов, возводимые в скальных массивах следует осуществлять заанкеренными в скалу или гравитационного типа. Днища камер таких шлюзов выполняются, как правило, в виде плиты, заанкеренной в основание или опертой в стены.

Конструкции облицовок зависят от качества скалы. При слаботрещиноватой прочной скале облицовка, закрепленная анкерами, воспринимающими при опорожненной камере давление за стенами, может иметь небольшую (0.5–1 м) толщину, достаточную лишь для выравнивания выемок. Стены камер выше облицовки могут выполняться бетонными или железобетонными уголкового профиля, рис. 66в, либо контрфорсными, с заделкой их тыловой арматуры в скалу, рис. 66 г.

При слабой скале облицовки камер рекомендуется устраивать массивными, воспринимающими давление за ними собственным весом, рис. 66 б,д.

10.32. Конструкции днищ камер также зависят от качества скалы. При высоком ее качестве дно камеры можно совсем не облицовывать или применять выравнивающую облицовку, рис. 66 в, г.

При низком качестве скалы днища камер выполняют в виде обратного свода, рис. 66 в, г, или воспринимающей противодавление плиты, упирающейся снизу в стены камеры, рис. 66 б,д.

Причальные и направляющие сооружения

10.33 (3.26)

Причальные и направляющие сооружения подразделяются на следующие типы:

стационарные – монолитные, сборные и сборно-монолитные из бетона и железобетона;

плавучие – металлические и железобетонные понтоны.

Конструкции причальных и направляющих сооружений при их высоте до 20 м и колебаниях уровня воды в бьефе до 5 м должны быть, как правило, стационарными.

При высоте более 20 м и колебаниях уровня воды более 5 м следует применять плавучие конструкции причальных и направляющих сооружений.

Конструкции стационарных причальных и направляющих сооружений в значительной мере определяются геологическими условиями оснований и зависят от условий работы этих сооружений.

10.34. Опоры причальных сооружений шлюзов, входящих в состав гидроузлов, имеющих гидроэлектростанции, работающие в условиях суточного и недельного регулирования мощности, а также в условиях сработки уровней бьефов, в тех случаях, когда указанные сооружения не имеют засыпки с тыловой стороны, должны рассчитываться на воздействие ледяного покрова, возникающее в результате отмеченного колебания уровней, приводящего к горизонтальному перемещению льда между откосом и причальным сооружением. Ледовая нагрузка на опоры и свайные основания причальных сооружений рассчитывается, в этом случае, как для случая прорезания ледяного покрова опорой [Л. 3] . Поэтому тыловым граням опор в зоне возможного воздействия льда со стороны откоса следует придавать наклонное очертание и заостренную форму в плане.

10.35. На грунтах оснований, не допускающих забивки в них свай, засыпные секции причальных и направляющих сооружений выполняются в виде гравитационных (уголковых или контрфорсных) железобетонных подпорных стен, рис. 67а. Указанное относится как к нескальным грунтам (например, с включениями валунов), так и к скальным грунтам, подошва которых расположена в районе отметки дна подходного канала.

10.36. При грунтах, допускающих забивку в них свай, для засыпных участков рекомендуется рассматривать конструкции в виде железобетонных уголковых или контрфорсных стен на свайном ростверке с передним или задним шпунтом, рис. 67в, а также конструкции из заанкеренного железобетонного шпунта, рис. 62д.

Такие конструкции особенно экономичны в условиях высокого уровня грунтовых вод, так как для их осуществления не требуется водоотлив.

10.37. Засыпные конструкции причальных и направляющих сооружений, как правило, применяют только на участках примыкания к головам шлюзов, что позволяет избежать устройства специальных открылков для поддержания откосов обратной засыпки голов.

При значительной высоте сооружений на этих участках, превышающей половину ширины камеры, иногда целесообразно выполнять их со сплошными разрезными или неразрезными днищами, перекрывающими дно канала в суженном его сечении у головы, рис. 68.

10.38. (3.27).

Стационарные причальные и направляющие сооружения следует принимать, как правило, сквозной конструкции.

В связи с этим их незасыпные участки при грунтах, не допускающих забивку свай, выполняются в виде эстакад с контрфорсными или отдельными опорами, пролеты между которыми перекрыты железобетонными конструкциями на всю высоту возможного навала судов, рис. 69а.

Фундаментные плиты и опоры таких сооружений обычно возводятся из монолитного железобетона, а пролетные верхние части из сборно-монолитного.

При грунтах, на которых забивка свай возможна, незасыпные участки причальных и направляющих сооружений часто выполняются в виде контрфорсной или коробчатой надстройки на высоком свайном ростверке, рис. 69б.

10.39. Причальные сооружения в виде отдельно стоящих опор, соединенных между собой служебными мостиками, допускается применять только на водных путях местного значения и при отсутствии на них движения плотов.

10.40. Поверхности причальных и направляющих сооружений во избежание выкрашивания бетона при навалах судов рекомендуется выполнять из бетонов более высоких марок и армировать дополнительными защитными сетками или облицовывать железобетонными плитами – оболочками.

Кроме того, для уменьшения риска повреждения как причальных и направляющих сооружений, так и корпусов судов рекомендуется применять конструкции лицевых элементов причальных и направляющих сооружений на амортизирующих приспособлениях, рис.70.

10.41. Плавучие конструкции причальных и направляющих сооружений в виде железобетонных или металлических понтонов, перемещающихся при колебаниях уровней между устоями и быками, в которые они упираются, рис. 71, могут быть целесообразны преимущественно при больших колебаниях уровней воды в бьефах и расположении шлюзов в мягких климатических условиях.

10.42. При больших колебаниях уровня воды в бьефах глубоководных водохранилищ целесообразно применить плавучие конструкции причальных и направляющих устройств, удерживаемых цепями заанкеренными в дно водоема и связанных с устоями головы перемещающимся по вертикали устройством. В суровых климатических условиях это устройство должно обогреваться, а вокруг направляющего сооружения поддерживаться майна с помощью пневмоустановки или гидропневмоустановки.

Разрезка сооружений шлюза деформационными швами

10.43 (3.14) При проектировании шлюзов следует предусматривать устройство деформационных швов, уплотнения которых должны обеспечивать их водонепроницаемость.

Деформационные швы являются постоянно действующими элементами железобетонных и бетонных сооружений шлюза.

Назначение швов - исключить возникновение недопустимых по величине усилий, напряжений и перемещений, а также предотвратить образование трещин или уменьшить величину их раскрытия в бетонных и железобетонных конструкциях шлюза при неравномерной осадке основания, изменений температуры, усадке бетона при твердении или при изменении внешних нагрузок.

Швы бывают:

- постоянные (температурно-усадочные и осадочные швы);
- временные (строительные).

Постоянные швы должны обеспечивать возможность взаимных перемещений частей сооружений как во время строительства, так и во время эксплуатации. Временные строительные швы должны обеспечивать:

снижение температурно-усадочных напряжений в бетоне в процессе возведения сооружений;

снижение усилий, вызванных неравномерной осадкой частей сооружения в строительный период;

соблюдение требуемой интенсивности работ по возведению сооружения;

унификацию армоконструкций, опалубки, сборных элементов и т.п.

10.44. Постоянные швы могут устраиваться сквозными, разрезающими все сооружения на отдельные секции, и несквозными - в виде надрезов, проходящих в верхней части сооружения в зонах, подверженных значительным колебаниям температуры, рис. 72.

В первом случае швы могут выполнять функции температурно-осадочных, во втором – только температурных.

Расстояние между постоянными, а также временными швами назначается в зависимости от климатических и геологических условий, конструктивных особенностей сооружения, последовательности производства работ и т.п.

10.45. В шлюзах следует различать поперечные (расположенные в плоскостях, перпендикулярных оси шлюза) и продольные постоянные швы.

Поперечные сквозные швы, как правило, устраиваются между головами и камерой с одной стороны, головами и причалами с другой стороны, а также между секциями камер и причальных и направляющих сооружений.

В пределах камер, причальных и направляющих сооружений шлюзов расстояния между поперечными швами (сквозными и несквозными) определяются расчетом в соответствии с указаниями СНиП 2.06.08-87 "Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений".

Расстояние между постоянными швами в сооружениях на скальном основании должно быть не более 30 м.

В сооружениях, расположенных на нескальных основаниях, а также независимо от вида оснований в частях сооружений, не подвергающихся значительным колебаниям температуры (подводные, подземные части и т.п.) эти расстояния, как правило, не должны превышать для:

сквозных швов – 35 м,

несквозных швов – 15 м.

При этом следует стремиться к получению однотипных секций.

Продольные постоянные швы в однониточных шлюзах устраивают по оси камеры. На двухниточных шлюзах продольные швы могут выполняться смещенными в сторону межшлюзья от оси камеры, рис.65.

10,46 Ширина постоянных температурных и осадочных швов должна назначаться с учетом возможных перемещений смежных частей сооружения таким образом, чтобы они не оказывали давления одна на другую.

Толщина температурного шва не должна быть меньше величины расширения бетонного массива при колебаниях температуры в период эксплуатации и может быть определена по формуле:

$$\Delta l_t = \alpha_t \Delta t l_j \quad ; \qquad (68)$$

где α_t – коэффициент линейного расширения бетона, приблизительно равный 0.00001;

ℓ_j – длина монолитной бетонной конструкции, равная расстоянию между швами;

Δt – величина разности средних температур наиболее жаркого и холодного месяцев, определяемая по СНиП 2.01.01-82 "Строительная климатология и геофизика".

Если шов выполняет функции температурно-осадочного, толщина его увеличивается от значений $\Delta \ell_t$ внизу до $\Delta \ell_{max}$ вверху:

$$\Delta \ell_{max} = \Delta \ell_t + \Delta \ell_{set}$$

При этом:

$$\Delta \ell_{set} = \frac{S_1 - S_2}{\ell_j} h_s \quad ; \qquad 69$$

где: $\Delta \ell_{set}$ – толщина шва, необходимая для исключения навала одной конструкции шлюза на другую при неравномерной осадке их;

S_1 и S_2 – осадки концов рассматриваемой конструкции длиной ℓ_j, полученные соответствующим расчетом;

h_s – возвышение сечения, в котором определяется толщина шва над основанием.

10.47. Водонепроницаемость постоянных деформационных температурных и температурно-осадочных швов должна быть обеспечена перекрытием их уплотняющими шпонками. Материал и конструкции шпонок должны удовлетворять условиям работы при напоре как со стороны камеры, так и со стороны засыпок для ограждения от грунтовых вод.

10.48. Шпонки в стенах и устоях, а также в днищах камер и голов подразделяются на наружные, состоящие из лицевых (со стороны камеры) и тыловых (со стороны грунта засыпки или основания) и внутренние (расположенные между лицевыми и тыловыми).

Лицевые и тыловые шпонки выполняют как с заливкой асфальтовой мастикой, рис. 73б, 74б, так и только с упругими уплотнениями – техническим войлоком и резиной, рис. 73а, а также с комбинированными уплотнениями (мастикой и войлоком, рис. 74а).

Во внутренних шпонках в качестве уплотнений используют резину, рис. 75а, или металлические листы (нержавеющую или оцинкованную сталь), рис. 75б.

10.49. Особое внимание при конструировании шпонок следует обращать на сохранение ими водонепроницаемости при различных

осадках смежных сооружений, например, голов и секций камер.

Как правило, в швах между устоями голов и стенами камер предусматривают в качестве внутренней шпонки колодец, заполненный асфальтовой мастикой, в которой установлены электроды для ее разогрева в случае нарушения работы шпонки. Кроме того, часто устраивается запасной колодец для заливки его мастикой в случае невозможности восстановить нормальную работу основного колодца, рис. 76.

10.50. Конструкция шпонок температурно-осадочного шва между секцией камеры и нижней головой шлюза должна исключить возможность возникновения в ней гидростатического давления, отвечающего уровню верхнего бьефа в камере при нарушении плотности лицевой шпонки. С этой целью целесообразно полость шва между тыловой и лицевой шпонками сообщать трубой с дренажной галереей в засыпке или с разгрузочной "ванной".

10.51. Швы между засыпными секциями причальных и направляющих сооружений часто выполняют без заполнения. При этом со стороны засыпки выполняется шпонка, в которой в качестве уплотнения используется материал, обладающий хорошей водопроницаемостью, но исключающий вынос грунта обратных засыпок в подходной канал,

10.52. Временные строительные швы по напорным граням сооружения должны перекрываться простейшими противофильтрационными шпонками (из оцинкованной стали, резиновых полос, синтетических материалов и др.).

10.53. Для уменьшения температурно-усадочных напряжений, а также влияния неравномерных осадок основания допускается устройство временных расширенных швов, заполняемых бетоном (замыкающие блоки) после выравнивания температур и стабилизации осадок.

10.54. Не допускается продольная разрезка днища голов шлюзов на нескальных грунтах основания во избежание независимых деформаций устоев, нарушающих нормальные условия работы затворов и механизмов.

10.55. При проектировании деформационных швов рекомендуется использовать положения "Руководства по проектированию и устройству гидроизоляции, теплогидроизоляции и деформационных швов." ПС-82. ВНИИГ.

II. РАСЧЕТЫ СООРУЖЕНИЙ ШЛЮЗА

Основные положения расчетов

II.I. В соответствии с п.5.I СНиП 2.06,07-87 [Л.I] расчеты сооружений судоходных шлюзов должны производиться по двум группам предельных состояний:

по первой группе (полная непригодность сооружений, их конструкций и оснований к эксплуатации) – расчеты общей прочности и устойчивости системы сооружений – основание; общей фильтрационной прочности оснований; устойчивости против опрокидывания для сооружений на скальном основании и для отдельных видов сооружений – против всплывания; прочности отдельных элементов сооружений, разрушение которых приводит к прекращению эксплуатации сооружений; неравномерных перемещений различных участков основания, приводящих к невозможности дальнейшей эксплуатации сооружения;

по второй группе (непригодность к нормальной эксплуатации) – расчеты оснований на местную прочность;

расчеты по ограничению перемещений и деформаций; по образованию или раскрытию трещин ; по нарушению местной фильтрационной прочности отдельных элементов сооружений, не рассматриваемой по первой группе предельных состояний.

II.2. При расчетах следует учитывать совместную работу сооружения с грунтовым или скальным основанием и засыпкой; статические, динамические, сейсмические и температурные воздействия на сооружение и основание, в том числе передаваемые соседними сооружениями; последовательность возведения сооружения и обратной засыпки за ним.

II.3. (5.2) Расчеты бетонных и железобетонных конструкций, в том числе на температурные воздействия, должны производиться в соответствии со СНиП 2.06.08-87 [Л.6].

II.4. (5.9) Расчеты сооружений небольшой протяженности, непрямолинейных в плане, переменной высоты, с переменной высотой засыпки, с неоднородным вдоль сооружения основанием или засыпкой, или другими переменными параметрами следует производить как для пространственной конструкции, т.е. для всего сооружения или его секции, ограниченной постоянными деформационными швами, с учетом взаимодействия с соседними сооружениями или конструкциями.

Если параметры сооружения, основания и засыпки не изменяются на протяжении более трех высот сооружения, расчеты допускается производить на единицу его длины.

II.5. (5.10) При расчете голов шлюзов, расположенных на нескальном основании, следует рассматривать раздельное возведение днища и устоев с последующим их замыканием в пространственную конструкцию докового типа. В головах шлюзов, возводимых на скальном основании, как правило, устои с плитой днища не омоноличиваются, их расчет ведется раздельно.

II.6. Расчеты устойчивости голов шлюза на плоский, глубинный и смешанный сдвиг производятся в соответствии с разделом 3 и приложениями 5, 6 и 7 СНиП 2.02.02-85 [Л.4].

II.7. При расчете устойчивости голов шлюза на нескальном основании, имеющих отсыпку по боковым поверхностям, не воспринимающую напорный фронт, в силы сопротивления следует включать силы трения грунта по боковым поверхностям.

II.8. Подпорные стены шлюзов, возводимые независимо от днища, следует проверять на опрокидывание по зависимости

$$\gamma_{lc} M_t \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} M_z \,, \qquad 70$$

где M_t, M_z – соответственно сумма моментов сил, стремящихся опрокинуть и удержать сооружение относительно центра тяжести прямоугольной эпюры сжимающих напряжений в бетоне интенсивностью R_{bt}, при этом моменты вычисляются для каждого силового воздействия в отдельности;

γ_{lc} – коэффициент сочетания нагрузок, принимаемый: для основного сочетания – 1,0, для особого – 0,9; для сочетания нагрузок в периоды строительства и ремонта – 0,95;

γ_n – коэффициент надежности по степени ответственности (назначению) сооружения, учитывающий капитальность и значимость последствий при наступлении тех или иных предельных состояний, принимаемый равным 1,25; 1,20; 1,15 и 1,10 соотвественно для сооружений I, II, III и IV классов;

γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0 по табл. 5 СНиП 2.02.02-85.

При сопротивлении скального основания смятию R_{cs} или бетонной плиты сжатию R_{bt}, равному менее 20 σ_{mz}, где σ_{mz} – среднее

напряжение по подошве сопряжения, устойчивость подпорных стен и аналогичных им сооружений следует рассчитывать по схеме предельного поворота в соответствии с Приложением 4 СНиП 2.02.02-85. Сопротивление скального основания смятию R_{cs} следует определять по п.2.14 и Приложению 4 СНиП 2.02.02-85.

II.9. (5.13). Проверка устойчивости на всплытие камер шлюзов и днищ, отрезанных от стен, производится из условия

$$\gamma_{lc} F_t \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot F_l \quad , \qquad 71$$

где $\gamma_c = 1$;

F_t и F_l - соответственно сумма сил, отрывающих конструкцию от основания и удерживающих ее.

Прочность контакта сооружения с основанием на отрыв не учитывается. При анкеровке конструкции в скальное основание учитываются удерживающие усилия анкеров. Конструкция, сечение и заглубление анкеров должны проверяться расчетом прочности, устойчивости и деформаций.

II.10. Оценка величины и неравномерности перемещений основных элементов шлюзов производится на основании расчетов осадок, смещений и кренов, выполняемых в соответствии с рекомендациями СНиП 2.02.02-85(4). При этом, как правило, коэффициенты надежности по нагрузке γ_f, по материалу γ_m, по грунтам γ_g и по ответственности сооружения γ_n принимаются равными 1.0.

Допускается оценивать неравномерность осадок отдельных элементов шлюзов по степени неравномерности напряжений в основании.

Нагрузки, воздействия и их сочетания

II.11. Нагрузки и воздействия на сооружения судоходных шлюзов подразделяются на постоянные и временные (длительные, кратковременные и особые).

Нагрузки, воздействия и их сочетания должны определяться согласно требованиям СНиП 2.06.01-86 [Л.2], СНиП 2.06.04-82 [Л.3], СНиП II-7-81 [Л.87] и настоящего Пособия.

II.12. В соответствии со СНиП 2.06.01-86 рассматриваются основные и особые сочетания нагрузок и воздействий.

(5.15). При расчетах на основные сочетания нагрузок и воздействий надлежит учитывать:

постоянные нагрузки и воздействия

а) собственный вес сооружения, включая вес постоянного технологического оборудования (затворы, подъемные механизмы и пр.), местоположение которого на сооружении не меняется в процессе эксплуатации;

б) вес грунта, постоянно расположенного на сооружении;

в) боковое давление грунта, возникающее от действия собственного веса грунта, постоянных и длительных временных нагрузок, действующих на поверхности грунта; давление грунтовой засыпки на прилегающие участки основания;

г) силовое воздействие воды, в том числе фильтрационное при установившихся расчетных уровнях со стороны лицевой и тыловой граней стен шлюзов, при нормальной работе противофильтрационных и дренажных устройств (для причальных сооружений и набережных, не входящих в состав сооружений напорного фронта, данная нагрузка относится к временной длительной);

д) предварительное напряжение конструкции или ее анкерных устройств;

временные длительные нагрузки и воздействия

е) силовое воздействие воды на лицевую грань стены камеры шлюза при наивысшем уровне воды основного расчетного случая или уровне наполненной камеры шлюза;

ж) температурные воздействия, соответствующие изменениям среднемесячных температур окружающей среды для среднего по температурным условиям года;

з) дополнительное (реактивное) боковое давление грунта на стены камер шлюзов, возникающее от действия длительных временных нагрузок (дополнительное давление воды на лицевую грань, температурные воздействия, вызывающие навал стены на грунт засыпки);

кратковременные нагрузки и воздействия

и) нагрузки от транспортных воздействий, строительных и перегрузочных механизмов и складируемых грузов (в зависимости от эксплуатационных условий данные нагрузки могут быть отнесены к временным длительным);

к) нагрузки от судов (навал, натяжение швартовов) при расчетных скоростях подхода судов;

л) нагрузки от волн, принимаемые в соответствии со СНиП 2.06.04-82* [Л.3] при средней многолетней скорости ветра;

м) ледовые нагрузки, принимаемые в соответствии со СНиП 2.06.04-82* для средней многолетней толщины льда;

н) гидродинамические, пульсационные нагрузки воды.

II.I3. (5.I6) При расчетах на особые сочетания нагрузок и воздействий следует учитывать постоянные, временные длительные, кратковременные и одну из особых нагрузок и воздействий:

а) сейсмические воздействия;

б) силовые воздействия воды, в том числе фильтрационные при форсированном уровне воды в водоеме (поверочный расчетный случай), соответствующем уровне нижнего бьефа, в случае нарушения нормальной работы противофильтрационных и дренажных устройств (до 50% полной эффективности) [взамен II.I2 г (5,I5 г)];

– в) температурные воздействия, определяемые для года с максимальной амплитудой колебаний среднемесячных температур, а также для года с максимально низкой среднемесячной температурой [взамен п.II,I2ж (5.I5 ж)];

г) волновое воздействие, определяемое в соответствии со СНиП 2.06.04-82* при максимальной расчетной скорости ветра обеспеченностью 2% для сооружений I и II классов, и 4% – для сооружений III и IУ классов [взамен п.II.I2л (5.I5 л)];

д) ледовые нагрузки, определяемые при максимальной многолетней толщине или прорыве заторов в зимних попусках воды в нижнем бьефе [взамен п.II,I2м (5.I5м)];

е) воздействия, вызванные взрывами вблизи проектируемого сооружения.

II.I4. В основные и особые сочетания нагрузок и воздействий следует включать только одновременно действующие кратковременные нагрузки и воздействия, перечисленные в п.II.I2 и,к,л,м,н.

II.I5. Коэффициенты надежности по нагрузкам γ_f принимаются в соответствии со СНиП 2.06.0I-86 и приведены в таблице I2. При использовании расчетных параметров $tg\varphi_I$ и C_I, определенных по СНиП 2.02.02-85 [Л.4] с односторонней (сверху и снизу) доверительной вероятности α = 0,95, коэффициент надежности по нагрузке для всех грунтовых нагрузок принимается равным I,0. Следует иметь в виду, что СНиП 2.02.02-85 ориентирует на расчетные характеристики C_I и $tg\varphi_I$, соответствующие нижней (относительно среднего значения) части доверительного интервала. При подсчете давления грунта в сочетании нагрузок, когда оно выгодно, надлежит использовать расчетные характеристики, соответствующие верхнему участку доверительного интервала.

II.I6 (5.I9) При отсутствии экспериментального обоснования прочностных характеристик грунтов допускается для песчаных грунтов засыпок стен III и IУ классов, а также для предварительных расчетов стен I и II классов использовать их нормативные значения, приведенные в СНиП 2.02.0I-83 [Л.I9] с уменьшением их значений,

на коэффициент условий работы γ_c = 0,9. В этом случае коэффициент надежности по нагрузке следует принимать γ_f = 1,2 (0,8).

11.17 (5.4) Боковое давление грунта засыпки необходимо определять с учетом прочностных и деформационных характеристик грунта и ограждающей конструкции, условий на контакте грунта и сооружения, последовательности и характера нагружения системы сооружение – основание, изменений уровней воды, изменений температуры окружающей среды, влияния соседних сооружений. Как правило, следует учитывать нелинейность и неоднозначность связи между напряжениями и деформациями в грунте, а для особо ответственных сооружений – зависимость этой связи от последовательности и характера нагружения и необратимости деформаций.

11.18. Боковое давление грунта допускается определять приближенным методом как сумму основного и дополнительного (реактивного) давлений, действующих на расчетную поверхность сооружения или засыпки в соответствии с рекомендуемым приложением 9. СНиП 2.06.07-87. Суммарные ординаты основного и дополнительного (реактивного) давления грунта не должны превышать интенсивность пассивного давления, определяемого по пп.6,7 приложения 9. СНиП 2.06.07-87.

Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f Таблица 12

Группа пред. состоян.	Вид нагрузки	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f
1	2	3
Первая (за исключением расчета на выносливость	Собственный вес сооружения	1,05 (0,95)
	Собственный вес обделок	1,2 (0,8)
	Вертикальное давление веса грунта	1,1 (0,9)
	Боковое давление грунта	1,2 (0,8)
	Давление наносов	1,2
	Горное давление	принимается по СНиП 2.06.09-84
	Гидростатическое и волновое давление, давление фильтрационных вод по подземному контуру, в швах и расчетных сечениях (противодавление)	1,0

I	2	3
Первая (за исключением расчета на выносливость)	Гидростатическое давление подземных вод на обделку	I,I (0,9)
	Вертикальные и горизонтальные нагрузки от подъемных, погрузочных и транспортных механизмов, а также от веса людей, складских грузов и оборудования	*принимается по* СНиП 2.01.07-85
	Снеговые нагрузки	I,4
	Ветровые нагрузки	I,2
	Ледовые нагрузки	I,I
	Нагрузки от судов	I,2
	Температурные и влажностные воздействия	I,I
	Сейсмические воздействия	I,0
Первая при расчете на выносливость	При расчете на все воздействия	I,0
Вторая	При расчете на все воздействия	I,0

Примечания:

I. Указанные в скобках значения коэффициента надежности по нагрузке относятся к случаям, когда применение минимального значения коэффициентов приводит к невыгодному загружению сооружения.

2. Коэффициент надежности по нагрузке равен I,0, если удельный вес бетона определяется лабораторными исследованиями, если все нагрузки на превышают 20% от веса сооружения, при грунтовых нагрузках , определенных с использованием расчетных характеристик, вычисленных по п.2,7 СНиП 2.02.02-85, а также для температурных воздействий, определенных по многолетним наблюдениям.

II.I9. Основное давление грунта следует определять:

а) при расчетах устойчивости гравитационных стен:

на тыловую грань

для стен на нескальном основании, принимая грунт в состоянии предельного равновесия (активное давление);

для стен на скальном основании при жесткой связи со скалой и при наличии упора с низовой стороны, принимая грунт в допредельном состоянии (давление покоя);

на лицевую грань, принимая грунт в состоянии предельного равновесия (пассивное давление);

б) при расчетах прочности (в том числе контакта сооружения со скалой), деформаций и перемещений гравитационных стен камер шлюзов, принимая грунт в допредельном напряженном состоянии (давление покоя) с лицевой и тыловой граней; при повышенной деформативности стены или основания следует рассматривать возможность образования предельного состояния засыпки с тыловой и лицевой граней стены;

за критерий образования предельного состояния засыпки (активного давления) принимается смещение стены от давления покоя, равное или превышающее 1/2000 от высоты рассматриваемого сечения над основанием стены;

для стен временных шлюзов и высотой до 10 м разрешается производить расчеты на активное давление грунта;

11.20. Дополнительное (реактивное) давление грунта на тыловую грань стены, вызываемое температурными воздействиями, дополнительным давлением воды при наполнении камеры шлюза, другими нагрузками со стороны лицевой грани стены, а также перемещениями основания, приводящими к перемещению стены на грунт засыпки, учитывается при расчете прочности и перемещений конструкций, а также при расчете железобетонных конструкций по образованию и раскрытию трещин; в расчетах устойчивости сооружений дополнительное давление грунта не учитывается. Дополнительное (реактивное) давление грунта определяется расчетом сооружения совместно с грунтом засыпки и основанием в соответствии с п.8 приложения 9. СНиП 2.06.07-87. Грунт допускается рассматривать как невесомое упругое линейно деформируемое основание, характеризуемое модулем деформации и коэффициентом поперечного расширения или коэффициентом упругого отпора (постели).

11.21. Модуль деформации грунта следует принимать на основании данных лабораторных или полевых исследований, выполняемых в соответствии со СНиП 2.02.02-85. Допускается использовать нормативные значения модулей деформаций грунтов согласно таблице 13 с данными, заимствованными из СНиП 2.02.01-83 и СНиП 2.06.07-87.

Следует учитывать изменение деформативных характеристик грунта по глубине засыпки.

II.22 (5.7) При определении дополнительного (реактивного) давления следует учитывать влияние расположенных за засыпкой на расстоянии, меньшем ее высоты, других сооружений или скального массива.

II.23 (5.8). В сооружениях с параллельными подпорными стенами (например, двухниточные шлюзы), где расстояние между стенами не превышает высоты засыпки, следует учитывать дополнительное давление грунта, вызванное перемещением параллельно расположенной стены на грунт засыпки.

II.24. При определении дополнительного (реактивного) давления грунта должно учитываться изменение жесткости конструкции (конструкционного модуля деформации) в связи с образованием и раскрытием трещин. Расчет производится в соответствии со СНиП 2.06.08-87.

II.25. При кратковременном загружении деформационные характеристики засыпок допускается повышать до 30% по сравнению с данными таблицы 2.

II.26. При расчете на температурные воздействия расчетную температуру надлежит определять по общим правилам расчетов нестационарного температурного поля сооружения за шестимесячный период: от самого холодного t_1 до самого теплого t_2, причем действительная криволинейная эпюра распределения температур заменяется статически эквивалентной трапецеидальной эпюрой. Для расчетов методом строительной механики стержневых систем или по теории плит на каждый период определяются средние по сечениям значения температур $t_{mt_{1,2}}$ и их перепады по краям сечений $\Delta t_{mt_{1,2}}$. Расчетные значения средних температур t_d и их перепадов Δt_d вычисляются как разности

$$t_d = t_{mt_2} - t_{mt_1}$$
$$\Delta t_d = \Delta t_{mt_2} - \Delta t_{mt_1}$$

При отсутствии теплофизических характеристик бетона, необходимых для расчета распределения температур и термонапряженного состояния, их допускается принимать по табл.I приложения 2 СНиП 2.06.08-87.

II.27 (5.20). При соответствующем обосновании допускается не учитывать кратковременные нагрузки редкой повторяемости в расчетах по предельным состояниям второй группы.

Таблица I3

Нормативные значения модулей деформации грунтов

а) несвязных

Виды несвязных грунтов	Нормативные значения модуля деформаций несвязных грунтов E_n, МПа (кг/см2), при коэффициенте пористости		
	0,45	0,55	0,65
Горная масса	60(600)	50(500)	40(400)
Галечный грунт	55(550)	45(450)	35(350)
Песок гравелистый крупный	50(500)	40(400)	30(300)
средней крупности	45(450)	38(380)	28(280)
мелкий	40(400)	30(300)	26(260)

б) связных

Происхождение грунтов четвертичных отложений	Наименование грунтов	Пределы нормативных значений показателя текучести	Нормативные значения модуля деформации связных грунтов E_n, МПа (кг/см2), при коэффициенте пористости		
			0,45	0,55	0,65
Аллювиальные	супеси	$0 \leqslant J_L \leqslant 0,75$	32(320)	24(240)	I6(I60)
Делювиальные Озерные	суглинки	$0 \leqslant J_L \leqslant 0,25$	34(340)	27(270)	22(220)
Озерно-аллювиальные		$0,25 \leqslant J_L \leqslant 0,50$	32(320)	25(250)	I9(I90)
Флювиогляциальные	супеси	$0 \leqslant J_L \leqslant 0,75$	33(330)	24(240)	I7(I70)
	суглинки	$0 \leqslant J_L \leqslant 0,25$	40(400)	33(330)	27(270)
		$0,25 \leqslant J_L \leqslant 0,50$	35(350)	28(280)	22(220)
Моренные	супеси	$J_L \leqslant 0,50$	55(550)	45(450)	-

II.28(5,21). Пульсационные и другие виды гидродинамических нагрузок определяются на основании гидравлических лабораторных исследований.

II.29. Сейсмические воздействия на сооружение и грунтовую засыпку следует учитывать в соответствии со СНиП II-7-81 [Л.87].

II.30. Нагрузки от судов следует определять по обязательному приложению 10 СНиП 2.06.07-87 и по Приложению 2 к настоящему Пособию.

РАСЧЕТНЫЕ СЛУЧАИ.

II.31. При расчетах сооружений шлюза должны быть рассмотрены следующие расчетные случаи:

В период эксплуатации шлюза при циклическом наполнении и опорожнении камеры.

Эксплуатационный случай I, рис. 77а.

Камера наполнена до наивысшего судоходного уровня, уровень грунтовых вод за стенами находится на наинизшем уровне.

Эксплуатационный случай II, рис.77б.

Камера опорожнена до наинизшего судоходного уровня, уровень грунтовых вод за стенами находится на наивысшем уровне при нормальной работе дренажных устройств.

В период ремонта и аварийных ситуаций

Ремонтный случай, рис.77 в, г.

Камера осушена, уровень грунтовых вод за стенами находится на наивысшем уровне (см. п.3.9 Пособия).

Аварийно-ремонтные случаи:

а) камера наполнена, обратная засыпка частично удалена, (желательно рассмотреть случай удаления засыпки до дна дренажа);

б) камера осушена, уровень грунтовых вод в засыпке на наивысшем уровне.

Случаи а) и б) не являются определяющими и имеют поверочный характер. В результате расчетов устанавливаются: в случае а) - минимальная отметка верха обратной засыпки, в случае б) - максимальный уровень грунтовых вод, при котором возможно производить ремонт, не превышая при том расчетных значений напряжений в бетоне и арматуре, полученных для других расчетных случаев.

Строительный случай, определяемый схемой производства работ: поэтапные возведение шлюза и выполнение обратной засыпки;

при этом уровень грунтовых вод в засыпке принимается в естественных условиях, если дренаж еще не работает.

Размер наименьшей допустимой засыпки ко времени возведения сооружения на полную высоту должен устанавливаться в проекте исходя из условия, чтобы этот случай не был расчетным.

Для камер с временной разрезкой днища на период строительства необходимо производить расчет в строительном случае при двух этапах работы камеры: до замоноличивания временного шва по оси камеры и после его замоноличивания.

Расчет стен камер с водопроницаемыми днищами

II.32. Отдельно стоящие стены камер судоходных шлюзов на нескальных основаниях с водопроницаемыми днищами являются, по существу, малонапорными засыпными гидротехническими подпорными стенами. Для них основными расчетными нагрузками является давление насыщенного и ненасыщенного водой грунта обратных засыпок.

Стены камер шлюзов с водопроницаемыми днищами всех типов (уголкового профиля, контрфорсные, ячеистые из оболочек большого диаметра или из тонких железобетонных плит, шпунтовые и другие) могут быть рассчитаны, во всех принимаемых для судоходных шлюзов расчетных случаях (п.II.31), используя "Пособие по проектированию подпорных стен", [Л.91] . При этом во всех расчетных случаях необходимо учитывать взвешивающее давление воды в засыпке и основании при соответствующих уровнях, а при наполненной камере необходимо учесть нагрузку от судов.

II.33. Расчеты должны производиться для сооружения в целом на сдвиг по основанию, на опрокидывание и неравномерность давления на основание, а для отдельных конструкций и элементов оснований - на прочность. При этом уровни в засыпке, а также взвешивающее и фильтрационное противодавление воды на фундаментную плиту определяются из условия, что при водопроницаемых днищах в отдельные периоды эксплуатации камера может длительное время (сутки) стоять наполненной или опорожненной. В этом случае неустановившееся движение фильтрационного потока между камерой и дренажем в засыпке будет приближаться к установившемуся, а при дальнейшем быстром (несколько минут) опорожнении или наполнении камеры уровни воды за ней и под ней не могут еще значительно изменяться. Расчетные уровни воды за стенами камер с

водопроницаемыми днищами приведены на рис.78.

Учитывая вышеизложенное, в эксплуатационном расчетном случае опорожненной до минимального уровня камере принимают эпюру фильтрационного давления, полученную в условиях установившегося движения при наполненной камере, рис.78а, а в расчетном случае наполненной камеры - эпюру, полученную в условиях такого же движения при опорожненной камере, рис.78 б.

В ремонтном расчетном случае, ввиду относительно медленного понижения уровня воды в камере при откачке ее, расчетные уровни за стенами и под фундаментной плитой можно принимать по эпюре фильтрационного давления, полученной в условиях установившегося движения при опорожненной камере, рис. 78 б.

II.34. Эпюры фильтрационного давления за стенами и под фундаментной плитой при установившемся фильтрационном потоке между камерой и дренажем на предварительных стадиях проектирования могут быть получены в плоской задаче по существующим способам их расчета (по способу коэффициентов сопротивления, методом удлиненной контурной линии) или методом ЭГДА [Л.71] . Учитывая некоторую условность исходного положения данного расчета и небольшую точность назначения (по данным геологических изысканий) глубину активной зоны фильтрации под стеной камеры $T_{акт}$, рекомендуется в плоской задаче определять противодавление по методу удлиненной контурной линии [Л.71] . В этом случае при построении развернутого подземного контура сооружения к нему добавляются в обе стороны дополнительные горизонтальные участки длиной $\lambda_0 = 0{,}44\ T_m$ (T_m - средняя глубина активной зоны фильтрации), тогда "виртуальная" (кажущаяся) длина подземного контура составит $\lambda = \Sigma\lambda_i + 2\lambda_0$.

После этого по линейной зависимости определяют давление воды на стену и под фундаментной плитой h_i .

Водопроницаемые днища малонапорных судоходных шлюзов на нескальных основаниях, состоящие из двух - трехслойных обратных фильтров, покрытых для защиты их от размыва дырчатыми или щелистыми железобетонными плитами, должны проверяться на выходные градиенты фильтрационного потока $i_{вх} = \frac{h_t}{l_t} \leq 0{,}6$.

На стадии проекта фильтрационные расчеты оснований и сооружений шлюзов выполняются в соответствии с рекомендациями и требованиями СНиП 2.02.02-85, СНиП 2.06.06-85 и главы 9 настоящего Пособия.

II.35. Горизонтальное давление засыпки на камерную стену выше уровня воды определяется непосредственно по формулам приведенным в "Пособии по проектированию подпорных стен" [Л.9I], а ниже уровня воды по тем же формулам,но с учетом взвешивания, $\gamma_{d,up}=\gamma_d-(1-e)\gamma_w$, где e- коэффициент пористости грунта.

При этом удельный вес грунта для активного и пассивного давления принимается с учетом среднего градиента фильтрации i_m по формулам $\gamma_a=\gamma_{d,up}+i_m$; $\gamma_p=\gamma_{d,up}-i_m$.

II.36. Расчетные силы от навала судов на камерные стены для расчетного случая наполненной камеры и от натяжения швартовов для расчетного случая опорожненной до минимального уровня камеры, определяются по формулам, приведенным в Приложении 2.

II.37. При расчете камерных стен типа портовых набережных с уголковыми стенами, заанкеренными за фундаментную плиту, ячеистых стен из оболочек большого диаметра или из тонких железобетонных панелей, а также шпунтовых одноанкерных и заанкеренных наклонными сваями рекомендуется пользоваться указаниями Гипроречтранса по проектированию причальных набережных СНРФ 54.I-85, разделы I-8 с учетом п.п II.35 и II.36 Пособия.

II.38. Камерные стены на прочном, ненарушенном и невыветренном скальном основании всех типов: бетонные массивные треугольного и трапецеидального профиля, массивно-контрфорсные и железобетонные контрфорсные с анкеровкой их в скалу или без нее должны рассчитываться при всех расчетных случаях (п.II.3I) по нормам проектирования СНиП 2.06.06-85 "Плотины бетонные и железобетонные".

Расчет камер с разрезными днищами

II.39. Расчет стен камер судоходных шлюзов со сплошными разрезными железобетонными днищами выше отметки дна камеры выполняются в соответствии со СНиП 2.06.07-87 и общими положениями расчетов сооружений шлюзов настоящей главы, используя "Пособие по проектированию подпорных стен" [Л.9I].

II.40. При наличии в стенах камер шлюзов с распределительными системами питания круглых или прямоугольных водопроводных галерей, всегда расположенных ниже наинизшего навигационного уровня воды в камере, верхняя часть стены (выше этого уровня) рассчитывается по рекомендациям (п.II.39), а нижняя часть стены

с галереями рассчитывается как рама со стойками, заделанными в фундаментную плиту. Раму считают нагруженной силами, передаваемыми на нее верхней частью стены, а стойки ее нагруженными давлением воды и грунта на них, рис.79. Стойки и верхний ригель рамы принимают в расчетах постоянной, но различной толщины и жесткости, а нижний ригель, которым является фундаментная плита значительно большей толщины, абсолютно жестким.

II.41. Дальнейший расчет камер однониточных шлюзов с разрезным (по оси шлюза) днищем ведется с установления длины тыловой консоли (при предварительно принятой переменной толщине консольной части и длине в сторону камеры, равной $l_в = \frac{b_c}{2}$). Для этого, задаваясь несколькими ее длинами по простым формулам внецентренного сжатия стен по их основанию во всех расчетных случаях определяют контактные (реактивные) давления стены на основание в краевых точках днища (по оси камеры и концу тыловой консоли). Полученные результаты считают удовлетворительными при неравномерности давлений под днищем (за вычетом взвешивающего давления воды от уровня его в дренаже) в обоих расчетных эксплуатационных случаях (наполненной и опорожненной камере) не более I:5 при песчаных несвязных грунтах основания и не более I:3 при глинистых связных грунтах, рис. 80. В ремонтном случае под днищем не должно быть отрицательных давлений. На шлюзах, осуществленных с разрезными днищами, (Нижне-Свирском, Волго-Донского судоходного канала им.Ленина) последние принимались на песчано-глинистых основаниях абсолютно жесткими. Однако, при основании с высокими модулями деформации рекомендуется уточнить реактивные напряжения с учетом упругости основания. Это можно делать с учетом веса обратной засыпки, пользуясь имеющимися таблицами значений единичных интенсивностей реактивного давления балки на упругом основании [Л.80,83] при показателях гибкости днища

$$t_{гл} \approx 10 \frac{E}{E_1} \cdot \frac{l_в^3}{h_в^3}, \qquad 72$$

где E и E_1 – соответственно модули упругости грунта основания и днища;

$l_в$, $h_в$ – полудлина и средняя толщина днища (без галерей).

II.42. Устойчивость полусекции камерных стен с консольным разрезным днищем с принятой длиной тыловой консоли проверяется только на опрокидывание (сдвигу ее препятствует упор каждой

полусекции в противоположную) по формуле

$$\gamma_{lc}\,\gamma_n \cdot M_t \leq \gamma_c \cdot M_\tau \,, \qquad 73$$

где M_τ и M_t – сумма моментов соответственно удерживающих и опрокидывающих полусекцию сил относительно нижнего положения точки приложения силы упора в разрезном шве. С учетом врезки в днище противофильтрационных уплотнений эту точку рекомендуется предварительно принимать в расчетных случаях опорожненной и осушенной камеры шлюза на 2/3 высоты шва, считая от подошвы днища.

II.43. Консольную часть днища следует рассчитывать на прочность в ремонтном расчетном случае на реактивное давление основания (включая взвешивающее давление воды, рис.81, и проверять в эксплуатационном расчетном случае наполненной камеры на алгебраическую сумму соответствующего реактивного давления основания и вертикального давления воды на нее из камеры.

Величину силы, сжимающей консоль принимают при расчете равной

$$N_{con} = E_y + T - P_f\, t_{con} \qquad 74$$

где

$$E_y = E - \frac{\sigma_{max}+\sigma_{min}}{2}\cdot B\,tg\,\varphi_I - C_I B;$$

$$T = \frac{\sigma_{max}+\sigma_\alpha}{2}\, l_\delta\, tg\,\varphi_I + C_I\, l_\delta;$$

E – сумма всех горизонтальных сил, действующих на полусекцию шириной по основанию B.

σ_{max} и σ_α, σ_{min} – ординаты эпюры реактивного давления под полусекцией при абсциссах $\alpha=0$ и $\alpha = l_\delta$; $\alpha = B$.

$tg\varphi_I$ и C_I – расчетные сдвиговые характеристики на контакте днища с грунтом основания(наибольший реально возможный).

P_f – фильтрационное противодавление в расчетном шве консоли толщиной t_{con}.

II.44. Конструкцию уплотнения шва в днище между двумя полусекциями камеры следует проверять по формуле 74 на восприятие им полного горизонтального давления E при $tg\varphi_I$ и C_I – наименьших реально возможных характеристиках сдвига бетона по грунту основания, а при слабых глинистых и илистых водонасыщенных грунтах основания совсем без учета трения бетона по нему.

Расчет камер с неразрезным днищем

II.45. Расчеты камер судоходных шлюзов с неразрезными днищами следует начинать с установления предварительно ширины стен камеры по низу (и в других сечениях при переломах тыловой грани по высоте) расчетом ее сечений на прочность в плоской задаче в ремонтном расчетном случае на все действующие силы (кроме реактивного давления грунта засыпки от температурных воздействий п.II.IO.,з). Затем, по величине изгибающего момента в сечении днища под лицевой гранью стены определяют предварительно толщину днища $h_в$ при равномерном по его длине реактивном давлении грунта основания $\sigma_m = \frac{P_z}{2\ell}$;

После этого, при принятой толщине днища $h_в$, расчет камеры с неразрезным днищем производится для всех расчетных случаев (*п.II.3I*). *При этом ремонтный расчетный случай* осушенной камеры может, как правило, иметь место только в межнавигационный период года, когда температурные воздействия на камерные стены сравнительно малы.

II.46. Расчет прочности днища, жестко соединенного с камерными стенами производится во всех расчетных случаях в плоской задаче при однослойном или двухслойном упругом линейно-деформируемом основании конечной глубины, характеризующимся модулями деформации E_y и коэффициентом поперечного расширения грунта ν

Реактивное давление засыпки определяется при коэффициенте упругой податливости (горизонтальный коэффициент постели) переменном по ее глубине $-y$; $K_{(y)} = (3-4)y \leq 15-20$ кН/м³

II.47. Расчет прочности конструкции камеры может производиться на ЕС-1033 по программе "КРАК", разработанной ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева для плоских стержневых статически неопределимых конструкций в нелинейной постановке задачи.

По этой программе в результате расчетов определяются усилия в сечениях, реакция грунта засыпки и основания, перемещения и величина раскрытия трещин, а также продольная арматура по оси симметрии участков стен и днища.

Пример расчета камеры шлюза с неразрезным днищем приведен в Приложении 3.

II.48. В случае отсутствия у проектной организации ЕС-1033 или программы "КРАК", расчет неразрезного днища камеры может быть, более приближенно, произведен по схеме, приведенной на рис. 82, с определением реакции основания под днищем по таблицам интенсивности реактивного давления под балкой на упругом основании $M = f(x)$ при каждом виде нагрузок на днище, при коэффициенте гибкости его t, определяемом по (72), где E и E_T модули упругости соответственно грунта основания днища, а h_ε и l_ε - средняя толщина и полуширина днища [Л.80,83].

При суммировании для данного расчетного случая реактивного давления основания от всех нагрузок на днище, включая пригрузку его от веса обратных засыпок за стены, определяются изгибающие днище моменты M_x, перерезывающие и продольные силы Q_x и N_x.

II.49. Влияние пригрузки основания обратными засыпками стен за пределами днища на эпюру реактивных давлений основания на днище зависит от очередности выполнения работ по засыпке. В связи с этим в каждом расчетном случае следует принимать наиболее невыгодные для работы сооружения значения q с коэффициентом надежности I.Iили 0.9. Форму обратной засыпки обычно принимают при узких пришлюзовых площадках треугольную, при примыкании к шлюзу плотины или дамбы-прямоугольную (рис. 83).

II.50. При расположении в неразрезных днищах камер продольных водопроводных галерей распределительных систем питания расчетный момент инерции днища при определении коэффициента гибкости его $t_{\mathcal{L}}$ принимается равным

$$J_B = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{J_i \cdot l_{Bi}}{l_B},$$

где n - число участков днища различного поперечного сечения;

$J_i = \frac{b h_B^3}{12}$ - момент инерции днища вне галереи;

$J_B = J_i - \frac{b h_g^3}{12}$ - момент инерции днища в пределах галерей высотой h_g.

II.51. При наличии в неразрезном днище водопроводных галерей расчет этих участков днища можно вести как одноэтажных многопролетных рам с абсолютно жесткими ригелями и ступенчатой (или одинаковой) толщиной стоек по высоте.

II.52. При очень слабых глинистых или илистых грунтах в основании камер с относительной плотностью $D < 0,5$ допускается определять реактивные давления под днищем по формулам внецентренного сжатия или по методу "экспериментальных эпюр", приведенному в СНиП 2.02.02-85 [Л.4] .

II.53. При неоднородном основании, наличии в нем, в пределах активной толщи глубиной $h_a \geq l_б$, двух или более слоев различной или переменной толщины, оно приводится в расчетном отношении к однородному основанию с модулем деформации E_c ., определяемом из условия равенства осадок неоднородного и условного однородного основания по указанной в п.II.52 главе СНиП.

II.54. Расчет камер с временно-разрезным днищем, разделение которого в строительный период вертикальными штрабами на две или три части для передачи, до их замыкания, части нагрузок от стен непосредственно на основание (и на работу неразрезного днища не влияющих), отличается, в расчетном отношении, от описанного выше расчета камер с неразрезным днищем только тем, что по ряду нагрузок учитывается в расчете только доля их K_t , зависящая от отношения расчетной осадки камеры ко времени замоноличивания штраб днища S_t к полной расчетной их осадке . S_∞ .

Расчет этих осадок может быть произведен по СНиП 2.02.02-85 или другим техническим литературным материалам, например [Л.80].

Но так как в проектах судоходных шлюзов трудно сколько-нибудь точно предусмотреть срок времени между устройством и замыканием штраб в днище, в них обычно принимают значения K_t равным:

0,I-0,I5 -при песчаных грунтах основания,

0,3-0,35 - при связных (глинистых) грунтах основания.

II.55. В отношении устойчивости камеры с неразрезными и временно-разрезными днищами допускается расчитывать их только на всплывание (так как устойчивость на сдвиг и опрокидывание обеспечивается прочностью днищ и стен).

Камеры шлюзов с неразрезными днищами следует проверять в плоской задаче на всплытие в ремонтном расчетном случае опорожненной камеры при основном и особом сочетании действующих нагрузок и воздействий по формуле: *?1, п. 11.9*

$$\gamma_{lc}\,\gamma_n\,U_{tot} \leq \gamma_c\,(\ldots P_v + T), \qquad 75$$

где: $\sum P_v$ – сумма расчетных значений вертикальных сил (веса конструкции и засыпки на них);

$T = \sum E_{ah} tg\varphi$ – произведение активного давления грунта засыпки (по схеме предельного равновесия) на коэффициент трения его по бетону стен;

U_{tot} – противодавление воды на все днище при наивысшем уровне воды за стенами при основном и особом сочетаниях нагрузок.

Расчет голов

II.56. Устои голов, загруженные и в поперечном и в продольном направлении давлением грунта и воды (прямо или через ворота), рассчитывают при расчетных нагрузках на устойчивость в отношении сдвига по неразрезному днищу или скале целиком или только одного упорного массива, воспринимающего распор ворот, рис.84, по формуле

$$\gamma_{lc} \cdot \gamma_n \left(\sum T_{hw} + E_{hw} + T_g \right) \leq \gamma_c \left(\sum P - U_{tot} \right) tg\varphi ; \qquad 76$$

где: $\sum P$ – вес массива устоя;

U_{tot} – противодавление на основание устоя;

T_{hw} – давление воды на верховую грань устоя или в расчетном вертикальном шве перед упорным массивом;

E_{hw} – давление грунта на верховую грань устоя;

T_g – давление от ворот (вдоль оси шлюза);

$tg\varphi$ – характеристики сдвига по бетону.

В случае невыполнения условия (76) устанавливается поясная арматура, связывающая упорный массив с устоем головы или устой с днищем.

II.57. Напряжения под подошвой упорного массива и всего устоя в краевых точках определяется по следующей формуле внецентренного сжатия

$$\sigma^{max}_{min} = \frac{\sum P}{A} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} , \qquad 77$$

где: P – вес устоя или упорного массива с площадью основания A;

M_x, M_y – моменты всех сил относительно продольной X и поперечной Y осей, проходящих через центр тяжести подошвы;

W_x, W_y – моменты сопротивления площади подошвы устоя или упорного массива относительно осей x и y.

При наличии отрицательных напряжений по основанию упорного массива или устоя возможна анкеровка их в бетон днища или скалу.

II.58. При нескальном основании головы с неразрезным днищем расчет давлений ее на основание ведется для головы в целом по подошве ее днища. При этом неравномерность давлений (за вычетом взвешивающего и фильтрационного давления воды) в эксплуатационных расчетных случаях ограничивается коэффициентами неравномерности, $K_{unt}=\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{min}}$ принимаемыми не более: при несвязных (песчаных) грунтах основания - 5, при связных (глинистых) грунтах основания - 3.

