

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Удмуртский государственный университет»**

**УСЛОВИЯ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СООРУЖЕНИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

Учебно-методическое пособие
для бакалавров и магистрантов, обучающихся по направлению
«Природообустройство и водопользование»



Ижевск – 2020

УДК 502.36(07)+628.3(07)
ББК 38.761.220.4я73
У754

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом ФГБОУ ВО «УдГУ»

Рецензент кандидат технических наук, доцент С.В. Ширококов

Составитель

канд. тех. наук, доц. каф. «Инженерная защита окружающей среды» О. П. Дружакина

Условия сброса сточных вод и проектирование сооружений механической очистки сточных вод. Учебно-методическое пособие для бакалавров и магистрантов, обучающихся по направлению 20.03.02 и 20.04.02 «Природообустройство и водопользование» / О. П. Дружакина. – Ижевск, Изд-во «Удмуртский университет», 2020. – 72 с.

В учебно-методическом пособии рассмотрены виды канализационных систем отвода сточных вод промышленных объектов, условия сброса сточных в водные объекты и основные природоохранные сооружения по механической очистке сточных вод и методика расчета их конструкторско-технологических параметров.

Данное учебно-методическое пособие предназначено для проведения практических работ по дисциплинам «Природоохранные сооружения», «Санитарная охрана территорий, управление отходами производства и потребления», «Утилизация отходов», а так же для написания курсовых работ и проектов, ВКР и НИРС учащихся бакалавриата и магистратуры по направлению 20.03.02 и 20.04.20 «Природообустройство и водопользование», а также специалистов в области инженерной защиты окружающей среды и рационального природопользования.

УДК 502.36(07)+628.3(07)
ББК 38.761.220.4я73
У754

© ФГБОУ ВО «УдГУ», 2020
© Сост. Дружакина О.П., 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Словарь терминов	6
Практическая работа № 1. Системы водоотведения промышленных предприятий	8
Теоретическая часть	
Методические указания	
Задания для самостоятельного выполнения	
Практическая работа № 2. Расчет конструкционных параметров решетки	20
Теоретическая часть	
Методические указания	
Задания для самостоятельного выполнения	
Практическая работа № 3. Расчет конструкционных параметров песколовки	26
Теоретическая часть	
Методические указания	
Задания для самостоятельного выполнения	
Практическая работа № 4. Расчет конструкционных параметров отстойников	34
Теоретическая часть	
Методические указания	
Задания для самостоятельного выполнения	
Практическая работа № 5. Расчет конструкционных параметров нефтеловушек	52
Теоретическая часть	
Методические указания	
Задания для самостоятельного выполнения	
Практическая работа № 6. Расчет конструкционных параметров фильтров	54
Теоретическая часть	
Методические указания	
Задания для самостоятельного выполнения	
Практическая работа №7 Расчет объема и массы загрязняющих веществ поверхностного стока	61
Теоретическая часть	
Методические указания	
Задания для самостоятельного выполнения	
Список литературы	66
Приложение	67

ВВЕДЕНИЕ

Водные ресурсы являются одним из самых широко используемых в большинстве производств и технологических процессов ресурсом. При этом меняется их состав и свойства, т.к. они получают различные виды физического, химического и теплового загрязнений. Дальнейший сброс таких стоков в природные водоемы без соответствующей очистки может стать причиной загрязнения и деградации водоема, потери рекреационных водных ресурсов территории и биоразнообразия водных экосистем.

ООП по направлению подготовки 20.03.02 и 20.04.02 «Природообустройство и водопользование» предусматривает изучение таких дисциплин, как «Природоохранные сооружения» и «Санитарная охрана территорий, управление отходами производства и потребления», «Утилизация отходов», «Инженерная защита водных ресурсов», направленные на изучение систем и сооружений сбора, отвода и очистки сточных вод.

В процессе освоения дисциплин «Природоохранные сооружения» и «Санитарная охрана территорий, управление отходами производства и потребления» у студентов «Природообустройство и водопользование» формируются компетенции:

I. Для бакалавриата

1. Системное и критическое мышление УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач. Например, обоснование выбора фильтрующей загрузки для очистки сточных вод предприятия.
2. Разработка и реализация проектов УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений. Например, обосновать выбор сооружения очистки сточных вод от взвешенных частиц с обеспечением требуемой степени очистки и с соблюдением условий сбора сточных вод.

II. Для магистратуры

Разработка и реализация проектов УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла. Например, разработка проекта модернизации очистных сооружений в условиях ограниченности предприятия в площадях под очистные и с обеспечением требований к сбросу сточных вод в водоем, либо с возможностью создания водооборотного цикла на предприятии.

В ходе изучения методов механической очистки сточных вод, определения условий сброса сточных вод и расчета параметров оборудования студенты приобретают:

Знания:

- о видах, методах и сооружениях механической очистки сточных вод;
- о методиках обоснования выбора сооружения очистки под требования и условия сброса сточных вод в окружающую среду;
- о принципах и этапах разработки проектов сооружений механической очистки сточных вод.

Умения:

- осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач по очистке сточных вод;
- обосновывать выбор метода и сооружений очистки сточных вод, его конструктивных особенностей;
- разрабатывать проект и оптимальные способы его решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений при очистке сточных вод.

Навыки:

- поиска, критического анализа и синтеза информации, применяя принципы системного подхода для решения поставленных задач по очистке сточных вод;
- расчета и обоснования оптимального способа решения задачи по очистке сточных вод, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.

Особенностью данного учебно-методического пособия является сочетание богатого теоретического и графического материала с методиками проектирования основных конструктивных и технологических параметров конструкций и сооружений механической очистки сточных вод. «Почему именно механической очистки стоков?» - спросите Вы. Ответ прост. Именно эти методы обработки стоков являются предшествующими для биологической и физико-химической групп обработки воды, обеспечивая требования по снижению содержания грубодисперсных нерастворимых механических и маслянистых загрязнений и примесей, затрудняющих, а порой и полностью исключаящих возможность применения более тонкой очистки – биологической и физико-химической. Широко развивающиеся локальные системы обработки стоков в подавляющей массе основываются на методах процеживания, отстаивания, фильтрования, центрифугирования. Особенно широко применяются технологии двух- и более ступенчатого фильтрования, позволяющие создавать локальные станции обезвреживания стоков, подземного и наземного типа, с последующим возвратом водных ресурсов в технологические процессы.

Данное учебно-методическое пособие является первым в серии методического обеспечения в области проектирования сооружений очистки сточных вод и предназначено как для выполнения практических работ по курсам «Природоохранные сооружения» и «Санитарная охрана территорий, управление отходами производства и потребления», «Утилизация отходов», «Инженерная защита водных ресурсов», так и для выполнения курсовых работ по «Природоохранным сооружениям», индивидуальных и творческих проектов учащихся, магистерских диссертаций, целью которых является проектирование систем и сооружений водоочистки, модернизация очистных станций промышленных предприятий и доведение качества сточных вод до нормативов сброса.

Порядок работы с пособием. Студентам предлагается ознакомиться с теоретической частью по изучаемой теме. Представленные в учебно-методическом пособии материалы могут стать хорошим дополнением к лекционным конспектам.

Следующим шагом является изучение методики расчета параметров сооружений очистки сточных вод, определение требуемых исходных данных и коэффициентов их справочного материала.

Затем можно переходить к выполнению самостоятельного задания. При этом рекомендуется внимательно учитывать размерность величин, которые принимаются при расчетах и подставляются в соответствующие формулы, поскольку это может отразиться на получаемом результате расчета.

Успехов в изучении сооружений механической очистки сточных вод!

Словарь терминов

Антропогенная нагрузка – соотношение силы антропогенного воздействия и степени восстановительных способностей природных объектов (вод, почв, атмосферного воздуха и т.п.).

Ассимилирующая способность водного объекта - способность водного объекта принимать определенную массу веществ в единицу времени без нарушения норм качества воды в контрольном створе (пункте) водопользования.

БПК (биохимическое потребление кислорода) - это количество кислорода, израсходованное в определенный промежуток времени на разложение нестойких органических соединений.

Водный объект - сосредоточение природных вод на поверхности суши либо в горных породах, имеющее характерные формы распространения и черты режима.

Водозабор – изъятие воды из природного водного объекта с использованием комплекса гидротехнических сооружений для подготовки, подачи и приема воды через отводящие устройства потребителю.

Водоочистка – совокупность процессов технического доведения качества воды, поступающей в водопроводную сеть, до установленных нормативами показателей.

Возвратная вода - вода, организованно возвращаемая с помощью технических сооружений и средств из хозяйственного звена круговорота воды в естественные звенья (океаническое, озерное, речное). Обобщенное название отводимых в водный объект сточных, сбросных и дренажных вод.

Дренажная вода - подземная вода, отводимая от орошаемых и осушаемых земельных массивов, входит в понятие возвратной воды.

Загрязнение природных вод – привнесение в воду или образование в ней физических, химических или биологических агентов, неблагоприятно воздействующих на среду жизни и здоровье человека и живых организмов (процесс изменения состава и свойств воды в водном объекте в результате поступления в него загрязняющих веществ).

Зарегулированный водоток – водный объект, движение воды в котором регулируется искусственно с использованием специальных гидротехнических сооружений (плотин).

Засорение вод - накопление в водных объектах посторонних предметов.

Источник примесей - объект, от которого в природные воды поступают примеси растворенных, коллоидных или взвешенных веществ.

Контролируемые показатели - показатели состава и свойств воды, подлежащие контролю при проверке соблюдения установленных норм качества воды в водном объекте и на выпуске возвратных (сточных) вод.

Контрольный створ (расчетный створ) - поперечное сечение потока, в котором контролируется качество воды.

Кумуляция загрязнителей – суммирование вредных эффектов от воздействия загрязнителей.

Лимитирующий признак вредности веществ в воде (ЛПВ) - признак, характеризующийся наименьшей безвредной концентрацией вещества в воде.

Не зарегулированный водоток – сосредоточение природных вод, на пути движения которых по руслу отсутствуют природные и антропогенные преграды, т.е. их движение осуществляется беспрепятственно.

Нормированное вещество - примесь в воде, для которой установлена предельно допустимая концентрация (ПДК).

Нормы качества воды - установленные значения показателей состава и свойств воды по видам ее использования.

ПДК (предельно допустимая концентрация) – количество вредного вещества в окружающей среде, при постоянном контакте или временном воздействии которого не оказывается вредного воздействия на здоровье человека и не вызываются неблагоприятные последствия у его потомства. ПДК - концентрация индивидуального вещества в воде, выше

которой вода непригодна для установленного вида водопользования. При концентрации вещества равной или меньшей ПДК вода остается такой же безвредной для всего живого, как и вода, в которой полностью отсутствует данное вещество.

ПДС (предельно допустимый сброс) – масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в конкретном пункте.

ПДЭН (предельно допустимая экологическая нагрузка) – максимальная величина прямого или опосредованного антропогенного воздействия на природный водный объект или отдельные его элементы, которая не вызывает деградации водоема.

Самоочищение вод - совокупность всех природных процессов в загрязненных водах, ведущих к восстановлению первоначальных свойств и состава воды.

Свойства воды - совокупность физических, химических, физико-химических, органолептических, биохимических и других свойств воды.

Состав воды - совокупность примесей в воде минеральных и органических веществ в ионном, молекулярном, комплексном, коллоидном и взвешенном состоянии, а также изотопный состав содержащихся в ней радионуклидов.

Створ начального разбавления - поперечное сечение потока, отстоящее от оголовка выпуска сточных вод на величину длины зоны начального разбавления.

Сточные воды – воды, бывшие в производственно-бытовом или сельскохозяйственном употреблении, и изменившие свои первоначальные свойства в следствии загрязнения.

Токсикологический контроль воды - проверка методом биотестирования соответствия токсических свойств воды установленным требованиям.

Фоновая концентрация - концентрация вещества в воде, рассчитываемая применительно к данному источнику примесей в фоновом створе водного объекта при расчетных гидрологических условиях, учитывающая влияние всех источников примесей за исключением данного источника.

Фоновый створ (нулевой створ) - поперечное сечение потока, в котором определяется фоновая концентрация вещества в воде.

ХПК (химическое потребление кислорода) – количество кислорода (мг) на 1 литр воды, необходимое для окисления углеродосодержащих веществ до CO_2 , H_2O , фосфатов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Системы водоотведения промышленных предприятий и определение условий сброса сточных вод

Цель работы:

1. изучить состав и виды систем водоотведения промышленных предприятий;
2. освоить методику определения условий сброса сточных вод в водные объекты.

Теоретическая часть

Работа промышленных предприятий связана с потреблением воды. Вода используется в технологических и вспомогательных процессах (системы отопления, охлаждения, гидроэнергетика) или входит составной частью выпускаемой продукции (например, пищевая промышленность). При этом образуются сточные воды, которые подлежат сбросу в близлежащие природные водные объекты.

Сточные воды можно сбрасывать в природные водные объекты, при условии соблюдения гигиенических требований применительно к воде водного объекта в зависимости от вида водопользования.

В соответствии с действующим законодательством (Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.5.980-00 "2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22 июня 2000 г.) в области водопользования, все водные объекты подразделяются на два вида водопользования

I вид — хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое водопользование;

II вид — рыбохозяйственное водопользование.

Каждый вид водопользования разделен еще и на категории.

Хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое водопользование. I категория — водные объекты, используемые в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности. II категория — водные объекты, используемые для купания, занятия спортом и отдыха населения.

Рыбохозяйственное водопользование. Высшая категория — места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных и ценных видов рыб и других промысловых водных организмов;

I категория — водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;

II категория — водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

При сбросе сточных вод в водные объекты нормы качества воды водного объекта в расчетном створе, расположенном ниже выпуска сточных вод, должны соответствовать санитарным требованиям в зависимости от вида водопользования.

Нормы качества воды водных объектов включают:

— общие требования к составу и свойствам воды, водных объектов в зависимости от вида водопользования;

— перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) нормированных веществ в воде водных объектов для различных видов водопользования.

В расчетном створе вода должна удовлетворять нормативным требованиям СанПиН 2.1.5.980-00 [4]. В качестве норматива используется предельно допустимая концентрация — ПДК. Все вредные вещества, для которых определены ПДК, подразделены по лимитирующим показателям вредности (ЛПВ). Принадлежность веществ к одному и тому же ЛПВ предполагает суммацию действия этих веществ на водный объект. Для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурнобытового водопользования отвечают три ЛПВ: санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический. Для рыбохозяйственных: санитарно-токсикологический, общесанитарный, токсикологический, рыбохозяйственный, органолептический.

Вещества, концентрация которых изменяется в воде водного объекта только путем разбавления, называются консервативными; вещества, концентрация которых изменяется как

под действием разбавления, так и вследствие протекания различных химических, физико-химических и биологических процессов — неконсервативными.

Совокупность всех природных процессов в загрязненных водах, ведущих к восстановлению первоначальных свойств и состава воды, называют *процессом самоочищения природных вод*. Совокупность разбавления и самоочищения составляют обезвреживающую способность природного водного объекта.

Представим ситуацию, когда промышленное предприятие сбрасывает сточные воды после технологического процесса (рис. 1а,б).

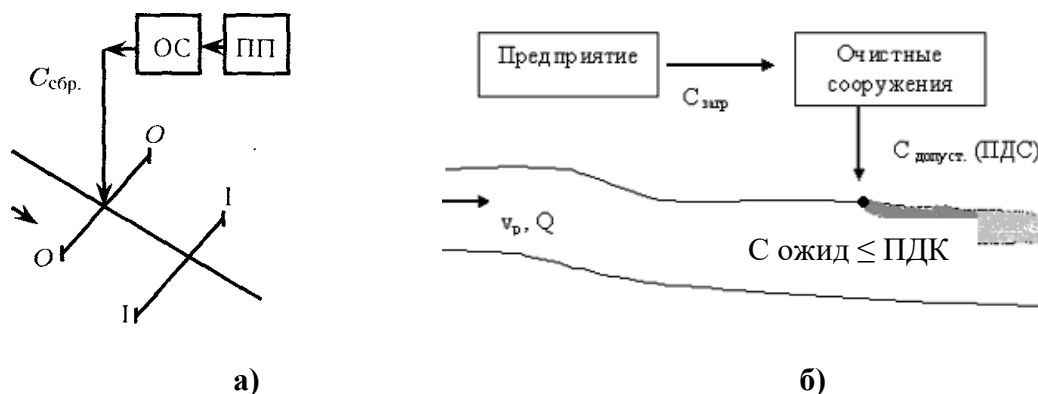


Рис. 1. Ситуационная схема сброса и смешения сточных вод:

- а) ПП – промышленное предприятие, ОС – очистные сооружения, 0-0 – нулевой створ, I-I – расчетный створ; б) v_p – скорость движения воды, м/с; Q – расход воды в водном объекте, м³/ч; $C_{загр}$ – концентрация загрязняющих веществ при выходе с производства, мг/л; $C_{допуст}$ – допустимое к сбросу в природный водный объект содержание загрязняющих веществ, мг/л; $C_{ожид}$ – суммарная концентрация загрязняющих веществ с учетом фонового содержания примесей, мг/л.

При сбросе сточных вод в водные объекты хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования расчетный створ должен устанавливаться на водотоках в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно - питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территории населенного пункта). На непроточных водоемах и водохранилищах - в одном километре в обе стороны от пункта водопользования.

Таким образом, для разных видов водопользования качество воды водного объекта, при сбросе в него сточных вод, должно соответствовать в расчетном створе (рис. 2а, 2б).

