

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

Составители **О.Г. Савичев, Е.Ю. Пасечник**

Издательство
Томского политехнического университета
2025

УДК 69(075.8)

ББК 38.6я73

О-75

О-75 Основы проектирования и эксплуатации зданий и сооружений : учебное пособие / сост. О.Г. Савичев, Е.Ю. Пасечник ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2025. – 229 с.

ISBN 978-5-4387-1243-5

В пособии рассмотрены основные вопросы проектирования и эксплуатации зданий и сооружений, связанных с природообустройством и водопользованием, применительно к задачам инженерных изысканий для строительства. Изложены основные термины и определения, приведены упражнения для закрепления теоретических знаний и приобретения практических навыков. Особое внимание уделено системам инженерной защиты территорий, водоснабжения и водоотведения, комплексным гидроузлам.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению 20.04.02 «Природообустройство и водопользование» (магистры), и специалистов в области природообустройства, водного хозяйства, гидрологии, гидрогеологии, гидрохимии, геоэкологии.

УДК 69(075.8)

ББК 38.6я73

Рецензенты

Доктор геолого-минералогических наук
директор Томского филиала Института нефтегазовой геологии
и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН
О.Е. Лепокурова

Кандидат технических наук
начальник отдела безопасности предприятий топливного
цикла ФБУ «Научно-технический центр по ядерной
и радиационной безопасности»
А.В. Понизов

ISBN 978-5-4387-1243-5

© Составление. ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2025

© Савичев О.Г., Пасечник Е.Ю.,
составление, 2025

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2025

ВВЕДЕНИЕ

Основы проектирования и эксплуатации зданий и сооружений рассматриваются в данном пособии в аспектах, интересных для специалистов в области инженерных изысканий, для которых важно понимать задачи градостроительной деятельности и свою роль в их решении.

Согласно [27], под градостроительной деятельностью понимается деятельность по развитию территорий, в том числе городов и иных поселений, осуществляемая в виде:

- территориального планирования;
- градостроительного зонирования;
- планировки территории;
- архитектурно-строительного проектирования;
- строительства;
- капитального ремонта;
- реконструкции;
- сноса объектов капитального строительства (зданий, строений, сооружений, объектов, строительство которых не завершено);
- эксплуатации зданий и сооружений;
- комплексного развития территорий и их благоустройства.

Среди объектов капитального строительства различают: а) объекты производственного назначения – здания, строения, сооружения производственного назначения, в том числе объекты обороны и безопасности, за исключением линейных объектов; б) объекты непроизводственного назначения – здания, строения, сооружения жилищного фонда, социально-культурного и коммунально-бытового назначения, а также иные объекты капитального строительства непроизводственного назначения; в) линейные объекты – трубопроводы, автомобильные и железные дороги, линии электропередачи и др. [45].

При изучении основ проектирования и эксплуатации зданий и сооружений необходимо разобраться с основными понятиями [27, 81]:

1) *территориальное планирование* – это планирование развития территорий, в том числе для установления функциональных зон (зон, для которых документами территориального планирования определены границы и функциональное назначение), определения планируемого размещения объектов федерального значения, объектов регионального значения, объектов местного значения;

2) *градостроительное зонирование* – это зонирование территорий муниципальных образований в целях определения территориальных зон (зон, для которых в правилах землепользования и застройки – документах градостроительного зонирования – определены границы и сформулированы градостроительные регламенты) и установления градостроительных

регламентов (назначаемых в пределах границ соответствующей территориальной зоны видов разрешенного использования земельных участков и того, что находится над и под поверхностью земельных участков и используется в процессе их застройки и последующей эксплуатации);

3) *планировка территории* – подготовка документации в целях обеспечения устойчивого развития территорий, в том числе выделения элементов планировочной структуры, установления границ земельных участков, установления границ зон планируемого размещения объектов капитального строительства;

4) *архитектурно-строительное проектирование* – деятельность по подготовке проектной документации, рабочей документации применительно к объектам капитального строительства и их частям, строящимся, реконструируемым в границах принадлежащего застройщику или иному правообладателю земельного участка;

5) *строительство* – это создание зданий, строений, сооружений, в том числе на месте сносимых объектов капитального строительства;

5.1) *капитальный ремонт* объектов капитального строительства, за исключением линейных объектов, – замена и (или) восстановление строительных конструкций объектов капитального строительства или элементов таких конструкций, за исключением несущих строительных конструкций, замена и (или) восстановление систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения объектов капитального строительства или их элементов, а также замена отдельных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановление указанных элементов;

5.2) *капитальный ремонт* линейных объектов – изменение параметров линейных объектов или их участков (частей), которое не влечет за собой изменение класса, категории и (или) первоначально установленных показателей функционирования таких объектов и при котором не требуется изменение границ полос отвода и (или) охранных зон таких объектов;

5.3) *реконструкция* объектов капитального строительства, за исключением линейных объектов, – изменение параметров объекта капитального строительства, его частей (высоты, количества этажей, площади, объема), в том числе надстройка, перестройка, расширение объекта капитального строительства, а также замена и (или) восстановление несущих строительных конструкций объекта капитального строительства, за исключением замены отдельных элементов таких конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановления указанных элементов;

5.4) *реконструкция* линейных объектов – изменение параметров линейных объектов или их участков (частей), которое влечет за собой изменение класса, категории и (или) первоначально установленных показателей функционирования таких объектов (мощности, грузоподъемности и других) или при котором требуется изменение границ полос отвода и (или) охранных зон таких объектов;

5.5) *снос* объекта капитального строительства – это ликвидация объекта капитального строительства путем его разрушения (за исключением разрушения вследствие природных явлений либо противоправных действий третьих лиц), разборки и (или) демонтажа объекта капитального строительства, в том числе его частей;

б) *эксплуатация зданий и сооружений* – это комплекс мероприятий по содержанию (включая эксплуатационный контроль), обслуживанию и ремонту зданий, сооружений, обеспечивающих их безопасное функционирование и санитарное состояние в соответствии с их функциональным назначением (способностью здания, сооружения сохранять свои функции в течение всего срока эксплуатации);

6.1) *текущее обслуживание* – поддержание надлежащего технического состояния зданий, сооружений в части параметров устойчивости, надежности, а также исправности строительных конструкций, систем инженерно-технического обеспечения, сетей инженерно-технического обеспечения, их элементов в соответствии с требованиями технических регламентов, проектной документации;

6.2) *текущий ремонт* – комплекс мероприятий, осуществляемый в плановом порядке в период расчетного срока службы здания, сооружения в целях восстановления исправности или работоспособности, частичного восстановления его ресурса, установленного нормативными документами и технической документацией, обеспечивающих их нормальную эксплуатацию (эксплуатацию строительного объекта в соответствии с условиями, предусмотренными в строительных нормах или задании на проектирование, включая соответствующее техническое обслуживание, капитальный ремонт и реконструкцию);

6.3) *эксплуатационный контроль* – контроль соответствия параметров технического и санитарного состояния здания, сооружения значениям, обеспечивающим безопасность и проектные условия эксплуатации здания, сооружения [81]; эксплуатационный контроль за техническим состоянием зданий, сооружений проводится путем осуществления периодических осмотров, контрольных проверок и (или) мониторинга состояния оснований, строительных конструкций, систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения в целях оценки

состояния конструктивных и других характеристик надежности и безопасности зданий, сооружений, систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения и соответствия указанных характеристик требованиям технических регламентов, проектной документации [27];

7) *комплексное развитие территорий* – это совокупность мероприятий, выполняемых в соответствии с утвержденной документацией по планировке территории и направленных на создание благоприятных условий проживания граждан, обновление среды жизнедеятельности и территорий общего пользования поселений, городских округов.

В пособии кратко рассматриваются основы двух ключевых видов градостроительной деятельности – проектирования и эксплуатации для получения обучающимися более четкого представления об их информационном обеспечении, а именно целях и задачах инженерных изысканий¹ и эксплуатационного мониторинга (п. 9.3), в том числе в части исследования геосреды, что, согласно [70, 71, 74], соответствует определению геотехнического мониторинга².

При этом следует отметить, что основное назначение пособия – получение необходимых знаний и умений в области архитектурно-строительного проектирования и эксплуатации строительных объектов в той мере, в какой это необходимо для решения задач инженерных изысканий и мониторинга.

¹ Инженерные изыскания – деятельность по изучению природных условий и факторов техногенного воздействия в целях рационального и безопасного использования территорий и земельных участков в их пределах, подготовки данных по обоснованию материалов, необходимых для территориального планирования, планировки территории и архитектурно-строительного проектирования [24].

² Геотехнический мониторинг – комплекс работ, основанный на натурных наблюдениях за поведением конструкций вновь возводимого или реконструируемого сооружения, его основания, в том числе грунтового массива, окружающего (вмещающего) сооружение, и конструкций сооружений окружающей застройки [70, 71, 74].

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

1.1. Состав проектной документации

Согласно [27], архитектурно-строительное проектирование осуществляется путем подготовки проектной и рабочей документации применительно к объектам капитального строительства и их частям, строящимся, реконструируемым в границах принадлежащего застройщику или иному правообладателю (не требуется при строительстве, реконструкции объекта индивидуального жилищного строительства, садового дома) земельного участка. При этом *проектная документация* представляет собой документацию, содержащую материалы в текстовой и графической формах и (или) в форме информационной модели и определяющую архитектурные, функционально-технологические, конструктивные и инженерно-технические решения для обеспечения строительства, реконструкции объектов капитального строительства, их частей, капитального ремонта, а *рабочая документация* – документацию, содержащую материалы в текстовой и графической формах и (или) в форме информационной модели, в соответствии с которой осуществляются строительство, реконструкция объекта капитального строительства, их частей. Рабочая документация разрабатывается на основании проектной документации. Подготовка проектной документации и рабочей документации может осуществляться одновременно.

Необходимость разработки проектной документации на объект капитального строительства применительно к отдельным этапам строительства устанавливается заказчиком и указывается в задании на проектирование, а возможность подготовки проектной документации в отношении отдельных этапов строительства обосновывается расчетами, подтверждающими технологическую возможность реализации принятых проектных решений при осуществлении строительства по этапам. При этом под этапом строительства понимается строительство одного из объектов капитального строительства, строительство которого планируется осуществить на одном земельном участке, если такой объект может быть введен в эксплуатацию и эксплуатироваться автономно, то есть независимо от строительства иных объектов капитального строительства на этом земельном участке, а также строительство части объекта капитального строительства, которая может быть введена в эксплуатацию и эксплуатироваться автономно, то есть независимо от строительства иных частей этого объекта капитального строительства [45].

Проектная документация состоит из текстовой и графической частей, содержащих материалы в текстовой и графической формах и (или) в форме информационной модели. Текстовая часть содержит сведения в отношении объекта капитального строительства, описание принятых технических и иных решений, в том числе значения параметров и другие проектные характеристики зданий, строений и сооружений, направленные на обеспечение выполнения установленных требований, пояснения, ссылки на нормативные и (или) технические документы и (или) исходные данные для проектирования (в том числе результаты инженерных изысканий), используемые при подготовке проектной документации, и результаты расчетов, обосновывающие принятые технические и иные решения. Графическая часть отображает принятые технические и иные решения и выполняется в виде чертежей, схем, планов и других документов в графической форме. Рабочая документация состоит из документов в текстовой форме, рабочих чертежей, спецификации оборудования и изделий [45].

Разделы проектной документации разрабатываются в объеме материалов, содержащих архитектурные, функционально-технологические, конструктивные, инженерно-технические решения и (или) мероприятия, направленные на обеспечение соблюдения:

1) требований технических регламентов, в том числе требований механической, пожарной и иной безопасности, требований энергетической эффективности, требований оснащённости зданий, строений, сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов; требований к зданиям, строениям и сооружениям (в том числе к входящим в их состав сетям и системам инженерно-технического обеспечения), требований к обеспечению доступа инвалидов к объекту капитального строительства (в случае подготовки проектной документации применительно к объектам здравоохранения, образования, культуры, отдыха, спорта и иным объектам социально-культурного и коммунально-бытового назначения, объектам транспорта, торговли, общественного питания, объектам делового, административного, финансового, религиозного назначения, объектам жилищного фонда);

2) санитарно-эпидемиологических требований, требований в области охраны окружающей среды, требований к безопасному использованию атомной энергии, требований промышленной безопасности, требований к обеспечению надежности и безопасности электроэнергетических систем и объектов электроэнергетики, требований антитеррористической защищенности объектов, требований законодательства Российской Федерации об охране объектов культурного наследия (в случае подготовки проектной документации для проведения работ по сохранению объектов культурного наследия, при которых затрагиваются конструктивные и иные характеристики надежности и безопасности таких объектов);

3) требований к процессам проектирования, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации зданий, строений и сооружений;

4) требований технических условий подключения (технологического присоединения) объектов капитального строительства к сетям электро-, газо-, тепло-, водоснабжения и водоотведения, сетям связи (далее – сети инженерно-технического обеспечения);

5) задания застройщика или технического заказчика на проектирование.

В соответствии с [45] имеются определённые отличия в составе и содержании проектной документации на строительство: 1) объектов производственного (за исключением линейных) и непроизводственного назначения; 2) линейных объектов.

1.1.1. Состав проектной документации на объекты капитального строительства производственного и непроизводственного назначения

Согласно [45], в состав проектной документации для строительства объектов капитального строительства производственного и непроизводственного назначения, а также проектной документации, подготовленной в отношении отдельных этапов строительства объектов капитального строительства производственного и непроизводственного назначения, в обязательном порядке включаются следующие разделы:

- пояснительная записка;
- схема планировочной организации земельного участка;
- объемно-планировочные и архитектурные решения;
- конструктивные решения;
- сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения;
- технологические решения (для объектов капитального строительства непроизводственного назначения разрабатывается в случае наличия требования о его разработке в задании на проектирование);
- проект организации строительства, содержащий в том числе проект организации работ по сносу объектов капитального строительства, их частей (при необходимости сноса объектов капитального строительства, их частей для строительства, реконструкции других объектов капитального строительства);
- мероприятия по охране окружающей среды;
- мероприятия по обеспечению пожарной безопасности;
- требования к обеспечению безопасной эксплуатации объектов капитального строительства;
- мероприятия по обеспечению доступа инвалидов к объекту капитального строительства;

- смета на строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, снос объекта капитального строительства;

- иная документация в случаях, предусмотренных законодательными и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Раздел 5 проектной документации – Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения – должен состоять из следующих подразделов:

- система электроснабжения;
- система водоснабжения;
- система водоотведения;
- отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети;
- сети связи;
- система газоснабжения.

1.1.2. Состав проектной документации на линейные объекты капитального строительства

Согласно [45], в состав проектной документации для строительства линейных объектов или на отдельные этапы строительства линейных объектов в обязательном порядке включаются следующие разделы:

- пояснительная записка;
 - проект полосы отвода (разрабатывается в соответствии с проектом планировки территории, за исключением случаев, при которых для строительства линейного объекта не требуется подготовка документации по планировке территории);
 - технологические и конструктивные решения линейного объекта.
- Искусственные сооружения;
- здания, строения и сооружения, входящие в инфраструктуру линейного объекта;
 - проект организации строительства, содержащий в том числе проект организации работ по сносу объектов капитального строительства, их частей (при необходимости такого сноса объектов капитального строительства, их частей для строительства, реконструкции других объектов капитального строительства);
 - мероприятия по охране окружающей среды;
 - мероприятия по обеспечению пожарной безопасности;
 - требования к обеспечению безопасной эксплуатации линейного объекта;
 - смета на строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, снос объекта капитального строительства;
 - иная документация в случаях, предусмотренных законодательными и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

1.2. Цель и задачи инженерных изысканий. Задание на выполнение работ и программа инженерных изысканий

Проектная документация разрабатывается на основе инженерных изысканий. Согласно [93] инженерные изыскания являются обязательной частью градостроительной деятельности, обеспечивающей комплексное изучение природных условий территории (региона, района, площадки, участка, трассы) и факторов техногенного воздействия на территорию объектов капитального строительства (что и составляет цель изысканий) для решения следующих задач: 1) установления функциональных зон и определения планируемого размещения объектов при территориальном планировании; 2) выделения элементов планировочной структуры территории и установления границ земельных участков, на которых предполагается расположить объекты капитального строительства, включая линейные сооружения; 3) определения возможности строительства объекта; 4) выбора оптимального места размещения площадок (трасс) строительства; 5) принятия конструктивных и объемно-планировочных решений; 6) составления прогноза изменений природных условий; 7) разработки мероприятий инженерной защиты от опасных природных процессов; 8) ведения государственного фонда материалов и данных инженерных изысканий и формирования информационных систем обеспечения градостроительной деятельности всех уровней.

Выделяют основные и специальные виды изысканий (рис. 1.1).

Инженерные изыскания проводятся: 1) для подготовки документов территориального планирования; 2) подготовки документации по планировке территории; 3) выбора площадок (трасс) для строительства; 4) архитектурно-строительного проектирования; 5) строительства и реконструкции объектов капитального строительства; 6) капитального ремонта автомобильных дорог общего пользования [93].

Инженерные изыскания выполняются в соответствии с заданием (составленным и утверждённым заказчиком, согласованным исполнителем) – организационно-распорядительным документом, содержащим основные сведения об объекте изысканий и основные требования к материалам и результатам инженерных изысканий. Эти требования должны обеспечивать получение достоверных и достаточных данных, необходимых для установления проектных значений параметров и других проектных характеристик здания или сооружения, а также проектируемых мероприятий по обеспечению его безопасности. Задание выдается на весь комплекс инженерных изысканий, выполняемых на объекте, или раздельно по видам и этапам (законченными частями работ вида/видов инженерных изысканий, включая полевые, лабораторные и камеральные работы, позволяющим решить отдельные задачи при подготовке документов) выполнения инженерных изысканий [93].



Рис. 1.1. Виды инженерных изысканий [47]

В соответствии с заданием исполнителем разрабатывается программа инженерных изысканий – основной организационно-руководящий, технический и методический документ при выполнении инженерных изысканий, согласовывается заказчиком и утверждается исполнителем. В программе определяются и обосновываются состав и объем работ, методы выполнения с учетом сложности природных условий, степени их изученности, вида градостроительной деятельности, этапа выполнения инженерных изысканий, вида и назначения сооружения. Программа должна включать следующие основные разделы: 1) Общие сведения; 2) Изученность территории; 3) Краткая характеристика района работ; 4) Состав и виды работ, организация их выполнения; 5) Контроль качества и приемка работ; 6) Используемые документы и материалы; 7) Представляемые отчетные материалы. К программе инженерных изысканий должны прилагаться: копия задания, а также текстовые и графические приложения, необходимые для выполнения инженерных изысканий, в том числе обосновывающие объемы работ.

По окончании инженерных изысканий земельные участки должны быть приведены в состояние, пригодное для их использования по целевому назначению, инженерно-геологические выработки ликвидированы (за исключением инженерно-геологических скважин, пройденных на континентальном шельфе), если в соответствии с программой не запланировано их использование для проведения стационарных наблюдений в дальнейшем [93].

Более подробно состав и содержание отдельных видов инженерных изысканий рассматриваются в [85, 92, 94, 95].

1.3. Общие подходы к проектированию сооружений и конструкций в их составе

Результатом строительной деятельности, предназначенным для осуществления определенных потребительских функций, является строительное *сооружение* (далее – сооружение) – термин, который может относиться к *зданиям* (результатам строительной деятельности, предназначенным для проживания и/или деятельности людей, размещения производства, хранения продукции или содержания животных), мостам, резервуарам или любым другим результатам строительной деятельности. Более общее понятие – *строительный объект* – строительное сооружение, здание, помещение, строительная конструкция, строительное изделие или основание. Под последним понимается часть массива грунта, взаимодействующая с конструкцией сооружения, воспринимающая воздействия, передаваемые через фундамент и подземные части сооружения и передающая на сооружение техногенные и природные воздействия от внешних источников [21].

Часть сооружения, выполняющая определенные функции, называется строительной конструкцией [21]. Строительные конструкции в общем случае разделяют на классы: 1) по функциональному назначению (несущие (основные и вспомогательные); ограждающие; совмещающие функции несущих и ограждающих); 2) по уровню ответственности (повышенный, нормальный, пониженный) [17, 22].

Использование материалов в строительных конструкциях определяется требованиями к надежности, которая характеризуется способностью выполнять требуемые функции в течение периода эксплуатации [21], легкостью, долговечностью, индустриальностью, прочностью, устойчивостью и непроницаемостью (при обычных условиях эксплуатации) конструкций [39, 69].

Строительные конструкции и материалы, из которого они изготовлены, должны быть спроектированы исходя из недопущения ни одного из предельных состояний – состояний, при превышении параметров которых эксплуатация объекта недопустима, затруднена или нецелесообразна [21, 39, 69].

Соблюдение этого условия составляет суть расчетов по методу предельных состояний прочности, устойчивости, деформаций и смещений [96] с соблюдением требований к двум группам предельных состояний.

В первом случае оценивается состояние строительных объектов, при котором происходит потеря несущей способности строительных конструкций и возникает аварийная расчетная ситуация (т. е. при расчете сооружений учитывается комплекс неблагоприятных условий, которые могут возникнуть при его возведении и эксплуатации). Сюда относят следующие состояния объекта:

- 1) разрушение любого характера (например, пластическое, хрупкое, усталостное);
- 2) потеря устойчивости отдельных конструктивных элементов или сооружения в целом;
- 3) наступление условий, при которых возникнет необходимость прекращения эксплуатации (например, чрезмерные деформации в результате деградации свойств материала и пластичности, сдвига в соединениях, а также чрезмерное раскрытие трещин).

Во втором случае оценивается состояние, при котором нарушается нормальная эксплуатация, исчерпывается ресурс долговечности (достижение предельных деформаций конструкций (например, предельных прогибов, углов поворота) или предельных деформаций оснований, устанавливаемых исходя из технологических, конструктивных или эстетико-психологических требований; достижение предельных уровней колебаний конструкций или оснований, нарушающих нормальную работу оборудования или вызывающих вредные для здоровья людей физиологические воздействия; образование трещин, не нарушающих нормальную эксплуатацию строительного объекта; достижение предельной ширины раскрытия трещин; другие явления, при которых возникает необходимость ограничения во времени эксплуатации сооружения из-за нарушения работы оборудования, неприемлемого снижения эксплуатационных качеств или расчетного срока службы сооружения, например коррозионные повреждения). Кроме того, могут рассматриваться особые предельные состояния – состояния, возникающие при особых воздействиях и ситуациях, превышение которых приводит к разрушению сооружений с катастрофическими последствиями. Предельные состояния могут быть отнесены как к конструкции в целом, так и к отдельным элементам и их соединениям [21].

Расчет строительных объектов по предельным состояниям следует проводить с учетом: 1) их расчетного срока службы; 2) прочностных и деформационных характеристик материалов, устанавливаемых в норматив-

ных документах или задании на проектирование, а для грунтов – по результатам инженерно-геологических изысканий; 3) наиболее неблагоприятных вариантов распределения нагрузок, воздействий и их сочетаний, которые могут возникнуть при возведении и эксплуатации сооружений; 4) неблагоприятных последствий в случае достижения строительным объектом предельных состояний; 5) деградации свойств материалов; 6) условий изготовления конструкций, возведения сооружений и особенностей их эксплуатации [21].

Сооружения и их функциональные части (конструкции) испытывают нагрузки (внешние механические силы, включая вес конструкций, оборудования, людей, снега и так далее, действующие на строительные объекты) и воздействия (влияние на строительный объект окружающей среды, в том числе действие ветра и температурных изменений, осадка оснований, смещение опор, деградация свойств материалов во времени и иные эффекты, вызывающие изменение напряженно-деформированного состояния) [21].

Согласно [77, 96] различают нагрузки: 1) постоянные (вес частей сооружений, вес и давление грунтов, горное давление, гидростатическое давление); 2) временные: длительные, кратковременные; 3) особые, создающие аварийные ситуации с возможными катастрофическими последствиями. В зависимости от ответной реакции строительного объекта нагрузки и воздействия подразделяют: 1) на статические, при действии которых допускается не учитывать ускорения и силы инерции строительных объектов; 2) динамические, при действии которых следует учитывать ускорения и силы инерции строительных объектов [21].

Различают нормативные (основная характеристика, которая устанавливается в нормативных документах) и расчетные (пределы в течение срока эксплуатации объекта, устанавливаемые для возможных неблагоприятных условий) значения нагрузок и свойств материалов. Последние (то есть расчетные) в общем случае устанавливаются по соотношению

$$\gamma_{lc} \cdot F \leq \frac{R}{\gamma_n}, \quad (1.1)$$

где γ_{lc} – коэффициент сочетания нагрузок; F – расчетное значение силового воздействия или иного параметра с учетом коэффициента надежности по нагрузке γ_f ; R – расчетное значение обобщенной несущей способности, деформации или иного параметра с учетом коэффициентов надежности по материалу γ_m , по грунту γ_g , условий работы γ_c ; γ_n – коэффициент надежности [21, 73, 96].

1.4. Общие сведения о гидротехнических сооружениях

Природообустройство и водопользование представляют собой взаимосвязанные и взаимодополняющие виды деятельности, направленные на рациональное использование природных ресурсов, их восстановление и охрану. Их техническая реализация осуществляется, как правило, с помощью гидротехнических сооружений (сооружений, подвергающихся воздействию водной среды, предназначенных для использования и охраны водных ресурсов, предотвращения вредного воздействия вод, в том числе загрязненных жидкими отходами [89]) и водохозяйственных систем (комплексов взаимосвязанных водных объектов и гидротехнических сооружений, предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны вод [6]).

Гидротехнические сооружения включают: 1) плотины, здания гидроэлектростанций (ГЭС), гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС) и приливных электростанций (ПЭС); 2) водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, насосные станции, судоходные шлюзы, судоподъемники, доки; 3) сооружения, предназначенные для защиты от наводнений; 4) сооружения, предназначенные для защиты от разрушений берегов морей и озер, берегов и дна рек и водохранилищ; 5) устройства защиты от размывов на каналах; 6) струенаправляющие и оградительные сооружения; 7) сооружения (дамбы), ограждающие золо- и шлакоотвалы и хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций; 8) набережные, пирсы, причальные сооружения портов; 9) сооружения морских нефтегазопромыслов, системы гидротранспорта отходов и стоков, подачи осветленной воды, сооружения систем технического водоснабжения, за исключением объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, предусмотренных [42] (сооружения систем водоснабжения, канализационных систем, очистных сооружений, систем водоподготовки). Комплексы гидротехнических сооружений, объединенных по расположению и совместному функционированию, составляют гидроузлы [89].

Согласно [96] гидротехнические сооружения подразделяют на постоянные и временные. К временным относятся сооружения, используемые только в период строительства и ремонта постоянных сооружений, а постоянные в зависимости от их назначения подразделяют: 1) на основные, к которым относят гидротехнические сооружения, повреждение или разрушение которых приводит к нарушению или прекращению нормальной работы электростанций, прекращению или уменьшению подачи воды для

водоснабжения и орошения, затоплению и подтоплению защищаемой территории, прекращению или сокращению судоходства, деятельности речного и морского портов, судостроительных и судоремонтных предприятий; может привести к прекращению добычи или к выбросу нефти и газа из морских скважин, хранилищ, трубопроводов, загрязнению окружающей среды вредными веществами; 2) второстепенные, к которым относят гидротехнические сооружения, разрушение или повреждение которых не влечет за собой указанных последствий. Представление информации о ГТС осуществляется на основе их классификации (рис. 1.2) [48].

В зависимости от высоты и типа грунтов основания, социально-экономической ответственности и последствий возможных аварий гидротехнические сооружения подразделяют на классы ответственности. Класс ответственности гидротехнического сооружения назначается в составе проектной документации, разработанной проектной организацией [21]. В соответствии с [58, 96] гидротехнические сооружения подразделяются на следующие классы:

- I класс – гидротехнические сооружения чрезвычайно высокой опасности;
- II класс – гидротехнические сооружения высокой опасности;
- III класс – гидротехнические сооружения средней опасности;
- IV класс – гидротехнические сооружения низкой опасности.

Если гидротехническое сооружение может быть отнесено к разным классам, то такое гидротехническое сооружение относится к наиболее высокому из них [96].

Применительно к гидротехническим сооружениям и конструкциям в их составе определения надежности и безопасности формулируются следующим образом: *надежность гидротехнического сооружения* – интегральное свойство гидротехнического сооружения, характеризующее его способность выполнять требуемые функции при установленных режимах и условиях эксплуатации, технического обслуживания и ремонта в течение заданного периода времени, сохраняя при этом в установленных пределах значения всех параметров, определяющих эти функции; *безопасность гидротехнического сооружения* – свойство гидротехнического сооружения, определяющее его защищенность от внутренних и внешних угроз или опасностей и препятствующее возникновению на объекте источника техногенной опасности для жизни, здоровья и законных интересов людей, состояния окружающей среды, хозяйственных объектов и собственности [72].

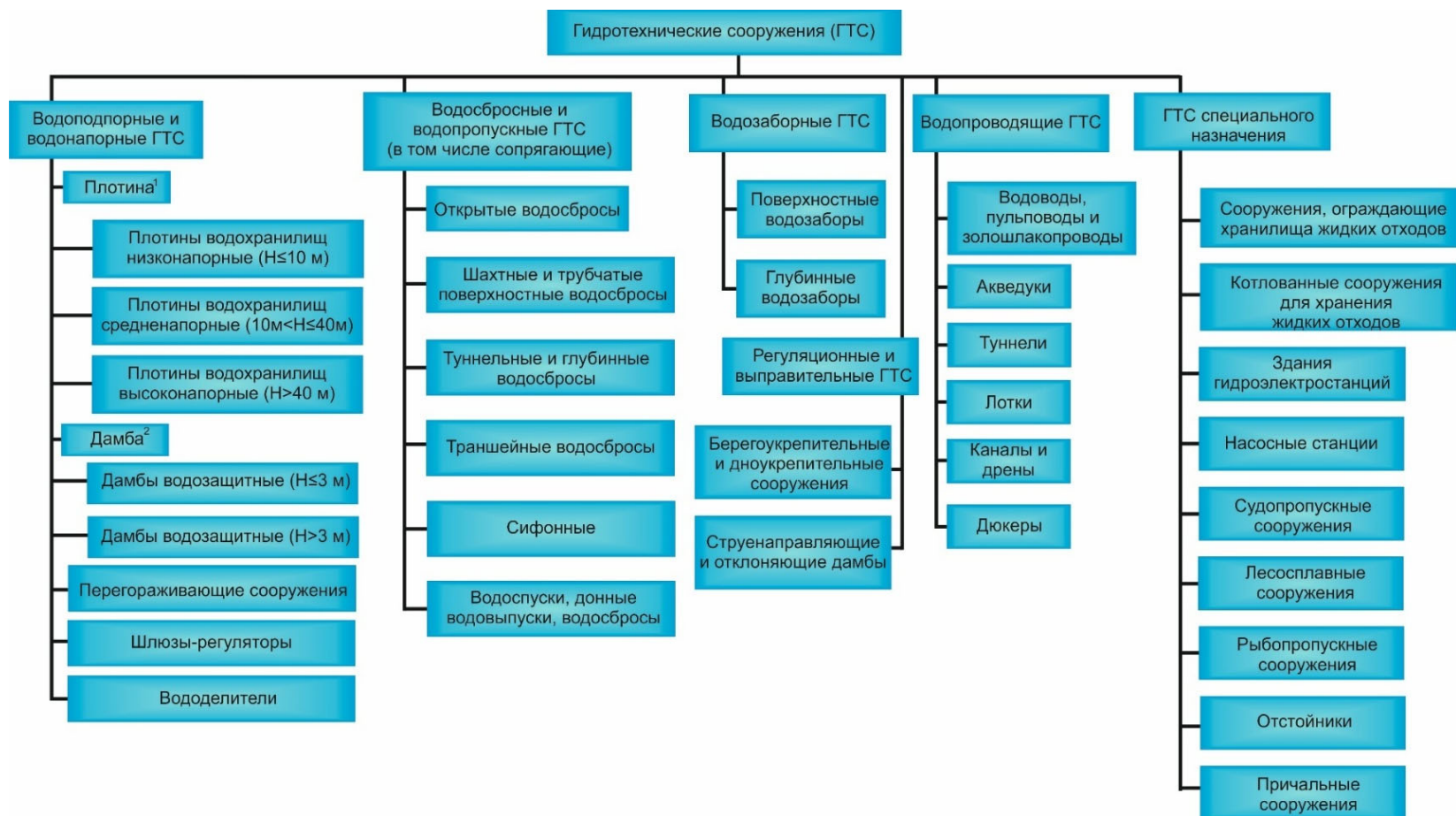


Рис. 1.2. Классификация по видам и типам ГТС [48]

³ Плотина – водоподпорное сооружение, перегораживающее водоток и его долину для подъема уровня воды [15].

⁴ Дамба – гидротехническое сооружение для защиты территории от затопления, ограждения искусственных водоемов и водотоков, направленного отклонения потока воды [72].

При учете нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения применяют следующую их классификацию:

1) постоянные и временные нагрузки и воздействия (длительные и кратковременные): 1.1) собственный вес конструкции и сооружения; 1.2) вес постоянного технологического оборудования (затворов, гидроагрегатов, трансформаторов и др.), место расположения которого на сооружении не изменяется в процессе эксплуатации; 1.3) давление воды непосредственно на поверхность сооружения и основания; силовое воздействие фильтрующейся воды, включающее объемные силы фильтрации и взвешивания в водонасыщенных частях сооружения и основания и противодействие на границе водонепроницаемой части сооружения при НПУ и нормальной работе противофильтрационных и дренажных устройств; 1.4) вес грунта и его боковое давление; горное давление; давление грунта, возникающее вследствие деформации основания и конструкции, вызываемой внешними нагрузками и температурными воздействиями; 1.5) давление от намытого золошлакового, шламового материала и т. п.; 1.6) давление отложившихся наносов; 1.7) нагрузки от предварительного напряжения конструкций; 1.8) нагрузки, вызванные избыточным поровым давлением незавершенной консолидации в водонасыщенном грунте при НПУ и нормальной работе противофильтрационных и дренажных устройств; 1.9) температурные воздействия строительного и эксплуатационного периодов, определяемые для года со средней амплитудой колебания среднемесячных температур наружного воздуха; 1.10) нагрузки от перегрузочных и транспортных средств и складированных грузов, а также другие нагрузки, связанные с эксплуатацией сооружения; 1.11) нагрузки и воздействия от волн при расчетном шторме; 1.12) нагрузки и воздействия от льда и ледяного покрова при расчетных ледовых условиях; 1.13) нагрузки от судов (вес, навал, швартовные и ударные) и от плавающих тел; 1.14) снеговые и ветровые нагрузки; 1.15) нагрузки от подъемных и других механизмов (мостовых и подвесных кранов и т. п.); 1.16) давление от гидравлического удара в период нормальной эксплуатации; 1.17) динамические нагрузки при пропуске расходов по безнапорным и напорным водоводам при НПУ;

2) особые нагрузки и воздействия: 2.1) давление воды непосредственно на поверхности сооружения и основания; силовое воздействие фильтрующейся воды, включающее объемные силы фильтрации и взвешивания в водонасыщенных частях сооружения и основания и противодействие на границе водонепроницаемой части сооружения; нагрузки,

вызванные избыточным поровым давлением незавершенной консолидации в водонасыщенном грунте, при форсированном уровне верхнего бьефа и нормальной работе противofильтрационных или дренажных устройств или при НПУ верхнего бьефа и нарушении нормальной работы противofильтрационных или дренажных устройств; 2.2) температурные воздействия строительного и эксплуатационного периодов, определяемые для года с наибольшей амплитудой колебания среднемесячных температур наружного воздуха; 2.3) нагрузки и воздействия от волн для особых условий волнения; 2.4) нагрузки и воздействия от ледяного покрова при прорыве заторов и зажоров на реках и для особых ледовых условий в акваториях морей, озер и водохранилищ; 2.5) давление от гидравлического удара при полном сбросе нагрузки; 2.6) динамические нагрузки при пропуске расходов по безнапорным и напорным водоводам при форсированном уровне верхнего бьефа; 2.7) сейсмические воздействия; 2.8) динамические нагрузки от взрывов; 2.9) гидродинамическое и взвешивающее воздействия, обусловленные цунами.

1.5. Классификация плотин. Элементы плотины

Согласно [15], плотина – это водоподпорное сооружение, перегораживающее водоток и его долину для подъема уровня воды (рис. 1.3).

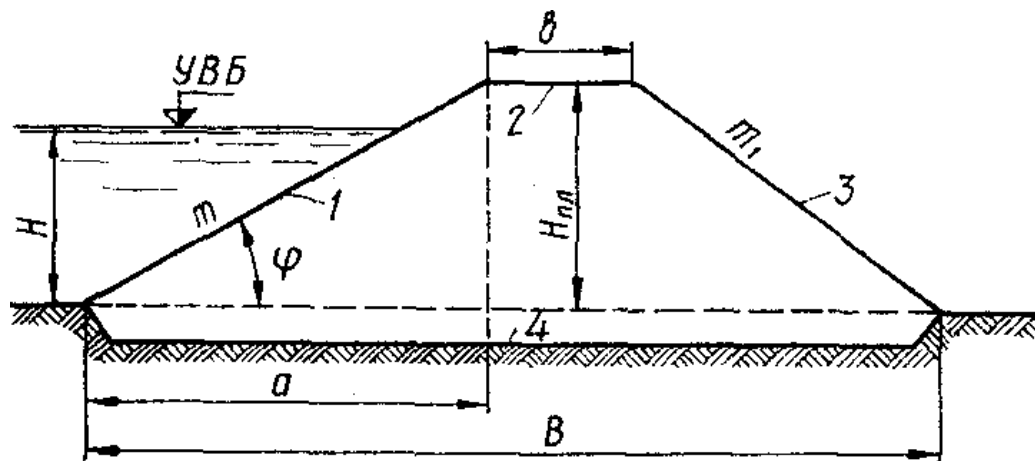


Рис. 1.3. Поперечный профиль земляной плотины из однородного грунта:
1 – верховой откос; 2 – гребень; 3 – низовой откос; 4 – основание; $m = a/H_{пл} = \text{ctg } \varphi$,
где a – заложение основания; $H_{пл}$ – высота плотины

В составе плотины выделяют следующие элементы (особые участки), характеризующиеся рядом параметров [72]:

- *тело плотины* – основная часть плотины (понятие не определено в [15, 72]);

- *напорный фронт* – совокупность водоподпорных сооружений, воспринимающих напор (длина напорного фронта – протяженность напорного фронта, измеряемая по гребню водоподпорных сооружений);
- *подошва плотины (дамбы)* – нижняя граничная поверхность тела плотины (дамбы), примыкающая к основанию (ширина подошвы плотины (дамбы) – расстояние по горизонтали между теоретическими линиями пересечения верховой и низовой грани (откоса) плотины (дамбы) с ее подошвой);
- *гребень плотины (дамбы)* – верхняя часть тела плотины (дамбы) (высота плотины (дамбы) – расстояние по вертикали от отметки гребня до подошвы плотины в данном поперечном разрезе; максимальная высота плотины (дамбы) – расстояние по вертикали от отметки гребня до наинизшей отметки подошвы плотины (дамбы); превышение гребня плотины (дамбы) – расстояние по вертикали от отметки гребня плотины (дамбы) до форсированного подпорного уровня воды).
- *верховая грань плотины* – поверхность плотины (бетонной, из каменной кладки, деревянной) со стороны верхнего бьефа (бьеф – часть водотока, примыкающая к водоподпорному сооружению; верхний бьеф – бьеф с верховой стороны водоподпорного сооружения);
- *низовая грань плотины* – поверхность плотины (бетонной, из каменной кладки, деревянной) со стороны нижнего бьефа (нижний бьеф – бьеф с низовой стороны водоподпорного сооружения);
- *верховой откос плотины* – поверхность плотины из грунтовых, каменных или других материалов со стороны верхнего бьефа;
- *низовой откос плотины* – поверхность плотины из грунтовых, каменных или других материалов со стороны нижнего бьефа;
- *крепление откоса плотины* – защитное покрытие откоса, выполняемое из каменной наброски или мощения, бетонных или железобетонных плит и прочих материалов, а также посадкой травы;
- *берма* – горизонтальная площадка на откосах грунтовых плотин, каналов, насыпей и выемок грунта;
- *участок высачивания* – участок выхода (разгрузки) фильтрационного потока на открытую поверхность сооружения или основания;
- *противофильтрационное устройство* – слабопроницаемый конструктивный элемент напорного гидротехнического сооружения, создаваемый, согласно [90], из слабопроницаемых грунтов (глинистых и мелкозернистых песчаных, глиноцементобетона (ГЦБ), глинобетона, а также торфа) или негрунтовых материалов (бетона, железобетона, стали, полимерных, битумных материалов и др.) в виде верховой или центральной

противофильтрационной призмы, экрана, диафрагмы, ядра, понура, шпунта, стенки, в том числе создаваемой методом «стена в грунте», цементационной и других завес, а при соответствующем обосновании – в виде комбинированной конструкции из грунтовых и негрунтовых материалов (экран – противофильтрационное устройство со стороны напорной грани плотины; ядро – противофильтрационное устройство из слабопроницаемого грунтового материала в центральной части поперечного сечения плотины; диафрагма – противофильтрационное устройство из негрунтовых материалов в центральной части поперечного сечения плотины; противофильтрационная завеса – искусственная преграда в основании сооружения, ограничивающая фильтрацию воды через грунт; понур – водонепроницаемое или малопроницаемое покрытие основания водоподпорного сооружения со стороны верхнего бьефа);

- *зуб плотины* – частичное заглубление водопорного элемента в основание плотины в целях повышения ее устойчивости или увеличения фильтрационной прочности;

- *деформационный шов* – элемент бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений, обеспечивающий при сохранении водонепроницаемости свободу деформаций их отдельных секций при неравномерной осадке основания, изменении температуры, усадке бетона в период отвердения или при изменении внешних нагрузок (уплотнение деформационного шва – элемент в шве, обеспечивающий его водонепроницаемость; шпонка – местное уширение в деформационном шве, полость которого заливается в горячем состоянии асфальтовой мастикой, литым асфальтовым раствором или другими герметиками; диафрагмы-компенсаторы – листы металла, резины и пластических масс, плотно забетонированные внутрь бетона секций сооружения, образующих шов; смотровые шахты и галереи – шахты и галереи в теле гидротехнических сооружений для наблюдения за состоянием деформационного шва и ремонта уплотнения).

В соответствии с [48] выделяют водоподпорные и водонапорные гидротехнические сооружения, а в их составе: плотины водохранилищ низконапорные ($H \leq 10$ м); плотины водохранилищ средненапорные ($10 \text{ м} < H \leq 40$ м); плотины водохранилищ высоконапорные ($H > 40$ м); дамбы водозащитные ($H \leq 3$ м); дамбы водозащитные ($H > 3$ м); перегородивающие сооружения; шлюзы-регуляторы; вододелители.

Плотины, согласно [48], подразделяются в зависимости от материалов на плотины из местных материалов (согласно [СО 34.21.308–2005] –

плотины из грунтовых материалов); плотины бетонные и железобетонные; плотины деревянные.

Согласно [72], плотиной из грунтовых материалов называют **грунтовую плотину**, понимая под грунтом любые горные породы, почвы, осадки и техногенные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы и часть геологической среды и изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека [17]. Обычно возводят грунтовые плотины с использованием крупнообломочных грунтов и земляные, т. е. плотины из грунтовых материалов: глинистых, песчаных, гравелисто-галечных грунтов [72].

В соответствии с [90] плотины из грунтовых материалов в зависимости от материала их тел и противофильтрационных устройств, а также способов возведения подразделяют на следующие типы:

1. Земляная насыпная – плотина из грунтов от глинистых до гравийно-галечниковых, возводимая путем отсыпки насухо с уплотнением или в воду; земляные насыпные плотины по конструкции тела и противофильтрационных устройств в теле и основании подразделяются на несколько видов (табл. 1.1, рис. 1.4).

Таблица 1.1

Виды земляных насыпных плотин [90]

Элементы плотины	Вид плотины
Тело плотины	Однородная (рис. 1.4, а) Неоднородная (рис. 1.4, б, в, д, ж) с экраном из негрунтовых материалов (рис. 1.4, з) С грунтовым ядром (вертикальным или наклонным), (рис. 1.4, д) С негрунтовой диафрагмой (рис. 1.4, е) С грунтовым экраном (рис. 1.4, ж)
Противофильтрационное устройство в основании плотины	С зубом (рис. 1.4, з) С инъекционной (цементационной и другой) завесой (рис. 1.4, д) Со стенкой, шпунтом (рис. 1.4, е) С понуром (рис. 1.4, ж)

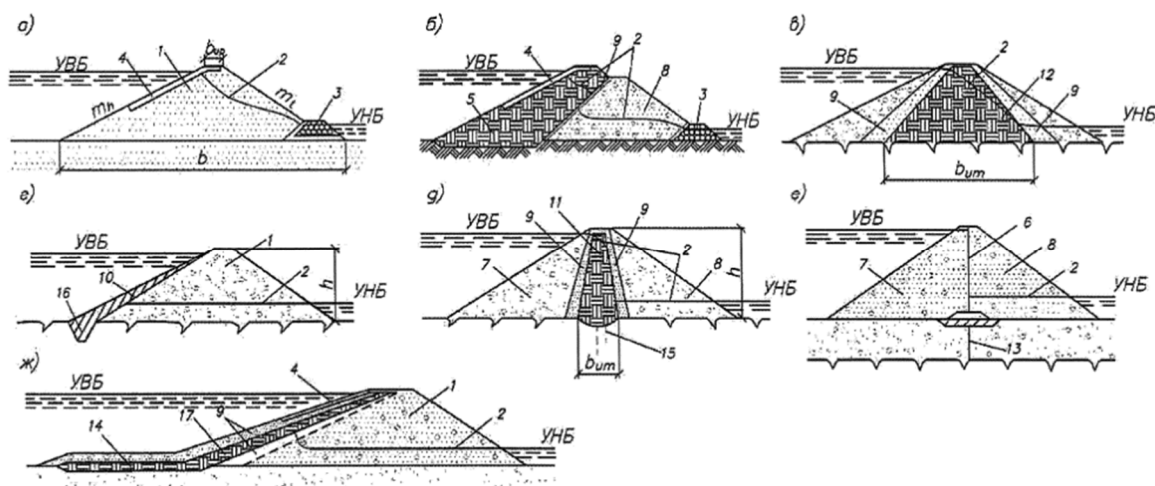


Рис. 1.4. Виды земляных насыпных плотин [90]:

а–ж – см. табл. 1.1; 1 – тело плотины; 2 – поверхность депрессии; 3 – дренаж; 4 – крепление откоса; 5 – верховая противофильтрационная призма из негрунтовых материалов; 6 – диафрагма; 7 – верховая призма; 8 – низовая призма; 9 – переходные слои; 10 – экран из негрунтовых материалов; 11 – грунтовое ядро; 12 – центральная грунтовая противофильтрационная призма; 13 – шпунт, или стенка; 14 – понур; 15 – инъекционная (цементационная) завеса; 16 – зуб; 17 – грунтовый экран; h – высота плотины; b – ширина плотины по низу; b_{um} – ширина противофильтрационного устройства по низу; $b_{гр}$ – ширина плотины по гребню; t_h – коэффициент верхового откоса; t_n – коэффициент низового откоса; УВБ – уровень верхнего бьефа; УНБ – уровень нижнего бьефа

2. Земляная намывная – плотина из грунтов от глинистых до песчано-гравийных и гравийно-галечниковых, возводимая путем намывания средствами гидромеханизации (согласно [72], намывная плотина – плотина, возводимая намывом грунта средствами гидромеханизации); виды земляных намывных плотин представлены в табл. 1.2 и рис. 1.5, 1.6.

Таблица 1.2

Виды земляных намывных плотин [90]

Вид плотины	Грунты тела плотины	Способ возведения плотины
Однородная		
С принудительно формируемыми откосами (рис. 1.5, а)	Пески, супеси, суглинки (в том числе лессовидные)	Двусторонний намыв с дамбами обвалования на откосах
Со свободно формируемыми откосами – верховым (рис. 1.5, б) или обоими	Пески, гравийные (дресвяные)	Односторонний намыв с дамбами обвалования на низовом откосе (рис. 1.6, б) и центральный намыв без дамб обвалования

Окончание табл. 1.2

Вид плотины	Грунты тела плотины	Способ возведения плотины
Узкопрофильная (рис. 1.6, в)	То же	Пионерный намыв с выпуском пульпы из торца трубы и непрерывным устройством обвалования по откосам
Неоднородная		
С ядром (рис. 1.5, в)	Гравийные (дресвяные), галечниковые (щебенистые) с содержанием песчаных и глинистых фракций	Двусторонний намыв с дамбами обвалования на откосах и отстойным прудом в центральной части плотины (рис. 1.6, а)
С центральной зоной (рис. 1.5, з)	Гравийные (дресвяные), галечниковые (щебенистые) или песчаные разнотернистые, содержащие мелкозернистые фракции	То же
Комбинированная		
С насыпным ядром из глинистого грунта и намывными боковыми зонами (рис. 1.5, д)	Гравийные (дресвяные), галечниковые (щебенистые) или песчаные	Двусторонний намыв без пруда
С насыпными банкетами из горной массы и намывной однородной центральной зоной (рис. 1.5, е)	То же	То же
С центральной негрунтовой диафрагмой и намывными боковыми призмами	То же	Односторонний намыв

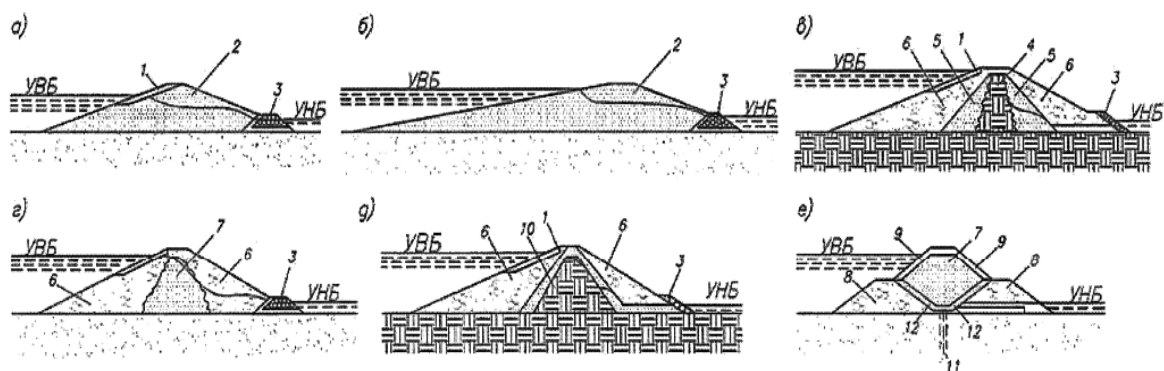


Рис. 1.5. Виды земляных намывных плотин [90]:

а–е – см. табл. 1.2; 1 – крепление верхового откоса; 2 – тело плотины; 3 – дренаж; 4 – намывное ядро; 5 – намывные промежуточные зоны; 6 – намывные боковые зоны; 7 – намывная центральная слабоводопроницаемая зона; 8 – боковые насыпные призмы (банкеты); 9 – сейсмостойкое крепление откоса; 10 – насыпное глинистое ядро; 11 – инъекционная завеса; 12 – фильтры

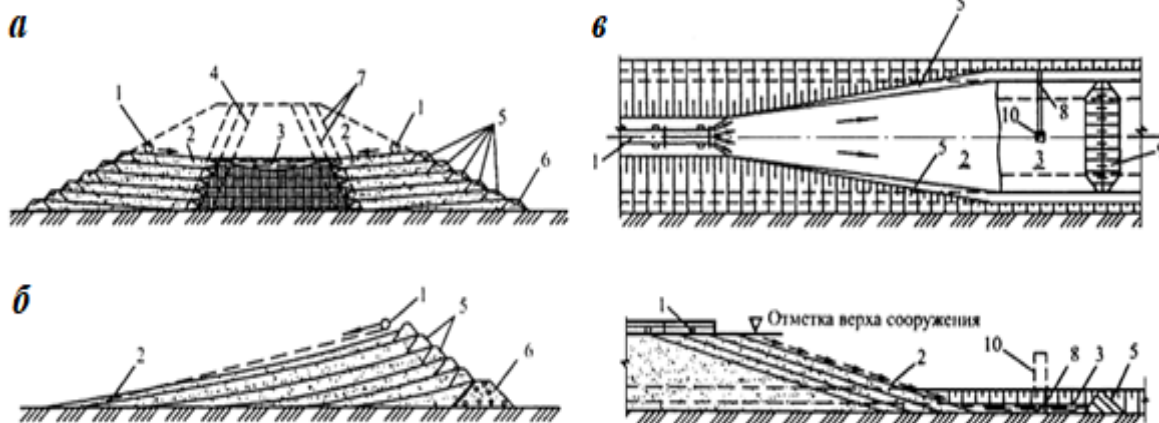


Рис. 1.6. Основные схемы возведения намывных плотин [90]:

а – двусторонний намыв неоднородной плотины с ядром; б – односторонний намыв однородной плотины с верховым откосом, формируемым при свободном растекании пульпы; в – намыв узкопрофильной плотины; 1 – распределительный пульпопровод; 2 – откос намыва; 3 – отстойный пруд; 4 – граница ядра; 5 – дамбы попутного обвалования; 6 – дамба первичного обвалования; 7 – граница прудка; 8 – водоотводящая труба; 9 – временная перемычка; 10 – водосбросной колодец

3. Каменно-земляная – плотина, возводимая из крупнообломочных грунтов. Противофильтрационные устройства в них сооружаются из глинистых либо мелкопесчаных грунтов (табл. 1.3, рис. 1.7–1.9).

Таблица 1.3

*Виды (по [90] – типы) каменно-земляных
и каменно-набросных плотин [71, 72]*

Вид плотины (по [СП 39.13330.2012] – типы)	Конструкция противofильтрационного устройства
Каменно-земляная	Грунтовый экран (рис. 1.7, а) Грунтовое ядро (вертикальное или наклонное) (рис. 1.7, б) Верховая грунтовая призма (рис. 1.8, в) Центральная грунтовая призма (рис. 1.8, г) Комбинированное ПФУ
Каменно-земляная, возводимая направленным взрывом	Грунтовый экран и понур (рис. 1.8, б) Инъекционная диафрагма (рис. 1.8, а)
Каменно-набросная	Экран из негрунтовых материалов (рис. 1.9, а) Диафрагма (рис. 1.9, б)

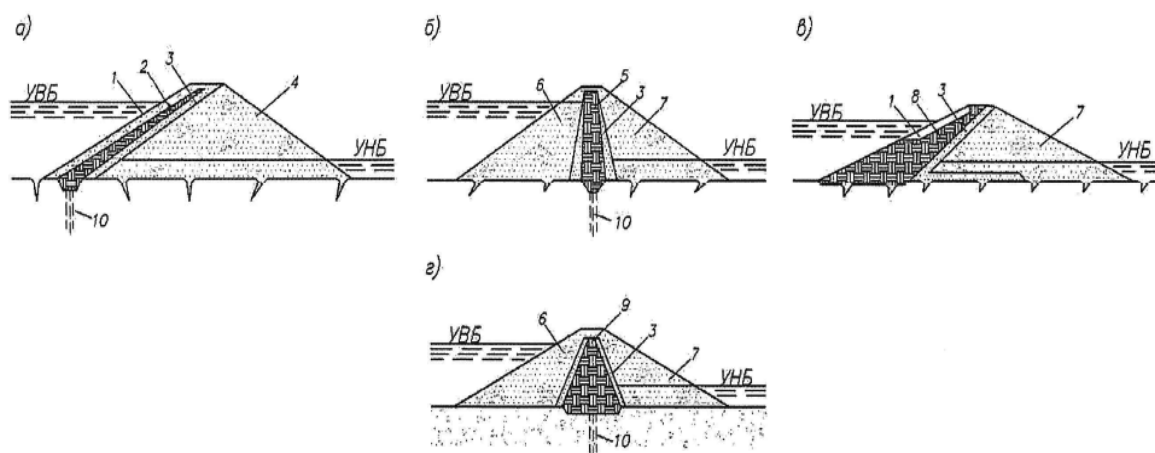


Рис. 1.7. Виды каменно-земляных плотин [90]:

*а–г – см. табл. 1.3; 1 – крепление верхового откоса; 2 – грунтовый экран;
3 – переходные слои (обратные фильтры); 4 – упорная призма; 5 – грунтовое ядро;
б – верховая призма; 7 – низовая призма; 8 – верховая грунтовая
противofильтрационная призма; 9 – центральная грунтовая
противofильтрационная призма; 10 – цементация*

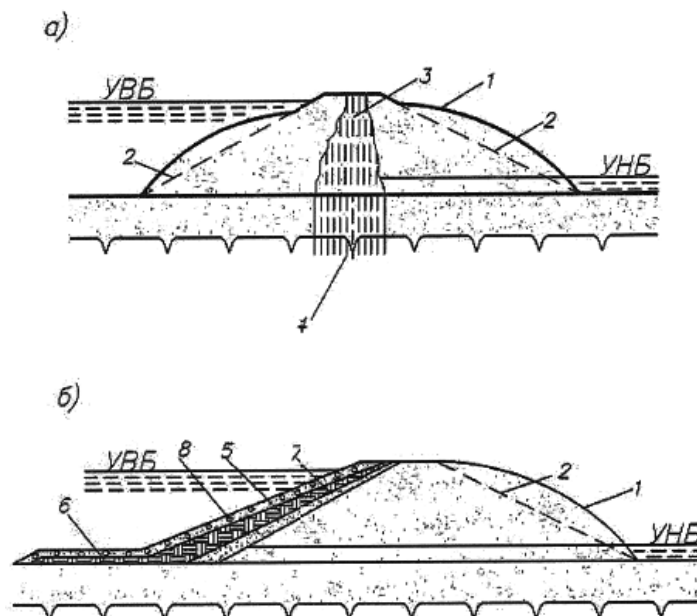


Рис. 1.8. Виды взрывонабросных плотин [90]:

а, б – см. табл. 1.3; 1 – навал из породы, образованный взрывом; 2 – контур расчетного профиля; 3 – инъекционное ядро; 4 – инъекционная завеса; 5, 6 – экран и понур из глинистого грунта; 7 – переходный слой; 8 – защитный слой

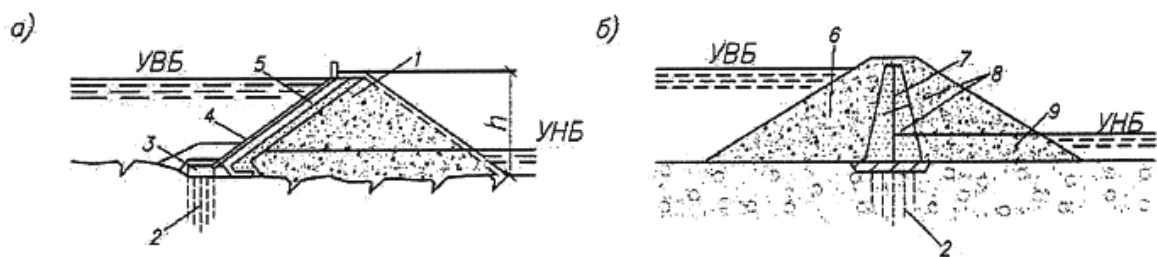


Рис. 1.9. Виды каменно-набросных плотин [90]:

а, б – см. табл. 1.3; 1 – тело плотины из каменной наброски; 2 – цементационная завеса; 3 – бетонная опорная плита; 4 – экран из негрунтовых материалов; 5 – подэкрановый слой; 6 – верховая призма; 7 – диафрагма из негрунтовых материалов; 8 – переходные слои; 9 – низовая призма

4. Каменно-набросная – плотина, возводимая из крупнообломочных грунтов с применением противофильтрационных устройств из негрунтовых материалов или комбинированных материалов: грунт + инъекция и т. п. (согласно [СО 34.21.308–2005] выделяют каменно-набросные плотины – плотины из грунтовых материалов, возведенные из крупнообломочных грунтов с негрунтовыми противофильтрационными устройствами, и взрывонабросные – плотины из грунтовых материалов, тело которых или их основная часть возведены методом направленного взрыва породы или обрушения породы взрывом).