В ремонтном случае коэффициент неравномерности, при условии обеспечения сжимающих напряжений по всему основанию $\sigma>0$, не ограничивается.

II.59. Устойчивость голов на нескальных основаниях проверяют на плоский сдвиг по плоскости подошвы днища, а при наличии в основании слоев более слабых грунтов, до которых доведены зубья днища также по их подошве по формуле

$$\gamma_{lc}\,\gamma_n\cdot F \leq \gamma_c\cdot R \,, \qquad 78$$

где $R=(P-U_{tot})\,tg\,\varphi_I+\beta_g C_I+E_{fr}+E_{a,tw}+T_{tw}$ – сумма расчетных удерживающих сил;

$F=T_{hw}+E_{a,hw}+T_s$ – сумма расчетных сдвигающих сил;

T_{hw} и T_{tw} – суммарное давление воды на голову со стороны верхнего и нижнего бьефов;

$E_{a,hw}$ – активное давление грунта в состоянии предельного равновесия на голову со стороны верхнего бьефа;

$E_{o,tw}$ – давление грунта в состоянии покоя со стороны нижнего бьефа;

E_{fr} – силы трения от активного давления грунта на тыловые грани устоев головы;

T_s – прочие сдвигающие силы, в частности, сейсмические при особом сочетании нагрузок.

При этом допускается учитывать упор голов в расположенные ниже секции камер или пал с неразрезными днищами.

Пример расчета устойчивости верхней головы по схеме плоского сдвига дан в Приложении 4.

II.60. Расчет нижних голов, как пространственных конструкций с днищами различного пролета и устоями различной толщины в шкафной и упорной частях, может производиться на ЕС-1033 по

программе "СИПРАМАК", составленной ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева при приведенных ниже упрощениях расчетной схемы:

а) устои голов массивной конструкции считаются "абсолютно жесткими", в связи с чем не учитываются полости и вырезы в них под водопроводные галереи и оборудование;

б) за расчетный контур принимается плита днища, включая участок его под устоями;

в) нагрузки от веса устоев прикладываются как равномерно-распределенные.

II.6I. В случае отсутствия у проектной организации ЕС - I033 или программы "СИПРАМАК" несколько более приближенный расчет голов судоходных шлюзов как пространственных конструкций на упругом основании может быть произведен с разбивкой их по длине на 2 или 3 зоны, рис.85, с принимаемыми постоянными в расчетном отношении поперечными сечениями головы в каждой зоне и расчетными условиями работы днища в каждой зоне как средней между независимой их работой и полной взаимосвязанностью (глава IX [Л.7I]). Каждая зона рассчитывается как отдельная балка на упругом основании на эпюру реактивного давления грунта основания под головой в целом, осредненную в пределах каждой зоны. При этом вертикальные силы алгебраически суммируют с уравновешивающими силами между зонами, равными по величине возникающим между ними перерезывающим силам, определяемым по формуле $P_{dat} = \Omega_m - \Omega_z$, где Ω_m и Ω_z - площади эпюры реактивного давления грунта основания, полученные для данной зоны соответственно при расчете головы в целом (с учетом продольных горизонтальных сил) и каждой зоны в отдельности от действия на нее только вертикальных сил. Ввиду большой толщины днищ голов они могут приниматься абсолютно жесткими (при $t_k < 1$). При этом все вертикальные силы приводятся к равномерной нагрузке интенсивностью q_z, влияние приложенных к днищу изгибающих моментов от внешних нагрузок не учитывается, а единичные интенсивности реактивных давлений под симметрично нагруженной балкой длиной $2l_e$, лежащей на упругом сжимаемом слое конечной глубины $H = l_e$ принимаются по [Л.7I].

При других значениях H и t такие данные приведены в приложении к [Л.80] .

Уравновешивающие силы считаются приложенными посредине устоев, в виде сосредоточенных нагрузок. С учетом этих сил реакции основания всегда могут определяться как для жесткой балки на упругом основании ([Л.80] , таблица 2 приложения).

Расчетные значения изгибающих моментов и поперечных сил для отдельных зон и для всей головы определяются далее как средние арифметические значения их для зон и головы в целом.

Расчет причальных и направляющих сооружений

II.62. Особенность статических расчетов широко применяемых при нескальных основаниях незасыпных причальных сооружений в виде железобетонной надстройки на высоком свайном ростверке состоит в том, что единственной расчетной нагрузкой на них (кроме веса самой конструкции) является навал подходящих судов.

Определение этой нагрузки, зависящей от кинетической энергии судна и деформации под нагрузкой конструкции причального сооружения и его основания, приведено в Приложении 2.

II.63. Расчет сплошных и рамных конструкций, железобетонных надстроек по СНиП 2.06.08-87, [Л.6] , а также свайных оснований их по СНиП 2.02.03-85, [Л.I4] , следует производить, исходя из распространения силы ударной нагрузки на участок причала длиной $\Delta \ell = 2 B_m$, где B_m – ширина его конструкции по нормали к лицевой поверхности или исходя из линейного распределения ее вдоль секции между температурно-осадочными швами. При этом для свайных козловых конструкций должны определяться усилия в сваях, соответствующие им отказы для сжатых свай и наименьшие глубины забивки растянутых свай по удельному сопротивлению трения по боковым поверхностям свай. Кроме того, необходимо проверять общую устойчивость всего сооружения по круглоцилиндрической поверхности, проходящей по нижним концам свай.

II.64. При скальном основании на отметках, близких к дну канала, и грунтах основания, не допускающих забивки в них свай, надстройка может опираться на железобетонные опоры, заделанные в основание или в фундаментную плиту. В первом случае стойки рассчитываются как элементы образованных ими рам с жестким верхним ригелем – надстройкой; во втором случае фундаментная плита

рассчитывается как конструкция на упругом основании, нагруженная давлением от стоек или бычков. При этом причал рассматривается как сооружение гравитационного типа, которое необходимо рассчитывать на сдвиг, опрокидывание и неравномерность давления на грунт.

II.65. Неравномерность давлений причала под фундаментной плитой следует ограничивать величиной 5 (при несвязных грунтах) и 3 (при связных грунтах основания).

При скальных основаниях неравномерность давлений на него не ограничивается, но не допускается отрицательных давлений или они воспринимаются заделанными в скалу анкерами.

12. МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ШЛЮЗОВ

Общие положения

12.1. Настоящий раздел содержит требования к механическому оборудованию, связанному с работой судопропускных сооружений.

Механическое оборудование судоходных шлюзов следует проектировать в соответствии с требованиями к этому оборудованию глав СНиП 2.06.01-86 "Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования", СНиП 2.06.07-87 "Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения", настоящего раздела Пособия и СНиП по проектированию стальных конструкций [Л.7].

Оборудование должно удовлетворять условиям прочности, надежности, удобства эксплуатации, экономичности и требованиям техники безопасности.

12.2. Оборудование шлюзов, расположенных на одном водном пути или работающих в одинаковых условиях, должно приниматься по возможности однотипным, с максимальной унификацией и стандартизацией узлов и деталей.

12.3. При проектировании механического оборудования должны быть удовлетворены требования охраны окружающей среды, в частности, исключено попадание в воду смазки и других отходов.

12.4. Оборудование шлюзов не должно выступать за пределы полезных подводных и надводных судоходных габаритов.

12.5. Срок службы узлов и деталей оборудования, которые могут быть заменены только при осушенной камере, должен быть не менее 10 лет.

12.6. Для перехода с одной стенки шлюза на другую по верху ворот должны быть предусмотрены служебные мостики, оборудованные ограждением. Ширина служебных мостиков должна приниматься с учетом возможностей пропуска по ним средств малой механизации, но не менее 1 м. На подъемно-опускных и откатных воротах ограждения мостиков допускается делать с одной стороны и автоматически складывающимися. При ширине мостика более 2 м разрешается не применять ограждений.

12.7. На шлюзах должны быть предусмотрены места для хранения запасных ремонтных затворов, штанг и другого оборудования, защищенные от действия влаги атмосферных воздействий.

12.8. Ворота должны быть оборудованы стационарными стремянками

и переходами, люками и лазами для наблюдения за состоянием конструкций. Отверстия шахт для спуска в водопроводные галереи и другие проемы должны быть перекрыты крышками и иметь съемное ограждение. Масса отдельных крышек, поднимаемых вручную, не должен превышать 50 кг. В глубоких (свыше 10 м) шахтах должно быть обеспечено временное или постоянное освещение в зависимости от местных условий.

12.9. (3.21).

На верхних головах шлюзов следует предусматривать основные (эксплуатационные) и аварийно-ремонтные ворота, на нижних головах - основные и ремонтные ворота. На водных путях местного значения допускается использование основных ворот верхней головы в качестве аварийных, в этом случае впереди них необходимо предусматривать установку ремонтных ворот.

Время перекрытия потока аварийными и аварийно-ремонтными воротами должно быть обосновано в каждом конкретном случае.

Аварийные и аварийно-ремонтные ворота должны закрываться при отключении электропитания.

Помимо этого привод аварийных ворот на верхней голове шлюза должен иметь два независимых источника питания.

12.10. Проектом должна быть предусмотрена возможность ремонта и окраски основных и аварийно-ремонтных ворот и их закладных частей. Для обслуживания оборудования на головах шлюзов и вдоль камер должен быть предусмотрен сквозной проход.

12.11. В соответствии с требованиями СНиП II-18-75 "Металлические конструкции" величина фильтрации воды на 1 м по периметру уплотнения не должна превышать следующих величин:

для металлических уплотнений	0,8 л/с
для неподвижных резиновых уплотнений	0,3 л/с
для резиновых уплотнений при регулировании их прижатия под напором	0,1 л/с

12.12. Все металлические ворота, затворы и их закладные части должны проектироваться сварной конструкции. Монтажные соединения могут осуществляться на высокопрочных болтах.

12.13. При проектировании шлюзов, используемых в качестве водосброса для пропуска части паводкового расхода, следует предусматривать устройства:

- для необходимого гашения энергии потока воды;
- по закреплению и защите оборудования шлюза, подвергающегося воздействию потока воды, а также по защите от ударов плавучих предметов.

12.14. При выборе компоновок механического оборудования шлюзов, с целью создания благоприятных условий эксплуатации, рекомендуется отдавать предпочтение вариантам с размещением оборудования в зданиях.

12.15. Должны быть предусмотрены специальные устройства для очистки оголовков водоприемников, шкафных ниш от плавающих предметов и топляков, сороудерживающих решеток, а также, при специальном обосновании, камер шлюзов.

12.16. Проемы, пазы, шахты, ниши в устоях голов и стенах камер необходимо перекрывать защитными приспособлениями, обеспечивающими безопасность судоходства и сохранность тяговых органов механизмов от ударов судов.

12.17. Проектом должно быть предусмотрено:

а) необходимый комплект инструментов и приспособлений для производства ревизии, ремонта, наблюдений и исследований оборудования;

б) оборудование и средства пожаротушения в соответствии с противопожарными требованиями;

в) запасные быстроизнашиваемые детали;

г) для шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях траловые устройства для очистки камеры от топляков, древесины и льда.

Расчетные сочетания нагрузок и воздействия на ворота и затворы шлюзов

12.18. Расчеты ворот и затворов следует выполнять по методу предельных состояний для двух сочетаний нагрузок - основного и особого, принимая коэффициенты надежности по нагрузке в соответствии с приведенными ниже.

К основным сочетаниям относятся нагрузки и воздействия постоянно действующие на затворы и ворота или возникающие при маневрировании затворами:	Коэф. надежности по нагрузке
а) нагрузки от собственного веса ворот (затворов) и находящихся на них постоянных устройств	1,1 или 0,9

Коэффициент нагрузки 0,9 принимается в тех случаях, когда это его значение приводит к более невыгодному, по прочности, загружению конструкции.

б) гидростатическое и гидродинамическое давление воды при максимальных эксплуатационных уровнях бьефов – I,2 или I,0

в) тяговое усилие привода I,I

г) нагрузка от массы толпы на служебных мостиках I,2

д) волновые воздействия I,0

е) ветровые воздействия I,2

ж) температурные воздействия I,0

К особым сочетаниям относятся нагрузки основного сочетания, названные в подпунктах "а -ж", а также:

з) давление воды при максимальном возможном напоре на конструкцию (вместо п."б") I,0

ж) удары плавающих тел I,0

к) навал судов I,0

л) сейсмические воздействия I,0

м) нагрузки, возникающие при монтаже и испытании I,0

I2.I9. Сочетание нагрузок и воздействий должно быть установлено с учетом практической возможности одновременного их действия как на конструкцию в целом, так и на отдельные ее элементы.

I2.20. При установлении нагрузки на ворота и затворы от обратного напора следует учитывать: длинные волны в подходах, обусловленные наполнением и опорожнением камер шлюзов, а также инерционный спад уровня в них при опорожнении.

Для морских шлюзов и шлюзов, расположенных на приморских окончаниях внутренних водных путей, следует учитывать возможность образования перепадов на воротах при приливах и отливах, а также ветровых нагонах и сгонах.

Величины инерционных колебаний и высоты волн устанавливаются лабораторными исследованиями для шлюзов, располагаемых на сверхмагистральных и магистральных водных путях, и расчетом на водных путях местного значения.

I2.2I. Нагрузки на основные двустворчатые ворота нижней головы и их механизмы при опорожненной камере должны устанавливаться для двух расчетных случаев: удержание створок в закрытом состоянии при максимальном перепаде, вызванном повышением уровня с низовой стороны ворот, и открывание створок при максимальном перепаде, вызванном понижением уровня с низовой стороны ворот.

Величина расчетного перепада в начальный период открытия либо закрытия ворот шлюза не должна превышать 0,2 м.

12.22. Расчетная гидростатическая нагрузка на ворота промежуточных голов шлюза определяется при максимальном уровне воды перед воротами и осушенном пороге.

12.23. Гидростатическая нагрузка на основные ворота нижних голов шлюзов определяется для максимальной разности расчетных уровней воды в бьефах и камере, определяемых в соответствии с п.п.3.6 и 3.7. настоящего Пособия.

12.24. Аварийно-ремонтные ворота рассчитываются на статический напор также как основные ворота, но кроме того проверяются на нагрузку, возникающую от гидродинамического воздействия потока во время аварийного перекрытия отверстия.

12.25. Ремонтные ворота верхних и нижних голов шлюзов рассчитываются на статический напор воды при отметке наивысшего ремонтного уровня в бьефах и осушенной камере.

12.26. Гидравлическую нагрузку на основные затворы водопроводных галерей следует определять при наивысшем уровне воды перед затвором и осушенной галерее за ним, а также проверить на случай понижения давления за затвором в процессе его работы при максимальном перепаде уровней.

Гидродинамическую нагрузку на эти затворы на предварительных стадиях проектирования допускается определять путем введения коэффициента 1,25.

На последующих стадиях проектирования величина поправочного коэффициента для шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях уточняется лабораторными исследованиями, а на водных путях местного значения - расчетом.

Ремонтные затворы рассчитываются на статический напор при осушенных галереях.

12.27. При расчете основных, аварийных ворот и основных затворов водопроводных галерей рассматриваются два эксплуатационных состояния:

а) ворота и затворы закрыты и находятся под воздействием наибольшего гидростатического напора и наиболее неблагоприятного сочетания температур воды и воздуха в зимний и летний периоды, а для ворот верхней головы учитываются нагрузки от ветровых волн. Для шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях прочностные расчеты ворот и затворов должны выполняться как для пространственных конструкций;

б) ворота и затворы находятся в промежуточных положениях и подвержены воздействию гидростатических и гидродинамических нагрузок.

Для сооружений на сверхмагистральных и магистральных водных путях наиболее неблагоприятное сочетание этих нагрузок должно определяться в результате лабораторных исследований.

12.28. Решетки, устанавливаемые во входных отверстиях водопроводных галерей, рассчитываются на случай 100% их засорения.

Основные ворота шлюзов

12.29. Основные ворота должны удовлетворять следующим требованиям:

а) нормально работать в осенне-весенний период при температуре ниже 0°С. Расчетные отрицательные температуры устанавливаются техническим заданием на проектирование;

б) допускать возможность ремонта и замены участков уплотнений с помощью водолазов без осушения камеры;

в) при использовании их для наполнения и опорожнения камеры ворота должны подниматься и опускаться под расчетным напором;

г) при совмещении функций аварийных ворот обеспечивать перекрытие отверстий в потоке при отметке наивысшего расчетного судоходного уровня воды.

12.30. Верх обшивки ворот должен возвышаться не менее 0,5 м над наивысшим расчетным судоходным уровнем воды. Низ окна штанги, служащей для маневрирования створкой двустворчатых ворот, должен возвышаться над тем же уровнем не менее чем на 0,5 м.

12.31. Рекомендуется для шлюзов применять в качестве основных ворот двустворчатые (рис. 49,56,59), плоские подъемные и плоские опускные (рис.50,52,54,60). Для шлюзов напором до 5 м рекомендуются полноповоротные сегментные ворота, (рис. 55,58). Применение других типов основных ворот требует надлежащего обоснования.

В шлюзах на приморских окончаниях внутренних водных путей, подверженных приливам, при наличии двустороннего напора рекомендуется применение откатных и сегментных ворот.

12.32. К двустворчатым воротам должны быть предъявлены следующие требования:

а) пяты и гальсбанты не должны участвовать в передаче на анкерные болты гидростатической нагрузки, воспринимаемой воротами в рабочем состоянии, при маневрировании воротами пята и гальсбант воспринимают собственный вес створки и реактивные нагрузки от створки ворот с учетом временной нагрузки на них;

б) опорные части по створному и вереяльному столбам должны быть металлическими;

в) конструкции пят, гальсбантов и осей крепления штанг должны обеспечивать автоматическую смазку соответствующих пар трения;

г) ворота должны быть оборудованы устройствами, обеспечивающими и контролирующими правильность створения по всей их высоте;

д) створки ворот должны быть защищены с безнапорной стороны от повреждений проходящими судами отбойной рамой, которая должна быть погружена на глубину осадки расчетного судна в полном грузу от наинизшего судоходного уровня воды. Верх отбойной рамы ворот на нижних и промежуточных головах шлюза должен возвышаться на 0,5 м над верхним привальным брусом порожнего расчетного судна при наивысшем судоходном уровне воды нижнего бьефа или максимальном выравненном уровне воды в смежных камерах.

На воротах верхних и средних голов шлюзов отбойную раму следует возводить, как правило, до верха ворот.

Глубина шкафной ниши ворот должна быть принята с таким расчетом, чтобы отбойная рама не выступала за лицевые грани голов и имела запас не менее I50 мм;

е) должны быть предусмотрены устройства для регулирования гальсбантов, стопорения стяжных муфт и подъема створки над пятой;

ж) при применении погружных ворот на нижней голове средне- и высоконапорного шлюза с забральной стенкой, (рис. 60,6I), с верховой стороны выше ворот должно быть предусмотрено защитное устройство, исключающее возможность посадки судна на ворота в процессе опорожнения камеры.

I2.33. К основным плоским опускным и подъемным воротам должны быть предъявлены следующие требования:

а) водоудерживающую обшивку и уплотнения рекомендуется располагать с напорной стороны;

б) ворота должны быть защищены от навала судов со стороны камеры;

в) ниши ворот должны допускать возможность их осушения с целью осмотра и очистки;

г) размеры пазов, а также конструкции опорно-ходовых частей и уплотнений должны обеспечивать возможность производства ремонта и замены опорно-ходовых частей и уплотнений в пазах;

д) для уменьшения вибрации ворот при пропуске воды под ними следует предусматривать подачу воздуха по порогу под струю воды;

е) для шлюзов, предназначенных работать в условиях отрицательных температур воздуха, должен применяться соответствующий обогрев, внешние поверхности должны иметь, по возможности, плавные очертания, а опорно-ходовые части, преимущественно - скользящего типа;

ж) конструкция ворот должна предусматривать фиксацию их в верхнем и нижнем положениях;

з) вода, стекающая с подъемных ворот, должна отводиться в пазы специальными лотками.

I2.34. К полноповоротным сегментным воротам должны предъявляться следующие требования:

а) должна предусматриваться автоматическая смазка шарнирных опор;

б) должны предусматриваться стопорные устройства, исключающие передачу усилий на тяговые органы и приводные механизмы при боковых навалах судов на отбойные рамы ворот;

в) для работы ворот в условиях отрицательных температур воздуха должен быть предусмотрен обогрев дисков и уплотнений;

г) ворота должны выполнять функцию основных, поддерживая напор при наполненной камере и функцию ремонтных - при опорожненной камере;

д) должен быть предусмотрен поворот пролетного строения ворот в его верхнее ремонтное положение.

I2.35. К плоским откатным воротам должны быть предъявлены следующие требования:

а) уплотнения должны быть расположены с безнапорной стороны;

б) тележки для передвижения ворот не должны участвовать в передаче на бетон гидростатической нагрузки;

в) размеры боковой ниши должны быть достаточны для осмотра и ремонта ворот и для замены опорно-ходовых тележек и уплотнений;

г) входное отверстие боковой ниши должно иметь пазы для ремонтного заграждения, устанавливаемого для осушения ниши;

д) паз ворот должен быть перекрыт металлической подвижной защитной стенкой, а входное отверстие боковой ниши должно быть перекрыто торцом ворот.

12.36. К сегментным опускным воротам должны предъявляться следующие требования:

а) должна предусматриваться автоматическая смазка шарнирных опор;

б) ворота должны допускать подъем в верхнее ремонтное положение.

Аварийно-ремонтные, ремонтные ворота и заграждения

12.37. Аварийно-ремонтные ворота рекомендуется применять следующих типов: плоские подъемные и опускные, одностворчатые и двустворчатые откатные, секторные с вертикальной осью вращения, сегментные и, при соответствующем обосновании, другие типы.

12.38. Водоудерживающая обшивка и уплотнения аварийно-ремонтных ворот должны располагаться с напорной стороны.

На аварийно-ремонтных и ремонтных воротах должно быть предусмотрено устройство для заполнения водой межзатворных пространств после их осушения и окончания ремонта.

12.39. Верх обшивки аварийно-ремонтных и ремонтных ворот на головах шлюзов должен возвышаться не менее, чем на 0,5 м над расчетным ремонтным уровнем в соответствующем бьефе, назначаемым по п.3.9 настоящего Пособия.

12.40. Аварийно-ремонтные ворота до сдачи шлюза в эксплуатацию должны быть испытаны в потоке.

12.41. Время перекрытия потока аварийными воротами в предварительных расчетах может быть принято не более 2 мин.

12.42. Проектом должны быть предусмотрены устройства для возможности ремонта аварийно-ремонтных и ремонтных ворот.

12.43. Ремонтные ворота должны обеспечивать возможность установки или разборки их во время навигационного периода в течение не более 4 часов для шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях и 24 часов на водных путях местного значения.

12.44. В качестве ремонтных ворот на верхних и нижних головах рекомендуется применять двустворчатые или плоские ворота. Применение ворот другого типа должно быть обосновано.

I2.45. К двустворчатым ремонтным воротам должны предъявляться следующие требования:

а) должна быть обеспечена возможность подъема ворот над уровнем воды для осмотра и ремонта;

б) створки ворот при нахождении их в потоке должны быть закреплены в открытом положении и защищены от ударов плавающих тел и динамических нагрузок;

в) плоскость ворот в открытом положении, обращенная к камере, должна быть защищена от повреждения проходящими судами отбойной рамой; габариты отбойной рамы назначаются по аналогии с п. I2.32д Пособия.

Затворы водопроводных галерей

I2.46 (3.23). При проектировании водопроводных галерей кроме основных затворов необходимо предусматривать также ремонтные затворы или устройства, обеспечивающие возможность проведения ремонта каждого из основных затворов в отдельности без перерыва работы шлюза. В водоприемных отверстиях водопроводных галерей следует предусматривать сороудерживающие решетки, пазы для решеток могут использоваться для установки в них ремонтного затвора.

Водозаборные и водовыпускные участки водопроводных галерей должны быть доступны для осмотра и ремонта в осушенном состоянии.

I2.47. Входные отверстия водопроводных галерей перекрываются сороудерживающими решетками. На реках с лесосплавом предусматривается механизированная очистка решеток.

I2.48. Затворы водопроводных галерей в головах шлюзов рекомендуется располагать так, чтобы механизм этих затворов и механизм ворот могли обслуживаться одним краном.

I2.49. Затворы должны быть доступны для осмотра и, по возможности, ремонта без демонтажа механизмов.

I2.50. Размеры водопропускных отверстий галерей, перекрываемые затворами, следует назначать в соответствии с СНиП 2.06.0I.-86, [Л.2] . Отношение ширины к высоте отверстия должно быть от I:I до I:I,5.

12.51. Водопроводные галереи на участках, где возможно наличие скоростей течения воды выше допускаемых для бетона, должны облицовываться листовой сталью. Во всех случаях должны быть облицованы участки галерей перед и за затвором на длине не менее 1 м; облицовка рассчитывается на полное фильтрационное давление и на инъекционное давление величиной не менее 0,4 МПа.

12.52. В качестве основных затворов водопроводных галерей рекомендуется применять плоские затворы при напорах до 30 м, а при больших напорах – обратные сегментные или другие специальные затворы.

12.53. К основным затворам водопроводных галерей предъявляются следующие требования:

а) должна быть обеспечена надежность открытия и закрытия отверстия с посадкой затвора в поток под полным расчетным напором;

б) должна быть исключена возможность попадания воздуха из шахты в галерею;

в) должна быть исключена возможность появления опасных вибраций при полном и частичном открытиях затвора;

г) должна быть исключена возможность повреждения затворов и закладных частей от воздействия кавитации при полном и частичном открытиях затвора;

д) рабочие пути плоских колесных затворов должны быть съемными в пределах высоты отверстия;

е) обшивка плоских затворов должна располагаться с напорной стороны;

ж) затвор должен иметь съемные регулируемые уплотнения, ремонт и замену которых можно производить без демонтажа затвора;

з) смазка опорных шарниров сегментных затворов должна производиться автоматически.

Механизмы ворот и затворов

12.54. Маневрирование основными затворами и воротами должно производиться стационарными механизмами.

12.55. В качестве подъемных и тяговых стационарных механизмов ворот и затворов, как правило, должны применяться гидроприводы. Для маневрирования основными двустворчатыми воротами на водных путях местного значения допускается применять кривошипно-шатунные или реечные приводы.

12.56. Управление стационарными механизмами должно быть местным, дистанционным и автоматическим.

12.57. При маневрировании воротами двумя механизмами, расположенными на разных устоях, необходимо обеспечивать синхронную их работу.

12.58. На механизме подъемных ворот необходимо устанавливать два независимых тормоза.

12.59. *Механизмы должны иметь приспособление для защиты* от перегрузок, указатели положения основных ворот и основных затворов на центральном пульте и у механизма, а также устройство контроля перекосов и створения ворот.

12.60 (3.28) В шлюзах на сверхмагистральных и магистральных путях обслуживание всей рабочей зоны шлюза, как правило, следует производить с использованием крана.

12.61. Для создания нормальных условий эксплуатации механизмов необходимо:

а) в соответствии с правилами техники безопасности и охраны труда все вращающиеся элементы механизма должны быть закрыты съемными кожухами;

б) предусмотреть автоматическую смазку открытых передач и подшипников скольжения;

12.62. Привод двустворчатых ворот должен обеспечивать удержание створок при заданной величине обратного перепада и быть оборудован системой защиты при превышении этой величины.

12.63. В случае пропуска транзитных расходов через шлюз необходимо принять меры по удержанию створок двустворчатых ворот в нишах.

Предохранительные устройства ворот

12.64. Предохранительные устройства перед воротами относятся к основному эксплуатационному механическому оборудованию шлюзов и должны быть всегда готовы к работе.

12.65 (3.22). Основные ворота шлюза следует защищать от навала судов со стороны верхнего бьефа предохранительными устройствами, рассчитанными на восприятие энергии навала, принимаемой по рис. 86 (черт. 4).

Допускается не устанавливать предохранительные устройства перед воротами верхней головы при продольных скоростях воды в верхнем подходном канале менее 0,5 м/с.

12.66. Предохранительные устройства на шлюзах шириной менее 12 м могут быть размещены непосредственно на воротах, передавая, посредством амортизаторов, нагрузки от навала судна на ворота. Предохранительные устройства на шлюзах шириной более 12 м должны быть размещены вне ворот и передавать возникающие при навале нагрузки на конструкцию шлюза.

12.67. Для шлюзов шириной 18 м и менее рекомендуется применять гидравлические амортизаторы, а для шлюзов большей ширины - гидравлические или фрикционные. Амортизаторы целесообразно устанавливать у обоих концов заграждения.

12.68. При обоснованном отказе от предохранительных устройств основные ворота нижних голов проверяются расчетом на нагрузку от навала судна с верховой стороны, а ворота верхних голов, в случае отсутствия стенки падения, на навал судна с низовой стороны. Для предварительных расчетов величину силы от навала судна допускается принимать равной 1 МН - для шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях, 0,5 МН - для водных путей местного значения.

12.69 (3.22).

При навале судна на заграждение предохранительного устройства, состоящего из одного каната (цепи), возникающая сила не должна превышать 0,6; 1,0; 1,1 МН (60, 100, 110 от) для судов грузоподъемностью соответственно 2000, 3000 и свыше 3000 т. Для судов типа "река-море" расчетную силу навала следует увеличивать в 1,5 раза. Если заграждение состоит из двух или большего числа канатов (цепей), допускается соответственно увеличивать указанную силу при условии, что обеспечивается равномерное распределение силы навала между отдельными канатами.

Гашение энергии навала должно происходить при ускорении, не превышающем 1 м/с^2.

Для предохранительных устройств, расположенных вне ворот, наибольшее перемещение судна от момента навала до полной остановки не должно превышать половины ширины камеры.

При предохранительных устройствах, расположенных на воротах, наибольшее перемещение судна должно быть не более 1 м.

12.70. Предохранительные устройства, расположенные вне

ворот при недостаточном судоходном габарите под заграждением, должны освобождать судоходный пролет так, чтобы не увеличивать время цикла шлюзования, при этом опускание в воду гидроамортизаторов следует избегать.

12.71. При колебании навигационного уровня воды в пределах, обеспечивающих положение нижней точки заграждения в рабочем состоянии от уровня воды на расстоянии 0,5–1,5 м, амортизаторы предохранительного устройства могут устанавливаться без изменения их положения по высоте. При больших колебаниях уровня в течение навигационного периода заграждение должно перемещаться вместе с уровнем воды.

12.72. В целях предотвращения искрообразования и сохранности заграждения рекомендуется покрывать последнее износостойким неметаллическим материалом.

Для шлюзов, через которые должны проходить нефтеналивные суда, это требование является обязательным.

12.73. Участок гибкого заграждения непосредственно контактирующий с форштевнями судов, следует изготавливать из цепей, концы которых посредством траверс соединяются с канатами.

12.74. Необходимое направление канатов заграждения должно обеспечиваться вращающимися блоками, исключающими возникновение трения скольжения канатов по направляющим.

12.75. При проектировании гидроаппаратуры гидравлических амортизаторов необходимо стремиться к тому, чтобы способ регулирования податливости амортизаторов гидравлическими сопротивлениями обеспечивал приблизительно постоянное давление в гидросистеме в течение всего процесса навала или участками (ступенчато).

12.76. В процессе эксплуатации предохранительного устройства с гидравлическими амортизаторами температура рабочей жидкости в гидросистеме должна быть не менее чем на 15°С выше температуры ее застывания. Во избежание существенных отклонений характеристик гидроамортизаторов от заданных значений температура рабочей жидкости в гидросистеме должна поддерживаться автоматически с отклонениями, не превышающими ± 5°С от расчетного значения.

12.77. При расчете работы предохранительного устройства следует учитывать возможность навала судов не на середину заграждения и не под прямым углом к нему.

12.78. В тех случаях, когда наибольший возможный эксцен-

риситет навала судна на заграждение относительно оси шлюза не превышает 0,I ширины камеры, расчет может вестись как для центрального осевого навала с применением коэффициента I,I к полученным расчетным величинам.

I2.79. До пуска шлюза в эксплуатацию рекомендуется проводить испытание предохранительного устройства по специальной программе.

Причальное оборудование

I2.80 (3.29)

Для учаливания судов и плотов в камерах и на причальных и направляющих сооружениях шлюзов надлежит предусматривать причальное оборудование: причальные тумбы, подвижные и неподвижные рымы.

Причальные тумбы следует размещать на стенках с обеих сторон камеры, на причальной линии и на направляющих сооружениях. Подвижные рымы следует предусматривать для камер шлюзов с напором более 3 м и размещать их с обеих сторон камеры. Для шлюзов шириной менее I5 м допускается устройство подвижных рымов только с одной стороны.

Неподвижные рымы устанавливаются с двух сторон камеры и на причальных сооружениях через каждые I,5 м по высоте.

Расстояние между тумбами и рымами следует принимать не более половины длины расчетного судна, но не более 35 м.

I2.8I(3.30). Внешние углы ниш подвижных и неподвижных рымов и проемы в местах установки тумб должны быть защищены металлической облицовкой криволинейного профиля.

I2.82. Подвижные рымы должны отвечать следующим требованиям:

а) не выступать за плоскость стен камеры шлюза, свободно двигаться по направляющим;

б) крюки на рыме должны обеспечивать надежную учалку как груженых расчетных судов, так и судов, следующих порожнем;

в) форма очертания ниш или конструкция рымов выбирается с таким расчетом, чтобы не допускать прикасания причального каната к внешним углам ниши при углах больше $I5^{0}$ между направлением троса и продольной осью шлюза;

г) ниши рымов должны закрываться крышками. Предельное верхнее положение рыма должно ограничиваться упором. Упор должен быть съемным для обеспечения возможности извлечения рыма из ниши.

I2.83. При необходимости повышения пропускной способности шлюза рекомендуется применять устройства для ускорения проводки несамоходных судов и плотов и их торможения (электровозы, электрические кабестаны, гидравлическая помощь).

I2.84. Причальные тумбы и рымы должны быть рассчитаны на нагрузки от натяжения швартовов значения которых в зависимости от водоизмещения судна могут быть приняты по табл. 26 главы 4. СНиП 2.06.04-82* [Л.3] .

I3. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ШЛЮЗОВ

Оборудование для водоотлива

I3.I (3.24). В шлюзах следует предусматривать стационарные насосные установки для полной откачки воды из камеры и водопроводных галерей на период их осмотра и ремонта.

Производительность насосных установок должна обеспечивать откачку камер шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях не более чем за 24 ч, а на водных путях местного значения не более чем за 48 ч.

В отдельных случаях на двухниточных шлюзах на всех водных путях по согласованию с Минречфлотом РСФСР или другими органами, регулирующими судоходство, допускается осушение отдельной камеры осуществлять не более чем за 48 ч [Л.54].

В тех случаях, когда строительство стационарных насосных установок затруднено, допускается при специальном обосновании и согласовании с Минречфлотом РСФСР или другими органами, регулирующими судоходство, использовать для осушения камер передвижные насосные станции, в том числе и плавучие [Л.54].

I3.2. При определении производительности насосов для откачки необходимо помимо первонач льного объема воды в камере учитывать и дополнительный приток фильтрационных вод че зз уплотнения в затворах, принимаемый по п.I2.II настоящего Пособия.

Во время проведения ремонтных работ при осушенной камере насосная установка должна постоянно удалять фильтрационные воды.

13.3. В двухниточных шлюзах и более осушение камер соседних ниток должно производиться, как правило, поочередно (раздельно). Одновременная откачка камер должна дополнительно обосновываться особенностями шлюза, системы питания и др.

13.4. Как правило, помещения насосных установок размещаются на устоях голов или в их массиве. В массиве устоев размещаются обычно и элементы подводящего тракта насосных установок. Для двухниточных шлюзов насосную установку рекомендуется проектировать общей на две камеры.

13.5. Система откачки шлюза должна обеспечивать раздельное осушение камеры и каждой из водопроводных галерей на участках, расположенных в головах между ремонтными затворами.

В целях полного осушения днища шлюзов в наиболее пониженных участках голов или у основных затворов водопроводных галерей необходимо устраивать водосборные колодцы. Колодцы должны быть доступны для осмотра и очистки.

13.6. Напорные трубопроводы насосной установки должны быть выведены за ремонтные заграждения шлюза, а выходные оголовки их заглублены не менее чем на 0,5 м под нижнюю поверхность ледяного покрова максимальной толщины при минимальном зимнем уровне воды.

13.7. Использование агрегатов насосной установки по откачке камер для хозяйственных и других нужд запрещается [Л.54].

13.8. Для осушения отдельных понижений в конструкциях шлюза, не обслуживаемых стационарной насосной установкой, в проектах необходимо предусматривать переносные насосы.

Колодцы поплавковых устройств

13.9. Для дистанционного контроля за уровнями воды, за установлением моментов их выравнивания в камере и бьефах, а также для обеспечения необходимых блокировок при дистанционном управлении механизмами на шлюзах следует предусматривать установку поплавковых устройств.

13.10. Поплавковые устройства устанавливаются над колодцами, которые рекомендуется размещать в шлюзах:

- однокамерных - на верхней голове шлюза один колодец, связанный с верхним бьефом; на нижней голове шлюза два колодца,

один из которых связан с камерой, другой - с нижним бьефом;

- двухкамерных (многокамерных) - на верхней голове шлюза один колодец, связанный с верхним бьефом; на промежуточной голове шлюза два колодца, один из которых связан с верхней камерой, другой - с нижней; на нижней голове шлюза один колодец, связанный с нижним бьефом;

- двухниточных - отдельно для каждой нитки шлюза по аналогии с однокамерным шлюзом.

I3.II. Колодцы поплавковых устройств следует размещать на той стороне шлюза, на которой расположен центральный пульт управления шлюзом, в помещениях, обеспечивающих надежную работу устройств при отрицательных температурах воздуха для условий продленной навигации.

I3.I2. Колодцы поплавковых устройств выполняются круглыми в сечении, диаметром равным 80 см. Стенки колодцев должны быть строго вертикальными и гладкими во избежание зависания поплавков.

I3.I3. Длина и диаметр патрубков, соединяющих колодцы с камерой или с соответствующим бьефом, подбираются с таким расчетом, чтобы разность уровней воды в камере (или бьефе) и в колодце при их колебаниях не превышала 5 см. Ось патрубка должна быть заглублена ниже наинизшего расчетного судоходного уровня воды в камере или бьефе не менее чем на I м. Входы в патрубки должны перекрываться металлическими решетками.

I4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ РАБОТЫ ШЛЮЗОВ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ВОЗДУХА

I4.I (3.7) Судоходные шлюзы следует проектировать с учетом возможности продления навигации и обеспечения работы шлюзов при отрицательных температурах воздуха. Для этих целей надлежит осуществлять обогрев основных ворот, закладных частей и стен камер, обеспечивать устройство майн, уборку льда из камер и др.

I4.2. Мероприятия, обеспечивающие работу судоходных шлюзов при отрицательных температурах воздуха должны предусматривать:

- ограничение попадания битого льда в верховой подход шлюза;

– исключение ледообразования в шкафных частях ворот и нишах плавучих рымов на поверхности воды и стенах и удаление плавающего льда из зоны действия ворот;

– исключение ледообразования на механическом оборудовании и металлоконструкциях, включающих: основные и аварийные ворота и затворы, их подъемные и приводные механизмы, опорно-ходовые части ворот, затворов и плавучих рымов, уплотнительные узлы, плавучие рымы;

– сведение к минимуму ледообразования на стенах камер и устоев голов и удаление намерзшего льда со стен;

– исключение ледообразования на путевых конечных выключателях;

– исключение ледообразования в шахтах затворов водопроводных галерей и поплавковых колодцах индикаторов уровней воды;

– исключение ледообразования и налипания снега на поверхностях линз сигнальных огней;

– обеспечение возможности ремонта и профилактического осмотра шлюзов при сокращенном межнавигационном периоде или при отсутствии его.

Указанные мероприятия могут быть реализованы как посредством специальных устройств, предусматриваемых в конструкциях шлюза, так и с помощью мер эксплуатационного характера.

I4.3. Для ограничения попадания битого льда в верховом подходе к шлюзу целесообразно устройство плавучей ледоудерживающей запани, устанавливаемой в подходном канале.

I4.4. Для удаления льда из камеры в шлюзах с распределительной системой питания необходимо, как правило, рассматривать целесообразность устройства в стенке падения дополнительной водопроводной галереи, ответвляющейся от основных водопроводных галерей и отделенной от них специальными затворами.

Попуски воды через эту галерею обеспечивают удаление льда из камеры шлюза, а в сочетании с попусками воды через основные водопроводные галереи – и из верхнего подходного канала. В последнем случае лед из верхнего подходного канала транзитным потоком, который создается попусками через основную систему питания, увлекается в камеру, из которой после закрытия ворот верхней головы, опорожнения камеры и открытия нижних ворот может быть удален в нижний бьеф попусками через дополнительную галерею.

В шлюзах с сосредоточенной системой питания (наполнение - из-под основных ворот верхней головы, опорожнение - через короткие обходные галереи нижней головы) удаление льда из верхнего канала и камеры осуществляется аналогично.

Из канала в камеру лед привлекается попусками через короткие обходные галереи, из камеры в нижний канал лед выносится благодаря попускам из-под ворот верхней головы. Специальных устройств в этом случае не требуется.

I4.5. Исключение ледообразования в шкафных частях двустворчатых ворот и стенах может быть достигнуто, при наличии достаточных запасов тепла глубинных вод, применением пневматических систем. С помощью пневматических систем осуществляется также отгон плавающего битого льда из шкафных частей и зоны действия основных и аварийно-ремонтных ворот.

Пневматическая система, рис. 87, состоит из совокупности воздухопроводов, обеспечивающих распределенный и сосредоточенный выпуски воздуха, подводящих воздухопроводов, компрессорной станции с системой очистки воздуха, ресиверов и автоматических задвижек. Участки воздухопроводов, находящиеся в зоне переменного уровня воды, должны быть обогреты. Непрерывный выход воздуха из воздуховыпусков, расположенных у дна, образует водовоздушный факел, поднимающий к поверхности более теплую воду, что и обеспечивает поддержание акватории в зоне движения ворот в незамерзающем состоянии. Отгон льда производится силой течения, создаваемого водовоздушными факелами, возникающими у сосредоточенных воздуховыпусков. Типовая схема размещения пневмоустановок на шлюзе приведена на рис.88.

I4.6. Исключение ледообразования на механическом оборудовании и металлоконструкциях, нарушающего нормальную работу судоходных шлюзов, достигается рядом мероприятий, в том числе:

- в условиях отрицательных температур воздуха в период между шлюзованиями в камере шлюза должен поддерживаться уровень верхнего бьефа (при обеспечении надежной работы шпонок); при этом подъемно-опускные и сегментные ворота верхней головы должны находиться под водой;

- устройство двойных уплотнений ворот с замкнутыми обогреваемыми полостями, исключающими возможность образования наледей;

- устройство утепляющей обшивки с низовой стороны основных ворот шлюза и обогрев междуобшивного пространства или осуществление других мероприятий, исключающих образование льда на напорной поверхности ворот (прежде всего низовых);

- обогрев опорно-ходовых частей ворот, включая тележки, закладные части и опоры скольжения, отдавая последним предпочтение при проектировании как более надежным в работе и легко доступным для осуществления их обогрева в ледовых условиях;

- устройство обогрева подъемных механизмов подъемно-опускных ворот и их шкафных частей путем применения электрокалориферов, при этом низовые части ворот, в которых размещаются обогреваемые конструкции, должны ограждаться от наружного воздуха теплоизоляционным экраном, позволяющим выполнить все необходимые маневры воротами;

- обогрев плавучих рымов, обеспечивающий беспрепятственное их перемещение в нише.

I4.7. Сведение к минимуму ледообразования на стенах камер в зоне переменного уровня верхнего бьефа может быть достигнуто применением специальных материалов и составов, уменьшающих адгезию льда.

Удаление наледей, образующихся на камерных стенах в виде вальцов в зоне колебания уровня верхнего бьефа следует осуществлять устройством обогрева поверхности стен. При этом для уменьшения установленной мощности трансформаторов удаление наледи должно осуществляться поочередно с различных участков стен.

I4.8. Возможность перерывов в навигации для проведения ремонта и профилактического осмотра однониточных шлюзов при сокращенном межнавигационном периоде или при отсутствии его должна быть предусмотрена схемой организации перевозок таким образом, чтобы ущерб народному хозяйству, наносимый ими, был минимален.

По этим соображениям при длительной эксплуатации в условиях отрицательных температур и, тем более, при круглогодичной навигации предпочтение следует отдавать двухниточным шлюзам.

I4.9. При проектировании шлюзов, предназначенных для работы в условиях отрицательных температур воздуха и наличии ледяного покрова на водоемах, следует учитывать сработку водохранилищ и особенно предпавсдочную, если она совпадает с установленными по п.3.6 сроками навигации.

В связи с этим при назначении отметок порогов и высоты ворот проектируемого шлюза должно быть учтено возможное понижение уровня воды при сработке водохранилища.

15. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ШЛЮЗОВ

15.1. Проекты электроснабжения и электрооборудования шлюзов должны выполняться с учетом требований "Правил устройства электроустановок" (ПУЭ), а также указаний РТМ2I2.0I06-8I "Расчет и выбор электрооборудования судоходных сооружений".

Строительная часть зданий и сооружений шлюзов, предназначенных для установки электрооборудования, должна выполняться в соответствии с действующими строительными нормами и правилами при обязательном выполнении дополнительных требований, приведенных в ПУЭ.

Электроснабжение.

15.2. Системы электроснабжения шлюзов должны обеспечивать бесперебойность и экономичность питания потребителей, надежность работы электрооборудования, передачи потребителям электроэнергии требуемого качества, безопасность и удобство эксплуатации.

15.3. Электроприемники судоходных шлюзов, обеспечивающие процесс судопропуска и безопасность эксплуатации, по надежности электроснабжения в соответствии с ПУЭ относятся:

а) на шлюзах сверхмагистральных и магистральных водных путей – к I категории;

б) на шлюзах водных путей местного значения-ко II категории;

15.4. В качестве основного и резервного электроснабжения рекомендуется использовать питание от энергосистемы. На шлюзах сверхмагистральных и магистральных водных путей при отсутствии надежного резервного источника электроэнергии для обеспечения бесперебойности электроснабжения следует устанавливать дизельэлектрические станции с автоматическим запуском.

15.5. Для повышения надежности электроснабжения применяется автоматическое включение резервного питания (АВР). На шлюзах, не оборудованных АВР, должна быть обеспечена возможность

перехода на резервное питание соответствующими переключениями на распределительном щите низкого напряжения трансформаторов.

I5.6. Для группы шлюзов располагаемых на водных путях местного значения и не имеющих двойного питания, необходимо предусмотреть складской резерв в количестве одного трансформатора, комплекта коммутационной, защитной и другой аппаратуры и материалов, позволяющих в кратчайший срок устранить возможную неисправность в электроснабжении того или другого шлюза, в кратчайший срок восстановить его работоспособность.

I5.7. Питание всех электроприемников шлюза должно осуществляться трехфазным переменным током.

I5.8. Величина напряжения электрических сетей до I000 В должна определяться на основе технико-экономического сравнения двух вариантов напряжения:

- для силовых электроприемников - 380 и 660 В;
- для цепей управления - 220 В переменного и 220 В постоянного тока.

Выбирается вариант с оптимальными технико-экономическими показателями.

I5.9. Для однокамерных шлюзов рекомендуется сооружение одной трансформаторной подстанции, расположенной в центре наиболее мощных электроприемников.

Для многокамерных и многониточных шлюзов число подстанций должно быть определено в результате технико-экономического сопоставления.

I5.I0. Электрические нагрузки следует рассчитывать в соответствии с общепромышленными руководящими указаниями [Л.38, 38а] по определению расчетных нагрузок. При этом необходимо учитывать особенности и режимы работы электроприемников шлюзов (мощность потребителей в рабочей части цикла, длительность работы потребителей за цикл, отсутствие совпадения максимумов нагрузки основных потребителей, включаемых по заранее заданной программе) [Л.50, 50а].

I5.II. Выбор числа и мощности трансформаторов подстанций шлюзов должен производиться исходя из:

а) среднесуточной максимальной нагрузки навигационного периода (включая период продленной навигации);

б) возможности пуска наиболее мощных электродвигателей;

в) необходимости резервирования питания электроприемников в соответствии с их категорией;

г) экономичного обеспечения нагрузок межнавигационного периода;

д) требования пожарной и электрической безопасности.

Окончательный выбор числа и мощности трансформаторов подстанций производится после технико-экономического сравнения вариантов.

15.12. Тип, мощность и место установки компенсирующих устройств должны обеспечивать наибольшую экономичность системы электроснабжения при соблюдении требований энергосистемы по потреблению реактивной мощности и действующих указаний по компенсации реактивной мощности в распределительных сетях. Критерием экономичности является минимум годовых расчетных затрат. Для наиболее крупных электропотребителей шлюза рекомендуется применять индивидуальную компенсацию реактивной мощности с доведением тангенса угла до 0,33.

15.13. Каждая подстанция должна содержать распределительные устройства высшего и низшего напряжения и трансформаторы. В распределительные устройства, устанавливаемые в помещениях и на открытом воздухе, входят коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, устройства релейной защиты и автоматики, измерительные приборы.

Устройства релейной защиты должны быть надежны в работе и чувствительны ко всем видам повреждений.

15.14. Распределительные устройства трансформаторных подстанций напряжением выше 1000 В рекомендуется выполнять из сборных комплектных ячеек промышленного изготовления в соответствии с выбранной схемой коммутации.

В качестве коммутационной и защитной аппаратуры следует применять масляные выключатели, если на подстанции имеется автоматическое включение резерва (АВР) на высокой стороне напряжения, а также по условиям устойчивости к токам короткого замыкания данной системы недопустимо применение выключателей нагрузки. В остальных случаях рекомендуется использовать выключатели нагрузки с предохранителями.

15.15. Щиты вторичного напряжения трансформаторных подстанций следует комплектовать из типовых панелей промышленного изготовления. В качестве основной коммутационной и защитной аппаратуры до 1000 В следует принимать автоматические выключатели.

15.16. Вспомогательные электроприемники шлюза следует, как правило, подключать к групповым щитам или силовым сборкам.

При проектировании магистралей 660/380/220 В следует учитывать разновременность работы различных механизмов и электроприемников шлюза с целью уменьшения общего числа магистралей или снижения сечения магистралей, питающих разновременно работающие механизмы.

15.17. Кабельные линии силовых кабелей на шлюзах сверхмагистральных и магистральных водных путей следует выполнять кабелями с медными жилами или кабелями с многопроволочными алюминиевыми жилами, для шлюзов на водных путях местного значения – кабелями с алюминиевыми жилами.

Кабельные линии контрольных кабелей для шлюзов на всех водных путях выполняются только кабелями с медными жилами [Л.50а].

Наименьшие сечения кабелей должны быть определены согласно ПУЭ.

15.18. Кабельные линии в зависимости от условий прокладки должны выбираться согласно ПУЭ.

15.19. Прокладка кабелей на шлюзах должна производиться в кабельных каналах или тоннелях, выполненных в основном бетоне устоев голов и стен камер.

Кабельные сооружения должны быть доступны для обслуживания.

Прокладка кабелей в земляных траншеях допускается только к объектам шлюза, расположенным на прилегающей к шлюзу территории и в сетях наружного освещения этой территории.

15.20. При необходимости прокладки питающих линий, распределительных сетей, линий автоматики и связи с одной стороны камеры на другую следует использовать кабельные переходы либо по надводным конструкциям (мосты, галереи, эстакады и т.п.), либо под водой. Для кабельных переходов под водой следует устраивать в основном бетоне голов кабельные шахты, потерны и каналы; прокладка кабелей в трубах не допускается.

15.21. В кабельных сооружениях (тоннелях, каналах, потернах и т.п.) должны быть предусмотрены покрытия с надежной гидроизоляцией, а также дренажные устройства. Минимальная ширина галереи для прокладки кабелей должна быть не менее 1,2 м, а высота – не менее 2 м.

Электропривод основных механизмов

15.22. При выборе оборудования и аппаратуры приводов основных и аварийных механизмов следует учитывать специфические условия эксплуатации шлюзов:

повышенную влажность (до 100%); резкие колебания температуры в различные периоды эксплуатации; длительные перерывы в работе механизмов; большую протяженность соединительных линий.

15.23. Электроприводы основных механизмов шлюзов должны обеспечивать маневрирование затворами и воротами во всем диапазоне изменения статического момента, обусловленного заданным режимом работы.

Отклонение скорости движения затвора (створки) от заданного значения не должно превышать $\pm$ 5%.

15.24. Привод должен иметь устройства, отключающие двигатель при перегрузках, при достижении конечных и предельных положений затворов.

15.25. Величина динамических нагрузок механизма в переходных режимах не должна превосходить 140% максимальной статической нагрузки в электромеханических приводах и 120% максимальной статической нагрузки в электрогидравлических приводах.

15.26. Привод должен обеспечивать работу затворов (ворот) при отрицательных температурах.

