МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ
И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОВОДХОЗ

УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА КАНАЛАХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

ВСН 3-64

МОСКВА–1969

gost.e-ecolog.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие "Указания" разработаны в развитие главы П-В.3-62 СНиП "Сооружения мелиоративных систем. Нормы проектирования" с целью создания единых требований к проектным решениям сооружений на каналах и облегчения их проектирования.

В "Указаниях" приводятся оценка типов сооружений, облегчающая выбор конструктивных форм и решений, номенклатура основных элементов сооружений, требования к проектным решениям с учетом накопленного опыта в проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений и проведенных лабораторных исследований на моделях.

В "Указаниях" приведены примеры расчетов отдельных сооружений; к ним приложен перечень использованной и рекомендуемой литературы по вопросам гидравлических, гидротехнических расчетов и конструктивных решений сооружений.

"Указания" разработаны отделом научно-исследовательских работ Гипроводхоза (автор инж.П.А.Шаров) с учетом материалов к ТУиН, составленных МИИВХ, а также отзывов и предложений, полученных от проектных институтов Азгипроводхоз, Армгипроводхоз, Казгипроводэлектро, Ленгипроводхоз, Росгипроводхоз, Средазгипроводхлопок, Узгипроводхоз, Укргипроводхоз и Даггипроводхоз с его Пятигорским филиалом.

Отзывы и предложения по настоящим "Указаниям" просьба направлять в Гипроводхоз Госаквводхоза СССР.

Госземводхоз СССР	Ведомственные строительные нормы Указания по проектированию гидротехнических сооружений на каналах оросительных систем	ВСН 3-64

I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

А. Общие положения

I.I. Настоящие "Указания" распространяются на проектирование гидротехнических сооружений II, III и IV классов по капитальности, подлежащих строительству или реконструкции на каналах оросительных систем.

Проектирование индивидуальных гидротехнических сооружений и пользование проектами повторного применения, утвержденными и изданными в установленном порядке, допускается только в тех случаях и на такие параметры сооружений, для которых отсутствуют типовые проекты.

Примечания:

1. Класс капитальности сооружений определяется по "Строительным нормам и правилам" (СНиП), глава II-И.8-62 "Сооружения мелиоративных систем. Нормы проектирования".
2. Для проектирования сооружений I класса составляются и утверждаются в установленном порядке специальные технические условия.
3. Дополнительно к настоящим "Указаниям" для проектирования сооружений II класса могут быть предъявлены особые требования, прилагаемые к заданию на проектирование.
4. Настоящие "Указания" относятся к проектированию бетонных и железобетонных сооружений.

Внесены Гипроводхозом Госземводхоза СССР	Утверждены Госземводхозом СССР 18 мая 1964 г.	Срок введения с 1 ноября 1964 г.

1.2. Кроме положений, изложенных в настоящих "Указаниях", обязательному учету подлежат указания СНиП, П-И.3-62 "Сооружения мелиоративных систем. Нормы проектирования", а при проектировании типовых проектов – указания "Инструкции по составлению типовых проектов и их применению в строительстве".

Примечания:

1. Настоящие "Указания" не распространяются на проектирование водозаборных сооружений на реках и водохранилищах.

2. Гидротехнические сооружения, находящиеся в сейсмических районах, в зонах распространения просадочных грунтов и многолетнемерзлых грунтов должны проектироваться с учетом дополнительных требований, предъявляемых к строительству сооружений в указанных условиях (СНиП П-А.12-62 и СНиП П-А.18-62).

1.3. Настоящие "Указания" в зависимости от степени изученности отдельных вопросов проектирования являются:

обязательными, если в тексте они сопровождаются выражениями "следует", "необходимо", "надлежит", "должно быть", "подлежит";

рекомендуемыми, если они сопровождаются выражением "рекомендуется"; отступление от рекомендуемых требований при проектировании должно быть аргументировано;

консультативными, когда они носят справочный характер и сопровождаются выражениями "можно", "может быть".

1.4. Настоящие "Указания" необходимо учитывать на всех стадиях проектирования.

1.5. Состав и объем исходных данных для проектирования гидротехнических сооружений определяется стадией проектирования, местными природными условиями, назначением сооружений и классом его капитальности.

1.6. Исследования работы сооружений на модели обязательно производятся для сооружений П класса; для сооружений Ш и 1У классов – только при применении новых типов, не проверенных практикой; причем для сооружений 1У класса – лишь в случае их массового применения.

1.7. При проектировании на каналах оросительных систем сооружений, совмещенных с мостовыми переходами под автомобильный

или железнодорожный транспорт, дополнительно к настоящим "Указаниям" должны учитываться соответствующие требования СНиП, II-62 и требования СН 200-62 "Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб".

I.8. При расположении сооружения в населенном пункте общая компоновка, размеры, конструкция, материал и внешний вид его должны отвечать требованиям, предъявляемым к архитектурному оформлению, санитарному состоянию и вопросам безопасности в данном населенном пункте.

I.9. Основными строительными материалами для сооружений оросительных систем являются: гидротехнический бетон, каменные материалы, сталь, грунт-земля.

Кроме указанных строительных материалов, при соответствующем обосновании допускается применение пластмасс и асбестоцемента.

Выбор строительного материала для сооружений производится на основании технико-экономических расчетов с учетом данных изысканий о наличии местных строительных материалов и их качестве и с учетом обеспечения индустриальных методов производства строительных работ.

Примечание. Использование дерева может быть рекомендовано только при устройстве частей сооружений в местах, где обеспечивается их длительная сохранность от гниения (шунтов при устойчивом уровне грунтовых вод, ремонтных затворов и др.).

I.10. Конструктивное решение сооружений должно быть выполнено с максимальным применением сборного железобетона. Отдельным частям данного сооружения рекомендуется придавать такие формы, которые могли бы повторяться и в других сооружениях оросительной системы. Размеры конструктивных элементов сборного железобетона должны отвечать требованиям Единой модульной системы и назначаться по указаниям глав СНиП, I-А.8-62 и I-В.5-62.

При проектировании индивидуальных сооружений должны быть в максимальной степени использованы сборные элементы типовых сооружений.

Монолитный железобетон в вертикальных элементах и перекрытиях может быть применен только тогда, когда использование сборного железобетона экономически не оправдывается.

Примечание. При определении коэффициента сборности объем бетона, идущего на замоноличивание конструкций, следует относить к объему сборного. Монолитный бетон, идущий на устройство подготовки основания, при исчислении коэффициента сборности не учитывается.

I.II. Проектирование сборных железобетонных сооружений необходимо вести с учетом требований относящихся к нему нормативных документов /56,60/.

I.I2. Плановое расположение сооружений узла должно обеспечивать нормальную гидравлическую работу узла, при этом:

а) оси сооружений должны совпадать с осями каналов;

б) рекомендуется максимально обжимать входную часть сооружений и так располагать элементы узла, чтобы отсутствовали застойные зоны, места образования завихрений и отложения наносов;

в) к плановому положению сооружений на каналах, работающих круглый год, предъявляется, кроме того, требование по обеспечению свободного прохода льда и шуги без образования заторов и зажоров;

г) в случае судоходства на канале необходимо при проектировании ирригационного сооружения обеспечить требования речного транспорта согласно указаниям СНиП, II-И.I-62;

д) при проектировании сооружений около существующих высоковольтных воздушных линий электропередач должны быть учтены допускаемые обликания с ЛЭП согласно "Правилам устройства электроустановок" (главы П-4, П-5) быв. Министерства электростанций СССР (Энергоиздат, 1959);

е) проектирование ирригационного сооружения, совмещенного с мостовым переходом на межхозяйственных дорогах, производится:

с преимущественным учетом требований к плановому положению его на трассе дороги в случаях, когда класс капитальности мостового перехода больше или равен классу капитальности ирригационного сооружения и

с преимущественным учетом требований к плановому положению ирригационного сооружения в остальных случаях;

ж) при пересечении канала с дорогами внутрихозяйственного и эксплуатационного назначения плановое положение совмещенного сооружения выбирается по условиям его нормальной гидравлической работы.

I.I3. В местах сопряжения земляного русла канала с сооружением рекомендуется устраивать в начале понура и в конце рисбермы зубья из сборных плит, камня или галечника.

Примечание. В сооружениях IУ класса при обеспечении спокойного входа потока зуб в начале понура может не предусматриваться.

I.I4. Входные и выходные оголовки открытых и трубчатых сооружений, различающиеся по форме основных частей, приведены на рис.I:

а) раструбный оголовок с косыми плоскостями, являющийся по условиям сопряжения наиболее совершенным типом входа и выхода, требует сложной формы опалубки, выполняется только в монолитном исполнении; рекомендуется применять преимущественно в сложных случаях сопряжения и при скоростях подхода к сооружению более 3 м/сек;

б) раструбный оголовок с направляющими откосами, уступающий предыдущему типу по гидравлическим условиям, несколько проще в исполнении; применяется преимущественно в монолитном исполнении;

в) коридорный оголовок с направляющими стенками по гидравлическому воздействию на поток уступает предыдущим типам; применяется как в сборном, так и монолитном исполнении для случаев менее сложных по сравнению с указанными в п. а;

г) входной (портальный) оголовок с обратными сопрягающими стенками применяется при лобовом и боковом подходах воды как в сборном, так и в монолитном исполнении; конструкция в гидравлическом отношении несовершенная - образуются боковые завихрения как при входе, так и при выходе; рекомендуется применять благодаря простой форме в типовых сооружениях с расходом воды до I $м^3/сек$ и напором до I м; на крупных сооружениях может быть использован только на входном оголовке при скоростях до I м/сек; применять в нижнем бьефе не рекомендуется вследствие образования сбойного течения;

д) воротниковый оголовок из-за неудовлетворительных гидравлических показателей применять в условиях ирригационного строительства не рекомендуется;

в) ороловок с выпущенными концами труб можно применять только на временных объектах.

I.I5. Запас стенок сооружения (в створе затворов)над максимальным горизонтом воды в верхнем бьефе принимается по таблице I.

Таблица I

Расход, м³/сек	Возвышение верха стенок сооружений над максимальным расчетным горизонтом воды, м
I - I0	0,30
I0 - 30	0,40
30 - 50	0,50
50 - I00	0,60

Для расходов воды свыше I00 м³/сек возвышение верха стенок сооружения в створе затворов над статическим уровнем при максимальном расчетном расходе канала определяется по формуле:

$$d = h_H + \Delta h + a,$$

где h_H – высота наката ветровой волны на откос у сооружения;

Δh – высота ветрового нагона воды;

a – запас высоты, принимаемый не менее 0,I м.

Расчетная величина d принимается не менее 0,6 м.

Примечания:

I. Расчетная обеспеченность высоты волны принимается для сооружений II класса не менее I%, III и IV классов – не менее 3%.

2. Высота ветрового нагона (Δh)определяется по формуле:

$$\Delta h = \frac{K W_{10}^2 D}{3gH} \cos\alpha,$$

где W_{10} – расчетная максимальная скорость ветра, измеряемая на высоте I0 м над уровнем воды водоема, в м/сек;

D – длина разгона ветровой волны в км;

H – глубина воды в м;

g – ускорение силы тяжести в м/сек²;

α – угол между осью водоема и направлением ветра;

K – величина, зависящая от отношения $\frac{H}{\lambda}$ (λ – длина волны) принимается равной $6 \cdot 10^{-6}$.

3. Расчетные параметры ветровых волн, высоту наката ветровой волны на откос, а также величины W_{10} и D следует определять в соответствии с указаниями СН 92-60.

4. При применении автоматически действующих затворов расчетная величина d должна быть также проверена на образование волны в случае быстрого их закрытия.

I.16. Под бетонные и железобетонные элементы сооружения подготовка основания должна быть предусмотрена в следующих случаях:

1) при необходимости выравнивания основания под проектные отметки при строительстве сборных и тонкостенных монолитных железобетонных сооружений;

2) в целях предотвращения сосредоточенной фильтрации воды по поясостям от неплотного примыкания сборных элементов к основанию;

3) чтобы не допустить утечки из бетона несхватившегося еще цементного раствора в грунт сильнопроницаемого основания;

4) для обеспечения надежного каптажа и предохранения бетона от выщелачивания цементного камня восходящим током грунтовой воды (выход ключей).

Примечание. О подготовке под трубы см. пп.2.60 и 4.29.

I.17. Материалом для подготовки может быть песок, гравелистый грунт, щебень и бетон. Для напорных и сопрягающих сооружений принимается бетонная подготовка для рисберм (см.п.I.44).

Примечания:

1. Низкие марки бетона без уплотняющих добавок пригодны только для проницаемых грунтов основания.

2. Коэффициент фильтрации подготовки должен быть меньше коэффициента фильтрации основания.

3. Толщина подготовки должна быть не менее 1,5-2-кратной точности планировки основания.

4. Для улучшения состояния дна котлована в пластических и разжиженных грунтах после их удаления до проектной отметки основания, перед укладкой бетонной подготовки допускается втрамбование гравия, которое должно производиться под тщательным контролем с обязательным удалением невтрамбовавшегося слоя.

5. Грунты, склонные к пучению, должны быть удалены и заменены непучинистыми; мероприятия по защите сооружения от пучения уточняются в каждом конкретном случае применительно к местным условиям с учетом глубины промерзания.

I.18. При устройстве массивных бетонных и железобетонных элементов в монолитном исполнении подготовка основания может отсутствовать:

I) в случае песчаного и супесчаного основания при глубоком залегании грунтовых вод;

2) при тех же грунтах и высоком уровне грунтовых вод с применением водопонижения;

3) при крупнозернистом песчаном основании и высоком уровне грунтовых вод с применением поверхностного водоотлива;

4) для глинистого основания с уровнем грунтовых вод ниже дна котлована и при отсутствии атмосферных осадков в период строительства.

I.19. Понур является противофильтрационным средством, устраиваемым с целью увеличения длины фильтрации, снижения фильтрационного давления на элементы сооружения, повышения противофильтрационной устойчивости грунтов основания и уменьшения фильтрационного расхода.

I.20. К понуру предъявляются следующие требования:

I) понуры должны выполняться из материалов, коэффициент фильтрации которых меньше коэффициента фильтрации оснований в 25 и более раз для сооружений IУ класса, в I00 и более раз - для сооружений П и Ш классов по капитальности;

2) конструкция понура должна быть надежно защищена от размыва водой, протекающей над ним, растрескивания под действием изменений температуры и высыхания, пучения и от механических повреждений при производстве строительных работ, а также плавающими предметами;

3) должен быть обеспечен полный контакт между водонепроницаемой частью понура и основанием путем устройства соответствующей подготовки.

Примечание. Подготовка под грунтовые понуры для сооружений IУ класса с малым напором может не предусматриваться.

I.21. Различают следующие типы понуров по конструкции: гибкий, жесткий и анкерный. Г и б к и й понур применяется на грунтах, дающих осадку основания; ж е с т к и й – при прочных и плотных основаниях, не подверженных деформациям от вертикального давления воды и пучения; а н к е р н ы й – в случаях, когда понур включается в работу для обеспечения устойчивости сооружения на сдвиг.

I.22. Длина понура назначается равной I,5÷8 глубинам воды над понуром и определяется гидротехническим расчетом. При определении длины понура необходимо учитывать, что путь фильтрации в обход сооружения должен быть длиннее пути фильтрации по его оси.

I.23. Гибкий понур выполняется из грунта (глина, тяжелый суглинок, глинобетон), асфальтовых материалов и синтетических пленок.

Глинобетонные понуры проектируются в тех случаях, когда на месте нет глины и суглинка.

Понуры из синтетических пленок рекомендуется проектировать для опытного строительства вследствие недостаточной изученности их физических свойств и стойкости против атмосферных воздействий.

I.24. Выбор материала для гибкого понура производится на основании технико-экономических сравнений с учетом требований пункта I.20, I настоящих "Указаний".

I.25. Толщину понура из глины и суглинка определяют, исходя из предельно допустимого градиента фильтрации $J_{пр} = 4 \div 6$ с учетом неоднородности состава грунта, его укладки и уплотнения. Минимальная толщина понура принимается 0,5 м; расчетный объемный вес скелета грунта должен быть не менее I,8 т/м^3. Толщина понура из суглинка назначается на 20–30% больше толщины понура, выполненного из глины.

I.26. Понур из глинобетона выполняется из смеси глины, песка и гравия со следующим ориентировочным составом смеси: гравия 40–50%, песка 30–35%, глины 20–25%. Уточнение состава производится на месте работ опытными смесями с таким расчетом, чтобы коэффициент фильтрации глинобетона был не более $I \cdot I0^{-9}$ см/сек, а объемный вес скелета – не менее 2,2 т/м^3.

Толщина понура из глинобетона определяется аналогично толщине понура из глины при $J_{пр}$= 15÷ 20. Минимальная толщина принимается 0,25 м.

1.27. Грунтовые понуры, находящиеся под водой только в теплое время года, должны быть защищены от промерзания местными грунтами.

1.28. Грунтовые понуры сверху должны быть защищены от размыва с применением:

а) сборных железобетонных плит или

б) каменной или гравийно-галечной отсыпки в клетках из сборных элементов или

в) бетонного крепления.

Выбор типа крепления производится в результате технико-экономического сравнения с учетом имеющихся местных материалов.

1.29. При проектировании грунтовых понуров могут быть использованы "Типовые детали гидротехнических сооружений" /55/.

1.30. Гибкие понуры из асфальтовых материалов выполняются литые, асфальтобетонные и из оклеечных материалов.

Понуры из асфальтовых материалов, кроме асфальтобетона, применяются при любых грунтах основания. На грунтах с неравномерной осадкой основания асфальтобетонные понуры не устраиваются. Применение понуров из оклеечных материалов ограничено вследствие выполнения их в настоящее время ручным способом.

1.31. При конструировании асфальтовых понуров с напором до 10 м необходимо учитывать следующее:

а) подготовка основания выполняется грунтовая – с пропиткой взрыхленного грунта жидкими нефтяными дорожными битумами и последующей укаткой его катками;

б) понуры из литого асфальта толщиной 8–5 см проектируются двухслойные с последовательным нанесением слоев в горячем состоянии; при основании с неравномерной осадкой предусматривается укладка металлической арматурной сетки или стеклоткани;

в) понуры из асфальтобетона принимаются однослойные толщиной 6–10 см;

г) понуры оклеечные выполняются из рулонных гидроизоляционных материалов промышленного изготовления: гидроизола, бризола,

борулины и из асфальтовых матов, изготавливаемых на месте строительства путем наклейки 2-3 слоев на подготовку при помощи асфальтовой мастики.

I.32. Гидроизоляционные слои в оклеечных понурах сверху прикрываются сначала слоем песка в 5 см и затем местным грунтом слоем 70 см.

Примечание. При детальном проектировании понуров из асфальтовых материалов необходимо руководствоваться "Типовыми деталями гидротехнических сооружений". Ленгипроводхоз, вып.4, I960.

I.33. Жесткие понуры выполняются из железобетона и бетона. Толщина жестких понуров для сооружений с малой разностью давлений на них назначается конструктивно и может быть принята по данным табл. 2.

Таблица 2

Класс капитальности сооружения	Железобетонный понур	Бетонный понур
	толщина понура в м	
III	0,I5	0,25
IУ	0,I0	0,20

Примечание. Толщина жестких железобетонных понуров для сооружений II класса, а также для сооружений III и IУ классов при понурах большой длины или с глубоким зубом должна быть определена путем расчета на равность давлений.

I.34. Жесткие понуры укладываются на бетонную подготовку согласно пп. I.I6 и I.I7 настоящих "Указаний". Железобетонные понуры по ширине разрезаются деформационными продольными швами на полосы размером до I5 м, а бетонные - дополнительно по длине поперечными швами.

Примечание. Конструкции железобетонных понуров и деформационных швов приводятся в работе "Типовые детали гидротехнических сооружений", выпуск I и 4 /55/.

I.35. Проектирование понуров из синтетических пленок производится в соответствии с указаниями "Типовых деталей", выпуск 4 /55/.

I.36. Анкерные железобетонные понуры принимают на себя, кроме вертикальной нагрузки, дополнительно невоспринятую часть

горизонтальной нагрузки, действующей на шпунтовую стенку и водосбой водопроводящей части.

I.37. Основными элементами анкерных понуров являются:

а) железобетонная плита, проектируемая аналогично жесткому железобетонному понуру;

б) зуб, жестко связанный с плитой понура и располагаемый в начале его.

Противофильтрационная защита состоит из I-8 слоев асфальтовых материалов толщиной 8-5 см, предохранительный слой - из песка (5 см) и защитный слой из местного грунта толщиной не менее 70 см.

Арматура анкерного понура должна быть надежно связана с флютбетоном и стенками гибкими металлическими связями.

I.38. Конструкция швов в местах примыкания понура к другим элементам сооружения принимается по аналогии с проектами, рекомендованными для повторного применения или по "Типовым проектам деталей гидротехнических сооружений". Выпуск I, Ленгипроводхоз и по другим данным /82а, 5I,55/.

I.39. Рисберма должна иметь повышенную или одинаковую шероховатость по сравнению с шероховатостью канала, быть проницаемой для фильтрационных вод; она проектируется более мощной в начале и относительно легкой в конце. Рисберма должна быть гибкой, способной, не повреждаясь, сохранить контакт с дном при его деформации.

На рис.2 показано устройство гибкой связи сборных железобетонных плит, которое можно рекомендовать для плит рисберм.

I.40. Указанным выше требованиям отвечают следующие типы рисберм:

а) из бетонных и железобетонных ребристых плит, связанных в гибкий тюфяк;

б) из бетонных массивов-тетраэдров, связанных в гибкий тюфяк;

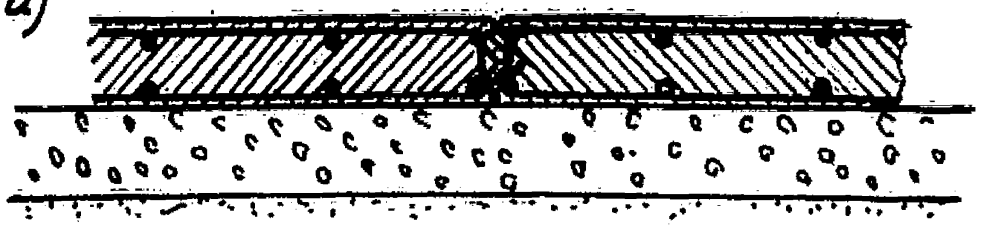
в) каменная или галечниковая отсыпка в клетках из сборных железобетонных элементов;

г) габионное крепление;

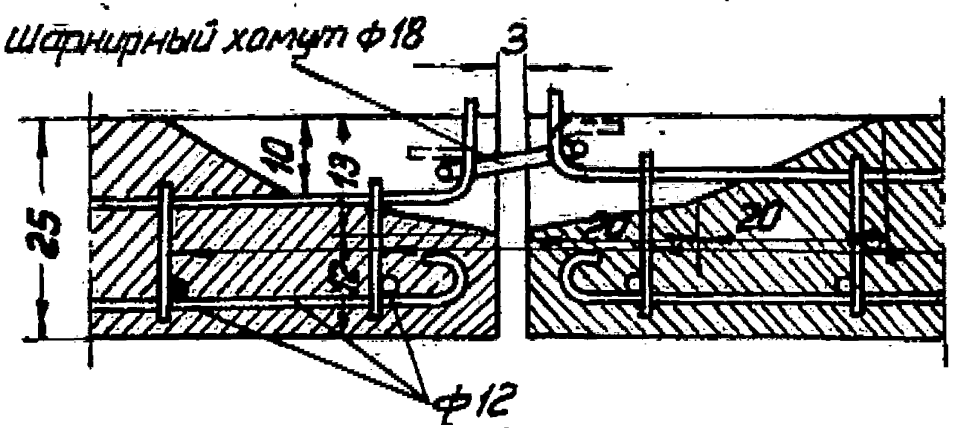
д) каменная или галечниковая отсыпка толщиной не менее 0,5 м.

I.4I. Рисберма заканчивается концевым зубом из каменной или галечниковой отсыпки в объеме, достаточном для предотвращения

а)



б)



разрушения рисберма от размыва со стороны нижнего бьефа. Для сооружений IУ класса концевой зуб принимается глубиной I,0-I,5 м.

В крупных сооружениях, при допустимости размыва в нижнем бьефе, может быть устроена заглубленная вымока за концевым зубом, а зуб выполняется большей глубины из сборных железобетонных рядей, засыпанных камнем.

I.42. Длина рисберма принимается в пределах от полутора до трех длин прыжка и назначается с учетом следующих факторов:

а) эффективности гашения энергии воды на водобое и величины остаточной энергии, не погашенной на водобое (расщепление потока);

б) скорости и удельного расхода воды в конце водобоя;

в) шероховатости крепления рисберма и угла ее роспуска;

г) допустимости размыва ложа отводящего русла и допускаемых скоростей на размыв для грунта отводящего руска.

Более точно длина крепления в каждом конкретном случае определяется на основе модельных исследований.

I.43. Толщина и длина отдельных плит плитного крепления рисберма определяются по величине пульсационного давления согласно выпуску 5 "Типовых деталей гидротехнических сооружений Ленгипроводхоза. Рисберма и концевые крепления", I960.

Плиты длинной стороной рекомендуется укладывать вдоль течения потока.

Размеры камней каменного крепления ориентировочно назначается по формуле:

$$d \geq 0{,}06 v_{дон}^2 ,$$

где $v_{дон}$ -донная скорость на рисберме в м/сек;

d - размер среднего диаметра камня в м.

Принимая удельный вес камня 2200 кг/м^3, получим вес одного камня (F):

$$F = 0{,}25 \cdot v_{дон}^6 \text{ кг}$$

I.44. Выбор типа крепления рисберма производится по величине скорости с учетом пульсационного давления, наличия строительных материалов и условий эксплуатации. Более усиленное

крепление принимается для случаев круглогодовой подачи воды по каналу и затруднений остановки канала на ремонт.

В качестве подготовки под крепление рисберма рекомендуется применять разнозернистый гравий с галькой с количеством крупных фракций, достаточным для сохранения объема отсыпки при вымыве мелких фракций.

I.45. Затворы гидротехнических сооружений оросительных систем в зависимости от назначения бывают рабочие, ремонтные и аварийно-ремонтные.

Р а б о ч и е затворы должны полностью открывать отверстие или закрывать его в условиях текущей воды и при заданных уровнях верхнего и нижнего бьефов; подниматься или опускаться со скоростью, обусловленной требованиями эксплуатации; обеспечивать возможность осмотра и ремонта закрытой затвором части сооружения, а также подачи строительных материалов и необходимых механизмов.

Р е м о н т н ы е затворы должны опускаться и подниматься при выравненных бьефах; держать полный напор со стороны верхнего бьефа и возможный максимальный напор со стороны нижнего; располагаться на расстоянии, обеспечивающем текущий ремонт и смену частей рабочего затвора. Скорость подъема затворов должна быть минимально возможной. Конструктивная форма затворов должна обеспечивать их заводское изготовление с максимальным использованием стандартных элементов.

А в а р и й н о - р е м о н т н ы е затворы должны выдерживать те же напоры, опускаться в текущую воду с заданной скоростью, обусловленной местными условиями, действовать автоматически. Конструктивная форма может быть принята аналогично рабочему затвору.

П р и м е ч а н и е . Размеры затворов принимаются по СН I49-60.

I.46. В элементах гидротехнических сооружений для затворов необходимо предусматривать:

а) возможность передачи усилий от затвора через пазовые конструкции или через поворотные оси:

только на устои и бычки,

совместно на устои или бычки и фундбет,

только на фундбет;

б) закладные части для крепления пазовых конструкций рабочих и ремонтных затворов, пазовых конструкций для подвески ремонтных затворов, анкерных конструкций и болтов, опор поворотных осей, приводных механизмов, подвесных устройств и др.;

в) место для размещения стационарных механизмов или путей для передвижных механизмов с запасами на возможность обслуживания их;

г) служебные мостики, подкрановые балки (в соответствующих случаях);

д) камеры и встроенные коммуникации для управления вододействующими затворами;

е) пространство для размещения противовесов;

ж) помещение или место для размещения энергетического узла (аварийное аккумуляторное помещение)и узла автоматики;

з) каналы связи, люки, смотровые колодцы, стремянки.

Примечания:

1. Высота рабочих путей плоских затворов не должна превышать двойной высоты отверстия; более высокие пути должны обосновываться соответствующими расчетами.
2. Пазовые конструкции плоских затворов должны проектироваться с бетонируемым монтажом.
3. Затворы покрываются защитной покраской; помещений для них не предусматривается.

I.47. Подъемные механизмы гидротехнических сооружений проектируются как с непосредственным управлением, так и с дистанционным. Степень автоматизации в каждом конкретном случае определяется заданием на проектирование оросительной системы.

I.48. На гидротехнических сооружениях II и III классов капитальности должна предусматриваться установка контрольно-измерительной аппаратуры (КИА – тензометров, пьезометров, мессдоз и др.) и различных геодезических знаков (осадочных марок, створных знаков и др.). Необходимость установки КИА на сооружениях IV класса должна быть обоснована.

Установка КИА предусматривается с целью проведения контрольных наблюдений за состоянием и работой отдельных частей сору-

жений и их конструктивных элементов как в период строительства, так и в условиях эксплуатации.

Состав, объем и сроки проведения контрольных наблюдений и исследований устанавливаются проектирующей организацией в зависимости от класса и условий работы сооружений, их конструкции, размеров, а также с учетом инженерно-геологических и строительных условий.

I.49. Установка КИА осуществляется по проекту, в состав которого должна входить инструкция по проведению наблюдений. Проект установки КИА является неотъемлемой частью проекта сооружений; составляется он на основании специальных указаний.

I.50. Гидротехнические сооружения II и III класса и крупные сооружения IV класса капитальности должны быть снабжены опорными реперами и постоянными створными знаками, а также знаками, указывающими местоположение скрытых в грунте или под водой основных элементов сооружения (креплений, дренажей, диафраги и др.).

I.51. Опорные реперы располагаются вне сооружения и в таких местах, которые гарантируют неизменность отметок реперов при возможных деформациях сооружений и их оснований, но не далее 4 км от точек наблюдений. Для сооружений II класса количество реперов должно быть не менее трех.

I.52. Реперы и створные знаки должны быть постоянными, конструкции их принимаются по образцам, установленным для государственных геодезических знаков; они должны быть защищены от повреждений.

I.58. Для наблюдений за состоянием режима воды в верхнем и нижнем бьефах, и высотой открытия отверстия под затвором должны быть установлены водомерные и измерительные средства и средства передачи данных измерений на расстояние.

Б. Общие указания по расчетам

I.54. Гидравлический расчет сооружений на каналах производится на основе следующих материалов:

а) продольный профиль и поперечные сечения проектируемого канала в верхнем и нижнем бьефах;

б) расходы и горизонты воды – максимальный, нормальный и минимальный;

в) зависимость $Q = f / h /$ для верхнего и нижнего бьефов;

г) характеристика годового режима работы канала;

д) температурные данные для зимнего периода, данные о поступлении шуги из водоисточника в канал;

е) предварительно намеченная схема сооружения.

Гидравлическими расчетами определяются:

а) размеры отверстий и их количество;

б) высотное положение сооружения и его элементов;

в) условия сопряжения бьефов (длина прыжка, форма и размеры водобойного колодца, рисберны, гребенок или других гасителей);

г) полная эксплуатационная характеристика работы сооружения в пределах от $Q_{макс}$ до $Q_{мин}$.

I.55. Гидравлический режим крупного сооружения в зимних условиях может быть связан со следующими (несколькими или одним) условиями:

с пропуском через отверстия шуги и льда;

с аккумулированием шуги и льда в верхнем бьефе;

с направлением шуги или льда через сброс с помощью отбойной запани или забральной балки.

Выбор режима работы сооружений производится в зависимости от местных условий на основании технико-экономических сопоставлений с учетом емкости верхнего бьефа, суммарного стока шуги, компоновки и конструкции сооружения в узле.

Примечание. Транзит шуги через сооружения возможен при наличии в верхнем бьефе скоростей воды более I,0 м/сек.

I.56. При гидравлическом расчете водобойного колодца длину прыжка следует определять по формулам подпертого прыжка, соответствующим установке в сооружении водобойного уступа, водобойной стенки или прорезного гасителя /2/.

I.57. При установке в конце водобойного колодца, расщепляющего поток, прорезного гасителя расчетный коэффициент затопления прыжка может быть снижен до I,05 /он.п.I.76/.

I.58. Гидравлический расчет гасителей энергии в нижнем бьефе может быть проведен по литературным указаниям/8,I9-22,33/.

Однако надежность работы гасителей может быть гарантирована только после исследования на моделях или установления параметров гасителя по действующему сооружению - аналогу с соблюдением условий гидравлического подобия /18/.

I.59. Гидротехнический расчет сооружений производится на основе:

а) плана в горизонталях со схемой расположения каналов и сооружения;

б) данных о максимальных и минимальных отметках горизонтов воды в каналах верхнего и нижнего бьефов сооружения;

в) прогноза положения уровня грунтовых вод у сооружения;

г) данных инженерно-геологических изысканий.

I.60. Гидротехническим расчетом определяются:

а) очертание подземного контура сооружения;

б) напоры и давления по подошве подземного контура флютбета и у отенок сооружения;

в) опасные для нормальной эксплуатации сооружения градиенты напора на пути фильтрации, а также выходные градиенты на контактах несвязных мелкозернистых и крупнозернистых грунтов; фильтрационная прочность подземного контура сооружения;

г) величина фильтрационного расхода воды под сооружением (в необходимых случаях);

д) потребная длина и толщина понура, заглубление шунтов или зубьев, толщина флютбета из условия выпора, размеры диафрагм и в необходимых случаях размеры противофильтрационных завес и врезок непроницаемой части сооружения в откосы канала.

Данные гидротехнического расчета необходимы для статических расчетов отдельных частей сооружения и для определения устойчивости сооружения на сдвиг.

I.6I. Проверочный гидротехнический расчет производится для определения устойчивости частей сооружения при чрезвычайных условиях его работы в отношении сочетаний нагрузок и воздействий, когда:

а) дренажные устройства или фильтр вышли из строя или

б) образовались значительные размывы в нижнем бьефе.

Примечание. Особые сочетания нагрузок и воздействий в каждом конкретном случае назначаются в зависимости от конструкции сооружения и местных условий.

