ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
(ГОССТРОЙ СССР)

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА

Часть II

НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Глава 53

ПЛОТИНЫ ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

СНиП II-53-73



Москва—1974

gost.e-ecolog.ru

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
(ГОССТРОЙ СССР)

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА

Часть II

НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Глава 53

ПЛОТИНЫ ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

СНиП II-53-73

Утверждены
Государственным комитетом Совета Министров СССР
по делам строительства
20 марта 1973 г.

МОСКВА
СТРОЙИЗДАТ
1974

УДК 69(083.75)+627.824.04

Глава СНиП II-53-73 «Плотины из грунтовых материалов» разработана институтами ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева и Гидропроект им. С. Я. Жука Минэнерго СССР с участием треста Гидромеханизация Минэнерго СССР и его проектной конторы Гидромехпроект. При составлении главы СНиП использованы материалы ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР, В/О Союзводпроект Минводхоза СССР, МИСИ им. В. В. Куйбышева Минвуза СССР и других организаций.

С введением в действие настоящей главы СНиП с 1 января 1974 г. утрачивают силу главы СНиП (издания 1963 и 1964 гг.):

II-И.4-62* «Плотины земляные насыпные. Нормы проектирования»;

II-И.5-62* «Плотины земляные намывные. Нормы проектирования»;

II-И.6-62 «Плотины каменнонабросные. Нормы проектирования».

Редакторы — *инж.* Е. А. ТРОИЦКИЙ (Госстрой СССР), *д-р техн. наук, проф.* П. Д. ЕВДОКИМОВ, *инж.* М. П. ПАВЧИЧ (ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева Минэнерго СССР), *инж.* В. М. ДЕГТЯРЕВ, канд. техн. наук С. Н. МОИСЕЕВ (институт Гидропроект им. С. Я. Жука Минэнерго СССР).

© Стройиздат, 1974

С $\frac{30213\text{-}528}{047(01)\text{-}74}$ инструкт-нормат., III вып. 1/2—73

Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства (Госстрой СССР)	Строительные нормы и правила	СНиП II-53-73
	Плотины из грунтовых материалов	Взамен глав СНиП: II-И.4-62* II-И.5-62* II-И.6-62

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие нормы распространяются на проектирование глухих плотин (или напорных дамб) из грунтовых материалов (земляных насыпных и намывных, каменно-земляных и каменнонабросных), входящих в состав сооружений различной области строительства (гидроэнергетического и водно-транспортного, мелиоративных систем, систем водоснабжения, рыборазведения, борьбы с наводнениями).

Примечания: 1. При проектировании плотин, предназначенных для строительства в сейсмических районах, в Северной строительно-климатической зоне, на просадочных, набухающих и вечномерзлых грунтах, а также на площадках, подверженных оползням, селям и карстам, надлежит учитывать дополнительные требования, предъявляемые к строительству сооружений в указанных условиях, руководствуясь при этом соответствующими нормативными документами, утвержденными или согласованными с Госстроем СССР.

2. Классы плотин устанавливаются в соответствии с главой СНиП по основным положениям проектирования речных гидротехнических сооружений.

1.2. Инженерные изыскания (в том числе инженерно-геодезические, инженерно-геологические, инженерно-гидрометеорологические), необходимые для проектирования и строительства плотин из грунтовых материалов, должны производиться в соответствии с требованиями главы СНиП по инженерным изысканиям для строительства, нормативных документов по определению расчетных гидрологических характеристик и дополнительных данных, содержащихся в задании на проектирование, учитывающими конкретные условия проектируемого объекта.

1.3. В зависимости от материала тела плотин и их противофильтрационных устройств, а также способов возведения плотины подразделяются на следующие типы (табл. 1).

1.4. 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 прочих равных условиях следует, как правило, отдавать предпочтение створу плотины в наиболее узкой части долины реки, сложенной скальными породами.

При этом следует учитывать:

а) необходимость расположения водопропускных и рыбопропускных сооружений таким образом, чтобы исключить возможность опасных размывов берегов и подмыва плотин при сбросе воды в нижний бьеф;

б) возможность пропуска воды через створ плотины в период ее строительства, а также возможность прокладки по плотине и на подходах к ней дорог различного назначения как в период строительства, так и в период эксплуатации;

в) включение наброски (банкета), необходимой для перекрытия русла реки в период строительства гидроузла, в тело плотины;

г) режимы расходов и уровней водотока, а также условия пропуска льда, леса, судов и другие специальные требования, предъявляемые к проектируемому объекту.

Внесены Министерством энергетики и электрификации СССР	Утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 20 марта 1973 г.	Срок введения 1 января 1974 г.

Таблица 1

Типы плотин из грунтовых материалов

Типы плотин	Материалы		Способы возведения плотин
	тела плотин	противофильтрационных устройств	
1. Земляные насыпные	Песчаные, крупнообломочные или глинистые	Глинистые грунты, мелкозернистые пески, негрунтовые материалы, а также торф	Отсыпкой грунтов насухо с последующим уплотнением механическими средствами или отсыпкой в воду
2. Земляные намывные	То же	Глинистые грунты, мелкозернистые пески или негрунтовые материалы	Намывом грунтов средствами гидромеханизации
3. Каменно-земляные	Камень и крупнообломочные грунты	Глинистые грунты, мелкозернистые пески, негрунтовые материалы, а также торф	Отсыпкой грунтов и камня. Грунт отсыпается насухо с последующим уплотнением механическими средствами или отсыпкой в воду
4. Каменнонабросные	Камень	Негрунтовые материалы (бетон, железобетон, асфальтобетон, синтетические пленки и др.)	Отсыпка камня без уплотнения или с уплотнением гидравлическими или механическими средствами

1.5. Тип плотины (см. табл. 1) 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, сроков ввода сооружения в эксплуатацию и условий эксплуатации плотины.

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

Примечание. Для возведения плотины из грунтовых материалов прежде всего надлежит предусматривать использование грунта и камня, получаемых из полезных выемок.

1.6. Плотины из грунтовых материалов допускается возводить как на скальных, так и нескальных грунтах основания.

Примечания: 1. Возведение плотин на нескальных грунтах основания, содержащих водорастворимые включения в количестве, большем, чем указано в п. 2.3, допускается только при наличии соответствующего обоснования; при этом могут предусматриваться различные конструктивные меры для предотвращения выщелачивания грунтов основания (например, устройство понуров, зубьев, завес и др.).

2. Строительство плотин из грунтовых материалов на торфяном (заторфованном) основании, как правило, допускается при высоте плотин до 20 *м* при степени разложения торфа не менее 50%. Плотины большей высоты в указанных условиях, а также плотины на илистых грунтах основания допускается возводить только при наличии надлежащего обоснования.

1.7. К нескальным грунтам основания, как правило, предъявляются требования, аналогичные предъявляемым к грунтам тела земляных плотин. При оценке качества грунтов нескального основания надлежит обращать особое внимание на наличие в нем:

а) суффозионных грунтов;

б) грунтов, в которых при возведении плотины может развиваться избыточное поровое давление в связи с их консолидацией.

1.8. При оценке качества скального основания надлежит обращать особое внимание на наличие в нем:

а) трещин, заполненных легко вымываемыми мелкими фракциями грунта;

б) тектонических нарушений (сбросов и сдвигов);

в) ослабленных зон, которые могут оказаться неустойчивыми и разрушаться при насыщении их водой.

1.9. В проектах плотин I, II и III классов

необходимо предусматривать установку контрольно-измерительной аппаратуры для проведения натурных наблюдений за работой сооружения как в процессе строительства, так и в период его эксплуатации: для оценки надежности объекта, своевременного выявления дефектов, назначения ремонтных мероприятий, предотвращения аварий и улучшения условий эксплуатации. Наблюдениями должны быть определены:

а) вертикальные (осадки) и горизонтальные смещения тела плотины;

б) поровое давление в глинистых элементах тела плотины и основания;

в) напряжения в теле плотины и основания;

г) качество работы дренажа и противофильтрационных устройств;

д) положение депрессионной поверхности в теле плотины и берегах;

е) расход воды, фильтрующейся через плотину и ее основание, а также в берегах и местах примыкания плотины к бетонным сооружениям;

ж) мутность и температура профильтровавшейся воды и ее химический состав;

з) сейсмические колебания.

При соответствующем обосновании могут предусматриваться дополнительные натурные наблюдения. Для плотин II и III классов высотой менее 30 *м* натурные наблюдения следует ограничивать только наблюдениями за осадкой плотины, расходами воды, фильтрующейся через плотину и ее основание, положением депрессионной поверхности в теле плотин и берегах и за поровым давлением в теле плотины и основания.

1.10. Выбор конструкций и назначение количества контрольно-измерительной аппаратуры, а также ее размещение должны производиться в зависимости от класса плотины, ее конструкции, геологических и гидрогеологических условий, а также от условий возведения плотины и ее эксплуатации.

1.11. Основные расчеты, относящиеся к проектированию плотин из грунтовых материалов, следует выполнять в соответствии с требованиями раздела 5 настоящей главы.

1.12. При выборе методов производства работ по возведению плотин следует учитывать требования главы СНиП по правилам производства и приемки работ земляных сооружений.

Расчетные характеристики грунтов

1.13. При проектировании плотин из грунтовых материалов необходимо принимать следующие основные характеристики грунтов:

а) зерновой состав грунтов;

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

в) удельный вес частиц грунта $\gamma_ч$;

г) объемный вес скелета грунта $\gamma_{ск}$ ($\gamma_{ск.п}$ — в плотном и $\gamma_{ск.р}$ в рыхлом состоянии);

д) влажность грунтов W;

е) коэффициент фильтрации $k_ф$;

ж) угол внутреннего трения φ;

з) удельное сцепление C (при сдвиге $C_с$ и при разрыве $C_р$) для глинистых грунтов;

и) коэффициент уплотнения a;

к) показатели фильтрационной прочности грунтов (критические градиенты: выпора взвешивания $I_к^в$, суффозии $I_к^с$ и контактного размыва $I_к^{к.р}$).

Кроме того, необходимо определять содержание в грунтах водорастворимых солей, а также органических примесей и степень их разложения. Для камня и крупнообломочных грунтов следует определять водопоглощение и морозостойкость.

1.14. При проектировании плотин I и II классов дополнительно к характеристикам грунтов, указанным в п. 1.13, следует определять:

а) временное сопротивление грунтов сжатию, коэффициент размягчения исходной горной породы для камня и крупнообломочных грунтов;

б) набухание, усадку и просадочность для глинистых грунтов.

1.15. Характеристики грунтов тела и основания плотин из грунтовых материалов следует устанавливать по материалам инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, а плотин, проектируемых из искусственных смесей грунтов,— путем проведения специальных исследований и опытных работ.

1.16. Характеристики грунтов следует устанавливать путем статистической обработки опытных данных, руководствуясь требованиями главы СНиП по проектированию оснований гидротехнических сооружений. Расчетное значение объемного веса скелета грунта ($\gamma_{ск}$) следует принимать для плотин I класса 90%, II класса 70%, III и IV классов 50% обеспеченности.

1.17. Характеристики грунтов для возведения намывных плотин следует устанавливать по результатам изысканий карьеров проектируемой плотины и по аналогам с плотинами, возведенными из карьерных грунтов, по зерновому составу и форме частиц, близких к грунтам проектируемого сооружения.

Опытный намыв следует предусматривать при проектировании плотин I класса, а для плотин II—IV классов — только при специальном обосновании.

Примечание. В процессе возведения намывных плотин необходимо определять характеристики намываемых грунтов с целью уточнения их расчетных величин и внесения (в случае отклонения от первоначально принятых характеристик грунтов) уточнений в выполненные расчеты плотин.

1.18. На предварительных стадиях проектирования надводных частей намывных плотин из песчаных и гравийных (щебенистых) грунтов расчетные физико-механические характеристики намываемого грунта предварительно назначаются по данным табл. 2 с последующей корректировкой по фактическим показателям. Объемный вес скелета грунта, в случае его намыва под воду, следует принимать как среднеарифметическое значение объемного веса грунта по табл. 2 и объемного веса скелета принимаемого грунта в предельно рыхлом состоянии.

Таблица 2

Расчетные значения физико-механических характеристик намываемых песчаных и гравийных грунтов

Грунт	Объемный вес скелета грунта $\gamma_{ск}$, $т/м^3$	Угол внутреннего трения φ, *град*	Коэффициент фильтрации $k_ф$, *м/сут*
Песок пылеватый	1,40—1,50	24—28	0,5—5
» мелкий и средний	1,45—1,60	29—34	5—30
» крупный	1,55—1,65	30—34	15—35
» гравелистый	1,60—1,75	32—35	20—50
Гравийный (щебенистый) грунт с содержанием песчаных фракций менее 30%	1,70—1,90	35—40	Более 50

Примечания: 1. Таблица 2 составлена для грунта с удельным весом 2,65—2,70 $т/м^3$.

2. Бо́льшие из указанных величин объемного веса скелета грунта относятся к материалу с частицами окатанной формы, меньшие — к грунту с неокатанными остроугранными зернами.

