ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА

Часть II, раздел И

Глава 4

ПЛОТИНЫ ЗЕМЛЯНЫЕ НАСЫПНЫЕ

НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

СНиП II-И.4-62

Глава 5

ПЛОТИНЫ ЗЕМЛЯНЫЕ НАМЫВНЫЕ

НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

СНиП II-И.5-62

Глава 6

ПЛОТИНЫ КАМЕННОНАБРОСНЫЕ

НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

СНиП II-И.6-62

Москва — 1963

gost.e-ecolog.ru

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА

Часть II, раздел И

Глава 4

ПЛОТИНЫ ЗЕМЛЯНЫЕ НАСЫПНЫЕ
НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

СНиП II-И.4-62

Утверждены
Государственным комитетом Совета Министров СССР
по делам строительства
17 ноября 1962 г.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ, АРХИТЕКТУРЕ
И СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ
Москва—1963

Глава СНиП II-И.4-62. «Плотины земляные насыпные. Нормы проектирования» разработана в развитие главы СНиП II-И.1-62 «Гидротехнические сооружения речные. Основные положения проектирования».

Глава СНиП II-И.4-62 разработана ВНИИ Водгео Академии строительства и архитектуры СССР (ведущий исполнитель) и Гидропроектом им. С. Я. Жука Министерства энергетики и электрификации СССР при участии ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева Министерства энергетики и электрификации СССР и Гипроводхоза Министерства сельского хозяйства СССР.

Редакторы — канд. техн. наук Е. И. ДЫШКО (Госстрой СССР) и д-р техн. наук, проф. А. А. НИЧИПОРОВИЧ (ВНИИ Водгео АСиА СССР)

Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства	Строительные нормы и правила	СНиП II-И.4-62
	Плотины земляные насыпные Нормы проектирования	—

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие нормы распространяются на проектирование земляных насыпных плотин, входящих в состав сооружений объектов различных областей строительства (гидроэнергетического, мелиоративных систем, систем водоснабжения, воднотранспортного, рыборазведения и др.).

Примечания: 1. Проектирование земляных плотин, предназначенных для строительства в районах сейсмических и Крайнего Севера, в зонах распространения вечномерзлых грунтов, карста и на просадочных основаниях должно производиться с учетом дополнительных требований, предъявляемых к строительству сооружений в указанных условиях по соответствующим главам СНиП и другим нормативным документам.

2. Проектирование водосбросных и водоспускных сооружений при земляных плотинах, дорог и других постоянных устройств на земляных плотинах следует производить по соответствующим главам СНиП и другим нормативным документам.

1.2. При проектировании земляных плотин кроме требований настоящей главы надлежит выполнять требования главы СНиП II-И.1-62 «Гидротехнические сооружения речные. Основные положения проектирования».

Типы земляных насыпных плотин

1.3. Земляные насыпные плотины подразделяются по конструкции поперечного профиля плотины на следующие основные типы (рис. 1):

а) плотины из однородного грунта;

б) плотины из разнородных грунтов;

в) плотины с экраном из грунта или негрунтовых материалов;

г) плотины с ядром;

д) плотины с диафрагмой.

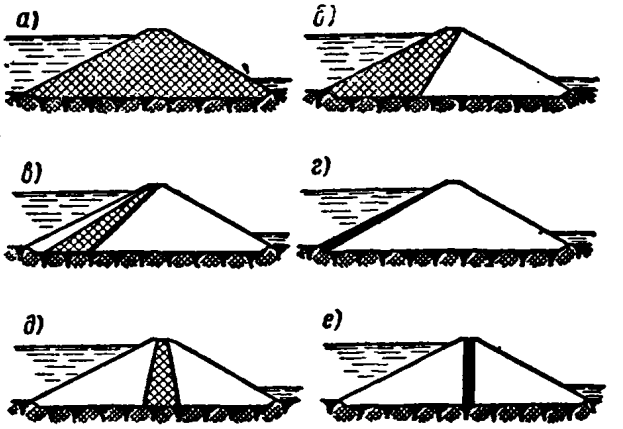


Рис. 1. Типы земляных насыпных плотин

а — из однородного грунта; *б* — из разнородных грунтов (с водонепроницаемой верховой призмой); *в* — с экраном из грунтового материала; *г* — с экраном из негрунтового материала; *д* — с ядром; *е* — с диафрагмой

Кроме того, по конструкции противофильтрационных устройств в основании различают (рис. 2):

а) плотины с понуром;

б) плотины с зубом;

в) плотины с инъекционной завесой;

г) плотины с диафрагмой.

1.4. По способу возведения различают насыпные плотины с искусственным уплотнением и без искусственного уплотнения (с отсыпкой пионерным способом насухо, с отсыпкой в воду, с отсыпкой при помощи взрыва на выброс).

Внесены Академией строительства и архитектуры СССР	Утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 17 ноября 1962 г.	Срок введения 1 июля 1963 г.

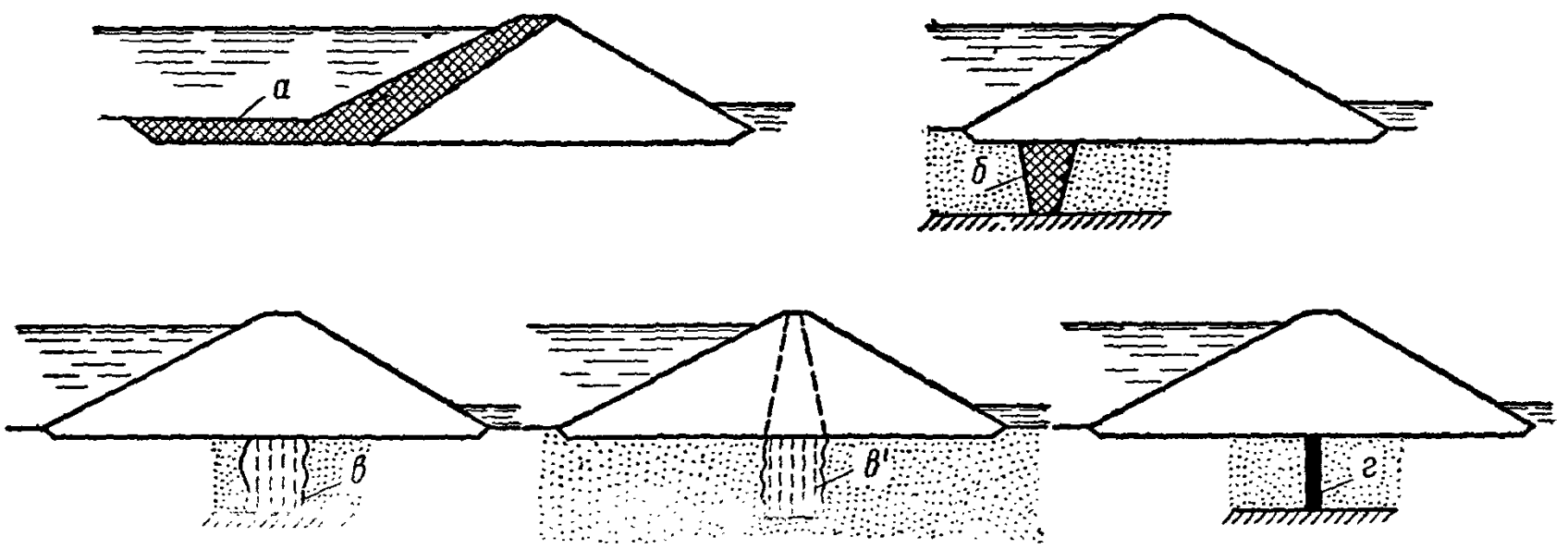


Рис. 2. Конструкции противофильтрационных устройств в основании
а — понур; *б* — зуб; *в* — инъекционная завеса; *в'* — инъекционная завеса (висячая); *г* — диафрагма (стенка)

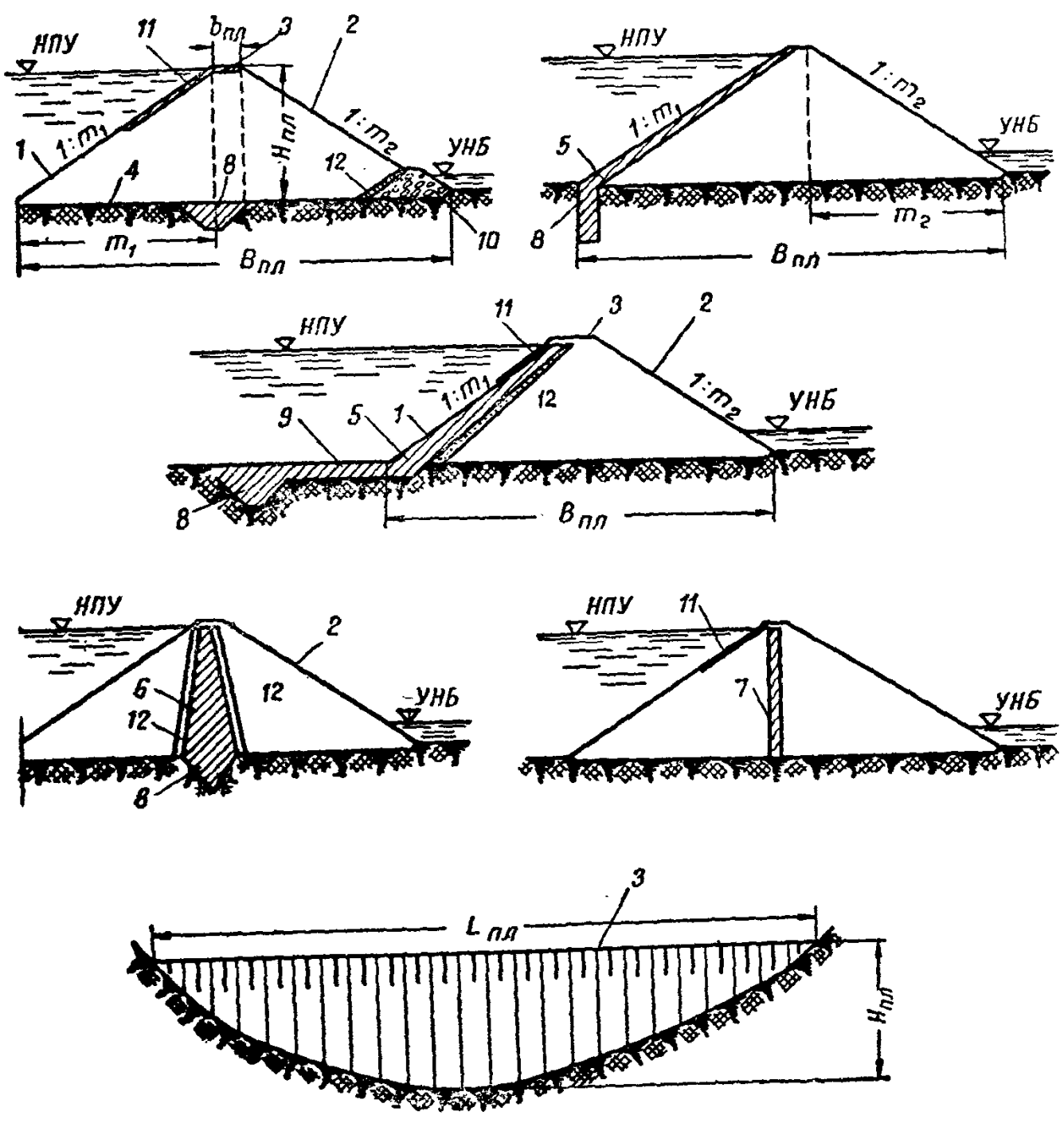


Рис. 3. Наименования и обозначения отдельных частей, элементов и размеров земляной плотины

1 — верховой откос; *2* — низовой откос; *3* — гребень; *4* — подошва; *5* — экран; *6* — ядро; *7* — диафрагма; *8* — зуб; *9* — понур; *10* — дренажная призма; *11* — крепление откоса; *12* — обратный фильтр; m_1 — заложение верхового откоса; m_2 — заложение низового откоса; $b_{пл}$ — ширина плотины по гребню; $B_{пл}$ — ширина плотины понизу; $H_{пл}$ — высота плотины; $L_{пл}$ — длина плотины (по гребню)

1.5. По высоте различают:

а) плотины высокие — с максимальным напором на плотине более 50 *м*;

б) плотины средней высоты — с максимальным напором 15—50 *м*;

в) плотины низкие — с максимальным напором менее 15 *м*.

1.6. Наименования и обозначения отдельных частей, элементов и размеров плотины следует принимать согласно рис. 3.

1.7. Класс капитальности земляной плотины надлежит устанавливать по указаниям соответствующей главы СНиП или другого нормативного документа по области строительства (гидроэнергетической, водно-транспортной, мелиоративных систем, систем водоснабжения и др.), к которой относится проектируемая плотина.

2. ВЫБОР СТВОРА И ТИПА ПЛОТИНЫ

2.1. Створ плотины следует выбирать на основании технико-экономического сопоставления вариантов в увязке с компоновкой гидроузла и в зависимости от топографических и инженерно-геологических условий площадки строительства.

При этом следует учитывать:

а) местоположение и мощность карьеров местных строительных материалов;

б) режимы расходов и уровней водотока и расчетный максимальный и поверочный катастрофический расходы (в том числе расход, пропускаемый через отверстия водосброса), а также вероятный ледовый режим водотока и условия пропуска льда в период эксплуатации;

в) режим расходов и уровней водотока в течение строительного периода, расчетный максимальный строительный расход, схему пропуска и маневрирования строительными расходами, условия пропуска льда, леса, судов и т. п. в период строительства;

г) общий календарный план строительства и сроки возведения отдельных сооружений гидроузла;

д) желательность максимального уменьшения объема работ по сопрягающим устройствам;

е) требование недопущения продольных течений со значительными скоростями вдоль верхового откоса земляной плотины;

ж) возможность прокладки по гребню плотины дорог того или иного назначения;

з) возможность включения наброски (банкета), возводимой для перекрытия русла реки в период строительства гидроузла, в тело земляной плотины;

и) наличие и состав специальных требований к проектируемому объекту.

2.2. При прочих равных условиях плотину предпочтительно располагать в наиболее узкой части долины.

Ось плотины должна быть по возможности нормальна к общему направлению долины и течению реки.

2.3. Водосбросные и водоспускные сооружения (донные водоспуски для сброса строительных и эксплуатационных расходов воды, водозаборные сооружения, шахты управления затворами и т. п.) рекомендуется, как правило, располагать вне тела земляной плотины. В случае необходимости расположения их в теле плотины эти сооружения должны основываться непосредственно на подготовленном естественном грунте основания. При этом должны быть осуществлены специальные конструктивные мероприятия с целью предотвращения опасной фильтрации по контакту сооружений с телом плотины.

2.4. Тип и конструкцию плотины следует выбирать в зависимости от топографических условий, инженерно-геологических условий в основании и берегах, гидрологических и климатических условий, величины напора и расчетного максимального расхода воды, наличия местных строительных материалов, сейсмичности района, общей схемы организации производства работ, условий пропуска строительных расходов воды, срока ввода сооружения в эксплуатацию и условий эксплуатации плотины.

Тип и конструкцию плотины следует выбирать на основании технико-экономического сравнения вариантов.

Примечания: 1. При технико-экономическом сравнении вариантов плотины следует учитывать изменения стоимости других сооружений гидроузла в зависимости от выбираемого типа плотины.

2. При выборе типа плотины следует ориентироваться прежде всего на использование грунтов из полезных выемок.

3. Конструкции противофильтрационных элементов из негрунтовых материалов следует рассматривать лишь в случае отсутствия на месте необходимых для этих элементов грунтовых материалов.

2.5. При сильно деформируемых основаниях следует отдавать предпочтение плотинам однородным или с ядрами и избегать применения типов плотин с экранами и диафрагмами из негрунтовых материалов.

2.6. При неблагоприятных климатических условиях (значительные атмосферные осадки, продолжительный морозный период) следует избегать выбора типов плотин, в которых требуется применение большого объема глинистых грунтов, и отдавать предпочтение однородным плотинам из несвязных грунтов, плотинам с тонкими грунтовыми экранами и ядрами и плотинам с противофильтрационными устройствами из негрунтовых материалов.

2.7. При возведении плотины в две или несколько очередей следует отдавать предпочтение типам плотин из однородного грунта и плотинам с водонепроницаемой верховой призмой или экраном.

2.8. При проектировании земляных плотин надлежит учитывать недопустимость перелива воды через гребень.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОСНОВАНИЯМ ПЛОТИН

3.1. Возведение земляных плотин допускается на основаниях, состоящих из любых грунтов, при условии всестороннего учета их физико-механических свойств и характеристик при проектировании и удовлетворения нижеследующим требованиям.