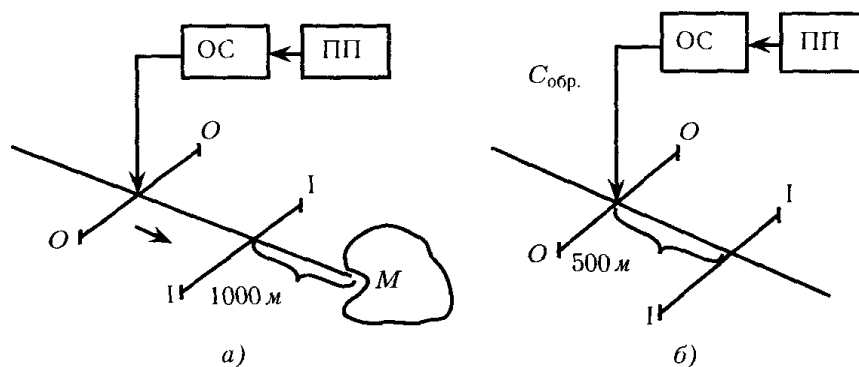


Рис.2. Ситуационная схема для проточного природного водного объекта:

- а) — культурно-бытового (М — населенный пункт); б) — рыбохозяйственного водопользования, ПП – промышленное предприятие, ОС – очистные сооружения, 0-0 – нулевой створ, I-I – расчетный створ

При сбросе сточных вод в водные объекты санитарное состояние водного объекта в расчетном створе считается удовлетворительным, если соблюдается следующее условие [4, 5]:

$$\sum_i^n [C_{рс} \setminus C_{пдк}] = 1 \quad (1)$$

где $C_{рс}$ — концентрация i -го вещества в расчетном створе при условии одновременного присутствия нескольких веществ, относящихся к одному и тому же ЛПВ; $i = 1, 2, \dots, n$ — количество веществ с одинаковым ЛПВ; $C_{пдк}$ — предельно допустимая концентрация i -того вещества.

Основной механизм снижения концентрации загрязняющего вещества при сбросе сточных вод в водные объекты — разбавление. В практике расчетов используют понятие — кратность разбавления. Кратность разбавления в водотоке у расчетного створа выражается зависимостью:

$$n = (\gamma Q + q) \setminus q \quad (2)$$

где γ — коэффициент смешения, показывающий, какая часть воды водотока участвует в разбавлении; q — максимальный расход сточных вод; Q — расчетный минимальный расход воды водотока в контрольном створе.

При определении кратности разбавления сбрасываемых сточных вод водой водотока расчетный расход Q принимается при следующих условиях:

- для не зарегулированных водотоков — расчетный минимальный среднемесячный расход воды года 95%-й обеспеченности;
- для зарегулированных водотоков — установленный гарантированный расход ниже плотины (санитарный пропуск) с учетом исключения возможных обратных течений в нижнем бьефе;
- расчетный расход может быть получен в установленном порядке в органах Роскомгидромета.

Природные свойства воды объясняют ее широкое, практически неограниченное применение. Будучи уникальным растворителем, природная вода может содержать различные по составу и количеству добавки. Возможность использования воды в конкретной области определяется соответствием качества требованиям потребителей. Эти требования, как правило, регламентируются государственными стандартами, другими нормативными документами.

Введение в эксплуатацию новых и реконструкция существующих предприятий, цехов, технологических процессов возможно лишь при знании класса опасности веществ, которые находятся в природных водах (табл. 1), их ПДК и методов их определения в воде.

Таблица 1

Классы опасности веществ и их характеристика

Класс опасности	Степень опасности химических веществ для человека
1	Чрезвычайно опасные
2	Высоко опасные
3	Опасные
4	Умеренно опасные

Система канализации промышленных предприятий. Под канализацией (водоотведением) понимается комплекс оборудования, сетей и сооружений, предназначенных для организованного приема и удаления по трубопроводам за пределы населенных пунктов или

промышленных предприятий загрязненных сточных вод, а также для их очистки и обезвреживания перед утилизацией или сбросом в водоем.

В зависимости от того, как отводятся бытовые, производственные и атмосферные сточные воды – совместно или раздельно, системы канализации принято подразделять на общесплавные, раздельные и полураздельные.

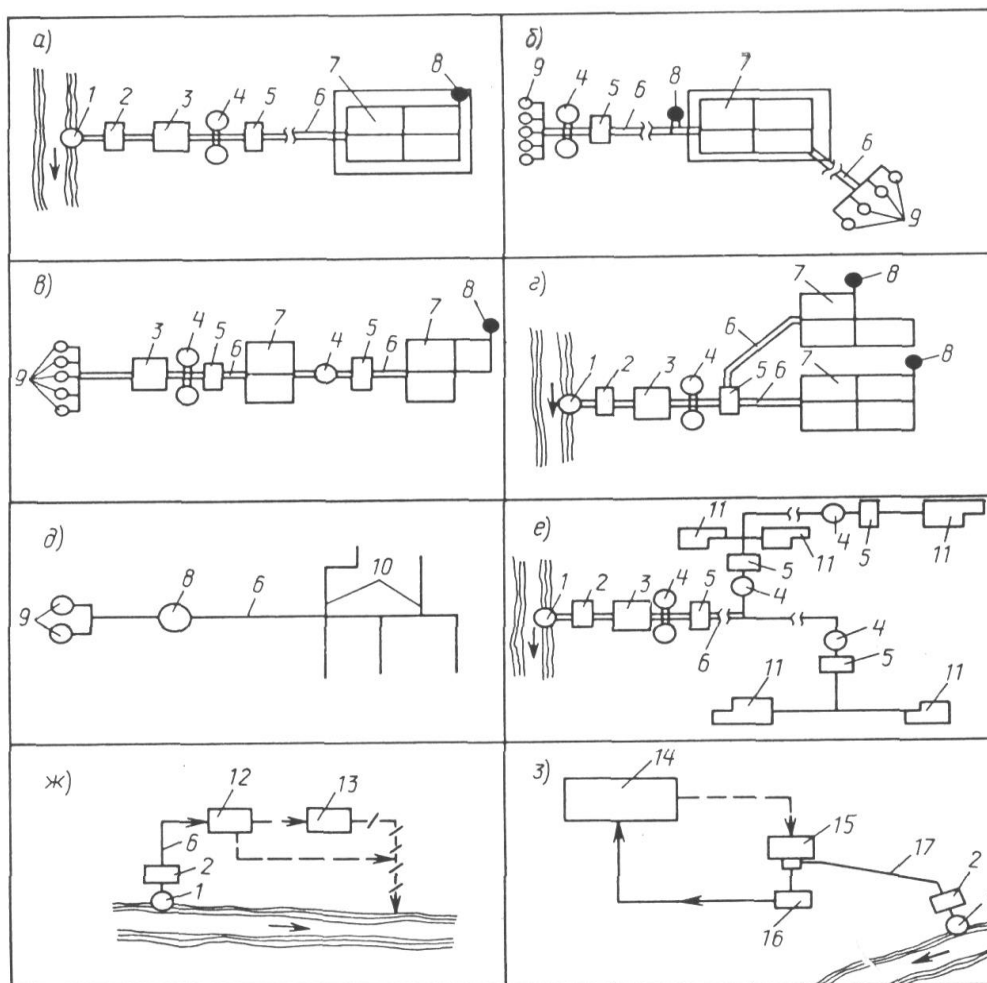


Рис. 3. Схемы систем водоснабжения:

а – города с поверхностным источником; б – города с двумя площадками артезианских скважин; в – города с последовательным зонированием; г – города с параллельным зонированием; д – сельского населенного пункта; е – группы потребителей (групповой водопровод); ж – промышленного предприятия, прямоточная и с последовательным использованием воды; з – промышленного предприятия, обратная; 1 – водозаборные сооружения; 2 – насосная станция первого подъема; 3 – очистные сооружения; 4 – резервуары чистой воды; 5 – насосные станции второго и последующих подъемов; 6 – водоводы; 7 – магистральная водопроводная сеть; 8 – водонапорная башня, 9 – артезианские скважины; 10 – тупиковая сеть, 11 – потребители воды; 12, 13, 14 – производства на предприятии; 15 – очистная (охлажденная) установка; 16 – циркуляционная насосная станция; 17 – трубопровод подпиточной воды.

При общесплавной канализации сточные воды всех видов отводятся к очистным сооружениям или в водоем по единой канализационной сети. При раздельной системе канализации отдельные виды вод отводятся по самостоятельным сетям. При полураздельной системе канализации в местах пересечения самостоятельных канализационных сетей имеются водосбросные камеры для отвода различных видов сточных вод.

Основные схемы систем водоотведения промышленных предприятий представлены на рис. 4.

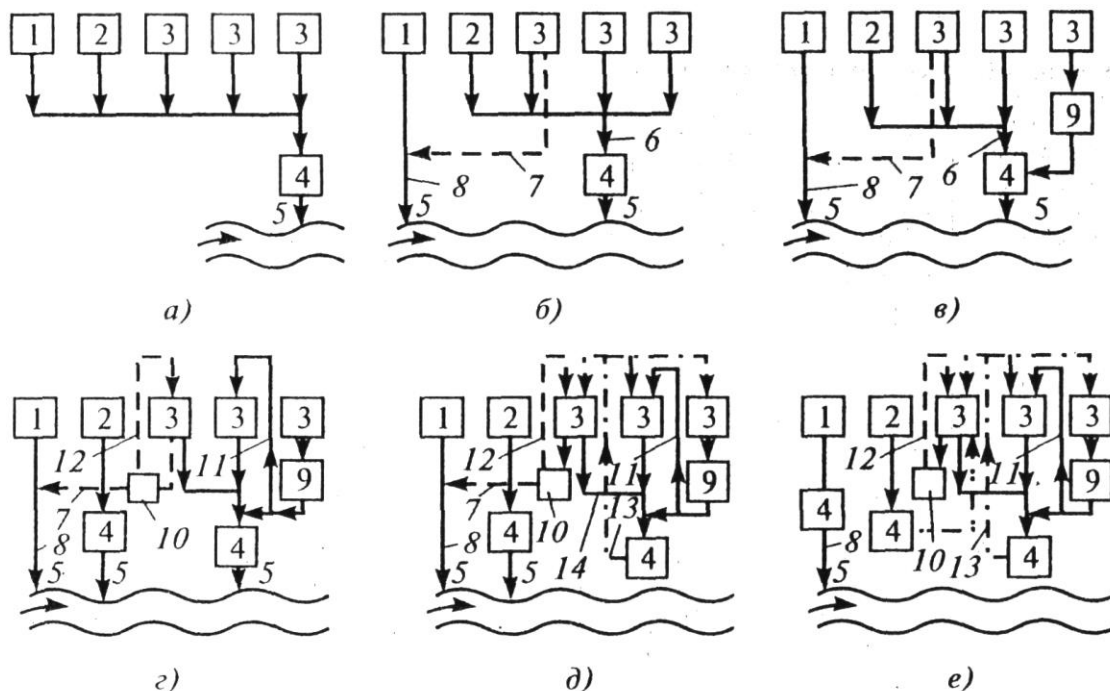


Рис. 4. Основные схемы систем канализации (водоотведения) промышленных предприятий [7]: а – общесплавной системы; б – раздельной системы с дождевой и производственно-бытовой сетями; в – то же, с локальными очистными сооружениями; г – раздельной системы с дождевой, бытовой и производственными сетями, локальными очистными сооружениями и частичным водооборотом; д – то же, с полным оборотом производственных сточных вод; е – раздельной системы бессточной канализации; 1 – дождевые воды; 2 – бытовые сточные воды; 3 – производственные сточные воды; 4 – очистные сооружения; 5 – выпуск в водоем; б – сеть бытовых и загрязненных производственных сточных вод; 7 – сеть незагрязненных производственных сточных вод; 8 – сеть дождевых вод; 9 – локальные очистные сооружения; 10 – сооружения по охлаждению незагрязненных сточных вод; 11, 12 – сеть оборотного водоснабжения соответственно после локальной очистки загрязненных и незагрязненных (после охлаждения) производственных сточных вод; 13, 14 – сеть оборотного водоснабжения после очистки соответственно загрязненных производственных и бытовых сточных вод.

Контроль и управление качеством воды в водных объектах предусматривает решение следующих задач:

- 1) определение требуемой степени очистки сточных вод;
- 2) установление достаточной степени разбавления сточных вод для того, чтобы в пункте водопользования примеси рассеивались до неопасных концентраций,
- 3) прогнозирование качества воды на заданную перспективу.

Санитарно-химические показатели загрязнения сточных вод. Состав сточных вод и их свойства оценивают по результатам санитарно-химического анализа, включающего наряду со стандартными химическими тестами целый ряд физических, физико-химических и санитарно-бактериологических определений.

Сложность состава сточных вод и невозможность определения каждого из загрязняющих веществ приводит к необходимости выбора таких показателей, которые характеризовали бы определенные свойства воды без идентификации отдельных веществ. Такие показатели называются групповыми или суммарными. Например, определение органолептических показателей (запах, окраска) позволяет избежать количественного определения в воде каждого из веществ, обладающих запахом или придающих воде цвет.

Полный санитарно-химический анализ предполагает определение следующих показателей: температура, цветность, запах, мутность, величина рН, сухой остаток, плотный остаток и потери при прокаливании, взвешенные вещества, оседающие вещества по объему и по массе, перманганатная окисляемость, химическое потребление кислорода (ХПК),

биохимическое потребление кислорода (БПК), азот (общий, аммонийный, нитритный, нитратный), фосфаты, хлориды, сульфаты, тяжелые металлы и другие токсичные элементы, поверхностно-активные вещества, нефтепродукты, растворенный кислород, микробное число, бактерии группы кишечной палочки (БГКП), яйца гельминтов. Кроме перечисленных показателей, в число обязательных тестов полного санитарно-химического анализа на городских очистных станциях может быть включено определение специфических примесей, поступающих в водоотводящую сеть населенных пунктов от промышленных предприятий.

Температура — один из важных технологических показателей. Функцией температуры является вязкость жидкости и, следовательно, сила сопротивления оседающим частицам. Поэтому температура — один из определяющих факторов процесса седиментации. Важнейшее значение имеет температура для биологических процессов очистки, так как от нее зависят скорости биохимических реакций и растворимость кислорода в воде.

Цветность - один из органолептических показателей качества сточных вод. Хозяйственно-фекальные сточные воды обычно слабо окрашены и имеют желтовато-буроватые или серые оттенки. Наличие интенсивной цветности различных оттенков — свидетельство присутствия производственных сточных вод. Для окрашенных сточных вод определяют интенсивность окраски по разведению до бесцветной, например 1:400; 1:250 и т.д.

Запах - органолептический показатель, характеризующий наличие в воде пахнущих веществ. Обычно запах определяют качественно при температуре пробы 20°C и описывают как фекальный, гнилостный, керосиновый, фенольный и т.д. При неясно выраженном запахе определение повторяют, подогревая пробу до 65°C. Иногда необходимо знать пороговое число — наименьшее разбавление, при котором запах исчезает.

Концентрация ионов водорода выражается величиной рН. Этот показатель чрезвычайно важен для биохимических процессов, скорость которых может существенно снижаться при резком изменении реакции среды. Установлено, что сточные воды, подаваемые на сооружения биологической очистки, должны иметь значение рН в пределах 6,5 - 8,5. Производственные сточные воды (кислые или щелочные) должны быть нейтрализованы перед сбросом в водоотводящую сеть, чтобы предотвратить ее разрушение. Городские сточные воды обычно имеют слабощелочную реакцию среды (рН = 7,2-7,8).

Мутность характеризует общую загрязненность сточной воды нерастворенными и коллоидными примесями, не идентифицируя вид загрязнений. Прозрачность городских сточных вод обычно составляет 1-3 см, а после очистки увеличивается до 15 см.

Сухой остаток характеризует общую загрязненность сточных вод органическими и минеральными примесями в различных агрегативных состояниях (мг/л). Определяется этот показатель после выпаривания и дальнейшего высушивания при $t = 105^{\circ}\text{C}$ пробы сточной воды. После прокаливания (при $t = 600^{\circ}\text{C}$) определяется зольность сухого остатка. По этим двум показателям можно судить о соотношении органической и минеральной частей загрязнений в сухом остатке.

Плотный остаток - это суммарное количество органических и минеральных веществ в профильтрованной пробе сточных вод (мг/л). Определяется при таких же условиях, что и сухой остаток. После прокаливания плотного остатка при $t = 600^{\circ}\text{C}$ можно ориентировочно оценить соотношение органической и минеральной частей растворимых загрязнений сточных вод. При сравнении прокаленных сухого и плотного остатков городских сточных вод определено, что большая часть органических загрязнений находится в нерастворенном состоянии. При этом минеральные примеси в большей степени находятся в растворенном виде.

Взвешенные вещества - показатель, характеризующий количество примесей, которое задерживается на бумажном фильтре при фильтровании пробы. Это один из важнейших технологических показателей качества воды, позволяющий оценить количество осадков, образующихся в процессе очистки сточных вод. Кроме того, этот показатель используется в качестве расчетного параметра при проектировании первичных отстойников. Количество взвешенных веществ - один из основных нормативов при расчете необходимой степени очистки сточных вод. Потери при прокаливании взвешенных веществ определяются так же,

как для сухого и плотного остатков, но выражаются обычно не в мг/л, а в виде процентного отношения минеральной части взвешенных веществ к их общему количеству по сухому веществу. Этот показатель называется зольностью. Концентрация взвешенных веществ в городских сточных водах обычно составляет 100 - 500 мг/л.

Оседающие вещества — часть взвешенных веществ, оседающих на дно отстойного цилиндра за 2 ч отстаивания в покое. Этот показатель характеризует способность взвешенных частиц к оседанию, позволяет оценить максимальный эффект отстаивания и максимально возможный объем осадка, который может быть получен в условиях покоя. В городских сточных водах оседающие вещества в среднем составляют 50-75% общей концентрации взвешенных веществ.

Под *окисляемостью* понимают общее содержание в воде восстановителей органической и неорганической природы. В городских сточных водах подавляющую часть восстановителей составляют органические вещества, поэтому считается, что величина окисляемости полностью относится к органическим примесям. Окисляемость - групповой показатель. В зависимости от природы используемого окислителя различают химическую окисляемость, если при определении используют химический окислитель, и биохимическую, когда роль окислительного агента выполняют аэробные бактерии - этот показатель - биохимическая потребность в кислороде - БПК. В свою очередь, химическая окисляемость может быть перманганатной (окислитель $KMnO_4$), бихроматной (окислитель $K_2Cr_2O_7$) и иодатной (окислитель KIO_3). Результаты определения окисляемости независимо от вида окислителя выражают в мг/л O_2 . Бихроматную и иодатную окисляемость называют химической потребностью в кислороде или ХПК.