Бетонная и железобетонная плотины. Согласно [91] различают следующие их виды, приведенные в табл. 1.4, рис. 1.10, 1.11.

Таблица 1.4

Основные виды бетонных и железобетонных плотин [91]

Отличительные признаки плотин	Основные виды плотин
А. По конструкции	Гравитационные (плотины, устойчивость которых обеспечивается силами сопротивления сдвигу, зависящими в основном от веса сооружения и водной пригрузки [72]; рис. 1.10, а–г): массивные; с наклонной напорной гранью с расширенными швами; с продольной полостью у основания; со ступенчатой низовой гранью. Контрфорсные (плотина, устойчивость которой обеспечивается силами сопротивления сдвигу вертикальных стен-контрфорсов, воспринимающих через опертую на них напорную грань давление воды [72]; рис. 1.10, д–з): с массивными оголовками контрфорсов (массивно-контрфорсные – контрфорсная плотина, напорная грань которой образована смыкающимися расширенными оголовками контрфорсов [72]); с арочными напорными перекрытиями (многоарочная – контрфорсная плотина с напорными перекрытиями в виде арок или сводов [72]), с плоскими напорными перекрытиями. Арочные (криволинейная в плане бетонная плотина, устойчивость которой обеспечивается в основном путем опирания на скальные береговые массивы [СО 34.21.308–2005]) и арочно-гравитационные (криволинейная в плане бетонная плотина, устойчивость которой обеспечивается как путем опирания на скальные береговые массивы, так и силами сопротивления сдвигу, зависящими от веса сооружения [72]); рис. 1.10, и–м: с защемленными пятнами; с контурным (периметральным) швом; из трехшарнирных поясов; с гравитационными устоями
Б. По технологическому назначению	Глухие (плотина или ее часть, в которой отсутствуют устройства для пропуска воды [72]). Станционные. Водосбросные (плотина или ее часть, выполняющая функции водосбросного сооружения [72], рис. 1.11): с поверхностными водосливами (водосбросная плотина, пропуск воды через гребень которой осуществляется со свободной поверхностью потока [72]); с глубинными водосбросами; многоярусные (с поверхностными водосливами и с глубинными водосбросами)

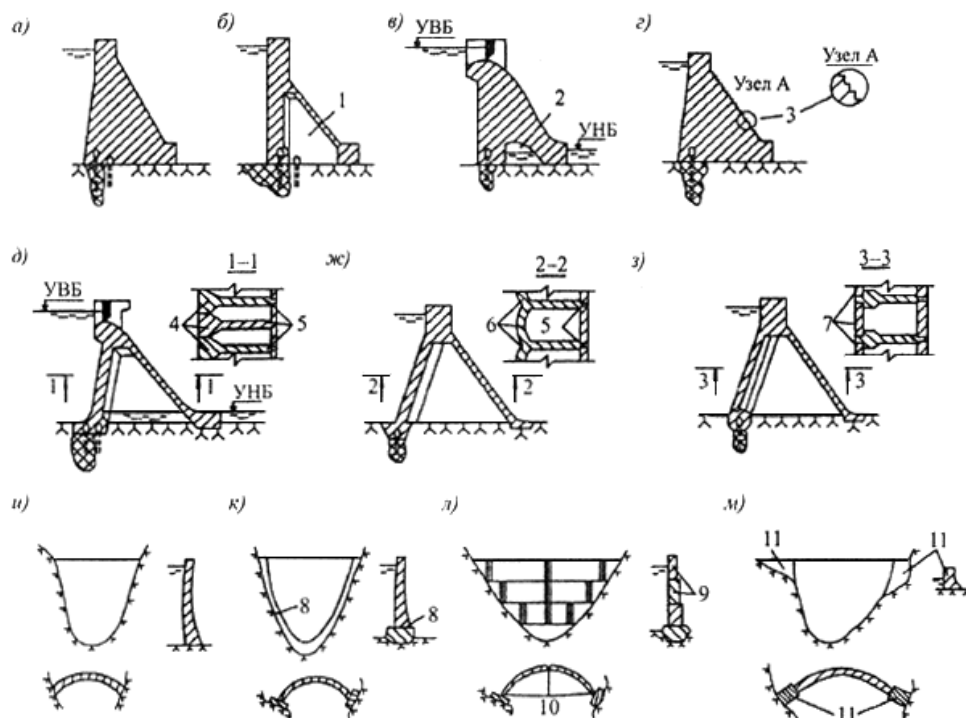


Рис. 1.10. Основные виды плотин на скальных основаниях [91]:
 гравитационные: а – массивные; б – с расширенными швами; в – с продольной полостью у основания; г – со ступенчатой низовой гранью; контрфорсные: д – массивно-контрфорсные; е – многоарочные; ж – с плоским перекрытием; арочные: и – с зацементированными пятками; к – с периметральным швом; л – из трехшарнирных поясов; м – с гравитационными устоями;
 1 – расширенный шов; 2 – продольная полость; 3 – ступени;
 4 – массивные оголовки; 5 – контрфорсы; 6 – арочные перекрытия;
 7 – плоские перекрытия; 8 – периметральный шов; 9 – трехшарнирные пояса;
 10 – шарниры; 11 – гравитационные устои

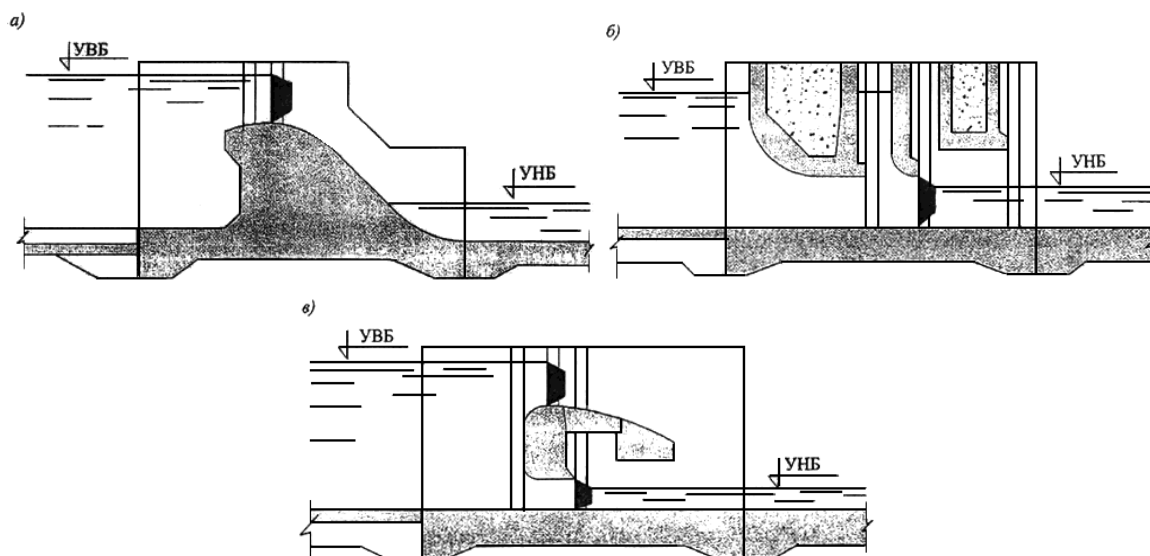


Рис. 1.11. Основные виды плотин на не скальных основаниях [91]:
 а – водосливная; б – с глубинными водосбросами; в – двухъярусная

Деревянные плотины, согласно [55], подразделяются (помимо классов ответственности) следующим образом:

- 1) по способу пропуска воды в нижний бьеф: плотины с затворами на флютбете (щитовые); плотины водосливные (без щитовых затворов);
- 2) конструкции флютбета: плотины со свайными флютбетами; плотины с ряжевými флютбетами; плотины со свайно-ряжевými (смешанными) флютбетами;
- 3) конструкции надфлютбетных частей – устоев, быков, контрфорсов: плотины с ряжевými устоями и быками; плотины со свайно- или стоечно-обшивными береговыми устоями и бычками; контрфорсные плотины, вертикальные опоры которых выполняются из стоек или свай с подкосами;
- 4) конструкции опорных частей затворов (стойки, бычков): плотины со съемными щитовыми стойками или фермами; плотины с вращающимися стойками или фермами; плотины с постоянными стойками или фермами.

1.6. Водопропускные сооружения

Согласно [79], водопропускное гидротехническое сооружение – сооружение, предназначенное для пропуска воды в заданном направлении. Водопропускные сооружения должны обеспечивать выполнение следующих функций:

- 1) водосбросные сооружения: сброс расходов воды в период половодья и дождевых паводков и других неиспользуемых расходов воды, во избежание превышения установленных проектом уровней воды в верхнем бьефе; пропуск льда, шуги, мусора и других плавающих предметов из верхнего бьефа в нижний, если это требование предъявляется по условиям эксплуатации гидроузла;
- 2) водоспускные сооружения: полное или частичное опорожнение водохранилища или канала, промыв наносов;
- 3) водовыпускные сооружения: осуществление полезных попусков воды из водохранилища или канала по санитарным и экологическим требованиям, для орошения, судоходства и водоснабжения, а также выпуска циркуляционной воды тепловых и атомных электростанций и других промышленных объектов в водоемы-охладители.

На основании вышеизложенного можно сформулировать определения водопропускных сооружений: 1) водосбросное сооружение, или водосброс, – сооружение, предназначенное для сброса воды из верхнего бьефа для предотвращения его переполнения; 2) водовыпускное сооружение, или водовыпуск, – водопропускное сооружение для целевых попусков воды из водохранилища или канала или организованного выпуска воды

в водоток или водоем в системе водопользования; 3) водоспускное сооружение, или водоспуск, – водопропускное сооружение для опорожнения водохранилища или канала, временного понижения уровня воды в них.

При проектировании и эксплуатации также используются следующие определения.

Сопряжение бьефов – гидравлическое явление в месте сопряжения потока, пропускаемого через водопропускное сооружение, с нижележащим водным объектом – нижним бьефом сооружения.

Регулируемый водосброс – водосброс с затворами.

Нерегулируемый (автоматический) водосброс – водосброс без затворов.

Поверхностный (открытый) водосброс – водосброс с незамкнутым поперечным сечением, расположенный на поверхности плотины или в порогах берегового примыкания, а также на перекрытии здания ГЭС; в зависимости от места размещения он может быть русловым, береговым, пойменным.

Закрытый водосброс – водосброс с замкнутым поперечным сечением – трубчатый или туннельный.

Трубчатый водосброс (водовыпуск, водоспуск) – водосброс с замкнутым поперечным сечением, расположенный внутри или под водоподпорным сооружением и выполненный открытым способом.

Туннельный водосброс (водовыпуск, водоспуск) – водосброс с замкнутым поперечным сечением, расположенный в коренных породах и выполненный без их вскрытия.

Глубинный водосброс – водосброс, входное сечение которого расположено ниже уровня свободной поверхности водоема.

Донный водосброс – глубинный водосброс, расположенный у дна водоема.

Башенный водосброс – водосброс, состоящий из башни, в которую вода поступает через водосливные оголовки и глубинные отверстия, если они имеются, и отводящего тракта (туннеля или трубы).

Сифонный водосброс – водосброс, в котором движение воды осуществляется по принципу сифона.

Шахтный водосброс – водосброс, состоящий из вертикальной или круто наклонной шахты с водосливной воронкой на входе и отводящего туннеля.

Траншейный водосброс – водосброс, на входе которого имеется водослив, расположенный вдоль водосборной траншеи, в которую вода переливается с одной, или двух, или трех сторон.

Быстроток – водосбросное сооружение, в состав которого входит канал или лоток с уклоном дна, превышающим критический.

Водослив – гидротехническое сооружение в виде препятствия или горизонтального стеснения, через которое происходит перелив воды;

Водослив с тонкой стенкой – водослив, условия перелива воды через который определяются только верховой гранью стенки. При вертикальных напорной и низовой гранях к этому типу относятся водосливы, толщина стенки которых меньше половины напора над гребнем.

Водослив с широким порогом – водослив, условия перелива воды через который определяются течением по его горизонтальной или слабонаклонной поверхности; к этому типу относятся водосливы, размер горизонтальной поверхности которых в направлении течения, как правило, больше двух и меньше восьми напоров над гребнем.

Водослив практического профиля – водослив, условия перелива воды через который определяются очертаниями его верховой грани и водосливной поверхности; к этому типу относятся водосливы, размеры стенок которых отличны от водослива с тонкой стенкой и от водослива с широким порогом.

Входной оголовок, входной портал – обычно плавно очерченный входной участок водосброса, в частности водосброса с замкнутым сечением, на протяжении которого осуществляется плавный переход от расширенного входного сечения к начальному сечению транзитной части водосброса.

Гребень водослива – верхняя часть водослива.

Промывная галерея – водопропускное сооружение, предназначенное для смыва наносов в нижний бьеф.

Гидротехнический туннель (или просто «туннель») – горизонтальный или слабонаклонный водовод замкнутого поперечного сечения, устроенный в грунте без вскрытия вышележащего породного массива.

Маневрирование затворами водосбросов – последовательность открытия и закрытия пролетов водосброса для получения наиболее благоприятных гидравлических условий на тракте водосброса и/или в нижнем бьефе.

1.7. Нормативные уровни воды и составляющие объема водохранилища

Плотины по определению предназначены для создания и поддержания подпора, в результате чего образуется водохранилище – искусственный водоем, образованный водоподпорным сооружением при заполнении водой впадины или обвалованной территории с целью хранения воды и/или регулирования стока специальными сооружениями, создания напора [72]. По мнению А.Б. Авакяна с соавторами (1987), наиболее важными являются следующие особенности водохранилищ.

Водохранилища – это объекты, создаваемые и управляемые человеком, но одновременно испытывающие также и сильнейшее воздействие природных факторов. По этой причине они занимают промежуточное положение между «природными» и «техническими» образованиями, иными словами, это природно-технические системы. Их влияние на окружающую среду очень значительное, причем его последствия могут быть и неблагоприятными. Водохранилища – водные объекты, наиболее полно используемые различными отраслями хозяйства и формирующие наиболее характерные черты водохозяйственного комплекса тех или иных территорий. Для них характерна чрезвычайно высокая динамичность развития, обусловленная изменчивостью гидрометеорологических процессов, определяющих режим водоема, стремительным изменением воздействия хозяйства на природную среду, изменениями (по разным причинам) режима эксплуатации. Совокупность воздействий указанных факторов приводит к тому, что водохранилища крайне редко можно считать стационарными объектами, эволюция которых прослеживается при изучении происходящих в них в прошлом изменений и процессов.

Главной целью создания водохранилищ является регулирование стока в интересах водоснабжения, ирригации, гидроэнергетики, водного транспорта и для борьбы с наводнениями. Для этого сток в водохранилищах аккумулируется в одни периоды года, сезона, месяца, недели, суток, а накопленная вода отдается в другие периоды. Процесс повышения уровня воды в водохранилище после окончания строительства или после его опорожнения называется наполнением водохранилища, уменьшение запасов воды в водохранилище в течение интервала времени, когда расход воды из водохранилища превышает приток, – его сработкой, а снижение уровня воды в водохранилище для создания условий выполнения ремонтных работ, приема паводковых расходов и других целей – опорожнением водохранилища. Кроме того, говорят о попусках в случае периодической или эпизодической подачи воды из водохранилища для регулирования расхода воды в нижнем бьефе или уровня воды в самом водохранилище, а способ и условия эксплуатации водохранилища в целях его бесперебойной работы и эффективного использования называют режимом работы водохранилища. Часть водотока, примыкающая к водоподпорному сооружению, называется бьефом. Верхний бьеф – бьеф с верхней стороны водоподпорного сооружения; нижний бьеф – с нижней [72] (рис. 1.12).

К числу параметров, определяющих основные размеры водохранилищ, следует отнести [72]:

- *подпорный уровень* (ПУ) – уровень воды, устанавливающийся в верхнем бьефе в результате преграждения или стеснения русла сооружениями;

- *нормальный подпорный уровень (НПУ)* – наивысший подпорный уровень, который может поддерживаться в нормальных условиях эксплуатации подпорного сооружения;
- *форсированный подпорный уровень (ФПУ)* – подпорный уровень выше нормального, допускаемый в верхнем бьефе в особых условиях эксплуатации гидротехнических сооружений при сбросе паводков малой обеспеченности;
- *уровень мертвого объема (УМО)* – наинизший уровень воды в водохранилище, допустимый по условиям нормальной эксплуатации гидротехнического сооружения;
- *полный объем водохранилища* – объем, заключенный между нормальным подпорным уровнем воды и ложем водохранилища ($V_{\text{полн}} = V_{\text{полезн}} + V_{\text{умо}}$);

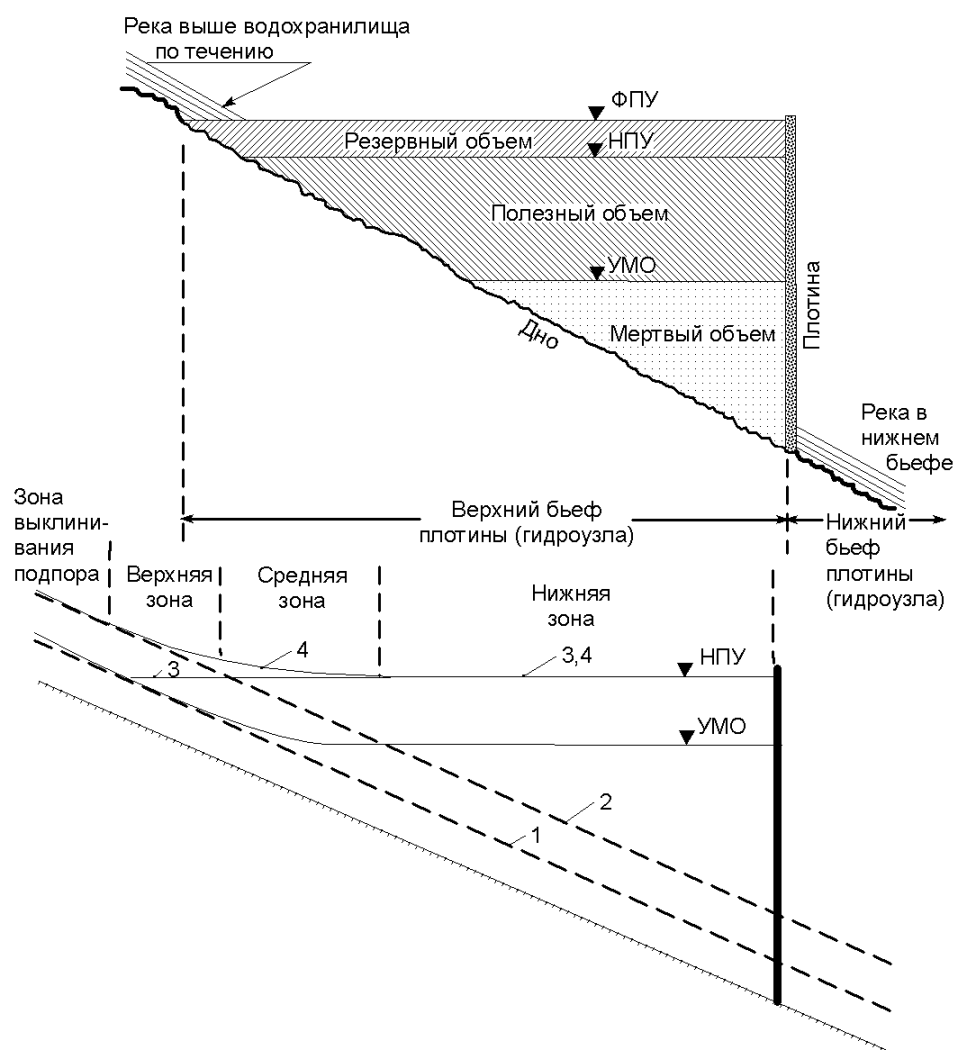


Рис. 1.12. Основные элементы водохранилища и его водного режима:
 1 – меженный уровень воды до подпора; 2 – паводковый (паводковый) уровень до подпора; 3 – НПУ; 4 – паводковый (паводковый) уровень в условиях подпора

- *мертвый объем водохранилища* – часть полного объема водохранилища, которая в нормальных условиях работы не используется для регулирования стока;
- *полезный объем водохранилища* – часть полного объема водохранилища, используемая для регулирования стока, заключенная между нормальным подпорным уровнем и уровнем мертвого объема;
- *объем призмы форсировки* – дополнительный объем воды, вмещающийся в водохранилище между нормальным и форсированным уровнями;
- *зона формирования берегов* – прибрежная полоса водохранилища, подверженная изменениям в результате воздействия волн, колебаний уровня воды и гидрогеологических факторов;
- *площадь зеркала воды водохранилища* – площадь свободной поверхности воды в водохранилище при заданной отметке уровня в створе подпорного сооружения;
- *максимальная глубина водохранилища* – расстояние по вертикали от поверхности воды в водохранилище при нормальном подпорном уровне до наинизшей отметки дна;
- *средняя глубина водохранилища* – частное от деления полного объема водохранилища на площадь его зеркала при заданной отметке уровня.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение понятия «градостроительная деятельность».
2. Что понимается под проектной документацией и рабочей документацией?
3. Перечислите виды объектов капитального строительства в зависимости от функционального назначения и характерных признаков. Что входит в перечень особо опасных, технически сложных и уникальных объектов?
4. Дайте определение понятия «архитектурно-строительное проектирование».
5. Дайте определение понятия «эксплуатация».
6. Что входит в состав разделов проектной документации для объектов строительства производственного и непроизводственного назначения?
7. Что входит в состав разделов проектной документации для линейных объектов капитального строительства?
8. Дайте определение понятий «гидротехнические сооружения», «надежность гидротехнического сооружения», «безопасность гидротехнического сооружения».
9. В чем суть классификации гидротехнических сооружений по назначению? Назовите классы гидротехнических сооружений.
10. Дайте определение понятий «напор», «подпор», «водоподпорное гидротехническое сооружение».

Упражнения

Упражнение П.1.1. Оценка класса гидротехнических сооружений малых водохранилищ и прудов и риска аварий

Гидротехнические сооружения в зависимости от их высоты и типа грунтов основания, социально-экономической ответственности и последствий возможных гидродинамических аварий подразделяют на классы. Назначать класс ГТС следует в соответствии с табл. П.1.1.1–П.1.1.4.

Цель: закрепить полученные знания; определить класс ответственности гидротехнического сооружения согласно СП 58.133330.2019.

Исходные данные: данные о ГТС (табл. П.1.1.5, П.1.1.6; рис. П.1.1.1); варианты расчёта (табл. П.1.1.7).

Задание: согласно выбранному варианту (табл. П.1.1.7) оценить класс надёжности плотины водохранилища и риск аварий.

Ход выполнения упражнения:

- 1) ознакомиться с теоретической частью и нормативной литературой;
- 2) согласно выбранному варианту и используя табл. П.1.1.1–П.1.1.4 и дополнительные данные о численности населения в Шегарском районе и картографические материалы (поиск дополнительных материалов проводится самостоятельно), определить класс гидротехнического сооружения;
- 3) в табличной форме представить данные по постоянным и временным, особым нагрузкам и воздействиям, которые наблюдаются (могут наблюдаться) на исследуемом объекте, а также составить таблицу с результатами расчетов;
- 4) сформулировать выводы, указав класс ответственности ГТС;
- 5) составить список литературы, использованной при выполнении работы (должен включать не менее 2–3 наименований, включая действующие нормативные документы).

Таблица П.1.1.1

*Класс ответственности основных гидротехнических сооружений в зависимости от их высоты
и типа грунтов оснований [96]*

Сооружения	Тип грун- тов основания	Класс ответственности сооружений при высоте, м (см. примечание 1)			
		I	II	III	IV
1. Плотины из грунтовых материалов	A	80 и более	от 50 до 80	от 20 до 50	менее 20
	B	65 и более	от 35 до 65	от 15 до 35	менее 15
	B	50 и более	от 25 до 50	от 15 до 25	менее 15
2. Плотины бетонные, железобетонные; подводные конструкции	A	100 и более	от 60 до 100	от 25 до 60	менее 25
конструкции зданий гидроэлектростанций; судоходные шлюзы	B	50 и более	от 25 до 50	от 10 до 25	менее 10
судоподъемники и другие сооружения, участвующие в создании напорного фронта	B	25 и более	от 20 до 25	от 10 до 20	менее 10
3. Подпорные стены	A	40 и более	от 25 до 40	от 15 до 25	менее 15
	B	30 и более	от 20 до 30	от 12 до 20	менее 12
	B	25 и более	от 18 до 25	от 10 до 18	менее 10
4. Морские причальные сооружения основ- ного назначения (см. прим. 2)	A, B, B	25 и более	от 20 до 25	Менее 20	—
5. Морские берегоукрепительные сооруже- ния; береговые укрепления; струенаправляю- щие и наносоудерживающие дамбы и др.	A, B, B	—	15 и более	Менее 15	—

Окончание табл. П.1.1.1

Сооружения	Тип грун- тов основания	Класс ответственности сооружений при высоте, м			
		I	II	III	IV
6. Ограждающие сооружения отвалов и хранилищ жидких отходов (золошлакохранилищ, хвостохранилищ и др.)	А, Б, В	50 и более	от 20 до 50	от 10 до 20	менее 10
7. Оградительные сооружения, в том числе морские внутрипортовые оградительные сооружения (молы, волноломы и дамбы); ледозащитные сооружения (см. прим. 2)	А, Б, В	25 и более	от 5 до 25	менее 5	—
8. Сухие и наливные доки	А	—	15 и более	менее 15	—
наливные доккамеры	Б, В	—	10 и более	менее 10	—
9. Стационарные буровые платформы на шельфе для добычи нефти и газа, нефтегазопроводы, подводные хранилища нефти, сжиженного газа и других углеводородов, а также основания гравитационного типа заводов по производству сжиженного природного газа (см. примечание 2)	А, Б, В	любая	—	—	—
10. Эстакады в открытом море, искусственные острова (см. примечание 2)	А, Б, В	25 и более	менее 25	—	—

Примечания: 1) высоту гидротехнического сооружения и отметку его основания следует принимать по данным проектной документации; 2) в пунктах 4 и 7 настоящей таблицы вместо высоты сооружения принята глубина акватории у основания сооружения, в пунктах 9 и 10 – глубина моря в месте установки; обозначения грунтов: «А» – скальные; «Б» – песчаные, крупнообломочные и глинистые в твердом и полутвердом состоянии; «В» – глинистые водонасыщенные в пластичном состоянии.

Таблица П.1.1.2

Класс ответственности основных гидротехнических сооружений в зависимости от их назначения и условий эксплуатации [96]

Объекты гидротехнического строительства	Класс ответственности сооружений
1. Гидротехнические сооружения ГЭС, ГАЭС, ПЭС установленной мощностью 1500 МВт и более	I
2. Гидротехнические сооружения атомных электростанций независимо от мощности	I
3. Гидротехнические сооружения и судоходные каналы на внутренних водных путях (кроме сооружений речных портов):	
– сверхмагистральных;	II
– магистральных и местного значения	III
4. Подпорные сооружения мелиоративных гидроузлов при объеме водохранилища, млн м ³ :	
– 1000 и более	I
– от 200 до 1000	II
– от 50 до 200	III
– менее 50	IV
5. Каналы комплексного водохозяйственного назначения и гидротехнические сооружения на них при суммарном годовом объеме водоподачи, млн м ³ :	
– более 200	I
– от 100 до 200	II
– от 20 до 100	III
– менее 20	IV
6. Морские оградительные сооружения и гидротехнические сооружения морских каналов, оградительные и причальные сооружения морских портов при объеме грузооборота в навигацию:	
– 6 млн т сухогрузов и более (12 млн т наливных и более)	I
– от 1,5 до 6 млн т сухогрузов (от 6 до 12 млн т наливных)	II
– менее 1,5 млн т сухогрузов (менее 6 млн т наливных)	III

Окончание табл. П.1.1.2

Объекты гидротехнического строительства	Класс ответственности сооружений
7. Морские оградительные сооружения и гидротехнические сооружения морских судостроительных и судоремонтных предприятий и баз в зависимости от класса предприятия	II, III
8. Оградительные сооружения речных портов, судостроительных и судоремонтных предприятий	III
9. Причальные сооружения для отстоя, межрейсового ремонта и снабжения судов	III
10. Причальные сооружения судостроительных и судоремонтных предприятий для судов с водоизмещением порожнем, тыс. т:	
– 3,5 и более	II
– менее 3,5	III
11. Стапельные и подъемно-спусковые сооружения для судов со спусковой массой, тыс. т:	
– 30 и более	I
– от 3,5 до 30	II
– менее 3,5	III
12. Стационарные гидротехнические сооружения средств навигационного оборудования	I

Примечания: 1) класс ответственности сооружений по пункту 5 настоящей таблицы, относимых к II–IV классам ответственности, допускается повышать для каналов, транспортирующих воду в засушливые регионы в условиях сложного гористого рельефа (Северный Кавказ, Прибайкалье и др.); 2) класс ответственности сооружений по пунктам 10 и 11 настоящей таблицы допускается повышать в зависимости от сложности строящихся или ремонтируемых судов; 3) при использовании в качестве водохранилища естественного водного объекта (озера) в расчетный объем водохранилища следует включать только призму, созданную подпорным гидротехническим сооружением над средним бытовым уровнем этого естественного водного объекта, если при этом не предусмотрена возможность его сработки.

Таблица П.1.1.3

Класс ответственности защитных сооружений [96]

Защищаемые территории и объекты	Максимальный расчетный напор на водоподпорном сооружении, м, при классе ответственности защитного сооружения			
	I	II	III	IV
1. Селитебные территории (населенные пункты) с плотностью жилого фонда на территории возможного частичного или полного разрушения при аварии на водоподпорном сооружении, м ² на 1 га:				
– более 2500	5 и более	от 3 до 5	менее 3	–
– от 2100 до 2500	8 и более	от 5 до 8	от 3 до 5	менее 3
– от 1800 до 2100	10 и более	от 8 до 10	от 5 до 8	менее 5
– менее 1800	15 и более	от 10 до 15	от 8 до 10	менее 8
2. Объекты оздоровительно-рекреационного и санитарного назначения (не относящиеся к п. 1)	–	15 и более	от 15 до 10	менее 10
3. Предприятия и организации с суммарным годовым объемом производства и (или) стоимостью единовременно хранящейся продукции, млн МРОТ*:				
– более 5	5 и более	от 3 до 5	менее 3	–
– от 1 до 5	8 и более	от 5 до 8	от 2 до 5	менее 2
– менее 1	10 и более	от 8 до 10	от 5 до 8	менее 5
4. Памятники культуры и природы	3 и более	менее 3	–	–

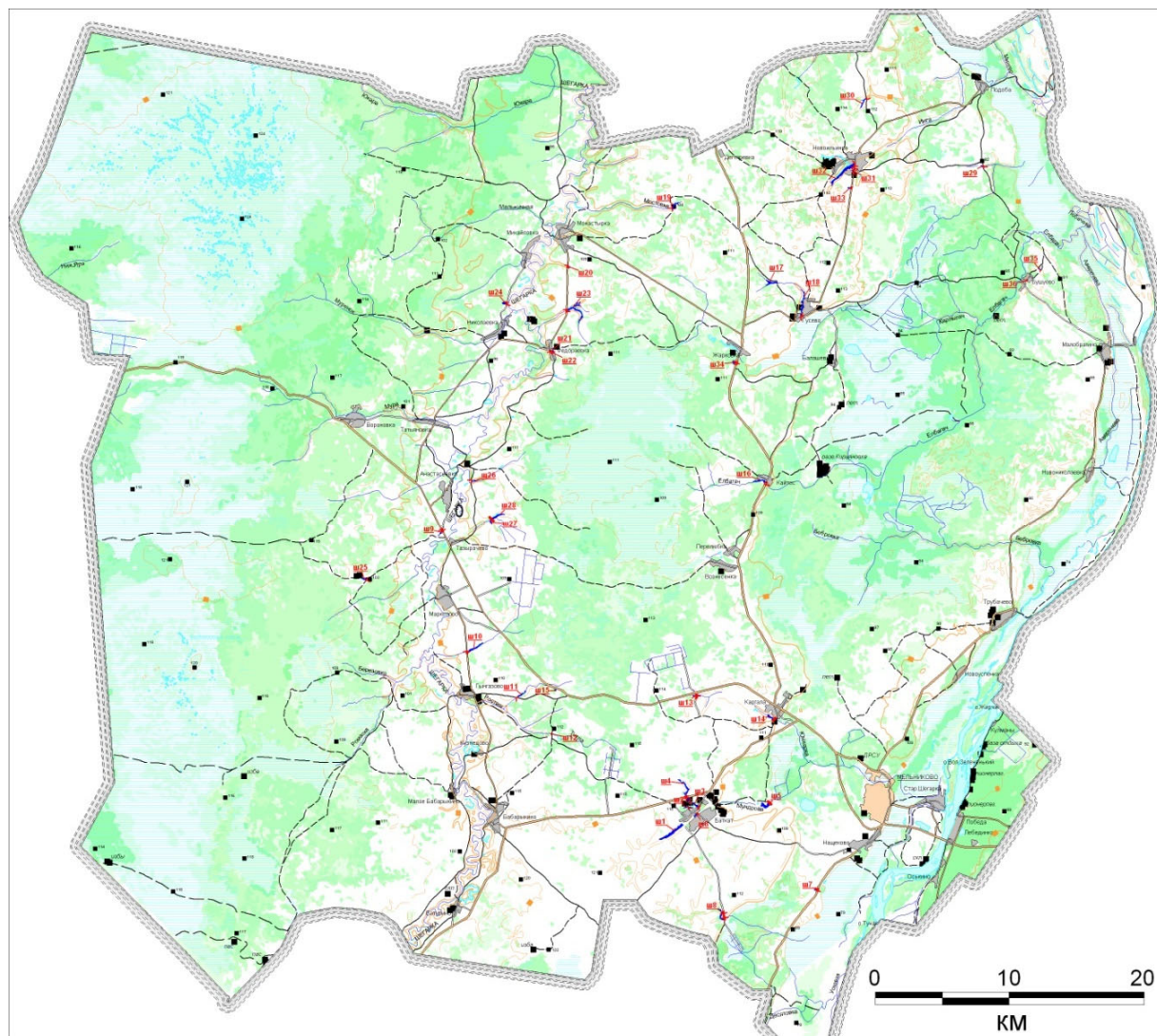
Примечание: минимальный размер оплаты труда по законодательству Российской Федерации, действующий на момент разработки проектной документации.

Таблица П.1.1.4

Класс ответственности гидротехнических сооружений в зависимости от последствий возможных аварий [96]

Класс ответственности	Количество постоянно проживающих людей, которые могут пострадать в результате аварии, чел.	Количество людей, условия жизнедеятельности которых могут быть нарушены при аварии, чел.
I	3000 и более	20000 и более
II	от 500 до 3000	от 2000 до 20000
III	до 500	до 2000
IV	—	—

Примечания: 1) для назначения соответствующего класса ответственности достаточно выполнения хотя бы одного из условий;
2) возможные последствия (количество пострадавших) от аварии на гидротехнических сооружениях определяются на момент разработки проектной документации в соответствии со специально разработанной методикой.



*Рис. П.1.1.1. Карта-схема
расположения малых
водохранилищ на территории
Шегарского района
Томской области*

Таблица П.1.1.5

Сведения о ГТС на территории Шегарского района Томской области (2002 г.)

Номер ГТС	Расположение	Собственник	Проектировщик	Тип компоновки ГТС	Аварии	Тип водосбросного сооружения
ш1	Пруд № Ш1 расположен на расстоянии 0,25 км на ЮЗ от с. Баткат Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная), глухая	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Нет
ш2	Пруд № Ш2 расположен на расстоянии 0,2 км на СЗ от с. Баткат Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная), глухая	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Нет
ш3	Пруд № Ш3 в с. Баткат Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная)	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый, трубчатый, в виде метал. трубы $d = 0,98$ м
ш4	Пруд № Ш4 расположен на расстоянии 0,8 км на север от с. Баткат Шегарского р-на	Нд	Нд	Грунтовая плотина (земляная насыпная)	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый, трубчатый, в виде метал. трубы $d = 1,6$ м
ш5	Пруд № Ш5 расположен на расстоянии 1,7 км на восток от с. Баткат Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная)	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый, трубчатый, в виде метал. трубы $d = 0,7$ м
ш6	Пруд № Ш6 в с. Баткат Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная)	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый, разрушен, остались части сооружения из железобетонных плит и балок. Труба бетонная $d = 1,0$ м

Продолжение табл. П.1.1.5

Номер ГТС	Расположение	Собственник	Проектировщик	Тип компоновки ГТС	Аварии	Тип водосбросного сооружения
ш7	Пруд № Ш7 расположен на расстоянии 4,2 км на ЮЗ от с. Нащекново Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная)	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый, в виде железной трубы ($d = 1,0$ м) в бетонной обливке
ш8	Пруд № Ш8 расположен на расстоянии 6 км на ЮВ от с. Баткат Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная)	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый, сифонный, в виде металлической трубы $d = 1$ м
ш9	Пруд № Ш9 расположен на расстоянии 0,9 км на север от с. Тазырачево Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная), глухая	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Нет
ш10	Пруд № Ш10 расположен на расстоянии 2,86 км на север от с. Гынгазово Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная)	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый, трубчатый в виде металлической трубы $d = 1$ м
ш11	Пруд № Ш11 расположен на расстоянии 3,2 км на восток от с. Гынгазово Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная)	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый, трубчатый, в виде двух метал. труб $d = 0,35$ м
ш12	Пруд № Ш12 расположен на расстоянии 5,3 км на восток от с. Кузнецово Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная), глухая	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Нет
ш13	Пруд № Ш13 расположен на расстоянии 5,2 км на восток от с. Каргала Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная)	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый, в виде двух железобетонных труб d (1,1 м; 1,5 м)

Продолжение табл. П.1.1.5

Номер ГТС	Расположение	Собственник	Проектировщик	Тип компоновки ГТС	Аварии	Тип водосбросного сооружения
ш14	Пруд № Ш14 расположен в с. Каргала Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная)	На момент обследования имеется проран. Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый, сифонный, в виде метал. трубы $d = 0,3$ м, забит землей
ш15	Пруд № Ш15 расположен в 12 км на запад от с. Каргала Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная), глухая	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Нет
ш16	Пруд № Ш16 расположен в с. Кайтес Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная), глухая	Нд	Нет
ш17	Пруд № Ш17 расположен на расстоянии 2,5 км на СЗ от с. Гусево Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная), глухая	Плотина пруда разрушена. Пруд зарос травяной растительностью	Нет
ш18	Пруд № Ш18 расположен в с. Гусево Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Грунтовая плотина (земляная насыпная), глухая	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Нет
ш19	Пруд № Ш19 расположен на расстоянии 7,5 км на запад от с. Монастырка Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь, глухая	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Нет
ш20	Пруд № Ш20 расположен на расстоянии 1,5 км на юг от с. Монастырка Шегарского р-на	Бесхозный	Нд	Дорожная насыпь, глухая	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Нет

Продолжение табл. П.1.1.5

Номер ГТС	Расположение	Собственник	Проектировщик	Тип компоновки ГТС	Аварии	Тип водосбросного сооружения
ш21	Пруд № Ш21 расположен в с. Федораевка Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь глухая	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Нет
ш22	Пруд № Ш22 расположен в с. Федораевка Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь глухая	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Нет
ш23	Пруд № Ш23 расположен на расстоянии 6 км на север в с. Федораевка Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь с водосбросом	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый трубчатый в виде метал. трубы $d = 0,7$ м
ш24	Пруд № Ш24 расположен на расстоянии 1 км на север от д. Николаевка Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь с водосбросом	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый трубчатый в виде метал. трубы $d = 0,7$ м
ш25	Пруд № Ш25 расположен на расстоянии 5,5 км на запад от с. Маркелово Шегар. р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь с водосбросом	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый трубчатый в виде метал. трубы $d = 1$ м
ш26	Пруд № Ш26 расположен на расстоянии 2 км на восток от с. Анастасьевка Шегар. р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь с водосбросом	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый трубчатый в виде метал. трубы $d = 1$ м
ш27	Пруд № Ш27 расположен на расстоянии 2 км на СВ от с. Тазырачево Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь с водосбросом	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый трубчатый в виде 2 металлических труб ($d = 0,5$ и $0,37$ м)

Продолжение табл. П.1.1.5

Номер ГТС	Расположение	Собственник	Проектировщик	Тип компоновки ГТС	Аварии	Тип водосбросного сооружения
ш28	Пруд № Ш28 расположен на расстоянии 2,5 км на северо-восток от с. Тазырачево Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь с водосбросом	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый, трубчатый в виде метал. трубы $d = 1$ м
ш29	Пруд № Ш29 расположен на расстоянии 6 км на юг от с. Победа Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь глухая	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Сброс воды происходит через лежневку
ш30	Пруд № Ш30 расположен на расстоянии 5 км на юг от с. Новоильинка Шегар. р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь глухая	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Нет
ш31	Пруд № Ш31 расположен в с. Новоильинка Шегар. р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь с водосбросом	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый трубчатый в виде металлической трубы $d = 0,5$ м
ш32	Пруд № Ш32 расположен в с. Новоильинка Шегар. р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь глухая	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Нет
ш33	Пруд № Ш33 расположен на расстоянии 1 км на юг от с. Новоильинка Шегар. р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь глухая	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Нет

Окончание табл. П.1.1.5

Номер ГТС	Расположение	Собственник	Проектировщик	Тип компоновки ГТС	Аварии	Тип водосбросного сооружения
ш34	Пруд № Ш34 расположен на расстоянии 1 км на Ю от с. Жарковка Шегарского р-на	Бесхозный	Нд	Двухблочный пруд; верх. блок образован при сооруж. глухой плотины; нижн. блок ограничен дорожн. полотном с бетон. водопропуском	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Бетонный водовыпуск 4×2,4 м из нижнего блока; плотина верхнего блока глухая
ш35	Пруд № Ш35 расположен в 1,5 км на северо-восток от с. Бушуево Шегарского р-на	Бесхозный	Пруд построен без проекта	Дорожная насыпь с водосбросом в виде метал. трубы	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый трубчатый в виде металлической трубы $d = 0,3$ м
ш36	Пруд № Ш36 расположен в центре с. Бушуево Шегар. р-на	Бесхозный	Нд	Дорожная насыпь с водосбросом в виде метал. трубы	Плотина пруда в годы повышенной водности (в весенний период) может размываться	Водосброс закрытый трубчатый в виде металлической трубы $d = 0,3$ м

Таблица П.1.1.6

Параметры ГТС на территории Шегарского района Томской области (2002 г.)

Номер ГТС	Полный объем, млн м ³	Площадь акватории, км ²	НПУ, м усл.	ФПУ, м усл.	Максимальный напор, м	Максимальная высота ГТС, м	Длина напорного фронта, м
ш1	0,073181	0,3168	0,55	Нд	1,8...2,3	2,3	160
ш2	0,015697	0,01967	1,9	Нд	3,0...3,5	3,5	260
ш3	0,050357	0,05102	2,35	Нд	0,72...1,22	3,9	170
ш4	0,102959	0,1751	1,4	Нд	2,31...2,81	6,15	290
ш5	0,03066	0,146	0,5	1,5	0...0,5	1,5	160
ш6	0,007897	0,02442	0,77	4,4	1,7...2,2	4,45	180
ш7	0,029189	0,02087	3,33	7,7	3,03...3,53	7,78	180
ш8	0,075553	0,08775	2,05	4,3	2,9...3,4	4,4	90
ш9	0,021506	0,02695	1,9	4,22	3,8...4,3	4,3	160
ш10	0,113749	0,1022	2,65	4,25	0,45...0,95	4,35	200
ш11	0,052476	0,06576	1,9	2,8	2,35	2,85	80
ш12	0,003277	0,006242	1,25	1,8	1,35...1,85	1,85	90
ш13	0,041072	0,0889	1,1	2,8	1,25...1,75	2,85	110
ш14	0,039976	0,04759	0,2	2	1,5...2,0	2	150
ш15	0,000231	0,011	0,05	1,8	1,3...1,8	1,8	100
ш16	0,046645	0,08543	1,3	4,4	4...4,5	4,5	210
ш17	0	0,1165	0	2,2	1,7...2,2	2,2	90
ш18	0,074894	0,1486	1,2	3,1	2,7...3,2	3,2	160
ш19	0,021777	0,05185	1	1,55	1,1...1,6	1,6	150
ш20	0,003175	0,0126	0,6	4,8	4,3...4,8	4,8	120
ш21	0,002733	0,01001	0,65	2,15	1,7...2,2	2,2	90
ш22	0,00096	0,00457	0,5	0,7	0,6	0,7	40
ш23	0,193024	0,2089	2,2	5,1	0,63...1,13	5,2	130
ш24	0,008749	0,04166	0,5	1,75	0,6...1,1	1,8	80

Окончание табл. П.1.1.6

Номер ГТС	Полный объем, млн м ³	Площадь акватории, км ²	НПУ, м усл.	ФПУ, м усл.	Максимальный напор, м	Максимальная высота ГТС, м	Длина напорного фронта, м
ш25	0,014475	0,02872	1,2	2	1,5	2,05	140
ш26	0,005002	0,02382	0,5	2,45	1,0...1,5	2,5	110
ш27	0,003741	0,02969	0,3	2,45	1,5...2	2,5	90
ш28	0,062815	0,09649	1,55	2,6	2,2	2,7	130
ш29	0,004976	0,01481	0,8	2,7	2,3...2,8	2,8	100
ш30	0,007879	0,0469	0,4	3,75	3,3...3,8	3,8	110
ш31	0,007681	0,01524	1,2	2,55	2	2,6	110
ш32	0,335588	0,3474	2,3	5,2	4,8...5,3	5,3	220
ш33	0,009129	0,01672	1,3	3,6	3,2...3,7	3,7	210
ш34	0,021475	0,05113	1	3,95	3,5...4	4	450
ш35	0,003557	0,0077	1,1	2,75	2,0...2,5	2,8	60
ш36	0,0168	0,05	0,8	1,5	0,6	1,5	120

Примечание: НПУи ФПУ в метрах в условной системе координат с точкой отсчета, в которой максимальная высота равна нулю.

Таблица П.1.1.7

Варианты расчёта

Вариант	Номер ГТС	Вариант	Номер ГТС	Вариант	Номер ГТС	Вариант	Номер ГТС	Вариант	Номер ГТС
1	Ш1	8	Ш8	15	Ш15	22	Ш22	29	Ш29
2	Ш2	9	Ш9	16	Ш16	23	Ш23	30	Ш30
3	Ш3	10	Ш10	17	Ш17	24	Ш24	31	Ш31
4	Ш4	11	Ш11	18	Ш18	25	Ш25	32	Ш32
5	Ш5	12	Ш12	19	Ш19	26	Ш26	33	Ш33
6	Ш6	13	Ш13	20	Ш20	27	Ш27	34	Ш34
7	Ш7	14	Ш14	21	Ш21	28	Ш28	35	Ш35

*Упражнение П.1.2. Определение расчетных расходов
и уровней воды при проектировании гидротехнических сооружений*

Согласно [96], при проектировании постоянных речных гидротехнических сооружений расчетные максимальные расходы воды в реке принимают исходя из ежегодной вероятности превышения, устанавливаемой в зависимости от класса ответственности сооружений для двух расчетных случаев – основного и поверочного по табл. П.1.2.1. Требования к определению расчетных гидрологических характеристик приведены в [88].

Расчетный расход воды, подлежащий пропуску в процессе эксплуатации через постоянные водопропускные сооружения речного напорного гидроузла, определяют исходя из расчетного максимального расхода с учетом трансформации его создаваемыми для данного гидротехнического сооружения или действующими водохранилищами и изменения условий формирования стока, вызванного природными причинами и хозяйственной деятельностью в бассейне реки.

Таблица П.1.2.1

*Ежегодные вероятности превышения расчетных
максимальных расходов воды, % [96]*

Расчетные случаи	Классы ответственности сооружений			
	I	II	III	IV
Основной	0,1	1,0	3,0	5,0
Поверочный	0,01*	0,1	0,5	1,0

Примечание: с учетом гарантийной поправки в соответствии с СП 33-101-2003.

Пропуск расчетного расхода воды для основного расчетного случая должен обеспечиваться, как правило, при нормальном подпорном уровне (НПУ) через все эксплуатационные водопропускные сооружения гидроузла при полном их открытии.

Пропуск поверочного расчетного расхода воды должен осуществляться при наивысшем технически и экономически обоснованном форсированном подпорном уровне (ФПУ) всеми водопропускными сооружениями гидроузла, включая эксплуатационные водосбросы, гидротурбины ГЭС, водозаборные сооружения оросительных систем и систем водоснабжения, судоходные шлюзы, рыбопропускные сооружения и резервные водосбросы. При этом, учитывая кратковременность прохождения пика паводка, допускается: 1) уменьшение выработки электроэнергии ГЭС; 2) нарушение нормальной работы водозаборных сооружений, не приводящее к созданию аварийных ситуаций на объектах – потребителях воды; 3) повреждение резервных водосбросов, не снижающее надежности

основных сооружений; 4) пропуск воды через водоводы замкнутого поперечного сечения при переменных режимах, не приводящий к разрушению водоводов; 5) размыв русла и береговых склонов в нижнем бьефе гидроузла, не угрожающий разрушением основных сооружений, селитебных территорий и территорий предприятий, при условии, что последствия размыва могут быть устранены после пропуска расходов паводка или половодья. При пропуске поверочного расчетного расхода воды учитывается работа всех отверстий водопропускных сооружений гидроузла (все водопропускные отверстия сооружений должны быть открыты).

Независимо от класса ответственности сооружений гидроузлов, расположенных в каскаде, пропуск расхода воды основного расчетного случая не должен приводить к нарушению нормальной эксплуатации основных гидротехнических сооружений нижерасположенных гидроузлов.

Правила назначения расчетных расходов воды, поступающих в водохранилище при каскадном расположении гидроузлов, приведены в табл. П.1.2.2.

Таблица П.1.2.2

Назначение расчетных максимальных расходов воды, поступающих в водохранилища гидроузлов в каскаде [96]

Расположение проектируемого гидроузла в каскаде	Класс ответственности проектируемого гидроузла выше класса ответственности существующего гидроузла	Класс ответственности проектируемого гидроузла равен классу существующего гидроузла	Класс ответственности проектируемого гидроузла ниже класса ответственности существующего гидроузла
Проектируемый гидроузел расположен ниже существующего	Расходы основного и поверочного случаев принимают в соответствии с классом ответственности проектируемого гидроузла		Расходы основного и поверочного случаев принимаются равными сумме расходов основного и поверочного случаев соответственно, пропускаемых через существующий гидроузел, и расходов боковой приточности на участке между гидроузлами для основного и поверочного случаев в соответствии с классом ответственности проектируемого гидроузла

Расположение проектируемого гидроузла в каскаде	Класс ответственности проектируемого гидроузла выше класса ответственности существующего гидроузла	Класс ответственности проектируемого гидроузла равен классу существующего гидроузла	Класс ответственности проектируемого гидроузла ниже класса ответственности существующего гидроузла
Проектируемый гидроузел расположен выше существующего	Расходы основного и поверочного случаев принимаются в соответствии с классом ответственности проектируемого гидроузла. Пропускная способность существующего гидроузла должна быть приведена в соответствие с суммой расходов основного расчетного случая, пропускаемых через проектируемый гидроузел, и расходов боковой приточности на участке между гидроузлами для основного и поверочного случаев, отвечающих классу ответственности существующего гидроузла	Расходы основного и поверочного случаев принимаются в соответствии с классом ответственности проектируемого гидроузла	

Примечания: 1) при одновременном проектировании гидроузлов, являющихся ступенями одного каскада, под существующим следует понимать гидроузел, ввод которого в эксплуатацию намечается раньше; 2) для каскадов, состоящих из трех и более гидроузлов, описанная в настоящей таблице процедура должна выполняться последовательно для каждой пары гидроузлов сверху вниз по течению реки.

Для постоянных гидротехнических сооружений в период их временной эксплуатации в ходе строительства ежегодные вероятности превышения расчетных максимальных расходов воды следует принимать по табл. П.1.2.1 в зависимости от класса ответственности сооружений пускового комплекса.

Учитывая ограниченную длительность временной эксплуатации гидротехнических сооружений, расчетные максимальные расходы воды, принятые для пускового комплекса, при надлежащем обосновании допускается понижать, при этом вероятности превышения максимального расхода воды для этого периода допускается принимать в соответствии с табл. П.1.2.3.

Таблица П.1.2.3

Вероятности превышения расчетных максимальных расходов воды для периода временной эксплуатации постоянных сооружений, % [96]

Расчетная длительность периода временной эксплуатации постоянных сооружений T , лет	Класс ответственности сооружения			
	I	II	III	IV
1	1,0	3,0	5,0	7,0
2	0,5	3,0	5,0	7,0
5	0,2	2,0	5,0	7,0
10	0,1	1,0	3,0	5,0

При проектировании временных гидротехнических сооружений расчетные максимальные расходы воды следует принимать исходя из ежегодной вероятности превышения, устанавливаемой в зависимости от класса ответственности и срока эксплуатации сооружений для основного расчетного случая. При этом для временных гидротехнических сооружений IV класса ответственности ежегодную вероятность превышения расчетных максимальных расходов воды следует принимать равной: при сроке эксплуатации до 10 лет – 10 %; более 10 лет – 5 %. Для временных гидротехнических сооружений III класса ответственности расчетная вероятность составляет: при сроке эксплуатации до 2 лет – 10 %, более 2 лет – 5 %.

Таблица П.1.2.4

Допускаемые значения вероятностей возникновения аварий на напорных гидротехнических сооружениях [96]

Класс ответственности сооружения	Вероятность аварии ГТС, 1/год
I	$5 \cdot 10^{-5}$
II	$5 \cdot 10^{-4}$
III	$2,5 \cdot 10^{-3}$
IV	$5 \cdot 10^{-3}$

Для малых ГЭС, не входящих в состав гидроузла комплексного назначения, расчетные максимальные расходы воды следует определять по основному расчетному случаю. Для пропуска расчетного расхода

воды через низконапорные (до 12 м) плотины малых ГЭС допускается использование участков поймы реки, оборудованных креплениями, препятствующими подмыву основных сооружений. На период паводка или половодья при соответствующем обосновании допускается прекращение выработки электроэнергии на малой ГЭС. Для малых ГЭС в составе комплексного гидроузла режим работы следует увязывать с режимом работы всех водопропускных сооружений гидроузла.

Цель: закрепить полученные знания; научиться производить выбор расчётной вероятности расходов и уровней воды при проектировании ГТС.

Исходные данные: данные о ГТС (табл. П.1.1.5, П.1.1.6; рис. П.1.1.1); варианты расчёта (табл. П.1.1.7).

Задание: согласно выбранному варианту установить расчетные вероятности расходов и уровней воды.

Ход выполнения упражнения:

- 1) ознакомиться с теоретической частью и нормативной литературой;
- 2) согласно выбранному варианту и используя табл. П.1.2.1–П.1.2.3 и результаты выполнения работы П.1.1, определить расчётные вероятности расходов и уровней воды с учетом класса плотины;
- 3) согласно выбранному варианту и используя табл. П.1.2.4 и результаты выполнения работы П.1.1, определить допускаемую вероятность аварии;
- 4) сформулировать выводы, в которых должны быть отражены класс ответственности ГТС, расчетная обеспеченность уровней и расходов воды, допускаемая вероятность аварии;
- 5) составить список используемой при выполнении работы литературы (не менее 2–3 наименований, включая действующие нормативные документы).
- 6) оформить работу.

2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН

Грунтовые плотины и дамбы входят в состав различных систем природообустройства и водопользования (системы инженерной защиты территорий, поверхностные водозаборы, накопители отходов).

Согласно [90], *при проектировании плотин I и II классов из грунтовых материалов* необходимо выполнять следующие основные расчеты: 1) предварительный расчет размеров плотины по НПУ, ФПУ с учетом волнового воздействия и специальных требований к проектированию объекта; 2) фильтрационные и фильтрационной прочности (здесь и далее – с уточнением размеров плотины); 3) обратных фильтров, дренажей и переходных слоев; 4) устойчивости откосов, экрана и защитного слоя; 5) напряжений и деформаций; 6) осадок тела плотины и основания; 7) горизонтальных смещений; 8) креплений откосов на прочность от действия волн, льда и др.

Дополнительно к указанному выше следует выполнять: 9) для неоднородных земляных намывных плотин расчеты фракционирования грунта и устойчивости боковых призм, расчеты консолидации и порового давления; 10) 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 проверку трещиностойкости; 11) для каменно-земляных плотин с ядром и диафрагмой, кроме того – проверку устойчивости на сдвиг низовой призмы плотины.

Для плотин III и IV классов необходимо выполнять следующие расчеты: 1) предварительный расчет размеров плотины по НПУ, ФПУ с учетом волнового воздействия и специальных требований к проектированию объекта; 2) фильтрационные и фильтрационной прочности (здесь и далее – также с уточнением размеров плотины); 3) обратных фильтров, дренажей и переходных слоев; 4) устойчивости откосов, экрана и защитного слоя, в том числе с учетом длительной прочности грунтов тела и основания сооружения в случае, если они сложены глинистыми грунтами или каменной наброской; 5) осадок тела плотины и основания; 6) креплений откосов на прочность от действия волн, льда и др.

Все расчеты следует производить для характерных поперечных сечений плотин. Во всех случаях они выполняются для основных и особых сочетаний нагрузок в эксплуатационный и строительный периоды работы плотин, а в сейсмических районах – с учетом сейсмических нагрузок и свойств грунтов [90, 96]. Согласно [90], при выполнении указанных выше действий необходимо соблюдать требования, изложенные ниже.

В плотинах, имеющих в теле и основании илы или глинистые грунты, при расчете напряженно-деформированного состояния, а также

в проектах размещения КИА следует учитывать избыточное поровое давление, когда максимальное значение коэффициента порового давления $r_{u, \max}$, определяемое отношением порового давления u к максимальному значению приложенного напряжения σ , превышает нормативное значение коэффициента порового давления $r_{u0} = 0,1$. Величину $r_{u, \max}$ определяют по формуле

$$r_{u, \max} = r_{uc} r_{u0},$$

где r_{uc} – коэффициент порового давления, вычисляемый по схеме закрытой системы (без оттока воды из грунта); r_{u0} – коэффициент порового давления, вычисляемый по схеме открытой системы (с оттоком воды из грунта).

Горизонтальные смещения плотин определяют путем расчета напряженно-деформированного состояния с учетом изменения сжимаемости грунтов при повышении их влажности, а в северной строительно-климатической зоне – при изменении их температурно-влажностного состояния. *Для предварительной оценки горизонтальных смещений гребня плотины следует принимать их равными половине осадки гребня после наполнения водохранилища.*

При проектировании плотин с экраном или ядром (диафрагмой) необходимо учитывать деформации береговых склонов. В плотинах с негрунтовыми экранами и диафрагмами рассчитывают продольные и поперечные смещения экранов и диафрагм. Напряженно-деформированное состояние диафрагмы (экрана) рассчитывают с учетом трения грунта по поверхности диафрагмы (экрана), схем опирания устройства на основание и схем разрезки деформационными швами.