Примечание. Номенклатура грунтов принята в настоящей главе согласно главе СНиП II-А.10-62.

3.2. При возведении плотины на просадочных и закарстованных основаниях необходимо предусматривать меры борьбы с возможным влиянием свойств таких оснований на конструкцию плотины в соответствии с требованиями соответствующих нормативных документов.

3.3. При наличии в основании иловатых и переувлажненных глинистых грунтов, в которых возможно появление порового давления и связанное с ним уменьшение сопротивления грунта сдвигу, необходимо предусматривать дренирование основания, а также устанавливать степень интенсивности возведения плотины.

3.4. Торфы допускается при надлежащем обосновании оставлять в основании при степени разложения не менее 50%.

Примечание. Не рекомендуется устраивать зубья для перерезывания торфа в основании.

3.5. Грунты с неразложившимися растениями и корнями, а также с ходами землеройных животных следует удалять из основания или прорезать специальными водонепроницаемыми элементами.

3.6. При наличии в основании грунтов, содержащих водорастворимые соли более 6% по весу, должна быть учтена на основе специальных исследований степень выщелачивания грунтов во времени и соответственно с этим решен вопрос об оставлении этих грунтов в основании или принятии специальных мер для предотвращения их выщелачивания или снижения его до практически безопасных пределов.

3.7. При наличии в основании сильно водопроницаемых грунтов следует на основе расчетов на фильтрацию и фильтрационную устойчивость, а также технико-экономических проработок решать вопрос о необходимости устройства понура перед плотиной или пересечения этих грунтов завесой, зубом и т. п.

3.8. При возведении плотины на водонепроницаемом основании небольшой мощности, подстилаемом водопроницаемым грунтом, надлежит оценить устойчивость водоупорного слоя на выпор под влиянием напорных вод в подстилающем слое. В случае, если устойчивость водоупорного слоя окажется недостаточной, надлежит устраивать у подошвы низового откоса вертикальный дренаж для снижения напора воды в водопроницаемом слое или предусматривать необходимую пригрузку основания вблизи подошвы откоса.

4. ВЫБОР ГРУНТОВ ДЛЯ ТЕЛА ПЛОТИНЫ

4.1. Для земляных насыпных плотин могут применяться в зависимости от типа плотины все виды нескальных грунтов, за исключением грунтов, в которых имеются примеси неразложившихся органических включений. Использование таких грунтов допускается при надлежащем обосновании.

4.2. Суглинки и супеси следует применять для тела однородных плотин и для противофильтрационных элементов всех прочих типов плотин; применение переувлажненных, а также маловлажных суглинков и супесей для тела однородных плотин допускается на основе технико-экономического сравнения вариантов.

4.3. Илистые грунты, а также плотные трудноразрабатываемые глины допускается применять для тела плотины и ее водоупорных элементов лишь при условии технико-экономического обоснования.

4.4. Использование песчаных грунтов (мелкозернистых, средней крупности и круп-

ных) допускается для однородных плотин, если величина фильтрационного расхода воды через тело плотины будет допустимой по водохозяйственным расчетам.

4.5. Песчаные, гравийные и галечниковые грунты допускается применять для низовых частей профиля плотин всех типов без ограничений.

4.6. Гравийные и галечниковые грунты с песчаным и илистым заполнителем и со степенью неоднородности $\frac{\kappa_{60}}{i_0} \geqslant 10 \div 20$ допускается применять для тела однородных плотин и для водоупорных элементов плотин других типов при обосновании возможности равномерного распределения частиц грунта в уложенном массиве и получения в нем допустимой по водохозяйственным расчетам и условиям суффозии величины коэффициента фильтрации.

4.7. Торфы допускается применять при степени разложения не менее 50% для экранов и верховых противофильтрационных элементов низких и средних по высоте плотин, а также в отдельных случаях для тела низких плотин IV класса.

4.8. Грунты с содержанием гумуса не более 8% допускается применять для тела низких однородных плотин и в низовые части профиля низких плотин других типов при условии удаления неразложившихся включений.

4.9. Глинистые грунты с содержанием легко- и среднерастворимых солей по весу до 6% включительно допускается применять для тела однородных плотин и водоупорных элементов плотин других типов. Применение глинистых грунтов с содержанием водорастворимых солей более 6% по весу в тонких ядрах и экранах плотин I—III классов требует надлежащего обоснования.

4.10. Выбор видов грунтов для возведения плотины из карьера, содержащего различные грунты, следует производить на основе технико-экономического сравнения вариантов.

4.11. Для фильтров и дренажей, элементов из каменной наброски и креплений откосов могут применяться дробленые скальные породы, отвечающие требованиям к таким материалам по специальным указаниям.

4.12. Выбор материалов для тела плотины водоупорных элементов и дренажей должен быть обоснован соответствующими исследованиями грунта и камня.

5. РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

5.1. При проектировании земляных плотин следует устанавливать следующие основные характеристики грунтов:

а) зерновой состав песчаных и крупнообломочных грунтов;

б) границы пластичности глинистых грунтов (текучести $W_т$, раскатывания $W_р$) и максимальную молекулярную влагоемкость $W_м$;

в) удельный вес частиц грунта $\gamma_г$;

г) объемный вес скелета грунта $\gamma_{ск}$ (для песчаных и крупнообломочных грунтов также пористость n, и для глинистых грунтов — коэффициент пористости ε);

д) влажность грунта W (для глинистых грунтов);

е) коэффициент фильтрации $k_ф$;

ж) коэффициент внутреннего трения $tg\varphi$;

з) удельное сцепление c (для глинистых грунтов);

и) коэффициент уплотнения a (для глинистых грунтов);

к) показатели фильтрационной устойчивости грунтов (критические градиенты: выпора $J^{в}_{крит}$, суффозии $J^{с}_{крит}$ и контактного размыва $J^{к.р}_{крит}$).

Примечание. При необходимости учета порового давления консолидации (см. раздел 16) или динамического уплотнения грунтов следует установить также следующие характеристики соответственно: коэффициент порового давления консолидации глинистых грунтов $\alpha_к$, коэффициент порового давления динамического уплотнения мелкозернистых песчаных намытых грунтов $\alpha_д$.

5.2. Расчетные характеристики грунтов тела и основания плотины следует устанавливать на основании опытного определения в лабораторных, а также полевых условиях при производстве гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий.

В расчетах принимается, что расчетные характеристики грунтов равны нормативным.

5.3. Расчетные характеристики грунтов основания плотины I и II классов следует устанавливать по п. 5.1 «г», «д», «и» путем статистической обработки опытных данных, по п. 5.1 «ж», «з» согласно указаниям главы СНиП II-Б.3-62.

При отсутствии или недостаточности опытных данных допускается для грунтов тела и основания низких плотин III класса на стадии проектного задания и IV класса на всех стадиях проектирования устанавливать расчетные характеристики по аналогам, а также

по осредненным значениям характеристик грунтов, приведенным в таблицах приложения 1 (в табл. 1—для значений удельных весов грунтов; в табл. 2—для значений φ и c для песчаных и глинистых грунтов; в табл. 3—для значений коэффициентов фильтрации грунтов).

5.4. Использование аналогов и осредненных значений характеристик грунтов допускается лишь при соответствии как видов рассматриваемых грунтов, так и основных определяющих их характеристик (объемного веса скелета $\gamma_{ск}$, а также пористости n и коэффициента пористости ε, а для глинистых грунтов, кроме того, границы раскатывания $W_р$).

5.5. Опытное определение характеристик грунтов следует производить по указаниям соответствующих нормативных документов.

6. СТЕПЕНЬ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ ТЕЛА ПЛОТИНЫ

6.1. Плотность грунта в теле плотины выражают величиной объемного веса скелета $\gamma_{ск}$ и для наброски из камня величиной пористости n.

6.2. Плотность, до которой надлежит уплотнять грунт, отсыпаемый в тело плотины, следует назначать с учетом следующих основных факторов:

а) способности материалов к уплотнению намечаемыми проектом механизмами;

б) характера материала и расположения его в теле плотины;

в) способа отсыпки материала;

г) деформируемости основания;

д) технико-экономических показателей, связанных со степенью уплотнения.

6.3. Для назначения плотности укладываемых в теле плотины материалов можно пользоваться следующими указаниями:

1) плотность глинистых грунтов противофильтрационных устройств при расположении плотины на малосжимаемом основании допускается определять по зависимости

$$\gamma_{ск} = \frac{\gamma_г \gamma_в (1 - v)}{\gamma_в + \gamma_г W_о},$$

где $\gamma_{ск}$—объемный вес скелета грунта в $г/см^3$;

$\gamma_в$—удельный вес воды в $г/см^3$;

$\gamma_г$—удельный вес грунта в $г/см^3$;

v—объем защемленного воздуха в долях единицы, принимаемый равным 0,04—0,06;

$W_о$—оптимальная влажность в долях единицы, принимаемая на 2—3% ниже границы раскатывания, но не менее максимальной молекулярной влагоемкости $W_м$.

При сильно сжимаемом основании плотность следует назначать пониженной с учетом плотности грунта в основании (ниже определяемой по формуле настоящего пункта на 5—8%);

2) плотность песчаных и галечниковых грунтов в теле плотины должна соответствовать плотности этих грунтов в естественном залегании;

3) пористость каменной наброски может колебаться в зависимости от зернового состава камня и метода его укладки и уплотнения в пределах $n = 25 \div 40\%$. Меньшие величины пористости следует принимать при тонкослойной наброске (при толщине слоя до 2—2,5 *м*) с механическим уплотнением, бо́льшие величины — при отсыпке мощными слоями.

6.4. При назначении плотности глинистых грунтов в однородных плотинах любой высоты и плотинах высокой и средней высоты с верховой водонепроницаемой призмой, а также в плотинах с толстым ядром рекомендуется менять плотность по высоте плотины, учитывая при этом компрессионные свойства применяемого грунта и целесообразность уменьшения осадок укладываемого грунта, вызываемых давлением вышележащей толщи.

6.5. Для плотин I и II классов рекомендуется, как правило, проводить опытную отсыпку и укатку для проверки расчетных характеристик грунтов тела плотины и назначенной степени уплотнения.

7. ОЧЕРТАНИЯ ОТКОСОВ

7.1. Устойчивость откосов плотины должна быть обеспечена при всех возможных условиях эксплуатации, а также в процессе возведения плотины.

Заложение откосов плотины назначается из условия устойчивости с учетом следующих основных факторов:

а) характера грунта, из которого сложен откос плотины, и степени его уплотнения, а также характера грунтов основания;

б) типа плотины;

в) действующих на откос сил (кроме сил от собственного веса): гидродинамических, взвешивающих, сейсмических, динамических,

различного рода нагрузок, действующих на гребень, и др.;

г) высоты плотины;

д) условий производства работ и эксплуатации плотины.

7.2. При предварительном назначении заложения откосов рекомендуется пользоваться аналогами построенных сооружений, а также существующими приближенными приемами.

Назначенное заложение откосов подлежит проверке расчетами устойчивости согласно указаниям раздела 17 настоящей главы.

7.3. Бермы допускается устраивать только на откосах плотин высотой более 15 *м*, назначая их в зависимости от производственных условий, типов крепления и общей устойчивости откоса. Бермы на верховом откосе следует устраивать в конце крепления для создания необходимого для него упора, на низовом откосе — для устройства служебных проездов, сбора и отвода атмосферных вод. Бермы на низовом откосе могут быть использованы для прокладки по ним железной или шоссейной дороги. Устройство берм не должно вести к общему уполаживанию откоса против расчетного.

8. ГРЕБЕНЬ ПЛОТИНЫ

8.1. Ширину гребня земляной плотины следует устанавливать в зависимости от условий производства работ и эксплуатации (использование гребня для проезда, прохода и других эксплуатационных нужд).

8.2. В случае использования гребня плотины для проезда ширину гребня следует назначать в соответствии с требованиями соответствующих нормативных документов на проектирование дорог и с учетом также нужд эксплуатации плотины. При этом ширину гребня следует принимать равной не менее 3 *м* для плотин низких и средней высоты и не менее 6 *м* для высоких плотин.

Примечание. Ширину гребня плотины в местах сопряжения с другими сооружениями или с берегами следует устанавливать в соответствии с конструкцией сопряжения и назначением создаваемых площадок.

8.3. Расчеты по определению отметки гребня следует вести для следующих двух расчетных случаев:

а) пропуск расчетного максимального расхода воды при форсировании статического уровня верхнего бьефа и относительно часто наблюдающихся ветровой волне и ветровом нагоне воды;

б) совпадение нормального подпорного статического уровня верхнего бьефа с наибольшей высотой ветровой волны и ветрового нагона воды. Отметку гребня плотины следует назначать по менее благоприятному расчетному случаю (с учетом п. 2.8).

Примечание. Если расчетный максимальный расход воды пропускается при сниженном уровне воды у плотины, расчет следует производить только по второму расчетному случаю.

8.4. Возвышение гребня земляной плотины d над расчетным статическим уровнем воды в соответствии с п. 8.3 следует определять по формуле

$$d = h_н + \Delta h + a,$$

где $h_н$—высота наката ветровой волны на откос;

Δh—высота ветрового нагона воды;

a—запас высоты плотины.

8.5. Высоту ветрового нагона Δh следует определять по формуле

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

здесь W_{10}—расчетная максимальная скорость ветра, измеренная на высоте 10 *м* над уровнем водоема, в *м/сек*;

D—длина разгона ветровой волны в *км*;

H—глубина в *м*;

g—ускорение силы тяжести в *м/сек*^{2};

α—угол между осью водоема и направлением ветра;

k—величина, зависящая от отношения $\frac{H}{\lambda}$ (λ — длина волны), принимается равной $6 \cdot 10^{-3}$.

Расчетные параметры ветровых волн, высоту наката ветровой волны на откос, а также величины W_{10} и D следует определять в соответствии с указаниями нормативного документа на определение волновых воздействий на морские и речные сооружения и берега.

8.6. Расчетная обеспеченность высоты волны в данной системе волн должна обосновываться и приниматься: для земляных плотин I и II классов не менее 1% и для плотин III и IV классов не менее 3%.

8.7. Запас высоты плотины a (см. п. 8.4) следует принимать для плотин, разрушение которых может вызвать последствия катастрофического характера и угрожать безопасности населения. Запас должен приниматься не менее 0,5 *м*.

В случаях, когда величина ветрового нагона очень мала или когда величина наката ветровой волны и нагона воды дает в сумме величину менее 0,5 *м*, следует принимать возвышение гребня плотины независимо от класса плотины не менее 0,5 *м*.

8.8. В случае, если на гребне плотины устраивают водонепроницаемый, прочный и устойчивый парапет, возвышение его верха следует определять по п. 8.4.

При этом возвышение гребня плотины независимо от ее класса над нормальным подпорным статическим уровнем воды должно быть не менее 0,3 *м*, а при пропуске расчетного максимального расхода воды отметка гребня плотины должна быть не ниже соответствующего статического уровня воды.

8.9. Покрытие гребня плотины следует выполнять в соответствии с видом устраиваемой на нем дороги.

Гребни плотин с малой интенсивностью движения можно обрабатывать по типу грунтовых дорог с приданием им поперечного уклона для стока атмосферных вод в пределах проезжей части.

Гребень плотины высотой до 10 *м* при отсутствии дороги допускается покрывать дерном или различными местными материалами.

8.10. При расположении на гребне плотины дороги и при отсутствии парапета с верховой стороны должны быть устроены надолбы или другие ограждающие устройства согласно требованиям соответствующих нормативных документов.

8.11. В случае, когда гребень плотины сложен из глинистых грунтов, его следует покрыть защитным слоем из песчаного или гравийного грунта. Толщину защитного слоя, включая толщину покрытия, следует назначать в зависимости от глубины промерзания в данном районе.

9. КРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ

Общие положения

9.1. Откосы земляных плотин должны быть защищены специальными креплениями от разрушающего воздействия волны, льда, атмосферных осадков и прочих климатических факторов.

9.2. Тип крепления следует выбирать на основании технико-экономического сопоставления вариантов с учетом возможности выполнения его с максимальным использованием средств механизации и местных материалов и оценки его долговечности в период эксплуатации.

9.3. Для предотвращения фильтрационных деформаций тела плотины в зоне, прилегающей к креплению откоса, надлежит для некоторых типов креплений укладывать подготовку под крепление.