Перманганатная окисляемость - кислородный эквивалент легкоокисляемых примесей. Основная ценность этого показателя - быстрота и простота определения. Перманганатная окисляемость используется с целью получения сравнительных данных. Тем не менее, есть такие вещества, которые не окисляются $KMnO_4$. Определяя ХПК, можно достаточно полно оценить степень загрязненности воды органическими веществами.

Биохимическое потребление кислорода — кислородный эквивалент степени загрязненности сточных вод биохимически окисляемыми органическими веществами. БПК определяет количество кислорода, необходимое для жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в окислении органических соединений. БПК характеризует биохимически окисляемую часть органических загрязнений сточной воды, находящихся в первую очередь в растворенном и коллоидном состояниях, а также в виде взвеси.

Азот находится в сточных водах в виде органических и неорганических соединений. В городских сточных водах основную часть органических азотистых соединений составляют вещества белковой природы - фекалии, пищевые отходы. Неорганические соединения азота представлены восстановленными - NH_4^+ и NH_3 окисленными формами NO_2^- и NO_3^- . Аммонийный азот в большом количестве образуется при гидролизе мочевины - продукта жизнедеятельности человека. Кроме того, процесс аммонификации белковых соединений также приводит к образованию соединений аммония.

Источником соединений *фосфора* в сточных водах являются физиологические выделения людей, отходы хозяйственной деятельности человека и некоторые виды производственных стоков.

Концентрации азота и фосфора в сточных водах - важнейшие показатели санитарно-химического анализа, имеющие значение для биологической очистки. Азот и фосфор - необходимые компоненты состава бактериальных клеток. Их называют биогенными элементами. При отсутствии азота и фосфора процесс биологической очистки невозможен

Хлориды и сульфаты - показатели, концентрация которых влияет на общее солесодержание.

В *группу тяжелых металлов и других токсичных элементов* входит большое число элементов, которое по мере накопления знаний о процессах очистки все более возрастает. К токсичным тяжелым металлам относят железо, никель, медь, свинец, цинк, кобальт, кадмий, хром, ртуть; к токсичным элементам, не являющимся тяжелыми металлами, - мышьяк, сурьма, бор, алюминий и т.д.

Источник тяжелых металлов - производственные сточные воды машиностроительных заводов, предприятий электронной, приборостроительной и других отраслей промышленности. В сточных водах тяжелые металлы содержатся в виде ионов и комплексов с неорганическими и органическими веществами.

Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) - органические соединения, состоящие из гидрофобной и гидрофильной частей, обуславливающих растворение этих веществ в маслах и в воде. Примерно 75% общего количества производимых СПАВ приходится на долю анионо-активных веществ, второе место по выпуску и использованию занимают неионогенные соединения. В городских сточных водах определяют СПАВ этих двух типов.

Нефтепродукты - неполярные и малополярные соединения, экстрагируемые гексаном. Концентрация нефтепродуктов в водоемах строго нормируется, и поскольку на городских очистных сооружениях степень их задержания не превышает 85%, в поступающей на станцию сточной воде также ограничивается содержание нефтепродуктов.

Растворенный кислород в поступающих на очистные сооружения сточных водах отсутствует. В аэробных процессах концентрация кислорода должна быть не менее 2 мг/л.

Санитарно-бактериологические показатели включают: общее число аэробных сапрофитов (микробное число), бактерий группы кишечной палочки и яйца гельминтов.

Микробное число оценивает общую обсемененность сточных вод микроорганизмами и косвенно характеризует степень загрязненности воды органическими веществами - источниками питания аэробных сапрофитов. Этот показатель для городских сточных вод колеблется в пределах 10^6 - 10^8 .

Влияние сточных вод на водоем. Самоочищающая способность водоема зависит от условий смешения и разбавления сточных вод водой водоемов. Для удовлетворения санитарных требований устанавливают предельно допустимый сброс (ПДС) лимитирующих веществ в целях ограничения поступления загрязнений в водоем со сточными водами.

Уравнение материального баланса имеет вид [7]:

$$\frac{qC_{ст.нр}}{ПДС} + \frac{QC_{ф}}{Фон} = \frac{C_{нр}(q + aQ)}{Нормативное\ состояние\ водоема}, \quad (3)$$

где q , Q - расход сточных и речных вод, $м^3/ч$; $C_{ст.нр}$, $C_{ф}$ - концентрация лимитирующего вещества соответственно для нормативно-очищенной сточной воды и в реке выше места выпуска, $г/м^3$; $C_{нр}$ - предельно допустимая концентрация в воде в зависимости от вида водопользования, $г/м^3$; a - коэффициент смешения, доли единицы.

При расположении промышленного предприятия в черте города или вблизи него, загрязненные производственные сточные воды могут сбрасываться в городскую водоотводящую сеть. Для предотвращения нарушения технологического процесса биологической очистки хозяйственно бытовых сточных вод, сбрасываемые воды должны удовлетворять определенным требованиям.

Основные из них сводятся к следующему:

- производственные сточные воды не должны быть агрессивными по отношению к материалам водоотводящих сетей и сооружений, не должны содержать примеси такой крупности и такого удельного веса, которые могли бы засорять водоотводящую сеть города;
- в производственных сточных водах не должно быть горючих примесей - бензина, нефтепродуктов, эфиров, а также растворенных газообразных веществ, которые могли бы образовывать взрывоопасные смеси. При биологической очистке городских стоков концентрация нефтепродуктов не должна превышать допустимого предела для процесса биохимической очистки;
- температура смеси хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод не должна превышать $40^{\circ}C$;

- сбрасываемые в городскую водоотводящую сеть сточные воды не должны содержать бактерий, попадающих с продуктами выработки вакцин и сывороток;
- средние значения рН не должны превышать значений 6,5-7;
- производственные сточные воды, не отвечающие предъявляемым требованиям, подвергаются предварительной очистке на соответствующих локальных установках.

Методические указания

Основное уравнение смешения сточных вод с природными имеет вид [7]:

$$gC_{ст} + QC_{\phi} = (g + yQ)C_{расч} \quad (3)$$

где Q - расход воды в водотоке, м³/с;

g - расход сточных вод, м³/с;

C_{ϕ} - концентрация данного вредного вещества в водотоке(фоновая), мг/л;

$C_{ст}$ - концентрация данного вредного вещества в сточных водах, мг/л;

y - коэффициент смешения, показывающий, какая часть расхода водного объекта смешивается в данном водотоке со сточной водой;

$C_{расч}$ - концентрация данного вредного вещества перед расчетным пунктом водопользования, мг/л.

Решая это уравнение относительно $C_{расч}$, имеем [7]:

$$C_{расч} = (gC_{ст} + QC_{\phi}) / (g + yQ), \text{ мг/л} \quad (4)$$

Эта формула позволяет прогнозировать санитарное состояние воды при всех заданных параметрах, входящих в нее. Прогноз осуществляется путем сравнения $C_{расч}$ с установленной для данного вещества ПДК. Если $C_{расч}$ меньше или равно ПДК, то прогноз благоприятен и, следовательно, меры, принимаемые на предприятии для очистки или разбавления сточных вод, достаточны. В противном случае необходимо принять меры по уменьшению количества сточных вод или концентрации в них вредного вещества либо за счет дополнительных систем очистки, либо совершенствованием технологических процессов.

Расчет необходимой степени очистки сточных вод по содержанию взвешенных веществ

Концентрацию взвешенных веществ в очищенной сточной воде, разрешенной к сбросу в водный объект, определяют из выражения [7]:

$$C_{оч} = P \cdot (\gamma Q/q + 1) + C_{\phi} \quad (5)$$

где C_{ϕ} — концентрация взвешенных веществ в воде водного объекта до сброса сточных вод, P — разрешенное санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в воде водного объекта в расчетном створе.

Рассчитав необходимую концентрацию взвешенных веществ в очищенной сточной воде ($C_{оч}$) и зная концентрацию взвешенных веществ в сточной воде, поступающей на очистку ($C_{ст}$), определяют требуемую эффективность очистки сточных вод по взвешенным веществам по формуле [7]:

$$\text{Э}_{вз} = ((C_{ст} - C_{оч}) / C_{ст}) \cdot 100\% \quad (6)$$

Расчет необходимой степени очистки сточных вод по содержанию растворенного кислорода

В соответствии с действующими нормативами содержание растворенного кислорода в водном объекте в результате сброса в него сточных вод не должно быть менее 4 мг/дм^3 или 6 мг/дм^3 в зависимости от вида водопользования и времени года.

Расчет ведут по БПК_{полн} и очищенных сточных водах ($L^{cm}_{полн}$) из условия сохранения растворенного кислорода [7]:

$$L^{cm}_{полн} = \gamma Q / 0,4q (O^B - L^e_{полн} - O) - O/0,4 \quad (7)$$

где Q — расход воды водотока, $\text{м}^3/\text{сутки}$; γ — коэффициент смешения; O^B — содержание растворенного кислорода в водотоке до места выпуска сточных вод, г/м^3 ; q — расход сбрасываемых сточных вод, $\text{м}^3/\text{сутки}$; $L^e_{полн}$ — полное биохимическое потребление кислорода водой водотока, г/м^3 ; $L^{cm}_{полн}$ — полное биохимическое потребление кислорода сточной водой, допустимой к сбросу; O — минимальное содержание растворенного кислорода водного объекта, принимаемое равным 4 или 6 г/м^3 ; 0,4 — коэффициент для пересчета БПК_{полн} в БПК₂.

Расчет необходимой степени очистки сточных вод по БПК_{полн} смеси воды водного объекта и сточных вод

При сбросе сточных вод в водные объекты снижение концентрации органических веществ происходит как за счет разбавления, так и благодаря процессам самоочищения. При протекании процесса самоочищения скорость изменения БПК пропорциональна количеству кислорода, потребного для биологического окисления органических веществ.

Расчет ведут по величине БПК_{полн} сточных вод, допустимых к отводу в водные объекты [7]:

$$L_{ст} = \gamma \cdot Q/q 10^{-kt} \cdot (L_{пдк} - L_B 10^{-kt}) + L_{пдк}/10^{-kt} \quad (8)$$

где γ — коэффициент смешения; Q — расход воды в водотоке, q — расход сточных вод, k, r — константы скорости потребления кислорода соответственно сточной водой и водой водного объекта; $L_{пдк}$ — значение допустимой концентрации БПК_{полн} смеси сточных вод и воды водного объекта в расчетном створе, L_B — БПК_{полн} воды водного объекта до места выпуска сточных вод, t — длительность перемещения воды от места сброса до расчетного створа, *сут*.

Расчет допустимой температуры сточных вод перед сбросом их в водные объекты

Расчет ведут исходя из условий, что температура воды водного объекта не должна повышаться более величины, оговоренной Правилами в зависимости от вида водопользования.

Температура сточных вод, разрешенных к сбросу, должна удовлетворять условию [7]:

$$T_{ст} = n \cdot T_{доп} + T_B \quad (9)$$

где $T_{доп}$ — допустимое повышение температуры; T_B — температура водного объекта до места сброса сточных вод, n — коэффициент разбавления.

Расчет необходимой степени очистки сточных вод по вредным веществам

Все вредные вещества, для которых определены значения ПДК, подразделены на лимитирующие показатели вредности (ЛПВ) в зависимости от вида пользования.

Санитарное состояние водного объекта в результате сброса сточных вод считается удовлетворительным, если вещества, входящие в определенный ЛПВ, будут содержаться в концентрациях, удовлетворяющих условию эффекта суммации, из которого следует, что каждое вредное вещество, входящее в ЛПВ, при условии одновременного присутствия i -веществ, может присутствовать в расчетном створе в концентрациях не более, чем [7]:

$$C_{pc}^1 = \sum_{i=1}^n C_{пдк} \cdot (1 - \sum_{i=1}^n C_{pc}/C_{пдк}^i) \quad (10)$$

где C_{pc}^1 — значение концентрации вредного вещества в расчетном створе при условии одновременного присутствия i — вещества с одинаковым ЛПВ; n — количество веществ с одинаковым ЛПВ, C_{pc} — фактическая или расчетная концентрация z -го вещества в расчетном створе; $C_{пдк}$ — предельно допустимая концентрация i -го вещества. Концентрацию каждого из i -го веществ в очищенных сточных водах, при условии соблюдения условий эффекта суммации, можно определить из выражения [7]:

$$C_{оч} = n - (C_{pc} - C_{в}) - C_{в} \quad (11)$$

где $C_{оч}$ — концентрация загрязняющего вещества в очищенной воде, перед сбросом в водный объект, при условии одновременного присутствия веществ с одинаковым ЛПВ; C_{pc} — концентрация вещества в расчетном створе; $C_{в}$ — концентрация вещества в водном объекте до места сброса сточных вод; n — кратность разбавления сточных вод.

Используя уравнение эффективности очистки найдем значение $C_{оч}$ для каждого из веществ, относящихся к этой группе ЛПВ [7]:

$$C_{оч} = (1 - \mathcal{E}/100)C_{ст} \quad (12)$$

где $C_{ст}$ — концентрация вещества в сточной воде, поступающего на очистку; \mathcal{E} — эффективность очистки данного вещества.

Вычислив значение C_{pc} для каждого из веществ, входящего в определенный ЛПВ, и подставив в выражение эффекта суммации, получим расчетную формулу для определения степени очистки [7]:

$$1/n \cdot [\sum_{i=1}^n (1 - \mathcal{E}/100) \cdot C_{ст}/C_{пдк}^i] + [(n-1)/n] \cdot \sum_{i=1}^n C_{в}/C_{пдк}^i = 1 \quad (13)$$

Практика работы очистных сооружений показывает, что вещества, входящие в определенный ЛПВ, очищаются не одинаково. Поэтому определение эффективности очистки должно быть выполнено для вещества, наиболее трудно выводимого из сточных вод. Остальные вещества, как более легко выводимые, будут заведомо иметь больший эффект очистки.

Эффективность очистки трудно удаляемого вещества определяется из выражения [7]:

$$\mathcal{E} = \{1 - (1 - ((n-1)/n) \cdot \sum_{i=1}^n C_{в}/C_{пдк}^i) / 1/n \cdot (\sum_{i=1}^n C_{ст}/C_{пдк}^i)\} \cdot 100\% \quad (14)$$

Задания для самостоятельного выполнения

Задача 1. Предприятие сбрасывает сточные воды с расходом $g = 4 \text{ м}^3/\text{с}$ в реку. Расход воды в водотоке реки $Q = 30 \text{ м}^3/\text{с}$. Коэффициент смешения $y = 1,0$. В сточных водах содержатся нефтепродукты, концентрация которых $C_{ст} = 0,9 \text{ мг/л}$, и медь $C_{ст} = 0,3 \text{ мг/л}$. Концентрация нефтепродуктов в водотоке выше сброса сточных вод $C_{ф} = 0,07 \text{ мг/л}$, меди $C_{ф} = 0$. ПДК нефтепродуктов в водных объектах = $0,1 \text{ мг/л}$, ПДК меди - $1,0 \text{ мг/л}$. Используя исходные данные задачи, определить концентрацию вредного вещества после пункта сброса сточных вод и дать оценку санитарного состояния воды.

Задача 2. Автотранспортный цех сбрасывает сточные воды от мойки автомобилей с расходом $g = 0,7 \text{ м}^3/\text{с}$ в реку. Расход воды и водотоке реки $Q = 40 \text{ м}^3/\text{с}$. Коэффициент смешения $y = 1,0$. В сточных водах содержатся нефтепродукты, концентрация которых $C_{ст} =$

2 мг/л, и взвешенные вещества С - 4мг/л. Концентрация нефтепродуктов в водостоке выше спроса сточных вод (фоновая) 0,01 мг/л, взвешенных веществ -2,0 мг/л. ПДК нефтепродуктов в ВО - 0,1 мг/л, взвешенных веществ - 0,25 мг/л. Используя исходные данные задачи, определить концентрацию вредного вещества после пункта сброса сточных вод и дать оценку санитарного состояния воды.

Задача 3. Определить концентрацию взвешенных веществ в сточной воде, разрешенной к сбросу в водоток после очистных сооружений, и необходимую эффективность очистки сточной воды по вариантам для условий (табл. 2).

Таблица 2

№	Q, м ³ /с	q, м ³ /с	C _{ст} , мг/л	C _ф , мг/л	γ	Категории водопользования
1	15	0,5	200	0.3	0,67	Рыбохозяйственная первой категории
2	15	0,5	200	0.3	0,67	
3	30	0,8	250	0.6	0,67	Рыбохозяйственная второй категории
4	30	0,8	250	0.6	0,67	
5	40	1,2	190	0.5	0,67	Хозяйственно-питьевые нужды населения
6	40	1,2	190	0.5	0,67	
7	45	1,5	160	0.3	0,67	Культурно-бытовые нужды населения
8	45	1,75	180	0.4	0,67	

Задача 4. Используя исходные данные задачи, определить максимальную предельную концентрацию вредного вещества, которую предприятие может допустить в стоках, и дать оценку возможности сброса сточных вод. Предприятие сбрасывает в реку сточные воды с расходом $g = 1,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Расход воды в реке $Q = 16 \text{ м}^3/\text{с}$, коэффициент смешения $\gamma = 0,3$. В сточных водах содержатся нефтепродукты, медь, цинк, свинец Концентрация нефтепродуктов в водостоке выше сброса сточных $C_{ф} = 0,01 \text{ мг/л}$, меди $C_{ф} = 0,1 \text{ мг/л}$, цинка $C_{ф} = 0,03 \text{ мг/л}$, свинца $0,01 \text{ мг/л}$. ПДК вредных веществ: нефти -0,1мг/л, меди 1,0 мг/л, цинка - 1,0 мг/л, свинца - 0,1 мг/л.