3. Бо́льшие величины угла внутреннего трения и коэффициента фильтрации относятся к грунтам, имеющим остроугранные зерна, меньшие — к грунтам с частицами окатанной формы.

1.19. Для неоднородных земляных намывных плотин (п. 3.1) физико-механические характеристики намытого грунта следует принимать раздельно для каждой зоны, выделенной в профиле плотины.

1.20. Плотность грунта в теле плотины выражают величиной его объемного веса скелета $\gamma_{ск}$, а наброски из камня — величиной пористости n.

1.21. Плотность, до которой надлежит доводить грунты земляных насыпных, каменно-земляных и каменнонабросных плотин, следует назначать с учетом:

а) характера материала и расположения его в теле плотины;

б) способа отсыпки материала и интенсивности возведения плотины;

в) технико-экономических показателей, зависящих от методов и степени уплотнения грунтов.

1.22. Для земляных насыпных, каменно-земляных и каменнонабросных плотин I и II классов следует, как правило, предусматривать опытную отсыпку и укатку грунтов на моделях крупного масштаба, возводимых в профильных объемах проектируемого сооружения, для проверки расчетных характеристик грунтов в теле плотины и назначенной степени уплотнения.

Объемный вес каменной наброски каменно-земляных и каменнонабросных плотин III и IV классов разрешается ориентировочно назначать из условий пористости наброски, принимаемой для плотин, возводимых:

отсыпкой камня слоями толщиной до 2,5 $м$ — $n = 0{,}20 \div 0{,}25$;

наброской камня ярусами толщиной более 10 $м$ — $n = 0{,}35 \div 0{,}40$.

Меньшие значения n следует принимать для разнозернистых грунтов.

1.23. При назначении плотности глинистых грунтов в однородных земляных насыпных плотинах любой высоты и плотинах с верховой водонепроницаемой призмой, а также в плотинах с ядром из глинистого грунта допускается предусматривать переменную по высоте плотины плотность применяемого грунта, учитывая при этом его компрессионные свойства.

2. ЗЕМЛЯНЫЕ НАСЫПНЫЕ ПЛОТИНЫ

2.1. Земляные насыпные плотины по конструкции тела плотин, их противофильтрационным устройствам и способам возведения под-

разделяются на следующие основные виды (табл. 3).

Таблица 3

Виды земляных насыпных плотин

Отличительные признаки плотин	Виды плотин
1. По конструкции тела плотины (рис. 1)	а) Из однородного грунта б) Из неоднородного грунта в) С экраном из негрунтовых материалов г) С экраном из грунта д) С ядром е) С диафрагмой (стенкой, шпунтом)
2. По конструкции противофильтрационных устройств в основании плотины (рис. 2)	а) С понуром б) С зубом в) С инъекционной завесой г) С диафрагмой (стенкой, шпунтом)
3. По способу возведения плотины	а) С механическим уплотнением грунта б) Без механического уплотнения грунта (с отсыпкой пионерным способом насухо или с отсыпкой в воду)

Примечание. Указанные на рис. 2 конструкции противофильтрационных устройств в основании плотин могут быть использованы для различных видов земляных насыпных плотин, приведенных на рис. 1.

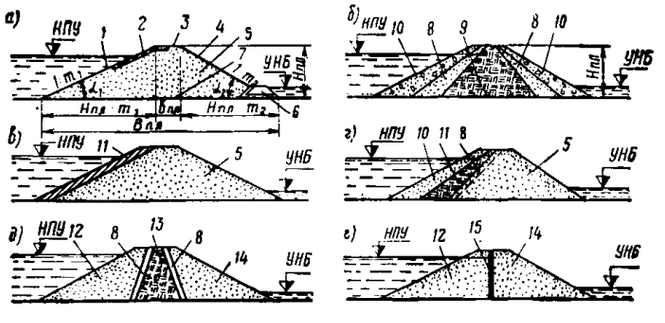


Рис. 1. Виды земляных насыпных плотин (по конструкции тела плотины)

а — из однородного грунта; *б* — из неоднородного грунта; *в* — с экраном из негрунтовых материалов; *г* — с экраном из грунта, *д* — с ядром; *е* — с диафрагмой (стенкой, шпунтом); *1* — верховой откос; *2* — крепление откоса, *3* — гребень; *4* — низовой откос; *5* — тело плотины; *6* — дренажный банкет; *7* — подошва, *8* — переходные зоны; *9* — центральная призма; *10* — защитный слой; *11* — экран; *12* — верховая призма; *13* — ядро; *14* — низовая призма; *15* — диафрагма; $H_{пл} m_1$ — заложение верхового откоса; $H_{пл} m_2$ — заложение низового откоса; $b_{пл}$ — ширина плотины по гребню; $B_{пл}$ — то же, понизу; $H_{пл}$ — высота плотины; $m_1 = \operatorname{ctg} \alpha_1$; $m_2 = \operatorname{ctg} \alpha_2$

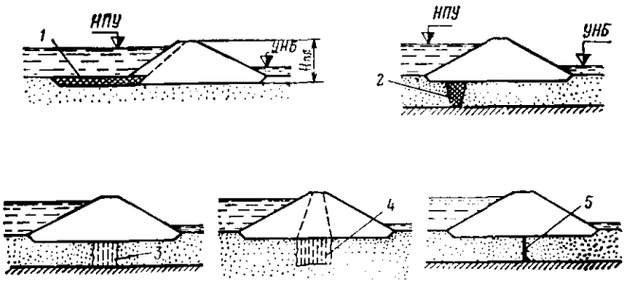


Рис. 2. Конструкции противофильтрационных устройств в основании

1 — понур; *2* — зуб; *3* — инъекционная завеса; *4* — то же, висячая; *5* — диафрагма (стенка, шпунт)

2.2 При проектировании земляных насыпных плотин наряду с указаниями раздела 1 необходимо учитывать следующее:

а) при наличии нескального основания следует отдавать предпочтение плотинам из однородного грунта, плотинам с ядром или с грунтовым экраном; не рекомендуется применение плотин с экраном или диафрагмой из негрунтовых жестких материалов;

б) при возведении плотин в две или несколько очередей следует отдавать предпочтение вариантам плотин из однородного грунта с экраном (или водонепроницаемой верховой призмой).

Требования к материалам

2.3. Для тела земляных насыпных плотин допускается предусматривать все виды грунтов, за исключением:

а) грунтов, содержащих водорастворимые включения солей хлоридных или сульфатохлоридных в количестве более 5% или солей сульфатных более 2% по весу;

б) грунтов, содержащих неполностью разложившиеся органические вещества (остатки растений) в количестве по весу более 5% или полностью разложившиеся органические вещества, находящиеся в аморфном состоянии, в количестве по весу более 8%.

Примечание. Указанные в подпунктах «а» и «б» грунты могут применяться для тела плотины при наличии соответствующего обоснования и при условии проведения необходимых защитных инженерных мероприятий.

2.4. Выбор материалов для тела плотин, в том числе противофильтрационных устройств и дренажей, должен быть обоснован данными соответствующих исследований грунта и камня и удовлетворять требованиям нормативных документов, утвержденных или согласованных Госстроем СССР.

2.5. Для образования грунтовых противофильтрационных устройств (экранов, ядер, понуров, зубьев) следует применять маловодопроницаемые грунты (преимущественно глинистые) с коэффициентом фильтрации $k_ф \leqslant 10^{-4}$ *см/сек*.

При выборе этих грунтов надлежит учитывать следующее:

а) наиболее пригодными грунтами для образования противофильтрационных устройств являются глинистые грунты, имеющие естественную влажность, равную или бо́льшую влажности на границе раскатывания, но меньшую влажности на границе текучести;

б) для экранов и понуров плотин III и IV классов высотой до 20 *м* допускается применять торф, имеющий степень разложения 50% и более;

в) для образования противофильтрационных устройств допускается применять искусственную грунтовую смесь, содержащую глинистые, песчаные и крупнообломочные грунты. Состав грунтовой смеси должен определяться по результатам соответствующих исследований и проверки ее в производственных условиях на опытных отсыпках на основе технико-экономического сравнения вариантов.

2.6. Для обратных фильтров, дренажей, переходных зон и крепления откосов допускается применять песчаные и крупнообломочные грунты, а также каменную наброску, которая должна обладать достаточной прочностью и морозостойкостью и не содержать водорастворимых включений.

2.7. Использование песчаных грунтов (мелкозернистых, средней крупности и крупных) допускается для однородных плотин, если обеспечивается фильтрационная устойчивость грунтов плотины, а величина фильтрационного расхода воды через тело плотины будет допустимой по результатам водохозяйственных технико-экономических расчетов.

2.8. Песчаные и крупнообломочные грунты допускается применять без ограничений для низовых частей профиля всех земляных насыпных плотин при соответствующем сопряжении низовой части плотины с основным профилем.

Очертание откосов и гребень плотин

2.9. Уклон откосов плотин надлежит назначать исходя из условия устойчивости с учетом:

а) физико-механических характеристик грунтов, из которых сложены откосы плотин и грунтов основания;

б) действующих на откосы сил (дополнительно к силам от собственного веса): фильтрационных взвешивающих от воды, капиллярного давления, сейсмических, динамических, различного рода нагрузок, действующих на гребень, и др.;

в) высоты плотины;

г) условий производства работ по возведению плотины и ее эксплуатации.

Примечания: 1. При предварительном назначении заложения откосов допускается пользоваться аналогичными данными построенных сооружений с последующей проверкой расчета устойчивости откосов.

2. При наличии на верховом откосе плотины экрана, образованного материалом, имеющим более низкие значения φ и c по сравнению с соответствующими характеристиками грунтов основного тела плотины, заложение верхового откоса следует назначать с учетом не только возможности обрушения откоса в целом, но и сдвига экрана по поверхности откоса, а также сдвига защитного слоя на поверхности экрана.

2.10. На откосах плотин следует предусматривать устройство берм, определяя их количество в зависимости от высоты плотины, условий производства работ, типов крепления откоса и его общей устойчивости.

Бермы следует предусматривать на верховом откосе в конце крепления для создания необходимого упора, на низовом откосе — для служебных проездов, сбора и отвода атмосферных вод.

Устройство берм не должно вести к общему уположению откоса против определенного по расчету.

2.11. Ширину гребня плотины следует устанавливать в зависимости от условий производства работ и эксплуатации (использование гребня для проезда, прохода и других целей), но не менее 3 *м*.

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

2.12. Отметку гребня плотин следует назначать с учетом возвышения его над расчетным уровнем воды.

Возвышение гребня плотин h_2 определяют по двум расчетным случаям уровня воды в верхнем бьефе:

1) нормальному подпорному уровню (НПУ);

2) форсированному подпорному уровню (ФПУ) расчетной обеспеченности.

Возвышение гребня определяется с учетом ветрового нагона воды Δh и высоты наката ветровых волн $h_н$ расчетных обеспеченностей, необходимого запаса a по высоте сооружения по формуле

$$h_2 = \Delta h + h_н + a. \quad (1)$$

Отметку гребня плотины следует назначать по менее благоприятному расчетному случаю.

Высоту наката ветровых волн и высоту ветрового нагона расчетных обеспеченностей определяют по нормативным документам по проектированию гидротехнических сооружений, подверженных волновым воздействиям.

2.13. Если расчетный максимальный расход воды пропускается при сниженном уровне воды у плотины, расчет следует производить в соответствии с п. 2.12 только по первому расчетному случаю.

2.14. Запас по высоте плотины (см. п. 2.12) независимо от ее класса следует учитывать для всех плотин, разрушение которых может вызвать последствия катастрофического характера. Запас должен приниматься не менее 0,5 *м*.

Примечание. В случаях, когда величина ветрового нагона воды 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 ее класса не менее 0,5 *м*.

2.15. При наличии на гребне плотины водонепроницаемого, прочного и устойчивого парапета возвышение его верха следует определять по п. 2.12 как отметку гребня плотины. При этом возвышение гребня плотины независимо от ее класса над нормальным подпорным 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.

2.16. При расположении на гребне плотины дороги и при отсутствии парапета со стороны верхнего бьефа должны быть устроены надолбы или другие ограждающие устройства в соответствии с нормами проектирования автомобильных дорог.

2.17. В случае, если гребень плотины сложен из глинистых грунтов, следует предусматривать покрытие его защитным слоем из песчаного или гравийного (щебенистого) грунта. Толщину защитного слоя, включая толщину покрытия, следует назначать в соответствии с нормами проектирования оснований зданий и сооружений не менее глубины сезонного промерзания грунта в данном районе.

Крепления откосов

2.18. Откосы земляных насыпных плотин должны быть защищены специальными креплениями, рассчитанными на воздействие волн, льда, течений воды, атмосферных осадков и прочих климатических и других разрушающих откос факторов (проникновение землеройных животных, пучение глинистого грунта в зимний период и др.).

2.19. Для защиты верхового откоса допускается предусматривать следующие виды креплений (по основному виду используемых материалов):

а) каменные (насыпные);

б) бетонные монолитные, железобетонные сборные и монолитные с обычной и предварительно-напряженной арматурой;

в) асфальтобетонные;

г) биологические.