I.62. При проектировании подземного контура напорных гидротехнических сооружений учитываются следующие положения:

а) бетонные или железобетонные зубья, прочно связанные с плитой флютбета, являются активным противофильтрационным и сопрягающим средством, предохраняющим флютбет от подмыва и увеличивающим устойчивость сооружения против сдвига (анкерный понур);

б) устройство глубокого верхового зуба, выполняющего роль шунта, является обязательным при дренаже понура и возможности полного перекрытия водопроницаемого слоя при неглубоком залегании водоупора;

в) низовой зуб в конце водопроницаемого контура необходим во всех напорных сооружениях для защиты флютбета от подмыва и выноса из-под него частиц грунта;

г) шунтовые ряды служат средством гашения напора, а также защиты грунта от суффозии, подмыва и выноса грунта из-под флютбета, устоев и бычков; они позволяют перекрыть фильтрационный поток до водоупора;

д) низовой шунт, снижая выходные градиенты и предохраняя флютбет от подмыва, вызывает увеличение противодавления, в связи с чем его применение требует особого обоснования.

Примечание. Перфорированный низовой шунт не может рассматриваться как противофильтрационное средство.

I.63. Шунтовые ряды должны быть рассчитаны с учетом водопроницаемости их согласно "Типовым деталям гидротехнических сооружений" Ленгипроводхоза, вып. 4, а также по данным Р.Р.Чугаева /50/.

I.64. При устройстве понура из суглинка фильтрационные расчеты должны быть выполнены с учетом его проницаемости, согласно "Типовым деталям гидротехнических сооружений", Ленгипроводхоз, вып.4 и рекомендациям Р.Р.Чугаева /50/.

I.65. При проектировании подземного контура необходимо учитывать, что:

а) расстояние между двумя рядами шунтовых стенок должно быть не менее двойного заглубления их в грунт;

б) при коротких шунтах ($\frac{S}{T} < 0,4$) и неглубокой заложении водоупора ($\frac{L}{T} > 1 \div 2$) один метр длины понура эквивалентен 0,5 м длины верхового шунта или зуба,

где S – глубина забивки шунта,

T – расстояние от флютбета до водоупора,

L – длина проекции подземного контура на горизонталь;

в) нельзя устраивать нижнюю плоскость обратного фильтра на уровне низа уступа или зуба вследствие образования в точке А больших скоростей (рис.8а). Между точкой А и началом слоев фильтра должен быть уступ высотой d ,определяемой расчетом (рис.8б);

г) на плоской подошве начало обратного фильтра дренажного устройства должно иметь очертание согласно рис.8в; величина d определяется расчетом;

д) слои обратного фильтра должны быть направлены перпендикулярно к направлению движения фильтрационного потока.

I.66. Гидротехнический расчет производится по следующим методам:

а) метод, основанный на применении пространственного прибора ЭГДА и позволяющий учитывать неоднородность грунтов основания; его следует применять во всех ответственных сооружениях оросительных систем;

б) метод коэффициентов сопротивлений,разработанный Р.Р. Чугаевым, или метод последовательного отображения шунтов,разработанный П.Ф.Фильчаковым. Эти методы могут быть использованы для расчета напорной плоской установившейся фильтрации в крупных сооружениях (главным образом в открытых регуляторах) на стадии проектного задания и рабочих чертежей, при условии, что отношение ширины флютбета к длине проекции подземного противофильтрационного контура на горизонтальную ось более I,0;

в) метод линейной контурной фильтрации может применяться для ориентировочных прикидок в первой стадии проектирования крупных сооружений и во всех стадиях для мелких сооружений IУ класса.

I.67. Сооружения на оросительных каналах в большинстве случаев не удовлетворяют критерию плоской установившейся фильтра-

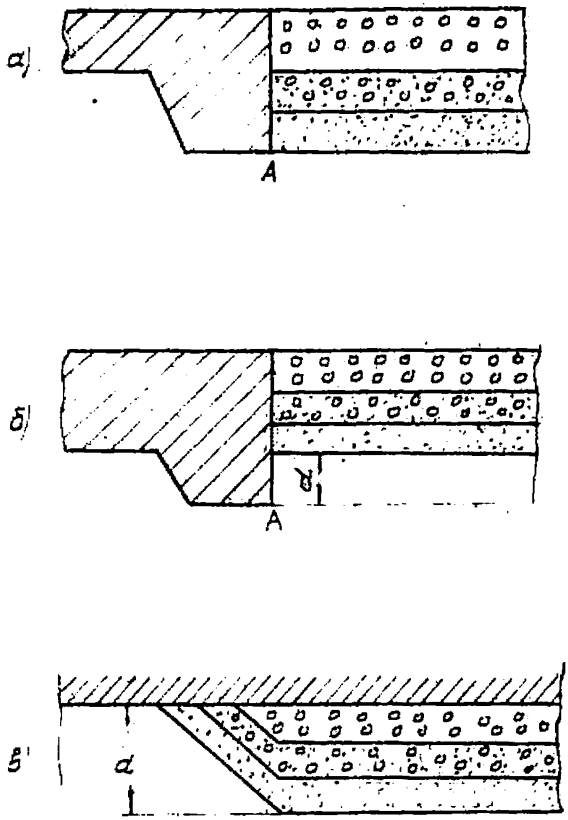


Рис.8. Положение уступа в подземном контуре сооружения

ции, поэтому в результатах расчета по методам п. I.66,б необходимо учесть влияние пространственной фильтрации воды, в том числе фильтрации в непосредственной близости у сооружения. Соответствующий расчет может быть произведен приближенно одним из методов расчета безнапорной фильтрации вокруг устоев, согласно указаниям СНиП II-II.4-62.

Примечания:

1. В качестве первого приближения рекомендуется построение сеток движения и гидроизогипс для разбивки сооружения на участки плоского движения и расчета их по установленным правилам, с последующим уточнением сетки (постепенным приближением) по линии соприкасания плоских участков.

2. Для построения общей сетки движения могут быть также использованы графики САНИИРИ, составленные для пространственных условий фильтрации в гидротехнических сооружениях на оросительных каналах.

I.68. Расчет несущих конструкций гидротехнических сооружений и их оснований следует производить в соответствии с главами СНиП, II-А.10-62, II-В.8-62 и II-И.1-62 по предельным состояниям.

Примечания:

1. Характеристики предельных состояний определяются на основании специальных опытных наблюдений; для стадии рабочих чертежей расчетные коэффициенты согласовываются со строительными организациями.

2. При отсутствии характеристик для расчетов по предельному состоянию для сооружений II класса на стадии проектного задания, а для сооружений IУ класса на стадии проектного задания и рабочих чертежей расчет производится по допускаемым напряжениям или по разрушающим нагрузкам.

3. Разрешается пользоваться коэффициентами перегрузки и условий работы по указаниям СН-200-62 " Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб".

I.69. При проектировании сооружений необходимо иметь следующие основные характеристики грунтов (табл.3).

I.70. Расчетные характеристики грунтов в месте строительства сооружений следует устанавливать на основании опытного определения в лабораторных, а также в полевых условиях при производстве гидрогеологических и инженерно-геологических исследований.

Таблица 3

Виды грунтов	№№ характеристик	Наименование характеристик
Все виды грунтов	I	Удельный вес частиц грунта γ_s
	2	Объемный вес скелета грунта $\gamma_{ск}$
	3	Коэффициент фильтрации $K_ф$
	4	Коэффициент Пуассона μ и бокового давления ξ
	5	Модуль деформаций E_0 или модуль упругости E
Все виды грунтов, кроме скальных x)	6	Показатели фильтрационной устойчивости грунтов (критические градиенты: выпора $J_{крит.}$, суффозии $J^{к.р.}_{крит.}$ и контактного размыва $J_{крит.}$
	7	Коэффициент внутреннего трения $tg\varphi$
	8	Максимальная молекулярная влагоемкость
	9	Угол естественного откоса
	I0	Пористость n
Грунты песчаные и глинистые	II	Влажность
	I2	Коэффициент пористости ε
	I3	Коэффициент уплотнения a
	I4	Критическое число моделирования $Б = \frac{\sigma_{пр}}{B\gamma}$
Грунты глинистые xx)	I5	Границы пластичности и число пластичности
	I6	Степень набухания
	I7	Удельное сцепление C

x) Определять коэффициенты трения и сцепления может потребоваться в зависимости от структуры грунтов и для скальных и полускальных пород.

xx) Для макропористых грунтов важной характеристикой является коэффициент макропористости и относительной просадочности, а для торфяных – степень разложения.

Продолжение таблицы 8

Виды грунтов	№№ характеристик	Наименование характеристик
Грунты скальные	I8	Водонасыщение
	I9	Предел прочности на сжатие
	20	Морозостойкость
	2I	Прочность при ударе
	22	Прочность на истирание
	28	Микроскопия (шлифы)

I.7I. Расчетные характеристики грунтов за №№ 2, I0, II, I2 и I3 для сооружений II класса следует устанавливать на основе опытных данных, а за №№ 7 и I7- согласно указаниям главы СНиП, II-Б.3-62.

При отсутствии или недостаточности опытных данных допускается для сооружений III класса на стадии проектного задания и сооружений IУ класса на всех стадиях проектирования устанавливать расчетные характеристики грунтов по аналогам, а также по осредненным значениям характеристик грунтов, приведенным в таблицах приложения II к настоящим "Указаниям".

I.72. Использование аналогов и осредненных значений характеристик грунтов допускается лишь при идентичности основных характеристик грунтов основания проектируемого сооружения с аналогом (объемный вес скелета, пористость, коэффициент пористости, а для глинистых грунтов, кроме того, границы раскатывания).

I.73. При расчете гидротехнических сооружений, кроме общих нагрузок, воздействий и их сочетаний, следует учитывать специфические нагрузки, воздействия и их сочетания согласно СНиП, II-А.I-62 "Нагрузки, воздействия и их сочетания".

Примечание. Ледовые нагрузки и их воздействия подлежат учету только для сооружений на каналах, работающих круглый год и в том случае, когда не обеспечено надежное состояние кайм.

I.74. Дополнительные нагрузки и воздействия для сооружений, находящихся в суровых климатических условиях и в районах вечной мерзлоты, подлежат учету по специальным указаниям (СНиП, II-А.I2-62; СНиП, II-А.I3-62).

I.75. В сооружениях, совмещенных с мостовыми переходами, расчет элементов пролетного строения моста, бычков, устоев, соответствующих сопрягающих стенок, а также труб производится с учетом нагрузок и воздействий согласно указаниям СН 200-62 "Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб".

I.76. Коэффициент затопления гидравлического прыжка при определении глубины водобойного колодца или размеров водобойной стенки принимается в пределах I,I–I,3.

I.77. Гидротехнические сооружения, работающие под напором воды, и подпорные стенки подлежат обязательной проверке на статическую устойчивость. При расчетах следует учитывать пространственную работу сооружения: упор одного сооружения в другое и упор одних элементов сооружения на другие. Коэффициент запаса устойчивости принимается в зависимости от класса капитальности сооружений и расчетного сочетания нагрузок и воздействий в следующих размерах (табл.4).

Таблица 4

Расчетные сочетания нагрузок и воздействий	Коэффициент запаса на устойчивость при классе капитальности			
	II	I	III	IУ
Основные	I,20		I,I5	I,I0
Особые	I,I0		I,I0	I,05

Примечание. Если основные расчетные сочетания нагрузок и воздействий действуют только в период строительства или ремонта сооружений, то коэффициенты запаса на устойчивость по сравнению с табличными могут быть снижены не IO%, но они должны быть не меньше, чем для особых сочетаний.

I.78. При расчете устойчивости оснований, откосов и подпорных стенок сооружений по разрушающим нагрузкам или допускаемым напряжениям принимаются следующие коэффициенты запаса (табл. 5).

Таблица 5

Сочетания нагрузок и воздействий	Коэффициент запаса на устойчивость при классе капитальности			
	II	I	III	IУ
Основные	I,4		I,4	I,3
Дополнительные	I,3		I,25	I,2
Особые	I,I		I,I	I,I

Примечание. К дополнительным силам и нагрузкам относятся нагрузки, действующие случайно и кратковременно в результате повышения уровня воды выше нормального расчетного, появления подвижной нагрузки, повышенного давления грунтовых вод из-за нарушения нормальной работы дренажных устройств, появления дополнительных нагрузок в процессе постройки и ремонта сооружений.

I.79. В монолитных сооружениях и в сборных сооружениях с замоноличенными зубьями расчет устойчивости на сдвиг производится с учетом сил трения и сцепления грунта по грунту, как это показано на рис.4. Расчет производится по формулам I0 и I0[I] СНиП II-Б.8-62.

I.80. Напряжение в грунте основания сооружения проверяется по формулам неравномерного сжатия:

$$\sigma_{\substack{\text{макс}\\\text{мин}}} = \frac{\Sigma P}{F} \pm \frac{\Sigma M_0}{W} \quad т/м^2,$$

где ΣP – сумма вертикальных сил;

F – площадь подошвы основания $F = L \cdot B$ (B – ширина в направлении действия сдвига, L – длина подошвы);

W – момент сопротивления, равный $\frac{L \cdot B^2}{6}$ $м^3$;

M_0 – момент всех сил, действующих на элемент относительно центра тяжести основания и по направлению сдвига в т.д.

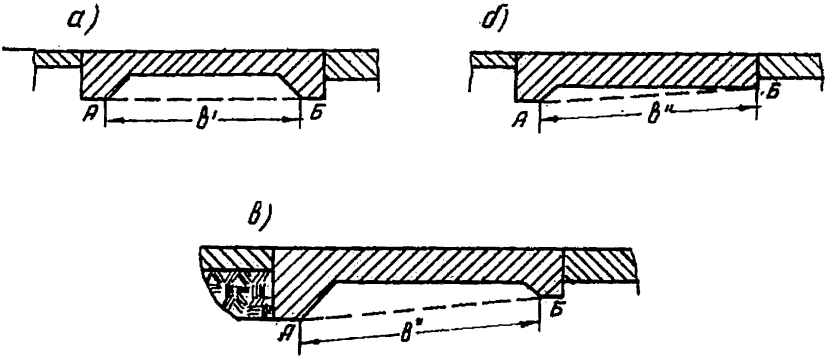


Рис.4. Проверка устойчивости сооружения при плоском сдвиге

При расчете должны быть выполнены следующие условия:

1) $\sigma_{max} \leq [\sigma]$, здесь $[\sigma]$ - допускаемое напряжение для грунта основания;

2) $\sigma_{мин.} \geqslant 0$ - условие отсутствия растягивающих напряжений;

3) неравномерность напряжений грунта в местах примыкания элементов не должна превышать допустимых коэффициентов $K' = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{min}}$, указанных в табл. 6.

Таблица 6

Характеристика грунта основания	Коэффициент неравномерности K'
Песчаные грунты	3,0
Глина плотная	2,0
Глина слабая (близкая к пластичной)	1,5

Проверка напряжений в грунте основания производится для строительных и эксплуатационных условий.

Примечание. Для неразрезной конструкции (коробчатое, доковое сечение) расчет производится с учетом упругости основания, согласно примеру - расчету, приведенному в приложении I к настоящим "Указаниям".

I.8I. Устойчивость сооружений и их элементов определяется расчетом несущей способности оснований по следующим схемам деформации последнего: плоского сдвига, смешанного сдвига и глубинного сдвига.

При расчете на устойчивость сооружения по схеме плоского сдвига должны быть выполнены следующие условия:

I) коэффициент консолидации

$$\delta = \frac{K_\varphi}{a(1+\varepsilon_1)\gamma_g} \geqslant 1.10^7 \text{ см}^2/\text{год},$$

где a - коэффициент уплотнения, определяемый по формуле

$$a = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\sigma_2 - \sigma_1}$$ при компрессионных испытаниях;

2) коэффициент сдвига

$$tg\Psi = tg\varphi + \frac{c}{\sigma} \geq 0{,}45, \text{ при удовлетворении условий}$$

$$N_0 = \frac{\sigma_{макс}}{B\gamma} \leq \frac{\sigma_{пред}}{B\gamma} = Б,$$

где B – расчетная ширина основания в м;

γ – объемный вес грунта основания в т/м^3;

$\sigma_{пред}$ – предельное значение среднего нормального напряжения грунта в подошве сооружения, при котором еще имеет место плоский сдвиг. Величина $\sigma_{пред}$ определяется расчетом согласно указаниям СНиП, II-Б.8-62;

C – сцепление грунта основания в т/м^2.

I.82. Для сооружений IУ класса капитальности и в первом приближении для сооружений более высоких классов допускается производить расчет по схеме плоского сдвига по формуле:

$$\sigma_{кр} = A\gamma_2' B tg\varphi + 2c\ (I + tg\varphi),$$

где A – коэффициент, изменяющийся в пределах от I,75 до 3,5 (по теоретическим и опытным данным), для расчета может быть принят равным 2,5;

γ_2' – объемный вес взвешенного в воде грунта в т/м^3;

B – ширина сооружения понизу в м (в направлении течения);

C – сцепление грунта основания в т/м^2;

φ – угол внутреннего трения грунта основания взвешенного в воде.

При $\sigma < \sigma_{кр}$ устойчивость проверяется по схеме плоского сдвига.

I.83. Расчет устоев и подпорных стенок ведется на погонный метр, если их ширина в полтора и более раза превышает высоту. При несоблюдении этого условия расчет следует вести на сооружение в целом. При П-образном очертании устоя и расчете его в целом рекомендуется учитывать силы трения от бокового давления грунта.

I.84. Подпорные сопрягающие стенки сооружений можно рассчитывать с использованием нормативных указаний (СН-200-62), а также литературных источников /I0,II,I4,I5а,87,88,42/.

I.85. Расчет бычков производится на горизонтальное сдвигающее давление от полного напора на затвор и вертикальные силы от собственного веса бычка, веса моста и др. При этом расчете сечение в месте расположения пазов должно быть проверено на растяжение под действием опрокидывающего момента, которому сопротивляется верховая часть бычка, расположенная до узкой (пазовой) части.

Расчет бычка для случая ремонта производится согласно указаниям п.2.81-г настоящих "Указаний".

При разрезной конструкции флютбета расчет бычков следует вести согласно п. I.80 настоящих "Указаний".

I.86. Противофильтрационные диафрагмы и завесы рассчитываются на разность фильтрационных давлений по обе стороны диафрагмы (завесы) с учетом временной подвижной нагрузки со стороны более высокого горизонта фильтрационных вод. Временную нагрузку рекомендуется учитывать в виде эквивалентной нагрузки.

I.87. Зубья подземного контура, жестко связанные с плитой водобоя, понура или подпорной стенки, рассчитываются на прочность по схеме – консоль, заделанная в плите или стенке.

Сдвигающее усилие, воспринимаемое зубом, может быть определено по предельной нагрузке грунта на выпор, но не более действующей на флютбет разности полного сдвигающего усилия и сил трения.

I.88. Глиняное ядро, используемое в качестве диафрагмы, должно быть проверено на устойчивость против скольжения по цилиндрической поверхности с учетом гидродинамической нагрузки.

2. РЕГУЛИРУЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ

2.I. Регулирующие сооружения имеют своим назначением:

а) автоматическое или ручное регулирование количества подаваемой воды на различные участки оросительной системы, или сбрасываемой воды с целью частичного или полного опорожнения канала или отдельных его участков;

б) регулирование уровней воды в канале с помощью затворов или автоматически- переливом воды через порог водослива.

2.2. По конструкции водопропускной части регулирующие сооружения разделяются на следующие типы: а) открытые регуляторы, б) трубчатые регуляторы.

Трубчатые и открытые регуляторы могут быть совмещенными с мостом или переездом для автотранспорта.

Примечание. Регулятор с забральной стенкой (диафрагмой) относится к открытому типу.

2.3. При выборе типа регулирующего сооружения рекомендуется учитывать следующие их особенности:

а) гидравлическая работа открытых регуляторов более стабильна при колебаниях горизонтов воды, чем трубчатых; в трубчатых регуляторах возможна смена режимов из безнапорного в напорный и полунапорный в результате изменения расхода воды в канале. При расчете и конструировании сооружения может быть принят только один режим – безнапорный или напорный;

б) открытые регуляторы требуют меньших напоров для пропуска расчетных расходов воды по сравнению с трубчатыми;

в) открытые регуляторы в большинстве случаев обеспечивают малую удельную стоимость на единицу расхода воды при малых значениях разницы горизонтов воды (Δz) верхнего и нижнего бьефов при пропуске максимальных расходов воды;

г) элементы сооружений открытых регуляторов легко доступны для ремонта и осмотра в процессе эксплуатации; в трубчатых регуляторах периодический осмотр и производство профилактического ремонта затруднительны;

д) открытые регуляторы подвержены температурным деформациям, а на значительную часть элементов трубчатых регуляторов температурные деформации влияют слабо;

е) открытые регуляторы находят преимущественное применение при необходимости пропуска плавающих тел в нижний бьеф в условиях шуговых и ледовых явлений в каналах и в случае использования автоматически действующих затворов (например, затворов Финке);

ж) трубчатые и диафрагмовые регуляторы преимущественно применяются при значительных колебаниях уровня воды в верхнем

бьефе (0,5 м и более), а также при пропуске малых расходов при больших напорах (водовыпуски на магистральных каналах).

2.4. Выбор типа сооружения (открытого или трубчатого)должен производиться на основании технико-экономических расчетов с учетом изложенных выше основных характеристик типов регуляторов, специфики их работы, местных условий, наличия местных строительных материалов, условий и сроков производства работ.

А. Открытые регуляторы

2.5. Открытый регулятор представляет собой защищенный от размыва лоток прямоугольной или трапецеидальной формы, снабженный затвором.

Примечание. Открытые регуляторы с боковым водосливом для автоматического сброса воды в настоящих "Указаниях" не рассматриваются.

2.6. Открытые регуляторы отдают предпочтение в следующих случаях:

а) при значении гидравлического перепада 0,1 м и менее при пропуске максимального расхода;

б) при малой глубине и незначительном колебании горизонта воды верхнего бьефа;

в) на всех каналах, работающих круглый год в условиях шуго - вых и ледовых явлений;

г) на всех каналах, где требуется пропуск плавающих тел в нижний бьеф;

д) перед сбросным каналом (трактом);

е) в качестве перегораживающего сооружения;

ж) где требуется установка автоматического вододействующего затвора.

2.7. Высотное положение открытого регулятора на канале должно обеспечивать:

а) при применении его в качестве перегораживающего сооружения - полный сброс воды из верхнего бьефа в нижний, а также пропуск форсированного расхода при нормальном горизонте воды в верхнем бьефе;

б) при применении его как водовыпуска в удалый канал – пропуск нормального расхода при минимальном горизонте воды в старом канале;

в) при применении его в качестве перегораживающего сооружения на катастрофическом сбросе – по заданию, применительно к местным условиям;

г) при применении его с автоматическим вододействующим затвором – нормальную работу без подтопления его нижнем бьефом;

д) при применении его в качестве водомерного сооружения – обеспечение разности горизонтов воды или высотного положения горизонтов согласно паспортным требованиям установки измерительных приборов.

2.8. Перечень материалов, необходимых для гидравлического расчета открытых регуляторов, приводится в п.1.54 настоящих "Указаний".

2.9. Максимальные удельные расходы воды открытых регуляторов рекомендуется принимать в размере до $1{,}5\ h\ v_{доп}$, где h – глубина воды в канале нижнего бьефа в м, $v_{доп}$ – допускаемая для грунта скорость на размыв в м/сек.

Для сооружений в выемке, при допустимости размыва отводящего русла нижнего бьефа, максимальный удельный расход может быть принят до 25 м^3/сек.

2.10. Рекомендуется принимать минимальное количество пролетов. Для сооружений одной и той же оросительной системы отверстия следует назначать, по возможности, одинаковыми по размеру.

Размеры отверстий должны соответствовать строительным нормам СН 149-60.

Рекомендуется принимать нечетное количество пролетов для достижения более равномерного распределения скоростей на расберме и недопущения обойности при пропуске расходов частью пролетов.

2.11. Размеры водобойного колодца или других видов гасителей определяются гидравлическим расчетом при максимальном полном расчетном расходе, половине расчетного и минимальном расходе.

Расчет половины максимального и минимального расходов следует производить при сокращенном количестве открытых отверстий, но при полном расчетном напоре.

2.I2. Наиболее распространенными типами гасителей энергии гидросооружений являются водобойные колодцы, образованные углублением дна или водобойной стенкой. В плане они выполняются с расширением к рисберме, без расширения и реже с сужением. В колодцах с расширением центральный угол роспуска следует принимать не более I2°.

2.I3. При проектировании водобойного колодца рекомендуется предусматривать дополнительно к нему:

а) гасители в виде сплошной или прорезной стенки;

б) растекатели —тонкие вертикальные стенки в конце колодца.

Высота растекателей принимается равной примерно половине глубины воды в месте установки, а длина должна быть в 2–8 раза больше высоты. Растекатели устанавливаются в направлении требующегося расширения потока.

Примечание. Прорезная стенка может быть заменена гребенкой с формой сечений, приведенной в альбомах сооружений для повторного применения.

2.I4. Водобойная стенка проектируется при необходимости снижения скорости на рисберме (заглубленная рисберма) или в случае, если устройство заглубленного водобойного колодца затруднено.

Расчет водобойной стенки ведется аналогично расчету водобойного колодца с дополнительной проверкой условий сопряжения потока, переливающегося через стенку, с нижним бьефом на рисберме.

2.I5. При значительном расширении водобойного колодца рекомендуется придавать водобойной стенке или водобойному уступу полуциркульную в плане форму, направленную выпуклостью по течению воды и очерченную радиусом из центра схождения боковых продольных стенок.

Примечание. Обязательным условием применения других видов гасителей энергии является соблюдение гидравлического подобия проектируемого объекта с моделью или с сооружением, находящимся в эксплуатации.

2.I6. Расчет пропускной способности открытых регуляторов следует производить по "Техническим условиям и нормам проектирования гидротехнических сооружений. Гидравлические расчеты водосливов", ВНИИГ, I952 г.

2.17. Гидравлический расчет сопряжений бьефов можно производить, пользуясь справочной литературой /1,2,5,28,29,30,37,52, 58/, расчет гасителей - по Кумину /8,19-22,38/.

2.18. Гидротехнический расчет открытых регуляторов обосновывается и производится в порядке, указанном в пп. 1.66 и 1.67 настоящих "Указаний".

2.19. При проектировании подземного контура открытых регуляторов необходимо руководствоваться условиями, изложенными в пп. 1.60-1.65 настоящих "Указаний".

2.20. Поверочный гидротехнический расчет проводится для чрезвычайных условий с целью определения устойчивости частей сооружения при особых сочетаниях нагрузок и воздействий (нарушение работы дренажных устройств).

Основные указания по конструированию и расчету открытых регуляторов

2.21. Понур проектируется согласно пп. 1.20-1.38 настоящих "Указаний".

2.22. Открытый регулятор в водопроводящей части проектируется в виде лотка трапецеидального и прямоугольного сечения. Соответствующая форма придается входному отверстию, перекрываемому затвором.

Регулирующее сооружение трапецеидального сечения с таким же отверстием имеет удельный расход, близкий к удельному расходу канала, работает с хорошими гидравлическими показателями, но требует сложной формы затворов и по этой причине применяется редко.

Открытые регуляторы с прямоугольным входным отверстием и водобойной частью трапецеидальной формы выполняются из железобетона, армобетона, бетона и камня; характеристика их дана в п. 1.14-г настоящих "Указаний" (см. входной оголовок с обратными стенками).

Открытый регулятор с лотком водопроводящей части прямоугольного сечения является конструктивно и гидравлически лучшим, вы-

полняется из железобетона, бетона, армобетона и камня. Отверстие может иметь один пролет или разделено бычками или стойками на несколько пролетов. Служебный и пешеходный мосты проектируются железобетонными.

2.23. Водобойный колодец регулятора может быть расположен непосредственно за затворами или вынесен (в крупных сооружениях) за пределы бычков. Конструктивные формы и характеристики см. в пункте I.I4.

2.24. При проектировании регулятора необходимо обосновать:

а) принятую конструкцию и состав элементов сооружения, которые должны обеспечить пропуск потребных расходов воды при заданных гидравлических параметрах, наносов, плавающих тел, льда и шуги (если это требуется по условиям работы канала), работу водомерных приборов (если это предусматривается проектом);

б) необходимость выполнения элементов сооружения из монолитного бетона при максимальном использовании сборного железобетона;

в) разбивку сооружения на пролеты и выбор типа затворов;

г) разрезку флютбета на части и размещение швов.

Кроме того, должна быть проверена несущая способность грунтов оснований с учетом требований пп. I.77 и I.82 настоящих "Указаний".

2.25. В целях создания плавного входа струи с возможно малым сжатием потока, лобовой части береговых устоев и бычков придается полукруглое очертание (в плане); в некоторых случаях бычки проектируются с постепенным уменьшением толщины к хвостовой части, что требует специального обоснования в проекте в связи с усложнением формы бычка.

2.26. Толщина бычков определяется статическими расчетами, габаритами подъемных механизмов, подлежащих размещению на бычках, размерами анкерных частей, пазовых конструкций и закладных частей поворотных опорных осей сегментных затворов.

2.27. При разрезной конструкции флютбета береговым устоям придается уголковая форма подпорной стенки с целью выравнивания давления на грунт и использования пригрузки земли для увеличения устойчивости сооружения. Размер выносной консоли устоя

определяется из условий выравнивания давлений на грунт основания согласно п.1.80 настоящих "Указаний".

2.28. При конструировании примыкания шпунтов к железобетонным или бетонным элементам сооружения следует учитывать:

а) недопустимость передачи вертикальных сил от щитовой стенки, флютбета, бычков и устоев на шпунт;

б) что передача горизонтальных сил от щитовой стенки флютбета, бычков и устоев на верх шпунта при коротких шпунтах не рекомендуется, а для длинных допустима, но необходимо предусматривать в конструкции шва между этими элементами и шпуром возможность горизонтальных смещений в сторону нижнего бьефа.

2.29. Противофильтрационные диафрагмы гидротехнических сооружений по виду материала могут быть железобетонные, деревянные, металлические, парусные и в виде глиняного ядра. Ядро подвержено разрушению землеройми, поэтому при ненадежных средствах борьбы с ними оно может быть применено только ниже уровня грунтовых вод. Применяются также антисептированные деревянные диафрагмы, но только при условии постоянного нахождения их под водой.

2.30. При проектировании швов между элементами гидротехнических сооружений и диафрагм рекомендуется пользоваться " Типовыми деталями гидротехнических сооружений" Ленгипроводхоза, вып. I,4, 1960 г. и "Альбомом проектов деформационных швов в гидротехнических сооружениях" ВНИИГ (1961 г.).Возможно также перекрытие зазоров вертикальных швов, показанное на рис. 5 и рекомендуемое для сборных сооружений.

2.31. Основные случаи расчета прочности и устойчивости элементов водопроводящей части сооружения производятся для условий:

а) строительства без засыпки грунтом, когда на элемент действуют лишь его собственный вес, вес мостов и другие вертикальные силы, создающие условия неравномерного сжатия;

б) строительства или эксплуатации с засыпкой грунтом (для устоев, подпорных стенок), когда к вертикальным силам добавляется давление земли, строительных механизмов на призме обрушения и др.;

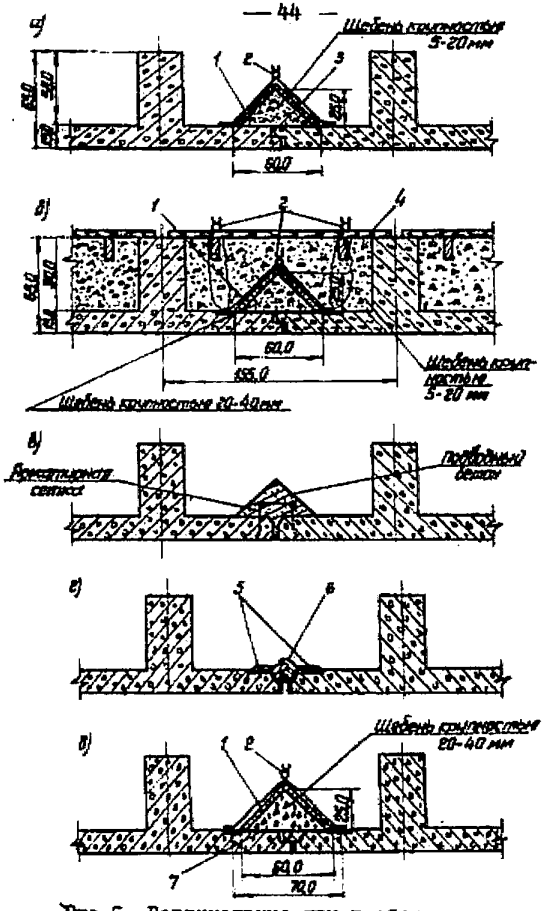


Рис.5. Вертикальные швы в сборных сооружениях: I - деревянный короб;2 -проволочная скрутка; 3 -заделка зазора просмоленными досками; 4 - дощатый щит; 5 - закладные части из стали; 6 - металлический шунт ШШ-I, разрезанный пополам; 7 -резина полосовая

в) эксплуатации, когда затвор опущен на флютбет, поддерживается полный напор и отсутствует вода в нижнем бьефе;

г) ремонта, когда в одном пролете держится подпор или высокий уровень воды, а другой пролет ограждён ремонтными затворами и осушен.

2.82. Методика расчета устоев, бычков и подпорных стенок производится в соответствии с указаниями пп. I.83-I.85.

2.83. Основной расчет щитовой коробки неразрезной конструкции производится на сдвиг при полном напоре, отсутствии воды в нижнем бьефе и нормальной работе фильтра.

Примечание. Для обеспечения бесперебойной работы, осмотра и ремонта фильтров рекомендуется предусматривать съемные плиты над ними.

2.84. Расчет толщины флютбетной плиты при неразрезной конструкции должен производиться для сооружений II и III классов как балки на сплошном упругом основании с учетом вертикальных нагрузок от веса бычков или лицевых стенок устоев и пролетного строения мостов, а также временной нагрузки на мостах и действующих моментов от бокового давления земли или воды со стороны соседних пролетов.

Расчет флютбета менее ответственных сооружений может производиться по приближенным формулам как балки на упругом основании, по аналогии с примером, приводимым в приложении I.

2.85. Расчет толщины флютбетной плиты при разрезной конструкции производится на взвешивание под действием фильтрационного давления. Коэффициент запаса на взвешивание принимается в размере запасов на устойчивость по основным нагрузкам, согласно таблице 5 п.I.78 настоящих "Указаний". Расчетные условия принимаются такие же, как в пункте 2.88.

2.86. Вторым расчетным случаем для крупных сооружений является расчет плиты водобоя при пропуске воды из-под щита при полном напоре.

В этом расчете фильтрационное давление несколько снижается, но появляется дополнительное давление вследствие пульсации гидродинамической нагрузки. Кроме того, для крупных сооружений учитывается влияние на величину пульсационных давлений волнового воздействия в верхнем бьефе, а также дополнительный напор на сооружение от набегания волны.