Крепления верхового откоса

9.4. В качестве креплений верхового откоса плотины можно применять следующие конструкции креплений:

а) каменные крепления (наброска);

б) железобетонные крепления из отдельных сборных плит с обычной и предварительно напряженной арматурой и в виде сплошного покрытия;

в) железобетонные монолитные плиты, бетонируемые непосредственно на откосе;

г) асфальтобетонные;

д) биологические.

Для низких плотин IV класса допускается применение уположенных откосов без крепления.

Возможно применение и других конструкций креплений земляных откосов, проектирование которых производится по данным соответствующих нормативных документов или на основании специальных исследований.

9.5. При выборе типа крепления верхового откоса земляных плотин надлежит учитывать: высоту ветровой волны и силу удара при разрушении волны на откосе, ледовые нагрузки, истирающее действие льда, характер грунтов тела плотины, степень агрессивности воды, наличие строительных материалов и каменных карьеров в районе строительства и производственные условия строительства.

9.6. Нагрузки на откосы от ветровых волн надлежит определять по нормативному документу на определение волновых воздействий на морские и речные сооружения и берега, ледовые нагрузки — по нормативному документу на определение ледовых нагрузок на речные сооружения.

9.7. При проектировании крепления следует учитывать возможность деформации крепления при колебаниях уровня воды (подъем или снижение) вследствие примерзания ледяного покрова к креплению.

Вырывающее действие льда следует учитывать только при толщине последнего, превышающей 0,5 *м*.

Устойчивость крепления на вырывающее действие ледяного покрова следует проверять имеющимися методами расчета.

9.8. Крепление верхового откоса плотины делится на основное, располагаемое в зоне максимальных волновых воздействий, возникающих в эксплуатационный период, и на облегченное, располагаемое ниже основного крепления.

Верхнюю границу основного крепления следует принимать на отметке гребня плотины.

9.9. В случае значительного возвышения гребня над расчетным уровнем воды основное крепление следует заканчивать ниже гребня на отметке высоты наката $h_н$ и далее до гребня крепление доводить в облегченном виде.

9.10. Нижнюю границу основного крепления следует назначать на глубине $H=2h_{1\%}$ ($h_{1\%}$ — высота волны 1% обеспеченности), считая от минимального уровня сработки водохранилища.

Нижняя граница облегченного крепления определяется глубиной, на которой значение донных волновых скоростей не превышает скоростей трогания частиц для данного грунта откоса.

Скорость струи по откосу ниже минимального уровня сработки следует вычислять по нормативному документу на определение волновых воздействий на морские и речные сооружения и берега.

9.11. Ориентировочно начальные размывающие волновые скорости в зависимости от крупности частиц для песчаного грунта можно определять по графику приложения 2.

9.12. При назначении нижних границ основного и облегченного крепления следует учитывать воздействие воды на откос в период наполнения водохранилища.

9.13. Вдоль нижней границы основного крепления следует устраивать упор из камня или бетона.

9.14. При возведении плотины в сейсмических районах следует устраивать упоры повышенной прочности, а также дренажные выходы в креплении.

9.15. Крепления откосов в виде каменной наброски можно применять во всех случаях, когда на месте строительства или вблизи него имеется пригодный для этой цели камень в достаточном количестве и с учетом указаний п. 9.20 настоящей главы.

9.16. Расчетный вес отдельных камней Q в наброске, устойчивых против размывающего действия волн в зоне их обрушения, определяется по нормативному документу на определение волновых воздействий на морские и речные сооружения и берега.

Определяемый расчетный вес соответствует полномерному камню. Допускается в наброске из сортированного камня применение неполномерных по весу камней. Количество неполномерных камней должно составлять не более 25%, при этом они должны быть распределены по откосу достаточно равномерно.

Диаметр камня в *м*, приведенный к шару $D_ш$, допускается определять по зависимости

$$D_ш = \sqrt[3]{\frac{Q}{0{,}524\,\gamma_к}},$$

где $\gamma_к$ — объемный вес камня в $т/м^3$;

Q — расчетный вес отдельного камня в наброске в *т*.

9.17. В наброске следует применять несортированный камень. Применение сортированного камня допускается только при специальном обосновании.

9.18. Максимальный размер камня в наброске из несортированного камня не следует ограничивать, но количество камней расчетного размера и более крупных должно составлять не менее 50% общего количества камней в наброске.

9.19. Толщину каменной наброски следует принимать с учетом возможности частичного выноса мелких частиц из наброски при волновом воздействии, подвижки крупных камней, а также некоторого уплотнения материала крепления.

Получающаяся в результате учета волнового воздействия толщина наброски камня должна быть достаточной для защиты от размыва фильтра и тела плотины.

Толщина каменной наброски должна равняться не менее $3D_ш$, а при наличии сортированного камня — не менее $2{,}5D_ш$.

Примечание. Для плотины высотой до 10 *м* можно применять каменную загрузку в плетневых клетках. При этом в качестве однослойной подготовки можно применять гравелистый песок при толщине слоя порядка 20 *см*.

9.20. Каменные материалы для креплений откосов следует применять из плотных изверженных, осадочных и метаморфических пород, обладающих необходимой прочностью, морозостойкостью и водостойкостью.

9.21. Монолитные железобетонные крепления рекомендуется осуществлять плитами больших размеров (5×5 *м* и более).

9.22. Монолитное армированное крепление необходимо делить температурно-усадочными швами по длине плотины на секции по 40 *м* каждая. Увеличение длины секции допускается при надлежащем обосновании. В пределах каждой секции следует предусматривать непрерывность арматуры. Поперечную арматуру следует пропускать без разрезки через все плиты в пределах секции.

9.23. Толщину монолитных плит следует назначать из условий их устойчивости на опрокидывание и всплывание под действием взвешивающего волнового давления.

9.24. Плиты крепления при заданных плановых размерах следует проверять на прочность от воздействия максимального волнового давления (в центре плиты) в момент обрушения волны.

При расчете плит на прочность за расчетный случай следует принимать расположение центра плиты по линии максимальных волновых давлений.

Максимальное местное давление разбитой волны, а также распределение волнового давления по откосу следует определять по нормативному документу на определение волновых воздействий на морские и речные сооружения и берега.

9.25. Крепление из сборных плит может приниматься из отдельных плит, замоноличенных в укрупненные карты после укладки плит на откос, и при надлежащем обосновании — из незамоноличенных плит с открытыми швами.

При устройстве укрупненных карт максимальный размер плит следует устанавливать, исходя из условий транспортирования и удобства укладки плит на откос. Отдельные плиты в картах до замоноличивания следует соединять между собой путем сварки рабочей арматуры.

Между картами следует предусматривать деформационные швы с шарнирными соединениями, заполненными асфальтобетоном. Незамоноличенные плиты рекомендуется укладывать на откосах, которые могут подвергаться значительным деформациям.

Крепления низового откоса

9.26. Крепление низового откоса следует устраивать при необходимости защиты его от действия ветра и дождевых вод и разрушения землеройными животными.

Примечание. Низовой откос, который сложен из крупнозернистых грунтов (каменная наброска, гравий, щебень, галька, песчано-гравелистый грунт), допускается оставлять без крепления.

9.27. В качестве крепления низового откоса плотины можно применять следующие типы креплений:

а) слой щебня или гравия толщиной 0,2 *м*;

б) покрытие растительной землей (0,2—0,3 *м*) с посевом трав.

Крепление низового откоса плотины высотой до 15 *м* при благоприятных условиях произрастания трав рекомендуется осуществлять в виде сплошной одерновки или одерновки в клетку.

9.28. Для защиты низового откоса от волнового и ледового воздействий при наличии воды в нижнем бьефе крепление его в нижней части рекомендуется выполнять по типу наслонного фильтра и увязывать с предусмотренными в проекте дренажными устройствами и пригрузкой низового откоса.

Подготовка под крепление

9.29. Подготовка под крепление, играющая во многих случаях роль обратного фильтра для откосов, выполняемых в виде каменной наброски, плит с открытыми швами или со сквозными отверстиями и т. п., может состоять из одного слоя разнозернистого материала или из двух или трех слоев различных по крупности частиц материалов.

9.30. Расчет числа и толщины слоев подготовки и выбор вида материала — естественных или искусственных грунтов для подготовки — следует производить в зависимости от вида грунта откоса, наличия и состава местного материала на основании результатов технико-экономического сравнения вариантов.

9.31. Под подготовкой креплений на откосах из глинистого и мелкозернистого песчаного (или разжижающегося при динамических нагрузках) грунта следует укладывать песчаную пригрузку, толщина которой устанавливается на основании специальных исследований.

9.32. Под крепления из монолитных плит или из сборных плит с уплотненными швами или омоноличенных в карты на откосах из песчаных и глинистых грунтов следует, как правило, укладывать однослойную подготовку.

9.33. При достаточном обосновании проектными и исследовательскими проработками подготовку под монолитные плиты можно не устраивать. При этом должна быть обеспечена надежная конструкция швов, предотвращающих размыв грунтов откоса.

9.34. При проектировании подготовки под крепление необходимо устанавливать в зависимости от вида грунта откоса и типа крепления:

а) степень неоднородности материала слоев подготовки;

б) соотношение размеров частиц однослойной подготовки и поперечного сечения отверстий в креплении;

в) соотношение размеров частиц однослойной подготовки и частиц песчаного грунта откоса;

г) толщину каждого слоя подготовки в зависимости от типа крепления;

д) зерновой состав каждого слоя подготовки в зависимости от количества слоев;

е) соотношение размеров наименьших частиц верхнего слоя подготовки и поперечного сечения отверстий в креплении.

При этом должна быть рассмотрена возможность использования для подготовки под крепление рядового щебня или гравия.

Перечисленные вопросы проектирования подготовки следует решать с использованием соответствующих нормативных документов и других материалов и с проведением в необходимых случаях специальных исследований.

10. ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА

10.1. Противофильтрационные устройства в теле и основании плотины можно выполнять в виде экрана, ядра, диафрагмы, понура, зубьев, шпунта, свайно-столбчатых и траншейных замков, цементационных и других завес.

Противофильтрационные устройства предназначаются для уменьшения фильтрационного расхода, предотвращения фильтрационных деформаций грунта в теле и основании плотины, а также для повышения устойчивости низового откоса.

Противофильтрационные устройства можно выполнять из малопроницаемых грунтовых или непроницаемых негрунтовых материалов (бетона, железобетона, пластмасс, битумных материалов, дерева и т. п.).

Примечания: 1. Выбор противофильтрационного устройства в виде диафрагмы и негрунтового экрана требует специального обоснования.

2. Вопросы выбора материалов и конструкций негрунтовых противофильтрационных устройств и проектирования различных завес, применяемых как в скальных, так и в песчаных грунтах основания, в настоящей главе не рассматриваются.

10.2. Выбор вида противофильтрационных устройств следует производить в зависимости от типа земляной плотины, характера грунтов тела плотины и основания, наличия на месте соответствующих грунтов для противофильтрационных устройств, высоты плотины, положения водоупора основания и условий производства работ.

10.3. Противофильтрационные устройства в основании надлежит сопрягать с противофильтрационными устройствами в теле плотины. Сопряжение надлежит выполнять таким образом, чтобы водонепроницаемость сопряжения была надежно обеспечена. В случае отсутствия противофильтрационных устройств в основании эти требования относятся к сопряжению с основанием.

Сопряжение с основанием ядра, диафрагмы или экрана рекомендуется осуществлять путем врезки их в основание; сопряжение однородного тела плотины или верхового водоупорного клина плотины с основанием — путем устройства зубьев или замков; сопряжение шпунта, забитого в основание, с телом плотины, ее ядром или экраном — путем введения верхней части шпунта в сопрягаемые с ним ядро или экран.

10.4. Для грунтовых противофильтрационных устройств могут быть применены грунты глинистые (суглинки, супеси и глины) и песчаные (мелкозернистые пески), а также торф.

Примечания: 1. Искусственные смеси грунтов для ядер и экранов могут допускаться при надлежащем обосновании.

2. Использование глин для экрана допускается только при надлежащем обосновании.

3. Торф допускается применять только в экраны или понуры низких и средних по высоте плотин; он должен быть с малым количеством растительных остатков при степени разложения не менее 50%, достаточно плотным и с влажностью порядка 80—85%.

4. Допускается использование гравийных (дресвяных) грунтов несуффозийного состава с $k_ф < A \cdot 10^{-3}$.

10.5. Между экраном или ядром из грунтовых материалов и основным телом плотины, отсыпанным из крупнозернистого грунта, надлежит устраивать переходные слои со стороны верхового и низового откосов (см. раздел 12 настоящей главы).

10.6. Размеры экрана (ядра) следует увеличивать сверху вниз и назначать с учетом наличия материалов, удобства разработки и транспортирования, а также с учетом размеров уплотняющих механизмов. Минимальные размеры экрана (ядра) по́верху рекомендуется принимать не менее 0,8 *м*, а по́низу не менее 1/10 напора. Возвышение экрана (ядра) над нормальным подпорным статическим уровнем воды следует назначать в зависимости от класса сооружения не менее величин

по табл. 1 и с тем, чтобы верх этих конструкций был не ниже форсированного статического уровня.

Таблица 1

Вид конструкции противофильтрационного устройства	Возвышение верха конструкции противофильтрационного устройства над нормальным подпорным статическим уровнем в *м* при классе сооружения	
	I, II	III, IV
Экран	0,7	0,5
Ядро	0,5	0,3

Заложение верхового откоса экрана следует назначать, исходя из условия обеспечения необходимой устойчивости на скольжение защитного слоя по поверхности экрана, а также защитного слоя совместно с экраном по грунту тела плотины и проверять расчетом.

10.7. При глубоком залегании водонепроницаемой толщи основания следует предусматривать устройство при экране понура, а при ядре — висячей завесы. Понур является продолжением экрана и может выполняться из того же материала, что и экран.

10.8. Длину понура следует назначать в зависимости от допустимых фильтрационных расходов, а также по условию недопущения фильтрационных деформаций при выходе фильтрационного потока в нижний бьеф.

10.9. Толщину понура следует принимать, исходя из того, чтобы градиенты фильтрационного потока были в пределах, допустимых для подстилаемого грунта основания, но не менее 0,75 *м*.

10.10. Для предохранения понура от повреждения в период строительства его рекомендуется покрывать по всей поверхности слоем грунта толщиной, с учетом глубины промерзания, не менее 1 *м*.

10.11. Участки ядра, экрана, а также понура, на которых возможно их промерзание и размыв вследствие значительных скоростей воды (например, при подходе к донному водоспуску), следует покрывать соответствующим защитным слоем.

10.12. При выборе типа и материала диафрагмы следует учитывать ожидаемые деформации тела плотины и возможные варианты ее сопряжения с основанием и берегами.

10.13. Диафрагмы в отношении их статической работы разделяются на:

а) диафрагмы жесткие, работающие на изгиб;

б) диафрагмы гибкие, легко деформируемые, сопротивлением изгибу которых можно пренебрегать.

10.14. При проектировании жестких диафрагм в плотинах на скальных основаниях и на плотных водонепроницаемых грунтах могут рассматриваться три схемы сопряжения диафрагмы с основанием:

а) свободное опирание;

б) шарнирное соединение;

в) заделка в основание.

Следует отдавать предпочтение сопряжениям пп. «а» и «б».

В плотинах, возводимых на проницаемых грунтах значительной мощности, диафрагмы можно выполнять висячими.

10.15. Жесткие диафрагмы рекомендуется выполнять из железобетона.

Диафрагмы допускается рассчитывать как балку на упругом основании, на которую действуют: а) разность давления воды со стороны верхнего и нижнего бьефов; б) разность активного давления грунта верхового и низового клиньев плотины с учетом взвешивания грунта в воде (с учетом реакции в месте соединения диафрагмы с основанием).

При расчете балки на упругом основании следует принять изменение коэффициента пропорциональности между напряжениями и деформациями по закону треугольника с вершиной у гребня плотины.

10.16. Гибкие диафрагмы можно выполнять:

а) из сплошной тонкой железобетонной плиты;

б) из железобетонных тонких плит с соответствующим уплотнением швов при наличии гибких связей в местах соединения плит;

в) из металлического листового материала или плоского шпунта;

г) из битумных материалов.

10.17. Гибкие диафрагмы должны быть проверены на вертикальные растягивающие напряжения.

11. ДРЕНАЖНЫЕ УСТРОЙСТВА

11.1. Дренаж тела земляной плотины следует устраивать: с целью недопущения выхода фильтрационного потока на низовой откос и в зону, подверженную промерзанию; для предотвращения возникновения фильтрационных деформаций; для отвода воды, фильтрующейся через тело и основание, в нижний

бьеф; для уменьшения заложения низового откоса и повышения его устойчивости.