Допускается при наличии данных, обоснованных исследованиями или опытом строительства и эксплуатации, применять и другие виды облегченных креплений верховых откосов, например гравийно-галечниковые, грунто-цементные и др.

2.20. Вид крепления следует устанавливать исходя из технико-экономической оценки вариантов с учетом максимального использования средств механизации и местных материалов, характера грунта тела плотин, агрессивности воды и долговечности крепления в условиях эксплуатации.

2.21. Крепление верхового откоса плотины делится на основное, располагаемое в зоне максимальных волновых и ледовых воздействий, возникающих в эксплуатационный период, и на облегченное — ниже и выше основного крепления, вплоть до гребня плотины.

2.22. Верхней границей основного крепления, как правило, следует считать отметку гребня плотины.

В случае значительного возвышения гребня над расчетным уровнем воды основное крепление следует заканчивать ниже гребня на отметке высоты наката $h_н$; далее до гребня доводится облегченное крепление.

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

При этом нижняя граница основного крепления должна быть ниже подводной кромки ледяного покрова при его расчетной толщине и минимальном уровне сработки водохранилища на величину, равную половине толщины ледяного покрова.

Нижнюю границу облегченного крепления определяют глубиной водохранилища, на которой значение волновых скоростей не превышает скоростей трогания частиц для данного грунта откоса.

В случае устройства крепления дна перед сооружением облегченное крепление откоса плотины должно быть надежно сопряжено с ним.

2.23. При назначении нижних границ основного и облегченного крепления следует учитывать воздействие воды на откос плотины и ледовый режим водоема в период наполнения водохранилища.

2.24. При сопряжении основного и облегченного крепления необходимо предусматривать конструктивные меры в виде упора из камня или бетона. Размеры упора следует назначать в зависимости от заложения и высоты откоса, а также коэффициента трения покрытия в месте контакта упора с материалом откоса, учитывающим возвышение покрытия в условиях волновых воздействий.

2.25. Для крепления откосов каменной наброской следует применять, как правило, несортированный камень. Допускается при надлежащем обосновании применение сортированного камня.

2.26. Необходимые вес и размеры отдельных камней в наброске крепления откосов, количество камней размерами менее расчетного, а также толщину наброски следует определять расчетом в соответствии с требованиями нормативных документов по проектированию гидротехнических сооружений, подверженных волновым воздействиям.

Примечание. Для предварительных расчетов толщина каменной наброски из несортированного камня должна быть не менее $3D_ш$, а при наличии сортированного камня — не менее 2,5 $D_ш$, где $D_ш$ — диаметр камня в *м*, приведенный к диаметру шара, который допускается определять по зависимости

$$D_ш = \sqrt[3]{\frac{Q}{0{,}524\,\gamma_к}}, \qquad (2)$$

где Q — расчетный вес отдельного камня в наброске в *т*;

$\gamma_к$ — объемный вес камня в *т/м*³.

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

2.28. Каменные материалы для крепления откосов следует применять из прочных изверженных, осадочных и метаморфических пород, обладающих необходимой прочностью, морозостойкостью и водостойкостью, удовлетворяющих требованиям главы СНиП I-В. 8-62 «Материалы и изделия из природного камня».

2.29. Монолитные железобетонные крепления откосов следует предусматривать, как правило, по откосу плотин в виде секций размером не более 45×45 *м* каждая, разделенными между собой температурно-осадочными швами.

Секции крепления рекомендуется проектировать в виде отдельных участков размером 5×5 *м* и более.

Увеличение длины секций и размеров плит допускается при надлежащем обосновании. В пределах каждой секции армирование должно быть непрерывным.

2.30. Крепление откосов из сборных железобетонных плит допускается предусматривать с замоноличиванием отдельных плит в карты после укладки плит на откос, а при соответствующем обосновании — из незамоноличенных плит с открытыми швами.

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 выпусков рабочей арматуры.

2.31. Толщину монолитных и сборных железобетонных креплений следует определять расчетом в соответствии с требованиями нормативных документов по проектированию гидротехнических сооружений, подверженных волновым воздействиям, и по результатам специальных исследований.

2.32. При пологих откосах плотин и высоте волны не более 1 *м* может быть применено облегченное крепление в виде слоя крупнообломочного грунта, крупность частиц и толщину которого следует определять расчетом.

2.33. Крепление низового откоса следует

предусматривать в случае необходимости защиты его от атмосферных воздействий и разрушения землеройными животными.

2.34. Для крепления низового откоса следует предусматривать одерновку (сплошную или в клетку), посев трав по слою растительной земли толщиной 0,2—0,3 *м*, отсыпку щебня или гравия слоем толщиной 0,2 *м* и другие виды облегченных покрытий.

2.35. Если низовой откос подвержен воздействию льда и волн со стороны нижнего бьефа, то его крепление следует предусматривать таким же, как и верхового откоса, учитывая предусмотренные проектом дренажные устройства и пригрузку.

2.36. Подготовка под крепление откосов (являющаяся во многих случаях обратным фильтром), выполненных в виде каменной наброски, плит с открытыми швами или со сквозными отверстиями и т. п., может состоять из одного слоя разнозернистого материала или двух или трех слоев материала с различными по крупности частицами.

2.37. Выбор материала подготовки, количества слоев и их толщина производится в зависимости от вида грунта откоса, наличия и состава местного материала на основании результатов технико-экономического сравнения вариантов.

2.38. Под подготовкой креплений на откосах из глинистого и мелкозернистого песчаного (или разжижающегося при динамических нагрузках) грунта следует предусматривать песчаную пригрузку, зерновой состав и толщину которой устанавливают на основании данных расчетов и исследований.

2.39. Под крепления из монолитных или сборных железобетонных плит (с уплотненными швами или замоноличенных в карты) на откосах из песчаных или глинистых грунтов следует, как правило, предусматривать однослойную подготовку.

Примечание. При соответствующем обосновании подготовку под монолитные плиты можно не предусматривать. При этом должна быть обеспечена надежная конструкция швов, предотвращающих размыв грунтов откоса.

Противофильтрационные устройства

2.40. Противофильтрационные устройства предназначаются для уменьшения фильтрационного расхода, недопущения опасных фильтрационных деформаций грунта плотины и ее основания, а также для повышения устойчивости низового откоса.

Противофильтрационные устройства следует проектировать из маловодопроницаемых грунтов (глинобетон, глинистые и мелкозернистые песчаные), а также торфа или негрунтовых материалов (бетона, железобетона, полимерных или битумных материалов и др.) в виде экрана, ядра, диафрагмы, понура, зубьев, шпунта, свайно-столбчатых и траншейных шпор, цементационных и других завес.

Примечания: 1. Для противофильтрационных устройств (ядер, экранов, понуров) допускается предусматривать смеси грунтов (глинистых с крупнообломочными или песчаными грунтами), а также дресвяных грунтов несуффозионного состава с коэффициентом фильтрации $k_ф < A \cdot 10^{-3}$ *см/сек*.

2. Торф допускается применять в экраны и понуры плотин только при надлежащем обосновании при степени разложения растительных остатков не менее 50%.

2.41. Виды противофильтрационных устройств следует выбирать в зависимости от типа земляной плотины, характера грунтов тела плотины и основания, наличия на месте необходимых грунтов или негрунтовых материалов для противофильтрационных устройств, высоты плотины, положения водоупора основания и условий производства работ на основании результатов технико-экономического сопоставления вариантов.

2.42. Противофильтрационные устройства в теле плотины надлежит надежно сопрягать с противофильтрационными устройствами в основании плотины, а при отсутствии противофильтрационных устройств в основании — с самим основанием.

Сопряжение ядра, диафрагмы или экрана плотины с ее основанием рекомендуется осуществлять путем врезки их в основание или сопряжения их с верхней частью шпунта, забитого в основание, а также путем устройства инъекционных завес (см. рис. 1 и 2).

2.43. Толщину грунтового экрана или ядра плотины следует увеличивать сверху вниз.

Минимальный размер экрана или ядра поверху назначается из условий производства работ, но не менее 0,8 *м*, а понизу — исходя из того, что градиенты фильтруемого потока, принимаемые для глинобетона, глины и суглинка, были не более $I=10$ (и только при соответствующем обосновании $I=12$) и не менее $I=4$.

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

Гребень грунтового экрана (после окончательной осадки плотины) должен быть не ниже форсированного уровня воды в верхнем бьефе с учетом высоты волны и нагона уровня воды (см. п. 2.12).

Устойчивость на сдвиг защитного слоя по экрану, а также защитного слоя совместно с экраном по грунту тела плотины должна быть проверена расчетом в соответствии с требованиями раздела 5 настоящей главы.

2.44. При глубоком залегании водоупора следует при экране предусматривать устройство понура или завесы, а при ядре — завесы. Понур является продолжением экрана и может выполняться из того же материала, что и экран.

Длину понура следует назначать в зависимости от допустимых фильтрационных расходов, а также по условию недопущения опасных фильтрационных деформаций грунта основания плотины при выходе потока в нижний бьеф.

Толщину понура следует принимать исходя из того, что градиенты фильтрационного потока, возникающие в понуре, должны быть не более $I=10\div 12$. Наименьшую конструктивную толщину понура следует принимать равной не менее 0,5 *м*.

Примечание. В случае, если верховой клин плотины образован крупнозернистым грунтом, то под экраном следует предусматривать переходные слои грунта, укладываемые по принципу обратного фильтра (то же при проектировании понура).

2.45. Ось поперечного сечения ядра следует, как правило, принимать вертикальной; эта ось должна совпадать с осью поперечного сечения плотины.

2.46. При отсутствии на месте строительства плотины глинистых грунтов, пригодных для устройства насыпного ядра, следует предусматривать создание инъекционного ядра плотины путем нагнетания в поровое пространство грунта тела плотины специального уплотняющего материала различных состава и консистенции.

В качестве такого материала рекомендуется применять: при среднем коэффициенте фильтрации грунта $k_ф>0{,}1$ *см/сек* глиноцементный раствор, содержащий по весу не менее 20% цемента; при $k_ф<0{,}1$ *см/сек* глиносиликатный раствор, алюминатно-силикатный раствор, глино-полимерный или полимерный растворы на различных смолах, например акриламидных, и др.

Толщину инъекционного ядра понизу можно принимать не менее $^1/_{10}$ напора на плотину.

Инъекционное ядро должно обладать необходимой фильтрационной прочностью, обеспечивающей его долговечность.

Примечание. Инъекционное ядро позволяет возводить плотину без подготовки основания при строительстве без перемычек при круглогодичном цикле работ, а также в суровых климатических условиях. При этом следует обеспечить надлежащий контроль за монолитностью ядра.

2.47. Асфальтобетонные экраны следует выполнять из гидротехнического асфальтобетона, заданные физико-механические свойства которого устанавливаются путем необходимых исследований. В частности, состав асфальтобетона и марка вяжущего вещества (битума) должны быть подобраны так, чтобы исключалась возможность оплывания экрана при всех возможных температурных режимах.

Толщину асфальтобетонного экрана назначают исходя из условий его прочности на основании расчетов, учитывающих структурно-механические свойства асфальтобетона.

2.48. При использовании в качестве экрана полимерных материалов (например, полиэтиленовые пленки и др.) необходимо обеспечивать защиту пленки от механических воздействий, солнечной радиации и др. Пленки подбирают таким образом, чтобы обеспечить без нарушений их целостности возможность деформации упорных призм. Для экранов плотин следует предусматривать пленки из стабилизированного полиэтилена.

Полиэтиленовые экраны выполняются путем соединения (сварки, склейки и т. п.) полотнищ полиэтиленовой пленки. Максимальная крупность песчаных фракций, подстилающих полиэтиленовую пленку (толщиной 0,3—0,5 *м*) и покрывающих ее (толщиной не менее 0,5 *м*) должна быть не более 6 *мм*.

Грунт указанных слоев, как правило, должен подвергаться специальной обработке, исключающей повреждение пленки грызунами и растениями.

Полиэтиленовые экраны допускается применять для плотин III и IV классов, а также при надлежащем обосновании для более ответственных плотин высотой до 60 *м*.

2.49. Бетонные и железобетонные (сборные и монолитные) диафрагмы следует предусматривать из бетона проектной марки по прочности на сжатие не ниже 200 и марки бетона по водонепроницаемости не ниже В8. Диафрагмы следует разрезать поперечными вертикаль-

лыми и по высоте горизонтальными швами, имеющими соответствующие уплотнения, с учетом возможных температурно-осадочных деформаций.

2.50. Асфальтобетонные диафрагмы следует проектировать из литого, пластичного или уплотняемого мелкозернистого асфальтобетона. Состав асфальтобетона должен подбираться индивидуально с учетом особенностей работы диафрагмы в строительный и эксплуатационный периоды.

Асфальтобетонные диафрагмы следует, как правило, предусматривать:

при отсутствии на месте строительства глинистого грунта;

при ожидаемых высоких деформациях тела плотины (ориентировочно более 1,5—3% высоты плотины);

для районов с повышенной сейсмичностью (более 8 баллов);

для районов, относящихся к Северной строительно-климатической зоне.