Влияние волнового воздействия определяется согласно СН 92-60 "Технические условия определения волновых воздействий на морские и речные сооружений и берега".

Пульсационная составляющая гидродинамической нагрузки на верхнюю грань плиты водобоя может быть определена по формуле Г.А.Юдицкого /52/:

$$\frac{A_g}{h_{кр}} = 0,11 \frac{\ell}{\ell_0} + a\left(\frac{T_0}{h_{кр}}\right)^c,$$

где $a = \left[0,85 + 24\left(\frac{\ell}{\ell_0} - 0,6\right)^{2,6}\right] \cdot 10^{-4}$;

$c = 2,25 + 8,5\left(1 - \frac{\ell_0}{\ell}\right)$

A_g – максимальный размах пульсации вертикальной нагрузки на плиту водобоя в единицах водяного столба;

ℓ_0 – длина плиты водобоя;

ℓ – длина гидравлического прыжка;

T_0 – превышение верхнего бьефа над водобоем с учетом скорости подхода;

$h_{кр}$ – критическая глубина.

Расчет пульсации при наличии волн определяется по литературным данным /58/.

Расчет пульсации нагрузки на плиты водобоя и рисбермы размером $\frac{\ell_0}{\ell} < 0,4$ может быть произведен по графикам Г.А.Юдицкого / 52,58/.

2.37. В случае, указанном в п.2.36, плита водобоя подлежит расчету на сдвиг с учетом гидродинамического воздействия на гаситель (расширитель).

Силовое воздействие потока на гаситель (реакция) определяется из условия:

$$R = \xi_w \gamma \omega \frac{v^2}{2g},$$

где ξ_w – опытный коэффициент реакции гасителя, определяемый по графику рис.6;

ω – площадь проекции тела гасителя на плоскость нормальную направлению движения потока в $м^2$;

v – скорость потока, набегающего на гаситель в м/сек;

$$K = \zeta_q \gamma \omega \frac{v^2}{2g}$$

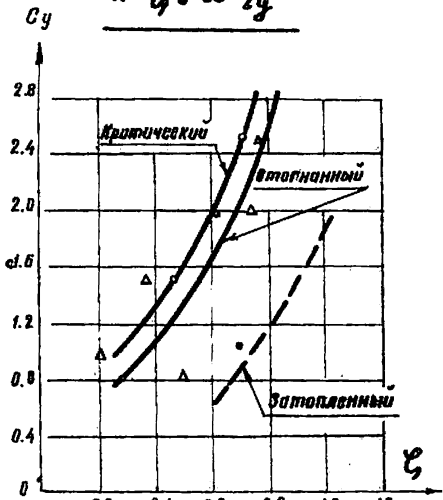


Рис.6. Кривые значений коэффициента ревкции на гаситель ($\delta_x = 0{,}50$)

γ - объемный вес воды в т/м^3;

R - реакция гасителя в т.

2.38. Силовое воздействие на гаситель необходимо принимать с поправкой пульсационной (динамической)составляющей:

$$P = R + P_п ,$$

где R - осредненная нагрузка (реакция)на гаситель;

$P_п$ - пульсационная составляющая по направлению действия силы R .

В предварительных расчетах можно принимать $P=1,5\,R$. Для ответственных случаев необходимо проводить экспериментальные исследования.

Точку приложения равнодействующей (реакции) в расчетах следует принимать на середине высоты гасителя.

2.39. Подпорные сопрягающие стенки, противофильтрационные диафрагмы, зубья подземного контура, глиняное ядро рассчитываются в соответствии с указаниями пп. I.84-I.88 настоящих "Указаний".

2.40. Конструирование раскрепы производится согласно с пп. I.89-I.44 настоящих "Указаний".

Б. Трубчатые регуляторы

2.41. Трубчатые регуляторы рекомендуется применять преимущественно в следующих случаях:

а) при большом гидравлическом перепаде (0,5 м и более) в качестве водовыпуска на крупных каналах;

б) в узлах сооружений при глубоких каналах для получения компактной входной части;

в) в узлах сооружений при совмещении с переездом под автогужевую дорогу, когда часть отверстий узла принята открытого типа;

г) в качестве водомерного регулятора.

Примечание. Трубчатые регуляторы не рекомендуется применять на каналах в тех случаях, когда минимальный расход воды в трубе проходит с заиляющими скоростями.

2.42. Высотное положение сооружения и размеры отверстия назначаются из условий выполнения следующих требований:

а) обеспечение пропуска форсированного расхода при нормальном горизонте воды в верхнем бьефе и пропуск нормального расхода при минимальном горизонте воды в верхнем бьефе;

б) затопление прыжка в трубчатой части регулятора в непосредственной близости от затвора;

в) затопление верхней кромки входного отверстия горизонтом воды верхнего бьефа в целях предотвращения образования воронки (захвата воздуха);

г) соблюдение условий п.2.7,д настоящих "Указаний" для водомера-регулятора.

Высотное положение трубы, её уклон и размеры должны быть выбраны так, чтобы обеспечивалось постоянство гидравлического режима в трубе, исключалась возможность самопроизвольной зарядки на максимальную пропускную способность.

2.48. Перечень материалов, требуемых при гидравлическом расчете трубчатых регуляторов, приводится в п.I.54 настоящих "Указаний".

2.44. Расчетные условия для трубчатых регуляторов:

а) по условиям затопления входа - затопленный и незатопленный;

б) по длине трубы - длинная, короткая и как отверстие в тонкой стенке;

в) по условиям гидравлического режима - полунапорная, напорная или с переходным режимом;

г) по показателю режима работы - незатопленная, затопленная (подтопленная) с нижнего бьефа; с полунапорным или напорным режимом; с прыжком-волной или прыжком; переходный от полунапорного к напорному.

Напорная труба рассчитывается по формуле:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gZ}$$

Полунапорная и безнапорная трубы рассчитываются по формуле:

$$Q = m \sigma_н b \sqrt{2g}\ H^{3/2}$$

Расчет пропускной способности глубинных трубчатых отверстий рекомендуется проводить по справочнику /87/.

Расчет сопряжения с нижним бьефом для труб с замкнутым поперечным сечением выполняется приближенно – по удельному расходу, определяемому для осредненной величины площади выходного сечения трубы и с использованием таблиц /45/.

2.45. Расчет и анализ работы сооружения производится также и для промежуточных расходов при полном напоре на затворе и истечении из-под щита.

2.46. Гидротехнический расчет трубчатых регуляторов выполняется на основе данных, изложенных в п.I.59 настоящих "Указаний".

2.47. По результатам гидротехнического расчета трубчатых регуляторов производится:

а) построение кривой депрессии фильтрационного потока в обход сооружения из верхнего бьефа в нижний, на основании которой определяется длина трубы;

б) определение напоров и давлений в понурной и водобойной части сооружения, откорректированных на основании кривых депрессий в обход сооружения и вдоль трубы;

в) построение кривой депрессии безнапорного движения фильтрационного потока вдоль трубы, откорректированной по кривым депрессии в обход сооружения, необходимое для назначения количества и размеров диафрагм;

г) определение опасных для нормальной эксплуатации сооружения градиентов напора по пути фильтрации, а также выходных градиентов на контактах несвязных мелкозернистых и крупнозернистых грунтов и у дренажей;

д) определение фильтрационного расхода (в необходимых случаях с целью проверки размеров дренажей, утечки воды из верхнего бьефа и др.).

2.48. Гидротехнический расчет производится по методу, изложенному в п. I.66,а настоящих "Указаний", а также по указаниям СНиП II-И.4-62.

2.49. На основании гидротехнического расчета принимается очертание засыпки трубы грунтом, размеры которой должны обеспечить вписывание расчетных кривых депрессии в пределах этого контура. Для сооружений, эксплуатируемых под напором зимой,

кривая депрессии должна проходить ниже глубины промерзания. Снижение кривых депрессии при этом достигается при помощи диафрагм, застенных дренажей и обратного фильтра в конце трубы.

Основные указания по конструированию и расчету трубчатых регуляторов

2.50. Форма входного и выходного оголовков принимается с учетом рекомендаций, изложенных в п.I.I4 настоящих "Указаний".

2.5I. Понурная часть конструируется по указаниям пп.I.20–I.88. Длина понура принимается обычно в пределах длины входного оголовка вследствие снижения его роли в гашении фильтрационного напора.

2.52. Против обходной фильтрации предусматривается запуск стенок входного оголовка в откосы канала на величину не менее I,0 м и устройство диафрагм по оси трубы согласно гидротехническому расчету.

Шпунты применяются только на крупных трубчатых регуляторах в особо сложных геологических условиях.

2.53. Входной оголовок башенного типа принимается в следующих случаях:

I) на водовыпусках из крупных магистральных каналов для обеспечения ремонтных работ в трубе при полном напоре перед затвором;

2) для забора воды из верхних горизонтов (нижние слои при этом перекрываются верховым затвором);

3) когда на трубчатом регуляторе ставится аварийный или ремонтный затвор и если напор над верхом трубы превышает 2 м.

2.54. При проектировании башни необходимо учитывать, что:

а) башня должна быть отделена конструктивными водонепроницаемыми швами от остальной части трубы; размеры фундаментной подушки определяются по допускаемому давлению на грунт и осадке основания и из условий недопустимости всплывания башни; коэффициент запаса на всплывание принимается не менее I,05;

б) отрицательное давление на подошве не допускается; опрокидывающее давление для башни в откосе определяется по разности

активного давления грунта с двух сторон и при наличии на дамбе временной нагрузки; расчет башни возможен при другой комбинации действующих сил – активное давление грунта и дополнительное давление грунтовой воды в дамбе, образующееся за счет разности горизонтов в канале и дамбе;

в) на каналах, работающих зимой, во избежание ледовых воздействий (навал плавающего ледяного поля и удары одиночных льдин) рекомендуется башню вдвигать в откос; величина давления при этом определяется в соответствии с техническими условиями СН 76-59;

г) расстояние между затворами в башне определяется из условия обеспечения производства ремонта, но не менее I,0 м; размеры верхнего строения определяются из условия размещения подъемных механизмов; расстояние от внешних габаритов подъемного механизма до перильного ограждения принимается 0,5 м; помещение для защиты механизмов, как правило, не предусматривается;

д) ширина служебного мостика назначается и его расчет производится из условия размещения на нем подъемного механизма и обслуживающего персонала;

е) в случае слабых грунтов в основании башни проектируется железобетонная подушка; расчет ее необходимо производить как плиты на упругом основании.

2.55. Сопрягающие стенки оголовков трубчатого сооружения рассчитываются аналогично оголовкам открытых регуляторов (см. ссылку на литературу в п.I.84 настоящих "Указаний").

2.56. Для трубчатого регулятора наиболее часто применяют плоские колесные и скользящие затворы; последние проектируются с коэффициентом трения не свыше 0,I; возможно также применение сегментных затворов.

2.57. Длина трубчатой части сооружения при совмещении с переездом определяется шириной гребня, назначаемой по габаритам класса дороги. Ширина гребня из условия проезда сельскохозяйственных машин принимается 7,0 м.

Проезжая часть переезда-регулятора должна быть ограждена от случайной установкой надолб.

2.58. Число отверстий трубчатого регулятора определяется технико-экономическими расчетами; при относительно малой раз-

нице в технико-экономических показателях рекомендуется принимать нечетное число отверстий в целях облегчения борьбы со сбойностью течения в нижнем бьефе при пропуске сниженных расходов из-под щита.

2.59. Трубы принимаются, как правило, круглого и прямоугольного сечения. Не исключена возможность применения круглых труб с вставками, подковообразного и овоидального сечений.

Выбор формы труб производится на основании технико-экономических сравнений с учетом обеспечения стабильного гидравлического режима и условий строительства.

Круглые трубы с одинаковой толщиной стенки и одинаковой арматурой наиболее распространены как в сборном, так и в монолитном исполнении.

Подковообразные и овоидальные трубы применяются преимущественно одноочковые при больших засыпках над трубой; прямоугольные трубы – главным образом в многоочковых трубах на большие расходы и при необходимости сокращения потерь напора на сооружении.

2.60. Трубы в зависимости от местных условий и назначения могут укладываться на грунтовое ложе, на подготовку и на фундаментную подушку. Фундаментная подушка применяется:

а) при устройстве трубы на слабых грунтах, дающих недопустимую для конструкции трубы и ее стыков осадку;

б) для уменьшения осадки труб от динамического воздействия автотранспорта;

в) в целях уменьшения действующих усилий на трубу от реакции основания и бокового давления;

г) при укладке трубы на скальное ложе.

Подготовка под трубы устраивается также в случаях, указанных в пп. I.I6 и I.I8 настоящих "Указаний" и для облегчения статической работы поперечного сечения трубы; угол обхвата фундаментной подушки трубы принимается от 90 до $I20^{0}$.

2.6I. Для двух-и трехочковых круглых труб расстояние между осями принимается таким, чтобы между внешними образующими на уровне осей было расстояние не менее 60 см.

2.62. Трубы рассчитываются при наиболее неблагоприятных сочетаниях нагрузок и воздействий, из которых к основным относятся следующие: вертикальное и горизонтальное давление грунта; собственный вес элементов; подвижная нагрузка от наземного транспорта; внутреннее и наружное давление воды; динамические воздействия от временной нагрузки; влияние температуры; силы, связанные с заделкой трубы в оголовки; силы, связанные с замерзанием концов в грунте при отсутствии свободных продольных перемещений.

2.63. К особым сочетаниям нагрузки относятся нагрузки и воздействия, входящие в основные сочетания, а также:

гидростатические и динамические давления воды при уровнях, отвечающих чрезвычайным условиям эксплуатации;

давление фильтрационных вод при нарушении нормальной работы противофильтрационных и дренажных устройств;

сейсмическое воздействие;

температурные и усадочные воздействия.

Примечание. Не следует учитывать одновременное воздействие редко повторяющихся и кратковременно действующих нагрузок, например, сочетание сейсмических и температурных воздействий.

2.64. Влияние подвижного наземного транспорта следует учитывать вертикальным давлением, приложенным к верхней половине трубы. Давление можно принимать в виде равномерно распределенной нагрузки по горизонтали с интенсивностью, определяемой по таблице 7.

2.65. При наличии на полотне дороги над трубой жесткого дорожного покрытия изменяется интенсивность временной нагрузки. Это изменение учитывается заменой толщины жесткого покрытия расчетной толщиной (где будет приложена временная нагрузка):

$$\Delta h = h \left(\sqrt[3]{\frac{E_q}{E_0}} - 1 \right),$$

где Δh и h – толщина жесткого дорожного покрытия, расчетная и фактическая;

E_q и E_0 – модули деформаций покрытия и грунтовой засыпки.

Таблица 7

$H^{x)}$, м	Нормативная нагрузка: Н-10	Н-13	Н-18	Н-18 утяжеленный	Н-80	НТ-60	НК-80	гусеничный кран грузопод 15 т
	интенсивность давления в $т/м^2$							
0,6	4,62	5,84	6,19	8,00	3,56	4,96	18,75	3,42
0,8	2,61	3,34	3,68	4,56	2,71	4,11	8,40	2,87
1,0	1,67	2,14	2,60	2,98	2,22	3,41	5,87	2,50
1,2	1,16	1,48	1,78	2,14	1,81	2,92	4,56	2,20
1,4	0,85	1,15	1,42	1,68	1,54	2,51	3,78	1,97
1,6	0,65	0,95	1,07	1,32	1,35	2,22	3,28	1,77
1,8	0,51	0,81	0,85	1,09	1,16	1,95	2,80	1,60
2,0	0,42	0,73	0,69	0,92	1,04	1,70	2,50	1,45

Значения E_q для различных категорий автодорожных покрытий приведены в таблице 8.

Таблица 8

Категория дороги	Тип покрытия: усовершенствованные капитальные	усовершенствованные облегченные	переходные
	модуль деформации покрытия (E_q) в $кг/см^2$		
I	700	650	–
II	600	600	–
III	580	500	–
IV-V	475	380	300

Примечание. При использовании для расчета данных табл.4 из приложения 2 табличное значение модуля деформации грунта для засыпки уменьшается наполовину.

x) H – глубина расположения верха трубы ниже поверхности земли.

2.66. Для статического расчета трубы требуются геотехнические данные в соответствии с п.I.69 настоящих "Указаний".

Для малоответственных сооружений разрешается принимать осредненные значения (нормативные) геотехнических характеристик грунтов согласно приложению 2 к настоящим "Указаниям".

2.67. Расчет трубы следует производить как статически неопределимую систему с учетом жесткости, условий укладки (в траншее, в насыпи), условий опирания (на грунтовое ложе, на фундамент), температурных деформаций, усадки и т.д.

Методика расчета приведена в приложении I (примеры I,3), а также в литературных источниках /I7,86-4I,44/.

2.68. Наружная поверхность труб должна быть покрыта водонепроницаемым изолирующим слоем. Наиболее часто применяется окрасочная гидроизоляция растворов битума в бензине или горячим битумом. В более ответственных случаях и при наличии агрессивных грунтовых вод принимается оклеечная изоляция с запуском ее на менее 0,75 м на вертикальные плоскости.

2.69. Диафрагмы трубчатых сооружений рассчитываются на разность давлений со стороны верхнего и нижнего бьефов, возникающих вследствие снижения кривой депрессии фильтрационных вод, и усилия от временной нагрузки, расположенной с верховой стороны диафрагмы. Диафрагма также должна быть проверена на пассивный отпор, возникающий вследствие продольных подвижек трубы от температурных воздействий.

2.70. Различают следующие наиболее распространенные конструкции соединения труб (швов): шпоночные, раструбные, на муфтах (жесткие и гибкие).

Шпоночные стыковые соединения применяются в прямоугольных трубах, раструбные – в железобетонных круглых трубах; стыки на муфтах, превращающие сборную железобетонную трубу в монолитную, требуют устройства под трубами бетонного фундамента и применяются для труб с большим внутренним давлением; гибкий стык на муфтах также применяется на трубах с большим внутренним давлением.

Примечание. Трубы из монолитного железобетона могут быть запроектированы на всю длину без швов на непросадочных основаниях. В остальных случаях в монолитных трубах устраиваются деформационные швы через 30–50 м.

2.7I. Выходной оголовок трубчатого регулятора, как правило, совмещается с гасителем энергии. В начале оголовка устраивается напорный паз ремонтного затвора если в сооружении две и более ниток.

Форма выходного оголовка, требования к нему и к водобойной части выполняются в соответствии с пп. I.I4, 2.I2-2.I5 настоящих "Указаний".

2.72. Входные и выходные оголовки отделяются от тела трубы конструктивными швами, как находящиеся в различных условиях и воспринимающие различную внешнюю нагрузку.

При проектировании швов рекомендуется пользоваться " Типовыми деталями гидротехнических сооружений. Деформационные швы", выпуск I, Ленгипроводхоз, I960 г.

2.78. Проектирование рисбермы и сопряжений с земляным руслом канала производится по пп.I.39-I.44 настоящих "Указаний".

3. СОПРЯГАЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ

3.I. Сооружения, устанавливаемые на каналах в местах сосредоточенного падения воды, являются сопрягающими. Основное назначение их следующее:

а) создание таких гидравлических условий движения воды на примыкающих к сооружению участках канала, которые бы обеспечивали бесперебойную подачу воды на системе в заданных количествах и при заданных горизонтах;

б) обеспечение безопасного режима работы канала и сооружения;

в) пропуск в нижний бьеф плавающих тел и шуги.

3.2. Сопрягающие сооружения делятся на открытые или трубчатые быстротоки и перепады.

3.3. Выбор типа сопрягающего сооружения и конструкции производится на основании настоящих "Указаний" и технико-экономических сопоставлений с учетом сезонности его работы на системе, а также условий гидрогеологических, топографических, производства работ и сроков строительства.

Примечание. Сооружения с круглогодичной работой принимаются обычно открытыми.

3.4. Большинство сопрягающих сооружений могут проектироваться в сборном железобетоне при монолитном флютбете.

А. Быстротоки

3.5. Быстроток – сопрягающее сооружение, в котором вода проходит в нижний бьеф по лотку водоската с уклоном дна больше критического, без отрыва струи.

3.6. При проектировании быстротоков необходимо руководствоваться следующими положениями:

а) быстротоки в большинстве случаев экономически целесообразнее применять при больших падениях с относительно малым уклоном местности;

б) уклон дна быстротока назначается в пределах 0,2–0,05 для длинных и не более 0,3 для коротких водоскатов при условии получения скорости в конце водоската, близкой к предельно допустимой, с учетом технико-экономических показателей;

в) предельно допустимые скорости назначаются согласно указаниям главы СНиП II.И-3.62 (таблица 26 приложение 3);

г) быстротоки чаще применяются в случаях, когда требуется обеспечить работу сооружения в любое время года;

д) быстротоки хорошо поддаются тарировке, в связи с чем рекомендуется использовать их в качестве водомерных сооружений.

3.7. Наименование частей и элементов быстротоков принимается следующее:

а) входной оголовок с элементами: предпорожное крепление, верховой зуб, порог и боковые сопрягающие стенки;

б) водопроводящая часть с элементами: щитовая стенка, диафрагма, наклонный лоток водоската со стенкой падения в конце его, поперечные дрены под дном водоската и обратный фильтр у стенки падения;

в) выходной оголовок с элементами: водобойный колодец, дополнительные гасители энергии в нем (трамплины, шашки, пирсы, растекатели), сопрягающие стенки нижнего бьефа, водобойный уступ или стенка, концевой зуб водобоя, обратный фильтр и застенные дренажи;

г) слив с элементами: рисберма, низовой зуб рисберма, плавная выемка (за зубом).

3.8. В случае необходимости регулирования расходов и горизонтов воды оголовок быстротока снабжается затворами.

3.9. Для быстротока с затвором измерительной (водомерной) частью является отверстие затвора, затопленного водой с верхнего бьефа. Затвор снабжается прибором, определяющим высоту его подъема, а в верхнем бьефе устанавливается уровнемер.

Водоизмерительной частью для транзитного (без затворов) быстротока является гребень водоската, снабженный прибором для измерения горизонта воды на нем.

3.10. Быстротоки, как правило, проектируются открытыми. Трубчатые быстротоки в напорном режиме можно применять для напусков с постоянным расходом, а для переменного расхода – при безнапорном режиме. Проектирование трубчатых быстротоков выполняется в соответствии с пп. 3.62, 3.68 настоящих "Указаний".

3.11. Открытые быстротоки по конструкции лотка водоската бывают:

а) с призматическим лотком;

б) с переменной шириной лотка, в том числе ромбовидные в плане;

в) с повышенной шероховатостью;

г) струйные – с лотком водоската, разделенным продольными стенками на несколько лотков;

д) смешанные.

3.12. Условия применения быстротоков:

а) призматический – с постоянной шириной лотка по дну и нормальной шероховатостью – более прост в производстве, проще выполняется в сборном железобетоне, менее подвержен истиранию наносами. Применяется при большой протяженности быстротока, продольный уклон которого определяется допускаемой скоростью на размыв, а также при малой протяженности и больших уклонах;

б) с переменной шириной водоската, уширяющейся к низу. Применяются в условиях повышенных уклонов, при прохождении трассы быстротока в грунтах, требующих снижения удельных расходов при трапецеидальном поперечном сечении лотка – проектируются по

указаниям САНИИРИ (рис.7); выполнение в сборном железобетоне затруднительно;

в) с повышенной шероховатостью – при больших уклонах, при необходимости снижения скоростей воды на водоскате до допустимых.

Примечание. Устройство повышенной шероховатости не рекомендуется в случаях:
насыщенности потока крупными песчаными фракциями;
устройства повышенной шероховатости на части длины быстротока;
работы быстротока в условиях зимнего времени;

г) струйные – при соотношении глубины к ширине в конце водоската 1:10 и более для исключения боковой раскачки и продольной волны;

д) смешанные – верхняя часть выполняется призматическая, нижняя – ромбовидная в плане с трапецеидальным сечением лотка; проектируются по указаниям САНИИРИ. Область применения – на быстротоках большой протяженности, при прохождении трассы в грунтах, требующих снижения удельных расходов. Могут быть изготовлены из сборных железобетонных элементов.

3.13. Ось быстротока по возможности должна быть прямолинейной. Длина прямолинейного участка на протяжении самого сооружения и в подводящем канале должна быть не менее учетверенной ширины по дну, а в отводящем канале – не менее утроенной ширины по дну. Ось быстротока должна быть увязана с общей разбивкой сети на орошаемой территории.

3.14. Продольный профиль быстротока должен проектироваться таким, чтобы элементы сооружения не имели подсыпного основания.

Изменение уклонов дна водоската (переломы по продольному профилю) допустимо в пределах, исключающих отрыв струи от дна водоската.

В случаях резкого изменения уклона рекомендуется вводить промежуточный (средний) уклон на небольшом участке, определяемый из условия вписывания его в профиль, с соблюдением требования о недопустимости отрыва струи и увеличении объема земляных работ.

Участок быстротока на протяжении входного оголовка и слива принимается с нулевым уклоном дна.

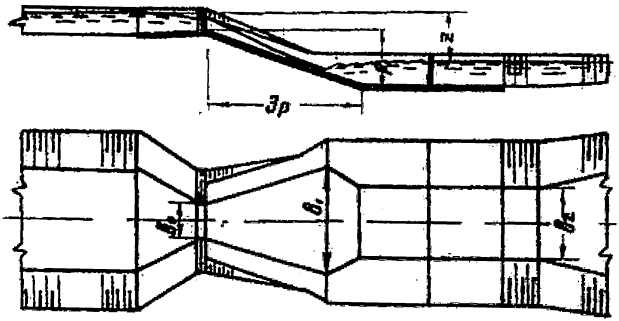


Рис.7. Трапецеидальный быстроток САНИИРИ

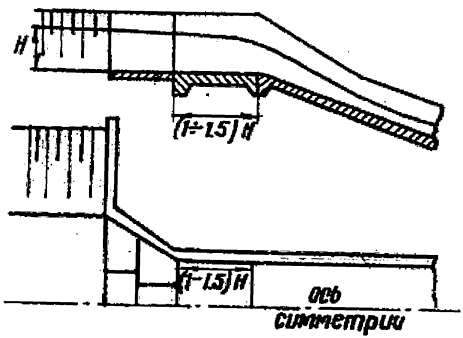


Рис.8. Конструкция входа в быстроток

3.15. Назначение отметки гребня водоската и размеров отверстия в щитовой стенке производится из условий обеспечения нормального водозабора в ближайшие водовыпуски на канале верхнего бьефа, а также недопущения образования кривой спада и недопустимых скоростей на размыв для незакрепленного русла и подпора при пропуске минимальных расходов.

3.16. Исключение образования кривой спада достигается:

для нерегулируемых (транзитных) быстротоков – устройством прорези в пороге;

для регулируемых быстротоков-сужением входа на быстроток.

Примечание. Переход от суженной части входа к нормальной ширине быстротока производится только на горизонтальной его части (рис.8).

3.17. Выбор типа быстротока производится по результатам сравнения технико-экономических показателей вариантов. При этом подлежат совместному сравнению показатели водоската водобойной части и рисберма.

3.18. Для гидравлического расчета быстротоков необходимо иметь данные, изложенные в п.I.54 настоящих "Указаний", а также данные о насыщенности потока наносами и о предельных скоростях на размыв.

3.19. При гидравлическом расчете открытых быстротоков определяются:

а) форма и размеры входного оголовка и его отверстия;

б) условия образования кривой подпора или спада в верхнем бьефе и длина предпонурного крепления;

в) кривая свободной поверхности воды на водоскате с учетом аэрации;

г) поперечные размеры лотка водоската;

д) искусственная шероховатость;

е) размеры концевой части водоската;

ж) сопряжение бьефов и общие размеры водобойной части;

з) размеры рисбермы;

и) сопряжение рисбермы с земляным руслом;

к) ширина и глубина местного размыва за рисбермой;

л) для быстротоков с зимним режимом – работа верхнего бьефа в условиях покрытия канала льдом, потребные глубины и скорости

для пропуска расчетных расходов, возможность образования заторов и борьба с ними, условия пропуска льда в нижний бьеф, маневрирование затворами для пропуска льда, возможности образования луги, места ее скопления, скорости воды в русле, стесненном шугой, и горизонты;

и) для открытых быстротоков II и III класса по капитальности, входящих в состав узла сооружений, - распределение напоров между сооружениями узла, анализ транспортирующей способности потока в нижнем бьефе быстротока, возможность размыва русла нижнего бьефа и потребные мероприятия для ликвидации этого размыва, а также снижение горизонта воды нижнего бьефа, связанное с размывом.

3.20. Гидравлический расчет открытых быстротоков проводится для расходов: максимального расчетного, 1/2 максимально-расчетного, минимального.

Расчет для второго и третьего случаев производится при истечении из-под щита при полном расчетном напоре.

Расчет проводится по указаниям литературы /см, например, 1, 2, 5, 23, 29, 30, 37, 52, 58/.

Коэффициент затопления гидравлического прыжка принимается согласно п.I.76 настоящих "Указаний".

3.21. Быстроток рассчитывается при двух значениях коэффициента шероховатости: при малом - для сопряжения бьефов и при повышенном - для определения запаса стенок над уровнем воды в быстротоке. При проверочном расчете разрешается коэффициент затопления прыжка снижать до 1,0.

3.22. Гидравлический расчет водобойного колодца и гасителей производится в соответствии с указаниями пп. I.56-I.58 и 2.II-2.I4 настоящих "Указаний".

3.23. Технические условия гидравлического расчета трубчатых быстротоков, вопросы, которые должны быть освещены при их проектировании, и требуемые для расчета данные должны быть выполнены в соответствии с пп. 2.48-2.45, 3.62, 3.63 настоящих "Указаний".

3.24. Для гидротехнического расчета быстротоков требуется иметь данные, приведенные в п.I.59 настоящих "Указаний".

3.25. Гидротехнический расчет быстротоков производится с целью:

а) определения элементов фильтрации под флютбетом оголовка и в обход его стенок;

б) проектирования в некоторых случаях застенного дренажа по длине и дренажа водобойного колодца;

в) проверки устойчивости грунта от механической суффозии фильтрационным потоком на выходе в нижний бьеф в области низового обратного фильтра;

г) то же, от местной суффозии на контактах грунтов, значительно отличающихся размерами средних диаметров и коэффициентами неоднородности (мелкозернистых и крупнозернистых грунтов);

д) проверки устойчивости грунта на выпор и выбора места расположения концевого обратного фильтра, а также для определения его размеров и размеров составных элементов;

е) проверки устойчивости откосов в нижнем бьефе сооружения с учетом гидродинамического давления фильтрационного потока;

ж) проверки возможности появления сосредоточенной фильтрации по контакту грунт-подошва сооружения, грунт-боковые его стенки, а также по трассе отводного дренажного коллектора и в обход по кратчайшему направлению "верхний бьеф - начало застенного дренажа нижнего бьефа";

з) исключения возможности химической суффозии при наличии в основании нестойких против растворения водой грунтов;

и) определения напоров и давлений от воды в области фильтрации при статическом расчете элементов сооружения; выявления общей устойчивости его на сдвиг и размеров элементов (понура, сопрягающих и подпорных стенок, флютбета, водобойной части, быков, устоев и др.);

к) определения состава противофильтрационных дренажных устройств, их месторасположения и размеров для снижения величины фильтрационного давления на подошву водоската и другие его элементы;

л) анализа возможного состояния движения фильтрационных вод: полностью напорного на всем протяжении подземного контура или с отрывом горизонта фильтрационных вод от подошвы сооружения в зоне гребня водоската и образования полунапорного режима.

Гидротехнические расчеты производятся в соответствии с указаниями пп. I.60–I.6I и I.66–I.67 настоящих "Указаний", литературы /27, 37, 48,50/, а также "Технических условий и норм проектирования гидротехнических сооружений. Расчеты фильтрации. ВНИИГ, 1941г.

3.26. Облегчение воздействий фильтрационной воды на элементы сооружения достигается применением следующих конструктивных мероприятий:

а) углубление зуба в начале понура или устройство понурного шпунта.

Примечание. Зуб под гребнем водоската не применяется, как не дающий требуемого эффекта;

б) удлинение понура; предельная длина водопроницаемого понура может быть приближенно определена по формуле:

$$l_{п.пред} = 2\sqrt{\frac{K_0}{K_п} \cdot t \cdot T}\ ,$$

где K_0 и $K_п$ – коэффициенты фильтрации основания и понура,
t – толщина понура,
T – заглубление поверхности водоупора под подошвой понура;

в) устройство отсечки падения в конце водоската по кривой ниспадающей струи;

г) устройство дренажа под водоскатом на длине не более 2/3 нижней части водоската, применяемого на сооружениях с большим падением и при малых уклонах лотка;

д) устройство обратного фильтра в конце водоската;

е) то же, под водобойным колодцем вместо устройства его в начале рисбермы;

ж) устройство застенного дренажа (рис.9).

3.27. Общие требования, предъявляемые к подземному контуру быстротока изложены в пп.I.62–I.65 настоящих "Указаний".

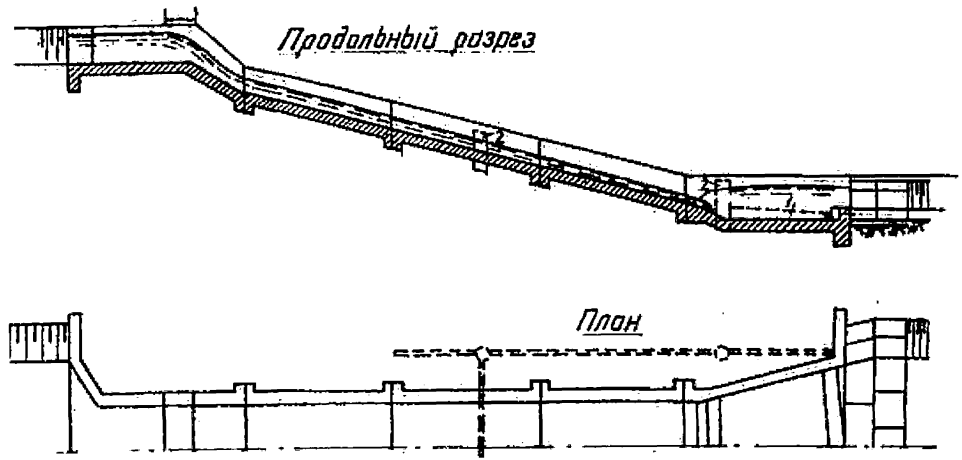


Рис.9. Застенный дренаж у быстротока:
I - дрена; 2 - смотровые колодцы

Основные конструктивные требования к проектированию быстротоков

3.28. К проектированию быстротоков предъявляются следующие основные требования:

а) входной оголовок при малых скоростях в канале (до 1,0 м/сек) рекомендуется принимать простейшей формы – с обратными стенками; при скоростях воды более 1,0 м/сек форма оголовка должна быть более совершенной и решена с применением нырящих стенок, нырящих откосов и косых плоскостей;

б) для быстротоков, работающих в зимних условиях, входной оголовок не должен иметь сужения, чтобы исключить возможность образования заторов льда и шуги у входа. Кривая спада ликвидируется устройством порога;

в) поперечное сечение лотка водоската может быть трапецеидальное и прямоугольное. Для крупных сооружений чаще применяется прямоугольная форма поперечного сечения.