15.27. Привод двустворчатых ворот должен обеспечивать снижение скорости движения створок перед створением для безударного и плавного створения и иметь устройства, контролирующие правильность створения. Угловая скорость створки в момент створения не должна превышать 3.10^{-3} рад/с для приводов с механическими тормозами и 2.10^{-3} рад/с для приводов без механических тормозов.

15.28. Продолжительность закрытия ворот в эксплуатационном режиме должна выбираться в зависимости от размеров перекрываемого отверстия и типа привода и не превышать значений, указанных в п.2.9 настоящего Пособия.

15.29. Привод основных ворот при головной системе наполнения должен обеспечивать движение их при наполнении по определенному закону (программе), обеспечивающему нормальный гидравлический режим в камере при наибольшей производительности.

15.30 Привод подъемно-опускных ворот должен обеспечивать бесперекосное движение затвора. В случае появления предельного

перекоса привод должен автоматически отключаться. Схемой управления должно быть предусмотрено устранение этого перекоса действиями оператора.

15.31. Привод механизмов водопроводных галерей должен обеспечивать движение затворов в соответствии с расчетными режимами наполнения и опорожнения камер шлюзов и, в случае необходимости, допускать возможность раздельного управления каждым из затворов.

15.32. В аварийном режиме работы приводы аварийных ворот и затворов водопроводных галерей должны обеспечивать движение их по заданной программе.

15.33. Аппаратура управления электроприводами основных механизмов шлюзов должна обеспечивать надежную работу как в нормальном, так и в аварийных режимах работы.

15.34. Аппаратура управления и кабели в цепи любого присоединения электропривода основных механизмов должны обеспечивать:

а) нормальный режим работы;

б) режим продленной навигации (работа механизмов в условиях отрицательных температур воздуха);

в) защиту от всех видов короткого замыкания;

г) защиту от перегрузки, если отсутствует грузовое реле;

д) возможность надежного отсоединения цепи для производства ревизии или ремонта.

15.35. Для обеспечения выше перечисленных функций, аппаратура управления и кабели должны удовлетворять следующим общим требованиям:

а) номинальные напряжения и допустимые токи аппаратов и кабелей должны соответствовать расчетным для данного режима;

б) аппараты должны быть устойчивы при коротких замыканиях; кроме того, аппараты защиты должны надежно отключать предельные токи всех видов короткого замыкания;

в) аппараты защиты не должны отключать цепь при кратковременных перегрузках, связанных с пуском электродвигателей;

г) аппараты защиты должны обеспечивать чувствительность к минимальным токам короткого замыкания;

д) при коротких замыканиях должна быть обеспечена селективность работы аппаратов защиты с ниже и вышестоящими защитными и коммутационными аппаратами.

15.36. Исполнение выбираемого элемента или системы управления электроприводами должно соответствовать категории размещения, предусмотренной соответствующими стандартами.

15.37. При выборе элементов и устройств управления шлюза следует учитывать их режимы работы.

Основными режимами работы элементов и устройств управления шлюза считаются: продолжительный, кратковременный и повторно-кратковременный.

По продолжительному режиму работы выбираются автоматические выключатели, рубильники, линейные контакторы, контакторы и выключатели цепей управления, конечные и путевые выключатели, переключатели постов управления.

Устройства управления аварийными и ремонтными приводами выбираются по кратковременному режиму работы.

По повторно-кратковременному режиму работы рекомендуется выбирать контакторы оперативной коммутации, контакторы ускорения, реле управления.

15.38. Выбор коммутационной аппаратуры и аппаратов защиты должен производиться:

а) для автоматов – номинальный ток максимальных расцепителей тока (МТЗ) в цепях электродвигателей выбирается по его номинальному току и проверяется по условию отстройки от апериодической составляющей пускового тока электродвигателя

$$J_{oc} \geq K_s K_{sf} J_{zs}$$

где: J_{oc} – ток мгновенного срабатывания МТЗ;

$J_{zs}=\sqrt{2}J_z$ – эффективное значение пускового тока;

K_s – коэффициент разброса тока срабатывания (заводские данные);

K_{sf} – коэффициент надежности равный I.I.

Для различных серий автоматов коэффициент разброса тока срабатывания по техническим условиям составляет I,I5–I,I9.

$$J_{zoc} \geq (1{,}8 \div 2{,}0)\, J_s;$$

По условию выбора тока отсечки автоматического выключателя может потребоваться увеличение номинального тока МТЗ.

Выбор номинального тока расцепителя автоматического выключателя в цепи питания вторичного распределительного пункта

(РП) производится по его расчетному рабочему току и проверяется по условию отстройки выключателя от расчетного пускового тока РП.

б) выбор плавких предохранителей следует производить из условий:

$$J_{zf} \geq \frac{J_s}{2,5}$$ - в цепях электродвигателей:

$$J_{zf} \geq J_z$$ где J_z - расчетный длительный ток в цепи.

в) выбор контакторов производится из условий;

$$J_{cc} \geq J_{m.nom}$$ где:

J_{cc} - номинальный ток контактора в продолжительном режиме;
$J_{m.nom}$ - номинальный ток двигателя.

I5.39. Аппаратура защиты приводов должна выбираться таким образом, чтобы номинальный ток аппарата был не ниже тока продолжительного режима работы потребителя.

Величину токов установок максимальной и тепловой защиты выбирать в соответствии с рекомендациями ПУЭ.

I5.40. Аппаратура управления и защиты должна иметь минимальную номенклатуру применяемых элементов и материалов и обеспечивать простоту монтажа и демонтажа. Рекомендуется применение стандартизированных и унифицированных узлов и элементов, блочных конструкций и т.д.

I5.4I. Форма исполнения систем и устройств управления электроприводами должна соответствовать категории помещения, в котором намечена их установка.

Электрооборудование вспомогательных установок и заземление

I5.42. Проект электрооборудования вспомогательных установок шлюза должен выполняться с учетом ПУЭ.

I5.43. Для электропривода стационарных и передвижных насосов, предназначенных для осушения камер и водопроводных галерей шлюзов, следует применять электродвигатели в водозащищенном исполнении (степень защиты не ниже IP 44).

15.44. Схемы электроприводов потокообразователей и насосов осушения камеры должны предусматривать возможность автоматического управления.

15.45. Для обеспечения работы шлюзов в режиме продленной навигации следует применять электрические установки для обогрева уплотнений ворот, плавучих рымов и стен шлюза в районе шкафной части.

15.46. Конструкция электронагревательных приборов должна исключать вспышку масла, случайно попавшего на нагреватель.

Для сокращения расхода электроэнергии на электрическое отопление следует применять регуляторы температуры для автоматического управления электронагревательными приборами.

15.47. Для подключения различного силового электрооборудования, предназначенного для производства ремонтных работ на устоях, стенах камеры и на причальных сооружениях шлюзов, должны быть предусмотрены силовые сборки промышленного изготовления.

15.48. В проекте электрооборудования должны быть предусмотрены комплекты испытательного оборудования, переносных измерительных и защитных средств, инструмента.

15.49. Для обеспечения безопасного обслуживания электрооборудования и электросетей напряжением до 1000 В и более с глухозаземленной или изолированной нейтралью трансформаторов все электрооборудование и кабели должны быть надежно заземлены или занулены в соответствии с ПУЭ.

Для повышения надежности заземления следует предусматривать использование закладных частей затворов (ворот) в случаях, когда они по техническим причинам не должны быть специально изолированы от арматуры и заземлений.

Освещение

15.50. Внутреннее электрическое освещение всех помещений шлюза, а также наружное освещение шлюза должны выполняться в соответствии с требованиями ПУЭ, СНиП по проектированию естественного и искусственного освещения [Л.26] и РТМ2I2.0I06-8I.

15.5I. Электрическое освещение шлюзов должно обеспечивать нормируемую освещенность, отсутствие слепящего действия, экономичность и надежность работы, удобство и безопасность

эксплуатации, улучшение условий труда.

I5.52. Для внутреннего освещения производственных помещений шлюза необходимо применять общее, местное, комбинированное (состоящее из общего и местного) и ремонтное освещение. В глубоких (свыше I0 м) шахтах по обслуживанию механического оборудования шлюза должно быть обеспечено временное или постоянное освещение в зависимости от местных условий. В помещениях пультов управления, механизмов, маслонапорных и насосных установок и у входа в водопроводные галереи рекомендуется предусматривать ремонтное освещение напряжением I2 В.

I5.53. Наружное освещение шлюзов должно быть разделено на рабочее и дежурное. В группу дежурного освещения должно входить 20–25% светильников наружного освещения, расположенных таким образом, чтобы обеспечить минимально необходимую освещенность территории вблизи зданий сооружения и проходов вдоль камер шлюза.

I5.54. Рабочее освещение шлюзов должно включаться на время пропуска судов и проведения ремонтных работ. Управление включением и выключением рабочего и дежурного освещения должно быть выведено на центральный пульт управления.

I5.55. В системе освещения шлюза следует использовать газоразрядные лампы и лампы накаливания. Выбор источников света должен производиться на основе технико-экономического сравнения.

I5.56. Нормируемую освещенность территории шлюза следует принимать в соответствии с требованиями строительных норм и правил по проектированию искусственного освещения и действующих инструкций.

Освещенность на поверхности воды при наинизшем судоходном уровне в камере шлюза, в районе ворот, их шкафных частей, а также у причальных и направляющих сооружений в подходных каналах должна быть не менее 5 лк [Л.4I] .

При использовании на шлюзах систем промышленного телевидения (п.п. I6.4, I6,5 настоящего Пособия) освещенность отдельных участков сооружения устанавливается в зависимости от требований к передающим камерам телеустановок [Л. 50а] .

I5.57. В помещениях пультов управления следует использовать, как правило, газоразрядные лампы, которые должны обеспечивать освещенность 200 лк (коэффициент запаса I,5).

При использовании ламп накаливания должна обеспечиваться освещенность I50 лк (коэффициент запаса I,3).

I5.58. Выбор осветительной арматуры должен производиться в соответствии с требованиями.

Для помещений механизмов, маслонапорных и насосных установок осветительную арматуру следует выбирать как для особо сырых помещений требованиями ПУЭ.

I5.59. В шлюзах на сверхмагистральных и магистральных водных путях необходимо предусматривать аварийное освещение:

- для продолжения работы в помещениях пультов управления, связи, распределительных устройств и щитов, механизмов, маслонапорных и насосных установок;
- для эвакуации людей в коридорах и на лестничных клетках всех помещений.

Светильники аварийного освещения должны получать питание как от силовых распределительных щитов, так и от автономного источника питания на случай полного обесточивания шлюза.

В шлюзах на водных путях местного значения аварийное освещение следует предусматривать с помощью переносных аккумуляторных фонарей.

I5.60. Светильники для внутреннего и наружного освещения шлюзов должны получать питание от отдельных групповых щитов, присоединяемых к распределительным устройствам вторичного напряжения трансформаторных подстанций. Питание ремонтного освещения следует предусматривать от однофазных трансформаторов.

I5.6I. Питание светильников как наружного, так и внутреннего освещения следует предусматривать несколькими отдельными группами. Дежурное освещение необходимо выделять в самостоятельную группу.

I5.62. Система управления дежурным освещением должна иметь устройство, позволяющее автоматически включать и отключать источники света в зависимости от уровня естественной освещенности.

I5.63. Проект наружного освещения должен быть выполнен в соответствии с требованиями архитектурного оформления шлюза, предусматривать возможность и необходимые устройства для обслуживания сети и светильников в процессе эксплуатации.

I6. УПРАВЛЕНИЕ. АВТОМАТИКА. СИГНАЛИЗАЦИЯ. СВЯЗЬ.

Управление. Автоматика

I6.I. На шлюзах сверхмагистральных и магистральных водных путей рекомендуется предусматривать следующие виды управления процессом шлюзования:

- цикловое - процессом в целом или рядом операций шлюзования;

- раздельное - отдельными операциями одним или группой механизмов одного назначения; раздельное управление может быть дистанционным, осуществляемым с пульта, и местным - с местных постов управления.

На шлюзах водных путей местного значения допускается не применять цикловое управление.

I6.2. В нормальных эксплуатационных условиях управление процессом шлюзования должно предусматриваться с центрального пульта управления.

Для управления отдельными механизмами в период ремонтных и наладочных работ должны предусматриваться посты местного управления, устанавливаемые непосредственно у механизмов в местах, удобных для наблюдения за воротами (затворами).

I6.3. Центральный пульт управления следует размещать таким образом, чтобы при управлении процессом шлюзования была обеспечена хорошая видимость камер шлюза, причалов верхнего и нижнего бьефов и ближайших подходов к этим причалам.

В каждом конкретном проекте выбранное расположение помещения пульта должно проверяться построением графика видимости из помещения пульта.

I6.4. В тех случаях, когда из помещения центрального пульта управления не обеспечивается видимость отдельных участков камер или причалов, необходимо предусматривать системы промышленного телевидения или иные технические средства, обеспечивающие видимость участков, закрытых для прямого визуального обзора.

I6.5. На шлюзах сверхмагистральных и магистральных водных путей рекомендуется предусматривать системы промышленного телевидения для обеспечения визуального контроля за положением ворот и затворов, а также за швартовкой судов в камере и у причалов.

I6.6. Центральный пульт управления рекомендуется размещать:

а) на однокамерных шлюзах - в районе нижней головы со

стороны причала верхнего подхода;

б) на многокамерных шлюзах – в районе промежуточной головы между первой и второй камерами со стороны причала верхнего подхода;

в) на двухниточных шлюзах – в межкамерном пространстве.

Для двухниточных шлюзов рекомендуется иметь общий пульт для обеих ниток.

I6.7. Помещение для расположения центрального пульта управления и необходимой аппаратуры пульта должно проектироваться с учетом требований производственной санитарии и гигиены, а также с учетом технических требований, предъявляемых типом применяемой аппаратуры.

Температура воздуха в помещении центрального пульта управления должна поддерживаться: в период навигации не ниже +I4°С, в межнавигационный период – не ниже + 5°С.

I6.8. Для обеспечения нормальной работы отдельных механизмов и шлюза в целом и предотвращения выхода оборудования из строя в схемах всех видов управления должны быть предусмотрены соответствующие технологические и предохранительные (защитные) блокировки.

Для шлюзов на водных путях всех категорий обязательными являются следующие технологические блокировки:

а) обеспечивающие готовность головы шлюза к приему напора, которые исключают возможность маневрирования механизмами ворот и затворов систем наполнения (опорожнения) при незакрытых затворах и воротах противоположной головы. Такие блокировки должны быть двойными с действием от различных приводных устройств;

б) исключающие маневрирование при неодинаковых уровнях верхнего и нижнего (промежуточного) бьефов ворот и затворов, не рассчитанных на перемещение под напором;

в) ограничивающие рабочий ход ворот и затворов;

Обязательными для всех шлюзов являются следующие предохранительные блокировки, отключающие механизмы в случаях:

г) прохождения воротами и затворами предельных положений открытия и закрытия;

д) перегрузки механизмов, превышающей максимально допустимую;

е) появления обратного напора на двустворчатые ворота, превышающего предельно допустимый;

ж) перемещения подъемно-опускных ворот или предохранитель-

ных устройств при прохождении судна под (над) ними;

з) ослабления тяговых органов (канатов, цепей), а также зависания ворот;

и) исключающие возможность включения привода с любого из постов управления при наложении стопоров на механизм или работе ручным приводом.

к) изменения величины давления в электрогидроприводе ниже или выше допустимого значения;

л) повышения или понижения уровней воды в камерах двухкамерных и многокамерных шлюзов более допустимых пределов.

Объем технологических и предохранительных блокировок должен соответствовать конструктивным и технологическим особенностям приводов, механизмов и шлюза в целом.

I6.9. Для временного вывода из работы некоторых блокировок необходимо предусматривать деблокировочные устройства, действие которых зависит от режима работы шлюза. При работе шлюза в цикловом режиме и в режиме раздельного управления использовать деблокировочные устройства запрещается. При работе в режиме местного управления допускается исключение технологической (п.I6.8-в) и предохранительных (п.I6.8 г,е,з) блокировок. Вывод из работы других блокировок запрещается.

Переход в цикловой режим работы с любой нарушенной блокировкой исключается.

I6.I0. Для ликвидации аварийных ситуаций на шлюзе должны быть установлены аварийные выключатели. Аварийные выключатели устанавливаются на видных местах в помещениях механизмов, а также снаружи зданий на каждом из устоев голов шлюза и в помещении пульта управления.

I6.II. В случае использования основных ворот верхней головы шлюза в качестве аварийных следует предусматривать выход из действия соответствующих блокировок после переключения электропривода этих ворот на экстренное закрывание. Для экстренного закрывания ворот должен быть на пульте управления предусмотрен специальный нормально опломбированный ключ.

Вышеизложенные требования относятся также и к аварийно-ремонтным воротам, устанавливаемым перед основными воротами верхней головы.

I6.I2. В случае применения на шлюзах бесконтактной аппаратуры схемы управления должны конструктивно выполняться по блочной структуре с минимальным числом модификаций взаимозаменяемых

блоков.

Для контроля работоспособности схем управления должны предусматриваться встроенные системы контроля, распознающие неисправности с точностью до конструктивного блока.

16.13. При выборе аппаратуры схем управления следует руководствоваться требованиями п.п. 15.33, 15.34, 15.35 настоящего Пособия.

В целях повышения надежности схем управления шлюзами рекомендуется максимально возможное применение бесконтактной аппаратуры. При релейно-контактном управлении необходимо, чтобы ток удержания реле превышал емкостный ток кабельных линий более чем в 3 раза.

16.14. При разработке схем управления необходимо предусматривать резервирование датчиков, вырабатывающих основные технологические сигналы (положения механизмов, уровня и т.д.).

В случае подводной установки датчиков помимо резервирования основных сигналов необходимо конструктивно предусматривать возможность поблочной замены комплектов.

16.15. Кабели для цепей управления и защиты должны выбираться согласно п.15.17.

Кабели вторичных цепей должны иметь резервные жилы.

Для медных кабелей с количеством рабочих жил:

а) 4-26 должна предусматриваться одна резервная жила;

б) 27-59 должно быть две резервных жилы.

Для алюминиевых кабелей с количеством рабочих жил:

а) с 4-9 должна предусматриваться одна резервная жила;

б) 10-35 должно предусматриваться две резервные жилы.

16.16. Трассы кабелей цепей управления и защиты должны проектироваться таким образом, чтобы исключалась электромагнитная связь с силовыми кабелями.

Сигнализация

16.17. В целях обеспечения нормальной эксплуатации, контроля установленной последовательности операций и оповещения о своевременном их выполнении, а также для предотвращения ошибочных действий в процессе производства шлюзований следует предусматривать навигационную и производственную сигнализацию.

16.18. Навигационная сигнализация, служащая для управления движением судов через шлюз, должна осуществляться с помощью

стоповых знаков и линзовых светофоров одностороннего действия, имеющих два цвета огней - зеленый (разрешающий движение) и красный (запрещающий движение). Красный сигнал светофора всегда должен быть расположен над зеленым. Следует предусматривать проблесковое горение зеленого и красного сигналов перед сменой огня светофоров.

16.19. На шлюзах должны устанавливаться входные и выходные светофоры, а на подходах - светофоры дальнего действия и промежуточные.

Входные и выходные светофоры камер шлюза должны быть предусмотрены перед каждыми воротами внутри и снаружи камеры, как правило, с правой стороны по направлению движения судов.

Схема расстановки светофоров и стоповых знаков при одностороннем и двухстороннем движении судов представлена на рис. 89.

Место расположения светофора определяется из условий видимости при наивысшем и наинизшем судоходных уровнях воды.

Светофоры дальнего действия следует предусматривать на удаленных от шлюза концах причальных сооружений на высоте 4-5 м от верха площадок или на берегу на высоте не менее 5 м над наивысшим судоходным уровнем воды.

Установка светофоров производится на зданиях шлюза или на светофорных мачтах. В отдельных случаях допускается установка светофоров на опорах освещения.

16.20. Источники света в светофорах на подходах к шлюзу должны обеспечивать видимость огней на прямолинейных участках не менее 1 км.

16.21. Навигационная сигнализация должна удовлетворять требованиям ГОСТа 26600-85 "Знаки и огни навигационные внутренних водных путей" и согласовываться Минречфлотом РСФСР, управлениями речного флота союзных республик или другими органами, регулирующими судоходство.

16.22. Для информации судоводителей о действительной глубине на пороге, ходе технологического процесса шлюзования и степени готовности шлюза к приему судов рекомендуется установка сигнальных устройств, обращенных в сторону подходящих судов. Эти устройства могут располагаться на башнях или на специальных щитах перед воротами шлюза.

16.23. Управление сигналами светофоров должно быть предусмотрено с центрального пульта шлюза.

При цикловом управлении сигналы входных и выходных светофоров переключаются в соответствии с программой, а при раздельном – отдельными ключами.

Светофоры подходов шлюза должны иметь возможность управления отдельными ключами независимо от управления механизмами и светофорами камер шлюза.

При отключении или перегорании лампы разрешающего сигнала должна срабатывать сигнализация на пульте управления и автоматически включаться запрещающий сигнал.

16.24. Полезную длину камеры шлюза и границы зоны швартовки (остановки) судов на подходах к шлюзу следует обозначать навигационными стоповыми знаками.

Стоповые знаки, обозначающие границы полезной длины камеры, как правило, должны предусматриваться с обеих сторон камеры. Допускается установка стоповых знаков на одной стороне в случае отсутствия возможности размещения в камере по ширине двух судов.

Навигационные стоповые знаки на подходах, показывающие допустимое приближение судов к шлюзу, должны размещаться на стороне причала в местах, отвечающих схемам одностороннего и двухстороннего движения.

16.25. Для светового времени суток навигационный стоповый знак следует выполнять в виде вертикальной полосы красного цвета размером 0,2–0,4 м и длиной не менее 1,5 м, наносимой на парапетах и (или) стенах камер и причальных сооружений шлюза. На подходах стоповые знаки устанавливаются по рис. 89.

Допускается применение сигнальных щитов с надписью "Стоп". Надпись "Стоп" может быть нанесена на стенах рядом с красной полосой.

Для темного времени суток стоповый знак должен быть оборудован постоянным огнем красного цвета, который должен размещаться в тех же местах, что и дневные знаки. Для улучшения видимости стоповых знаков в глубоких камерах рекомендуется применение направленных отражателей.

Стоповые огни следует включать в сеть дежурного электроосвещения территории шлюза .

16.26. Входы в подходные каналы шлюза со стороны верхнего и нижнего бьефов, а также оголовки разделительных дамб при шлюзах должны обозначаться навигационными огнями.

16.27. Для обеспечения безопасности судопропуска необходимо резервирование питания источников света навигационных сигналов с автоматическим включением резерва.

При работе шлюза в условиях продленной навигации необходимо предусмотреть мероприятия, исключающие обледенение или покрытие снегом стоповых знаков и линз светофоров.

16.28. В системах управления шлюзом должны применяться следующие виды производственной сигнализации: оперативная, аварийная и поисковая.

Объем того или иного вида производственной сигнализации определяется для каждого шлюза степенью механизации и автоматизации, а также интенсивностью движения судов через шлюз.

16.29. Приборы оперативной сигнализации следует устанавливать в тех местах, откуда осуществляется контроль за ходом процесса шлюзования и исправностью системы управления.

Приборы оперативной сигнализации в помещении центрального пульта следует размещать на специальной мнемонической схеме, отражающей последовательность работы механизмов шлюза.

16.30. Для передачи на пульт управления процесса движения ворот и затворов, изменения уровня воды в камерах шлюза и бьефах, напоров на ворота, а также величины перекоса подъемно-опускных ворот (если последние предусмотрены) для шлюзов на сверхмагистральных и магистральных водных путях должна быть предусмотрена оперативная следящая система сигнализации.

Схема должна исключать передачу ложных сигналов или показаний при рассинхронизации системы.

Выбор системы оперативной сигнализации должен быть обоснован технико-экономическим расчетом.

16.31. Поисковая сигнализация применяется для нахождения неисправностей и отказов в системах управления шлюзом. Тип искателя повреждений определяется сложностью схем автоматического управления и числом защитно-блокировочных аппаратов в них.

16.32. Аппаратура и исполнение устройств сигнализации должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к рабочему месту оператора.

16.33. Аварийная звуковая сигнализация должна быть предусмотрена в случаях:

а) повреждения в электрических цепях, приводящих к прекращению процесса шлюзования, или при срабатывании аварийного выключателя;

б) появления обратного напора на ворота;

в) перекосах подъемно-опускных ворот сверх допустимой величины.

16.34. Сигналы, указывающие на включение аварийных программ или любое отклонение от нормального режима, необходимо дублировать другим родом сигналов (например, световой - звуковым и т.п.).

16.35. Для цепей сигнализации применять кабели только с медными жилами [Л.50а].

Связь

16.36. Устройства связи, радиофикации, оповещения, наблюдения являются техническими средствами диспетчерского управления процессом пропуска судов через шлюз и регулирования движением на прилегающем участке водного пути. С этой целью судоходные шлюзы оснащаются всеми необходимыми видами производственной связи и сигнализации, общегосударственной связи и радиофикации.

16.37. В зависимости от категории водного пути судоходные шлюзы должны оснащаться следующими видами связи и сигнализации:

Таблица 14

Наименование	Категории водного пути			Примечание
	сверхмагистрали	магистрали	местного значения	
1	2	3	4	5
1. Общепроизводственная (общетехнологическая) связь				
1.1. Дальняя телефонная и телеграфная связь гидроузла с Минречфлотом (магистральная связь)	х	-	-	
1.2. То же, с Управлением пароходства, Управлением канала или бассейновым управлением пути, а также с соседними гидроузлами, портами и т.п. (внутрибассейновая телефонная и телеграфная связь)	х	х	х	

Продолжение таблицы I4

I	2	3	4	5
I.3. Передача данных на ВЦ, ИВЦ, ИВП речного бассейна	X	x	-	
I.4. КВ радиосвязь по обеспечению безопасности плавания судов и передаче прогнозов погоды	x	x	-	
2. Внутрипроизводственная (оперативно-технологическая) связь				
2.I Диспетчерская распорядительная связь Управления канала или БУПа	x	x	x	
2.2. Участковая диспетчерская избирательная связь Управления канала или БУПа	x	x	x	
2.3. Участковая диспетчерская и попристанская связь пароходства	x	x	x	
2.4. Радиопроводная система связи с флотом	x	x	x	
2.5. Связь совещаний по каналам связи (на уровнях Министерства, речного бассейна, межбассейновая)	x	x	x	
3. Местная и внутриобъектовая связь				
3.I. Местная телефонная связь с выходом на сеть телефонной связи населенного пункта	x	x	x	от собствен. УАТС или УАТС порта, СРЗ и т.п.
3.2. Оперативная связь начальника гидроузла (директорская связь)	x	x	x	
3.3. Оперативная связь диспетчера шлюза	x	x	x	
3.4. УКВ радиосвязь дис-				

I	2	3	4	5
петчера шлюза с флотом на подходах к акватории шлюза	x	x	x	
3.5. УКВ радиосвязь диспетчера шлюза с персоналом судопропуска	x	–	–	
3.6. Радиофикация от радиотрансляционной сети населенного пункта	x	x	x	
3.7. Распорядительная громкоговорящая связь оповещения	x	x	x	
3.8. Промышленное телевидение	x	–	–	
3.9. Электрочасофикация	x	–	–	
3.10. Пожарная сигнализация	x	x	–	
3.11. Охранная сигнализация	x	–	–	
3.12. Охранная связь	x	x	x	
3.13. Радиолокационные, лазерные и др. средства для проводки судов через шлюз в условиях плохой видимости	x	–	–	

16.38. Состав видов связи и сигнализации для каждого конкретного судоходного гидротехнического сооружения, а также их количественные показатели определяются проектом и зависят от условий оснащенности системами технологической связи речного бассейна, в пределах которого находится сооружение.

16.39. Технические средства связи по разделам I и 3 (п.п. I.2 и 3.I), как правило, размещаются в территориальном предприятии производственной связи речного транспорта, т.е. в узле дальней связи. На шлюзе устанавливаются абонентские устройства для потребителей этих видов связи, которыми является руководящий и диспетчерский персонал. Территориальный узел связи на

гидроузле располагается в отдельно-стоящем здании или в блоке административно-производственных помещений.

16.40. Технические средства местной и внутриобъектовой оперативно-технологической связи (раздел 3, кроме п.3.1), как правило, размещаются в специальных помещениях здания ЦПУ шлюза и непосредственно на рабочем месте диспетчера шлюза (в помещении ЦПУ).

Станционное оборудование отдельных видов оперативно-технологической и местной связи и сигнализации (раздел 3) может также устанавливаться в помещениях узла дальней связи, если это не противоречит техническим характеристикам оборудования и условиям его эксплуатации.

16.41. Сети связи и сигнализации на гидроузле предусматриваются кабельными с использованием кабелей с медными жилами преимущественно в алюминиевой и пластмассовой оболочке.

По территории шлюза кабели прокладываются в кабельной канализации, специальных каналах или на специальных конструкциях совместно с контрольными и низковольтными кабелями с соблюдением требований норм технологического проектирования.

В зданиях механизмов кабели, как правило, прокладываются по специальным конструкциям, каналам и т.п.

Абонентская проводка в зданиях механизмов и ЦПУ может выполняться открытым способом.

Емкость кабельной сети проектируется с учетом указанных выше видов связи, а также с учетом емкости, необходимой для систем АСУ-шлюз, АСУ- канал, управляющих логических комплексов и т.п.

16.42. Антенные устройства УКВ радиостанций должны располагаться, как правило, на крыше здания ЦПУ.

Антенные устройства КВ радиостанций проектируются с учетом максимального использования имеющихся на гидроузле мачт и высотных сооружений.

16.43. При проектировании на гидроузле установки промышленного телевидения, должна быть обеспечена освещенность наблюдаемых конструкций и территорий, соответствующая техническим характеристикам аппаратуры ПТУ.

16.44. Сигнал пожарной опасности передается на ближайшее пожарное депо в городскую сеть, как правило, по телефону.

16.45. Абонентами общепроизводственной (общетехнологической) и внутрипроизводственной (оперативно-технологической) связи

(разделы I и 2) является диспетчерский и руководящий персонал шлюза.

Состав абонентов местной и внутриобъектовой связи определяется проектом в соответствии со штатным расписанием шлюза и технологией управления процессом пропуска судов через шлюз.

16.46. Для организации связи используется серийная аппаратура связи, выпускаемая отечественной промышленностью, с учетом использования оборудования, обеспечивающего технический прогресс к моменту ввода шлюза в эксплуатацию.

Рекомендуемый тип основного оборудования связи приведен в таблице 15

Таблица 15

№№ п/п	Наименование	Тип	Примечание
I	2	3	4
I	Аппаратура уплотнения однокабельных линий технологической связи	К-I2+I2 К-480	
2	Аппаратура радиорелейных линий технологической связи	Трал-400/24 Трал-8/I20	
3	Ультракоротковолновые радиостанции диспетчерской радиопроводной и подходной связи	"Кама"	Диапазон частот 300-336 МГц
4	Ультракоротковолновые радиостанции для связи с персоналом судопропуска	РСД-70	
5	Автоматические телефонные станции местной и дальней связи	АТСК-I00/2000 АТСК-50/200 УПАТСК-I00/400 "Квант"	координатные АТС-КЭ
6	Установки оперативной внутриобъектовой диспетчерской и директорской связи	ЭДТС "Псков" МИГ КДЭ "Кром", "Кристалл"	
7	Установки распорядительной громкоговорящей связи оповещения	ТУ-I00 ТУУ-600	

I	2	3	4
8	Промышленное телевидение	ПТУ-48 ПТУ-54 ПТУ-55 ПТУ-56 ПТУ-58	Для открытых пространств
9	Тревожная сигнализация	"Топаз" ППС-I ППС-3	

I7. ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, КАНАЛИЗАЦИЯ, ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ

I7.I. Объектами водоснабжения и канализации судоходных шлюзов являются производственные помещения, расположенные в головах шлюзов или на устоях голов, здания пульта управления, здания и сооружения административно-хозяйственного комплекса. На шлюзовых площадках предусматривается полив зеленых насаждений.

На каждом шлюзе должен быть решен также вопрос пожаротушения судов, находящихся в камерах шлюзов, наружного и внутреннего пожаротушения зданий шлюзов и административно-хозяйственного комплекса.

I7.2. Проекты водоснабжения, канализации, отопления, вентиляции и противопожарных мероприятий на объектах и сооружениях судоходных шлюзов должны выполняться с учетом требований соответствующих СНиП:

- 2.04.0I-85 "Внутренний водопровод и канализация зданий";
- 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения";
- 2.04.03-84 "Канализация. Наружные сети и сооружения";
- 2.04.05-86 "Отопление, вентиляция и кондиционирование;
- 2.04.07-86 "Тепловые сети;"
- 2.0I.02-85 "Противопожарные нормы", а также "Правил пожарной безопасности на судах и береговых объектах Минречфлота РСФСР. Часть 2. Береговые объекты".

Водоснабжение и противопожарные мероприятия

I7.3. Водоснабжение комплекса сооружений должно осуществляться путем устройства двух систем водопровода: хозяйственно-питьевого и производственного.

I7.4. Источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения может служить хозяйственно-питьевой водопровод основных сооружений гидроузла.

Система хозяйственно-питьевого водопровода обеспечивает питьевой водой обслуживающий персонал шлюзов, рабочих и служащих административно-хозяйственного комплекса и внутреннее пожаротушение производственных помещений.

Расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды принимаются: хозяйственно-питьевой из расчета 25 л на человека в сутки и 60 л на человека в сутки на прием душа.

I7.5. Производственно-противопожарный водопровод, как правило, должен обеспечивать водой:

- полив зеленых насаждений;
- мойку автомашин;
- пожаротушение судов, находящихся в момент возникновения пожара на них в камере шлюза;
- пожаротушение кабельных шахт, потерн, расположенных в нижней и верхней головах шлюзов;
- пожаротушение кабельного помещения пульта управления.

I7.6. Противопожарная защита шлюзов и зданий центральных пультов управления предусматривается с помощью пожарных кранов и обеспечивается пожарной сигнализацией.

Производственные расходы воды принимаются по технологическим данным:

- на наружное пожаротушение зданий I0 л/с;
- на внутреннее пожаротушение производственных помещений шлюзов 5 л/с, из расчета 2-х струй по 2,5 л/с каждая;
- на внутренее пожаротушение административных помещений 2,5 л/с из расчета одной струи.

Расчетные расходы воды на пожаротушение судов, находящихся в камере шлюза, необходимо принимать по табл.I6

Таблица I6

Габарит камеры, длина х ширина, м	Число струй	Расход воды на I струю, л/с	Суммарный расход воды, л/с
I	2	3	4
300х37	4	5	20
300х30	4	5	20

I	: 2	: 3	: 4
300x20	3	5	I5
I50x20 и менее	2	5	I0

Для шлюзов с габаритами камеры более 300x37 м система пожаротушения проектируется по специальным техническим условиям. Для шлюзов с шириной камеры 30 м и более пожарные сети с гидрантами необходимо размещать по двум берегам шлюза.

I7.7. Для пожаротушения производственных помещений шлюза обычно предусматриваются пожарные краны диаметром 50 мм, с рукавами длиной 20 м, расположенные, в основном, на лестничных клетках.

Пожаротушение кабельных шахт осуществляется от пожарных кранов, расположенных на лестничных площадках у входов в шахты.

Пожаротушение кабельного помещения пульта управления осуществляется от пожарных кранов, расположенных у входа в помещение из расчета орошения каждой точки двумя струями.

Пожаротушение судов, находящихся в камере шлюза, производится с помощью пожарных гидрантов, которые размещаются в колодцах вдоль стен камеры шлюза на расстоянии не более 50 м друг от друга и в 5-I0 м от лицевой грани стены.

У каждого гидранта должно быть место в виде специальных металлических тумб/ящиков/для хранения 80 м выкидных пожарных рукавов, двух стволов и пожарной колонки. При длине камеры до 150 м хранение пожарного инвентаря возможно в специальных помещениях на I этаже зданий механизмов нижней и верхней голов.

I7.8. Систему пожаротушения следует обеспечивать дистанционным управлением со щита управления, а также от кнопок:

- при входе в кабельные шахты;
- при входе в здание механизмов;
- у пожарных кранов при входе в кабельное помещение;
- у наружных пожарных тумб (ящиков) при гидрантах, размещенных вдоль стен камеры шлюза.

Необходимо предусматривать передачу пожарной сигнализации на центральный пульт управления.

Канализация

I7.9. Хозяйственно-фекальная канализация должна предусматривать отвод хозяйственно-фекальных стоков от бытовых помещений и санитарных узлов здания пульта управления шлюзом и зданий административно-хозяйственного комплекса.

I7.I0. Производственная канализация решается путем устройства двух систем канализации.

Условно-чистые стоки от кондиционеров в зданиях, пультов управления отводятся в низовой подходной канал.

Канализационные стоки от мойки машин на площадке административно-хозяйственного комплекса, загрязненные маслом и песком, отводятся поверхностным лотком, перекрытым решетками, в грязеотстойник с бензомаслоуловителем.

I7.II. Проектирование бытовой и производственной канализации на объектах шлюза должно производиться по соответствующим нормативным документам.

Для шлюзов с малым количеством стоков (до I0 $м^3$/сутки) и отсутствием канализации в районе расположения шлюза, по согласованию с местными органами СЭС, возможно устройство емкости для сбора стоков с последующим вывозом их в специально отведенные места.

После очистки сточные воды обычно сбрасываются в низовой подходной канал шлюза.

I7.I2. Схемами производственных водоснабжения и канализации необходимо предусматривать, по возможности, устройство оборотных и повторно используемых систем с необходимым набором сооружений, способствующих экономии воды питьевого качества и предохранения водоемов от загрязнений.

Отопление и вентиляция

I7.I3. Проектирование отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, а также горячего водоснабжения в производственных и административных помещениях зданий и сооружений шлюзов должно производиться в соответствии с требованиями соответствующих СНиП [Л.34,35].

I7.I4. При превышении в камерах шлюзов санитарных норм газовыделений от работающих дизелей шлюзующихся судов необходимо предусматривать системы принудительной вентиляции камер, сос-

тоящей из приточных вентиляторов, вентиляционных коробов и закладных трубопроводов.

I8. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ И СЛУЖЕБНО-ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ

Общие указания

I8.I. Объекты подсобно-вспомогательного назначения следует проектировать в соответствии с действующими техническими условиями и нормами проектирования и требованиями к этим объектам СНиП по проектированию вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий [Л.28].

I8.2. Объекты подсобно-вспомогательного назначения рекомендуется размещать на территории шлюза или в непосредственной близости от нее с учетом общей архитектурной компоновки гидроузла, удобства их обслуживания, размещения подъездных путей и обеспечения охраны.

I8.3. Для снижения затрат по строительству объектов подсобно-вспомогательного назначения следует совмещать здания и помещения различного назначения в блоки согласно СНиП по проектированию производственных зданий промышленных предприятий [Л.25].

I8.4. Проектом должны быть предусмотрены:

а) хозяйственная база;

б) административный корпус;

в) служебные и подсобно-вспомогательные помещения и сооружения на шлюзе.

Хозяйственная база

I8.5. В состав хозбазы должны входить: ремонтное хозяйство, склады, гаражи и маслохозяйство.

Все сооружения хозбазы следует располагать за общим ограждением.

Хозбаза должна иметь круглогодовую надежную связь с местными железными и автомобильными дорогами.

Примечание. Автомобильные дороги между действующими причалами, хозбазой и шлюзом должны допускать провоз крупногабаритных конструкций.

I8.6. Обеспечение объектов хозбазы инженерным оборудованием определяется в зависимости от местных условий заданием на проектирование.

I8.7. Ремонтное хозяйство должно создаваться при каждом районе гидросооружений или для каждого шлюза, если он находится на значительном удалении от района сооружений и от соседних шлюзов.

В пределах бассейна должна предусматриваться специализация ремонтных хозяйств и кооперация между ними.

I8.8. Ремонтное хозяйство должно обеспечивать как ремонт, модернизацию и реставрацию всего транспортабельного оборудования (электро- и гидромеханическое оборудование, средства автоматики и связи) и транспортных средств района сооружений или шлюза, так и ремонт нетранспортабельного оборудования и металлоконструкций, который производится непосредственно на месте. В частности, демонтаж и монтаж створок ворот должен осуществляться в сборе с помощью мощных плавучих кранов и т.п.

I8.9. Ремонтное хозяйство должно быть оснащено напольным внутрицеховым транспортом (автокары, вильчатые погрузчики, тележки-лягушки) и подвесными грузоподъемными средствами (кран-балки и монорельсы).

Передача всех грузов и тяжеловесов с внешних общеплощадочных транспортных средств в цеха ремонтного хозяйства и помещения механизмов шлюза должна осуществляться средствами механизации.

I8.I0. Состав цехов (участков) ремонтного хозяйства и оснащение их технологическим оборудованием определяется степенью насыщения шлюза механизмами и их сложностью с учетом специализации ремонтного хозяйства в бассейновой кооперации. Размещение технологического оборудования на площадях цехов (участков) ремонтного хозяйства должно выполняться в соответствии с "Нормами технологического проектирования судоремонтных предприятий МРФ". Примерный состав цехов (участков) ремонтного хозяйства приведен в табл.I7.

I8.II. Для ремонта металлоконструкций должна оборудоваться открытая площадка с бетонным покрытием, обслуживаемая краном и сварочным постом.

I8.I2. Состав и площадь бытовых помещений и устройств, а также помещений культурного обслуживания следует назначать сог-

ласно главе СНиП по проектированию вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий[Л.28] применительно к группе производственных процессов I в. Примерный состав бытовых помещений и устройств:

I. Гардеробные.

2. Душевые.

3. Ножные ванные.

4. Умывальные.

5. Уборные.

6. Помещения для личной гигиены женщин.

7. Помещения для отдыха, оборудованные кипятильником, холодильником и сатуратором.

8. Помещения стирки и сушки одежды.

Примерный состав цехов (участков) ремонтного хозяйства шлюза

Таблица I7

№№ п/п	Наименование цехов и помещений	Площадь помещения, м2
I	2	3
	А. Обязательный состав	
I	Слесарно-механический	450
2	Кузнечный	50
3	Электрогазосварочный	
4	Электрооборудование с аккумуляторной	50
5	Электролаборатория для испытания диэлектриков, аппаратуры и средств защиты	20
6	Лаборатория для испытания и регулировки гидроаппаратуры и маслонасосов высокого давления (на шлюзах, оборудованных гидроприводом)	40
7	Инструментальный	I0+I5
8	Деревообделочный с сушильным шкафом	40
9	Растворный узел	в зависимости от объема рабо

I	2	3
I0	Колерная	I8
	Б. Дополнительный состав	
I	Авторемонтный	входит в состав слесарно-механического цеха
2	Капронового литья под давлением	
3	Обмоточный, изолировочный и пропиточный участки при цехе электрооборудования	50
4	Гидротехническая лаборатория с моделью гидроузла	30xI0=300

I8.I3. На хозбазе следует предусматривать:

- материальный склад с теплыми и холодными отделениями и отделением для хранения аварийного (неснижаемого) запаса, площадью I50 м^2;

- склад горюче-смазочных материалов (с учетом заправки автомашин и тракторов на централизованных автоколонках и нефтебазах) площадью 36 м^2;

- навес с отсеками для хранения крупногабаритного оборудования, металлоконструкций, металла, леса и пиломатериалов, такелажа, кабельной продукции и т.д. площадью 200 м^2.

I8.I4. Для хранения строительных машин и механизмов следует предусматривать специальные открытые площадки или навесы.

Гараж для автомашин должен предусматриваться на хозбазе. В составе района гидросооружений предусматривается, как минимум, гараж, рассчитанный на установку автобуса на 20 человек, двух грузовых автомашин и одной легковой автомашины. При необходимости большего объема автотранспорта для крупного района эта необходимость должна быть специально обоснована и включена в техническое задание на проектирование.

Примечание. При значительном удалении хозбазы и шлюза от жилого поселка в последнем следует предусматривать гараж для дежурного автобуса и легковых автомашин.

I8.I5. Для шлюзов, использующих в качестве механизмов гидроприводы, следует предусматривать маслохозяйство, размещаемое в отдельном отапливаемом здании, при проектировании которого

следует учитывать требования СНиП по проектированию складов нефти и нефтепродуктов [Л.30].

В состав маслохозяйства должны входить: склад масла, аппаратная, венткамера, санузел с горячим водоснабжением. Емкость склада масла следует принимать равной единовременной заправке гидросистемы шлюза с учетом условий доставки масла на шлюз (в железнодорожных вагонах, автоцистернах, бочкотаре).

Примечание. При размещении аппаратуры для сушки и очистки масла непосредственно в помещениях маслонапорных установок (МНУ) шлюза, на хозбазе предусматривается только склад масла.

Административный корпус

I8.I6. Местоположение административного корпуса зависит от того, обслуживает он группу шлюзов или отдельный шлюз.

Административный корпус группы шлюзов рекомендуется размещать в жилом поселке, тяготеющем к средствам транспортных связей *между отдельными шлюзами и бассейновым управлением пути или* управлением канала.

Административный корпус отдельно стоящего шлюза целесообразно размещать на территории шлюза или на незначительном удалении от него.

I8.I7. В административном корпусе группы шлюзов следует размещать:

а) кабинеты начальника и главного инженера площадью по 30-35 м^2 с общей приемной до 20 м^2;

б) комнату главных специалистов - 20-25 м^2;

в) диспетчерский пункт - I5 м^2;

г) производственно-технический отдел с помещением общего технического архива - 25 м^2;

д) отдел материально-технического снабжения - I5-20 м^2;

е) жилищно-коммунальный отдел - I5-20 м^2;

ж) административно-хозяйственный отдел - I0-I5 м^2;

з) отдел кадров - 20-25 м^2;

и) комнаты для счетных работников, кассы и плановика - 20 м^2;

к) комнаты общественных организаций до 35 м^2;

л) фотолаборатория - I2-I5 м^2;

м) комнату для приезжих и прикомандированных (на 3-4 койки) в соответствии с требованиями главы СНиП по проектированию

жилых зданий [Л.27];

н) кабинет новой техники и техники безопасности – 15 м^2;

о) техническую библиотеку – 20 м^2;

п) столовую в соответствии с требованием главы СНиП по проектированию предприятий общественного питания (Л.29).

В административном корпусе отдельно стоящего шлюза, приравненного к райсну гидросооружений, необходимы следующие помещения, дополнительно к указанным выше:

а) для групп наблюдений и исследований (за строительно-гидротехнической частью, механическим и электротехническим оборудованием) – по 20–25 м^2;

б) здравпункт – в соответствии с требованиями главы СНиП по проектированию вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий [Л.28];

в) помещение для технической учебы, пособий по технике безопасности, охране труда и промсанитарии – 20–25 м^2;

г) общежитие для молодых специалистов и практикантов в соответствии с требованиями главы СНиП по проектированию жилых зданий [Л.27];

д) красный уголок – 35–40 м^2;

е) помещения ВОХРа – в соответствии со штатным расписанием, правилами дислокации военизированной охраны и хранения оружия.

Примечания. 1. В красном уголке должна предусматриваться возможность работы стационарной киноустановки.

2. У административного корпуса рекомендуется оборудовать площадку для спортивных игр.

Служебные и подсобно-вспомогательные помещения

18.18. Служебные помещения при наличии на шлюзе зданий механизмов, как правило, должны размещаться в этих зданиях. При отсутствии таких зданий должны предусматриваться специальные помещения.

В непосредственной близости от центрального пульта управления (ЦПУ) следует располагать:

а) кабинет начальника шлюза 15–20 м^2;

б) комнату старших специалистов и общий архив – 15–20 м^2;

в) комнату инженеров-гидротехников и группы наблюдений – 15–20 м^2;

г) кладовую для хранения геодезического инструмента – – 3-5 м^2;

д) кассу – 3-5 м^2;

е) АТС, помещения для аппаратуры громкоговорящей связи (радиотрансляции)и электрофикации.

В других зданиях должны находиться:

а) помещения для вахтенного персонала шлюза, состоящие из общей комнаты-раздевалки с индивидуальными шкафчиками, санузла, душевой и сушилки.

Эти помещения рекомендуется располагать на отметке верха устоя шлюза; в них следует устанавливать телефон и динамик внутренней радиотрансляции;

б) помещения для дежурных механиков и электриков с кладовыми для их инструмента; помещения для принятия пищи и обогрева персонала, работающего на открытых площадках;

в) кладовые инвентаря для уборки помещений и территории, располагаемые в многокамерных шлюзах – через одну-две головы;

г) помещение для водолазов с местом для ремонта и сушки водолазного снаряжения; помещение должно размещаться на первом этаже и иметь подъезд для автомашин.

I8.I9. В помещениях шлюзов следует применять электрическое отопление, температура должна поддерживаться в соответствии с требованиями главы СНиП по проектированию вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий [Л.28].

I8.20. На каждой голове необходим предусматривать укрытие для вахтенного персонала, обеспечивающее хороший обзор устоев и оборудованное телефоном во влагозащищенном исполнении.

I8.2I. Непосредственно на шлюзе следует размещать небольшую мастерскую, оборудованную токарным, настольно-сверлильным, наждачным станками и слесарными верстаками, с комнатой для отдыха и приема пищи, туалетом и умывальником.

I8.22. На шлюзе следует предусматривать вспомогательные сооружения и устройства, в частности:

а) стоянки для спасательных лодок и служебного флота шлюза;

б) площадки для спасательных лодок на средних камерах многокамерных шлюзов;

в) стоянки для личного транспорта работников шлюза (велосипедов, мотоциклов, автомашин) у въездов на территорию шлюза;

г) оранжереи (теплицы) для разведения рассады цветов при отсутствии таковых в близлежащих населенных пунктах;

д) воздуховоды вдоль камерных стен для пневматического инструмента, совмещенные для шлюзов, работающих в условиях продленной навигации, с системой обеспечения работы механического оборудования при отрицательных температурах воздуха;

е) будки для часовых ВОХР.

I9. ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ СОЦКУЛЬТБЫТА

I9.I. В тех случаях, когда судоходное сооружение возводится в районе крупного существующего населенного пункта, проектом должно быть предусмотрено сооружение жилого фонда в соответствии с существующими нормативами на весь состав руководящего инженерно-технического и производственного персонала, включая ВОХР, или выделение средств для осуществления соответствующего жилого строительства в порядке долевого участия при условии предоставления городскими организациями жилого фонда эксплуатационному персоналу к моменту начала работы по оборудованию шлюза. На остальные сооружения соцкультбыта в проекте должны быть предусмотрены соответствующие средства, передаваемые исполкому населенного пункта в порядке долевого участия.

В тех случаях, когда судоходное сооружение возводится вне населенного пункта, проектом должно быть предусмотрено возведение всего необходимого жилого фонда и соответствующего состава других сооружений соцкультбыта для эксплуатационного персонала судоходного сооружения в соответствии с существующими нормативами. При возведении комплексного гидроузла жилой массив и другие соответствующие сооружения соцкультбыта целесообразно возводить едиными для всех участников комплекса.

20. НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

20.I (I.4) В сооружениях I,II и III классов следует предусматривать установку контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), обеспечивающей проведение натурных наблюдений и исследований как в период строительства, так и в период эксплуатации.

Состав, объем и режимы натурных наблюдений должны определяться программой, включаемой в проект.

В сооружениях IУ класса необходимость установки КИА должна быть обоснована.

20.2. Натурные наблюдения и исследования судоходных шлюзов подразделяются на контрольные и специальные.

Контрольные наблюдения, проводимые эксплуатационным персоналом, (в период строительства - строительным персоналом), представляют собой систематические наблюдения, осуществляемые в плановом порядке по заранее составленным графикам и по определенной схеме.

Их назначение - контроль за состоянием сооружений шлюзов в период строительства и эксплуатации. Контрольные наблюдения должны начинаться с самого начала проведения строительных работ до вскрытия котлована с тем, чтобы зафиксировать все изменения, происходящие в режиме грунтовых вод, плотности и структуре массива основания сооружения при его разгрузке, а также в бортах котлована в процессе его отрывки. Состав наблюдений должен непрерывно наращиваться по мере расширения номенклатуры и объемов выполняемых строительных и монтажных работ. Контрольные наблюдения должны вестись непрерывно до сдачи объекта в эксплуатацию.

В период эксплуатации контрольные наблюдения позволяют обеспечивать необходимую безопасность шлюзов, своевременно проводить ремонтные работы и тем самым увеличить срок службы сооружений, а в отдельных случаях предотвратить возникновение аварийных ситуаций.

Оценка состояния судоходного сооружения осуществляется путем сопоставления наблюденных значений отдельных параметров с проектными их значениями и предельными значениями контролируемых параметров, характеризующими границы работоспособности сооружений.

Величины нормативных и предельных значений контролируемых параметров выдаются проектной организацией эксплуатирующей сооружение организации при приемке шлюза в эксплуатацию. Одновременно эксплуатирующей организации должны быть переданы результаты всех контрольных и специальных исследований, полученные в периоды проведения изысканий и выполнения строительных работ.