Для переходных слоев, примыкающих к диафрагме, следует предусматривать грунты, максимальный размер пор которых не превышает 0,5—0,6 размера наибольших фракций заполнителя асфальтобетона.

По экономическим соображениям и исходя из условий повышения надежности работы диафрагмы, выполненной из литого асфальтобетона, целесообразно предусматривать втапливание в тело диафрагмы сортированного камня в количестве 30—40% ее объема. Максимальный размер камней не должен быть больше 0,3 расчетной толщины диафрагмы.

Размеры асфальтобетонных диафрагм следует назначать по расчету исходя из физико-механических свойств используемых составов асфальтобетона, расчетных температур воздуха и ожидаемых деформаций тела плотины как в период строительства, так и во время эксплуатации. Толщину асфальтобетонных диафрагм можно принимать равной 0,02—0,03 величины действующего напора, но не менее 0,4—0,6 *м*.

2.51. Полиэтиленовые диафрагмы (вертикальные или наклонные) следует проектировать руководствуясь требованиями п. 2.48.

Дренажные устройства

2.52. Устройство дренажа тела земляной плотины следует предусматривать с целью:

а) недопущения выхода фильтрационного потока на низовой откос и в зону, подверженную промерзанию;

б) экономически оправданного снижения депрессионной кривой для повышения устойчивости низового откоса;

в) отвода воды, фильтрующейся через тело и основание плотины, в нижний бьеф;

г) предотвращения возникновения фильтрационных деформаций.

Примечания: 1. Отвод воды, профильтровавшейся через экран, ядро или диафрагму, следует осуществлять отдельным горизонтальным дренажным слоем, соединенным с дренажем низового клина плотины.

2. В высоких плотинах, выполняемых из суглинистого или супесчаного грунта, в целях ускорения консолидации и устранения влияния порового давления может быть предусмотрено устройство горизонтальных или вертикальных дрен в толще низового клина и центральной части тела плотины.

2.53. Дренажные устройства низового клина плотины по своей конструкции подразделяются на следующие виды (рис. 3):

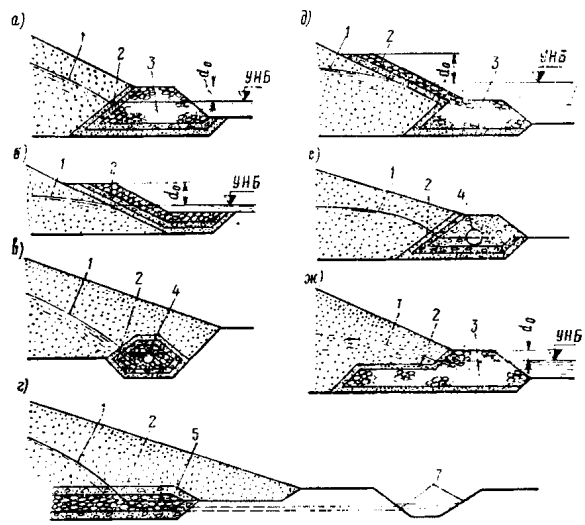


Рис. 3. Схемы основных видов дренажа

а — дренажный банкет; *б* — наслонный дренаж; *в* — трубчатый дренаж; *г* — горизонтальный дренаж; *д, е, ж* — комбинированный тип дренажа; *1* — кривая депрессии; *2* — обратный фильтр; *3* — банкет; *4* — труба; *5* — дренажная лента; *6* — отводящая труба; *7* — отводящая канава

а) дренажный банкет;

б) наслонный дренаж;

в) трубчатый дренаж (вертикальный или горизонтальный);

г) горизонтальный дренаж (в виде сплошного слоя или дренажных «лент»);

д) комбинированный дренаж.

Конструкция дренажа включает в себя обратный фильтр и водоотводящий коллектор. Обратный фильтр следует предусматривать

из песка, гравия или щебня, а также из пористых материалов (пористого бетона и др.). Дренажный коллектор следует проектировать из камня, бетонных, железобетонных, асбестоцементных, гончарных труб и др.

2.54. Дренажный банкет (рис. 3, *а*) следует выполнять, как правило, на русловых участках плотины при ее возведении без перемычек и при перекрытии реки отсыпкой камня в воду.

Превышение гребня дренажного банкета d_0 (при отсутствии наслонного дренажа) над горизонтом нижнего бьефа следует определять положением максимального уровня воды, в нижнем бьефе с запасом на волнение, величина которого устанавливается в соответствии с п. 2.12, но не менее чем 0,5 *м*. Ширина банкета поверху назначается по условиям производства работ, но не менее 1 *м*.

При сопряжении тела плотины с дренажным банкетом должна быть обеспечена фильтрационная прочность в месте сопряжения грунта плотины с грунтом банкета за счет устройства в необходимых случаях обратного фильтра по внутреннему откосу банкета.

При наличии в основании мелкозернистого грунта и больших выходных скоростей фильтрации под дренажным банкетом надлежит предусматривать горизонтальный обратный фильтр. Гребень дренажного банкета рекомендуется покрывать слоем крупнообломочного грунта.

2.55. Наслонный дренаж (рис. 3, *б*) рекомендуется выполнять на участках плотины, перекрывающих затопляемую пойму, и при отсутствии на месте достаточного количества камня.

Толщину наслонного дренажа t следует назначать по условиям производства работ, но не менее величины

$$t = (2{,}5 \div 3) D_{ш} + \delta_{обр.ф}, \qquad (3)$$

где $D_{ш}$ — диаметр камня, принимаемый по п. 2.26;

$\delta_{обр.ф}$ — толщина обратного фильтра.

Превышение гребня наслонного дренажа d_0 (рис. 3, *б* и *д*) над максимальным уровнем нижнего бьефа следует принимать, как и для дренажного банкета (п. 2.54), с учетом высоты выклинивания фильтрационного потока на низовой откос плотины.

2.56. Трубчатый дренаж (рис. 3, *в*) следует применять только на тех участках плотины, где в период ее эксплуатации вода в нижнем бьефе отсутствует.

Трубчатый дренаж следует предусматривать из бетонных или асбестобетонных труб (перфорированных) с заделанными или незаделанными швами, с обсыпным (в необходимых случаях) соответствующим обратным фильтром.

Сечение дренажных труб следует определять гидравлическими расчетами исходя из условий обеспечения безнапорного движения воды в трубах.

По длине трубчатого дренажа через каждые 50—200 *м* необходимо предусматривать смотровые колодцы.

2.57. Горизонтальный дренаж (рис. 3, *г*) следует проектировать в виде сплошного (плоского) дренажного слоя или в виде отдельных горизонтальных поперечных или продольных дренажных лент, выполняемых из крупнозернистого материала и защищаемых обратным фильтром.

2.58. Комбинированный дренаж (см. рис. 3, *д*, *е*, *ж*) представляет собой одну из возможных комбинаций дренажей, указанных в пп. 2.54—2.57. Отметку гребня банкета комбинированного дренажа (см. рис. 3, *д*) следует назначать исходя из условия перекрытия русла реки.

2.59. Размеры дренажных устройств в виде плоских дренажей, дренажных лент или труб должны определяться гидравлическими и фильтрационными расчетами и приниматься с учетом условий выполнения дренажа.

2.60. Вид дренажных устройств может меняться на различных участках плотины, и его конструкцию следует выбирать на основании данных технико-экономического сравнения вариантов в зависимости от:

а) вида плотин, инженерно-геологических и гидрогеологических условий в основании и берегах;

б) физико-механических характеристик грунтов для дренажей и их качества;

в) условий производства работ (с учетом сборности дренажных устройств);

г) климатических условий района строительства;

д) условий эксплуатации сооружения.

2.61. Устройство дренажа тела плотины допускается не предусматривать при надлежащем обосновании в следующих случаях:

а) при возведении плотины на водопроницаемом основании и низком уровне стояния грунтовых вод, при которых кривая депрессии без устройства дренажа оказывается достаточно удаленной от поверхности низового откоса

и не выходит за границу сезонного промерзания;

б) в низовой части плотин с экранами, ядрами и диафрагмами при условии обеспечения отвода профильтровавшейся воды;

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

2.62. В случае, когда насыпная земляная плотина сопрягается с бетонной, расположенной на нескальном основании, дренажи этих плотин должны быть увязаны между собой.

2.63. На участках плотины со стороны нижнего бьефа, где поверхность земли располагается выше его уровня, должен быть предусмотрен организованный отвод воды, профильтровавшейся через плотину (например, горизонтальный дренаж).

2.64. При строительстве земляных насыпных плотин на водонасыщенных грунтах, в которых под нагрузкой от плотин может возникнуть высокое избыточное поровое давление, которое нарушает прочность основания и не может быть уменьшено за счет снижения интенсивности возведения плотины, всю поверхность основания в пределах низового клина плотин или часть ее следует покрывать горизонтальным дренажем. Для облегчения отвода воды, отжимаемой из грунта основания, рекомендуется дополнительно устраивать вертикальные песчаные дрены в виде буровых скважин, заполненных песком. Необходимость такого дренажа и расстояние между буровыми скважинами должны быть обоснованы расчетом консолидации основания с учетом интенсивности возведения плотин.

2.65. В случае, если верхний слой грунта основания является маловодопроницаемым по сравнению с нижележащим грунтом, то устойчивость этого верхнего слоя (в области нижнего бьефа) следует оценивать расчетом на выпор верхнего слоя грунта от действия восходящего фильтрационного потока. При недостаточной устойчивости такого слоя у подошвы низового откоса плотины надлежит устраивать вертикальный дренаж, прорезающий этот слой и снижающий противодавление.

Примечание. Вместо вертикального дренажа при соответствующем обосновании допускается предусматривать пригрузку поверхности земли за низовым откосом плотины.

Обратные фильтры

2.66. Обратные фильтры надлежит предусматривать на контакте дренажа (или пригрузки) и дренируемого тела плотины (или ядра, экрана) либо основания плотины.

Материалы обратного фильтра следует подбирать исходя из условия недопущения нарушения фильтрационной прочности контакта смежных грунтов в процессе возведения и в период эксплуатации плотины и на основании рекомендаций соответствующих нормативных документов.

Примечание. Устройство обратного фильтра допускается не предусматривать лишь при специальном обосновании, при этом следует иметь в виду, что устройство такого фильтра по контакту с дренажем является не обязательным, если дренируемое тело сложено гравелистыми песками, гравийными грунтами и т. п.

2.67. Зерновой состав материала обратного фильтра должен быть подобран с учетом характера дренируемого грунта и имеющихся местных фильтровых материалов.

Состав фильтра должен исключать:

а) отслаивание глинистого грунта на контакте с материалом фильтра — для плотин из глинистого грунта или плотин на глинистом основании;

б) проникание частиц защищаемого грунта в поры фильтра для зон нисходящего фильтрационного потока в плотинах из песчаного грунта;

в) выпор грунта в поры материала фильтра для песчаного основания в зоне восходящего потока;

г) размыв защищаемого грунта на границе с фильтром в случае фильтрационного потока, направленного вдоль контакта.

2.68. Количество слоев обратного фильтра и их состав следует определять на основании надлежащих технико-экономических обоснований; при этом следует стремиться к назначению возможно меньшего числа слоев обратного фильтра.

2.69. Подбор материала обратного фильтра дренажей для плотин I и II классов следует проверять экспериментальным путем на грунтах и в условиях работы, какие будут иметь место в сооружении, а для плотин III и IV классов — с учетом п. 2.67.

2.70. Толщину слоев обратного фильтра следует устанавливать исходя из условий производства работ, но не менее 0,2 *м* при укладке фильтра около дренажной трубы и при

отсыпке слоев фильтра насухо в дренажных устройствах.

2.71. Материалы для обратных фильтров вертикального трубчатого дренажа основания следует предусматривать в соответствии с требованиями нормативных документов по бурению скважин на воду.

2.72. Камень, гравий и щебень, применяемые для обратных фильтров дренажей в зонах возможного промерзания, должны быть морозостойкими, не размокать и не растворяться под действием фильтрационной воды, воды водохранилища и нижнего бьефа.

Сопряжения тела плотины с основанием, берегами и бетонными сооружениями

2.73. Для предотвращения опасной контактной фильтрации между подошвой земляной плотины и ее основанием должны предусматриваться меры, зависящие от характера и состояния грунтов основания и обеспечивающие плотное примыкание грунта тела плотины к грунту основания.

В проектах плотин, возводимых на нескальном основании, следует предусматривать мероприятия по подготовке (в пределах плотины) основания, в том числе по вырубке леса и кустарника, выкорчевыванию пней, удалению растительного слоя и слоя, пронизанного корневищами деревьев и кустов или ходами землеройных животных, а также по удалению слоя, содержащего значительное количество органических включений или солей, легко растворимых в воде (см. п. 2.3), либо в случае целесообразности по устройству зуба в основании плотины.

При проектировании земляных плотин, возводимых на скальном основании, должно быть предусмотрено удаление разрушенной скалы, в том числе должны быть удалены отдельные крупные камни и скопления камней на всей площади сопряжения водоупорных элементов плотины с основанием, заделаны разведочные геологические и строительные выработки.