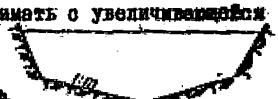
Быстротоки трапецеидального сечения рекомендуется проектировать ромбовидными в плане. Коэффициент заложения откосов (m) принимается не более 1,5.

Для быстротоков, работающих в зимних условиях, лучшей формой поперечного сечения будет прямоугольная, так как прямоугольный лоток меньше подвержен обмерзанию.

3.29. Для быстротоков большой длины с лотком водоската нормальной шероховатости, в целях исключения волнообразования, поперечное сечение его рекомендуется принимать с увеличивающейся глубиной к оси согласно схеме:

при $i < 0{,}1$; $m = 4 \div 5$

при $i = 0{,}1 - 0{,}2$; $m = 3 \div 4$



3.30. Возвышение стенок входного оголовка быстротока над максимальным расчетным горизонтом принимается равным возвышению дамб канала над расчетным уровнем, а боковых стенок водоската – не ниже величин, приведенных в таблице 9.

Таблица 9

Расходы, $м^3/сек$	менее I,0	I-I0	I0-30	30-50	50-I00
Запасы над горизонтом воды, см	20	30	40	50	60

Примечания: I. Запасы в высоте стенок даны над расчетным уровнем воды в быстротоке с учетом аэрации.

2. В быстротоках трапецеидального сечения с заложением боковых стенок $m \geq I,5$ высоту боковых стенок над уровнем воды следует увеличивать на I5%, т.е. несколько больше, чем указано в таблице 9.

Возвышение верха выходных участков принимается в зависимости от принятого способа гашения энергии в нижнем бьефе.

3.3I. Высота продольных раздельных стенок струйного быстротока назначается равной нормальной глубине потока.

3.32. Элементы шероховатости лотка быстротока выполняются из армированного бетона или железобетона повышенных марок прочности (не менее М-200) и стойкости против истирания; для брусков, перекрывающих всю ширину лотка, рекомендуется предусматривать отверстия для спуска воды.

Расстояние между брусками шероховатости назначается равным 8÷I0-кратной высоте бруска, ширина бруска – 0,8÷I,0 высоты бруска.

3.33. Для быстротоков, работающих в зимних условиях, не рекомендуется устраивать трамплины в конце водоската.

3.34. Водоскат по длине разделяется вертикальными температурными швами, под которыми должны быть предусмотрены обратные фильтры.

Конструкция швов принимается согласно указаниям "Типовые детали гидротехнических сооружений. Деформационные швы", вып.I, Гидропроводхоз, I960г.

3.35. В случае, если водобой и рисберма принимаются расширяющимися в плане, то следует:

а) угол расширения принимать в пределах $tg\beta = \frac{I}{7} \div \frac{I}{I4}$ во

избежание отрыва потока от стенок быстротока и образования

сбойности; наименьший угол расширения принимается для наибольших скоростей;

б) для обеспечения растекания потока и сокращения длины прыжка в конце водобойного колодца устраивать уступ или водобойную стенку и боковые нырящие стенки с наименьшей высотой в конце водобоя (рис.10);

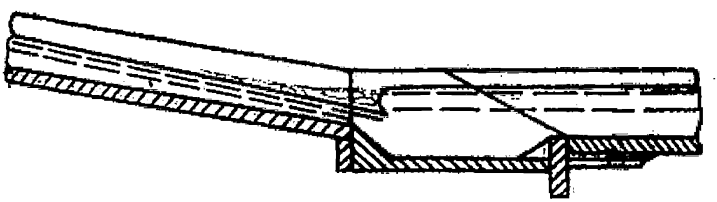


Рис.10. Конструкция водобойного колодца быстротока, обеспечивающая растекание потока и сокращение длины прыжка

в) при необходимости устройства угла расширения, превышающего указанные в п. "а" пределы, в водобойном колодце устанавливать растекатели, а водобойному уступу или стенке придавать криволинейное в плане очертание по дуге круга с центром в месте пересечения в плане продолжения боковых стенок.

8.86. Быстротоки криволинейные в плане, устраиваемые при обходе препятствий, проектируются с приподнятым внешним бортом, согласно наклону уровня воды, определяемому при спокойных потоках(с параметром кинетичности $П_к \leq 1{,}0$) по уравнению:

$$tg\alpha = \frac{v^2}{Rg},$$

где α - угол наклона воды к горизонту;

v - средняя скорость воды на повороте;

R – радиус закругления по отношению к середине лотка;

g – ускорение силы тяжести.

Примечания: 1. При бурных потоках с параметром кинетичности $\Pi_k > 1{,}0$ расчет наклона поверхности воды можно выполнять по рекомендации И.А.Мостикова /25/.

2. Минимальный радиус закругления R принимается равным десятикратной ширине лотка.

3.37. Толщина дна лотка водоската для случаев, принимаемых конструктивно, может быть назначена: для бетона 0,3–0,5 м, для железобетона 0,10–0,15 м; минимальные значения принимаются для меньших скоростей и глинистых грунтов.

3.38. Обратные фильтры в зоне больших скоростей могут быть устроены безвакуумными по предложению В.Н.Добровского (рис.11).

3.39. Дренаж под водоскатом устраивается только с поперечным расположением дрен. Устройство продольных дрен на водоскате не рекомендуется.

Отвод дренажных вод от быстротока осуществляется через трубчатый коллектор, проходящий в безопасном отдалении от быстротока.

На пересечении дрен с коллектором и в местах перелома трассы устанавливаются смотровые колодцы.

Дрены должны иметь уклон, обеспечивающий скорость воды в них не менее 0,2 м/сек.

3.40. Конструирование и расчет рисбермы производится согласно указаниям пп.I.39–I.44 настоящих "Указаний".

Расчет элементов быстротока

3.41. Расчет понура, элементов входного оголовка, щитовой стенки и сопрягающих обратных стенок быстротоков производится согласно пп. I.20, I.22–I.35, I.77–I.85, I.88 настоящих "Указаний".

Примечание. При расчете на устойчивость сооружений, работающих в зимних условиях, давление льда не учитывается, так как предполагается, что в зоне примыкания водной поверхности к стенке устраивается утепленная майна.

3.42. Лоток быстротока, имеющий прямоугольное поперечное сечение или сечение с небольшим наклоном стенок, проектируется

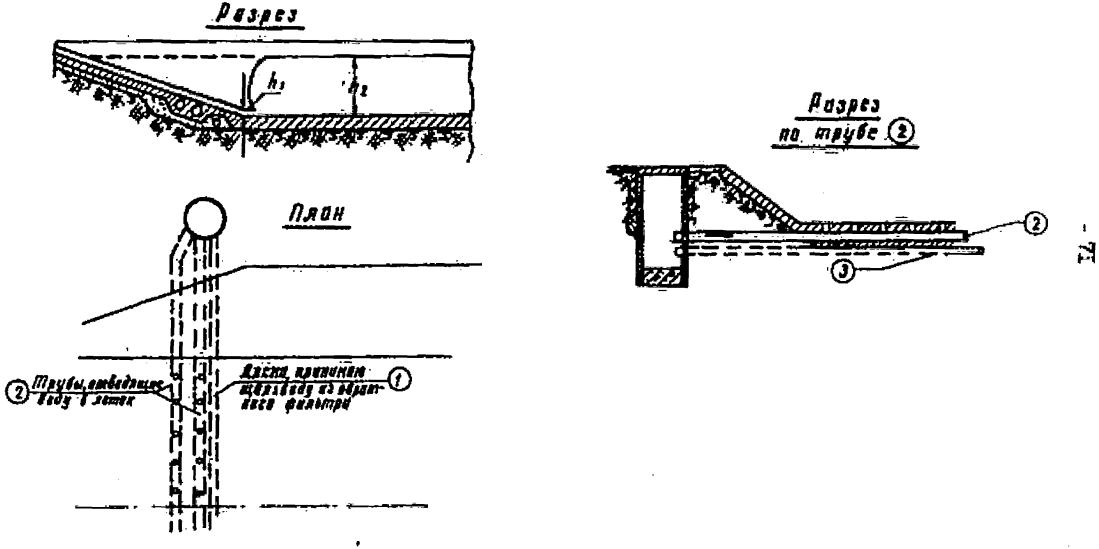


Рис.11. Безвакуумный обратный фильтр

из железобетона или армобетона неразрезной конструкции или с разрезкой по оси.

Лоток из бетона и бутобетона прямоугольного или трапецеидального сечения с заложением откосов до $m=1,5$ проектируется разрезной конструкции с продольными швами вдоль стенок. Этот тип применяется только для грунтов с хорошей несущей способностью.

3.43. Флютбет лотка быстротока разрезной конструкции рассчитывается: а) на взвешивание от фильтрационного давления или от высокого стояния горизонта грунтовых вод за стенками при :нитом фильтрационном давлении; б) на гидродинамическое воздействие от пульсации потока совместно с силовыми воздействиями на гасители при уменьшении величины взвешивания.

Наибольшая величина сочетаний силовых воздействий имеет место при полностью закрытых затворах или при пропуске через сооружение промежуточного расхода воды. Анализ воздействий и определение необходимых размеров облицовки лотка производится для обоих указанных случаев.

Величины воздействий определяются так же, как и для открытых регуляторов (пп. 2.33-2.38 настоящих "Указаний").

3.44. Лоток неразрезной конструкции трапецеидального или прямоугольного поперечного сечения рассчитывается на те же силовые воздействия, что и разрезной с дополнительным моментом в местах перелома поперечного профиля от веса откосных частей или от давления земли и воды за стенками.

Расчет производится по теории упругости для сооружений II и III классов и приближенными методами - для сооружений IV класса.

3.45. В качестве внутренних сил, вызывающих скалывающие усилия для элементов большой толщины, учитываются усилия от экзотермии, усадки бетона и его набухания.

3.46. При расчете крупных вертикальных элементов, получающих неравномерный прогиб от изгибающих моментов, следует учитывать также усилия от кручения.

Б. Перепады

3.47. Перепад-сопрягающее сооружение, в котором вода в месте сосредоточенного падения горизонтов воды в канале проходит в нижний бьеф через свободный прыжок по воздуху.

Перепады в большинстве случаев применяются в местах сосредоточенного падения, на местности с крутым скатом или у обрывов и на просадочных грунтах.

8.48. Перепады состоят из входного оголовка, слива и водобоя.

8.49. В случае необходимости регулирования расходов и горизонтов воды перепады снабжаются затворами, устанавливаемыми в щитовой стенке. На трубчатых перепадах затворы должны устанавливаться во всех случаях.

8.50. В зависимости от конструкции перепады различаются:

о т к р ы т ы е : а) ступенчатые с прямой или наклонной стенкой падения, б) консольные, в) щелевые, г) полунапорные (рис.12);

т р у б ч а т ы е : а) шахтные, б) с наклонной трубой, в) консольные.

П р и м е ч а н и е . Ступенчатые перепады применяются редко, как уступающие по своим технико-экономическим показателям быстротокам. Применение ступенчатого и особенно многоступенчатого перепада в каждом конкретном случае требует обоснования.

8.51. Условия применения перепадов:

а) наклонный и ступенчатый перепады применяются на местности с крутым падением рельефа. Для высоты падения до 3-5 м обычно применяется перепад с одной ступенью падения, а для больших высот - многоступенчатый (рис.13). Окончательный выбор производится в результате технико-экономических сравнений. Наклонный перепад не рекомендуется применять на просадочных грунтах ;

б) консольный - при больших падениях рельефа местности, когда допускается размыв отводящего канала (нижнего бьефа). Консольные перепады не рекомендуется устраивать на легкоразмываемых грунтах и на участках, где возможны оползневые явления;

в) щелевой перепад применяется как транзитный при небольших расходах и малых падениях (до 3-5 м), где требуется автоматически поддерживать горизонт воды в канале без образования кривой спада или подпора;

г) полунапорный - при большой протяженности крутых падений рельефа, где требуется сократить длину ступеней с целью вписывания сооружения в профиль рельефа;

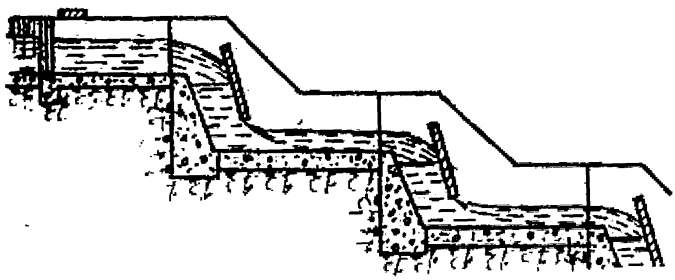


Рис.12. Полунапорный перепад

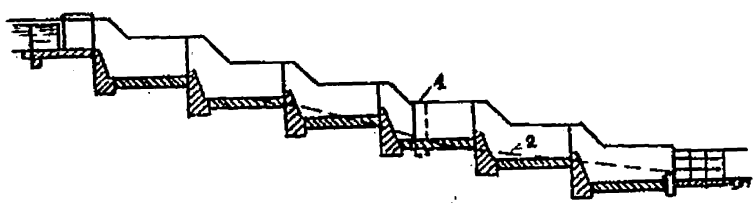


Рис.13. Многоступенчатый перепад: 1-смотровой колодец застенного дренажа; 2- коллектор застенного дренажа

д) шахтный – для малых падений (до 3-5 м) преимущественно применяется, когда требуется подать воду в канал, проходящий в насыпи; для больших падений – на крутых и обрывистых склонах, с глубоким заложением уровня грунтовых вод, когда горизонтальную штольню перепада можно выполнить туннельной проходкой;

е) трубчатый – для каналов с постоянным расходом воды; при необходимости применить его для переменного расхода воды необходимо входному оголовку придать форму, обеспечивающую безнапорный режим;

ж) трубчатый с консолью – для тех же условий, что и открытый консольный, с учетом условий по предыдущему пункту.

Примечание. На каналах, работающих в зимних условиях, трубчатые перепады не применяются.

3.52. Открытые перепады могут быть использованы в качестве водомерного сооружения; для использования в этих целях трубчатых перепадов необходимо устроить на входе в сооружение приставку с затвором, гидравлический режим которой должен быть независим от работы трубы перепада; кроме того, режим в трубчатом перепаде должен быть безнапорный.

Водоизмерительной частью в перепаде является отверстие, затопленное водой и перекрываемое затвором. Последний снабжен прибором, определяющим высоту подъема, и уровнемером горизонта воды в верхнем бьефе. Щитовое отверстие должно работать без подтопления его водой за щитом.

3.53. Ось перепада должна удовлетворять требованиям, приведенным в п.3.18 настоящих "Указаний".

3.54. Продольный профиль перепада (за исключением консольного) должен проектироваться на условия отсутствия элементов с подсыпным дном. Для консольных перепадов это требование относится только к начальной части.

3.55. Отметка порога и ширина отверстия входного оголовка назначаются в соответствии с п.3.15 настоящих "Указаний".

3.56. Ликвидация образования кривой спада в верхнем бьефе достигается соблюдением условий п.3.16 настоящих "Указаний".

3.57. Для гидравлического расчета перепадов требуются данные, приведенные в п.1.54 настоящих "Указаний".

3.58. При гидравлическом расчете перепадов необходимо учитывать пп. 3.19-3.22 настоящих "Указаний".

3.59. Гидравлический расчет ступенчатых перепадов производится с учетом следующих положений:

а) обязательное затопление прыжка с коэффициентом затопления не менее 1,05 для промежуточных ступеней и согласно указаниям п.1.76 для последней ступени;

б) длина ступеней определяется по формулам свободного прыжка (не подпертого уступом). Нижняя ступень рассчитывается по формуле подпертого прыжка для случаев устройства на ней водобойного порога, стенки или прорезного порога /2/;

в) анализ гидравлической работы, определяющий наихудшее состояние гашения энергии, для промежуточных расходов производится при полном напоре и истечении из-под щита.

3.60. Гидравлический расчет целевого перепада и с наклонной стенкой падения производится аналогично гидравлическому расчету ступенчатого перепада.

3.61. При гидравлическом расчете консольных перепадов учитывается, что:

а) расчет входного оголовка и лотка быстротечной части аналогичен расчету быстротока нормальной шероховатости; концевая часть рассчитывается по рекомендациям Н.Д.Чертоусова и справочнику ВОДГЕО /87,49а/;

б) уклон лотка быстротечной части и высота консоли выбираются такими, чтобы был получен наибольший отлет струи и наименьшая глубина размыва отводящего русла при недопущении чрезмерного увеличения земляных работ и утяжеления конструкции концевой опоры;

в) скорость на консольном лотке не должна превышать допустимой согласно указаниям СНиП II-И.8-62(приложение 3,табл.26);

г) с целью уменьшения глубины размыва нижнего бьефа в конце консоли устанавливаются гребенка с зубцами, трамплины и расходящиеся ребра (рис.14 и 15);

д) для уменьшения боковых сводов рекомендуется назначать такие формы концевой части консоли, которые обеспечивают наибольший угол встречи падающей струи с горизонтом воды нижнего бьефа;

е) центральный угол роспуска консоли (в плане) принимается не более $12-8^0$. Наименьшее значение угла принимается для наибольшей скорости.

3.62. При гидравлическом расчете трубчатых перепадов с наклонной трубой следует учитывать, что:

а) надежная работа перепада, обеспечивающая стабильное состояние переменных горизонтов и расходов, будет иметь место при безнапорном режиме;

б) надежная работа перепада при постоянном расходе может быть обеспечена в случаях точного совпадения размера гидравлических потерь (обусловленных размером отверстия трубы), разности отметок горизонтов воды верхнего и нижнего бьефов;

в) надежность работы определяется расчетом согласно пп.2.44-2.45 настоящих "Указаний".

3.63. Гидравлическим расчетом трубчатых перепадов определяются:

а) размеры отверстия входного оголовка;

б) отметки входного порога и гидравлический режим верхнего бьефа (подпор, спад, скорости);

в) общие размеры трубы;

г) общие размеры водобойной части и рисбермы;

д) глубина и ширина размыва за рисбермой;

е) пропускная способность при напорном режиме с падением не свыше 8 м;

ж) пропускная способность при безнапорном режиме - по напору от расчетного горизонта до центра входного отверстия;

з) напор над центром входного отверстия, необходимый для пропуска максимального расхода при расчете на безнапорный режим - для суждения о наличии запасов дамб над полученным горизонтом воды верхнего бьефа или об опасности перелива воды через дамбы;

и) анализ сработки объема воды верхнего бьефа при промежуточных расходах за счет зарядки трубы на полную пропускную способность;

к) анализ возможности переполнения емкости нижнего бьефа за счет сработки верхнего при зарядке перепада на полный расход.

3.64. При гидравлическом расчете шахтных перепадов учитываются следующие положения:

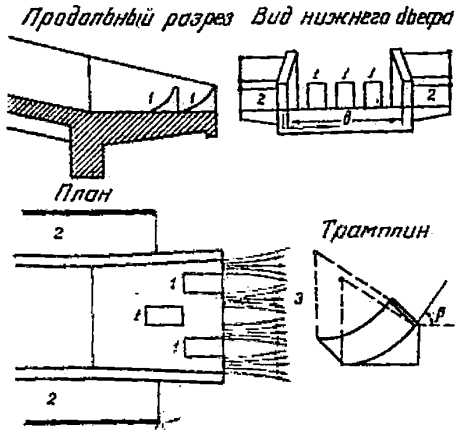


Рис.I4. Консоль с трамплинами:
I - трамплины; 2 - мостики;
3 - донные струи

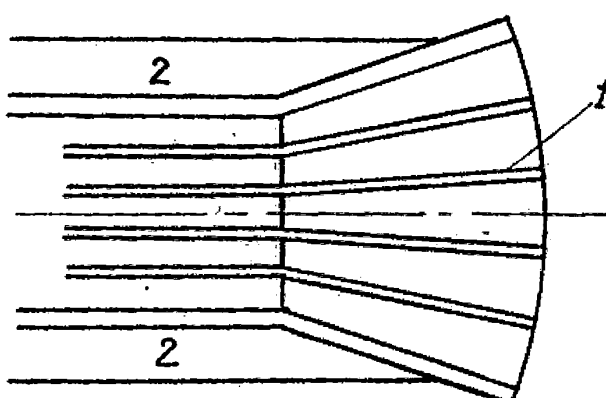


Рис.I5. Консоль с ребрами: I - ребро;
2 - мостики

а) входной кольцевой оголовок шахтного перепада может быть двух видов: с плоским гребнем, по типу водослива с широким порогом и без плоского гребня, по типу водослива практического профиля.

В первом случае радиус воронки R принимают не менее 6 Н, где Н – напор на водосливе; для второго типа радиус воронки принимают в пределах $2H \leq R \leq 5H$;

б) в шахтном перепаде на малые падения с затворами гидравлический режим трубчатой части не должен быть связан с гидравлическим режимом входного оголовка. Расчет их ведется раздельно: трубчатая часть рассчитывается из условий создания в горизонтальной части напорного режима, с горизонтом воды, исключающим подтопление отверстия в щитовой стенке входного оголовка; входной оголовок и его отверстие в щитовой стенке рассчитываются как незатопленный водослив с широким порогом;

в) горизонтальная часть шахтного перепада, помимо обеспечения напорного режима, проектируется из условия затопления прижка в трубе для всех возможных расходов.

8.65. При проектировании полунапорного перепада необходимо иметь в виду, что:

а) гидравлический расчет входного и выходного оголовков и их конструирование проводятся аналогично ступенчатому перепаду;

б) длина промежуточных ступеней полунапорного перепада короче длины ступеней обычного, что позволяет располагать его на крутых склонах без больших выемок;

в) промежуточные ступени устраиваются без колодца с уклоном 0,01–0,02 в сторону движения воды для обеспечения стока воды в период прекращения работы перепада;

г) поперечная отбойная стенка располагается на таком расстоянии от стенки падения, чтобы падающая струя ударялась о нее.

8.66. Гидротехнический расчет ступенчатого щелевого и полунапорного перепада производится по методике, изложенной в пп. I.59 и 8.25–8.27 настоящих "Указаний". Остальные перепады, как имеющие свободную депрессионную поверхность воды, рассчитываются применительно к техническим указаниям по гидротехническому расчету земляных плотин согласно указаниям СНиП II-И.4-62

(приложение 8), с определением пограничных условий по данным исследований на пространственной модели ЭГДА.

Проектное положение депрессионной поверхности уровня воды должно обеспечивать:

а) устойчивость элементов сооружения и откосов от оползания;

б) устойчивость грунта против образования внутренней (из слоя в слой) суффозии;

в) образование градиентов не выше предельных на суффозию в дренажное устройство;

г) отсутствие химической суффозии.

Депрессионная поверхность должна находиться ниже глубины промерзания.

Основные требования к конструированию перепадов

3.67. При конструировании ступенчатого перепада учитывают следующие положения:

а) выбор количества ступеней и их высоты производится из условия недопущения больших врезок в грунт, которые могут привести к удорожанию строительства и вскрытию грунтовых вод;

б) высоту ступеней следует делать одинаковой с целью упрощения и удешевления строительства;

в) расширение поперечного сечения перепадов производится не ранее нижней ступени и на рисберме. Центральный угол роспуска принимается не более $12\text{-}8^{0}$. Наименьшее значение угла принимается для наибольших допустимых скоростей на рисберме;

г) сопряжение лотков перепада прямоугольного сечения с трапецеидальным сечением рисбермы рекомендуется производить в соответствии с п.3.85,б,в настоящих "Указаний";

д) понурная и водобойная части промежуточных ступеней отделяются от стенок деформационными швами как для бетонных, так и для железобетонных сооружений. В разрезной конструкции поперечного сечения перепадов боковые продольные стенки от плиты флютбета также отделяются деформационными швами. Конструктивное решение швов в соответствии с классом капитальности сооружений

рекомендуется принимать по указаниям " Типовые детали гидротехнических сооружений. Деформационные швы", выпуск I, Ленгипроводхоз, 1960, а также по данным Н.Ф.Чавелева /51/;

е) длина рисбермы назначается равной I,5÷ 3,0-кратной длине прыжка с учетом пп. I.39-I.44 настоящих "Указаний"; если требуемая длина переходного участка от ширины в конце рисберми до ширины постоянного канала превосходит указанные пределы длины рисбермы, то производится его крепление на всем протяжении;

ж) выбор типа крепления рисбермы производят, исходя из средних скоростей, увеличенных на коэффициент неравномерности в пределах от I,I-2,5. Большое значение коэффициента неравномерности принимается для участков рисбермы, расположенных ближе к водобою, с учетом наличия и типа гасителей энергии, запроектированных дополнительно к водобойному колодцу. Толщина плит крепления рисбермы определяется расчетом по величине пульсации давления в соответствии с п.I.48 настоящих "Указаний"; длинная сторона плит направляется вдоль оси потока;

з) проектирование подземного контура производится согласно положениям пп. I.60-I.67 настоящих "Указаний". Деревянный шпунт принимается в тех случаях, когда обеспечивается постоянное его погружение под горизонт грунтовых вод; для остальных случаев принимается металлический шпунт.

3.68. При конструировании консольных перепадов учитываются следующие положения:

а) высота раздельных стенок консольного перепада принимается равной I,2 h , где h - глубина воды в конце водоската консоли;

б) ширина трамплинов принимается в I,5-2 раза больше ширины просветов между ними; наибольший эффект дают трамплины, расположенные в два ряда вразбежку;

в) высота трамплинов в конце консольного перепада принимается равной (I,2÷ 2,0) h , где h -глубина воды в конце водоската консоли; наибольшая величина принимается для наибольших скоростей;

г) консоль должна заканчиваться сливом во избежание подтекания воды под консоль и образования наледей в зимнее время;

д) береговая опора консольного перепада располагается на расстоянии не менее 5,0 м от бровки устойчивого откоса, глубина ее назначается не менее 1,5-2,0 м;

е) промежуточные опоры консольного перепада проектируются с заглублением на 1,5-2 м ниже плоскости устойчивого откоса;

ж) концевая опора, выполняемая из свай, железобетонных колонн, опускных колодцев, располагается ниже ожидаемой глубины размыва на 1,5-2,5 м в зависимости от класса сооружения.

3.69. В полунапорных перепадах железобетонная отбойная стенка жестко заделывается в продольные стенки перепада; для уменьшения конструктивных размеров отбойной стенки могут быть установлены как промежуточные опоры контрфорсы.

3.70. При конструировании трубчатых перепадов учитываются следующие положения:

а) во избежание возникновения сосредоточенной фильтрации вдоль стенок трубы устанавливаются поперечные диафрагмы, расстояние между которыми может быть определено из условия погашения 20-50% полного фильтрационного напора; меньший процент принимается для более устойчивых грунтов на размыв;

б) с целью уменьшения давления земли на продольные стенки засыпка пазух может быть запроектирована только до уровня расчетной глубины воды в данном месте, но с обязательным условием возможности отвода поверхностных вод за пределы заглубленной площадки. Ширина площадки принимается в пределах призмы обрушения;

в) стыки должны быть водонепроницаемыми и прочными, поскольку трубчатые сооружения подвержены вибрации и частой смене режимов от напорного к вакуумному;

г) в местах изменения направления оси трубы должны быть установлены массивные опоры, надежно воспринимающие усилия, возникающие от перемены направления движения потока.

3.71. Бермы у сооружения рекомендуется устраивать с небольшим уклоном в сторону от оси сооружения для исключения застоя воды у продольных стен.

3.72. Возвышение стенок перепадов над максимальным горизонтом устанавливается в соответствии с п.3.30 настоящих "Указаний".

3.73. Для частичного уменьшения фильтрационного давления на элементы перепада, расположенные от верхнего бьефа на расстояниях, исключающих возможность образования сосредоточенной фильтрации и суффозии грунта, применяются застенные и поперечные дренажные устройства. При этом:

а) приближение к верхнему бьефу дренажных устройств определяется гидротехническим расчетом, но не ближе 0,5-0,4 общей длины сопрягающего сооружения;

б) дренаж целесообразно выполнять из гончарных или перфорированных асбестоцементных труб ∅ 10-15 см, обсыпаемых разнозернистым песком толщиной до 30 см или двухслойным обратным фильтром с толщиной слоев не менее 10 см. Дренаж устраивается с уклоном, обеспечивающим скорость не менее 0,2 м/сек;

в) для контроля за работой дренажных устройств устанавливаются смотровые колодцы, располагаемые через 20-30 м в местах перелома трассы и на стыках дренажей с отводящим коллектором. Коллектор укладывается без обсыпки песком. Рекомендуется на дренаже устанавливать водомерное устройство. Для сооружений II и III класса установка водомерного устройства обязательна;

г) выход дренажа для периодически действующих сооружений принимается на отметке дна отводящего русла, а для постоянно действующих - на отметке несколько выше горизонта воды нижнего бьефа. Возможен отвод дренажного коллектора в сторону естественного понижения. Для консольных перепадов выход дренажа следует делать на уровне воды в воронке размыва.

Расчет элементов перепадов

3.74. Лотковые элементы и сооружения рассчитываются по указаниям для быстротоков (пп. 3.41-3.45 настоящих "Указаний"); расчет труб производится согласно пп. 2.62-2.67.

3.75. Отбойная стенка подпорных перепадов рассчитывается на изгиб от гидростатического и динамического давления падающего потока воды и от действия температурного расширения. Для предварительных расчетов величина давления воды может быть принята в пределах $(1,5 - 2,5)\ \frac{v^2}{2g}$.

3.76. Башни шахтного перепада рассчитываются на разность следующих сил:

а) разность между величиной активного давления от грунта засыпки с учетом наличия на гребне дамбы временной нагрузки и величиной активного давления грунта с противоположной стороны;

б) разность между величиной давления грунтовой воды, профильтровавшейся из канала, и величиной давления грунтовой воды с противоположной стороны при горизонте, уменьшенном вследствие снижения кривой депрессии.

Сумма указанных разностей давлений принимается за расчетную нагрузку.

3.77. Расчет устойчивости откосов перепадов следует производить согласно указаниям СНиП II-И.4-62. Величины коэффициентов запаса на устойчивость принимаются по таблице 4 указанной главы СНиП.

3.78. Расчет опор консольного перепада производится так же, как и башни шахтного перепада (п.3.76). Кроме того, учитываются силы трения воды о лоток и силы, возникающие в результате температурного удлинения лотка. Для уменьшения этой силы рекомендуется установка лотка на графитовые прокладки или более совершенные мостовые опоры.

3.79. Расчет устойчивости промежуточных и крайней опор консольного перепада проводится согласно указаниям СНиП II-В.3-62.

Примечание. До установления значений коэффициентов перегрузки однородности и условий работы для предельных состояний гидротехнических сооружений расчеты этих оснований допускается производить с применением общего коэффициента устойчивости, принимая при этом расчетные нагрузки, равными нормативным.

4. СООРУЖЕНИЯ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ (ВОДОПРОВОДЯЩИЕ)

4.1. К сооружениям на пересечениях относятся дюкеры, акведуки, лотки и трубы.

Выбор типа сооружения производится в зависимости от местных условий на основе технико-экономического сопоставления вариантов с учетом: а) величины потерь напора в сооружении, допустимой по условиям сопряжения канала; б) стоимости сооружения;

в) условий строительства; г) потребного количества и дефицитности строительных материалов.

Примечание. При технико-экономических расчетах могут быть использованы графики А.И.Островского /91/.

4.2. Вопрос, какой из двух пересекающихся водотоков следует пропустить через водопроводящее сооружение, решается технико-экономическими сравнениями. Как правило, водоток с меньшим расходом пропускается через сооружение.

При проектировании сооружения, пересекающего естественный водоток, должен быть рассмотрен вопрос о необходимости проведения регулировочных работ с целью стеснения потока и уменьшения длины водопроводящего сооружения.

4.3. Расчетные расходы естественных водотоков на пересечениях с проводящими сооружениями принимаются по расчетной вероятности превышения максимальных расходов на пересекаемом водотоке по СН 2-57 "Нормы и технические условия для расчета максимальных расходов воды при проектировании гидротехнических сооружений на реках" и в соответствии с п.6.5 главы СНиП, II-И.I-62.

4.4. Превышение верха стен входных и выходных оголовков сооружений над расчетным горизонтом воды в канале необходимо принимать по величинам превышения, установленным нормам п.4.47 главы СНиП, II-И.8-62 для бери каналов над теми же расчетными горизонтами.

А. Дюкеры

4.5. Дюкеры на каналах устраиваются при пересечении их с реками, каналами, глубокими суходолами, селевыми руслами и дорогами. Типы дюкеров показаны на рис. 16.

Примечание. На каналах, работающих круглый год, от применения дюкера рекомендуется воздерживаться.

4.6. Дюкеры представляют собой напорные трубопроводы, которые преимущественно применяются в следующих условиях:

а) пересекаемые естественные или искусственные препятствия имеют отметки элементов, близкие к отметкам элементов дна и

бровки канала, т.е. когда строительное сечение канала будет нарушено при прохождении через препятствие (рис.I6а);

б) элементы искусственного препятствия расположены недостаточно высоко для пропуска воды канала через трубу под препятствием, т.е. когда элементы трубы будут нарушены элементами искусственного препятствия (рис.I6б);

в) при пересечении естественных препятствий с пониженной частью, расположенной значительно (свыше 20 м) ниже дна канала (рис.I6в);

г) в промежутке между условиями по пунктам "а" и "в" или "б" и "в", когда по технико-экономическим показателям сравнения с другими решениями следует принимать дюкер(рис.I6г).

4.7. По количеству параллельно уложенных труб, называемых также нитками, различают дюкеры однониточные и многониточные. Частями дюкера являются:

а) основные - входной оголовок, напорный трубопровод и выходной оголовок. На перегибах трубопровода в необходимых случаях устанавливаются анкерные опоры;

б) вспомогательные - ремонтные затворы, служебные мостики, решетки, перильные ограждения, компенсаторы, контрольные люки, водовыпускные патрубки с задвижками.

4.8. Выбор материала для дюкера производится с учетом допустимого внутреннего давления в напорных трубах. Предельно допустимые внутренние давления приведены в табл.I0.