Специальные исследования проводятся при использовании в проекте новых, требующих проверки решений, а также при решении научно-исследовательских задач.

На основе специальных исследований совершенствуются методы расчета и конструирования шлюзов, проверяется правильность проектных решений, производится оптимизация процесса судопропуска и пр.

В процессе проектирования сооружения должна быть продумана и отражена в проекте, а с начала проведения строительных работ, контрольных и специальных наблюдений организована система хранения и обработки результатов наблюдений. В современных условиях наиболее целесообразна реализация этой системы на базе использования ЭВМ.

Контрольные наблюдения

20.3. Необходимость проведения и объем контрольных наблюдений определяется в зависимости от класса сооружений шлюза по п.I.I9 настоящего Пособия.

Контрольные наблюдения должны проводиться на шлюзах согласно Указаниям по организации и проведению натурных наблюдений на гидротехнических сооружениях, [Л.58], Правилам технической эксплуатации судоходных гидротехнических сооружений (Л.54) и Инструкцией по наблюдениям и исследованиям на судоходных гидротехнических сооружениях [Л.39].

20.4. На судоходных шлюзах должны быть установлены устройства и аппаратура для проведения контрольных наблюдений по гидротехнической части за деформациями сооружений (осадки, горизонтальные перемещения, наклоны, деформация швов), фильтрационным режимом (взвешивающее давление в основании сооружений, уровни грунтовых вод в засыпках, фильтрационный расход), уровенным режимом бьефов, гидравлическими процессами при наполнении - опорожнении камер, напряженным состоянием отдельных сооружений. Кроме того, контролю подлежат деформации ложа подходных каналов (размывы, отложения наносов), а также внешний вид сооружений или их частей, доступных для осмотра.

По механическому оборудованию должны проводиться наблюдения за состоянием ворот и затворов, в частности за их плановым расположением, деформациями и коррозией металлоконструкций, состоянием и работой опорно-ходовых частей, уплотнений, а также

за состоянием и износом механизмов, зубчатых передач, цепей, подшипников, валов, звездочек, тяговых органов.

На судоходных шлюзах должны систематически проводиться наблюдения за состоянием и работой электрооборудования и средств защиты и автоматики.

Для контроля за состоянием электрооборудования и механического оборудования должны проводиться систематические осмотры в соответствии с инструкциями и графиками, разработанными эксплуатирующими организациями.

20.5. Состав основных контрольных наблюдений и исследований для различных типов сооружений рекомендуется принимать в соответствии с таблицей I8

Таблица I8

№№ п/п	Вид наблюдений	Типы сооружения			
		Шлюз на нескальном основании	Шлюз на скальном основании	Причальные и направляющие сооружения шлюзов	Подходные каналы
I	2	3	4	5	6
I	Осадки	+	x	+	–
2	Горизонтальные смещения стен	+	+	+	–
3	Наклоны	x	x	x	–
4	Деформации швов	+	+	x	–
5	Фильтрационный режим (уровни грунтовых вод, фильтрационный расход)	+	+	–	–
6	Давление грунта на стены и устои	x	x	–	–
7	Контактные напряжения под подошвой	x	–	–	–
8	Напряженное состояние и температурный режим	x	x	–	–
9	Уровенный режим бьефов	–	–	–	+

Продолжение таблицы I8

I	2	3	4	5	6
I0	Гидравлические процессы при наполнении - опорожнении камер	+	+	-	+
II	Осмотр сооружений	+	+	+	+
I2	Размывы и отложения наносов	-	-	-	+

Примечания. Обязательные наблюдения - "+"
Желательные наблюдения - "х"
Наблюдения не требуются - "-"

20.6. Наблюдения за строящимися и эксплуатируемыми судоходными шлюзами ведутся с помощью:

- дистанционных измерительных преобразователей, закладываемых в основании, теле шлюза и засыпках;
- геодезических знаков и устройств, устанавливаемых на днище и стенках шлюза, а также на прилегающей к шлюзу территории;
- водомерных устройств, регистрирующих расход дренажных и фильтрационных вод;
- пьезометров опускных и закладных;
- водомерных реек, устанавливаемых в камере и в подходных каналах;
- визуальных наблюдений, имеющих целью зафиксировать дефекты и непредвиденные явления или процессы, могущие отрицательно влиять на состояние сооружения.

20.7. При определении состава и объема контрольно-измерительной аппаратуры в качестве исходных материалов используются технические условия на проектирование шлюза, материалы инженерно-геологических изысканий, а также результаты экспериментальных и теоретических исследований, выполненных для обоснования отдельных проектных положений.

С целью снижения затрат количество контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) должно быть минимально необходимым.

20.8. Типы и технические характеристика КИА определяются комплексной программой наблюдений и исследований. Проект

размещения КИА составляется в соответствии с Методическими рекомендациями к составлению проекта размещения контрольно-измерительной аппаратуры в бетонных гидротехнических сооружениях и другими руководствами и инструкциями.

Пример размещения КИА приведен на рис. 90

20.9. Регистрирующую (вторичную) аппаратуру для снятия отсчетов по дистанционным преобразователям надлежит устанавливать в специальных помещениях на стенах камер, головах и в здании управления шлюза.

20.10. В районе шлюза должна быть предусмотрена надежная плановая и высотная сеть опорных реперов, создаваемая, в основном, до начала строительных работ.

20.11. Определение абсолютных и относительных смещений элементов шлюзов имеет первостепенное значение для оценки состояния сооружения и основания, а также степени достоверности результатов расчетных и модельных исследований, положенных в основу проекта сооружения.

20.12. Наблюдения за осадками проводят с помощью устанавливаемых на бетонных и земляных сооружениях высотных контрольных марок.

20.13. Контрольные марки в зависимости от места их расположения могут быть следующих типов:

- труб - марок (стержневая марка)
- поверхностных или боковых марок.

20.14. Труба - марка предназначена для определения осадки сооружений с момента начала укладки бетонной смеси. Устанавливается труба-марка на бетонную подготовку. Обычно трубы-марки устанавливаются в днище шлюза через одну - две секции. В пределах секции устанавливают 4-6 труб-марок вблизи межсекционных швов.

20.15. Поверхностные марки размещаются в днище шлюза. В каждой секции закладывают 4-6 марок вблизи межсекционных швов (кроме секций с трубами-марками). После возведения шлюза на верхней части голов и стен также закладывают по четыре марки на каждой секции. При этом могут использоваться боковые марки.

20.16. На причалах и направляющих сооружениях после их возведения закладывают однуде марки в каждой секции.

20.17. Для определения относительных осадок и изгибных деформаций днищ шлюзов используют гидростатические марки с

дистанционными преобразователями уровня жидкости. Эти преобразователи устанавливают в днище цепочкой поперек камеры в типовой секции.

20.18. Горизонтальные смещения верха стен камер измеряют створным методом. Опорные пункты закладывают в верхней части голов или в грунт. Опорными знаками створа могут служить обратные отвесы.

Для наблюдений устанавливают по два плановых знака с гнездовыми центрами на каждой секции стенки камеры. Знаки размещают вблизи межсекционных швов, рядом с высотными марками.

20.19. Измерения горизонтальных смещений стен створным методом дополняются измерениями расстояний между противоположными стенами с помощью переносных (или постоянных) инварных проволок и измерениями деформаций межсекционных швов с помощью марочных щелемеров.

20.20. Измерения наклонов стенок шлюза проводят с помощью групп обратных отвесов, якоря которых закрепляют в нескольких точках по высоте стенки.

Группа состоит обычно из трех отвесов, для которых в стенке закладываются вертикальные защитные трубы, наращиваемые по мере возведения стенки. Якоря отвесов закладываются в фундаментной плите на 1/3 и 2/3 высоты стенки.

Наклоны стенок определяют также с помощью клинометров.

20.21. В период эксплуатации одними из основных являются наблюдения за фильтрационным режимом шлюза. Эти наблюдения включают в себя:

- наблюдения за пьезометрическими уровнями по подошвам камер и голов шлюза и в обратных засыпках и за изменениями этих уровней при шлюзованиях;
- наблюдения за фильтрационными расходами в дренажных системах;

20.22. Наблюдения за фильтрацией проводят с помощью:

- закладных и опускных пьезометров;
- преобразователей давления с пористой насадкой;
- измерителей расходов воды (мерные водосливы, лотки).

20.23. Для эксплуатационного контроля за фильтрационным режимом шлюза следует применять пьезометры и измерители расходов, размещение которых принимается в соответствии с инструкцией

по наблюдениям и исследованиям [Л.39].

20.24. Пьезометры размещают на контакте сооружения с грунтом. При сложных гидрогеологических условиях, кроме того, устанавливают глубинные пьезометры, водоприемники которых располагают ниже подошвы шлюза.

20.25. Пьезометрические трубы располагают по возможности вертикально. При необходимости прокладки пьезометрических труб по ломаной линии следует следить за тем, чтобы по всей длине сохранялись положительные уклоны. Минимально допустимый уклон составляет 0,05.

20.26. Наблюдения за напряженно-деформированным состоянием камеры шлюза проводятся с целью контроля:

- фактических значений напряжений в арматуре, распределения давления грунта по подошве и стене и деформаций блоч х швов;
- изменения напряжений в арматуре, давления грунта и деформаций швов во времени;
- фактического температурного режима конструкции;
- общего напряженного состояния камеры шлюза от воздействия внешних нагрузок и температурных перепадов в бетоне.

20.27. Наблюдения за напряженно-деформированным состоянием проводят с помощью дистанционных измерительных преобразователей, устанавливаемых в днище и стенах при возведении шлюза.

20.28. Преобразователи размещают в отдельных типовых секциях камеры. Обычно исследуется секция в середине камеры и секция, примыкающая к верхней голове. Размещение КИА в нескольких секциях производится в случае значительного различия вдоль сооружения геологического строения основания, фильтрационного режима и т.п.

20.29. Основное измерительное сечение размещается перпендикулярно оси шлюза.

20.30. Преобразователи нормального напряжения (давления) грунта (измерители контактных напряжений) заделывают в бетон таким образом, чтобы их чувствительный элемент, воспринимающий давление, находился заподлицо с поверхностью сооружения.

В подошве измерители контактных напряжений (ИКН) устанавливают на грунт основания перед укладкой бетонной подготовки и бетонируют одновременно с подготовкой.

В стенках измерители нормальных и касательных напряжений закрепляют перед бетонированием на опалубке.

В связи с тем, что эпюры контактных напряжений имеют криволинейные очертания, количество точек измерения следует назначать:

– при плоских поверхностях подошвы и тыловой грани стен по 5÷7 точек;

– при ломаных очертаниях у переломов поверхностей добавлять по две точки у каждого перелома.

20.31. Преобразователи силы арматурные устанавливают в верхнюю и нижнюю рабочую арматуру днища шлюза и в лицевую и тыловую арматуру в стенках. В каждой измерительной точке на соседних стержнях устанавливают по два преобразователя.

Преобразователи силы арматурные устанавливают на блочных (строительных) швах таким образом, чтобы шов проходил через центр преобразователя.

20.32. На блочных швах устанавливают преобразователи линейных перемещений:

а) в днище – в нижней и верхней частях вертикальных швов перпендикулярно плоскости шва;

б) в стенках – у лицевой и тыловой граней перпендикулярно горизонтальным швам.

20.33. Преобразователи температуры размещают в теле шлюза створами по толщине днища и стен таким образом, чтобы получить все необходимые данные о температурном режиме.

20.34. В случае необходимости изучения противодавления в швах следует установить в них преобразователи давления.

20.35. Визуальные наблюдения имеют целью выявление дефектов сооружений, возможность появления которых не может быть предвидена заранее.

20.36. Визуальными наблюдениями должны быть охвачены:

– состояние бетонных элементов (раскрытие швов, трещины, разрушение бетона, течи);

– состояние водоотводных лотков;

– состояние откосов и гребня плотин, засыпок пазух;

– состояние контрольно-измерительной аппаратуры (выводы пьезометров, коммутаторы дистанционных преобразователей и т.п.);

– состояние механического и электротехнического оборудования.

20.37. Исследование гидравлических процессов при наполне-

нии и опорожнении камер проводятся, в основном, в начальный период эксплуатации для отработки оптимальных схем наполнения и опорожнения, обеспечивающих удовлетворительные условия отстоя и маневрирования судов и составов при наименьшей длительности шлюзования.

Контрольные пусковые натурные исследования проводятся в первую навигацию после пуска шлюза в эксплуатацию, для чего в проекте должны быть предусмотрены соответствующие средства. Целью этих исследований является проверка правильности проектных решений, допустимости отступлений от проекта, допущенных в период строительства и представление исходных материалов для составления инструкции по эксплуатации шлюза.

Пусковым исследованиям предшествует освидетельствование шлюза перед затоплением, в результате которого фиксируются все определяющие размеры элементов системы питания, состояние закладных частей, бетонных поверхностей, фактическая форма обтекаемых элементов, все особенности и детали, могущие повлиять на работу системы питания. По результатам обследования составляется подробное заключение.

Программа пусковых натурных испытаний должна охватывать следующие вопросы:

а) получение гидравлических характеристик наполнения и опорожнения камеры шлюза. Для этой цели производится одновременная запись движения при проектном режиме ворот или затворов, ход уровня воды в камере;

б) оценка условий отстоя судов в камере и у причалов в подходных каналах.

20.38. Гидравлическими наблюдениями следует устанавливать скорости подъема затворов водопроводных галерей, кривые изменения уровня и расхода воды при наполнении и опорожнении камеры, полное время этого процесса, величину инерционного подъема (спада) уровня воды в камере, волновые колебания уровня воды в подходах.

При этих измерениях пользуются показателями уровней или водомерными рейками. Последние следует располагать по одной в верхнем бьефе, каждой камере и нижнем бьефе.

20.39. Оценка условий отстоя судов в натуре перед лабораторными имеет свои особенности, поскольку условия учалки

судов в натуре и закрепления моделей судов в лаборатории существенно различны.

В лаборатории модель не имеет свободы горизонтальных перемещений, т.е. отсутствуют инерционные силы, вызванные его торможением. В натуре же горизонтальные перемещения возможны, они зависят от условий учалки, носящих случайный характер, а, следовательно, при торможении пришедшего в движение судна в чалках могут развиться силы, значительно превосходящие те, которые воздействуют на судно со стороны потока.

Поэтому оценка условий отстоя судов и составов в натуре производится по специальной программе, по которой одновременно (синхронно) должны фиксироваться следующие параметры:

- положение судна или состава в камере или у причала;
- фактическое водоизмещение;
- тип и характеристики швартовых (пенька, капрон, стальной трос, их диаметр) и их начальное натяжение или наличие слабины;
- направление швартовых в пространстве (горизонтальные и вертикальные углы);
- перемещение судна (непрерывно) в процессе наполнения или опорожнения, по которым можно было бы рассчитать ускорения и инерционные силы;
- для головных систем питания с незатопленным истечением потока-аэрацию потока в пределах полезной длины камеры;
- движители судов не должны работать во время эксперимента. При необходимости их включения должны фиксироваться все маневры движителями во времени и по величине;
- продольный дифферент судна;
- силы в швартовах;
- движение ворот или затворов, участвующих в наполнении или опорожнении;
- изменения уровня в камере или колебания уровня в подходном канале (начиная с исходных уровней верхнего и нижнего бьефов).

Все измерения синхронизируются общими звуковыми сигналами с центрального пульта управления шлюза.

20.40. Контрольные наблюдения за размывами и отложениями наносов производятся путем инструментальных измерений отметок дна по судовым ходам и откосам в подходных каналах к шлюзу.

Специальные исследования

20.41. Виды и состав специальных исследований, а также тип и конструкция измерительных приборов и устройств, сроки и длительность их проведения устанавливаются специальным проектом, к участию в составлении которого следует привлекать научно-исследовательские организации.

При необходимости в процессе эксплуатации изменения режимов уровней бьефов, работы механизмов и сооружений специальными исследованиями может предусматриваться изучение следующих вопросов:

- условий отстоя судов в камерах и подходах шлюзов;
- режимов работы и напряженного состояния гидромеханического оборудования;
- напряженного состояния основных гидротехнических сооружений;
- фильтрационного режима под основными сооружениями.

21. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

21.1. Мероприятия по охране окружающей природной среды на шлюзах следует проектировать, как правило, комплексно на основе прогноза ее изменения в связи с созданием гидротехнического комплекса.

21.2. Технические решения по охране окружающей среды следует проектировать с учетом требований, изложенных в Основах земельного, водного и о здравоохранении законодательств Союза ССР и союзных республик [Л.63,64,65] , ГОСТах по охране природы, а также в Руководстве по охране окружающей среды в районной планировке [Л.43] и Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами [Л.55] .

21.3. В состав проекта мероприятий по охране окружающей среды должно входить:

- охрана поверхностных и подземных вод;
- охрана почвенно-растительного покрова и восстановление нарушенных земель;
- охрана атмосферного воздуха;
- охрана от воздействий шума и электромагнитных излучений.

21.4. Компоновка генерального плана судоходного шлюза должна обеспечивать:

- технологически рациональное и экологически целесообразное компактное размещение сооружений, зданий, оборудования, обустройств, инженерных сетей и транспортных коммуникаций;

- максимальное соответствие технологических решений, принятых в проекте, особенностям рельефа местности и других планировочных условий.

2I.5. Земли, отводимые для строительства шлюза, как правило, подлежат рекультивации. Проектные мероприятия по рекультивации назначают в соответствии с техническими условиями, выдаваемыми землепользователями и землеустроительными организациями с разделением по видам рекультивационных работ.

Растительный (плодородный) слой почвы с территории, занимаемой сооружениями шлюза, а также временными зданиями и сооружениями до начала основных работ должен быть снят в размерах, установленных проектом, и уложен во временные отвалы для использования его в последующем благоустройстве и рекультивации земель (укреплении откосов посевом трав, озеленение территории, восстановление нарушенных или повышение плодородия малопродуктивных сельскохозяйственных земель или объектов лесного хозяйства).

Допускается не снимать плодородный слой:

- при толщине слоя менее I0 см;

- на болотах, заболоченных и обводненных участках;

- на участках с выходом на поверхность скальных обнажений, валунов, крупных (свыше 0,5 м) камней;

- на почвах с низким плодородием в соответствии с ГОСТами I7.5.3.05-84, I7.4.3.02-85 и I7.5.3.06-85.

Снятие и нанесение плодородного слоя должно производиться, когда грунт находится в немерзлом состоянии.

2I.6. Земельные участки, отводимые во временное пользование только на период строительства, подлежат возврату землепользователям после приведения их в состояние, соответствующее "Основным положениям по восстановлению земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых, проведении геологоразведочных, строительных и иных работ", утвержденных ГКНТ; Госстроем СССР, Госагропромом СССР и Гослесхозом СССР.

2I.7. Все виды подводных земляных работ, сброс осветвленной воды после намыва, а также земляные работы в затопляемых

поймах должны быть согласованы с Минводхозом СССР, Минздравом СССР, а в водоемах, имеющих рыбохозяйственное значение, - дополнительно с Минрыбхозом СССР, в морских акваториях - с Госкомгидрометом СССР, в пределах подземных водоносных горизонтов - с Мингео СССР.

2I.8. В проекте судоходного шлюза, как правило, должна предусматриваться система отвода поверхностных вод.

2I.9. Устройство выпусков и отведение сточных вод в водные объекты должны быть зарегистрированы и на них получены разрешения в органах по регулированию использования и охране вод и с согласованием в органах и учреждениях СЭС и рыбоохраны.

В случае одновременного использования водного объекта или его участка для различных нужд народного хозяйства, при определении условий сброса сточных вод следует исходить из более жестких требований в ряду одноименных нормативов качества поверхностных вод.

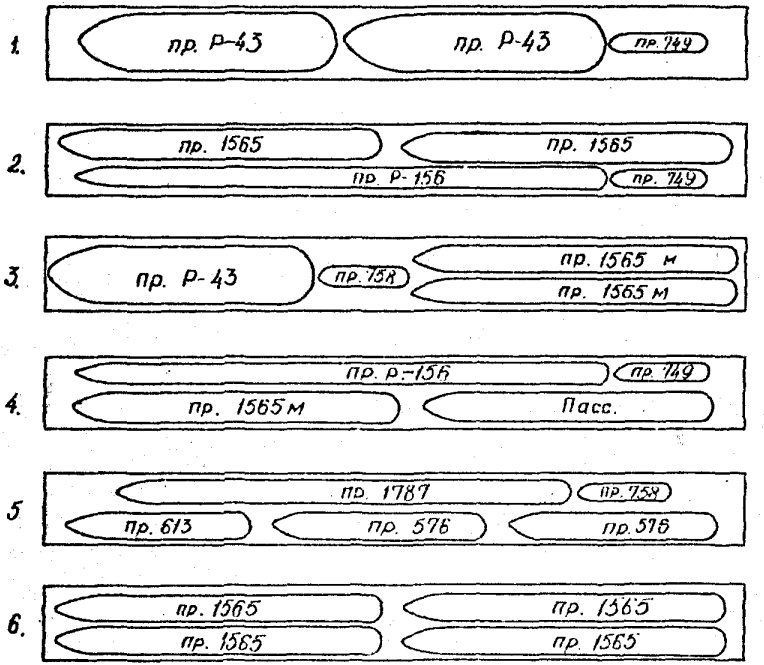


Рис. I. Схемы расстановки судов в камере шлюза

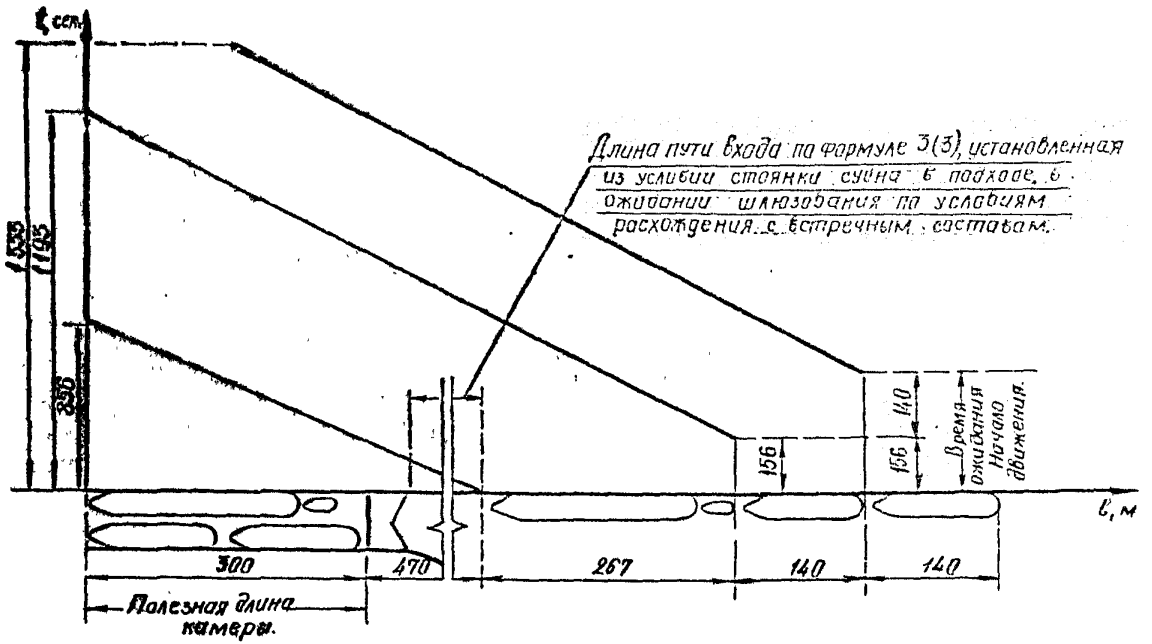


Рис. 2. График входа судов по схеме 2.

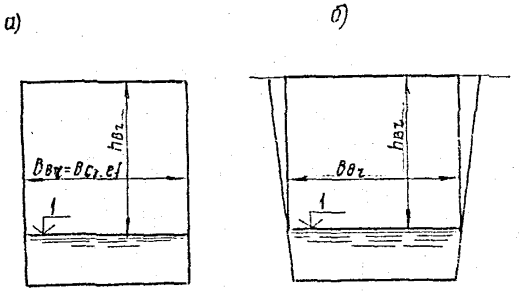


Рис. 3. Подмостовые габариты в шлюзе:

а – при вертикальных стенах камеры шлюза;

б – при наклонных стенах камеры шлюза;

I.– расчётный наивысший судоходный уровень.

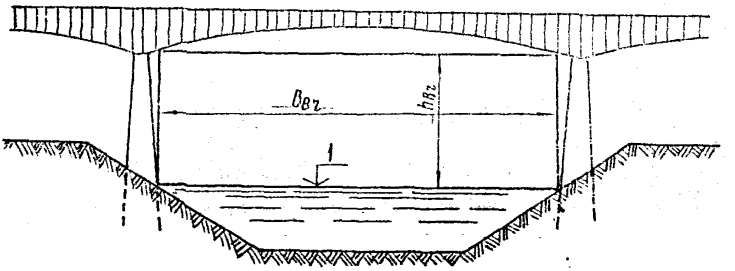


Рис.3а. Подмостовые габариты в подходном канале;
I-расчетный наивысший судоходный уровень.

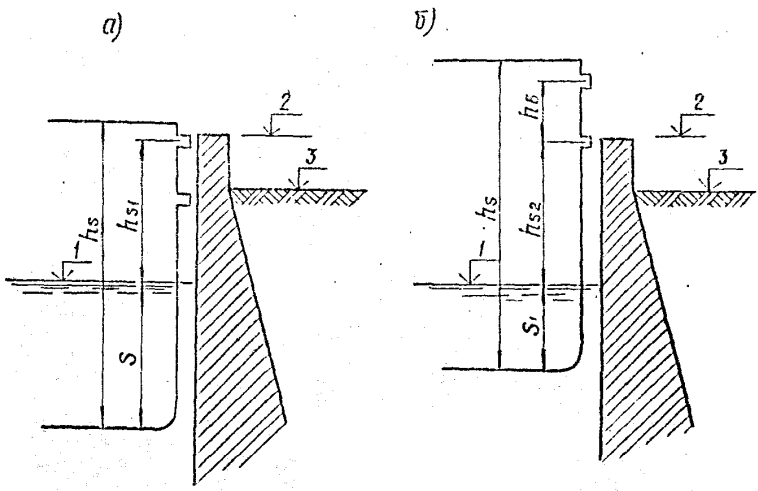


Рис. 4. Определение возвышения верха стен судоходных сооружений:

а - по судну при полной загрузке;

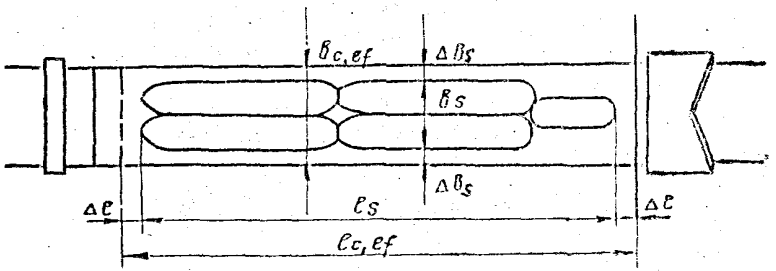
б - по судну в порожнем состоянии;

I - расчётный наивысший судоходный уровень;

2- верх стены или парапета;

3 - верх площадки, расположенной вдоль стены

а)



б)

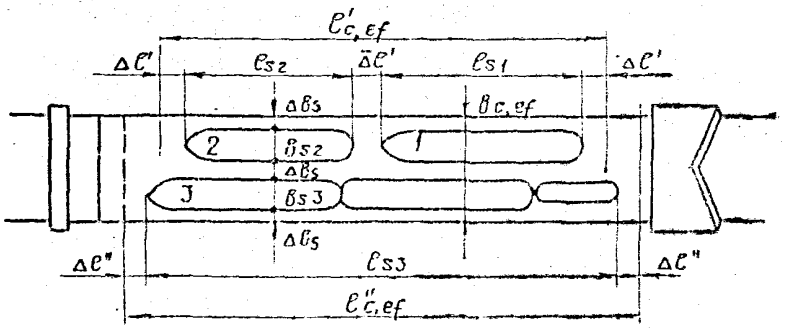


Рис. 5. Определение полезных габаритов камеры шлюза:

а – при шлюзовании одиночного судна или толкаемого состава;

б – при шлюзовании группы судов

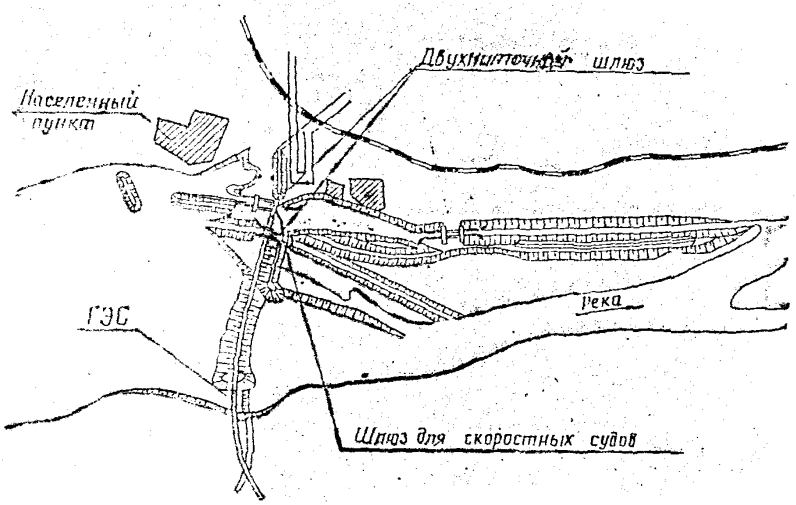


Рис. 6. Схема расположения двухниточного шлюза и шлюза для скоростных судов в гидроузле.

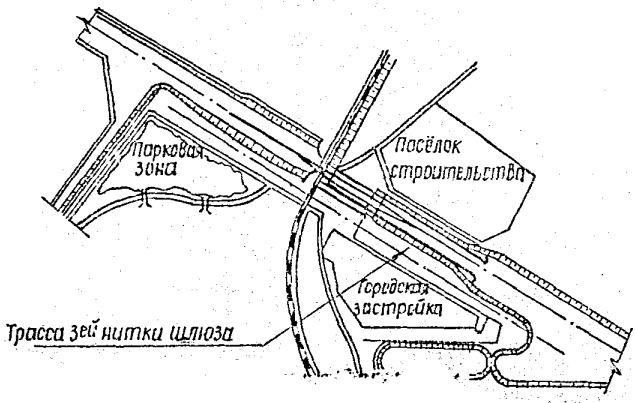


Рис.7. Размещение будущей третьей нитки шлюза

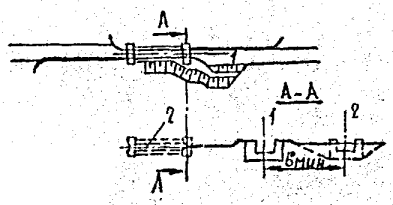


Рис. 8. Размещение будущей второй нитки шлюзов при совмещенных в одном створе головах обеих ниток:
1 – ось первой нитки;
2 – ось второй нитки

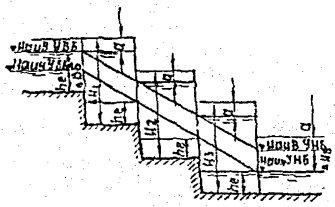


Рис. 9. Схема деления падения уровней на многокамерном шлюзе при небольших колебаниях уровней воды в обоих бьефах.

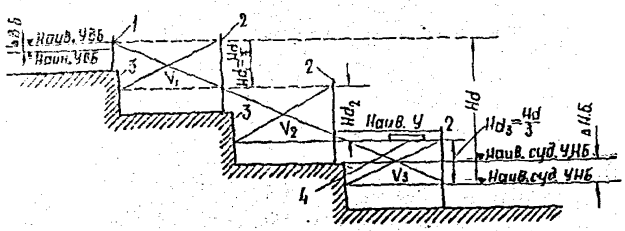


Рис.10. Схема деления падения уровней на многокамерном шлюзе при значительных колебаниях уровней воды в нижнем бьефе: 1-верхние ворота, 2-средние и нижние ворота, 3-стенка падения, 4-боковой водослив, Hd-напор на шлюз, Hd_1, Hd_2, Hd_3 -напор на камеру: V_1, V_2, V_3 -сливные призмы.

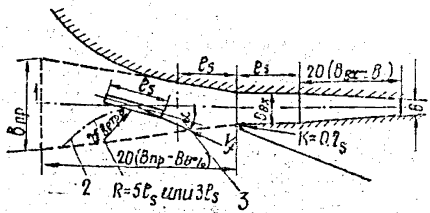


Рис.II. Очертания подходного канала на выходе в реку.
I-ось канала; 2-ось судового хода в реке; 3-граница выхода на закруглении в случае расположения оси судового хода и оси канала не на одной прямой.

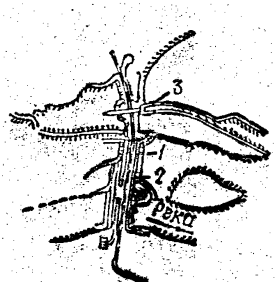


Рис. I2. Пойменная компоновка гидроузла:
I-гидроэлектростанция, 2- водосбросная плотина,
,3-судоходный шлюз.

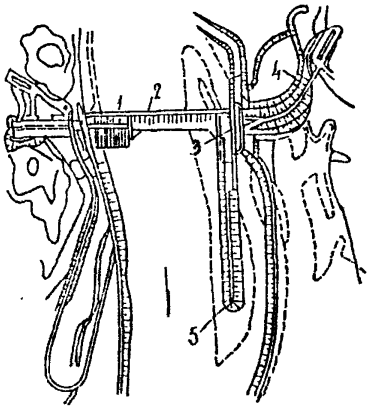


Рис. I3. Русловая компоновка на скальном основании при сопряжении шлюза с водосливной плотиной:
I-гидроэлектростанция; 2-водосливная плотина; 3-шлюз;
4-земляная плотина; 5-разделительная дамба.

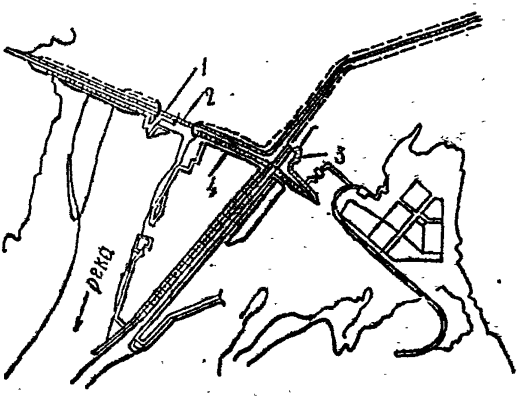


Рис. I4. Шлюз, расположенный в верхнем бьефе:
I- водосливная плотина; 2- гидроэлектростанция;
3-шлюз; 4- земляная плотина.

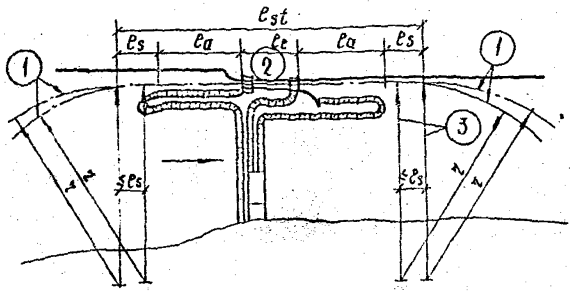


Рис.15(Черт.I). Схема судоходного шлюза с подходами:
I-ось судового хода, 2- шлюз, 3- радиусы поворота судна.

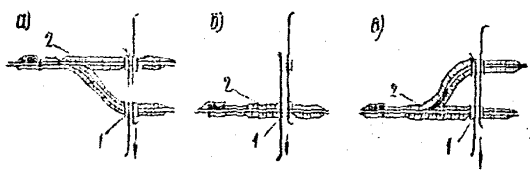


Рис.I6. *Расположение шлюзов с мостовыми переходами:*
а)-при камере, вынесенной в нижний бьеф, и мостом через нижнюю голову; б)-при камере, выдвинутой в верхний бьеф; в)-то же, но с подводом напорных дамб к верхней голове шлюза; I-мост через шлюз; 2-земляная плотина.

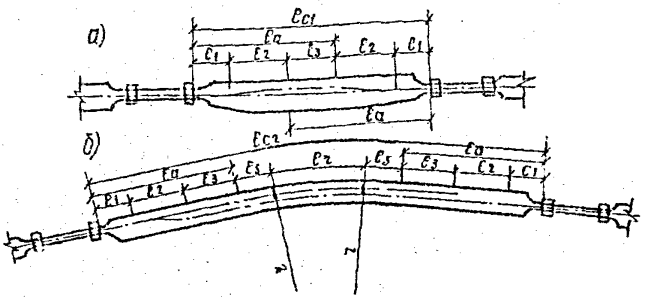


Рис.I7.(Черт.2). Схема размещения последовательно расположенных шлюзов на судоходном канале:
а)-на прямолинейном участке канала; б)-на криволинейном участке канала.

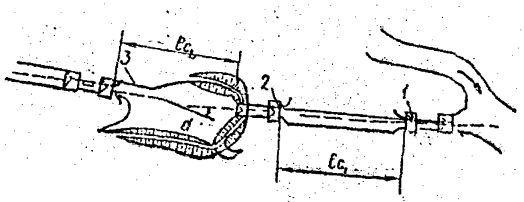


Рис.I8. Схема двух близко расположенных шлюзов в судоходном канале:
I,2-шлюзы; 3-причалы.

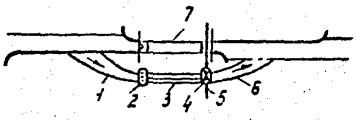


Рис.19. Схема гидроузла с деривационной насосной станцией: 1-подводящий канал; 2-здание насосной станции, 3-трубопроводы, 4-водовыпускное сооружение, 5-напорный фронт; 6-отводящий канал; 7-шлюз.

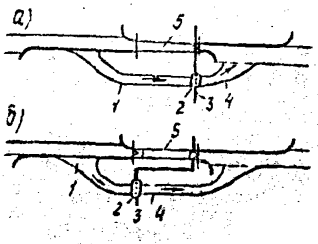


Рис.20. Схематические планы гидроузлов с различным расположением насосной станции:
а)-у верхней головы шлюза, б)-у нижней головы шлюза,
1-подводящий канал, 2-насосная станция, 3-напорный фронт, 4-отводящий канал, 5-шлюз.

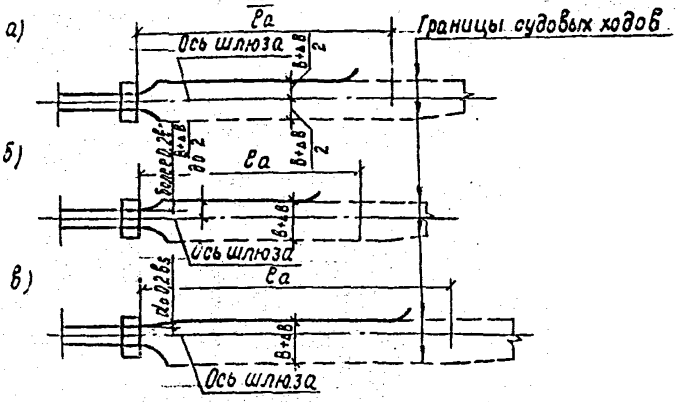


Рис.2I.(Черт.I). Схема подходных каналов к шлюзу:
а-симметричный, б-полусимметричный, в-несимметричный.

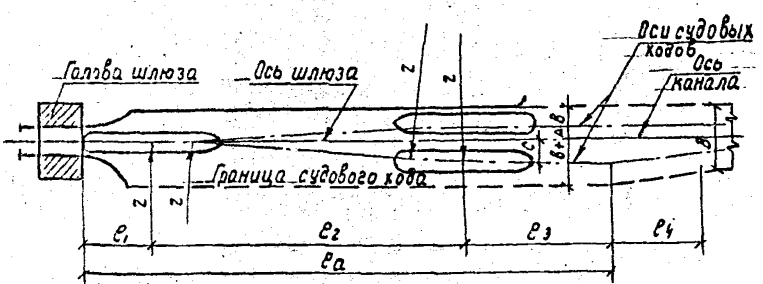


Рис. 22.(Черт.2). Схема очертания в плане подходного канала к шлюзу.

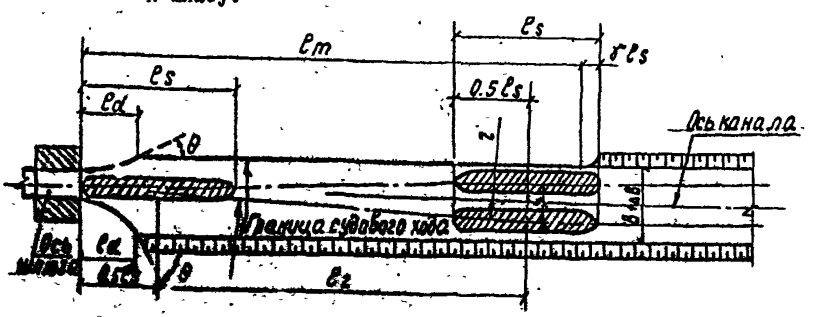


Рис.23(Черт.I). Схема подходного канала к шлюзу для определения длины причальной линии.

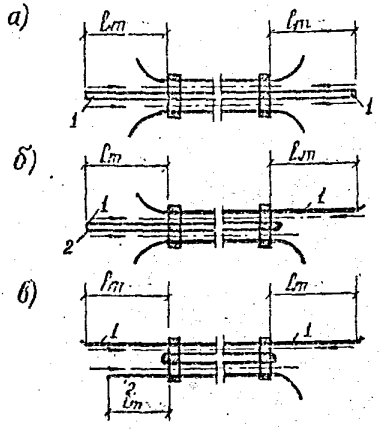


Рис.24. Расположение причальных и направляющих сооружений двухниточных шлюзов в подходных каналах.

а-расположение верховых и низовых причальных линий на продолжении средних стен шлюза; б-расположение верховых причальных линий на продолжении средних стен шлюза, а низовых - на продолжении крайних стен; в-расположение причальных линий на продолжении крайних стен шлюза;
1 - причалы нитки шлюза с двухсторонним движением;
2 - причалы нитки шлюза с односторонним движением.

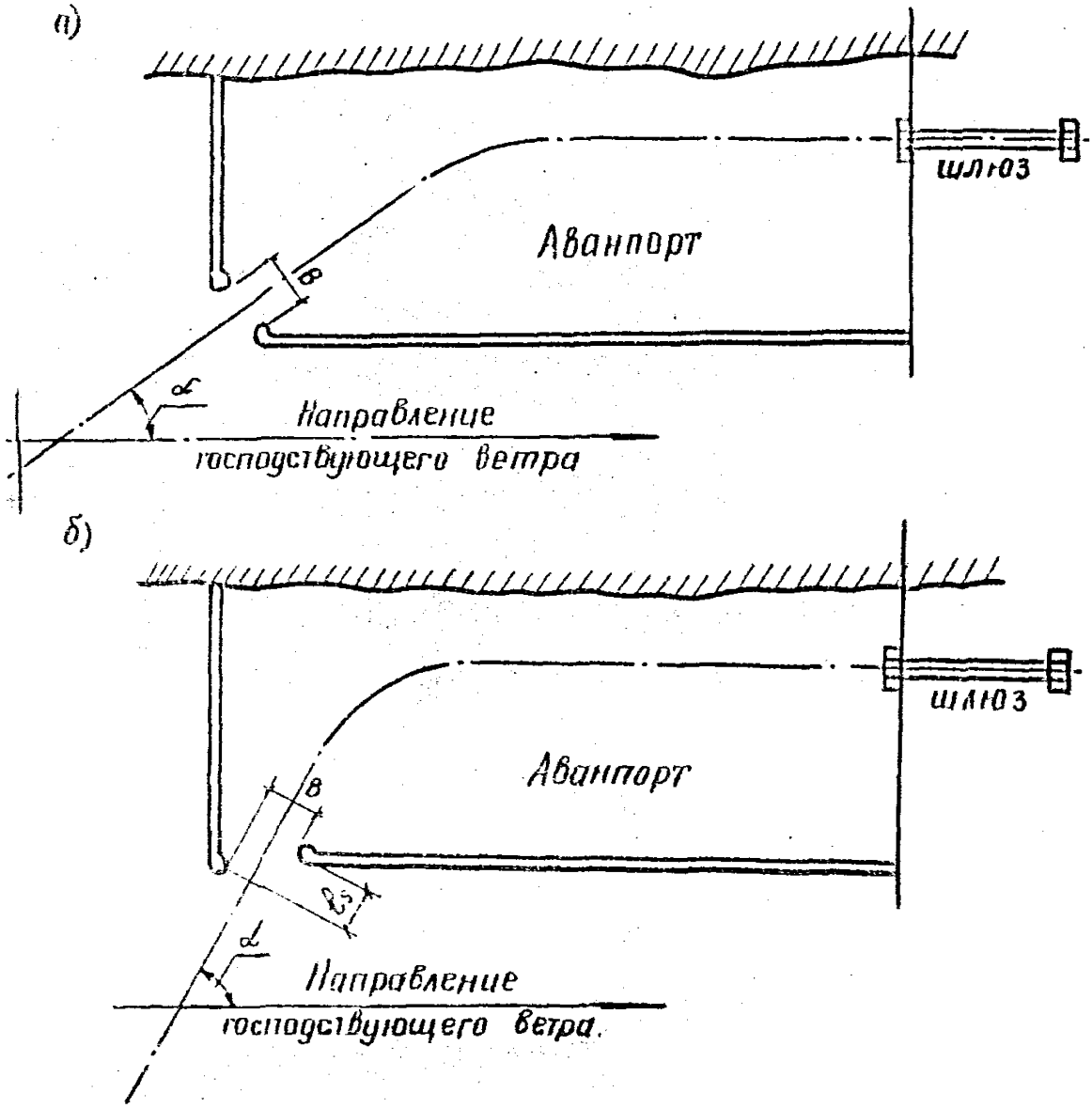


Рис.25. Вход в аванпорт :
а) при $\alpha < 45^0$
б) при $70^0 > \alpha > 45^0$

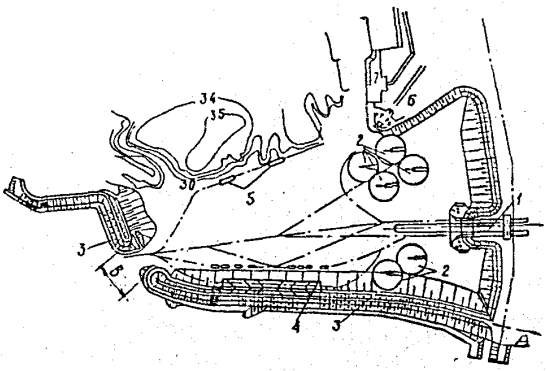


Рис. 26. Аванпорт перед судопропускными сооружениями гидроузла:

I – судоходный шлюз;
2 – рейд сухогрузных судов;
3 – оградительные сооружения;
4 – рейд плотов;
5 – рейд нефтеналивных судов;
6 – речной порт;
7 – судоремонтный завод

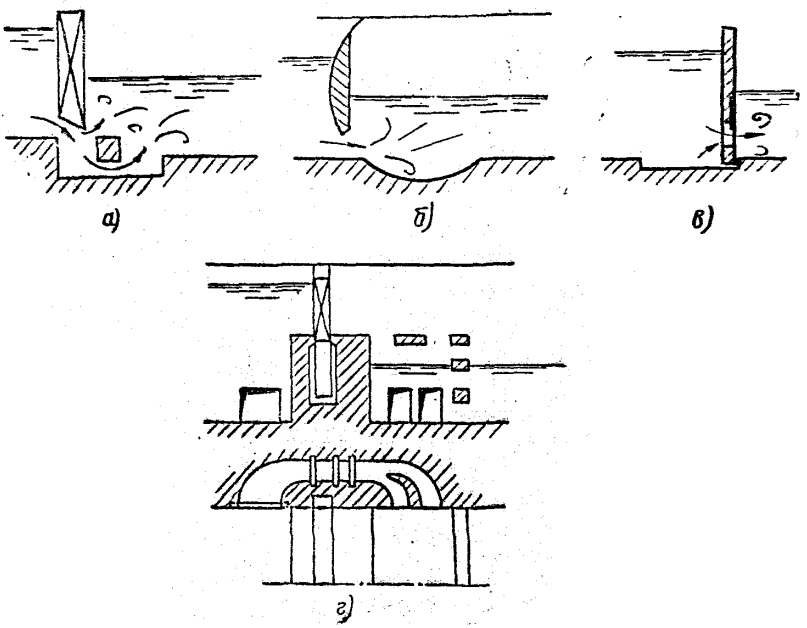


Рис. 27. Головные системы питания с затопленным режимом наполнения

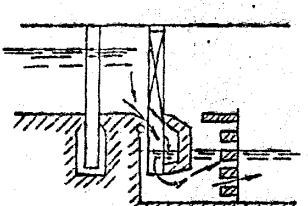


Рис. 28. Головная система наполнения с незатопленным режимом наполнения

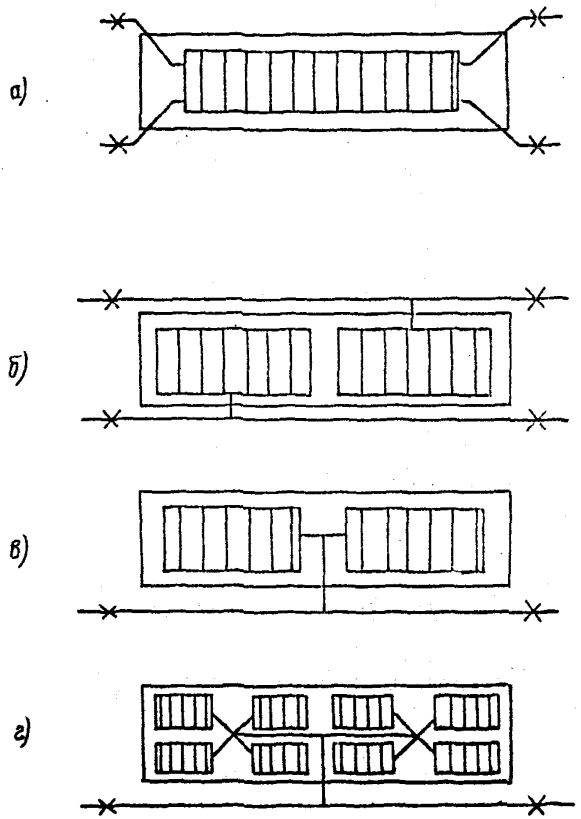


Рис. 29. Схемы распределительных систем питания

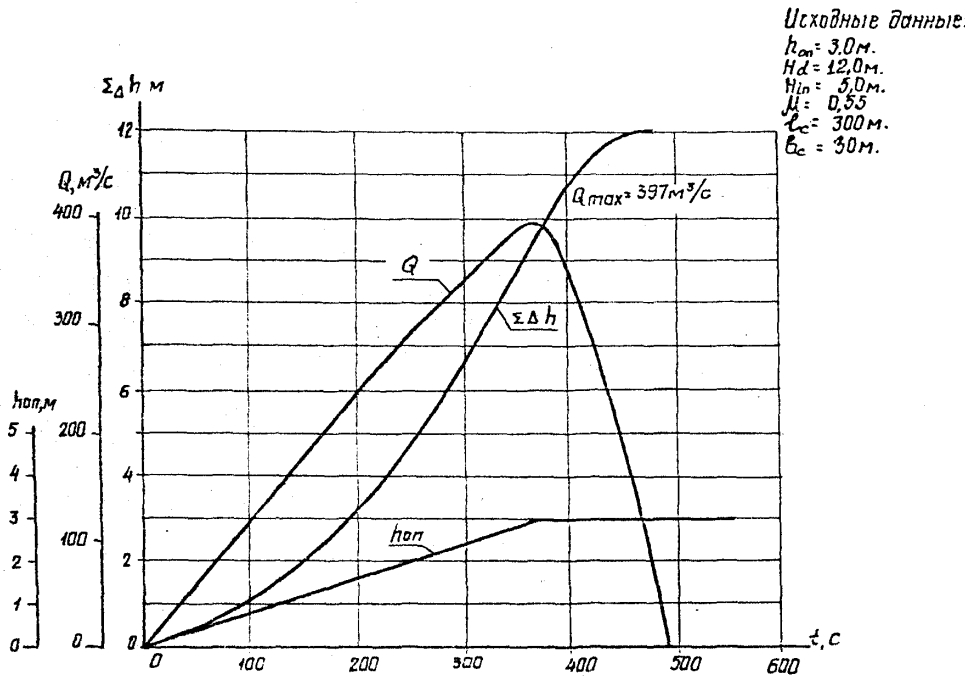


Рис. 30. Гидравлические характеристики наполнения камеры шлюза

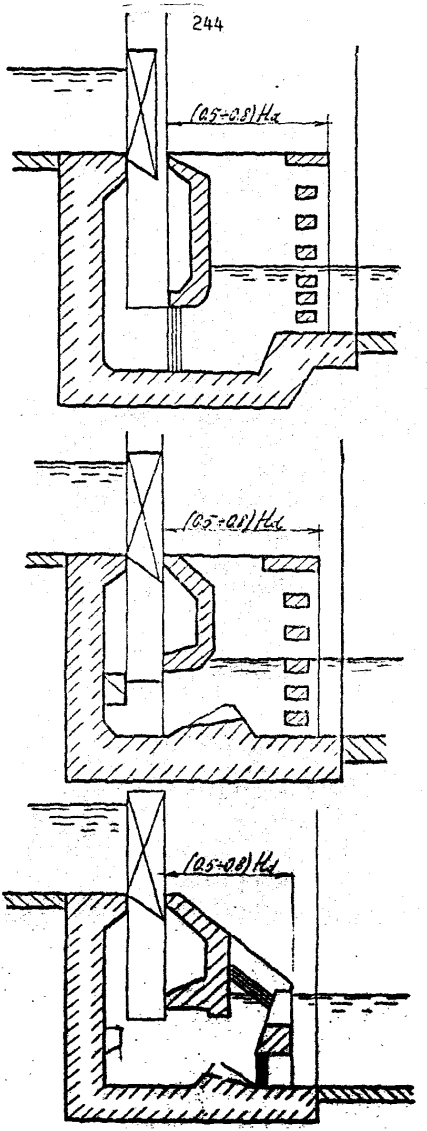


Рис.3I. Схемы камер гашения на построенных гидроузлах.