Дренаж подошвы и основания земляной плотины следует устраивать с целью снижения порового давления в толще глинистого основания и для выпуска напорных вод из водопроницаемого слоя основания, прикрытого сверху слоем водоупорного грунта.

Внутренние дренажи (тип II) могут быть в виде:

а) дренажной призмы (банкета) (IIа);

б) плоского горизонтального дренажа или дренажных лент (II б, г, д, е);

в) трубчатого дренажа (IIв), вертикального и горизонтального.

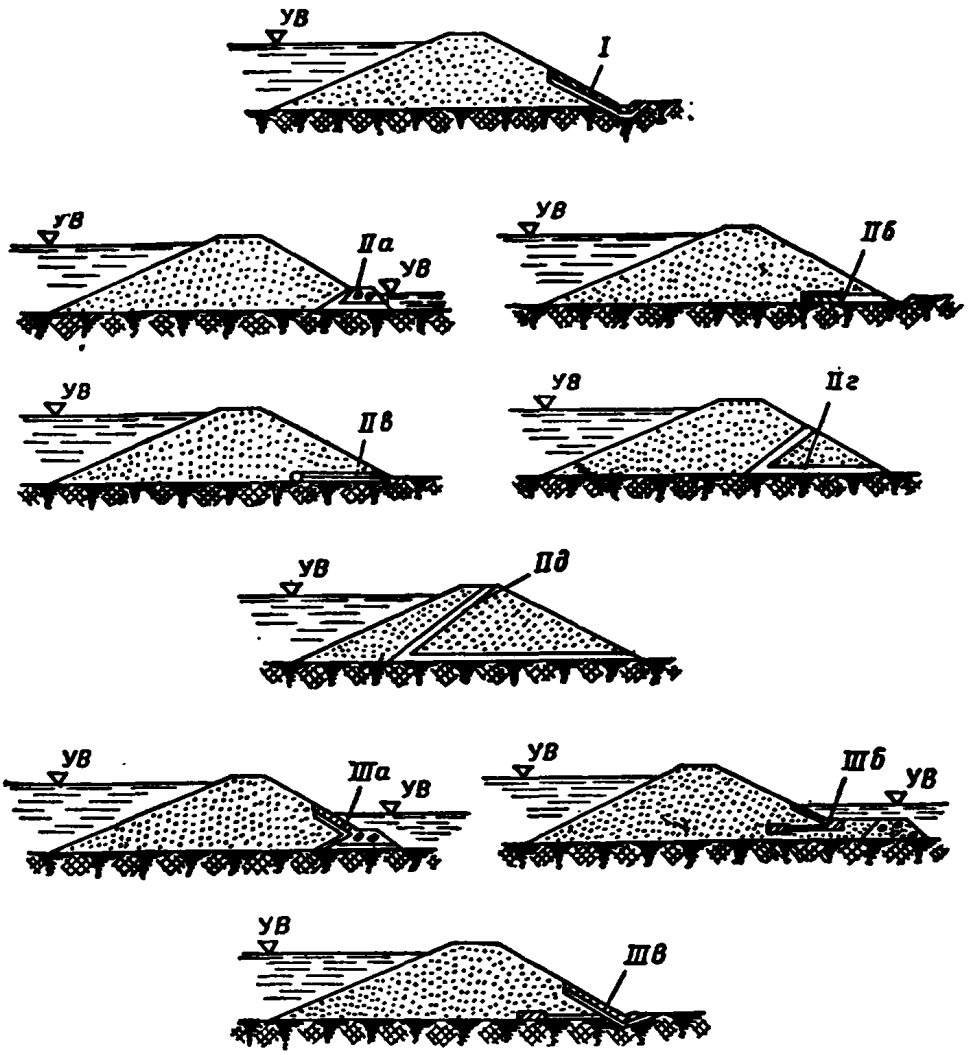


Рис. 4. Типы дренажных устройств

I — наружный дренаж; *IIа* — дренажная призма (банкет); *IIб*—плоский горизонтальный дренаж и дренажная лента; *IIв*—трубчатый дренаж; *IIг* и *IIд*—плоский горизонтальный дренаж в сочетании с наклонными дренажными лентами; *III а, б, в* — типы комбинированного дренажа

11.2. Дренажи по своей конструкции и расположению в теле плотины разделяются (рис. 4) на следующие типы:

а) наружные — тип I;

б) внутренние — тип II;

в) комбинированные — тип III.

11.3. Внутренний дренаж, как правило, состоит из двух основных частей:

а) приемной — в виде обратного фильтра из одного или нескольких слоев;

б) отводной — для отвода воды из тела плотины в нижний бьеф.

11.4. Допускается отказ от устройства дренажа при надлежащем обосновании в следующих случаях:

а) при возведении плотины на водопроницаемом основании и низком стоянии уровня грунтовых вод, при котором кривая депрессии без устройства дренажа оказывается достаточно удаленной от поверхности низового откоса и не приближается к границе промерзания;

б) при возведении низких однородных плотин, даже в случае выхода кривой депрессии на откос, если тело плотины выполнено с механическим уплотнением из глинистых грунтов с числом пластичности $W_п \geqslant 10$;

в) в плотинах с экранами, ядрами и диафрагмами при условии обеспечения отвода профильтровавшейся воды;

г) в плотинах, низовой клин которых выполнен из каменной наброски или из другого крупнозернистого материала (гравий, галька и т. п.).

11.5. Выбор типа и конструкций дренажа следует производить на основании технико-экономического сравнения вариантов в зависимости от:

а) типа плотины и инженерно-геологических и гидрогеологических условий в основании и берегах;

б) характеристик и количества имеющихся для дренажей материалов;

в) условий производства работ;

г) климатических условий района;

д) условий эксплуатации сооружения.

При больших протяжениях плотины на отдельных характерных участках типы и конструкции дренажа могут меняться.

11.6. Применение отдельных типов дренажей (рис. 4) рекомендуется:

а) наслонный фильтр (тип I) — на участках плотины, перекрывающих затапливаемую пойму, и при отсутствии на месте достаточного количества камня. В земляных плотинах из глинистых грунтов полную толщину дренажа следует назначать с учетом климатических особенностей района, исходя из глубины промерзания.

Примечание. Учитывая, что наслонный фильтр является одновременно защитным покрытием откоса, при его проектировании должны соблюдаться требования раздела 9 настоящей главы;

б) дренажная каменная призма (тип IIа) — на русловых участках плотины при ее возведении без перемычек и при перекрытии реки отсыпкой камня в воду; ее применение может быть целесообразным и в других обоснованных случаях, но при наличии на месте работы дешевого камня. Применение дренажа указанного типа должно быть экономически обосновано;

в) дренаж типов IIб, в, г, д — для пойменных частей плотины при отсутствии воды в нижнем бьефе.

Дренаж типа IIб может применяться в плотинах однородных как из песчаных, так и из глинистых грунтов при возведении плотин любой высоты на водонепроницаемом или слабо водопроницаемом основании и при высоком стоянии уровня грунтовых вод за плотиной. Продольные ленты в этом типе дренажа можно выполнять различной геометрической формы (прямоугольники, трапеции, треугольники и многоугольники);

дренаж типа IIв с вертикальными дренажными трубами может применяться для снятия напора в толще основания (например, в более проницаемом пласте, залегающем под менее проницаемым) и для уменьшения градиентов при выходе потока на поверхность грунта в непосредственной близости от подошвы плотины до допускаемых значений и предотвращения тем самым выпора или суффозии;

внутренние дренажи типов IIг, д могут применяться, помимо плотин с противофильтрационными устройствами, также и в однородных плотинах из маловодопроницаемых грунтов (супеси, суглинки) для полного перехвата фильтрационного потока или значительного понижения кривой депрессии.

Продольную наклонную или вертикальную, а также горизонтальную ленту в этом случае рекомендуется выполнять из однородного грунта (песка или гравийного грунта).

Внутренний дренаж типа IIг рекомендуется предусматривать при объединении низовой перемычки с телом плотины, а дренаж типа IIд — при снижении требований к качеству насыпи, располагаемой за дренажем;

г) комбинированные дренажи (тип III) рекомендуется применять при необходимости защиты от волнового воздействия в нижнем бьефе.

11.7. Высота дренажной призмы при отсутствии наслонного фильтра определяется положением максимального уровня воды в нижнем бьефе с запасом на волнение, величина которого устанавливается в соответствии с п. 8.4 настоящей главы, но не менее чем 0,5 *м*.

Размеры дренажных устройств в виде плоских дренажей, дренажных лент или труб должны быть определены расчетами на фильтрацию и приняты с учетом условий выполнения дренажа.

Сечение дренажных бетонных труб следует определять гидравлическими расчетами из условия обеспечения безнапорного движения в трубах. Диаметры бетонных труб принимают по ГОСТ 6482—53; для принятия фильтрационного расхода трубы делают перфорированными с обсыпкой соответствующим обратным фильтром или с незаделанными стыками.

12. ОБРАТНЫЕ ФИЛЬТРЫ

12.1. Обратные фильтры надлежит устраивать на контакте дренажа (или пригрузки) и дренируемого тела плотины (или ядра, экрана) или основания плотины.

Материалы обратного фильтра следует подбирать, исходя из условия недопущения нарушения контакта смежных грунтов в период эксплуатации и в процессе возведения плотины.

Примечания: 1. Отказ от устройства обратного фильтра допускается лишь при специальном обосновании.

2. Устройство обратного фильтра по контакту с дренажем не является обязательным, если дренируемое тело сложено гравелистыми песками, гравийными грунтами и т. п.

12.2. Зерновой состав материала обратного фильтра должен быть подобран таким образом, чтобы исключалась возможность:

а) для плотины из глинистого грунта (или для глинистого основания) — отслаивания глинистого грунта на контакте с материалом фильтра;

б) для плотины из песчаного грунта в зоне нисходящего фильтрационного потока — проникания частиц защищаемого грунта в материал фильтра;

в) для песчаного основания в зоне восходящего потока — выпора грунта в материал фильтра (или пригрузки);

г) для плотины из песчаного грунта (или песчаного основания) — размыва в зоне контакта защищаемого грунта с обратным фильтром в случае фильтрационного потока, имеющего направление вдоль контакта.

12.3. Количество слоев фильтра и их состав следует назначать с надлежащим их технико-экономическим обоснованием.

Следует стремиться к назначению возможно меньшего числа слоев фильтра.

12.4. Подбор материалов фильтра дренажей плотин I и II классов на стадии проектного задания и плотин III и IV классов на всех стадиях проектирования допускается производить с учетом п. 12.2 и требований специальных указаний.

На стадии рабочих чертежей следует производить проверку выбора материалов фильтра дренажей для плотин I класса экспериментальным путем на грунтах и в условиях работы, какие будут иметь место в сооружении (см. п. 12.2). Для плотин II класса такая проверка рекомендуется.

12.5. Песчаные, гравийные и щебенистые материалы для фильтров дренажей плотин всех типов, за исключением фильтра вертикального трубчатого дренажа, рекомендуется применять со следующими значениями степени неоднородности:

а) для фильтров, выполняемых насухо в песчаных плотинах на песчаных основаниях,— $k_{\frac{60}{10}} \leqslant 10$;

б) для фильтров, выполняемых отсыпкой в воду,— $k_{\frac{60}{10}} \leqslant 4$.

Материалы фильтров дренажей для случаев «а» и «б» не должны содержать частиц диаметром $d<0{,}1$ *мм* более 3—5% по весу.

Примечание. Применение грунтов с величинами $k_{\frac{60}{10}}$, бо́льшими, чем указано в «а» и «б», допускается при надлежащем обосновании.

12.6. Грунты и материалы для фильтров дренажей, выполняемых в плотинах из суглинистых грунтов и на суглинистых основаниях, допускается применять с $k_{\frac{60}{10}} > 10$.

12.7. Толщину слоев фильтра следует устанавливать, исходя из условий производства работ, но она не должна быть менее 0,2 *м* при укладке фильтра около дренажной трубы и при отсыпке слоев фильтра насухо в дренажных устройствах типов IIа, б, г, д (см. рис. 4).

При отсыпке слоев фильтра в воду их толщина для каждого конкретного случая должна быть специально обоснована.

12.8. Материалы для фильтров вертикального трубчатого дренажа основания следует применять в соответствии с рекомендациями нормативных документов на бурение скважин на воду.

12.9. Камень, гравий и щебень, применяемые для фильтров дренажей в зонах возможного промерзания, должны быть морозостойкими, не должны размокать или растворяться фильтрационной водой, водой водохранилища и нижнего бьефа; для фильтров желательно применять материалы изверженных пород.

13. СОПРЯЖЕНИЕ ТЕЛА ПЛОТИНЫ С ОСНОВАНИЕМ, БЕРЕГАМИ И БЕТОННЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

13.1. Для предотвращения усиленной контактной фильтрации между подошвой земляной плотины и ее основанием в зависимости от характера и состояния грунтов основания должны быть применены меры, обеспечивающие плотное примыкание грунта тела плотины к грунту основания.

При возведении земляной плотины на нескальном основании должны быть вырублены лес и кустарник, выкорчеваны пни, удалены растительный слой и слой, пронизанный корневищами деревьев и кустов или ходами землеройных животных, а также слой, содержащий значительное количество органических включений или легкорастворимые соли, либо следует рассмотреть целесообразность устройства зуба вместо удаления этого слоя.

При возведении земляной плотины на скальном основании должна быть удалена выветрелая скала на всей площади сопряжения водоупорных элементов плотины с основанием.

На участках сопряжения с основанием частей профиля, выполняемых из более водопроницаемых материалов, чем противофильтрационные устройства, удаление выветрелой скалы необязательно.

13.2. Сопрягающие устройства земляных плотин с бетонными и железобетонными сооружениями должны обеспечить:

а) защиту земляной плотины от ее размыва водой, пропускаемой через водосбросные сооружения;

б) плавный подход воды к водоприемным и водосбросным сооружениям;

в) плавное растекание потока в нижнем бьефе и предотвращение подмыва основания плотины со стороны нижнего бьефа;

г) предотвращение опасной боковой фильтрации в зоне примыкания.

Примечание. Проекты сопрягающих устройств плотины должны быть обоснованы для сооружений I, II и III классов лабораторными гидравлическими и фильтрационными исследованиями.

13.3. Для обеспечения лучшего примыкания тела земляной плотины к бетонному сооружению рекомендуется выполнять сопрягающиеся грани бетонной конструкции с уклоном на круче 10:1 в сторону этой конструкции.

Сопряжение тела земляной плотины с бетонным сооружением надлежит осуществлять с помощью диафрагмы.

Длину диафрагмы сопряжения следует устанавливать на основании результатов фильтрационных расчетов.

Примечания: 1. Проекты противофильтрационных устройств в основании земляной плотины надлежит увязывать с проектами противофильтрационных устройств в основании бетонных сооружений.

2. Низ диафрагмы надлежит доводить до водоупора основания. При залегании водоупора на большой глубине устройство диафрагм должно быть обосновано технико-экономическими расчетами.

13.4. В случае необходимости расположения водопропускных сооружений в теле земляной плотины надлежит эти сооружения сопрягать с телом плотины с помощью ряда противофильтрационных диафрагм.

13.5. В местах сопряжения тела плотины с основанием, берегами и бетонными сооружениями следует производить весьма тщательную укладку и уплотнение грунта тела плотины вблизи поверхностей сопряжения.

13.6. При возведении земляной плотины на практически водонепроницаемом и практически нетрещиноватом скальном, полускальном и глинистом основаниях укладка тела плотины может производиться на основание без применения противофильтрационных устройств.

13.7. В земляных плотинах, возводимых на трещиноватых скальных породах, по которым может происходить опасная для тела плотины фильтрация, необходимо предусматривать устройство зуба и противофильтрационной завесы под ним.

13.8. При возведении однородной земляной плотины на сильно фильтрующих аллювиальных отложениях, прикрывающих трещиноватые скальные породы основания, при небольшой мощности аллювиальных отложений (до 5 *м*) рекомендуется делать врезку замка до скалы, в скале располагать бетонный зуб, а в случае необходимости — противофильтрационную завесу.

При относительно большой мощности аллювиального слоя (более 5 *м*) в каждом отдельном случае решается вопрос о целесооб-

разности перекрытия всего слоя на полную глубину или части его шпунтовой стенкой, водонепроницаемым зубом или завесой.

13.9. В случае сопряжения ядра или экрана земляной плотины с трещиноватым скальным основанием и берегами следует рассмотреть необходимость устройства под этими элементами сооружения бетонного зуба (при относительно небольшой трещиноватости скалы) или бетонной подушки (при значительной трещиноватости скальных пород).