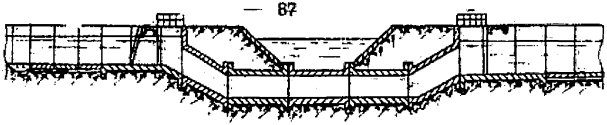
4.9. Плановое положение дюкера устанавливается с соблюдением следующих условий:

а) длина дюкера должна быть минимальной, в том числе за счет проведения подводящего и отводящего участков канала в насыпи. Переход от насыпи к дюкеру определяется на основании технико-экономического сопоставления;

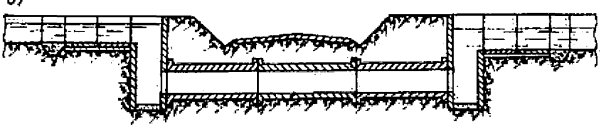
б) ось дюкера проводится по возможности перпендикулярно к стержню водотока или к оси пересекаемого искусственного сооружения;

в) дюкер должен проходить вне от пневых участков территории; при наличии тяжелых условий вопрос о местоположении сооружения необходимо решать одновременно с выбором трассы канала;

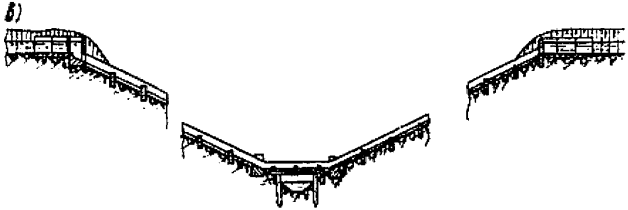
а)



б)



в)



г)

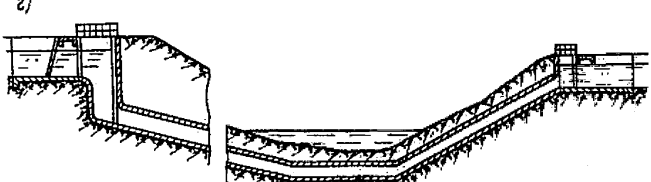


Рис.I6.Типы доков

Таблица 10

Материалы труб	Максимальное внутреннее давление воды в ати	Примечание
Железобетонные безнапорные унифицированные трубы	0,5	Требуется проверочный расчет
Железобетонные ненапряженные трубы индивидуального проектирования	5	
Железобетонные трубы предварительно напряженные	10	
Стальные трубы	не ограничено, но не менее 10	
Асбестоцементные трубы	от 8 до 12	Допустимое давление принимается в зависимости от марки труб по ГОСТ

Примечание. В длинных дюкерах с большой разностью давлений по длине следует переходить на трубы из другого материала, применительно к внутреннему давлению.

г) расстояние между трубами принимается согласно п. 2.61 (см.также п.4.40 настоящих "Указаний");

д) радиусы закруглений труб из сборных элементов должны назначаться в зависимости от диаметра, длины готовых звеньев и конструкции стыка. Минимальные радиусы закруглений в монолитном исполнении назначаются не менее пяти диаметров труб, независимо от материала, из которого они изготовлены.

4.10. Высотное положение дюкера проектируется с учетом следующих условий:

а) расположение осей труб входного и выходного оголовков и по длине трубопровода определяется на основании гидравлического расчета (см. пп. 4.12,д,ж, 4.18);

б) расположение осей труб на трассе дюкера зависит от материала и назначается для асбестоцементных, керамических и пластмассовых труб с заглублением под поверхность земли, как под-

верженных разрушению от ударов; стальные трубы должны быть уложены на опорах выше поверхности земли не менее чем на 0,6 м, как подверженные коррозии; железобетонные трубы могут быть уложены как с заглублением в грунт, так и над поверхностью земли или лежать непосредственно на земле. Заглубленные в грунт или обсыпанные грунтом трубы находятся в более благоприятных температурных условиях по сравнению с трубами незаглубленными;

в) в месте пересечения русла естественного водотока верх трубы заглубляется ниже дна возможного размыва русла на 0,5–1,0 м;

г) предельное заглубление в грунт определяется прочностью труб согласно установленным нормам.

4.11. Для гидравлического расчета дюкеров требуется иметь данные, перечисленные в п.1.54 настоящих "Указаний".

4.12. Гидравлическими расчетами определяются:

а) форма и общие размеры входного оголовка;

б) поперечное сечение труб дюкера, количество ниток;

в) гидравлические потери по длине дюкера при пропуске расходов воды через сооружения от $Q_{макс}$ до $Q_{мин}$;

г) скорости воды в трубе, возможность заиления труб, порядок пропуска расходов меньше $Q_{макс}$ для исключения заиления, порядок маневрирования затворами и отметки горизонтов воды на входе и выходе;

д) возможность образования кривой спада воды и размывающих скоростей в верхнем бьефе канала при пропуске расходов меньше максимальных;

е) гидравлический режим у входного оголовка трубы при пропуске различных расходов; возможность и место образования прыжка в трубе у входного оголовка при пропуске расходов меньше максимального;

ж) высотное положение элементов входного оголовка с точки зрения незаиления его;

з) форма и общие размеры выходного оголовка;

и) высотное положение отверстий труб у выходного оголовка и условия сопряжения потока, выходящего из труб, с нижним бьефом при пропуске расходов от $Q_{макс}$ до $Q_{мин}$ с учетом возможности пропуска воды через сокращенное количество труб;

к) сопряжение с рисбермой и незакрепленным руслом канала.

4.I8. При проектировании необходимо учитывать следующее:

а) скорости воды в трубе принимаются по условиям незаиляемости дюкера и допустимых потерь напора в канале в пределах от I,5 до 4,0 м/сек, но не менее скорости воды в канале;

б) не следует допускать образования размывающих скоростей в подводящем канале от образования кривой спада для расходов меньше $Q_{макс}$. Предупреждение образования кривой спада достигается созданием порога или сужения на входном оголовке;

в) заиление трубопровода недопустимо; целесообразно выбирать такое количество ниток труб, которое позволит путем перекрытия некоторых из них избежать заиляющих скоростей в трубопроводе;

г) нельзя допускать образования гидравлического прыжка в трубе при пропуске промежуточных расходов, вызывающего вибрацию труб и расстройство стыков. Для этого целесообразно понижать входное отверстие труб дюкера по схеме "г"(рис.I6);

д) не следует допускать образования воронок при прохождении максимального расчетного расхода. С этой целью гидравлические потери в дюкере должны соответствовать разности горизонтов воды верхнего и нижнего бьефов при $Q_{макс.расч}$, а шелыгу трубы рекомендуется заглубить под уровень верхнего бьефа на величину порядка $\frac{I,5}{2g} v_{тр}^2$, где $v_{тр}$ - скорость в трубе, g -ускорение силы тяжести;

е) со временем коэффициент шероховатости в стальных трубах возрастает;

ж) большие скорости воды в трубах могут быть допущены только в таких условиях, где будет обеспечена защита их от вибрации надежным закреплением на промежуточных опорах (для стальных труб) или устройством сплошного основания и засыпкой грунтом на железобетонных дюкерах.

4.I4. Высотное положение труб для промежуточных точек по профилю дюкера должно исключать образование вакуума и обеспечивать положительный напор над шелыгой трубы не менее I,0 м в сооружениях IУ класса и I,5-2,0 м для сооружений III и II классов по капитальности.

4.15. При проектировании нижнего бьефа рекомендуется:

а) обеспечить коэффициент затопления прыжка в пределах, указанных в п.1.76 настоящих "Указаний" для всех возможных расходов и режимов в дюкере;

б) при больших скоростях в трубе рекомендуется устанавливать в водобойном колодце пирсы, а в конце водобойного колодца - прорезные гасители, водобойную стенку полуциркульного очертания (в плане), растекатели и другие устройства - на основании работы аналогичных сооружений в натуре или модельных испытаний.

4.16. Для дюкеров, работающих в зимних условиях, производится термический расчет (на обледенение труб) и проверяется при этом пропускная способность сооружения.

4.17. При проектировании крупных дюкеров с большими скоростями в трубах гидравлический расчет и конструирование входных и выходных оголовков рекомендуется производить с соблюдением следующих требований:

а) центральный угол сужения входа не должен превышать 30^0, а расширения - 12^0;

б) должны отсутствовать внезапные изменения живого сечения потока и скорости;

в) сечение трубы по длине дюкера должно оставаться постоянным.

Расчеты рекомендуется дополнять графическим материалом (см. примерный состав графиков в приложении IУ).

4.18. Гидротехнический расчет дюкеров ограничивается в большинстве случаев построением кривых депрессий фильтрационного потока из канала в зоне оголовков и по направлению трассы трубопровода, с целью выяснения:

а) возможности образования оползней на крутых склонах оврага;

б) устойчивости внешних откосов;

в) возможности выхода фильтрационных вод на поверхность и необходимости заложения дренажа для снижения депрессионной поверхности воды;

г) необходимости укрепительных работ;

д) необходимости и размеров противофильтрационных мероприятий (понура, зубьев, шунтов, диафрагм, обратных фильтров и дренажей).

4.19. Гидротехнический расчет дюкеров производится на безнапорную или полунапорную фильтрацию. Для гидротехнического расчета могут быть использованы указания по проектированию земляных плотин согласно СНиП II-И.4-62 (приложение 3), а также "Тун проектирования гидротехнических сооружений, геотехнические расчеты оснований" (ВНИИГ, 1941).

Проверочный расчет производится на контурную фильтрацию вдоль стенок трубы.

Основные указания по конструированию и расчету дюкеров

4.20. Во всех случаях при проектировании дюкеров следует стремиться использовать выпускаемые промышленностью или изготовляемые заводами трубы. Проектирование монолитных труб допускается при надлежащем технико-экономическом обосновании.

4.21. В длинных дюкерах, где невозможно откачивать воду из труб через оголовки, устраиваются водоспуски в наиболее пониженных местах трубопровода.

Примечание. В коротких дюкерах откачка производится через входной или выходной оголовки.

4.22. Для внутреннего осмотра дюкера, а также для ремонта его в процессе эксплуатации на трубопроводе должны устанавливаться контрольные люки с герметически закрывающимися крышками. Люки изготовляются круглыми с отверстием не менее 450 мм или овальными с отверстием не менее 400х450 мм. Располагаются они на расстоянии не более 200 м друг от друга.

Для трубопроводов с внутренним диаметром меньше 800 мм вместо люков предусматривается установка вставных фланцевых звеньев, отсоединяемых от трубопровода на время ремонта.

Люки и отъемные звенья труб располагаются на участках, имеющих удобные подходы и незатопляемых грунтовыми и поверхностными водами.

4.23. Крупные дюкеры снабжаются катастрофическим сбросом, который, как правило, компонуется вместе с входным оголовком дюкера.

4.24. В дюкерах, напорные трубы которых уложены по поверхности земли, необходимо для предупреждения разрыва грунта вдоль трубопровода предусматривать отводы поверхностных вод за пределы сооружения; также необходимо предусматривать возможность отвода воды на случай разрыва трубопровода.

4.25. В местах резкого изменения направления железобетонного дюкера устраиваются массивные анкерные опоры, предупреждающие сдвиг труб по продольной оси, а также воспринимающие усилия, которые появляются в связи с изменением направления движения потока воды. Проектирование анкерных опор для стального трубопровода производится в соответствии с п.4.48 настоящих "Указаний".

При устройстве анкерных опор на скальном основании должны быть применены металлические анкеры, связывающие опору со скальным основанием.

4.26. При конструировании дюкеров необходимо предусматривать:

а) решетки на входных оголовках дюкеров;

б) ремонтные затворы на входном и выходном оголовках для дюкеров, имеющих две и более ниток;

в) затвор на входном оголовке однониточного дюкера при объединении дюкера в узел с другими сооружениями.

4.27. Железобетонные трубы дюкера по конструкции могут быть:

круглые сборные с укладкой на грунтовое ложе, на фундаментную подушку и на плоскость (скальное ложе, бетонная подготовка);

различной формы сборные трубы с плоской подошвой или монолитные, укладываемые на подготовку.

4.28. Подготовка под трубы дюкера проектируется:

бетонная – в случаях, где возможна напорная фильтрация вдоль трубы;

песчаная или гравийная – если фильтрация вдоль трубы исключена.

Необходимость применения подготовки обосновывается в соответствии с п.I.I8 настоящих "Указаний", а также служит для облегчения статической работы поперечного сечения трубы.

4.29. Укладка труб на грунтовое ложе применяется в малоответственных сооружениях с небольшим напором или в сооружениях, не подверженных динамической нагрузке от внешнего транспорта

или вибрационным воздействиям от пульсации гидродинамического давления (большие скорости, прыжок в трубе).

Круглые трубы укладываются на фундаментную подушку в местах, где необходимо облегчить статическую работу трубы, для предотвращения сосредоточенной фильтрации вдоль трубы (по пазухам) и в случаях, когда возможна неравномерная осадка от внешней нагрузки совместно с динамическими воздействиями.

Угол обхвата фундаментной подушки принимается от 90 до 120°.

Укладка на плоскость сборных круглых труб может быть оправдана только в тех случаях, когда прочность стандартного сечения трубы обеспечивает надежность от повышенных внешних нагрузок, возникающих вследствие опирания на плоскость.

В случае укладки труб на скальное ложе предусматривается песчаная подготовка толщиной не менее 20 см.

4.30. Поперечное сечение труб дюкера принимается:

железобетонных - круглое, круглое с плоской подошвой, овальное с горизонтальными вставками, круглое или овальное с консольными выступами по подошве и прямоугольное;

металлических и пластмассовых - круглое.

Сборные железобетонные трубы принимаются преимущественно круглые; круглые с плоской подошвой как более сложные в производстве и устаревшие применяются редко; остальные формы применяются в монолитном исполнении, причем круглое сечение со вставками является наиболее экономичным в засыпных трубопроводах (рис.17). Длина вставки определяется величинами выравненных изгибающих моментов. Труба с уширенной консолями подошвой применяется на слабых грунтах.

4.31. Засыпные монолитные железобетонные трубопроводы дюкера на непросадочных основаниях могут быть запроектированы без швов на всю длину, за исключением разрезки у оголовков. В остальных случаях деформационные швы устраиваются через каждые 30-50 м.

4.32. Участки замыкания трубопровода без швов проектируются шириной 0,6-1,0 м через каждые 10-15 м. Замоноличивание производится после усадки бетона в холодное время года и не ранее 30 суток после бетонирования последнего звена трубы. Температура воздуха в период замоноличивания должна быть в пределах 0-5°

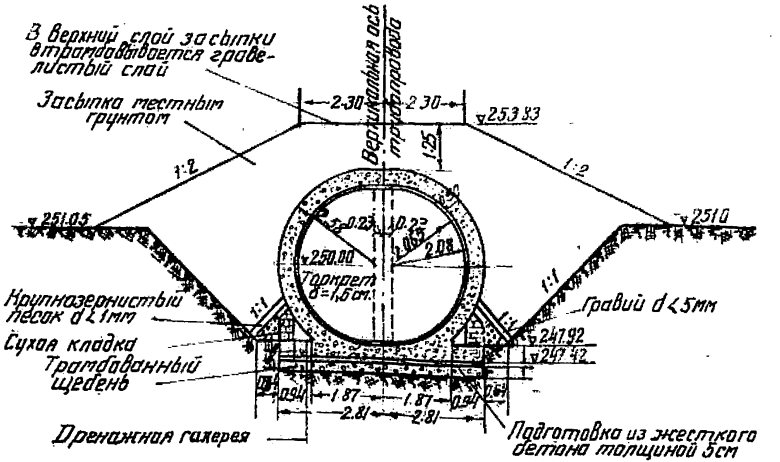


Рис.17. Дюкер круглого сечения со вставками

выше нуля. Замоноличивание предусматривается на безусадочном или расширяющемся цементном растворе /6/.

4.33. Различают следующие наиболее распространенные виды стыковых соединений труб, расположенные в порядке нарастания напора: раструбные, на муфтах (жесткие и гибкие), фланцевые и сварные.

Конструкция стыков должна соответствовать условиям работы, напору и материалу труб.

4.34. Раструбные стыки применяются главным образом в малонапорных трубопроводах до 0,5 атм, раструбные стыки с упорными хомутами – в железобетонных трубопроводах при напоре до 2 атм, а в предварительно напряженных трубах – до 10 атм. Жесткие стыки на муфтах, превращающие железобетонный трубопровод в монолитный, требуют устройства под трубами бетонного основания и применяются для внутреннего давления до 6 атм. Гибкий стык на муфтах применяется для напоров до 10 атм.

Фланцевые и сварные стыки трубопроводов применяются преимущественно в стальных трубах. Схемы некоторых стыковых соединений см.в приложении II.

4.35. В оборных дюкерах с жесткими стыками через каждые 20–25 м по длине трубопровода ставится гибкий стык. Жесткие стыки заделываются цементным раствором на расширяющемся цементе.

4.36. Все сварные швы оболочки трубопровода выполняются встык (без накладок). Стыковые швы ручной сварки применяются V -образными, с подваркой или X-образными, в зависимости от толщины оболочки. Монтажные V -образные поперечные швы должны выполняться на верхней половине окружности трубы с раскрытием кромок наружу, а по нижней половине – с раскрытием внутрь трубы.

4.37. Проектирование стальных трубопроводов дюкеров из электросварных или цельнотянутых труб производится с учетом следующих положений:

а) сварные трубопроводы устраиваются с кольцами жесткости, расстояние между которыми определяется расчетом совместно с расчетом толщины оболочки. На поворотах шаг колец жесткости рекомендуется принимать на 15% меньше шага для прямых участков. Увеличение толщины оболочки для обеспечения жесткости допускается только при специальном обосновании и устанавливается расчетом;

б) увеличение толщины оболочки стальной трубы против расчетной (на износ оболочки) допускается при соответствующем обосновании;

в) стальные трубы должны быть защищены от коррозии и против железобактерий специальным покрытием;

г) анкерные опоры устанавливаются в местах изменения направления оси трубопровода, а также на прямолинейных участках – по расчету. Расстояние между анкерными опорами не рекомендуется принимать больше 150-180 м;

д) промежуточные опоры применяются катковые и качающиеся. При условии специального обоснования допускается применять скользящие опоры для трубопроводов диаметром до 2000 мм и седловые – для трубопроводов диаметром до 1000 мм. Промежуточные опоры ставятся на расстоянии 6-20 м, определяемом расчетом;

е) на промежуточные катковые и качающиеся опоры трубопровод должен опираться при помощи жесткого кольца, приваренного к оболочке трубы. Во всех типах опор кольца должны опираться только в двух точках;

ж) компенсаторы должны обеспечивать при деформациях осевую, а при специальных условиях и угловую подвижность трубопровода (рис.18). Компенсаторы ставятся в промежутках между анкерными опорами и в местах резких изменений грунтовых условий, при пересечении мощных массивов насыпных или слабых грунтов. В последнем случае необходимость установки компенсатора обосновывается соответствующими технико-экономическими расчетами;

з) овальность труб не должна превышать 0,01Д. Несовпадение кромок стенок стыкуемых звеньев труб не должно превышать одной четверти толщины стенки;

и) сальники, устраиваемые для пропуска труб через стены, должны обеспечивать свободное продольное и радиальное перемещение оболочки в пределах от 2 до 4 мм (за счет смятия уплотнения).

4.88. Анкерные опоры выполняются закрытого и открытого типа (рис.19). В первом типе трубопровод заделывается в кладку опоры по всей длине криволинейного участка, во втором типе анкеровка трубы производится специальными стальными конструктивны-

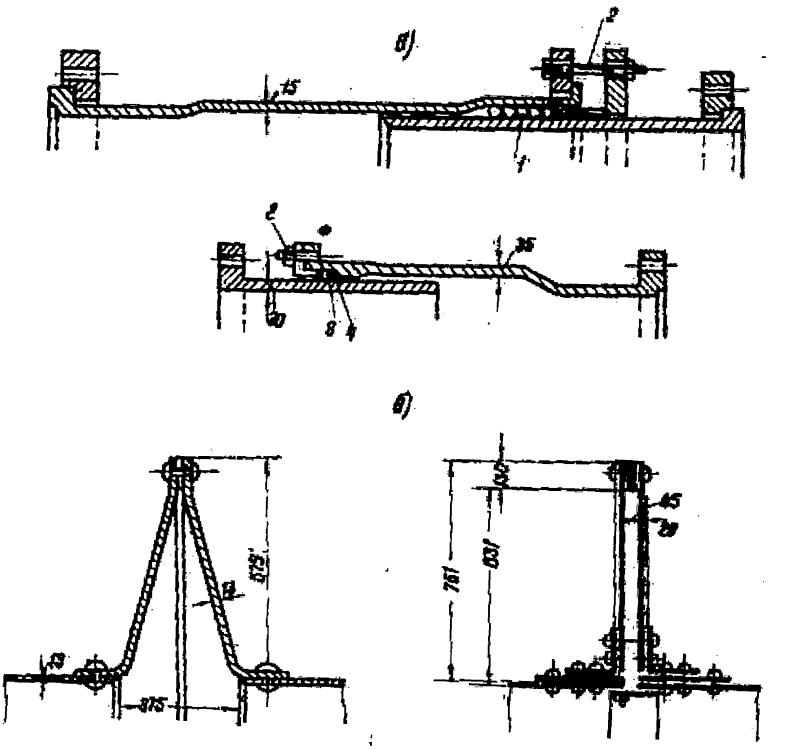


Рис.I8. Компенсаторы (а - сальниковые; б - тарельчатые):I - пенька с резиновым ядром; 2 - болт; 3 - кожа; 4 - бронза

ми элементами, заделываемыми нижней частью в массиве опоры и передающими действующие силы с трубопровода на кладку опоры.

4.39. Тип опоры выбирается в зависимости от местных условий. Анкерные опоры открытого типа не применяются на углах поворота оси в плане. Использование анкерных опор закрытого типа наиболее целесообразно в случаях резкого изменения оси трубопровода в вертикальной плоскости.

4.40. Наименьшая ширина промежутков между уложенными стальными трубами на уровне их центров назначается:

при диаметре до 1000 мм и двух нитках — 0,8 м
-"- от 1000 до 2000 мм — 0,9 м
-"- свыше 2000 мм — 1,0 м.

Если количество ниток трубопроводов составляет три и более, то расстояние между ними принимается не менее диаметра трубы.

4.41. На крупных и длинных железобетонных дюкерах, в местах укладки их на пологих склонах местности предусматривается устройство застенного дренажа для отвода фильтрационной воды. Дренаж укладывается в пазухах трубы (рис.17).

4.42. При конструировании защитных решеток просветы между стержнями в целях уменьшения потерь напора рекомендуется назначать предельно большими, в соответствии с размерами задерживаемого мусора и плавающих тел.

4.43. Оголовки дюкера и элементы сопряжения их с земляным каналом проектируются в соответствии с пп.I.20-I.44, I.46-I.58, I.62-I.74, I.76-I.87, 2.II-2.37 настоящих "Указаний".

4.44. Для статического расчета элементов трубопровода дюкера необходимо иметь следующие основные данные:

а) расчетные характеристики грунтов по трассе дюкера - удельный и объемный веса, сцепление, угол внутреннего трения, модуль деформаций, коэффициент Пуассона, расчетную величину влажности, коэффициент пористости, коэффициент фильтрации.

Расчетные характеристики определяются на основе данных изысканий и лабораторных испытаний. Для малоответственных сооружений допускается данные принимать по осредненным характеристикам согласно приложению II, в которых значения модули деформаций даны для грунтов с ненарушенной структурой. Для грунтов

ного состояния модуль деформаций снижается умножением на коэффициент, равный для насыпных грунтов 0,5;

б) расчетные характеристики материалов труб, анкерных и промежуточных опор принимаются по ГОСТу на эти материалы.

4.45. Трубы рассчитываются при наименее благоприятных сочетаниях нагрузок и воздействий, которые делятся на основные и особые.

К о с н о в н ы м с о ч е т а н и я м нагрузок относятся:

а) вертикальное и горизонтальное давление грунта;

б) подвижная нагрузка от наземного транспорта;

в) собственный вес элементов;

г) влияние температуры;

д) давление воды внутреннее и наружное;

е) динамическое действие от временной нагрузки;

ж) внутреннее давление воды на затвор и на повороте трубы;

з) трение воды о стенки трубопровода;

и) трение трубы, вызванное наклоном трубы;

к) горизонтальная и вертикальная составляющие от нормальной силы на наклонном участке трубы;

л) силы, связанные с заделкой трубы в анкерные опоры и возникающие от продольных и поперечных перемещений под влиянием изменений температуры;

м) силы от кручения трубы на поворотах и изгибах трассы.

О с о б ы е с о ч е т а н и я нагрузок образуются из перечисленных нагрузок и воздействий, а также от нагрузок, носящих случайный или аварийный характер. К ним относятся:

а) динамическое приращение давления воды в напорных трубах при гидравлическом ударе;

б) вакуум в водоводе;

в) навал грунта и строительных материалов;

г) сейсмические нагрузки.

4.46. Сочетания нагрузок должны составляться с учетом физической возможности одновременного их приложения. Значения нагрузок при особых сочетаниях, за исключением давления грунта и собственного веса, умножаются на коэффициент сочетаний 0,8.

4.47. Влияние подвижного наземного транспорта следует учитывать вертикальным давлением, приложенным к верхней половине оболочки. Давление можно принимать в виде равномерно распределенной нагрузки с интенсивностью, определяемой по таблице 7 п.2.64 настоящих "Указаний".

4.48. Гидродинамическое давление при гидравлическом ударе и величина вакуума определяются гидравлическим расчетом и учитываются только в трубопроводах, где возможны эти явления. Расчетный вакуум ограничивается интенсивностью 0,5 кг/см^2.

4.49. Расчет труб проводится согласно СНиП II-И.I-62 и пункту 2.67 настоящих "Указаний". При расчете стальных труб рекомендуется использовать "Технические условия и нормы проектирования стальных подземных труб", Теплоэлектропроект, 1960г. /40/.

4.50. Расчет анкерных (рис.19) и промежуточных опор должен включать: а) определение напряжений в швах кладки и на грунт, б) проверку устойчивости опор на сдвиг.

Расчет должен быть произведен на сумму одновременно действующих основных воздействий и сил в самом невыгодном для опоры сочетании: а) для случаев наполненного водой трубопровода, б) для опорожненного трубопровода.

Кроме того, опоры проверяются на действия основных и особых нагрузок в наиневыгоднейшей комбинации.

Примечание. Если опора является общей для нескольких ниток трубопровода, то должны быть рассмотрены случаи, когда одна или несколько ниток трубопровода находятся в работе, а остальные трубы опорожнены.

Расчет анкерных опор производится по указаниям справочной и официальной литературы /37,41/.

Б. Акведуки

4.51. Акведук представляет собой лоток (иногда трубу), поддерживаемый опорами для переброски воды канала через понижение рельефа местности или другое низко расположенное искусственное или естественное препятствие (рис.20).

4.52. Область применения акведуков характеризуется следующими условиями:

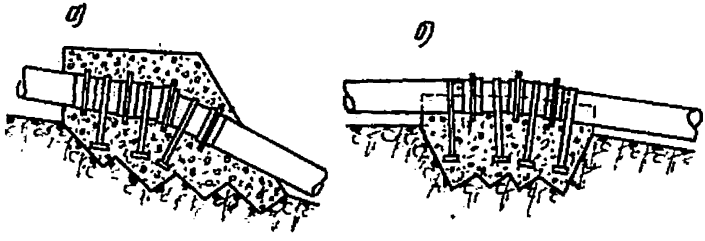


Рис.19. Анкерные опоры: а - закрытого типа; б - открытого типа

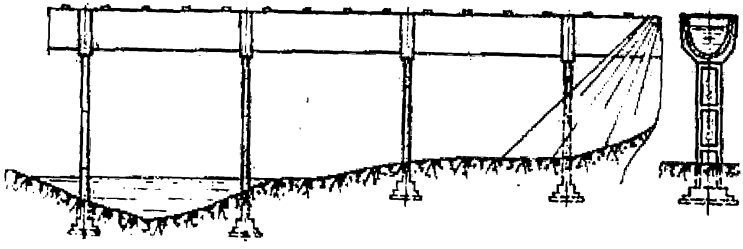


Рис.20. Акведук

а) при помощи акведуков пересекаются малые реки, балки или другие понижения рельефа глубиной до 20 м;

б) на каналах, где сокращение потерь напора в сооружении имеет существенное значение, применение акведука предпочтительней, чем дюкера.

4.53. Отметка нижней части пролетного строения акведука должна быть выше максимального расчетного горизонта воды пересекаемого водотока не менее, чем на 0,5 м. Максимальный горизонт воды водотока определяется согласно п.4.3 настоящих "Указаний".

4.54. Для акведуков, пересекающих водотоки, которые используются для транспортных целей, необходимо соблюдать условия пропуска судов согласно указаниям СНиП II-И.I-62,п.I2-Ы.

4.55. Расположение пролетного строения и опор акведука над автомобильной дорогой определяется согласно указаниям СН 200-62 "Технические условия проектирования железнодорожных,автодорожных и городских мостов и труб". Приложение 2 - "Габариты приближения конструкций мостов на автомобильных дорогах и в городах".

4.56. Составными частями акведуков являются: входная, лотковая и выходная части. В бортовых стенках лотка иногда предусматриваются вырезы - боковые водосливы с порогом на уровне НПВ для слива лишней воды.

4.57. Акведуки проектируются, как правило, железобетонные сборные, реже применяются железобетонные монолитные и металлические.

4.58. Трассирование оси акведука производится с соблюдением следующих требований:

а) длина сооружения должна быть минимальной за счет рационального сочетания канала в насыпи в подводящей и отводящей частях;

б) трасса акведука должна проходить вне оползневых участков территории;

в) сооружение должно по возможности располагаться на прямолинейном участке; длина такого участка на входной и выходной частях должна быть не менее 5В, где В - ширина лотка. Искривле-

ние оси сооружения и прилегающих к нему участков каналов допускается только в случае, если по условиям трассировки невозможно обеспечить прямую линию.

4.59. Высотное положение сооружения на продольном профиле назначается с соблюдением следующих требований:

а) дно лотка желательно располагать на уровне дна канала. При более высоком положении дна должен быть предусмотрен спуск воды из застойной зоны перед акведуком;

б) элементы акведука, кроме шпат крепления канала, не должны располагаться в подсыпном грунте;

в) должны быть соблюдены габариты под акведуком согласно пп. 4.58–4.55.

4.60. Для гидравлического расчета акведуков требуется иметь данные, перечисленные в п.I.54 настоящих "Указаний".

В результате гидравлического расчета должны быть определены:

а) форма и общие размеры входного и выходного оголовков;

б) поперечное сечение лотка акведука;

в) гидравлические потери на входе в акведук, на лотке акведука и при сопряжении с рисбермой;

г) скорости воды на лотке, необходимость маневрирования затворами и отметки горизонтов воды на входе и выходе; порядок пропуска плавающих тел;

д) гидравлический режим работы акведука в зимних условиях (в случае необходимости), порядок пропуска шуги.

Входная часть акведука рассматривается как затопленный водослив с широким порогом. На выходе рекомендуется учитывать восстановление энергии, определяемой по формуле:

$$Z = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$$ (в размере $\leq 50\%$) или по специальным графикам;

v_1 – скорость в лотке; v_2 – скорость в канале.

4.61. При гидравлическом расчете подлежат выполнению следующие требования:

а) обеспечение плавности сопряжения входной и выходной частей сооружения с каналом путем устройства сопрягающих стенок, раструбных расширений и сужений и т.п.;

б) пропуск льда и плавающих тел через сооружение;

в) обеспечение скоростей не выше критических (в пределах 1,0–2,5 м/сек) и не менее скорости воды в канале;

г) обеспечение незаиляемости лотка акведука.

4.62. При использовании пересекаемого водотока для транспортных целей размер отверстия определяется в соответствии со СНиП II-И.I-62, пп.I2.2-I2.5, I2.9, I2.I0 по судоходным габаритам, скоростям и др.

4.63. Центральный угол раструба рекомендуется назначать, исходя из свободного растекания потока без отрыва его от стенок и с учетом скорости в лотке меньше критической.

Ориентировочно можно принимать значение центрального угла на входе не более 30^0 и на выходе не более 20^0.

4.64. Гидравлический расчет акведука производится аналогично гидравлическому расчету открытых регуляторов согласно пп. I.54–I.58 и 2.I6–2.I7 настоящих "Указаний".

4.65. В гидротехническом расчете акведуков определяется заглубление депрессионной поверхности профильтровавшейся из канала воды в зоне оголовков по направлению наиболее крутого ската, имеющего наименьшие отметки поверхности земли. Расчет производится с той же целью, что и для дюкеров(см. п.4.I8 настоящих "Указаний").

4.66. Для гидротехнического расчета акведуков требуется иметь данные, приведенные в п.I.59 настоящих "Указаний".

4.67. Гидротехнический расчет акведуков производится в соответствии с п.4.I9 настоящих "Указаний".

Основные указания по расчету и конструированию акведуков

4.68. Превышение верха стенок лотка акведука над горизонтом максимального расхода воды в нем принимается в зависимости от расхода воды по таблице II.

4.69. При проектировании акведука следует в первую очередь учитывать целесообразность использования лотка как несущей конструкции.

Таблица II

Расход воды, $м^3/сек$	Меньше I,0	I-I0	I0-30	30-50	50-I00
Превышение верха стен лотка над максимальным расчетным горизонтом воды, см	I0	20	30	35	40

4.70. Сборные акведуки проектируются большей частью балочной конструкции (рис.20); акведуки монолитной конструкции могут быть балочными, арочными и рамными (см. "Альбом-каталог проектов повторного применения", выпуск 2, Гипроводхоз, 1958).

Монолитные акведуки проектируются в том случае, если нельзя применить акведуки сборной конструкции.

4.7I. Поперечные швы, устраиваемые по длине лотка, должны отвечать следующим требованиям:

а) быть водонепроницаемыми;

б) не должны вызывать дополнительные напряжения в конструкции лотка;

в) должны допускать свободное вертикальное смещение в допустимых пределах;

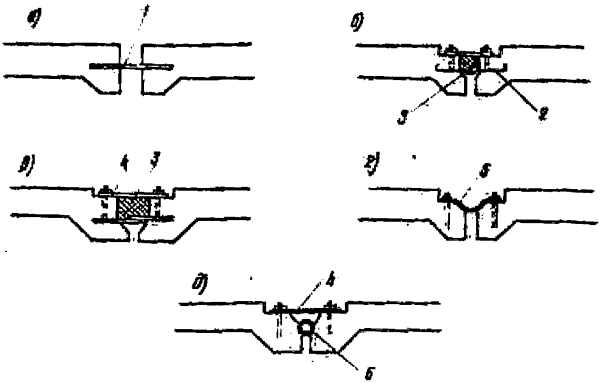
г) должны быть доступными для ремонта в процессе эксплуатации.