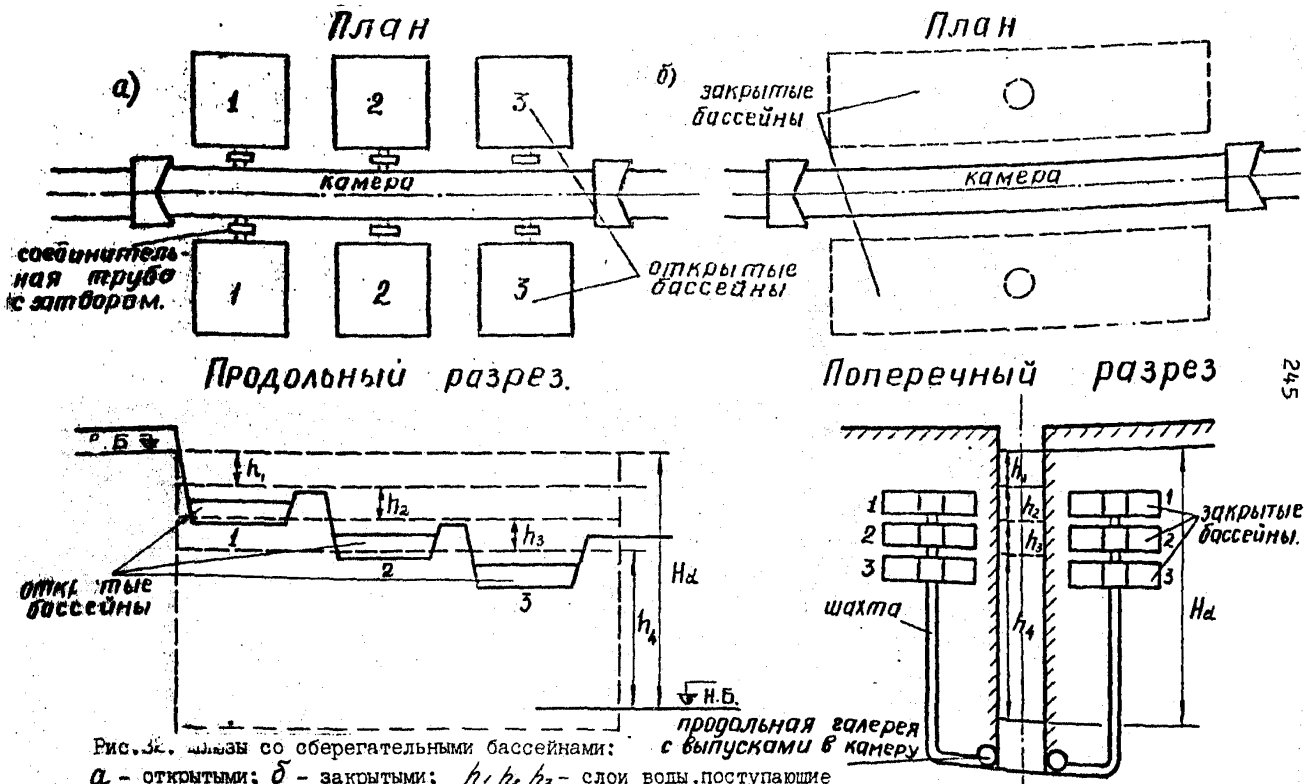
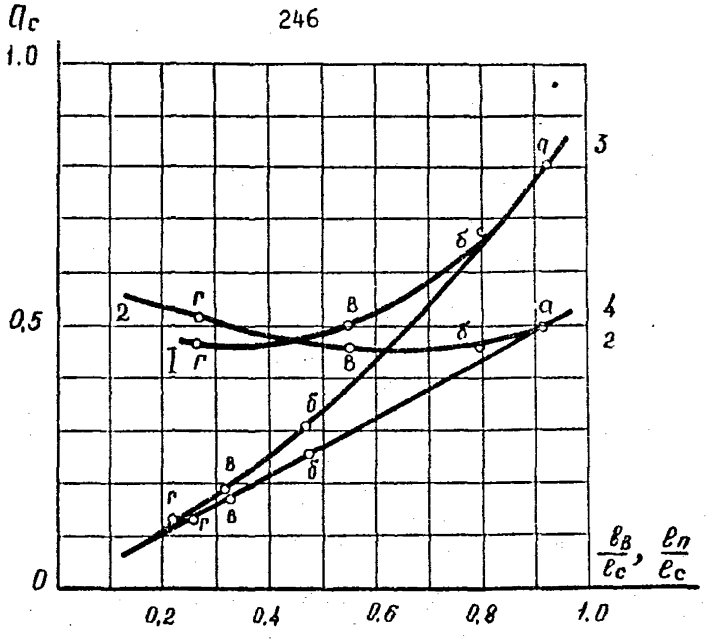


Рис. 3[illegible]. Шлюзы со сберегательными бассейнами:
а – открытыми; *б* – закрытыми; h_1, h_2, h_3 – слои воды, поступающие из камеры в бассейны при опорожнении; h_4 – остаточный слой воды, поступающий из камеры в нижний бьеф



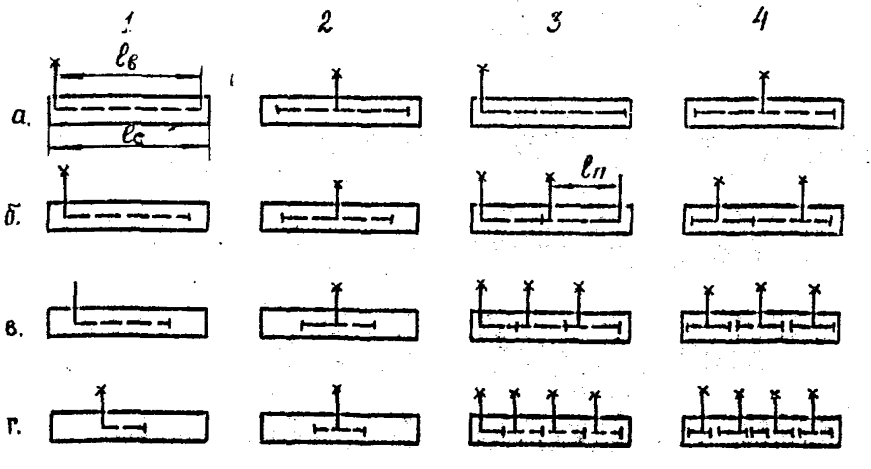


Рис.33С..емы распределительных систем питания и зависимости коэффициента a_c от отношения длины выпуска к длине камеры шлюза.

I,2,3,4 - схемы системы питания; $l_в$, $l_г$ - длина участка выпуска; l_c - длина камеры шлюза; x - место подвода воды к камере.

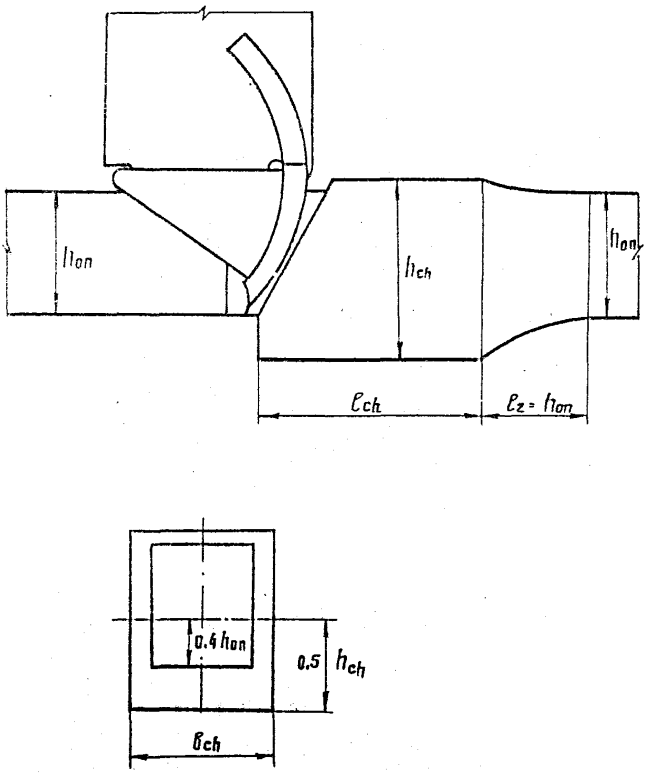


Рис. 34. Расширенная камера за обратным сегментным затвором водопроводной галереи

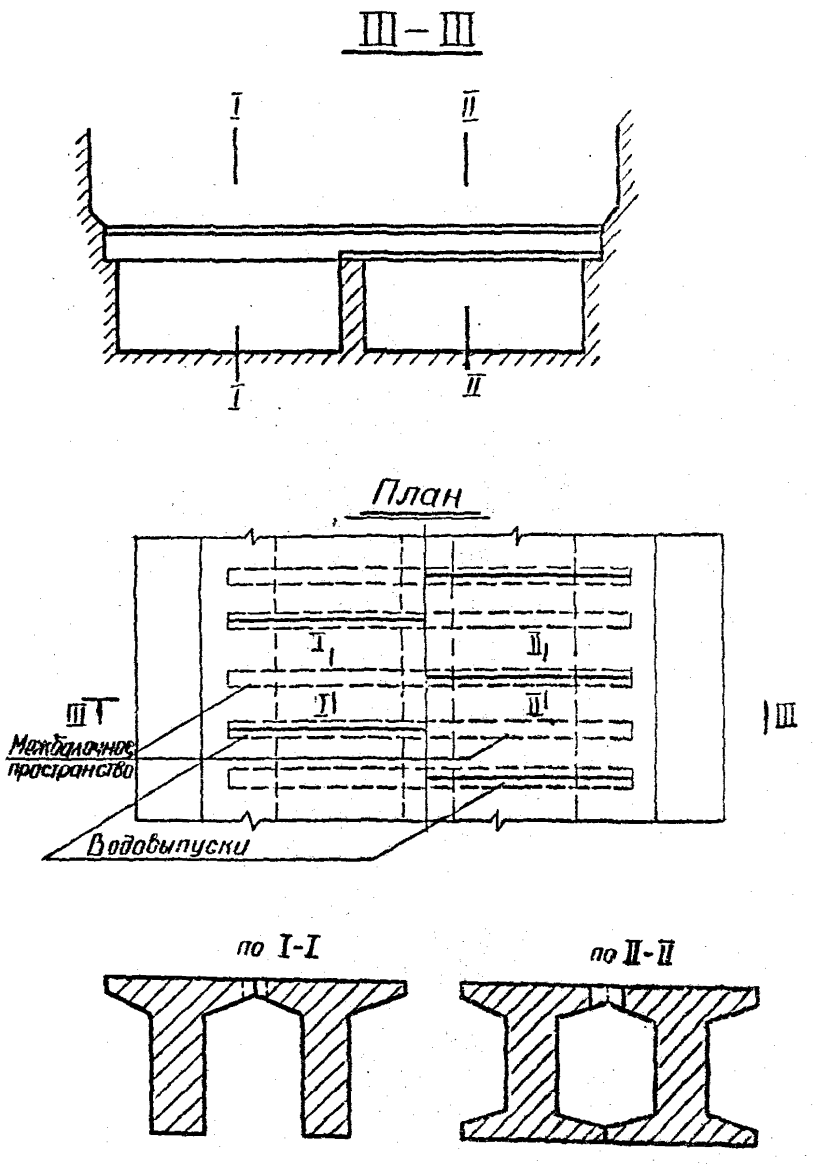


Рис. 35. Балки распределительной системы питания в днище камеры шлюза.

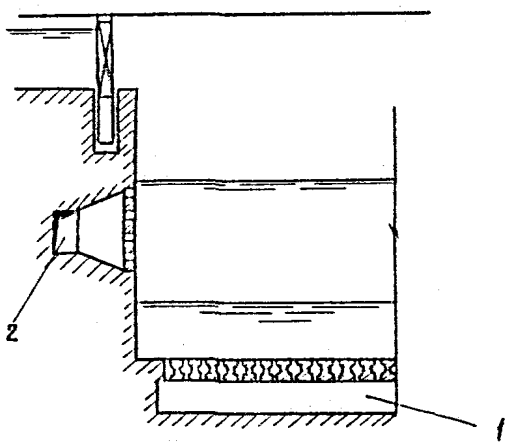


Рис. 36. Комбинированная система питания высоконапорного шлюза :
I - основная система питания;
2 - дополнительная система питания

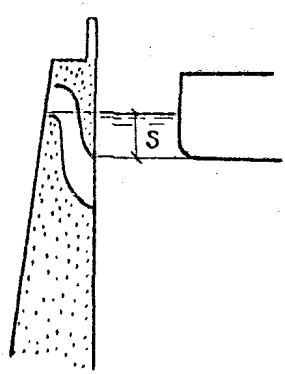


Рис. 37. Боковой водослив в камере многокамерного шлюза

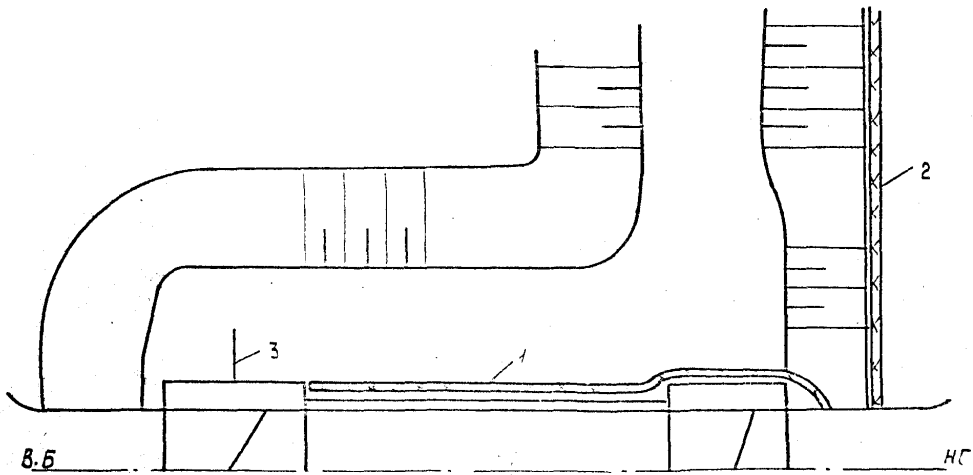


Рис. 38. Шлюз с камерой в верхнем бьефе:
1 – дренаж пришлюзовой дамбы;
2 – дренаж грунтовой плотины;
3 – противофильтрационная диафрагма

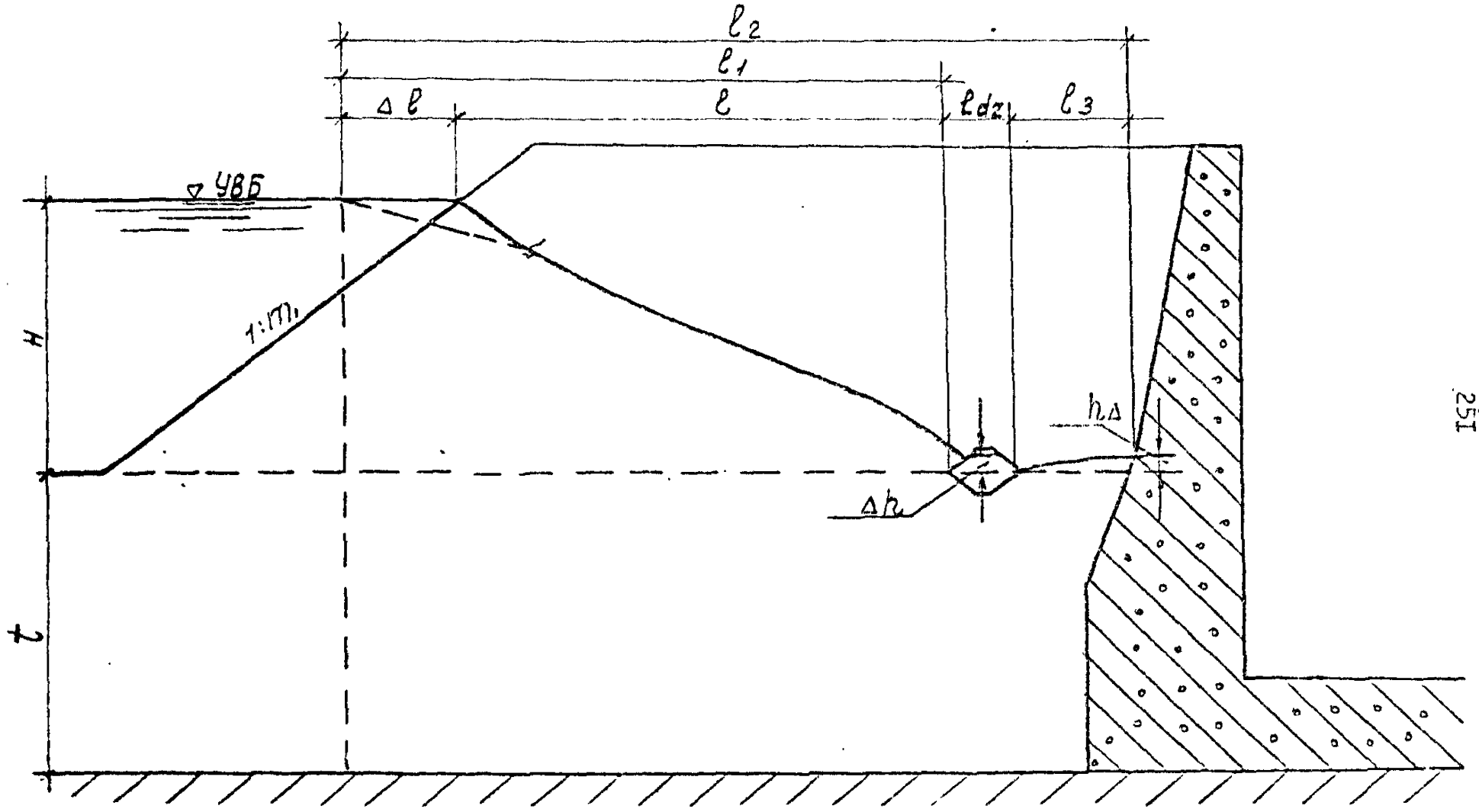


Рис. 39. Профиль приплотинной дамбы

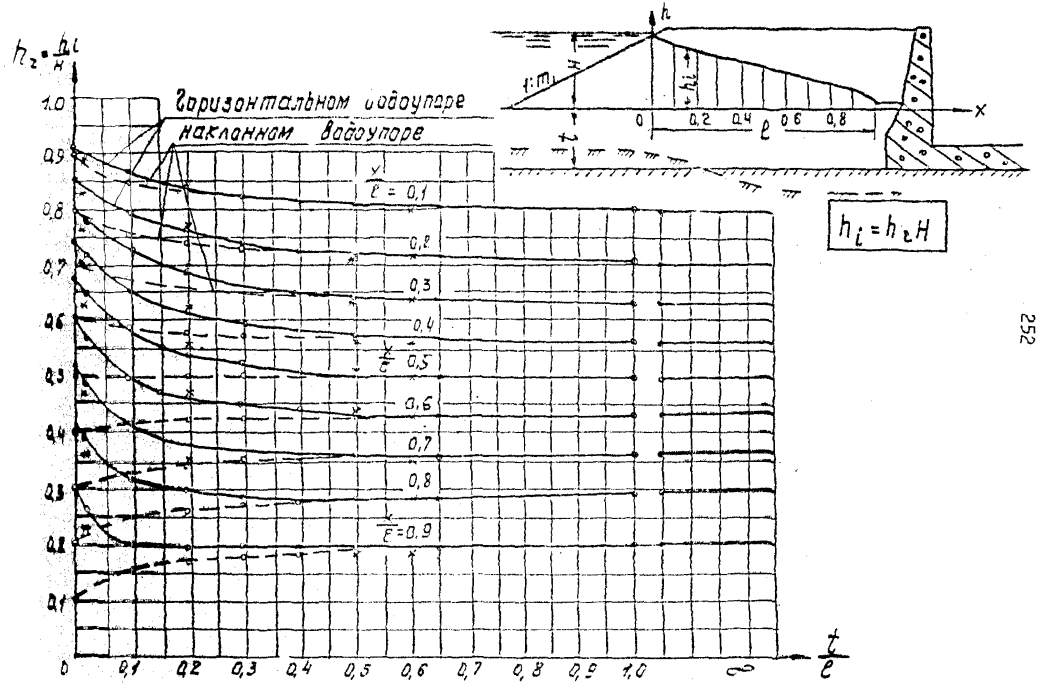


Рис. 40. Номограмма ординат кривых депрессии в теле дамбы.

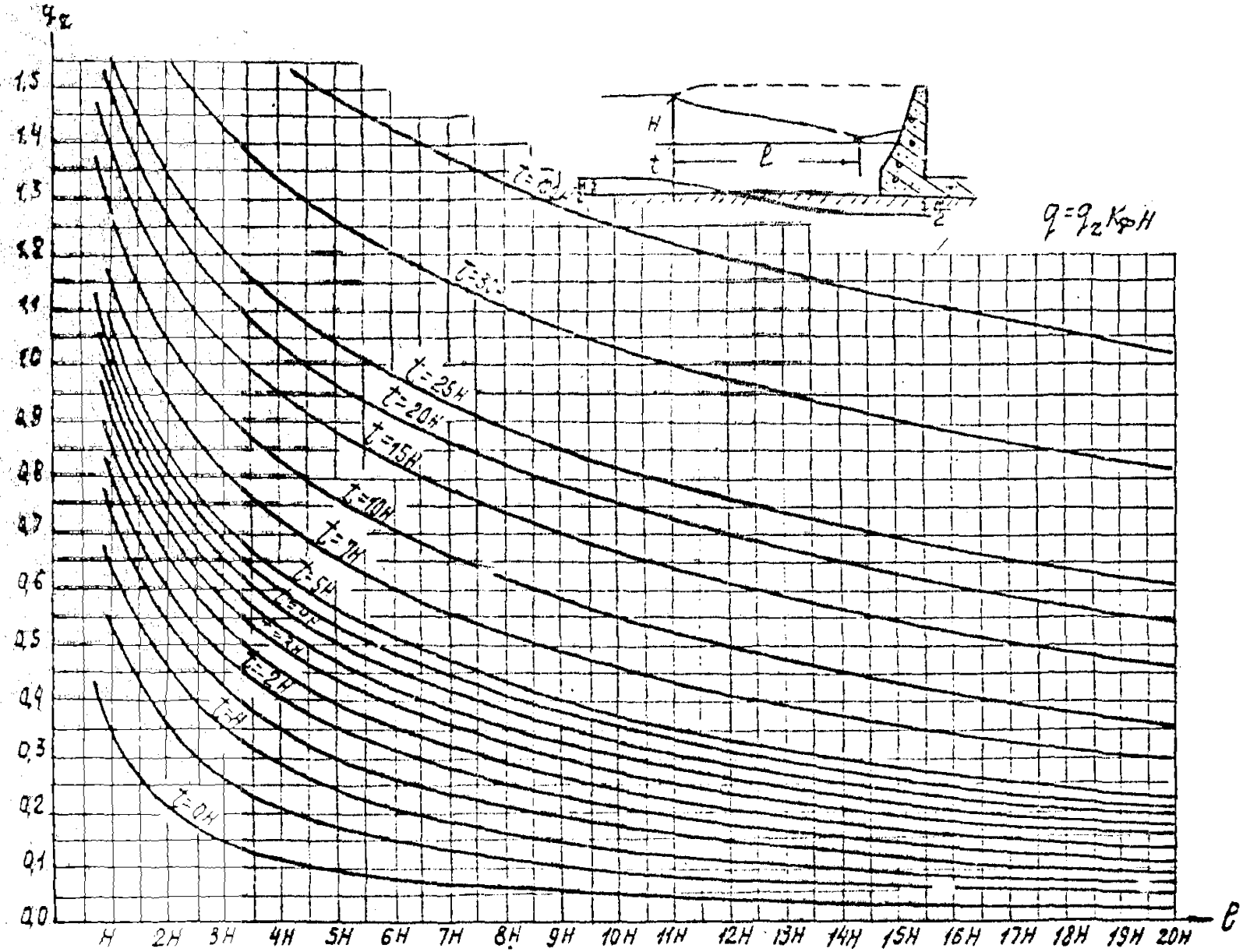


Рис. 41. Графики приведённых удельных расходов в дренаж дамбы

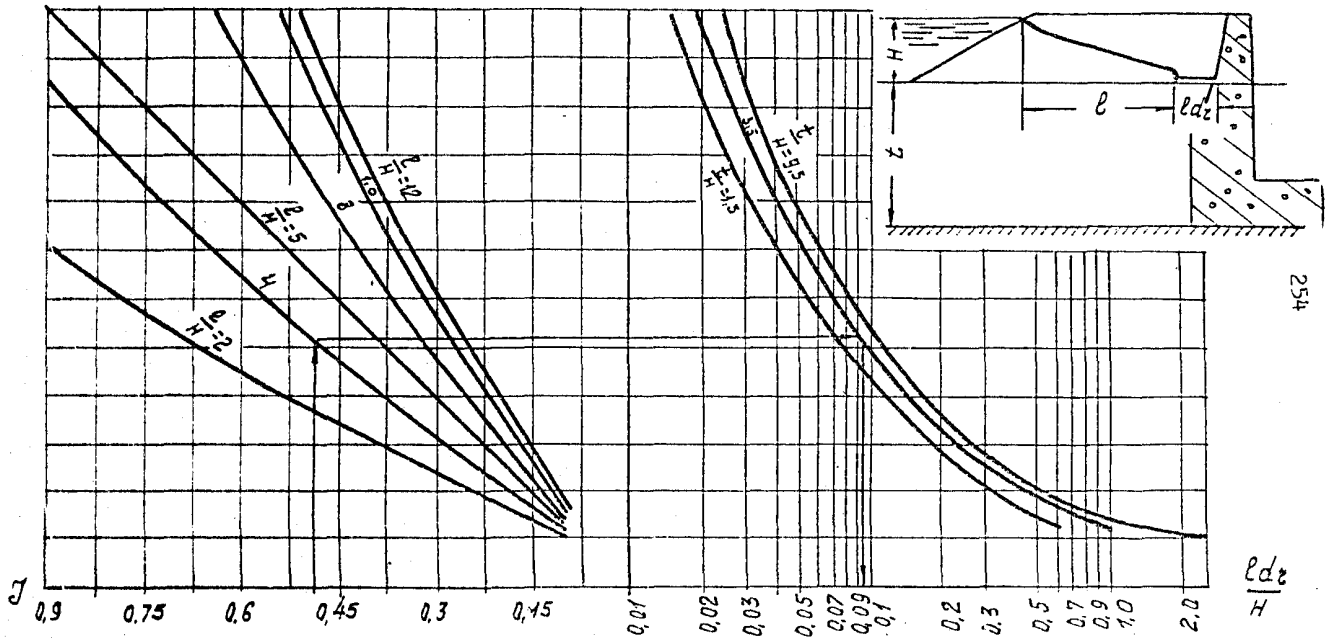


Рис. 42. Номограмма градиентов напора при выходе потока в дренаж

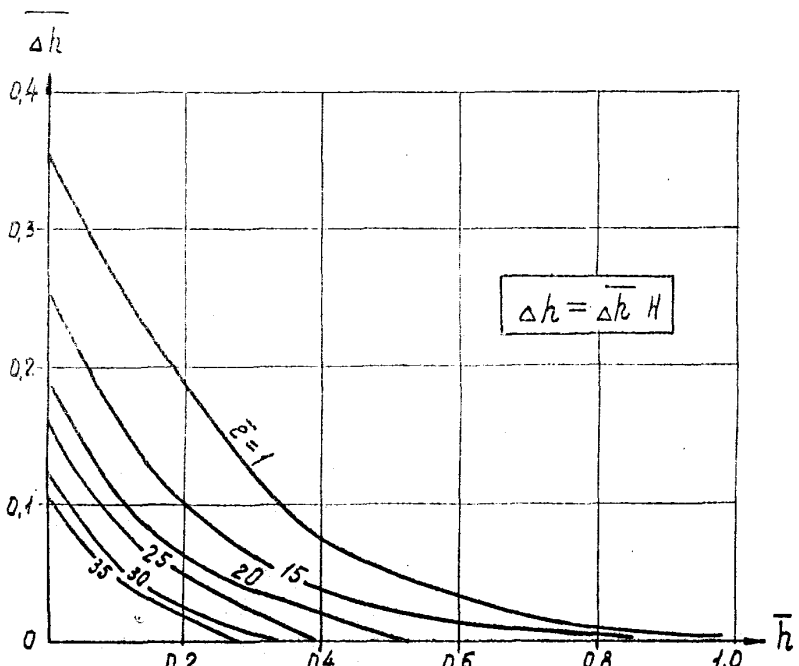


Рис. 43. Номограмма для определения величины участка выхода потока в горизонтальные дренажи

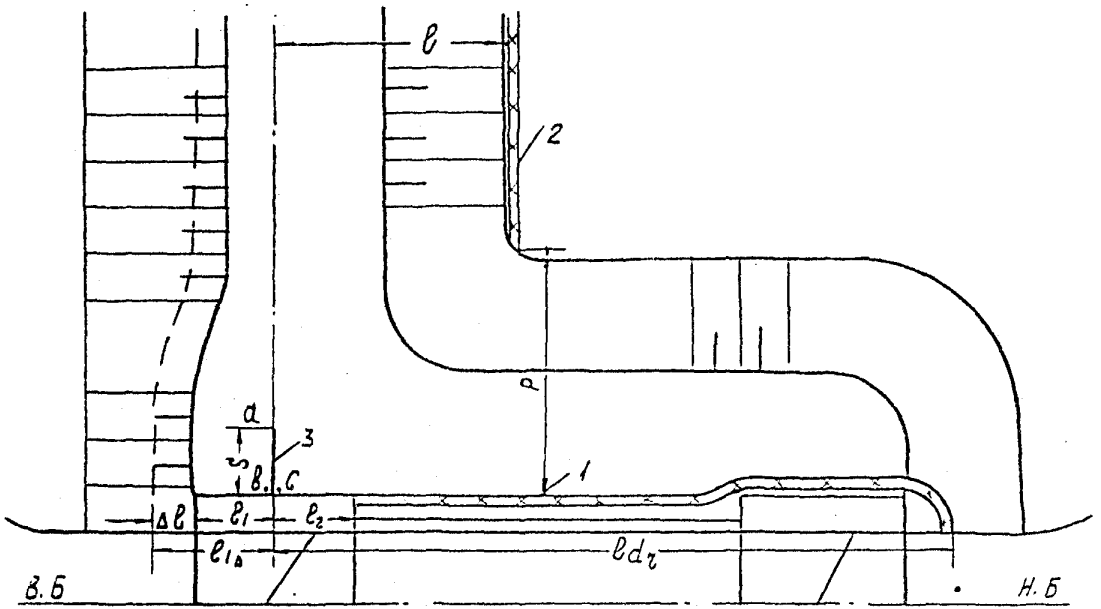


Рис. 44. Шлюз с камерой в нижнем бьефе:
1 - дренаж пришлюзовой дамбы, 2 - дренаж грунтовой плотины,
3 - противофильтрационная диафрагма

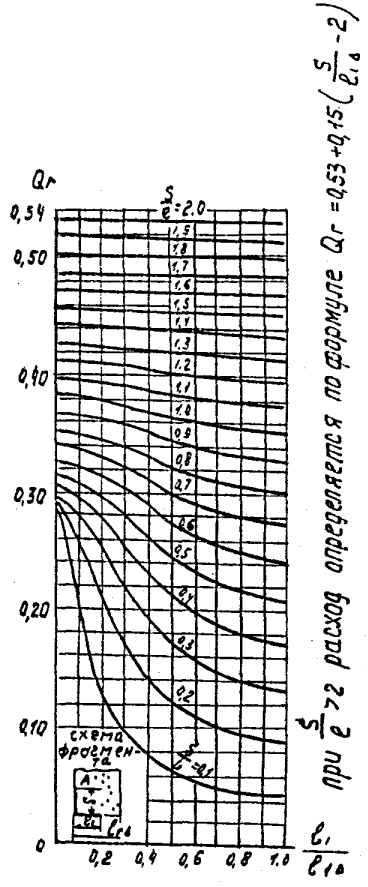


Рис. 45. График для определения величины приведённого расхода в точке А

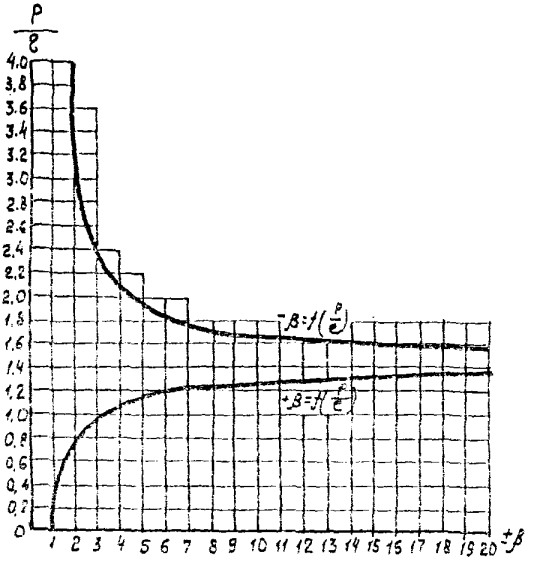


Рис. 46. График для определения постоянной $\beta = f(\frac{P}{\ell})$

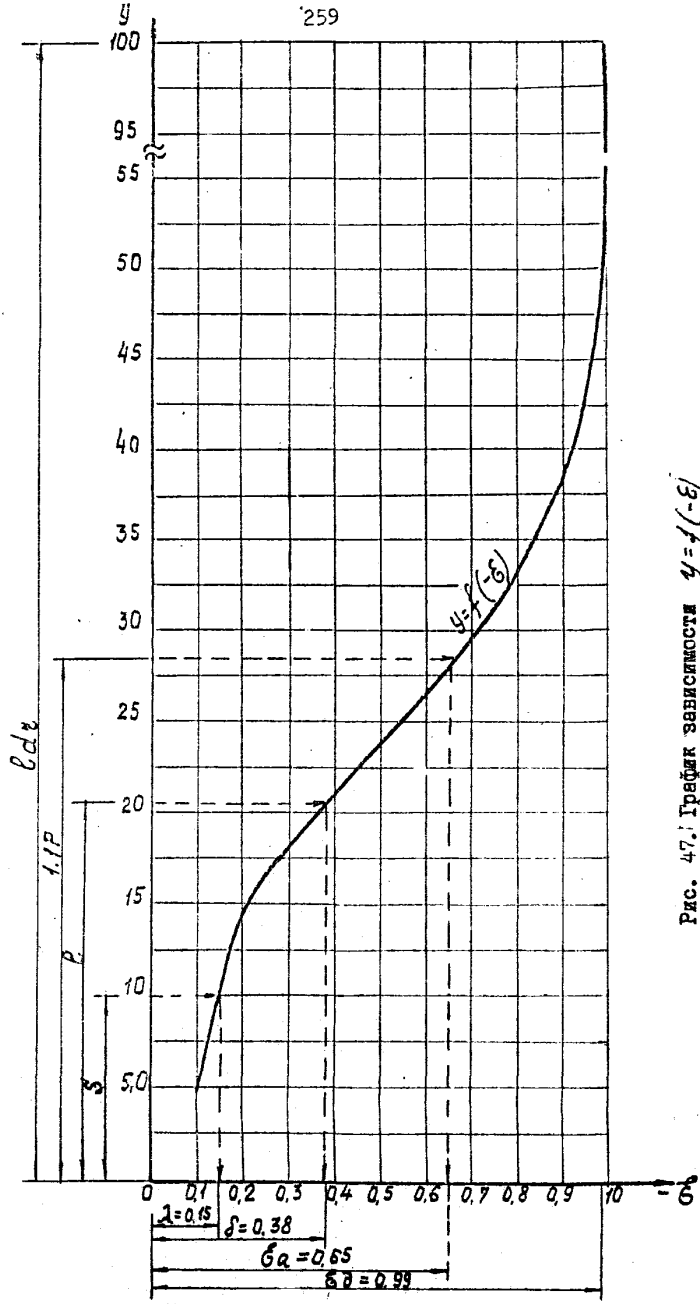


Рис. 47. График зависимости $y = f(\xi)$ для определения $\delta, \lambda, \delta_a$ и δ_b

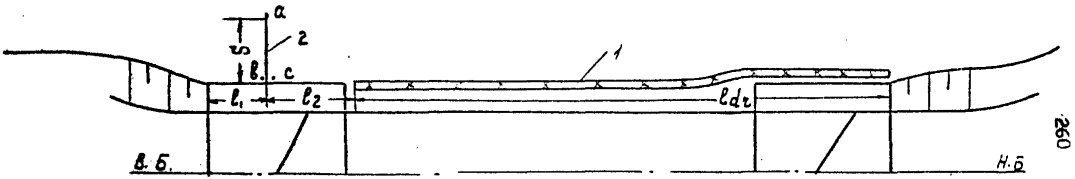


Рис. 48 . План шлюза в береговом сопряжении:

1 - дренаж ;

2 - противофильтрационная диафрагма

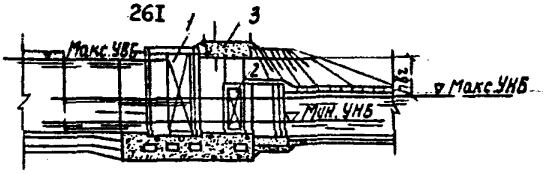


Рис.49. Нижняя голова рамной конструкции:
1-основные двустворчатые ворота, 2-ремонтные двустворчатые ворота, 3-плита-затяжка.

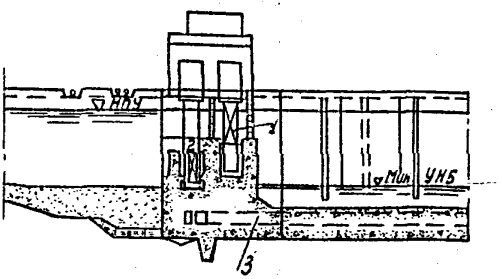


Рис. 50. Верхняя голова с боковым забором воды:
1-основные плоские ворота, 2-аварийно-ремонтные плоские ворота, 3-подводящие галереи.

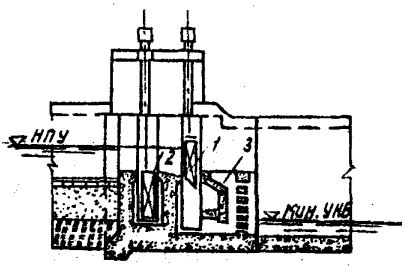


Рис. 51. Верхняя голова с наполнением из-под ворот:
1-основные плоские ворота, 2-аварийно-ремонтные плоские ворота, 3-камера гашения.

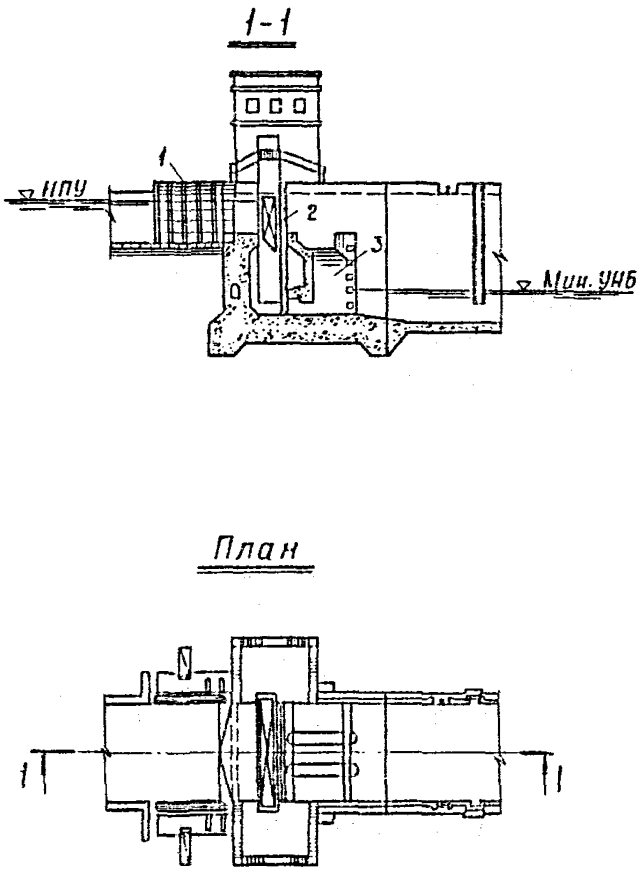


Рис.52. Верхняя голова с наполнением из-под ворот:
I - ремонтные дву створчатые ворота, 2 - основные (аварийные) плоские ворота, 3 - камера гашения

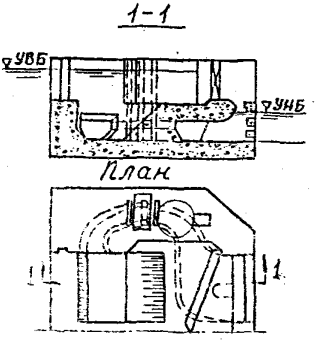


Рис.53. Верхняя голова с короткими обходными водопроводными галереями.

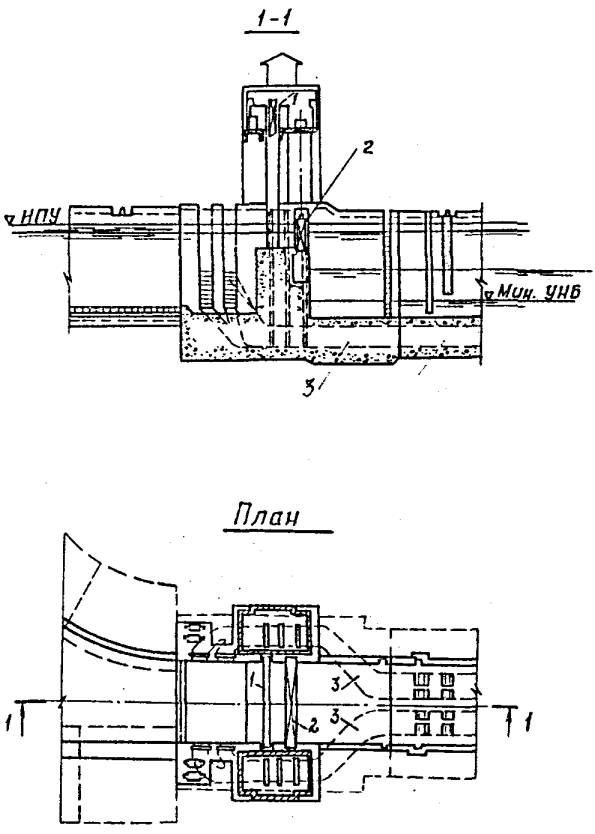


Рис.54. Верхняя голова с продольными галереями:
I - аварийно-ремонтные плоские ворота, 2 - основные плоские ворота, 3 - галереи

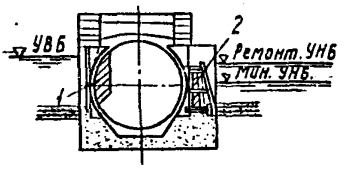


Рис. 55. Нижняя голова с сегментными воротами:
I-основные сегментные ворота, 2-ремонтное заграждение.

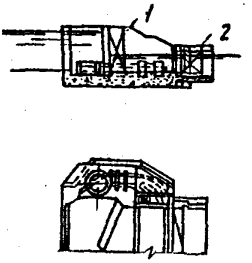
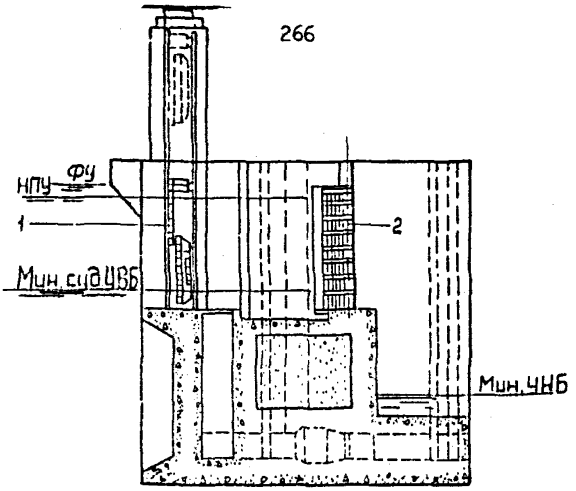


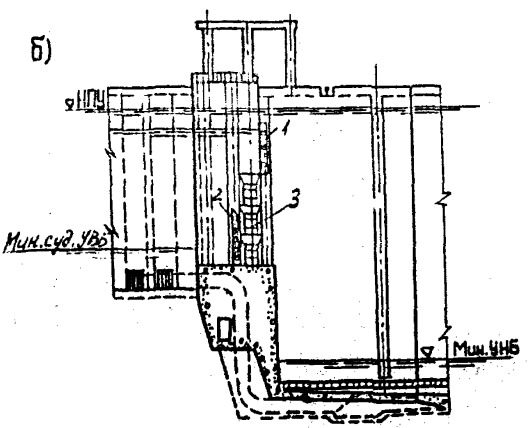
Рис. 56.Нижняя голова с короткими обходными галереями:
I-основные двустворчатые ворота; 2-ремонтные двустворчатые ворота.

а)



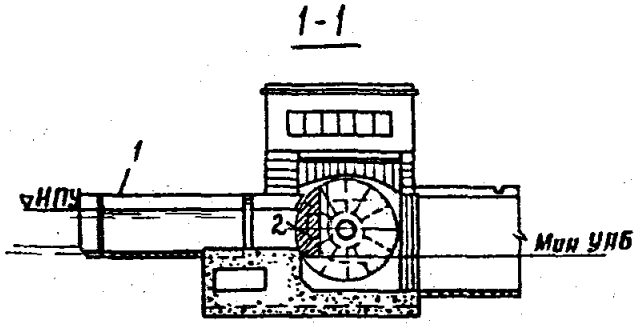
а) Верхняя голова со сдвоенными Г-образными воротами:
1-аварийно-ремонтные плоские сдвоенные ворота;
2-основные двухстворчатые ворота.

б)



б) Верхняя голова с пониженным порогом:
1-основные плоские ворота, 2-аварийно-ремонтные плоские ворота, 3-секции съемного порога.

Рис.57.



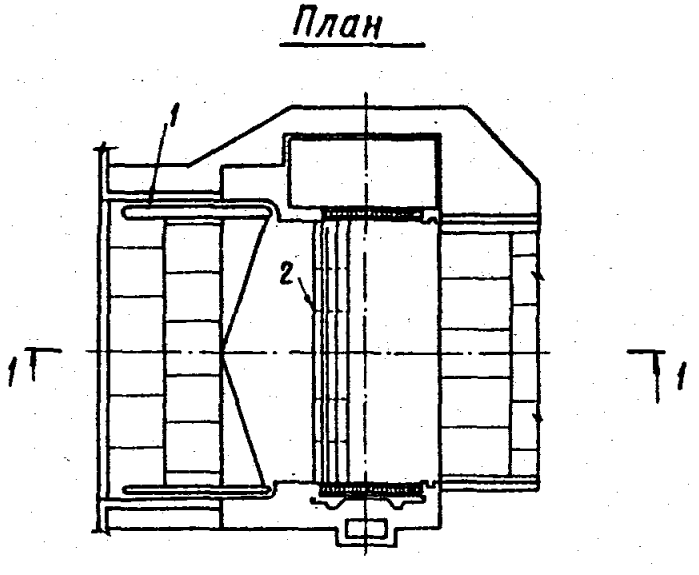
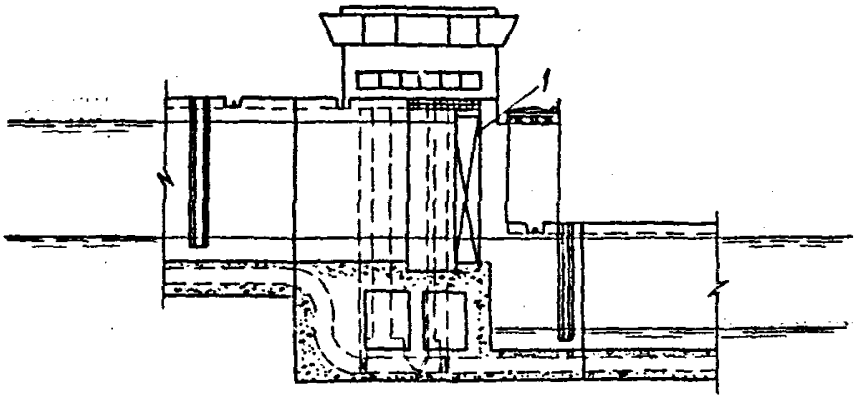


Рис.58. Верхняя голова с основными аварийно-эксплуатационными воротами:

I - ремонтные двустворчатые ворота, 2-основные (аварийные) сегментные ворота

1-1



План

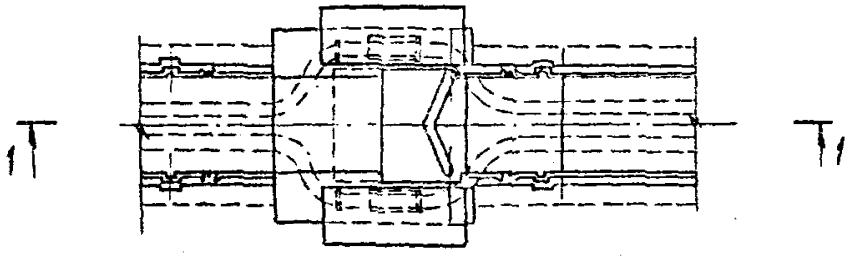


Рис.59. Промежуточная голова:
I-дву створчатые ворота

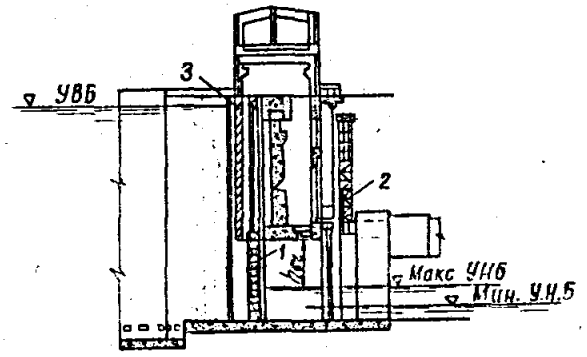
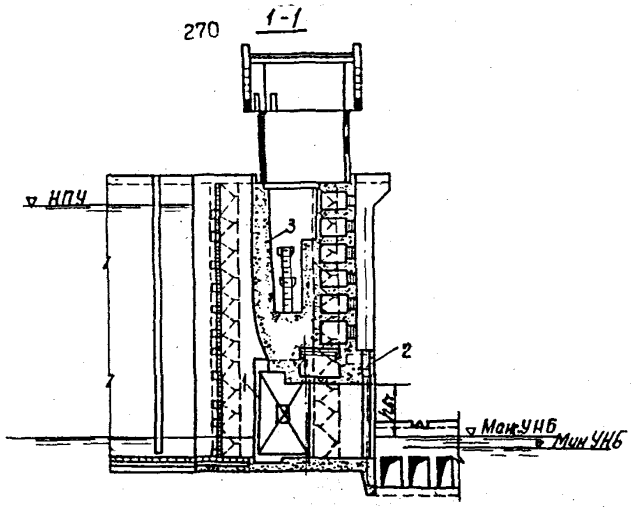


Рис.60. Нижняя голова с забральной стенкой:
I - основные плоские ворота, 2 - ремонтные плоские ворота,
3 - забральная стенка.