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

При наличии в основании поверхностного слоя грунта, имеющего меньшие прочностные (сдвиговые) характеристики, чем грунт плотины, необходимо выяснить экономическую целесообразность удаления этого слоя (или его верхней части), учитывая, что при таком удалении грунта основания откосы плотины могут быть назначены более крутыми.

Примечание. Следует избегать строительства плотин в сейсмических районах на основаниях, сложенных из грунтов, способных разжижаться при динамических воздействиях.

2.74. Наклонные поверхности нескальных и скальных берегов в пределах профиля примыкания плотины должны быть соответственно спланированы; при этом следует избегать уступообразных участков, а нависающие участки в пределах основания противофильтрационных устройств плотины не допускаются.

При наличии в основании плотин быстровыветривающихся пород необходимо предусматривать после расчистки основания покрытие его слоем грунта тела плотины (или принимать другие меры к предотвращению выветривания).

При наличии в скальном основании местных крупных тектонических нарушений в виде отдельных широких и глубоких трещин надлежит принимать соответствующие меры к их расчистке и заделке, а также к повышению фильтрационной прочности материала, заполняющего эти трещины.

2.75. 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.

2.76. Для земляных плотин с противофильтрационными устройствами и однородных земляных плотин, выполняемых из глинистых грунтов, проектируемых на сильнофильтрующих аллювиальных отложениях, прикрывающих трещиноватые скальные породы основания, при небольшой (до 5 *м*) мощности аллювиальных отложений, как правило, следует предусматривать продолжение противофильтрационных устройств до скалы для сопряжения их со скалой за счет врезки замка.

При относительно большей мощности аллювиального слоя (более 5 *м*) в каждом отдельном случае следует сравнивать варианты плотин с ядром и противофильтрационной преградой (цементационная завеса, бетонная стенка и др.) с плотинами с экраном и понуром.

Проектом необходимо предусматривать мероприятия, обеспечивающие надежное сопряжение противофильтрационных устройств пло-

гины с основанием в месте примыкания замка к скале (например, путем инъекции основания в месте примыкания, а в случае необходимости устройство противофильтрационной завесы). Глубину висячей противофильтрационной преграды и длину понура следует устанавливать на основании данных фильтрационных расчетов.

Примечание. При выполнении фильтрационных расчетов допускается учитывать кольматаж ложа водохранилища и верхового откоса плотины с учетом его проявления во времени.

2.77. В случае сопряжения противофильтрационных элементов плотины с наклонными шероховатыми поверхностями скальных берегов такие поверхности следует выравнивать бетоном.

Наклон отдельных участков поверхности берега в местах сопряжения с противофильтрационными элементами должен изменяться при углах не более 10°.

2.78. В земляных плотинах на трещиноватых скальных основаниях, по которым может происходить опасная для тела плотины фильтрация, необходимо предусматривать устройство зуба и противофильтрационной завесы под ним, а также устройство поверхностной укрепительной инъекции в пределах подошвы противофильтрационного устройства тела плотины. Проектирование однородных плотин без противофильтрационных устройств в таких случаях не рекомендуется.

2.79. При проектировании земляных плотин на водонепроницаемом и нетрещиноватом скальном, полускальном и глинистом основании укладку тела плотины допускается предусматривать непосредственно на основание без осуществления в нем противофильтрационных устройств.

2.80. В местах сопряжения тела плотины с ее основанием, берегами и бетонными сооружениями следует предусматривать весьма тщательную укладку и уплотнение грунта тела плотины вблизи поверхности сопряжения, для чего первый слой насыпи необходимо укладывать из грунта с повышенной (на 1—3%) влажностью.

2.81. При устройстве в основании противофильтрационной преграды (металлического шпунтового ряда, сплошной стенки из бетона или глинистого грунта, «буровой» стенки из бетона или глиноцемента, инъекционной завесы и др.) следует предусматривать сопряжение непосредственно с противофильтрационными элементами плотины (ядром, экраном или диафрагмой).

Примечание. Глубина противофильтрационной завесы и площадной инъекции может быть уменьшена в процессе производства работ при наличии соответствующих технико-экономических обоснований.

2.82. Сопрягающие устройства земляных плотин с бетонными и железобетонными сооружениями должны обеспечивать:

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

б) плавный подход воды к водоприемным и водосбросным сооружениям со стороны верхнего бьефа и плавное растекание потока в нижнем бьефе, предотвращающее подмыв тела и основания плотины;

в) предотвращение опасной фильтрации в зоне примыкания.

Примечание. Проекты сопрягающих устройств плотин I, II и III классов должны быть обоснованы данными лабораторных гидравлических и фильтрационных исследований.

2.83. Для обеспечения лучшего примыкания тела земляной плотины к бетонному сооружению следует, как правило, предусматривать вертикальный уклон сопрягающих граней бетонной конструкции (за исключением диафрагм) не более 10 : 1.

Место примыкания земляной плотины к бетонным сооружениям надлежит уплотнять особенно тщательно.

Сопряжение земляной плотины с бетонными сооружениями, прорезающими ее тело, должно осуществляться для плотин, имеющих противофильтрационные устройства, в зоне этих устройств, а для однородных плотин в пределах верхового клина и центральной части плотины.

Сопряжение тела земляной плотины с бетонным сооружением надлежит предусматривать в виде заделанных в них диафрагм, врезающихся в земляную плотину (шпунтовый ряд, бетонная стенка и др.). Длину диафрагм сопряжения следует устанавливать на основании данных фильтрационных расчетов.

Примечание. Противофильтрационные устройства в основании земляных плотин и бетонных сооружений должны быть взаимно увязаны.

3. ЗЕМЛЯНЫЕ НАМЫВНЫЕ ПЛОТИНЫ

3.1. Намывные плотины в зависимости от материала тела плотин и способов их возведения подразделяются на следующие основные виды (табл. 4).

Таблица 4

Виды намывных плотин

Виды плотин	Материалы тела плотин	Способ возведения плотины (рис. 5)
1. Однородные (плотины без ядра) (рис. 4, *а*, *б*)	а) Песчаные грунты с коэффициентом разнозернистости не более 5 б) Супесчаные грунты в) Суглинистые (лёссовые) грунты	Поперечный профиль плотины формируется принудительно (с устройством дамб обвалования) или в результате свободного растекания пульпы (со стороны одного или обоих откосов)
2. Неоднородные (плотины с ядром или с мелкопесчаной центральной зоной) (рис. 4, *в*, *г*, *д*, *е*)	а) Гравийные (щебенистые) и песчаные с ядром из глинистого, супесчаного или мелкопесчаного грунта б) Песчаные грунты с центральной мелкопесчаной зоной	Поперечный профиль формируется принудительно, намыв ведется двусторонним способом с поддержанием прудка

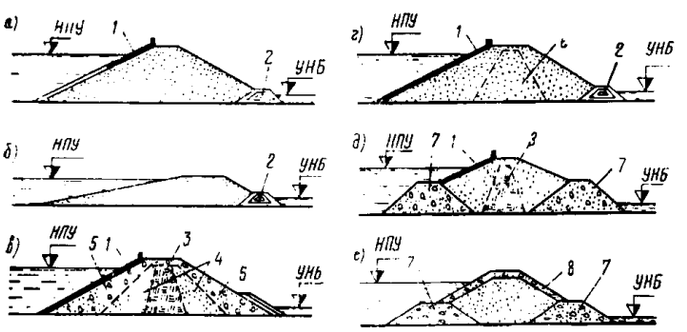


Рис. 4. Виды намывных плотин

а и *б* — **однородные**; *в* и *г* — **неоднородные**; *д* и *е* — однородные (или неоднородные) с частичным насыпным профилем; *1* — крепление верхового откоса; *2* — дренажный банкет; *3* — ядро; *4* — **промежуточная зона**; *5* — **боковая зона**; *6* — центральная мелкопесчаная зона; *7* — каменнонабросная призма; *8* — гравийная и галечниковая или каменная пригрузка

3.2. Конструкцию плотины следует выбирать в соответствии с указаниями п. 1.5, при этом следует стремиться к максимальному использованию естественных карьерных смесей.

3.3. При отсутствии карьерных грунтов, пригодных для неоднородных плотин, допускается возводить однородные плотины высотой до 50 *м* с принудительно формируемым откосом.

3.4. Неоднородные плотины следует, как правило, предусматривать при наличии соответствующих карьерных грунтов и при необходимости снижения фильтрационного расхода воды.

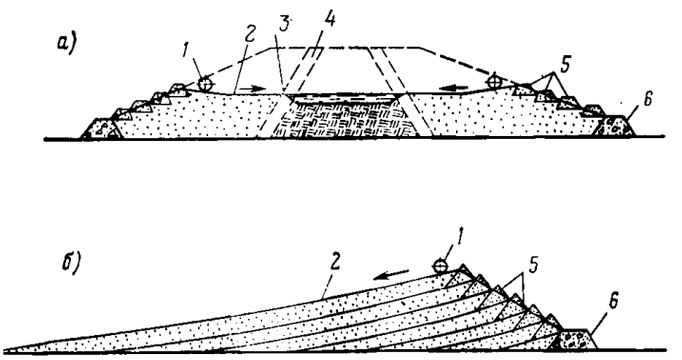


Рис. 5. Основные схемы возведения намывных плотин

а — **двусторонний намыв неоднородной плотины с ядром**; *б* — односторонний намыв однородной плотины с верховым откосом, формируемым при свободном растекании пульпы; *1* — распределительный пульпопровод; *2* — откос намыва; *3* — граница отстойного прудка; *4* — граница ядра; *5* — дамба попутного обвалования; *6* — дамба первичного обвалования

3.5. Плотины со свободно формируемыми откосами допускаются высотой до 10—15 *м* при наличии слабых грунтов в основании или при необходимости отказа от крепления откосов и их облегчения.

3.6. Однородные и неоднородные намывные плотины с боковыми каменнонабросными призмами (см. рис. 4, *г*, *д*) допускается предусматривать при условии использования высоких перемычек или камня из полезных выемок котлованов. При проектировании плотин для сейсмических районов рекомендуется устройство каменнонабросных призм и пригрузка откосов (см. рис. 4, *е*).

Примечание. Намывные плотины с противофильтрационными устройствами в виде диафрагм, экранов, понуров и т. п. допускается предусматривать при надлежащем обосновании.

3.7. В проектах намывных плотин должны быть предусмотрены мероприятия по обеспечению качества намыва грунта и требуемой плотности укладки его в тело плотины, а также решены вопросы устойчивости откосов, в частности, под действием воды, фильтрующейся при намыве.

Требования к материалам

3.8. Зерновой состав карьерных грунтов следует считать основной характеристикой для оценки технической возможности возведения намывных плотин и экономической целесообразности выбранной конструкции.

Примечание. Содержание органических и водорастворимых примесей в грунтах для намыва плотины допускается в количествах, при которых их остаток в теле намывной плотины после производства работ по ее намыву будет не более величин, указанных в п. 2.3.

3.9. Предварительную оценку пригодности карьерного грунта для намыва плотин разной конструкции в зависимости от содержания (в процентах) частиц определенной крупности в данном грунте следует производить по рис. 6. Предпочтительными для намыва однородных плотин являются песчаные грунты I группы; песчаные и гравийные грунты II группы целесообразно предусматривать для неоднородных

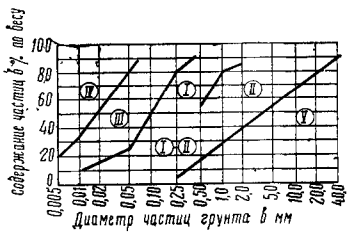


Рис. 6. Группы грунтов, используемых для намыва плотин

плотин с мелкопесчаным ядром или мелкопесчаной центральной зоной. Супеси (III группа), суглинки (IV группа), а также гравийные и галечниковые грунты (V группа) допускается предусматривать для намыва плотин при соответствующем технико-экономическом обосновании. При этом супеси и суглинки (лёссовидные грунты) могут быть предусмотрены для намыва однородных плотин или ядерной зоны неоднородных плотин, суглинки и глины — для ядра плотин и гравийные грунты — для упорных призм.

Примечание. Запас грунта в карьере должен быть в 1,5—1,8 раза больше, чем объем грунта, принятый в проекте плотины.

3.10. Из гравелистых песков и гравийных (щебенистых) грунтов для намыва неоднородных плотин предпочтительными являются грунты с максимальной степенью разнозернистости.

Содержание в ядре глинистых частиц размером менее 0,005 *мм* допускается не более 20%.

3.11. Возможность применения для намыва искусственных смесей грунтов из разных карьеров или сортированных карьерных грунтов, а также глины с ее принудительным обезвоживанием в теле плотины должна быть в каждом отдельном случае обоснована технико-экономическим расчетом.

3.12. При выборе песчаных грунтов для намыва плотины следует учитывать, что намываемые грунты с окатанными частицами при намыве укладываются с бо́льшим объемным весом и что такой грунт имеет меньший коэффициент внутреннего трения, чем грунт с частицами менее окатанными.