Плиты крепления откосов плотин проверяют на воздействие давления волн и льда, в том числе с учетом возможного навала льда на откосы плотины. Трещиностойкость земляных плотин и водоупорных элементов каменно-земляных плотин определяют путем расчета их напряженно-деформированного состояния. При этом следует учитывать поровое давление, а для плотин I и II классов – изменение сжимаемости и ползучести в соответствии со свойствами грунтов, слагающих тело плотины и основания.

При наличии в основании или теле сооружения водонасыщенных несвязных грунтов проводят оценку возможности их разжижения при сейсмическом воздействии. При возможности разжижения грунтов в теле сооружения или в основании предусматривают искусственное уплотнение или укрепление грунтов, в качестве водоупорных элементов плотин из местных материалов применяют пластичные или полужесткие ядра. При этом особое внимание следует уделять обеспечению надежности сопряжения противофильтрационных элементов с основанием и береговыми склонами.

Верхнее водонасыщение призмы плотин проектируют из крупнозернистых грунтовых материалов (каменная наброска, гравелистые и галечниковые фунты и др.), не способных к разжижению при сейсмических воздействиях. При отсутствии таких материалов необходимо предусматривать введение в тело верховой призмы горизонтальных слоев из крупнообломочных сильнодренирующих материалов (указанные выше требования не распространяются на гидротехнические сооружения с верховыми экранами). Для повышения устойчивости откосов в плотинах из грунтовых материалов при сейсмических воздействиях следует предусматривать максимальное уплотнение наружных призм, особенно в зоне, расположенной близко к гребню плотины, а также крепление откосов каменной наброской или железобетонными плитами [90].

2.1. Расчет отметки гребня земляной плотины

Параметры плотины: высота плотины (дамбы) – расстояние по вертикали от отметки гребня до подошвы плотины в данном поперечном разрезе; максимальная высота плотины (дамбы) – расстояние по вертикали от отметки гребня до наинизшей отметки подошвы плотины (дамбы); превышение гребня плотины (дамбы) – расстояние по вертикали от отметки гребня плотины (дамбы) до форсированного подпорного уровня воды [72]. Согласно [90], ширину гребня плотины устанавливают в зависимости от условий производства работ и эксплуатации (использования гребня для проезда, прохода и других целей), но не менее 4,5 м. В местах сопряжения с другими сооружениями или с берегами учитывается конструкция сопряжения и необходимость создания технологических площадок.

Отметку гребня плотины назначают на основе расчета возвышения его над расчетным уровнем воды для двух случаев стояния уровня воды в верхнем бьефе: 1) при нормальном подпорном уровне (НПУ) или при более высоком уровне, соответствующем пропуску максимального паводка, входящего в основное сочетание нагрузок и воздействий; 2) при форсированном подпорном уровне (ФПУ), или другом уровне, относимом к особым сочетаниям нагрузок и воздействий.

Возвышение гребня плотины h_s (рис. 2.1, 2.2) в обоих случаях определяется по формуле

$$h_s = \nabla h_{set} + h_{run, 1\%} + a, \quad (2.1)$$

где ∇h_{set} – ветровой нагон воды в верхнем бьефе; $h_{run, 1\%}$ – высота наката ветровых волн обеспеченностью 1 %; a – запас возвышения гребня плотины; определяют как большую из величин 0,5 м и $0,1 \cdot h_{1\%}$ ($h_{1\%}$ – высота волны 1 % вероятности превышения) [90].

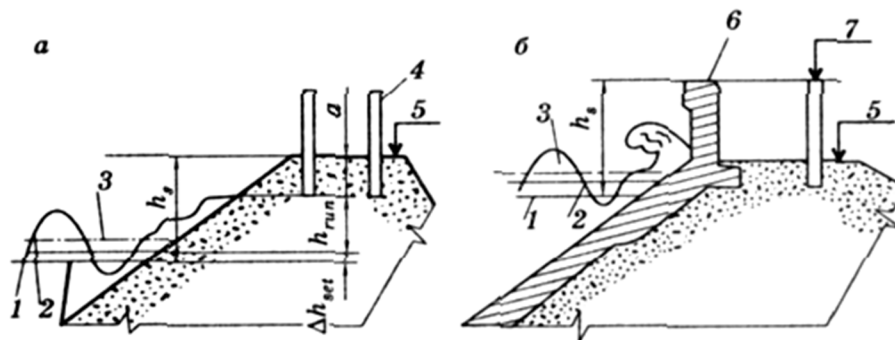


Рис. 2.1. Схемы к определению отметки гребня плотины:
 а – без парапета; б – с парапетом; 1 – расчетный статический уровень;
 2 – уровень воды при ветровом нагоне; 3 – средняя волновая линия;
 4 – сквозные ограждения на гребне; 5 – отметка гребня; 6 – парапет;
 7 – отметка верха парапета

Высоту наката $h_{run,1\%}$, м, для фронтально подходящих волн при глубине перед сооружением $d \geq 2 \cdot h_{1\%}$ определяют по формуле

$$h_{run1\%} = k_r \cdot k_p \cdot k_{sp} \cdot k_{run} \cdot h_{1\%}, \quad (2.2)$$

где k_r и k_p – коэффициенты шероховатости и проницаемости откоса; k_{sp} – коэффициент, принимаемый в зависимости от угла наклона откоса; k_{run} – коэффициент, принимаемый в зависимости от пологости волны $\bar{\lambda}_d / \bar{h}_{d1\%}$ в условиях глубокой воды. В случаях, когда глубине перед сооружением соответствует условие $d < 2 \cdot h_{1\%}$ коэффициент k_{run} принимают для расчетных значений пологости волны высотой $d = 2 \cdot h_{1\%}$; $h_{1\%}$ – высота волны при обеспеченности, равной 1 %.

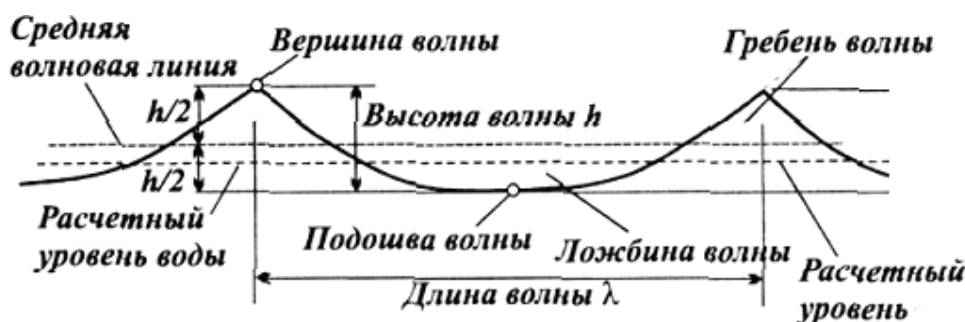


Рис. 2.2. Профиль и элементы волны

При проведении расчетов предварительно определяют элементы волны (рис. 2.2): высота волны – превышение вершины волны над соседней подошвой на волновом профиле; длина волны – горизонтальное расстояние между вершинами двух смежных гребней на волновом профиле; период волны – интервал времени между прохождением двух смежных вершин

волн через фиксированную вертикаль; скорость волны – скорость перемещения гребня волны в направлении ее распространения.

Параметры волн и коэффициенты для определения возвышения гребня плотины определяют по графическим зависимостям (рис. 2.3) с использованием безразмерных параметров: $(g \cdot L) / (V_w^2)$, $(g \cdot d) / (V_w^2)$, $g \cdot h_w / (V_w^2)$, где L – длина разгона ветра, м; V_w – расчётная скорость ветра, м/с; d – глубина перед сооружением, м; h_w – средняя высота волны.

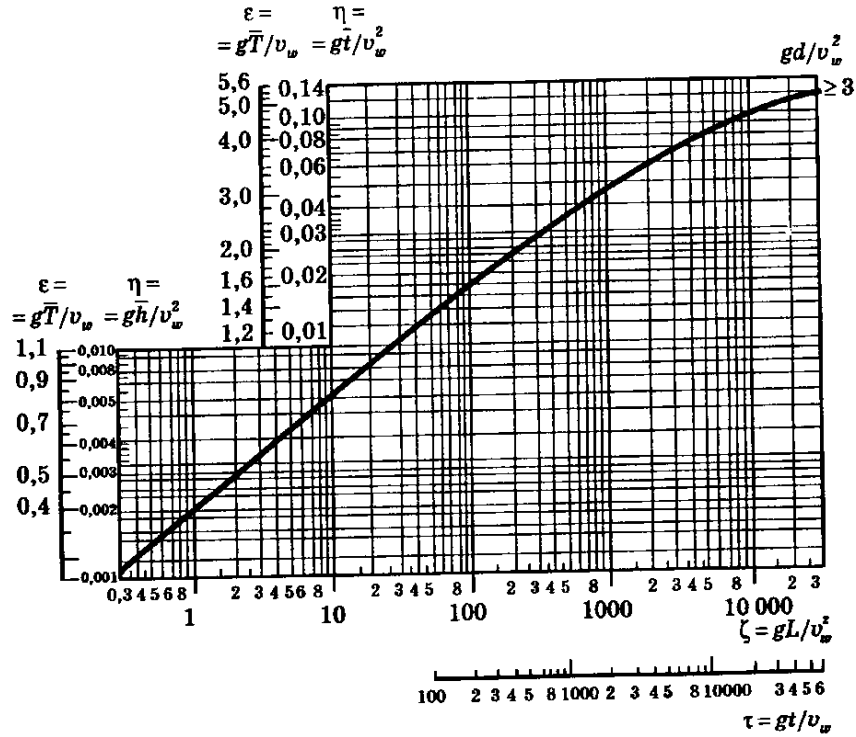


Рис. 2.3. Величина безразмерной средней высоты волны

Параметр $g \cdot h_w / (V_w^2)$ может быть рассчитан по формуле Ю.М. Крылова [30]:

$$\frac{g \cdot h_w}{V_w^2} = 0,16 \cdot \left(1 - \left(1 + 0,006 \cdot \left(\frac{g \cdot L}{V_w^2} \right)^{0,5} \right)^{-2} \right) \times$$

$$\times th \left(0,625 \cdot \frac{\left(\frac{g \cdot L}{V_w^2} \right)^{0,8}}{\left(1 - \left(1 + 0,006 \cdot \left(\frac{g \cdot L}{V_w^2} \right)^{0,5} \right)^{-2} \right)} \right); \quad (2.3)$$

$$\frac{g \cdot T_w}{V_w} = 3,1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{g \cdot h_w}{V_w^2} \right)^{0,625}. \quad (2.4)$$

Средние высота, период и длина волны определяются путем умножения полученных коэффициентов:

- средняя высота волны:

$$h_w = \frac{g \cdot h_w}{V_w^2} \cdot \frac{V_w^2}{g}; \quad (2.5)$$

- средний период волны:

$$T_w = \frac{g \cdot T_w}{V_w} \cdot \frac{V_w}{g}; \quad (2.6)$$

- средняя длина волны:

$$\Delta h_{set} = k_w \cdot \frac{V_w^2 \cdot L}{g \cdot (d + 0,5 \cdot \Delta h_{set})} \cdot \cos \alpha_w, \lambda_w = \frac{g \cdot T_w^2}{2 \cdot \pi}.$$

Высоту ветрового нагона Δh_{set} принимают по данным натурных наблюдений, а при их отсутствии – по формуле

$$\Delta h_{set} = k_w \cdot \frac{V_w^2 \cdot L}{g \cdot (d + 0,5 \cdot \Delta h_{set})} \cdot \cos \alpha_w, \quad (2.7)$$

где α_w – угол между продольной осью водоема и направлением ветра, град; V_w – расчетная скорость ветра; L – разгон, м; d – глубина воды в верхнем бьефе, м; k_w – коэффициент, принимаемый в зависимости от скорости ветра.

Расчетную скорость ветра V_w (м/с) определяют по формуле

$$V_w = k_{fl} \cdot k_l \cdot V_l, \quad (2.8)$$

где V_l – скорость ветра на высоте 10 м над поверхностью земли (водоема), соответствующая 10-минутному интервалу осреднения и расчетной обеспеченности; k_{fl} – коэффициент пересчета данных по скоростям ветра, измеренным по флюгеру, принимаемый по формуле (но не более 1)

$$k_{fl} = 0,675 + \frac{4,5}{V_l}; \quad k_l$$

– коэффициент приведения скорости ветра к условиям водной поверхности для водоемов (в том числе проектируемых) с характерной протяженностью до 20 км, принимаемый равным единице при измерении скорости ветра V_l над водной поверхностью, над ровной

песчаной местностью (пляжи, дюны и прочее) или над местностью, покрытой снегом. При расчетах учитывается тип местности: *A* – открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра; *B* – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м; *C* – городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м. Более подробно методика расчета воздействия волн рассмотрена в [65, 86]).

Из двух полученных результатов расчета (для НПУ и ФПУ) следует выбирать более высокую отметку гребня (при наличии на гребне плотины сплошного парапета, рассчитанного на воздействие волн, возвышение его верха над уровнем верхнего бьефа надлежит принимать не ниже значений, полученных по формуле (2.1.1); возвышение гребня плотины в этом случае назначают на 0,3 м над НПУ или на отметке ФПУ, причем принимают более высокую из них).

При определении первых слагаемых указанной выше формулы принимают обеспеченности скорости ветра для расчета элементов волн, наката и нагона при основном сочетании нагрузок и воздействий (при НПУ), при особом сочетании нагрузок и воздействий (при ФПУ) значения этих обеспеченностей следует принимать для сооружений I–II классов – 20 %, III класса – 30 %, IV класса – 50 % [90].

Запас *a* для всех классов плотин следует принимать не менее 0,5 м. В случае выполнения в плотине противофильтрационного устройства в виде асфальтобетонной диафрагмы величина *a* должна назначаться с учетом понижения отметки гребня диафрагмы за счет ее растекания во времени. При возведении плотины в сейсмических районах отметку гребня следует назначать с учетом высоты гравитационной волны, возникающей в водохранилище в случае образования в нем сейсмотектонических деформаций при землетрясении, определяемой соответствующими расчетами. Отметку гребня плотины проектируют с учетом строительного подъема, назначаемого сверх определенного возвышения h_s . Величину строительного подъема определяют по прогнозируемой осадке гребня [90].

2.2. Расчет грунтовых плотин на фильтрацию.

Определение фильтрационного расхода

В пористой среде, включая и грунтовые плотины, под действием гравитационных сил возникает *фильтрация* (движение жидкости в пористой среде под действием гравитационных сил [69]). Пространство, занятое фильтрационным потоком, называется *областью фильтрации*. Поверхность воды в грунтовом теле называется депрессионной поверхностью, а линия пересечения этой поверхности с вертикальной плоскостью – *депрессионной кривой*

или кривой депрессии [40]. В соответствии с [12] расход воды – это «объем воды, протекающий через живое сечение потока в единицу времени». Соответственно, *фильтрационный расход* воды – объем воды, протекающий под действием гравитационных сил в пористой среде через живое сечение потока в единицу времени.

Расход воды поверхностного водотока выражается как произведение средней скорости течения и площади живого сечения: $Q = v \cdot \omega$. В случае фильтрационного расхода при определении площади сечения потока дополнительно учитывается активная пористость – площадь сечения с учетом площади пор, занятых жидкой водой: $Q = v \cdot \omega_a$. Величина ω_a зависит от условий залегания подземных вод (верховодка, грунтовые, напорные – терминология в гидрогеологии не совпадает с терминологией в гидравлике) и криогенных условий.

Согласно [90], при проектировании плотин I–IV классов необходимо выполнять: фильтрационные расчеты; расчеты фильтрационной прочности. Все работы следует производить для характерных поперечных сечений плотин. Расчеты плотин во всех случаях выполняют для основных и особых сочетаний нагрузок в эксплуатационный и строительный периоды работы плотин. Расчеты плотин, возводимых в сейсмических районах, проводят на основе результатов определения сейсмичности района сооружения, соответствующих сейсмических нагрузок, свойств грунтов.

Фильтрационные расчеты тела плотины, основания и берегов следует выполнять: 1) для определения фильтрационной прочности тела плотины, ее основания и берегов; 2) расчета устойчивости откосов плотины и берегов; 3) обоснования наиболее рациональных и экономичных форм, размеров и конструкций плотины, ее противофильтрационных и дренажных устройств. При выполнении фильтрационных расчетов учитывают кольматаж ложа водохранилища, верхового откоса и развитие этого процесса во времени, а в отдельных случаях – возможность микробиологического кольматирования (например, в грунтовых плотинах отстойных прудов, содержащих значительное количество органических примесей) [90].

Фильтрационными расчетами (а также исследованиями) определяют следующие параметры фильтрационного потока: 1) положение поверхности фильтрационного потока (депрессионной поверхности) в теле плотины и берегах; 2) фильтрационный расход воды через тело плотины, основание и берега; 3) напоры (или градиенты напора) фильтрационного потока в теле плотины, 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

устройств. При неоднородном или анизотропном геологическом строении основания указанные в настоящем пункте параметры фильтрационного потока следует определять с учетом этих особенностей [90].

Фильтрационные расчеты в общем случае основаны на решении уравнения Буссинеска, но на практике часто используются *аналитические методы расчета с использованием уравнений Дарси и Дюпюи в условиях установившегося потока*.

Скорость движения подземных (фильтрационных) вод по Дарси:

$$v = k_{\phi} \cdot I. \quad (2.9)$$

Удельный расход ($q = Q/B$) подземных (фильтрационных) вод по Дюпюи:

$$q = -k_{\phi} \cdot h \cdot I = -k_{\phi} \cdot h \cdot \frac{dh}{dx} \approx k_{\phi} \cdot \frac{h_1^2 - h_2^2}{2 \cdot L}, \quad (2.10)$$

где k_{ϕ} – коэффициент фильтрации (характеристика проницаемости грунта по отношению к конкретной фильтрующейся воде; при линейном законе фильтрации равен скорости фильтрации воды при единичном градиенте напора $I = 1$ [20]); h_1 и h_2 – уровни воды в скважинах (створах поперечного профиля плотины), расположенных на расстоянии L друг от друга. Из уравнения Дюпюи следует возможность определения ординат кривой депрессии y по уравнению

$$y = \sqrt{h_2^2 + \frac{x}{L} \cdot (h_1^2 - h_2^2)}, \quad (2.11)$$

где x – абсцисса кривой депрессии [29]. В случае неоднородной плотины используется подход, предложенный Н.Н. Павловским и заключающийся в приведении размеров разнородных участков к размеру однородной плотины, исходя из следующих соображений:

$$q_1 = \frac{k_{\phi 1}}{L_1} \cdot \frac{h_1^2 - h_2^2}{2}; \quad q_2 = \frac{k_{\phi 2}}{L_2} \cdot \frac{h_1^2 - h_2^2}{2}; \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} q_1 = q_2 &= \frac{k_{\phi 1}}{L_1} \cdot \frac{h_1^2 - h_2^2}{2} = \frac{k_{\phi 2}}{L_2} \cdot \frac{h_1^2 - h_2^2}{2} \rightarrow \\ &\rightarrow \frac{k_{\phi 1}}{k_{\phi 2}} = \frac{L_1}{L_2} \rightarrow L_{\text{пр}} = L_2 \cdot \left(1 + \frac{k_{\phi 1}}{k_{\phi 2}} \right), \end{aligned} \quad (2.13)$$

где индекс 1 соответствует однородному участку тела плотины между расчетными сечениями, а индекс 2 – элементу плотины (например, ядру) с другими свойствами. В случае экрана в формулу Дюпюи вводят поправки на изменение напора и соответствующего ему расстояния между

расчетными створами при заданном угле наклона, толщине и фильтрационных свойствах экрана [55].

В естественных условиях (в основаниях сооружений) можно встретить самые разнообразные грунты в различных сочетаниях. Для получения практических решений используются наиболее часто встречающиеся расчетные схемы напластований, для которых имеются готовые решения по определению параметров фильтрационного потока [40].

При проведении фильтрационных расчетов земляных плотин используют следующие *расчетные схемы* [90]:

1) для однородных плотин на водопроницаемом основании: с трубчатым дренажом; с дренажным банкетом; с наклонным дренажом при отсутствии воды в нижнем бьефе; с наклонным дренажом при наличии воды в нижнем бьефе;

2) неоднородных плотин на малопроницаемом основании: с ядром; с экраном;

3) плотин с тонким ядром на водонепроницаемом основании;

4) однородных плотин на водопроницаемом основании конечной мощности и при одинаковых коэффициентах фильтрации тела плотины и основания: с трубчатым дренажом; с дренажным банкетом; с наклонным дренажом;

5) однородных плотин на водопроницаемом основании конечной мощности и при коэффициентах фильтрации тела плотины меньше коэффициентов фильтрации основания: с трубчатым дренажом; с дренажным банкетом; с наклонным дренажом; с дренажной канавой за плотиной (уровень грунтовых вод ниже подошвы плотины);

6) плотин с экраном и понуром на водопроницаемом основании конечной мощности и при одинаковых коэффициентах фильтрации тела плотины и основания: с трубчатым дренажом; с дренажным банкетом; с наклонным дренажом;

7) однородных плотин на двухслойном основании.

Для неустановившегося потока наиболее оптимальный способ – численное решение уравнения Буссинеска, но используются и аналитические решения, полученные: 1) для однородной плотины; 2) плотины с дренажным песчаным слоем под защитным покрытием верхового откоса [9].

Согласно [40], *методы фильтрационных расчетов* по степени полноты и степени достоверности результатов можно разделить на следующие группы:

1) *эмпирические* (способ линейно-контурной фильтрации ЛКФ и его разновидности) – дается приближенный результат определения давления грунтовых вод на отдельные части сооружений;

2) *гидравлические* – основаны на приближенном решении задачи;

3) *экспериментальные* – например, метод электрогидродинамических аналогий (ЭГДА), физическое моделирование в грунтовых лотках;

4) *приближенные гидромеханические* – основаны на упрощении аналитических решений: метод фрагментов, метод коэффициентов сопротивлений (для каждого элемента подземного контура определяют напор пропорционально коэффициентам сопротивления $h_i = \frac{H \cdot \xi_i}{\sum \xi_i}$; $H = \sum \xi_i$,

где H – напор; ξ – коэффициент сопротивления) и др. [9, 40].

Другой подход к классификации фильтрационных расчетов заключается в анализе способов построения гидродинамической сетки: аналитического, способа аналогий, графического, физического и математического моделирования [3, 9, 11, 29, 31, 55, 103].

Аналитический способ требует использования довольно сложных методов теории функций комплексного переменного, конформных отображений, фрагментов и т. п. Аналитические решения развиты академиками Н.Н. Павловским, П.Я. Полубариновой-Кочиной и многими другими учеными.

Способ аналогий основан на том, что некоторые физические явления подчиняются уравнению Лапласа, причем в отличие от фильтрации в этих явлениях гораздо проще измерять значения определяемой функции (метод ЭГДА – электродинамических аналогий; метод МАГДА или МАГА – метод магнитогидродинамической аналогии).

Графический способ – способ построения гидродинамической сетки при ряде допущений.

Физические модели воспроизводят истинный поток, так как представляют собой насыщенные пористые среды подобно прототипу, но в уменьшенном масштабе. Условия на границах задаются как значения напорной функции, контролируемые столбом воды в открытом колодце. Напоры в водоносном горизонте измеряются пьезометрами (или тензиометрами).

Математическое моделирование – комплекс способов определения фильтрации, основанных на решении дифференциальных уравнений, описывающих математическую модель процесса движения подземных вод, численными методами с использованием: а) вероятностно-разностного метода конечных элементов (МКЭ); б) метода конечных разностей (МКР) [38, 103].

В целом необходимо отметить, что все классификации условны и основаны в той или иной степени на личной точке зрения их авторов. Например, далеко не все считают необходимым выделять «математическое моделирование» как численное решение тех же уравнений, на которых основаны так называемые «аналитические» методы, или разделять «гидравлические» и «гидромеханические» методы.

Фильтрационную прочность тела плотины, а также противофильтрационных устройств оценивают на основе соответствующих расчетов, выполняемых аналитически или методом численного моделирования, и экспериментальных исследований грунтов при действующих в сооружении градиентах напора с учетом напряженно-деформированного состояния сооружения и его основания, особенностей конструкции, методов возведения и условий эксплуатации. *Расчеты фильтрационной прочности следует выполнять исходя из наибольшего напора, действующего на плотину.*

При оценке общей и местной фильтрационной прочности необходимо обеспечение условия:

$$J_{est, m} \leq J_{cr, m} / \gamma_n, \quad (2.14)$$

где $J_{est, m}$ – действующий средний градиент напора в расчетной области фильтрации; $J_{cr, m}$ – критический средний градиент напора, принимаемый на основании исследований грунтов в условиях, отвечающих реальным условиям эксплуатации сооружения; γ_n – коэффициент надежности по ответственности сооружений.

2.3. Дренажные устройства. Подбор состава фильтров и переходных зон

Согласно [15], *дренаж* – это устройства для сбора и отвода профильтровавшихся и подземных вод.

В бетонных и железобетонных плотинах предусматривают дренаж: 1) вдоль верховой грани плотин – в виде вертикальных дрен (скважин), имеющих выходы в продольные галереи; устройство горизонтальных дрен, приуроченных к ярусам бетонирования и имеющих выход в смотровые шахты, расположенные в межсекционных швах плотины, должно быть специально обосновано в проекте; 2) для уменьшения противодействия на плотину в ее основании – в виде вертикальных или наклонных скважин или горизонтальных дренажных устройств (как правило, дренажные устройства следует размещать в зонах тела плотины и основания, имеющих в период эксплуатации положительные температуры); 3) в конструкциях постоянных деформационных швов для отвода профильтровавшейся через уплотнение или в его обход воды. Специальные противофильтрационные и дренажные устройства предусматриваются во всех случаях, когда основание плотины сложено фильтрующими слабоводоустойчивыми и быстрорастворимыми грунтами. При грунтах, устойчивых против химической и механической суффозии, такие устройства должны быть обоснованы технико-экономическими расчетами [90].

Основные виды дренажа в грунтовой плотине: 1) дренажный банкет; 2) наклонный дренаж; 3) трубчатый дренаж; 4) горизонтальный дренаж; 5) комбинированные дренажи (рис. 2.4) [9, 90].

Согласно [90], дренажные устройства тела земляной плотины проектируют с целью: 1) организованного отвода воды, фильтрующейся через тело, основание и береговые примыкания плотины в нижний бьеф; 2) предотвращения выхода фильтрационного потока на низовой откос и в зону, подверженную промерзанию; 3) снижения депрессионной поверхности для повышения устойчивости низового откоса (внутренний дренаж); 4) обеспечения устойчивости верхового откоса при быстрой сработке водохранилища; 5) снятия порового давления, возникающего при сейсмических воздействиях; 6) отвода воды, профильтровавшейся через экран (ядро); в случае слабопроницаемого материала низовой призмы плотины и наличия низовой переходной зоны отвод воды следует осуществлять специальным дренажным слоем на поверхности основания, соединенным с дренажом низовой призмы плотины [90].

В высоких плотинах, выполняемых из суглинистого или супесчаного грунта, для ускорения консолидации и устранения влияния порового давления предусматривается устройство горизонтальных или вертикальных дрен в толще низовой и центральной частей тела плотины (на основе расчетов деформаций с учетом суффозии и свойств грунтов; в период эксплуатации необходимо проводить натурные наблюдения за деформациями; работы по устройству дренажей должны вестись при отсутствии напора на сооружение, а при действующем напоре – под защитой систем, обеспечивающих водопонижение; в однородных грунтовых плотинах при определении положения депрессионной поверхности необходимо учитывать значение капиллярного поднятия) [90].

Согласно [90], размеры дренажных устройств определяют для каждого конкретного случая, исходя из фильтрационных условий, исключаяющих кольматацию грунта в области дренажа, замерзания фильтрационного потока при входе его в дренаж и на выходе из дренажа. Конструкции дренажных устройств низовой части плотины представлены на рис. 2.4.

Сопряжение дренажа с упорной призмой осуществляется с помощью обратных фильтров, состоящих из одного или более слоев. Обратный фильтр выполняется из несвязных естественных или получаемых путем отсева или дробления грунтов, а также из искусственных пористых материалов. Дренажный коллектор проектируют из камня, бетонных, железобетонных, хризотилцементных, гончарных труб и т. п. с учетом агрессивности воды [90].

Для устройства обратных фильтров следует применять естественные несвязные или получаемые дроблением грунты из морозостойких

скальных пород (если этот материал подвергается действию отрицательных температур), не содержащих водорастворимых солей, а также гранулированные шлаки, негрунтовые материалы (например, геотекстиль), применение которых должно быть специально обосновано [90].

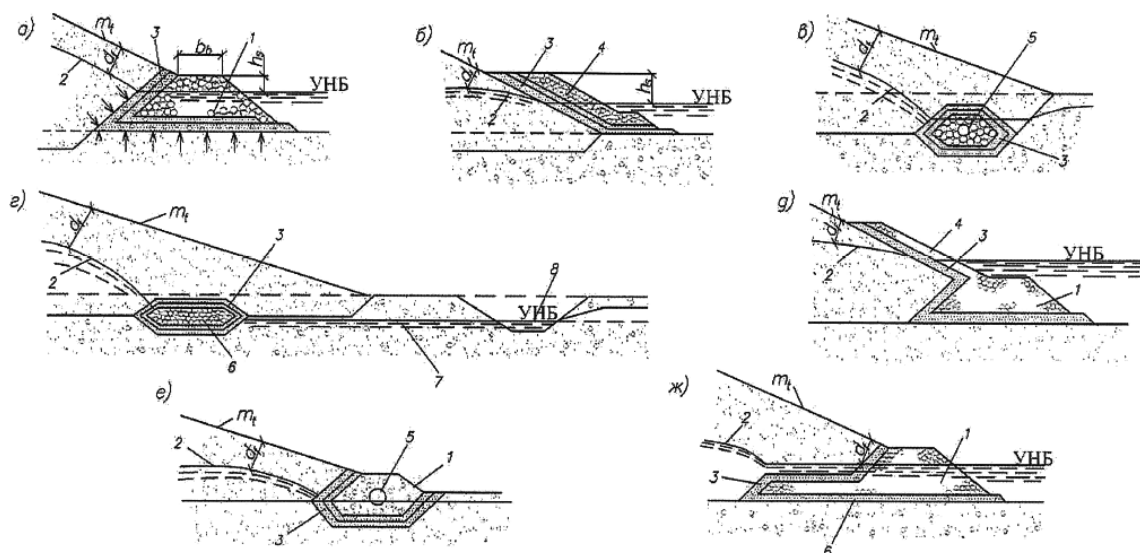


Рис. 2.4. Схемы основных видов дренажа [90]:

в русле: а – дренажный банк; б – наклонный дренаж; на берегу: в – трубчатый дренаж; г – горизонтальный дренаж; д–ж – комбинированные дренажи;
1 – дренажный банк; 2 – поверхность депрессии; 3 – обратный фильтр;
4 – наклонный дренаж; 5 – труба; 6 – дренажная лента; 7 – отводящая труба;
8 – отводящая канава; d_f – расчетная глубина промерзания; m_t – коэффициент низового откоса; b_b – ширина банкета поверху

Дренажи тела плотины не устраивают в следующих случаях: 1) при возведении плотин на водопроницаемом основании, в которых депрессионная поверхность без устройства дренажа оказывается достаточно удаленной от поверхности низового откоса и не попадает в зону промерзания; 2) в низовой части плотин с экранами, ядрами и диафрагмами при условии обеспечения отвода профильтровавшейся воды; 3) в плотинах, низовая часть которых выполнена из каменной наброски или из другого крупнообломочного материала (гравийного, галечникового и т. п.) [90].

В случае, если земляная плотина сопрягается с бетонными сооружениями, дренажи их должны быть увязаны между собой. В местах примыкания плотины к береговым участкам, расположенным выше уровня нижнего бьефа в межень, должен быть предусмотрен организованный отвод воды, профильтровавшейся через плотину (например, горизонтальный дренаж) [90].

При строительстве земляных насыпных плотин на водонасыщенных грунтах, в которых под нагрузкой возникает поровое давление, наруша-

ющее прочность основания, в условиях, если оно не может быть уменьшено за счет снижения интенсивности возведения плотины, поверхность основания в пределах низовой части плотины следует покрывать горизонтальным дренажом, а для отвода воды, отжимаемой из грунта основания, рекомендуется дополнительно устраивать вертикальные дренажи. Необходимость и размеры такого дренажа, а также расстояние между вертикальными дренажами должны быть обоснованы расчетами с учетом интенсивности возведения плотины [90].

Устойчивость верхнего слоя грунта основания в нижнем бьефе оценивают расчетом на выпор от действия восходящего фильтрационного потока, если этот слой имеет водопроницаемость меньшую, чем нижележащий грунт. При недостаточной устойчивости слоя грунта у подошвы низового откоса плотины надлежит устраивать вертикальный дренаж, прорезающий этот слой и снижающий противодавление. Вместо вертикального дренажа, при соответствующем обосновании, возможна пригрузка основания за низовым откосом плотины дренирующим грунтом с устройством, при необходимости, обратного фильтра [90].

2.4. Расчет обратных фильтров

Согласно [72], *обратный фильтр* – это пористый материал из одного или нескольких слоев грунта, пористого бетона или ткани для предотвращения выноса частиц грунта фильтрационным потоком воды. *Обратные фильтры применяют для сопряжения дренажа с упорной призмой*, а именно: на контакте дренажа (или пригрузки) и дренируемого тела плотины, ядра, экрана или основания плотины, а также в любом месте искусственно созданного напорного фронта, где возможна механическая суффозия на контакте между разнородными грунтами (*суффозия* – разрушение и вынос потоком подземных вод отдельных компонентов и крупных масс дисперсных и сцементированных обломочных пород, в том числе слагающих структурные элементы скальных массивов [75]).

Материалы обратного фильтра подбирают из условия обеспечения фильтрационной прочности сопрягающихся грунтов в месте контакта в процессе возведения и в период эксплуатации плотин. С учетом этого обратный фильтр выполняется из несвязных естественных или получаемых путем отсева или дробления грунтов, а также из искусственных пористых материалов. Грунты должны быть из морозостойких скальных пород, если этот материал подвергается действию отрицательных температур, и не должны содержать водорастворимые соли. Применение искусственных материалов (например, геотекстиля) должно быть специально обосновано [90].

Обратные фильтры не устраиваются при специальном обосновании; в частности, устройство такого фильтра по контакту с дренажом необязательно, если дренируемое тело сложено гравелистыми песками, гравийными грунтами и т. п., удовлетворяющими требованиям к составу обратного фильтра [90].

Согласно [90], зерновой состав материала обратного фильтра должен быть подобран с учетом физических характеристик дренируемого грунта и имеющихся местных фильтровых материалов; состав фильтра должен исключать:

- 1) отслаивание глинистого грунта на контакте с материалом фильтра – для плотин из глинистого грунта или плотин на глинистом основании;

- 2) проникновение (просыпание) частиц защищаемого грунта в поры фильтра на участках нисходящего фильтрационного потока – для плотин из песчаного грунта;

- 3) выпор и вдавливание частиц грунта в поры фильтра – для песчаного основания на участках восходящего потока;

- 4) размыв защищаемого грунта на границе с фильтром – в случае фильтрационного потока, направленного вдоль контакта (контактный размыв);

- 5) кольматаж фильтра мелкими частицами, выносимыми фильтрационным потоком из защищаемого грунта, вынос которых допускается в проекте;

- 6) опасную для прочности фильтра суффозию в самом слое фильтра;

- 7) вынос частиц грунтового материала фильтрационным потоком в сквозных поперечных трещинах в случае возможного их возникновения в теле плотины или в ее водоупорном элементе;

- 8) состав фильтра должен обеспечивать «самозалечивание» трещин в ядре в случае их образования;

- 9) при разработке проекта устройства обратного фильтра дренажа с использованием природного разнородного грунта в частичном или полном его зерновом составе следует учитывать опасность сегрегации;

- 10) необходимо выполнить опытную проверку устойчивости материала к сегрегации с учетом предусмотренных в проекте условий производства работ.

Число слоев обратного фильтра и их гранулометрический состав назначают исходя из условия недопущения суффозионного выноса и кольматации грунта основания плотины, и определяют их на основании технико-экономического сравнения вариантов. При этом необходимо стремиться к назначению возможно меньшего числа слоев фильтра. Материал обратного фильтра дренажей для плотин I и II классов следует

проверять экспериментальным путем на грунтах и в условиях работы, в которых он будет находиться в сооружении, а для плотин III и IV классов – согласно соответствующим расчетам. При проектировании плотины, по гребню которой будет осуществляться железнодорожное сообщение, необходимо учитывать неблагоприятное влияние на суффозионную устойчивость грунтов вибрации, передающейся через тело плотины от дорожного полотна до зоны размещения дренажного коллектора. Во избежание суффозионной деструкции в зоне дренажной обсыпки следует выполнять соответствующий подбор обратного фильтра [90].

Согласно [90], алгоритм проектирования обратных фильтров, дренажей и переходных слоев следующий:

1) устанавливают расчетные параметры (зерновой состав, плотность, коэффициент фильтрации и пр.) грунтов, защищаемых обратными фильтрами, определяют суффозионную прочность (суффозионность) и расчетные размеры сводообразующих частиц и диаметр пор (d_a и $d_{a, \max}$) защищаемого грунта в зависимости от его состава и условий фильтрационного потока;

2) выбирают естественные карьерные грунты или искусственно получаемые (щебеночные, гранулированный шлак и др.), которые могут быть использованы для устройства обратных фильтров;

3) подбирают зерновой состав первого слоя обратного фильтра и последующих слоев (если в этом есть необходимость) из выбранных естественных карьерных или искусственных материалов;

4) проверяют суффозионную прочность и устойчивость грунтов, защищаемых обратным фильтром, и грунтов обратных фильтров;

5) устанавливают толщину и число слоев обратных фильтров;

6) устанавливают допустимые пределы отступлений в зерновом составе, толщине слоев и плотности грунтов фильтра при укладке в дренажи или переходные слои; для обратных фильтров, дренажей и переходных слоев допускаемый коэффициент разнотонности фильтровых материалов $K_{60,10}$ должен удовлетворять условиям: а) если защищаемый грунт несудфозионный сыпучий – $K_{60,10} \leq (20...25)$, где меньшее значение $K_{60,10}$ следует принимать для окатанных частиц песчаных и гравийных грунтов, а большее – для щебенистых грунтов фильтра; б) если защищаемый грунт судфозионный сыпучий – $K_{60,10} \leq 15$; в) если защищаемый грунт глинистый, с числом пластичности $I_p \geq 0,07$ (допускается при обосновании $I_p \geq 0,05$) – $K_{60,10} \leq 50$.

Примечание к пункту 6: условие $K_{60,10} \leq 50$ следует принимать как для обратных фильтров дренажей, так и для переходных слоев плотин;

при соответствующем обосновании, в случае если толщина переходного слоя составляет более 3 м, отношение $K_{60,10}$ принимается более 50; для фильтров, устраиваемых из пористого бетона – $K_{60,10} \leq 12$ (обратные фильтры из пористого бетона и других пористых и полимерных материалов предусматриваются только при соответствующем обосновании); для фильтров, выполняемых отсыпкой материалов в воду – $K_{60,10} \leq 10$ [90].

Толщина каждого слоя обратного фильтра по фильтрационным условиям должна быть не менее величины, равной $5 \cdot d_{s,85}$, но при этом не менее 0,2 м ($d_{s,85}$ – диаметр частиц, масса которых вместе с массой мелких фракций составляет 85 % массы грунта всего дренажного слоя). Этот параметр (толщина слоев обратных фильтров) назначается с учетом производства работ и технико-экономических расчетов. Во всех вышеуказанных выражениях $K_{60,10} = d_{60} / d_{10}$, где d_{60}, d_{10} – крупность частиц грунта, суммарное весовое содержание которых, вместе с более мелкими фракциями, составляет соответственно 60 и 10 % от массы всего грунта. Для фильтров, выполняемых из материала с $K_{60,10} \leq 10$, толщина каждого слоя обратного фильтра по фильтрационным условиям должна быть не менее слоя толщиной $5 \cdot d_{s,85}$, но не менее 0,2 м, а для фильтров, выполняемых из материалов с $K_{60,10} > 10$, толщину слоев назначают по результатам опытных отсыпок с учетом сегрегации фильтровых материалов, возникающей при транспортировании, отсыпке и разравнивании слоев фильтра [90].

2.5. Расчет устойчивости откосов земляных плотин

Обычно грунтовая плотина имеет настолько значительный вес, что нет необходимости делать проверку устойчивости на сдвиг ее самой. Неустойчивыми могут оказаться только ее откосы [40]. Согласно [9, 90], применительно к конкретным геологическим условиям и конструкции плотины могут быть использованы проверенные практикой упрощенные методы расчета устойчивости откосов, которые учитывают поверхность обрушения, по которой под действием собственного веса G грунта произойдет его оползание, принимается криволинейной, круглоцилиндрической, описанной радиусом R из произвольно намечаемой точки O (центра вращения). При этом считается, что призма обрушения откоса скользит по поверхности, не деформируясь. На сползающую призму действуют: сила трения (удерживающая) $F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$, пропорциональная нормальной

составляющей $N = G \cdot \cos \alpha$ веса отсека и тангенсу коэффициента внутреннего трения; сила сцепления (удерживающая) $F_c = C \cdot L$, пропорциональная длине L дуги кривой обрушения и величине удельного сцепления C и равномерно распределенная по поверхности обрушения; сдвигающая сила $T = G \cdot \sin \alpha$ (α – угол между касательной к дуге обрушения и горизонталью). Сползание отсека будет иметь место в случае, если момент сдвигающих сил будет больше момента удерживающих сил:

$$k_s = \frac{(N \cdot \operatorname{tg} \varphi + C \cdot L) \cdot R}{T \cdot R} = \frac{N \cdot \operatorname{tg} \varphi + C \cdot L}{T}. \quad (2.15)$$

В целом расчет устойчивости сводится к поиску наиболее опасных кривых скольжения, для которых $k_s \rightarrow \min$ [55].

При выполнении расчетов призму обрушения рассматривают либо как одно монолитное тело, либо как комплекс отсеков. Первый способ пригоден для расчета устойчивости откосов только из однородных грунтов, что в гидротехнике встречается не часто. По этой причине расчет проводится по отсекам с последующим суммированием сил и вычислением коэффициента устойчивости:

$$k_s = \frac{\sum (G_n \cdot \cos \alpha_n - W_\phi) \cdot \operatorname{tg} \varphi + \sum C_n}{\sum G_n \cdot \sin \alpha_n}, \quad (2.16)$$

где W_ϕ – давление воды на выделенный n -отсек [9].

Методика расчета устойчивости откоса в общих чертах следующая: *подготовительный этап (рис. 2.5):*

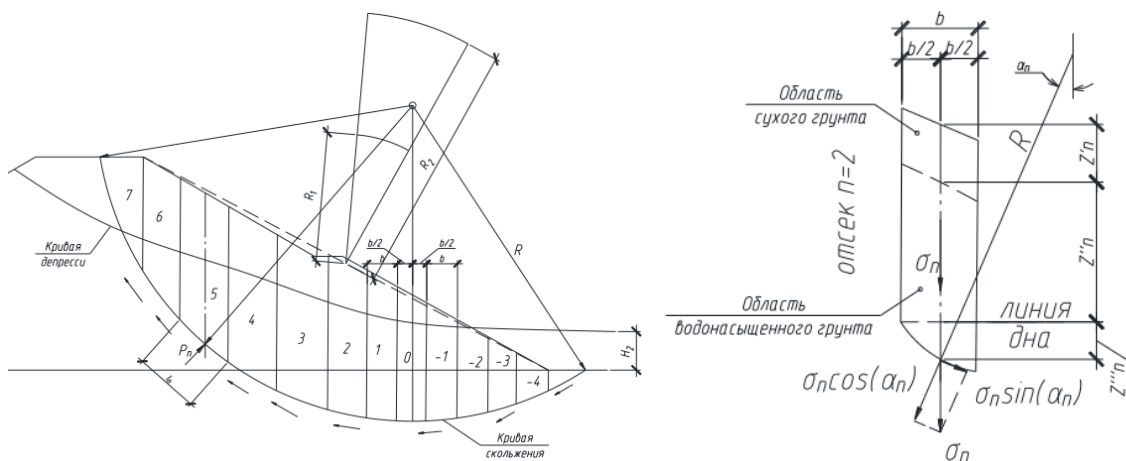


Рис. 2.5. Схема к расчету устойчивости низового откоса

- 1) проводится расчет фильтрации и строится кривая депрессии;
- 2) из середины низового откоса C проводят вертикаль $[CD]$ (вверх) и линию под углом 85° к откосу $[CE]$ (вверх);

3) из верхней (А) и нижней (В) границ откоса проводят две дуги окружности (DA) и (DB) радиусом R в точке O ; $R = (R_H + R_B) / 2$; значения R_H , R_B зависят от высоты плотины $H_{пл}$ и заложения откоса m :

$$1) m = 1; \frac{R_H}{H_{пл}} = 1,1; \frac{R_B}{H_{пл}} = 2,2; 2) m = 2; \frac{R_H}{H_{пл}} = 1,4; \frac{R_B}{H_{пл}} = 2,5; 3) m = 3; \frac{R_H}{H_{пл}} = 1,9; \frac{R_B}{H_{пл}} = 3,2; 4) m = 4; \frac{R_H}{H_{пл}} = 2,5; \frac{R_B}{H_{пл}} = 4,7; 5) m = 5; \frac{R_H}{H_{пл}} = 3,3; \frac{R_B}{H_{пл}} = 5,8; 6) m = 6; \frac{R_H}{H_{пл}} = 4,3; \frac{R_B}{H_{пл}} = 6,7;$$

4) из точки C проводят дугу (DC) радиусом $r = [OC]/2$ до пересечения с линиями $[CD]$ и $[CE]$; искомые координаты точки O находятся в границах контура, очерченного дугами (DA), (DB), (DC) и линиями $[CD]$ и $[CE]$;

основной (итерационный) этап:

5) задают радиус скольжения R_0 в диапазоне $[R_H; R_B]$;

6) назначают радиус, произвольную точку O в этом контуре и проводят дугу радиусом R_0 до пересечения с контуром плотины в двух точках – (s_1) и (s_2) ;

7) призму обрушения в пределах контура $(s_1; s_2)$ разделяют на отсеки шириной $b = R_0 / N$, где $N = 10$ или $N = 20$;

8) для каждого n -отсека рассчитывается вес:

$$G_n = (\rho_{\text{сух, плотина}} \cdot z' + \rho_{\text{нас, плотина}} \cdot z'' + \rho_{\text{нас, основание}} \cdot z''') \cdot g \cdot b, \quad (2.17)$$

где z' – расстояние от внешней грани до кривой депрессии, измеренной от центра отсека; z'' – расстояние от кривой депрессии до кривой скольжения или подошвы; z''' – расстояние от подошвы до кривой скольжения; $\rho_{\text{нас}} = \rho_{\text{сух}} + n_{gr} \cdot \rho_w$; $\rho_{\text{сух}}$ и ρ_w – плотность сухого грунта и воды; n_{gr} – пористость грунта;

9) для каждого отсека рассчитывается нормальная составляющая веса:

$$N_n = G_n \cdot \cos \alpha_n; \cos \alpha_n = \sqrt{1 - \frac{n^2}{N^2}}; \quad (2.18)$$

10) для каждого отсека рассчитывается сдвигающая сила:

$$Tn = G_n \cdot \sin \alpha_n; \sin \alpha_n = \frac{n}{N}; \quad (2.19)$$

11) для каждого отсека рассчитывается давление воды на выделенный отсек:

$$W(\Phi) = \rho(w) \cdot g \cdot (z'' + z''') \cdot \frac{b}{\cos \alpha(\Pi)}; \quad (2.20)$$

12) для каждого отсека рассчитывается сила сцепления:

$$C_n = C_i n \frac{b}{\cos \alpha_n}; \quad (2.21)$$

13) для N -отсеков рассчитываются суммарные силы;

14) рассчитывается коэффициент устойчивости:

$$k_s = \frac{\sum (G_n \cdot \cos \alpha_n - W_\phi) \cdot \operatorname{tg} \varphi + \sum C_n}{\sum G_n \cdot \sin \alpha_n}; \quad (2.22)$$

15) через точку O проводят прямую линию параллельно откосу, на ней вправо/влево и вверх/вниз (в пределах контура) назначают точки O_i и возвращаются к шагу № 5, пока не будет найдено минимальное значение k_s ;

16) через точку с минимальным значением проводят перпендикуляр к откосу, назначают точки O_i и возвращаются к шагу № 5, пока не будет найдено минимальное значение k_s ;

заключительный этап:

17) для найденного значения $\min(k_s)$ проверяется условие:

$$K_s = \frac{R}{F} \geq \frac{\gamma_n \cdot \gamma_{lc}}{\gamma_c}, \quad (2.23)$$

где F – расчетное значение обобщенного силового воздействия, определяемое с учетом коэффициента надежности по нагрузке γ_f (в зависимости от метода расчета устойчивости откосов F – равнодействующая сил или моментов этих сил относительно оси поверхности сдвига); R – расчетное значение обобщенной несущей способности системы сооружение–основание, определяемое с учетом коэффициента безопасности по грунту γ_g , т. е. обобщенное расчетное значение сил предельного сопротивления сдвигу по рассматриваемой поверхности; γ_c , γ_n , γ_{lc} – коэффициенты условий работы, ответственности сооружения, сочетания нагрузок; значения коэффициента устойчивости, полученные в результате расчета, при соответствующем сочетании нагрузок не должны превышать величины $\gamma_n \cdot \gamma_{lc} / \gamma_c$ более чем на 10 %, если это не обусловлено особенностями сооружения [90].

Влияние сейсмических воздействий на откос определяют путем анализа соотношения объемных сейсмических сил, действующих на объем грунта каждого элемента с учетом его насыщения водой, и изменения давления воды на поверхность откоса в пределах элемента. В расчеты от-

косов с учетом сейсмических воздействий вводят динамические характеристики прочности грунтов, если они отличаются от статических, а также в соответствующих случаях учитывают возникновение избыточного порового давления как следствия сейсмических толчков. Сейсмические воздействия относятся к особым нагрузкам; при их учете другие особые нагрузки можно не учитывать [90].

Согласно [90], при расчетах устойчивости откосов плотин необходимо рассматривать следующие случаи:

1) для низового откоса:

1.1) *первый расчетный случай* (основной): в верхнем бьефе – нормальный подпорный уровень НПУ, в теле плотины – установившаяся фильтрация; при наличии воды в нижнем бьефе глубину ее принимают максимально возможной при НПУ, но не более $(0,2 \dots 0,3) h_i$, где h_i – высота откоса;

1.2) *второй расчетный случай* (основной) при открытых водосбросах (без затворов): подпорный уровень и уровень нижнего бьефа определяют максимальным расходом, относимым к основным сочетаниям нагрузок и воздействий;

1.3) *третий расчетный случай* (особый): в верхнем бьефе – форсированный подпорный уровень воды (ФПУ), в нижнем бьефе глубину воды принимают максимальной, соответствующей ФПУ.

2) для верхового откоса:

2.1) *первый расчетный случай* (основной): максимальное возможное снижение уровня воды в водохранилище от НПУ или от подпорного уровня, соответствующего пропуску максимального расхода, относимого к основным сочетаниям воздействий, с наибольшей возможной скоростью, при этом учитывают фильтрационные силы неустановившейся фильтрации;

2.2) *второй расчетный случай* (строительного периода): уровень воды в верхнем бьефе находится на отметке, отвечающей заполнению $(0,2 \dots 0,3) h_j$, где h_j – высота откоса; поверхность депрессии в теле плотины принимают соответствующей принятому уровню заполнения;

2.3) *третий расчетный случай* (особый): максимально возможное снижение уровня воды в водохранилище от ФПУ с наибольшей возможной скоростью, при этом учитывают фильтрационные силы неустановившейся фильтрации.

Для земляных плотин с волногасящими откосами производят расчет устойчивости с учетом волнового воздействия. При расчете устойчивости откосов земляных намывных плотин необходимо учитывать фильтрацию из прудка при проектируемом его положении в период намыва пло-

тины и насыщение водой грунтов откосов (расчетный случай строительного периода). При расчете устойчивости откосов плотин в сейсмических районах сейсмические воздействия учитывают согласно выполненным исследованиям. Устойчивость верхового откоса плотины в условиях сейсмического воздействия проверяют как для случая быстрого снижения уровня воды в водохранилище от НПУ до наиболее низкого эксплуатационного уровня, так и для случая продолжительного стояния НПУ (или ПУ, соответствующего пропуску расхода, относимого к основным воздействиям). Если консолидация связных грунтов плотины и ее основания не завершается к моменту окончания строительства, в расчетах устойчивости откосов учитывают поровое давление как для строительного, так и для эксплуатационного периодов. Для плотин с грунтовым экраном рассчитывают устойчивость экрана на откосе плотины и устойчивость крепления на экране. Для участков поверхности сдвига на контакте экрана и плотины или крепления и экрана прочностные характеристики принимают для менее прочного грунта. Расчет устойчивости боковых призм земляных намывных плотин с ядром из глинистого грунта выполняют с учетом порового давления в период консолидации ядра (расчетный случай строительного периода). Местная устойчивость откосов между берегами должна обеспечиваться с учетом всех действующих нагрузок (по основному, строительному, особому сочетанию нагрузок). Устойчивость откосов каменно-насыпных плотин с железобетонным экраном определяется только по результатам расчетов напряженно-деформированного состояния плотины с использованием прочностных и деформационных характеристик грунтов в теле плотины, полученных на основании трехосных испытаний. Для сооружений I и II классов, тело/основание которых сложено из глинистых грунтов, при оценке устойчивости сооружения необходимо учитывать изменение прочностных свойств грунтов тела и основания сооружения вследствие реологических процессов (в том числе длительную прочность). При расчетах по оценке устойчивости откосов однородных земляных плотин учитывают капиллярное поднятие воды над депрессионной поверхностью фильтрационного потока [90].

Расчет устойчивости экрана проводят для одного метра длины плотины путем определения коэффициента запаса на устойчивость. При ряде допущений экран считается устойчивым, если выполняется условие:

$$k_s \geq \frac{\operatorname{tg} \theta}{\operatorname{tg} \varphi}, \quad (2.24)$$

где θ — угол наклона экрана к горизонту; φ — угол внутреннего трения [40].

При обосновании проектного профиля грунтовых гидротехнических сооружений I и II классов рекомендуется использовать методы расчета устойчивости по напряжениям. К таким методам относятся методы расчета по фиксированным поверхностям сдвига, в которых силы, действующие на поверхности сдвига, определяются из результатов расчетов напряженно-деформированного состояния, а также методы численного моделирования разрушения [90].

2.6. Расчет осадки тела и основания плотины

В естественных условиях грунты под воздействием собственного веса находятся в напряженном состоянии. Для однородных грунтов естественной влажности нормальные напряжения по горизонтальным площадкам σ_n вычисляют по формуле

$$\sigma_n = \gamma \cdot h, \quad (2.25)$$

где γ – удельный вес грунта; h – глубина (расстояние от поверхности до горизонтальной площадки). Если к поверхности грунта будет приложена внешняя нагрузка, то в толще грунтового массива возникнут дополнительные напряжения σ_z , которые называют *уплотняющими*. Суммарное напряжение

$$\sigma_{sum} = \sigma_z + \sigma_n. \quad (2.26)$$

В грунтовых плотинах внешней нагрузкой служит вес тела плотины, рассматриваемый как равномерно распределенная нагрузка, состоящая из прямоугольной (в пределах гребня плотины) и двух треугольных (боковых) призм [40]. В ряде случаев может быть выполнена замена трапециевидной нагрузки на треугольную.

Суммарные осадки в слоях грунтовых плотин Δh состоят из двух частей – осадок тела плотины $\Delta h_{пл}$ и осадок основания $\Delta h_{осн}$:

$$\Delta h = \Delta h_{пл} + \Delta h_{осн}. \quad (2.27)$$

Сжимаемое основание под воздействием внешней нагрузки (веса плотины) всегда будет давать осадку, величина которой зависит от мощности сжимаемого основания $H_{сж}$. С глубиной уплотняющее напряжение уменьшается и при некотором значении практически не влияет на осадку. Такую глубину называют *активной (активной зоной)* $h_{аз}$. При расчете осадок основания широкое распространение получил метод послойного суммирования:

$$\Delta h_s = \sum \left(h_i \cdot \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{1 + \varepsilon_1} \right), \quad (2.28)$$

где Δh_s – стабилизированная (конечная) осадка; h_i – толщина сжимаемого слоя; ε_1 – коэффициент пористости грунта до приложения нагрузки; ε_2 – коэффициент пористости грунта после приложения нагрузки.

С учетом указанного выше и согласно [90], расчет осадок тела и основания плотины выполняют при выборе конструкции и технологии производства работ, а также для определения требуемого строительного подъема плотины и уточнения объема работ по сооружению плотины. Расчет осадок плотины проводят в каждом характерном ее поперечном сечении по нескольким вертикалям в элементах плотины. Для плотин I и II классов расчет осадок и их изменения во времени производят на основании результатов экспериментальных исследований сжимаемости грунтов с учетом напряженно-деформированного состояния плотин. Поровое давление, ползучесть грунта, его просадочность и набухание при повышении влажности в период эксплуатации необходимо учитывать при их наличии. Напряженно-деформированное состояние плотин, возводимых в северной строительной-климатической зоне, определяют с учетом температурного режима грунтов плотины и ее основания, а также изменений свойств грунтов при фазовых переходах. Для плотин III и IV классов допускается производить расчет осадок по приближенным зависимостям с использованием значений модулей деформаций, рассчитанным для объектов-аналогов [90].

Цель расчета осадки – определение требуемого строительного подъема плотины и уточнение объема работ по ее возведению.