13.10. Сопряжение ядра или экрана земляной плотины с берегами, сложенными нескальными маловодопроницаемыми грунтами, следует осуществлять аналогично сопряжению с такими же основаниями, а сопряжение с берегами, сложенными сильно фильтрующими грунтами,— путем устройства береговой противофильтрационной завесы. Тип завесы определяется геологическими условиями, а длина — по данным фильтрационных расчетов.

14. РАСЧЕТ ПЛОТИНЫ НА ФИЛЬТРАЦИЮ

14.1. Фильтрационными расчетами и исследованиями плотины следует устанавливать условия движения фильтрационных вод через тело плотины, основание и в обход сооружения в берегах и сопряжениях с другими сооружениями для обоснования выбора наиболее рациональных и экономичных форм, размеров и конструкций сооружений, противофильтрационных и дренажных устройств.

14.2. В расчетах на фильтрацию плотины подлежат определению следующие параметры фильтрационного потока в теле плотины, основании и берегах:

а) положение свободной поверхности потока (депрессионной кривой) в теле плотины (в характерных поперечных сечениях) и в берегах;

б) фильтрационный расход воды через тело плотины, основание и берега;

в) напоры (или градиенты) фильтрационного потока в местах выхода в дренаж, в нижний бьеф за подошвой низового откоса и в местах контакта грунтов с различными характеристиками.

14.3. Расчеты на фильтрацию следует выполнять для следующих характерных уровней воды в верхнем и нижнем бьефах:

а) в верхнем бьефе — нормальный подпорный уровень воды, в нижнем бьефе — минимальный меженный уровень воды;

б) в верхнем бьефе—форсированный подпорный уровень, в нижнем бьефе — уровень, соответствующий расходу, сбрасываемому в нижний бьеф при форсированном подпорном уровне в верхнем бьефе;

в) в верхнем бьефе — уровень, снижающийся во времени до отметок, заданных условиями эксплуатации сооружений, в нижнем бьефе — минимальный меженный уровень.

Примечание. Расчетные случаи должны быть установлены проектом в соответствии с условиями работы сооружения.

14.4. Расчеты фильтрации в земляных плотинах надлежит производить:

а) для русловой плотины и средней части пойменной плотины большой протяженности — по схеме плоской задачи;

б) для береговых участков, пойменных участков небольшой протяженности и примыканий к бетонным сооружениям и берегам — по схеме пространственной задачи.

Расчет фильтрации в условиях плоской задачи допускается выполнять по формулам, приведенным в приложении 3 к настоящей главе СНиП, или экспериментальным путем по методу электрогидродинамических аналогий (ЭГДА).

14.5. Расчеты фильтрации по схеме пространственной задачи для плотин I и II классов надлежит производить путем моделирования методом ЭГДА на пространственной модели. Для плотин III и IV классов пространственность потока допускается учитывать путем построения (графически или на приборе) приближенной плановой сетки движения потока и выполнения расчета плоской фильтрации по наиболее характерным сечениям плотины, проведенным вдоль линий токов.

Примечание. При выборе характерных сечений плотины следует учитывать высоту плотины, рельеф местности, очертание врезки подошвы плотины в основание и геологическое строение основания (например, наличие включений и линз в основании или разнохарактерность грунтов основания).

14.6. Положение кривой депрессии в верховой части тела плотины при понижении уровня воды в верхнем бьефе рекомендуется принимать следующим:

а) для плотин из глинистых грунтов — ориентировочно по поверхности верхового откоса;

б) для плотин из песчаных грунтов — по расчету (см. приложение 3).

15. РАСЧЕТ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВ

15.1. Расчеты устойчивости грунтов основания и тела плотины при действии на них фильтрационного потока следует выполнять:

а) для грунтов основания, находящихся в восходящем фильтрационном потоке за подошвой низового откоса и не защищенных фильтром дренажа или пригрузкой (например, по линии *еж* в схеме плотины, изображенной на рис. 5, на котором приводится сетка движения, полученная в соответствии с п. 14.5 при применении метода ЭГДА);

б) для отдельных контактов грунтов основания и тела плотины с различными характеристиками (например, по рис. 5 на контактах *аб, вг, де*).

15.2. Фильтрационную устойчивость грунтов основания по п. 15.1«а» следует проверять для следующих случаев:

а) при несуффозионных грунтах — на выпор по условию

$$J_{вых} \leqslant J^{в}_{доп};$$

б) при суффозионных грунтах (т. е. при грунтах, для которых $J^{с}_{крит} < J^{в}_{крит}$) — на суффозию по условию $J_{вых} \leqslant J^{с}_{доп}$, где $J_{вых}$ — значение наибольшего выходного градиента (например, в точке *е* схемы рис. 5), если грунт *3* (по рис. 5) несуффозионный, а также вблизи точки *д*, если грунт *3* суффозионный; $J_{вых}$ определяется в соответствии с рекомендациями пп. 14.4 и 14.5; если оказывается, что $J_{вых} = \infty$, то для сооружений I и II классов величину $J_{вых}$ следует выбирать по специальному обоснованию, а для сооружений III и IV классов — пользуясь формулами приложения 3; $J^{в}_{доп}$ и $J^{с}_{доп}$ — допускаемые градиенты на выпор и на суффозию (при $J^{в}_{доп} < J^{в}_{крит}$ и $J^{с}_{доп} < J^{с}_{крит}$. Обозначения $J^{в}_{крит}$ и $J^{с}_{крит}$ те же, что в п. 5.1), определяемые по специальным исследованиям.

15.3. Фильтрационную устойчивость грунтов основания и тела плотины по п. 15.1«б» следует проверять:

а) на контактный выпор для грунтов в восходящем потоке (например, на контакте *де* на рис. 5);

б) на контактный размыв при фильтрационном потоке, идущем вдоль контакта (например, на контакте *вг* на рис. 5);

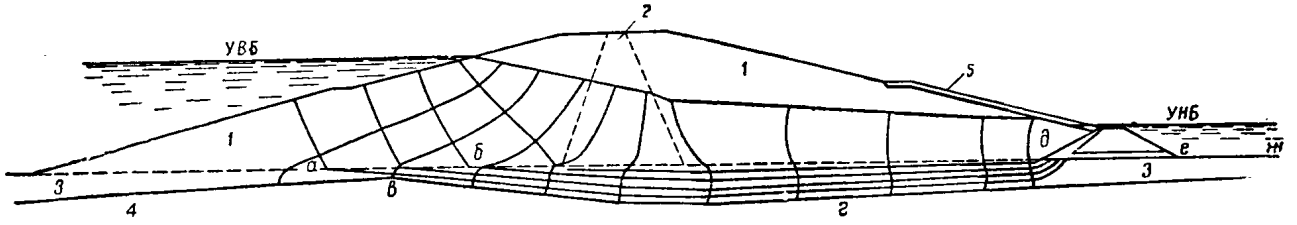


Рис. 5. Схема к расчету фильтрационной устойчивости грунтов для отдельных контактов грунтов с различными характеристиками.

Сетка движения построена на приборе ЭГДА для условий:

зона *1* — грунт боковых призм плотины имеет коэффициент фильтрации k_1; зона *2* — грунт ядра имеет коэффициент фильтрации $k_2 = \frac{k_1}{k_2}$; зона *3* — грунт прослойки под плотиной имеет коэффициент фильтрации $k_3 = 50k_1$; зона *4* — грунт основания под плотиной имеет коэффициент фильтрации $k_4 < k_1$; зона *5* — наклонный фильтр

в) на вмывание в нисходящем потоке (например, на контакте *аб* на рис. 5), если имеется опасность вмывания грунта тела плотины в грунт основания.

15.4. Проверку фильтрационной устойчивости грунтов основания и тела плотины на разных стадиях проектирования в зависимости от класса сооружения следует производить в соответствии с рекомендациями для фильтров по п. 12.4.

16. РАСЧЕТ ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ В ОСНОВАНИИ И ТЕЛЕ ПЛОТИНЫ ПРИ НЕЗАВЕРШЕННОЙ КОНСОЛИДАЦИИ

16.1. При расчетах устойчивости и осадки земляных плотин, высота которых превышает 25 *м*, следует учитывать давление в порах глинистых грунтов (поровое давление консолидации), возникающее в процессе их уплотнения под влиянием приложенных к ним внешних сил и собственного веса.

16.2. Исследование процесса консолидации глинистых грунтов, слагающих тело, ядро, экран или водоупорную призму в плотине, а также ее основание, следует производить лишь в случаях, когда грунт весьма мелкопористый, водонасыщенный со степенью влажности $G \geqslant 0{,}85$ и с коэффициентом консолидации, согласно СНиП II-Б.3-62, меньшим $1 \cdot 10^7$ *см²/год.*

16.3. При проектировании плотин высотой 25 *м* и менее поровое давление консолидации подлежит учету в случаях:

а) возведения плотины из маловодопроницаемых грунтов с отсыпкой их в воду;

б) возведения плотины из маловодопроницаемых грунтов при отсутствии искусственного уплотнения (поровое давление в этом случае следует определять на момент поднятия бьефа);

в) возведения плотины на основании, сложенном глинистыми грунтами мягкопластичной, текуче-пластичной и текучей консистенции.

16.4. Для плотин I и II классов капитальности на стадии проектного задания поровое давление консолидации следует определять в соответствии с решениями для плоской задачи теории консолидации земляной среды как трехфазной системы (скелет грунта, вода и воздух).

При определении порового давления консолидации в основаниях плотины и теле плотин, возводимых отсыпкой в воду, а также в теле намывных плотин земляную среду можно приближенно рассматривать как двухфазную систему.

Применение решений одноразмерной задачи консолидации допускается в случаях:

а) ядра или экрана, имеющих ширину по линии сопряжения с основанием меньшую половины высоты (предполагая, что отток воды происходит в горизонтальном направлении);

б) тела плотины или ядра, имеющих ширину по линии сопряжения с основанием, превышающую их высоту не менее чем в два раза (предполагая, что отток воды происходит в вертикальном направлении).

16.5. В случае необходимости учета нестабилизированного состояния глинистых элементов плотин III и IV классов на всех стадиях проектирования и для ориентировочных подсчетов при проектировании плотин I и II классов допускается использование существующих для трехфазной системы земляной среды приближенных приемов, основанных на экспериментальном исследовании зависимости величины порового давления от полного давления на образец или на применении законов Бойля — Мариотта и Генри при описании изменения объемного газосодержания образца грунта.

17. РАСЧЕТЫ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ, ЭКРАНА И ЗАЩИТНОГО СЛОЯ

17.1. Расчеты устойчивости откосов производятся как поверочные и заключаются в определении минимального коэффициента запаса устойчивости при назначенном заложении откосов.

Расчеты устойчивости следует производить, как правило, для наибольших поперечных сечений характерных участков плотины.

17.2. Минимальный коэффициент запаса устойчивости откосов в зависимости от класса плотины не должен быть ниже величин, приведенных в табл. 2.

Величина коэффициента запаса устойчивости экрана и защитного слоя должна быть такой же, как и для откосов плотины.

Таблица 2

Сочетания нагрузок и воздействий	Коэффициент запаса устойчивости при классе плотины			
	I	II	III	IV
Основные	1,3	1,2	1,15	1,1
Особые	1,1	1,1	1,05	1,05

Примечание. Полученные по расчету значения коэффициентов запаса при основных сочетаниях не должны превышать более чем на 15% их значений по табл. 2.

17.3. Расчет устойчивости откосов надлежит производить для следующих случаев:

а) строительный случай — сооружение закончено, но бьеф еще не поднят (если такой случай соответствует проекту производства работ);

б) случаи наполнения водохранилища — сооружение закончено, уровень воды принимается стоящим на нескольких промежуточных отметках;

в) эксплуатационные случаи — сооружение закончено:

в верхнем бьефе — нормальный подпорный уровень, в нижнем бьефе — минимальный меженный уровень;

в верхнем бьефе — форсированный подпорный уровень, в нижнем бьефе — уровень, соответствующий расходу воды, сбрасываемому в нижний бьеф при форсированном подпорном уровне верхнего бьефа.

Если по условиям эксплуатации возможно быстрое (резкое) понижение уровня воды в водохранилище, то при расчете верхового откоса учитывается гидродинамическое давление, возникающее вследствие фильтрации воды из глинистых грунтов тела плотины в сторону водохранилища.

17.4. При проверке устойчивости экрана и защитного слоя основными расчетными случаями должны быть:

а) нормальный подпорный уровень верхнего бьефа;

б) быстрое опорожнение водохранилища;

в) быстрое наполнение водохранилища в период строительства (если это предусматривается по плану строительства).

17.5. Для низких плотин IV класса при грунтах в основании таких же или более прочных, чем тело плотины, допускается назначать заложение откосов по табл. 3.

Таблица 3

Заложение откосов плотин IV класса

Наименование откоса	Заложение откоса при расчетной высоте плотины H, м					
	до 5		от 5 до 10		от 10 до 15	
	при грунтах тела плотины					
	глинистых	песчаных	глинистых	песчаных	глинистых	песчаных
Верховой	2	2,5*; 2**	2,5	3*; 2,5**	3	3*,**
Низовой с дренажем	1,5	2	1,75	2	1,75	2
Низовой без дренажа	1,75	2	2	2,25	2,25	2,25

* Для плотин, не имеющих экрана, или с тонким экраном.

** Для плотин, верховой клин которых состоит из суглинков или супесей.

При слабых грунтах основания, характеризующихся значениями угла внутреннего трения и сцепления, меньшими принятых для грунтов тела плотины, назначение заложения откосов обосновывается специальными расчетами устойчивости.

17.6. Расчет устойчивости откосов допускается вести с применением методов круглоцилиндрических и ломаных поверхностей скольжения.

Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения можно применять практически для всех встречающихся в практике случаев; метод ломаных поверхностей, когда откос сложен из резко различных по прочности грунтовых материалов или при наличии в основании плотины тонкого прослойка слабого грунта.

Примечание. В зависимости от ряда факторов для отыскания минимального значения коэффициента запаса устойчивости может оказаться целесообразным проведение расчетов по обоим методам.

17.7. Коэффициент запаса устойчивости откосов следует определять для наиболее опасной поверхности скольжения, при которой коэффициент запаса устойчивости имеет минимальное значение. Отыскание этой поверхности рекомендуется производить методом последовательных приближений.

17.8. При расчетах устойчивости откосов из глинистых грунтов при незавершенной консолидации и при необходимости учета порового давления его определение следует производить по указаниям раздела 16 настоящей главы.

17.9. Расчет устойчивости грунтового экрана и защитного слоя можно производить:

а) экрана большой мощности — по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения;

б) тонкого экрана и защитного слоя — по указаниям нормативного документа, регламентирующего расчеты устойчивости земляных откосов.

18. РАСЧЕТ ПЛОТИНЫ НА ОСАДКУ

18.1. Расчет осадки плотины следует производить с целью определения величины строительного подъема сооружения и величины неравномерности осадки различных частей плотины, а также для уточнения общего объема земляных работ.

18.2. Расчеты осадок и изменения их во времени следует производить для плотин высотой более 25 *м* на стадии проектного задания при наличии в теле или основании плотины глинистых грунтов, коэффициент консолидации которых (см. п. 16.2) меньше $1 \cdot 10^7$ *см²/год*.

18.3. Максимальную величину осадки за период эксплуатации плотин высотой 25 *м* и менее рекомендуется принимать ориентировочно равной 1% высоты плотины.

18.4. Расчет осадок рекомендуется производить по трем характерным поперечным сечениям плотины (в русловой и пойменных частях) и по трем вертикалям каждого сечения.

18.5. Осадка земляной плотины складывается из осадки, возникающей вследствие сжатия материала, образующего тело плотины, и осадки основания плотины. Расчет осадки, происходящей за счет уплотнения основания плотины, следует производить по главе СНиП II-Б.3-62.

18.6. Осадку тела плотины по любой расчетной вертикали проектируемого профиля плотины за любой период времени возведения или эксплуатации сооружения можно определять по формуле

$$S_{(t_1-t_2)} = \sum_{i=1}^{i-k_{t_2}} \Delta h \frac{\varepsilon_{1i} - \varepsilon_{2i}}{1 + \varepsilon_{1i}},$$

где Δh — мощность сжимаемого элементарного слоя грунта в *см*, равная $\frac{h_x}{n}$ (h_x — мощность сжимаемого слоя грунта по расчетной вертикали в *см*; n — общее число элементарных слоев по расчетной вертикали);

k_{t_2} — порядковый номер элементарного слоя, возведенного к моменту времени t_2;

ε_{1i} ; ε_{2i} — коэффициенты пористости грунта, определяемые по компрессионной кривой, в зависимости от величин сжимающих напряжений $\sigma_{t_1 i}$ и $\sigma_{t_2 i}$ в *кг/см*^{2} в скелете грунта на уровне слоя i в соответствующие моменты времени t_1 и t_2.