Фракционирование грунта в теле плотины

3.13. Фракционирование грунта в поперечном профиле плотины в результате гидравлической раскладки следует учитывать при коэффициенте разнозернистости намываемого грунта $k\frac{60}{10} > 2{,}5$ или $k\frac{90}{10} > 5$. При этом раскладка грунта зависит от разнозернистости грунта, ширины пляжа намыва, расхода пульпы и ее консистенции.

3.14. При проектировании зернового состава грунта намывных плотин необходимо учитывать отмыв и сброс мелких частиц грунта. При возведении песчаных однородных плотин, как правило, следует стремиться обеспечить сброс частиц размером менее 0,01 *мм* и частично размером 0,01—0,05 *мм*, а при намыве неоднородных плотин—этот сброс в части глинистых частиц следует принимать с учетом требований п. 3.10.

3.15. При проектировании однородных плотин зерновой состав намытого грунта следует принимать по осредненному составу карьерного грунта с учетом отмыва мелких частиц, удаляемых в процессе намыва, при условии соблюдения на протяжении всего намыва однородности его фильтрационных свойств.

3.16. При проектировании неоднородных плотин зерновой состав грунта в отдельных ее частях необходимо устанавливать с учетом фракционирования при намыве. При этом раскладку грунта допускается определять на основании данных расчета или аналогов. В случаях возведения намывных плотин I класса раскладку грунта следует определять при проведении опытного намыва, максимально соблюдая условия технологии намыва плотины.

Примечание. Осредненный зерновой состав грунта следует определять для ядерной зоны и боковых призм плотины или для этих частей плотины и дополнительно для промежуточных зон. При этом разбивка плотины на зоны принимается в соответствии с имеющимися аналогами.

3.17. Ширину ядра из суглинистого и супесчаного грунта следует предварительно назначать в зависимости от состава карьерного грунта в пределах 10—20% ширины плотины на данной высоте, а центральной зоны из мелкопесчаного грунта — в пределах 20—35% указанной ширины. Размеры ядерной зоны надле-

жит корректировать в соответствии с фактической раскладкой намываемого грунта.

Очертания и крепления откосов плотин

3.18. Уклон откосов намывных плотин и их крепление назначаются в соответствии с требованиями пп. 2.9—2.39, при этом уклон откосов следует устанавливать с учетом конструкций и высоты намываемой плотины, характеристик намываемых грунтов и грунтов основания плотины.

Предварительно уклон откосов допускается выбирать по аналогам построенных сооружений из сходных грунтов с последующим уточнением на основании расчетов и опытного намыва грунтов.

3.19. Если уклон верхового или низового откосов плотины выбран не только по результатам расчета устойчивости, но и по условиям производства работ и принятой технологии намыва, а также из соображений уменьшения объемов работ по подготовке основания или устройства крепления, такие решения должны быть обоснованы данными соответствующих технико-экономических проработок.

3.20. Откосы намывных плотин, формируемые при свободном растекании пульпы, допускается предусматривать без крепления или с облегченным гравийным, галечниковым или биологическим креплением в условиях неразрушающего волнового и ветрового воздействия, что должно иметь соответствующее обоснование.

3.21. Ширину намывных плотин по гребню следует устанавливать в соответствии с требованиями п. 2.11, учитывая возможность работы гидротранспортных установок и принятой схемы организации производства работ.

3.22. При проектировании дренажных устройств в теле намывной плотины следует учитывать, кроме указаний пп. 2.52—2.72, возможность одновременного ведения работ по намыву тела плотины и по устройству дренажа.

3.23. Средние значения уклонов откосов при свободном намыве песчаных и гравийных грунтов (например, при торцевом безэстакадном способе намыва) рекомендуется ориентировочно назначать (примерно при 10%-ной консистенции пульпы и ее сосредоточенном выпуске) по табл. 5 с корректировкой по результатам, полученным при опытном намыве.

3.24. Уклон откосов песчаных грунтов при подводном намыве в зависимости от зернового состава грунта и скорости течения допускается назначать от 1 : 10 до 1 : 4; при этом наименьшая величина уклона дана для намыва мелких песков в водоемы при наличии течения. С увеличением крупности частиц грунта, уменьшением скорости течения и глубины водоема уклон подводного откоса следует увеличивать.

Таблица 5

Средние значения уклонов откосов при свободном намыве песчаных и гравийных грунтов

Наименование грунта	Средний уклон откоса при расходе пульпы в $м^3/ч$		
	до 2000	2000—4000	более 4000
Песок мелкий	0,025	0,020	0,010
» средней крупности	0,030	0,025	0,015
Песок крупный . . .	0,035	0,030	0,025
» гравелистый . .	0,055	0,040	0,035
Гравийный грунт . . .	0,070	0,055	0,045

3.25. При необходимости допускается предусматривать мероприятия по принудительному повышению плотности намытого песчаного грунта путем его дополнительного уплотнения (глубинное гидровибрирование, уплотнение взрывным способом водонасыщенного грунта, послойное вибрационное уплотнение или укатка и др.).

4. КАМЕННО-ЗЕМЛЯНЫЕ И КАМЕННОНАБРОСНЫЕ ПЛОТИНЫ

4.1. Каменно-земляные и каменнонабросные плотины по конструкции противофильтрационных устройств подразделяются на следующие основные виды (табл. 6).

Таблица 6

Виды каменно-земляных и каменнонабросных плотин

Плотины	Виды плотин по конструкции противофильтрационных устройств
1. Каменно-земляные (рис. 7)	а) С грунтовым экраном б) С ядром в) С верховой грунтовой призмой г) С центральной грунтовой призмой
2. Каменнонабросные (рис. 8)	а) С экраном из негрунтовых материалов б) С диафрагмой

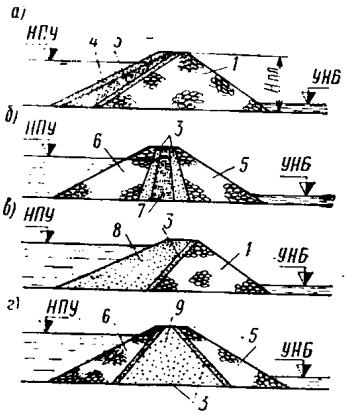


Рис. 7. Виды каменно-земляных плотин
а — с грунтовым экраном; *б* — с ядром; *в* — с верховой грунтовой призмой; *г* — с центральной грунтовой призмой; *1* — упорная призма; *2* — грунтовый экран; *3* — переходная зона (обратный фильтр); *4* — защитный слой; *5* — низовая призма; *6* — верховая призма; *7* — ядро; *8* — верховая грунтовая противофильтрационная призма; *9* — центральная грунтовая противофильтрационная призма; $H_{пл}$ — высота плотины

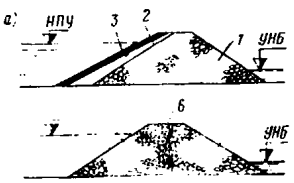


Рис. 8. Виды каменнонабросных плотин
а — с экраном из негрунтовых материалов; *б* — с диафрагмой; *1* — упорная призма; *2* — подэкрановая кладка (выравнивающий слой); *3* — экран; *4* — низовая призма; *5* — верховая призма; *6* — диафрагма

4.2. При проектировании каменно-земляных и каменнонабросных плотин следует предусматривать их возведение наброской крупного камня пионерным способом ярусами высотой 10 *м* и более или отсыпкой мелкого камня тем же способом слоями толщиной до 2,5 *м*, принимая при этом необходимые меры по их уплотнению.

4.3. При проектировании каменно-земляных и каменнонабросных плотин наряду с общими требованиями (изложенными в разделе 1) и требованиями раздела 4 необходимо также учитывать требования раздела 2 в части, относящейся к материалам для возведения земляных насыпных плотин, проектирования откосов и гребня плотин, противофильтрационных устройств и их сопряжений с основанием, берегами и бетонными сооружениями.

4.4. Каменнонабросные плотины, как правило, следует проектировать на скальных основаниях при отсутствии грунтов, пригодных для возведения противофильтрационных устройств. Каменно-земляные плотины допускается проектировать на скальных, а также, при надлежащем обосновании, на нескальных основаниях.

Требования к материалам

4.5. Пригодность камня для возведения каменно-земляных и каменнонабросных плотин должна быть обоснована данными соответствующих исследований в лабораторных и натурных условиях.

4.6. При оценке в карьере пригодности скальных пород для возведения плотин необходимо учитывать запасы породы, физико-механические свойства (удельный вес, объемный вес, морозостойкость, прочность и др.), химические свойства (растворимость, воздействие на другие материалы и др.), условия разработки и транспортирования породы.

4.7. Для плотин I и II классов высотой более 50 *м* лабораторные данные грунтов рекомендуется уточнять исследованиями на опытных насыпях (по возможности включаемых в полезный объем плотины), а для плотин высотой более 100 *м* такие исследования являются обязательными.

4.8. Состав каменной наброски тела плотины необходимо проектировать с учетом следующих требований:

а) слабые выветрелые породы в составе каменной наброски допускаются только в количестве, не снижающем ее прочностных характеристик и не увеличивающем деформативность каменной наброски;

б) наиболее крупные камни следует отсыпать у откосов плотин, что особенно важно для плотин, строящихся в сейсмических районах;

в) состав каменной наброски (отсыпки) должен быть таким, при котором обеспечивается ее оптимальная плотность;

г) при отсыпке камня в тело плотины высокими ярусами необходимо учитывать влияние сегрегации камней на зерновой состав наброски по высоте.

Окончательный состав каменной наброски каменно-земляных и каменнонабросных плотин необходимо принимать на основе технико-экономических расчетов рассматриваемых вариантов плотин.

4.9. Для наброски следует предусматривать камень без его сортировки. Сортировку камня допускается предусматривать только при наличии соответствующего обоснования.

4.10. Пригодность камня для наброски (по прочности и морозостойкости) следует устанавливать в зависимости от высоты плотины, местоположения камня в профиле и от климатических условий района строительства.

Примечание. Укладку камня по зонам профиля плотины, как правило, следует предусматривать при высоте плотины 50 *м* и более; при этом прочный камень следует использовать в более напряженных зонах, а камень недостаточно морозостойких пород — во внутренних зонах.

4.11. Предельную крупность камня в наброске и его зерновой состав следует устанавливать в проекте в зависимости от качества

камня и принятого метода возведения плотины. Крупность камня, отсыпаемого в тело плотины с послойной укаткой, должна быть не более 0,5 толщины отсыпаемого слоя.

4.12. Для камня, предназначенного к укладке в плотину ниже поверхности воды или подверженного переменному ее воздействию, коэффициент размягчения должен быть не ниже: 0,9 — для изверженных метаморфических пород и 0,8 — для осадочных.

4.13. Для выравнивающей подэкрановой кладки каменнонабросных плотин, как правило, следует предусматривать использование крупного постелистого камня. В этих же целях может быть предусмотрена подготовка из тщательно уложенного мелкого камня или крупнообломочного грунта.

4.14. К грунтам противофильтрационных устройств (экранов, понуров, ядер, зубьев, противофильтрационных призм) и переходных зон каменно-земляных плотин предъявляются те же требования, что и к грунтам для земляных насыпных плотин.

Примечание. В случае, если противофильтрационное устройство предусматривается возводить средствами гидромеханизации, то необходимо, чтобы грунт удовлетворял также требованиям, предъявляемым к грунтам для земляных намывных плотин.

4.15. Для устройства переходных зон и обратных фильтров каменно-земляных плотин следует предусматривать, как правило, карьерные разнозернистые грунты.

Возможность применения для этих целей обогащенных грунтов, полученных путем сортировки, промывки, добавления или смешения различных фракций, допускается только при соответствующем обосновании. Во всех случаях надлежит отдавать предпочтение устройству однослойных переходных зон и обратных фильтров.

Очертания откосов плотин

4.16. Основные размеры поперечного профиля каменно-земляных и каменнонабросных плотин следует назначать руководствуясь требованиями пп. 2.9—2.17.

4.17. Ширину берм, устраиваемых на откосах, следует принимать из условий обеспечения требуемого осредненного значения заложения откоса, но не менее 3 *м*.

4.18. Уклон откосов каменно-земляных и каменнонабросных плотин следует назначать по расчету (см. пп. 5.8—5.11).

Примечания: 1. При наличии скального основания средние значения уклонов откосов плотин из каменной наброски, не имеющих экрана или другого крепления, допускается принимать:

для верхового откоса от 1 : 1,2 до 1 : 1,3;

для низового откоса от 1 : 1,3 до 1 : 1,4.

2. При наличии на откосе экрана (грунтового или асфальтобетонного) или другого крепления, расположенного на малопрочном материале, покрывающим откос из каменной наброски, устойчивость откоса следует определять по методу круглоцилиндрических поверхностей сдвига и уточнять дополнительным расчетом по методу плоских поверхностей сдвига экрана по поверхностям, проходящим в малопрочном материале.

Противофильтрационные устройства

4.19. При проектировании противофильтрационных устройств из грунтовых и негрунтовых материалов каменно-земляных и каменнонабросных плотин следует руководствоваться соответствующими указаниями, изложенными в пп. 2.40—2.51.