Алгоритм расчета осадки:

1) если известна толщина сжимаемого слоя основания $H_{сж}$ и $b_{гр} / H_{сж} \geq 2$ ($b_{гр}$ – ширина гребня плотины), то нагрузка на основание от веса плотины представляется в виде трех распределенных нагрузок (рис. 2.6, а: $q = q_{\max}^{лев} + q^{гр} + q_{\max}^{пр}$; результирующее напряжение в основании $\sigma_z = \sigma_z(z, q) = \sigma_z^{лев} + \sigma_z^{пр} + \sigma_z^{гр}$); при $b_{гр} / H_{сж} < 2$ нагрузку на основание допустимо рассматривать в виде двух треугольно-распределенных нагрузок (рис. 2.6, б: $q = q_{\max}^{лев} + q_{\max}^{пр}$; результирующее напряжение в основании $\sigma_z = \sigma_z(z, q) = \sigma_z^{лев} + \sigma_z^{пр}$); напряжение на j -участке $\sigma_z^j = \sigma'_z \cdot \gamma_{гр} \cdot H_j$, где σ'_z – приведенное напряжение в основании; $\gamma_{гр}$ – удельный вес грунта тела плотины;

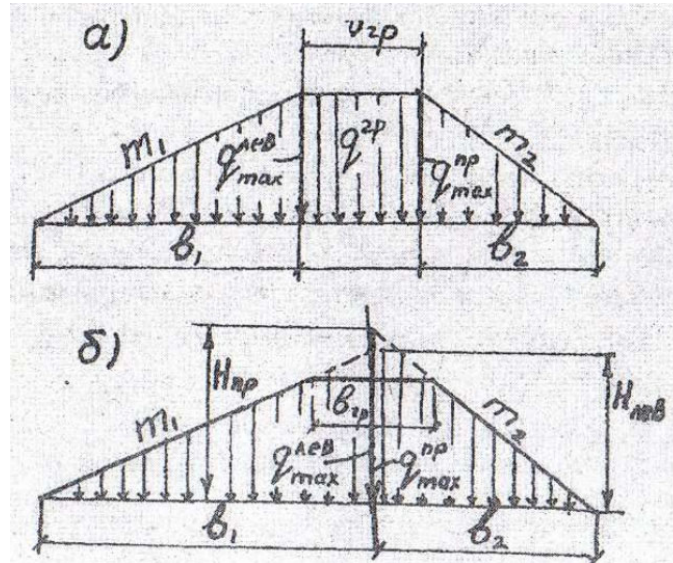


Рис. 2.6. Расчетная схема нагрузок

2) проводится расчет величин:

$$z^{лев} = z' \cdot b_1; \quad \sigma_z^{лев} = \sigma'_z \cdot q_{лев}^{лев};$$

$$z^{прав} = z' \cdot b_2; \quad \sigma_z^{прав} = \sigma'_z \cdot q_{прав}^{прав};$$

$$z = \frac{z^{лев} + z^{прав}}{2}; \quad \sigma_z = \sigma_z^{лев} + \sigma_z^{прав};$$

3) строится эпюра распределения напряжений в грунте основания $\sigma_z = f(z)$ (рис. 2.7); на этом же чертеже строится эпюра бытового давления $\sigma_{быт} = \gamma \cdot z$;

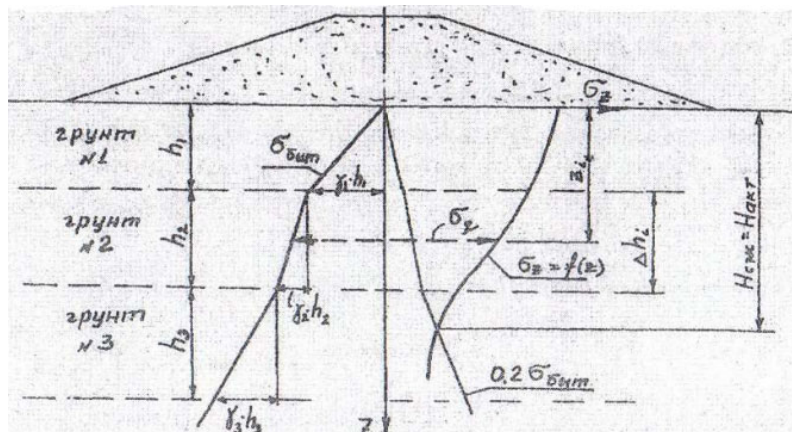


Рис. 2.7. Эпюра распределения напряжений в грунте основания

4) если сжимаемая толщина грунта неизвестна (отсутствует скала в основании), то нужно определить толщину активной зоны основания $h_{аз}$; на графике $\sigma_z = f(z)$ наносят линию, соответствующую напряжениям,

равным $0,2 \cdot \sigma_{\text{быт}}$; точка пересечения этой линии с эapurой $\sigma_z = f(z)$ соответствует h_{az} ;

5) рассчитывается стабилизированная (конечная) осадка: $\sum \left(h_i \cdot \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{1 + \varepsilon_1} \right)$, где h_i – толщина сжимаемого слоя; ε_1 – коэффициент пористости грунта до приложения нагрузки; ε_2 – коэффициент пористости грунта после приложения нагрузки; значения снимаются с компрессионной кривой соответствующего грунта (рис. 2.8) для середины сжимаемого слоя; количество слоев – не менее 3–4; коэффициент пористости снимается с графика для значения $\sigma_{\text{sum}} = \sigma_z + \sigma_n$.

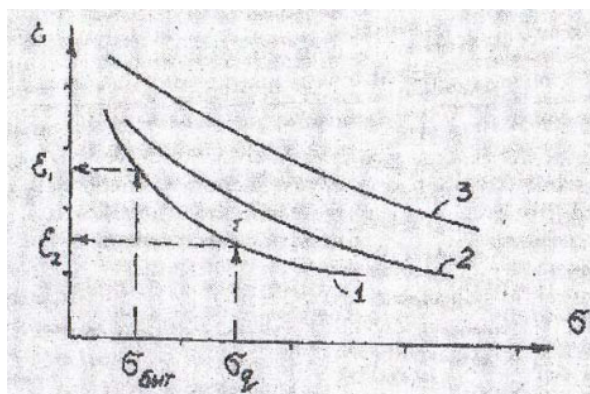


Рис. 2.8. Компрессионная кривая для расчетного грунта

2.7. Крепления откосов грунтовых плотин

Согласно [90], откосы земляных насыпных плотин следует защищать специальными креплениями, рассчитанными на воздействие волн, льда, течений воды, изменения уровня воды, атмосферных осадков, ветра и прочих климатических и других разрушающих откос факторов (проникновение землеройных животных, пучения глинистого грунта в зимний период и др.). Для защиты верхового откоса, как правило, необходимо использовать следующие виды креплений: 1) каменные (насыпные); 2) бетонные монолитные, железобетонные сборные и монолитные с обычной и предварительно напряженной арматурой; 3) асфальтобетонные; 4) биологические; 5) с габионными конструкциями; 6) грунтоцементные, из камня, залитого литым асфальтом, и др.

В состав крепления, применяемого для защиты земляного откоса, входят пять конструктивных частей [31]: 1) основное крепление, защищающее земляной откос в зоне наиболее интенсивного механического действия волн, льда и других факторов, которые могут вызвать его размыв; 2) переходная часть, в том числе в виде обратного фильтра, которая

служит главным образом для сопряжения покрытия с земляным откосом, для защиты от выноса (суффозии) частиц грунта откоса; 3) облегченное крепление; 4) упор внизу основного крепления – для предотвращения сползания крепления по откосу и сопряжения основного крепления с облегченным на дне или на откосе; 5) парапет, позволяющий снизить отметку верхней границы крепления и отметку гребня плотины.

Как указано выше, крепление верхового откоса плотины делится на основное, расположенное в зоне максимальных волновых ледовых воздействий, возникающих в эксплуатационный период, и облегченное – ниже основного крепления (рис. 2.9–2.11). Верхней границей основного крепления 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_{run} . Далее до гребня доводят облегченное крепление. Нижнюю границу основного крепления следует назначать, считая от минимального уровня сработки водохранилища на глубине $h = 2h_1\%$. При этом нижняя граница основного крепления должна быть ниже минимального уровня сработки водохранилища не менее чем на $1,5t$, где t – расчетная толщина ледяного покрова [31, 90].

Облегченное крепление должно защищать откос от повреждений при воздействии льда, волн и течений не только в процессе нормальной эксплуатации сооружений, но и в периоды наполнения и опорожнения водохранилища. Облегченное крепление должно сопрягаться с основанием плотины или с бермой, например, устройством упора из камня или бетона. В случае устройства крепления дна перед сооружением крепление откоса плотины должно быть сопряжено с ним. При сопряжении основного и облегченного креплений необходимо предусматривать конструктивные меры, например устройство в виде упора из камня или бетона. Упоры креплений при сплошных монолитных и сборных железобетонных покрытиях выполняют в виде заглубленных в грунт железобетонных плит или блоков, а иногда в виде каменных призм или ряда свай. Высота упора не должна быть меньше суммарной толщины плиты покрытия и подготовки. При устройстве упора в виде плиты назначают ее ширину не менее 1,5...2,0 м. Под упорные плиты укладывают подготовку из рядового щебня или гравия толщиной слоя 15 см. Под креплением из монолитных или сборных железобетонных плит на откосах из песчаных или глинистых грунтов следует, как правило, укладывать однослойный обратный фильтр [31, 90].

Обратные фильтры под креплением откосов, выполненным в виде каменной наброски, плит с открытыми швами или со сквозными отверстиями и т. п., могут состоять из одного слоя разнотернистого материала или двух слоев материалов с различными по крупности частицами, а также

из искусственных водопроницаемых материалов (стекловолокно, минеральная вата и др.). Крепление низового откоса следует выбирать в зависимости от материала, из которого возведена низовая призма плотины, с целью защиты его от атмосферных воздействий и разрушения землеройными животными. Для крепления низового откоса из песчаных или глинистых грунтов следует, как правило, применять посев трав по растительному слою толщиной 0,2...0,3 м, отсыпку щебня или гравия слоем толщиной 0,2 м и другие виды облегченных покрытий. Если низовой откос подвержен воздействию льда и волн со стороны нижнего бьефа, его крепление следует рассчитывать так же, как и для верхового откоса [31, 90].

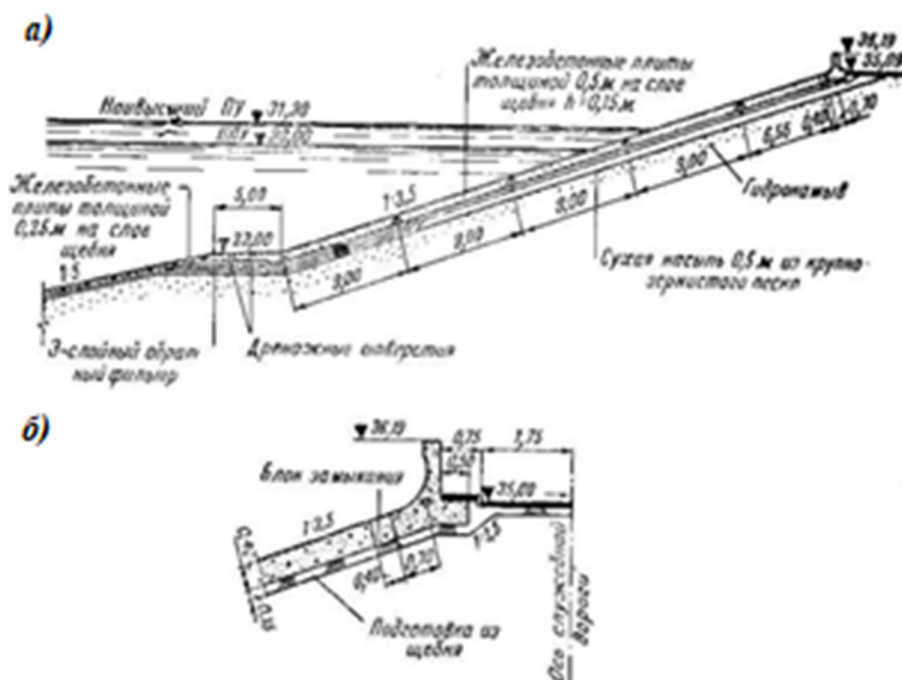


Рис. 2.9. Пример конструкции откосного крепления из железобетонных плит на подготовке: а – типовой разрез; б – парапет [31]

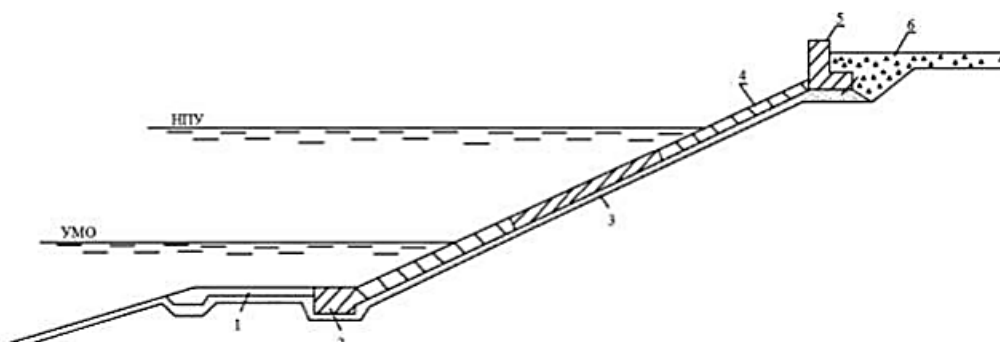


Рис. 2.10. Пример конструкции откосного сборного крепления с применением железобетонных плит: 1 – облегченное крепление; 2 – упор основного крепления; 3 – подготовка слоистая или однослойная; 4 – основное покрытие из плит с открытыми швами; 5 – парапет; 6 – засыпка из рядового щебня [31]

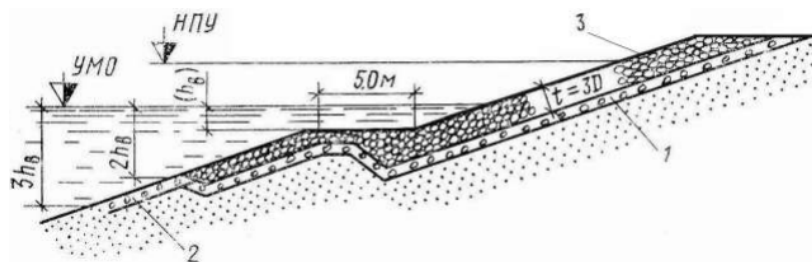


Рис. 2.11. Пример конструкции откосного крепления из каменной наброски на однослойной подготовке: 1 – обратный фильтр; 2 – гравий или щебень (толщина слоя 0,3 м); 3 – основное покрытие из камня [31]

Для крепления откосов каменной наброской, в том числе залитой асфальтом, следует применять несортированный камень (горную массу). Необходимые массу и размеры отдельных камней в наброске крепления откосов, количество камней размером меньше расчетного, а также толщину крепления следует определять расчетом устойчивости материала крепления к размыву. Толщину крепления из каменной наброски следует принимать с учетом возможности частичного выноса мелких частиц из нее при волновом воздействии, подвижки крупных камней, при ледовом воздействии уплотнения материала крепления, а также из опыта эксплуатации аналогичных креплений, но не менее $3d_{s,85}$, где $d_{s,85}$ – диаметр камня, масса которого вместе с массой более мелких фракций составляет 85 % от массы всей каменной наброски крепления. Для крепления откосов следует применять каменные материалы из изверженных, осадочных и метаморфических пород, обладающих необходимой прочностью, морозостойкостью и водостойкостью.

Монолитные железобетонные крепления откосов следует проектировать в виде секций размером не более 45×45 м каждая, разделенных между собой температурными поперечными и осадочными швами. Секции крепления проектируют в виде комплекса отдельных плит. Плиты получают форму прямоугольников с соотношением сторон $1 \leq l_{sl} / b_{sl} \leq 2$, где b_{sl} – меньшая сторона, располагаемая перпендикулярно урезу воды; размер назначается равным $0,4\lambda$, где λ – расчетная длина волны, но не более 20 м. Увеличение длины секций допускается при надлежащем обосновании. В пределах каждой секции армирование должно быть непрерывным.

Гибкие бесшовные крепления откосов на основе асфальтовых материалов (асфальтобетонные, из камня, залитого литым асфальтом и т. п.) рассчитываются и проектируются исходя из условий: 1) обеспечения их устойчивости на откосе; 2) прочности при волновых и ледовых воздействиях; 3) сохранения сплошности (трещиностойкости) в зимнее время при отрицательных температурах воздуха; 4) исключения разжижения под ними грунта при ударных (динамических) воздействиях.

Крепление откосов из сборных железобетонных плит следует проектировать с применением монолитных секций. Крепление из плит с открытыми швами выполняется только при конструкции, не допускающей выноса частиц грунта тела плотины. Максимальный размер плит следует устанавливать исходя из условий транспортирования и удобства укладки их на откос.

Толщину монолитных и сборных железобетонных креплений следует определять расчетом из условия их устойчивости при волновом воздействии и при быстрой сработке водохранилища либо по аналогам. При пологих откосах плотин (1:7–1:12) и высоте волны не более 1 м применяется облегченное крепление в виде слоя крупнообломочного грунта, крупность частиц и толщину которого следует определять расчетом или исследованиями.

Крепление низового откоса следует выбирать с учетом материала, из которого возведена низовая призма плотины (с целью защиты его от атмосферных воздействий и разрушения землеройными животными). Для крепления низового откоса из песчаных или глинистых грунтов следует применять посев трав по растительному слою толщиной 0,2...0,3 м, отсыпку щебня или гравия слоем толщиной 0,2 м и другие виды облегченных покрытий. Для сбора и отвода ливневых и паводковых (от снеготаяния) вод на низовом откосе и бермах земляных плотин необходимо предусмотреть систему продольных и поперечных водосбросных лотков. Если низовой откос подвержен воздействию льда и волн со стороны нижнего бьефа, его крепление следует рассчитывать так же, как и для верхового откоса.

Согласно [90], крутизну откосов земляной плотины надлежит назначать, исходя из условия их устойчивости, с учетом: 1) физико-механических характеристик грунтов тела плотины и основания; 2) действующих на откосы сил: собственного веса грунтов тела плотины, воздействия воды (взвешивания, фильтрационных сил, капиллярного давления), сейсмических и динамических воздействий, внешних нагрузок на гребне и откосах и др.; 3) высоты плотины; 4) производства работ по возведению плотины; 5) свойств материала и особенностей конструкции противофильтрационных устройств. На откосах плотин следует предусматривать устройство берм, определяя их число, исходя из высоты плотины, условий производства работ, типов крепления откоса и его общей устойчивости. Бермы следует предусматривать на верховом откосе у нижней границы его крепления для создания необходимого упора, на низовом откосе – для служебных проездов, сбора и отвода атмосферных вод, размещения контрольно-измерительной аппаратуры (КИА).

В случае намывных плотин также учитывают фильтрационный режим, возникающий в процессе намыва плотины и отсутствие в период строительства постоянных дренажных устройств, причем, если в результате расчета устойчивости откосов плотины в стадии ее намыва с учетом технологии производства работ получаются более пологие откосы, чем по расчетам откосов в период эксплуатации плотины, крутизна должна быть принята по расчетам для строительного периода.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение понятий «плотина» и «дамбы». Перечислите элементы плотины.
2. По каким признакам классифицируются плотины?
3. Как производятся основные расчёты при проектировании грунтовых плотин I и II классов?
4. Как производятся основные расчёты при проектировании грунтовых плотин III и IV классов?
5. Перечислите нормативные документы по расчету грунтовых плотин.

Упражнения

Упражнение П.2.1. Определение максимального сбросного расхода воды из водохранилища по способу Д.И. Кочерина

Согласно [88], расчет гидрографов стока воды весеннего половодья и дождевых паводков необходимо осуществлять при проектировании водохранилищ, отводе вод от сооружений в период их строительства, оценке риска затопления пойм и лиманов, пропуске высоких вод через дорожные и другие искусственные сооружения.

На предварительных стадиях проектирования, согласно рекомендациям [9], допускается использование способа Д.И. Кочерина со схематизацией гидрографа половодья/паводка в виде трапеции или треугольника.

Если допустить, что

$$W_r = \Sigma Q - Q_s \cdot T / 2 \text{ и } \Sigma Q = Q_{\max} \cdot T / 2,$$

то

$$T = 2 \cdot \Sigma Q / Q_{\max} \text{ и } Q_s = Q_{\max} \cdot (1 - W_r / \Sigma Q).$$

В более корректной форме, согласно [9]:

$$q_{\max} = Q_{\max} \cdot (1 - W_{\phi} / V_{\text{пав}}),$$

где $q_{\max}$ – максимальный сбросной расход; $Q_{\max}$ – максимальный расход притока; W_{ϕ} – объем призмы форсировки; $V_{\text{пав}}$ – объем половодья/паводка.

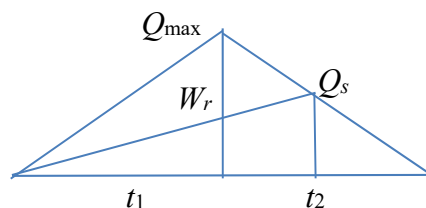


Рис. П.2.1.1. Схема гидрографа половодья по треугольнику и сброса воды из водохранилища по линейному закону [28]: W_r – регулирующий объем; $Q_{\max}$ – максимальный расход притока; Q_s – сбросной расход; t_1 – продолжительность подъема; t_2 – продолжительность спада; $T = t_1 + t_2$

Если допустить, что

$$W_r = \sum Q - Q_s \cdot T / 2 \text{ и } \sum Q = Q_{\max} \cdot T / 2,$$

то

$$T = 2 \cdot \sum Q / Q_{\max} \text{ и } Q_s = Q_{\max} \cdot (1 - W_r / \sum Q).$$

В более корректной форме, согласно [9]:

$$q_{\max} = Q_{\max} \cdot (1 - W_{\phi} / V_{\text{пав}}) \quad q_{\max} = Q_{\max} \cdot (1 - W_{\phi} / V_{\text{пав}}),$$

где $q_{\max}$ – максимальный сбросной расход; $Q_{\max}$ – максимальный расход притока; W_{ϕ} – объем призмы форсировки; $V_{\text{пав}}$ – объем половодья/паводка.

Цель: закрепить полученные знания; научиться определять максимальный сбросной расход воды из водохранилища.

Исходные данные: данные о ГТС (табл. П.1.1.5, П.1.1.6; рис. П.1.1.1); варианты расчёта (табл. П.1.1.7); учебные пособия и нормативные документы по гидрологическим расчетам.

Задание: согласно выбранному варианту:

- 1) определить площадь водосбора, ограниченную створом плотины;
- 2) определить максимальный расход воды весеннего половодья обеспеченностью 1 и 5 %, согласно [88], при отсутствии данных наблюдений; возможная река-аналог – р. Шегарка (р. Бакса);
- 3) определить объем призмы форсировки при допущении, что площадь акватории при ФПУ в 1,2 раза больше, чем при НПУ;
- 4) слой стока за половодье принять по реке-аналогу; объем стока за половодье определить как произведение слоя стока реки-аналога заданной обеспеченности и площади водосбора исследуемого водотока в створе плотины по варианту;
- 5) определить максимальный сбросной расход воды обеспеченностью 1 и 5 % по способу Д.И. Кочерина.

Ход выполнения упражнения:

- 1) ознакомиться с теоретической частью и нормативной литературой;
- 2) согласно выбранному варианту и используя табл. П.1.1.5, П.1.1.6, определить максимальный сбросной расход воды из водохранилища по способу Д.И. Кочерина;

3) сформулировать выводы, указав класс ответственности ГТС, максимальные расходы воды в створе плотины обеспеченностью 1 и 5 %, максимальные сбросные расходы воды из водохранилища обеспеченностью 1 и 5 %;

4) составить список используемой при выполнении работы литературы (не менее 2–3 наименований, включая действующие нормативные документы).

5) оформить работу.

Упражнение П.2.2. Предварительное определение параметров поперечного профиля грунтовой плотины

Цель: закрепить полученные знания; научиться определять предварительные параметры поперечного профиля грунтовой плотины.

Исходные данные (плотина насыпная – земляная из песка и супеси):

- 1) данные о ГТС (табл. П.1.1.5, П.1.1.6; рис. П.1.1.1);
- 2) варианты расчёта (табл. П.1.1.7);
- 3) расчетная скорость ветра $V_w = 20$ м/с; длина разгона равна максимуму из длины и ширины водохранилища; соотношение средней и максимальной (в верхнем бьефе) глубины водохранилища равно 0,42;
- 4) заложение откоса в верхнем бьефе $m_1 = 3,0 \dots 3,5$; заложение откоса в нижнем бьефе $3,0 \dots 3,5$; отношение ширины подошвы к высоте плотины $8,0 \dots 9,0$; укрепление откоса – каменная наброска;
- 5) учебные пособия и нормативные документы по расчету грунтовых плотин (в обязательном порядке – [90]).

Задание: согласно выбранному варианту:

- 1) проверить параметры существующей плотины на соответствие нормативным требованиям [89, 90, 96];
- 2) определить параметры поперечного сечения грунтовой плотины (в дальнейшем они будут меняться при проведении расчетов на устойчивость, осадку и т. д.).

Ход выполнения упражнения:

- 1) изучить раздел 2.1 рассматриваемого пособия и [89, 90];
- 2) определить среднюю глубину водохранилища $h_{r,a}$; максимальная глубина в верхнем бьефе $h_{r,max} = 0,42 \cdot h_{ra}$;
- 3) пользуясь графиками и формулами из раздела 2.1 и [89, 90], определить параметры волн (если по графикам не удалось получить среднюю высоту волны $h_{w,a}$, то $h_{w,a} = 0,24 \cdot h_{r,a}$; высота волны обеспеченностью 1 % $h_{w,1\%} = 2,07 \cdot h_{w,a}$);

4) определить высоту плотины $H_{пл}$ как сумму высоты плотины при НПУ и возвышения h_s (2.1.1);

5) рассчитать параметры плотины по заданным соотношениям (заложение откосов и ширины подошвы к высоте плотины) при условии, что ширина по гребню не менее 4,5 м;

6) сформулировать выводы с указанием результатов расчетов (высота плотины; ширина подошвы, ширина по гребню; заложение откосов в верхнем и нижнем бьефах);

7) составить список используемой при выполнении работы литературы (не менее 2–3 наименований, включая действующие нормативные документы).

8) оформить работу.

3. ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДОТВОДЕНИЯ

Как было указано выше (разд. 1.4), природообустройство и водопользование представляют собой взаимосвязанные и взаимодополняющие виды деятельности, направленные на рациональное использование природных ресурсов, их восстановление и охрану и осуществляемые с использованием ряда гидротехнических сооружений и сооружений, которые, согласно [42], к гидротехническим формально не относятся, но играют важную роль в природообустройстве и водопользовании, а именно сооружений систем водоснабжения и водоотведения. Ниже кратко рассмотрены общие подходы к их проектированию.

Согласно [6], под *водопользованием* понимается использование различными способами водных объектов для удовлетворения потребностей Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, физических лиц, юридических лиц (в [15] приводится следующее определение: использование водных ресурсов без изъятия воды из водоемисточника), под *водопотреблением* – потребление воды из систем водоснабжения (согласно [15] – использование водных ресурсов с безвозвратным изъятием воды из водоемисточника). В соответствии с [42] *водоснабжение* – водоподготовка, транспортировка и подача питьевой или технической воды абонентам с использованием централизованных или нецентрализованных систем холодного водоснабжения (холодное водоснабжение) или приготовление, транспортировка и подача горячей воды абонентам с использованием централизованных или нецентрализованных систем горячего водоснабжения (горячее водоснабжение); *водоотведение* – прием, транспортировка и очистка сточных вод с использованием централизованной системы водоотведения; водоподготовка – обработка воды, обеспечивающая ее использование в качестве питьевой или технической воды; *водопроводная сеть* – комплекс технологически связанных между собой инженерных сооружений, предназначенных для транспортировки воды, за исключением инженерных сооружений, используемых также в целях теплоснабжения; *канализационная сеть* – комплекс технологически связанных между собой инженерных сооружений, предназначенных для транспортировки сточных вод; *локальное очистное сооружение* – сооружение или устройство, обеспечивающие очистку сточных вод абонента до их отведения (сброса) в централизованную систему водоотведения (канализации).

3.1. Системы водоснабжения

Согласно [15], *водозабор* – это забор воды из водоема, водотока или подземного водоисточника, а *водозаборное сооружение* – гидротехническое сооружение для забора воды в водовод из водоема, водотока или подземного водоисточника. Последнее определение фактически нужно воспринимать с коррекцией на указания [42] о специфичности сооружений систем водоснабжения, канализационных систем, очистных сооружений, систем водоподготовки (то есть либо водозаборное сооружение – «сооружение для забора воды...», либо «специфическое гидротехническое сооружение для забора воды...»). В любом случае требования к водозаборным сооружениям имеют отличия от стандартных требований к гидротехническим сооружениям, в том числе в части подготовки декларации безопасности и оценки запасов воды в источнике водоснабжения.

Согласно [86], проектирование водозаборов и систем водоподготовки осуществляется в рамках схем водоснабжения, а проекты схем водоснабжения разрабатываются в соответствии с документами территориального планирования поселения, городского округа и требованиями к содержанию схем водоснабжения (с целью обеспечения соответствия схемам водоотведения, энергоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения). В составе схемы водоснабжения для поселения, городского округа с населением 150 тыс. человек и более разрабатывается электронная модель централизованной системы водоснабжения для объективной оценки влияния мероприятий, направленных на оптимизацию работы этой системы. В проектной документации разделы «Водоснабжение» и «Водоотведение» должны разрабатываться совместно. По результатам разработки данных разделов составляется баланс водопотребления и водоотведения по объекту.

Сооружения, резервуары и трубопроводы водопроводных сетей проектируют на срок службы не менее 25 лет. При проектировании учитывают климатическое районирование и особенности размещения объекта в соответствии с [86]. Проектные решения должны обеспечивать экономическую эффективность систем водоснабжения и водоотведения и включать обоснование границ санитарно-защитных зон объектов капитального строительства в пределах границ земельного участка. Качество воды, подаваемой на хозяйственно-питьевые нужды, должно удовлетворять действующим санитарным требованиям, а на производственные нужды – соответствующим технологическим требованиям. Сооружения, оборудование и материалы, применяемые при устройстве наружных сетей и сооружений водоснабжения, должны обеспечивать надежность и экологическую безопасность системы водоснабжения для бесперебойной подачи воды требуемого качества и количества. Основные технические решения,

принимаемые в проектах, и очередность их осуществления должны обосновываться путем сравнения показателей возможных вариантов. Сравнение вариантов и выбор оптимального проводят по стоимости жизненных циклов. Для снижения потерь воды необходимо в проектных решениях предусматривать использование надежных труб (соединений труб) и арматуры, а также проведение мероприятий: а) по управлению давлением, мониторингу и контролю свободных напоров в сети; б) оптимизации работы водопроводной сети путем проведения гидравлического моделирования; в) включению систем активного поиска и контроля утечек; г) снижению погрешности измерения приборов учета воды; д) исключению несанкционированного водопотребления [86].

3.1.1. Расходы и напоры

При проектировании систем водоснабжения поселений и городских округов расчетное среднесуточное (за год) водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды населения принимается в соответствии с [86] по табл. 3.1.

Таблица 3.1

*Расчетное среднесуточное (за год) водопотребление
на хозяйственно-питьевые нужды населения [86]*

Степень благоустройства районов жилой застройки	Расчетное хозяйственно-питьевое водопотребление в поселениях и городских округах на одного жителя среднесуточное (за год), л/сут
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией, с ванными и местными водонагревателями	140...180
То же, с централизованным горячим водоснабжением	165...180

Примечания: 1) расчетное водопотребление включает расходы воды на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды в общественных зданиях, за исключением расходов воды для домов отдыха, санитарно-туристских комплексов и детских оздоровительных лагерей; 2) количество воды на нужды пищевой промышленности и неучтенные расходы при соответствующем обосновании допускается принимать дополнительно в размере 10–15 % от суммарного расхода на хозяйственно-питьевые нужды поселения или городского округа; 3) выбор расчетного водопотребления в пределах, указанных в настоящей таблице, должен проводиться в зависимости от климатических условий, мощности источника водоснабжения и качества воды, степени благоустройства, этажности застройки и местных условий; 4) допускается при обосновании принимать увеличенные по отношению к рекомендуемым значениям величины расчетного хозяйственно-питьевого водопотребления.

Расчетный (средний за год) суточный расход воды $Q_{\text{ж}}$, м³/сут, на хозяйственно-питьевые нужды определяется по формуле

$$Q_{\text{ж}} = \sum \frac{q_{\text{ж}} \cdot N_{\text{ж}}}{1000}, \quad (3.1)$$

где $q_{\text{ж}}$ – расчетное водопотребление, принимаемое по табл. 3.1; $N_{\text{ж}}$ – расчетное число жителей в районах жилой застройки с различной степенью благоустройства.

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления $Q_{\text{сут. } m}$, м³/сут, определяют по формуле

$$Q_{\text{сут. max/min}} = K_{\text{сут. max/min}} \cdot Q_{\text{сут. } m}. \quad (3.2)$$

Коэффициент суточной неравномерности водопотребления $K_{\text{сут}}$, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменения водопотребления по сезонам года и дням недели, принимают равным: $K_{\text{сут. max}} = 1,1 \dots 1,3$; $K_{\text{сут. min}} = 0,7 \dots 0,9$.

Расчетные часовые расходы воды $q_{\text{ч}}$, м³/ч, определяют по формулам:

$$q_{\text{ч. max/min}} = K_{\text{ч. max/min}} \cdot Q_{\text{сут. max/min}}, \quad (3.3)$$

$$K_{\text{ч. max}} = \alpha_{\text{max}} \cdot \beta_{\text{max}}, \quad (3.4)$$

$$K_{\text{ч. min}} = \alpha_{\text{min}} \cdot \beta_{\text{min}}, \quad (3.5)$$

где $K_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности водопотребления; α – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия ($\alpha_{\text{max}} = 1,2 \dots 1,4$; $\alpha_{\text{min}} = 0,4 \dots 0,6$); β – коэффициент, учитывающий число жителей, принимаемый по табл. 3.2.

Расход воды на поливку в поселениях, городских округах и на территории промышленных предприятий принимают исходя из покрытия территории, способа ее поливки, вида насаждений, климатических и других местных условий согласно [86]; расход воды на хозяйственно-питьевые нужды и пользование душами на промышленных предприятиях должен быть определен в соответствии с требованиями [83, 86, 87]; расход воды на содержание и поение скота, птиц и зверей на животноводческих фермах и комплексах принимается по [74], а расход воды на производственные нужды промышленных и сельскохозяйственных предприятий – на основании технологических данных.

Таблица 3.2

Значения коэффициента β в зависимости от численности жителей [86]

Коэффициент	Численность жителей, тыс. чел.												
	$\leq 0,1$	0,15	0,2	0,5	1	1,5	2,5	10	20	50	100	300	≥ 1000
$\beta_{\max}$	4,5	4	3,5	2,5	2	1,8	1,6	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
$\beta_{\min}$	0,01		0,02	0,05	0,1			0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

Примечание: 1) коэффициент β при определении расходов воды для расчета сооружений, водоводов и линий сети принимают в зависимости от численности обслуживаемых жителей, а при зонном водоснабжении – от численности жителей в каждой зоне; 2) коэффициент $\beta_{\max}$ принимают при определении напоров на выходе из насосных станций или высотного положения башни (напорных резервуаров), необходимого для обеспечения требуемых свободных напоров в сети в периоды максимального водоотбора в сутки максимального водопотребления; 3) коэффициент $\beta_{\min}$ принимают при определении излишних напоров в сети в периоды минимального водоотбора в сутки минимального водопотребления.

Распределение расходов воды по часам суток в поселениях (городских округах), на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях принимают на основании расчетных графиков водопотребления, при построении которых исходят из принимаемых в проекте технических решений, исключающих совпадение по времени максимальных отборов воды из сети на различные нужды (устройство на крупных промышленных предприятиях регулирующих емкостей, пополняемых по заданному графику, подача воды на поливку территории и на заполнение поливочных машин из специальных регулирующих емкостей или через устройства, прекращающие подачу воды при снижении свободного напора до заданного предела, неучтенные нужды и т. п.). Водопотребление для определения расчетных расходов воды в отдельных жилых и общественных зданиях при необходимости учета сосредоточенных расходов принимают в соответствии с требованиями [83]. В обязательном порядке при расчетах учитываются требования пожарной безопасности: требования к источникам пожарного водоснабжения, расчетные расходы воды на пожаротушение объектов, расчетное количество одновременных пожаров, минимальные свободные напоры в наружных сетях водопроводов, расстановка пожарных гидрантов на сети, категория зданий, сооружений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности и так далее [83].

Минимальный свободный напор в сети водопровода поселения или города при максимальном хозяйственно-питьевом водопотреблении на вводе в здание над поверхностью земли должен приниматься при одноэтажной застройке не менее 10 м, при большей этажности – согласно [86].

Свободный напор в сети у водоразборных колонок должен быть не менее 10 м, в наружной сети производственного водопровода – по технологическим данным, в наружной сети хозяйственно-питьевого водопровода у потребителей – не более 60 м [86].

3.1.2. Источники водоснабжения

Согласно [86], в качестве источника водоснабжения рассматриваются водотоки (реки, каналы), водоемы (озера, водохранилища, пруды), моря, подземные воды (водоносные пласты, подрусловые, шахтные и другие воды). Для производственного водоснабжения промышленных предприятий следует рассматривать возможность использования очищенных сточных вод. В качестве источника водоснабжения могут быть использованы наливные водохранилища с подводом к ним воды из естественных поверхностных источников.

Выбор источника водоснабжения должен быть обоснован результатами комплексных изысканий (топографических, гидрологических, гидрогеологических, ихтиологических, гидрохимических, гидробиологических, гидротермических и т. п.). Источник хозяйственно-питьевого водоснабжения выбирается в соответствии с [12, 13, 21, 59, 68, 86]. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения предпочтительно использовать ресурсы подземных вод, удовлетворяющие санитарно-гигиеническим требованиям. Ресурсы подземных питьевых вод следует оценивать на основе положений [42, 43, 46]. При недостаточных эксплуатационных запасах естественных подземных вод следует рассматривать возможность их увеличения за счет искусственного пополнения. Использование подземных вод питьевого качества для нужд, не связанных с хозяйственно-питьевым водоснабжением, допускается в исключительных случаях. Для производственного и хозяйственно-питьевого водоснабжения при соответствующей обработке воды и соблюдении санитарных требований допускается использование минерализованных и геотермальных вод.

Обеспеченность среднемесячных расходов воды поверхностных источников принимается по табл. 3.3 в зависимости от категории системы водоснабжения.

Таблица 3.3

Обеспеченность минимальных среднемесячных расходов воды поверхностных источников для различных категорий систем водоснабжения [86]

Категория системы водоснабжения	Обеспеченность минимальных среднемесячных расходов воды поверхностных источников, %
I	95
II	90
III	85

При оценке использования водных ресурсов для целей водоснабжения следует учитывать: 1) расходный режим и водохозяйственный баланс по источнику с прогнозом не менее 25–50 лет; 2) требования к качеству воды; 3) качественную характеристику воды в источнике с указанием агрессивности воды и прогноз возможного изменения ее качества с учетом поступления сточных вод и антропогенного воздействия; 4) качественные и количественные характеристики наносов и сора, их режим, перемещение донных отложений, устойчивость берегов; 5) наличие многолетнемерзлых грунтов, возможность промерзания и пересыхания источника, наличие снежных лавин и селевых явлений (на горных водотоках), а также других стихийных природных явлений в водосборном бассейне источника; 6) осенне-зимний режим источника и характер льдошуговых явлений в нем; 7) температуру воды по месяцам года и интенсивность развития фитопланктона на различной глубине; 8) характерные особенности весеннего вскрытия источника и половодья (для равнинных водотоков), прохождения весенне-летних паводков (для горных водотоков); 9) запасы и условия питания подземных вод, а также возможное их нарушение в результате изменения природных условий, устройства водохранилищ или дренажа, искусственной откачки воды и т. п.; 10) температуру подземных вод; 11) возможность искусственного пополнения и формирования запасов подземных вод.

При оценке достаточности водных ресурсов поверхностных источников водоснабжения необходимо ниже места водоотбора обеспечивать гарантированный расход воды, необходимый в каждом сезоне года для удовлетворения потребностей в воде расположенных ниже по течению поселений, промышленных предприятий, сельского хозяйства, рыбного хозяйства, судоходства и других водопользователей, а также для обеспечения санитарных требований по охране источников водоснабжения. В случае недостаточного расхода воды в поверхностном источнике рассматриваются варианты: 1) регулирование естественного стока воды в пределах одного гидрологического года (сезонное регулирование); 2) регулирование естественного стока воды в пределах многолетнего периода (многолетнее регулирование); 3) переброску воды из других, более многоводных поверхностных источников. Оценка ресурсов подземных вод проводится на основании материалов гидрогеологических поисков, разведки и исследований.

3.1.3. Схемы и системы водоснабжения

Схемы водоснабжения и водоотведения – это совокупность графического (схемы, чертежи, планы подземных коммуникаций на основе топографо-геодезической подосновы, космо- и аэрофотосъемочные материалы) и текстового описания технико-экономического состояния централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения и направлений их развития [46].

Целью разработки схем водоснабжения и водоотведения является обеспечение для абонентов доступности горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и водоотведения с использованием централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, обеспечение горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и водоотведения в соответствии с требованиями законодательства, рациональное водопользование, а также развитие централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения на основе наилучших доступных технологий и внедрения энергосберегающих технологий.

Схемы водоснабжения и водоотведения разрабатываются на срок не менее 10 лет с учетом схем энергоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения. При этом обеспечивается соответствие схем водоснабжения и водоотведения схемам энергоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения с учетом: 1) мощности энергопринимающих установок, используемых для водоподготовки, транспортировки воды и сточных вод, очистки сточных вод; 2) объема тепловой энергии и топлива (природного газа), используемых для подогрева воды в целях горячего водоснабжения; 3) нагрузок теплопринимающих устройств, которые должны соответствовать параметрам схем теплоснабжения и газоснабжения в целях горячего водоснабжения.

Схема водоснабжения поселения, городского округа включает в себя следующие разделы:

- а) технико-экономическое состояние централизованных систем водоснабжения поселения, городского округа;
- б) направления развития централизованных систем водоснабжения;
- в) баланс водоснабжения и потребления горячей, питьевой, технической воды;
- г) предложения по строительству, реконструкции и модернизации объектов централизованных систем водоснабжения;
- д) экологические аспекты мероприятий по строительству, реконструкции и модернизации объектов централизованных систем водоснабжения;
- е) оценка объемов капитальных вложений в строительство, реконструкцию и модернизацию объектов централизованных систем водоснабжения;

ж) плановые значения показателей развития централизованных систем водоснабжения;

з) перечень выявленных бесхозных объектов централизованных систем водоснабжения (в случае их выявления) и перечень организаций, уполномоченных на их эксплуатацию.

Раздел «Технико-экономическое состояние централизованных систем водоснабжения поселения, городского округа» содержит:

а) описание системы и структуры водоснабжения поселения, городского округа и деление территории поселения, городского округа на эксплуатационные зоны;

б) описание территорий поселения, городского округа, не охваченных централизованными системами водоснабжения;

в) описание технологических зон водоснабжения, зон централизованного и нецентрализованного водоснабжения (территорий, на которых водоснабжение осуществляется с использованием централизованных и нецентрализованных систем горячего водоснабжения, систем холодного водоснабжения соответственно) и перечень централизованных систем водоснабжения;

г) описание результатов технического обследования централизованных систем водоснабжения, включая: описание состояния существующих источников водоснабжения и водозаборных сооружений; описание существующих сооружений очистки и подготовки воды; описание состояния и функционирования существующих насосных централизованных станций; описание состояния и функционирования водопроводных сетей систем водоснабжения; существующих технических и технологических проблем, возникающих при водоснабжении поселений, городских округов, анализ исполнения предписаний органов, осуществляющих государственный надзор, муниципальный контроль, об устранении нарушений, влияющих на качество и безопасность воды; описание централизованной системы горячего водоснабжения с использованием закрытых систем горячего водоснабжения, отражающее технологические особенности указанной системы;

д) описание существующих технических и технологических решений по предотвращению замерзания воды применительно к территории распространения вечномёрзлых грунтов;

е) перечень лиц, владеющих на праве собственности или другом законном основании объектами централизованной системы водоснабжения, с указанием принадлежащих этим лицам объектов (границ зон, в которых расположены такие объекты).

Раздел «Направления развития централизованных систем водоснабжения» содержит:

- а) описание основных направлений, принципов, задач и плановых значений показателей развития централизованных систем водоснабжения;
- б) различные сценарии развития централизованных систем водоснабжения в зависимости от сценариев развития поселений, городских округов.

Раздел «Баланс водоснабжения и потребления горячей, питьевой, технической воды» содержит следующую информацию:

- а) общий баланс подачи и реализации воды, в том числе анализ и оценка структурных составляющих потерь горячей, питьевой, технической воды при ее производстве и транспортировке;
- б) территориальный баланс подачи горячей, питьевой, технической воды по технологическим зонам водоснабжения (годовой и в сутки максимального водопотребления);
- в) структурный баланс реализации горячей, питьевой, технической воды по группам абонентов с разбивкой на хозяйственно-питьевые нужды населения, производственные нужды юридических лиц и другие нужды поселений и городских округов (пожаротушение, полив и др.);
- г) сведения о фактическом потреблении населением горячей, питьевой, технической воды с учетом статистических и расчетных данных и сведений о действующих нормативах потребления коммунальных услуг;
- д) описание существующей системы коммерческого учета горячей, питьевой, технической воды и планов по установке приборов учета;
- е) анализ резервов и дефицитов производственных мощностей системы водоснабжения поселения, городского округа;
- ж) прогнозные балансы потребления горячей, питьевой, технической воды на срок не менее 10 лет с учетом различных сценариев развития поселений, городских округов, рассчитанные на основании расхода горячей, питьевой, технической воды, а также исходя из текущего объема потребления воды населением и его динамики с учетом перспективы развития и изменения состава и структуры застройки;
- з) описание централизованной системы горячего водоснабжения с использованием закрытых систем горячего водоснабжения, отражающее технологические особенности указанной системы;
- и) сведения о фактическом и ожидаемом потреблении горячей, питьевой, технической воды (годовое, среднесуточное, максимальное суточное);
- к) описание территориальной структуры потребления горячей, питьевой, технической воды, которую следует определять по отчетам организаций, осуществляющих водоснабжение, с разбивкой по технологическим зонам;

л) прогноз распределения расходов воды на водоснабжение по типам абонентов, в том числе на водоснабжение жилых зданий, объектов общественно-делового назначения, промышленных объектов, исходя из фактических расходов горячей, питьевой, технической воды с учетом данных о перспективном потреблении горячей, питьевой, технической воды абонентами;

м) сведения о фактических и планируемых потерях горячей, питьевой, технической воды при ее транспортировке (годовые, среднесуточные значения);

н) перспективные балансы водоснабжения и водоотведения (общий – баланс подачи и реализации горячей, питьевой, технической воды, территориальный – баланс подачи горячей, питьевой, технической воды по технологическим зонам водоснабжения, структурный – баланс реализации горячей, питьевой, технической воды по группам абонентов);

о) расчет требуемой мощности водозаборных и очистных сооружений, исходя из данных о перспективном потреблении горячей, питьевой, технической воды и величины потерь горячей, питьевой, технической воды при ее транспортировке с указанием требуемых объемов подачи и потребления горячей, питьевой, технической воды, дефицита (резерва) мощностей по технологическим зонам с разбивкой по годам;

п) наименование организации, которая наделена статусом гарантирующей организации.

Раздел «Предложения по строительству, реконструкции и модернизации объектов централизованных систем водоснабжения» формируется с учетом планов мероприятий по приведению качества питьевой и горячей воды в соответствие с установленными требованиями, решений органов местного самоуправления о прекращении горячего водоснабжения с использованием открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) и о переводе абонентов, объекты которых подключены (технологически присоединены) к таким системам, на иные системы горячего водоснабжения (при наличии такого решения) и содержит:

а) перечень основных мероприятий по реализации схем водоснабжения с разбивкой по годам;

б) технические обоснования основных мероприятий по реализации схем водоснабжения, в том числе гидрогеологические характеристики потенциальных источников водоснабжения, санитарные характеристики источников водоснабжения, а также прогноз возможных изменений указанных характеристик в результате реализации мероприятий, предусмотренных схемами водоснабжения и водоотведения;

в) сведения о вновь строящихся, реконструируемых и предлагаемых к выводу из эксплуатации объектах системы водоснабжения;

г) сведения о развитии систем диспетчеризации, телемеханизации и систем управления режимами водоснабжения на объектах организаций, осуществляющих водоснабжение;

д) сведения об оснащенности зданий, строений, сооружений приборами учета воды и их применении при осуществлении расчетов за потребленную воду;

е) описание вариантов маршрутов прохождения трубопроводов (трасс) по территории поселения, городского округа и их обоснование;

ж) рекомендации о месте размещения насосных станций, резервуаров, водонапорных башен;

з) сведения о границах планируемых зон размещения объектов централизованных систем горячего и холодного водоснабжения;

и) карты (схемы) существующего и планируемого размещения объектов централизованных систем горячего и холодного водоснабжения.

При обосновании предложений по строительству, реконструкции и выводу из эксплуатации объектов централизованных систем водоснабжения поселения, городского округа должно быть обеспечено решение следующих задач:

а) подача абонентам определенного объема горячей, питьевой воды установленного качества;

б) организация централизованного водоснабжения на территориях, где оно отсутствует;

в) водоснабжение объектов перспективной застройки населенного пункта;

г) сокращение потерь воды при ее транспортировке;

д) проведение мероприятий, направленных на соблюдение соответствия качества питьевой воды, горячей воды требованиям законодательства;

е) предотвращение замерзания воды в зонах распространения вечномерзлых грунтов путем ее регулируемого сброса, автоматизированного сосредоточенного подогрева воды в сочетании с циркуляцией или линейным обогревом трубопроводов, теплоизоляции поверхности труб высокоэффективными долговечными материалами с закрытой пористой структурой, использования арматуры, работоспособной при частичном оледенении трубопровода, автоматических выпусков воды.

Раздел «Экологические аспекты мероприятий по строительству, реконструкции и модернизации объектов централизованных систем водоснабжения» содержит сведения о мерах по предотвращению вредного воздействия:

а) на водный бассейн предлагаемых к строительству и реконструкции объектов централизованных систем водоснабжения при сбросе (утилизации) промывных вод;

б) на окружающую среду при реализации мероприятий по снабжению и хранению химических реагентов, используемых в водоподготовке (хлор и др.).

Раздел «Оценка объемов капитальных вложений в строительство, реконструкцию и модернизацию объектов централизованных систем водоснабжения» включает в себя с разбивкой по годам: 1) оценку стоимости основных мероприятий по реализации схем водоснабжения; 2) оценку величины необходимых капитальных вложений в строительство и реконструкцию объектов централизованных систем водоснабжения, выполненную на основании укрупненных сметных нормативов для объектов непромышленного назначения и инженерной инфраструктуры, утвержденных федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере строительства, либо принятую по объектам – аналогам по видам капитального строительства и видам работ, с указанием источников финансирования.

Раздел «Плановые значения показателей развития централизованных систем водоснабжения» содержит сведения о показателях надежности, качества и энергетической эффективности объектов централизованных систем горячего и холодного водоснабжения на момент окончания реализации мероприятий, предусмотренных схемой водоснабжения, а именно: а) показателях качества воды; б) показателях надежности и бесперебойности водоснабжения; в) показателях эффективности использования ресурсов, в том числе уровень потерь воды (тепловой энергии в составе горячей воды); г) иных показателях, установленных федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

Раздел «Перечень выявленных бесхозных объектов централизованных систем водоснабжения (в случае их выявления) и перечень организаций, уполномоченных на их эксплуатацию» содержит перечень этих объектов и организаций.

Выбор той или иной схемы в соответствии с требованиями [46] при сопоставлении возможных вариантов ее осуществления с учетом особенностей объекта или группы объектов, требуемых расходов воды на различных этапах их развития, источников водоснабжения, требований к напорам, качеству воды и обеспеченности ее подачи.

Согласно [86], сопоставлением вариантов должно быть обосновано следующее: 1) характеристики источников водоснабжения и возможность их использования теми или иными потребителями; 2) степень централизации системы и целесообразность выделения локальных систем водоснабжения;

3) объединение или разделение сооружений, водоводов и сетей различного назначения; 4) зонирование системы водоснабжения, использование регулирующих емкостей, применение станций регулирования и насосных станций подкачки; 5) применение объединенных или локальных систем оборотного водоснабжения; 6) использование отработанных вод одних предприятий (цехов, установок, технологических линий) для нужд других предприятий (цехов, установок, технологических линий), а также для поливки территории и зеленых насаждений; 7) использование очищенных производственных и бытовых сточных вод, а также аккумулированного поверхностного стока для производственного водоснабжения и обводнения водоемов и болот; 8) целесообразность организации замкнутых циклов или создание замкнутых систем водопользования; 9) очередность строительства и ввода в действие элементов системы по пусковым комплексам.

Централизованная система водоснабжения поселения или городского округа в зависимости от местных условий и принятой схемы водоснабжения должна обеспечивать: 1) хозяйственно-питьевое водопотребление в жилых и общественных зданиях, нужды коммунально-бытовых предприятий; 2) хозяйственно-питьевое водопотребление на предприятиях; 3) производственные нужды промышленных и сельскохозяйственных предприятий, где требуется вода питьевого качества или для которых экономически нецелесообразно сооружение отдельного водопровода; 4) тушение пожаров; 5) собственные нужды станций водоподготовки, промывку водопроводных и канализационных сетей и т. д.

При обосновании допускается устройство самостоятельного водопровода: а) для поливки и мойки территорий (улиц, проездов, площадей, зеленых насаждений), работы фонтанов и т. п.; б) поливки посадок в теплицах, парниках и на открытых участках, а также приусадебных участков.

Централизованные системы водоснабжения подразделяются на три категории по степени обеспеченности подачи воды.

Первая категория. Допускается снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды не более 30 % от расчетного расхода и на производственные нужды до предела, устанавливаемого аварийным графиком работы предприятий; длительность снижения подачи не должна превышать 3 суток. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускается на время выключения поврежденных и включения резервных элементов системы (оборудования, арматуры, сооружений, трубопроводов и др.), но не более чем на 10 мин.

Вторая категория. Величина допускаемого снижения подачи воды та же, что при первой категории; длительность снижения подачи должна быть не более 10 суток. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускается на время выключения поврежденных

и включения резервных элементов или проведения ремонта, но не более чем на 6 ч.

Третья категория. Величина допускаемого снижения подачи воды та же, что при первой категории; длительность снижения подачи должна быть не более 15 суток. Перерыв в подаче воды при снижении подачи ниже указанного предела допускается не более чем на 24 ч.

Объединенные хозяйственно-питьевые и производственные водопроводы поселения или городского округа при численности жителей в них более 50 тыс. человек относят к первой категории; от 5 до 50 тыс. человек – ко второй категории; менее 5 тыс. человек – к третьей категории. Категорию сельскохозяйственных групповых водопроводов принимают по поселению с наибольшей численностью жителей. При необходимости повышения обеспеченности подачи воды на производственные нужды промышленных и сельскохозяйственных предприятий (производств, цехов, установок) следует предусматривать локальные системы водоснабжения. Категорию отдельных элементов систем водоснабжения устанавливают в зависимости от их функционального значения в общей системе водоснабжения. Элементы систем водоснабжения второй категории, повреждения которых могут нарушить подачу воды на пожаротушение, должны быть отнесены к первой категории.

При реконструкции систем водоснабжения следует оценивать существующие и находящиеся в эксплуатации сооружения, водоводы и сети в части технического и санитарного состояния с обоснованием экономической целесообразности их дальнейшего использования с учетом затрат на реконструкцию с обеспечением требуемого уровня надежности и интенсификации их работы.

Водозаборные сооружения, водоводы, станции водоподготовки должны рассчитываться на средний часовой расход в сутки максимального водопотребления. Расчеты совместной работы водоводов, водопроводных сетей, насосных станций и регулирующих емкостей следует выполнять в объеме, необходимом для обоснования системы подачи и распределения воды на расчетный срок жизненного цикла. Для каждой очереди строительства определяются очередность реализации, требуемые объемы регулирующих емкостей и их расположение, а также осуществляется подбор насосного оборудования. Для систем водоснабжения поселения или городского округа расчеты совместной работы водоводов, водопроводных сетей, насосных станций и регулирующих емкостей следует выполнять для следующих характерных режимов подачи воды: 1) в сутки максимального водопотребления – максимального, среднего и минимального часовых расходов, а также максимального часового расхода воды на пожаротушение; 2) в сутки среднего потребления – среднего часового расхода; 3) в сутки минимального водопотребления – минимального часового расхода.

3.1.4. Водозаборные сооружения

Выбор типа и схемы размещения водозаборных сооружений осуществляется, исходя из геологических, гидрогеологических и санитарных условий района. При проектировании новых и расширении существующих водозаборов учитываются условия взаимодействия их с существующими водозаборами на соседних участках, а также их влияние на окружающую природную среду (поверхностный сток, растительность и др.).

В водозаборах подземных вод применяются следующие водоприемные сооружения: водозаборные скважины, шахтные колодцы, горизонтальные водозаборы, комбинированные водозаборы, каптажи родников.

Водозаборные скважины. В проектах скважин должен быть указан способ бурения и определены конструкции скважины, ее глубина, диаметры колонн труб, тип водоприемной части, водоподъемника и оголовка скважины, а также порядок их опробования. В конструкции скважины предусматривают возможность проведения измерений дебита, уровня, отбора проб воды, а также ремонтно-восстановительных работ при применении импульсных, реагентных и комбинированных методов регенерации при эксплуатации скважин.

При установке насосов диаметр эксплуатационной колонны труб в скважинах принимают: при установке электродвигателя над скважиной – на 50 мм больше номинального диаметра насоса; при использовании погружного электродвигателя – равным номинальному диаметру насоса. Устье скважины следует располагать в наземном павильоне или подземной камере. Габариты павильона и подземной камеры в плане принимают из условия размещения в нем электродвигателя, электрооборудования, контрольно-измерительных приборов (КИП) и автоматики. Высоту наземного павильона и подземной камеры принимают в зависимости от габаритов оборудования, но не менее 2,4 м.

Верхняя часть эксплуатационной колонны труб должна выступать над полом не менее чем на 0,5 м. Конструкция оголовка скважины должна обеспечивать полную герметизацию, исключаящую проникание в межтрубное и затрубное пространства скважины поверхностной воды и загрязнений. Монтаж и демонтаж секций скважинных насосов предусматривают через люки, располагаемые над устьем скважины, с применением средств механизации. Количество резервных скважин принимают с учетом требований, изложенных в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Количество резервных скважин для различных категорий надежности

Число рабочих скважин	Количество резервных скважин на водозаборе при категории		
	I	II	III
От 1 до 4	1	1	1
От 5 до 12	2	1	–
13 и более	Не менее 20 %	Не менее 10 %	–

Примечания: 1) в зависимости от гидрогеологических условий и качества воды при соответствующем обосновании количество скважин может быть увеличено; 2) для водозаборов всех категорий следует предусматривать наличие на складе резервных насосов: при количестве рабочих скважин до 12 – один; при большем количестве – 10 % от числа рабочих скважин.

Скважины, дальнейшее использование которых невозможно, подлежат ликвидации с проведением цементации и тампонажа. Фильтры в скважинах устанавливают в рыхлых, неустойчивых скальных и полускальных породах. В качестве материала фильтрующей сетки следует использовать коррозионно-стойкие материалы, устойчивые к истиранию и выполненные в заводских условиях по национальным стандартам. Конструкцию и размеры фильтра следует принимать в зависимости от гидрогеологических условий, дебита и режима эксплуатации. Фильтр должен иметь достаточную механическую прочность, наибольшую просветность (скважность) и предельно допустимые размеры проходных отверстий (с учетом необходимости предотвращения пескования скважины). Конечный диаметр обсадной трубы при ударном бурении должен быть больше наружного диаметра фильтра не менее чем на 50 мм, а при обсыпке фильтра гравием – не менее чем на 100 мм. При роторном способе бурения без крепления стенок трубами конечный диаметр скважин должен быть больше наружного диаметра фильтра не менее чем на 100 мм.

Длину рабочей части фильтра в напорных водоносных пластах мощностью до 10 м принимают равной мощности пласта; в безнапорных – мощности пласта за вычетом эксплуатационного понижения уровня воды в скважине (фильтр должен быть затоплен). В водоносных пластах мощностью более 10 м длину рабочей части фильтра определяют с учетом водопроницаемости пород, производительности скважин и конструкции фильтра. Рабочую часть фильтра устанавливают на расстоянии от кровли и подошвы водоносного пласта не менее 0,5...1,0 м. При использовании нескольких водоносных пластов рабочие части фильтров следует устанавливать в каждом водоносном пласте и соединять между собой глухими трубами (перекрывающими слабоводопроницаемые слои).