План

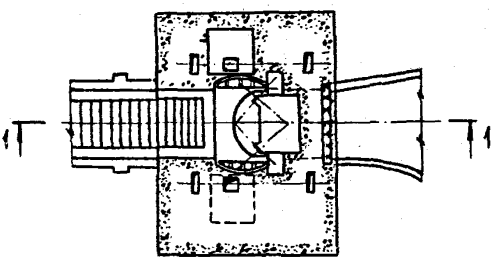


Рис.61. Нижняя голова с забральной стенкой:
1-основные две створчатые цилиндрические ворота, 2-ремонтные плоские ворота, 3 - забральная стенка.

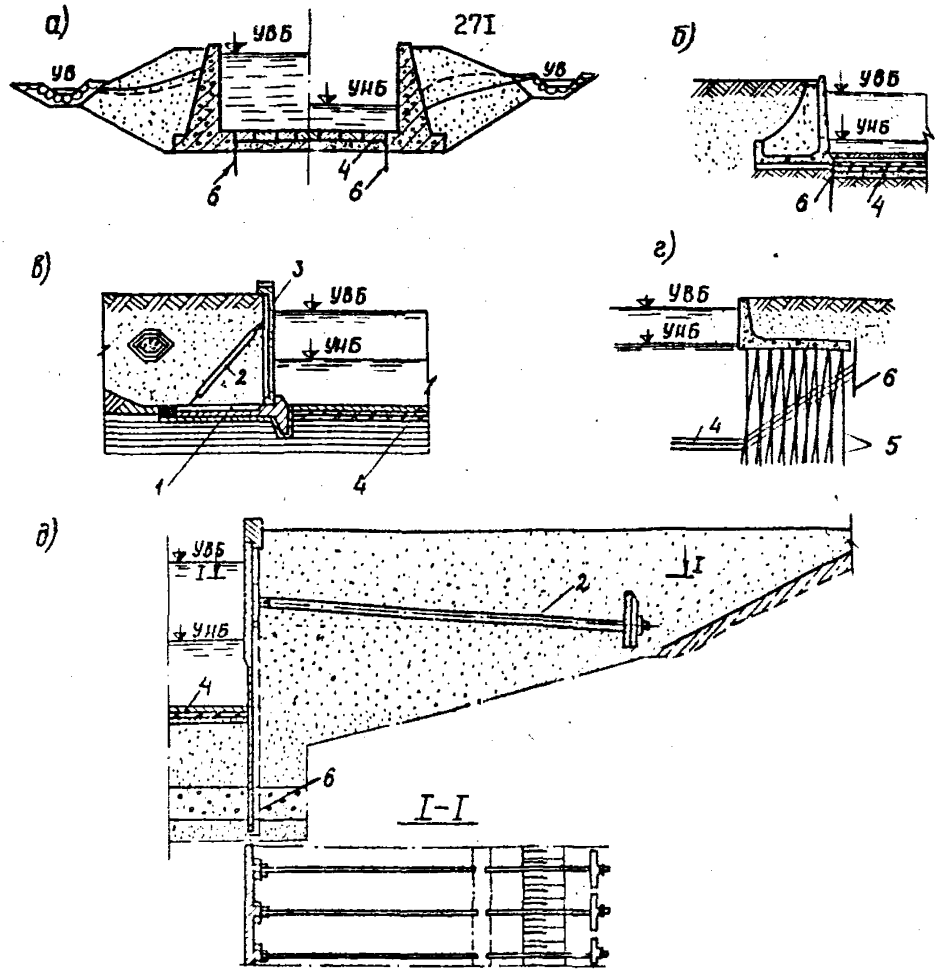


Рис.62. Типы камер шлюзов с водопроницаемым днищем:
а - с массивными стенами; б - с уголковыми контрфорсными стенами; в - со стенами уголковыми с анкерными тягами; г - со стенами в виде свайного ростверка; д - со стенами из заанкеренного железобетонного шпунта;
I-фундаментная плита; 2-анкерная тяга; 3-панель стены; 4-крепление; 5 - сваи; 6 - шпунт

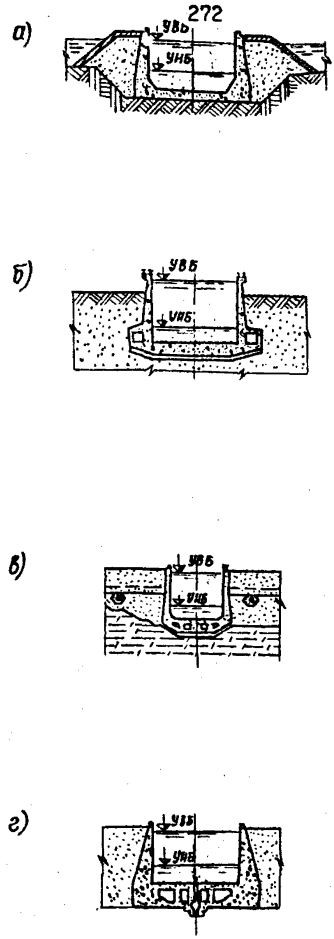


Рис.63. Типы камер шлюзов с водонепроницаемым днищем:
а - докового типа без водопроводных галерей; б - то же, с водопроводными галереями в стенах; в - то же, с водопроводными галереями в днище; г - с временно разрезным днищем и галереями в нем.

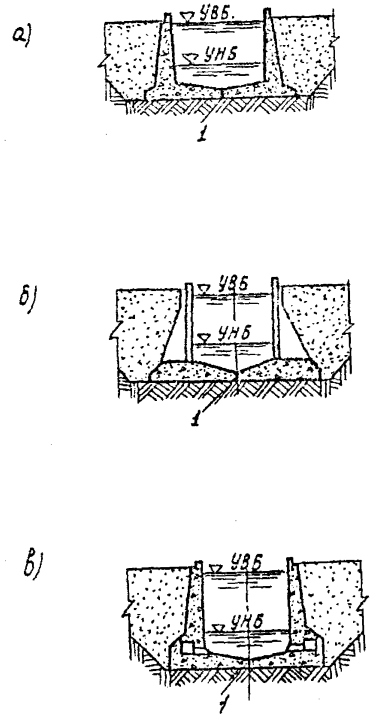


Рис.64. Типы камер шлюзов с разрезными водонепроницаемыми днищами:
а-со стенами трапециедального сечения, б-с контрфорсными стенами, в-с рамными стенами; I-продольный шов.

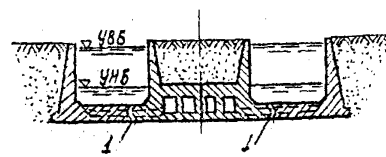


Рис.65. Камеры двухниточного шлюза с продольными постоянными швами в днищах; I-продольный шов.

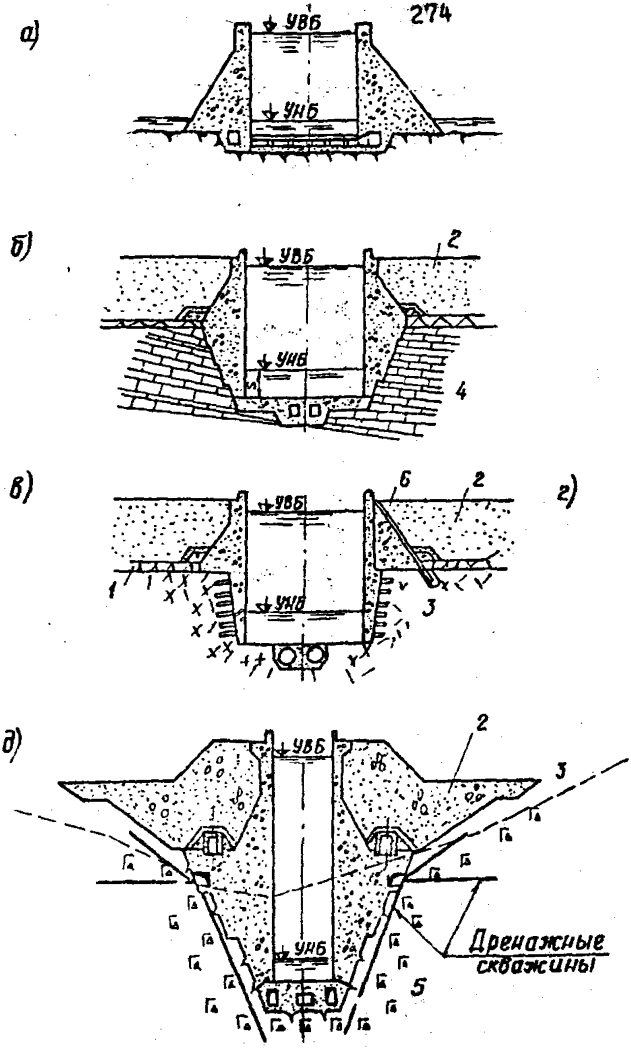
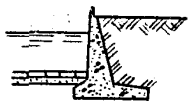
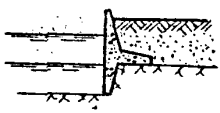


Рис.66. Типы камер шлюзов на скальном основании:
а – с массивными стенами и водопроводными галереями в них;
б – частично врубленные в сильно-трещиноватую скалу с бетонными стенами и толстой облицовкой; в – частично врубленные в скалу с тонкой облицовкой и бетонными стенами над ней; г – то же,с контрфорсными стенами,заанкеренными в скалу; д – глубоко врубленные в скалу с бетонными стенками и толстой облицовкой;
1 – выветрелый слой; 2–песчаная засыпка; 3 – слабо трещиноватые изверженные породы; 4 – сильно трещиноватый известняк; 5 – крепкая скала; 6 – контрфорс.

а)



б)



в)

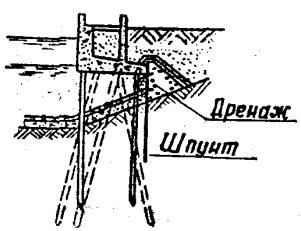
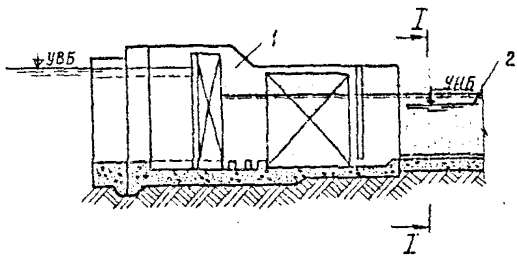


Рис. 67. Засыпные конструкции причальных и направляющих сооружений:
а - на нескальных грунтах, не допускающих забивки свай;
б - на скальных грунтах;
в - на грунтах, допускающих забивку свай

Продольный разрез



I-I

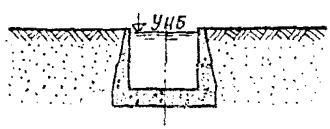


Рис.68. Конструкция направляющих сооружений со сплошным неразрезным днищем:
I - нижняя голова; 2 - секция направляющих сооружений

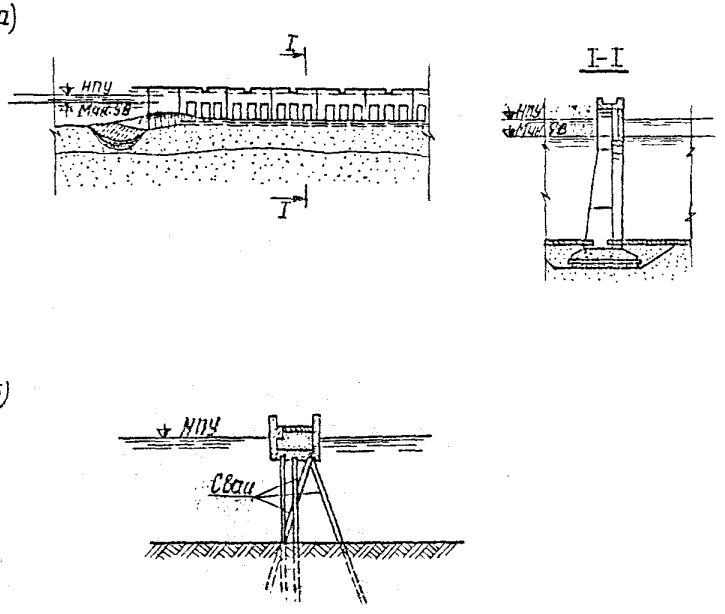


Рис.69. Незасыпные конструкции причальных и направляющих сооружений:
а-на нескальных грунтах,не допускающих забивки свай;
б-на грунтах,допускающих забивку свай

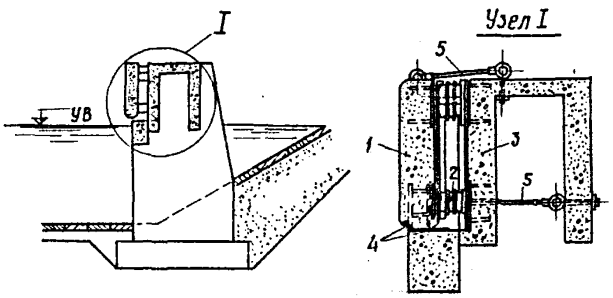


Рис. 70. Направляющие сооружения с амортизирующим устройством:
I – подвижная балка; 2 – резиновые амортизаторы;
3 – неподвижная балка; 4 – металлическая облицовка;
5 – крепление подвижной балки

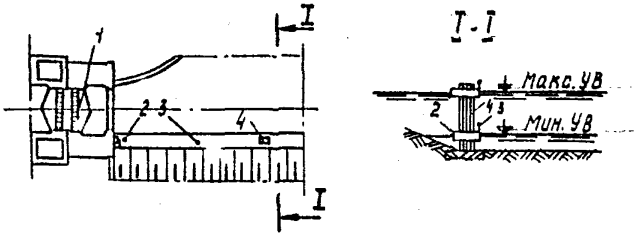


Рис. 71. Плавучие причалы из железобетонных или металлических понтонов:

I-нижняя голова шлюза; 2-понтон; 3-причальная тумба; 4-бык.

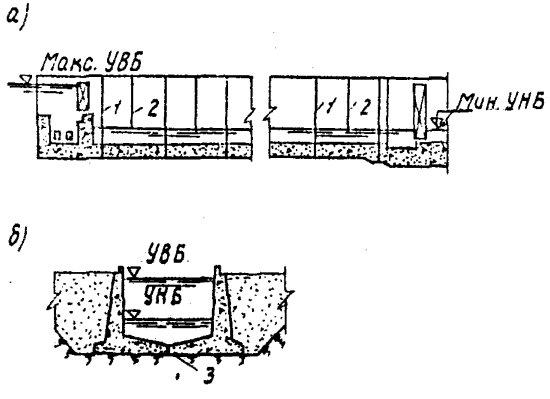


Рис. 72. Деформационные швы в камере шлюза:
I-поперечные сквозные температурно-осадочные швы;
2-поперечные несквозные температурные швы(швы-надрезы);
3-продольный шов.

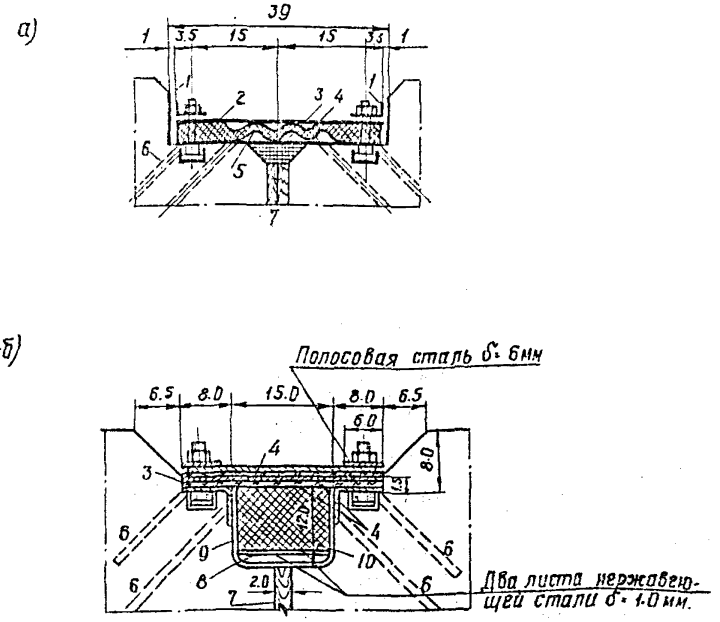


Рис.73. Наружные лицевые шпонки камер:
а- с резиновым уплотнением;*б*- с уплотнением асфальтовой мастикой; I-стальной уголок, 2-листовая сталь толщиной 6 мм, 3-листовая нержавающая сталь толщиной I,6 мм; 4 - технический войлок; 5 - профилированная резина, 6 - анкера ∅ I2 мм; 7 - доски; 8-битумный мат; 9 - покрытие разжиженным битумом I0- асфальтовая мастика

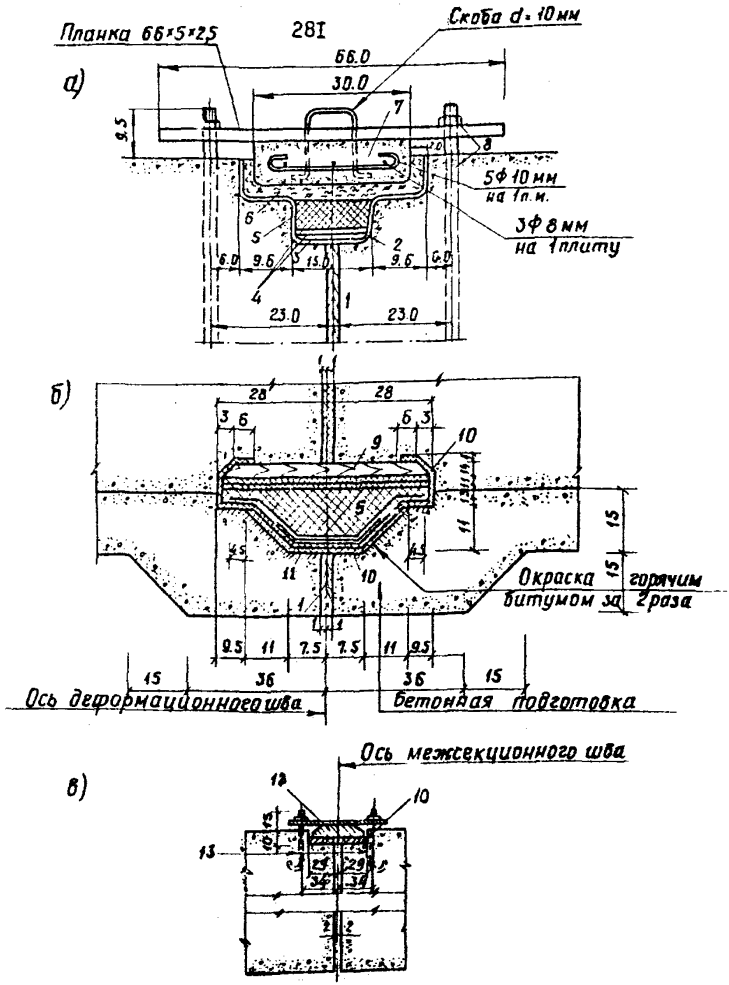


Рис.74. Наружные тыловые шпонки:
а - стен камер; б - днищ камер; в- причальных и направляющих сооружений;
I-доски; 2-битумный мат; 3-покрытие разжиженным битумом; 4-два листа нержавеющей стали; 5-асфальтовая мастика; 6-просмоленный войлок; 7-железобетонная плита; 8 - анкеровка; 9 - доски 4х20 см; I0 - асфальтоармированные маты 2 слоя по I0 мм; II-оцинкованное железо 2 листа по I,4 мм; I2 - сборные ж.б.плиты; I3 - анкерные болты № 24.

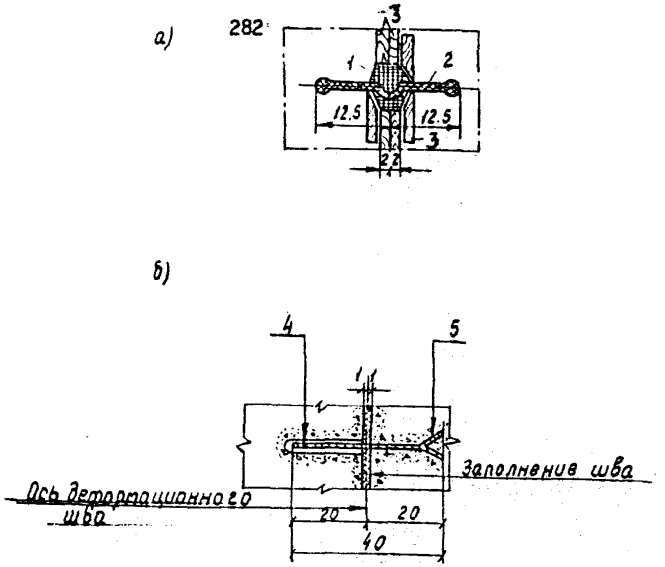


Рис.75. Внутренние шпонки камер:
а-с резиновым уплотнением; б-с металлической диафрагмой;
I-технический войлок; 2-профилированная резина; 3-доска 2х20; 4-просмоленый войлок б=I0мм; 5-нержавеющая сталь (оцинкованное железо) б=I,4 мм.

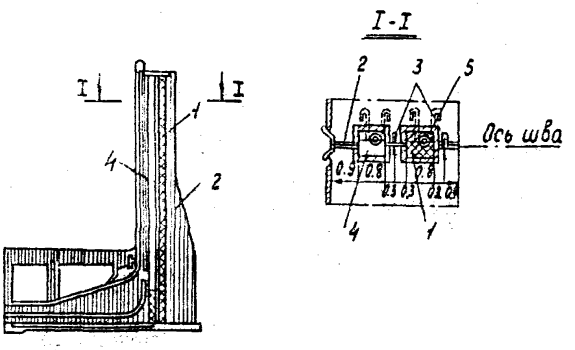


Рис. 76. Внутренние шпонки между головами и камерой:
I-асфальтовая мастика; 2-доски; 3-металлическая диафрагма; 4-запасной колодец; 5-электроды обогрева.

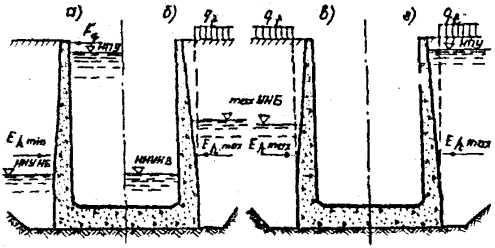


Рис.77. Расчетные случаи для камер шлюзов:
а- I эксплуатационный (наполненная камера);
б - II эксплуатационный (опорожненная камера);
в - ремонтный (осушенная камера);
г - ремонтный (осушенная камера) при расположении шлюза в верхнем бьефе гидроузла

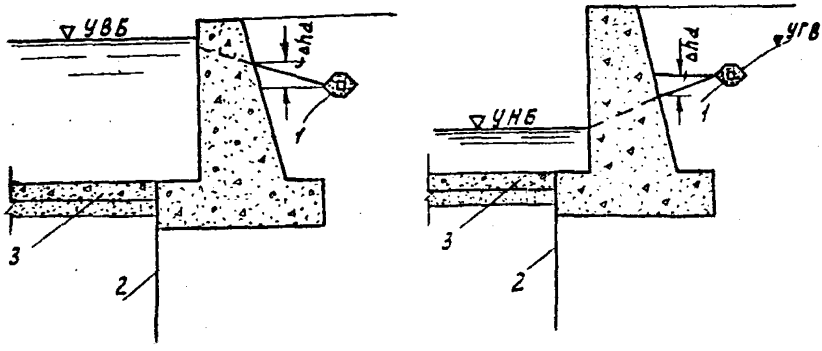


Рис. 78. Расчетные уровни воды за стенами камер с водопроницаемыми днищами:

а-при наполненной камере; б-при опорожненной камере;

I-дренаж; 2-шпунт; 3-обратный фильтр по дну камеры;

Δh_d -разность уровней воды за стенами камеры и в дренаже (при установившейся фильтрации).

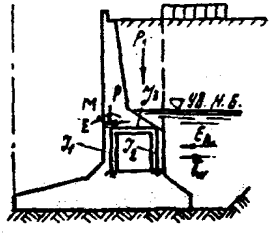


Рис.79. Расчетная схема нижней части стены с водопроводной галереей.

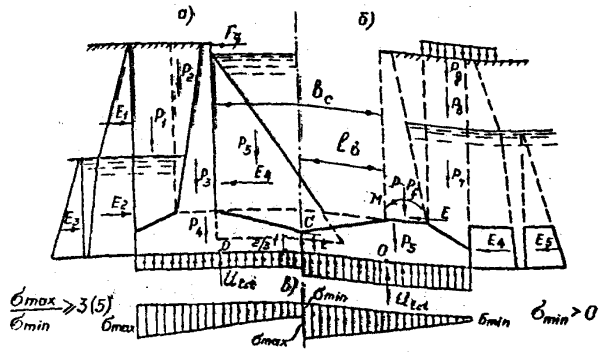


Рис.80. Схема расчета полусекций:
а-в эксплуатационном случае наполненной камеры; б-в ремонтном случае (с использованием равнодействующих усилий,полученных из расчета стены); в-результирующие эпюры реактивного сопротивления грунта основания.

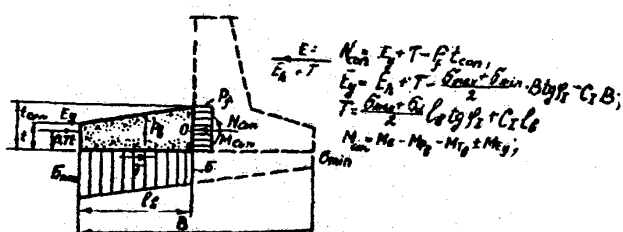
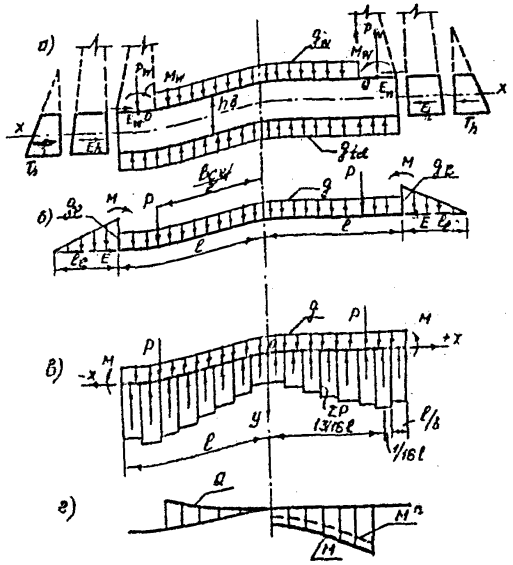


Рис.81. Расчетная схема днищевой консоли.


а)
б)
в)
г)
x
x
0
0
0

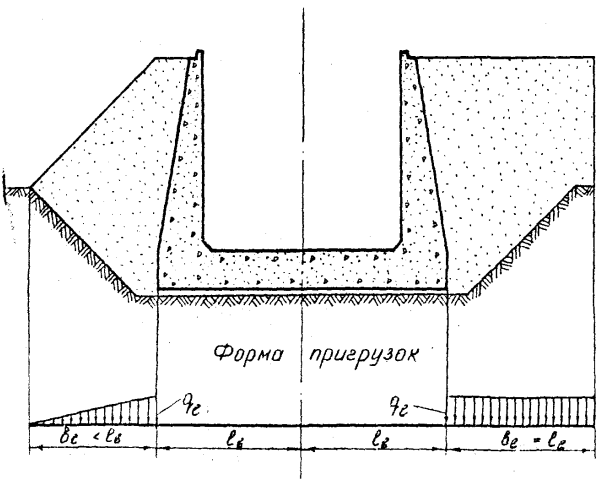


Рис.83. Определение формы эпюры боковой пригрузки.

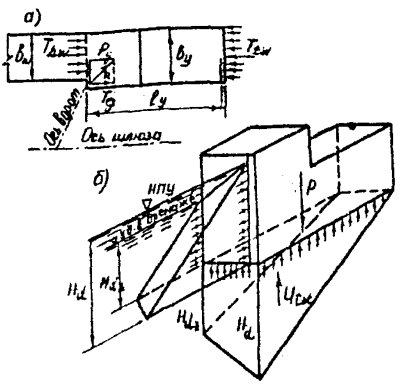


Рис.84. Схема для расчета упорного массива устоя нижней головы шлюза:
а-план упорного массива; б-общий вид действующих нагрузок от давления воды в вертикальном условном расчетном шве T_{dw} и от фильтрационного противодавления W_{tot} в горизонтальном условном расчетном шве.

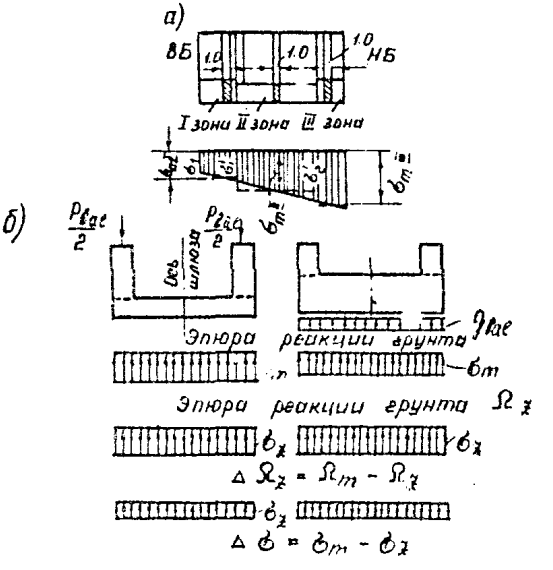


Рис.85.К расчету днищ нижних голов шлюзов:
а-деление эпюры реактивного давления грунта основания на зоны I,П,Ш.
б-уравновешивание давления между зонами.

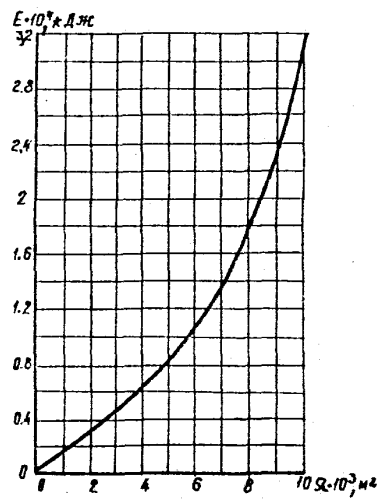


Рис. 86 (черт.4) График для определения энергоемкости предохранительного устройства в зависимости от площади зеркала камеры спуска.

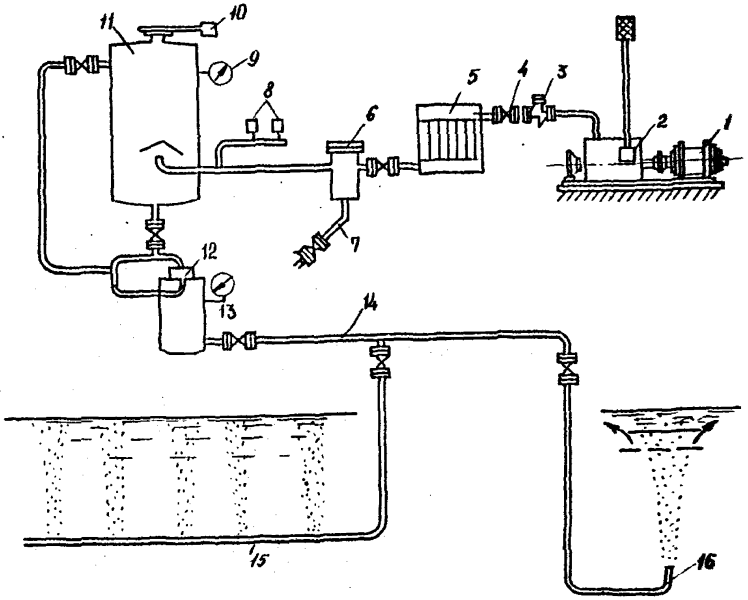


Рис87. Оборудование компрессорной станции.

I-электродвигатель;2-компрессор; 3-обратный клапан;4-задвижка; 5-воздухоохладитель;6-маслоотделитель; 7-маслоотводный трубопровод; 8-реле давления; 9-манометр; I0-предохранительный клапан; II-ресивер высокого давления; I2-клапан автоматизации режимов; I3-ресивер низкого давления; I4-магистральный трубопровод; I5-перфорированный участок воздухораспределительной сети; I6-трубопровод к сосредоточенному выпуску воздуха

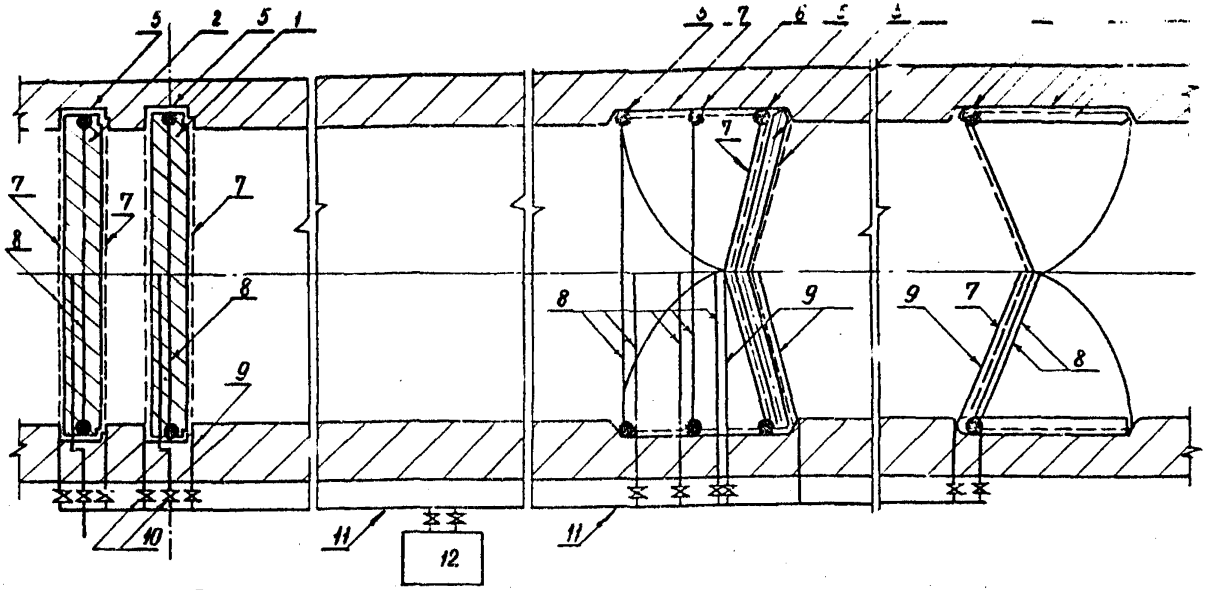


Рис.88. Схема размещения пневматических установок:
1-основные подъемно-опускные ворота; 2-аварийно-ремонтные ворота; 3-основные двустворчатые ворота;4- -ремонтные двухстворчатые ворота;5-сосредоточенные выпуски воздуха; 6-дополнительное сопло для низких уровней воды; 7-перфорированный трубопровод; 8-подводящие трубопроводы к сосредоточенным воздуховыпускам; 9-подводящие трубопроводы к перфорированным трубопроводам; 10-задвижки; 11-магистральный трубопровод; 12-компрессорная станция с ресиверами.

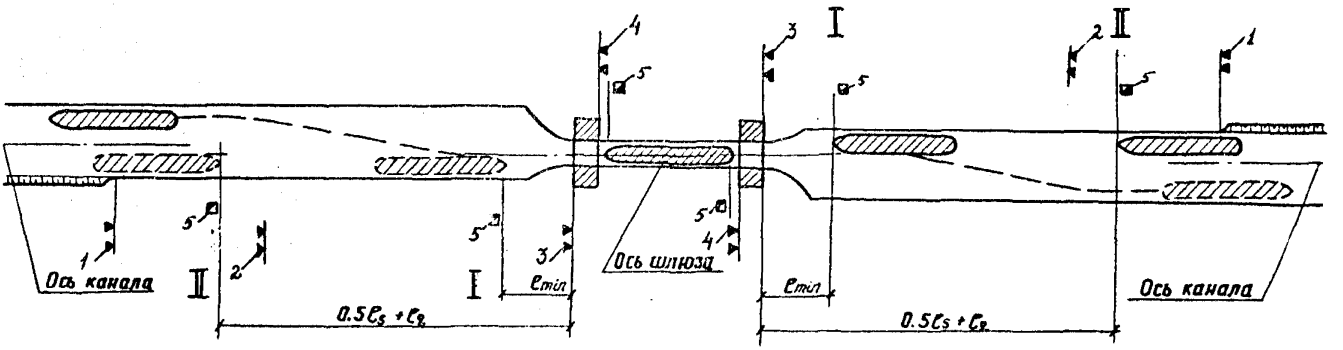


Рис. 89. Схема расстановки навигационной сигнализации:
I- для одностороннего движения; II- для двухстороннего движения; I- светофоры подхода к причалу; 2- промежуточные светофоры; 3- входные светофоры; 4- выходные светофоры;
5- стоповые огни.

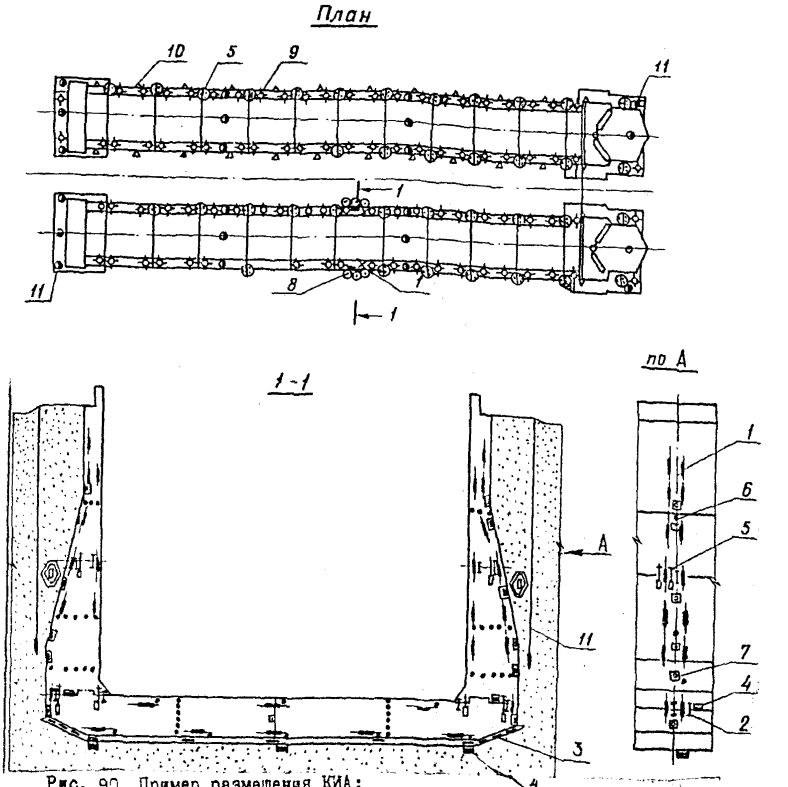


Рис. 90. Пример размещения КИА:

I – преобразователь силы арматурный струнный (ПСАС);
2 – преобразователь линейных деформаций струнный (ПЛДС);
3 – преобразователь нормальных напряжений грунта (ПННГ);
4 – преобразователь давления струнный с пористой насадкой(ПДС-П);
5 – преобразователь линейных перемещений струнный (ПЛПС);
6 – преобразователь температуры струнный (ПТС);
7 – измеритель нормальных и касательных контактных напряжений (ИНККН);
8 – обратный отвес;
9– высотная марка;
I0 – створный знак;
II – пьезометр

22. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение

ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

H_d – расчетный напор воды;

Геометрические характеристики

b_c – ширина камеры шлюза;
$b_{c,ef}$ – полезная ширина камеры;
b_s – ширина расчетного судна;
l_c – длина камеры шлюза;
$l_{c,ef}$ – полезная длина камеры шлюза;
l – длина пути входа (выхода) расчетного судна;
l_s – длина расчетного судна;
$l_{1,2,3}$ – длины участков подходного канала к шлюзу;
l_a – длина верхнего (нижнего) участка подхода;
l_{st} – длина прямолинейного участка судоходной трассы;
l_r – длина криволинейной вставки;
l_m – длина причальной линии;
h_l – глубина на пороге шлюза;
h_{bz} – высота подмостового габарита;
h_n – высота перекрываемого отверстия в створе ворот;
s – статическая осадка расчетного судна в полном грузу.

Характеристики, используемые в гидравлических расчетах

F_l – расчетная продольная составляющая гидродинамических сил;
$F_{l_{доп}}$ – допустимая продольная составляющая гидродинамических сил;
$\mathcal{D}$ – водоизмещение расчетного судна;
t – время наполнения (опорожнения) камеры;
A_{on} – площадь затопленного отверстия;
$A_{p,c}$ – площадь камеры;
t_c – время открытия затворов;
κ_c – относительное время открытия отверстия;
h_{on} – высота открытия отверстия;
v_l – допустимая скорость подъема ворот или затворов;
A_c – площадь сечения камеры при наинизшем судоходном уровне нижнего бьефа;
A_{ms} – площадь миделевого сечения судна;
b_{on} – ширина водопроводного отверстия;

H_{in} – начальный напор над отверстием;
μ – коэффициент расхода;
Q_i – средний расход;

B_s – ширина расчетного судна;

v – средняя скорость на входе в водозаборное отверстие;
b – ширина галерей;
l_{ch} – длина расширенной камеры галереи по дну от уступа до участка сужения;
b_{ch} – ширина расширенной камеры галереи;
h_{ch} – высота расширенной камеры галереи;
$v_{сж}$ – скорость в сжатом сечении за затвором;
Q_{max} – максимальный расход наполнения (опорожнения);
Λ_a – площадь сечения канала;

Характеристики, используемые в фильтрационных расчетах

H – расчетный фильтрационный напор (действующий);
l – мощность водопроницаемого основания;
L – гидравлическая длина профиля дамбы;
$J_{ср}$ – средний градиент напора фильтрации;
E – водозахватная способность дренажа;
h_Δ – избыточный напор;
Δh – перепад уровней воды;
ΔH – потеря напора на противофильтрационных элементах;
P – периметр дренажа;
$Q_{пр}$ – приведенный фильтрационный расход;
$h_{пр}$ – приведенный фильтрационный напор;
$K_ф$ – коэффициент фильтрации;
Q – фильтрационный расход в дренаже;
$H_{а,в}$ – глубина фильтрационного потока в точках, а,в.

Характеристики, используемые в статических расчетах.

T_m – средняя глубина активной зоны фильтрации;

i_{ex} – выходной градиент фильтрационного потока;

$\gamma_{d,up}$ – удельный вес взвешенного грунта;

γ_d – удельный вес сухого грунта;

γ_w – удельный вес воды;

i_m – средний градиент фильтрации;

γ_a – удельный вес грунта для активного давления;

γ_p – удельный вес грунта для пассивного давления;

t_{fl} – показатель гибкости днища;

E – модуль упругости грунта основания;

E_f – модуль упругости бетона днища;

σ_m – равномерное по длине основания реактивное давление грунта;

$h_{\delta,pr}$ – предварительная толщина днища;

P_v – сумма вертикальных сил;

$h_{\beta,cal}$ – расчетная толщина днища;

h_β – принятая расчетная толщина днища;

l_β – ширина днища;

t_{fl} – коэффициент гибкости;

q – пригрузка основания;

J_β – расчетный момент инерции днища в пределах галерей;

J_i – момент инерции днища вне галерей;

h_g – высота галерей;

E_c – условный (приведенный) модуль деформации однородного основания;

K_t – коэффициент, зависящий от отношения расчетной осадки камеры по времени замоноличивания штраб днища, к полной расчетной их осадке;

S_1 – расчетная осадка камеры по времени замоноличивания штраб днища;

S_2 – полная расчетная осадка;

γ_{c_c} – коэффициент сочетания нагрузок;

γ_c – коэффициент условий работы;

γ_n – коэффициент надежности по степени ответственности сооружений;

U_{tot} – полное противодавление воды на подошву;

$T=E_{ah}tg\varphi_s$ произведение активного давления грунта засыпки (по схеме предельного равновесия) на коэффициент трения его по бетону;

P – вес массива устоя;

E_{hw} – давление грунта на верховую грань устоя;

T_g – давление от ворот (вдоль оси шлюза);

$tg\varphi_s$ и c_s – сдвиговые характеристики грунта;

M_x, M_y – моменты всех сил относительно продольной x и поперечной y осей, проходящих через центр тяжести подошвы;

W_x, W_y – моменты сопротивления площади подошвы устоя или упорного массива относительно осей x и y;

A – площадь основания устоя или упорного массива;

K_{unr} – коэффициент неравномерности;

F – расчетные значения обобщенных сдвигающих сил или моментов сил, стремящихся повернуть (опрокинуть) сооружение;

R – расчетные значения сил предельного сопротивления или моментов сил, стремящихся удержать сооружение;

T_{hw}, T_{tw} – суммарное давление воды на голову со стороны верхнего и нижнего бьефов;

$E_{a,hw}$ – активное давление грунта в состоянии предельного равновесия на голову со стороны верхнего бьефа;

$E_{p,tw}$ – давление грунта в состоянии покоя со стороны нижнего бьефа;

E_{fr} – силы трения от активного давления грунта на тыловые грани устоев головы;

T_s – прочие сдвигающие силы, в частности, сейсмические при особом сочетании нагрузок;

P_{bac} – перерезывающие силы между зонами при расчете каждой зоны как балки на упругом основании;

Ω_m – площадь эпюры реактивного давления грунта основания, полученная для данной зоны при расчете головы в целом;

Ω_z – площадь эпюры реактивного давления грунта основания, полученная для данной зоны при расчете каждой зоны в отдельности;

q_z – интенсивность равномерной нагрузки;

B_m – ширина конструкции причала по нормали к лицевой поверхности;

q_t – временная равномерно распределенная нагрузка;

$t_{m,mar}$ – среднемесячная температура наиболее жаркого месяца;

Δt_d – перепад температуры;

U_y – горизонтальное перемещение стены на глубине y;

$u_{y,в}$ – горизонтальное перемещение стены на глубине y от поворота днища;

$R_{г\,y}$ – реактивное давление грунта на глубине y;

$K_г$ – коэффициент увеличения основного давления грунта за счет реактивного давления.

Приложение 2

Определение судовых нагрузок

2.I. Судовыми нагрузками для расчета сооружений шлюза являются:

при наивысших уровнях воды в камерах и подходных каналах

- нагрузки от навала судна при его подходе к причалам или стенам камеры шлюза;

- нагрузки от навала на причалы в подходах или стены камеры шлюза пришвартованного судна при действии ветра, течения и гидродинамической силы;

при наинизших уровнях воды в камере и подходных каналах

- нагрузки от натяжения швартовов при действии на судно ветра, течения и гидродинамической силы.

2.2. Нагрузка на сооружение от навала на него подходящего судна зависит от кинетической энергии судна и податливости под нагрузкой системы сооружения, отбойного устройства и корпуса судна.

Кинетическая энергия судна при подходе к сооружению, остающаяся непогашенной к моменту контакта между ними, определяется по следующей формуле

$$E_q = \psi D \frac{v_н^2}{2g} \quad , \qquad I$$

где ψ – коэффициент, зависящий от конструкции сооружения (условий гашения у него кинетической энергии судна), принимаемый по таблице I [Л.3].

Таблица I

Конструкция сооружения	Коэффициент ψ для судов	
	речных	морских
Сооружения с вертикальной сплошной гранью (массивные, уголкового типа, больверки, на свайных опорах с передним шпунтом)	0,3	0,5
Причалы эстакадного или мостового типа на свайных опорах с задним шпунтом	0,40	0,55
Пирсы эстакадного или мостового типа	0,45	0,65
Палы головные или разворотные	–	I,60

D – расчетное водоизмещение судна, кН (т);

$v_н$ – нормальная (к поверхности сооружения) составляющая скорости подхода судна м/с, принимаемая по табл.2 [Л.I] и табл.3 [Л.3]

Таблица 2. (Приложение I0).

Ширина камеры шлюза, м	Наименование сооружения	Нормальная составляющая скорости подхода к сооружению судна, v м/с с расчетным водоизмещением D, тыс.кН (т)			
		до 30(3)	50(5)	70 (7)	I00(I0) и более
до I8	Причальное и направляющее	0,25	0,20	0,I5	0,I2
	Камера шлюза	0,05	0,02	0,02	0,02
Свыше I8	Причальное и направляющее	0,30	0,25	0,20	0,I5
	Камера шлюза	0,070	0,050	0,035	0,020

Таблица 3

Суда	Нормальная составляющая скорости подхода судна, v м/с с расчетным водоизмещением D, тыс кН (т)						
	до 20(2)	50(5)	I00(I0)	200(20)	400(40)	I000(I00)	2000 (200) и более
Морские	0,22	0,I5	0,I3	0,II	0,I0	0,09	0,08

Примечание: При определении кинетической энергии навала морских судов водоизмещением до 50 тыс.кН (5 тыс.т), швартующихся на незащищенной акватории, нормальную составляющую скорости подхода, принимаемую по табл.3, следует увеличивать в I,5 раза.

2.3. Поперечная горизонтальная сила навала судна на сооружение F_q определяется из условия равенства расчетной кинетической энергии судна E_q суммарной энергии деформации сооружения и корпуса судна.

2.4. Коэффициент упругой податливости сооружения $C_к = \frac{I}{K}$

определяется статическим расчетом его с учетом упругости основания, исходя из формулы энергии деформации причального сооружения [Л.3] .

$$E_i = \frac{E q^2}{2 K_i} \quad , \qquad 2$$

где K_i – коэффициент жесткости сооружения в горизонтальном поперечном направлении, в кН/м.

2.5. Для камерной стены условного треугольного профиля значение C_K может быть определено (без учета реактивного давления засыпки и основания), пользуясь обычной формулой прогиба ее вершины u_B под силой F относительно любого ее сечения на глубине y_o .

$$u_B = \frac{F y_o}{2 E_\delta J_{y_o}} \quad , \qquad 3$$

где J_{y_o} – момент инерции сечения при ширине $b_{y_o} = \frac{B_{ст}\, y_o}{H_{ст}}$ и длине его вдоль шлюза $l_y = 2/3\, y_o$; рис. 2.I.

2.6. Для определения коэффициента податливости корпусов судов можно пользоваться формулой 4:

$$C_s = \frac{I{,}5 \cdot 10^{-3}}{35 + K_s (l_s - 70)} \quad , \qquad 4$$

где K_s = 0,9 для речных судов без ледовых подкреплений и K_s=I,8 для судов морских, типа "река-море" и речных с ледовыми подкреплениями.

2.7. По приведенному выше условию (п.2.3) определения силы навала судна на подходе к сооружению F_q получается следующая формула для ее определения

$$F_q = 10\, \gamma_н \sqrt{\frac{10\, \psi D}{g (C_s + C_к)}} \quad . \qquad 5$$

Эта расчетная сила навала судна на сооружение не должна превышать предельных значений нагрузки на бортовое перекрытие судна, кН, определяемых по формуле [Л.I] :

$$F_{q,\,max} = 10 (l_{s,\,max} - 20) \, , \qquad 6$$

где $l_{s,\,max}$ – длина корпуса наибольшего расчетного судна.

По этой же эмпирической формуле следует определять наибольшую силу навала судна на массивные бетонные конструкции камерных

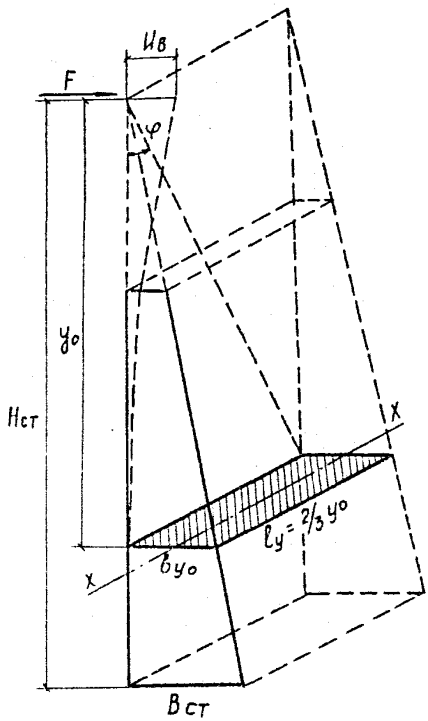


Рис. 2.I. К определению коэффициента упругой податливости $C_к$

стен на скальном основании и устоев голов, деформации которых при навале на них судов пренебрежимо малы.

2.8.(п.3 Приложения I0). Для уменьшения вероятности повреждения корпуса судов и уменьшения нагрузки от навала на сооружения шлюза следует рассматривать целесообразность проведения мероприятий, обеспечивающих условия, при которых значение F_q, кН, не превысит:

- для грузовых теплоходов смешанного плавания типа "река-море", имеющих класс регистра "М" и ледовое подкрепление - $5\,\ell_s$;
- для грузовых теплоходов класса "О" и сухогрузных барж, в том числе входящих в составы - $3{,}5\,\ell_s$;
- для танкеров и наливных барж, в том числе входящих в составы - $2{,}5\,\ell_s$.