4.20. При проектировании противофильтрационных устройств каменно-земляных и каменнонабросных плотин следует предусматривать надежные мероприятия, обеспечивающие приспособляемость этих устройств к деформациям основания и береговых склонов, не теряющие при этом свойств водоупорности, прочности и гибкости.

4.21. Величину градиента фильтрационного потока для ядра или экрана из глинобетона или глинистого грунта каменно-земляных плотин следует принимать $I = 2 \div 6$.

4.22. Между грунтовым противофильтрационным элементом плотины и упорными призмами надлежит предусматривать обратные фильтры и переходные зоны, предохраняющие контакты смежных грунтов от их нарушения в период возведения и эксплуатации сооружения. Толщину слоев переходных зон следует назначать из условия производства работ с учетом возможных горизонтальных смещений плотины и принимать не менее 3 *м*.

4.23. Материалы слоев переходных зон и обратных фильтров для плотин всех классов следует проектировать по требованиям раздела 5 и других нормативных документов.

Зерновой состав переходных зон для плотин I и II классов надлежит уточнять экспериментальным путем с учетом условий их работы.

4.24. Высокие плотины, расположенные в узком русле реки, следует проектировать криволинейного очертания в плане с выпуклостью в сторону верхнего бьефа для предотвращения появления трещин в экране или ядре плотины.

4.25. Для повышения фильтрационной

прочности грунтовых противофильтрационных устройств каменно-земляных плотин при наличии технико-экономического обоснования допускается предусматривать:

а) утолщение ядра или экрана на береговых примыканиях и в основании;

б) укладку дополнительного слоя обратного фильтра (уложенного по периметру) только в пределах сопряжения грунтового ядра или экрана с основанием и берегами;

в) возведение экрана или ядра из разнозернистых глинистых грунтов, способных в случае образования трещин в них к кольматируемости (самозалечиваемости).

4.26. Противофильтрационные устройства каменнонабросных плотин допускается проектировать, как правило, из железобетона, асфальтобетона, полимерных материалов и дерева.

4.27. Железобетонные экраны в зависимости от высоты плотины и ожидаемой осадки могут быть двух типов: полужесткие (однослойные) и гибкие (многослойные). Для высоких плотин следует, как правило, предусматривать гибкие конструкции железобетонных экранов.

4.28. Однослойные железобетонные экраны состоят из отдельных плит, между которыми устраиваются вертикальные температурные и горизонтальные осадочные водонепроницаемые уплотненные швы. Разрезку экрана на отдельные плиты следует предусматривать с учетом конфигурации береговых склонов.

4.29. Бетон для железобетонных экранов должен иметь проектную марку по прочности на сжатие не ниже 200 и марки бетона по водонепроницаемости не ниже В8. Проектные марки бетона по морозостойкости и водонепроницаемости следует назначать в соответствии с требованиями государственного стандарта на гидротехнический бетон. Толщину плит железобетонного экрана и их армирование следует определять в соответствии с расчетом устойчивости плиты на откосе, прочности при действии волновых и монтажных нагрузок, а также с учетом деформации откоса плотины.

4.30. Гибкие железобетонные экраны надлежит предусматривать из нескольких рядов плит с прослойками гидроизоляции между ними. Плиты экрана следует (кроме верхнего слоя), не связывая между собой в рядах, укладывать с зазором и перевязкой швов.

4.31. Размеры плит следует выбирать такими, чтобы была обеспечена достаточная гибкость экрана в целом при относительно небольшом количестве швов.

Размеры плит, бетонируемых на месте, можно принимать в пределах от 10 до 20 *м* (сторона квадрата).

4.32. Для обеспечения связи между отдельными рядами плит и всего экрана в целом с телом плотины следует предусматривать анкеры или другие конструктивные мероприятия по предотвращению сползания плит по откосу. Укладка плит и всего экрана в целом на плоскую поверхность без анкеровки не допускается.

4.33. Сопряжение негрунтовых экранов с основанием плотины следует предусматривать при помощи бетонного зуба, в котором в случае высоких плотин можно устраивать дренажную потерну, служащую одновременно для создания инъекционной завесы в основании.

4.34. Соединение экрана с зубом можно предусматривать в виде полужесткой (разрезной) или гибкой конструкции (слоистая с заделкой экрана в зуб, шарнирная с устройством гибкого шва по периметру). Для высоких плотин гибкое соединение экрана с зубом обязательно.

4.35. Для снижения температурно-осадочных напряжений следует предусматривать компенсационные устройства (компенсаторы) в продольном и поперечном направлениях экрана.

Для предотвращения отслаивания экрана от тела плотины следует предусматривать анкеры, заделываемые в подэкрановую кладку. При большой длине откоса и значительных колебаниях уровня воды в водохранилище следует предусматривать также горизонтальные температурные швы, устраиваемые, как правило, на участке плотины в пределах резкого изменения профиля ущелья.

4.36. Деревянные экраны допускается проектировать при благоприятных условиях, обеспечивающих длительную сохранность дерева и возможность ремонта экрана в процессе эксплуатации плотины.

4.37. Асфальтобетонные экраны допускается предусматривать преимущественно в районах с умеренно континентальным климатом (абсолютный минумум температуры минус 45°). Применение таких экранов требует специального обоснования.

4.38. Под экранами из негрунтовых материалов следует устраивать подэкрановую подготовку или кладку из камня (бетонных блоков) насухо.

4.39. Подэкрановую кладку следует предусматривать из постелистого камня горизонтальными или нормальными к откосу рядами с тщательной расклиновкой.

Толщину подэкрановой кладки следует назначать в зависимости от материалов экрана, крутизны откоса, ожидаемой осадки каменно-набросной плотины, но не менее 1 *м* поверху и в пределах 0,05—0,08 от высоты плотины понизу.

4.40. Укладку подэкрановой подготовки из уплотненного крупнообломочного грунта или мелкого камня следует предусматривать по каменной наброске.

Толщину подэкрановой подготовки из крупнообломочных грунтов следует назначать в зависимости от материала экрана, крупности материала подэкрановой подготовки, крупности камня в наброске, высоты плотины и условий производства работ.

Требования к основаниям плотин, сопряжение плотин с основанием

4.41. При оценке грунтов основания следует учитывать, что качество основания определяет тип и конструкцию плотины, а также способ производства работ по ее возведению.

При оценке основания необходимо учитывать требования, указанные в пп. 1.6—1.8 и 2.73—2.83.

4.42. Возможность оставления в основании плотины слабых грунтов, обладающих невысокими качествами в отношении трения, сцепления и водопроницаемости, следует устанавливать на основе технико-экономического анализа.

4.43. При строительстве плотин на скальном и особенно на нескальном основаниях необходимо определять расчетом величину неравномерности осадок основания как в продольном, так и в поперечном направлениях для установления невозможности возникновения трещин в противофильтрационных элементах плотин.

4.44. При проектировании каменно-земляных плотин с грунтовыми противофильтрационными устройствами, возводимыми методом отсыпки грунтов в воду, должен быть предусмотрен надежный контакт грунтов этих устройств с грунтом основания.

4.45. В местах сопряжения экрана или ядра плотины с основанием и берегами следует предусматривать весьма тщательную укладку и уплотнение грунта в контактной зоне противофильтрационных устройств, применяя для этого грунт более пластичный и более стойкий против суффозии и обладающий способностью кольматировать трещины в скальном основании.

4.46. Сопряжение грунтовых противофильтрационных устройств тела плотины со скалой основания может предусматриваться в виде торкретирования основания и береговых склонов.

5. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА ПЛОТИН

5.1. При проектировании плотин I и II классов из грунтовых материалов надлежит выполнять следующие основные расчеты:

а) фильтрационные (пп. 5.3—5.5);

б) фильтрационной прочности (п. 5.6);

в) обратных фильтров, дренажей и переходных зон (п. 5.7);

г) устойчивости откосов, экрана и защитного слоя (пп. 5.8—5.11);

д) осадок тела плотин и основания и горизонтальные смещения (пп. 5.12—5.17);

е) креплений откосов на прочность от действия волн, льда и др. (п. 5.18).

Кроме того, дополнительно надлежит выполнять:

для земляных намывных плотин с ядром — расчеты фракционирования грунта и устойчивости боковых призм плотины (пп. 3.13—3.25 и 5.19);

для земляных насыпных и каменно-земляных плотин, у которых тело, ядро, экран или основание сложены из глинистых грунтов,— расчеты порового давления при их консолидации и проверка их трещиноустойчивости (пп. 5.20—5.24);

для каменно-земляных и каменнонабросных плотин — расчеты напряженного состояния частей тела плотин, а для каменно-земляных плотин, кроме того, проверку устойчивости на сдвиг низового клина плотины (пп. 5.25 и 5.26).

Для плотин III—IV классов следует ограничиваться расчетами, указанными в пп. «а», «б», «в», «г», «е».

Расчеты следует производить для наиболее характерных поперечных сечений плотин.

5.2. Расчеты плотин во всех случаях следует выполнять для основных и особых сочетаний нагрузок, в эксплуатационный период работы плотин и период их возведения (строительный период).

5.3. **Фильтрационные расчеты тела плотин, основания и берегов** следует выполнять для определения основных параметров фильтрационного потока, необходимых:

а) для расчета фильтрационной прочности тела плотины, ее основания и берегов;

б) для расчета устойчивости откосов плотины и берегов;

в) для обоснования наиболее рациональных и экономичных форм, размеров и конструкций плотины, ее противофильтрационных и дренажных устройств.

5.4. Фильтрационными расчетами (а также исследованиями) надлежит определять следующие параметры фильтрационного потока в теле плотины, основании и берегах:

а) положение фильтрационной поверхности потока (депрессионной кривой) в теле плотины и берегах;

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

в) напоры (или градиенты) фильтрационного потока в теле плотины и основании, а также в местах выхода фильтрационного потока в дренаж, в нижний бьеф за подошвой низового откоса, в местах контакта грунтов с различными характеристиками и на границах противофильтрационных элементов.

При сложном геологическом строении основания и сложной конструкции плотины указанные в настоящем пункте параметры фильтрационного потока следует определять экспериментальным путем, например по методу электрогидродинамических аналогий (ЭГДА).

5.5. Фильтрационные расчеты, необходимые на предварительных стадиях проектирования плотин и их противофильтрационных и дренажных устройств, допускается выполнять, рассматривая плоскую или пространственную задачу, пользуясь приближенными способами расчета.

5.6 Расчеты фильтрационной прочности тела плотин и их оснований, а также противофильтрационных элементов надлежит выполнять исходя из наибольшего возможного напора, действующего на плотину.

Расчетом следует устанавливать действительные средние градиенты напора и сравнивать их с допускаемыми.

Допускаемые градиенты фильтрационного потока грунтов основания и тела земляных плотин, а также грунтовых призм каменно-земляных плотин следует принимать по табл. 7. Для грунтовых противофильтрационных устройств (экранов, ядер и понуров) допускаемые градиенты фильтрационного потока следует принимать согласно указаниям пп. 2.43, 2.44 и 4.21.

Таблица 7

Допускаемые средние градиенты фильтрационного потока грунтов основания и тела земляных плотин и грунтовых призм каменно-земляных плотин

Наименование грунта	Допускаемые градиенты фильтрационного потока для грунтов основания и тела плотин класса			
	I	II	III	IV
А. Для грунтов оснований				
Глина плотная	0,90	1,00	1,10	1,20
Суглинок	0,45	0,50	0,55	0,60
Песок крупный	0,36	0,40	0,44	0,48
» средней крупности	0,30	0,33	0,36	0,40
» мелкий	0,23	0,25	0,27	0,30
Б. Для тела земляных плотин и грунтовых призм каменно-земляных плотин				
Глина плотная	1,50	1,65	1,80	1,95
Суглинок	1,05	1,15	1,25	1,35
Песок средней крупности	0,70	0,80	0,90	1,00
Супесь	0,55	0,65	0,75	0,85
Песок мелкий	0,45	0,55	0,65	0,75

5.7. Расчетами обратных фильтров, дренажей и переходных зон надлежит устанавливать зерновой состав, количество слоев из природных фильтровых материалов или же из соответствующих искусственных смесей и толщину этих слоев.

При проектировании обратных фильтров, дренажей и переходных зон допускаемый коэффициент разнозернистости фильтровых материалов $k_{\frac{60}{10}}$ должен удовлетворять условиям:

а) если защищаемый грунт является несуффозионным сыпучим:

$$k_{\frac{60}{10}} \leqslant (20 \div 25),$$

где меньшее значение $k_{\frac{60}{10}}$ следует принимать для окатанных частиц песчаных и гравийных грунтов, а большее — для щебенистых грунтов фильтра;

б) если защищаемый грунт является суффозионным сыпучим:

$$k_{\frac{60}{10}} \leqslant 15;$$

в) если защищаемый грунт является глинистым с числом пластичности $W_п \geqslant 7$:

$$\frac{k_{60}}{10} \leqslant 50.$$

Соотношение $\frac{k_{60}}{10} \leqslant 50$ следует принимать как для дренажей и обратных фильтров, так и для переходных зон плотин. При толщине переходных зон (обратных фильтров) плотин до 3 *м* указанное соотношение допускается принимать независимо от того, является ли защищаемый грунт глинистым или песчаным.