Некоторые конструктивные схемы швов даны на рис.2I.

4.72. Для защиты опор акведука от ударов льдин должны быть предусмотрены ледорезы или кусты свай на водотоках с малоинтенсивным ледоходом.

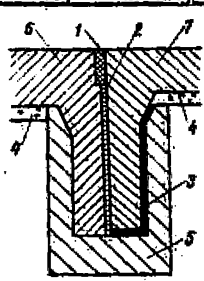
4.73. В акведуках, расположенных над естественными или искусственными водотоками, по которым проходит ледоход, расстояния между соседними опорами или береговыми устоями принимают, исходя из необходимости обеспечения свободного пропуска льда.

4.74. Подошвы фундаментных частей пролетных опор и береговых устоев заглубляются в грунт ниже глубины промерзания и ниже глубины возможного максимального размыва русла в створе акведука.



Поперечные швы акведуков
1-металлический лист; 2- металлический лист с выгибом для компенсации; 3-битум; 4-металлические лодотинки; 5-прорезиненное полотно; 6-прорезиненная трубка d=5÷7см. с отверстиями для заполнения водой из акведука.

Схема соединения входного оголовка и акведука



Шов
1 — конопатка
2 — битум
3 — битумные маты
4 — подготовка
5 — тощий бетон
6 — бетон
7 — железобетон

Рис.21.Конструктивные схемы швов

4.75. Конструирование и расчет элементов входных и выходных оголовков проводится как для аналогичных элементов дюкеров, открытых и трубчатых регуляторов.

4.76. Расчет пролетных строений и опор производится по указаниям СН 200-62.

Акведуки на пересечениях с коллекторами и каналами рекомендуется устраивать на свайных опорах.

В. Лотки

4.77. Лотки применяются в следующих случаях:

а) когда требуется свести к минимуму потери воды на фильтрацию из каналов.

Примечание. Целесообразность применения лотков в каждом конкретном случае обосновывается технико-экономическими расчетами путем сопоставления показателей различных видов противофильтрационных мероприятий;

б) на участках трассы канала, проходящего в насыпи, когда грунты из близлежащего карьера непригодны для устройства насыпи по фильтрационным условиям;

в) на участках трассы канала со скальными грунтами;

г) на косогорных участках с осыпными грунтами, а также когда объемы работ по устройству земляного русла экономически не оправдываются;

д) на участках трассы с оползневыми грунтами;

е) на территории с просадочными грунтами.

4.78. Лотки могут быть открытые и закрытые. Закрытые лотки применяются на косогорных участках в местах осыпей, а также в тех случаях, когда требуется обеспечить определенный температурный режим и не допустить образования ледяного покрова. В последнем случае поверх настила, перекрывающего лоток, делается утепляющая засыпка и присыпка грунта к стенкам лотка.

4.79. Лотки, как правило, должны устраиваться сборные из железобетона. В отдельных случаях допускается возведение лотков из камня и бетона при специальном обосновании.

4.80. Трассирование на закруглениях лотков из сборных элементов производится с учетом длины, поперечного сечения звеньев лот-

ка и конструкции стыков. В монолитном исполнении минимальный радиус закруглений принимается равным 5В, где В – ширина лотка.

В исключительных случаях радиус закруглений можно принять равным 3В, но при этом скорость в лотке на этом участке не должна превышать 1,0 м/сек.

4.81. Скорости в лотках зависят от уклона и назначаются в пределах от 1,0 до 5,0 м/сек. Минимальная скорость должна обеспечивать транспортирование взвешенных наносов, поступающих в лоток.

4.82. Наилучшее высотное положение лотка, когда он лежит на поверхности или на низких опорах.

При установке открытых лотков, заглубленных в грунте или проложенных на косогорных участках, с нагорной стороны на уровне верха лотка устраиваются бермы шириной, исключающей дополнительную нагрузку на призме обрушения от земли, расположенной выше уровня бермы. Минимальная ширина бермы 1,0 м.

В заглубленных лотках, проложенных на косогорных участках, с нагорной стороны в месте пересечения откоса с бермой должны быть устроены нагорные канавы.

4.83. Поперечное сечение лотка принимается: параболическое, полуциркульное, прямоугольное и трапецеидальное. Более крупные лотки могут иметь стяжки поверху с целью облегчения конструкции лотка. В отдельных случаях лоток может быть запроектирован в виде двух подпорных стенок с монолитным днищем.

4.84. Опорами для параболических и полуциркульных лотков служит седлообразная конструкция, переходящая в рамную стойку, устанавливаемую в фундамент стаканного типа или опирающуюся на фундаментную плиту.

В мягких грунтах могут быть применены также свайные опоры вместо стоечных опор.

Опоры заглубляются в грунт ниже глубины промерзания, а в местах водотока ниже возможного размыва.

Рекомендуется через каждые 30-40 м устанавливать сдвоенные опоры с устройством в этом месте деформационного шва.

4.85. В целях упрочнения оснований и уменьшения осадок рекомендуется предусматривать уплотнение грунта основания тяжелыми ударными средствами.

4.86. Конструкция стыков лотка должна обеспечивать водонепроницаемость. Стыки лотков проектируются аналогично стыкам в акведуках.

4.87. Расчет лотков производится согласно действующим указаниям по проектированию сборных железобетонных элементов.

Г. Ливнепропускные трубы

4.88. На оросительной системе ливнепропускные трубы устраиваются для пропуска воды водотоков под каналами или дорогами, проходящими в насыпи, если ее высота позволяет заложить трубу.

Для пропуска селевых потоков трубы не рекомендуются ввиду их возможной забивки.

4.89. Трубы состоят из входного оголовка, собственно трубы и выходного оголовка. По количеству отверстий трубы могут быть одноочковые, двухочковые и многоочковые.

4.90. Продольную ось трубы следует располагать нормально к продольной оси канала или полотна дороги, под которым укладывается труба; при этом надо стремиться, чтобы динамическая ось потока совпадала с геометрической осью трубы.

4.91. Высотное положение трубы устанавливается с учетом местных условий:

а) на установившемся русле балки без явных размывов и заиления труба не должна нарушать бытовой режим водотока; ее располагают с тем же уклоном и без врезки в дно входного оголовка (трубы длиной до 10 м укладываются без уклона);

б) на балке с большими уклонами и наличием размывов русла трубу рекомендуется располагать с врезкой в дно для уменьшения уклона отводящего русла и предохранения сооружения от подмыва со стороны нижнего бьефа, не допуская при этом заиления отверстия трубы;

в) на водотоке, у которого ниже трубы имеет место резкое снижение уклона без следов размыва, рекомендуется несколько приподнять трубу по отношению к дну водотока в целях защиты ее от заиления вследствие подтопления нижним бьефом;

г) при высоких насыпях и легкосжимаемых основаниях продольный профиль трубы рекомендуется назначать с учетом неравно -

мерной осадки, т.е. уменьшать уклон в верхней половине и увеличивать в нижней.

4.92. Для гидравлического расчета труб требуются:

а) данные о расчетных расходах естественного потока, соответствующие классу сооружения;

б) топографические данные верхнего бьефа в пределах возможной регулирующей емкости;

в) данные о плановом и высотном расположении ценных угодий и строений, которые могут подвергнуться затоплению и отчуждению;

г) продольный и поперечные профили верхнего и нижнего бьефов с целью установления горизонта воды и величин кромок подводящего канала, трубы и отводящего канала;

д) данные о состоянии поверхности земли с целью установления коэффициента шероховатости;

е) геотехническую характеристику грунтовых условий с целью установления допускаемых скоростей на размыв.

4.93. При установлении расчетных расходов труб следует руководствоваться СН 2-57 "Нормы и технические условия для расчета максимальных расходов воды при проектировании гидротехнических сооружений на реках".

Для снижения максимальных расчетных расходов необходимо учитывать также регулирующую емкость верхнего бьефа. При наличии аккумуляции уменьшение расхода допускается не более чем три раза.

4.94. В трубе может быть: безнапорный режим, режим с затопленным входом и напорный.

Безнапорный режим принимается большей частью в трубах под дорогами и каналами с малой высотой насыпи; в остальных случаях режим принимается с затопленным входом или напорный.

4.95. Применительно к режиму воды в трубе назначаются типы входных и выходных оголовков, приведенные в п.I.I4 настоящих "Указаний", причем:

а) для безнапорного режима рекомендуются коридорный и раструбный оголовок с повышенным звеном, дающие повышенную пропускную способность трубы; длина повышенного звена должна быть I,2 H, где Г - глубина воды перед входом;

б) для напорного режима входной оголовок рекомендуется иметь "самозаряжающейся" формы /37/ во избежание гидравлических ударов.

4.96. Для обеспечения безнапорного режима в трубе необходимо, чтобы наполнение ее составляло не больше 85% полной высоты, а оставшееся свободное пространство должно быть не менее 20-30 см для сооружений IУ класса, 40 см для сооружений Ш класса и 50 см - П класса.

4.97. Выбор типа оголовка производится из условий обеспечения гидравлического режима с учетом поперечного сечения трубы и необходимости стандартизации сборных железобетонных элементов оголовка.

4.98. В выходном оголовке может иметь место сопряжение беспрыжковое, с поверхностным прыжком и затопленным прыжком.

Для сооружений, у которых по местным условиям допустим размыв в нижнем бьефе, наилучшим будет сопряжение с поверхностным прыжком; для сооружений, не допускающих размыва за креплением нижнего бьефа, наилучший режим будет беспрыжковый и с затопленным прыжком.

Коэффициент затопления прыжка принимается согласно п.I.76 настоящих "Указаний".

В нижнем бьефе гидравлический режим должен быть проверен на расходы от $Q_{макс}$ до $Q_{мин}$.

4.99. Откосы вокруг трубы на входе и выходе должны быть закреплены на расстоянии не менее одного диаметра; в воротниковом оголовке предусматривается бетонная отделка откоса насыпи в плоскости среза трубы на величину не менее 0,5 м.

4.I00. Тип и длина крепления у входа в трубу принимается с учетом величины неравномерности распределения скоростей и образования у входных оголовков завихрений. Минимальная длина крепления принимается равной глубине потока перед трубой.

4.I0I. Выходной оголовок трубы может заканчиваться в виде:

а) отводящего канала или узкого русла водотока;

б) широкого лога, не имеющего явно выраженного русла.

В первом случае сопряжение трубы с земляным руслом рекомендуется выполнять по типу водобойного колодца с устройством

уступа в его конце или водобойной стенки, с установкой гребенок или растекателей.

Во втором случае рекомендуется принимать сопряжение в виде раструба с центральным углом не более 18^0, без заглубления флютбета, с полуциркульной водобойной стенкой и несколькими отверстиями в ней на уровне дна лога. Внутри водобойного колодца, образованного стенкой, устанавливаются пирсы.

4.I02. Гидравлический расчет трубы производится аналогично гидравлическому расчету трубчатых регуляторов.

Основные указания по конструированию и расчету ливнепропускных труб

4.I03. Сечение сборных железобетонных труб принимается: круглое, прямоугольное, прочих форм.

По затратам труда и по показателям сборности круглые раструбные трубы (унифицированные) являются наиболее экономичными и рекомендуются к широкому применению.

Из прямоугольного сечения широкое распространение и хорошие технико-экономические показатели получили трубы с применением Г-образных элементов и перекрытием их плоскими плитами.

4.I04. Минимальный диаметр труб для укладки под магистральными каналами и крупными ветвями рекомендуется принимать I,2 м, для прочих каналов –0,6 м (длиной не более I0 м).

4.I05. В продольном направлении тело монолитной трубы может быть выполнено без устройства швов, кроме швов, отделяющих трубу от оголовков.

Проектирование таких труб производится с учетом пп. 4.3I и 4.32 настоящих "Указаний". В остальных случаях необходимость устройства швов определяется расчетом трубы на прочность в продольном направлении с тем, чтобы не допускалось увеличение сечения.

4.I06. Конструкция стыковых соединений применительно к условиям ливнепропускной трубы принимается согласно пп.4.33 и 4.34 настоящих "Указаний".

4.I07. Трубы могут укладываться на грунтовое ложе, на подготовку и на фундаментную подушку.

На каналах, подающих воду круглый год, и на магистральных каналах трубы должны иметь надежную бетонную подготовку и фундаментную подушку. В остальных случаях выбор условий укладки трубы производится в соответствии с пп.4.28 и 4.29 настоящих "Указаний".

4.I08. Гидроизоляция ливнепропускных труб должна быть обеспечена в соответствии с рекомендациями, приведенными в п.2.68 настоящих "Указаний".

4.I09. Входные и выходные оголовки отделяются от тела трубы конструктивными швами, как находящиеся в различных условиях и воспринимающие различную внешнюю нагрузку.

Расчет элементов входного и выходного оголовков производится как элементов открытого и трубчатого регуляторов (см.пп.I.39-I.44; I.77-I.85; 2.44-2.49).

4.II0. Для двух-и трехочковых круглых труб расстояние между осями их принимается таким, чтобы между внешними образующими на уровне осей образовалось расстояние не менее 60 см.

4.III. В целях защиты от размыва крепленой части входных и выходных оголовков должны быть предусмотрены зубья глубиной I-I,5 м - один на входе и два на выходе, из которых один на бетонной водобойной части и второй в конце рисбермы.

4.II2. Расчет труб производится согласно пп.4.44-4.49 настоящих "Указаний".

Д. Ливнепропускные лотки

4.II3. Лотковое ливнепропускное сооружение в отличие от трубчатого используется для пропуска селей и представляет собой акведук через канал с воронкообразной подходной и отводной частями, образованными направляющими дамбами.

4.II4. Проектирование лотков для пропуска селей рекомендуется выполнять с соблюдением следующих требований:

а) продольный уклон подводящего русла, лотка и отводящего русла не должен быть меньше уклона русла потока;

б) стеснение русла направляющими дамбами должно быть по возможности незначительное;

в) укрепление подводящего и отводящего русла по дну и откосам в пределах всего сужения должно быть предусмотрено гладкими бетонными или железобетонными щитами, уложенными длинной стороной по оси потока на смеси песка с гравием;

г) должны быть предусмотрены глубокие шпоры в целях защиты крепленой части от подмыва и от прорыва селя в канал;

д) дно и стенки монолитных сооружений рекомендуется покрывать защитной бетонной или железобетонной оболочкой толщиной 10–20 см на слое битума с целью предохранения основной несущей конструкции от истирания и для возможности смены после износа;

е) лоткам даются повышенные запасы высоты стенок (на 20–30% выше по сравнению с акведуками);

ж) ось сооружения рекомендуется назначать прямолинейной.

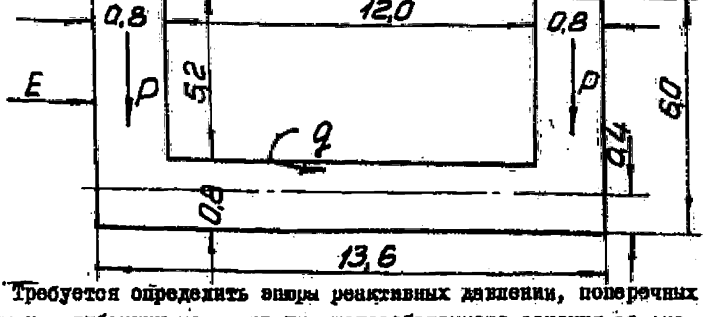
В остальном конструирование и расчеты сооружения выполняются по указаниям, принятым для проектирования акведуков.

Приложение I

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

I. Расчет водобойной части открытого регулятора как балки на сплошном упругом основании

Дано сечение доковой формы шириной I2 м и глубиной 5,2 м с размерами стенок и донной плиты согласно схеме; этот случай рассматриваем как строительный при отсутствии фильтрационного давления.



Требуется определить эпюры реактивных давлений, поперечных сил и изгибающих моментов для железобетонного сечения со следующими данными:

угол трения грунта о стенку $\varphi_0 = 0$

угол внутреннего трения грунта естественной влажности $\varphi_1 = 30^0$

объемный вес грунта естественной влажности $\gamma_1 = 1{,}8$ т/м^3

" железобетона $\gamma = 2{,}4$ т/м^3

модуль упругости железобетона $E_1 = 185000$ кг/см^2

модуль деформации грунта $E_0 = 1000$ кг/см^2

Активное давление земли на стенку:

$$E = \frac{\gamma_1 H^2}{2} tg^2(45^0 - \frac{\varphi_1}{2}) = \frac{1{,}8 \cdot 6^2}{2} tg^2(45^0 - \frac{30^0}{2}) = 10{,}8 \text{ т}$$

Момент от давления земли относительно оси плиты:

$$M = 10{,}8\left(\frac{6}{3} - 0{,}4\right) = 17{,}28 \text{ тм}$$

собственный вес плиты $q = 0{,}8 \cdot 2{,}4 = 1{,}94$ т/м

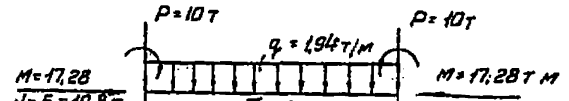
" - стенок $P = 0{,}8\,(6{,}0-0{,}8)\cdot 2{,}4 = 10{,}0$ т

Расчет произведен приближенным методом, предложенным И.А.Симвулиди ("Расчет балок на сплошном упругом основании", 1955 г.).

В нашем случае балка загружена симметрично двумя моментами M, двумя силами P на концах балки и равномерно распределенной нагрузкой q на погонный метр балки.

Основным условием применения этого метода расчета является выполнение уравнения $P_{(x)} > 0$, где $P_{(x)}$ - реактивное давление грунта.

Таким образом, балка рассматривается со следующей нагрузкой:



Для расчета определим вспомогательные параметры:

$$a_0 = \frac{(8252-84\alpha)\left(q + \frac{2P}{\alpha}\right) - \left(560\,\frac{M}{\alpha^2} - 63q\right)\alpha}{13440 + 29\alpha}$$

$$\frac{a_2}{3} = \frac{(5188+63\alpha)\cdot\left(q + \frac{2P}{\alpha}\right) + \left(560\,\frac{M}{\alpha^2} - 63q\right)\alpha}{13440 + 29\alpha}$$

Вначале определим показатель гибкости балки:

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{3E_0 l^3}{E \cdot J}} = \sqrt[4]{\frac{3{,}14 \cdot 10^4 \cdot 18{,}6^3}{1{,}65\cdot 10^6 \cdot \frac{1\cdot 0{,}8^3}{12}}} = 180$$

$$a_0 = \frac{(8252-84\cdot 180)\cdot\left(1{,}94 + \frac{2\cdot 10}{18{,}6}\right) - \left(560 \cdot \frac{-17{,}28}{18{,}6^2} - 63\cdot 1{,}94\right)180}{13440 + 29 \cdot 180} =$$

$$= 2{,}15 \text{ т/м}^2$$

$$\frac{a_2}{8} = \frac{(5188+68.180)\left(1,94 + \frac{2,10}{18,6}\right) + \left(560 \quad \frac{-17,28}{18,6^2} - 68.1,94\right)180}{19440 + 29 \cdot 180}$$

$$\frac{a_2}{8} = 1,33 \text{ т/м}^2$$

$$a_2 = 1,33 \cdot 8 \cong 4,0 \text{ т/м}^2$$

Реактивное давление на балку со стороны грунта определяется формулой:

$$P_{(x)} = a_0 + \frac{4a_2}{\mathcal{L}^2}\left(x - \frac{\mathcal{L}}{2}\right)^2$$

Величина реактивного давления, вычисленная при некоторых значениях x, приведена в таблице I.

Таблица I

x	a_0	$(X - \frac{\mathcal{L}}{2})^2$	a_2	$\frac{4a_2}{\mathcal{L}^2}(X - \frac{\mathcal{L}}{2})^2$	$P_{(x)}$, т/м^2
0	2,15	46,24	4,0	4,0	6,15
8,4	-"-	11,56	-"-	1,0	3,15
6,8	-"-	0	-"-	0	2,15
10,2	-"-	11,56	-"-	1,9	3,15
18,6	-"-	46,24	-"-	4,0	6,15

Все значения реактивного давления грунта положительные. Поперечная сила по длине балки определяется формулой:

$$Q_{(x)} = \frac{2a_2 x}{8\mathcal{L}^2}(x - \mathcal{L})(2x - \mathcal{L}) + \frac{P}{\mathcal{L}}(2x - \mathcal{L})$$

Величина поперечной силы, вычисленная при некоторых значениях X ,приведена в таблице 2.

Таблица 2

x	$\frac{2a_2x}{3\mathscr{L}^2}(x-\mathscr{L})(2x-\mathscr{L})$	$\frac{P}{\mathscr{L}}(x-\mathscr{L})$	$q_{(x)}$, т
0	0	-I0,0	-I0,0
3,4	3,4	- 5,0	- I,6
6,8	0	0	0
I0,2	3,4	5,0	+ I,6
I3,6	0	I0,0	+I0,0

Изгибающие моменты определяются следующей формулой:

$$M_{(x)}=\frac{a_2x^2}{3\mathscr{L}^2}(x-\mathscr{L})^2-M+\frac{P}{\mathscr{L}}(x^2-\mathscr{L}x)$$

Величина момента, вычисленная для некоторых значений x, приведена в таблице 3.

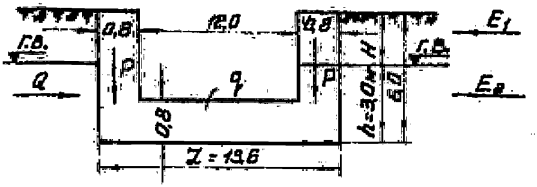
Таблица 3

x	$\frac{a_2x^2}{3\mathscr{L}^2}(x-\mathscr{L})^2$	- M	$\frac{P}{\mathscr{L}}(x^2-\mathscr{L}x)$	$M_{(x)}$, т м
0	0	+I7,28	0	+I7,28
3,4	3,66	I7,28	-28,5	+ 2,44
6,8	I5,4	I7,28	-84,0	- I,82
I0,2	3,66	I7,28	-28,5	+ 2,44
I3,6	0	I7,28	0	+I7,28

Теперь рассмотрим эксплуатационный случай при наличии фильтрационного давления по подошве в размере 8 т/м^2, т.е. горизонт воды за стенкой находится на уровне 3,0 м от подошвы.

Угол внутреннего трения грунта в воде $\varphi_2 = 20^0$

Объемный вес грунта в воде $\gamma_2 = 1{,}0$ т/м^2



2 случай –при наличии фильтрационного давления, с уровнем воды 8,0 м.

Активное давление грунта естественной влажности:

$$E_1 = \frac{\gamma_1 H^2}{2} tg^2 (45^0 - \frac{\varphi_1}{2}) = 1{,}8 \frac{8^2}{2} tg^2 (45^0 - \frac{30^0}{2}) = 2{,}7 \text{ т}$$

Приведенная высота этого слоя к взвешенному грунту:

$$h_0 = \frac{8{,}0 \cdot \gamma_1}{\gamma_2} = \frac{8{,}0 \cdot 1{,}8}{1{,}0} = 5{,}4 \text{ м}$$

Активное давление взвешенного грунта нижнего слоя:

$$E_2 = \frac{\gamma_2 h}{2}(h + 2h_0) tg^2 (45^0 - \frac{\varphi_2}{2}) = \frac{1{,}0 \cdot 8{,}0}{2} (8{,}0 + 2 \cdot 5{,}4) tg^2 \cdot (45^0 - \frac{20^0}{2}) = 10{,}148 \text{ т}$$

Плечо этой силы относительно подошвы:

$$l_0 = \frac{h}{3} \cdot \frac{h + 3h_0}{h + 2h_0} = \frac{8{,}0}{3} \cdot \frac{8 + 3 \cdot 5{,}4}{8 + 2 \cdot 5{,}4} = 1{,}89 \text{ м}$$

Давление воды на боковую стенку:

$$Q = \frac{h^2}{2} = \frac{8{,}0^2}{2} = 4{,}5 \text{ т}$$

Нормальная сила по оси донной плиты $N = E_1 + E_2 + Q$ =

= 2,7 + I0,I48 + 4,5 = I7,848 т.

Равномерно распределенная нагрузка, действующая на конструкцию и равная собственному весу погонного метра плиты толщиной 0,8 м за вычетом фильтрационного давления:

$$q = 0{,}8 \cdot 2{,}4 - 3{,}0 = I{,}92 - 3{,}0 = -I{,}08 \text{ т.}$$

Собственный вес стенок - сосредоточенная сила

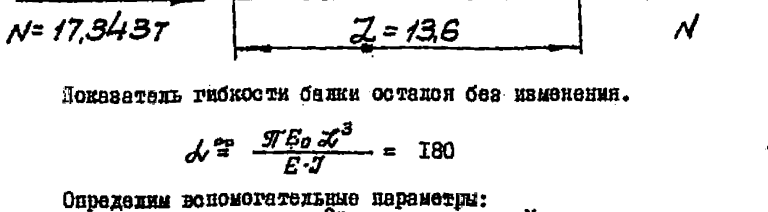
P= 0,8 (6,0 - 0,8) . 2,4 = I0,0 т.

Момент от давления грунта и бокового давления воды относительно оси доковой плиты:

$$M = 2{,}7\left(\frac{3{,}0}{3} + 2{,}6\right) + I0{,}I48\,(I{,}89 - 0{,}4) + 4{,}5\left(\frac{8{,}0}{3} - 0{,}4\right) = 9{,}72 +$$

+I0,04 + 2,7 = 22,46 тм.

Таким образом, рассматривается балка на упругом основании со следующей нагрузкой:



Показатель гибкости балки остался без изменения.

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{\pi E_0 \alpha^3}{E \cdot J}} = I80$$

Определим вспомогательные параметры:

$$a_z = \frac{(8252 - 94\alpha)\cdot\left(q + \frac{2p}{\alpha}\right) - \left(560\,\frac{M}{\alpha z} - 68q\right)\alpha}{I9440 + 29\alpha} =$$

$$= \frac{(8252 - 84.I80)\cdot\left(-I{,}06 + \frac{2.I0}{I8{,}6}\right) - \left(560\,\frac{-22{,}46}{I8{,}6^2} + 68.I{,}06\right)I80}{I9440 + 29.I80} =$$

= 0,06 т/м^2

$$\frac{a_2}{3} = \frac{(5188+63\alpha)\cdot(q + \frac{2p}{\mathcal{L}}) + (560\ \frac{M}{\mathcal{L}^2} - 63q)\alpha}{13440 + 29\alpha} \times$$

$$\times = \frac{(5188+63.180)\ (-1,06 + \frac{2.10}{18,6}) + (560\ \frac{-22,46}{18,6^2} + 63.1,06)180}{13440 + 29.180} =$$

$= 0,35\ т/м^2$

$a_2 = 3.0,35 = 1,05\ т/м^2$

Реактивное давление на балку со стороны грунта определено по приведенной выше формуле, вычисление приводится в таблице 4.

Таблица 4

x	a_0	$(x - \frac{\mathcal{L}}{2})^2$	a_2	$\frac{4a_2}{\mathcal{L}^2}(x - \frac{\mathcal{L}}{2})^2$	$p_{(x)}$, $т/м^2$
0	0,06	$\frac{\mathcal{L}^2}{4}$	I,05	I,05	I,II
8,4	-"-	$\frac{\mathcal{L}^2}{16}$	-"-	0,26	0,82
6,8	-"-	0	-"-	0	0,06
I0,2	-"-	$\frac{\mathcal{L}^2}{16}$	-"-	0,26	0,82
I8,6	-"-	$\frac{\mathcal{L}^2}{4}$	-"-	I,05	I,II

Все значения реактивного давления грунта положительные, условие применимости метода расчета выполнено.

Поперечная сила по длине балки, определяемая вышеприведенной формулой, вычислена в таблице 5.

Таблица 5

x	$\frac{2a_2}{3\mathcal{L}^2}(x-\mathcal{L})(2x-\mathcal{L})$	$\frac{P}{\mathcal{L}}(2x-\mathcal{L})$	$Q_{(x)}$, т
0	0	-I0	-I0,0
3,4	0,89	- 5,0	- 4,II
6,8	0	0	0
I0,2	-0,89	6,0	+ 4,II
I8,6	0	I0	+I0,0

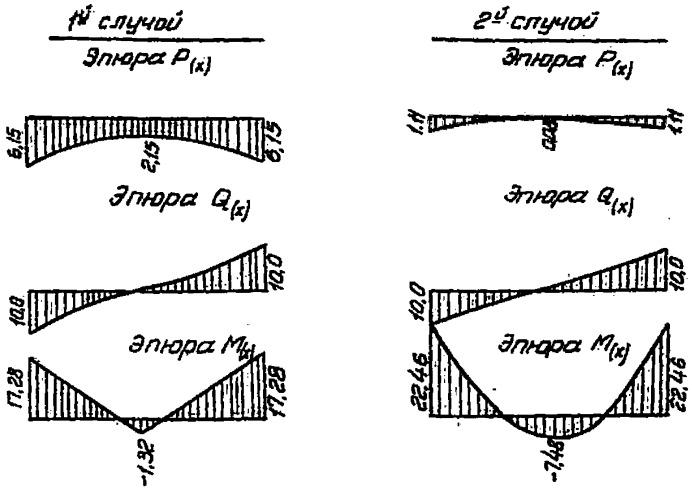
Изгибающие моменты, определяемые вышеприведенной формулой, вычислены в таблице 6.

Таблица 6

x	$\frac{a_2x^2}{3\mathcal{L}^2}(x-\mathcal{L})^2$	- M	$\frac{P}{\mathcal{L}}(x^2-\mathcal{L}x)$	$M_{(x)}$, тм
0	0	+22,46	0	+22,46
3,4	2,28	-"-	-28,5	+ I,24
6,8	4,06	-"-	-34,5	- 7,48
I0,2	2,28	-"-	-28,5	+ I,24
I8,6	0	-"-	0	+22,46

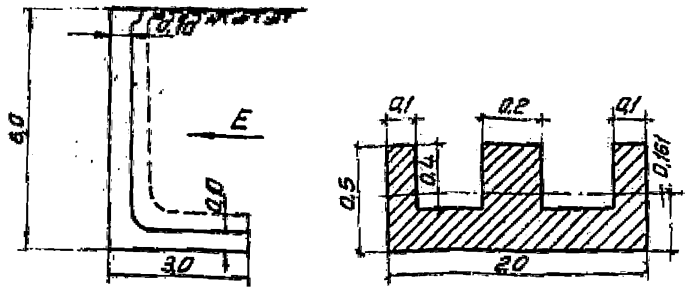
Полученные значения моментов, нормальных и поперечных сил из обоих случаев расчета позволят определить потребное армирование балки, ее трещиностойкость и т.д., расчет которых производится по нормам и техническим условиям проектирования железобетона. Этот же расчет покажет, насколько удачно было назначено поперечное сечение балки.

Доковое сечение



2. Расчет железобетонной ребристой плиты уголковой подпорной стенки высотой 6 м для сборного строительства

Расчет плиты произведен как балки на сплошном упругом основании по приближенному методу, предложенному И.А. Симвулиди. Подпорная стенка принята сечением согласно схеме.



Определим расстояние до центра тяжести от подошвы плиты:

$$C_0 = \frac{0,1 \cdot 2,0 \cdot 0,05 + (0,1 + 0,2 + 0,1)\, 0,4 (0,1 + 0,2)}{0,1 \cdot 2,0 + (0,1 + 0,2 + 0,1) \cdot 0,4} = 0,161 \text{ м}$$

Момент инерции сечения плиты относительно оси плиты:

$$J_0 = \frac{2,0 \cdot 0,1^3}{12} + 0,1 \cdot 2,0\, (0,161 - 0,05)^2 + \frac{(0,1+0,2+0,1)\, 0,4^3}{12} +$$

$$+ (0,1 + 0,2 + 0,1) \cdot 0,4\, (0,2 + 0,1 - 0,161)^2 = 0,0725 \text{ м}^4$$

Момент инерции плиты, отнесенный к единице ширины:

$$J = \frac{J_0}{2,0} = \frac{0,0725}{2,0} = 0,03625 \text{ м}^4$$

Давление грунта на подпорную стенку при $\varphi = 30^0$; $\gamma = 1,8$ т/м^3

$$E = \frac{1}{2} \gamma H^2 tg^2 \left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right) = \frac{1}{2} \cdot 1,8 \cdot 6^2 \cdot tg^2 \left(45^0 - \frac{30^0}{2}\right) =$$

$$= 10,8 \text{ т}$$

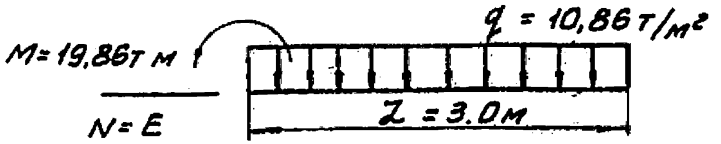
Опрокидывающий момент относительно оси плиты:

$$M = 10,8 \left(\frac{6,0}{3} - 0,161\right) = 19,86 \text{ тм}$$

Равномерно распределенная нагрузка на плиту (осредненная)

$$q \cong 1,8 \cdot 5,9 + 0,1 \cdot 2,4 = 10,86 \text{ т/м}^2$$

Для расчета донной плиты как балки имеем следующую схему нагрузки – момент на левом конце, равномерно распределенная нагрузка на всей длине и нормальная сила $N = E$



Показатель гибкости $\alpha = \frac{\pi E_0 L^3}{E \cdot J} = \frac{3,14 \cdot 2000 \cdot 3^3}{2000000 \cdot 0,03625} = 2,94$

Принято: модуль деформации грунта $E_0 = 200$ кг/см^2, модуль упругости железобетона $E = 200000$ кг/см^2.