Верхняя часть, расположенная над фильтровой трубой, должна быть выше башмака обсадной колонны не менее чем на 3 м при глубине скважины до 50 м и не менее чем на 5 м при глубине скважины более 50 м; при этом между обсадной колонной и надфильтровой трубой, при необходимости, должен быть установлен сальник. Длина отстойника – 2 м (при обосновании ее допускается увеличивать). Для забора подземных вод из рыхлых песчаных отложений применяют бусфильтровые конструкции скважин, если над ними залегают устойчивые породы. После окончания бурения скважин и оборудования их фильтрами необходимо предусматривать прокачку, а при роторном бурении с глинистым раствором – разглинизацию до полного осветления воды. Для установления соответствия фактического дебита водозаборных скважин принятому в проекте необходимо предусматривать их опробование откачками.

Шахтные колодцы. Шахтные колодцы следует применять, как правило, в первых от поверхности безнапорных водоносных пластах, сложенных рыхлыми породами и залегающих на глубине до 30 м. При мощности водоносного пласта до 3 м предусматривают шахтные колодцы совершенного типа с вскрытием всей мощности пласта; при большей мощности допускаются совершенные и несовершенные колодцы с вскрытием части пласта. При расположении водоприемной части в песчаных грунтах на дне колодца необходимо предусматривать обратный песчано-гравийный фильтр или фильтр из пористого бетона, а в стенках водоприемной части колодцев – фильтры из пористого бетона или гравийные. Обратный фильтр принимают из нескольких слоев песка и гравия толщиной по 0,1...0,15 м каждый, общей толщиной 0,4...0,6 м с укладкой в нижнюю часть фильтра мелких, а в верхнюю – крупных фракций.

Верх шахтных колодцев должен быть выше поверхности земли не менее чем на 0,8 м. При этом вокруг колодцев должна предусматриваться отмостка шириной 1...2 м с уклоном 0,1 от колодца. Вокруг колодцев, подающих воду для хозяйственно-питьевых нужд, кроме того, следует предусматривать устройство замка из глины или жирного суглинка глубиной 1,5...2,0 м и шириной 0,5 м. В колодцах необходимо предусматривать вентиляционную трубу, выведенную выше поверхности земли не менее чем на 2 м. Отверстие вентиляционной трубы должно защищаться колпаком с сеткой.

Горизонтальные водозаборы. Горизонтальные водозаборы предусматривают, как правило, на глубине до 8 м в безнапорных водоносных пластах, преимущественно вблизи поверхностных водотоков. Они могут проектироваться в виде каменно-щебеночной дрены, трубчатой дрены, водосборной галереи или водосборной штольни. Водозаборы в виде

каменно-щебеночной дрены рекомендуется предусматривать для систем временного водоснабжения. Трубчатые дрены проектируют на глубине 5...8 м для водозаборов второй и третьей категорий. Для водозаборов первой и второй категорий должны приниматься водосборные галереи.

Водозаборы в виде штольни принимают в соответствующих орographic условиях (в крутых (от 20° до 45°) и обрывистых ($>45^\circ$) склонах речных долин). Для исключения выноса частиц породы из водоносного пласта при проектировании водоприемной части горизонтальных водозаборов должен предусматриваться обратный фильтр из двух-трех слоев. Механический состав отдельных слоев обратного фильтра следует определять расчетом. Толщина отдельных слоев фильтра должна быть не менее 15 см. Для водозабора в виде каменно-щебеночной дрены прием воды предусматривают через щебеночную призму размерами 30×30 или 50×50 см, уложенную на дно траншеи, с устройством обратного фильтра. Каменно-щебеночную дрену принимают с уклоном 0,01...0,05 в сторону водосборного колодца.

Водоприемную часть водозаборов из трубчатых дрен проектируют из керамических, хризотилцементных, железобетонных, полимерных и стеклокомпозитных труб с круглыми или щелевыми отверстиями с боков и в верхней части трубы; нижняя часть трубы (не более $1/3$ по высоте) должна быть без отверстий. Минимальный диаметр труб – 150 мм. В трубчатых фильтрах с круглой или щелевой перфорацией скважность следует доводить до 20...25 %. В фильтрах с водоприемной поверхностью из проволоочной намотки просветность принимается до 30...60 % при обеспечении достаточной прочности фильтра составляющими его конструктивными элементами (применение металлических перфорированных труб допускается при обосновании).

Диаметры трубопроводов горизонтальных водозаборов определяют для периода низкого стояния уровня грунтовых вод, расчетное наполнение следует принимать равным 0,5 диаметра трубы. Уклоны в сторону водосборного колодца должны быть не менее: 0,007 – при диаметре 150 мм; 0,005 – при диаметре 200 мм; 0,004 – при диаметре 250 мм; 0,003 – при диаметре 300 мм; 0,002 – при диаметре 400 мм; 0,001 – при диаметре 500 мм. Скорость течения воды в трубах должна приниматься не менее 0,7 м/с.

Водоприемные галереи следует проектировать из перфорированных полимерных или стеклокомпозитных труб заводского изготовления или железобетонными с устройством щелевых отверстий или окон с козырьками. Под железобетонными звеньями галереи должно предусматриваться основание, исключающее осадку их относительно друг друга.

С боков галереи в пределах ее водоприемной части следует предусматривать устройство обратного фильтра.

Горизонтальные водозаборы должны быть защищены от попадания в них поверхностных вод. Для наблюдения за работой трубчатых и галерейных водозаборов, их вентиляции и ремонта следует принимать смотровые колодцы, расстояние между которыми должно быть не более 50 м для трубчатых водозаборов диаметром от 150 до 500 мм и 75 м – при диаметре более 500 мм; для галерейных водозаборов – 100...150 м. Смотровые колодцы предусматривают также в местах изменения направления водоприемной части в плане и вертикальной плоскости. Смотровые колодцы принимают диаметром 1 м; верх колодца должен возвышаться не менее чем на 0,2 м над поверхностью земли; вокруг колодцев (за исключением полимерных колодцев) должна быть сделана водонепроницаемая отмостка шириной не менее 1 м и глиняный замок. Насосные станции горизонтальных водозаборов, как правило, совмещают с водосборным колодцем.

Комбинированные горизонтальные водозаборы необходимо принимать в двухпластовых системах с верхним безнапорным и нижним напорным водоносными пластами. Водозабор предусматривают в виде горизонтальной трубчатой дрены, каптирующей верхний безнапорный пласт, к которой снизу или сбоку подключены патрубки фильтровых колонн вертикальных скважин-усилителей, заложенных в нижнем пласте.

Лучевые водозаборы. Лучевые водозаборы следует предусматривать в водоносных пластах, кровля которых расположена от поверхности земли на глубине не более 15...20 м и мощность водоносного пласта не превышает 20 м (лучевые водозаборы не применяются в галечниковых грунтах при крупности фракций 70 мм, при наличии в водоносных породах включений валунов в количестве более 10 % и в илистых мелкозернистых породах). В неоднородных или мощных однородных водоносных пластах применяют многоярусные лучевые водозаборы с лучами, расположенными на разных отметках.

Водосборный колодец при производительности водозабора до 150...200 л/с и в благоприятных гидрогеологических и гидрохимических условиях следует предусматривать односекционным; при производительности водозабора свыше 200 л/с водосборный колодец должен быть разделен на две секции. Лучи длиной 60 м и более принимают телескопической конструкции с уменьшением диаметра труб. При длине лучей меньше 30 м в однородных водоносных пластах угол между лучами должен быть не менее 30°. Водоприемные лучи проектируют из стальных перфорированных или щелевых труб со скважностью не более 20 %; на

водоприемных лучах в водосборных колодцах следует предусматривать установку задвижек.

Каптаж родников. Каптажные устройства (водосборные камеры или неглубокие опускные колодцы) применяют для захвата подземных вод из родников. Захват воды из восходящего родника осуществляют через дно каптажной камеры, из нисходящего – через отверстия в стене камеры. При каптаже родников из трещиноватых пород прием воды в каптажной камере допускается осуществлять без фильтров, а из рыхлых пород – через фильтры. Каптажные камеры должны быть защищены от поверхностных загрязнений, промерзания и затопления поверхностными водами; в них должна быть предусмотрена переливная труба, рассчитанная на наибольший дебит родника, с установкой на конце клапана-захлопки, вентиляционной трубы и спускной трубы диаметром не менее 100 мм. Для освобождения воды родника от взвеси каптажную камеру разделяют переливной стенкой на два отделения: одно – для отстаивания воды с последующей очисткой его от осадка, второе – для забора воды насосом. При наличии вблизи нисходящего родника нескольких выходов воды каптажную камеру следует предусматривать с открылками.

Искусственное пополнение запасов подземных вод. Искусственное пополнение подземных вод принимают: 1) для увеличения производительности и обеспечения стабильной работы действующих и проектируемых водозаборов подземных вод; 2) улучшения качества инфильтруемых и отбираемых подземных вод; 3) создания сезонных запасов подземных вод; 4) охраны окружающей среды (предотвращение недопустимого понижения уровня грунтовых вод, приводящего к гибели растительности). Для пополнения запасов подземных вод эксплуатируемых водоносных пластов должны использоваться поверхностные и подземные воды. Пополнение запасов подземных вод предусматривают через инфильтрационные сооружения открытого и закрытого типов.

В качестве инфильтрационных сооружений открытого типа используют: бассейны, естественные и искусственные понижения рельефа (овраги, балки, старицы, карьеры). Открытые инфильтрационные сооружения следует принимать для пополнения запасов подземных вод первого от поверхности водоносного пласта при отсутствии или малой мощности (до 3 м) покровных слабопроницаемых отложений.

При проектировании инфильтрационных бассейнов предусматривают: 1) врезку днища в хорошо фильтрующие породы на глубину не менее 0,5 м; 2) укрепление дна в месте выпуска воды и предохранение откосов от размыва; 3) устройства для регулирования и измерения расхода воды, подаваемой на инфильтрационные сооружения; 4) подъездные пути и съезды для машин и механизмов. Ширина по дну инфильтрационных бассейнов

должна быть не более 30 м, длина бассейнов – не более 500 м, слой воды – 0,7...2,5 м, количество – не менее двух. Подачу воды в бассейн следует предусматривать через разбрызгивающие устройства или каскад со свободным изливом. При устройстве бассейнов в гравийно-галечниковых отложениях с крупным заполнителем предусматривают загрузку дна крупнозернистым песком толщиной слоя 0,5...0,7 м. При использовании естественных понижений рельефа должна предусматриваться подготовка фильтрующей поверхности.

В качестве инфильтрационных сооружений закрытого типа используют скважины (поглощающие и дренажно-поглощающие) и шахтные колодцы. При проектировании поглощающих и дренажно-поглощающих скважин и шахтных колодцев необходимо предусматривать устройства для измерения и регулирования расхода подаваемой воды и измерения динамических уровня воды в сооружениях и водоносном пласте. Конструкция инфильтрационных сооружений должна обеспечивать возможность восстановления их производительности на открытых инфильтрационных сооружениях путем механического или гидравлического съема закольматированного слоя с фильтрующей поверхности, на закрытых – методами, применяемыми для регенерации водозаборных скважин (опорожнение и регенерация открытых инфильтрационных сооружений в период отрицательных температур не допускается).

Выбор схемы размещения инфильтрационных сооружений, определение их количества и производительности должны производиться на основе комплексных гидрогеологических и технико-экономических расчетов с учетом назначения искусственного пополнения запасов подземных вод, схемы размещения водозаборных сооружений, качества подаваемой воды и особенностей эксплуатации инфильтрационных и водозаборных сооружений. Расстояния между инфильтрационными и водозаборными сооружениями принимаются на основе прогноза качества отбираемой воды с учетом доочистки подаваемой на инфильтрацию воды и смешения ее с подземными водами.

Качество воды, используемой для искусственного пополнения, должно соответствовать требованиям национальных стандартов. Качество воды, подаваемой на инфильтрационные сооружения систем хозяйственно-питьевого водоснабжения, должно, с учетом ее доочистки при инфильтрации в водоносный пласт и смешения с подземными водами, соответствовать требованиям санитарных норм и правил.

Сооружения для забора поверхностной воды. Водозаборные сооружения (водозаборы) должны: 1) обеспечивать забор из водоисточника расчетного расхода воды и подачу воды потребителю; 2) защищать систему водоснабжения от биологических обрастаний и от попадания в нее

наносов, сора, планктона, шугольда и др.; 3) обеспечивать охрану рыбных запасов на водоемах рыбохозяйственного значения.

Водозаборы по степени обеспеченности подачи воды подразделяют на три категории (табл. 3.5). Конструктивная схема водозабора принимается в зависимости от требуемой категории, гидрологической характеристики водоисточника с учетом максимальных и минимальных уровней воды, а также требований уполномоченных государственных органов.

Таблица 3.5

Значения обеспеченности расчетных уровней воды в поверхностных источниках в зависимости от категории водозаборов

Категория водозабора	Обеспеченность расчетных уровней воды в поверхностных источниках, %	
	максимальный	минимальный
I	1	97
II	3	95
III	5	90

Класс основных сооружений водозабора устанавливается в соответствии с его категорией, класс второстепенных сооружений водозабора принимается на единицу меньше (к основным следует относить сооружения, при повреждении которых водозабор не обеспечит подачу расчетного расхода воды потребителям, к второстепенным – сооружения, повреждение которых не приведет к снижению подачи воды потребителям).

Класс водоподъемных и водохранилищных плотин, входящих в состав водозаборного гидроузла, следует принимать не ниже класса II – для категории I водозабора; класса III – для категории II водозабора; класса IV – для категории III водозабора.

Выбор схемы и места расположения водозабора должен быть обоснован прогнозами: 1) качества воды в источнике; 2) переформирования русла или побережья; 3) изменения границы многолетнемерзлых грунтов; 4) гидротермического режима. Размещать водоприемники в пределах зон движения судов, плотов, в зоне отложения и жильного движения донных наносов, в местах зимовья и нереста рыб, на участке возможного разрушения берега, скопления плавника и водорослей, а также возникновения шугозаторов и заторов не допускается. При обосновании допускается размещать водоприемники на участках нижнего бьефа ГЭС, прилегающих к гидроузлу, в верховьях водохранилищ, а также на участках, расположенных ниже устьев притоков водотоков и в устьях подпертых водотоков. Место расположения водоприемников для водозаборов хозяйственно-питьевого водоснабжения должно приниматься выше по течению водотока выпусков сточных вод, поселения (городского округа),

а также стоянок судов, лесных бирж, товарно-транспортных баз и складов в районе, обеспечивающем организацию зон санитарной охраны.

На водоемах водоприемники водозаборов размещают (с учетом ожидаемой переработки прилегающего берега и прибрежного склона): 1) за пределами прибойных зон при наименьших уровнях воды; 2) в местах, укрытых от волнения; 3) за пределами сосредоточенных течений, выходящих из прибойных зон. На водозаборах с самотечными и сифонными водоводами целесообразно водоприемный сеточный колодец, насосную станцию и другие сооружения выносят за пределы ожидаемой переработки берега, без устройства берегозащитных покрытий [86].

Условия забора воды из поверхностных источников должны разделяться в зависимости от устойчивости берегов и ложа источника, русловых и шуголедовых режимов, засоренности по показателям, приведенным в табл. 3.6. Водоприемные устройства следует принимать в зависимости от требуемой категории и сложности природных условий забора воды (табл. 3.7). В водозаборных сооружениях I и II категории надежности следует предусматривать секционирование водоприемной части.

Таблица 3.6

Условия забора воды из поверхностных источников

Условия забора воды	Условия забора воды из поверхностных источников		
	Мутность, устойчивость берегов и дна	Шуга и лед	Другие факторы
Легкие	Мутность ≤ 500 мг/л, устойчивое ложе водоема и водотока	Отсутствие внутриводного ледообразования. Ледостав умеренной ($\leq 0,8$ м) мощности, устойчивый	Отсутствие в водоемисточнике дрейссены, баянуса, мидий и т. п., водорослей, малое количество загрязнений и сора
Средние	Мутность ≤ 1500 мг/л (средняя за паводок). Русло (побережье) и берега устойчивые с сезонными деформациями $\pm 0,3$ м. Вдольбереговое перемещение наносов не влияет на устойчивость подводного склона постоянной крутизны	Наличие внутриводного ледообразования, прекращающегося с установлением ледостава обычно без шугозаполнения русла и образования шугозажоров. Ледостав устойчивый мощностью $< 1,2$ м, формирующийся с полыньями	Наличие сора, водорослей, дрейссены, баянуса, мидий и загрязнений в количествах, вызывающих помехи в работе водозабора. Лесосплав молевой и плотами. Судходство

Характеристика условий забора воды	Условия забора воды из поверхностных источников		
	Мутность, устойчивость берегов и дна	Шуга и лед	Другие факторы
Тяжелые	Мутность ≤ 5000 мг/л. Русло подвижное с переформированием берегов и дна, вызывающим изменение отметок дна до 1–2 м. Наличие переработки берега с вдольбереговым перемещением наносов по склону перемещенной крутизны	Неоднократно формирующийся ледяной покров с шугоходами и шугозаполнением русла при ледоставе до 60–70 % сечения водостока. В отдельные годы с образованием шугозажоров в предледоставный период и ледяных заторов весной. Участки нижнего бьефа ГЭС в зоне неустойчивого ледового покрова. Нагон шугольда на берега, торосов с шугозаполнением прибрежной зоны	То же, но в количествах, затрудняющих работу водозабора и сооружений водопровода
Очень тяжелые	Мутность > 5000 мг/л, русло неустойчивое, систематически и случайно изменяющее свою форму. Интенсивная и значительная переработка берега. Наличие или вероятность оползневых явлений	Формирование ледяного покрова только при шугозажорах, вызывающих подпор; транзит шуги под ледяным покровом в течение большей части зимы. Возможность наледей и перемерзания русла. Ледоход с заторами и с большими навалами льда на берега. Тяжелые шуголедовые условия при наличии приливов	

Примечание. Общая характеристика условий забора воды определяется по наихудшим условиям.

Таблица 3.7

Категория водозаборных сооружений

Водоприемные устройства	Категория водозаборных сооружений при природных условиях забора воды								
	легких			средних			тяжелых		
	для схем водозаборов								
	<i>а</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>а</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>а</i>	<i>б</i>	<i>в</i>
Береговые, незатопляемые водоприемники с водоприемными отверстиями, всегда доступными для обслуживания, с необходимыми ограждающими и вспомогательными сооружениями и устройствами	I	—	—	I	—	—	II	I	I
Затопленные водоприемники всех типов, удаленные от берега, практически недоступные в отдельные периоды года	I	—	—	II	I	—	III	II	I
Нестационарные водоприемные устройства: плавучие	II	I	—	III	III	II	—	—	—
фуникулерные	III	II	—	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1) таблица составлена для водозаборов, устраиваемых по трем схемам: *а* – в водном створе; *б* – то же, но при нескольких водоприемниках, снабженных средствами борьбы с шугой, наносами и другими затруднениями забора воды; *в* – в двух створах, удаленных на расстояние, исключающее возможность одновременного перерыва забора воды; 2) в водозаборных сооружениях I и II категорий предусматривают секционирование водоприемной части.

Повышение категории водозабора с затопленными водоприемниками на единицу допускается в случаях: 1) размещения водоприемников в затопляемом, самопромывающемся водоприемном ковше; 2) подвода к водоприемным отверстиям теплой воды в количестве не менее 20 % забираемого расхода и применения специальных наносозащитных устройств; 3) обеспечения надежной системы обратной промывки соросудерживающих решеток, рыбозаградительных устройств водоприемников и самотечных водоводов. Выбор схемы и компоновки водозаборного

сооружения в тяжелых и очень тяжелых местных условиях осуществляют на основе лабораторных исследований.

Водозаборные сооружения следует проектировать с учетом перспективного развития водопотребления. При заборе воды из водохранилищ рассматривают целесообразность использования в качестве водоприемника башни донного водоспуска или головного сооружения водосброса. Размеры основных элементов водозаборного сооружения (водоприемных отверстий, сеток, рыбозащитных устройств, труб, каналов), а также расчетный минимальный уровень воды в береговом водоприемном сеточном колодце и отметки оси насосов должны определяться гидравлическими расчетами при минимальных уровнях воды в источнике для нормального эксплуатационного и аварийного режимов работы.

Размеры водоприемных отверстий определяют по средней скорости втекания воды в отверстия (в свету) сороудерживающих решеток, сеток или в поры фильтров с учетом требований рыбозащиты. Низ водоприемных отверстий должен быть расположен не менее 0,5 м выше дна водоема или водотока, верх водоприемных отверстий или затопленных сооружений – не менее 0,2 м от нижней кромки льда. Для борьбы с оледенением и закупоркой шугой водоприемников в тяжелых шуголедовых условиях следует предусматривать электрообогрев решеток, подвод к водоприемным отверстиям теплой воды или сжатого воздуха или импульсную промывку в сочетании с обратной. Стержни сороудерживающих решеток должны быть изготовлены из гидрофобных материалов или покрыты ими. Для удаления шуги из береговых водоприемных колодцев и сеточных камер предусматривают соответствующие приспособления.

В случае необходимости планируют меры борьбы с обрастанием элементов водозаборного сооружения дрейссеной, баянусом, мидиями и т. п. путем обработки воды обеззараживающими растворами. Дозы, периодичность и продолжительность обработки воды реагентами определяют на основании данных технологических исследований. При отсутствии этих данных дозу хлора следует принимать на 2 мг/л более хлорпоглощаемости воды, при этом содержание остаточного хлора в питьевой воде должно быть не более 0,5 мг/л.

Сифонные водоводы допускается применять в водозаборах II и III категорий. Сифонные и самотечные водоводы выполняют из стальных труб или труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ). Допускается применение полимерных, стеклокомпозитных и железобетонных труб. Для самотечных водоводов на участке примыка-

ния к подземной части водоприемных колодцев и насосных станций, выполняемых опускным способом, рекомендуется метод бестраншейной прокладки. Стальные, полимерные и стеклокомпозитные трубопроводы, трубопроводы из ВЧШГ должны проверять на всплытие. Стальные трубопроводы и трубопроводы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом должны выполняться с противокоррозионной изоляцией. Стальные трубы, при необходимости, выполняют с катодной или протекторной защитой. Трубопроводы из ВЧШГ с раструбными соединениями под уплотнительное резиновое кольцо не требуют катодной защиты. При пересечении самотечными и сифонными водоводами участков с многолетнемерзлыми грунтами должны быть предусмотрены мероприятия, исключающие замерзание воды внутри водовода.

Самотечные и сифонные водоводы в пределах русла водотока должны защищаться снаружи от истирания донными наносами и от повреждений якорями путем заглубления водоводов под дно не менее чем на 0,5 м или обсыпки грунтом с укреплением его от размыва. Выбор типа сеток для предварительной очистки воды выполняют с учетом особенностей водоема и производительности водозабора. При использовании в качестве рыбозащитных мероприятий фильтрующих элементов или устройства водоприемников фильтрующего типа в отдельных случаях следует рассматривать возможность отказа от установки водоочистных сеток.

При проектировании водозаборных сооружений предусматривают устройства для удаления осадка из водоприемных камер (колодцев). Для промывки сеток применяют воду из напорных водоводов. В случае недостаточности напора для их промывки проектируют установку подкачивающих насосов.

3.1.5. Водоподготовка

Метод обработки воды, состав и расчетные параметры сооружений водоподготовки и расчетные дозы реагентов устанавливают в зависимости от качества воды в источнике водоснабжения, назначения водопровода, производительности станции и местных условий на основании опыта эксплуатации сооружений, работающих в аналогичных условиях, и методов, приведенных в табл. 3.8. Приоритетные характеристики для выбора технологической схемы очистки воды – мутность, дисперсный состав минеральных примесей, цветность, щелочность, величина рН и жесткость. В выбранную схему рекомендуется также включать технологические ступени, предназначенные для эффективного удаления техногенных или специфических загрязнений, содержащихся в исходной воде.

Таблица 3.8

*Основные технологические методы, применяемые при очистке
поверхностных природных вод*

Метод водоподготовки	Удаляемые примеси, форма воздействия на них и условия применения	Условное обозначение метода
Безреагентные методы обработки		
Удаление грубодисперсных примесей в центробежном поле	Грубо- и тонкодисперсные примеси (ГДП) с плотностью частиц более 1000 кг/м ³	ГЦ
Отстаивание в ковшах и открытых отстойниках, в том числе с тонкослойными модулями и слоем взвешенного осадка	ГДП с концентрацией взвеси более 2000...5000 мг/л	От
Фильтрация через сетчатые перегородки	ГДП с частицами размером более 20...40 мкм, Ф > 1000 кл/л	СтФ
Фильтрация через обсыпку фильтрующих оголовков	ГДП, плавающие вещества, щепа, листья, остатки растений водотоков и водоемов	ОбФ
Фильтрация через крупнозернистую среду в префильтрах	ГДП с частицами размером менее 1,0 мм	КПФ
Медленное фильтрование	ГДП, коллоидные взвеси и бактерии, М < 50 мг/л	МФ
Ультрафильтрация	ГДП, коллоидные вещества и бактерии с М < 100 мг/л, ПО – до 80 мгО ₂ /л, болезнетворные бактерии и другие виды организмов, органические вещества, обуславливающие высокую цветность	УУФ
Обессоливание и умягчение обратным осмосом	Ж < 35 мг-экв/дм ³ , С < 30 г/дм ³ , ПО < 7, М < 0,5 мг/дм ³	ОО
Биологическая предочистка в русле водотоков или во входных биореакторах с использованием прикрепленной микрофлоры	Органические и минеральные примеси, при ПО > 5 мгО ₂ /л, Т > 5 °С, Ф > 500 кл/л	БПБ
Аэрирование воды	Газообразные и летучие органические соединения, взвесь с плотностью меньше 1000 кг/м ³ , низкое содержание кислорода, наличие нефтепродуктов	А

Продолжение табл. 3.8

Метод водоподготовки	Удаляемые примеси, форма воздействия на них и условия применения	Условное обозначение метода
Флотация без применения коагулянтов	Органические вещества при ПО > 6...8 мг О ₂ /л и содержании нефтепродуктов > 1...2 мг/дм ³ ; интенсификация процессов коагулирования	ФпБ
Обработка воды УФ-облучением	Воды малоцветные и маломутные, болезнетворные микроорганизмы и вирусы	УФ-об
Обработка водовоздушного потока электрическими разрядами (импульсным коронным или импульсным барьерным)	Воды малоцветные и маломутные, болезнетворные микроорганизмы и вирусы	ЭР
Реагентные методы обработки		
Обработка воды коагулянтами и флокулянтами	Тонкодисперсные и коллоидные взвеси, агрегативно и кинетически устойчивые, требующие агрегации и придания им когезионных и адгезионных свойств: снижения электрокинетических сил отталкивания	К(Ф)
Подщелачивание	Обеспечение запаса щелочности для повышения эффективности коагуляции при низких рН (< 6,5)	Щ
Хлопьеобразование скоагулированных частиц в свободном или стесненном объеме	Укрупнение и образование агломератов скоагулированных коллоидов и тонкодисперсной ($d < 0,1$ мкм) взвеси минерального и органического происхождения	ХЛО
Обработка хлором, хлорсодержащими средствами (в том числе хлор-газ, гипохлорит натрия, диоксид хлора, комплексные дезинфектанты)	Органические вещества, обуславливающие цветность воды; наличие трудноокисляемой органики (ПО < 15 мгО ₂ /дм ³) и отдельных ингредиентов (железа, марганца, сероводорода), болезнетворные бактерии и другие микроорганизмы	Хл
Обработка воды озоном	Маломутные высокоцветные воды	ОЗ

Продолжение табл. 3.8

Метод водоподготовки	Удаляемые примеси, форма воздействия на них и условия применения	Условное обозначение метода
Обработка воды окислителями (перекисью водорода, перманганатом калия)	Трудноокисляемые органические вещества, обуславливающие цветность, запах и привкус (задачи обработки: обезжелезивание, деманганация, удаление сероводорода, нефтепродуктов, фенолов); болезнетворные бактерии и другие виды микроорганизмов	Ок
Обессоливание на ионообменных фильтрах	$C < 2...3 \text{ г/дм}^3$; $Ж_0 < 10...15 \text{ мг-экв/дм}^3$; $M < 1,5...5 \text{ мг/дм}^3$; $Ц < 20^\circ \text{ ПКШ}$	ПО
Обессоливание реагентное	$C < 3...5 \text{ г/дм}^3$; $Ж_0 < 15 \text{ мг-экв/дм}^3$; $M < 150 \text{ мг/дм}^3$; $Ц < 150^\circ \text{ ПКШ}$	ОсР
Реагентное отстаивание, в том числе отстаивание с микропеском	Органические минеральные примеси $M < 2500 \text{ мг/дм}^3$, $Ц < 250^\circ \text{ ПКШ}$	ОтР
Реагентное осветление в слое взвешенного осадка с рециркуляцией	Органические минеральные примеси $M < 2500 \text{ мг/дм}^3$, $Ц < 250^\circ \text{ ПКШ}$	ОВОР
Реагентное скорое фильтрование, включая контактные, динамические осветлители (гравий, песок, инертная плавающая загрузка)	Коагулированная взвесь с размером частиц $< 100 \text{ мкм}$ после предпочистки $M < 200 \text{ мг/дм}^3$, $Ц < 200^\circ \text{ ПКШ}$	СкФР
Реагентное умягчение, включая умягчение на вихревых реакторах, динамическое скоростное умягчение	$Ж_0 < 30 \text{ мг-экв/дм}^3$; $M < 50 \text{ мг/дм}^3$	УмР
Снижение солесодержания электролизом	$C < 10 \text{ мг-экв/дм}^3$; $M < 1,5 \text{ мг/дм}^3$; $Ц < 20^\circ \text{ ПКШ}$; содержание железа до $0,3 \text{ мг/дм}^3$	ЭД
Сорбционная доочистка в стационарном слое адсорбента	Ароматические органические вещества, нефтепродукты $< 1 \text{ мг/дм}^3$, азот аммонийный, фенолы, пестициды, ПАВ, диоксины, хлорорганические соединения; $M < 10 \text{ мг/дм}^3$, $Ц < 20^\circ \text{ ПКШ}$	СрГУ
Сорбция с вводом мелкогранульных или порошковых сорбентов в очищаемую воду	Неприятные привкусы и запахи; азот аммонийный, нефтепродукты, ПАВ, пестициды	СрПУ

Метод водоподготовки	Удаляемые примеси, форма воздействия на них и условия применения	Условное обозначение метода
Стабилизационная реагентная обработка	При индексе Ланжелье $IL > 0$ и < 0 ; при показателе стабильности $Pc > 1$; при показателе коррозионной активности $Pk > 0,35$ (при $t = 8...25\text{ }^{\circ}\text{C}$)	СТР
Стабилизационная фильтрационная обработка воды	То же (уточняется технико-экономическими расчетами)	СТФ
Флотация с применением реагентов	Органические вещества, обуславливающие цветность, $ПО < 15\text{ мгО}_2/\text{дм}^3$; нефтепродукты и масла $2...15\text{ мг}/\text{дм}^3$	ФЛР
Фторирование	Содержание фтора $< 1,5\text{ мг}/\text{дм}^3$	ФТ

Оптимальные дозы реагентов для очистки природных и сточных вод от тонкодисперсных и коллоидных примесей могут приниматься по результатам ранее проведенных исследований или определяться экспериментально. Следует учитывать преимущества коагуляционной очистки воды органическими коагулянтами – полиэлектролитами, одновременно обладающими свойствами коагулянтов и флокулянтов. При этом рекомендуется предусматривать повторное использование промывных вод фильтров и вод от обезвоживания (складирования) осадков станции водоподготовки. При отсутствии интенсивных запахов, высокого содержания органики, побочных продуктов дезинфекции и металлов допускается сброс данных вод в водостоки или водоемы в качестве условно чистых сточных вод.

Полный расход воды, поступающий на станцию, следует определять с учетом расхода воды на собственные нужды станции. Ориентировочно среднесуточные (за год) расходы исходной воды на собственные нужды станции осветления, обезжелезивания и др. следует принимать, %: 3...4 – от количества воды, подаваемой потребителям при повторном использовании промывной воды; 10...14 – без повторного использования; 20...30 – для станций умягчения воды. Расход воды на собственные нужды станции следует уточнять расчетами.

Станции водоподготовки должны рассчитываться на равномерную работу в течение суток максимального водопотребления, причем должна предусматриваться возможность отключения отдельных сооружений для профилактического осмотра, чистки, текущего и капитального ремонта. Для станций производительностью до 5000 м³/сут допускается предусмат-

ривать работу в течение части суток. Станции водоподготовки, запроектированные по двухступенчатой технологической схеме с горизонтальными отстойниками на первой ступени, следует оснащать устройствами и приборами, исключающими неконтролируемый проскок нефтепродуктов на вторую ступень фильтров с зернистой загрузкой. Коммуникации станций водоподготовки следует рассчитывать на возможность пропуска расхода воды на 20...30 % больше расчетного.

Осветление и обесцвечивание воды. Воды источников водоснабжения в зависимости от расчетной максимальной мутности (ориентировочно количество взвешенных веществ) подразделяются: на маломутные – до 50 мг/л; средней мутности – от 50 до 250 мг/л; мутные – от 250 до 1500 мг/л; высокомутные – свыше 1500 мг/л; в зависимости от расчетного максимального содержания гумусовых веществ, обуславливающих цветность воды: на малоцветные – до 35°; средней цветности – от 35° до 120°; высокой цветности – свыше 120°. Расчетные максимальные значения мутности и цветности для проектирования сооружений станций водоподготовки определяют по данным анализов воды за период не менее чем за последние три года. При выборе сооружений для осветления и обесцвечивания воды руководствуются вышеуказанными требованиями, а для предварительного выбора – данными табл. 3.9.

Таблица 3.9

Технологические характеристики основных сооружений водоподготовки

Основные сооружения	Условия применения				Производительность станций, м³/сут
	Мутность, мг/л		Цветность, градусы		
	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода	
Обработка воды с применением коагулянтов и флокулянтов					
1. Вертикальные отстойники – скорые фильтры	До 1500	До 1,5	До 120	До 20	До 5000
2. Горизонтальные отстойники – скорые фильтры	До 1500	До 1,5	До 120	До 20	Св. 30000
3. Контактные префильтры – скорые фильтры (двухступенчатое фильтрование)	До 300	До 1,5	До 120	До 20	Любая
4. Осветлители со взвешенным осадком – скорые фильтры	Не менее 50 до 1500	До 1,5	До 120	До 20	Св. 5000
5. Две ступени отстойников – скорые фильтры	Более 1500	До 1,5	До 120	До 20	Любая

Основные сооружения	Условия применения				Производительность станций, м³/сут
	Мутность, мг/л		Цветность, градусы		
	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода	
6. Контактные осветлители	До 70	До 1,5	До 70	До 20	Любая
7. Горизонтальные отстойники и осветлители со взвешенным осадком для частичного осветления воды	До 1500	8–15	До 120	До 40	Любая
8. Крупнозернистые фильтры для частичного осветления воды	До 80	До 10	До 120	До 30	Любая
9. Радиальные отстойники для предварительного осветления высокомутных вод	Св. 1500	До 250	До 120	До 20	Любая
Обработка воды с применением коагулянтов и флокулянтов					
10. Трубчатый отстойник и напорный фильтр заводского изготовления	До 1000	До 1,5	До 120	До 20	До 800
11. Крупнозернистые фильтры для частичного осветления воды	До 150	30...50 % исходной	До 120	Такая же, как	Любая
12. Радиальные отстойники для частичного осветления воды	Более 1500	30...50 % исходной	До 120	Исходная	
13. Медленные фильтры с механической или гидравлической регенерацией песка	До 1500	1,5	До 50	До 20	Любая

Примечания: 1) одноступенчатое фильтрование как законченную технологическую схему допускается применять только при обосновании; 2) в таблице указана суммарная мутность, включая образующуюся от введения реагентов; 3) на водозаборных сооружениях или на станции водоподготовки предусматривают установку сеток с ячейками 0,5...2 мм; при среднемесечном содержании в воде планктона более 1000 кл/мл и продолжительности «цветения» более 1 мес в году в дополнение к сеткам на водозаборе предусматривают установку микрофильтров на водозаборе или на станции водоподготовки; 4) при обосновании для обработки воды допускается применять сооружения, не указанные в таблице (плавающие водозаборы-осветлители, гидроциклоны, флотационные установки и др.); осветлители со взвешенным осадком следует применять при условиях обеспечения постоянного расхода воды или постепенного изменения расхода воды в пределах не более 15 % в 1 ч и колебании температуры воды не более ± 1 °С в 1 ч; 5) для новых и реконструируемых сооружений тонкослойные модули следует предусматривать в обязательном порядке.

3.2. Системы водоотведения

Согласно [86], проектирование систем водоотведения (канализации) поселений, городских округов должно осуществляться на основании генеральных схем и проектов районной планировки и застройки поселений, городских округов и размещения промышленных предприятий, с учетом требований к очистке сточных вод, климатических условий, рельефа местности, геологических, гидрологических, экологических условий и других факторов. Определение понятия «схема водоснабжения и водоотведения» сформулировано в разд. 3.1. Здесь лишь отметим, что, согласно [46], схема водоотведения включает в себя следующие разделы:

- а) существующее положение в сфере водоотведения поселения, городского округа;
- б) балансы сточных вод в системе водоотведения;
- в) прогноз объема сточных вод;
- г) предложения по строительству, реконструкции и модернизации (техническому перевооружению) объектов централизованной системы водоотведения;
- д) экологические аспекты мероприятий по строительству и реконструкции объектов централизованной системы водоотведения;
- е) оценка потребности в капитальных вложениях в строительство, реконструкцию и модернизацию объектов централизованной системы водоотведения;
- ж) плановые значения показателей развития централизованной системы водоотведения;
- з) перечень выявленных бесхозных объектов централизованной системы водоотведения (в случае их выявления) и перечень организаций, уполномоченных на их эксплуатацию.

Раздел «Существующее положение в сфере водоотведения поселения, городского округа» содержит:

- а) описание структуры системы сбора, очистки и отведения сточных вод на территории поселения, городского округа и деление территории поселения, городского округа на эксплуатационные зоны;
- б) описание результатов технического обследования централизованной системы водоотведения, включая описание существующих канализационных очистных сооружений, в том числе оценку соответствия применяемой технологической схемы очистки сточных вод требованиям обеспечения нормативов качества очистки сточных вод, определение существующего дефицита (резерва) мощностей сооружений и описание локальных очистных сооружений, создаваемых абонентами;
- в) описание технологических зон водоотведения, зон централизованного и нецентрализованного водоотведения (территорий, на которых

водоотведение осуществляется с использованием централизованных и нецентрализованных систем водоотведения) и перечень централизованных систем водоотведения;

г) описание технической возможности утилизации осадков сточных вод на очистных сооружениях существующей централизованной системы водоотведения;

д) описание состояния и функционирования канализационных коллекторов и сетей, сооружений на них, включая оценку их износа и определение возможности обеспечения отвода и очистки сточных вод на существующих объектах централизованной системы водоотведения;

е) оценка безопасности и надежности объектов централизованной системы водоотведения и их управляемости;

ж) оценка воздействия сбросов сточных вод через централизованную систему водоотведения на окружающую среду;

з) описание территорий муниципального образования, не охваченных централизованной системой водоотведения;

и) описание существующих технических и технологических проблем системы водоотведения поселения, городского округа;

к) сведения об отнесении централизованной системы водоотведения (канализации) к централизованным системам водоотведения поселений или городских округов, включающие перечень и описание централизованных систем водоотведения (канализации), отнесенных к централизованным системам водоотведения поселений или городских округов, а также информацию об очистных сооружениях (при их наличии), на которые поступают сточные воды, отводимые через указанные централизованные системы водоотведения (канализации), о мощности очистных сооружений и применяемых на них технологиях очистки сточных вод, среднегодовом объеме принимаемых сточных вод.

Раздел «Балансы сточных вод в системе водоотведения» содержит:

а) баланс поступления сточных вод в централизованную систему водоотведения и отведения стоков по технологическим зонам водоотведения;

б) оценку фактического притока неорганизованного стока (сточных вод, поступающих по поверхности рельефа местности) по технологическим зонам водоотведения;

в) сведения об оснащенности зданий, строений, сооружений приборами учета принимаемых сточных вод и их применении при осуществлении коммерческих расчетов;

г) результаты ретроспективного анализа за последние 10 лет балансов поступления сточных вод в централизованную систему водоотведения по технологическим зонам водоотведения и по поселениям, городским округам с выделением зон дефицитов и резервов производственных мощностей;

д) прогнозные балансы поступления сточных вод в централизованную систему водоотведения и отведения стоков по технологическим зонам водоотведения на срок не менее 10 лет с учетом различных сценариев развития поселений, городских округов.

Раздел «Прогноз объема сточных вод» содержит:

а) сведения о фактическом и ожидаемом поступлении сточных вод в централизованную систему водоотведения;

б) описание структуры централизованной системы водоотведения (эксплуатационные и технологические зоны);

в) расчет требуемой мощности очистных сооружений, исходя из данных о расчетном расходе сточных вод, дефицита (резерва) мощностей по технологическим зонам водоотведения с разбивкой по годам;

г) результаты анализа гидравлических режимов и режимов работы элементов централизованной системы водоотведения;

д) анализ резервов производственных мощностей очистных сооружений системы водоотведения и возможности расширения зоны их действия.

Раздел «Предложения по строительству, реконструкции и модернизации (техническому перевооружению) объектов централизованной системы водоотведения» содержит:

а) основные направления, принципы, задачи и плановые значения показателей развития централизованной системы водоотведения;

б) перечень основных мероприятий по реализации схем водоотведения с разбивкой по годам, включая технические обоснования этих мероприятий;

в) технические обоснования основных мероприятий по реализации схем водоотведения;

г) сведения о вновь строящихся, реконструируемых и предлагаемых к выводу из эксплуатации объектах централизованной системы водоотведения;

д) сведения о развитии систем диспетчеризации, телемеханизации и об автоматизированных системах управления режимами водоотведения на объектах организаций, осуществляющих водоотведение;

е) описание вариантов маршрутов прохождения трубопроводов (трасс) по территории поселения, городского округа, расположения намечаемых площадок под строительство сооружений водоотведения и их обоснование;

ж) границы и характеристики охранных зон сетей и сооружений централизованной системы водоотведения;

з) границы планируемых зон размещения объектов централизованной системы водоотведения.

При обосновании предложений по строительству и реконструкции объектов централизованной системы водоотведения должны быть решены следующие задачи:

а) обеспечение надежности водоотведения путем организации возможности перераспределения потоков сточных вод между технологическими зонами водоотведения;

б) организация централизованного водоотведения на территориях поселений, городских округов, где оно отсутствует;

в) сокращение сбросов и организация возврата очищенных сточных вод на технические нужды.

Раздел «Экологические аспекты мероприятий по строительству и реконструкции объектов централизованной системы водоотведения» содержит:

а) сведения о мероприятиях, содержащихся в планах снижения сбросов загрязняющих веществ, программах повышения экологической эффективности, планах мероприятий по охране окружающей среды;

б) сведения о применении методов, безопасных для окружающей среды, при утилизации осадков сточных вод.

Раздел «Оценка потребности в капитальных вложениях в строительство, реконструкцию и модернизацию объектов централизованной системы водоотведения» включает в себя результаты определения потребности в капитальных вложениях в строительство и реконструкцию объектов централизованных систем водоотведения, полученные на основании укрупненных сметных нормативов для объектов непроизводственного назначения и инженерной инфраструктуры.

Раздел «Плановые значения показателей развития централизованных систем водоотведения» содержит показатели надежности, качества и энергетической эффективности объектов централизованных систем водоотведения и показатели реализации мероприятий, предусмотренных схемой водоотведения, а также значения указанных показателей с разбивкой по годам. К показателям надежности, качества и энергетической эффективности объектов централизованных систем водоотведения относятся: а) показатели надежности и бесперебойности водоотведения; б) показатели очистки сточных вод; в) показатели эффективности использования ресурсов при транспортировке сточных вод; г) иные показатели, установленные федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

Раздел «Перечень выявленных бесхозных объектов централизованной системы водоотведения (в случае их выявления) и перечень организаций, уполномоченных на их эксплуатацию» содержит перечень

выявленных бесхозных объектов централизованной системы водоотведения, в том числе канализационных сетей (в случае их выявления), а также перечень организаций, эксплуатирующих такие объекты.

В составе схемы водоотведения для поселения, городского округа с населением 150 тыс. чел. и более рекомендуется разрабатывать электронную модель централизованной системы водоотведения для объективной оценки влияния мероприятий, направленных на оптимизацию работы этих систем. Проекты схем водоотведения разрабатываются в соответствии с документами территориального планирования поселения, городского округа. При этом следует учитывать существующие и планируемые схемы водоснабжения, энергоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения.

Сооружения и трубопроводы следует проектировать на срок службы не менее 50 лет для условий нормальной эксплуатации. На проектируемых объектах необходимо обеспечивать требования к сбросу сточных вод: 1) от очистных сооружений централизованных систем водоотведения поселений или городских округов – технологических нормативов сбросов для наилучших доступных технологий (НДТ), определяемых на основе технологических показателей; 2) от иных объектов, соответствующих области применения настоящего свода правил, относящихся к областям применения наилучших доступных технологий – технологических нормативов сбросов для НДТ, определяемых на основе технологических показателей, установленных нормативными документами в области охраны окружающей среды; 3) от объектов, соответствующих области применения настоящего свода правил, но не относящихся к областям применения наилучших доступных технологий – нормативов допустимых сбросов (НДС). Применительно к очистным сооружениям централизованных систем водоотведения поселений или городских округов следует также учитывать положения информационно-технического справочника в области очистки сточных вод централизованных систем водоотведения поселений, городских округов [87].

Очистку производственных, бытовых и поверхностных сточных вод поселений, городских округов допускается производить совместно или раздельно в зависимости от характера и степени их загрязнения с учетом существующей или проектируемой схемы и системы водоотведения. Решения по совместной или раздельной очистке производственных, бытовых и поверхностных сточных вод поселений или городских округов принимают на основе затрат жизненного цикла данных систем водоотведения. Рекомендуется проектировать системы водоотведения поселений, городских округов с раздельной очисткой городских (смешанных) и поверхностных сточных вод. Проекты водоотведения объектов должны быть увязаны со

схемой их водоснабжения. При этом обязательно необходимо предусмотреть возможность использования очищенных сточных и поверхностных вод для производственного водоснабжения и орошения.

При выборе схемы водоотведения промышленных предприятий необходимо учитывать: 1) возможность сокращения объемов загрязненных сточных вод, образующихся в технологических процессах за счет внедрения безотходных и безводных производств, устройства замкнутых систем водного хозяйства, применения воздушных методов охлаждения и т. п.; 2) возможность локальной очистки потоков сточных вод с целью извлечения отдельных компонентов; 3) возможность последовательного использования воды в различных технологических процессах с различными требованиями к ее качеству; 4) условия выпуска производственных сточных вод в водные объекты или в централизованную систему водоотведения поселения, городского округа или другого водопользователя, которые определяются действующим природоохранным законодательством, а также нормативными правовыми актами в сфере водоснабжения и водоотведения, регулируемыми отношениями между организациями, осуществляющими водоснабжение и водоотведение, и их абонентами; 5) условия удаления и использования осадков и отходов, образующихся при очистке сточных вод. Объединение потоков производственных сточных вод с различными загрязняющими веществами, в отношении которых применяются меры государственного регулирования, допускается при целесообразности их совместной очистки.

Необходимо предусматривать устройства для измерения расхода сбрасываемых сточных вод от каждого предприятия, если абонент имеет существенно разомкнутый водный баланс как минимум в следующих случаях [46]: 1) если абонент не подключен к централизованной системе водоснабжения либо имеет (или может иметь) водоснабжение из нескольких источников; 2) если в ходе производственного процесса добавляется либо изымается свыше 5 % расхода воды, потребляемого из водопровода.

Запрещается производить сброс в централизованные системы водоотведения веществ, материалов, отходов и сточных вод, запрещенных к сбросу в централизованные системы водоотведения. Значения показателей общих свойств сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах не должны превышать максимальные допустимые значения нормативных показателей общих свойств сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, установленные в целях предотвращения негативного воздействия на работу централизованных систем водоотведения. Отведение (прием) поверхностных сточных вод в централизованную систему водоотведения поселения или городского округа разрешается при наличии технической возможности для приема,

транспортирования и очистки таких сточных вод. Отведение (прием) бытовых сточных вод и жидких отходов в централизованные системы водоотведения поверхностного стока запрещается.

Производственные сточные воды, подлежащие совместному отведению и очистке с бытовыми сточными водами поселения или городского округа, должны отвечать действующим требованиям к составу и свойствам сточных вод, принимаемых в систему водоотведения поселения или городского округа. Производственные сточные воды, не отвечающие указанным требованиям, должны подвергаться предварительной очистке. Запрещается предусматривать сброс в водные объекты (включая подземные) неочищенных до установленных нормативов поверхностных сточных вод, организованно отводимых с территории предприятий, в том числе централизованными системами водоотведения поселений и городских округов.

На очистные сооружения должна отводиться наиболее загрязненная часть поверхностных сточных вод, которая образуется в периоды выпадения дождей, таяния снега и от мойки дорожных покрытий, в количестве не менее 70 % среднегодового объема поверхностных сточных вод 1-го типа и всего среднегодового объема поверхностных сточных вод 2-го типа. Поверхностные сточные воды с территорий промышленных зон, строительных площадок, складских и логистических терминалов, транспортных автомагистралей и автохозяйств, а также особо загрязненных участков, расположенных на территориях поселений и городских округов (бензозаправочные станции, автомобильные стоянки, автобусные станции, торгово-развлекательные центры), а также с территории объектов, расположенных в границах водоохранных зон, перед сбросом в централизованные системы водоотведения поселений, городских округов должны подвергаться очистке на локальных очистных сооружениях.

Выбор схемы отведения и очистки поверхностного стока, а также конструкции очистных сооружений, определяется исходными качественными и количественными характеристиками вод, условиями отведения и осуществляется на основании оценки технической возможности реализации того или иного варианта и сравнения технико-экономических показателей с учетом стоимости жизненного цикла оборудования и срока службы сооружений. При проектировании сооружений поверхностного стока поселений и городских округов и промышленных площадок необходимо рассматривать вариант использования очищенных сточных вод для производственного водоснабжения, обводнения или орошения.

При проектировании сетей и сооружений водоотведения должны быть предусмотрены прогрессивные технические решения, механизация трудоемких работ, автоматизация технологических процессов, индустри-

ализация строительно-монтажных работ за счет применения сооружений, конструкций и изделий заводского изготовления и т. п. Транспортирование сточных вод может осуществляться самотечным (гравитационным) или принудительным (напорным или вакуумным) способом за счет создания избыточного давления (напора или разряжения – вакуума), обеспечивающим движение сточной жидкости с расчетными скоростями.

Надежность системы водоотведения характеризуется сохранением расчетной пропускной способности и степени очистки сточных вод при изменении в расчетных диапазонах расходов сточных вод и состава загрязняющих веществ, условий сброса их в водные объекты, а также в случае возможных аварий на коммуникациях, оборудовании и сооружениях, производства плановых ремонтных работ, ситуаций, связанных с особыми природными условиями (сейсмичность, карстовые явления, просадочность грунтов, многолетнемерзлые грунты и др.). Для обеспечения надежности системы водоотведения следует: 1) резервировать элементы системы; 2) поддерживать работоспособность системы за счет проведения планово-профилактических и текущих ремонтов; 3) осуществлять управление процессами, протекающими в системе.

Для бесперебойного действия системы водоотведения требуется предусматривать обеспечение следующих условий: 1) обеспечение надежности электроснабжения объектов водоотведения (два независимых источника, резервная автономная электростанция, аккумуляторные батареи и т. п.); 2) дублирование коммуникаций, устройство обводных линий и перепусков, переключения на параллельных трубопроводах и т. п.; 3) устройство аварийных (буферных) емкостей с последующей откачкой жидкости из них в нормальном режиме; 4) секционирование сооружений с выделением параллельно работающих линий; 5) резервирование рабочего оборудования одного назначения; 6) определение пределов допустимых снижений пропускной способности системы и/или эффективности очистки сточных вод в аварийных ситуациях; 7) обеспечение необходимого запаса мощности, пропускной способности, вместимости, прочности и т. п. оборудования и сооружений (определяется технико-экономическими расчетами).

Использование восстановленных стальных труб и других, бывших в употреблении видов металлоконструкций (профилей, балок, листов, полос, свай, шпунтов и др.) не допускается предусматривать в проектной и рабочей документации на строительство, реконструкцию и капитальный ремонт зданий и сооружений повышенного и нормального уровня ответственности. При реконструкции существующих очистных сооружений и насосных станций расчетные расходы, включая максимальные суточные и

максимальные часовые значения, рекомендуется устанавливать по данным ежесуточных инструментальных измерений, осуществляемых в ходе эксплуатации за период не менее трех лет, при их наличии (в том числе записей почасовых притоков, включая дни с сильными ливнями и (или) снеготаянием). В отсутствие данных или при их небольшом объеме, или при обоснованных сомнениях в их достоверности и (или) точности следует, при наличии технической возможности, определять расходы инструментальным путем в ходе инженерных изысканий.

**3.2.1. Сооружения очистки смешанных (городских) сточных вод и близких к ним по составу производственных сточных вод.
Общие положения**

Содержание загрязняющих веществ, микробиологических загрязнений в очищенных сточных водах, сбрасываемых в водные объекты, а также их общие свойства должны соответствовать требованиям действующего законодательства в области охраны окружающей среды, а в повторно используемых сточных водах – санитарно-гигиеническим и технологическим требованиям потребителя.

При проектировании очистных сооружений городских сточных вод от технологических зон водоотведения централизованной бытовой и общесплавной систем водоотведения поселения, городского округа, степень очистки должна обеспечивать соблюдение: 1) для объектов I категории, а также объектов II категории, переходящих на технологическое нормирование, – технологических показателей НДТ, установленных для технологически нормируемых веществ для городских (смешанных) сточных вод с учетом мощности очистных сооружений и категории водного объекта; 2) для объектов II категории, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, не переходящих на технологическое нормирование, – нормативы допустимого сброса (НДС).

Исходные данные для проектирования развития и реконструкции существующих очистных сооружений следует принимать на основании верифицированных результатов контроля расхода и свойств поступающих сточных вод за период не менее 3 лет, с учетом данных схем водоотведения поселений или городских округов на расчетную перспективу и фактических ретроспективных данных по динамике удельного водоотведения и численности населения поселения за период не менее 10 лет. При отсутствии применимых данных по качественному составу и/или расходам поступающих сточных вод, следует осуществлять расчетное определение притоков и качественного состава поступающих сточных вод через данные о водопотреблении и численности жителей, о сбросах абонентов и др.

Для расчетов сооружений необходимо использовать релевантные значения исходных данных, набор которых определяется в зависимости от используемых методик расчета, а также от применяемых нормативных требований, в том числе формата применения нормативов. При расчете очистных сооружений на обеспечение выполнения технологических нормативов, утвержденных как среднегодовых, следует использовать в качестве расчетной концентрации загрязняющих веществ на сбросе величину, среднюю за сутки с притоком 85-го перцентиля. При этом концентрации в точечных (разовых) и составных (среднесуточных) пробах при любых расчетных величинах притока на очистные сооружения не должны превышать результат умножения значений технологических показателей НДТ для данных очистных сооружений на соответствующие значения повышающих коэффициентов к среднегодовым значениям технологических показателей НДТ для очистных сооружений смешанных (городских) сточных вод, учитывающих различные факторы неравномерности [87].

В качестве базовых исходных данных для получения расчетных концентраций следует использовать величины массовых нагрузок по загрязняющим веществам (кг/сут, т/сут), определяемые как результат умножения расхода сточных вод в конкретные сутки на концентрацию данного загрязняющего вещества в эти сутки. Расчетные массовые нагрузки следует принимать на уровне значений, соответствующих определенной величине перцентиля в зависимости от объема исходных данных. Расчетные концентрации загрязняющих веществ, мг/л, рекомендуется получать как отношение расчетной массовой нагрузки, кг/сут, к притоку на очистные сооружения 85-го перцентиля.

При расчете очистных сооружений следует предусматривать достижение нормативного качества очищенных сточных вод в диапазоне концентраций загрязняющих веществ от 15-го перцентиля (минимальное значение из расчетного диапазона) до 85-го перцентиля – максимальное значение концентраций из расчетного диапазона. В зависимости от конкретной ситуации и при обосновании, значения указанных перцентилей могут быть изменены. Полученные путем обработки фактических данных, расчетов и т. п. действий исходные данные должны быть отражены в задании на проектирование.

При определении исходных данных для проектирования очистных сооружений учитывают расходы и массовые нагрузки по загрязняющим веществам, содержащимся в возвратных потоках от сооружений обработки осадков сточных вод, от промывных вод сооружений глубокой очистки, дренажей и т. п., с учетом мест их подачи в очистные сооруже-

ния. Рекомендуется принимать меры по недопущению превышения в возвратных потоках следующих предельных значений: по взвешенным веществам – 10 % входной нагрузки на очистные сооружения от централизованных систем водоотведения поселений, по фосфору фосфатов – 20 %, по аммонийному азоту – 15 %.

Допускается при обосновании осуществлять прием в систему водоотведения осадков, образующихся на станциях водоподготовки (осадки отстойников и оборотных систем промывной воды фильтров). Прием промывных сточных вод фильтров, образующихся на станциях водоподготовки, должен быть исключен в связи со значительной гидравлической перегрузкой системы водоотведения в целом.

Сброс осадков следует предусматривать максимально равномерным в течение суток. Их количество должно учитываться при определении нагрузки на очистные сооружения, образовании биорезистентной части осадка первичных отстойников (при расчете процессов сбраживания) и расчете прироста ила. Следует учитывать связывание остаточным коагулянтном части фосфатов в нерастворимые соединения. В отсутствие фактических данных допускается принимать 20%-е снижение концентрации фосфора фосфатов в поступающей воде относительно ситуации до начала сброса водопроводного осадка.

Технологические схемы очистных сооружений разрабатывают как для целостных процессов с учетом взаимовлияния стадий очистки сточных вод и обработки осадка. Выбор технологических схем очистки сточных вод осуществляют с учетом качественного и количественного состава поступающих сточных вод и требований к очищенным водам. При сбросе в водные объекты обязательными стадиями очистки городских сточных вод и близких к ним по составу производственных сточных вод при любой мощности очистных сооружений и условиях сброса являются: удаление грубых механических примесей, биологическая очистка, обеззараживание, обезвоживание образующихся осадков. Применение других стадий очистки сточных вод и обработки осадка обусловлено целями, задачами и местными условиями в конкретной ситуации.

Методы предварительной очистки производственных сточных вод перед их отведением должны определяться в соответствии с составом и свойствами сточных вод, требованиями к приему с учетом местных факторов (схемы водоотведения предприятия, условий размещения на промышленной площадке и т. п.).

При очистке хозяйственно-бытовых сточных вод, образующихся на объектах с временным пребыванием персонала и сезонным формированием сточных вод (не более 100 календарных дней в году), осуществляют

мой на сверхмалых очистных сооружениях централизованных систем водоотведения поселений, городских округов, при сбросе в водный объект допускается применение методов физико-химической очистки с последующей доочисткой фильтрацией до технологических показателей. Точки сброса очищенных сточных вод следует размещать ниже по течению водотока относительно расположения водозаборов.

Компоновка зданий и сооружений на площадке должна обеспечивать: 1) рациональное использование территории с учетом перспективного расширения сооружений и возможность строительства по очередям; 2) оптимальное блокирование сооружений и зданий различного назначения и минимальную протяженность внутриплощадочных коммуникаций; 3) оптимальное использование уклона местности (планировки территории) для самотечного прохождения основного потока сточных вод через сооружения с учетом всех потерь напора. При обосновании допускается применение сооружений подкачки сточных вод.