Задача 5. Определить необходимую степень очистки сточных вод по содержанию растворенного кислорода, которые сбрасываются в водоток, при следующих условиях (табл. 3):

Таблица 3

№	Q, м ³ /с	q, м ³ /с	γ	O ^B мг/с	L _{полн}	БПК ^{ст} _{полн}	Категория водопользования
1	20	1,1	0,63	5,5	2,0	250	Хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения
2	25	1,4	0,63	5,5	2,0	250	
3	30	1,8	0,63	5,5	2,0	250	
4	43	2,1	0,63	6,0	2,0	250	
5	25	1,3	0,63	6,5	2,0	300	Рыбохозяйственного назначения (летний период)
6	20	1,2	0,63	7,0	2,0	350	
7	33	1,6	0,63	7,0	2,0	350	
8	29	1,6	0,63	7,0	2,0	350	

Задача 7. Используя данные задачи, определите кратность разбавления сточных вод, перед их отведением в водный объект. Предприятие сбрасывает в реку сточные воды с расходом $g = 3$ м/с. Расход воды в реке $Q = 130$ м³/с. Тип сброса сточных вод береговой. Коэффициент смешения $y = 0,3$.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2 Расчет конструктивных параметров решетки

Цель работы:

- изучить основы проектирования устройств механической очистки сточных вод;
- обрести навыки расчета и проектирования устройств механической очистки сточных вод.

Теоретическая часть

В соответствии с "СП 32.13330.2012. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85" (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/11) (ред. от 30.12.2015) для проектирования сооружений и аппаратов механической очистки должны быть заданы следующие данные:

- общее количество сточных вод q_w , м³/ч;
- температура сточных вод, T_w , °С;
- периодичность образования сточных вод;
- концентрация тяжелых механических примесей, мг/л;
- концентрация нефтепродуктов, масел, мг/л;
- плотность тяжелых и легких загрязнений, г/см³;
- кинетика осаждения механических примесей тяжелее и легче воды.

Кинетика отстаивания изображается экспериментальными кривыми, отражающими зависимость между временем отстаивания t и количеством выпавших за это время взвешенных веществ Ξ (%). На рис. 4 в качестве примера изображены кинетики отстаивания сточных вод прокатного производства при исходной концентрации загрязнений 200 мг/л.

- требуемая степень очистки Ξ (%) или допустимое содержание загрязнений легче и тяжелее воды, мг/л;
- скорость оседания («гидравлическая крупность») частиц тяжелее и легче воды, которые необходимо выделить для обеспечения требуемой степени очистки, мм/с.

Зависимость между высотой отстаивания и продолжительностью отстаивания выражается соотношением:

$$\frac{t_1}{t_2} = \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^n \quad (15)$$

где t_1 , t_2 – продолжительность отстаивания в цилиндрах высотой h_1 , и h_2 при одинаковом проценте выпадения взвеси.

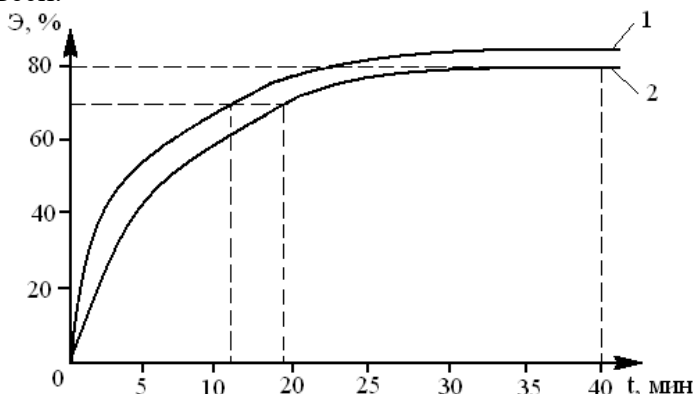


Рис. 15. Отстаивание сточных вод прокатного производства

1 – кривая при высоте отстаивания 200 мм; 2 – кривая при высоте отстаивания 500 мм

Показатель степени n зависит от природы загрязнений, в том числе и от *агломерируемости* взвесей (способности частиц укрупняться, объединяясь в группы). t_1, t_2, h_1, h_2 известны из кинетики отстаивания (рис. 15), тогда [1]:

$$n = \frac{(\lg t_2 - \lg t_1)}{(\lg h_2 - \lg h_1)} \quad (16)$$

Гидравлическая крупность частиц определяется по формуле:

$$u_0 = \frac{1000kH}{t_2 \left(\frac{kH}{h_2} \right)^n}, \quad (17)$$

где k – коэффициент использования объема, зависящий от типа отстойника, который определяет гидравлическую эффективность отстойника и зависит от конструкции водораспределительных и водосборных устройств; H – высота отстаивания, мм.

При проектировании очистных установок, как правило, применяются типовые конструкции отстойников с известными геометрическими размерами (в том числе и H). Поэтому за расчетную величину следует принимать производительность одного отстойника q_{set} , при которой обеспечивается заданный эффект очистки. После расчета q_{set} , исходя из общего расхода сточных вод, определяется количество рабочих единиц отстойников N :

$$N = \frac{q_w}{q_{set}} \quad (18)$$

При расчете u_0 необходимо учитывать поправку на изменение вязкости воды при изменении температуры. Тогда:

$$u_0^r = \frac{u_0}{\mu} \quad (19)$$

где μ — коэффициент вязкости воды (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициент вязкости воды в зависимости от температуры

$t, ^\circ\text{C}$	60	50	40	30	25	20	15	12	10	5	0
μ	0,45	0,55	0,65	0,8	0,9	1	1,14	1,23	1,3	1,5	1,8

К сооружениям механической очистки относятся решетки, отстойники, нефтеловушки, масло- и грязеприемники, центрифуги и др. Основная задача сооружений механической очистки – удаление крупных взвешенных частиц, мусора, масло- и нефтепродуктов, которые могут осложнять последующую биологическую или физико-химическую очистку.

Решетки служат для улавливания из воды крупных загрязнений (тряпок, бумаги, кусков дерева и т.д.). Наиболее распространены решетки, устанавливаемые под углом 60° и очищаемые граблями, которые движутся перед решеткой (рис. 16).

Если устанавливается одна решетка, то минимальный прозор между стержнями должен быть равен $b=16$ мм; уменьшение прозора приводит к затруднению протекания воды. Такая одиночная решетка задерживает менее 50% всех отбросов, содержащихся в воде. Более эффективно устанавливать последовательно две решетки, из которых вторая имеет размер прозоров между стержнями в два раза меньше, чем первая (например, 20 и 10 мм).

Опыт эксплуатации действующих очистных станций показывает, что большое количество загрязнений все-таки проходит рез решетку, что ухудшает работу последующих сооружений очистных станций (например, приводит к загрязнению песколовков органическими примесями). Органические вещества не осаждаются в песколовках и на них налипают песок, который затем выносится в отстойники.

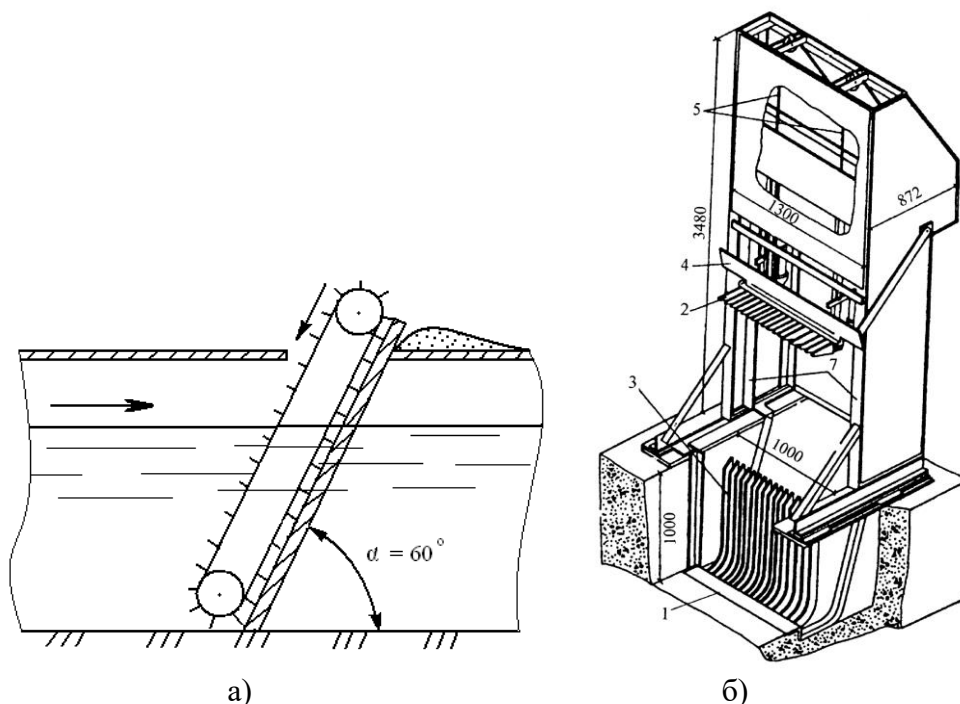


Рис. 16. Наклонная решетка: а – расположение наклонной решетки в канале; б – общий вид решетки с прозорами 6 мм (продольный разрез): 1 – подводящий канал; 2 – грабли; 3 – стержни решетки; 4 – сбрасыватель; 5 – канат

Для того чтобы повысить эффективность работы решеток, их надо правильно спроектировать, т.е. определить конструктивные меры самих решеток и камер, в которых они устанавливаются. Общая ширина решетки при известном числе прозоров между стержнями решетки n определяется по формуле [1]:

$$B = s(n - 1) + b \cdot n, \quad (20)$$

где s – толщина стержней;

b – ширина прозоров между стержнями (рис. 17);

l – длина стержней.

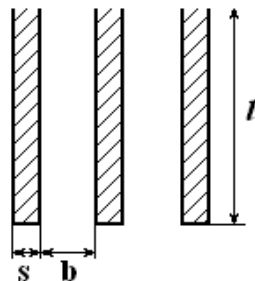


Рис. 17. Ширина прозоров между стержнями

Число прозоров n определяется следующим образом. Расход сточных вод через решетку равен произведению площади живого сечения потока на величину его скорости:

$$q = F_p v_p^H, \quad F_p = lbn = \frac{H_1}{\sin \alpha} bn, \quad (21)$$

где v_p^H – нормальная составляющая скорости потока (рис. 18): $v_p^H = v_p \sin \alpha$

Тогда $q = H_1 b n v_p$, откуда:

$$n = \frac{q}{b H_1 v_p} \quad (22)$$

Скорость потока v_p принимается не более 1 м/с, так как в противном случае загрязнения будут продавливаться через решетку.

Для учета стеснения потока граблями и задерживаемыми на решетке засорениями вводится коэффициент засорения k_3 , т.е. $n' = k_3 n$. При механической очистке решетки $k_3 = 1,05$, а потока при ручной очистке $k_3 = 1,1 \div 1,2$.

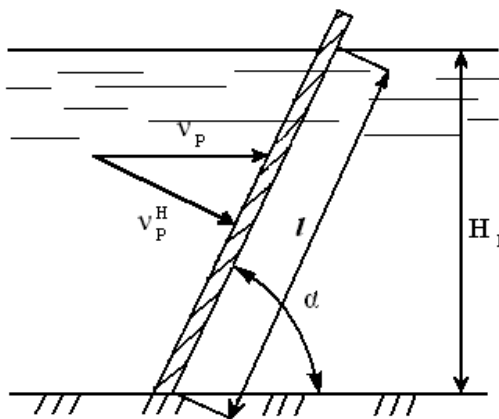


Рис. 18. Нормальная составляющая скорости потока

Уловленные на решетках загрязнения дробятся в дробилках, а затем их либо возвращают в воду перед решетками, либо с уплотненными активным илом транспортируют в метатенки для сбраживания. Последнее мероприятие сильно повышает эффективность работы песколовков, отстойников и других очистных сооружений.

Методические указания

Пример: требуется рассчитать одиночную решетку с механической очисткой, устанавливаемую в водоем с глубиной $H_1 = 1,2$ м. Расход сточных вод $2,5 \cdot 10^6$ л/ч.

Порядок расчета определяется "СП 32.13330.2012. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85" (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/11 (ред. от 30.12.2015) и в пособии А.Г. Гудков [1]:

1) выбирается ширина прозоров между прутьями $b > b_{min} = 16$ мм при установке одной решетки. Пусть $b = 20$ мм.

2) скорость потока v_p принимается равной 0,8 м/с, т.е. меньше $v_{p max} = 1$ м/с.

3) расход сточных вод через решетку q переводится из литров в час в кубический метр на секунду:

$$1 \frac{\text{л}}{\text{ч}} = \frac{1 \text{ дд}^3}{3600 \text{ с}} = \frac{0,1^3 \text{ м}^3}{3600 \text{ с}} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{3600 \text{ с}} = 2,78 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

Тогда:

$$q = 2,5 \cdot 10^6 \left[\frac{\text{л}}{\text{ч}} \right] = 2,78 \cdot 10^{-7} \cdot 2,5 \cdot 10^6 = 0,695 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

4) определяется число прозоров между прутьями решетки по формуле [1]:

$$n = \frac{q}{bH_1 v_p} = \frac{0,695}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2 \cdot 0,8} = 36.$$

Вводится коэффициент $k_3 = 1,05$. Тогда $n' = 1,05 \cdot 36 = 38$.

5) толщина стержней принимается: $s = b = 20$ мм.

6) общая ширина решетки:

$$B = s(n-1) + b \cdot n = 20 \cdot 10^{-10} \cdot 37 + 20 \cdot 10^{-10} \cdot 38 = 1,5 \text{ м.}$$

7) полезная длина стержней решетки:

$$l = \frac{H_1}{\sin \alpha} = \frac{1,2}{\sin 60} = 1,4 \text{ м.}$$

Над решеткой необходимо предусмотреть лоток для сбора загрязнений, счищаемых механическими граблями. Поэтому стержни решетки должны выступать над поверхностью воды на величину Δl . Δl принимается равной 0,5 м. Тогда длина стержней будет равна $l' = l + \Delta l = 1,9$ м.

Определение расчетной гидравлической крупности частиц производится в следующем порядке.

1. По заданным величинам концентраций тяжелых механических примесей в исходной и осветленной воде определяется требуемый эффект очистки $\mathcal{E}_{\text{тр}}$:

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = \frac{\text{исх. конц. тяж. мех. прим.} - \text{конц. тяж. мех. прим. в осв. воде}}{\text{исх. конц. тяж. мех. прим.}} 100\% .$$

2. По кривым кинетики отстаивания (рис. 1) определяется продолжительность отстаивания (t_1 , t_2 (в секундах)), при которой в слоях воды $h_1 = 200$ мм и $h_2 = 500$ мм достигается требуемый эффект очистки.

3. После этого по формуле определяется показатель степень n :

$$n = \frac{\lg t_2 - \lg t_1}{\lg h_2 - \lg h_1} ,$$

4. Затем по формуле определяется гидравлическая крупность частиц взвесей (при этом для горизонтального отстойника (k по табл. 5)).

$$w_o = \frac{1000kH}{t_2 \left(\frac{kH}{h_2} \right)^n} ,$$

Таблица 5

Отстойник	Коэффициент использования объема k	Рабочая глубина H , м	Ширина B , м	Скорость рабочего потока v , мм/с	Уклон днища к иловому прямку
Горизонтальный	0,5	1,5-4	$(2 \div 5)H$	5-10	0,005-0,05
Радиальный	0,45	1,5-5	-	5-10	0,005-0,05
Вертикальный	0,35	2,7-3,8	-	-	-
С вращающимся сборно-распределительным устройством	0,85	0,8-1,2	-	-	0,05
С нисходяще-восходящим потоком	0,65	2,7-3,8	-	$2u_0-3u_0$	-

5. Рассчитывается гидравлическая крупность частиц с учетом поправки на изменение вязкости воды при изменении температуры.

Задания для самостоятельного выполнения

Задача 1. Рассчитать одиночную решетку с механической очисткой, устанавливаемую в водоем, исходя из данных табл. 6.

Таблица 6

№ варианта	H_1 , м	q , л/ч
1	1,8	$3,2 \cdot 10^6$
2	1,6	$2,8 \cdot 10^6$
3	1,4	$2,6 \cdot 10^6$

Задача 2. Требуется определить гидравлическую крупность частиц для проектирования отстойника при очистке сточных вод прокатного производства. Исходные данные представлены в табл. 7. Кинетики отстаивания механических примесей тяжелее воды показаны на рис. 15.

Таблица 7

№ варианта	1	2	3
Расход сточных вод q_w , м ³ /ч	1000	1000	1000
Температура сточных вод T_w , °С	30	25	40
Исходная концентрация тяжелых механических примесей, мг/л	200	180	170
В очищенной воде содержание тяжелых примесей не должно превышать, мг/л	60	65	55
Рабочая глубина отстаивания H , м	1,5	1,5	1,5

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Расчет конструкционных параметров песколовки

Цель работы:

- изучить виды и принципы работы песколовок;
- изучить и освоить методику расчета конструкционных параметров песколовок.

Теоретическая часть

Содержащиеся в сточной воде нерастворимые вещества (например, песок, шлак, стеклянная крошка и др.) крупностью $0,15 \div 0,25$ мм могут накапливаться в отстойниках, метантенках, снижая тем самым производительность этих сооружений. Осадок, содержащий песок, плохо транспортируется по трубопроводам.

Для предварительного выделения из сточных вод нерастворенных минеральных примесей (песка, шлака, боя стекла и др.) под действием силы тяжести применяются песколовки. Песколовки предусматриваются в составе очистных сооружений при производительности свыше $1,00 \text{ м}^3/\text{сут}$. Количество песколовок или отделений должно быть не менее двух, причем все – рабочие.

По направлению движения воды песколовки подразделяются на *горизонтальные*, *вертикальные* и с *вращательным движением жидкости*; последние подразделяются на *тангенциальные* и *азрируемые*.

При объеме улавливаемого осадка до $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$ допускается удалять осадок вручную, при большем объеме выгрузка осадка механизмуется.

Горизонтальные песколовки. Представляют собой удлиненные в плане сооружения с прямоугольным поперечным сечением (рис. 18). Важнейшими элементами песколовки являются: входной и выходной каналы; бункер для сбора осадка, располагаемый в начале песколовки. Кроме этого, в песколовке имеются механизм для перемещения осадка в бункер и гидроэлеватор для удаления песка. Механизмы применяются двух типов: цепные и тележечные. Цепные механизмы состоят их двух бесконечных цепей, расположенных по краям песколовки, с закрепленными на них скребками (рис. 18). Механизмы тележечного типа состоят из тележки, перемещаемой над песколовкой по рельсам вперед и назад, на которой подвешивается скребок.