Определим параметры балки:

$$a_0 = \frac{(8252 + 29\alpha)q - 280\frac{M}{L^2}\alpha}{13440 + 29\alpha} =$$

$$= \frac{(8252 + 29 \cdot 2,94) \cdot 10,86 - \frac{280 \cdot 19,86}{3^2} 2,94}{13440 + 29 \cdot 2,94} = 6,58 \text{ т/м}^2$$

$$\frac{a_2}{8} = \frac{5188q + 280\frac{M}{L^2}\alpha}{13440 + 29\alpha} = \frac{5188 \cdot 10,86 + 280 \cdot \frac{19,86}{3^2} \cdot 2,94}{13440 + 29 \cdot 2,94} =$$

$$= 4,278 \text{ т/м}^2$$

$$a_2 = 8 \cdot 4,278 = 12,884 \text{ т/м}^2$$

$$\frac{a_1}{8} = \frac{10\alpha - 2560}{2048 + \alpha} \cdot \frac{M}{L^2} = \frac{10 \cdot 2,94 - 2560}{2048 + 2,94} \cdot \frac{19,86}{3^2} = -2,72 \text{ т/м}^2$$

$$a_1 = -8 \cdot 2,72 = -8,16 \text{ т/м}^2$$

$$\frac{a_3}{10} = -\frac{6\alpha + 768}{2048 + \alpha} \cdot \frac{M}{L^2} = -\frac{6 \cdot 2,94 + 768}{2048 + 2,94} \cdot \frac{19,86}{3^2} = -0,848 \text{ т/м}^2$$

$$a_3 = -8,48 \text{ т/м}^2$$

Реактивное давление на балку со стороны грунта определяется формулой:

$$P_{(x)} = a_0 + \frac{2a_1}{\lambda}\left(x - \frac{\lambda}{2}\right) + \frac{4a_2}{\lambda^2}\left(x - \frac{\lambda}{2}\right)^2 + \frac{8a_3}{\lambda^3}\left(x - \frac{\lambda}{2}\right)^3$$

Подставляя известные величины получаем уравнение:

$$P_{(x)} = 6{,}58 - \frac{2.8{,}16}{3}\left(x - \frac{3{,}0}{2}\right) + \frac{4.12{,}894}{3^2}\left(x - \frac{3{,}0}{2}\right)^2 - \frac{8.8{,}48}{3^3}\left(x - \frac{3{,}0}{2}\right)^3$$

Расчет по уравнению произведен в таблице 7.

Таблица 7

X	a_0	$\frac{-2.8{,}16}{3}(x-1{,}5)$	$\frac{4.12{,}894}{3^2}(x-1{,}5)^2$	$\frac{-8.8{,}48}{3^3}(x-1{,}5)^3$	$P_{(x)}$ т/м^2
0	6,58	8,16	12,88	+8,48	36,00
0,3	-"-	6,58	8,21	+4,82	25,64
0,6	-"-	4,90	4,62	+1,82	17,92
0,9	-"-	3,27	2,05	+0,54	12,44
1,2	-"-	1,68	0,51	+0,07	8,79
1,5	-"-	0	0	0	6,58
1,8	-"-	-1,68	0,51	-0,07	5,89
2,1	-"-	-3,27	2,05	-0,54	4,82
2,4	-"-	-4,90	4,62	-1,82	4,48
2,7	-"-	-6,58	8,27	-4,82	3,54
3,0	-"-	-8,16	12,82	-8,48	2,82

Все значения $P_{(x)}$ положительные, условия применимости метода расчета выполнены. Поперечная сила определяется уравнением:

$$Q_{(x)}=\left[\frac{a_0}{2}(2x-\lambda)-\frac{\lambda}{120}(10a_1+8a_3)+\frac{q\lambda}{2}+\frac{M}{\lambda}\right]+$$

$$\frac{a_1}{\lambda}\left(x-\frac{\lambda}{2}\right)^2+\frac{4a_3}{3\lambda^2}\left(x-\frac{\lambda}{2}\right)^3+\frac{2a_3}{\lambda^3}\left(x-\frac{\lambda}{2}\right)^4-$$

$$-qx$$

Подставляя известные величины, получаем уравнение:

$$Q_{(x)}=15{,}71-4{,}28\,x-2{,}72\,(x-1{,}5)^2+1{,}90\,(x-1{,}5)^3-$$

$$-0{,}63\,(x-1{,}5)^4.$$

Расчеты по уравнению произведены в таблице 8.

Таблица 8

x	15,71-4,28x	-2,72(x-1,5)^2	1,90(x-1,5)^3	-0,63(x-1,5)^4	$Q_{(x)}$, т
0	15,71	-6,12	-6,40	-3,19	0
0,5	13,57	-2,72	-1,90	-0,63	8,32
1,0	11,48	-0,68	-0,24	-0,04	10,47
1,5	9,29	0	0	0	9,29
2,0	7,15	-0,68	+0,24	-0,04	6,67
2,5	5,01	-2,72	+1,90	-0,63	3,56
3,0	2,87	-6,12	+6,40	-3,19	0

Изгибающий момент в сечениях балки определяется уравнением:

$$M_{(x)}=\frac{\lambda^2}{240}\left[10a_1-5a_2+3a_3\right]+\left[\frac{a_0}{2}(x-\lambda)-\frac{\lambda}{120}\right.$$

$$\left.(10a_1+8a_3)+\frac{q\lambda}{2}+\frac{M}{\lambda}\right]x+\frac{2a_1}{6\lambda}\left(x-\frac{\lambda}{2}\right)^3+$$

$$+\frac{8a_3}{24\lambda^2}\left(x-\frac{\lambda}{2}\right)^4+\frac{48a_3}{120\lambda^3}\left(x-\frac{\lambda}{2}\right)^5-M-\frac{qx^2}{2}$$

Подставляя известные величины, получаем уравнение изгибающих моментов в следующем виде:

$$M_{(x)} = -26{,}48 + 15{,}86\,x - 2{,}19\,x^2 - 0{,}907\,(x-1{,}5)^3 + 0{,}477\,(x-1{,}5)^4 - 0{,}125\,(x-1{,}5)^5.$$

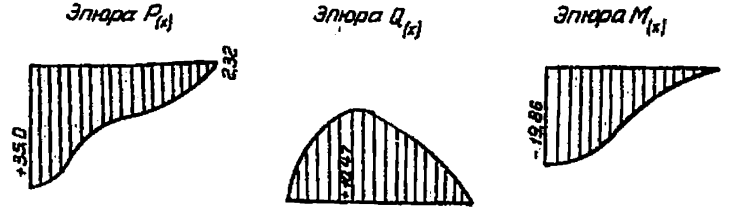
Подсчеты изгибающих моментов произведены в таблице 9.

Дальнейший расчет плиты по значениям M, Q и $\mathcal{N}$ ведется по нормам и техническим условиям расчета железобетона.

Таблица 9

x	-26,48	+15,86x	$-2{,}19x^2$	$-0{,}907\cdot(x-1{,}5)^3$	$+0{,}477\cdot(x-1{,}5)^4$	$-0{,}125\cdot(x-1{,}5)^5$	$M_{(x)}$, тм
0	-26,48	0	0	+3,06	+2,41	+0,95	-19,86
0,5	-"-	+7,93	-0,55	+0,91	+0,48	+0,18	-17,28
1,0	-"-	15,86	-2,19	+0,12	+0,03	+0,004	-12,66
1,5	-"-	23,79	-5,05	0	0	0	- 7,74
2,0	-"-	31,72	-9,00	-0,12	+0,03	-0,004	- 3,85
2,5	-"-	39,65	-13,69	-0,91	+0,48	-0,18	- 1,08
3,0	-"-	47,58	-19,71	-3,06	+2,41	-0,95	0

Подпорная стенка



3. Статический расчет труб

С целью ознакомления с различными способами расчета и оценки их в настоящем примере приведены статические расчеты труб несколькими методами.

Данные для расчета

Круглая железобетонная труба дюкера, имеющего максимальный напор 40 м, с внутренним диаметром 2,0 м, уложенная на спрофилированное грунтовое ложе в траншее шириной 4,0 м, с высотой засыпки 0,6 м. Грунт-суглинок, объемный вес грунта γ_0=1,8 т/м^3, модуль упругости E_0= 120 кг/см^2, коэффициент Пуассона μ_0=0,[illegible]7, удельный вес частиц грунта 2,71 т/м^3, объемный вес скелета грунта 1,65 т/м^3, влажность 18%, угол внутреннего трения φ_0=24^0.

Действующие на трубу нагрузки, учтенные расчетом:

1) равномерно распределенная постоянная вертикальная нагрузка от засыпки грунта на уровне верха трубы, определенная по ТУиН Теплоэлектропроекта (см. ниже метод Л.М.Емельянова).

$$P_в = \gamma_0 \; H \; K_{УI} = 1,8 \cdot 0,6 \cdot 1,08 = 1,17 \text{ т/м}^2,$$

где $K_{УI}$ - коэффициент постоянной вертикальной нагрузки, определенный по таблице с учетом неравномерности оседания слоев грунта засыпки и условий укладки в зависимости от количества труб и ширины траншеи B=4,0 м; внешний диаметр трубы $Д_н$=2+2.0,2=2,4 м

$$\frac{H}{Д_н} = \frac{0,6}{2,4} = 0,25; \quad \frac{B}{Д_н} = \frac{4,0}{2,4} = 1,67; \quad K_{УI} = \frac{1,0+1,16}{2} = 1,08$$

2) равномерно распределенная временная вертикальная нагрузка от гусеничного 15-тонного крана, определенная по таблице 7 (см. п.2.64 настоящих "Указаний") $P_{вр}$ = 3,42 т/м^2;

3) равномерно распределенная постоянная нагрузка от горизонтального давления засыпки на уровне оси трубы, определенная по ТУиН Теплоэлектропроекта.

$$q_б = \gamma_0 \cdot H_ц \cdot K_{XI} = 1,8 \cdot 1,8 \cdot 0,575 = 1,86 \text{ т/м}^2,$$

где $H_ц$ - заглубление оси трубы.

При внутреннем диаметре $Д_{вн}$= 2,0 м и толщине стенок 0,2 м имеем $H_ц$ =0,6 + 0,2 + $\frac{2,0}{2}$ = I,8 м

$\frac{B}{Д_н} = \frac{4,0}{2,4}$ = I,67; $\frac{H_ц}{Д_н} = \frac{I,8}{2,4}$ = 0,75 ; $K_{XI} = \frac{0,6I+0,54}{2}$=0,575;

4) собственный вес трубы при объемном весе железобетона $\gamma_б$=2,4 т/м^3, среднем диаметре Д= 2,2 м и толщине стенок h = 0,2 м.

$$q_{тр} = \pi \cdot Д \cdot h \cdot \gamma_б = 3,I4 \cdot 2,2 \cdot 0,2 \cdot 2,4 = 3,32 \text{ т/м}$$

Интенсивность нагрузки от собственного веса трубы:

$$q = \frac{2400 \cdot 0,2 \cdot I,0}{I00 \cdot I00} = 0,048 \text{ кг/см}^2;$$

5) вес воды, заполняющей трубу:

$$P_т = \frac{\pi Д^2_{вн}}{4} \cdot I,0 = \frac{3,I4 \cdot 2,0^2}{4} = 3,I4 \text{ т/м};$$

6) напор в трубе от давления воды:

$$P = 40 \text{ т/м}^2 = 4,0 \text{ кг/см}^2$$

Метод Н.Л.Бурдзгла (Н.Л.Бурдзгла "Новые конструкции гидротехнических водоводов и туннелей", Москва, I954 г.).

В этом расчете учитывается реакция грунта, изменяющаяся по закону косинуса с максимальной ординатой эпюры q_z на вертикальной оси и нулевыми ординатами на горизонтальной оси. Метод позволяет учитывать упругий отпор грунта, несколько облегчающий работу трубы под действием внешних нагрузок. Учитывая, однако, некоторую условность принятых положений расчета по влиянию стенок траншеи, учтенных ранее при определении величины вертикальной и горизонтальной нагрузок, а также условное действие реакции по всей подошве трубы считаем возможным упругий отпор в настоящем расчете не учитывать.

I) Расчет на равномерно распределенную вертикальную нагрузку интенсивностью от засыпки грунта совместно с эквивалентной временной нагрузкой от гусеничного крана на поверхности земли –

$$q = P_в + P_{вр}$$

Для водоводов кругового очертания с расчетным радиусом r, пользуясь методом сил, по формулам (10) и (11)[x] имеем:

$$\Delta_{zq}=\frac{-1,216qr^3}{EJ}\quad;\quad \Delta_{xq}=\frac{-0,393qr^4}{EJ}$$

По формулам (26), (27) и по табл.5:

$$\Delta_{zq_r}=\frac{-0,480\cdot1,275\,qr^3}{EJ};\quad \Delta_{xq_r}=\frac{0,393qr^4}{EJ},$$

где $q_r=1,275q$

По формулам (7) и (8):

$$\delta_{zz}=\frac{2\pi r}{EJ}\quad;\quad \delta_{xx}=\frac{\pi r^3}{EJ}$$

Значения момента Z и нормальной силы X, приложенных к концу жесткой консоли, определяются из выражений:

$$Z=-\left(\frac{\Delta_{zq}+\Delta_{zq_r}}{\delta_{zz}}\right)=-\left(\frac{-1,216-0,480\cdot1,275}{EJ}\right)qr^3\frac{EJ}{6,27r}=0,281qr^2$$

$$X=-\left(\frac{\Delta_{xq}+\Delta_{xq_r}}{\delta_{xx}}\right)=-\left(\frac{0,393+0,393\cdot1,275}{EJ}\right)\cdot\frac{EJ}{3,14\,r^3}=-0,0582q$$

Изгибающий момент в ключевом сечении:

$$M_0=(0,281-0,0582)qr^2=0,228qr^2$$

Распор в ключевом сечении:

$$H=X=-0,0582qr$$

2) Расчет на активное боковое равномерно распределенное давление земли.

Из выражений (19) и (20)-имеем:

$$H=-q_g\cdot r\quad;\quad M_0=\frac{-0,393q_gr^3}{1,571r}=-0,25q_gr^2$$

3) Расчет на собственный вес трубы q

Из выражений (13) и (14)

---

x) Здесь и ниже нумерация формул и таблиц дается по приведенной литературе.

$$\Delta_{zq} = 0; \qquad \Delta_{xq} = -\frac{1{,}57 q z^4}{E \cdot J}$$

По формулам (7) и (8)

$$\delta_{zz} = \frac{2\pi z}{E \cdot J}; \qquad \delta_{xx} = \frac{\pi z^3}{EJ}$$

По табл.5 определяем:

$$q_{rz} = \frac{h \cdot \gamma_б \cdot \pi z \cdot q}{0{,}785} = \frac{0{,}2 \cdot 2400 \cdot 3{,}14 z \cdot q}{100 \cdot 100 \cdot 0{,}785 z} = 4q$$

По формулам (26) и (27)

$$\Delta_{zq_{rz}} = \frac{0{,}480 q_{rz} \cdot z^3}{E \cdot J} = -\frac{0{,}480 \cdot 4 q z^3}{E \cdot J} = -\frac{1{,}72 q z^3}{E \cdot J}$$

$$\Delta_{xq_{rz}} = \frac{0{,}898 q_{rz} \cdot z^4}{E \cdot J} = \frac{4 \cdot 0{,}898 q z^4}{E \cdot J} = \frac{1{,}572 q z^4}{E \cdot J}$$

откуда $Z = -\frac{(0-1{,}72)}{6{,}28} \frac{q z^3}{E \cdot J} \cdot \frac{EJ}{z} = 0{,}274 q z^2$

$$X = -\frac{(-1{,}57+1{,}572)}{3{,}14} \frac{q z^4}{E \cdot J} \cdot \frac{E \cdot J}{z^3} = -0{,}001 q z$$

Изгибающий момент M_0 в ключевом сечении:

$$M_0 = (0{,}274 - 0{,}001) q z^2 = 0{,}278 q z^2$$

Нормальная сила в том же сечении:

$$N = H = -0{,}01 q z$$

4) Расчет на нагрузку от воды, заполняющей трубу до ключа:

$$\gamma = 1 \text{ т/м}^3 = \frac{1}{1000} \text{ кг/см}^3$$

По формулам (1), (2), (7), (8), (16), (17), (26), (27) и по табл.5 имеем:

$$Z = \frac{-(+3{,}14 - 0{,}480 \cdot 2{,}001)}{6{,}28} \frac{z^3 \gamma}{EJ} \cdot \frac{EJ}{z} = -0{,}368 \gamma z^2$$

$$X = \frac{-(-2{,}852 + 0{,}898 \cdot 2{,}001)}{3{,}14} \frac{z^5 \gamma}{E \cdot J} \cdot \frac{E \cdot J}{z^3} = 0{,}498 \gamma z^2$$

Момент в ключевом сечении:

$$M_0 = (-0,868+0,498)\gamma r^3 = 0,185\gamma r^3$$

Распор $H = 0,498\gamma r^2$

5) Расчет обделки на внутреннее равномерное давление воды (напор).

Пользуясь выражениями (22) и (28)

$$H = p \cdot r = N ; \qquad M_0 = 0$$

Таким образом, определены значения M_0 и H в ключевом сечении от воздействия различных нагрузок.

Далее пользуясь данными приложений к труду Н.Л.Бурдзгла, будем вычислять изгибающие моменты и нормальные силы по контуру стенки трубы для трех основных сечений: ключевого ($\varphi = 0^0$), на горизонтальной оси ($\varphi = 90^0$) и в основании трубы ($\varphi = 180^0$).

Для сечения трубы, очерченного по кругу, момент и распор ключевого сечения остаются равными M_0 и H, которые приведены выше.

Для сечения при $\varphi = 90^0$

I) От равномерно распределенного вертикального давления:

$$M_{\varphi=90^0} = M_0 - H \cdot r - 0,5qr^2 = [0,228 - (-0,0582) - 0,5]qr^2 =$$
$$= -0,219qr^2 ; \quad N = -qr$$

2) От равномерно распределенного горизонтального давления $q_б$ (активное боковое):

$$M_{\varphi=90^0} = M_0 + q_б r^2 - 0,5q_б r^2 = (-0,25+1,0-0,5)\,r^2 = 0,25\,q_б r^2$$
$$N = 0$$

3) От собственного веса трубы q :

$$M_{\varphi=90^0} = M_0 - Hr - 0,57qr^2 = [0,278 - (-0,01) - 0,57]qr^2 =$$
$$= -0,287qr^2 ; \quad N = -1,57qr$$

4) От воды, заполняющей трубу до ключа:

$$M_{\varphi=90^0} = M_0 - Hr + 0,215\gamma r^3 = (0,185 - 0,498 - 0,215)\gamma r^3 = -0,578\gamma r^3$$
$$N = 0,215\gamma r^2$$

5) От внутреннего давления воды p:

$$M_{\varphi=90^0} = M_0 = 0 \qquad N = p \cdot r$$

Для сечения при $\varphi = 180^0$

I) От равномерно распределенного вертикального давления:

$$M_{\varphi=180^0} = M_0 + 2Hr = [0,228+2(-0,0582)]\, qr^2 = 0,122\, qr^2$$

$$N = -H = -(-0,0582\, qr) = 0,0582\, qr;$$

2) От равномерно распределенного горизонтального давления q_g:

$$M_{\varphi=180^0} = M_0 = -0,250 q_g r^2; \quad N = H = -q_g r$$

3) От собственного веса трубы g:

$$M_{\varphi=180^0} = M_0 - 2Hr = [0,278-2(-0,01)]\, gr^2 = 0,271\, gr^2$$

$$N = -H = -(-0,01 gr) = 0,01 gr;$$

4) От воды, заполняющей трубу:

$$M_{\varphi=180^0} = M_0 - 2Hr = [0,185+2.0,498]\,\gamma r^3 = 1,181\,\gamma r^3$$

$$N = -H + 2\gamma r^2 = (-0,498 + 2,0)\,\gamma r^2 = 1,502\,\gamma r^2;$$

5) От внутреннего давления воды (напор)

$$M_{\varphi=180^0} = M_0 = 0; \qquad N = H = p \cdot r$$

Постоянные множители, входящие в выражения M и N для расчетных значений момента и нормальной силы, для нашего примера имеют следующие значения:

а) при равномерно распределенной вертикальной нагрузке от засыпки грунта и от эквивалентной временной нагрузки гусеничного крана:

$$q \cdot r_{ср} \cdot r_{ср} \cdot 1,0 = (P_в + P_{вр}) \cdot r_{ср} \cdot r_н \cdot 1,0 =$$

$$= (1,17 + 8,42)\, 1,10 \cdot 1,20 \cdot 1,0 = 6,0588 \text{ тм} = 605880 \text{ кг.см}$$

$$q \cdot r_{ср} \cdot 1,0 = (1,17 + 8,42) \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 5,049 \text{ т} = 5049 \text{ кг}$$

здесь $r_{ср}$ и $r_н$ -средний и наружный радиусы трубы;

б) при равномерно распределенной горизонтальной нагрузке от бокового давления земли:

$$q_{\delta} \cdot r_{cp} \cdot r_{H} \cdot 1{,}0 = 1{,}86 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}0 = 2{,}4552 \text{ тм} = 245520 \text{ кг.см}$$

$$q_{\delta} \cdot r_{cp} \cdot 1{,}0 = 1{,}86 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}0 = 2{,}046 \text{ т} = 2046 \text{ кг}$$

в) при нагрузке от собственного веса трубы:

$$g \cdot r_{cp}^2 \cdot 1{,}0 = 0{,}048 \cdot 110^2 \cdot 100 = 58080 \text{ кг.см}$$

$$q \cdot r_{cp} \cdot 1{,}0 = 0{,}048 \cdot 110 \cdot 100 = 528 \text{ кг}$$

г) при нагрузке от воды, заполняющей трубы до ключа:

$$\gamma \cdot r^3 \cdot 1{,}0 = 1{,}0 \cdot r_{вн}^2 \cdot r_{cp} \cdot 1{,}0 = 1{,}0 \cdot 1{,}0^2 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}0 =$$
$$= 1{,}1 \text{ тм} = 110000 \text{ кг.см}$$

$$\gamma \cdot r^2 \cdot 1{,}0 = 1{,}0 \cdot r_{вн}^2 + r_{cp} \cdot 1{,}0 = 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}0 =$$
$$= 1{,}1 \text{ тм} = 1100 \text{ кг.}$$

д) при нагрузке от внутреннего давления воды (напора)

$$p \cdot r_{вн}^2 \cdot 1{,}0 = 40 \cdot 1{,}0^2 \cdot 1{,}0 = 40{,}0 \text{ тм} = 4000000 \text{ кг.см}$$

$$p \cdot r_{вн} \cdot 1{,}0 = 40 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 40 \text{ т} = 40000 \text{ кг}$$

Расчетные значения моментов и нормальных сил, полученные в результате перемножения выражения M и N на полученные значения множителей, приведены в таблице 10.

Метод ТУиН Теплоэлектропроекта

(метод доктора техн.наук проф Л.М.Емельянова, по которому составлены "Технические условия и нормы проектирования стальных подземных труб", Теплоэлектропроект, Москва, 1960 г.)

В этом расчете учитывается упругое обжатие трубы грунтом с помощью параметра упругого обжатия ρ, входящего в формулы моментов от вертикального и горизонтального давления грунта, от временной нагрузки на поверхности земли и от гидростатического давления воды при неполном заполнении трубы водой.

Таблица IO

Значения M и N по расчетным сечениям трубы

Сечение	Усилие	Единица измерения	Вертикальная нагрузка, q	Горизонтальная нагрузка, q_δ	Собственный вес трубы, g	Безнапорная вода в трубе	Напор, p	Сумма Σ
$\varphi = 0^0$	M	кг.см	I70000	-6I890	I5900	I4840	0	I39860
	N	кг	-268	-2046	-5	548	40000	88211
$\varphi = 90^0$	M	кг.см	-I82600	6I880	-I6700	-68700	0	I53820
	N	кг	-5049	0	880	286	40000	86017
$\varphi = I80^0$	M	кг.см	78900	-6I880	I5700	I24400	0	I52620
	N	кг	268	-2046	5	I650	40000	49872

Величина параметра упругого обжатия определяется из выражения:

$$\rho = \frac{E_0 \cdot \eta \cdot Д_{ср}^3}{96(1+\mu_0)E_B^2} = \frac{120 \cdot 0{,}5 \cdot 220^3 \cdot 12}{96\,(1+0{,}87)380000 \cdot 20^3} = 0{,}02,$$

где E_0 –модуль деформации грунта для суглинка E_0=120 кг/см^2;

η –коэффициент снижения модуля деформации, принятый для засыпного грунта η= 0,5;

$J/B = \frac{h^3}{12}$ –погонный момент инерции продольного сечения оболочки трубы толщиной h = 20 см;

μ –коэффициент Пуассона грунта для суглинка, принятый μ_0=0,87,

$Д_{ср}$ –средний диаметр трубы;

E –модуль упругости материала стенок трубы, E = 380000 кг/см^2 для железобетона марки 400.

Изгибающие моменты M и нормальные силы N по окружности трубы вычислены для трех характерных точек: в шельге (φ =0^0), на уровне оси (φ =90^0) и у подошвы (φ =180^0). Формулы для вычислений искомых величин и полученные величины M и N приведены в таблице II на основании ТУиН Теплоэлектропроекта.

Суммарные расчетные значения моментов и нормальных сил на ширину расчетного сечения трубы (в) получим, умножая табличные значения на 100 см и суммируя их:

<u>при φ = 0^0</u>

ΣM = (344+568-545). 100 = 36700 кг.см

ΣN = (-2,1-5,3-17,2+394,6)100 = 37000 кг

<u>при φ = 90^0</u>

ΣM = (-354-503+545) 100 = - 30200 кг.см

ΣN = (-10,8-15,7-3,4+400) 100 = 37000 кг

<u>при φ = 180^0</u>

ΣM = (344+442-545) 100 = 24100 кг.см

ΣN = (-2,1-0,8-17,2+405,5)= 38540 кг.

Таблица II

Нагрузка	Формулы $M_\varphi \frac{(кг.см)}{см}$ и $N_\varphi \frac{(кг)}{см}$	Усилия	Значения M и N при угле φ от вертикальной оси до сечения $\varphi=0^0$	$\varphi=90^0$	$\varphi=180^0$
I	2	3	4	5	6
Вертикальное давление насыпки	$\frac{P_в Д^2 \cdot Cos^2\varphi}{16\left/1+\frac{3-2\mu_o}{3-4\mu_o}\cdot\rho\right/}$	M_φ	344	-344	344
	$\frac{P_в Д}{4}\left/\frac{3-4\mu_o}{3-2\mu_o}\cdot Cos\,2\varphi-1\right/$	N_φ	-2,1	-10,8	-2,1
Вертикальное давление от временной нагрузки	$\frac{P_{вр}Д^2}{16}\left[\frac{Cos2\varphi}{2\left(1+\frac{3-2\mu_o}{3-4\mu_o}\right)}\Big/15\pi\left[\frac{3Cos3\varphi}{1+\frac{5-4\mu_o}{3-4\mu_o}\cdot 3^2}-\frac{5Cos5\varphi}{67\left(1+\frac{5-4\mu_o}{3-4\mu_o}\cdot 5^2\right)}+\frac{Cos7\varphi}{43\left(1+\frac{7-4\mu_o}{3-4\mu_o}\cdot 7^2\right)}\right]\right]$	M_φ	568	-508	442
	$\frac{P_{вр}(3-4\mu_o}{8\left(3-2\mu_o\right.}\cdot Cos2\varphi-1\Big)+\frac{2P_{вр}Д}{15\pi}\left[-1,25Cos\varphi+\frac{1-6\mu_o}{5-4\mu_o}Cos3\varphi-\frac{6-7\mu_o}{7(5-6\mu_o)}\cdot Cos5\varphi\right]$	N_φ	-5,3	-15,7	- 0,8
Горизонтальное равномерное давление грунта	$-\frac{q_в Д^2\cdot Cos\,2\varphi}{16\left/1+\frac{3-2\mu_o}{3-4\mu_o}\cdot\rho\right/}$	M_φ	-545	+545	-545
	$-\frac{q_в Д}{4}\left/\frac{3-4\mu_o}{3-2\mu_o}\cdot Cos\,2\varphi+1\right/$	N_φ	-17,2	-8,4	-17,2

Продолжение табл. II

I	2	3	4	5	6
Гидростатическое давление совместно с напором	0	M_φ	0	0	0
	$\frac{\gamma_в \Delta}{2}\left/ P - \frac{\Delta}{4}\cos\varphi \right/$	N_φ	+894,6	+400	+405,5
Собственный вес стенок трубы	0	M_φ	0	0	0
	0	N_φ	0	0	0

Смешанный метод

(в этом методе в основном использованы материалы и исследования доктора техн.наук Г.К.Клейна "Расчет труб,уложенных в земле",Москва,1957 г. и ТУ "Водоканалпроекта" У-96-50, ЦСПТК, 1952 г.)

В расчете учитывается влияние укладки трубы в траншее или в насыпи, условие опирания трубы по основанию на спрофилированное ложе,с углом охвата ее основанием $2\alpha = 90^0$ и отсутствие реакции на остальной части трубы (по Г.К.Клейну). Реакция грунта предполагается равномерно распределенной вследствие незначительности расхождения влияния других форм реакции (по анализу Г.К.Клейна). Упругий отпор Г.К.Клейн рекомендует учитывать для стальных труб, а для железобетонных только в случаях засыпки песчаны, хорошо уплотненным грунтом. В нашем случае это влияние исключается.

Расчетные нагрузки:

I) В траншее от давления грунта засыпки, при толщине ее над шелыгой трубы H = 0,6 м и ширине траншеи B = 4,0 м;

$\frac{H}{B} = \frac{0,6}{4,0} = 0,I5.$

По графику определяем $C_{тр} = 0,I5.$

Тогда $q_в = C_{тр}\gamma' . B^2 = 0,I5 . I,8 . 4,0^2 = 4,32$ т/м

Для случая в насыпи имеем $\frac{H}{Д_н} = \frac{0,6}{2,4} = 0,25;\ C_н = 0,25$

Тогда $q_в = C_н . \gamma' Д_н^2 = 0,25 . I,8 . 2,4^2 = 2,59$ т/м

Принимается 2,59 т/м как меньшее значение.

2) От временной нагрузки на поверхности грунта гусеничного крана грузоподъемностью I5 т, исходя из давления 60-тонной гусеничной нагрузки с поправочным коэффициентом 0,625.

$$q_{вн} = 4,7 . 0,625 \approx 3,I \text{ т/м}$$

3) От горизонтального равномерно распределенного давления засыпки при расположении оси трубы на уровне H=I,8 м

$q_{в} = \gamma_{н} \cdot tg^2(45^0 - \frac{\varphi}{2}) = 1,8 \cdot 1,8 tg^2 (45^0 - \frac{24^0}{2}) = 1,385$ т/м

$q_{б} = q_{б} \cdot Д_{н} = 1,385 \cdot 2,4 = 3,28$ т/м

4) Вес воды, заполняющей трубу (без напора):

$$P_0 = \frac{\pi Д_{вн}^2}{4} \cdot 1,0 = \frac{3,14 \cdot 2,0^2}{4} \cdot 1,0 = 3,14 \text{ т/м}$$

5) Собственный вес стенок трубы:

$q_{с} = \pi Д_{ср} \cdot h \cdot \gamma_{б}^{н} = 3,14 \cdot 2,0 \cdot 2,2,4 = 8,32$ т/м

6) Давление воды в трубе:

$P = 40,0$; $\gamma^{н} = 40$ т/м^2

По данным таблицы II (см.книгу Г.К.Клейна) имеем:

при $\varphi = 0^0$

$$M_{\varphi=0} = \left[0,141 (q_{в} + q_{вр}) - 0,125 \, q_{б} + 0,0707 (P_0 + q_{ср})\right] r_{ср} =$$

$$= \left[0,141 (2,59+3,10) - 0,125 \cdot 3,28 + 0,0707 (3,14+3,32)\right] \cdot 1,1 =$$

$$= (0,800 - 0,410 + 0,456) \cdot 1,1 = 0,880 - 0,451 + 0,502 = 0,931 \text{ тм}$$

$M = 93100$ кг.см

$$N = +0,085(2,59+3,10) + 0,221 \cdot 3,14 + 0,0816 \cdot 3,32 + 0,4 \cdot 1,0 - 0,5 \cdot 3,28 =$$

$$= +0,200 + 0,694 + 0,205 + 0,0 - 1,64 = 89,459 \text{ т}; \quad N = 89459 \text{ кг}$$

при $\varphi = 90^0$

$$M_{\varphi=90^0} = \left[-0,145(2,59+3,1) + 0,125 \cdot 3,28 - 0,0823(3,14+3,32)\right] \cdot 1,1 =$$

$$= -0,907 + 0,451 - 0,585 - 0,585 = -1,041 \text{ тм}; \quad M = 104100 \text{ кг.см}$$

$$N = -0,5(2,59+3,1) + 0,068 \cdot 3,14 - 0,25 \cdot 3,32 + 0,4 \cdot 1,0 = 46,540 \text{ т};$$

$N = 46540$ кг

при $\varphi = 180^0$

$$M_{\varphi=180^0} = \left[0,178(2,59+3,10) - 0,125 \cdot 3,28 + 0,128(3,14+3,32)\right] \cdot 1,1 =$$

$$= 1,124 - 0,451 + 0,879 = +1,546 \text{ тм}; \quad M = 154600 \text{ кг.см}$$

$$N = -0,180(2,59+3,10) - 0,50 \cdot 3,28 + 0,271 \cdot 3,14 - 0,206 \cdot 3,32 + 0,4 \cdot 1,0 =$$

$$= 87,5 \text{ т}; \quad N = 87500 \text{ кг}$$

Подсчитанные значения M и $\mathcal{N}$ по трем методам сведены в таблицу I2.

Таблица I2

Методы	$\varphi = 0^0$		$\varphi = 90^0$		$\varphi = 180^0$	
	M кг.см	$\mathcal{N}$ кг	M кг.см	$\mathcal{N}$ кг	M кг.см	$\mathcal{N}$ кг
Метод Бурдзгла	I89860	382II	I52720	360I7	I84720	49872
Метод Емельянова	86700	87000	80200	87000	24I00	38540
Смешанный метод	98I00	89459	I04I00	46540	I54600	87500

Анализируя полученные результаты статического расчета труб по суммарным величинам M и $\mathcal{N}$ (табл.I2), отмечаем, что наиболее низкие расчетные значения получены по методу Л.М.Емельянова, по смешанному методу - средние и по методу Л.Н.Бурдзгла самые высокие.

Для дальнейшего расчета труб по проверке принятой толщины сечения, определению потребного сечения арматуры, проверке трещиностойкости или величины раскрытия трещин считаем целесообразным использовать значения M и $\mathcal{N}$ из смешанного метода, учитывающего влияние собственного веса трубы и безнапорной воды в величине M.

Метод проф. Л.М.Емельянова можно применять только для стальных труб.

4. Гидравлический расчет трубчатого быстротока

Данные для проектирования:

Геометрическое падение	P=4,7 м
Расчетный расход	Q_p=5,0 м^3/сек
Заложение откосов канала	m =I,5
Ширина по дну -"-	δ =I,2 м
Глубина воды при Q = 5,0 м^3/сек	h_5 =I,6 м

Глубина воды при $q = 2,5$ м^3/сек $h_{2,5} = I,I9$ м.

Принимаем: диаметр круглой трубы быстротока $D = I,20$ м и уклон $i = 0,2$; раструбный оголовок с центральным углом раструба 60^0 и ныряющими откосами.