2.9 (п.6 Приложения I0). Расчетная длина стены камеры ℓ, на которую распространяется сила навала судна, должна удовлетворять условию $2d \le \ell = \frac{2}{3} h_p$,

где d - толщина стены в рассматриваемом сечении,

h_p - расстояние от точки приложения силы навала до рассматриваемого сечения

2.I0. Поперечная нагрузка от ветрового навала пришвартованного судна на сооружения определяется по формуле [Л.3]

$$W_q = 73{,}6 \cdot I0^{-5} A_q v_B^2 \xi \quad , \qquad 8$$

где: A_q - боковая надводная площадь силуэта (парусности) судна, за вычетом преград, расположенных с подветренной стороны, $м^2$;

v_B - поперечная составляющая скорости ветра, с вероятностью превышения в 2% за навигационный период, принимаемая по данным СНиП 2.0I.0I-82 [Л.I6];

ξ - коэффициент, зависящий от длины судна; он принимается равным I,0 при длине судна до 25 м; 0,8 при длине его 50 м; 0,65 при длине I00 м и 0,5 при длине 200 м и больше.

2.II. Поперечная составляющей гидродинамической силы, действующей на судно и воспринимаемой швартовным тросом при наполнении и опорожнении камер, не допускается [Л.I] более $F_{доп} = I{,}4\sqrt[3]{D}$ кН.

2.12. Поперечную нагрузку от наибольшего натяжения швартовных тросов, зачаленных за причальные устройства судоходных шлюзов при статическом расчете их камер и причальных сооружений, следует принимать в зависимости от водоизмещения наибольших пассажирских и грузовых судов внутреннего плавания по таблице 4 [Л.3]

Таблица 4

Расчетное водоизмещение судна в грузу D, тыс.т	Сила от натяжения швартовов S, кН	
	Пассажирских, грузопассажирских, технического флота со сплошной надстройкой	Грузовых и технического флота без сплошной надстройки
0,1 и менее	50	30
0,11 – 0,5	100	50
0,51 – 1	145	100
1,1 – 2	195	125
2,1 – 3	245	145
3,1 – 5	–	195
5,1 – 10	–	245
Более 10	–	295

Приложение 3

Пример расчета прочности камеры шлюза с неразрезным днищем

Примеры расчета, приведенные в приложениях 3,4, даны для шлюза на нескальном основании (твердые глины), отнесенного к сооружению II класса. Основные габариты шлюза составляют: полезная ширина камеры шлюза – 21,5 м, максимальная высота стен 27,5 м, расчетный напор – 13,5 м. Обратная засыпка стен выполнена песком средней крупности.

Камера шлюза представляет собой доковую конструкцию и состоит из 15 секций длиной 20 м.

3.I. Методика расчета

Расчет выполнен на ЭВМ ЕС I033 по программе "КРАК," разработанной во ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева для расчета плоских стержневых конструкций совместно с основанием, рассматриваемым в виде упругой полуплоскости, и засыпкой, схематизированной по Винклеру. Учтено трещинообразование путем проведения ряда итераций по жесткости, возможен учет последовательности возведения и обратной засыпки сооружения. В результате расчета определяются усилия, перемещения, реакция основания и засыпки, продольная арматура, раскрытие трещин.

Расчетная схема показана на рис. 3.I. Стержни I,2,4 проходят по осям стен и днища, стержни 3,4а, 5 приняты абсолютно жесткими, фиктивный стержень 6 используется для воспроизведения нагрузки g_4 (см. рис. 3.I).

3.2. Воспроизводимые нагрузки:

I) Собственный вес стен и днища.

2) Давление воды на лицевые грани стен и верхнюю грань днища внутри камеры.

3) Давление грунтовой воды на тыловые грани стен и противодавление на нижнюю грань днища.

4) Нагрузки на засыпку от веса транспортных средств и складируемых материалов g_2 и от веса козлового крана g_3; эпюра давления определяется графически, как показано на рис.3.2.

5) Нагрузка на основание g_1 от веса засыпки.

6) Давление грунта на тыловые грани стен, определяемое как сумма основного и дополнительного (реактивного) давлений.

а) Основное давление E_I определяется в соответствии с п.II.I9 настоящего Пособия.

В случае опорожненной камеры, особенно зимой, за стенами формируется активное давление, так как перемещения стен на порядок превышают величины, достаточные для образования призмы обрушения.

Если к плоской поверхности засыпки приложена равномерно распределенная нагрузка q, угол наклона тыловой грани стены $|\varepsilon| < 45^0 - \frac{\varphi}{2}$, угол наклона поверхности засыпки $|\rho| < \varphi$, слои грунта параллельны поверхности, то горизонтальная P_{ah} и вертикальная P_{av} составляющие интенсивности активного давления на единицу высоты расчетной плоскости определяются по формулам п.I

td — приращения средних температур от зимы к лету
Δtd — приращения перепадов температур от зимы к лету
Ph_I и P_{hII} — давление воды на линейную грань стены в I и II расч. случ.
g_{1I} и g_{1II} — то же на днище в I и II расч. случаях
u_v — противодавление на подошву
g_2 — нагрузка от транспорта и складир. материалов
g_3 — крановая нагрузка
P_v' и P_h' — верт. и гориз. составляющие давления грунтовой воды.
$g_ч$ — пригрузка грунта на основание
P_{ah} и P_{av} — гориз. и вертик. составляющие активного давления грунта
K_x — коэффициент постели
P_{ph} — гориз. составляющая пассивного давления

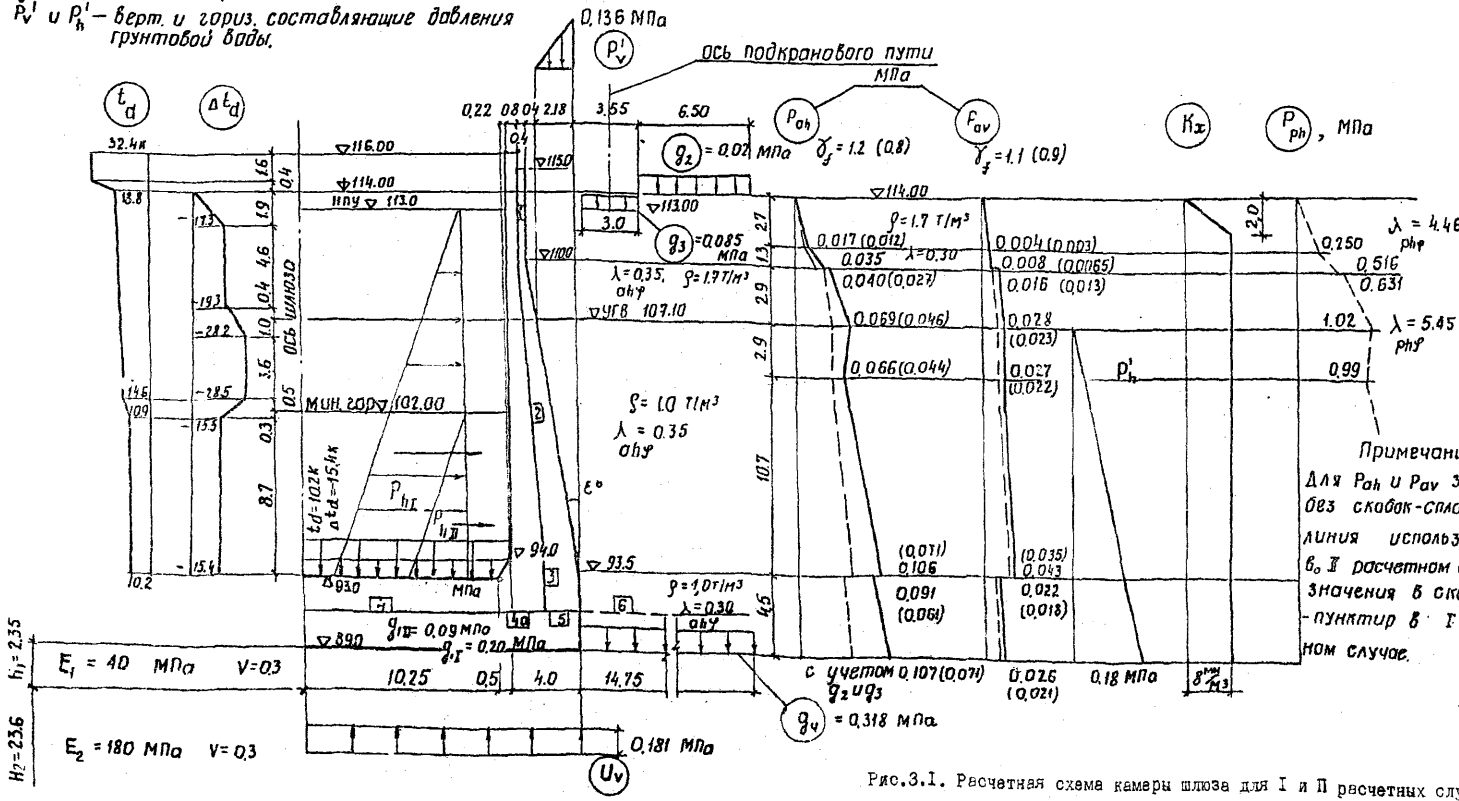
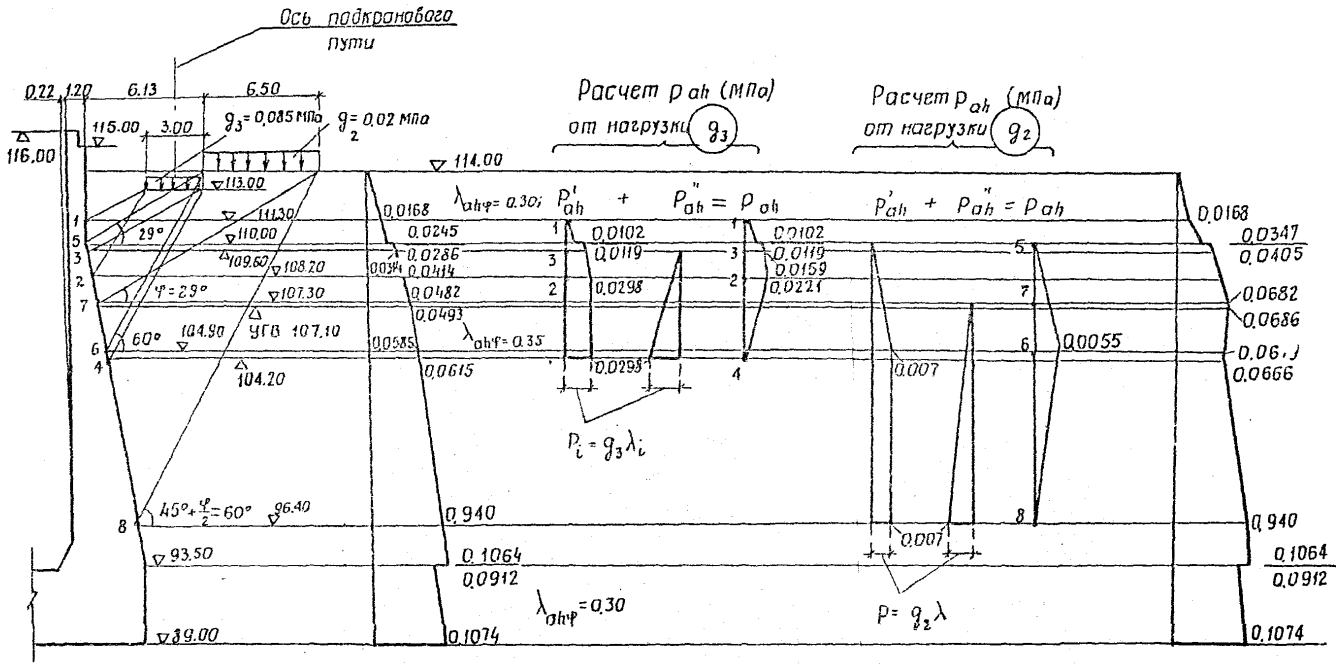


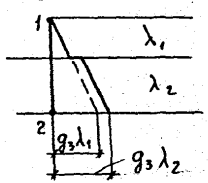
Рис.3.1. Расчетная схема камеры шлюза для I и II расчетных случаев.



p_{ah}, МПа
без учета g_2 и g_3

p_{ah}, МПа
с учетом g_2 и g_3

Определение p'_{ah} на участке 1÷2 от g_3



p'_{ah} - эпюра давления грунта от направленной вниз нагрузки, простирающейся вправо от левого края нагрузки g_2 (g_3)

p''_{ah} - эпюра давления грунта от направленной вверх нагрузки, простирающейся вправо от правого края нагрузки g_2 (g_3).

Рис.3.2. Схема определения эпюр давления грунта от нагрузок g_2 и g_3 на поверхность засыпки.

приложения 9 СНиП 2.06.07-87 [Л.I] :

$$p_{ah} = p_y \cdot \lambda_{ah\varphi} - \frac{c}{tg\varphi}\,(1-\lambda_{ahc}), \quad \text{I(I)}$$

$$p_{av} = p_{ah}\, tg\,(\varepsilon+\varphi_s), \quad \text{2(2)}$$

где φ и C угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта, здесь C=0;

φ_s – угол трения грунта на контакте со стеной, принимаемый не более 2/3 φ, здесь φ_s=0,5 φ;

ε – угол наклона к вертикали тыловой грани стены;

p_y – вертикальное давление в грунте у расчетной плоскости на глубине y ;

$$p_y = \sum_1^n \gamma_i\, \Delta y_i + \frac{g}{1+tg\varepsilon\, tg\rho}, \quad \text{3(3)}$$

где γ_i и Δy_i – соответственно удельный вес грунта (в пределах насыщения водой – с учетом взвешивания) и высота i -го слоя грунта;

$\lambda_{ah\varphi}$ и λ_{ahc} – коэффициенты горизонтальной составляющей активного давления грунта; при C = 0 член, содержащий λ_{ahc}, становится равным нулю, а

$$\lambda_{ah\varphi} = \left[\frac{\cos(\varphi-\varepsilon)}{\cos\varepsilon\,(1+\sqrt{K_1})}\right]^2, \quad \text{4(4),}$$

где

$$K_1 = \frac{\sin(\varphi+\varphi_s)\sin(\varphi-\rho)}{\cos(\varepsilon+\varphi_s)\cos(\varepsilon-\rho)}.$$

Если засыпка верхнего слоя выполнена в зимний период, и, следовательно, после ее выполнения перемещения стен во внутрь камеры отсутствуют, в верхней части стены может сформироваться давление грунта покоя с горизонтальной и вертикальной составляющими интенсивности, определяемыми по формулам:

$$p_{oh} = p_y\, \lambda_{oh}, \quad \text{5 (I2)}$$

$$p_{ov} = p_y \sum_1^n \gamma_i\, \Delta y_i + g, \quad \text{6}$$

где $\lambda_{oh}=\frac{\nu}{1-\nu}$, ν – коэффициент поперечной деформации грунта, в данном случае $\nu=0,3$; остальные обозначения раскрыты выше.

б) Дополнительное (реактивное) давление грунта E_2 определяется в соответствии с п.II.20 настоящего Пособия.

Давление воды на лицевые грани стен и температурные воздействия (летние относительно зимних), вызывающие реактивный отпор грунта, а также величины коэффициента постели K_x приведены на рис. 3.I. Расчет выполнен на ЭВМ по программе"КРАК."

В соответствии с п.II.I8 настоящего Пособия на каждой отметке стены горизонтальная составляющая интенсивности суммарного давления P_h не должна превышать горизонтальную составляющую интенсивности пассивного давления P_{ph}, определяемой по п.6 приложения 9 СНиП 2.06.07-87, [Л.I] : $P_h \le P_{ph}$.

Горизонтальная P_{ph} и вертикальная составляющие пассивного давления грунта на единицу высоты стены определяются по формулам:

$$P_{ph}=\rho_y \lambda_{ph\varphi}+\frac{c}{tg\,\varphi}(\lambda_{phc}-1)\,, \qquad 7\ (19)$$

$$P_{pv}=P_{ph}\,tg(\varepsilon+\varphi_s)\,, \qquad 8\ (20)$$

где ρ_y, φ и C те же, что и в формулах I(I),2(2);

ε – угол наклона расчетной плоскости к вертикали, принимаемый со знаком минус при наклоне от грунта;

$\lambda_{ph\varphi}$, λ_{phc} – коэффициенты горизонтальной составляющей пассивного давления грунта; при C=0 член, содержащий λ_{phc}, становится равным нулю; $\lambda_{ph\varphi}$ при горизонтальной поверхности грунта, как в данном случае, можно определить с учетом криволинейной поверхности выпора по табл.I приложения 9 СНиП 2.06.07-87. Значения P_{ph} приведены для сравнения с величиной P_h на рис. 3.I.

7) Температурные воздействия определяются для среднего по температурным условиям года. Расчет выполняется на ЭВМ ЕС-I033 по программе БКТ-ЕС, разработанной во ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева для расчета нестационарного температурного режима бетонных сооружений. Результаты расчета представлены на рис. 3.I в виде эпюр

расчетных средних t_d и перепадов Δt_d температур.

8) Нагрузки от навала судна на стены камеры и от натяжения швартовов определяются в соответствии с приложением 10 СНиП 2.06.07-87, разделом 4 СНиП 2.06-04-82* [Л.3] . Учет их в рамках плоской задачи не правомерен, поэтому отдельно решается пространственная задача для всей секции (см. ниже п.3.5 данного Приложения).

3.3. Расчетные случаи

Рассмотренные расчетные случаи приведены в таблице I. Там же указаны нагрузки и воздействия, действующие в каждом расчетном случае.

В каждом расчетном случае, кроме ремонтного, расчет выполнялся в два этапа. На первом этапе прикладывались только нагрузки, вызывающие перемещение стен на грунт (давление воды на лицевые грани, воздействие летней или среднегодовой температуры относительно зимней), и определялось реактивное давление R_w при коэффициенте постели $K_x \neq 0$. На втором этапе расчет выполнялся при $K_x = 0$ и действии всех нагрузок данного расчетного случая (собственный вес, активное и определенное на первом этапе реактивное давление грунта, давление воды и т.д.).

3.4. Результаты расчета

На рис. 3.3 и 3.4 приведены результаты расчета камеры в эксплуатационных случаях I и IIа. Результаты расчета по остальным расчетным случаям, перечисленным в табл.I, не приводятся.

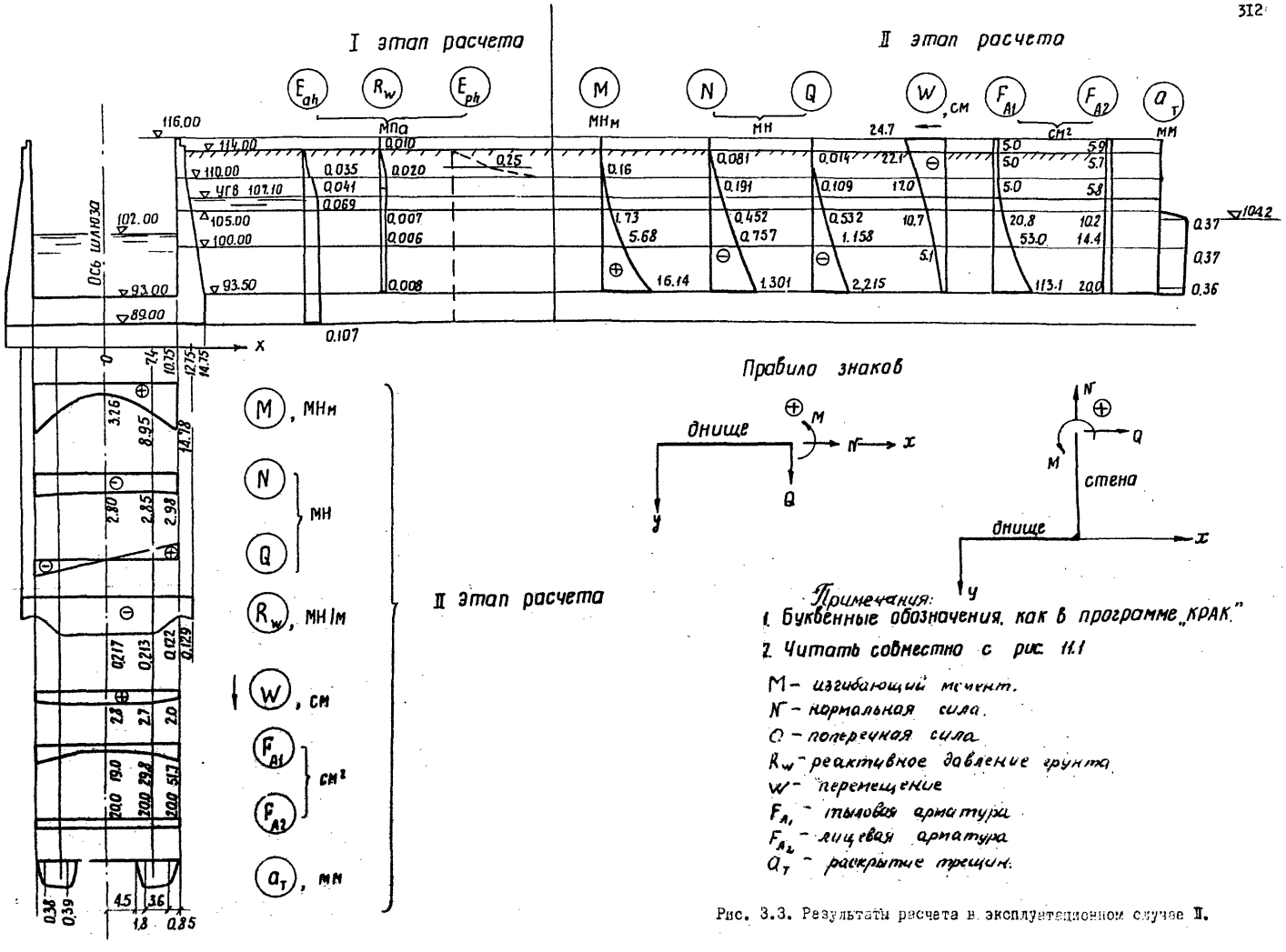
На лицевых гранях стен и верхней грани днища армирование по расчету не требуется, устанавливается только конструктивная арматура.

Определяющим для армирования тыловой грани стены в пределах нижних 2/3 ее высоты и нижней грани днища является эксплуатационный случай I, а в пределах верхней 1/3 высоты стены - эксплуатационный случай IIб.

Реакция грунта основания не превышает допустимых значений расчетного сопротивления грунта, определяемого по формуле (7) СНиП 2.02.01-83 [Л.19] .

3.5. Расчет камеры шлюза на судовые нагрузки по программе ЛИРА

Программа ЛИРА разработана в НИИАСС Госстроя УССР для балок-

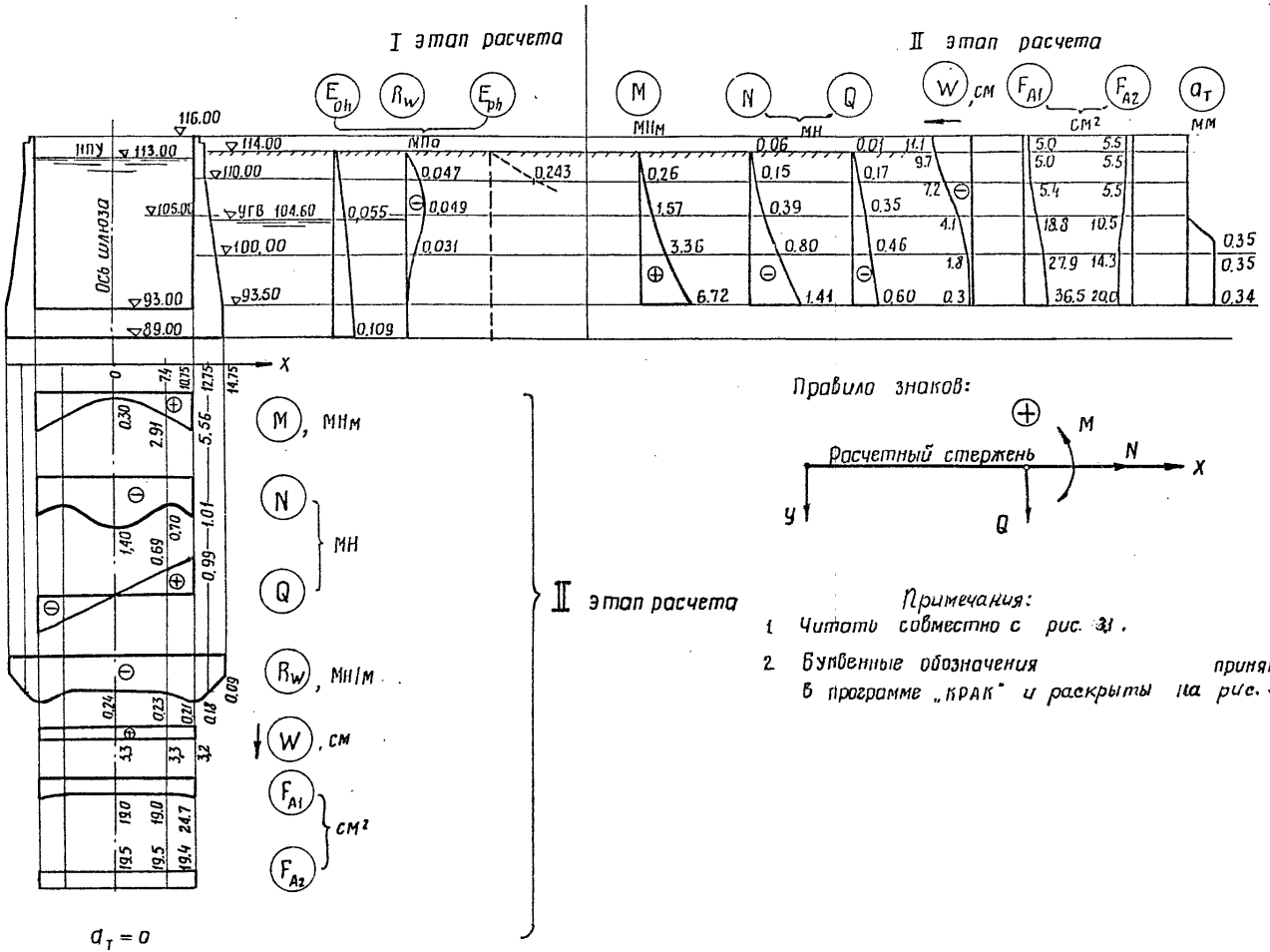


Примечания:

1. Буквенные обозначения, как в программе „КРАК"
2. Читать совместно с рис. 11.1

M – изгибающий момент.
N – нормальная сила.
Q – поперечная сила.
R_w – реактивное давление грунта.
W – перемещение.
F_{A_1} – тыловая арматура.
F_{A_2} – лицевая арматура.
a_T – раскрытие трещин.

Рис. 3.3. Результаты расчета в эксплуатационном случае II.



Правило знаков:

Примечания:

1. Читать совместно с рис. 3.1.
2. Буквенные обозначения приняты, как в программе „КРАК" и раскрыты на рис. 3.3.

Таблица I

Расчетные случаи и действующие в них нагрузки

№ пп	Расчетные случаи	Отметки уровней, м				Учет дополнительного реактивного давления грунта E_2		Время сезона для учета температурных напряжений в конструкции	Пригрузка			Вид бокового давления грунта E_I	Коэффициент надежности по нагрузкам γ_f к величине E_I
		воды в камере	воды в засыпке	верха засыпки	верха стены	От гидростатического давления в камере	От температурных воздействий t_d и Δt_d		от крана q_3	на засыпку: на поверхность засыпки q_2	на основание q_4		
I	Эксплуатац. Iа	I02,0	I07,I	II4,0	II6,0	да	да	лето	да	да	да	активное	I,2
2	Эксплуатац. Iа	II3,0	I04,6	II4,0	II6,0	да	половина	начало навигации	нет	нет	да	активное	0,8
3	Эксплуатац. Iб	II3,0	I04,6	II4,0	II6,0	да	да	лето	да	да	да	активное	I,2
4	Ремонтный	-	I04,0	II4,0	II6,0	нет	нет	зима	нет	нет	да	активное	I,2
5	Аварийно-ремонтный	-	I04,0	II4,0	II6,0	нет	да	лето	да	да	да	активное	I,2
6	Строительный	-	I06,0	II3,0	II6,0	нет	да	лето	нет	да	да	активное	I,2

Примечание: I коэффициент надежности по нагрузкам $\gamma_f \neq I$, так как использованы нормативные параметры прочности грунта засыпки

2. Расчетный случай Iб может определять армирование тыловой грани стены на верхних отметках.

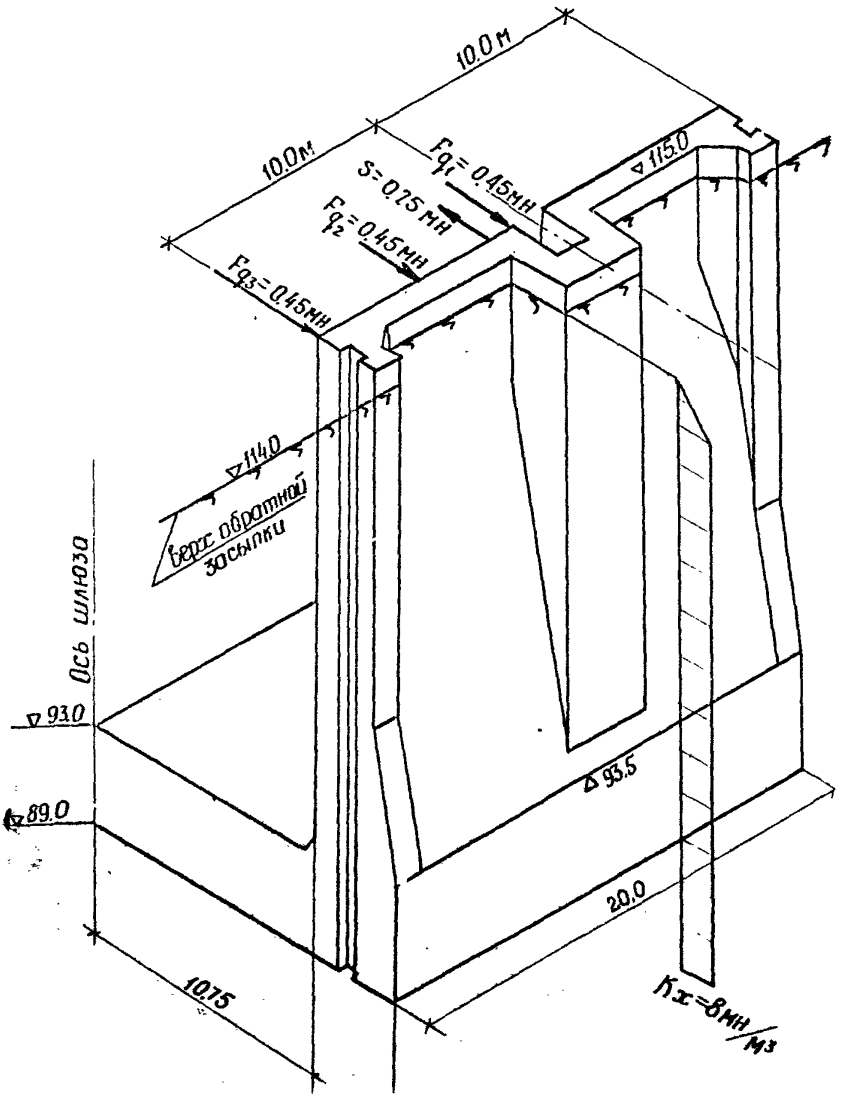


Рис.3.5. Схема секции камеры для пространственного расчета.

-стенок на ЭВМ ЕС1033. Рассмотрена целиком секция с учетом утолщений стены для устройства рымных пазов (рис.3.5). Грунты засыпки и основания аппроксимированы по схеме Винклера. Поочередно рассмотрены нагружения: навалы судна усилием 0,45 МН посредине секции, на I/4 ее длины и на краю, а также швартовое усилие 0,25 МН посредине секции. Усилия, полученные от судовых нагрузок, должны быть просуммированы с усилиями, вычисленными от остальных нагрузок по программе "КРАК".

Приложение 4

Пример расчета устойчивости голов шлюза

4.I. Дан пример расчета общей устойчивости верхней головы (рис.4.I), который выполнен в соответствии с п.п.II.6;II.7 настоящего Пособия по первой группе предельных состояний и согласно раздела 3 СНиП 2.02.02-85 [Л.4] сводится к проверке выполнения условия.

$$\gamma_{lc} \cdot F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} R \quad , \qquad I$$

где F - расчетная сдвигающая сила,

R - расчетное значение предельного сопротивления (удерживающей силы);

обозначения и значения γ_{lc} и γ_n см. в п.II.8 настоящего Пособия, γ_c - коэффициент условий работы, принимаемый равным I,0 по таблице 5 СНиП 2.02.02-85 как для железобетонного сооружения на нескальном основании.

Значения F и R зависят от схемы сдвига, которая определяется видом грунта основания и напряжениями под подошвой сооружения. В данном случае при залегании в основании твердых глин расчет должен производиться по схеме плоского сдвига, так как выполняется условие.

$$N_б = \frac{\sigma_{max}}{b \gamma_I} \leq N_0 \quad , \qquad 2$$

где $N_б$ - число моделирования;

σ_{max} =0,5I МПа - максимальное нормальное напряжение в угловой точке под подошвой сооружения (с низовой стороны);

b = 33,9 м - размер стороны прямоугольной подошвы сооружения, параллельной сдвигающей силе (здесь - длина головы);

Верхняя голова, разрез 1-1

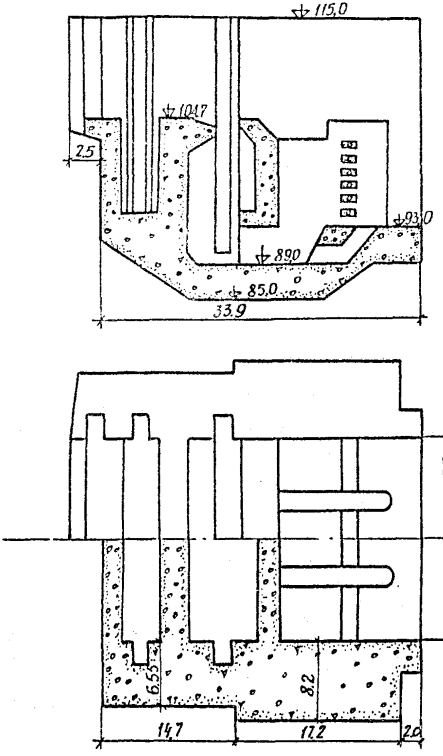


Рис.4.I. Верхняя голова. Планы, разрез.

γ_I =0,0116 МН/м^3 - удельный вес грунта основания с учетом взвешивания;

N_a - безразмерное число, принимаемое равным 3,0 для всех грунтов, кроме плотных песков, для которых N_a=1,0.

Согласно п.3.7. СНиП 2.02.02-85 входящие в условие (1) $R = R_{pl}$ и F следует определять по формулам:

$$R_{pl} = P\,tg\varphi_I + \gamma_c' E_{p,tw} + A_g c_I + R_g \quad ; \qquad 3$$

$$F = T_{hw} + E_{a,hw} - T_{tw} \quad , \qquad 4$$

где R_{pl} - расчетное значение предельного сопротивления при плоском сдвиге;

P - сумма вертикальных составляющих расчетных нагрузок, включая противодавление;

$tg\varphi_I$ и c_I - характеристики грунта по расчетной поверхности сдвига, определяемые по указаниям раздела 2 СНиП 2.02.02-85, здесь $tg\varphi_I$=0,42, c_I= 0,02 МПа;

γ_c' - коэффициент условий работы, учитывающий зависимость реактивного давления грунта с низовой стороны сооружения от горизонтального смещения сооружения при потере им устойчивости; при отсутствии опытных данных принимается равным 0,7;

$E_{p,tw}$; $E_{a,hw}$ соответственно расчетные значения горизонтальных составляющих силы пассивного давления грунта с низовой стороны сооружения и активного давления грунта с верховой стороны, определяемые по приложению 9 СНиП 2.06.07-87;

A_g - площадь горизонтальной проекции подошвы сооружения, в пределах которой учитывается сцепление;

R_g - горизонтальная составляющая силы сопротивления свай, анкеров и т.п., в данном случае равна нулю;

F - расчетное значение сдвигающей силы;

T_{hw}, T_{tw} - суммы горизонтальных составляющих расчетных значений активных сил (давление воды), действующих соответственно со стороны верховой и низовой граней головы, за исключением активного давления грунта.

4.2. Напряжения в основании головы определяются по формуле внецентренного сжатия.

Результаты расчета вертикальных и горизонтальных нагрузок и моментов относительно нейтральной оси приведены в таблице 1, а расчет устойчивости по формулам (3 и 4)-в таблице 2, из которой следует, что условие устойчивости соблюдается для обоих расчетных случаев. Ремонтный случай дает наименьший избыток устойчивости - 8%.

Таблица I

Нагрузки для расчета устойчивости верхней головы

№№ пп	Наименование	Обозначение	Нагрузки, МН		Моменты М, МНм	
			Ремонт. случай	Экспл. случай II	Ремонт. случай	Экспл. случай II
	Вертикальные нагрузки					
I	Собственный вес бетона	P_I		273,9		-589,7
2	Вес мехоборудования	P_2		30,2		-253,I
3	Вес грунта в расчетном объеме головы	P_3		39,9		-76,0
4	Вес воды -"-	P_4	7,09	34,5	-87,2	-76,8
5	Противодавление	U_{tot}	-I60,3	-I73,2	I28,7	I05,9
6	Вертикальная составляющая активного давления грунта	E_{av_1}		6,83		-I03,7
Всего вертикальных нагрузок		P	I97,6	2I2,2	-96I,0	-993,4
	Горизонтальные нагрузки					
	Верховая грань.					
I	Гориз. составляющая активного давления грунта	$E_{a/hw}$		36,4		3I9,6
2	Давление воды	T_{hw}	93,4	96,2	902,7	9I8,6
	Низовая грань.					
3	Пассивное давление грунта.	E_{pt_w}	-37,2	-35,3	-34I,6	-3I9,3
4	Давление воды	T_{tw}	-32,0	-50,7	-245,I	-377,6
	ΣM_y от горизонт. нагрузок				635,6	54I,2
	Всего ΣM_y				-345,5	-452,I

Расчет нагрузок выполнен для половины головы.

Таблица 2

Расчет устойчивости по формулам 3 и 4

Расчетный случай	P	$tg\,\varphi_I$	$P\,tg\,\varphi_I$	A_g	c_I	$A_g c_I$	$E_{p,tw}$	$R_{p\ell}$
	МН	–	МН	м^2	МПа		МН	
Ремонтный	197,6	0,40	79,04	183	0,02	3,66	37,20	119.90
Эксплуатационный II	212,2		84.88				35,30	123.84

Таблица (продолжение)

Расчетный случай	T_{hw}	$E_{a,hw}$	T_{tw}	F'	$\gamma_{\ell c}$	γ_n	γ_c	$R_{p\ell}\frac{\gamma_c}{\gamma_n}$; $\gamma_{\ell c}F'$;	$K=\frac{R_{p\ell}\frac{\gamma_c}{\gamma_n}}{\gamma_{\ell c}F'}$
	МН				–	–	–	МН	–
Ремонтный	93,4	36,4	-32,0	97,7	0,95	1,2	1,0	99.92 / 92,82	1,08
Эксплуатационный II	96,2		-50,7	81,9	1,0			103.20 / 81,9	1.26

Максимальные сжимающие напряжения под подошвой σ_{max}=0,51 МПа меньше допускаемого напряжения на грунт, определяемого по таблице 3 приложения 3 СНиП 2.02.01-83 в зависимости от пористости грунта e =0,54 и показателя консистенции.

Приложение 5

Пример расчета прочности камеры шлюза на скальном основании

В приложении 3 дан пример расчета прочности камеры шлюза на нескальном основании по программе "КРАК," которая может быть использована для расчета камер шлюза на скальном основании лишь в частном случае, если поверхность скального массива, рассматриваемого как упругая полуплоскость, совпадает с нижней гранью днища. В общем же случае поверхность котлована в скальной породе имеет сложную конфигурацию, как правило днище, а часто и часть стен бетонируются в распор с откосами скального котлована. В таких случаях расчет по программе "КРАК" невозможен.*) Поэтому в данном приложении дополнительно дается пример расчета напряженно-деформированного состояния и усилий в камере судоходного шлюза на скальном основании.

5.1. Исходные данные:

- класс бетона по прочности на сжатие В20;
- конструкционный модуль деформации с учетом раскрытия швов и образования трещин для стены принимался равным 12500 МПа, для днища - 20000 МПа;
- в основании шлюза залегают сохранные породы, перерезанные зонами тектонических нарушений;
- характеристики сохранных пород: предел прочности массива на сжатие 8 МПа, модуль деформации 8000 МПа, коэффициент Пуассона 0,25, сдвиговые параметры в массиве и по контакту бетон-скала C_I=0,2 МПа, $tg\,\varphi_I$=0,75;
- характеристики зон тектонических нарушений: предел прочности массива на сжатие 1,5 МПа, модуль деформации 750 МПа, коэффициент Пуассона 0,35, сдвиговые характеристики в массиве и по контакту бетон-скала C_I=0,1 МПа, $tg\,\varphi_I$=0,6;

---

*) кроме того, "КРАК" не учитывает нелинейность распределения напряжений по толщине, особенно в сопряжении стен с днищем, и наличие водопроводных галерей.

- обратная засыпка пазух камерных стен шлюза выполнена из аллювиального гравийно-галечного грунта с характеристиками:

- удельный вес в уплотненном состоянии 20,0 кН/м^3, удельный вес с учетом взвешивания 12,9 кН/м^3, коэффициент Пуассона 0,27, нормативный угол внутреннего трения грунта в воздушно сухом состоянии 37^0, то же в увлажненном состоянии 35^0, угол трения между стеной и засыпкой $\varphi/2$, сцепление 0,0 МПа, модуль деформации засыпки увеличивается по линейному закону от 0,0 МПа на поверхности до 30 МПа на глубине 2 м и до 60 МПа на отм. 208,2 м;

- поверхность обратной засыпки в первой серии расчетов принималась на отм. 239,2 м, во второй серии - на отм. 242,0 м;

- нормальный подпорный уровень находится на отм. 240,0 м, уровень грунтовых вод за стенами камеры - на отм. 217,0 м;

- сезонные колебания температуры наружного воздуха представлялись в виде годовой гармоники среднемесячных температур с амплитудой 24^{0}С; теплофизические характеристики бетона принимались по табл.1 приложения 2 СНиП 2.06.08-87. [Л.6].

5.2. Методика расчетов

Расчеты выполнены по программе НИСа Гидропроекта БОЛИД 4 [Л.93], которая написана на языке АЛГОЛ-60 и АВТОКОДЕ системы программирования БЭСМ-АЛГОЛ для ЭВМ БЭСМ-6 и предназначена для решения методом конечных элементов плоских трансверсально изотропных задач теории упругости применительно к расчету сооружений из анизотропных материалов на статические и температурные воздействия. Программой предусмотрена возможность задавать в каждом элементе два значения модуля упругости (в направлении оси упругой симметрии и в перпендикулярном ей направлении) и значение модуля сдвига независимыми друг от друга, что позволяет решать задачи с учетом возможности раскрытия контакта бетон-скала и появления в нем зон пластичности по сдвигу. Такая задача решалась методом итераций.

Задача решена с использованием общей версии программы, согласно которой при аппроксимации расчетной области можно использовать четырехугольные элементы с четырьмя и пятью узлами, а также треугольные элементы с тремя узлами. В программе используются повторители и сокращенная запись координат узлов и описаний элементов. На основе этой программы разработан и широко используется

автоматизированный вычислительный комплекс [Л.94], включающий три последовательно выполняемые программы: СЕТЬ, ГИД, БОЛИД.

Программа СЕТЬ позволяет вычислить и записать на внешнее запоминающее устройство координаты всех узлов сетки. Исходные данные для СЕТИ включают координаты опорных узлов в вершинах укрупненных прямолинейных или криволинейных четырехугольников и описание этих четырехугольников с указанием на сколько промежуточных узлов и по какому закону (равномерно или по произвольному списку) он автоматизированно делится внутри себя.

Программа ГИД производит описание элементов, формирование нагруженных узлов, характеристик материалов для каждого элемента. Исходные данные для ГИД включают массив нагруженных линий сетки при изменении нагрузки по линейному закону или по заданному произвольному списку, массив узлов, загруженных сосредоточенными силами, и массив упругих характеристик по укрупненным однородным областям; подсчет нагрузок и распределение их по узлам, описание элементов, распределение жесткостей по всем элементам производится автоматически.

Программа БОЛИД, являющаяся ядром вычислительного коплекса, производит формирование матриц жесткости, решение системы уравнений относительно перемещений, подсчет нормальных σ_x, σ_y, касательных τ_{xy} и главных σ_1, σ_2 напряжений и углов наклона главных площадок в каждом элементе.

Имеется возможность автоматизированной отрисовки сетки конечных элементов, эпюр и изолиний напряжений, векторов главных напряжений. По программе АРМАРА, используя результаты БОЛИД, записанные на внешнем запоминающем устройстве, в заданных сечениях можно определить усилия и рассчитать количество арматуры в соответствии со СНиП 2.06.08-87. Плоская задача со сложной конфигурацией расчетной области, насчитывающей порядка 5 тыс. узлов, при 8-5 вариантах загружения может быть решена квалифицированным инженером за 8 месяца. К настоящему времени вычислительный комплекс БОЛИД продублирован на языке ФОРТРАН для ЭВМ ЕС 1060.

Для данной задачи сетка конечных элементов, аппроксимирующая днище, стену, скальное основание и обратную засыпку, приведена на рис.5.1. На нижней горизонтальной границе расчетной области принимались условия жесткой заделки, на оси камеры и боковой вертикальной границе – условия симметрии.

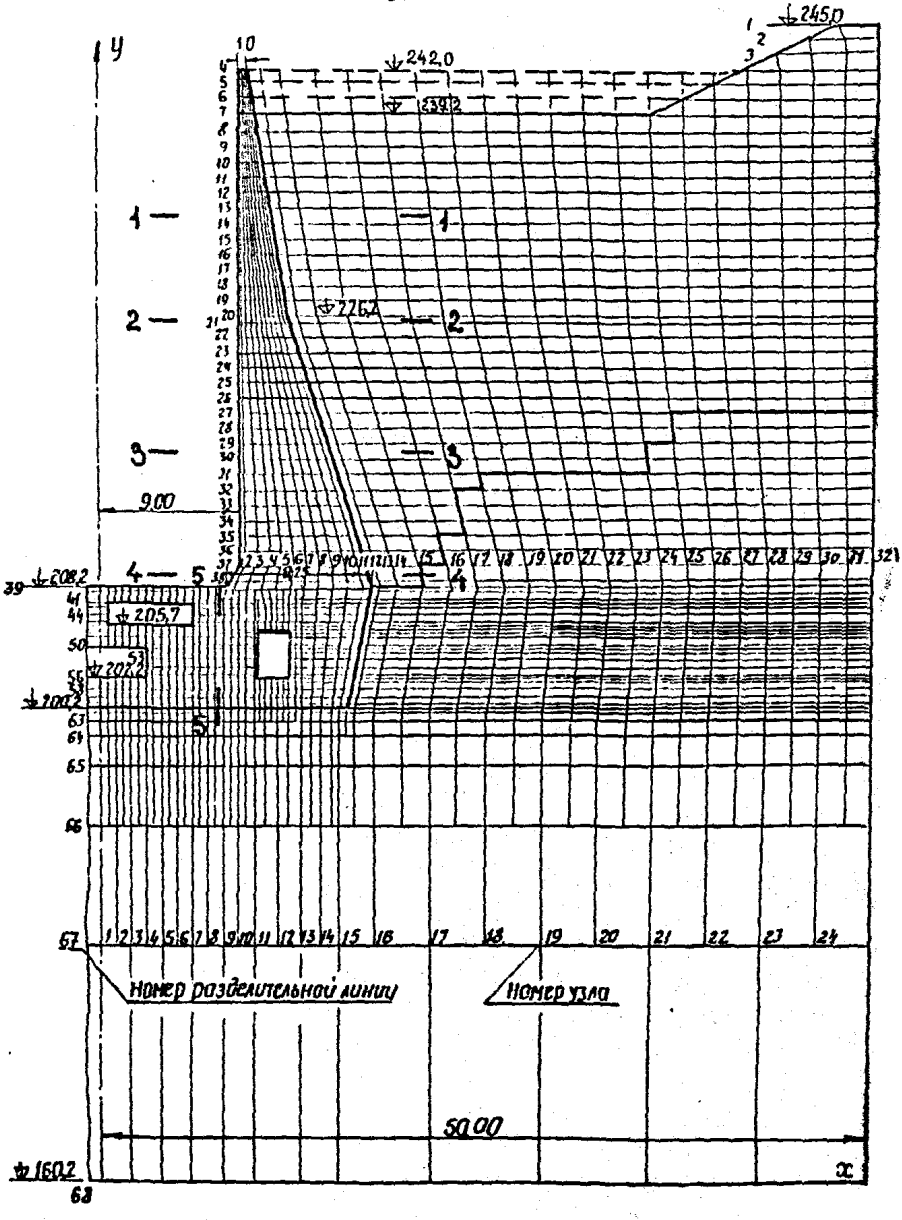


Рис.5.1. Сечение камеры с сеткой конечных элементов, аппроксимирующей днище, стену, скальное основание и обратную засыпку.

Рассмотрены четыре наиболее неблагоприятных расчетных случая:

1) камера опорожнена зимой (в январе);

2) камера опорожнена летом до минимального судоходного уровня;

3) камера наполнена водой в начале навигации (в апреле);

4) камера наполнена водой летом.

В первом случае на верхней грани днища не исключено превышение растягивающими напряжениями от зимней температуры сжимающих напряжений от давления грунта.

Второй случай определяет армирование нижней грани днища в зоне сопряжения со стеной и тыловой грани стены посредине высоты и внизу.

Третий случай может определить армирование верхней грани днища и лицевой грани низа стены.

Четвертый случай может определить армирование тыловой грани верха стены.

В соответствии с п.II.7 настоящего Пособия использована процедура, благодаря которой в рамках теории упругости учитываются основные свойства засыпки: неспособность сопротивляться растяжению, способность образования призмы обрушения в предельном состоянии и упругой работы в условиях трехмерного сжатия. В этой процедуре:

- напряженно-деформированное состояние стен и днища камеры от веса бетона, давления грунта на стены и откосы котлована, воспроизводимого как известная нагрузка, давления грунтовой воды, воздействия зимней температуры относительно среднегодовой, то есть в тех случаях, когда стены перемещаются от грунта к оси камеры, определялось при нулевых значениях модуля упругости и удельного веса засыпки;

- напряженно-деформированные состояния стен и днища от гидростатического давления внутри камеры, воздействия летней или среднегодовой температур относительно зимней, то есть в тех случаях, когда стены камеры перемещаются на грунт, определялись при действительных значениях модуля деформации засыпки и нулевым значением ее удельного веса.

В расчетах, в определенной мере, учитывалась история перемещений конструкции. Так, напряженно-деформированное состояние стен

и днища при воздействии летней температуры относительно среднегодовой определялось как сумма соответствующих состояний, определенных от воздействия зимней температуры относительно среднегодовой при нулевом значении модуля деформации засыпки и воздействия летней температуры относительно зимней при действительных значениях модуля деформации засыпки.

Сформулированная процедура в отношении значений модуля деформации засыпки в зависимости от направления перемещения стен вызвала необходимость проведения расчетов раздельно при следующих нагрузках и воздействиях:

а) вес бетона, давление грунта, подсчитанное с использованием нормативных его характеристик (γ_f =I,2), давление грунтовой воды, воздействие зимней температуры относительно среднегодовой;

б) то же, что а), но при подсчете давления грунта на стены γ_f =0,8;

в) воздействие летней температуры относительно зимней;

г) воздействие среднегодовой температуры относительно зимней;

д) и е) гидростатическое давление внутри камеры при минимальном и максимальном горизонте.

Напряженно-деформированное состояние опорожненной камеры зимой соответствовало позиции "а"; опорожненной камеры до минимального судоходного горизонта летом получили сложением позиций "а", "в" и "д"; наполненной камеры в начале навигации – сложением позиций "б", "г" и "е"; наполненной камеры летом – сложением позиций "а", "в" и "е".

Давление засыпки на стены вычислялось как активное по формулам I(I) и 2(2) приложения 3 в предположении, что грунт по всей высоте стены находится в состоянии предельного равновесия. Как показали результаты расчетов, такой подход оказался правомерным, так как перемещения стены в сторону от грунта составили на отм. 242.0 м I/300 превышения данного сечения над основанием стены, а на отм. 216,7 м (30-я разделительная линия см. рис. 5.I) I/530, что существенно больше I/2000, принимаемой за критерий образования призмы обрушения.