Кроме механизмов, для перемещения осадка применяются гидромеханические системы, которые представляют собой смывные трубопроводы со sprысками, уложенными вдоль днища в лотках.

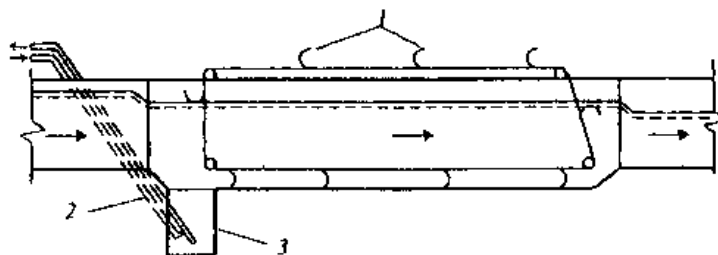


Рис. 18. Горизонтальная песколовка

1 – цепной скребковый механизм; 2 – гидроэлеватор; 3 – бункер

Разновидностью этого типа песколовок является песколовка с *круговым движением жидкости*. Она представляет собой круглый резервуар конической формы с периферийным лотком для протекания сточной воды (рис. 19). Весь улавливаемый осадок проваливается через щель в осадочную часть. Для выгрузки осадка достаточно гидроэлеватора.

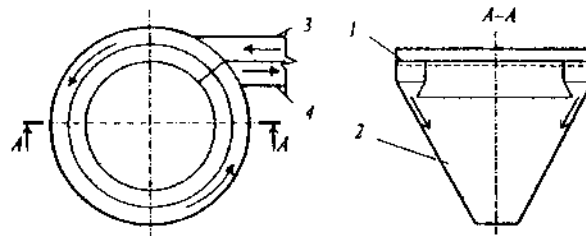


Рис. 19. Горизонтальная песколовка с круговым движением воды
1 – кольцевой желоб; 2 – осадочный конус; 3 – подводящий канал;
4 – отводящий канал

Оптимальная скорость движения воды в горизонтальных песколовках $v = 0,15 \div 0,3$ м/с, гидравлическая крупность задерживаемого песка $u_0 = 18 \div 24$ мм/с.

Горизонтальные песколовки применяют при расходах стоков свыше 10000 м³/сут, а горизонтальные песколовки с круговым движением – до 70000 м³/сут.

Вертикальные песколовки. Используются в полураздельных системах и на станциях очистки поверхностных вод, поскольку они удобны для накопления большого количества осадка. Максимальный расход сточных вод для вертикальных песколовков составляет 10000 м³/сут.

Песколовки имеют цилиндрическую форму с подводом воды по касательной с двух сторон, а отводом - кольцевым лотком (рис. 20).

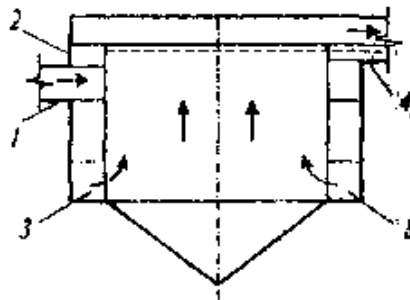


Рис. 20. Вертикальная песколовка с вращательным движением: 1 – подводящий канал; 2 – сборный кольцевой лоток; 3 – ввод воды в рабочую зону; 4 – отводящий канал

Недостаток этих песколовков заключается в большой продолжительности пребывания воды в сооружении. Расчет песколовков производится, исходя из условия, что скорость восходящего потока жидкости меньше гидравлической крупности песчинок улавливаемого песка, т.е. $v < u_0$. Гидравлическая крупность песка такая же, как у горизонтальных песколовков.

Тангенциальные песколовки. Они имеют круглую в плане форму и касательный подвод воды, который обеспечивает винтообразное движение жидкости по касательной к стенкам песколовки (рис. 21). На периферии вода движется вниз, а в центре – вверх.

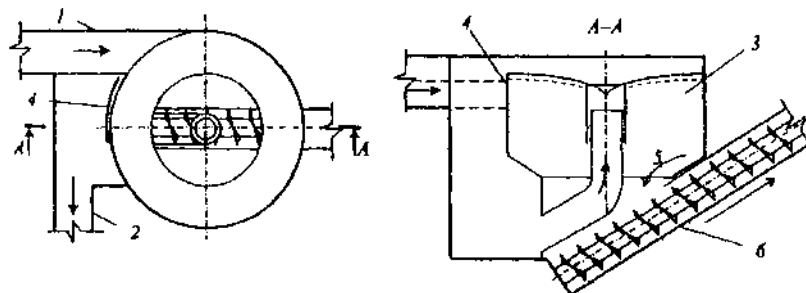


Рис. 21. Тангенциальная песколовка с вихревой водяной воронкой: 1 – подводящий канал; 2 – отводящий канал; 3 – рабочая часть; 4 – регулируемый водослив; 5 – песок; 6 – шнековый подъемник

Область применения тангенциальных песколовков – при расходах сточных вод до 75000 м³/сут.

Аэрируемые песколовки. Имеют удлиненную форму в плане и прямоугольное, полигональное или близкое к эллиптическому поперечное сечение (рис. 22).

Вдоль одной из стенок песколовки прокладывается аэратор из дырчатых труб на глубине 2/3 от общей глубины. Благодаря этому поток приобретает вращательное движение с перемещением его у дна от одной стенки к другой. Суммирование поступательного и вращательного движений приводит к винтовому движению воды вдоль песколовки. Продольная скорость составляет 0,05÷0,10 м/с, вращательная скорость – 0,3 м/с. Аэрируемые песколовки используются при расходах свыше 20000 м³/сут.

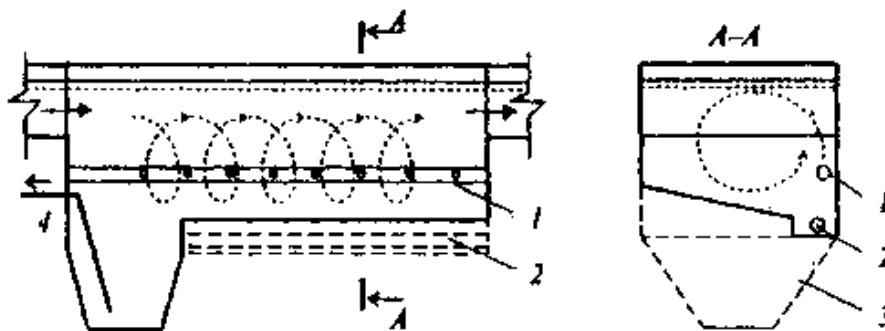


Рис. 22. Аэрируемая песколовка: 1 – дырчатый аэратор; 2 – трубопровод гидросмыва осадка; 3 – осадочная часть; 4 – гидроэлеватор

К достоинствам этой песколовки относится устойчивость работы при изменениях расхода и хорошая отмывка песка от органики.

Аэрируемые песколовки одновременно могут использоваться для улавливания всплывающих загрязнений (жиров, нефтепродуктов и др.). Для этого вдоль всей песколовки полупогружной перегородкой отделяется специальная зона для выделения и накопления всплывающих загрязнений.

Методические указания

Песколовки

Проектирование решеток осуществляется в соответствии с "СП 32.13330.2012. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85" (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/11) (ред. от 30.12.2015) и пособием А.Г. Гудкова [1]. По рис. 23 в зависимости от расхода сточных вод выбирается тип песколовков.

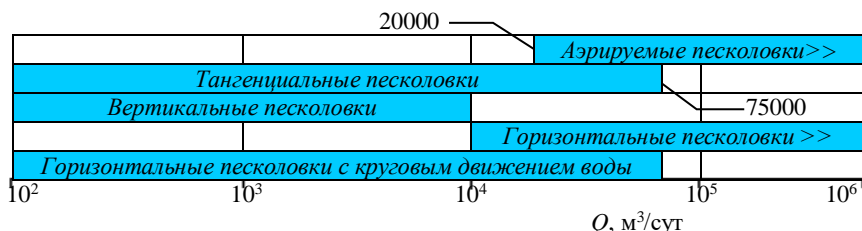


Рис. 23. Область применения различных типов песколовков

I. Горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды

1. Назначается количество отделений песколовков *n* (не менее двух), исходя из расхода на одно отделение не более 40÷50 тыс. м³/сут.

2. Определяется необходимая площадь живого сечения одного отделения песколовки ω :

$$\omega = \frac{q_{max}}{n \cdot v_s}, \text{ м}^2, \quad (23)$$

где q_{max} – максимальный секундный расход сточных вод, м³/с; v_s – скорость течения воды, м/с (табл. 1 Приложений).

3. Рассчитывается длина песколовки L_s :

$$L_s = 1000 K_s H_s v_s / u_0, \text{ м}, \quad (24)$$

где K_s – коэффициент, принимаемый по табл. 2; H_s – расчетная глубина песколовки, м (табл. 1 Приложений), u_0 – гидравлическая крупность песка, мм/с (табл. 2 Приложений).

4. Рассчитывается ширина одного отделения песколовки B :

$$B = \omega / H_s, \text{ м}. \quad (25)$$

Полученная ширина B округляется до ближайшего целого значения.

5. По рассчитанной ширине и длине принимается типовая песколовка или проектируется индивидуально. В табл. 7 приведены основные типоразмеры горизонтальных песколовков.

6. Определяется скорость течения сточных вод в песколовке при максимальном (v_{max}) и минимальном (v_{min}) притоке:

$$v_{max} [v_{min}] = \frac{q_{max} [q_{min}]}{B \cdot n \cdot H_s}, \text{ м/с}, \quad (26)$$

где q_{min} – минимальный секундный расход сточных вод, м³/с.

Полученные скорости должны находиться в пределах 0,15÷0,3 м/с.

Таблица 7

Параметры различных типов песколовков

Песколовка	Гидравлическая крупность песка u_0 , мм/с	Скорость движения сточных вод v_s , м/с, при притоке		Глубина H_s , м	Количество задерживаемого песка, л/сут·чел	Влажность песка, %	Содержание песка в осадке, %
		минимальном	максимальном				
Горизонтальная	18,7÷24,2	0,15	0,3	0,5÷2	0,02	60	55÷60
Аэрируемая	13,2÷18,7	-	0,08÷0,12	0,7÷3,5	0,03	-	90÷95
Тангенциальная	18,7÷24,2	-	-	0,5	0,02	60	70÷75

Таблица 8

Параметры к расчету песколовков

Диаметр задерживаемых частиц песка, мм	Гидравлическая крупность песка u_0 , мм/с	Значение K_s , в зависимости от типа песколовков и отношения ширины B к глубине H аэрируемых песколовков				
		горизонтальные	аэрируемые			
			$B:H = 1$	$B:H = 1,25$	$B:H = 1,5$	
0,15	13,2	-	2,62	2,50	2,39	
0,20	18,7	1,7	2,43	2,25	2,08	
0,25	24,2	1,3	-	-	-	

Таблица 9

Основные показатели типовых аэрируемых песколовков

Номер типового проекта 902-2-...	Пропускная способность, тыс. м ³ /сут	Число отделений	Размеры, м			Отношение B/H	Расход воздуха на аэрацию, м ³ /ч, при интенсивности 3 м ³ /(м ² ·ч)
			Ширина отделения B	Глубина H	Длина L		
-	70	2	3,0	2,1	12	1,34	200
...284	100	3	3,0	2,1	12	1,34	300
-	140	2	4,5	2,8	18	1,5	460
...286	200	3	4,5	2,8	18	1,5	690
...287	280	4	4,5	2,8	18	1,5	920

Таблица 10

Основные типоразмеры горизонтальных песколовков

Показатели	Пропускная способность очистной станции, тыс. м ³ /сут				
	70	100	140	200	280
Расчетный расход, м ³ /с	0,97	1,36	1,87	2,68	3,76
Число отделений	2	3	4	3	4
Размеры отделения: сечение, м ² длина, м, при гидравлической крупности частиц, мм/с:	1,62	1,54	3,02	2,9	3,02
18,7	15,8	15,4	18,2	17,7	18,2
24,2	13	12,4	16,3	15,6	16,3
глубина, м	0,58	0,55	0,67	0,65	0,67
ширина, м	3	3	3	4,5	4,5

7. Рассчитывается продолжительность протекания сточных вод в песколовке T при максимальном притоке:

$$T = L_s / v_{max}, \text{ с.} \quad (27)$$

Продолжительность протока T должна быть не менее 30 с.

8. Находится суточный объем осадка, накапливаемого в песколовках w_{cym} :

$$w_{cym} = N_{np} q_{oc} / 1000, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (28)$$

где q_{oc} – удельное количество песка, л/(сут·чел), принимается по табл. 1 Приложений; N_{np} – приведенное население, чел.

9. Рассчитывается объем бункера одного отделения песколовки W :

$$W = w_{cym} T_{oc} / n, \text{ м}^3, \quad (29)$$

где T_{oc} – интервал времени между выгрузками осадка из песколовки, сут, (не более двух суток).

10. Рассчитывается глубина бункера песколовки $h_{\bar{o}}$:

$$h_{\bar{o}} = W / B^2, \text{ м.} \quad (30)$$

11. Определяется высота слоя осадка на дне песколовки h_{oc} :

$$h_{oc} = \frac{K_n W_{cym}}{B \cdot n \cdot L_s}, \text{ м.} \quad (31)$$

где K_n – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения осадка по площади, равный 3.

12. Рассчитывается полная строительная высота песколовки $H_{стр}$:

$$H_{стр} = H_s + h_{oc} + 0,5, \text{ м.} \quad (32)$$

II. Горизонтальные песколовки с круговым движением воды

1. Назначается количество отделений песколовки n (не менее двух), исходя из расхода на одно отделение не более $15 \div 20$ тыс. м³/сут.

2. определяется необходимая площадь живого сечения одного отделения песколовки ω .

3. рассчитывается длина окружности песколовки по средней линии L_s .

4. Определяется средний диаметр песколовки D_0 :

$$D_0 = L_s / \pi, \text{ м.} \quad (11)$$

5. Рассчитывается продолжительность протекания сточных вод в песколовке T при максимальном притоке:

$$T = \pi D_0 / v_s, \text{ с.} \quad (12)$$

Продолжительность протока T должна быть не менее 30 с.

6. в зависимости от пропускной способности принимается ширина кольцевого желоба песколовки $B_{ж}$.

Таблица 11

Основные показатели горизонтальных песколовки с круговым движением воды (типовой проект №902-2-27)

Пропускная способность		Основные размеры, мм			
м ³ /сут	л/с	Диаметр	Расстояние между центрами отделений	Ширина кольцевого желоба	Ширина лотков впуска и выпуска воды
1400÷2700	31÷56	4000	6000; 6500	500; 800	200
2700÷4200	56÷83				250
4200÷7000	83÷133				300
7000÷10000	133÷183				350
10000÷17000	183÷278	6000	10000; 11000	1000 1400 1500 1800	600
17000÷25000	278÷394				900
25000÷40000	394÷590				900
40000÷64000	590÷920				900

7. Определяется наружный диаметр песколовки D :

$$D = D_0 + B_{ж}, \text{ м.} \quad (33)$$

8. По рассчитанному диаметру принимается типовая песколовка или проектируется индивидуально.

9. рассчитывается объем бункера одного отделения песколовки W .

10. Определяется высота бункера (конической части) песколовки h_k :

$$h_k = \frac{12W}{\pi(D_0^2 + d^2 + D_0d)}, \text{ м,} \quad (34)$$

где d – диаметр нижнего основания бункера, равный 0,4 м.

11. Рассчитывается полная строительная высота песколовки H_{cnp} :

$$H_{cnp} = H_s + h_k + 0,5, \text{ м.} \quad (35)$$

III. Тангенциальные песколовки

1. Назначается количество отделений песколовки n (не менее двух), исходя из расхода на одно отделение не более 15 тыс. м³/сут.

2. Определяется площадь каждого отделения песколовки F :

$$F = \frac{3600 q_{max}}{n \cdot q_0}, \text{ м}^2, \quad (36)$$

где q_{max} – максимальный секундный расход сточных вод, м³/с; q_0 – нагрузка на песколовку по воде при максимальном притоке, равная 90÷130 м³/(м²·ч).

3. Рассчитывается диаметр каждого отделения D :

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}, \text{ м.} \quad (37)$$

Диаметр песколовки должен быть не более 6 м.

4. Рассчитываются глубина h_1 и высота бункера (конусной части) песколовки h_2 :

$$\begin{aligned} h_1 &= D/2, \text{ м;} \\ h_2 &= \sqrt{D^2 - h_1^2}, \text{ м.} \end{aligned} \quad (38)$$

5. находится суточный объем осадка, накапливаемого в песколовках w_{cym} .

6. Рассчитывается период между выгрузками осадка из песколовки T_{oc} :

$$T_{oc} = \frac{n \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h_2}{12 w_{cym}}, \text{ сут.} \quad (39)$$

7. Рассчитывается полная строительная высота песколовки H_{cnp} :

$$H_{cnp} = h_1 + h_2 + 0,5, \text{ м.} \quad (40)$$

IV. Вертикальные песколовки

1. Назначается количество отделений песколовки n (не менее двух), исходя из расхода на одно отделение не более 10÷15 тыс. м³/сут.

2. определяется площадь каждого отделения песколовки F , при нагрузке по воде при максимальном притоке q_0 , равной 70÷130 м³/(м·ч);

3. рассчитывается диаметр каждого отделения D .

4. Рассчитываются глубина песколовки h_1 и высота бункера (конусной части) песколовки h_2 :

$$\begin{aligned} h_1 &= tv/1000, \text{ м;} \\ h_2 &= D \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}, \text{ м.} \end{aligned} \quad (41)$$

где t – продолжительность пребывания воды в песколовке, равная 120÷180 с; v – скорость восходящего потока воды в песколовке, равная гидравлической крупности песка u_0 , мм/с (табл. 2 Приложений).

5. находится суточный объем осадка, накапливаемого в песколовках w_{cym} .

6. рассчитывается период между выгрузками осадка из песколовок T_{oc} .

7. рассчитывается полная строительная высота песколовки H_{cmp} .

V. Аэрируемые песколовки

1. Назначается количество отделений песколовок n (не менее двух), исходя из расхода на одно отделение не более $40 \div 60$ тыс. $m^3/сут$.