При толщине переходной зоны плотин более 3 *м* величина $\frac{k_{60}}{10}$ может быть принята более 50;

г) для фильтров, выполняемых отсыпкой материалов в воду:

$$\frac{k_{60}}{10} \leqslant 10.$$

Здесь

$\frac{k_{60}}{10} = d_{60} : d_{10}$, где d_{60} и d_{10} — размеры фракций грунта, вес которых вместе с весом более мелких фракций составляет соответственно 60 и 10% веса всего грунта.

Примечания: 1. Для фильтров, выполняемых из материалов с $\frac{k_{60}}{10} \leqslant 10$, толщина слоев назначается согласно указаниям п. 2.70, а для фильтров, выполняемых из материалов с $\frac{k_{60}}{10} > 10$, толщина слоев должна назначаться с учетом сегрегации фильтровых материалов, возникающей при транспортировании, отсыпке и разравнивании слоев фильтра по результатам опытных отсыпок.

2. Отказ от устройства обратных фильтров или переходных зон для призм, выполняемых по насыпи крупнообломочных грунтов, допускается только при наличии соответствующего обоснования.

3. Вместо грунтовых обратных фильтров могут быть при соответствующем обосновании предусмотрены обратные фильтры из пористого бетона и других пористых материалов.

5.8. Устойчивость откосов плотины рекомендуется рассчитывать с расчленением призмы обрушения на взаимодействующие элементы по методам, удовлетворяющим условиям равновесия призмы обрушения в предельном состоянии.

Могут применяться другие методы расчета: метод горизонтальных сил взаимодействия при круглоцилиндрической поверхности скольжения; метод горизонтальных сил взаимодействия при ломаной поверхности скольжения; метод наклонных сил взаимодействия при ломаной поверхности скольжения; метод весового давления при круглоцилиндрической поверхности скольжения для откосов плотин при $m \geqslant 1{,}7$ (где $m = \operatorname{ctg} \alpha$; см. рис. 1); метод равновесия моментов при круглоцилиндрической поверхности скольжения для откосов плотин при $m \leqslant 2{,}5$.

Расчеты устойчивости экрана и защитного слоя должны также выполняться с применением методов круглоцилиндрических и плоских поверхностей сдвига.

Коэффициент запаса устойчивости откосов плотин $k_з$ должен быть не менее величин допускаемых коэффициентов запаса устойчивости откосов плотин $k_{з.доп}$, приведенных в табл. 8.

Таблица 8

Допускаемые коэффициенты запаса устойчивости откосов $k_{з.доп}$ плотин

Сочетания нагрузок и воздействий	Допускаемые коэффициенты запаса устойчивости откосов $k_{з.доп}$ для плотин класса			
	I	II	III	IV
Основные	1,30—1,25	1,20—1,15	1,15—1,10	1,10—1,05
Особые	1,10—1,05	1,10—1,05	1,05	1,05

Примечания: 1. Большие значения $k_{з.доп}$ надлежит принимать в случаях, когда рассматриваемые элементы конструкции плотины (откос, экран) или ее основание сложены частично или полностью глинистым или неоднородным грунтом.

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

3. Полученные по расчету значения коэффициентов запаса устойчивости при основных сочетаниях нагрузок не должны превышать более чем на 15%, а для высоких и сверхвысоких плотин — на 30% их значений по табл. 8.

4. В расчетах устойчивости элементов конструкции плотин следует учитывать сейсмические силы и избыточное поровое давление, обусловленное консолидацией глинистого грунта. В этом случае величина $k_{з.доп}$ принимается как для особого сочетания нагрузок.

5.9. При расчетах устойчивости откосов плотин следует рассматривать следующие случаи:

для низового откоса:

а) первый расчетный случай (основной) — в верхнем бьефе имеется нормальный подпорный уровень (НПУ), дренажи работают нормально, в теле плотины имеется установившаяся фильтрация; при наличии воды в нижнем бьефе глубина ее принимается максимально возможной, но не более $0{,}2H$, где H — возвышение гребня плотины над дном нижнего

бьефа (при большей глубине воды в нижнем бьефе в расчете эту глубину следует принимать равной $0{,}2H$);

б) второй расчетный случай (особый) — в верхнем бьефе форсированный подпорный уровень воды (ФПУ) и нарушена нормальная работа дренажа; остальные условия те же, что и в первом случае;

для верхнего откоса:

а) первый расчетный случай (основной) — принимается максимально возможное снижение уровня воды в водохранилище от НПУ с наибольшей возможной скоростью; при этом учитываются фильтрационные силы, возникающие в откосе;

б) второй расчетный случай (основной) — уровень воды в верхнем бьефе находится на самой низкой отметке, но не ниже $0{,}2\ H_1$, где H_1 — расстояние от гребня плотины до дна в верхнем бьефе; уровень грунтовой воды в теле плотины принимается на той же отметке, что и уровень воды в водохранилище;

в) третий расчетный случай (особый) — принимается максимально возможное снижение уровня воды в верхнем бьефе с наибольшей возможной скоростью, начавшееся от ФПУ; при этом учитываются фильтрационные силы, возникающие в откосе.

Примечание. При расчете устойчивости откосов земляных намывных плотин необходимо учитывать фильтрацию из прудка при его положении в период намыва плотины с учетом смоченного состояния грунтов откосов.

5.10. Устойчивость рассчитываемых элементов конструкции плотин должна быть обеспечена при всех возможных условиях эксплуатации, а также в процессе возведения плотины.

5.11. При расчете устойчивости откосов плотин прочностные характеристики грунтов для тела плотин III и IV классов следует принимать постоянными, а для плотин I и II классов — переменными по высоте в зависимости от напряженного состояния грунта в зоне прохождения кривых обрушения.

5.12. Расчет осадок тела и основания плотины следует производить для определения требуемой величины строительного подъема плотины и величины неравномерности осадки различных ее частей, а также для уточнения общего объема работ по сооружению плотины.

Расчеты осадок и изменения их во времени следует выполнять для плотин высотой более 40 *м*, а также для плотин меньшей высоты, отмеченных в п. 5.21. Расчет осадки плотин ниже 40 *м* допускается производить по приближенным зависимостям.

5.13. Расчет осадок плотин следует производить в каждом характерном поперечном сечении плотины по нескольким вертикалям, проходящим в элементах плотины с различными материалами (ядро, экран, призма и т. д.).

Осадка плотин складывается из осадки, возникающей вследствие уплотнения материала, образующего тело плотины, и осадки основания. Расчет осадки, происходящей за счет уплотнения основания и тела плотины, следует производить по нормам проектирования оснований гидротехнических сооружений.

5.14. Расчет осадок земляных насыпных и намывных плотин, а также противофильтрационных устройств каменно-земляных плотин, выполнение которых предусматривается из глинистого грунта, следует производить с учетом дополнительного влияния порового давления (пп. 5.20—5.24), а при расчетах каменно-земляных плотин высотой более 70 *м* — с учетом напряженного состояния сооружения (пп. 5.25—5.26).

5.15. Осадки упорных призм каменно-земляных и тела каменнонабросных плотин в процессе строительства и эксплуатации следует определять на основании результатов экспериментальных исследований сжимаемости грунтов с учетом их ползучести.

Для снижения осадок в результате раздавливания камней, находящихся в зонах плотины с высокими сжимающими напряжениями, допускается при соответствующем обосновании повышать плотность наброски заполнением порового пространства карьерной мелочью (в процессе наброски камня).

Примечания: 1. Для плотин III и IV классов допускается принимать осадку каменной наброски равной 3% высоты плотины неуплотненной и 1,5% — уплотненной водой с помощью гидромониторов, а осадку каменной насыпи — 0,5% высоты плотины.

2. Для каменнонабросных плотин с экраном наброска камня должна быть особенно плотной в пределах верхового клина плотины.

3. При расчете осадок плотины следует учитывать, что около 80% расчетной осадки каменной наброски происходит в период строительства плотины, а остальная часть осадки заканчивается во время эксплуатации.

5.16. Горизонтальные смещения плотин следует оценивать на основе аналогов плотин, построенных в подобных условиях и такой же конструкции. Для предварительных оценок горизонтальных смещений гребня плотины следует принимать их равными осадке гребня плотины после наполнения водохранилища.

Примечание. Возможность трещинообразования в ядре плотин I и II классов следует оценивать на основании расчета.

5.17. При проектировании плотин с ядром необходимо учитывать деформации береговых склонов.

5.18. Плиты крепления откосов плотин следует проверять на прочность от воздействия максимального волнового давления.

Максимальное местное давление разбитой волны, а также распределение волнового давления по откосу следует определять по нормативному документу на проектирование гидротехнических сооружений, подверженных волновым и ледовым воздействиям.

5.19. Расчет устойчивости боковых призм земляных намывных плотин с ядром из глинистого грунта надлежит выполнять с учетом консолидации ядра.

5.20. Давление в порах глинистых грунтов (поровое давление консолидации), возникающее в процессе их уплотнения под влиянием приложенных к ним внешних сил и собственного веса, надлежит учитывать при расчетах устойчивости откосов и осадки земляных насыпных и намывных плотин и противофильтрационных устройств (ядро, экран) каменно-земляных плотин, высота которых превышает 40 *м*.

5.21. Поровое давление от консолидации грунта при расчетах плотин, высота которых меньше 40 *м*, следует учитывать в случаях возведения плотин:

а) при намыве или отсыпке грунта в воду;

б) при возведении плотин из маловодопроницаемого грунта;

в) при возведении их на основании, сложенном глинистыми грунтами мягкопластичной, текучепластичной и текучей консистенции.

5.22. Расчет порового давления в глинистом грунте тела, ядра, экрана и основания земляных и каменно-земляных плотин следует производить в случаях, когда коэффициент фильтрации грунта $k_ф < (5 \div 10)\,10^{-6}$ *см/сек* и степень влажности его $G \geqslant 0{,}85$.

5.23. Поровое давление при консолидации грунтов следует определять расчетами по теории уплотнения земляной среды.

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

5.24. При расчетах порового давления от консолидации грунтов в ядрах каменно-земляных плотин высотой более 70 *м* следует учитывать напряженное состояние сооружения в соответствии с требованиями пп. 5.25 и 5.26.

5.25. Напряжения в теле каменно-земляных или каменнонабросных плотин следует определять для учета в последующих расчетах порового давления, а также деформаций.

5.26. Подбор материалов для соответствующих зон плотины и оценку условий работы ядра (экрана) на контакте его со скалой следует принимать с учетом напряженного состояния сооружения.

Расчеты напряженного состояния надлежит выполнять для каменно-земляных и каменнонабросных плотин I и II классов высотой более 70 *м*. При расчетах допускается использование зависимостей линейной и нелинейной теории упругости или модели зернистой среды.

Действующие силы следует определять от собственного веса каменной наброски и гидростатического давления воды, действующего на плотину.

В случаях, оговоренных в пп. 5.12—5.17, 5.20—5.24, учет перераспределения напряжений в теле и основании плотины является обязательным.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 3

Расчетные характеристики грунтов 5

2. ЗЕМЛЯНЫЕ НАСЫПНЫЕ ПЛОТИНЫ 6

Требования к материалам 7
Очертание откосов и гребень плотин 8
Крепления откосов 9
Противофильтрационные устройства 11
Дренажные устройства 13
Обратные фильтры 15
Сопряжения тела плотины с основанием, берегами и бетонными сооружениями . . 16

3. ЗЕМЛЯНЫЕ НАМЫВНЫЕ ПЛОТИНЫ 17

Требования к материалам 18
Фракционирование грунта в теле плотины 19
Очертания и крепления откосов плотин 20

4. КАМЕННО-ЗЕМЛЯНЫЕ И КАМЕННОНАБРОСНЫЕ ПЛОТИНЫ 20

Требования к материалам 21
Очертания откосов плотин 22
Противофильтрационные устройства 22
Требования к основаниям плотин, сопряжение плотин с основанием 24

5. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА ПЛОТИН 24

ГОССТРОЙ СССР

Строительные нормы и правила

Часть II

Нормы проектирования

Глава 53

Плотины из грунтовых материалов

СНиП II-53-73

* * *

Редактор издательства Л. Г. Бальян
Технические редакторы В. М. Родионова, Н. Г. Бочкова,
Т. В. Кузнецова
Корректоры И. В. Медведь
Г. А. Кравченко

Сдано в набор 27.IX. 1973 г. Подписано к печати 26.II. 1974 г.
Формат 84×108$^{1}/_{16}$ д. л. Бумага типографская № 3.
3,36 усл. печ. л. (уч.-изд. 3,4 л.)
Тираж 40 000 экз. Изд. № XII-4513 Зак. № 590 Цена 17 к.

Стройиздат
103777, Москва, К-31, Кузнецкий мост, д. 9
Подольская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Подольск, ул. Кирова, 25

gost.e-ecolog.ru