Полагаем, что труба будет работать как полунапорная, т.к. $h_{кр} = I,I5 < D$ определено по графику 2-47 "Справочника по гидротехнике" ВОДГЕО.

Определим горизонт воды перед трубой по формуле 2-I77 "Справочника по гидротехнике" ВОДГЕО /87/:

$$Q = \mu_0 \omega \sqrt{2g(H_0 - \eta a)},$$

где μ_0 – коэффициент расхода для раструбного оголовка согласно таблице 2-47 $\mu_0 = 0,67$;

ω – площадь поперечного сечения трубы; для $D = I,20$ м $\omega = I,I3I$ м^2;

H_0 – полный напор над порогом с учетом скоростного напора;

g – ускорение $= 9,8I$ м/сек^2;

η – коэффициент, по табл. 2-47 $\eta = 0,74$;

a – высота трубы $= I,2$ м

Преобразовывая формулу 2-I77, получаем:

$$H_0 = \frac{Q}{\mu_0^2 \omega^2 2g} + \eta \cdot a = \frac{5,0^2}{0,67^2 \cdot I,I3I^2 \cdot I9,62} + 0,74 \cdot I,2 = 3,I \text{ м}$$

скорость подхода V_0 при ширине русла у входа, равной I,2 м, и при глубине $H = 3,0$ м.

$$V_0 = \frac{5,0}{I,2 \times 3,0} = I,39 \text{ м/сек} \qquad \Delta h_0 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{I,39^2}{I9,6} = 0,I0 \text{ м}$$

и $H = 3,I - 0,I = 3,0$ м.

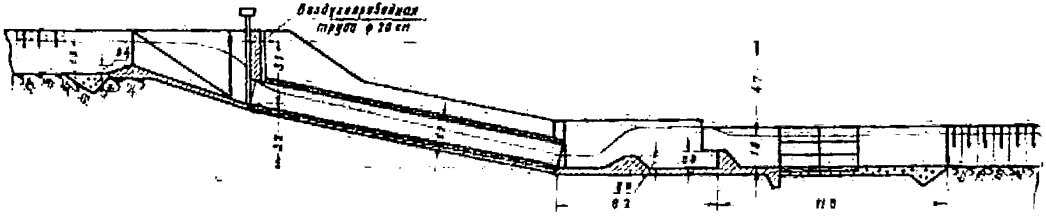
Определим сжатую глубину у входа в трубу по формуле 2-I70, преобразованной для круглого сечения трубы:

$$\frac{\omega_c}{\omega} = 0,037 \frac{\Omega}{\omega} + 0,573 \mu_0 + 0,I82,$$

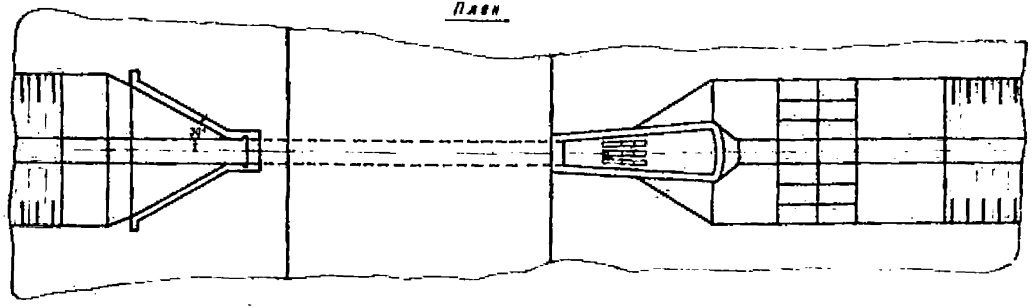
где Ω – площадь потока перед входом в трубу $= I,2 \cdot 3,0 = 3,6$ м^2;

Схема трубчатого быстротока

Разрез по оси



План



ω – площадь трубы = I,I9I м^2;

μ_0 – коэффициент расхода = 0,67.

Подставляя данные в формулу 2-I70, получим:

$$\frac{\omega_c}{I,I8I} = 0,037\,\frac{8,6}{I,I8I} + 0,573.0,67+0,I82 = 0,684$$

$$\omega_c = I,I9I \cdot 0,684 = 0,775\ м^2 \qquad h_c \cong 0,78\ м$$

Расстояние до сжатого сечения по формуле 2-I69:

$$\ell_{вх} = I,4a = I,4 \cdot I,2 = I,68\ м$$

Для $Q = 5,0\ м^3/сек$ критический уклон $i_{кр} = 0,0II4 < i = 0,2$. Следовательно, в трубе будет кривая спада от глубины $h_c = 0,78$ м до глубины h_1, которую будем определять методом проф.В.И.Чарномского (см. п.2-25,87) из уравнений:

$$\Delta S = \frac{\delta Э}{i - i_f};\quad \delta Э = \left[h_{n+1} + \frac{\alpha v_{n+1}^2}{2g}\right] - \left[h_n + \frac{\alpha v_n^2}{2g}\right];$$

$$i_f = \frac{\bar{v}^2}{\bar{C}^2 \bar{R}}$$

где i – уклон дна трубы;

i_f – уклон трения при $n = 0,0I2$;

$h_{n+1}; h_n; v_{n+1}; v_n$ – глубины и скорости в соответствующих створах;

$\bar{v}, \bar{C}, \bar{R}$ – гидравлические элементы потока, средние для участка между рассчитываемыми створами.

Дальнейшие расчеты сведены в таблицу I8.

Из таблицы видно, что в конце трубы длиной I7,68 м будет глубина $h_1 = 0,57$ м и скорость $v_1 = 9,48$ м/сек. В нашем случае мы берем 4 звена стандартных труб по 4 м общей длиной I6 м. В конце этой длины будет глубина $h_1 = 0,577$ м $v_1 = 9,25$ м/сек и $\omega_1 = 0,58\ м^2$.

Из расчета видно, что труба будет работать с режимом при затопленном входе и с запасом в трубе над горизонтом воды до шейки от 42 до 68 см, т.е. достаточном для надежной работы (см.схему быстротока).

Для дальнейших расчетов (приближенных) приводим сжатое сечение выходящего из трубы потока к эквивалентному прямоугольно-

Таблица I8

h, см	ω, $м^2$	v, м/сек	R, м	$\frac{\alpha v^2}{2g\rho_м}$,	ϑ	C	$\bar{v}$	$\bar{C}$	$\bar{R}$, м	$i_\varphi=\frac{\bar{v}^2}{\bar{C}^2\bar{R}}$	$\delta\vartheta$	$i-i_\varphi$	ΔS, м	S, м
I20	I,I8I	4,48	-	-	-	-								
							по предыдущим расчетам							I,68
78	0,775	6,44	0,846	2,32	8,I0	7I,8	6,75	7I,6	0,840	0,0260	0,48	0,I740	2,5	3,I8
72	0,709	7,06	0,884	2,8I	8,58	7I,5	7,44	7I,25	0,824	0,0388	0,55	0,I664	3,3	I,I8
66	0,640	7,8I	0,8I8	3,42	4,08	7I,0	8,38	70,7	0,309	0,0459	0,9I	0,I543	5,9	I8,88
60	0,565	8,84	0,800	4,39	4,99	70,4	9,0I	70,8	0,297	0,0555	0,8I	0,I445	2,I	I5,48
58	0,545	9,I8	0,294	4,72	5,80	70,2	9,88	70,I5	0,29I	0,0609	0,80	0,I89I	2,2	I7,68
57	0,528	9,48	0,289	5,05	5,60	70,I								

ну, имеющему глубину $h'_c = 0,55$ м $b_1 = 0,98$ м $h_{кр} = 1,42$ м $v_1 = 9,25$ м/сек и $\xi_1 = \frac{h'_c}{h_{кр}} = \frac{0,55}{1,42} = 0,39$.

По графику фиг.322 гидравлического справочника Н.Н.Павловского (изд.1937 г.) имеем $\xi_2 = 2,06$ и $h''_c = 2,06 \cdot 1,42 = 2,92$ м.

Вторая сопряженная глубина $h''_c > h_б = 1,6$ м, следовательно, прыжок будет отогнан.

Устанавливаем в нижнем бьефе водобойную стенку с гасителями ВОДГЕО.

Расстояние до водобойной стенки принимаем равным длине подпертого прыжка, определенного по формуле проф. Шаумяна:

$$l_{пр} = 3h''_c\sqrt{1 - \left/\frac{h'_c}{h''_c}\right/^3} = 3 \cdot 2,92\sqrt{1 - \left/\frac{0,55}{2,92}\right/^3} = 7,9 \text{ м}$$

Принятая длина колодца $l_к = 8,2$ м.

Согласно приложению 7 фиг. У " Типовых деталей гидротехнических сооружений " Ленгипроводхоза, 1960 г., выпуск 5 "Рисбермы и концевые крепления", размеры гасителя определяются подбором, чтобы на рисберме была получена заданная глубина $h_2 = 1,6$ м из уравнения:

$$h_2 = \sqrt{\frac{\frac{2q^2}{gh_c'}\left(\cos\varphi - \frac{\alpha_2' h_c}{h_2}\right) + 3h_c^2}{1 + \frac{S_c}{S}\left(1 - \frac{h_{ст}}{h_2}\right)^2}}$$

Полагаем $h_{ст} = 0,8$ м – высота водобойной стенки;

$h_2 = 1,6$ м – высота пирса;

$S_c = 0,20$ м – толщина пирса;

$S = 0,20$ м – просвет между пирсами;

$\alpha_2' = 1,5$ – коэффициент неравномерности распределения скоростей на рисберме;

$\varphi = 40^0$ – угол наклона верховой грани пирса к горизонту;

$g = 9,81$ – ускорение силы тяжести;

$q = \frac{5,0}{0,98} = 5,1$ м^2/сек – удельный расход.

Проверим принятые размеры по уравнению гасителя подстановкой величин:

$$h_2 = \sqrt{\frac{\frac{2 \cdot 5,I^2}{9,8I \cdot 0,55}\left(Cos\,40^0 - \frac{I,5 \cdot 0,55}{I,60}\right) + 8 \cdot 0,55^2}{I + \frac{0,20}{0,20}\left(I - \frac{0,8}{I,6}\right)^2}} = I,6 \text{ м}$$

Подбор величин выполнен правильно.

Средняя скорость на рисберме $v_{ср} = \frac{5,0}{I,6(I,2+I,5 \cdot I,6)} = 0,87$ м/сек

Расчетная скорость на рисберме $v_р = I,5 \cdot 0,87 = I,8$ м/сек.

Длину рисбермы назначаем равной I,5 $l_{пр} = I,5 \cdot 7,9 = II,8$ м в связи с эффективным гасителем и каменной наброской, дающей хорошую шероховатость.

Расчетный удельный расход на рисберме $q = I,3 \cdot I,6 = 2,08$ м/сек

$T_0 = h'_c + \frac{\alpha v^2}{2} = 0,55 + \frac{I,I \cdot 9,25^2}{I9,6} = 5,85$; $Z = 5,85 - 0,55 = 4,80$ м

Проверим полную длину крепления по формуле И.И.Левы /23/:

$$l_{кр} = \frac{27 h_2 q^{2/3}}{Z}\left/ 1,5K - \frac{q^{2/3}}{Z}\right/ =$$

$$= \frac{27 \cdot I,6 \cdot 2,08^{2/3}}{4,8}\left(I,5 \cdot I,0 - \frac{2,08^{2/3}}{4,8}\right) = I7,0 \text{ м}$$

Принято II,8 + 8,2 = 20,0 > I7,0 на I8%.

Проверим условие пропуска половинного расхода в верхнем бьефе.

Горизонт воды перед трубой определяем по формуле 2-I77:

$$H_0 = \frac{Q^2}{\mu_0^2 \omega^2 2g} + \alpha = \frac{2,5^2}{0,67^2 \cdot I,I8I^2 \cdot I9,62} + 0,74 \cdot I,2 = I,44 \text{ м}$$

скорость перед трубой $v = \frac{2,5}{I,32 \cdot I,2} = I,58$ м/сек

скоростной напор $\frac{v^2}{2g} = \frac{I,58^2}{I9,6} \approx 0,I2$ м, откуда

$H = I,44 - 0,I2 = I,32$ м.

Горизонт воды перед трубой снижается по сравнению с первым расчетным случаем на величину $\Delta h = 3,0 - 1,32 = 1,68$ м при глубине в канале 1,6 м.

Во избежание размывающих скоростей предусматриваем порог высотой 0,4 м в начале входного оголовка, где сбрасется трапецеидальный водослив с шириной по дну 1,2 м и полуторным заложением откосов. Определим напор на гребне этого водослива по формуле водослива с широким порогом:

$$Q = m b_{ср} \sqrt{2g}\, H^{3/2} = 0,32\ (B + mH)\sqrt{2g}\,\sqrt{H} =$$

$$= 0,32(1,2+1,5.0,65)\ 19,6\ .\ 0,65 = 2,5\ м^3/сек$$

Откуда глубина перед порогом будет равна 0,65 + 0,40 = 1,05 м, скорость при Q = 2,5 м/сек.

$$V = \frac{2,5}{(1,2+1,5.1,05)1,05} = 0,86\ м/сек < 0,87\ м/сек$$ – скорости при $Q = 5,0\ м^3/сек$.

Проверим возможность применения на быстротоке труб диаметром 1,0 м.

Необходимый горизонт воды перед трубой при полунапорном режиме определяется из формулы 2-177:

$$H_0 = \frac{5,02^2}{0,87^2.0,785^2.19,62} + 0,74.1,0 = 4,6 + 0,74 = 5,34\ м > 4,7 = P,$$

т.е. больше геометрического падения. Следовательно, использовать трубы диаметром 1,0 м невозможно.

Приложение 6

ОСРЕДНЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ И РАСЧЕТНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

Таблица 1

Удельные веса

Виды грунтов	Удельный вес грунта, т/м³	Виды грунтов	Удельный вес грунта, т/м³
Пески, кроме пылеватых	2,66	Суглинки	2,71
Супеси	2,70	Глины	2,74

Таблица 2

Коэффициенты фильтрации

Виды грунтов	Коэффициент фильтрации грунтов, см/сек	Виды грунтов	Коэффициент фильтрации грунтов, см/сек
Галечниковые (без песчаного заполнения)	10^{-1} – I	Пески мелкие	10^{-3}–10^{-2}
Гравийные	10^{-2} –10^{1}	–"– пылеватые	10^{-4}–10^{-3}
Гравийные и крупные пески	10^{-2}	Супесь	10^{-5}–10^{-4}
		Суглинок	10^{-7}–10^{-5}
		Глина	менее 10^{-7}

Таблица 3

Характеристика угла внутреннего трения φ и сцепления С

Виды грунтов	Угол внутреннего трения, φ град. при коэффициенте пористости			Удельное сцепление С, кг/м² при коэффициенте пористости		
	0,41-0,5	0,51-0,6	0,61-0,7	0,71-0,8	0,81-0,95	0,96-1,1
Песчаные грунты						
Гравелистые и крупные	43/0,01	40/ -	33/ -	-	-	-
Средней крупности	40/0,02	38/0,01	35/ -	-	-	-
Мелкие	38/0,08	36/0,02	32/0,01	-	-	-
Пылеватые	36/0,04	34/0,03	30/0,02	-	-	-
Глинистые грунты						
При влажности на границе раскатывания в %						
9,5 - 12,4	25/0,06	24/0,04	23/0,03	-	-	-
12,5 - 15,4	24/0,21	23/0,1	22/0,07	21/0,03	-	-
15,5 - 18,4	-	22/0,25	21/0,12	20/0,09	19/0,05	18/0,04
18,5 - 22,4	-	-	20/0,34	19/0,17	18/0,14	17/0,09
22,5 - 26,4	-	-	-	18/0,41	17/0,20	16/0,18
26,5 - 30,4	-	-	-	-	16/0,47	15/0,23

Таблица 4

Модуль деформации

Виды грунтов		Коэффициент пористости	Влажность на границе раскатывания, %	Модуль деформации, кг/см^2
Песчаные	Крупные	0,4–0,5	–	460
		0,5–0,6	–	400
		0,6–0,7	–	380
	Средней крупности	0,4–0,5	–	460
		0,5–0,6	–	400
		0,6–0,7	–	380
	Мелкие	0,4–0,5	–	370
		0,5–0,6	–	280
		0,6–0,7	–	240
	Пылеватые	0,5–0,6	–	140
		0,6–0,7	–	120
		0,7–0,8	–	100
Глинистые	Пылеватые супеси	0,4–0,5	9,4	180
		0,5–0,6		140
		0,6–0,7		110
	Суглинки	0,4–0,5	9,5–12,4	230
		0,5–0,6		160
		0,6–0,7		130

Виды грунтов		Коэффициент пористости	Влажность на границе раскатывания, %	Модуль деформации, кг/см^2
Песчаные	Крупные	0,4–0,5	–	450
		0,5–0,6	–	210
		0,6–0,7	12,5–15,4	150
		0,7–0,8		120
	Средней крупности	0,5–0,6	–	390
		0,6–0,7	–	180
		0,7–0,8	–	150
		0,8–0,9	15,5–18,4	130
		0,9–1,0	–	80
	Мелкие	0,6–0,7	–	385
		0,7–0,8	–	190
		0,8–0,9	18,5–22,4	130
		0,9–1,0	–	90
Глинистые	Пылеватые супеси	0,7–0,8	–	280
		0,8–0,9	22,5–26,4	160
		0,9–1,1		110
	Суглинки	0,8–0,9	26,5–30,4	240
		0,9–1,1		140

Таблица 5

Коэффициент Пуассона

Вид грунтов	Значение коэффициента
Твердые глины	0,2-0,8
Суглинки	0,33-0,37
Пластичные глины	0,38-0,45
Песчаные грунты	0,25-0,30

Примечание. Меньшие значения коэффициента относятся к более плотным грунтам соответствующего вида.

Модуль упругости мерзлого грунта принимается равным $E_{гр} = 40000$ кг/см^2.

Приложение 3

СТЫКОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ТРУБ

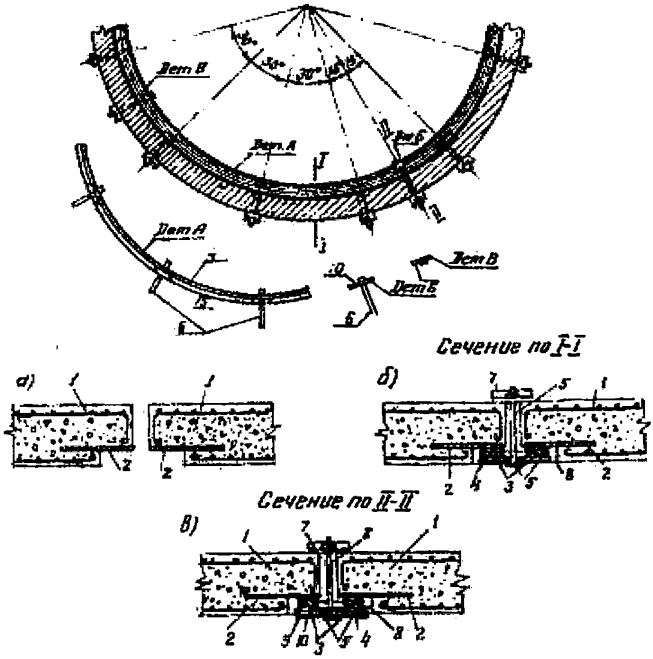


Рис.I. Тип гибкого соединения железобетонных труб: а)обработка стенок труб в месте шва до установки; б)сечение по I-I, в) сечение по II-II.
I - железобетонная труба; 2 - стальные подосы,сваренные по окружности, устанавливаются при бетонировании трубы, 3 - резиновые кольца, 4 - стальной лист стыковой накладки "А"; 5 - ребро жесткости стыковой накладки "А"; 6 - болты; 7 -отрезки швеллеров для закрепления болтов; 8 - заполнение мастикой; 9 - резиновые прокладки на стыке накладок"А"; IO - стальной лист накладки "Б"

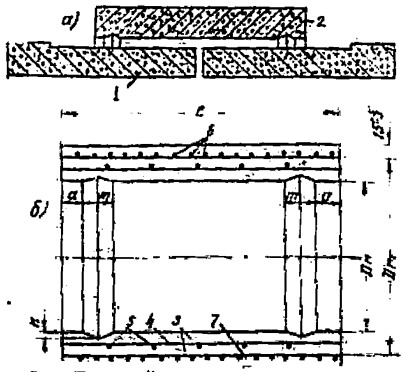


Рис.2. Жесткий стык в железобетонных трубах (а-деталь стыка трубы; б - продольный разрез муфты):1 -железобетонная труба; 2 - железобетонная муфта;3-железобетонный сердечник муфты; 4 -продольная предварительно напряженная арматура сердечника муфты; 5 - поперечная арматура сердечника;6-предварительно напряженная спиральная арматура;7-защитный бетонный слой

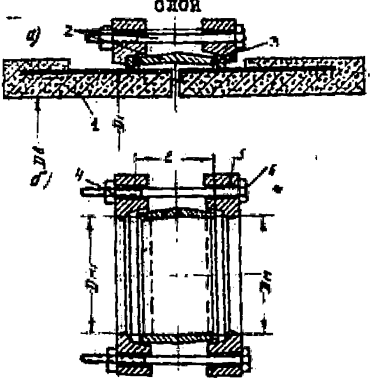


Рис.3. Гибкий стык в железобетонных трубах (а - деталь стыка трубы; б - продольный разрез муфты): 1 - железобетонная труба;2 -чугунная муфта; 3 - резиновые кольца (круглые); 4 - втулка муфты; 5 - фланцы муфты;6- болты муфты

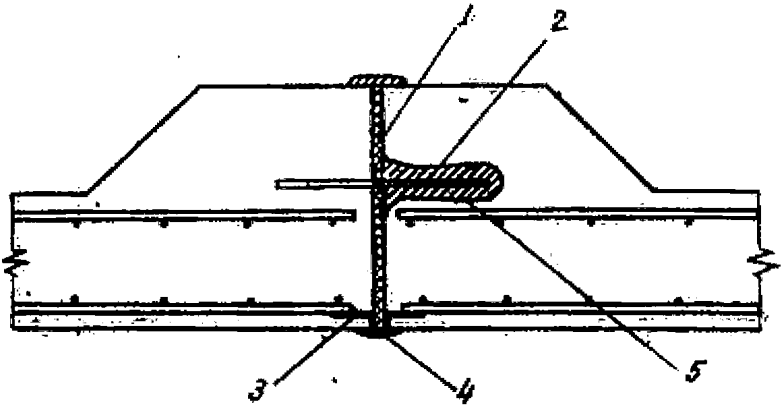


Рис.4. Шпоночный стык железобетонных труб: 1 – асфальтовые плиты; 2 – металлический лист; 3 – проволочная сетка; 4 – цементная стяжка; 5 – войлок, проваренный в битуме

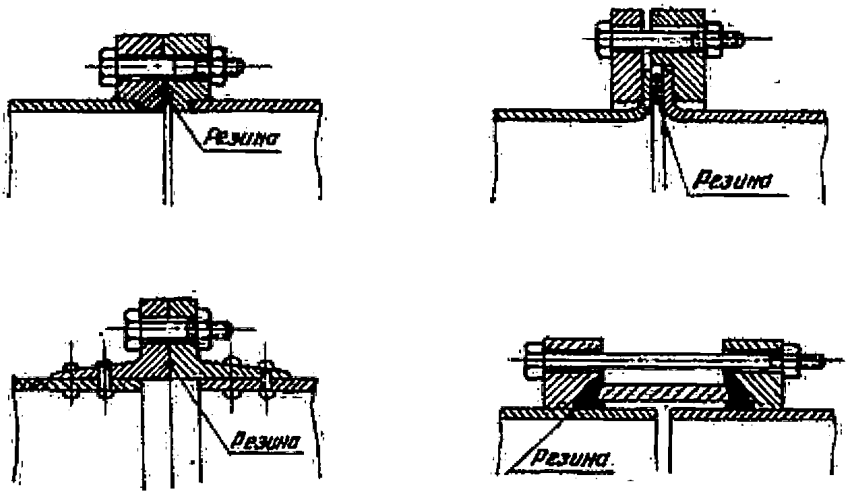
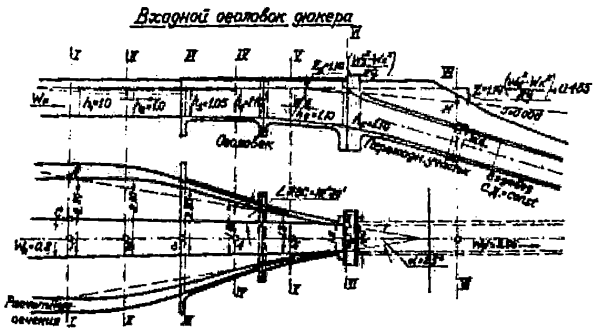
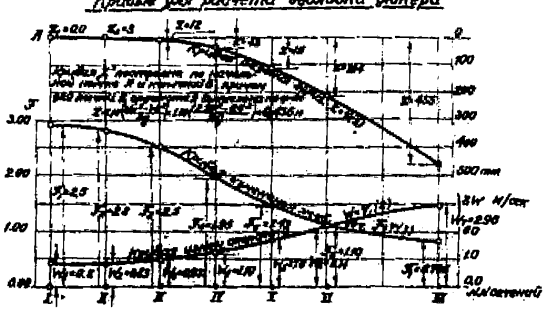


Рис.5.Фланцевые соединения

Приложение 4

К ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ ДЮКЕРА





ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ

I. Антонников А.Ф. К вопросу расчета и назначения длины крепления нижнего бьефа гидротехнических сооружений. "Гидротехническое строительство", № 2, 1960.

2. Барац И.А. Применение подпертого прыжка в перепадах. "Гидротехническое строительство", № 5, 1948.

3. Белов А.В. К определению температурных напряжений в бетонной плите с учетом экзотермии и теплоизоляции при переменной температуре окружающей среды. Изв.ВНИИГ, т.47, 1952.

4. Белов А.В. и Васильев П.И. Практический способ определения температурных напряжений в бетонной плите при гармонических колебаниях температуры наружного воздуха. "Гидротехническое строительство", № 9, 1952.

5. Беляшевский Н.Н. О методике исследований нижнего бьефа за водосбросными сооружениями. "Гидротехническое строительство", № 8, 1955.

6. Бобиченко М.В. Опыт строительства железобетонного напорного трубопровода без температурно-осадочных швов. "Гидротехника и мелиорация", № 10, 1954.

7. ВНИИГ. Руководство по наблюдениям за гидротехническими сооружениями электростанций. ВНИИГ, Госэнергоиздат, 1955.

8. Газиев Э.Г. Методы гидравлического расчета гасителей энергии в нижнем бьефе гидротехнических сооружений. Научные доклады высшей школы. "Энергетика", 1958, №2.

9. Глебов П.Д. и Попченко С.Н. Холодные асфальтовые штукатурки. ВНИИГ, Госэнергоиздат, 1955.

10. Горбунов-Посадов М.И. Расчет конструкций на упругом основании. Госстройиздат, 1958.

11. Горбунов-Посадов М.И. и Кречмер Э.В. Графики для расчета устойчивости фундаментов. Изд.1951.

12. ГОСТ 4688-49. Сооружения гидротехнические. Размеры отверстий, перекрываемых затворами.

13. Гришин М.М. Гидротехнические сооружения, ч.I, 1954, ч.II, 1955.

14. Гуревич В.Б. Строительство гидротехнических сооружений из сборного железобетона. Изд-во "Речной транспорт", 1961.

I5. Домбровский В.И. Опыт проектирования гидросооружений на каналах обводнительно-оросительной системы. " Гидротехника и мелиорация", № II, 1954.

I5а. Дуброва Г.А. Методы облегчения и удешевления гидротехнических сооружений. Изд-во "Речной транспорт", 1959.

I6. Замарин Е.А. и Фандеев В.В. Гидротехнические сооружения. Сельхозгиз, 1960.

I7. Клейн Г.К. Расчет труб, уложенных в земле. Госстройиздат, 1957.

I8. Кричевцов И.П. Из опыта проектирования и строительства гидротехнических сооружений на просадочных грунтах. "Гидротехника и мелиорация", № I2, 1960.

I9. Крылов В.А. Гидравлический расчет гасителей энергии. "Гидротехническое строительство", № 5, 1960.

20. Кумин Д.И. Гидравлический расчет крепления в нижнем бьефе водосбросов. Госэнергоиздат, 1955.

2I. Кумин Д.И. Лабораторная проверка запроектированных ГИДЭПом типовых водобоев и рисберм водосливных плотин и разработка методических указаний по расчету креплений. Техотчет ВНИИГ, 1958.

22. Кумин Д.И. Разработка рациональных конструкций креплений водосливных плотин с учетом осредненной и пульсационной гидродинамической нагрузки. Техотчет ВНИИГ, 1958.

28. Леви И.И. Движение речных потоков в нижних бьефах гидротехнических сооружений. Госэнергоиздат, 1955.

24. Машкович Л.А. и Селеметов М.Б. Сопрягающие сооружения на каналах, их конструкции и гидравлический расчет. Бюллетень технической информации САНИИРИ № 8, 1958.

25. Мостков М.А. Гидравлический справочник, 1954.

26. МИИВХ и Гипроводхоз. Материалы к техническим условиям и нормам проектирования оросительных систем. Водопроводящие сооружения, Гипроводхоз, 1960.

27. Недрига В.П. Сопрягающие устройства бетонных плотин. ВНИИ ВОДГЕО, Госиздат, 1960.

28. Ничипорович А.А. Расчет устойчивости откосов земляных плотин с учетом гидродинамических сил. ВНИИ ВОДГЕО, 1959.

29. Образовский А.С. Расчет сопряженных глубин прыжка, возникающего у трапецеидальных гасителей. "Гидротехнические сооружения", № 5, 1954.

30. Олейник А.Я. Сопряжение бьефов и расчет креплений за водосливной плотиной при наличии на водобое зубчатого порога. Научно-техническая конференция молодых ученых Украины. Тезисы докладов, Киев, Издательство АН УССР, 1959.

31. Островский А.И. Технико-экономические показатели водопроводящих сооружений. Труды Ин-та энергетики АН УзССР, вып.2 - Гидротехнический сборник, изд. АН Узбекской ССР, Ташкент, 1948.

32. Пивовар Н.Г. Экспериментальные исследования гидродинамического давления на бетонные крепления за водосливной плотиной с носком. Изв. Ин-та гидрологии и гидротехники АН УССР, 1955, № 12.

32а. Попченко З.Н. Альбом проектов деформационных швов в гидротехнических сооружениях. ВНИИГ, Госэнергоиздат, 1961.

33. Руссо Г.А. Пульсация давления под водобойной плитой водосливной плотины, ВНИИГ. Аннотация законченных в 1959г. научно-исследовательских работ по гидротехнике. Госэнергоиздат, 1960.

34. Седов М.П. Защитные обсонки и сварные арконструкции в гидротехническом строительстве. Госэнергоиздат, 1953.

35. Сенгалевич А.П. Расчет опирания металлических напорных трубопроводов. "Гидротехническое строительство", № 4, 1957.

36. СН 200-62. Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб. Трансжелдориздат, 1962.

37. Справочник по гидротехнике, ВНИИ ВОДГЕО, 1955.

38. Справочник проектировщика АСиА (расчетно-теоретический). Госиздат, 1960.

39. Справочник проектировщика АСиА. Сборные железобетонные конструкции. Госиздат, 1960.

40. Технические условия и нормы проектирования стальных подземных труб, МСЭ, Теплоэнергопроект, инв.№1705-в, 1960.

41. ТУ-9-51. Технические условия и нормы проектирования. Трубопроводы напорные стальные для гидроэлектрических станций, МЭС. Госэнергоиздат, 1952.

42. ТУ-16-51. Технические условия и нормы проектирования гидротехнических сооружений. Водпорные стенки. Госэнергоиздат, 1952.

43. Угинчус А.А. Обобщенная формула для гидравлического расчета водосливов с широким порогом различных форм. "Гидротехническое строительство", № 2, 1948.

44. Улицкий И.И., Ривкин С.А., Самодетов И.В., Дыховичный А.А. Железобетонные конструкции. Госиздат УССР, 1959.

45. Факторович М.Э. Кривые свободной поверхности потока в безнапорных цилиндрических водоводах. "Гидротехническое строительство", № 10-11, 1945.

46. Флорин В.А. Расчеты оснований гидротехнических сооружений. Стройиздат, 1948.

47. Хакимов Х.Р. Расчет осадки сооружений на естественном основании и определение активной зоны грунта. Техиздат, 1986.

48. Цветкова Н.А. Исследование фильтрации в основаниях водовыпусков из каналов и водохранилищ в пространственных условиях. САНИИРИ, БНТИ, № 5, 1959.

49. Чернятин И.А. Аппаратура для измерения характеристик водного потока на гидроэлектростанциях. ВНИИГ. Госэнергоиздат, 1956.

49а. Чертоусов М.Д. Специальный курс гидравлики.

50. Чугаев Р.Р. Проектирование подземного контура плотин, расположенных на несвязных грунтах. Изв.ВНИИГ, тт.58,57, 59.

51. Шавелев Н.Ф. Проектирование асфальтовых шпонок в ядрах гидросооружений. ВНИИГ. Госэнергоиздат, 1956.

52. Юдицкий Г.А. Определение пульсации нагрузки на плиты водобоя водосливных плотин. Изв.ВНИИГ, т.65, 1960.

53. Юдицкий Г.А. Определение пульсации нагрузки на плиты водобоя водосливных плотин. Госэнергоиздат, 1957.

54. Ярин В.Н. и Улицкий И.И. Тонкостенные конструкции железобетонных мостов-водоводов. "Гидротехническое строительство", № 5, 1958.

55. Типовые проекты деталей гидротехнических сооружений, выпуски 1,3,4,5, Ленгипроводхоза, 1960.

56. СНиП II-В.1-62. Нормы проектирования бетонных и железобетонных конструкций.

57. СНиП II-Н.1-62. Гидротехнические сооружения речные. Основные положения проектирования.

58. СНиП II-В.8-62. Основания гидротехнических сооружений. Нормы проектирования.

59. СН-55-59. Нормы и технические условия проектирования бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений.

60. Труды Гипроводхоза, выпуск 28. Инструкция по расчету сборных железобетонных конструкций в мелиоративном строительстве. Гипроводхоз, 1968.

61. СН-10-57. Инструкция по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций.

62. ИИ-8-52. Инструкция по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций.

Подп. к печ. 23/У-1969г.
ТО7478 Уч.изд.л. 8,6 Цена 88 коп.

(Повторное издание)

Проектный институт № 2 Госстроя СССР
Москва, А-80, Волоколамское шоссе, 1
Заказ №94 1971г. Тираж 400

gost.e-ecolog.ru