2. определяется необходимая площадь живого сечения одного отделения песколовки ω .

3. Принимается соотношение ширины B и глубины H песколовки α (в пределах $1 \div 1,5$) и определяются сами значения глубины и ширины:

$$H = \sqrt{\frac{\omega}{\alpha}}, \text{ м}; \quad B = \alpha H, \text{ м}. \quad (42)$$

4. Полученная ширина B округляется до ближайшего целого значения.

5. Рассчитывается длина песколовки L_s :

$$L_s = \frac{1000 K_s H_s v_s}{u_0}, \text{ м}, \quad (43)$$

где K_s – коэффициент, принимаемый по табл. 3. 2; H_s – расчетная глубина песколовки, м, равная $H/2$, u_0 – гидравлическая крупность песка, мм/с (табл. 2 Приложений).

6. По рассчитанной ширине и длине принимается типовая песколовка или проектируется индивидуально. В табл. 3 Приложений приведены основные показатели аэрируемых песколовок.

7. находится суточный объем осадка, накапливаемого в песколовках w_{cym} .

8. рассчитываются объем бункера сбора осадка одного отделения песколовки W и глубина бункера h_b .

9. Определяется расход промывной воды при гидромеханическом удалении песка q_h :

$$q_h = v_h l_{sc} b_{sc}, \text{ л/с}, \quad (44)$$

где v_h – восходящая скорость смывной воды в лотке, принимаемая равной $0,0065$ м/с; l_{sc} – длина пескового лотка, равная длине песколовки за вычетом длины пескового прямка (бункера):

$$l_{sc} \approx L_s - B, \text{ м};$$

b_{sc} – ширина пескового лотка, равная $0,5$ м.

10. Определяется напор в начале смывного трубопровода H_0 :

$$H_0 = 5,4h_0 + 5,4 \frac{v_{mp}^2}{2g}, \text{ м}, \quad (45)$$

где h_0 – максимальная высота слоя песка о начале пескового лотка, равная $0,2 \div 0,5$ м; v_{mp} – скорость воды в начале смывного трубопровода, равная 3 м/с.

11. Рассчитывается общий расход воздуха для аэрирования песколовок Q_{air} :

$$Q_{air} = J_a B L n, \text{ м}^3/ч, \quad (46)$$

где J_a – интенсивность аэрации, равная $3 \div 5$ $m^3/(m^2 \cdot ч)$.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задача 1

Исходные данные. Суточный расход сточной воды $Q = 75000$ $m^3/сут$; максимальный секундный расход $q_{max} = 1,41$ $m^3/с$; минимальный секундный расход $q_{min} = 0,72$ $m^3/с$; норма

водоотведения составляет $a = 250$ л/(сут·чел).

Задание. Рассчитать горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды.

Задача 2

Исходные данные. Суточный расход сточной воды $Q = 25000$ м³/сут; максимальный секундный расход $q_{max} = 0,45$ м³/с; норма водоотведения составляет $a = 170$ л/(сут·чел).

Задание. Рассчитать горизонтальные песколовки с круговым движением воды.

Задача 3

Исходные данные. Суточный расход сточной воды $Q = 14000$ м³/сут; максимальный секундный расход $q_{max} = 0,28$ м³/с; норма водоотведения составляет $a = 190$ л/(сут·чел).

Задание. Рассчитать тангенциальные песколовки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Расчет конструкционных параметров отстойников

Цель работы:

- изучить методику расчета основных технологических параметров отстойников;
- освоить методику расчета первичных отстойников.

Теоретическая часть

Отстаивание является самым простым, наименее трудоемким и дешевым методом выделения из сточной воды грубодиспергированных примесей, плотность которых отличается от плотности воды. Под действием силы тяжести загрязнения оседают на дно или всплывают на поверхность.

Классификация и виды отстойных сооружений

Отстойные сооружения, используемые на очистных сооружениях канализации, классифицируются:

- по **характеру работы**: подразделяются на *периодического* действия (контактные) и *непрерывного* действия (проточные);

- по **технологической роли**: делятся на *первичные отстойники* (для осветления сточной воды), *вторичные отстойники* (для отстаивания воды, прошедшей биологическую очистку) и *третичные отстойники* (для доочистки), *илоуплотнители*, *осадкоуплотнители*;

- по **направлению движения потока воды**: бывают *вертикальные*, *горизонтальные*, *радиальные* (разновидности: с центральным, периферийным и с радиальным подвижным впуском воды) и *наклонные тонкослойные* (в зависимости от схемы движения, воды и осадка бывают прямоточными, противоточными и перекрестными);

- по **способу обеспечения флокуляции взвешенных веществ**: *активная флокуляция* (достигается путем аэрации, механического перемешивания или реагентной обработкой) и *пассивная флокуляция* (разновидности: в свободном объеме или в контактной среде);

- по способу выгрузки осадка: сооружения *со скребковыми механизмами*, *илососами* и *гидросмывом*. [2, 3, 7]

Первичное осветление сточной воды

Первичные отстойники располагаются в технологической схеме непосредственно после песколовки и предназначены для выделения взвешенных веществ из сточной воды.

Основной характеристикой работы первичных отстойников является *эффективность осветления (отстаивания)*, которая определяется из выражения:

$$\Theta = \frac{C_1 - C_2}{C_1}, \%, \quad (47)$$

где C_1 – начальная концентрация взвешенных веществ в сточной воде, C_2 – допустимая конечная концентрация взвешенных веществ в осветленной воде, принимаемая в соответствии с нормами или технологическими требованиями.

В большинстве случаев эффект осветления составляет 40÷60%, что приводит также к снижению величины БПК в осветленной сточной воде на 20÷40%. Для станций полной биологической очистки концентрация взвешенных веществ в воде после первичных отстойников не должна превышать 150 мг/л во избежание повышенного прироста активного ила или биопленки.

Закономерности первичного осветления

Основным параметром, который используется при расчете первичных отстойников, является скорость осаждения частиц – *гидравлическая крупность*.

Скорость одиночного осаждения u частиц шарообразной формы в условиях ламинарного режима ($Re \leq 2$) описывается формулой Стокса:

$$u = \frac{d^2(\rho_c - \rho_v)g}{18\eta}, \quad (48)$$

где d – диаметр частицы, ρ_c – плотность частицы, ρ_v – плотность воды, η – динамическая вязкость чистой воды.

При отстаивании сточных вод наблюдается стесненное осаждение, которое сопровождается столкновением частиц, трением между ними и изменением скоростей. Скорость стесненного осаждения меньше скорости одиночного осаждения и для шарообразных частиц одинакового размера может быть рассчитана по формуле Стокса с дополнительными параметрами, которые учитывают влияние концентрации взвешенных частиц и реологические свойства системы:

$$u = \frac{d^2(\rho_c - \rho_v)g\varepsilon}{18\eta_c}, \quad (49)$$

где η_c – динамическая вязкость сточной воды; ε – объемная доля жидкой фазы.

Для нешарообразных частиц в эти формулы подставляют эквивалентный диаметр частиц:

$$d_s = \sqrt{V_c/\pi},$$

где V_c – объем частицы.

Однако взвешенные вещества, содержащиеся в городских сточных водах, имеющие преимущественно органическое происхождение, представляют собой полидисперсную агрегативно-неустойчивую систему. Частицы неоднородны, имеют хорошие адгезионные свойства и способность к агломерации при осаждении. Различают агломерацию частиц в условиях *перикинетической* (или диффузионной) коагуляции и *ортокинетической* (или гравитационной) флокуляции.

Перикинетическая коагуляция имеет место при разрушении коллоидных систем, размеры частиц которых не превышают 0,1 мкм. Кинетика такого процесса описывается формулой Смолуховского [6, 7]:

$$n_t = \frac{n_0}{1 + 4\pi D_{\text{мол}} r n_0 t}, \quad (50)$$

где n_0 – начальная концентрация частиц; n_t – конечная концентрация частиц через период времени t ; r – расстояние между центрами агрегирующихся частиц, $D_{\text{мол}}$ – коэффициент молекулярной диффузии.

Для основной массы грубодиспергированных частиц с размером 1÷1000 мкм

определяющей является ортокинетическая флокуляция, обусловленная столкновением частиц разного диаметра. Кинетика этого процесса, являющегося определяющим для всего первичного отстаивания, выражается математической моделью для бидисперсных систем, в которых крупные хлопья поглощают более мелкие частицы. В дифференциальном виде уравнением выражается так:

$$\frac{dn}{dt} = -\Psi n_1 n_{xl} G \frac{d_{xl}^3}{6}, \quad (51)$$

где n_1 и n_{xl} – соответственно количество мелких частиц и хлопьев в единице объема воды; Ψ – коэффициент эффективности столкновения частиц, обусловленный их адгезионными свойствами; G – градиент скорости, характеризующий условия столкновения частиц; d_{xl} – эквивалентный диаметр хлопьев.

На практике проектирования и эксплуатации получило распространение использование зависимостей эффекта осветления сточной воды от продолжительности ее отстаивания. Широко применяется эмпирическое уравнение вида:

$$\mathcal{E}_t = \mathcal{E}_{120} (t/120)^{a/t}, \quad (52)$$

где \mathcal{E}_t – концентрация взвешенных веществ в период времени t ; a – эмпирический коэффициент, зависящий от концентрации взвешенных веществ, их способности к агломерации и высоты слоя воды; \mathcal{E}_{120} – относительное содержание оседающих веществ к общей массе взвешенных веществ после 120 мин отстаивания в покое.

Для проектирования отстойников экспериментально определяют кривые кинетики осветления реальных стоков на данной станции очистки с помощью отстаивания в лабораторных цилиндрах высотой 0,5 и 1 м (рис. 24). Эффект осветления в этом случае рассчитывается по формуле 47.

Для пересчета полученных кинетик на глубину реальных отстойников используют условие седиментационного подобия:

$$\frac{T_{set}}{t_{set}} = \left(\frac{H_{set}}{h_{set}} \right)^n, \quad (53)$$

где T_{set} – продолжительность осветления в натуре при глубине H_{set} ; t_{set} – продолжительность осветления в модели при глубине h_{set} ; n – показатель степени, отражающий способность взвеси к агломерации (для городских сточных вод $n = 0,2 \div 0,4$).

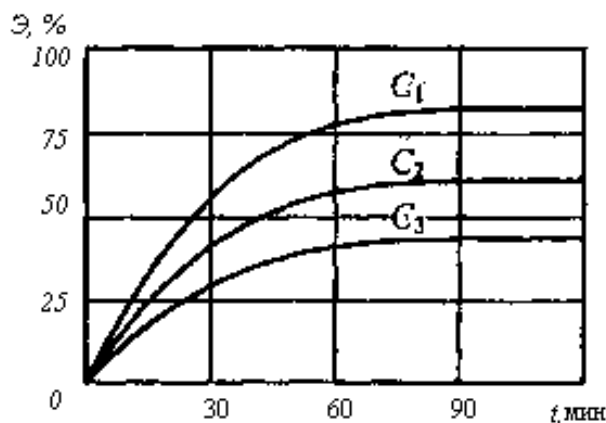


Рис. 24. Зависимость эффекта осветления от продолжительности отстаивания $C_1 > C_2 > C_3$

Показатели a и n определяются экспериментально по результатам технологического моделирования.

Для расчета отстойников используется понятие условной гидравлической крупности u_0 ($u_0 = h_{set}/t_{set}$), которая рассчитывается из соотношения [1]:

$$u_0 = \frac{1000 H_{set}}{t_{set} (H_{set}/h_{set})^n} \quad (54)$$

Кроме того, для учета гидродинамического режима потока осветляемой воды в отстойнике вводится коэффициент использования объема проточной части:

$$K_{set} = \frac{W_{prom}}{W_{общ}}, \quad (55)$$

где $W_{общ}$ – общий объем зоны отстаивания; W_{prom} – объем проточной части, исключая вихревые зоны на входе и выходе.

Вторичное отстаивание

Вторичные отстойники располагаются в технологической схеме после сооружений биологической очистки в искусственно созданных условиях (аэротенки, биофильтры, циркуляционные окислительные каналы, биотенки и др.) и служат для выделения активного ила или отмершей биопленки из очищенной сточной воды.

Эффективность осветления во вторичных отстойниках определяет общий эффект очистки воды и эффективность работы всего комплекса очистных сооружений биологической очистки.

Кроме того, для технологических схем с аэротенками вторичные отстойники во многом определяют объем аэрационных сооружений, который зависит, помимо прочего, от концентрации возвратного активного ила и степени его рециркуляции. [2, 3, 7]

Закономерности процесса илоразделения

Иловая смесь, поступающая из аэротенков во вторичные отстойники, представляет собой многофазную систему, в которой основным компонентом служат хлопья активного ила размером $20 \div 300$ мкм, сформированные в виде сложной трехуровневой клеточной структуры, окруженной экзоклеточным веществом биополимерного состава.

Важнейшим свойством иловой смеси является ее агрегативная неустойчивость – изменение диаметра хлопьев ила в зависимости от интенсивности перемешивания. При снижении интенсивности турбулентного перемешивания и последующем отстаивании иловой смеси в результате биофлокуляции происходит агрегирование хлопьев ила диаметром $20 \div 300$ мкм в хлопья размером $1 \div 5$ мм.

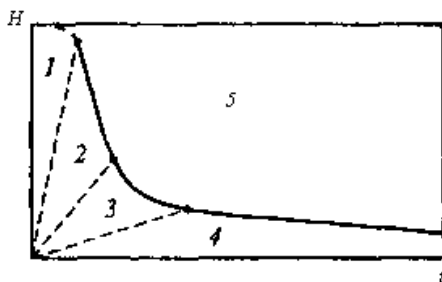


Рис. 25. Кривая кинетики снижения границы раздела фаз вода-активный ил [1]

Осаждение хлопьев активного ила происходит с образованием видимой границы раздела фаз между водой и илом. Скорость снижения границы раздела может быть определена по формуле:

$$v_c = 99e^{-4,9I_i d_i},$$

где I_i – иловый индекс активного ила, d_i – доза активного ила в иловой смеси.

При изучении кривой кинетики снижения границы раздела фаз (рис. 25) выделяют следующие основные стадии процесса гравитационного разделения иловых смесей:

1. флокуляция хлопьев ила с образованием хлопьев и видимой границы;
2. зонное осаждение хлопьев с постоянной скоростью;
3. переходная стадия от зонного осаждения к уплотнению осевшего ила;
4. уплотнение осевшего ила за счет сжатия под тяжестью лежащих выше слоев;

5. осветление надыловой воды, при которой полидисперсные иловые частицы агломерируются.

Процесс илоразделения во вторичных отстойниках существенно отличается от лабораторных условий и определяется гидродинамическим режимом, который зависит от совокупного воздействия следующих факторов:

- режим впуска иловой смеси в сооружение, оцениваемый скоростью ее входа;
- процесс сбора осветленной воды, определяемый в основном скоростью подхода воды к сборному лотку;
- режим отсоса осевшего ила, определяемый скоростью входа ила в сосуны илососа и уровнем стояния ила.

Влияние перечисленных компонентов способствует образованию турбулентного режима движения воды во вторичных отстойниках, учет которого на конечную концентрацию взвешенных веществ производится как через коэффициент объемного использования, так и через основные технологические параметры работы отстойника.

При гравитационном разделении достигается концентрация взвешенных веществ на выходе, равная 15÷25 мг/л. Повышение эффективности илоразделения можно достичь с помощью:

- низкоскоростного перемешивания иловой смеси стержневыми перемешивающими устройствами – в результате концентрация взвешенных веществ снижается до 8÷15 мг/л;
- использования взвешенного слоя активного ила и последующего доосветления надыловой воды – возможно снижение содержания взвешенных веществ до 5÷7 мг/л;
- тонкослойного отстаивания как для предварительного разделения концентрированных иловых смесей, так и для осветления надыловой воды. [2, 3, 7]

Классификация и конструкции вторичных отстойников

Для очистных сооружений небольшой производительности (до 20 тыс. м³/сут) применяются вертикальные вторичные отстойники, для очистных станций средней и большой пропускной способности (более 15 тыс. м³/сут) – горизонтальные и радиальные.

Вертикальные вторичные отстойники по конструкции бывают [2, 3, 7]:

- круглые в плане с конической иловой частью, аналогичные первичным, но с меньшей высотой зоны отстаивания;
- квадратные в плане (12×12 м, 14×14 м) с четырехбункерной пирамидальной иловой частью.

К достоинствам этого типа отстойников относят удобство удаления осевшего ила под гидростатическим давлением, компактность их расположения и простота конструкции. Основными недостатками является большая глубина и возможность развития анаэробных процессов в осевшем активном иле.

Горизонтальные вторичные отстойники полностью аналогичны первичным. Вторичный радиальный отстойник показан на рис. 26.

Иловая смесь подводится к центральному распределительному устройству – коническому раструбу внутри металлического цилиндра. Осветленная вода собирается в кольцевой желоб по периметру отстойника. Активный ил удаляется самотеком под гидростатическим давлением через щели (сосуны) подвижного илососа в иловую камеру с регулируемым водосливом. Недостаток этих отстойников заключается в сложности эксплуатации скребковых механизмов.

Существуют модификации радиальных отстойников, в которых используется принцип низкоградиентного перемешивания и усовершенствованный илосос, что позволяет достичь снижения содержания взвешенных веществ в осветленной воде и повышения концентрации циркуляционного активного ила.

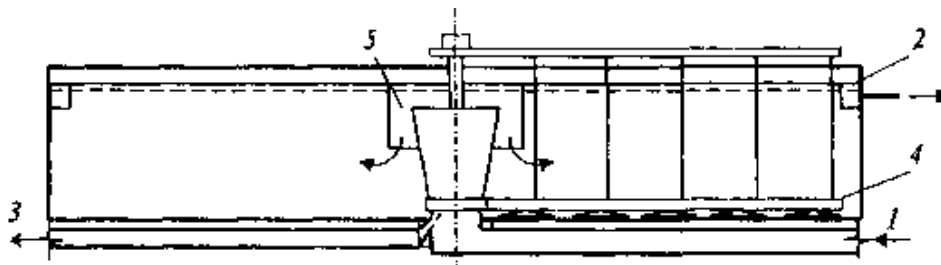


Рис. 26. Вторичный радиальный отстойник
 1 – подача иловой смеси; 2 – сборный лоток очищенной воды (рис. 27а); 3 – удаление активного ила, скребки (рис. 27б); 4 – илосос; 5 – распределительный кожух



Рис. 27а Водосборный кольцевой лоток



Рис. 27б Скребковый механизм для сбора осадка

Методические указания

Расчет отстойников проводится в соответствии с "СП 32.13330.2012. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85" (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/11) (ред. от 30.12.2015). Рассчитывается необходимый эффект осветления в отстойниках Э по формуле 47: По табл. 1 Приложений в зависимости от расхода сточных вод и необходимого эффекта осветления выбирается конструктивный тип отстойников.