18.7. Сжимающие напряжения в скелете грунта по любой расчетной вертикали на уровне слоя i в любой момент времени t можно определять по формуле

$$\sigma_{ti} = \gamma_н h_{н\,t} + \gamma_г \Delta h (k_t - i) - p_{в\,t},$$

где $\gamma_н$ — объемный вес несжимаемых грунтов, расположенных по расчетной вертикали над ядром или экраном плотины, в *кг/см*^{3};

$\gamma_г$ — объемный вес грунта ядра или экрана в *кг/см*^{3};

$h_{н\,t}$ — мощность слоя пригрузки по рассматриваемой расчетной вертикали к моменту времени t в *см*;

k_t — порядковый номер элементарного слоя, возведенного к рассматриваемому моменту времени t. В период возведения плотины $k_{t_1} \leqslant k_{t_2} \leqslant n$ при $i > k_{t_1}$ следует принять в формуле настоящего пункта $\sigma_{ti} = 0$ и коэффициент пористости, соответствующим нагрузке, равной нулю;

$p_{в\,t}$ — поровое давление консолидации на уровне слоя i в момент времени t в *кг/см*^{2}.

Величину порового давления в любой точке тела плотины для любого момента времени следует определять в соответствии с указаниями раздела 16 настоящей главы.

Примерные схемы для расчета осадок для типов плотины однородной, с ядром и экраном приведены на рис. приложения 4.

19. НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЕ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

19.1. Проведение натурных исследований с помощью измерительной аппаратуры обязательно для плотин I, II и III классов капитальности. На плотинах IV класса капитальности могут проводиться только визуальные наблюдения.

Вопросами натурных исследований являются: осадка плотины, положение депрессионной поверхности, фильтрация в основании и в обход сооружения, качество работы дренажа и противофильтрационных устройств, неорганизованные выходы фильтрационных вод и их мутность, дренажный расход воды и мутность дренажных вод, состояние креплений откосов, подвижка откосов, поровое давление в глинистых элементах профиля плотины и в глинистых пластах основания.

Натурные исследования могут включать и другие вопросы в зависимости от особенностей конструкции, условий эксплуатации и ответственности сооружения.

19.2. Натурные исследования разделяются на контрольные и специальные.

Контрольные исследования следует проводить для оценки надежности объекта, его работы, своевременного выявления дефектов, назначения ремонтных мероприятий, предотвращения аварий и улучшения условий эксплуатации.

Специальные исследования следует проводить для проверки отдельных проектных предположений или решения научных задач.

Контрольные исследования следует проводить как в процессе строительства, так и в период эксплуатации плотины.

19.3. Состав, объем и сроки контрольных исследований для процесса строительства и периода эксплуатации устанавливаются проектирующей организацией в зависимости от класса сооружения, его конструкции, размеров, инженерно-геологических условий, условий работы сооружения, а также условий его возведения и эксплуатации.

Специальные исследования определяются программой, которая принимается проектной организацией в зависимости от характера поставленных перед исследованиями задач.

19.4. Установку контрольно-измерительной аппаратуры для проведения натурных исследований в строительный и эксплуатационный периоды следует осуществлять по проекту размещения контрольно-измерительной аппаратуры, в состав которого входит также инструкция по проведению наблюдений.

Указанный проект является неотъемлемой частью проекта сооружения.

19.5. Проект размещения контрольно-измерительной аппаратуры должен составляться в соответствии с указаниями нормативного документа на составление проекта размещения контрольно-измерительной аппаратуры в гидротехнических сооружениях. Составление проекта размещения контрольно-измерительной аппаратуры обязательно для плотин I, II и III классов на всех стадиях проектирования.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

Осредненные значения (нормативные) удельных весов грунтов

Вид грунтов	Удельный вес грунта $\gamma_г$ в *г/см³*	Вид грунтов	Удельный вес грунта $\gamma_г$ в *г/см³*
Крупнообломочные. Песчаные, кроме пылеватых	2,66	Суглинки	2,71
Пески пылеватые. Супеси	2,7	Глины	2,74

Таблица 2

Осредненные значения (нормативные) характеристик φ и c песчаных и глинистых грунтов

Вид грунтов	Угол внутреннего трения φ в *град* / Удельное сцепление c в *кг/см²* при коэффициенте пористости ε					
	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/—	38/—	—	—	—
Средней крупности	40/0,02	38/0,01	35/—	—	—	—
Мелкие	38/0,03	36/0,02	32/0,01	—	—	—
Пылеватые	36/0,04	34/0,03	30/0,02	—	—	—
Глинистые грунты						
При влажности на границе раскатывания $W_р$ 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	17/0,2	16/0,18
26,5—30,4	—	—	—	—	16/0,47	15/0,23

Примечания: 1. Значения φ и c песчаных грунтов в табл. 2 относятся к кварцевым пескам с зернами различной окатанности, содержащим не более 20% полевого шпата и не более 5% различных примесей (слюда, глауконит и др.) независимо от влажности.

2. Значения φ и c для глинистых грунтов относятся к грунтам четвертичных отложений при содержании растительных остатков не более 5%, при условии полного заполнения пор водой (степень влажности $G \geqslant 0{,}8$).

3. Данные табл. 2 не распространяются на глинистые грунты текучей консистенции (при значении $\frac{W-W_р}{W_п} > 1$, где $W_п$ — число пластичности).

4. Нормативные значения φ по табл. 2 соответствуют данным главы СНиП II-Б.1-62; нормативные значения c, принимаемые при проектировании земляных плотин, уменьшены против значений по указанной главе СНиП.

5. За нормативные характеристики грунтов в табл. 2 приняты средние значения характеристик, полученные по данным испытаний на образцах в количестве, достаточном для статистического обобщения.

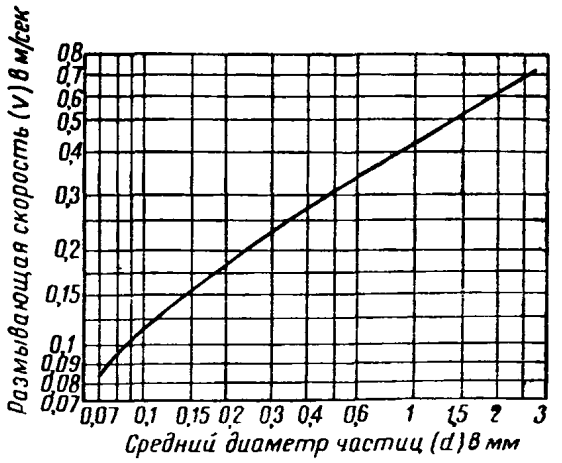
Таблица 3

Осредненные значения (нормативные) коэффициентов фильтрации грунтов

Вид грунтов	Коэффициент фильтрации грунтов в *см/сек*
Галечниковые (без песчаного заполнителя)	10^{-1}—1
Гравийные	10^{-2}—10^{-1}
Гравелистые и крупные пески . .	10^{-2}
Пески мелкие	10^{-3}—10^{-2}
» пылеватые	10^{-4}—10^{-3}
Супесь	10^{-5}—10^{-4}
Суглинок	10^{-7}—10^{-5}
Глина	Менее 10^{-7}

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

График начальной размывающей волновой скорости для песчаных грунтов



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Фильтрационные расчеты плотин

Буквенные обозначения расчетных величин в фильтрационных расчетах:

q — удельный фильтрационный расход воды в плотине;

h_x — текущая координата кривой депрессии;

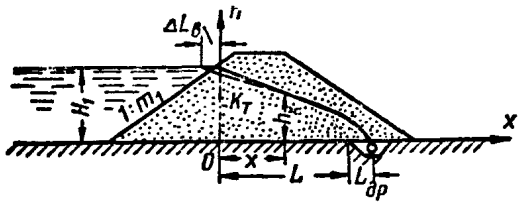
H_0 — высота высачивания фильтрационного потока;

$k_т$ — коэффициент фильтрации тела плотины;

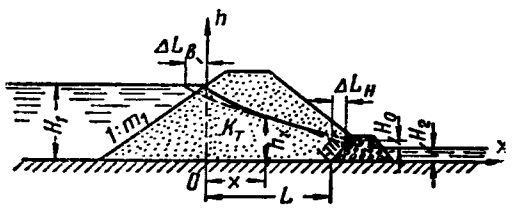
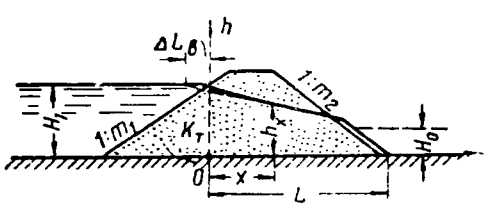
$k_я$ — коэффициент фильтрации ядра;

$k_э$ — коэффициент фильтрации экрана;

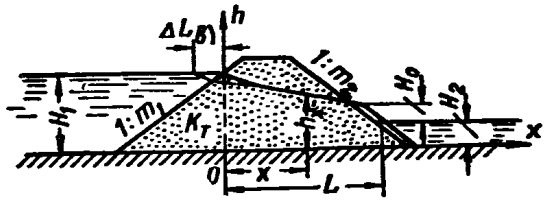
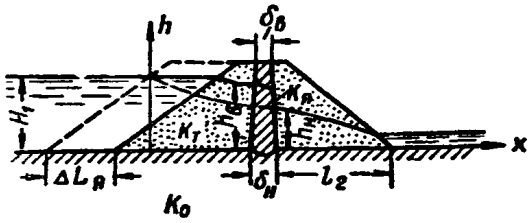
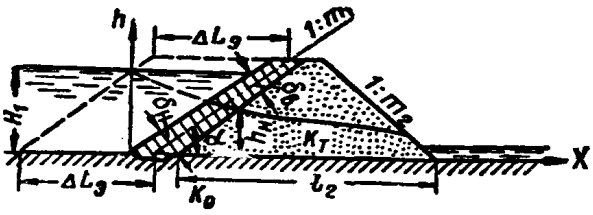
k_0 — коэффициент фильтрации основания.

Расчетная схема плотины	Расчетные зависимости
Плотина однородная на водонепроницаемом основании 1. С трубчатым дренажем  	$$\frac{q}{k_т} = \frac{H_1^2}{2L_р}, \quad (1)$$ где $L_р = L + \Delta L_в$; $\Delta L_в = \beta_в H_1$; $$\beta_в = \frac{m_1}{2m_1 + 1}$$ (при $m_1 \geqslant 2$ $\beta_в \approx 0{,}4$). $$h_x = \sqrt{2\frac{q}{k_т}(L - x + L_{др})}, \quad (2)$$ где $L_{др} = 0{,}5\frac{q}{k_т}$. Кривую депрессии исправляют визуально в зоне, где $$h_x \geqslant H_1 - \frac{q}{k_т}.$$

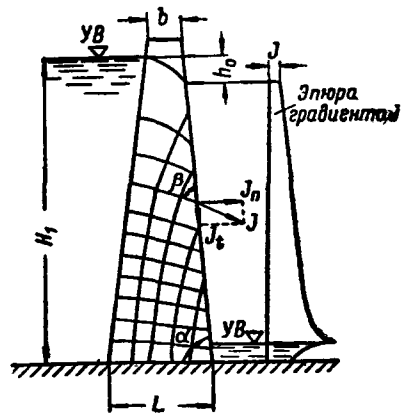
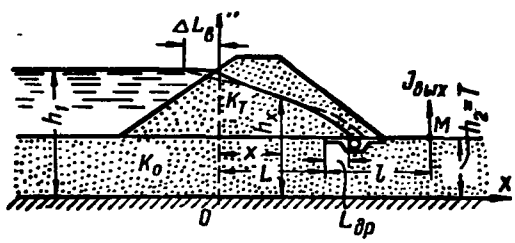
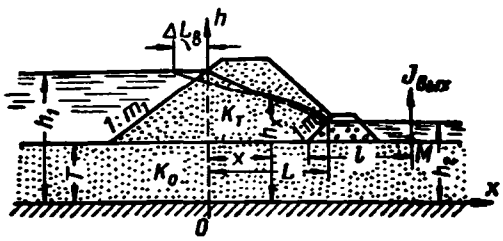
Продолжение

Расчетная схема плотины	Расчетные зависимости
2. С дренажным банкетом  	$$\frac{q}{k_т} = \frac{H_1^2 - H_2^2}{2L_р}, \quad (3)$$ где $L_р = L + \Delta L_в + \Delta L_н$; $\Delta L_в = \beta_в H_1$; $$\Delta L_н = \frac{m_1' H_2}{3}.$$ $$H_0 = f(m_1') \frac{q}{k_т}, \quad (4)$$ где $f(m_1')$ принимается по таблице m_1' | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 $f(m_1')$ | 0,74 | 0,51 | 0,36 | 0,28 | 0,22 | 0,18 При $f(m_1') \frac{q}{k_т} \leqslant H_2$ следует принимать $H_0 = 0$. $$h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_т} (L - x + \Delta L_н) + (H_2 + H_0)^2}. \quad (5)$$ Кривую депрессии исправляют визуально в зонах, где $$h_x \geqslant H_1 - \frac{q}{k_т}; \quad h_x \leqslant H_2 + \frac{q}{k_т}.$$
3. С наслонным дренажем (вода в нижнем бьефе отсутствует)  	$$\frac{q}{k_т} = \frac{H_1^2}{L_р + \sqrt{L_р^2 - m_2^2 H_1^2}}, \quad (6)$$ где $L_р = L + \Delta L_в$; $\Delta L_в = \beta_в H_1$. $$H_0 = f(m_2) \frac{q}{k_т}. \quad (7)$$ При $m_2 \geqslant 1$ $f(m_2) = 0{,}5 + m_2$; при $m_2 < 1$ $f(m_2) = 0{,}7 + 0{,}8 m_2$. $$h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_т} (L - x - m_2 H_0) + H_0^2}. \quad (8)$$ Кривую депрессии исправляют визуально в зоне, где $$h_x \geqslant H_1 - \frac{q}{k_т}.$$

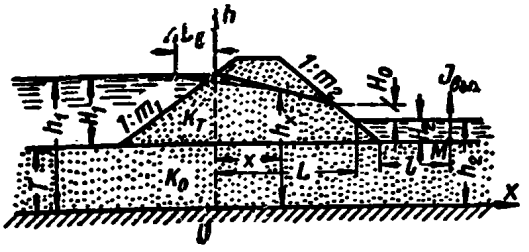
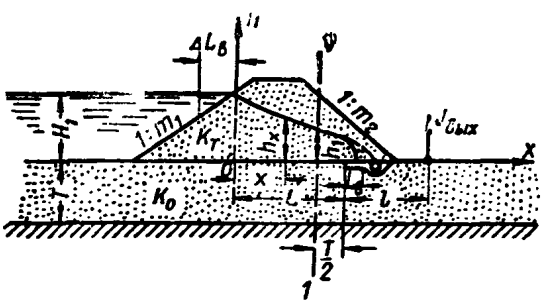
Продолжение

Расчетная схема плотины	Расчетные зависимости
4. С наслонным дренажем (наличие воды в нижнем бьефе) 	$$\frac{q}{k_т} = \frac{H_1^2 - H_2^2}{2L_р}, \quad (9)$$ где $L_р = L + \Delta L_в$; $\Delta L_в = \beta_в H_1$. $$H_0 = a + \sqrt{a^2 + \frac{m_2}{2f(m_2)} H_2 \cdot \frac{q}{k_т}}, \quad (10)$$ где $a = 0{,}5 f(m_2) \frac{q}{k_т} - 0{,}5 \left\{ 1 + \frac{m_2}{2[f(m_2)]^2} \right\} H_2$; $f(m_2)$ принимается по формуле (7). $$h_x = \sqrt{2 \frac{q}{k_т} (L - x - m_2 H_0) + (H_2 + H_0)^2}. \quad (11)$$ Кривую депрессии исправляют визуально в зоне, где $$h_x \geqslant H_1 - \frac{q}{k_т}.$$
Плотина неоднородная на водопроницаемом основании 5. С ядром  6. С экраном 	По способу виртуальных длин плотину приводят к однородной, причем: а) в случае ядра $$\Delta L_я = \frac{k_т}{k'_я} \delta_{ср.\,я}; \quad \delta_{ср.\,я} = \frac{\delta_в + \delta_н}{2}, \quad (12)$$ где $k'_я = k_я + \frac{2k_0 \delta_{ср.\,я}}{\pi (h_в + h_н)} \operatorname{arch} \left(\frac{2l_2}{\delta_н} \right)$; б) в случае экрана $$\Delta L_э = \frac{k_т}{k'_э} \sin\alpha \, \delta_{ср.\,э}; \quad \delta_{ср.\,э} = \frac{\delta_в + \delta_н}{2}, \quad (13)$$ где $k'_э = k_э + \frac{2k_0 \delta_{ср.\,э}}{\pi (H_1 + h_н) \sin\alpha} \operatorname{arch} \left(\frac{2l_2}{\delta_н} \sin\alpha \right)$.