В расчетах учтены прочностные свойства контакта бетон-скала

при сжатии, растяжении и сдвиге. Принялось, что контакт не воспринимает растягивающие напряжения. Если в результате первой итерации имело место растяжение контакта бетон-скала, расчет повторялся при сниженных до нуля значениях модуля упругости растянутых приконтактных скальных элементов и так до полного снятия растяжения.

По всему контакту бетон-скала проверялось условие, чтобы касательные напряжения были меньше прочности контакта на сдвиг:

$$\tau \leq C_{II} + \sigma \operatorname{tg} \varphi_{II} \ , \qquad I$$

Если касательные напряжения, вычисленные при значениях модуля сдвига

$$G_1 = \frac{E}{2(1+\nu)} \ , \qquad 2$$

превышали прочность контакта на сдвиг, то расчет повторялся при уменьшенных относительно (2) значениях модуля сдвига приконтактных скальных элементов до удовлетворения условию (I).

В расчетах учитывалась значительная шероховатость (десятки см) контакта бетон-скала и то, что фактически происходит не раскрытие его, а "разуплотнение" приконтактной зоны скалы со снятием растягивающих напряжений. Если при этом разуплотнение сопровождается тангенциальными смещениями контактных поверхностей, то контакт частично воспринимает касательные напряжения. В расчетах условно принималось, что прочность контакта на сдвиг в зоне разуплотнения изменяется от $\tau = C_{II}$ в начале разуплотнения, до нуля в зоне максимального раскрытия на отм. 208,2 м Для тех зон контакта бетон-скала, где уменьшается модуль сдвига приконтактных скальных элементов относительно значений по формуле (2), будем применять термин "проскальзывание" контакта бетон-скала.

Расчеты при поверхности засыпки на отм. 239,2 м были выполнены при двух вариантах расположения зоны тектонических нарушений: в зоне оси днища и по его краям под стенами. Кроме того при более наблагоприятном, чем на оси днища, расположении зон тектонических нарушений на краях днища были выполнены расчеты при поверхности засыпки на отм. 242,0 м. Таким образом, были выполнены три серии расчетов, и в каждой серии рассмотрены четыре расчетных случаях, итого выполнено I2 вариантов расчета. Для каждого

варианта в 26 сечениях построены эпюры напряжений σ_x, σ_y и τ_{xy} и подсчитаны нормальные и поперечные силы, а также изгибающие моменты.

5.3. Результаты расчета

На рис. 5.2÷5.4 в качестве примера приведены нормальные и касательные напряжения во 2-м, практически самом неблагоприятном расчетном случае при поверхности засыпки на отм. 242,0 м и расположении зон тектонических нарушений на краях днища. В табл.1 приведены усилия в определяющих сечениях стены и днища при расположении зон тектонических нарушений на краях днища и двух отметках поверхности засыпки 239,2 и 242,0 м, а в табл.2 – перемещения стены.

Кроме основной серии расчетов, для оценки возможной их погрешности из-за неточности задания жесткости стены и днища были проведены методические расчеты для 2 и 3-го расчетных случаев, в которых значения конструкционного модуля деформации для стены и днища принимались равными соответственно 20000 и 25000 МПа, вместо 12500 и 20000 МПа в основной серии.

Выполненные основные и методические расчеты позволили сделать следующие выводы:

1. Каждый из 4-х рассмотренных расчетных случаев определяет армирование различных зон стен и днища камеры шлюза;

– 1-й расчетный случай – поверхности полов водопроводных галерей;

– 2-й расчетный случай – тыловых граней стен (за исключением верхней четверти) и нижних граней днища;

– 3-й расчетный случай – верхней грани днища;

– 4-й расчетный случай – тыловой грани стен на верхних отметках.

2. Расположение зон тектонических нарушений практически не влияет на напряжения в стенах, тогда как в днище растягивающие напряжения в большинстве случаев (на верхней грани в 3-м расчетном случае, на нижней грани под стеной во 2-м случае, на поверхности пола водопроводных галерей в 1-м расчетном случае) больше при расположении зон тектонических нарушений на краях днища, чем на его оси, и лишь в одном случае меньше (на нижней грани в зоне оси камеры во 2-м расчетном случае).

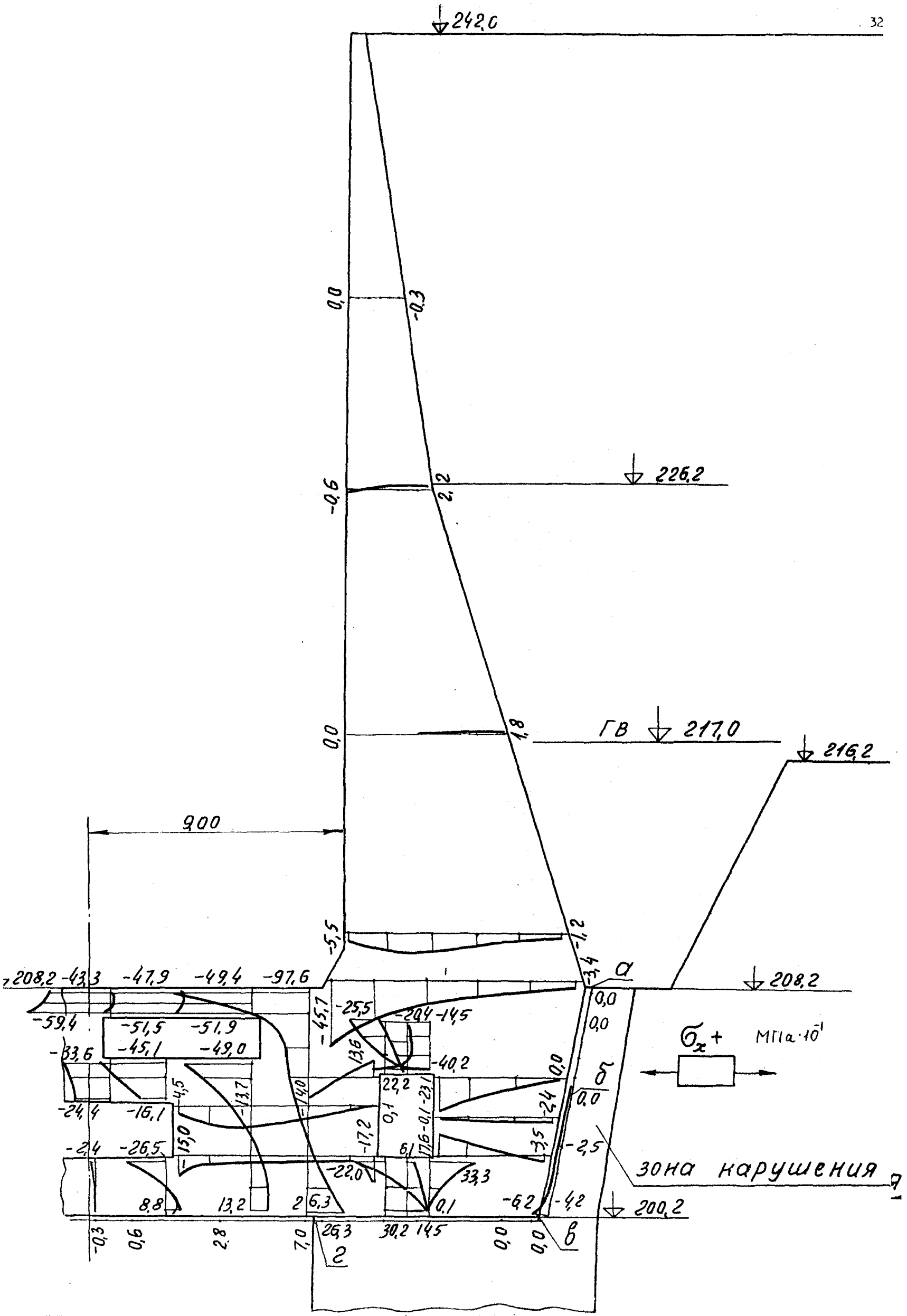


Рис.5.2. Напряжения σ_x при опорожнении камеры летом. Контакт бетон-скала раздвинут на участках а-б и в-г.

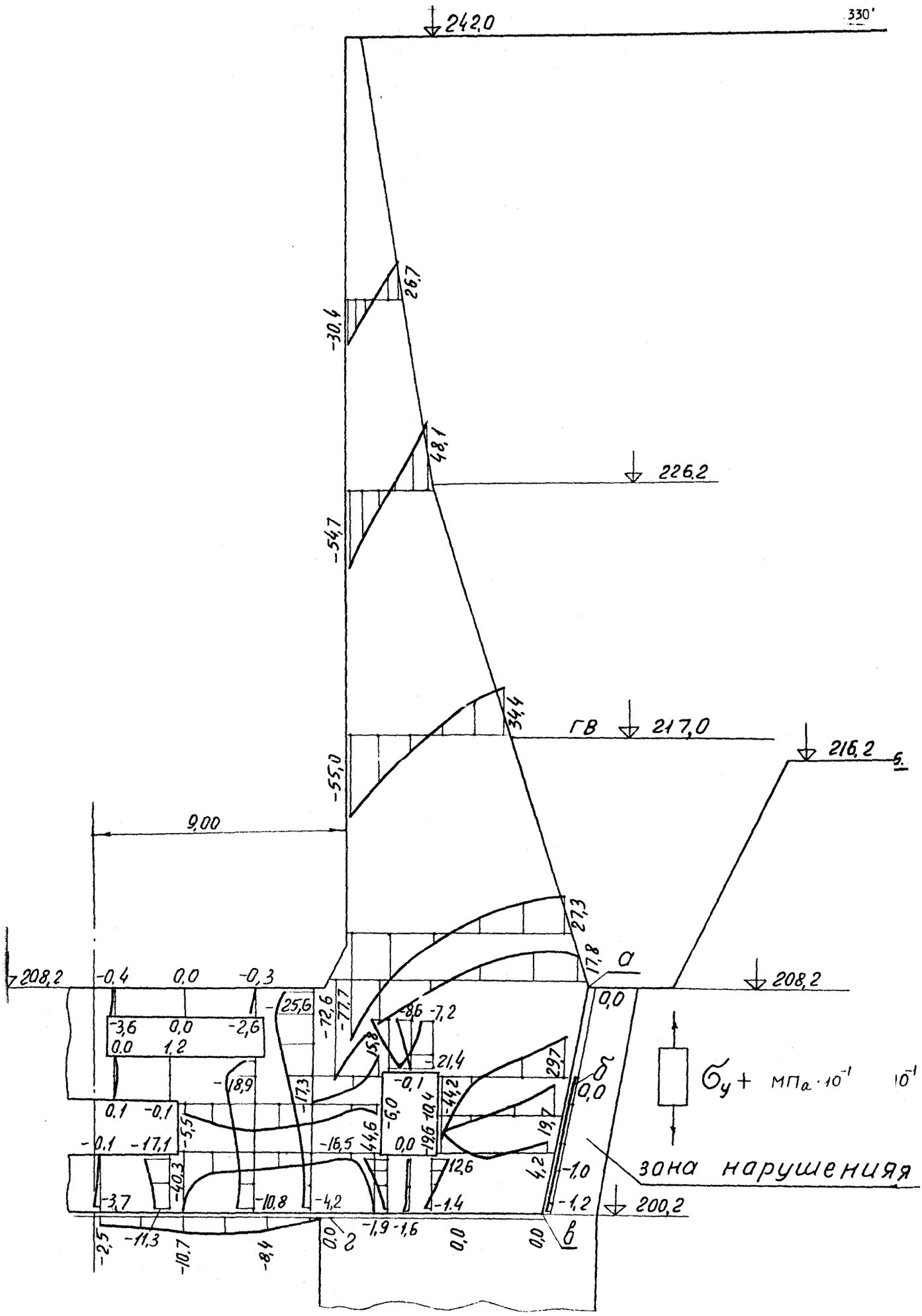


Рис.5.3. Напряжения σ_y при опорожнении камеры летом. Контакт бетон-скала раздвинут на участках а-б и в-г.

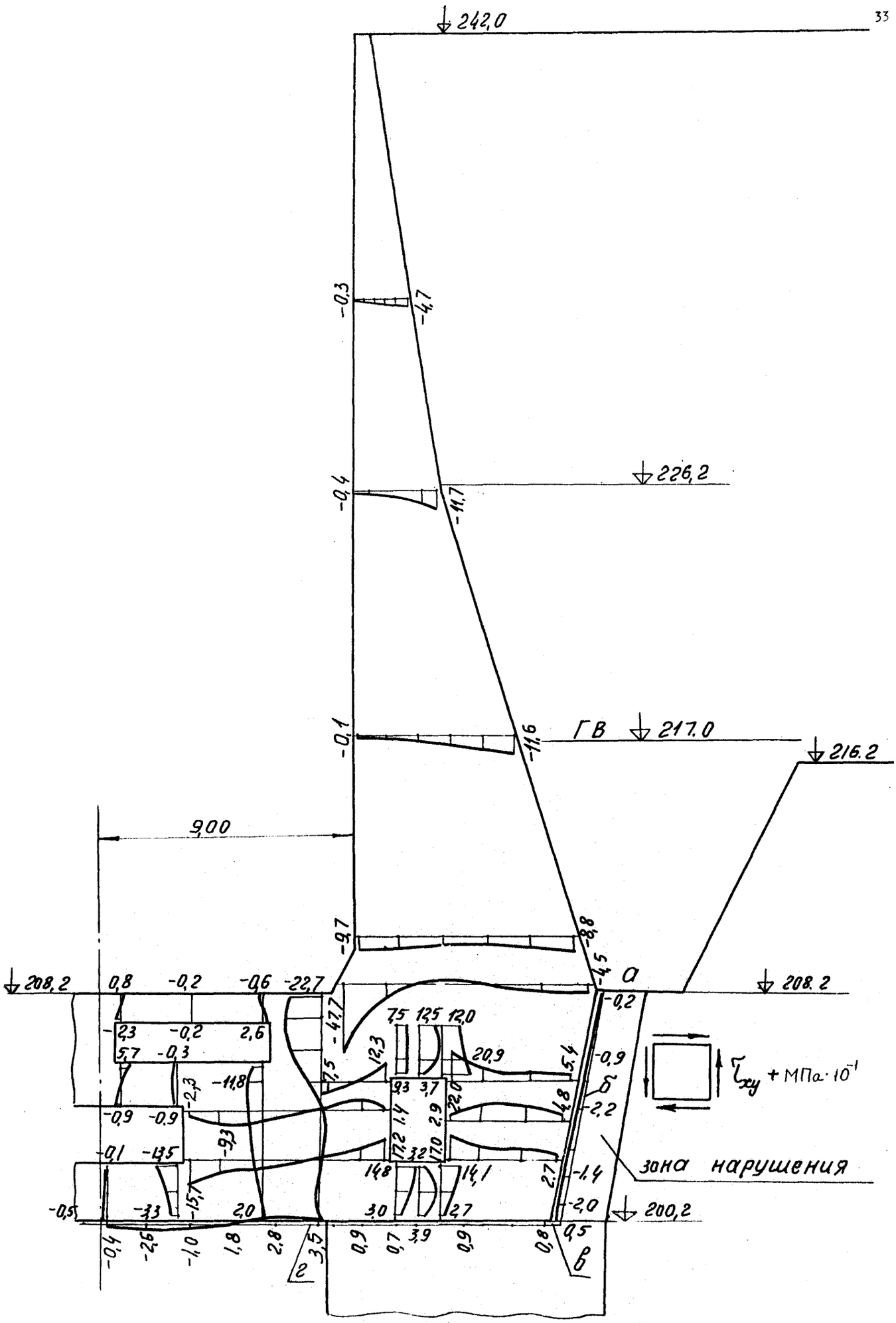


Рис.5.4. Напряжения τ_{xy} при опорожнении камеры летом. Контакт бетон-скала проскальзывает на участках а-б и в-г.

Таблица I

Усилия в сечениях стены и днища при расположении зоны тектонических нарушений на краю днища

№№ сечений (см. рис.) 5.I	Расчетный случай	При отметке поверхности засыпки 239,2 м			При отметке поверхности засыпки 242,0 м		
		Изгиб. момент кН.м	Поперечн. сила. кН	Нормальная сила кН	Изгиб. момент кН.м.	Поперечн. сила кН	Нормальная сила кН
I	I	-I72	-I35	-337	-6I3	-275	-405
	2	-II49	-390	-3I0	-I942	-553	-385
	3	-856	-225	-242	-I638	-346	-302
	4	-I40I	-397	-252	-2596	-573	-339
2	I	-2356	-553	-94I	-4246	-802	-I033
	2	-575I	-I004	-870	-8I63	-I273	-980
	3	-2347	-88	-667	-4235	-279	-788
	4	-4829	-497	-763	-7607	-78I	-952
3	I	-II475	-I657	-2598	-I6I22	-2074	-2765
	2	-20277	-2348	-2404	-25588	-2776	-2582
	3	-2884	478	-I882	-5853	-I86	-2070
	4	-II054	-4I9	-2I79	-I5963	-I228	-2472
4	I	-32575	-3670	-5322	-4I566	-4352	-5638
	2	-49361	-48I7	-4948	-58435	-5482	-5255
	3	3773	992	-4I32	-3262	566	-4444
	4	-I5470	-804	-48I8	-25550	-I450	-5286
5	I	-I7692	-6008	-5I62	-25I28	-6558	-6452
	2	-57359	-56I0	-84I4	-43547	-8I48	-9305
	3	-5452	-I430	-990	2692	-2090	-I588
	4	-8302	-2430	-4330	-I4890	-3390	-5I60

Примечания: I. Знаки моментов: плюс - растяжение лицевых волокон.
2. Знаки нормальных и поперечных сил совпадают с соответствующими им нормальными и касательными напряжениями.

Таблица 2

Перемещения стены при расположении зоны тектонических нарушений на краю днища

№ разделительных линий см. на рис.5.I	Расчетные случаи	Грань стены	Перемещения в см при отметках поверхности засыпки 239,2 м		240,0 м	
			горизонт.	вертик.	горизонт.	вертик.
4	I	лицевая	-9,00	-I,57	-II,42	-I,78
		тыловая	-9,0I	-I,38	-II,43	-I,5I
	2	лицевая	-4,50	-0,28	-7,42	-0,58
		тыловая	-4,49	-0,I7	-7,40	-0,38
	3	лицевая	-I,27	-0,54	-3,55	-0,8I
		тыловая	-I,27	-0,48	-3,65	-0,65
2I	I	лицевая	-3,20	-I,07	-3,84	-I,20
		тыловая	-3,24	-0,24	-3,88	-0,I8
	2	лицевая	-I,38	-0,50	-2,00	-0,68
		тыловая	-I,33	-0,09	-I,95	-0,06
	3	лицевая	0,I8	-0,4I	-0,22	-0,55
		тыловая	0,I8	-0,36	-0,22	-0,35
39	•I	лицевая	-0,3I	-0,35	-0,35	-0,36
		тыловая	-0,4I	0,28	-0,47	0,39
	2	лицевая	0,03	-0,29	-0,05	-0,32
		тыловая	-0,02	-0,II	-0,06	-0,03
	3	лицевая	0,04	-0,30	0,03	-0,34
		тыловая	0,03	-0,40	0,02	-0,39

Примечания: I. Положительные горизонтальные перемещения направлены к грунту.
2. Положительные вертикальные перемещения направлены вверх.

3. С точки зрения экономичности конструкции камеры целесообразна засыпка стен камеры до отм. 239,2 м – минимальной отметки, при которой отсутствуют растягивающие напряжения на лицевой грани стены; дополнительная засыпка стен до отм. 242,0 м приводит к увеличению сжимающих напряжений на лицевой грани стен и днища (например в их сопряжении от 8,6 до 9,8 МПа) и растягивающих с тыловой, а также изгибающих моментов, особенно на верхних отметках стен (почти в два раза).

4. В зонах сопряжения лицевых граней стен с верхней гранью днища (где имеют место концентрации сжимающих напряжений) должен быть уложен бетон класса В30 по прочности на сжатие с обеспечением высокого качества уплотнения бетонной смеси.

5. Контакт днища со скалой в 3-м и 4-м расчетных случаях по всей длине монолитен (сжат и не проскальзывает), в I-м расчетном случае на участке а-б-в-г (см. рис. 5.2) разуплотнен и проскальзывает, а во 2-м на участках а-б и в-г разуплотнен и проскальзывает, на участке б-в монолитен.

6. При разработке скального котлована должны быть приняты меры по недопущению образования трещин бортового отпора в зоне скальных откосов и обеспечению хорошего сопряжения бетона со скалой.

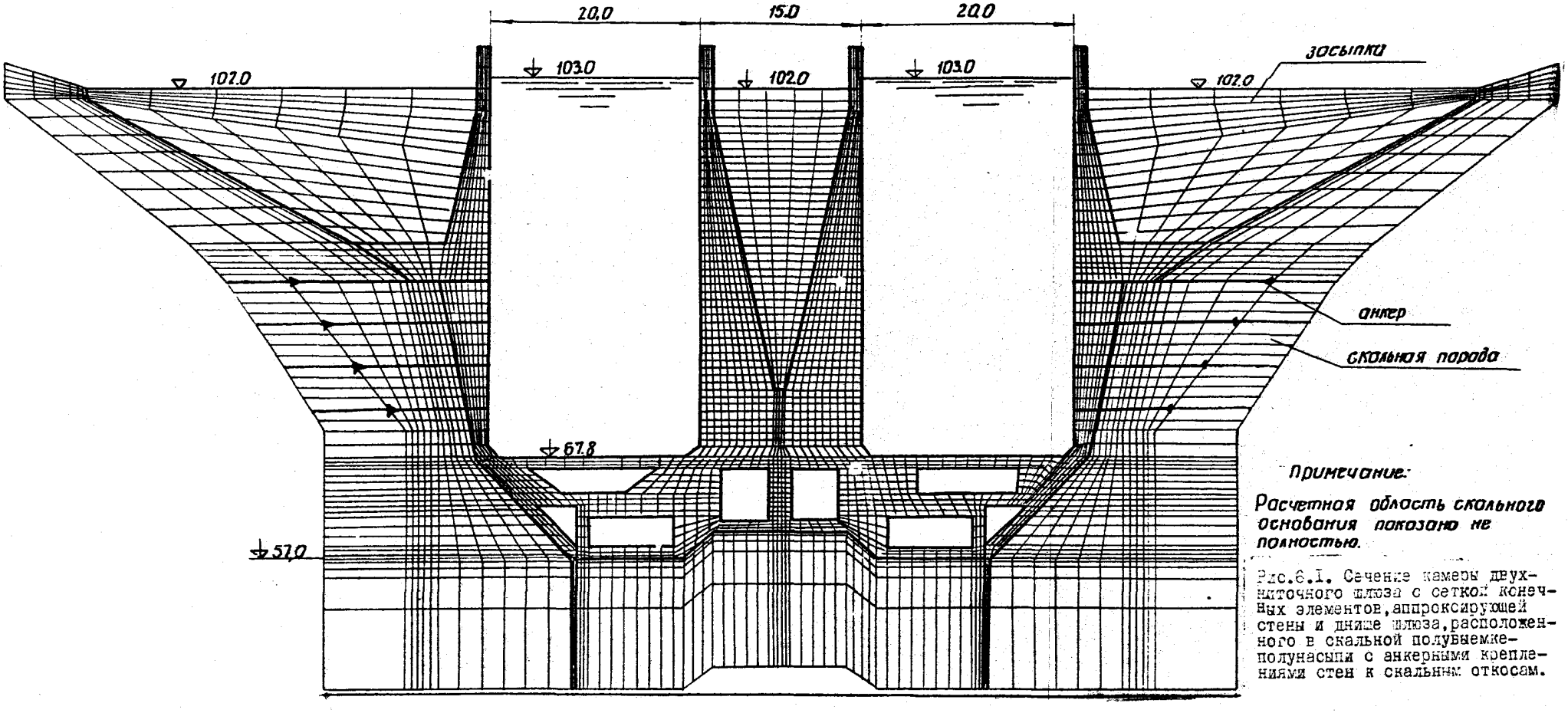
7. Величины перемещений стен в случае опорожненной камеры зимой (см. табл.2) свидетельствуют о предельном состоянии засыпки и правомерности определения ее давления как активного.

8. Изменение конструкционного модуля деформации стены в широком диапазоне от I2500 до 20000 МПа привело не к столь существенному изменению величин отпора засыпки и изгибающих моментов, например во 2-м расчетном случае в сечениях I, 2, 3 и 4 всего лишь на 20, I3, 8 и 5% соответственно; то-есть небольшие неточности в величине конструкционного модуля деформации стены практически на результат не влияют.

Приложение 6

Пример расчета камеры двухниточного шлюза в скальной полувыемке-полунасыпи

На рис. 6.I приведена сетка конечных элементов, аппроксимирующая стены и днище камеры двухниточного шлюза, расположенного в скальной полувыемке-полунасыпи с анкерным креплением стен к



Примечание:

Расчетная область скального основания показана не полностью.

Рис.6.1. Сечение камеры двухниточного шлюза с сеткой конечных элементов, аппроксимирующей стены и днище шлюза, расположенного в скальной полувнемке-полунасыпи с анкерными креплениями стен к скальным откосам.

скальным откосам. Скальная выемка разрабатывается послойно с анкерным креплением откосов по мере углубления котлована, что позволяет выполнить их достаточно крутыми. Стены камеры крепятся к анкерам, благодаря чему горизонтальный размер разгрузочных плит сравнительно невелик.

Для двухниточного шлюза обязательно должен быть рассмотрен расчетный случай, когда одна камера наполнена, другая опорожнена до минимального судоходного горизонта или полностью в аварийно-ремонтном случае, так как при этом стена опорожненной камеры, примыкающей к межшлюзью, дополнительно к активному давлению грунта (или давлению покоя) загружается давлением грунта, возникающим при навале стены наполненной камеры на грунт межшлюзья.

Рассмотрены следующие расчетные случаи:

I) Обе камеры опорожнены; прикладываются нагрузки собственного веса, давления грунтовой воды и давления грунта на тыловые *грани стен, верхние грани разгрузочных плит и скальные откосы* котлована, а также учитывается воздействие летней температуры относительно среднегодовой. Напряженно-деформированное состояние в этом случае определено сложением напряжений $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ по двум расчетам: первого - от воздействия летней температуры относительно зимней при $E_{зас} \neq 0$ и второго - от вышеперечисленных статических нагрузок и воздействия зимней температуры относительно среднегодовой при $E_{зас} = 0$ причем в обоих расчетах засыпка невесома. Согласно суммы расчетов, выполненных для сплошной среды, на контакте стен со скальными откосами возникают растягивающие напряжения. Расчеты были повторены с учетом разуплотнения контакта с передачей растягивающих усилий на анкера. В результате расчета получены величины усилий в анкерах. Этот случай определяет армирование тыловых граней стен в пределах засыпки, верхних граней разгрузочных плит и количество анкеров.

2) Обе камеры наполнены. Напряжения σ_x, σ_y и τ_{xy} определяются сложением результатов двух расчетов: первого - от давления воды внутри камер и водопроводных галерей и от сезонной температуры (летней или среднегодовой относительно зимней) при $E_{зас} \neq 0$ и остальных статических воздействий и зимней температуры относительно среднегодовой при $E_{зас} = 0$; оба расчета выполнены при монолитном контакте бетон-скала, так как в суммарном напряженном состоянии он повсюду сжат и не проскальзывает. Этот случай определяет армирование днища и тыловых граней стен на верхних отметках.

3) Одна камера наполнена, другая опорожнена.

Складываются напряжения из двух расчетов: первого - от давления воды в одной из камер и в соответствующих водопроводных галереях при $E_{зас} \neq 0$ и второго - от остальных нагрузок при $E_{зас} = 0$.

Во всех расчетных случаях учитываются рекомендации СНиП 2.06.01-86 в отношении величин коэффициентов надежности по давлению грунта (1,2, когда нагружение невыгодно и 0,8 - когда выгодно) или в отношении использования расчетных характеристик C_I и $tg\,\varphi_I$, соответствующих нижней границе доверительного интервала, когда загружение не-выгодно, и верхней границе, когда оно выгодно.

Приложение 7

Определение дополнительного реактивного давления грунта обратных засыпок на камерные стены

7.1. Реактивное давление грунта обратных засыпок на стены камер судоходных шлюзов (СНиП 2.06.07-87 п.5.4; 5.7; прилжение 9) вызывается их прогибами в сторону засыпки при температурных воздействиях в случае опорожненной камеры или при наполнении камеры от дополнительного гидростатического давления воды. Если в первом случае реактивное давление ухудшает статическую работу конструкции, складываясь с основным давлением грунта, то во втором случае расчетная нагрузка на камерные стены, как правило, уменьшается.

Величина реактивного давления зависит от интенсивности температурных или силовых воздействий, жесткости конструкции камеры (горизонтальные перемещения), и обратной засыпки, выполняемой обычно из несвязных песчаных грунтов (деформационные характеристики в горизонтальном направлении).

7.2. Температурный перепад на камерной стене при нормальных условиях следует принимать равным разности среднемесячной температуры наружного воздуха в наиболее жаркий месяц года (обычно июль) $t_{m,max}$ по [86] для района расположения шлюза и $t = 0$ (в весенний период после оттаивания засыпки при ее замораживании).

В особых условиях температурный перепад на стене может приниматься по [86] как разность между среднемесячной температурой самого жаркого за многолетние месяца и среднемноголетней температурой воздуха в районе строительства, до которой может охладиться верхняя часть его засыпки.

При наличии в верхнем бьефе шлюза водохранилища сезонного или многолетнего регулирования или реки с пониженной летней температурой воды допускается вводить по проектным данным или по пятилетним сборникам водного кадастра в значение $t_{m,max}$ поправочный коэффициент, изменяющийся в пределах от 0,7 до 1,0.

7.3. Свободный (без учета реакции засыпки) горизонтальный

прогиб камерной стены как консоли трапецеидального профиля при постоянном температурном перепаде по ее высоте Δt_u равен [71, 80].

$$U_y = \frac{\alpha \Delta t_u}{a^2}\left[a(H-y) - (b_1 + a\cdot y)\ln\frac{b_2}{(b_1+ay)}\right], \quad (1)$$

где α – коэффициент линейного расширения бетона, принимаемый равным $\alpha = 1 \cdot 10^{-5}$,

b_1 и b_2 – ширина стены по верху и по низу;

a – коэффициент уширения стены высотой Н,

$$a = \frac{b_2 - b_1}{H};$$

y – глубина расчетного сечения от верха стены.

Дополнительный свободный прогиб консольной стены от поворота сечения ее заделки в днище $l_в$ при температурном воздействии на угол θ равен

$$U_{y,в} = tg\,\theta\,(H-y), \quad (2)$$

где $$\theta = \frac{\alpha \Delta t_u}{l_в}(l_в - 2b_2);$$

7.4. Деформативность песчаной обратной засыпки в расчетном отношении удобнее и проще всего оценивать коэффициентом горизонтальной сопротивляемости ее (коэффициентом постели, отпора грунта) К, мн/м^3, который линейно возрастает в верхней части засыпки и достигает некоторой постоянной величины на глубине 2 – 5 м.

При определении температурного реактивного давления засыпки на глубине у в случае опорожненной камеры рекомендуется принимать (рис.71)

$$ку = 4\,у \leqslant 20 \text{ мн/м}^3$$

При расчете реактивного давления грунта в эксплуатационном случае наполненной камеры рекомендуется принимать самые низкие значения коэффициента податливости засыпки порядка К = 1–2 мн/м^3, или совсем его не учитывать (К=0).

7.5. Реактивное давление обратной засыпки на камерную стену на глубине y будет всегда меньше величины Ру, полученной при ее свободном прогибе U_y

$$P_y = U_y K_y \qquad (3)$$

Это реактивное давление "вызовет" обратный прогиб стены $U_{r,y}$, уменьшающий ее деформации по сравнению со свободными (I). При этом реактивное давление снизится до величины

$$P_{r,y} = (U_y - U_{r,y}) K_y \qquad (4)$$

7.6. Величины обратных прогибов стен трапецеидального профиля под действием реактивного давления могут быть определены по формулам, полученным проф.Беляевым [88] при значениях входящих в них интегралов, приведенных в [89].

Прогиб камерных стен любого очертания от действия распределенных любым образом по высоте горизонтальных нагрузок рекомендуется определять также методом трапеций в табличной форме [90]. Алгоритм этого расчета ясен из рис.72 и табл. I.

7.7. Величина дополнительного реактивного давления определяется методом последовательных приближений путем сравнения действующих нагрузок и воздействий с реактивными, а также моментов от этих сил относительно расчетного сечения.

Для предварительных расчетов допускается вычислять реактивное давление тем же методом приближений из условия

$$U_o - U_{ro} \approx \alpha_1 U_o,$$

где U_o и U_{ro} свободный и обратный прогиб верха стены от температурного или иного воздействия;

α_1 – коэффициент уменьшения свободного прогиба за счет сопротивления грунта при последовательном приближении.

Расчет повторяют обычно 2-3 раза с различными значениями α, пока не получится достаточно близкое (5-10%) различие эпюр заданных и полученных прогибов стены. Затем по эпюре прогибов строят эпюру реактивных сил $P_{r,y} = f(y)$ и определяют изгибающие стену моменты относительно расчетных сечений $M_{r,y} = f(y)$.

7.8. При расчетах конструкций сооружений III и IУ классов и в предварительных расчетах сооружений I и II классов капитальности на магистральных водных путях действие дополнительного реактивного давления от температурных воздействий при песчаных грунтах обратных засыпок консольных стен допускается учитывать путем умножения изгибающего момента от основного давления на коэффициент K_r .

Значение этого коэффициента (для случая, когда обратная засыпка не ограничена другим близко расположенным сооружением или крутым скальным откосом) может быть получено расчетом по формуле

$$K_t = \beta \sqrt{H}\, \Delta t_d$$

где H - расчетная высота стены, м;

Δt_d - расчетный перепад температуры в стене, C^o;

β - коэффициент, зависящий от жесткости камеры; для стен камер с разрезным днищем β = 0,001; с неразрезным днищем β = 0,002.

Таблица I

РАСЧЕТ

прогиба стены камеры шлюза (консоли переменной жесткости), загруженной произвольной нагрузкой q, методом трапеций.

На = 20 м; ℓ_1 = I,5 м, ℓ_2 = 4,5 м, $E_t = 2{,}9 \cdot 10^5$ кг/см^2

Сечение	Участок	$\frac{\Delta\ell}{2}$ м	q_i тс/м	$\Delta Q_i = (q_{i-1}+q_i)\frac{\Delta\ell}{2}$ тс	$Q=\Sigma\Delta Q_i$ тс	$\Delta M_i = (Q_{i-1}+Q_i)\frac{\Delta\ell}{2}$ тсм	$M=\Sigma\Delta M_i$ тсм	$E_t J \cdot 10^5$ тсм^2	$\frac{M_i}{E_t J_i}\cdot 10^{-5}$ м$^{-1}$	$\Delta f_i \cdot 10^5 = (\frac{M_{i-1}}{E_t J_{i-1}} + \frac{M_i}{E_t J_i})\frac{\Delta\ell}{2}$	$f \cdot 10^{-5} = \Sigma\Delta f_i \cdot 10^{-5}$	$\Delta U_i = (f_{i-1}+f_i)\frac{\Delta\ell}{2}$ м	$U \cdot 10^{-5} = \Sigma\Delta U_i$ м
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
0	0-2	I,0	0,0	0,09	25,20	50,3I	3I9,80	220,II	I,45	2,95	0	2,95	0
I	2-4	I,0	0,09	0,39	25,II	49,83	269,49	I78,93	I,5	3,03	2,95	8,93	2,95
2	4-6	I,0	0,30	0,9	24,72	48,54	2I9,66	I43,26	I,53	3,05	5,98	I5,0I	II,88
3	6-8	I,0	0,60	I,62	23,82	46,02	I7I,I2	II2,8I	I,52	2,96	9,03	2I,02	26,89
4	8-I0	I,0	I,02	2,58	22,20	4I,82	I25,I0	86,7I	I,44	2,72	II,99	26,70	47,9I
5	I0-I2	I,0	I,56	3,82	I9,62	35,42	83,28	65,25	I,28	2,29	I4,7I	3I,7I	74,6I
6	I2-I4	I,0	2,26	5,46	I5,80	26,I4	47,86	47,56	I,0I	I,66	I7,00	35,66	I06,32
7	I4-I6	I,0	3,20	5,7I	I0,34	I4,97	2I,72	33,35	0,65	0,97	I8,66	38,29	I4I,98
8	I6-I8	I,0	2,5I	3,57	4,63	5,69	6,75	22,33	0,32	0,40	I9,63	39,66	I80,27
9	I8-20	I,0	I,06	I,06	I,06	I,06	I,06	I4,2I	0,08	0,08	20,03	40,I4	2I9,93
I0			0,0		0		0	8,I2	0		20,II		260,I7

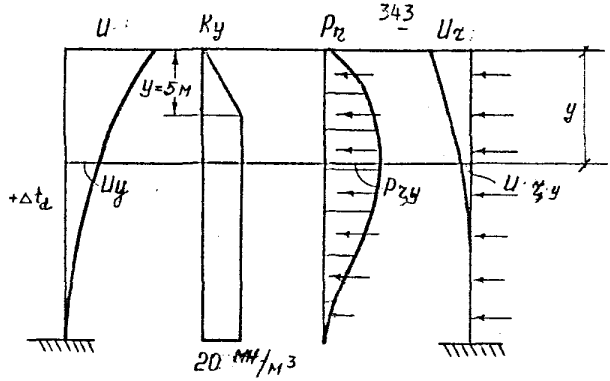


Рис.7.1. Схема определения температурного реактивного давления.

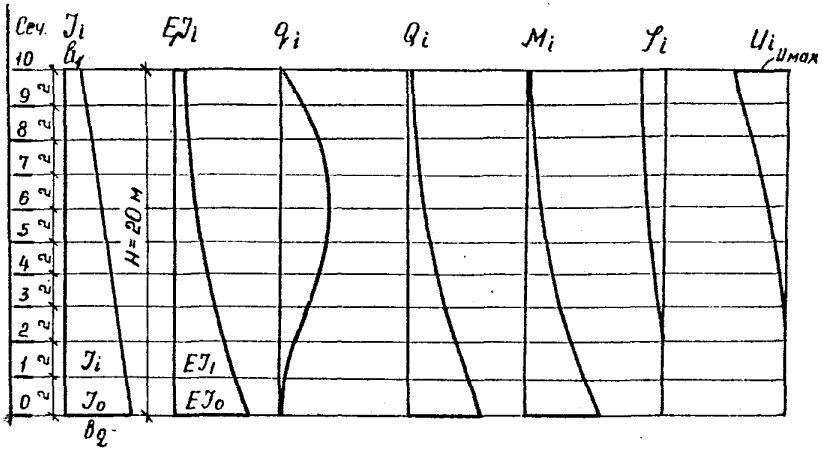


Рис.7.2. Схема расчета прогиба стены U от распределенного по высоте давления q (см.табл.I).

23. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ НОРМАТИВНЫХ И ДРУГИХ ДОКУМЕНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ШЛЮЗОВ

I. СНиП 2.06.07-87. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения.

2. СНиП 2.06.0I-86. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования.

3. СНиП 2.06.04-82* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов).

4. СНиП 2.02.02-85. Основания гидротехнических сооружений.

5. СНиП 2.03.0I-84. Бетонные и железобетонные конструкции.

6. СНиП 2.06.08-87. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.

7. СНиП II-23-8I.* Стальные конструкции.

8. СНиП 2.03.II-85. Защита строительных конструкций от коррозии.

9. СНиП 2.06.06-85. Плотины бетонные и железобетонные.

I0. СНиП 2.06.05-84. Плотины из грунтовых материалов.

II. СНиП II-22.8I. Каменные и армокаменные конструкции.

I2. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции.

I3. СНиП 2.0I.07-85. Нагрузки и воздействия.

I4. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты.

I5. СНиП I.02.07-87. **Инженерные изыскания для строительства.**

I6. СНиП 2.0I.0I-82. Строительная климатология и геофизика.

I7. СНиП III-I8-75. Металлические конструкции. Правила производства и приемки работ.

I8. СНиП 2.0I.02-85. Противопожарные нормы.

I9. СНиП 2.02.0I-83. Основания зданий и сооружений.

20. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги

2I. СНиП 2.05.07-85. Промышленный транспорт.

22. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы.

23. СНиП II-89-80. Генеральный план промышленных предприятий.

24. СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий.

25. СНиП 2.09.02-85. Производственные здания.

26. СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение.

27. СНиП 2.08.0I-85. Жилые здания.

28. СНиП II-92-76. Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий.

29. СНиП П-Л.8-7I. Предприятия общественного питания.

30. СНиП П-I06-79. Склады нефти и нефтепродуктов.

3I. СНиП 2.04.0I-85. Внутренний водопровод и канализация зданий.

32. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

33. СНиП 2.04.03-84. Канализация. Наружные сети и сооружения.

34. СНиП 2.04.05-86. Отопление, вентиляция и кондиционирование.

35. СНиП 2.04.07-86. Тепловые сети.

36. СНиП 2.04.09-84. Пожарная автоматика зданий и сооружений.

37. СНиП I.02.0I-85. Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений.

37а. СН 225-79. Инструкция по инженерным изысканиям для промышленного строительства.

38. СН 357-77. Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий.

38а. СН I74-75. Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятий.

39. Инструкция по наблюдениям и исследованиям на судоходных гидротехнических сооружениях. М., транспорт.

Часть I. Гидротехническая, I98I.

Часть П. Механическое оборудование, I982.

Часть Ш. Электротехническое оборудование.

40. Руководство по проектированию и устройству гидроизоляции, теплогидроизоляции и деформационных швов. П05-82 ВНИИГ. Л.I983.

4I. Руководство по проектированию речных портов. М., Транспорт, I985.

42. РТМ. 2I2.0I06-8I'Расчет и выбор электрооборудования судоходных сооружений.' М.,Транспорт, I983г.

43. Руководство по охране окружающей среды в районной планировке. М., Стройиздат, I980.

44. Рекомендации по проектированию обратных фильтров гидротехнических сооружений. П92-80 ВНИИГ. Л, I98I.

45. Рекомендации по проектированию противофильтрационных и дренажных устройств грунтовых плотин. П.765-83. Гидропроект, 1983.

46. Рекомендации по расчету обратных фильтров с учетом природной изменчивости зерновых составов. П.755-82. Гидропроект, 1982.

47. Рекомендации по исследованиям фильтрационного и водного потоков методом электромоделирования. П-835-85. Гидропроект, М., 1986 г.

48. Рекомендации по проектированию плотин из грунтовых материалов. Раздел проектирования противофильтрационных и дренажных устройств. П-783-85. Гидропроект, 1985 г.

49. ТП. 101-81.* Технические правила по экономному расходованию основных строительных материалов.

50. ПУЭ - Правила устройства электроустановок. М., Энергоатомиздат, 1985.

51. Правила плавания по внутренним водным путям РСФСР, М., Транспорт, 1985.

52. Правила пропуска судов, составов и плотов через шлюзы внутренних судоходных путей РСФСР, М., Транспорт, 1982.

53. Правила пожарной безопасности на судах и береговых объектах Минречфлота РСФСР. Часть 2. Береговые объекты, М.,Транспорт, 1983.

54. Правила технической эксплуатации судоходных гидротехнических сооружений, М., Транспорт, 1979.

55. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами, М., Министерства мелиорации и водного хозяйства, здравоохранения, рыбного хозяйства СССР, 1975.

56. Правила охраны прибрежных вод морей, утвержденные Госкомгидрометом СССР.

57. Положение о планово-предупредительном ремонте судоходных гидротехнических сооружений. М., Транспорт, 1983.

58. Положение о порядке использования и охраны подземных вод на территории СССР, утвержденное МИНГЕО СССР и Минздравом СССР.

58[а]. Указания по организации и проведению натурных наблюдений на гидротехнических сооружениях ВСН-04-64 ГПКЭиЭ СССР, М-Л Энергия, 1964г.

59. Указания по проектированию судоходных каналов, ВСН.3.70. Л, Транспорт, 1971.

60. Указания по проектированию причальных набережных, СН-РФ54.I-85, М., МРФ, Гипроречтранс, I987.

6I. ГОСТ 26775-85. Габариты подмостовые судоходных пролетов мостов на внутренних водных путях.

62. ГОСТ 26600-85. Знаки и огни навигационные внутренних водных путей.

63. Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик. Утверждены Верховным Советом СССР I3.I2.I968 г.

64. Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик. Утверждены Верховным Советом СССР I0.I2.I970 г.

65. Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о здравоохранении. Утверждены Верховным Советом СССР I9.I2.I969 г.

66. Справочники по серийным транспортным судам МРФ, М., Транспорт, I967-I986.

67. Бестужева Н.П. Управление экстремальными характеристиками неустановившихся режимов в открытых каналах. Водные ресурсы АН СССР, М., I976 г. № 2.

68. Вощинин А.П. Упрощенный метод фильтрационных расчетов земляных плотин. Гидротехническое строительство, № 8, I957.

69. Кякк В.А. Распределительные системы питания судоходных шлюзов. М-Л. Энергия, I963.

70. Михайлов А.В. Головные системы питания шлюзов и их расчет. М-Л., Энергия, I963.

7I. Михайлов А.В. Судоходные шлюзы. М., Транспорт, I966.

72. Михайлов А.В., Онипченко Г.Ф. Метод повышения давления за затворами напорных галерей. Труды XX Конгресса МАГИ, т.УП, сем.3, I983.

73. Недрига В.П. Сопрягающие устройства бетонных плотин. Стройиздат, I960.

74. Онипченко Г.Ф. , Халтурин А.Д. Высоконапорные судопропускные сооружения. Сборник научных трудов Гидропроекта, Гидравлика и Фильтрация, М., I979.

75. Ронжин И.С. Фильтрационные расчеты гидротехнических сооружений некоторых типов. Тр. Гидропроекта, сбор.8, I963.

76. Слисский С.М. Гидравлические расчеты высоконапорных гидротехнических сооружений. М., Энергия, I979.

77. Шпильрейн А.Н. Таблицы специальных функций ОНТИ, I934.

78. Михайлов А.В. Внутренние водные пути. Стройиздат, I973.

79. Михайлов А.В., Левачев С.Н. Водные пути и порты. Высшая школа, 1982.

80. Методы расчета устойчивости и прочности гидротехнических сооружений. Под редакцией М.М.Гришина. Стройиздат, 1966.

81. Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. Высшая школа, 1968.

82. Жемочкин Б.Н., Синицын А.П. Практические методы расчета плит и балок без гипотезы Винклера. Госстройиздат, 1962.

83. Крашенинникова Г.В. Расчет балок на упругом основании конечной глубины. Энергия, 1964.

84. Михайлов А.В., Авдеева В.И. Изменение взаимодействия стен шлюзов с песчаным грунтом обратных засыпок в течение года. Сборник трудов МИСИ № 163, 1982.

85. Технический отчет о строительстве Волго-Донского судоходного канала им. В.И.Ленина, Цимлянского гидроузла и оросительных систем. Том I. Госэнергоиздат, 1957г.

86. СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика.

87. СНиП П-7-81. Строительство в сейсмических районах.

88. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. Наука, 1976.

89. Бронштейн И.П., Семендяев К.Л. Справочник по математике. Наука, 1965.

90. Справочник инженера проектировщика. Том П. Промстройпроект Госстройиздат 1934.

91. Пособие по проектированию подпорных стен (в развитие главы "Подпорные стены" СНиП 2.02.03.-85 под редакцией Ленгидропроекта).

92. И.Г.Козлов. Пропускная способность транспортных систем. М.,Транспорт 1985 г.

93. Б.Е.Фрадкин, В.В.Голевин, Л.М.Шатова.Комплекс программ БОЛИД для решения двумерных стационарных задач теории упругости, теплопроводности и напорной фильтрации на ЭВМ БЭСМ-6. Опыт разработки и эксплуатации. Сборник научных трудов Гидропроекта. 1983 г, вып. 85, с.10-24.

94. Вычислительный комплекс БОЛИД. Решение методом конечных элементов двумерных задач теории упругости, теплопроводности и напорной фильтрации. Общее описание комплекса. Инструкция пользователю. НИС Гидропроекта. ОМАТИ. 1984.

95. Семенов Н.А, Варламов Н.Н, Валенин В.В Судоходные каналы, шлюзы и судоподъемники, М. Транспорт, 1970г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ	3
I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
Основные требования к проектированию судоходных шлюзов	9
Реконструкция судоходных шлюзов	II
Классификация судоходных шлюзов	I2
Строительные материалы	I3
Состав и объем проектных и изыскательских материалов	I5
2. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ШЛЮЗОВ	I6
Пример определения пропускной способности шлюза	24
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАБАРИТОВ ШЛЮЗОВ	33
Пример определения полезных габаритов камеры шлюза	43
4. ЧИСЛО НИТОК И КАМЕР ШЛЮЗОВ	45
5. КОМПОНОВКА СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗОВ	47
Компоновка шлюзов в составе гидроузлов	47
Компоновка шлюзов на судоходных каналах	52
6. ПОДХОДЫ К ШЛЮЗАМ	55
Причальные и направляющие сооружения	59
7. ПРЕДШЛЮЗОВЫЕ РЕЙДЫ И АВАНПОРТЫ	63
Предшлюзовые рейды	63
Аванпорты	65
8. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ШЛЮЗОВ	71
Сосредоточенные (головные) системы питания	74
Пример расчета № I	77
Распределительные системы питания	83
Пример расчета № 2	87

Стр.

9. ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ И ДРЕНАЖНЫЕ УСТРОЙСТВА 94

Примеры расчетов фильтрации в зоне сопряжения шлюза с грунтовой плотиной 103

I. Шлюз с камерой в верхнем бьефе 103

2. Шлюз с камерой в нижнем бьефе 107

Пример расчета фильтрации в зоне берегового сопряжения шлюза 113

10. КОНСТРУИРОВАНИЕ ШЛЮЗОВ 115

Головы шлюзов 115

Камеры шлюзов 120

Конструкции камер на нескальном основании 121

Конструкции камер на скальном основании 123

Причальные и направляющие сооружения 124

Разрезка сооружений шлюза деформационными швами 127

11. РАСЧЕТЫ СООРУЖЕНИЙ ШЛЮЗА 131

Основные положения расчетов 131

Нагрузки, воздействия и их сочетания 133

Расчетные случаи 141

Расчет стен камер с водопроницаемыми днищами 142

Расчет камер с разрезными днищами 144

Расчет камер с неразрезным днищем 147

Расчет голов 150

Расчет причальных и направляющих сооружений 153

12. МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ШЛЮЗОВ 155

Общие положения 155

Расчетные сочетания нагрузок и воздействия на ворота и затворы шлюзов 157

Основные ворота шлюзов 160

Аварийно-ремонтные, ремонтные ворота и заграждения 163

Затворы водопроводных галерей 164

Стр.

Механизмы ворот и затворов 165

Предохранительные устройства ворот 166

Причальное оборудование шлюзов 169

13. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ШЛЮЗОВ 170

Оборудование для водоотлива 170

Колодцы поплавковых устройств 171

14. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ РАБОТЫ ШЛЮЗОВ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ВОЗДУХА 172

15. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ШЛЮЗОВ 176

Электропривод основных механизмов..... 180

Электрооборудование вспомогательных установок и заземление 183

Освещение 185

16. УПРАВЛЕНИЕ. АВТОМАТИКА. СИГНАЛИЗАЦИЯ. СВЯЗЬ 187

Управление. Автоматика. 187

Сигнализация 190

Связь 194

17. ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, КАНАЛИЗАЦИЯ, ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ 199

Водоснабжение и противопожарные мероприятия 199

Канализация 202

Отопление и вентиляция 202

18. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ И СЛУЖЕБНО-ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ 203

Общие указания 203

Хозяйственная база 203

Примерный состав цехов (участков) ремонтного хозяйства шлюза 205

Административный корпус 207

Служебные и подсобно-вспомогательные помещения 208

19. ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ СОЦКУЛЬТБЫТА 210

Стр.

20. НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ 210

Контрольные наблюдения 212

Специальные исследования 221

21. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ 221

РИСУНКИ 224

22. ПРИЛОЖЕНИЯ 295

Приложение I.
Основные буквенные обозначения 295

Приложение 2.
Определение судовых нагрузок 300

Приложение 3.
Пример расчета камеры шлюза с неразрезным днищем 305

Приложение 4.
Пример расчета устойчивости голов шлюза 316

Приложение 5.
Пример расчета камеры шлюза на скальном основании 321

Приложение 6.
Пример расчета камеры двухниточного шлюза в скальной полувыемке и полунасыпи 334

Приложение 7.
Определение дополнительного реактивного давления грунта обратных засыпок на камерные стены 339

23. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ НОРМАТИВНЫХ И ДРУГИХ ДОКУМЕНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ШЛЮЗОВ 344

Л-68650 Подписано в печать I8 08 I989 г.
Заказ 2I9 Тираж 250 Экз. Цена I р. 85 к.

Отпечатано на ротапринте в ин-те "Гидропроект"

gost.e-ecolog.ru