I. Горизонтальные отстойники

1. Определяется значение гидравлической крупности u_0 [1]:

$$u_0 = \frac{1000 H_{set} K_{set}}{t_{set} \left(\frac{H_{set} K_{set}}{h_1} \right)^{n_2}}, \text{ мм/с}, \quad (56)$$

где H_{set} – глубина проточной части в отстойнике, м, (табл. 2 Приложений); K_{set} – коэффициент использования объема проточной части отстойника (табл. 2 Приложений); t_{set} – продолжительность отстаивания, для городских сточных вод эту величину допускается принимать по табл. 3 Приложений; h_1 – глубина слоя, равная 0,5 м; n_2 – показатель степени, для городских сточных вод его следует определять по рис. 27.

Если температура сточной воды в производственных условиях отличается от 20°, в формулу вводится поправка:

$$u_0^t = \frac{\mu_{lab}}{\mu_{pr}} u_0, \text{ мм/с},$$

где μ_{lab} – вязкость воды в лабораторных условиях; μ_{pr} – вязкость воды при температуре t .

2. Рассчитывается суммарная ширина всех отделений отстойника $\sum B$:

$$\sum B = \frac{1000 q_{max}}{v_w H_{set}}, \text{ м}, \quad (57)$$

где q_{max} – максимальный секундный расход сточной воды, м³/с; v_w – скорость рабочего потока, мм/с (табл. 2 Приложений).

3. По табл. 2 Приложений принимается ширина одного отделения отстойника B_{set} , м (в пределах $2H_{set} \div 5H_{set}$). Рекомендуется выбрать ширину отделения, кратную 3 м. В табл. 5 Приложений приводятся основные параметры типовых первичных горизонтальных отстойников.

Определяется число отделений отстойника n (должно быть не менее двух):

$$n = \sum B / B_{set}. \quad (58)$$

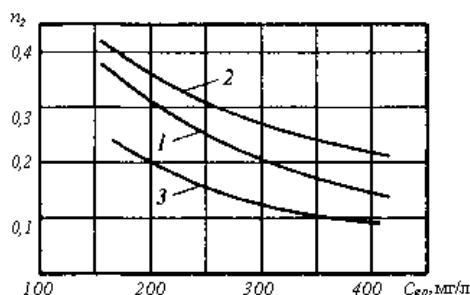


Рис. 27. Зависимость показателя степени n_2 от исходной концентрации взвешенных веществ в городских сточных водах C_{en} при эффекте отстаивания 1 – при $\Theta = 50\%$; 2 – при $\Theta = 60\%$; 3 – при $\Theta = 70\%$ [1]

4. Проверяется скорость рабочего потока v_w :

$$v_w = \frac{1000 q_{max}}{H_{set} B_{set} n}, \text{ мм/с}. \quad (59)$$

Скорость должна быть в пределах, указанных в табл. 2 Приложений. Если это условие не соблюдается, изменяют величину H_{set} и скорость рабочего потока пересчитывают.

5. Определяется длина отстойника L_{set} :

$$L_{set} = \frac{v_w H_{set}}{K_{set}(u_0 - v_{tb})}, \text{ м}, \quad (60)$$

где v_{tb} – скорость турбулентной составляющей, мм/с, принимается по табл. 4 Приложений.

6. Рассчитывается полная строительная высота отстойника на выходе H :

$$H = H_{set} + H_1 + H_2, \text{ м}, \quad (61)$$

где H_1 – высота борта над слоем воды, равная $0,3 \div 0,5$ м; H_2 – высота нейтрального слоя (от дна на выходе), равная $0,3$ м.

7. Определяется количество осадка Q_{mud} , выделяемого при отстаивании за сутки:

$$Q_{mud} = \frac{Q(C_{en} - C_{ex})}{(100 - p_{mud})\gamma_{mud} \cdot 10^4}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (62)$$

где Q – суточный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$; p_{mud} – влажность осадка, равная $94 \div 96\%$; γ_{mud} – плотность осадка, равная $1 \text{ г}/\text{см}^3$.

8. Определяется вместимость приемка одного отстойника для сбора осадка W_{mud} :

$$W_{mud} = \frac{1}{6}(B_{set} - 0,5)(B_{set}^2 + 0,5B_{set} + 0,25)tg\alpha, \text{ м}^3. \quad (63)$$

где α – угол наклона стенок приемка, равный $50 \div 55^\circ$.

9. Определяется период между выгрузками осадка из отстойника T :

$$T = 24n \cdot W_{mud} / Q_{mud}, \text{ ч}. \quad (64)$$

Рассчитанное значение T должно быть: при удалении осадка под гидростатическим давлением – не более 48 ч, при удалении осадка механическим способом – не более 8 ч.

II. Вертикальные отстойники

1. определяется значение гидравлической крупности u_0 .

2. Принимается количество отделений отстойников n , не менее двух.

3. Рассчитывается диаметр центральной трубы d_{en} :

$$d_{en} = \sqrt{\frac{4q_{max}}{\pi n v_{en}}}, \text{ м}. \quad (65)$$

где q_{max} – максимальный секундный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$; v_{en} – скорость движения рабочего потока в центральной трубе, не менее $0,03$ м/с.

Диаметр d_{en} округляется до сортаментного значения.

4. Определяется диаметр отстойника D_{set} :

$$D_{set} = \sqrt{\frac{4000 q_{max}}{\pi n K_{set}(u_0 - v_{tb})} + d_{en}^2}, \text{ м}. \quad (66)$$

где v_{tb} – скорость турбулентной составляющей, мм/с, принимается по табл. 4 Приложений.

По рассчитанному диаметру принимается типовой отстойник или проектируется индивидуально. В табл. 6 Приложений приведены параметры типовых вертикальных первичных отстойников.

5. Рассчитывается диаметр раструба d_p и отражательного щита $d_{щ}$:

$$d_p = 1,35 d_{en}, \text{ м}; \quad d_{щ} = 1,3 d_p, \text{ м}. \quad (67)$$

6. Рассчитывается высота щели между низом центральной трубы и поверхностью отражательного щита H_1 :

$$H_1 = \frac{q_{max}}{\pi n d_p v_{щ}}, \text{ м}, \quad (68)$$

где $v_{щ}$ – скорость движения в щели, равная 0,02 м/с.

7. Определяется общая высота цилиндрической части отстойника $H_{ц}$:

$$H_{ц} = H_{set} + H_1 + H_2 + H_3, \text{ м}, \quad (69)$$

где H_2 – высота нейтрального слоя между низом отражательного щита и слоем осадка, равная 0,3 м; H_3 – высота борта отстойника, равная 0,5 м.

8. Рассчитывается высота конусной части отстойника $H_{к}$:

$$H_{к} = 0,5 D_{set} \cdot \operatorname{tg} \alpha, \text{ м}, \quad (70)$$

где α – угол наклона конического днища, равный $50 \div 60^\circ$.

9. Рассчитывается общая высота отстойника H :

$$H = H_{ц} + H_{к}, \text{ м}. \quad (71)$$

10. определяется суточное количество осадка, задерживаемое в отстойниках Q_{mud} .

III. Вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим потоком

1. определяется значение гидравлической крупности u_0 .

2. Принимается стандартный диаметр отстойника D_{set} , равный 4, 6 или 9 м, затем рассчитывается количество отделений отстойников n :

$$n = \frac{q_w}{1,41 K_{set} D_{set}^2 u_0}, \quad (72)$$

где q_w – часовой расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Количество отделений отстойника n должно быть не менее двух.

3. Определяется диаметр D_n и высота кольцевой перегородки H_n :

$$\begin{aligned} D_n &= D_{set} \sqrt{0,5}, \text{ м}; \\ H_n &= 2 H_{set} / 3, \text{ м}. \end{aligned} \quad (73)$$

4. Определяется общая высота цилиндрической части отстойника $H_{ц}$:

$$H_{ц} = H_{set} + H_2 + H_3, \text{ м}, \quad (74)$$

где H_2 – высота нейтрального слоя между низом отражательного щита и слоем осадка, равная 0,3 м; H_3 – высота борта отстойника, равная 0,5 м.

5. Рассчитывается высота конусной части отстойника $H_{к}$.

6. Рассчитывается общая высота отстойника H .

7. Определяется суточное количество осадка, задерживаемое в отстойниках Q_{mud} .

IV. Радиальные отстойники

1. Определяется значение гидравлической крупности u_0 .

2. Принимается количество отделений отстойников n , не менее двух. Затем определяется диаметр отстойника D_{set} :

$$D_{set} = \sqrt{\frac{4000 q_{max}}{\pi n K_{set} (u_0 - v_{tb})}}, \text{ м}, \quad (75)$$

где v_{tb} – скорость турбулентной составляющей, мм/с, принимается по табл. 4 Приложений.

По рассчитанному диаметру принимается типовой отстойник (табл. 7 Приложений) или проектируется индивидуально.

3. Рассчитывается скорость на середине радиуса отстойника v :

$$v = \frac{2q_{max}}{\pi n D_{set} H_{set}}, \text{ м/с.} \quad (76)$$

Скорость должна быть не больше значений, указанных в табл. 2 Приложений. В противном случае принимается другое количество отделений отстойников.

4. Определяется общая высота отстойника H .

5. Определяется количество осадка, улавливаемого за сутки Q_{mud} .

V. Отстойники с вращающимся сборно-распределительным устройством

1. Определяется значение гидравлической крупности u_0 .

2. Принимается количество отделений отстойников n , не менее двух.

3. Определяется диаметр отстойника D_{set} , который округляется до наибольшего целого значения, или принимается как диаметр типового отстойника – 18 м или 24 м.

4. Определяется производительность одного отделения отстойника:

$$q_{set} = 2,8K_{set} (D_{set}^2 - d_{en}^2) (u_0 - v_{fb}), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (77)$$

где d_{en} – диаметр впускного устройства, равный 1 м.

5. Определяется период вращения водораспределительного устройства T :

$$T = \frac{16,67 K_{set} H_{set}}{u_0}, \text{ мин.} \quad (78)$$

6. Рассчитывается радиус водораспределительного лотка R_l :

$$R_l = 0,5D_{set} - b_3, \text{ м}, \quad (79)$$

где b_3 – зазор между стенкой и фермой, равный $0,1 \div 0,15$ м.

7. Рассчитывается ширина водораспределительного лотка B_p :

$$B_p = m \sqrt{R_l^2 - l_l^2}, \text{ м}, \quad (80)$$

где $m = 1/11$ или $1/12$; l_l – удаление расчетного створа лотка от центра отстойника, м.

8. Рассчитывается высота водослива $h_{cб}$:

$$h_{cб} = 0,0124 \left(\frac{4q_{set}}{D_{set}^2} l_l \right)^{2/3}, \text{ м}. \quad (81)$$

9. Определяется общая высота отстойника H .

10. Определяется количество осадка, улавливаемого за сутки Q_{mud} .

Тонкослойное отстаивание

I. Перекрестная схема работы (рис. 28)

1. Определяется значение гидравлической крупности u_0 .

2. Принимается количество отделений отстойников n , не менее двух.

3. Определяется длина яруса L_{bl} :

$$L_{bl} = v_w h_{ii} K_{dis} / u_0, \text{ м}, \quad (82)$$

где v_w – скорость рабочего потока, мм/с, (табл. 2 Приложений); h_{ii} – высота яруса тонкослойного блока, м, равная высоте H_{set} , (табл. 2 Приложений); K_{dis} – коэффициент сноса выделенных частиц, принимаемый равным при плоских пластинах $K_{dis} = 1,2$, при рифленых пластинах $K_{dis} = 1$.

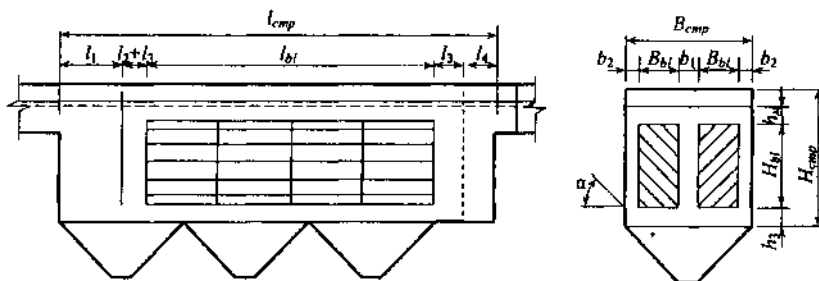


Рис. 28. Расчетная схема тонкослойного отстойника с перекрестной схемой работы

4. Определяется количество блоков в одном ряду, исходя из длины блока модуля в пределах $0,5 \div 2$ м. Уточняется длина L_{bl} .

5. Находится высота тонкослойного блока H_{bl} :

$$H_{bl} = \frac{q_w K_{dis} h_{ii}}{7,2n K_{set} L_{bl} u_0}, \text{ м}, \quad (83)$$

где q_w – максимальный часовой расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$; K_{set} – коэффициент использования объема (табл. 2 Приложений).

6. Находим ширину тонкослойного блока B_{bl} и строительную ширину секции отстойника B_{cmp} :

$$\begin{aligned} B_{bl} &= B_{set} / 2, \text{ м}; \\ B_{cmp} &= 2B_{bl} + b_1 + 2b_2, \text{ м}. \end{aligned} \quad (84)$$

где B_{set} – ширина, м (табл. 2 Приложений); $b_1 = 0,25$ м; $b_2 = 0,05 \div 0,1$ м.

7. Находится максимальная ширина пластины блока B_{nl} :

$$B_{nl} = B_{bl} / \cos \alpha, \text{ м}, \quad (85)$$

где α – угол наклона пластин к горизонту, равный $45 \div 60^\circ$.

8. Определяется длина зоны выделения крупных примесей l_1 :

$$l_1 = \frac{q_w t}{60n H_{bl} K_{set} B_{cmp}}, \text{ м}, \quad (86)$$

где t – продолжительность пребывания потока в зоне выделения, равная $2 \div 3$ мин.

9. Рассчитывается строительная длина секции отстойника H_{cmp} :

$$L_{cmp} = L_{bl} + l_1 + l_2 + 2l_3 + l_4, \text{ м}, \quad (87)$$

где l_2 – длина, принимается равной $l_2 = 0,2$ при применении пропорционального устройства для распределения воды, или $l_2 = 0$ при использовании дырчатой перегородки; $l_3 = 0,2 \div 0,25$ м; $l_4 = 0,15 \div 0,2$ м.

10. Определяется строительная высота отстойника H_{cmp} :

$$H_{cmp} = H_{bl} + h_3 + h_m + 0,3, \text{ м}, \quad (88)$$

где h_3 – высота, необходимая для расположения рамы, на которую крепятся блоки, равная $0,2 \div 0,3$ м; $h_m = 0,1$ м.

11. Определяется количество улавливаемого осадка Q_{mud} .

II. Противоточная схема работы № 1 (рис. 28)

1. Определяется значение гидравлической крупности u_0 .
2. Назначается количество отделений отстойников n , не менее двух.
3. Определяется длина пластин L_{bl} :

$$L_{bl} = v_w h_{ti} / u_0, \text{ м}, \quad (89)$$

где v_w – скорость рабочего потока, мм/с, (табл. 2 Приложений); h_{ti} – высота яруса тонкослойного блока, м, равная высоте H_{set} (табл. 2 Приложений).

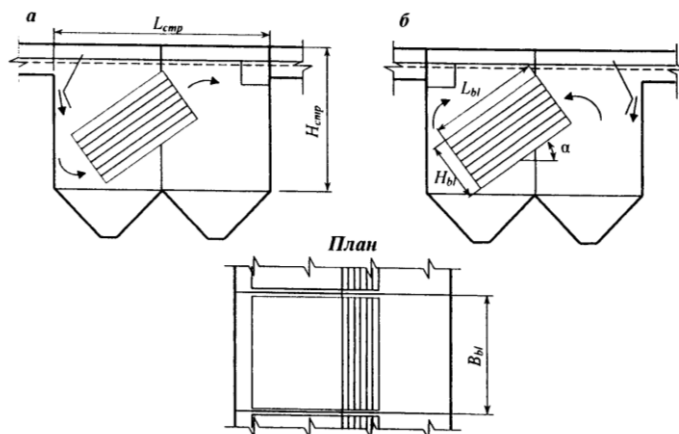


Рис. 28. Расчетная схема тонкослойного отстойника с противоточной схемой работы № 1
 а – для удаления тяжелых примесей; б – для удаления легких примесей (масло, нефтепродукты и т.д.)

4. Рассчитывается расстояние между пластинами b_{ni} :

$$b_{ni} = h_{ti} \sin \alpha, \text{ м}, \quad (89)$$

где α – угол наклона пластин к горизонту, равный $45 \div 60^\circ$.

5. Определяется высота H_{bl} и ширина тонкослойного блока B_{bl} :

$$H_{bl} = b_{ni} n_{ti}, \text{ м}; \quad B_{bl} = \frac{q_w}{3,6 n_{bl} K_{set} v_w}, \text{ м}, \quad (90)$$

где n_{ti} – количество ярусов в блоке, которое принимается, исходя из конструктивных соображений; q_w – максимальный часовой расход воды, м³/ч; K_{set} – коэффициент использования объема (табл. 2 Приложений).

Ширина B_{bl} должна быть в пределах, указанных в табл. 2 Приложений ($B_{bl} = B_{set}$). В противном случае изменяется количество секций n .