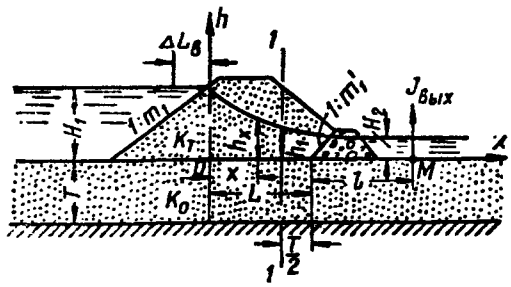
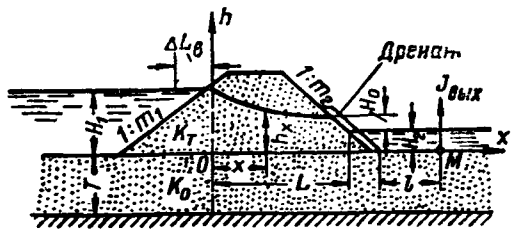
Продолжение

Расчетная схема плотины	Расчетные зависимости
7. Плотина с высоким тонким ядром на водонепроницаемом основании 	Понижение кривой депрессии при $\frac{L}{H_1} < 0{,}5$ $$h_0 = 0{,}65 \frac{b}{1 - \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)}. \quad (14)$$ Градиенты фильтрационного потока при его выходе на низовую поверхность ядра: $$J_t = \sin\alpha; \quad (15)$$ $$J_n = \sin\alpha \operatorname{tg}\beta; \quad (16)$$ $$J = \frac{\sin\alpha}{\cos\beta}, \quad (17)$$ где β — берется из гидродинамической сетки, построенной графическим методом. $$q = k_т \Omega,$$ где Ω — площадь эпюры J.
Плотина на водопроницаемом основании конечной мощности ($k_0 = k_т$) 8. С трубчатым дренажем 	$$\frac{q}{k_т} = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L_р}, \quad (18)$$ где $L_р = L + \Delta L_в + L_{др}$; $\Delta L_в = 0{,}4h_1$; $L_{др} = \frac{(h_1 - h_2)^2}{8L}$. $$h_x = \sqrt{2\frac{q}{k_т}(L + L_{др} - x + 0{,}4h_2) + h_2^2}. \quad (19)$$ Кривую депрессии исправляют визуально. Она сдвигается влево по дренажу на $0{,}4h_2$ в зоне, где $h_x < h_2 + \frac{q}{k_т}$, и подводится к урезу воды в *В.Б.* в зоне, где $h_x \geqslant h_1 - \frac{q}{k_т}$. $J_{вых}$ для схем 8—10 определяют по формуле (25).
9. С дренажным банкетом 	$$\frac{q}{k_т} = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L_р}, \quad (20)$$ где $L_р = L + \Delta L_в + \Delta L_н$; $\Delta L_в = 0{,}4h_1$, $\Delta L_н = 0{,}4h_2$. $$h_x = \sqrt{2\frac{q}{k_т}(L - x + 0{,}4h_2) + h_2^2}. \quad (21)$$ Кривую депрессии исправляют визуально в зонах, где $$h_x < h_2 + \frac{q}{k_т} \text{ и } h_x \geqslant h_1 - \frac{q}{k_т}.$$

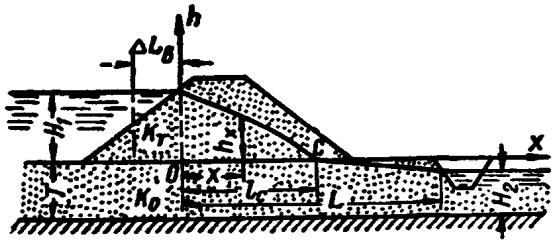
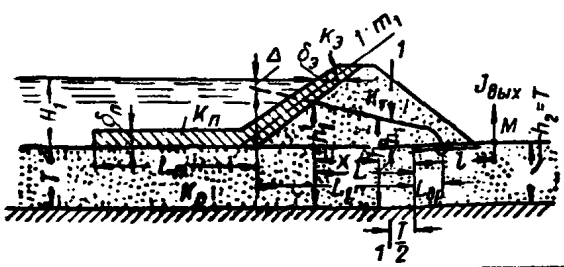
Продолжение

Расчетная схема плотины	Расчетные зависимости
10. Без дренажа 	$$\frac{q}{k_т} = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L_р}, \quad (22)$$ где $L_р = L + \Delta L_в$; $\Delta L_в = 0{,}4h_1$. $$H_0 = -a + \sqrt{a^2 + 0{,}45T\left(\frac{q}{k_т} - \frac{1}{m_2} H_2\right)}, \quad (23)$$ где $a = 0{,}5\left[H_2 - m_2 \frac{q}{k_т} + T\left(1 + \frac{0{,}4}{m_2} + 0{,}4\frac{T}{L_р}\right)\right]$. $$h_x = \sqrt{2\frac{q}{k_т}(L + m_2H_0 - x) + (h_2 + H_0)^2}. \quad (24)$$ Кривую депрессии исправляют визуально в зоне, где $$h_x \geqslant h_1 - \frac{q}{k_т}.$$ $$J_{вых} = \frac{1}{T\sqrt{e^{\frac{\pi l}{T}} - 1}} \cdot \frac{q}{k_т}, \quad (25)$$ где $0{,}01 \leqslant \frac{l}{T} < +\infty$.
11. Плотина на проницаемом основании конечной мощности ($k_т < k_0$) С трубчатым дренажем 	$$q = k_т \frac{H_1^2}{2L_р} + k_0T\frac{H_1}{L_р + 0{,}4T}, \quad (26)$$ где $L_р = L + \Delta L_в$; $\Delta L_в = \frac{\sigma\alpha_3 + \alpha_1\alpha_2}{\sigma + \alpha_1}$; $\sigma = \sqrt{\frac{k_0}{k_т}}$; $\alpha_1 = 2m_1\frac{H_1}{T} + \frac{1{,}32}{m_1} - 1$; $\alpha_2 = \frac{m_1H_1}{2m_1 + 1}$; $\alpha_3 = m_1H_1 + 0{,}4T$. а) Между сечением *1—1* и дренажем $$h_x = \frac{h_1^2}{T}\sqrt{\left[\left(\frac{T}{h_1}\right)^2 - 1\right]\left(2\frac{L - x}{T}\right) + 1}. \quad (27)$$ б) Между сечением *1—1* и осью ординат $$h_x = \sqrt{2\frac{q}{k_т}(L - x) + \left(h_1 + \frac{k_0}{k_т}T\right)^2} - \frac{k_0}{k_т}T. \quad (28)$$ $$J_{вых} = \frac{1}{T\sqrt{e^{\frac{\pi l}{T}} - 1}}\left(\frac{q}{k_0} - \frac{k_т}{k_0}\cdot\frac{h_1^2}{T}\right), \quad (29)$$ где $0{,}01 \leqslant \frac{l}{T} < +\infty$. h_1 в формулах (27), (28) и (29) вычисляют по формуле $$h_1 = \sqrt{\left(\frac{k_0}{k_т}\cdot\frac{T}{2}\right)^2 + T\frac{q}{k_т}} - \frac{k_0}{k_т}\cdot\frac{T}{2}. \quad (30)$$ Кривую депрессии исправляют визуально в зоне, где $$h_x \geqslant H_1 - \frac{q}{k_т}.$$

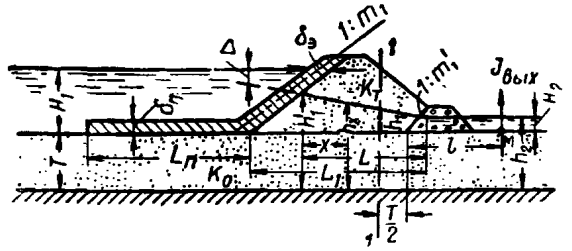
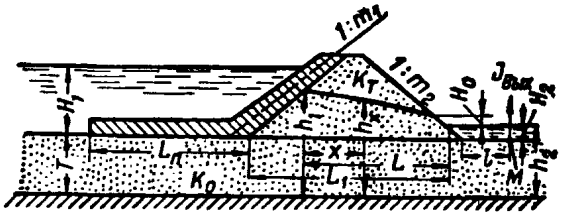
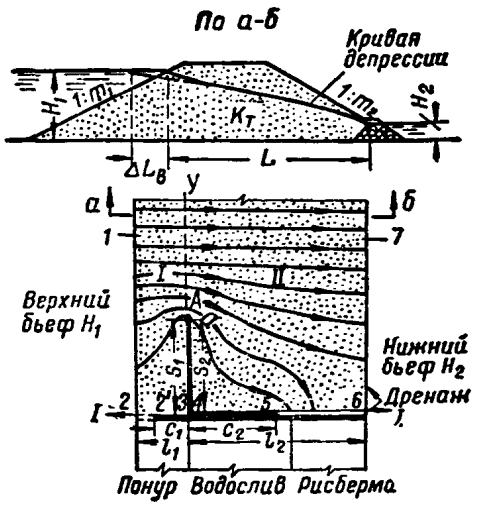
Продолжение

Расчетная схема плотины	Расчетные зависимости
12. С дренажным банкетом 	$$q = k_т \frac{H_1^2 - H_2^2}{2L_p} + k_0 T \frac{H_1 - H_2}{L_p + 0{,}4T}, \quad (31)$$ где $L_p = L + \Delta L_в + \frac{m_1' H_2}{3}$; $\Delta L_в = \frac{\sigma a_3 + a_1 a_2}{\sigma + a_1}$; $\sigma = \sqrt{\frac{k_0}{k_т}}$; $a_1 = 2m_1 \frac{H_1 - H_2}{T} + \frac{1{,}32}{m_1} - 1$; $a_2 = \frac{m_1 (H_1 - H_2)}{2m_1 + 1}$; $a_3 = m_1 (H_1 - H_2) + 0{,}4T$. а) Между сечением *1—1* и дренажем $$h_x = \sqrt{(h_1^2 - H_2^2)\left(\frac{L - \frac{T}{2} + l_3' - x}{l_3'}\right) + H_2^2}, \quad (32)$$ где $l_3' = \frac{T}{2} + \frac{mH_2}{3}$. б) Между сечением *1—1* и осью ординат $$h_x = \sqrt{2\frac{q}{k_т}(L - x) + \left(h_1 + \frac{k_0}{k_т} T\right)^2} - \frac{k_0}{k_т} T. \quad (33)$$ В формулах (32) и (33) h_1 определяется по зависимости $$h_1 = \sqrt{T\frac{q}{k_т} + H_2^2 + \left(\frac{k_0}{k_т} \cdot \frac{T}{2}\right)^2} - \frac{k_0}{k_т} \cdot \frac{T}{2}. \quad (34)$$ Выходные градиенты вычисляют по (29), определяя h_1 по (34). Кривую депрессии исправляют визуально в зоне, где $$h_x \geqslant H_1 - \frac{q}{k_т}.$$
13. С наслонным дренажем 	Удельный расход q и высоту высачивания H_0 определяю подбором из уравнений (35) и (36): $$q = k_т \frac{H_1^2 - (H_0 + H_2)^2}{2[L_p - m_2(H_0 + H_2)]} + k_0 T \frac{H_1 - (H_0 + H_2)}{L_p - (0{,}5 + m_2)(H_0 + H_2)}; \quad (35)$$ $$q = k_т \frac{H_0}{0{,}5 + m_2}\left(1 + \frac{H_2}{a_m H_2 + H_0}\right) + k_0 T \frac{H_0}{(0{,}5 + m_2)(H_0 + H_2) + 0{,}4T}. \quad (36)$$

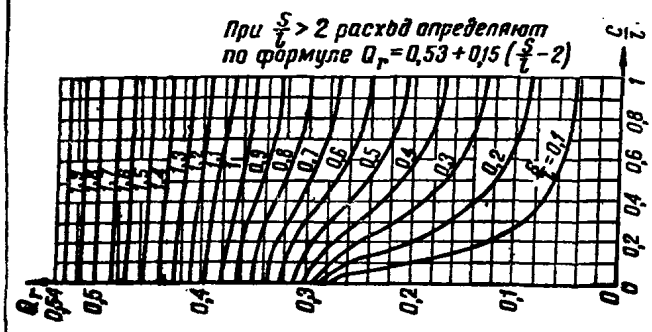
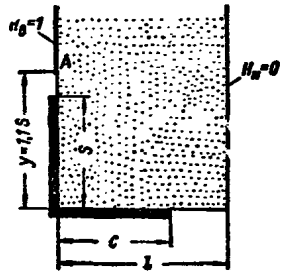
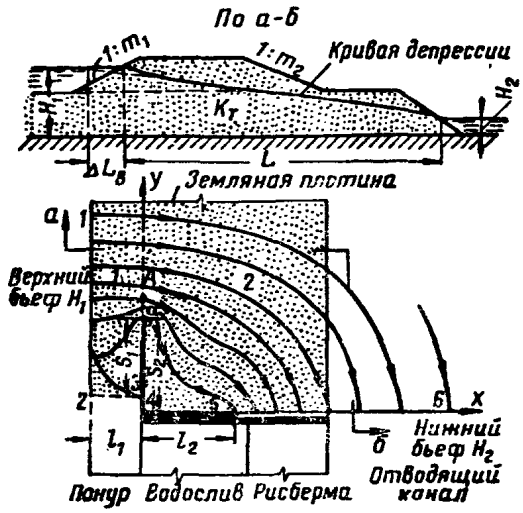
Продолжение

Расчетная схема плотины	Расчетные зависимости
	где $L_р = L + \Delta L_в$; $a_m = \frac{m_2}{2(0{,}5 + m_2)^2}$. $\Delta L_в$ определяют так же, как для схемы 12. $$h_x = \sqrt{2\frac{q}{k_т}(L - m_2 H_0 - x) + \left(\frac{k_0}{k_т} T + H_2 + H_0\right)^2} - \frac{k_0}{k_т} T. \quad (37)$$ $$J_{вых} = \frac{1}{T\sqrt{e^{\frac{\pi l}{T}} - 1}} \left(\frac{q - q_н}{k_0}\right), \quad (38)$$ где $q_н = k_0 \frac{T h_в}{(0{,}5 + m) h_в + H_2 m + 0{,}44T}$. (39) Кривую депрессии исправляют визуально в зоне, где $$\left(h_x + \frac{k_0}{k_т} T\right) \geqslant \left(H_1 + \frac{k_0}{k_т} T\right) - \frac{q}{k_т}.$$
14. С дренажной канавой за плотиной (уровень грунтовых вод ниже основания) 	$$q = k_т \frac{H_1^2}{2(\Delta L_в + l_c)} + k_0 T \frac{H_1}{(\Delta L_в + l_c)}, \quad (40)$$ где $l_c = \frac{\frac{k_0}{k_т}\left[2H_1 TL - (T^2 - H_2^2)\Delta L_в\right] + H_1^2 L}{\frac{k_0}{k_т}\left[2H_1 T + T^2 - H_2^2\right] + H_1^2}$. а) С левой стороны от точки C $$h_x = \sqrt{2\frac{q}{k_т}(l_c - x) + \left(\frac{k_0}{k_т} T + T\right)^2} - \frac{k_0}{k_т} T. \quad (41)$$ Кривую депрессии исправляют визуально в зоне, где $$\left(h_x + \frac{k_0}{k_т} T\right) \geqslant \left(H_1 + \frac{k_0}{k_т} T\right) - \frac{q}{k_т}.$$ б) С правой стороны от точки C $$h_x = \sqrt{T^2 - (T^2 - H_2^2)\frac{x - l_c}{L - l_c}}. \quad (42)$$
15. Плотина с экраном и понуром на водопроницаемом основании конечной мощности ($k_0 = k_т$) С трубчатым дренажем 	$$q = \frac{k_0 \Delta}{\Phi} + \frac{k_э (1 + m_1^2)\Delta(2H_1 - \Delta)}{2\delta_э}, \quad (43)$$ где $\Phi = \frac{\operatorname{th}(\alpha L_п)}{\alpha(T - \delta_п)}$; $\alpha = \sqrt{\frac{k_п}{k \delta_п (T - \delta_п)}}$; $$\Delta = \frac{B - \sqrt{B^2 - AC}}{A}, \quad (44)$$ где $A = \frac{1}{L_1 + \Delta L_н} + \frac{k_э (1 + m_1^2)}{k_0 \delta_э}$;