При проектировании сооружений очистки сточных вод следует предусматривать: 1) устройства для равномерного распределения сточных вод и осадка между отдельными элементами сооружений, а также для отключения сооружений, каналов и трубопроводов при выводе в ремонт без нарушения режима работы комплекса, для опорожнения и промывки сооружений и коммуникаций; 2) устройства для измерения расходов сточных вод, осадка, воздуха и биогаза; 3) экономически целесообразное использование вторичных энергоресурсов (биогаза, тепла сжатого воздуха и сточных вод) для нужд станции очистки; 4) оборудование для непрерывного контроля качества поступающих и очищенных сточных вод или лабораторное оборудование для периодического контроля. На очистных сооружениях, отнесенных к I категории природопользователей, следует предусматривать системы автоматического контроля сбросов загрязняющих веществ и технические средства фиксации и передачи информации о показателях в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду; 5) оптимальную степень автоматизации работы, с учетом технико-экономического обоснования, наличия квалифицированного персонала и др.

При проектировании очистных сооружений необходимо предусматривать мероприятия по недопущению выбросов загрязняющих веществ, приводящих к превышениям ПДК, предотвращению вторичного загрязнения почвы, поверхностных и подземных вод в результате деятельности по очистке сточных вод и обработки осадка.

Каналы станции очистки сточных вод и лотки сооружений рассчитывают (а при реконструкции существующих сооружений – проверяют) на пропуск максимального секундного расхода (среднего за максимальный

расчетный час) с коэффициентом 1,4 (за исключением ситуаций с наличием выше по течению сооружений значительной площади, способных за счет увеличения рабочего уровня служить буфером внутричасовых колебаний притока сточных вод).

Расчет сооружений для очистки производственных сточных вод и обработки их осадков выполняют на основании данных научно-исследовательских и инжиниринговых организаций, опыта эксплуатации действующих аналогичных сооружений с учетом действующих правил и норм проектирования.

3.2.2. Механическая очистка сточных вод

Согласно [87], в составе станций очистки сточных вод предусматривается оборудование для задержания грубодисперсных примесей. Прозоры решеток (размеры отверстий сит) при использовании в качестве одной ступени должны быть не более 16 мм (рекомендуется использовать решетки с прозорами не более 10 мм). Рекомендуемый прозор решеток при отсутствии в технологической схеме стадии первичного осветления – 5...6 мм. Допускается применение решеток (сит) с меньшими прозорами, процеживателей, измельчителей, двухступенчатых схем процеживания (грубые и тонкие решетки) и т. п. Использование измельчителей на потоке сточных вод допускается исключительно по обоснованию. При использовании мембранных технологий (МБР) необходима дополнительная ступень решеток с прозорами 1...3 мм, в зависимости от типа применяемых мембран.

При реконструкции, если замена решеток не предусматривается, количество отбросов из сточных вод, задерживаемых решетками, следует принимать по фактическим данным, с учетом перспективной численности обслуживаемого населения. Для новых сооружений, а также при замене решеток допускается принимать количество отбросов (до промывки и прессования) в зависимости от ширины прозоров, мм, с учетом содержания грубодисперсных примесей в сточных водах.

Плотность отбросов, снимаемых с решеток с прозорами 10 мм, до обезвоживания допускается принимать равной 750 кг/м^3 , их влажность – 80 %, после обезвоживания влажность – 60 %, плотность – 700 кг/м^3 . Плотность отбросов, снимаемых с решеток с прозорами от 3 до 10 мм, до обезвоживания допускается принимать равной 870 кг/м^3 , их влажность – 90 %, после обезвоживания плотность – 750 кг/м^3 , влажность – 60 %.

Для транспортирования отбросов вдоль фронта решеток используют шнековые или ленточные транспортеры. На очистных сооружениях, начиная с больших, следует предусматривать отмывку отбросов с реше-

ток технической водой с последующим их прессованием. При накоплении отходов свыше 2 суток необходима их пересыпка обеззараживающим реагентом в контейнере по мере накопления. Накопление отходов свыше 5 суток запрещается.

Задержанные отходы следует: 1) вывозить в места обработки (захоронения) твердых коммунальных и промышленных отходов; 2) обезвреживать и направлять для совместной термической обработки с осадками сточных вод (по обоснованию) и (или) ТКО; 3) компостировать совместно с осадками сточных вод.

В здании решеток следует исключать возможность поступления холодного воздуха через подводящие и отводящие каналы. Пол здания решеток следует располагать выше расчетного уровня сточной воды в каналах не менее чем на 0,5 м. До и после каждой решетки (процеживателя, измельчителя) необходимо предусматривать запорные устройства для их отключения.

При самотечном поступлении сточных вод на очистные сооружения без использования главной насосной станции (либо если более половины сточных вод поступает таким путем) рекомендуется при наличии возможности предусматривать на канале между приемной камерой и решетками предварительную песколовку для задержания песка, выносимого из подводящего коллектора при сильных ливнях, с периодическим извлечением его строительной техникой или иными устройствами. Объем углубления на канале допускается принимать из расчета количества песка, улавливаемого в песколовках за двое суток. Предварительную песколовку допускается выполнять в виде углубления на канале, с защитой бетона в зоне углубления металлическими листами. При обосновании аналогичные решения допускаются и при напорной подаче сточных вод на очистные сооружения.

3.2.3. Биологическая очистка сточных вод

Сооружения аэробной биологической очистки (незатопленные и затопленные биофильтры, аэротенки, циклические реакторы (реакторы периодического действия), биореакторы других типов, биологические пруды, искусственные болотные экосистемы) следует применять как основные для очистки городских сточных вод от органических загрязнений и соединений азота и фосфора. При обосновании для производственных сточных вод и их смесей с бытовыми сточными водами допускается использование двух- и более ступеней биологической очистки. Для производственных сточных вод, высококонцентрированных по органическим

загрязняющим веществам (БПК₅ свыше 1000...1500 мг/л), а также содержащих высокие концентрации сульфатов, допускается использовать на первой ступени сооружения анаэробной биологической очистки.

Для эффективной реализации процессов биологической очистки сточных вод необходимо обеспечивать содержание биогенных элементов: не менее 5 мг/л азота аммонийного и 1 мг/л фосфора фосфатов на каждые 100 мг/л БПК₅. При меньшем содержании биогенных элементов их следует добавлять из внешних источников. Удаление азота предусматривают в основном процессе биологической очистки с помощью биологической нитри- и денитрификации. Удалять фосфор следует с помощью биологического подпроцесса в основном процессе биологической очистки, включающем в себя нитри- и денитрификацию, химическое воздействие (с помощью осаждающих реагентов) или комбинацию этих методов (биолого-реагентное удаление).

Реагенты для химического удаления фосфора допускается дозировать [87]: 1) перед сооружениями для осветления (только в схемах с химическим удалением фосфора и при соблюдении условия содержания достаточного количества органических веществ для денитрификации); 2) в аэробных зонах сооружений (или в аэробной части цикла процесса очистки); 3) перед илоразделителями или в возвратный ил; 4) в биологически очищенной воде перед фильтрами доочистки от взвешенных веществ или иными сооружениями доочистки. При добавлении реагентов не в аэрируемые зоны необходимо предусматривать мероприятия по их смешению с жидкостью. Запрещается использовать в качестве реагентов для осаждения фосфора на сооружениях биологической очистки сточных вод отходы переменного состава, а также содержащие тяжелые металлы в концентрациях, превышающих требования к содержанию этих элементов в коагулянтах для питьевого водоснабжения более чем в пять раз.

Возможность и целесообразность удаления фосфора с использованием биологического или биолого-химического методов должны быть подтверждены расчетами, исходя из соблюдения показателей качества сточных вод и эксплуатационных возможностей очистных сооружений. Следует рассматривать применение биологического или биолого-химического удаления фосфора для очистных сооружений, начиная с больших. При применении биологического удаления азота и фосфора необходимо обеспечивать максимальную эффективность использования органических загрязнений сточной воды как субстрата для процессов денитрификации и дефосфотации. При использовании в технологической схеме стадии осветления сточной воды ее эффективность должна регулироваться исходя из обеспечения оптимального поступления органиче-

ских загрязнений на стадию биологической очистки (с учетом энергоэффективности сооружений в целом). Расчет процессов удаления фосфора проводят на основе содержания общего фосфора в поступающей (осветленной) сточной воде. Концентрация активного вещества реагентов определяется как произведение стехиометрического мольного соотношения железо/фосфор и алюминий/фосфор и значения β -фактора, учитывающего точку ввода реагентов.

Температура поступающих на биологическую очистку сточных вод в сооружениях аэробной биологической очистки, реализующих технологии только аэробного окисления органических соединений, должна быть не ниже 10 °С и не выше 39 °С, при реализации в аэротенках/биореакторах процессов окисления органических соединений, нитрификации, денитрификации и удаления фосфора должна быть не ниже 12 °С и не выше 39 °С. При необходимости следует предусматривать корректировку температуры (подогрев, охлаждение) или применять другие методы очистки.

Для обеспечения процессов биологической денитрификации при неблагоприятном соотношении в сточных водах БПК к общему азоту следует предусматривать добавление органических реагентов или материалов и нетоксичных отходов (5-го класса опасности): любых хорошо биоразлагаемых растворенных (или растворимых) органических веществ, как реагентов (уксусная кислота, технический этиловый спирт и др.), так и отходов (молочная и сырная сыворотка и др.) или продуктов (патока и др.). Расчет количества добавляемых органических веществ допускается проводить исходя из удельной потребности 5 кг ХПК/кг азота, подлежащего денитрификации, но не обеспеченного органическим субстратом, либо 3,5...4,0 кг БПК₅/кг азота. Для улучшения биологического удаления фосфора допускается добавление в анаэробную зону технических летучих жирных (муравьиной и уксусной) кислот.

3.2.4. Обеззараживание сточных вод

Очищенные городские сточные воды, сбрасываемые в водные объекты или используемые для технических целей, должны подвергаться обеззараживанию после биологической очистки (либо физико-химической очистки, если биологическая очистка не может быть использована).

Обеззараживание выполняют ультрафиолетовым излучением. В ряде случаев допускается обеззараживание хлором или другими хлорсодержащими реагентами (хлорной известью, гипохлоритом натрия, получаемым в виде продукта с химических предприятий, электролизом растворов солей или минерализованных вод, прямым электролизом сточных вод и др.) при обеспечении обязательного дехлорирования обеззаражен-

ных сточных вод до содержания остаточного хлора 0,2 мг/дм для очистных сооружений категории до крупных включительно (т. е. мощностью до 200 000 м³/сут) и 0,1 мг/дм³ для крупнейших очистных сооружений (т. е. мощностью до 600 000 м³/сут). Обеззараживание хлором и хлор-реактантами без дехлорирования (при содержании остаточного хлора не более 2,0 мг/дм³ для любой пробы) допускается на вновь создаваемых очистных сооружениях категории до малых включительно, при реконструкции – до небольших включительно. Доза ультрафиолетового облучения должна быть не менее 30 мДж/см². Необходимо предусматривать резервное ультрафиолетовое оборудование корпусного типа в количестве не менее одной установки. Резервирование открытых ультрафиолетовых систем лоткового типа в зависимости от их конфигурации допускается предусматривать одним каналом или одной секцией в каждом канале, или одним модулем. Для использования очищенной воды в качестве технической (восстановленной) воды может потребоваться повышенная доза. УФ-обеззараживание технической воды для открытых систем требуется выполнять непосредственно при подаче ее в систему из резервуара технической воды, а не перед резервуаром.

Расчетную дозу активного хлора следует принимать с учетом хлоропоглощаемости сточных вод при обеспечении содержания остаточного хлора в очищенной воде после контакта не менее 1,5 мг/л. Хлорное хозяйство станций очистки сточных вод должно обеспечивать возможность увеличения расчетной дозы хлора до 1,5 раз без изменения вместимости склада. Для смешения сточной воды с хлорсодержащими реагентами допускается применять смесители любого типа. Продолжительность контакта хлора с водой в отводящей системе (резервуарах, лотках, каналах и трубопроводах) до выпуска в водный объект следует принимать равной 30 мин.

3.2.5. Малые и сверхмалые сооружения очистки сточных вод

Для очистки сточных вод централизованных систем водоотведения поселений, городских округов на сверхмалых и малых очистных сооружениях, а также сточных вод отдельно стоящих предприятий, вахтовых поселков, оздоровительно-рекреационных и гостиничных организаций, воинских частей, фермерских хозяйств и т. п. допускается применение комплектных установок биологической или физико-химической очистки заводского изготовления.

Не допускается применение очистных сооружений производительностью свыше 1000 м³/сут с подземным исполнением основных технологических емкостей заводского изготовления, а также комплектных очистных сооружений с числом технологических линий (секций сооружений на каждой из стадий) заводской готовности свыше семи.

Допускается применение естественных методов очистки или доочистки сточных вод (полей орошения, полей подземной фильтрации, фильтрующих колодцев и траншей, биологических прудов и т. п.) от объектов, при соответствующем обосновании: благоприятных грунтовых условиях, низком уровне стояния грунтовых вод, надежности защиты подземных вод и водоисточников от загрязняющих веществ, удовлетворительных климатических условиях. Допускается использование сооружения фильтрации открытого или подземного типа для приема очищенных сточных вод. Их следует устраивать в грунтах, обладающих повышенными показателями водопроницаемости, например в пористых, песчаных, супесчаных или имеющих взаимосвязанную структуру трещин (из мела, мергеля и т. д.).

Поля фильтрации открытого типа могут применяться в виде карт и прудов с донным фильтром глубиной 0,5 м из песчано-гравийной смеси или других материалов с коэффициентом фильтрации более 5 м/сут. Нагрузки могут быть приняты, в зависимости от подстилающих грунтов, равными, м³/(га·сут): для песка 70...125, супеси 50...100, суглинка 40...70. Сооружения фильтрации подземного типа допускается применять следующих типов: площадные, траншейные поля фильтрации, фильтрующие колодцы, фильтрующие скважины (вертикальные и горизонтальные лучевые).

Очищенную сточную воду на поля фильтрации подают по перфорированным трубам, укладываемым на слой щебня (гравия) толщиной 0,5 м – при использовании площадных полей – и на слой щебня (гравия) или крупнозернистого песка толщиной 0,3...0,5 м – при использовании траншейных полей. Ширина траншеи по низу должна составлять не менее 0,5 м. Площадные поля фильтрации следует применять на песчаных и супесчаных грунтах, а траншейные – на этих же грунтах, а также на суглинистых с расходами вод – в песках 16...30, в супесях 8...16, в суглинках 4...8 л/сут на 1 пог. м трубы.

Фильтрующие колодцы допускается применять в песчаных и супесчаных грунтах. Колодцы сооружают из железобетонных колец, усиленного кирпича или бутового камня. В нижней части колодца следует предусматривать донный фильтр глубиной 1,0 м из щебня, гравия или других материалов с коэффициентом фильтрации более 10 м/сут. Обсыпка колодца проводится тем же материалом. Размеры колодца не должны превышать следующие параметры: диаметр – 2 м, глубина – 2,5 м. Расход вод на 1 м² фильтрующей поверхности следует принимать: до 80 л/сут – в песках, 40 л/сут – в супесях.

Фильтрующие скважины (вертикальные и горизонтальные лучевые) допускается применять в песчаных грунтах с коэффициентом фильтрации не менее 10 м/сут, при создании избыточного напора. В вертикальных

скважинах следует предусматривать фильтрующую обсыпку из щебня или гравия (диаметром частиц 2...5 мм) мощностью, равной мощности водоприемного горизонта. Горизонтальные скважины используются без обсыпки с укладкой фильтрующих труб непосредственно в принимающий пласт.

Для предварительной механической очистки в автономных системах, обслуживающих не более 100 чел., в качестве сооружения для глубокого осветления сточных вод и анаэробной стабилизации осадка допускается принимать септики. Расчетный объем септика следует принимать: при обслуживании до 25 чел. – не менее 3-кратного суточного притока, при обслуживании свыше 25 чел. – не менее 2,5-кратного. Обработанную в септиках сточную воду следует подвергать дальнейшей очистке с помощью естественных методов.

Для очистки сточных вод от органических веществ, азота и фосфора в климатических подрайонах IV, ШБ, ШВ, ПБ, ПВ на очистных сооружениях до малых включительно допускается применение фитоочистных систем (ФОС), осуществляющих очистку в корневищной системе высшей водной растительности (камыш, рогоз, тростник), развивающейся в дренажном слое инертного материала, с предварительным удалением грубодисперсных примесей на решетках с прозорами не более 10 мм и осветлением в первичных отстойниках или септиках. Для предотвращения промерзания инертного материала в зимний период требуется устройство теплоизоляционного слоя.

Контрольные вопросы и задания

1. Что входит в состав системы водоснабжения?
2. Как нормируются объемы водоснабжения?
3. Какие категории централизованных систем водоснабжения по степени обеспеченности подачи воды вы знаете?
4. Какие разделы включает схема водоотведения?
5. Перечислите и кратко охарактеризуйте методы очистки сточных вод.

Упражнения

Упражнение П.3.1. Определение среднегодовых объемов поверхностных сточных вод

Согласно [87], среднегодовой объем поверхностных сточных вод W_r , образующихся на селитебных территориях и площадках предприятий в период выпадения дождей, таяния снега и мойки дорожных покрытий, определяется по формуле

$$W_r = W_d + W_t + W_m, \quad (\text{П.3.1.1})$$

где W_d , W_t , W_m – среднегодовой объем дождевых, талых и поливомоечных вод соответственно, м³. Среднегодовой объем дождевых W_d и талых W_t вод, стекающих с селитебных территорий и промышленных площадок, определяется по формулам:

$$W_d = 10 \cdot h_d \cdot \psi_d \cdot F, \quad (\text{П.3.1.2})$$

$$W_t = 10 \cdot h_t \cdot \psi_t \cdot K_y \cdot F, \quad (\text{П.3.1.3})$$

где h_d – слой осадков, мм, за теплый период года, определяется согласно [76]; ψ_d и ψ_t – общий коэффициент стока дождевых и талых вод соответственно; F – площадь стока коллектора, га; h_t – слой осадков, мм, за холодный период года (соответствует общему годовому количеству талых вод) или запас воды в снежном покрове к началу снеготаяния, оценивается согласно [76]; K_y – коэффициент, учитывающий уборку снега, следует принимать 0,5–0,8 или рассчитать по формуле

$$K_y = 1 - \frac{F_y}{F}, \quad (\text{П.3.1.4})$$

где F_y – площадь, очищаемая от снега, включая площадь кровель, оборудованных внутренними водостоками.

При определении среднегодового количества дождевых вод W_d общий коэффициент стока ψ_d для общей площади стока F рассчитывается как средневзвешенное значение из частных значений для площадей стока с разным видом поверхности согласно табл. П.3.1.1.

Таблица П.3.1.1

Значения коэффициента стока ψ_d для разного вида поверхностей

Вид поверхности или площади стока	Общий коэффициент стока ψ_d
Кровли и асфальтобетонные покрытия	0,6...0,7
Булыжные или щебеночные мостовые	0,4...0,5
Кварталы без дорожных покрытий, небольшие скверы, бульвары	0,2...0,3
Газоны	0,1
Кварталы с современной застройкой	0,4...0,5
Средние городские округа	0,4...0,5
Небольшие городские округа и поселения	0,3...0,4

При определении среднегодового объема дождевых вод W_d , стекающих с территорий промышленных предприятий и производств, значение общего коэффициента стока ψ_d находится как средневзвешенное значение для всей площади стока с учетом средних значений коэффициентов стока для разного вида поверхностей, которые равны: 0,6...0,8 – для водонепроницаемых покрытий; 0,2 – для грунтовых поверхностей; 0,1 – для газонов.

При определении среднегодового объема талых вод общий коэффициент стока ψ_t с учетом уборки снега и потерь воды за счет частичного впитывания водопроницаемыми поверхностями в период оттепелей допускается принимать в пределах 0,5...0,7.

Общий годовой объем поливомоечных вод W_m , м³, стекающих с площади стока, определяется по формуле

$$W_m = 10 \cdot m \cdot k \cdot \psi_m \cdot F_m, \quad (\text{П.3.1.5})$$

где m – удельный расход воды на мойку дорожных покрытий (принимается 0,5 на ручную и 1,2...1,5 л/м² на одну механизированную мойку); k – среднее число моек в году (для средней полосы Российской Федерации составляет 100...150); ψ_m – коэффициент стока для поливомоечных вод (принимается равным 0,5); F_m – площадь твердых покрытий, подвергающихся мойке, га.

Цель: закрепить полученные знания; научиться определять среднегодовые объемы поверхностных сточных вод для оценки параметров очистных сооружений.

Исходные данные:

- 1) варианты расчёта (табл. П.3.1.2);
- 2) данные о климатических условиях [76];
- 3) нормативные документы по расчету водоотведения (в обязательном порядке – [87]).

Таблица П.3.1.2

Варианты заданий

Вариант	Пункт / метеостанция в [76]	F_y / F	F_m / F	ψ_d	ψ_t
1	Томск	0,3	0,3	0,6	0,7
2	Томск	0,4	0,4	0,7	0,6
3	Томск	0,5	0,3	0,5	0,5
4	Томск	0,4	0,3	0,5	0,6
5	Барнаул	0,3	0,3	0,6	0,7
6	Барнаул	0,5	0,3	0,7	0,6
7	Барнаул	0,5	0,3	0,6	0,5

Вариант	Пункт / метеостанция в [76]	F_y / F	F_m / F	ψ_d	ψ_t
8	Барнаул	0,4	0,3	0,7	0,6
9	Ханты-Мансийск	0,5	0,3	0,5	0,5
10	Ханты-Мансийск	0,4	0,3	0,5	0,6
11	Ханты-Мансийск	0,3	0,4	0,6	0,7
12	Ханты-Мансийск	0,5	0,3	0,7	0,6
13	Ханты-Мансийск	0,5	0,5	0,5	0,6
14	Красноярск	0,5	0,3	0,6	0,5
15	Красноярск	0,4	0,4	0,6	0,6
16	Красноярск	0,5	0,3	0,5	0,3
17	Красноярск	0,3	0,3	0,6	0,7

Задание: согласно выбранному варианту определить среднегодовой объем поверхностных сточных вод W_p .

Ход выполнения упражнения:

- 1) изучить раздел 3.2 рассматриваемого пособия и [87];
- 2) определить h_d и h_t по данным [76];
- 3) провести расчеты по методике, изложенной в теоретической части упражнения;
- 4) сформулировать выводы, указав принятые значения атмосферных осадков;
- 5) составить список используемой при выполнении работы литературы (не менее 3–4 наименований, включая действующие нормативные документы).
- 6) оформить работу.

Упражнение П.3.2. Определение расчетных объемов поверхностных (дождевых) сточных вод при отведении на очистку

Согласно [87], поверхностные сточные воды 1-го типа – это поверхностные сточные воды, образующиеся на территориях жилых и общественно-деловых зон всех видов, и близкие к ним по составу и степени загрязнения производственные сточные воды, а поверхностные сточные воды 2-го типа – поверхностные сточные воды, образующиеся на территориях производственных зон и зон транспортной инфраструктуры, которые могут быть загрязнены специфическими загрязняющими веществами с токсичными свойствами или органическими веществами, обуславливающими высокие значения показателей ХПК, а также нефтепродуктами, СПАВ, тяжелыми металлами, аммонийным азотом, фосфором фосфатов. Поверхностные сточные воды 1-го типа, образующиеся на территориях производственных

зон, а также все поверхностные воды 2-го типа, принимаемые в централизованные системы водоотведения поселений, городских округов (общесплавные, ливневые, комбинированные), должны соответствовать нормативным показателям общих свойств и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, установленным в целях предотвращения негативного воздействия на работу централизованных систем водоотведения. Указанные поверхностные сточные воды, не соответствующие существующим требованиям, должны подвергаться предварительной локальной очистке от загрязняющих веществ.

При отсутствии в централизованной ливневой системе водоотведения поселения, городского округа очистных сооружений перед сбросом в водный объект поверхностные сточные воды 1-го типа, образующиеся на территориях производственных зон, все поверхностные воды 2-го типа, а также отводимые совместно с ними производственные сточные воды перед отведением в данную систему должны подвергаться обязательной предварительной очистке до нормативов, предъявляемых на сбросе в водный объект по всему перечню загрязняющих веществ, нормируемых для данной централизованной ливневой системы водоотведения.

Объем дождевого стока от расчетного дождя $W_{\text{оч}}$, м³, который полностью отводится на очистные сооружения, определяют по формуле

$$W_{\text{оч}} = 10 \cdot h_a \cdot \psi_{\text{mid}} \cdot F, \quad (\text{П.3.2.1})$$

где 10 – переводной коэффициент; h_a – максимальный суточный слой осадков за дождь, сток от которого подвергается очистке в полном объеме, мм; ψ_{mid} – средний коэффициент стока для расчетного дождя (определяется как средневзвешенное значение в зависимости от постоянных значений коэффициента стока ψ_i для разного вида поверхностей по табл. П.3.2.1); F – площадь стока, га.

Таблица П.3.2.1

Значения постоянного коэффициента стока ψ_i для различных видов поверхности стока

Вид поверхности стока	Постоянный коэффициент стока ψ_i
Водонепроницаемые поверхности (кровли и асфальтобетонные покрытия)	0,95
Брусчатые мостовые и щебеночные покрытия	0,60
Булыжные мостовые	0,45
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими материалами	0,40
Гравийные садово-парковые дорожки	0,30
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,20
Газоны	0,10

Для поверхностных сточных вод 1-го типа значение h_a , мм, принимается равным суточному слою осадков от малоинтенсивных часто повторяющихся дождей с периодом однократного превышения расчетной интенсивности P (0,05...0,1 в долях года), что для большинства поселений и городских округов обеспечивает прием на очистку не менее 70 % годового объема поверхностного стока. Для поверхностных сточных вод 2-го типа величина максимального суточного слоя дождя h_a , мм, среднегодовой сток от которого в полном объеме должен подвергаться очистке, принимается равной максимальному за год суточному слою атмосферных осадков от дождей с периодом однократного превышения $P \geq 1$ года (соответствует обеспеченности 63 % и менее). Величину h_a допускается определять одним из двух способов:

1) на основании данных многолетних наблюдений за атмосферными осадками в конкретной местности или на ближайших репрезентативных метеостанциях (не менее чем за 10–15 лет); при отсутствии таких данных величина h_a обеспеченностью 63 % (при необходимости другой) определяется по климатическим данным;

2) расчетным путем по формуле

$$H_p = H_{cp} \cdot (1 + C_v \cdot \Phi), \quad (\text{П.3.2.2})$$

где H_p – максимальный суточный слой осадков требуемой обеспеченности, мм; $H_p = h_a$; H_{cp} – значение среднего максимума суточного слоя осадков, мм; Φ – нормированные отклонения от среднего значения при разных значениях обеспеченности $p_{об}$, %, и коэффициента асимметрии C_s ; C_v – коэффициент вариации суточных осадков. Данные для формулы (П.3.2.2) определяются по табл. П.3.2.2–П.3.2.4.

При расчете учитывают, что параметры $p_{об}$ (%) и P (лет) связаны между собой законом распределения независимых событий Пуассона:

$$p_{об} = (1 - e^{-1/P}) \cdot 100. \quad (\text{П.3.2.3})$$

Таблица П.3.2.2

Нормированные отклонения от среднего значения ординат логарифмически нормальной кривой распределения Φ при разных значениях обеспеченности $p_{об}$ и коэффициента асимметрии C_s

Коэффициент асимметрии C_s	Значения Φ при обеспеченности $p_{об}$, %								
	5	10	25	39	63	80	86	95	99
0,4	1,75	1,32	0,63	0,21	–0,40	–0,85	–1,08	–1,53	–2,04
0,6	1,79	1,33	0,60	0,18	–0,42	–0,85	–1,07	–1,46	–1,91
0,8	1,82	1,32	0,57	0,15	–0,43	–0,87	–0,4	–0,40	–1,79

Окончание табл. П.3.2.2

Коэффициент асимметрии C_s	Значения Φ при обеспеченности $p_{об}$, %								
	5	10	25	39	63	80	86	95	99
1,0	1,85	1,31	0,54	0,12	-0,45	-0,84	-1,01	-1,34	-1,68
1,2	1,87	1,31	0,52	0,10	-0,46	-0,82	-0,99	-1,29	-1,58
1,4	1,88	1,30	0,49	0,07	-0,47	-0,81	-0,97	-1,23	-1,49
1,6	1,89	1,28	0,46	0,05	-0,47	-0,80	-0,94	-1,18	-1,41
1,8	1,89	1,27	0,44	0,02	-0,48	-0,78	-0,92	-1,14	-1,34
2,0	1,89	1,25	0,41	0,00	-0,48	-0,77	-0,89	-1,10	-1,28
2,2	1,89	1,23	0,39	0,00	-0,48	-0,76	-0,87	-1,06	-1,22
2,4	1,88	1,21	0,37	-0,03	-0,48	-0,74	-0,86	-1,02	-1,17
2,6	1,87	1,19	0,34	-0,04	-0,48	-0,73	-0,83	-0,99	-1,12
2,8	1,86	1,17	0,32	-0,06	-0,48	-0,72	-0,81	-0,96	-0,8
3,0	1,85	1,15	0,31	-0,07	-0,48	-0,71	-0,79	-0,93	-1,04
3,2	1,84	1,13	0,19	-0,08	-0,48	-0,69	-0,77	-0,90	-1,01
3,4	1,83	1,11	0,28	-0,09	-0,47	-0,68	-0,76	-0,88	-0,98
3,6	1,81	1,09	0,26	-0,09	-0,47	-0,67	-0,75	-0,86	-0,95
3,8	1,80	1,08	0,25	-0,10	-0,47	-0,66	-0,73	-0,84	-0,92
4,0	1,78	1,06	0,24	-0,11	-0,47	-0,65	-0,72	-0,82	-0,90
4,5	1,75	1,01	0,21	-0,12	-0,46	-0,63	-0,70	-0,78	-0,84
5,0	1,71	0,98	0,19	-0,13	-0,45	-0,62	-0,66	-0,74	-0,80
6,0	1,64	0,91	0,15	-0,15	-0,44	-0,57	-0,62	-0,68	-0,73

Таблица П.3.2.3

Нормированные отклонения ординат биномиальной кривой распределения Φ при разных значениях обеспеченности $p_{об}$ и коэффициента асимметрии C_s

Коэффициент асимметрии C_s	Обеспеченность $p_{об}$, %								
	5	10	25	40	60	80	90	95	99
0,4	1,75	1,32	0,63	0,19	-0,31	-0,85	-1,23	-1,52	-2,03
0,6	1,80	1,33	0,61	0,16	-0,34	-0,85	-1,20	-1,45	-1,88
0,8	1,84	1,34	0,58	0,12	-0,37	-0,86	-1,17	-1,38	-1,74
1,0	1,88	1,34	0,55	0,09	-0,39	-0,85	-1,13	-1,32	-1,59
1,2	1,92	1,34	0,52	0,05	-0,42	-0,84	-1,08	-1,24	-1,45
1,4	1,95	1,34	0,49	0,02	-0,44	-0,83	-1,04	-1,17	-1,32
1,6	1,97	1,33	0,46	-0,02	-0,46	-0,81	-0,99	-1,10	-1,20
1,8	1,99	1,32	0,42	-0,03	-0,48	-0,80	-0,94	-1,02	-1,09

Окончание табл. П.3.2.3

Коэффициент асимметрии C_s	Обеспеченность $p_{об}$, %								
	5	10	25	40	60	80	90	95	99
2,0	2,00	1,30	0,39	-0,08	-0,49	-0,87	-0,90	-0,95	-0,99
2,2	2,02	1,27	0,35	-0,12	-0,50	-0,75	-0,842	-0,882	-0,905
2,4	2,00	1,25	0,29	-0,14	-0,51	-0,72	-0,792	-0,82	-0,83
2,6	2,00	1,21	0,25	-0,17	-0,51	-0,70	-0,746	-0,64	-0,77
2,8	2,00	1,18	0,22	-0,20	-0,51	-0,67	-0,703	-0,711	-0,72
3,0	1,97	1,13	0,19	-0,22	-0,51	-0,64	-0,661	-0,665	-0,67
3,2	1,96	1,09	0,15	-0,25	-0,51	-0,61	-0,621	-0,625	-0,63
3,4	1,94	1,06	0,11	-0,27	-0,50	-0,58	-0,586	-0,587	-0,59
3,6	1,93	1,03	0,064	-0,28	-0,49	-0,55	-0,555	-0,556	-0,56
3,8	1,90	1,00	0,032	-0,30	-0,48	-0,52	-0,526	-0,526	-0,53
4,0	1,90	0,96	0,01	-0,31	-0,46	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50
4,5	1,85	0,89	-0,042	-0,32	-0,43	-0,445	-0,445	-0,445	-0,45
5,0	1,78	0,78	-0,099	-0,33	-0,395	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40

Таблица П.3.2.4

Среднесуточные слои осадков $H_{ср}$, коэффициенты вариации C_v , асимметрии C_s для различных поселений, муниципальных образований Российской Федерации

Расположение метеостанции	Номер территориального района	Параметры формулы (П.3.2.2)		
		H_{cp}	C_v	C_s
Алтайский край и Республика Алтай				
Барнаул	134	27,7	0,49	2,3
Бийск	135	28,5	0,35	1,4
Горно-Алтайск	135	36,3	0,32	1,5
Улаган	135	21,4	0,32	1,6
Чемал	135	29,4	0,30	1,6
Амурская область				
Благовещенск	155	49,4	0,44	2,2
Архангельская область				
Архангельск	6	29,7	0,45	1,5
Холмогоры	6	28,4	0,46	2,6
Астраханская область				
Астрахань	65	26,7	0,68	2,4

Продолжение табл. П.3.2.4

Расположение метеостанции	Номер территориального района	Параметры формулы (П.3.2.2)		
		H_{cp}	C_v	C_s
Республика Башкортостан				
Бирск	34	28,1	0,44	2,2
Уфа	34	28,5	0,43	1,4
Белгородская область				
Белгород	36а	35,4	0,46	2,2
Новый Оскол	36а	31,7	0,34	0,5
Брянская область				
Брянск	36	34,7	0,36	1,8
Республика Бурятия				
Улан-Удэ	146	31,1	0,53	2,2
Баргузин	145	29,5	0,47	2,3
Владимирская область				
Владимир	27	34,0	0,39	1,7
Гусь-Хрустальный	27	36,0	0,41	1,3
Ковров	27	34,5	0,41	1,3
Муром	27	32,2	0,38	1,3
Петушки	27	35,4	0,40	2,3
Суздаль	27	33,3	0,46	1,8
Волгоградская область				
Волгоград	63	26,1	0,43	1,4
Вологодская область				
Великий Устюг	8	30,5	0,37	2,2
Вологда	7	31,3	0,4	2,5
Тотьма	8	23,3	0,28	2,0
Череповец	7	32,5	0,33	1,2
Вологодская область				
Кириллов	7	29,8	0,3	1,3
Каргополь	7	29,5	0,4	2,3
Воронежская область				
Воронеж	38	33,3	0,66	3,2
Калач	38	28,5	0,34	1,1
Лиски	38	34,3	0,61	2,5

Продолжение табл. П.3.2.4

Расположение метеостанции	Номер территориального района	Параметры формулы (П.3.2.2)		
		H_{cp}	C_v	C_s
Острогжск	38	36,2	0,46	1,8
Павловск	38	33,3	0,41	1,5
Россошь	38	30,8	0,41	1,7
Забайкальский край				
Могоча	147	41,7	0,41	1,8
Нерчинск	147	31,8	0,36	1,5
Сретенск	147	35,2	0,41	1,8
Чита	147	32,8	0,36	2,1
Шилка	147	33,1	0,37	1,2
Ивановская область				
Иваново	28	31,9	0,44	3,0
Кинешма	28	31,1	0,36	1,4
Шуя	28	29,6	0,27	0,9
Юрьевец	28	31,3	0,50	3,0
Иркутская область				
Иркутск	142	38,4	0,41	1,5
Братск	143	32,0	0,61	3,2
Кабардино-Балкарская Республика				
Нальчик	74	49,2	0,38	1,2
Калужская область				
Калуга	26	40,3	0,43	2,2
Малоярославец	26	34,3	0,31	0,8
Камчатский край				
Петропавловск-Камчатский	170	69,7	0,53	2,5
Усть-Камчатск	170	26,5	0,53	1,8
Республика Карелия				
Калевала	4	24,6	0,34	1,7
Кемь	5	28,1	0,3	1,0
Кондопога	4	26,5	0,34	1,2
Петрозаводск	4	34,4	0,48	2,2
Кировская область				
Киров	31	32,7	0,47	2,1

Продолжение табл. П.3.2.4

Расположение метеостанции	Номер территориального района	Параметры формулы (П.3.2.2)		
		H_{cp}	C_v	C_s
Республика Коми				
Сыктывкар	8	28,5	0,32	1,8
Ухта	9	28,8	0,43	1,4
Костромская область				
Кострома	28	30,5	0,39	2,0
Шарья	28	35,7	0,59	2,9
Краснодарский край				
Адлер	70	78,9	0,35	1,1
Белореченск	66	41,8	0,44	2,4
Красная поляна	70	67,0	0,30	1,5
Краснодар	66	41,1	0,50	2,2
Крымск	66	44,3	0,46	1,5
Куцевская	66	38,4	0,46	2,0
Новороссийск	69	51,7	0,60	2,0
Приморско-Ахтарск	66	47,7	0,54	2,3
Тамань	66	39,7	0,54	2,0
Тихорецк	66	39,7	0,48	2,2
Туапсе	70	87,3	0,46	0,9
Сочи	70	78,3	0,38	1,6
Красноярский край				
Ачинск	137	30,0	0,58	2,5
Енисейск	136	24,8	0,36	1,6
Красноярск	138	34,0	0,54	2,4
Минусинск	140	24,6	0,47	2,3
Норильск	136	24,4	0,62	2,9
Севастополь и Республика Крым				
Алушта	60	36,1	0,59	2,0
Евпатория	58	32,8	0,53	1,8
Керчь	61	46,1	0,50	1,7
Севастополь	58	30,5	0,43	1,4
Симферополь	59	41,4	0,52	2,2
Судак	61	33,4	0,63	2,4

Продолжение табл. П.3.2.4

Расположение метеостанции	Номер территориального района	Параметры формулы (П.3.2.2)		
		H_{cp}	C_v	C_s
Феодосия	61	35,9	0,43	1,4
Ялта	60	43,4	0,67	3,4
Курганская область				
Каргаполье	110	34,2	0,55	1,8
Курган	110	25,8	0,63	2,2
Шадринск	110	29,6	0,47	1,5
Курская область				
Курск	36а	39,6	0,66	4,0
Санкт-Петербург и Ленинградская область				
Волхов	19	29,9	0,4	1,3
Выборг	17	34,0	0,49	2,1
Приморск	17	31,7	0,35	2,1
Пушкин	18	30,3	0,33	2,2
Санкт-Петербург	17	30,4	0,43	1,7
Липецкая область				
Кирсанов	37	30,5	0,49	2,0
Елец	37	29,3	0,42	2,0
Липецк	37	32,3	0,47	2,6
Республика Марий Эл				
Йошкар-Ола	29,2	30,2	0,43	4,0
Республика Мордовия				
Саранск	30	36,6	0,62	3,6
Москва и Московская область				
Волоколамск	25	35,8	0,50	2,9
Дмитров	25	36,8	0,31	1,1
Москва и Московская область				
Кашира	26	31,6	0,40	1,4
Клин	25	36,7	0,42	2,1
Коломна	26	33,6	0,39	1,3
Михнево	26	34,3	0,40	2,1
Москва	25	33,2	0,38	2,3
Нарофоминск	26	35,9	0,38	1,2

Продолжение табл. П.3.2.4

Расположение метеостанции	Номер территориального района	Параметры формулы (П.3.2.2)		
		H_{cp}	C_v	C_s
Павловский Посад	25	33,5	0,58	2,0
Починки	25	32,0	0,52	2,6
Сергиев Посад	25	35,7	0,33	1,0
Серпухов	26	33,2	0,42	2,4
Мурманская область				
Апатиты	2	23,0	0,38	1,2
Кандалакша	3	23,7	0,39	1,3
Мончегорск	2	25,6	0,37	1,2
Мурманск	1	24,1	0,35	0,9
Хибины	2	27,2	0,33	0,9
Нижегородская область				
Ардатов	30	28,7	0,35	1,2
Арзамас	29	29,6	0,52	3,6
Кулебаки	29	30,3	0,39	1,9
Лукоянов	30	35,66	0,69	5,3
Нижний Новгород	29	30,3	0,40	1,6
Новгородская область				
Новгород Великий	18	32,8	0,41	1,2
Новосибирская область				
Новосибирск	134	29,3	0,53	3,2
Омская область				
Омск	132	28,3	0,58	2,4
Оренбургская область				
Оренбург	43	25,1	0,44	1,4
Орловская область				
Орел	36	35,9	0,59	3,0
Пензенская область				
Пенза	39	36,2	0,51	2,5
Пермский край				
Березники	32	31,4	0,39	1,3
Пермь	32	30,6	0,45	2,4
Соликамск	32	29,4	0,43	1,4
Приморский край				
Владивосток	163	90,3	0,47	1,6

Продолжение табл. П.3.2.4

Расположение метеостанции	Номер территориального района	Параметры формулы (П.3.2.2)		
		H_{cp}	C_v	C_s
Псковская область				
Великие Луки	20	32,9	0,38	1,2
Псков	18	36,8	0,37	0,8
Ростовская область				
Ейск	66	36,5	0,43	1,4
Ростов-на-Дону	64	41,0	0,49	1,5
Рязанская область				
Елатьма	27	30,5	0,39	1,6
Касимов	27	32,8	0,49	2,4
Рязань	27	32,9	0,46	1,5
Ряжск	26	30,0	0,36	1,1
Тума	27	34,0	0,46	1,7
Самарская область				
Самара	41a	28,1	0,49	2,1
Саратовская область				
Балашов	40	28,7	0,39	1,2
Саратов	40	30,2	0,44	1,5
Сахалинская область				
Южно-Сахалинск	174	50,6	0,40	1,3
Александровск-Сахалинский	173	39,2	0,43	1,4
Свердловская область				
Екатеринбург	108	31,2	0,37	1,2
Красноуфимск	33	31,0	0,39	1,0
Республика Северная Осетия – Алания				
Владикавказ	74	56,6	0,38	1,6
Смоленская область				
Вязьма	23	33,5	0,36	1,1
Ельня	23	36,7	0,44	1,8
Смоленская область				
Рославль	23	35,6	0,42	2,0
Смоленск	23	35,1	0,42	1,9
Ставропольский край				
Ессентуки	73	39,6	0,37	1,2
Железноводск	73	47,9	0,44	1,4
Кисловодск	73	50,8	0,25	1,7
Ново-Пятигорск	73	43,0	0,51	2,9

Продолжение табл. П.3.2.4

Расположение метеостанции	Номер территориального района	Параметры формулы (П.3.2.2)		
		H_{cp}	C_v	C_s
Пятигорск	73	43,1	0,42	1,3
Ставрополь	68	40,6	0,38	1,9
Тамбовская область				
Моршанск	37	30,2	0,41	1,8
Тамбов	37	32,8	0,33	1,1
Республика Татарстан				
Бугульма	41	31,6	0,39	1,6
Елабуга	40	30,4	0,42	1,4
Казань	41	30,7	0,54	3,6
Мамадыш	41	28,7	0,50	2,6
Тверская область				
Ржев	22	34,8	0,40	1,5
Осташков	22	32,2	0,45	1,9
Тверь	22	32,1	0,37	1,6
Торжок	22	29,6	0,37	1,7
Тургиново	22	30,6	0,40	1,8
Томская область				
Томск	133	31,3	0,48	2,4
Тульская область				
Ефремов	26	31,4	0,50	3,2
Тула	26	31,2	0,37	1,4
Тюменская область				
Викулово	131	35,0	0,43	1,5
Салехард	129	27,3	0,53	1,9
Сургут	130	29,7	0,35	1,1
Тобольск	131	32,5	0,38	0,5
Тюмень	131	33,8	0,51	1,7
Хабаровский край				
Болонь	158	63,2	0,69	4,4
Комсомольск-на-Амуре	157	46,3	0,42	1,2
Николаевск-на-Амуре	157	39,8	0,47	2,4
Советская Гавань	162а	64,9	0,43	2,2
Троицкое	158	47,0	0,35	1,3
Хабаровск	158	47,3	0,46	3,4

Расположение метеостанции	Номер территориального района	Параметры формулы (П.3.2.2)		
		H_{cp}	C_v	C_s
Елабуга	158	49,1	0,35	1,3
Челябинская область				
Магнитогорск	111	31,1	0,76	6,0
Троицк	111	30,7	0,59	6,0
Челябинск	111	31,1	0,37	2,6
Чувашская республика				
Чебоксары	29	31,3	0,55	2,2
Чукотский автономный округ				
Анадырь	–	18,9	0,48	1,6
Республика Саха (Якутия)				
Верхоянск	150	16,5	0,53	2,0
Якутск	149	21,7	0,50	1,6
Ярославская область				
Ростов Великий	24	34,7	0,39	1,6
Рыбинск	24	34,8	0,38	1,4
Углич	24	33,9	0,32	1,2
Ярославль	24	33,6	0,38	1,5

В качестве исходных данных для расчета h_a используются статистически обработанные данные многолетних наблюдений метеостанций (не менее чем за 10–15 лет) за атмосферными осадками в конкретной местности или на ближайших репрезентативных метеостанциях. Метеорологическая станция считается репрезентативной относительно рассматриваемой площади стока, если выполняются следующие условия: 1) расстояние от станции до площади водосбора объекта менее 100 км; 2) разница высотных отметок площади водосбора над уровнем моря и метеостанции не превышает 50 м. Область применения методик ограничивается площадью водосбора, не превышающей 1000 га. При отсутствии на метеостанциях данных многолетних наблюдений (не менее чем 10–15 лет) за количеством атмосферных осадков для конкретных территорий при выполнении расчетов допускается применять статистически обработанные данные многолетних климатических наблюдений.

Цель: закрепить полученные знания; научиться определять расчетные объемы поверхностных (дождевых) сточных вод при отведении на очистку для оценки параметров очистных сооружений.

Исходные данные:

- 1) варианты расчёта (табл. П.3.1.2);
- 2) данные о климатических условиях [76];
- 3) нормативные документы по расчету водоотведения (в обязательном порядке – [87]).

Задание: согласно выбранному варианту определить объем дождевого стока от расчетного дождя $W_{\text{оч}}$, м³.

Ход выполнения упражнения:

- 1) изучить раздел 3.2 рассматриваемого пособия и [87];
- 2) определить h_a по данным [76];
- 3) провести расчеты по методике, изложенной в теоретической части упражнения;
- 4) сформулировать выводы, указав принятые значения атмосферных осадков;
- 5) составить список используемой при выполнении работы литературы (не менее 3–4 наименований, включая действующие нормативные документы);
- 6) оформить работу.

4. ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

4.1. Общие требования к эксплуатации зданий и сооружений

Как было указано во введении, *эксплуатация зданий и сооружений* – это комплекс мероприятий по содержанию, обслуживанию и ремонту зданий, сооружений, обеспечивающих их безопасное функционирование и санитарное состояние в соответствии с их функциональным назначением [27, 81]. Соответственно, наиболее общим критерием нормальной эксплуатации (эксплуатации строительного объекта в соответствии с условиями, предусмотренными в строительных нормах или задании на проектирование, включая соответствующее техническое обслуживание, капитальный ремонт и реконструкцию [21]) является обеспечение *эксплуатационной безопасности*.

Под эксплуатационной безопасностью, или безопасностью эксплуатации здания/сооружения, понимается комплексное свойство объекта противостоять его переходу в аварийное состояние, определяемое: 1) проектным решением и степенью его реального воплощения при строительстве; 2) текущим остаточным ресурсом и техническим состоянием объекта; 3) степенью изменения объекта (старение материала, перестройки, перепланировки, пристройки, реконструкции, капитальный ремонт и т. п.) и окружающей среды как природного, так и техногенного характера; 4) совокупностью антитеррористических мероприятий и степенью их реализации; нормативами по эксплуатации [23].

По степени эксплуатационной пригодности несущей строительной конструкции или здания и сооружения в целом, а также грунтов их основания выделяют следующие категории технического состояния [23]:

1) *нормативное техническое состояние* – категория технического состояния, при котором количественные и качественные значения параметров всех критериев оценки технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений, включая состояние грунтов основания, соответствуют установленным в проектной документации значениям с учетом пределов их изменения; для конструкций, зданий (сооружений), включая грунтовое основание, находящихся в нормативном техническом состоянии и работоспособном состоянии, эксплуатация при фактических нагрузках и воздействиях возможна без ограничений;

2) *работоспособное техническое состояние* – категория технического состояния, при которой некоторые из числа оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта или норм, но имеющиеся нарушения требований в конкретных условиях эксплуатации

не приводят к нарушению работоспособности, а необходимая несущая способность конструкций и грунтов основания с учетом влияния имеющихся дефектов и повреждений обеспечивается; для конструкций, зданий (сооружений), включая грунтовое основание, находящихся в работоспособном состоянии, может устанавливаться требование более частых периодических обследований в процессе эксплуатации;

3) *ограниченно работоспособное техническое состояние* – категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая состояние грунтов основания, при которой имеются крены, дефекты и повреждения, приведшие к снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения, потери устойчивости или опрокидывания, функционирование конструкций и эксплуатация здания или сооружения возможны либо при контроле (мониторинге) технического состояния, либо при проведении необходимых мероприятий по восстановлению или усилению конструкций и (или) грунтов основания и последующем мониторинге технического состояния (при необходимости); при ограниченно работоспособном состоянии конструкций, зданий (сооружений), включая грунтовое основание, контролируют их состояние, проводят мероприятия по восстановлению или усилению конструкций и (или) грунтового основания и последующий мониторинг технического состояния (при необходимости);

4) *аварийное состояние* – категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая состояние грунтов основания, характеризующаяся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения и (или) характеризующаяся кренами, которые могут вызвать потерю устойчивости объекта; эксплуатация зданий (сооружений) при аварийном состоянии конструкций, включая грунтовое основание, не допускается; устанавливается обязательный режим мониторинга.

Согласно [81], различают следующие виды эксплуатационной безопасности зданий (сооружений), строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения: 1) механическая безопасность; 2) пожарная безопасность; 3) безопасные для здоровья человека условия проживания и пребывания в зданиях (сооружениях); 4) безопасность для пользователей зданиями (сооружениями); 5) доступность зданий (сооружений) для маломобильных групп населения; 6) энергетическая эффективность зданий (сооружений); 7) безопасный уровень воздействия зданий (сооружений) на окружающую среду; 8) безопасность при опасных природных процессах, явлениях и (или) техногенных воздействиях.

Другой важный критерий нормальной эксплуатации – выполнение функционального назначения, с учетом которого выделяют следующие здания с разными типами эксплуатационных режимов:

а) предназначенные для постоянного или длительного (круглосуточного) проживания людей, в том числе: а.1) жилые многоквартирные дома; а.2) жилые многоквартирные дома; а.3) гостиницы, общежития, интернаты; а.4) больницы, санатории, дома престарелых и инвалидов и т. д.;

б) предназначенные для временного пребывания людей, преимущественно ритмичного характера (рабочий день, школьная смена, сеанс и т. д.), в том числе: б.1) административные здания; б.2) общественные здания, не содержащие крупных залов помещений (поликлиники, школы, дошкольные образовательные организации, организации бытового обслуживания и т. д.); б.3) общественные здания с большепролетными конструкциями (театры, кинотеатры, концертные залы, цирки и т. д.); б.4) общественные здания, в функции которых включены производственные процессы с использованием технологического оборудования (организации общепита и т. д.); б.5) общественные здания – многофункциональные торговые комплексы; б.6) здания со специальными требованиями к температурно-влажностному режиму помещений (музеи, государственные архивы, хранилища национальных и культурных ценностей и т. д.);

в) производственного или складского назначения: в.1) одноэтажные здания производственного назначения; в.2) многоэтажные здания производственного назначения; в.3) здания складского назначения.

По типам эксплуатационных режимов с учетом функционального назначения выделяют следующие сооружения:

а) открытые и крытые спортивно-физкультурные, зрелищные и торговые сооружения: а.1) стадионы, спортивно-развлекательные комплексы; а.2) катки; а.3) рынки;

б) линейные объекты;

в) сооружения промышленного назначения: водонапорные башни и резервуары; градирни; дымовые трубы; бункеры; газгольдеры, нефтехранилища; водозаборные и очистные сооружения;

г) некапитальные сооружения: мобильные сооружения сборно-разборного типа (теплицы, парники и т. п.); сооружения вспомогательного назначения с ограниченными сроками службы и пребывания в них людей (бытовки, склады временного содержания и т. п.); павильоны, киоски.

Эксплуатационные требования к зданиям (сооружениям) подразделяют на общие и специальные.

Общие эксплуатационные требования предъявляют ко всем объектам капитального строительства. Специальные эксплуатационные требования определяются спецификой функционального назначения здания

(сооружения), а также природно-техногенными особенностями места его расположения.

Специальные эксплуатационные требования к зданию (сооружению) различного функционального назначения устанавливаются, исходя из принятых объемно-планировочных и конструктивных решений и функционального назначения технологических процессов, для которых предназначено здание (сооружение), а также с учетом природно-техногенных особенностей места его расположения.

Разработка правил эксплуатации, включая правила мониторинга технического состояния строительных конструкций, приемки и испытаний материалов и изделий при ремонте, осуществляется с учетом уровня ответственности здания (сооружения).

В соответствии с [101] здание или сооружение должно быть отнесено к одному из следующих уровней: 1) повышенный; 2) нормальный; 3) пониженный. К зданиям и сооружениям *повышенного уровня ответственности* относятся здания и сооружения, отнесенные к особо опасным, технически сложным или уникальным объектам; к зданиям и сооружениям *нормального уровня ответственности* – все здания и сооружения, за исключением зданий и сооружений повышенного и пониженного уровней ответственности; к зданиям и сооружениям *пониженного уровня ответственности* – здания и сооружения временного (сезонного) назначения, а также здания и сооружения вспомогательного использования, связанные с осуществлением строительства или реконструкции здания или сооружения либо расположенные на земельных участках, предоставленных для индивидуального жилищного строительства.

Для каждого сооружения необходимо установить его класс (КС-1, КС-2 или КС-3) в зависимости от его назначения, а также социальных, экологических и экономических последствий их повреждений и разрушений [21]:

1) *класс сооружений КС-1*: а) теплицы, парники, мобильные здания (сборно-разборные и контейнерного типа), склады временного содержания, в которых не предусматривается постоянное пребывание людей; б) сооружения с ограниченными сроками службы и пребывания в них людей;

2) *класс сооружений КС-2*: здания и сооружения, не вошедшие в классы КС-1 и КС-3.

3) *класс сооружений КС-3*: а) здания и сооружения особо опасных и технически сложных объектов; б) все сооружения, при проектировании и строительстве которых используются принципиально новые конструктивные решения и технологии, которые не прошли проверку на практике стро-

ительства и эксплуатации; в) объекты жизнеобеспечения городов и населенных пунктов; г) тоннели, трубопроводы на дорогах высшей категории или имеющие протяженность более 500 м; д) строительные объекты высотой более 100 метров; е) пролетные строения мостов с пролетом более 200 метров; ж) большепролетные покрытия строительных объектов с пролетом более 100 метров; и) строительные объекты с консольными конструкциями более 20 метров; к) строительные объекты с заглублением подземной части более чем на 15 метров. При этом следует отметить, что в нормах проектирования отдельных типов сооружений (мостов, резервуаров и других) допускается устанавливать иные классы соответствующих сооружений.

Требования к условиям нормального функционирования зданий (сооружений) устанавливают в соответствии с особенностями эксплуатационных режимов, которые зависят от назначения здания (сооружения), а *требования к эксплуатационному контролю и техническому обслуживанию строительных конструкций* – в зависимости от конструктивных решений и материалов.

Рекомендуемый срок службы здания (сооружения) принимается в соответствии с табл. 4.1. Расчетные сроки службы элементов и систем зданий (сооружений) могут отличаться от приведенных в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Рекомендуемые сроки службы зданий (сооружений) [21]

Объекты	Примерный срок службы
Временные здания (сооружения) (бытовки строительных рабочих и вахтового персонала, временные склады, летние павильоны и т. п.)	10 лет
Сооружения, эксплуатируемые в условиях сильно агрессивных сред (сосуды и резервуары, трубопроводы предприятий нефтеперерабатывающей, газовой и химической промышленности, сооружения в условиях морской среды и т. п.)	Не менее 25 лет
Здания (сооружения) массового строительства в обычных условиях эксплуатации (здания жилищно-гражданского и производственного строительства)	Не менее 50 лет
Уникальные здания (сооружения)	100 лет и более

Степень огнестойкости здания (сооружения) определяется степенью возгораемости и пределом огнестойкости его основных конструкций и материалов и проектируется в соответствии с классом функциональной пожарной опасности здания (сооружения). В процессе эксплуатации не допускается фактическое снижение огнестойкости конструкций, возникающее в связи с их неудовлетворительным техническим состоянием: наличие трещин, повреждение огнезащитного слоя и др.

Для вводимых в эксплуатацию зданий (сооружений) с централизованной подачей энергоресурсов обязательны установка и регулярная поверка приборов учета водо- и энергоресурсов. К установке допускаются приборы учета, включенные в Государственный реестр средств измерений и допущенные к применению.

К основным эксплуатационным характеристикам здания (сооружения) относятся: 1) функциональная пригодность; 2) безопасность; 3) надежность; 4) ремонтпригодность; 5) долговечность.

При эксплуатации здания (сооружения) необходимо обеспечить:

1) доступность конструктивных элементов и систем инженерно-технического обеспечения для осмотров, выполнения ремонтных работ, устранения возникающих неисправностей и дефектов, регулировки и наладки оборудования в процессе эксплуатации;

2) стационарное размещение средств измерения динамических параметров основного тона собственных колебаний для контроля механической безопасности здания (сооружения) при осуществлении мониторинга здания (сооружения) с массовым нахождением людей, а также доступность установленных средств измерения для проведения работ по метрологическому обеспечению;

3) наличие помещений, необходимых для размещения персонала, осуществляющего эксплуатацию.

Необходимо отметить, что в составе проектной документации (пояснительная записка) для вновь строящихся, реконструируемых и подвергающихся капитальному ремонту зданий (сооружений) должен быть раздел «Требования к безопасной эксплуатации объекта капитального строительства», который соответствует требованиям [27, 81] и содержит:

1) сведения о сроках эксплуатации здания или сооружения и его частей;

2) данные по оснащению здания (сооружения) приборами учета расхода тепла, воды, электрической энергии и других ресурсов;

3) сведения о периодичности проведения текущего и капитального ремонта зданий, строений и сооружений, в том числе отдельных элементов, конструкций зданий (сооружений), систем инженерно-технического обеспечения, системы общего мониторинга технического состояния несущих строительных конструкций;

4) сведения о мерах безопасности при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования, используемого в процессе эксплуатации зданий, строений и сооружений;

5) требования к системе общего мониторинга технического состояния несущих строительных конструкций;

6) перечень требований энергетической эффективности, которым здание, строение и сооружение должны соответствовать при вводе в эксплуатацию и в процессе эксплуатации, а также сроки, в течение которых в процессе эксплуатации должно быть обеспечено выполнение указанных требований энергетической эффективности;

7) сведения о специальных мероприятиях в части: сейсмической защиты; по предотвращению и защите от подтоплений; по выравниванию зданий (сооружений), возводимых на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах, в период их эксплуатации; по устранению или уменьшению деформаций оснований, сложенных просадочными грунтами; по контролю за состоянием грунтов основания и фундаментов зданий (сооружений), возводимых на многолетнемерзлых грунтах.

Проектные требования к мероприятиям текущего обслуживания, обеспечению безопасной эксплуатации территории зданий (сооружений) и безопасных для здоровья людей условий проживания и пребывания в зданиях (сооружениях) в период эксплуатации должны включать следующую информацию:

1) проектные требования к мероприятиям текущего обслуживания, направленным на сохранение проектного уровня безопасности:

1.1) перечень контролируемых параметров;

1.2) перечень и схемы наиболее ответственных узлов и конструкций, подлежащих первоочередному контролю для зданий (сооружений), имеющих сложные конструктивные схемы;

1.3) минимальную периодичность освидетельствования контролируемого параметра (оценки технического состояния элемента) и критерии соответствия (качественные и количественные пределы допустимых изменений параметров, характеризующих безопасность объектов и геологической среды) с учетом проектных условий их эксплуатации;

1.4) меры по предотвращению (ликвидации) повреждений, при которых здание (сооружение) может перейти в аварийное или ограниченно работоспособное состояние;

1.5) условия проведения работ по техническому обслуживанию зданий (сооружений) без прекращения (ограничения) их эксплуатации по основной функции;

1.6) требования по обеспечению безопасности во время работ людей, проживающих или пребывающих в здании (сооружении);

2) проектные требования к обеспечению безопасной эксплуатации территории здания (сооружения):

2.1) ограничения по возможности прокладки дополнительных инженерных коммуникаций (в том числе магистральных) и возведения дополнительных строений (уплотнения застройки) при необходимости;

2.2) предельно допустимые и допустимые нормативные уровни динамических параметров, звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума, вибрации;

2.3) обоснование необходимости ограждения или иной изоляции территории;

2.4) обеспечение должного состояния подъездов и подходов к зданию (сооружению), в том числе с учетом создания доступной среды для маломобильных групп населения;

2.5) санитарные и противопожарные требования к организации временного хранения отходов;

2.6) необходимость защитных мер от сезонного подтопления;

2.7) специальные требования (при необходимости).

3) проектные требования к обеспечению безопасных для здоровья людей условий проживания и пребывания в здании (сооружении) в период эксплуатации:

3.1) сведения об основных параметрах микроклимата производственных, жилых и иных помещений, предназначенных для пребывания людей;

3.2) требования к качеству воды, используемой в качестве питьевой и для хозяйственно-бытовых нужд;

3.3) требования к инсоляции и солнцезащите помещений;

3.4) требуемый уровень естественного и искусственного освещения помещений;

3.5) предельно допустимый уровень шума в помещениях жилых и общественных зданий и в рабочих зонах производственных зданий (сооружений).

При необходимости дополнительно указывают: 1) предельно допустимый уровень вибрации в помещениях жилых и общественных зданий и уровень технологической вибрации в рабочих зонах производственных зданий (сооружений); 2) предельно допустимый уровень напряженности электромагнитного поля в помещениях жилых и общественных зданий и в рабочих зонах производственных зданий (сооружений), а также на прилегающих территориях; 3) предельно допустимый уровень ионизирующего излучения в помещениях жилых и общественных зданий и в рабочих зонах производственных зданий (сооружений), а также на прилегающих территориях.

В случае эксплуатации строительных конструкций в условиях агрессивных сред проектная документация должна дополнительно содержать: 1) характеристики приемлемой (проектной) среды эксплуатации (химический состав, показатели температурно-влажностного режима и др.); 2) указания на необходимость проведения защитных мероприятий,

а также мероприятий по уменьшению степени агрессивности среды, в том числе по отводу и понижению грунтовых вод.

Проектная документация также должна содержать: 1) сведения о местах расположения измерительных средств системы общего мониторинга технического состояния несущих строительных конструкций; 2) предельные значения эксплуатационных нагрузок, превышение которых угрожает механической безопасности здания (сооружения) и может нанести вред имуществу, жизни и здоровью людей. При размещении здания (сооружения) в сейсмоопасных зонах, на подрабатываемых территориях, просадочных или многолетнемерзлых грунтах в проекте указывают предельные значения деформаций конструкций, превышение которых требует дополнительных мер защиты.

В случае отсутствия у балансодержателя здания (сооружения) раздела проектной документации «Требования к безопасной эксплуатации объекта капитального строительства» разрабатывают «Положение по обеспечению безопасной эксплуатации здания (сооружения)», которое включает общие и специальные требования.

Основная часть «Положения по обеспечению безопасной эксплуатации здания (сооружения)» должна включать в себя: сведения о здании (сооружении) и об участке строительства; рекомендации по организации службы технического контроля за состоянием, содержанием и ремонтом здания (сооружения); описание необходимых технических и организационных мероприятий по эксплуатации здания (сооружения), направленных на обеспечение выполнения требований ко всем отраженным в разделе 4 видам эксплуатационной безопасности зданий (сооружений); правила содержания прилегающей территории; указания по проведению, контролю и приемке ремонтных работ; правила ведения и хранения производственной и технической документации; основные положения по технике безопасности при эксплуатации и ремонтных работах; специальные требования.

В приложении к основной части «Положения по обеспечению безопасной эксплуатации здания (сооружения)» рекомендуется приводить перечень и формы эксплуатационных документов (предписания по содержанию здания/сооружения, эксплуатационных и энергетических паспортов, технического журнала по эксплуатации и др.), сроки устранения неисправностей при выполнении непредвиденного текущего ремонта отдельных частей здания (сооружения), периодичность капитального ремонта конструктивных элементов, перечень основных работ по текущему и капитальному ремонту и др.

В случае эксплуатации строительных конструкций в условиях агрессивных сред «Положение по обеспечению безопасной эксплуатации здания (сооружения)» должно содержать:

- 1) характеристики приемлемой (проектной) среды эксплуатации (химический состав, показатели температурно-влажностного режима) и др.;
- 2) для железобетонных и бетонных конструкций – указания на необходимость проведения защитных мероприятий, а также мероприятий по уменьшению степени агрессивности среды, в том числе отводу и понижению грунтовых вод;
- 3) для металлических конструкций – указания на необходимость проведения мероприятий по защите от коррозии и удалению от оборудования агрессивных паров и газов;
- 4) для деревянных конструкций – указания на обеспечение защиты от возможного увлажнения.

Также «Положение по обеспечению безопасной эксплуатации здания (сооружения)» должно содержать сведения о местах расположения измерительных приборов, выработок, вскрытий, зондирования конструкций для определения фактических значений контролируемых параметров.

С учетом действующего законодательства, проектной документации и указанных выше документов *служба эксплуатации зданий (сооружений)* обеспечивает самостоятельно или с привлечением специализированных организаций выполнение комплекса работ по эксплуатационному контролю и обслуживанию зданий (сооружений):

- 1) участие при вводе в эксплуатацию здания (сооружения) с правом визирования документов;
- 2) взаимодействие с организациями, выполняющими монтажные и пусконаладочные работы, при подготовке комплекта исполнительной документации (с актами приемки работ и исполнительными чертежами);
- 3) поддержание эксплуатационных показателей строительных конструкций зданий (сооружений), наблюдение за состоянием архитектурных и конструктивных элементов здания (сооружения), подвергающихся воздействию окружающей среды и нуждающихся в текущем ремонте и восстановлении;
- 4) эксплуатационный контроль и обслуживание систем инженерно-технического обеспечения, в том числе подготовка к сезонной работе;
- 5) круглосуточное диспетчерское обслуживание систем инженерно-технического обеспечения и коммуникаций, систем общего мониторинга технического состояния несущих строительных конструкций;
- 6) общая подготовка здания (сооружения) к сезонной эксплуатации;
- 7) сезонные профилактические работы по поддержанию функционирования здания (сооружения) для предупреждения проблем и аварийных ситуаций;

8) эксплуатация производственного оборудования (котельных, подъемных механизмов и т. д.);

9) при необходимости создание собственной службы по обеспечению работ по устранению аварийных ситуаций и своевременный вызов аварийных служб в случае невозможности ликвидировать аварийную ситуацию собственными силами;

10) исполнение нормативных актов, нормативных документов и технической документации по эксплуатации собственными силами или с привлечением сторонних организаций;

11) ведение технической эксплуатационной документации, в том числе внесение изменений, возникших при эксплуатации объекта, в эксплуатационный паспорт здания (сооружения), и внесение сведений (согласно [27], в журнал эксплуатации здания (сооружения);

12) представление интересов собственника (в том числе обеспечение обязательств по договорам аренды);

13) взаимодействие с государственными органами контроля и надзора;

14) взаимодействие с подрядными организациями и контроль их работы;

15) работы по уборке и благоустройству территории, прилегающей к обслуживаемому зданию (сооружению) [СП 255.1325800.2016].

4.2. Эксплуатационный контроль

Согласно [81], эксплуатационный контроль технического состояния зданий (сооружений) включает в себя: *общий мониторинг технического состояния здания (сооружения); осмотры здания (сооружения); технический мониторинг систем инженерно-технического обеспечения; обследования.*

4.2.1. Осмотры

Согласно [23], выделяют осмотры: 1) текущие; 2) сезонные; 3) внеочередные.

Текущие осмотры осуществляют ежедневно – для зданий (сооружений) повышенного уровня ответственности – или еженедельно – для зданий (сооружений) иных уровней ответственности.

Сезонные осмотры осуществляют два раза в год: 1) весенний общий осмотр проводят после таяния снега в целях выявления появившихся за зимний период повреждений элементов здания (сооружения), систем инженерно-технического обеспечения, системы общего мониторинга технического состояния несущих строительных конструкций и элементов

благоустройства примыкающей к зданию (сооружению) территории; при этом уточняют объем работ по текущему ремонту на летний период и по капитальному ремонту на будущий год; 2) осенний общий осмотр проводят по окончании летних работ по текущему ремонту для проверки готовности здания (сооружения) к эксплуатации в зимних условиях.

Внеочередные осмотры проводят после явлений стихийного характера (например, ливней, ураганных ветров, сильных снегопадов, наводнений), аварий в системах инженерно-технического обеспечения и при выявлении деформаций оснований не позднее двух дней после стихийного бедствия или техногенной аварии.

На основании результатов осмотров лицом, осуществляющим эксплуатацию, может быть принято решение о необходимости проведения: 1) аварийного ремонта; 2) текущего ремонта; 3) внеочередного обследования; 4) внеплановых мероприятий по обслуживанию здания (сооружения). Также в результате проведения осмотров уточняют данные, необходимые для проведения ремонта.

4.2.2. Обследования технического состояния здания (сооружения)

Обследования технического состояния здания (сооружения) – комплексы мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих работоспособность объекта обследования и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость восстановления, усиления, ремонта. Эти мероприятия включают обследование грунтов основания и строительных конструкций (на предмет выявления изменения свойств грунтов, деформационных повреждений, дефектов несущих конструкций и определения их фактической несущей способности). Проводятся специализированными организациями в соответствии с [23]. В ходе обследования проводят оценку соответствия несущих конструкций и систем инженерно-технического обеспечения нормативным требованиям, определяют ресурс фактической безопасной эксплуатации конструкций. Организацией, осуществляющей обследование, может быть принято решение о необходимости проведения капитального ремонта, противоаварийных мероприятий, реконструкции или решение о непригодности использования здания по функциональному назначению.

Первое обследование технического состояния зданий (сооружений) проводят не позднее чем через два года после ввода их в эксплуатацию. В дальнейшем обследование технического состояния зданий (сооружений) проводят не реже одного раза в 10 лет и не реже одного раза в 5 лет для зданий (сооружений) повышенного уровня ответственности или функционирующих в неблагоприятных условиях (агрессивные среды,

вибрации, повышенная влажность и др.), или имеющих повышенные санитарно-гигиенические требования (медицинские и др. организации). При подготовке объекта к реконструкции или при попадании объекта в зону влияния нового строительства сроки проведения и состав обследований назначают с учетом требований [79].

При обследовании технического состояния здания и сооружения получаемая информация должна быть достаточной для принятия обоснованного решения о возможности его дальнейшей безаварийной эксплуатации (случай нормативного и работоспособного технического состояния). В случае ограниченно работоспособного и аварийного состояния здания и сооружения получаемая информация должна быть достаточной для вариантного проектирования восстановления или усиления конструкций [23].

Согласно [23], при обследовании технического состояния зданий и сооружений в зависимости от задач, поставленных в техническом задании на обследование, объектами исследования являются: 1) грунты основания, фундаменты, ростверки и фундаментные балки; 2) стены, колонны, столбы; 3) перекрытия и покрытия (в том числе балки, арки, фермы стропильные и подстропильные, плиты, прогоны и др.); 4) балконы, эркеры, лестницы, подкрановые балки и фермы; 5) связевые конструкции, элементы жесткости; стыки и узлы, сопряжения конструкций между собой, способы их соединения и размеры площадок опирания.

Оценку категорий технического состояния несущих конструкций, зданий (сооружений), включая грунтовое основание, проводят на основании результатов обследования и поверочных расчетов (расчетов существующей конструкции и/или грунтов основания по действующим нормам проектирования с введением в расчет полученных в результате обследования или по проектной и исполнительной документации: геометрических параметров конструкций, фактической прочности строительных материалов и грунтов основания, действующих нагрузок, уточненной расчетной схемы с учетом имеющихся дефектов и повреждений). По этой оценке конструкции, здания и сооружения, включая грунтовое основание, подразделяют на находящиеся: 1) в нормативном техническом состоянии; 2) в работоспособном состоянии; 3) в ограниченно работоспособном состоянии; 4) в аварийном состоянии.

Обследование технического состояния зданий (сооружений) должно проводиться в три этапа: 1) подготовка к проведению обследования; 2) предварительное (визуальное) обследование; 3) детальное (инструментальное) обследование.

Подготовительные работы проводят в целях: 1) ознакомления с объектом обследования, его объемно-планировочным и конструктивным решением, материалами инженерно-геологических изысканий; 2) сбора и анализа проектно-технической документации; 3) составления программы работ с учетом согласованного с заказчиком технического задания. Результатом проведения подготовительных работ является получение следующих материалов (полнота определяется видом обследования): 1) согласованное заказчиком техническое задание на обследование; 2) инвентаризационные поэтажные планы и технический паспорт на здание (сооружение); 3) акты осмотров здания или сооружения, выполненные персоналом эксплуатирующей организации, в том числе ведомости дефектов; 4) акты и отчеты ранее проводившихся обследований здания (сооружения); 5) проектная документация на здание (сооружение); 6) информация, в том числе проектная, о перестройках, реконструкциях, капитальном ремонте и т. п.; 7) геоподоснова, выполненная специализированной организацией; 8) материалы инженерно-геологических изысканий за последние пять лет; 9) информация о местах расположения вблизи здания (сооружения) засыпанных оврагов, карстовых провалов, зон оползней и других опасных геологических явлений; 10) согласованный с заказчиком протокол о порядке доступа к обследуемым конструкциям, инженерному оборудованию и т. п. (при необходимости); 11) документация, полученная от компетентных городских органов, о месте и мощности подводки электроэнергии, воды, тепловой энергии, газа и отвода канализации.

На основе полученных материалов выполняются следующие действия:

а) приводятся сведения: 1) автор проекта; 2) год разработки проекта; 3) конструктивная схема здания (сооружения); 4) примененные в проекте конструкции; 5) монтажные схемы сборных элементов, время их изготовления; 6) время возведения здания; 7) геометрические размеры здания (сооружения), элементов и конструкций; 8) расчетная схема; 9) проектные нагрузки; 10) характеристики материалов (бетона, металла, камня и т. п.), из которых выполнены конструкции; 11) сертификаты и паспорта на применение в строительстве зданий изделий и материалов; 12) характеристики грунтового основания; 13) имевшие место замены и отклонения от проекта; 14) характер внешних воздействий на конструкции; 15) данные об окружающей среде; 16) места и мощность подвода электроэнергии, воды, тепловой энергии, газа и отвода канализации; 17) проявившиеся при эксплуатации дефекты, повреждения и т. п.; 18) моральный износ объекта, связанный с дефектами планировки и несоответствием конструкций современным нормативным требованиям;

б) составляется программа, в которой указывается: 1) перечень подлежащих обследованию строительных конструкций и их элементов; 2) перечень подлежащего обследованию инженерного оборудования, электрических сетей и средств связи; 3) места и методы инструментальных измерений и испытаний; 4) места вскрытия и отбора проб материалов для исследования образцов в лабораторных условиях; 5) необходимость проведения инженерно-геологических изысканий; 6) перечень необходимых поверочных расчетов и т. п.

Предварительное (визуальное) обследование проводят в целях предварительной оценки технического состояния строительных конструкций и инженерного оборудования, электрических сетей и средств связи (при необходимости) по внешним признакам, определения необходимости в проведении детального (инструментального) обследования и уточнения программы работ (сплошное визуальное обследование и выявление дефектов и повреждений по внешним признакам с необходимыми измерениями и их фиксацией).

Результатом проведения предварительного (визуального) обследования являются: 1) схемы и ведомости дефектов и повреждений с фиксацией их мест и характера; 2) описания, фотографии дефектных участков; 3) результаты проверки наличия характерных деформаций здания (сооружения) и его отдельных строительных конструкций (прогибы, крены, выгибы, перекосы, разломы и т. п.); 4) установление аварийных участков (при наличии); 5) уточненная конструктивная схема здания (сооружения); 6) выявленные несущие конструкции по этажам и их расположение; 7) уточненная схема мест выработок, вскрытий, зондирования конструкций; 8) особенности близлежащих участков территории, вертикальной планировки, организации отвода поверхностных вод; 9) оценка расположения здания (сооружения) в застройке с точки зрения подпора в дымовых, газовых, вентиляционных каналах; 10) предварительная оценка технического состояния строительных конструкций, инженерного оборудования, электрических сетей и средств связи (при необходимости), определяемая по степени повреждений и характерным признакам дефектов.

Зафиксированная картина дефектов и повреждений для различных типов строительных конструкций позволяет выявить причины их происхождения и может быть достаточной для оценки технического состояния конструкций. Если результатов визуального обследования для решения поставленных задач недостаточно или (при визуальном обследовании) обнаружены дефекты и повреждения, снижающие прочность, устойчивость и жесткость несущих конструкций здания (сооружения) (колонн,

балок, ферм, арок, плит покрытий и перекрытий и др.), проводят детальное (инструментальное) обследование.

При обнаружении характерных трещин, перекосов частей здания (сооружения), разломов стен и прочих повреждений и деформаций, свидетельствующих о неудовлетворительном состоянии грунтового основания, в детальное (инструментальное) обследование включают инженерно-геологические исследования, по результатам которых может потребоваться не только восстановление и ремонт строительных конструкций, но и усиление основания. При комплексном обследовании технического состояния здания (сооружения) в детальное (инструментальное) обследование инженерно-геологические исследования включают всегда.

Детальное (инструментальное) обследование технического состояния здания (сооружения) включает в себя: 1) измерение необходимых для достижения целей обследования геометрических параметров зданий (сооружений), конструкций, их элементов и узлов; 2) инженерно-геологические изыскания (при необходимости); 3) инструментальное определение параметров дефектов и повреждений, в том числе динамических параметров; 4) определение фактических характеристик материалов основных несущих конструкций и их элементов; 5) измерение параметров эксплуатационной среды, присущей технологическому процессу в здании и сооружении; 6) определение реальных эксплуатационных нагрузок и воздействий, воспринимаемых обследуемыми конструкциями с учетом влияния деформаций грунтов основания; 7) определение реальной расчетной схемы здания или сооружения и его отдельных конструкций; 8) определение расчетных усилий в несущих конструкциях, воспринимающих эксплуатационные нагрузки; 9) поверочный расчет несущей способности конструкций по результатам обследования; 10) анализ причин появления дефектов и повреждений в конструкциях; 11) составление итогового документа (заключения) с выводами по результатам обследования.

Заключение по итогам обследования технического состояния объекта включает в себя: 1) оценку технического состояния (категория технического состояния); 2) материалы, обосновывающие принятую категорию технического состояния объекта; 3) обоснование наиболее вероятных причин появления дефектов и повреждений в конструкциях (при наличии); 4) рекомендации по восстановлению или усилению конструкций (при необходимости); 5) рекомендации по дальнейшей эксплуатации; 6) срок очередного обследования.

По результатам обследования технического состояния здания (сооружения) составляют паспорт конкретного здания (сооружения), если он не был составлен ранее, или уточняют его структуру и содержание.

4.2.3. Комплексное обследование технического состояния зданий (сооружений)

Комплексное обследование технического состояния зданий (сооружений) – комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров грунтов основания, строительных конструкций, инженерного обеспечения (оборудования, трубопроводов, электрических сетей и др.), характеризующих работоспособность объекта обследования и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость восстановления, усиления, ремонта; включает в себя обследование технического состояния здания (сооружения), теплотехнических и акустических свойств конструкций, систем инженерного обеспечения объекта, за исключением технологического оборудования, и проводится: 1) по истечении нормативных сроков эксплуатации зданий (сооружений); 2) при обнаружении значительных дефектов, повреждений и деформаций в процессе технического обслуживания, осуществляемого собственником здания (сооружения); 3) по результатам последствий пожаров, стихийных бедствий, аварий, связанных с разрушением здания (сооружения); 4) по инициативе собственника объекта; 5) при изменении технологического назначения здания (сооружения); 6) перед проведением капитального ремонта или реконструкции; 7) по предписанию органов, уполномоченных на ведение государственного строительного надзора [81].

При комплексном обследовании технического состояния здания и сооружения получаемая информация должна быть достаточной для проведения вариантного проектирования реконструкции или капитального ремонта объекта. При этом объектами обследования являются грунты основания, конструкции и их элементы, технические устройства, оборудование и сети [23].

Детальное (инструментальное) комплексное обследование технического состояния здания (сооружения) включает в себя проведение следующих работ:

1) собственно детальное (инструментальное) обследование технического состояния здания (сооружения): измерение необходимых для выполнения целей обследования геометрических параметров зданий (сооружений), конструкций, их элементов и узлов; инженерно-геологические изыскания (при необходимости); инструментальное определение параметров дефектов и повреждений, в том числе динамических параметров; определение фактических характеристик материалов основных несущих конструкций и их элементов; измерение параметров эксплуатационной среды, присущей технологическому процессу в здании и сооружении; определение реальных эксплуатационных нагрузок и воздействий, воспринимаемых обследуемыми

конструкциями с учетом влияния деформаций грунтов основания; определение реальной расчетной схемы здания или сооружения и его отдельных конструкций; определение расчетных усилий в несущих конструкциях, воспринимающих эксплуатационные нагрузки; поверочный расчет несущей способности конструкций по результатам обследования; анализ причин появления дефектов и повреждений в конструкциях; составление итогового документа (заключения) с выводами по результатам обследования;

2) обследование технического состояния инженерного оборудования: систем горячего водоснабжения; систем отопления; систем холодного водоснабжения; систем канализации; систем вентиляции; систем мусороудаления; систем газоснабжения; водостоков;

3) обследование технического состояния электрических сетей и средств связи;

4) обследование звукоизоляции ограждающих конструкций, шума инженерного оборудования, вибраций и внешнего шума;

5) определение теплотехнических показателей наружных ограждающих конструкций.

Заключение по итогам комплексного обследования технического состояния объекта включает в себя: 1) оценку технического состояния (категорию технического состояния); 2) результаты обследования, обосновывающие принятую категорию технического состояния объекта; 3) оценку состояния инженерных систем, электрических сетей и средств связи, звукоизолирующих свойств ограждающих конструкций, шума инженерного оборудования, вибраций и внешнего шума, теплотехнических показателей наружных ограждающих конструкций; 4) результаты обследования, обосновывающие принятые оценки; 5) обоснование наиболее вероятных причин появления дефектов и повреждений в конструкциях, инженерных системах, электрических сетях и средствах связи, снижения звукоизолирующих свойств ограждающих конструкций, теплоизолирующих свойств наружных ограждающих конструкций (при наличии); 6) задание на проектирование мероприятий по восстановлению, усилению или ремонту конструкций, оборудования, сетей (при необходимости).

4.2.4. Мониторинг технического состояния зданий и сооружений

Согласно [6, 23], под *общим мониторингом технического состояния зданий (сооружений)* понимают систему наблюдения и контроля, осуществляемых по определенной программе, утверждаемой заказчиком, для выявления объектов, на которых произошли значительные изменения напряженно-деформированного состояния несущих конструкций или крена и для которых необходимо обследование их технического состояния (изменения напряженно-деформированного состояния характеризуются

изменением имеющихся и возникновением новых деформаций или определяются путем инструментальных измерений).

Наряду с общим мониторингом по требованию контролирующих органов и с учетом ряда обстоятельств могут выполняться:

1) *мониторинг технического состояния зданий (сооружений), попадающих в зону влияния строек и природно-техногенных воздействий* – система наблюдения и контроля, осуществляемых по определенной программе на объектах, попадающих в зону влияния строек и природно-техногенных воздействий, для контроля их технического состояния и своевременного принятия мер по устранению возникающих негативных факторов, ведущих к ухудшению этого состояния;

2) *мониторинг технического состояния зданий (сооружений), находящихся в ограниченно работоспособном или аварийном состоянии* – система наблюдения и контроля, осуществляемых по определенной программе, для отслеживания степени и скорости изменения технического состояния объекта и принятия в случае необходимости экстренных мер по предотвращению его обрушения или опрокидывания, действующая до момента приведения объекта в работоспособное техническое состояние;

3) *мониторинг технического состояния уникальных зданий (сооружений)* – система наблюдения и контроля, осуществляемых по определенной программе для обеспечения безопасного функционирования уникальных зданий или сооружений за счет своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения напряженно-деформированного состояния конструкций и грунтов оснований или крена, которые могут повлечь за собой переход объектов в ограниченно работоспособное или в аварийное состояние; при этом под уникальным зданием (сооружением) понимается объект капитального строительства, в проектной документации которого предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик: высота более 100 м, пролеты более 100 м, наличие консоли более 20 м, заглубление подземной части (полностью или частично) ниже планировочной отметки более чем на 15 м, пролеты более 50 м или строительный объем более 100 тыс. м и с одновременным пребыванием более 500 человек.

Мониторинг технического состояния зданий и сооружений проводят с целью: 1) контроля технического состояния зданий и сооружений и своевременного принятия мер по устранению возникающих негативных факторов, ведущих к ухудшению этого состояния; 2) выявления объектов, на которых произошли изменения напряженно-деформированного состояния несущих конструкций и для которых необходимо обследование их технического состояния; 3) обеспечения безопасного функционирования зданий и сооружений за счет своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения напряженно-деформированного состояния конструкций и грунтов

оснований, которые могут повлечь переход объектов в ограниченно работоспособное или в аварийное состояние; 4) отслеживания степени и скорости изменения технического состояния объекта и принятия в случае необходимости экстренных мер по предотвращению его обрушения.

Для определения задач мониторинга технического состояния конкретного здания (сооружения) разрабатывают программу проведения мониторинга, в которой наряду с перечислением видов работ устанавливают перечень наблюдаемых параметров и периодичность наблюдений с учетом технического состояния объекта, а также общую продолжительность мониторинга. При выборе системы наблюдений учитывают цель проведения мониторинга, а также скорость протекания процессов и их изменение во времени, продолжительность измерений, ошибки измерений, в том числе за счет изменения состояния окружающей среды, а также влияния помех и аномалий природно-техногенного характера.

Методика и объем мониторинговых работ, включая измерения, должны обеспечивать достоверность и полноту получаемой информации для подготовки исполнителем обоснованного заключения о текущем техническом состоянии объекта (объектов). В ходе длительных наблюдений и при изменении внешних условий необходимо обеспечить учет изменения условий и компенсационные поправки (температурные, влажностные и т. п.) для измерительных устройств.

В результате проведения каждого этапа мониторинга должна быть получена информация, достаточная для подготовки обоснованного заключения о текущем техническом состоянии здания или сооружения и выдачи краткосрочного прогноза о его состоянии на ближайший период.

Первоначальным этапом мониторинга технического состояния зданий (сооружений), за исключением общего мониторинга технического состояния зданий (сооружений), является обследование их технического состояния. На этом этапе устанавливают категории технического состояния зданий (сооружений), фиксируют дефекты конструкций, за изменением состояния которых (а также за возникновением новых дефектов) будут осуществляться наблюдения.

В случае получения на каком-либо этапе мониторинга данных, указывающих на ухудшение технического состояния всей конструкции или ее элементов, которое может привести к обрушению здания (сооружения), организация, проводящая мониторинг, должна немедленно информировать о сложившейся ситуации, в том числе в письменном виде, собственника объекта, эксплуатирующую организацию, местные органы исполнительной власти, территориальные органы ведомства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Ниже приведена характеристика указанных выше видов мониторинговых работ.

Общий мониторинг технического состояния зданий (сооружений).

При общем мониторинге, как правило, в полном объеме выполняют не обследование технического состояния зданий (сооружений), а визуальный осмотр конструкций в целях приблизительной оценки категории технического состояния, измеряют динамические параметры конкретных зданий (сооружений) и составляют паспорт здания (сооружения).

Если по результатам приблизительной оценки категория технического состояния здания (сооружения) соответствует нормативному или работоспособному техническому состоянию, то повторные измерения динамических параметров проводят через два года.

Если по результатам повторных измерений динамических параметров их изменения не превышают 10 %, то следующие измерения проводят еще через два года.

Если по результатам приблизительной оценки категория технического состояния здания (сооружения) соответствует ограниченно работоспособному или аварийному состоянию или если при повторном измерении динамических параметров здания (сооружения) результаты измерений различаются более чем на 10 %, то техническое состояние такого здания (сооружения) подлежит обязательному внеплановому обследованию.

По результатам общего мониторинга технического состояния зданий (сооружений) исполнитель составляет общее заключение и заключение о техническом состоянии каждого изученного здания (сооружения).

Мониторинг технического состояния зданий и сооружений, находящихся в ограниченно работоспособном или аварийном состоянии.

При мониторинге технического состояния зданий (сооружений), категория технического состояния которых соответствует ограниченно работоспособному или аварийному состоянию, контролируют процессы, протекающие в конструкциях зданий (сооружений) и грунте до выполнения работ по восстановлению или усилению объектов и во время проведения таких работ.

На каждой стадии мониторинга технического состояния конструкций зданий (сооружений) и грунта проводят следующие работы: 1) определяют текущие динамические параметры объекта и сравнивают их с параметрами, измеренными на предыдущем этапе; 2) фиксируют степень изменения ранее выявленных дефектов и повреждений конструкций объекта и выявляют вновь появившиеся дефекты и повреждения; 3) проводят повторные измерения деформаций, кренов, прогибов и т. п. и сравнивают их со значениями аналогичных величин, полученными на предыдущем этапе; 4) анализируют полученную на данном этапе мониторинга информацию и делают заключение о текущем техническом состоянии объекта.

Мониторинг технического состояния зданий и сооружений, попадающих в зону влияния нового строительства, реконструкции или природно-техногенных воздействий. Цели мониторинга технического состояния зданий (сооружений), попадающих в зону влияния нового строительства и природно-техногенных воздействий, достигают путем: 1) определения абсолютных и относительных значений деформаций конструкций зданий (сооружений) и сравнения их с расчетными и допустимыми значениями; 2) выявления причин возникновения и степени опасности деформаций для нормальной эксплуатации объектов; 3) принятия своевременных мер по борьбе с возникающими деформациями или по устранению их последствий; 4) уточнения расчетных данных и физико-механических характеристик грунтов; 5) уточнения расчетных схем для различных типов зданий (сооружений) и коммуникаций; 6) установления эффективности принимаемых профилактических и защитных мероприятий; 7) уточнения закономерностей процесса сдвижения грунтовых пород и зависимости его параметров от основных влияющих факторов.

Мониторинг технического состояния зданий (сооружений), попадающих в зону влияния нового строительства и природно-техногенных воздействий, планируют до начала строительства или ожидаемого природно-техногенного воздействия. При мониторинге технического состояния зданий (сооружений) проводят оценку зоны влияния динамических воздействий на окружающие здания и сооружения при погружении свайных элементов строящихся зданий. Необходимые измерения и расчёты выполняют в соответствии с [23, 84].

Составлению программы наблюдений должны предшествовать оценка и прогноз геомеханического состояния породного массива в районе крупного строительства и зоне его влияния на объекты, расположенные на земной поверхности. Оценка геомеханического состояния до начала строительных работ проводят на основании геологических данных и инженерных изысканий. При этом особое внимание уделяют определению природного поля напряжений, характеристике тектонических нарушений, трещиноватости, слоистости, водообильности, карстообразованию и другим особенностям массива.

Прогноз изменения геомеханического состояния породного массива под влиянием горных работ дают как для типовых условий строительства и эксплуатации объекта, так и для аварийных ситуаций (разрушение крепи котлованов, прорыв в них плывунов, развитие карстовых образований, активизация древних оползней и т. д.). Прогноз состоит из определения ожидаемых параметров развития геомеханических процессов, основными из которых являются: 1) размеры и местоположения зон сдвижения; 2) зна-

чения максимальных сдвижений и деформаций; 3) характер распределения деформаций в мульде сдвижения; 4) общая продолжительность процесса сдвижения и периода опасных деформаций.

Инструментальные наблюдения за сдвижением земной поверхности и расположенными на ней объектами осуществляю в целях получения информации об изменении геомеханического состояния породного массива, на основании которой можно своевременно принимать необходимые профилактические и защитные меры. Эти наблюдения проводят с помощью системы реперов, закладываемых в грунт и конструкции зданий и сооружений, а за сдвижением толщи горных пород – с помощью глубинных реперов, закладываемых в скважины. На застроенных территориях для исключения возможности повреждений подземных коммуникаций места закладки реперов должны согласовываться с органами местной исполнительной власти. Закладка реперов и начальные наблюдения на них должны проводиться до начала строительства. Одновременно с разбивкой наблюдательной сети реперов должны намечаться места для закладки трех исходных реперов, с помощью которых в дальнейшем будет определяться положение опорных реперов профильной линии по высоте и контролироваться их неподвижность. Для наблюдения за отдельными зданиями (сооружениями), попадающими в зону влияния нового строительства и природно-техногенных воздействий, закладывают стенные и грунтовые реперы. До начала наблюдений обследуют техническое состояние зданий (сооружений), измеряют динамические параметры, составляют паспорта.

Наблюдения за сдвижением земной поверхности, а также за деформациями зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строительства подземного сооружения, включают периодические инструментальные определения положения реперов с фиксированием видимых нарушений, а также изучение всех факторов, влияющих на значения и характер сдвижений и деформаций. Для зданий (сооружений) также проводят измерения их динамических параметров.

Наблюдения за деформациями оснований зданий (сооружений) проводят по [18, 80, 84]. При наблюдениях за зданиями определяют неравномерность оседаний фундаментов, фиксируют трещины и другие повреждения конструкций, надежность узлов их опирания, наличие необходимых зазоров в швах и шарнирных опорах. Для промышленных зданий определяют также относительные горизонтальные перемещения отдельно стоящих фундаментов колонн, крены фундаментов технологического оборудования, а при наличии мостовых кранов – отклонения от проектного положения подкрановых путей: поперечный и продольный уклоны, изменения ширины колеи и приближение крана к строениям.

Определение точности измерения вертикальных и горизонтальных деформаций проводят в зависимости от ожидаемого расчетного значения перемещения. При отсутствии данных по расчетным значениям деформаций оснований и фундаментов допускается устанавливать класс точности измерений вертикальных и горизонтальных перемещений: 1) для зданий (сооружений) уникальных, находящихся в эксплуатации более 50 лет, возводимых на скальных и полускальных грунтах; 2) для зданий (сооружений), возводимых на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах; 3) для зданий (сооружений), возводимых на насыпных, просадочных, заторфованных и других сильно сжатых грунтах; 4) для земляных сооружений.

Предельные погрешности измерения крена в зависимости от высоты H здания (сооружения) не должны превышать следующих значений, мм: для гражданских зданий (сооружений) – $0,0001 \cdot H$; для промышленных зданий (сооружений) – $0,0005 \cdot H$; для фундаментов под машины и агрегаты – $0,00001 \cdot H$.

Геодезическими методами и приборами по наблюдательным реперам измеряют вертикальные и горизонтальные перемещения земной поверхности и, при необходимости, дна котлована. При появлении трещин на земной поверхности в пределах приоткосной зоны организуют дополнительные систематические наблюдения за их развитием по протяженности, ширине и глубине. Одновременно с инструментальными наблюдениями на земной поверхности проводят маркшейдерские наблюдения непосредственно в подземном сооружении.

По материалам измерений, вычислений и геолого-маркшейдерской документации составляют заключение, содержащее необходимую информацию о состоянии зданий и сооружений, попадающих в зону влияния крупного нового строительства и природно-техногенных воздействий, изменении геомеханического состояния породного массива; степени опасности и скорости развития негативных процессов (при необходимости). К заключению прикладывают документацию, подтверждающую сделанные в нем выводы.

Мониторинг технического состояния уникальных зданий и сооружений. Мониторинг технического состояния оснований и строительных конструкций уникальных зданий (сооружений) выполняют в целях обеспечения их безопасного функционирования. Его результаты являются основой эксплуатационных работ на этих объектах. При мониторинге осуществляют контроль за процессами, протекающими в конструкциях объектов и грунте, для своевременного обнаружения на ранней стадии тенденции негативного изменения напряженно-деформированного состояния

конструкций и оснований, которое может повлечь за собой переход объекта в ограниченно работоспособное или аварийное состояние, а также получения необходимых данных для разработки мероприятий по устранению возникших негативных процессов.

Состав работ по мониторингу технического состояния оснований и строительных конструкций уникальных зданий (сооружений) регламентируется индивидуальными программами проведения измерений и анализа состояния несущих конструкций в зависимости от технического решения здания (сооружения) и его деформационного состояния. В эксплуатируемом уникальном здании (сооружении), как правило, доступ к большей части несущих конструкций существенно ограничен, а работы по традиционному обследованию технического состояния конструкций трудоемки и дороги. Для таких объектов применяют специальные методы и технические средства раннего выявления и локализации мест изменения напряженно-деформированного состояния конструкций с последующим обследованием технического состояния выявленных опасных участков конструкций.

Для осуществления контроля и ранней диагностики технического состояния оснований и строительных конструкций уникального здания (сооружения) устанавливают автоматизированный стационарный комплекс мониторинга технического состояния (в соответствии с заранее разработанным проектом), которая должна обеспечивать в автоматизированном режиме выявление изменения напряженно-деформированного состояния конструкций с локализацией их опасных участков, определение уровня крена здания или сооружения, а в случае необходимости – и других параметров (деформации, давление и др.). Настройку автоматизированной стационарной системы (станции) мониторинга проводят, как правило, с использованием заранее разработанной математической модели для проведения комплексных инженерных расчетов по оценке возникновения и развития дефектов в строительных конструкциях, в том числе и в кризисных ситуациях.

Автоматизированная стационарная система (станция) мониторинга технического состояния оснований и строительных конструкций должна:

- 1) осуществлять комплексную обработку результатов проводимых измерений;
- 2) проводить анализ различных измеренных параметров строительных конструкций (динамических, деформационных, геодезических и др.) и сравнение с их предельными допустимыми значениями;
- 3) предоставлять достаточную информацию для выявления на ранней стадии тенденции негативного изменения напряженно-деформированного состояния конструкций, которое может привести к переходу объекта в ограниченно работоспособное или аварийное состояние.

При выявлении мест изменения напряженно-деформированного состояния конструкций проводят обследование этих частей и по их результатам делают выводы о техническом состоянии конструкций, причинах изменения их напряженно-деформированного состояния и необходимости принятия мер по восстановлению или усилению конструкций.

Мониторинг системы инженерно-технического обеспечения уникальных зданий (сооружений) проводят в целях обеспечения ее безопасного функционирования. Результаты мониторинга являются основой работ по обеспечению безопасной эксплуатации этих объектов. При мониторинге осуществляется контроль работоспособности и результатов работы системы инженерно-технического обеспечения для своевременного обнаружения на ранней стадии негативных факторов, угрожающих безопасности уникальных зданий (сооружений).

4.3. Техническое обслуживание

4.3.1. Общие положения

В соответствии [81] в задачи технического обслуживания зданий (сооружений) входят: 1) текущее обслуживание, включающее в себя подготовку здания (сооружения), его элементов и систем к сезонной эксплуатации; 2) ремонтное обслуживание, включающее в себя текущий и капитальный ремонт.

В состав работ по текущему обслуживанию входят: 1) исправление неисправностей, выявленных в ходе осмотров; 2) проведение регламентных работ по регулировке и наладке систем инженерно-технического обеспечения, в том числе при подготовке к сезонной эксплуатации; 3) проведение работ по подготовке здания (сооружения) к сезонной эксплуатации; 4) санитарное содержание помещений здания (сооружения) и прилегающей территории; 5) уборка снега, в том числе с кровли; 6) обеспечение работоспособности систем общего мониторинга технического состояния несущих строительных конструкций.

Различают два основных метода обслуживания:

1) *по ресурсу* (профилактическое обслуживание) – плановое обслуживание с планированием мероприятий по ресурсу инженерного оборудования и конструктивных элементов: нормативный срок службы по наработке в машино-часах, по числу отказов и др.;

2) *по состоянию* (предупредительное обслуживание) – плановое обслуживание с планированием мероприятий по значениям фактических (текущих) параметров технического состояния элементов инженерного оборудования и конструктивных элементов зданий (сооружений).

Сравнение методов обслуживания приведено в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Сравнение методов обслуживания зданий (сооружений) [81]

Метод	Преимущества	Недостатки
По ресурсу	• обеспечение нормативных сроков службы оборудования и нормативных простоев; • снижение потребления ресурсов; • уменьшение числа отказов	• несоответствие использования ресурса оборудования реальным условиям эксплуатации; • необходимость инвестиций в персонал и технологии; • сохранение вероятности серьезных отказов
По состоянию	• снижение потребления ресурсов; • соответствие сроков службы оборудования реальным условиям эксплуатации; • снижение вероятности серьезных отказов	• необходимость инвестиций в подготовку диагностов; • необходимость инвестиций в диагностическое оборудование; • необходимость инвестиций в информационные технологии

Планирование сроков проведения капитальных ремонтов жилых и общественных зданий (сооружений) осуществляют в зависимости от их конструктивной схемы с учетом продолжительности эффективной эксплуатации зданий (табл. 4.3) и на основании осмотров и данных о целесообразности предупредительных ремонтных работ (принимая во внимание экономические и технические возможности собственников здания (сооружения)).

Таблица 4.3

Продолжительность эффективной эксплуатации зданий (сооружений) [81]

Конструктивная схема здания (сооружения), условия эксплуатации	Продолжительность, лет
Полносборные крупнопанельные, крупноблочные, со стенами из кирпича, натурального камня и т. п. с железобетонными перекрытиями при нормальных условиях эксплуатации (здания с аналогичным температурно-влажностным режимом основных функциональных помещений)	15–20
То же, при благоприятных условиях эксплуатации, при постоянно поддерживаемом температурно-влажностном режиме	20–25
То же, при тяжелых условиях эксплуатации, при повышенной влажности, агрессивности воздушной среды, значительных колебаниях температуры, а также открытые сооружения	10–15

Конструктивная схема здания (сооружения), условия эксплуатации	Продолжительность, лет
Со стенами из кирпича, естественного камня и т. п., с деревянными перекрытиями: деревянные, со стенами из прочих материалов при нормальных условиях эксплуатации (здания с аналогичным температурно-влажностным режимом основных функциональных помещений)	10–15
То же, при благоприятных условиях эксплуатации, при постоянно поддерживаемом температурно-влажностном режиме	15–20
То же, при тяжелых условиях эксплуатации, при повышенной влажности, агрессивности воздушной среды, значительных колебаниях температуры, а также открытые сооружения	5–12

Конкретный перечень работ по текущему ремонту, минимальную периодичность плановых осмотров элементов и помещений зданий (сооружений) различных классификационных групп определяет эксплуатирующая организация, исходя из технического состояния зданий (сооружений) и местных условий. Объемы капитального ремонта должны быть определены по результатам обследования и мониторинга технического состояния зданий (сооружений), проводимых в соответствии с [23].

Для зданий (сооружений) промышленного назначения с высокой антропогенной нагрузкой на окружающую среду в рамках технического обслуживания объекта необходимо проводить мероприятия по предупреждению и устранению загрязнения окружающей среды, предусмотренные проектной документацией [81].

Эксплуатация несущих конструкций. В процессе эксплуатации конструкций не допускается изменять конструктивную схему здания (сооружения). Строительные конструкции необходимо предохранять от перегрузки, в том числе носящей кратковременный характер. Также необходимо обеспечить условия эксплуатации, при которых несущие конструкции не снижают своих первоначальных свойств, соответствующих требованиям по проектированию каменных и армокаменных, стальных, бетонных и железобетонных, деревянных конструкций и других видов несущих строительных конструкций соответственно.

В случае выявления недопустимых дефектов, повреждений и негативных процессов в несущих конструкциях должны быть приняты соответствующие неотложные меры. Степень опасности и меры по устранению дефектов, повреждений и негативных процессов в строительных

конструкциях следует определять на основе поверочных расчетов в соответствии с требованиями действующих нормативных и инструктивных документов с привлечением специализированных организаций.

Замену или модернизацию технологического оборудования, вызывающую изменение силовых воздействий, степени или вида агрессивного воздействия на строительные конструкции здания (сооружения), проведение работ по демонтажу оборудования, переналадке технологических коммуникаций следует проводить только по специальным проектам. Железобетонные конструкции следует предохранять от воздействия проточной воды, кислот, щелочей, масел, эмульсий, нефтепродуктов и других агрессивных по отношению к бетону или арматуре жидкостей, а также концентрированных растворов веществ, кристаллизующихся при испарении растворов. Металлические конструкции должны быть обеспечены надежной антикоррозионной защитой, которая осуществляется, прежде всего, нанесением защитных лакокрасочных покрытий. Значительные повреждения антикоррозионного покрытия необходимо восстанавливать по специально разработанному проекту. Деревянные конструкции должны быть открытыми, хорошо проветриваемыми, по возможности доступными во всех частях для осмотра, профилактического ремонта, возобновления защитной обработки древесины и т. д. В помещениях с деревянными конструкциями необходимо содержать в исправном состоянии устройства для их вентилирования (слуховые окна, каналы, решетки и т. п.), принимая меры для дополнительного вентилирования и просушки древесины в случае ее увлажнения.

Параметры деформации грунтов оснований и дефекты фундаментов, как правило, следует устанавливать в процессе осмотров надземных строительных конструкций. При этом необходимо учитывать, что признаками деформации грунтов и дефектов фундаментов являются смещения по вертикали, трещины, наклоны или перекосы конструкций и элементов здания (сооружения). При появлении признаков неравномерных осадков фундаментов необходимо выполнить осмотр здания (сооружения), установить маяки на трещины, организовать геодезический мониторинг, принять меры по выявлению причин деформаций и их устранению.

Если после устранения нарушений правил содержания строительных конструкций (проникновения технологических или хозяйственных вод в грунт, перегрузок строительных конструкций или поверхности грунта около стен здания, неисправности систем дренажа и водопонижения и т. д.) повреждения продолжают фиксироваться, то для определения причин их появления и мер по предотвращению разрушения строительных конструкций необходимо проведение технического обследования здания (сооружения) и грунтов его основания специализированной организацией.

При появлении агрессивных грунтовых вод или повреждениях антикоррозионной защиты подземных строительных конструкций необходимо с привлечением специализированной организации подготовить мероприятия по защите фундаментов, стен подвалов или других подземных строительных конструкций от разрушения. Гидроизоляция фундаментов под оборудование должна быть непрерывной и единой с гидроизоляцией пола, обеспечивающей непроницаемость при возможных проливах жидкостей на пол или фундаменты. В случае крепления оборудования к фундаменту с помощью анкеров необходимо заделывать зазоры между анкером и защитной облицовкой химически стойким к данной среде материалом.

Эксплуатация ограждающих конструкций. При осмотрах наружных стен наибольшее внимание следует уделять участкам их сопряжения с другими конструкциями (фундаментными балками, цоколем, отмосткой или тротуаром, заполнениями проемов, внутренними стенами, перекрытиями и покрытием здания (сооружения), включая балки, фермы и плиты и т. д.) и сопряжениям отдельных элементов наружных стен между собой (перемычек с простенками, швы между панелями и блоками, зоны опирания панелей на столы и т. п.), элементам креплений панелей и креплений к стене пожарных, аварийных лестниц и других устройств. Узлы крепления панелей стен необходимо детально осматривать не реже двух раз в год, а в зданиях (сооружениях) с агрессивными средами – ежемесячно, восстанавливая противокоррозионные защитные покрытия непосредственно после обнаружения их повреждений.

Для предотвращения избыточного увлажнения внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций конденсационной влагой необходимо предусмотреть поддержание в помещениях, подвалах и технических подпольях помещений требуемого температурно-влажностного режима.

Для предохранения строительных конструкций и оснований зданий (сооружений) от воздействия атмосферных осадков и грунтовых вод следует: 1) содержать в исправном состоянии наружные ограждающие конструкции (в первую очередь влагоизолирующие и другие наружные слои конструкций), элементы и устройства для отвода дождевых и талых вод (разжелобки, фартуки, сливы, окрытия, наружные и внутренние водостоки, сети ливневой канализации, системы дренажа), влагоизолирующие слои фундаментов; 2) поддерживать сплошность, ровность и проектный уклон дорог, тротуаров и отмосток; 3) поддерживать проектную планировку территорий; 4) обеспечивать своевременную очистку и удаления наледей и сосулек с карнизов и уборку, при необходимости, снега с кровли; 5) организовывать уборку снега от стен здания (сооружения) на расстоянии не менее 2 м при наступлении оттепелей; 6) контролировать уровень и, при необходимости, химический состав грунтовых вод.

Эксплуатация систем инженерно-технического обеспечения осуществляется в соответствии с действующими нормативными документами.

При технической эксплуатации и проведении ремонтных работ зданий (сооружений) необходимо обеспечение безопасности:

- 1) жизни и здоровья людей, находящихся в зоне ремонтных работ;
- 2) жизни и здоровья специалистов и рабочих, выполняющих работы;
- 3) жизни животных и растений на прилегающей территории;
- 4) воздействия на окружающую среду.

Безопасность работ в процессе технической эксплуатации и проведения текущего и капитального ремонта зданий (сооружений) обеспечивается соблюдением действующего законодательства по охране труда, санитарных правил и отраслевых нормативных документов [81].

4.3.2. Техническая эксплуатационная документация

К эксплуатационной документации длительного хранения относятся [81]:

- 1) техническая документация здания (сооружения), в том числе: генеральный и ситуационный планы; акты приемки в эксплуатацию здания (сооружения) и прилагаемая к ним исполнительная документация; паспорт на здание (сооружение) и участок; заключения по этапам общего мониторинга технического состояния;
- 2) информация об ограничениях функционирования здания (сооружения);
- 3) эксплуатационный паспорт;
- 4) энергетический паспорт;
- 5) санитарный паспорт, удостоверяющий, что в здании (сооружении) проводится согласованный с учреждениями госсанэпидслужбы необходимый объем дезинсекционных и дератизационных мероприятий;
- 6) паспорт безопасности (в предусмотренных законодательством случаях);
- 7) паспорта систем инженерно-технического обеспечения, системы общего мониторинга технического состояния несущих строительных конструкций;
- 8) журнал эксплуатации здания (сооружения).

Техническую документацию длительного хранения следует корректировать по мере изменения технического состояния, переоценки основных фондов, проведения капитального ремонта или реконструкции и т. п.

В состав документации, заменяемой в связи с истечением срока ее действия, входят:

- 1) отчеты о технических осмотрах здания (сооружения), обходные листы;

- 2) планы материально-технического обеспечения мероприятий по эксплуатации;
- 3) сведения о работах по эксплуатации;
- 4) ведомости затрат на техническое обслуживание и ремонт, содержание здания (сооружения), коммунальные услуги;
- 5) сведения о текущем и капитальном ремонтах (проекты, сметы, ведомости, акты приемки работ);
- 6) протоколы измерений сопротивления изоляции электрических сетей и иных параметров других систем инженерно-технического обеспечения и оборудования здания (сооружения), проводимых как по требованиям законодательства, так и по заявкам заинтересованных лиц (собственников, арендаторов, жильцов и т. д.);
- 7) журналы заявок жильцов (для жилых зданий);
- 8) инструкции по проведению работ технического обслуживания зданий (сооружений), их элементов и систем;
- 9) инструкции по проведению мероприятий по обеспечению анти-террористической безопасности;
- 10) инструкции по охране труда для персонала, осуществляющего эксплуатацию;
- 11) изменения и дополнения к документации;
- 12) прочее [81].

4.4. Особенности эксплуатации гидротехнических сооружений

4.4.1. Основные термины и определения

Эксплуатация гидротехнического сооружения – использование гидротехнического сооружения (сооружения, подвергающегося воздействию водной среды, предназначенного для использования и охраны водных ресурсов, предотвращения вредного воздействия вод, в том числе загрязненных жидкими отходами [71]) по назначению с поддержанием работоспособного состояния в соответствии с проектом, требованиями действующих норм проектирования и правилами технической эксплуатации.

Безопасность гидротехнического сооружения – свойство гидротехнического сооружения, определяющее его защищенность от внутренних и внешних угроз или опасностей и препятствующее возникновению на объекте источника техногенной опасности для жизни, здоровья и законных интересов людей, состояния окружающей среды, хозяйственных объектов и собственности.

Техногенная безопасность гидротехнического сооружения – свойство гидротехнического сооружения, определяющее его устойчивость и живучесть при отказах и авариях, а также способность не допускать

в установленных режимах эксплуатации возникновения опасных событий и состояний, которые могут нанести вред людям, их собственности, хозяйственным объектам и окружающей среде.

Характеристики безопасности гидротехнического сооружения – критерии безопасности гидротехнического сооружения, показатели состояния гидротехнического сооружения и окружающей среды, характеризующие пределы и уровень его безопасности.

Критерии безопасности гидротехнического сооружения – установленные с учетом класса гидротехнического сооружения качественные признаки и количественные показатели, характеризующие его безопасность и безопасность окружающей среды при различных режимах и условиях эксплуатации, технического обслуживания и ремонта гидротехнического сооружения, ввода и вывода из эксплуатации, а также действующие экологические нормативы и требования техники безопасности.

Показатели безопасности гидротехнического сооружения – количественные показатели, характеризующие вероятности реализации либо нарушения установленных критериев безопасности гидротехнического сооружения.

Класс гидротехнического сооружения – регламентируемая действующими нормами проектирования качественно-количественная характеристика, определяющая степень социально-экономической значимости и ответственности гидротехнического сооружения и оцениваемая с учетом последствий аварии и/или нарушений эксплуатации.

Уровень безопасности гидротехнического сооружения – степень соответствия состояний гидротехнического сооружения и окружающей среды установленным критериям безопасности, принятым с соблюдением действующих норм проектирования, а квалификации эксплуатационного персонала и действий собственника (эксплуатирующей организации) – требованиям правил технической эксплуатации и действующего законодательства по техногенной и экологической безопасности.

Авария на гидротехническом сооружении – характерная для гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации потенциально возможная авария: разрушение либо повреждение гидротехнического сооружения, реализуемые в виде потери устойчивости, избыточных деформаций, потери прочности сооружения, конструкции, конструктивных элементов либо основания, в том числе и вследствие избыточного накопления повреждений и износа, прорыва напорного фронта либо неконтролируемого сброса воды или жидких стоков из хранилища, перелива воды через гребень подпорного сооружения, размывов и подмывов гидротехнического сооружения и/или его основания.

Разрушение гидротехнического сооружения – авария на гидротехническом сооружении, связанная со сдвигом сооружения по основанию либо с захватом части основания, опрокидыванием, внутренней либо внешней эрозией (размыва), обрушением либо сползанием грунтовых откосов, хрупким разрушением бетонных конструкций или разрывом стен водоводов, сопровождающихся преобразованием потенциальной энергии гидротехнического сооружения и воды в кинетическую, когда вода, элементы конструкций, основание, оборудование и т. п., вовлекаясь в аварийный процесс, создают поражающие факторы для других объектов, эксплуатационного персонала, населения и окружающей среды.

Повреждение гидротехнического сооружения – авария на гидротехническом сооружении, характеризуемая опасным отклонением показателей состояния объекта от проектно-эксплуатационных требований в виде осадок, трещин, увеличения фильтрационных расходов, повышения противодавления, нарушения сплошности креплений, работы дренажей и т. п. – всего того, что требует осуществления неотложных ремонтных мероприятий, непринятие которых может привести к выходу гидротехнического сооружения из строя (отказу) либо к его разрушению.

Сценарий аварии на гидротехническом сооружении – последовательность событий, состояний, явлений, процессов, действий собственника и эксплуатационного персонала на гидротехническом сооружении и в окружающей среде, которые определяют условия возникновения аварии на гидротехническом сооружении (сценарий возникновения аварии) и ее масштабы, характер развития и последствия аварии (сценарий развития аварии) в пространстве и во времени.

Система обеспечения безопасности гидротехнических сооружений – совокупность мероприятий, проводимых органами исполнительной власти Российской Федерации и ее субъектов, органами местного самоуправления, проектными и научно-исследовательскими организациями, собственниками (эксплуатирующими организациями) гидротехнических сооружений различного типа и назначения, включающих регулирование и обоснование безопасности, организацию надзора за безопасностью гидротехнических сооружений, обучение эксплуатационного персонала основам безопасности, подготовку к чрезвычайным ситуациям, в том числе создание и тренировку аварийно-спасательных служб, обучение населения действиям в чрезвычайных ситуациях, оснащение техническими устройствами (системами связи и оповещения и пр.) и ресурсами, обеспечивающими требуемый уровень безопасности гидротехнических сооружений в процессе их строительства, ввода в эксплуатацию, эксплуатации, вывода из эксплуатации, реконструкции, восстановления, консервации, ликвидации.

Нормативно-правовое и методическое обеспечение безопасности гидротехнических сооружений – система нормативно-правовых и методических документов (актов, законов, норм проектирования, правил технической эксплуатации, стандартов, типовых инструкций, методических рекомендаций, правил техники безопасности), регламентирующих состав мероприятий, направленных на обеспечение безопасности гидротехнических сооружений, в том числе на нормирование, различного рода запреты и ограничения.

Обеспечение безопасности гидротехнического сооружения – планирование и осуществление комплекса научно-методических и организационно-технических мероприятий по предупреждению опасных состояний гидротехнического сооружения и окружающей среды, повышению отказоустойчивости гидротехнического сооружения и его живучести при неисправностях, отказах и авариях, недопущению и уменьшению отрицательных последствий неисправностей, отказов, аварий и чрезвычайных ситуаций для эксплуатационного персонала, населения и окружающей среды.

Программа обеспечения безопасности гидротехнического сооружения (ПОб ГТС) – документ, устанавливающий комплекс требований по безопасности гидротехнического сооружения с учетом его класса и условий эксплуатации (в том числе интересов местного населения), состав организационно-технических мероприятий (включая план действий на случай опасных эксплуатационных воздействий либо аварии на гидротехническом сооружении) и порядок их проведения на определенных этапах жизненного цикла гидротехнического сооружения и при определенных режимах его эксплуатации (ввод в эксплуатацию, вывод из эксплуатации, первое наполнение водохранилища, сброс паводка, опорожнение водохранилища и т. п.).

Требования безопасности гидротехнического сооружения – совокупность характеристик безопасности гидротехнического сооружения и условий, соблюдение которых необходимо для ее обеспечения, устанавливаемых в нормативно-технических документах, правилах технической эксплуатации, технических заданиях и технических условиях, предписаниях органов надзора за безопасностью гидротехнических сооружений, заключениях государственной экспертизы проекта, декларации безопасности с учетом класса гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации.

Декларирование безопасности гидротехнического сооружения – процесс составления декларации безопасности гидротехнического сооружения, на которое распространяется действие Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений», ее экспертизы и утверждения.