Продолжение

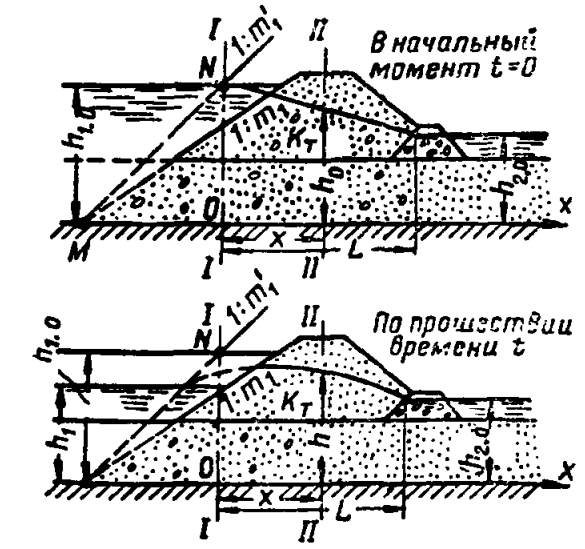
Расчетная схема плотины	Расчетные зависимости
16. С дренажным банкетом  Без дренажа 	$$B = \frac{H_1 + T}{L_1 + \Delta L_н} + \frac{1}{\Phi} + \frac{k_э H_1 (1 + m_1^2)}{k_0 \delta_э},$$ $$C = \frac{(H_1 + T)^2 - h_2^2}{L_1 + \Delta L_н};$$ $\Delta L_н = 0{,}4 h_2$ (для схем 15, 17); $\Delta L_н = 0{,}4 h_2 + 0{,}4 \left(h_2 - \frac{q}{k_0 m_1'} \right)$ (для схемы 16), причем в этом случае задачу следует решать способом последовательных приближений, полагая в первом приближении $\Delta L_н = 0{,}4 h_2$. Депрессионные кривые строят по формулам схем 11, 12 и 13. Выходные градиенты для схем 15 и 16 находят по формуле (29), h_1 определяют по формулам (30) и (34), а для схемы 17 — по формуле (38).
18. Схема фильтрации за устоем при сопряжении водосливной плотины с русловой земляной плотиной  	Глубина потока в точке *а* $$H_a = \sqrt{(H_1^2 - H_2^2) \frac{Q_{r1}}{Q_{r1} + Q_{r2}} + H_2^2}, \quad (45)$$ где Q_{r1} и Q_{r2} находятся по графику $Q_r = f\left(\frac{S}{l}, \frac{C}{l}\right)$. Глубину потока вдоль контура *а—4—5* определяют по формуле $$h = \sqrt{(H_a^2 - H_2^2) h_r - H_2^2}, \quad (46)$$ где h_r равно: а) на контуре *а—4* $$h_r = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arcsin \frac{2 \operatorname{ch}\left(\frac{\pi y}{l_2}\right) - \lambda + \delta}{\lambda + \delta}; \quad (47)$$ $(0 \leqslant y \leqslant S_2)$; б) на контуре *4—5* $$h_r = \frac{1}{2} - \frac{1}{\pi} \arcsin \frac{2 \sin\left(\frac{\pi x}{l_2} - \frac{\pi}{2}\right) + \lambda - \delta}{\lambda + \delta}; \quad (48)$$ $(0 \leqslant x \leqslant C_2)$. Обозначения постоянных: $\lambda = \operatorname{ch}\left(\frac{\pi S_2}{l_2}\right); \quad \delta = \sin\left(\frac{\pi C_2}{l_2} - \frac{\pi}{2}\right).$ Удельный расход вычисляют по формулам: а) на границе *5—6*

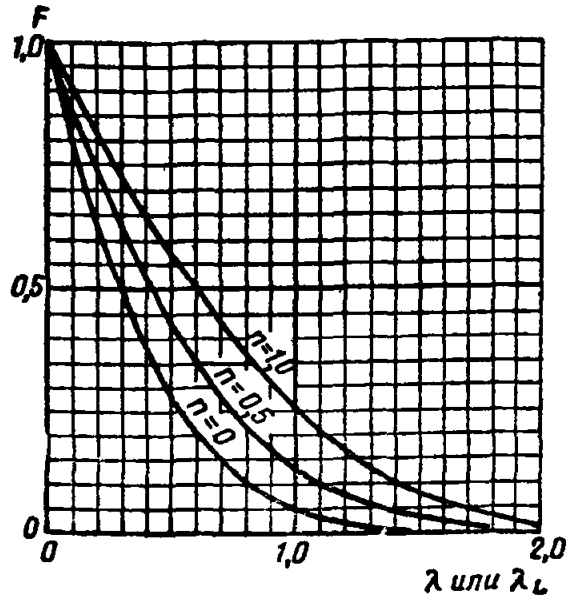
Продолжение

Расчетная схема плотины	Расчетные зависимости
 Схема фрагмента 	$$q = k_т \frac{H_a^2 - H_2^2}{l_2(\lambda + \delta)} \cdot \frac{\cos\left(\frac{\pi x}{l_2} - \frac{\pi}{2}\right)}{\sqrt{\left[\frac{2\sin\left(\frac{\pi x}{l_2} - \frac{\pi}{2}\right) + \lambda - \delta}{\lambda + \delta}\right]^2 - 1}}, \quad (49)$$ где $C_2 \leqslant x \leqslant l_2$; б) на границе *6—7* $$q = k_т \frac{H_a^2 - H_2^2}{l_2(\lambda + \delta)} \cdot \frac{\operatorname{sh}\left(\frac{\pi y}{l_2}\right)}{\sqrt{\left[\frac{2\operatorname{ch}\left(\frac{\pi y}{l_2}\right) + \lambda + \delta}{\lambda + \delta}\right]^2 - 1}}, \quad (50)$$ где $0 \leqslant y \leqslant +\infty$.
19. Схема фильтрации за устоем при сопряжении водосливной плотины с пойменной земляной плотиной 	Глубину потока в точке *а* вычисляют по формуле (45), в которой Q_{r1} определяют по графику схемы 18, а Q_{r2} — по формуле $$Q_{r2} = \frac{2}{\pi} \operatorname{arch} \sqrt{\frac{y^2 - S_2^2}{l_2^2 - S_2^2}}. \quad (51)$$ Глубину потока на контуре *а—4—5* определяют по (46) с подстановкой h_r, вычисленной по зависимости: а) на контуре *а—4* $$h_r = \frac{2}{\pi} \arccos \sqrt{\frac{S_2^2 - y^2}{S_2^2 + l_2^2}}, \quad (52)$$ где $0 \leqslant y \leqslant S_2$; б) на контуре *4—5* $$h_r = \frac{2}{\pi} \arccos \sqrt{\frac{S_2^2 + x^2}{S_2^2 + l_2^2}}, \quad (53)$$ где $0 \leqslant x \leqslant l_2$. Удельный расход на границе *5—6* вычисляют по формуле $$q = k_т \frac{H_a^2 - H_2^2}{\pi} \cdot \frac{S_2 x}{\sqrt{(x^2 + S_2^2)(x^2 - l_2^2)}}, \quad (54)$$ где $l_2 \leqslant x \leqslant +\infty$.

Продолжение

Расчетная схема плотины	Расчетные зависимости
20. Схема расчета при снижении уровня верхнего бьефа	





При снижении уровня воды в *В.Б.* положение депрессионной поверхности устанавливают в два этапа:
в начальный момент $t = 0$

$$h_0 = \sqrt{h_1^2 - (h_{1.0}^2 - h_{2.0}^2)\,\frac{x}{L}}\,, \qquad (55)$$

где x отсчитывают от сечения I—I, причем

$$m_1' = \frac{m_1^2}{m_1 + 0{,}5}\,. \qquad (56)$$

По прошествии времени t

$$h_t = \sqrt{h_0^2 - vt\left(h_{1.0} + h_1 + \frac{m_1'\left(h_{1.0}^2 - h_{2.0}^2\right)}{L}\right) \times \left[F(\lambda,\ n) - \frac{x + m_1' v \cdot t}{L + m_1' v \cdot t}\ F(\lambda_L h)\right]}\,, \qquad (57)$$

где $h = h_{1.0} - vt$; v — средняя скорость снижения уровня воды в *В.Б.*;

$$n = \frac{m_1' vt}{2\sqrt{a\,t}}\,; \quad \lambda = n - \frac{x}{2\sqrt{a\,t}}\,;$$

$$\lambda_L = h + \frac{L}{2\sqrt{a\,t}}\,; \quad a = \frac{k_т\,(h_{1.0} + h_1)}{2\,\mu}\,;$$

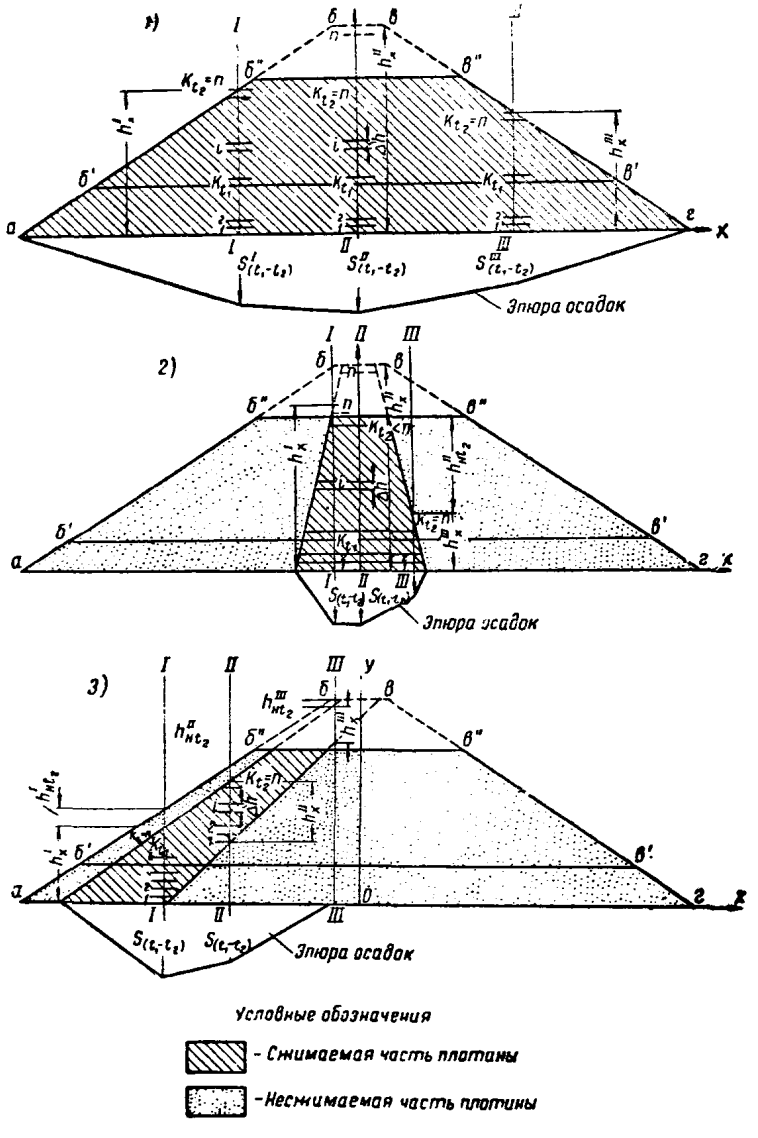
μ — коэффициент водоотдачи;
$F(\lambda,\ n)$ и $F(\lambda_L,\ n)$ — функции, график которых представлен на схеме.

$x > 0$, если сечение II—II лежит правее сечения I—I.

Расчет для плотин с наслонным или внутренним дренажем выполняют аналогично.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Примерные схемы для расчета осадок земляных плотин:
1) однородной; 2) с ядром; 3) с экраном



абвг — полный проектный профиль плотины;

аб′в′г — профиль плотины в момент времени t_1;

аб″в″г —то же, в момент времени t_2;

$1, 2, \ldots, k_t, \ldots, i, \ldots, n$ — номера элементарных слоев;

h_x^{I}; h_x^{II}; h_x^{III} — мощности сжимаемых слоев по соответствующим расчетным вертикалям;

$h_{нt_2}^{I}$; $h_{нt_2}^{II}$; $h_{нt_2}^{III}$ — мощности несжимаемых слоев по соответствующим расчетным вертикалям к моменту времени t_2;

$S_{(t_1-t_2)}^{I}$; $S_{(t_1-t_2)}^{II}$; $S_{(t_1-t_2)}^{III}$ — осадки тела плотины по соответствующим расчетным вертикалям за период времени от t_1 до t_2.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Часть II, раздел И, глава 4

1. Общие положения 3
Типы земляных насыпных плотин . . . . —
2. Выбор створа и типа плотины 5
3. Требования к основаниям плотин 6
4. Выбор грунтов для тела плотины . . . . . —
5. Расчетные характеристики грунтов 7
6. Степень уплотнения грунтов тела плотины . . 8
7. Очертания откосов . . . . . —
8. Гребень плотины 9
9. Крепления откосов 10
Общие положения . . . . . —
Крепления верхового откоса . . . . . —
Крепления низового откоса 12
Подготовка под крепление . . . . . —
10. Противофильтрационные устройства 13
11. Дренажные устройства 14
12. Обратные фильтры 17
13. Сопряжение тела плотины с основанием, берегами и бетонными сооружениями 18
14. Расчет плотины на фильтрацию 19
15. Расчет фильтрационной устойчивости грунтов 20
16. Расчет порового давления в основании и теле плотины при незавершенной консолидации . —
17. Расчеты устойчивости откосов, экрана и защитного слоя 21
18. Расчеты плотины на осадку 22
19. Натурные исследования и размещение контрольно-измерительной аппаратуры 23
Приложение 1. Осредненные значения (нормативные) удельных весов грунтов 25
Осредненные значения (нормативные) характеристик φ и c песчаных и глинистых грунтов . . . . . —
Осредненные значения (нормативные) коэффициентов фильтрации грунтов 26
Приложение 2. График начальной размывающей волновой скорости для песчаных грунтов . . . . . —
Приложение 3. Фильтрационные расчеты плотин . . . . . —
Приложение 4. Примерные схемы для расчета осадок земляных плотин 36

Часть II, раздел И, глава 5

1. Общие положения 39
2. Типы земляных намывных плотин . . . . —
3. Выбор типа и конструкции плотины . . . 40
4. Основные требования к проектированию земляных намывных плотин . . . . . —
5. Требования к грунтам тела плотины 41
6. Очертание откосов . . . . . —
7. Раскладка частиц грунта при намыве . . 42
8. Расчетные характеристики грунтов . . . 43
9. Противофильтрационные устройства . . . . —
10. Проектирование пологих откосов . . . . —
11. Расчет устойчивости откосов 44
12. Расчет осадки плотин 45
Приложение 1. Приближенный метод определения раскладки частиц грунта при намыве 46
Приложение 2. Осредненные значения (нормативные) расчетных характеристик грунтов —
Осредненные значения коэффициентов фильтрации песков . . . . . —

Часть II, раздел И, глава 6

1. Общие положения 49
Типы каменнонабросных плотин . . . . . —
2. Выбор створа плотины и ее компоновка в составе гидроузла 50
3. Выбор типа плотины 51
4. Требования к основаниям плотин 52
5. Требования к камню и к каменной наброске . —
6. Гребень и откосы плотины 53
7. Противофильтрационные устройства 54
8. Сопряжение тела плотины с основанием, берегами и бетонными сооружениями . . . 56
9. Определение деформаций плотины 57
10. Натурные исследования и размещение контрольно-измерительной аппаратуры . . . . —

Госстройиздат
Москва, Третьяковский проезд, д. 1

* * *

Редактор издательства *В. В. Петрова*
Технический редактор *З. С. Мочалина*

Сдано в набор 18/I—1963 г. Подписано к печати 26/III—1963 г. Бумага 84×108¹/₁₆ 1,88 бум. л. — 6,15 условн печ. л. (5,6 уч.-изд. л.). Тираж 25.000 экз. Изд. № XII-7633. Зак. № 67
Цена 28 коп.

Типография № 4 Госстройиздата, г. Подольск, ул. Кирова, д. 25.

gost.e-ecolog.ru