Декларация безопасности эксплуатируемого гидротехнического сооружения – документ, составляемый собственником гидротехнического сооружения (уже существующего) или эксплуатирующей организацией, а в случае проектируемых и строящихся гидротехнических сооружений – юридическим лицом или физическим лицом, выполняющим функции заказчика, для предъявления органу надзора за промышленной безопасностью, в котором обосновывается безопасность гидротехнического сооружения и определяются меры по ее обеспечению в соответствии с классом сооружения.

Повышение безопасности гидротехнического сооружения – приведение характеристик безопасности гидротехнического сооружения к требованиям безопасности, отвечающим более высокому классу, либо к требованиям безопасности установленного класса, которые соответствуют действующим нормам проектирования, в том числе путем использования резервирования, улучшения технического обслуживания, проведения своевременного ремонта и реконструкции, включая выполнение требований действующего законодательства по техногенной и экологической безопасности, повышение уровня контролируемости состояния гидротехнического сооружения и окружающей среды на основе внедрения современных средств контроля и мониторинга, создания систем аварийного оповещения, повышения квалификации эксплуатационного персонала.

Поддержание безопасности гидротехнического сооружения – проведение собственником либо эксплуатирующей организацией комплекса организационно-технических мероприятий на гидротехническом сооружении, включая техническую диагностику, контроль и мониторинг, профилактические работы, техническое обслуживание и ремонт с целью сохранения достигнутых характеристик безопасности (уровня безопасности) гидротехнического сооружения с учетом его класса и условий эксплуатации.

Оценка безопасности гидротехнического сооружения – определение соответствия состояний гидротехнического сооружения и окружающей среды установленным критериям безопасности, принятым с соблюдением действующих норм проектирования, соответствия квалификации эксплуатационного персонала и действий собственника (эксплуатирующей организации) требованиям правил технической эксплуатации и законодательства по техногенной и экологической безопасности, определение уровня безопасности гидротехнического сооружения и формулирование окончательных выводов о безопасности гидротехнического сооружения с учетом его класса.

Нормальный уровень безопасности гидротехнического сооружения – уровень безопасности гидротехнического сооружения, при котором значения критериев безопасности не превышают предельно допустимых для

работоспособного состояния сооружения и основания, а эксплуатация осуществляется в соответствии с проектом и правилами эксплуатации без нарушений действующих законодательных актов, норм и правил, а также предписаний органов надзора.

Пониженный уровень безопасности гидротехнического сооружения – уровень безопасности гидротехнического сооружения, собственник (эксплуатирующая организация) которого допускает нарушения правил технической эксплуатации, невыполнение первоочередных мероприятий или неполное выполнение предписаний органов государственного надзора по обеспечению безопасности гидротехнического сооружения.

Неудовлетворительный уровень безопасности гидротехнического сооружения – уровень безопасности гидротехнического сооружения, эксплуатирующегося в условиях снижения механической или фильтрационной прочности, превышения предельно допустимых значений критериев безопасности для работоспособного состояния, других отклонений от проектного состояния, способных привести к возникновению аварии.

Критический уровень безопасности гидротехнического сооружения – уровень безопасности гидротехнического сооружения, эксплуатация которого происходит в условиях развивающихся процессов снижения прочности и устойчивости элементов конструкции и основания, превышения предельно допустимых значений критериев безопасности, характеризующих переход от частично неработоспособного к неработоспособному состоянию гидротехнического сооружения либо его основания.

Риск аварий на гидротехническом сооружении – комбинация вероятностей возникновения аварий на гидротехническом сооружении и их ожидаемых последствий для жизни и здоровья людей, собственности и окружающей среды.

Государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений – организация и проведение уполномоченными государственными органами исполнительной власти периодических инспекций (проверок) гидротехнических сооружений с целью установления соответствия их состояния и уровня эксплуатации требованиям безопасности, включая правила техники безопасности, требованиям норм и правил технической эксплуатации, экологическим нормативам, а также с целью проверки деятельности собственников (эксплуатационных организаций) гидротехнических сооружений по обеспечению и поддержанию их безопасности, в том числе исполнения предписаний предыдущих инспекций в установленном Законом Российской Федерации «О безопасности гидротехнических сооружений» порядке.

Технический надзор (или надзор) – надзор за безопасностью гидротехнического сооружения, осуществляемый силами собственника (эксплуатационной организации).

4.4.2. Декларирование безопасности гидротехнических сооружений

Как было указано выше, эксплуатация любого здания и сооружения, включая гидротехнические сооружения, во-первых, должна быть безопасной и обеспечивать выполнение заложенных в проекте функций. Во-вторых, безопасность именно гидротехнических сооружений должна быть обоснована и подтверждена необходимыми мероприятиями в рамках декларирования безопасности гидротехнического сооружения. Формальным результатом декларирования является соответствующий документ – декларация безопасности гидротехнического сооружения, а фактическим – его эксплуатационная безопасность.

Согласно [49, 53], декларация безопасности составляется собственником гидротехнического сооружения и (или) эксплуатирующей организацией (далее – декларанты) и представляется декларантом в орган надзора.

При разработке декларации безопасности должны учитываться следующие требования: а) полнота и достоверность данных о гидротехническом сооружении и его безопасности; б) всестороннее и полное выявление степени опасности и разработка сценариев возможных аварий и повреждений; в) обоснованность применяемых методов анализа, достаточность выполненных оценок риска и уровня безопасности гидротехнического сооружения с учетом его класса; г) полнота учета всех факторов, влияющих на результаты оценки безопасности; д) эффективность и достаточность реализованных и планируемых мер по обеспечению безопасности, соответствие содержания декларации безопасности обязательным требованиям.

Разработке декларации безопасности гидротехнических сооружений, находящихся в эксплуатации, консервируемых или ликвидируемых, предшествует обследование гидротехнических сооружений, которое организуется их собственником и (или) эксплуатирующей организацией, а в случае с гидротехническими сооружениями, которые не имеют собственника или собственник которых неизвестен либо от права собственности на которые собственник отказался, – органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации в области безопасности гидротехнических сооружений, на территории которого находятся указанные сооружения, с обязательным участием представителей органа надзора.

В случае если участниками обследования установлено, что возможные повреждения гидротехнических сооружений не приведут к возникновению чрезвычайной ситуации, декларирование безопасности таких гидротехнических сооружений не проводится, сведения о них не вносятся в Российский регистр гидротехнических сооружений и разрешение на эксплуатацию гидротехнического сооружения не требуется. Если после проведения обследования гидротехнического сооружения возникла аварийная (предаварийная) ситуация или имели место опасные отклонения фактических показателей состояния и условий эксплуатации гидротехнического сооружения от установленных критериев безопасности, обследование гидротехнического сооружения должно быть проведено повторно.

Декларация безопасности, подписываемая декларантом, должна содержать [58]:

а) общую информацию, включающую данные о гидротехнических сооружениях и природных условиях района их расположения, меры по обеспечению безопасности, предусмотренные проектом, правилами эксплуатации и предписаниями органа надзора, сведения о финансовом обеспечении гражданской ответственности за вред, который может быть причинен в результате аварии гидротехнических сооружений, основные сведения о собственнике и эксплуатирующей организации;

б) анализ и оценку безопасности гидротехнических сооружений, включая определение возможных источников опасности;

в) сведения об обеспечении готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций;

г) порядок информирования населения, органа надзора, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и территориальных органов Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий о возможных и возникших на гидротехнических сооружениях аварийных ситуациях;

д) заключение, включающее оценку уровня безопасности отдельных гидротехнических сооружений и комплекса гидротехнических сооружений объекта, а также перечень необходимых мероприятий по обеспечению безопасности;

е) реквизиты заключения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий или его территориального органа о готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций и защите населения и территорий в случае аварии

гидротехнического сооружения (наименование и адрес организации, эксплуатирующей гидротехническое сооружение);

ж) порядок осуществления мероприятий по консервации или ликвидации (в случае утраты или отсутствия проектной документации) гидротехнических сооружений (при консервации или ликвидации гидротехнических сооружений).

К декларации безопасности прилагаются:

а) сведения о гидротехнических сооружениях, необходимые для формирования и ведения Российского регистра гидротехнических сооружений;

б) акт преддекларационного обследования гидротехнических сооружений, составленный участниками обследования;

в) расчет вероятного вреда, определяемый в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 18 декабря 2001 года № 876 «Об утверждении Правил определения величины финансового обеспечения гражданской ответственности за вред, причиненный в результате аварии гидротехнического сооружения».

Декларация безопасности представляется декларантом в орган надзора не реже одного раза в 5 лет с даты ввода гидротехнических сооружений в эксплуатацию.

По решению органа надзора или по инициативе декларанта указанная декларация также представляется:

1) при изменении условий, влияющих на обеспечение безопасности гидротехнических сооружений, выявлении повреждений и аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях, ухудшении условий локализации или ликвидации чрезвычайных ситуаций и защиты от них населения и территорий – в течение 6 месяцев со дня обнаружения опасности;

2) при изменении обязательных требований, если гидротехнические сооружения не соответствуют таким обязательным требованиям, – в течение года со дня вступления в силу соответствующих нормативных правовых актов, правил и норм;

3) после реконструкции, капитального ремонта гидротехнических сооружений – до приемки соответствующих строительно-монтажных работ.

Декларация безопасности проектируемых гидротехнических сооружений разрабатывается в составе проектной документации на строительство (реконструкцию) гидротехнических сооружений, подлежащей экспертизе, и представляется в орган надзора для внесения сведений о проектируемом гидротехническом сооружении в Российский регистр гидротехнических сооружений.

Орган надзора организует проведение государственной экспертизы декларации безопасности. Целью государственной экспертизы декларации безопасности является установление полноты и достоверности

сведений, указанных в декларации безопасности, в части: 1) выявления степени опасности на гидротехнических сооружениях; 2) достаточности предусмотренных мер по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений и соответствия этих мер обязательным требованиям.

Государственная экспертиза декларации безопасности проводится экспертными центрами, определяемыми органом надзора по согласованию с федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере обеспечения безопасности гидротехнических сооружений. Экспертные центры формируют экспертные комиссии, к участию в работе которых могут привлекаться научно-исследовательские и проектные организации. Государственная экспертиза декларации безопасности проводится за плату на основании сметы расходов и счета, направляемых экспертным центром декларанту. Срок проведения государственной экспертизы декларации безопасности не должен превышать 3 месяцев со дня оплаты декларантом счета за проведение экспертизы. В случае принятия экспертной комиссией отрицательного заключения декларант вправе потребовать проведения повторной государственной экспертизы.

Орган надзора рассматривает декларацию безопасности и заключение экспертной комиссии и выносит решение об их утверждении или отказе в утверждении в месячный срок со дня поступления этих документов в орган надзора. При утверждении декларации безопасности орган надзора устанавливает срок ее действия, который не может превышать 5 лет. В случае если при рассмотрении органом надзора декларации безопасности и заключения экспертной комиссии выявляются обстоятельства, свидетельствующие о снижении уровня безопасности, орган надзора проводит инспекционную проверку гидротехнических сооружений и рассматривает представленную декларацию безопасности с учетом результатов проверки. При этом срок рассмотрения и утверждения декларации безопасности может быть увеличен до 4 месяцев. При снижении уровня безопасности гидротехнических сооружений, а также невыполнении мероприятий по обеспечению их безопасности орган надзора вправе сократить срок действия декларации безопасности.

4.4.3. Мониторинг безопасности гидротехнических сооружений

Согласно [63], мониторинг безопасности гидротехнических сооружений – это совокупность постоянных (непрерывных) наблюдений за состоянием безопасности гидротехнических сооружений и характером воздействия опасных факторов на окружающую среду.

В состав документации по ведению мониторинга безопасности ГТС рекомендуется включать: 1) проект мониторинга безопасности ГТС;

2) инструкцию о порядке ведения мониторинга безопасности ГТС накопителей жидких промышленных отходов; 3) аналитические сведения по результатам ведения мониторинга безопасности ГТС. Проект мониторинга безопасности ГТС может выполняться как раздел проектной документации или как отдельная проектная документация на строительство (расширение, реконструкцию) накопителей жидких отходов.

В проектной документации мониторинга ГТС может определяться следующий перечень объектов мониторинга: 1) сооружения (устройства), входящие в состав ГТС; 2) системы сооружений (устройств), входящие в состав ГТС; 3) основание ГТС; 4) технологические процессы, происходящие на сооружениях и в системах; 5) природно-климатические процессы, происходящие на участке расположения ГТС; 6) служба эксплуатации ГТС; 7) служба мониторинга ГТС; 8) документация по ГТС.

Объектами мониторинга могут быть как сооружения (устройства) в целом (дамбы (плотины), прудки-отстойники, насосные станции, пульповоды и водоводы, противофильтрационные экраны по дну накопителя, нагорные канавы и руслоотводные каналы, аварийные емкости, водосбросные колодцы, коллекторы, водопропускные (водосбросные) сооружения и каналы и т. п.), так и их составляющие части (конструктивные элементы). При этом учитываются системы сооружений (устройств), входящие в состав ГТС: 1) система гидротранспорта; 2) система сгущения пульпы; 3) система оборотного водоснабжения; 4) дренажная система; 5) водоотводная (противопаводковая) система; 6) замораживающая система для дамб мерзлого типа в северной климатической зоне; 7) система контрольно-измерительной аппаратуры (исправность и работоспособность элементов контрольно-измерительной аппаратуры).

Основание ГТС – важная составляющая в обеспечении общей безопасности ГТС, поэтому оно может быть объектом мониторинга, как и технологические процессы, происходящие на сооружениях, в системах и в основании ГТС. Например, объектами мониторинга могут быть технологические процессы на накопителях жидких отходов: 1) фильтрация; 2) деформация (дамб, основания, пульповодов и т. п.); 3) температурный процесс (промерзание – оттаивание); 4) испарение (с водной поверхности, поверхностей пляжей и т. п.); 5) пыление (мелкодисперсных шламов); 6) заиливание (зашламование прудков-отстойников, аварийных емкостей и т. п.); 7) берегопереработка; 8) загрязнение грунтовых и поверхностных вод (динамика ареалов загрязнения); 9) наращивание ограждающих дамб; 10) переукладка пульповодов.

Природно-климатические процессы существенно влияют на безопасность ГТС, что определяет необходимость ведения соответствующего мониторинга (чтобы на базе накопленных фактических данных за

ряд лет на конкретном объекте делать более достоверные прогнозы о его дальнейшей безопасной эксплуатации). Примеры природно-климатических процессов и их параметров: 1) температура наружного воздуха; 2) глубина промерзания (откосов и гребня дамбы, пляжа в зоне упорной призмы), толщина льда в прудке-отстойнике и т. п.; 3) гидрография рек и поверхностного водопритока (снегового и дождевого) в зоне их влияния на накопитель; 4) средняя толщина снегового покрова на водосборной площади; 5) скорость ветра (наряду с температурой воздуха влияет на процессы теплообмена (теплоотдачи), например, пульповодов, водоводов, намытых пляжей и т. п.); 6) сейсмичность (в сейсмически опасных районах накопленные фактические данные по этим параметрам позволяют оценивать безопасность сооружений в условиях сейсмических воздействий).

Служба эксплуатации ГТС – одна из важнейших составляющих обеспечения безопасности ГТС, поэтому она может быть объектом мониторинга. Безаварийная работа ГТС возможна только в случае, если служба эксплуатации удовлетворяет таким условиям, как укомплектованность персоналом согласно штатному расписанию, техническая вооруженность, квалификационный уровень, исполнительская дисциплина в части реализации проектной технологии эксплуатации и предписаний контролирующих организаций и т. п. Служба мониторинга ГТС обеспечивает информацией руководителей предприятий о состоянии ГТС. От достоверности и достаточности информации зависит своевременность и правильность принимаемых эксплуатационных технологических решений, а следовательно – безопасность ГТС.

Документация по ГТС – важный элемент общей безопасности ГТС. Она включает в себя: описание конструкции, технологии эксплуатации и текущего состояния ГТС, т. е. фактически содержит информационную модель (информационную проекцию) действующего или законсервированного гидротехнического сооружения. Полнота, качество документации влияют на безопасность ГТС не прямо, а косвенно, поскольку именно на основе информации, содержащейся в документации, принимаются те или иные эксплуатационные решения, которые влияют на безопасность ГТС.

Кроме рассмотренного перечня объектов мониторинга, проектная документация мониторинга может включать и другие объекты. Основным критерий отнесения элемента технической системы накопителя к объекту мониторинга – степень его влияния на безопасность ГТС.

Для каждого объекта мониторинга рекомендуется определять перечень контролируемых параметров, а для каждого из них: 1) способ контроля – инструментальный или визуальный (экспертный); при инструментальном контроле разрабатывается проектная документация кон-

трольно-измерительной аппаратуры (КИА), ее конструкция, схема и технология размещения, эксплуатации и т. п., являющаяся составной частью проектной документации мониторинга; 2) периодичность контроля, устанавливаемая в различные периоды существования объекта мониторинга; указываются условия, влияющие на периодичность контроля; 3) предельно допустимые значения (ПДЗ) – значения контролируемого параметра, определяющие состояние безопасности объекта мониторинга; для каждого уровня безопасности задаются свои значения ПДЗ; 4) методику измерений и наблюдений; для параметров, контролируемых инструментально, приводится описание методик их измерения или даются ссылки на соответствующую нормативно-методическую литературу, которые прилагаются к проектной документации мониторинга; для параметров, контролируемых визуально, могут применяться методики взвешенных экспертных оценок.

Для контроля отбираются только параметры, которые в наибольшей степени характеризуют состояние безопасности объекта мониторинга.

В состав проекта мониторинга безопасности ГТС, как правило, включаются следующие разделы: 1) введение; 2) общая характеристика гидротехнических сооружений; 3) состав, объем и функции системы мониторинга безопасности ГТС; 4) сметная документация; 5) приложения (чертежи).

В проекте мониторинга безопасности ГТС отражаются: цели и задачи мониторинга, объекты мониторинга, состав и объем наблюдений, методика натурных наблюдений и обработки материалов (в том числе визуальных наблюдений, геодезического контроля, наблюдения за влиянием на окружающую среду накопителей жидких отходов, за их заполнением, технологией осветления, гидротранспортированием, сбросом), сроки начала и окончания наблюдений, график наблюдений (выполненный в виде таблицы с указанием наблюдаемых параметров, исполнителя, периодичности, предельно допустимых значений), перечень КИА (КИП), квалификация и требования к эксплуатационному персоналу, проектная, эксплуатационная и нормативная документация, разрезы, схемы по накопителям жидких отходов, формы журналов наблюдений. Перечень разделов и их содержание, в зависимости от назначения накопителей, состава жидких отходов, стоков и вод, могут меняться.

Введение может содержать: 1) данные об организации-разработчике проектной документации мониторинга безопасности ГТС; 2) цели и задачи мониторинга безопасности ГТС; 3) краткую характеристику и состав ГТС с указанием их класса и класса токсичности отходов; 4) краткое описание состояния проектной документации и ее соответствие требова-

ниям действующих норм и правил в части ведения мониторинга безопасности ГТС (наличие проектной документации натурных наблюдений и на установку КИА (КИП), обоснование объема и состава натурных наблюдений, наличие в рабочей документации расчетных схем ограждающих дамб с возможными расчетными призмами обрушения, кривой депрессии, контролируемые параметры, установленные проектной документацией с учетом предельно допустимых расчетных параметров состояния безопасности сооружений).

Общая характеристика ГТС может содержать: 1) краткую характеристику месторасположения накопителя, его тип по технологии заполнения и рельефу; основные технологические процессы с указанием используемых реагентов и химического состава шламов (хвостов) и воды; состав натурных наблюдений, особенности инженерно-геологических, гидрогеологических, климатических и гидрологических условий района, влияющих на состав мониторинга безопасности ГТС; 2) описание предусмотренного и обоснованного в рабочем проекте или проекте эксплуатации состава и объема натурных наблюдений; 3) описание действующей системы контроля за техническим состоянием ГТС; 4) основные условия эксплуатации накопителя; 5) описание служб эксплуатации и мониторинга безопасности ГТС, их состава, функций, квалификации, состояния системы профессиональной подготовки, распределений обязанностей; 6) сведения об организации работы службы эксплуатации в чрезвычайных ситуациях; 7) рекомендации по ведению и составу мониторинга безопасности ГТС в экспертных оценках состояния безопасности сооружений или экспертизах деклараций безопасности ГТС.

Состав, объем и функции системы мониторинга безопасности ГТС могут состоять из следующих подразделов: 1) определение класса ГТС, если это не установлено в проекте сооружения; 2) перечень основных функций системы мониторинга безопасности ГТС; 3) описание опасной, санитарно-защитной и механически охраняемой зон с учетом требований действующих нормативных документов; 4) обоснование состава и объема ведения натурных наблюдений и установки КИА (КИП) с учетом технологии заполнения накопителя и класса ГТС на основании действующих нормативных документов, рекомендаций и предложений экспертных организаций, служб мониторинга безопасности ГТС, создаваемых на базе эксплуатирующих организаций, и аналитических центров по ведению мониторинга безопасности ГТС; 5) перечень и краткое описание объектов мониторинга безопасности ГТС; 6) обоснование отказа от проведения инструментальных наблюдений в полном составе и объеме для сооружений данного класса и ненужности установки соответствующей КИА (КИП), если это продиктовано особенностями данного объекта; 7) перечень контролируемых параметров;

8) критерии безопасной эксплуатации и предельно допустимые значения контролируемых параметров состояния ГТС, основанные на выполненных и (или) имеющихся в рабочем проекте (или проекте эксплуатации) расчетах, требованиях СНиП и правил безопасности; 9) методики проведения натурных наблюдений (по всем объектам мониторинга безопасности ГТС); 10) описание службы мониторинга безопасности ГТС и ее функций; схема ведения мониторинга, отражающая распределение обязанностей и порядок отчетности; 11) эксплуатация и ведение мониторинга безопасности ГТС в сложных и чрезвычайных ситуациях; 12) порядок подготовки и обучения эксплуатационного персонала; 13) методическое обеспечение мониторинга безопасности ГТС.

Сметная документация может содержать: сводные сметные расчеты стоимости строительства (установка КИА, КИП и др.), объектные и локальные сметные расчеты, сметные расчеты на отдельные виды затрат, в том числе на научно-исследовательские, проектные и изыскательские работы.

Приложения (чертежи) могут включать: 1) ситуационный план ГТС с охранными и опасными зонами; 2) поперечные сечения дамб (плотин) по створам, КИА (КИП) с указанием предельно допустимых отметок депрессионной поверхности фильтрационного потока в пьезометрах; 3) конструкцию, монтаж и размещение КИА (КИП) со спецификациями и инструкцией по ее установке (для вновь устанавливаемой КИА), объемы работ; 4) план ГТС с объектами мониторинга и расположением КИА (КИП), на котором размещается таблица с данными по номенклатуре, количеству и техническим характеристикам КИА (КИП); 5) схемы и чертежи размещения и монтажа КИА (КИП) со спецификациями и указаниями по ее установке (для вновь устанавливаемой КИА, КИП).

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определения понятий «эксплуатация зданий/сооружений» и «безопасность здания/сооружения».
2. Перечислите категории технического состояния зданий/сооружений и сформулируйте критерии их определения.
3. Дайте определение понятия «эксплуатационный контроль» и кратко охарактеризуйте содержание мероприятий по эксплуатационному контролю напорного гидротехнического сооружения.
4. Перечислите методы технического обслуживания. Каковы их недостатки и преимущества?
5. Что входит в состав работ по техническому обслуживанию?
6. Что входит в состав технической эксплуатационной документации?
7. Перечислите составляющие декларации безопасности гидротехнического сооружения (разделы декларации и мероприятия, реализуемые в процессе обеспечения безопасности ГТС).

Упражнение

Упражнение П.4.1. Составление проекта декларации безопасности гидротехнического сооружения

Цель: закрепить полученные знания; приобрести навыки составления декларации безопасности ГТС.

Исходные данные:

- 1) данные о ГТС (табл. П.1.1.5, П.1.1.6; рис. П.1.1.1); 2) варианты расчёта (табл. П.1.1.7);
- 2) дополнительная информация, определяемая согласно [93] (самостоятельный поиск).

Задание: согласно выбранному варианту (табл. П.1.1.7) заполнить формы декларации безопасности ГТС (приложение).

Ход выполнения упражнения:

- 1) ознакомиться с теоретической частью и нормативной литературой;
- 2) заполнить формы декларации безопасности с учётом результатов, полученных по ранее выполненным работам;
- 3) осуществить сбор, обобщение и анализ недостающей информации;
- 4) при составлении отчета необходимо придерживаться следующей структуры: титульный лист практической работы, титульный лист формы декларации безопасности, выводы по выполненной практической работе с указанием класса ответственности ГТС; в выводах, приведенных после декларации безопасности ГТС, указать цель, задачи и основные результаты работы, включая аннотацию, декларацию безопасности; если какие-то опции не были заполнены, объяснить причины;
- 5) составить список использованной при выполнении работы литературы (не менее 10 наименований, включая действующие нормативные документы);
- 6) оформить работу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное учебное пособие включает в себя широкий перечень систематизированных материалов в области проектирования и эксплуатации систем и сооружений природообустройства и водопользования. При этом акцент сделан на проектировании и эксплуатации гидротехнических сооружений (в основном грунтовых плотин). Безусловно, оно не является исчерпывающим в части описания используемых методов и служит, прежде всего, для ознакомления будущих специалистов по инженерным изысканиям с вопросами проектирования и последующей эксплуатации строительных объектов.

Специалист по инженерным изысканиям должен понимать назначение той информации, которую он получает, и к каким последствиям может привести отсутствие или недостоверность такой информации. При проведении изысканий, прежде всего, нужно внимательно изучить нормативную литературу по объекту изысканий, предварительно убедившись в её актуальности.

В конце каждого раздела приведены упражнения, рекомендуемые для самостоятельной проработки (с обязательным критическим анализом). Упражнения ориентированы на будущих специалистов, которым предстоит работать в азиатской части РФ. Для их выполнения необходимо изучить опубликованные материалы водохозяйственных, инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических исследований. Освоение рассматриваемой дисциплины предполагает предварительное изучение дисциплин «Гидрология», «Гидрогеология», «Инженерная геология», «Грунтоведение».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян А.Б. Водохранилища / А.Б. Авакян, В.П. Салтанкин, В.А. Шарапов. – Москва : Мысль, 1987. – 325 с.
2. Арсеньев Г.С. Практикум по водному хозяйству и водохозяйственным расчетам / Г.С. Арсеньев. – Л. : ЛГМИ, 1989. – 195 с.
3. Богомолов Г.В. Гидрогеология с основами инженерной геологии : учебное пособие / Г.В. Богомолов. – Москва : Высшая школа, 1975. – 319 с.
4. Богословский Б.Б. Озероведение / Б.Б. Богословский. – Москва : Изд-во МГУ, 1960. – 335 с.
5. Васильев А.В. Водно-технические изыскания / А.В. Васильев, С.В. Шмидт. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1987. – 357 с.
6. Водный кодекс Российской Федерации : федеральный закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ (с изменениями на 03.04.2023). – URL: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/d?nd=901982862>
7. ВСН 01–73. Ведомственные строительные нормы. Указания по расчету стока наносов. – Москва : Главгидрометслужба, 1974. – 29 с.
8. ВСН 163–83. Ведомственные строительные нормы. Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов). – Москва : Госкомгидромет, 1985. – 142 с.
9. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика / под общ. ред. В.П. Недриги. – Москва : Стройиздат, 1983. – 543 с.
10. Голованов А.И. Введение в природообустройство : учебное пособие. – Москва : МГУП, 1998. – 22 с.
11. Гордеев П.В. Гидрогеология : учебник / П.В. Гордеев, В.А. Шемелина, О.К. Шулякова. – Москва : Высшая школа, 1990. – 448 с.
12. ГОСТ 17.1.1.02–77. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов. – Москва : Госстандарт России, 1992. – 20 с.
13. ГОСТ 17.1.1.04–80. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования. – Москва : ИПК «Издательство стандартов», 2003. – 5 с.
14. ГОСТ 19179–73. Гидрология суши. Термины и определения. – Москва : Издательство стандартов, 1988. – 47 с.
15. ГОСТ 19185–73. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения. – Москва : Издательство стандартов, 1974. – 30 с.
16. ГОСТ 21.001–2013. Межгосударственный стандарт. Система проектной документации для строительства (СПДС). Общие положения. – Москва : Стандартиформ, 2014. – 7 с.

17. ГОСТ 23118–2019. Конструкции стальные строительные. Общие технические условия (с поправкой). – Москва : Стандартинформ, 2020. – 39 с.
18. ГОСТ 24846–2012. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений (с поправкой). – Москва : Стандартинформ, 2020. – 13 с.
19. ГОСТ 25100–2020. Грунты. Классификация. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 49 с.
20. ГОСТ 25584–2016. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации (с поправками). – Москва : Стандартинформ, 2019. – 26 с.
21. ГОСТ 2761–84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора (с Изменением № 1). Контроль качества воды. – Москва : Стандартинформ, 2003. – 8 с.
22. ГОСТ 27751–2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения (с Изменением № 1). – Москва : Стандартинформ, 2019. – 17 с.
23. ГОСТ 31937–2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 64 с.
24. ГОСТ Р 59053–2020. Охрана окружающей среды. Охрана и рациональное использование вод. Термины и определения. Дата введения 2021-04-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 22 с.
25. ГОСТ Р 59054–2020. Охрана окружающей среды. Поверхностные и подземные воды. Классификация водных объектов. Дата введения 2021-04-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 21 с.
26. ГОСТ Р ИСО 24512–2009. Деятельность, связанная с услугами питьевого водоснабжения и удаления сточных вод. Руководящие указания для менеджмента систем питьевого водоснабжения и оценки услуг питьевого водоснабжения. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 42 с.
27. Градостроительный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 25 декабря 2023 года). Кодекс РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ. – Москва, 2022. – 392 с. – URL: www.pravo.gov.ru.
28. Грацианский М.Н. Инженерная гидрология и гидрометрия / М.Н. Грацианский. – Москва : Высшая школа, 1966. – 216 с.
29. Климентов П.П. Сборник задач по динамике подземных вод / П.П. Климентов. – Москва : Госиздат геологической литературы, 1951. – 127 с.

30. Крылов Ю.М. Ветровые волны и их воздействие на сооружение / Ю.М. Крылов, С.С. Стрекалов, В.Ф. Цыплухин. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1976. – 256 с.
31. Кузнецова Ю.А. Расчет грунтовой плотины : методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы и курсового проекта для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 08.03.01 «Строительство» (профиль «Гидротехническое строительство») и 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» (профиль «Комплексное использование и охрана водных ресурсов») / Ю.А. Кузнецова, Г.В. Захарова, О.И. Губанова. – Новосибирск : СИБСТРИН, 2015. – 67 с.
32. Лучшева А.А. Практическая гидрология / А.А. Лучшева. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1976. – 440 с.
33. Маккавеев А.А. Словарь по гидрогеологии и инженерной геологии / А.А. Маккавеев. – Москва : Недра, 1971. – 216 с.
34. Маркин В.Н. Обоснование водохозяйственных мероприятий в бассейне реки : учебное пособие / В.Н. Маркин, Л.Д. Раткович, С.А. Соколова. – Москва : МГУП, 2006. – 77 с.
35. Мелиорация и водное хозяйство. В 5 томах. Том 5. Водное хозяйство / под ред. И.И. Бородавченко. – Москва : Агропромиздат, 1988. – 400 с.
36. Мелиорация и водное хозяйство. Справочник. В 5 томах. Том 4. Сооружения / под ред. П.А. Полад-Заде. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 464 с.
37. Методика расчета водохозяйственного баланса водных объектов. – Москва : МПР России, 2007. – 41 с.
38. Мироненко В.А. Динамика подземных вод : учебник / В.А. Мироненко. – Москва : Недра, 1983. – 357 с.
39. Металлические конструкции : учебное пособие для вузов / под ред. Е.И.Беленя. – Москва : Стройиздат, 1982. – 472 с.
40. Нестеров М.В. Гидротехнические сооружения / М.В. Нестеров. – Минск : ООО «Новое знание», 2006. – 616 с.
41. О безопасности гидротехнических сооружений (с изменениями на 29 июля 2018 года) : федеральный закон от 21.07.1997 № 117-ФЗ. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15265/.
42. О водоснабжении и водоотведении : федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ (с изменениями на 28 января 2022 года). – Москва : 2022. – 82 с.
43. О декларировании безопасности гидротехнических сооружений (с изменениями на 3 мая 2024 года): постановление Правительства РФ от 20.11.2020 № 1892. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_

LAW_368649/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/?ysclid=maay08ljr6193587478

44. О недрах : федеральный закон от 21.02.1992 г. № 2395-1 (с изменениями на 11.06.2021). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343/.

45. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию (ред. от 28.12.2024) : постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_75048/?ysclid=ma9c0cv8we259265630

46. О схемах водоснабжения и водоотведения (с изменениями на 24 апреля 2025 года) : постановление Правительства РФ от 05.09.2013 № 782. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_151601/?ysclid=maawokf93j84265759.

47. Об инженерных изысканиях для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства (с изменениями на 15 сентября 2020 года) : постановление Правительства РФ от 19.01.2006 № 20. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_57871/?ysclid=maax1quxf1847492394

48. Об утверждении формы представления сведений о гидротехническом сооружении, необходимых для формирования и ведения Российского регистра гидротехнических сооружений: приказ Ростехнадзора от 07.12.2020 № 499. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372996/?ysclid=maay5jvgzm532472650.

49. Об утверждении формы декларации безопасности гидротехнического сооружения (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений) : приказ Ростехнадзора от 09.12.2020 № 509. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573200373>.

50. Перечень видов инженерных изысканий : постановление Правительства Российской Федерации от 19.01.2006 г. № 20. (с изменениями на 15.09.2020). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_57871/.

51. Перечень видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства : приказ Минрегиона России от 30.12.2009 № 624 (с изменениями на 14.11.2011). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_97156/.

52. Положение о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства (с изменениями на 15 сентября 2020 года) //

Российская газета. – 2006. – № 14. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_57871/?ysclid=maarupdih6516748977

53. Положение о декларировании безопасности гидротехнических сооружений (с изменениями на 3 мая 2024 года) : утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 20 ноября 2020 года № 1892. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566395806>.

54. Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию // Российская газета. – 2008. – № 41. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_75048/?ysclid=maay-mzc0ge814173595

55. Попов К.В. Гидротехнические сооружения / К.В. Попов. – Москва : Госиздательство сельскохозяйственной литературы, 1956. – 519 с.

56. Пособие к СНиП 2.05.03–84 «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91). – Москва : ГУПиКС, 1992. – 374 с.

57. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / под ред. А.В. Рождественского и А.Г. Лобановой. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.

58. О классификации гидротехнических сооружений : постановление Правительства Российской Федерации от 2 ноября 2013 года № 986. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/>

59. Об утверждении Классификации запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод : приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 30 июля 2007 г. № 195. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/>

60. Природообустройство : учебник / А.И. Голованов, Ф.М. Зимин, Д.В. Козлов и др. – Москва : Колосс, 2008. – 552 с.

61. Проектирование сооружений для забора поверхностных вод : справочное пособие к СНиП 2.04.02–84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». – Москва : Стройиздат, 1990. – 223 с.

62. Профессиональный стандарт «Специалист по организации инженерных изысканий» : утв. приказом Мин. труда и соц. защиты от 21 апреля 2022 года № 227н «Об утверждении профессионального стандарта "Специалист по организации инженерных изысканий"». – Москва : Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации, 2022. – 19 с. – URL: www.pravo.gov.ru.

63. РД 03-417-01. Методические рекомендации по составлению проекта мониторинга безопасности гидротехнических сооружений на под-

надзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и в организациях : утв. постановлением Госгортехнадзора России от 04.07.01 № 27. – Москва : Госгортехнадзор России, 2001. – 13 с.

64. Реймерс Н.Ф. Природопользование : словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. – Москва : Мысль, 1990. – 637 с.

65. Савичев О.Г. Гидрология, метеорология и климатология: гидрологические расчеты : учебное пособие / О.Г. Савичев. – 2-е изд. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 224 с.

66. Савичев О.Г. Гидроэкологическое обоснование водохозяйственных решений : монография. – Томск : Изд-во ТПУ, 2021. – 166 с.

67. Инженерно-гидрометеорологические изыскания и гидрологические расчеты : учебное пособие / сост. О.Г. Савичев. – Томск : Изд-во Томского политехнического ун-та, 2018. – 239 с.

68. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – URL: www.pravo.gov.ru

69. Сетков В.И. Строительные конструкции : учебник / В.И. Сетков, Е.П. Сербин. – 2-е изд., испр. доп. – Москва : ИНФРА-М, 2005. – 448 с.

70. СН 528-80. Перечень единиц физических величин, подлежащих применению в строительстве. Дата введения 1981-07-01. – Москва : Стройиздат, 1981. – 51 с.

71. СО 34.21.307–2005. Безопасность гидротехнических сооружений. Основные понятия. Термины и определения. Дата введения 2006-01-01. – Санкт-Петербург : ОАО «ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева», 2005. – 11 с.

72. СО 34.21.308-2005. Гидротехника. Основные понятия. термины и определения. Дата введения 2006-01-01 / РАО «ЕЭС России». – Москва : ЦПТИиТО ОРГРЭС, 2006. – 58 с.

73. СП 100.13330.2016. Свод правил. Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85. – Москва : Минстрой РФ, 2017. – 137 с.

74. СП 106.13330.2012. Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения. – Москва : Минрегион России, 2012. – 10 с.

75. СП 116.13330.2012. Свод правил. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02–2003. – Москва : Минрегион России, 2012. – 116 с.

76. СП 131.13330.2020. Строительная климатология. – Москва : Минстрой России, 2021. – 178 с.

77. СП 20.13330.2011. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85. – Москва : Госстрой России, 2011. – 109 с.

78. СП 23.13330.2018. Основания гидротехнических сооружений. Foundation of hydraulic structures. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 126 с.
79. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. – Москва : Минстрой России, 2016. – 290 с.
80. СП 25.13330.2020. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. – Москва : Минстрой России, 2020. – 175 с.
81. СП 255.1325800.2016. Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения (с Изменениями № 1, 2). – Москва : Минстрой России, 2016. – 36 с.
82. СП 290.1325800.2016. Водопрпускные гидротехнические сооружения (водосбросные, водоспускные и водовыпускные). Правила проектирования. Дата введения 2017-06-17. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 92 с.
83. СП 30.13330.2020. Свод правил. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01–85*. – Москва : Минрегион России, 2020. – 99 с.
84. СП 305.1325800.2017. Свод правил. Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 67 с.
85. СП 317.1325800.2017. Свод правил. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Общие правила производства работ. – Москва : Минстрой России, 2017. – 57 с.
86. СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – Москва : ФГБУ «РСТ», 2022. – 106 с.
87. СП 32.13330.2018. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. Дата введения 2019-06-26. Применяется с 26.06.2019 взамен СП 32.13330.2012. – Москва : Минстрой России, 2018. – 86 с.
88. СП 33-101–2003. Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – Москва : Госстрой России, 2004. – 72 с.
89. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). – Москва : Минстрой России, 2018. – 131 с.
90. СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84* (с Изменениями № 1, 2, 3) : утв. приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. № 635/18. Дата введения 2013-01-01. Пересмотр СП 39.13330.2010. – Москва : Минрегион России, 2012. – 143 с.

91. СП 40.13330.2012. Плотины бетонные и железобетонные. Актуализированная редакция СНиП 2.06.06-85 (с Изменениями № 1, 2). – Москва : Минрегион России, 2013. – 74 с.
92. СП 446.1325800.2019. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ. – Москва : Минстрой России, 2017. – 102 с.
93. СП 47.13330.2016. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – Москва : Минстрой России, 2016. – 166 с.
94. СП 482.1325800.2020. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ. Дата введения 2020-07-30. – Москва : Минстрой России, 2020. – 49 с.
95. СП 502.1325800.2021. Свод правил. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ. – Москва : ФГБУ «РСТ», 2021. – 102 с.
96. СП 56.13330.2021. Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001. – Москва : ФГБУ «РСТ», 2022. – 41 с.
97. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения. Основные положения СНиП 33-01-2003 (с Изменениями № 1, 2). – Москва : Стандартинформ, 2020. – 47 с.
98. Справочник проектировщика. Водоснабжение населённых мест и промышленных предприятий / под ред. И.А. Назарова. – Москва : Изд-во литературы по строительству, 1967. – 382 с.
99. Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства. – Москва : Госстрой России, 1999. – 187 с.
100. Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно-гидрографические работы. Инженерно-гидрометеорологические изыскания на реках. – Москва : Госстрой России, 2001. – 70 с.
101. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (с изменениями на 2 июля 2013 года) : федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/
102. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология / С.Л. Шварцев. – Москва : Альянс, 2012. – 601 с.
103. Шестаков В.М. Гидрогеодинамика : учебник / В.М. Шестаков. – Москва : КДУ, 2009. – 334 с.
104. Штеренлихт Д.В. Гидравлика / Д.В. Штеренлихт. – Москва : Энергоатомиздат, 2002. – 640 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

**Форма декларации безопасности гидротехнического сооружения
(за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений).
Приказ Ростехнадзора от 09.12.2020 № 509**

УТВЕРЖДАЮ:

(должность уполномоченного должн. лица фед. органа
исполн. власти, осуществл. фед. гос. надзор в области
безопасности ГТС (его тер. органа))

(подпись)

(фамилия, инициалы уполномо-
ченного должностного лица)

" " 20 г.

(дата)

ДЕКЛАРАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

(наименование гидротехнического сооружения)

(рег. код ГТС в Российском регистре ГТС)

(регистрационный номер декларации
безопасности)

(полное и сокращенное (при наличии) наименование организации-декларанта, подпись, фамилия,
инициалы руководителя организации или подпись, фамилия, инициалы декларанта)

" " 20 г.

М.П. (при наличии)

Срок действия декларации безопасности _____

(место, год, месяц и число составления декларации)

Аннотация

Краткое изложение основных разделов и приложений декларации безопасности гидротехнического сооружения (далее – ГТС):

Документы, на основании которых составлена декларация безопасности ГТС:

Список разработчиков декларации безопасности ГТС

Информация об организации – разработчике декларации безопасности ГТС (наименование, адрес, телефон, банковские реквизиты):

Фамилия, инициалы исполнителей (разработчиков), их должности, ученые степени, ученые звания, подписи:

Оглавление

Наименование раздела	Стр.
I. Общая информация, включающая данные о ГТС и природных условиях района их расположения, меры по обеспечению безопасности, предусмотренные проектной документацией, правилами эксплуатации ГТС и предписаниями федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на осуществление федерального государственного надзора в области безопасности ГТС, и территориальных органов Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, сведения о финансовом обеспечении гражданской ответственности за вред, который может быть причинен в результате аварии ГТС, основные сведения о собственнике ГТС и эксплуатирующей организации.	
II. Анализ и оценка безопасности ГТС, включая определение возможных источников опасности.	
III. Сведения об обеспечении готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций и защите населения и территорий в случае аварии гидротехнического сооружения.	
IV. Порядок информирования населения, федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на осуществление федерального государственного надзора в области безопасности ГТС, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и территориальных органов Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий о возможных и возникших на ГТС аварийных ситуациях.	
V. Оценка уровня безопасности ГТС, а также перечень необходимых мероприятий по обеспечению безопасности.	
VI. Порядок осуществления мероприятий по консервации или ликвидации (в случае утраты или отсутствия проектной документации) ГТС (при консервации или ликвидации ГТС).	
Список источников информации.	
VII. Приложения.	

I. Общая информация, включающая данные о ГТС и природных условиях района их расположения, меры по обеспечению безопасности, предусмотренные проектной документацией, правилами эксплуатации ГТС и предписаниями федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на осуществление федерального государственного надзора в области безопасности ГТС, и территориальных органов Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, сведения о финансовом обеспечении гражданской ответственности за вред, который может быть причинен в результате аварии ГТС, основные сведения о собственнике ГТС и эксплуатирующей организации

1. Полное и сокращенное (при наличии) наименование ГТС:

2. Планируемая или фактическая дата ввода ГТС в эксплуатацию:

3. Сведения об эксплуатирующей ГТС организации:

3.1. Полное и сокращенное (при наличии) наименование эксплуатирующей организации, идентификационный номер налогоплательщика, основной государственный регистрационный номер, адрес, телефон, банковские реквизиты:

3.2. Фамилия, инициалы руководителя эксплуатирующей организации:

3.3. Численность и квалификация работников организации, эксплуатирующей ГТС:

4. Сведения о собственнике ГТС:

4.1. Форма собственности (государственная, муниципальная, частная):

4.2. Собственник ГТС: Российская Федерация/наименование субъекта Российской Федерации/наименование муниципального образования/полное и сокращенное (при наличии) наименование организации, идентификационный номер налогоплательщика, основной государственный регистрационный номер, адрес, телефон, банковские реквизиты – для юридического лица/фамилия, имя, отчество (при наличии), паспортные данные – для физического лица:

4.3. Наименование организации, на балансе которой находится ГТС:

5. Полное и сокращенное (при наличии) наименование проектной организации, разработавшей проект ГТС; адрес, телефон, банковские реквизиты проектной организации:

6. Полное и сокращенное (при наличии) наименование строительных организаций, выполнивших строительство ГТС и монтаж оборудования, генеральных подрядчиков, субподрядных организаций, идентификационный номер налогоплательщика, основной государственный регистрационный номер, адрес, телефон, банковские реквизиты этих организаций:

7. Сведения о финансовом обеспечении гражданской ответственности за вред, который может быть причинен в результате аварии ГТС, а именно: источник возмещения вреда, который может быть причинен в результате аварии ГТС; сведения о наличии и реквизиты договора обязательного страхования гражданской ответственности за причинение вреда в результате аварии ГТС и страхового полиса; результаты оценки максимально возможного вреда в результате аварий ГТС:

8. Основные характеристики района расположения ГТС:

8.1. Наименование субъекта Российской Федерации, муниципального образования, бассейнового округа, на территории которого расположено ГТС:

8.2. Наименование водного объекта, на котором расположено ГТС, местоположение створа ГТС (расстояние от устья или истока водотока):

8.3. Сведения о предоставлении в пользование земельного участка, необходимого для размещения ГТС (реквизиты документа, устанавливающего право пользования или собственности):

8.4. Расчетный максимальный расход (уровень) воды (обеспеченность), включая основной и поверочный расчетные случаи:

8.5. Суммарный сбросной расход воды через все водопропускные сооружения (с учетом аккумуляирования части стока реки в водохранилище), включая основной, поверочный расчетные случаи:

8.6. Сведения о прошедших паводках в створе ГТС, превышающих обеспеченность расчетного сбросного расхода:

8.7. Наличие и общая характеристика существующих ГТС и/или прочих сооружений каскада водохранилищ на водном объекте:

8.8. Информация о ГТС, входящих в гидроузел:

8.9. Общая характеристика природных условий района расположения ГТС: природно-климатические условия, гидрологические, топографические сведения, инженерно-геологические и геокриологические условия в зоне расположения ГТС; сведения о сейсмических условиях района расположения ГТС:

9. Основные характеристики ГТС:

9.1. Назначение, класс и вид ГТС, срок эксплуатации ГТС:

9.2. Общая длина сооружений напорного фронта ГТС:

9.3. Тип грунтов основания ГТС, сведения о материалах и параметрах основных элементов ГТС, длина, ширина ГТС по гребню, максимальная строительная высота, тип дренажа и откосов ГТС, максимальная водопропускная способность ГТС:

9.4. Сведения о водохранилище, расположенном в верхнем бьефе ГТС: название, назначение, объем, площадь, длина, глубина, режим регулирования, температурный режим водохранилища; сведения о площади водосбора водного объекта; сведения о накопителе жидких отходов промышленности: тип, количество секций, включая законсервированные, общая площадь и площадь секций, проектный объем, фактическое наполнение по данным последнего обследования, проектные сроки складирования: обследования, проектные сроки складирования:

9.5. Сведения об имевших место реконструкциях и капитальных ремонтах ГТС:

10. Меры по обеспечению эксплуатационной надежности и безопасности ГТС:

10.1. Общие меры по обеспечению эксплуатационной надежности и безопасности ГТС, в том числе наличие на объекте подразделения охраны и технических систем обнаружения несанкционированного проникновения на территорию, систем физической защиты:

10.2. Информация об организации контроля (мониторинга) безопасности ГТС; наличие и соответствие проекту, а также описание работоспособности и состояния технических средств контроля, схемы размещения контрольно-измерительной аппаратуры, о периодичности контрольных наблюдений и комиссионных обследований состояния ГТС:

10.3. Сведения о мероприятиях по обеспечению безопасности ГТС, предписанных к выполнению, в том числе по результатам регулярного обследования ГТС, предшествующего составлению декларации безопасности ГТС, и о фактически выполненных мероприятиях:

10.4. Сведения о результатах регулярного обследования ГТС, предшествующего составлению декларации безопасности ГТС:

10.5. Сведения о наличии необходимой проектной, эксплуатационной и нормативно-методической документации, согласованных правил эксплуатации ГТС:

II. Анализ и оценка безопасности ГТС, включая определение возможных источников опасности

11. Основные сведения, характеризующие безопасность ГТС:

11.1. Сведения о результатах оценки состояния ГТС, выполненной с использованием инструментальных и расчетных способов, включая результаты анализа данных натурных наблюдений, за междеklarационный период:

11.2. Краткая характеристика всех аварий (повреждений) и чрезвычайных ситуаций на ГТС:

11.3. Сведения об изменениях условий эксплуатации ГТС и природных условий за междеklarационный период:

11.4. Соответствие укомплектованности штата и квалификации персонала эксплуатирующей ГТС организации действующим нормам и правилам:

11.5. Критерии безопасности ГТС: предельные значения количественных и качественных показателей состояния ГТС и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии ГТС:

11.6. Сведения о соответствии ГТС критериям безопасности, проекту, действующим обязательным требованиям в области безопасности ГТС за междеklarационный период:

12. Информация об определении значения риска аварии ГТС:

12.1. Возможные источники опасности для ГТС:

12.2. Сценарии возможных аварий и повреждений ГТС в результате воздействия каждого источника опасности в отдельности и одновременно нескольких источников опасности:

12.3. Значение степени опасности (вероятности) для сценария наиболее тяжелой и наиболее вероятной аварии и повреждения:

12.4. Максимальное значение вероятности аварии ГТС, которое может привести к возникновению чрезвычайной ситуации:

12.5. Сведения о наличии расчета параметров волны прорыва при гидродинамической аварии, площадь затопления, перечень объектов, попадающих в зону возможного затопления:

12.6. Величина размера вероятного вреда, который может быть причинен в результате аварии ГТС:

12.7. Выводы о соответствии значения риска (вероятности) аварии ГТС допустимому уровню:

III. Сведения об обеспечении готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций и защите населения и территорий в случае аварии гидротехнического сооружения

13. Сведения о принимаемых на ГТС мерах по обеспечению эксплуатационной надежности, а также по предотвращению и ликвидации аварийных ситуаций:

13.1. Сведения о соответствии системы организации контроля состояния ГТС требованиям безопасности ГТС, локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций:

13.2. Сведения о наличии и состоянии на объекте технических и иных средств для аварийного открытия (закрытия) водосливных и водосбросных устройств ГТС при возникновении угрозы аварийной ситуации:

13.3. Сведения о наличии автономных установок, обеспечивающих работу оборудования ГТС при прекращении подачи энергии:

13.4. Сведения о наличии аварийных средств связи, в том числе с обслуживающим персоналом, а также локальной системы оповещения:

14. Оценка готовности эксплуатирующей организации к предупреждению, локализации и ликвидации чрезвычайных (аварийных) ситуаций на ГТС:

14.1. Сведения о наличии плана действий эксплуатирующей организации по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций:

14.2. Сведения о наличии у эксплуатирующей организации необходимого количества специальной техники, средств и строительных материалов для оперативной локализации повреждений и чрезвычайных (аварийных) ситуаций на ГТС:

14.3. Сведения о наличии и состоянии дорог, мостов, аварийных выходов на территории ГТС и прилегающей к нему территории:

14.4. Сведения о наличии и укомплектованности аварийно-ремонтных и аварийно-спасательных бригад:

14.5. Сведения о проводимых учениях, тренировках и занятиях работников эксплуатирующей организации по предупреждению, локализации и ликвидации чрезвычайных (аварийных) ситуаций по возможным сценариям их развития на ГТС, включая результаты данных мероприятий:

IV. Порядок информирования населения, федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на осуществление федерального государственного надзора в области безопасности ГТС, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и территориальных органов Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий о возможных и возникших на ГТС аварийных ситуациях

15. Сведения о порядке информирования населения, органов надзора, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и территориальных органов Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий о возможных и возникших на ГТС аварийных ситуациях:

V. Оценка уровня безопасности ГТС, а также перечень необходимых мероприятий по обеспечению безопасности

16. Итоговая оценка уровня безопасности ГТС:

17. Перечень мер по обеспечению технически исправного состояния ГТС и его безопасности, а также по предотвращению аварий ГТС:

VI. Порядок осуществления мероприятий по консервации или ликвидации (в случае утраты или отсутствия проектной документации) ГТС (при консервации или ликвидации ГТС)

18. Обоснование технических решений по остановке эксплуатации в проектном режиме и выполнению консервации (ликвидации) ГТС и их оборудования:

19. Сведения о мероприятиях по консервации (ликвидации) ГТС и последовательность их выполнения:

19.1. Сведения о мероприятиях по консервации (ликвидации) основных сооружений и оборудования ГТС:

19.2. Сведения о мероприятиях по обеспечению возможности перехвата, отвода и (или) пропуска расчетных расходов воды через законсервированные (ликвидируемые) ГТС:

19.3. Сведения о мероприятиях по поддержанию в надлежащем работоспособном состоянии сооружений, конструкций и (или) их элементов, обеспечивающих долговременную сохранность, устойчивость и прочность законсервированных (ликвидируемых) ГТС, а также защиту окружающей среды, безопасность населения и имущества на территориях в зоне влияния ГТС, в первую очередь водопропускных, водосборных, дренажных и водоотводящих сооружений:

19.4. Сведения о мероприятиях по защите законсервированных (ликвидируемых) ГТС от неблагоприятных природных воздействий (температуры, ветра, солнца, атмосферных осадков) и предотвращению возникновения различных видов коррозии и (или) эрозии:

19.5. Сведения о мероприятиях по осуществлению на территории законсервированных (ликвидируемых) ГТС натурных наблюдений (мониторинга), необходимых для контроля безопасности ГТС и территорий в зоне влияния ГТС:

19.6. Сведения о мероприятиях по предотвращению несанкционированного доступа на территорию законсервированных (ликвидируемых) ГТС, обеспечению их охраны:

Список источников информации

Перечень нормативных правовых актов в области безопасности ГТС, проектной и строительной документации, документации, составляемой эксплуатирующей организацией, документов inspectирующих и контролирующих организаций, ссылки на которые даны в тексте декларации безопасности ГТС:

VII. Приложения

20. Обязательные документы, прилагаемые к декларации безопасности ГТС:

20.1. Сведения о ГТС, необходимые для формирования и ведения Российского регистра гидротехнических сооружений, предусмотренные законодательством Российской Федерации о безопасности ГТС.

20.2. Акт регулярного обследования ГТС, составленный участниками обследования по [форме](#), утвержденной [приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 4 декабря 2020 г. № 497](#) (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 18 декабря 2020 г., регистрационный № 61552).

20.3. Критерии безопасности ГТС и пояснительная записка к ним, содержащая обоснование выбора диагностических показателей состояния ГТС из состава контролируемых показателей состояния ГТС по результатам анализа данных натурных наблюдений и оценки состояния ГТС расчетными методами за междекларационный период.

20.4. Расчет вероятного вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии ГТС.

21. Документы, прилагаемые к декларации безопасности ГТС по усмотрению эксплуатирующей организации или собственника ГТС в целях обоснования безопасности ГТС:

21.1. Ситуационный план с нанесенными границами территории ГТС, опасной и охранной зонами в масштабе и детализации, допустимых для открытого пользования и дающих представление о сооружениях.

21.2. Характерные продольные и поперечные разрезы ГТС и их оснований в масштабе и детализации, допустимых для открытого пользования и дающих представление о сооружениях.

21.3. Общая схема размещения контрольно-измерительной аппаратуры и пунктов наблюдения на ГТС.

21.4. План территории ГТС с прилегающими территориями, попадающими в зону затопления в случае прорыва напорного фронта, в масштабе и детализации, допустимыми для открытого пользования.

21.5. Планы профессиональной и противоаварийной подготовки персонала, перечень необходимых мероприятий и требований по обеспечению безопасности ГТС.

21.6. Паспорт безопасности потенциально опасного (критически важного) объекта (ГТС).

21.7. Копия договора обязательного страхования гражданской ответственности за причинение вреда в результате аварии ГТС и/или страхового полиса.

21.8. Информационный лист, представляемый по запросам граждан и общественных организаций отдельно от декларации безопасности ГТС (сведения о наименовании организации, деятельность которой связана с повышенной опасностью производства; о лицах, ответственных за информирование и взаимодействие с общественностью; краткое описание производственной деятельности организации; перечень и основные характеристики опасных веществ; краткая информация о возможных авариях, чрезвычайных ситуациях и их последствиях; способы оповещения населения при авариях и необходимые действия населения при возникновении чрезвычайной ситуации; сведения об источниках получения дополнительной информации).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Общие сведения о проектировании систем и сооружений природообустройства и водопользования. Гидротехнические сооружения	7
1.1. Состав проектной документации	7
1.2. Цель и задачи инженерных изысканий. Задание на выполнение работ и программа инженерных изысканий	11
1.3. Общие подходы к проектированию сооружений и конструкций в их составе	13
1.4. Общие сведения о гидротехнических сооружениях	16
1.5. Классификация плотин. Элементы плотины	20
1.6. Водопропускные сооружения	31
1.7. Нормативные уровни воды и составляющие объема водохранилища	33
Контрольные вопросы и задания	36
Упражнения	37
2. Основы проектирования грунтовых плотин	58
2.1. Расчет отметки гребня земляной плотины	60
2.2. Расчет грунтовых плотин на фильтрацию. Определение фильтрационного расхода	64
2.3. Дренажные устройства. Подбор состава фильтров и переходных зон	69
2.4. Расчет обратных фильтров	72
2.5. Расчет устойчивости откосов земляных плотин	75
2.6. Расчет осадки тела и основания плотины	81
2.7. Крепления откосов грунтовых плотин	84
Контрольные вопросы и задания	89
Упражнения	89
3. Общие подходы к проектированию систем водоснабжения и водотведения	93
3.1. Системы водоснабжения	94
3.2. Системы водоотведения	127
Контрольные вопросы и задания	145
Упражнения	145
4. Основы эксплуатации систем и сооружений природообустройства и водопользования	162
4.1. Общие требования к эксплуатации зданий и сооружений	162

4.2. Эксплуатационный контроль.....	172
4.3. Техническое обслуживание	187
4.4. Особенности эксплуатации гидротехнических сооружений.....	193
Контрольные вопросы и задания.....	207
Упражнение	208
Заключение	209
Список литературы.....	210
Приложение	218

Учебное издание

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Учебное пособие

Составители

САВИЧЕВ Олег Геннадьевич
ПАСЕЧНИК Елена Юрьевна

Корректура *Д.В. Заремба*

Компьютерная верстка *Д.В. Сотникова*

Дизайн обложки *А.И. Сидоренко*

Подписано к печати 30.05.2025. Формат 60х84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать CANON. Усл. печ. л. 13,32. Уч.-изд. л. 12,05.

Заказ 252-25. Тираж 100 экз.



ИЗДАТЕЛЬСТВО

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