6. Рассчитываются размеры секции отстойника L_{cmp} и H_{cmp} :

$$L_{cmp} = L_{bl} \cdot \cos \alpha + H_{bl} \cdot \sin \alpha + 1, \text{ м}; \quad H_{cmp} = L_{bl} \cdot \sin \alpha + H_{bl} \cdot \cos \alpha + 1, \text{ м}. \quad (91)$$

7. Определяется количество улавливаемого осадка Q_{mud} .

III. Противоточная схема работы № 2

Расчет ведется по схеме, изображенной на рис. 29.

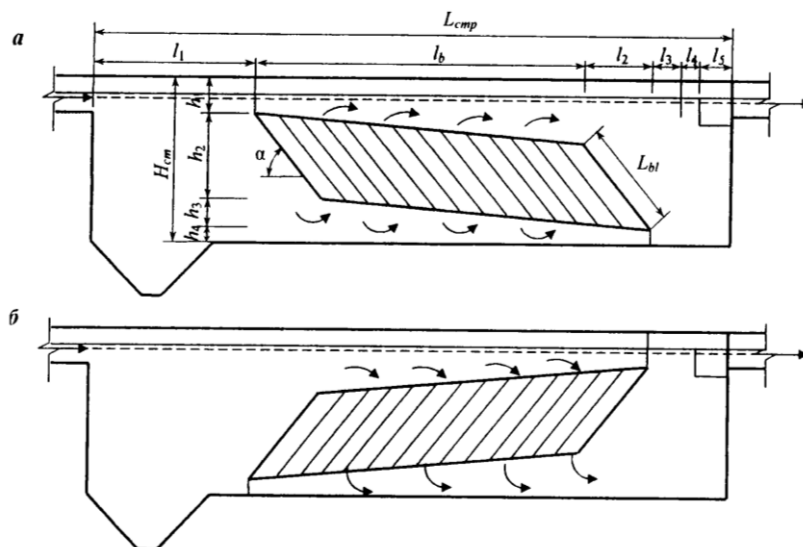


Рис. 29. Расчетная схема тонкослойного отстойника с противоточной схемой работы № 2
а – для удаления тяжелых примесей; б – для удаления легких примесей (масло, нефтепродукты и т.д.)

1. Определяется значение гидравлической крупности u_0 .
2. Принимается количество отделений отстойников n , не менее двух.
3. Определяется длина пластин в ярусе L_{bl} .
4. Задается ширина одного тонкослойного блока (секции отстойника) B_{bl} в пределах, указанных в табл. 2 Приложений ($B_{bl} = B_{bl}$).
5. Определяется длина зоны тонкослойного отстаивания l_b :

$$l_b = \frac{q_w}{3,6nB_{bl}K_{set}v_w}, \text{ м}, \quad (92)$$

где q_w – максимальный часовой расход воды, м³/ч; K_{set} – коэффициент использования объема (табл. 2 Приложений)

6. Находится общая длина отстойника L_{cmp} :

$$l_2 = L_{bl} \cdot \sin(90 - \alpha), \text{ м};$$

$$L_{cmp} = l_1 + l_b + l_2 + l_3 + l_4 + l_5, \text{ м}, \quad (93)$$

где α – угол наклона пластин к горизонту, равный $45 \div 60^\circ$; l_1 – длина зоны выделения крупных примесей, равная $1 \div 1,5$ м; $l_3 = 0,3$ м; $l_4 = 0,05 \div 0,1$ м, $l_5 = 0,4 \div 0,5$ м.

7. Находится общая высота отстойника H_{cmp} :

$$h_2 = L_{bl} \cdot \sin \alpha, \text{ м};$$

$$H_{cmp} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \text{ м}, \quad (94)$$

где $h_1 \geq 0,6$ м; $h_3 = 0,2 \div 0,5$; $h_4 = 0,4 \div 0,5$.

8. Определяется количество осадка, улавливаемого за сутки Q_{mud} .

IV. Реконструкция существующих отстойников в тонкослойные при противоточной схеме работы

При необходимости повышения эффективности отстаивания определяется значение гидравлической крупности u_0 . При необходимости увеличить только пропускную способность отстойников расчетная гидравлическая крупность u_0 не изменяется.

Горизонтальные отстойники

1. Назначается ширина тонкослойного блока, равная ширине секции отстойника $B_{bl} = B_{set}$.
Назначается угол α наклона пластин к горизонту, равный $45 \div 60^\circ$.

2. По табл. 2 Приложений принимается высота яруса тонкослойного блока h_{ii} , м, скорость рабочего потока v_w мм/с и коэффициент использования объема K_{set} .

3. Определяется длина пластин в ярусе L_{bl} .

4. Определяется длина зоны тонкослойного отстаивания l_b .

5. Рассчитывается высота тонкослойного блока H_{bl} :

$$H_{bl} = \frac{q_w h_{ii}}{3,6nB_{bl}L_{bl}K_{set}u_0}, \text{ м}, \quad (93)$$

где n – количество секций отстойников; q_w – максимальный часовой расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$; K_{set} – коэффициент использования объема (табл. 2 Приложений).

6. Определяется число ярусов в тонкослойном блоке n_{ii} :

$$n_{ii} = \frac{H_{bl}}{h_{ii} \cdot \cos \alpha}. \quad (94)$$

7. Пересчитывается количество осадка, улавливаемого за сутки Q_{mud} .

8. Пересчитывается период между выгрузками осадка из отстойника T .

Вертикальные отстойники

Расчет ведется по схеме, изображенной на рис. 23.

1. По табл. 2 Приложений принимается высота яруса тонкослойного блока h_{ii} , м.

2. Назначается угол α наклона пластин к горизонту, равный $45 \div 60^\circ$.

3. Определяется длина пластин в ярусе L_{bl} .

4. Рассчитывается высота размещения пластин H_{nl} :

$$H_{nl} = L_{bl} \cdot \sin \alpha, \text{ м}, \quad (95)$$

которая должна быть не больше глубины отстойной части H'_{set} , реконструируемого вертикального отстойника. В противном случае изменяют величины h_{ii} или α .

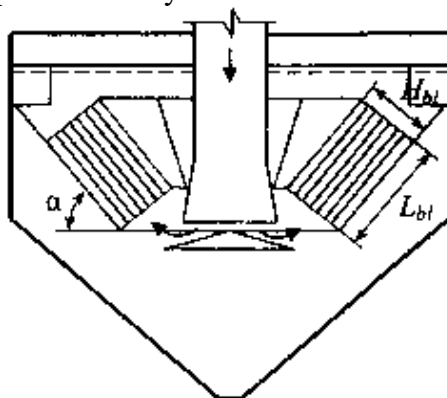


Рис. 30. Вертикальный отстойник с тонкослойными модулями

5. Определяется число ярусов в тонкослойном блоке n_{ii} .

6. Пересчитывается количество осадка, улавливаемого за сутки Q_{mud} .

Радиальные отстойники

1. По табл. 2 Приложений принимается высота яруса тонкослойного блока h_{ii} , м.

2. Назначается угол α наклона пластин к горизонту, равный $45 \div 60^\circ$.

3. Определяется длина пластин в ярусе L_{bl} .

4. Конструктивно принимается диаметр расположения блоков D_1 , м. Рассчитывается высота тонкослойного блока H_{bl} :

$$H_{bl} = \frac{q_w h_{ti}}{3,6nD_1 L_{bl} K_{set} u_0}, \text{ м}, \quad (96)$$

где n – количество секций отстойников; q_w – максимальный часовой расход воды, м³/ч; K_{set} – коэффициент использования объема, (табл. 2 Приложений).

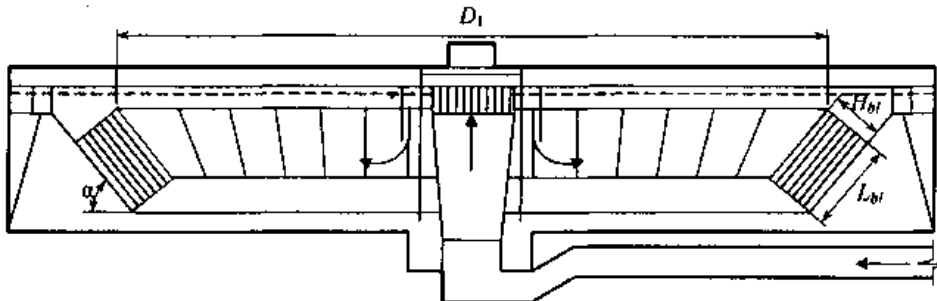


Рис. 31. Радиальный отстойник с тонкослойными модулями

5. Рассчитываются размер тонкослойного блока по вертикали:

$$H = L_{bl} \cdot \sin \alpha + H_{bl} \cdot \cos \alpha, \text{ м}, \quad (97)$$

который должен быть не больше глубины отстойной части H'_{set} реконструируемого вертикального отстойника. В противном случае изменяют величины h_{ti} или α .

6. Определяется число ярусов в тонкослойном блоке n_{ti} .

7. Пересчитывается количество осадка, улавливаемого за сутки Q_{mud} .

Вторичное отстаивание

1. Рассчитывается нагрузка воды на поверхность отстойника q_{ss} . После биофильтров эта нагрузка определяется по формуле:

$$q_{ssb} = 3,6K_{set} u_0, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}), \quad (98)$$

где u_0 – гидравлическая крупность биопленки, при полной биологической очистке равная 1,4 мм/с; K_{set} – коэффициент использования объема отстойника (табл. 2 Приложений).

После аэротенков эта нагрузка рассчитывается по формуле:

$$q_{ssa} = \frac{4,5K_{ss} H_{set}^{0,8}}{(0,1J_i a_i)^{0,5-0,01a_i}}, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}), \quad (99)$$

где H_{set} – рабочая глубина отстойника, м; a_i – доза активного ила в аэротенке, не более 15 г/л; a_t – требуемая концентрация ила в осветленной воде, не менее 10 мг/л; K_{ss} – коэффициент использования объема зоны отстаивания, принимаемый для радиальных отстойников – 0,4, вертикальных – 0,35, вертикальных с периферийным впуском – 0,5, горизонтальных – 0,45; J_i – иловый индекс, см³/г.

2. Принимается количество отделений отстойников n , не менее трех.

3. Определяется площадь одного отделения отстойника F :

- после биофильтров с рециркуляцией:

$$F = \frac{q_w (1 + K_{rec})}{nq_{ss}}, \text{ м}^2, \quad (100)$$

- после аэротенков:

$$F = \frac{q_w}{nq_{ss}}, \text{ М}^2,$$

где q_w – максимальный часовой расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$; K_{rec} – коэффициент рециркуляции.
Дальнейший расчет ведется в зависимости от конструктивного типа отстойника.



Рис. 32 Вторичный отстойник

1. Горизонтальные отстойники

1. По табл. 2 Приложений принимается ширина одного отделения отстойника B_{set} , м, (в пределах $2H_{set} \div 5H_{set}$). Рекомендуется выбрать ширину отделения, кратную 3 м.

2. Определяется длина отстойника L_{set} :

$$L_{set} = \frac{q_w}{nB_{set}}, \text{ М.} \quad (101)$$

3. Рассчитывается полная строительная высота отстойника на выходе H :

$$H = H_{set} + H_1 + H_2 + H_3, \text{ М,} \quad (102)$$

где H_1 – высота борта над слоем воды, равная $0,3 \div 0,5$ м; H_2 – высота нейтрального слоя (от дна на выходе), равная 0,3 м; H_3 – высота слоя ила, равная $0,3 \div 0,5$ м.

4. Определяется количество осадка Q_{mud} , выделяемого при отстаивании.

Для отстойников после биофильтров количество осадка (био пленки) Q_{mud} рассчитывается по формуле:

$$Q_{mud} = \frac{100q_{mud}QL_{en}}{10^6(100 - p_{mud})a}, \text{ М}^3/\text{СУТ,} \quad (103)$$

где q_{mud} – удельное количество избыточной био пленки, равное 8 г/(чел·сут) – для капельных биофильтров и 28 г/(чел·сут) – для высоконагружаемых биофильтров; p_{mud} – влажность био пленки, равная 96%; a – количество БПК_{полн} в сточной воде на одного жителя в сутки, г/(чел·сут); Q – суточный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$; L_{en} – БПК_{полн} поступающей в биофильтры сточной воды, мг/л.

Для отстойников после аэротенков количество осадка (активного ила) Q_{mud} рассчитывается по формуле:

$$Q_{mud} = \frac{Q(1000a_i - a_i)}{(100 - p_{mud})\gamma_{mud} \cdot 10^4}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (104)$$

где p_{mud} – влажность активного ила, равная 99,2÷99,7%; γ_{mud} – плотность активного ила, равная 1 г/см³.

5. Определяется вместимость приемка одного отстойника для сбора осадка W_{mud} .

6. Определяется период между выгрузками осадка из отстойника T , который должен быть при удалении осадка под гидростатическим давлением после биофильтров – не более 48 ч, после аэротенков – не более 2 ч.

II. Вертикальные отстойники

1. Рассчитывается диаметр центральной трубы d_{en} , который затем округляется до сортаментного значения.

2. Определяется диаметр отстойника D_{set} :

$$D_{set} = \sqrt{\frac{4F}{\pi} + d_{en}^2}, \text{ м}. \quad (105)$$

По рассчитанному диаметру принимается типовой отстойник или проектируется индивидуально. В табл. 8 Приложений приведены параметры типовых вторичных вертикальных отстойников.

3. Определяются основные размеры вертикальных отстойников. При этом в формулу подставляется значение скорости движения в щели между низом центральной трубы и поверхностью отражательного щита $v_{ш}$, равное 0,015 м/с.

4. Находится количество осадка Q_{mud} , выделяемого при отстаивании.

III. Вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим потоком

1. Определяется диаметр отстойника D_{set} :

$$D_{set} = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}, \text{ м}, \quad (106)$$

который округляется до ближайшего стандартного значения – 4, 6 или 9 м.

2. Определяются основные размеры отстойника.

3. Находится количество осадка Q_{mud} , выделяемого при отстаивании.

IV. Радиальные отстойники

1. По формуле (106) определяется диаметр отстойника D_{set} . По диаметру D_{set} принимается типовой отстойник или проектируется индивидуально. В табл. 9 Приложений приведены параметры типовых вторичных радиальных отстойников.

2. По формуле (102) определяется общая высота отстойника H .

3. По формуле (103) или (104) находится количество осадка Q_{mud} , выделяемого при отстаивании.

Расчет отстойника с вращающимся сборно-распределительным устройством производится в следующем порядке:

1. По кривым кинетики отстаивания определяется продолжительность отстаивания.

2. По формуле (107) определяется показатель степени n .

:

$$n = \frac{\lg t_2 - \lg t_1}{\lg h_2 - \lg h_1}, \quad (107)$$

3. Далее по формуле определяется гидравлическая крупность (при этом для рассчитываемого отстойника (k по таблице 3)).

$$u_0 = \frac{1000kH}{t_2 \left(\frac{kH}{h_2} \right)^n}, \quad (108)$$

4. Определяется диаметр впускного устройства (полого вала):

$$d_g = R_l / 15, \quad R_l = 0,5 D - b_3.$$

5. Далее определяется производительность отстойника.

Производительность одного отстойника q_{set} , м³/ч, следует определять, исходя из заданных геометрических размеров сооружения и требуемого эффекта осветления сточных вод по формулам:

- а) для горизонтальных отстойников:

$$q_{set} = 3,6 k L B (u_0^T - v_{ib});$$

- б) для отстойников радиальных, вертикальных и с вращающимся сборно-распределительным устройством:

$$q_{set} = 2,8 k (D^2 - d_B^2) u_0^T;$$

- в) для отстойников с нисходяще-восходящим потоком:

$$q_{set} = 1,41 k D^2 u_0^T,$$

где

k – коэффициент использования объема, принимаемый по типу отстойника (см. Приложение), L – длина секции, отделения, м; B – ширина секции, отделения, м; D – диаметр отстойника, м; d_B – диаметр впускного устройства, м; u_0^T – гидравлическая крупность задерживаемых частиц с учетом температуры очищаемой жидкости, мм/с.

6. Определяется период вращения сборно-распределительного устройства.

7. Рассчитывается формула перегородки лотка. Для этого по формулам:

$$B_p = m \sqrt{R_l^2 - l_l^2},$$

$$h_{сб} = 1,24 \left(\frac{q_{set}}{R_l^2 l_l} \right)^{2/3},$$

рассчитывается ширина лотка B_p и высота водослива $h_{сб}$ по створам. Результаты расчета сводятся в табл. 12.

Таблица 12

L_l , м	0	1	2	3	4	5	...	R_l
B_p , м								
$h_{сб}$, м								

8. Определяется количество струенаправляющих лопаток.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задача 1.

Исходные данные. Суточный расход городских сточных вод $Q = 36500 \text{ м}^3/\text{сут}$, максимальный секундный расход $0,65 \text{ м}^3/\text{с}$, содержание взвешенных веществ в поступающей воде 210 мг/л , в осветленной воде - 100 мг/л .

Задание. Рассчитать первичный горизонтальный отстойник (глубина проточной части отстойника 4 м , скорость рабочего потока 5 мм/с , $K_{set} = 0,5$).

Задача 2.

Исходные данные. Суточный расход городских сточных вод $Q = 25600 \text{ м}^3/\text{сут}$, максимальный часовой расход $1650 \text{ м}^3/\text{ч}$, содержание взвешенных веществ в поступающей воде 220 мг/л , в осветленной воде - 130 мг/л .

Задание. Рассчитать тонкослойный отстойник с противоточной схемой работы (глубина отстойной части отстойника $0,1 \text{ м}$, $n = 10$, $K_{set} = 0,7$).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

Расчет конструкционных параметров нефтеловушки

Цель работы: изучить методику расчета параметров горизонтальной нефтеловушки.

Теоретическая часть

При механической очистке из сточной воды удаляются загрязнения, находящиеся в ней главным образом в нерастворенном и частично коллоидном состоянии. Механическая очистка сточных вод является окончательной стадией в том случае, если по местным условиям и в соответствии с санитарными правилами сточные воды можно спустить после дезинфекции в водоем. Чаще же механическая очистка - предварительная стадия перед биохимической очисткой.

Крупные отбросы, тряпки, бумага, остатки овощей и фруктов и различные производственные отходы задерживаются решетками. Отбросы, задержанные на решетках, направляются в дробилки. Применяют также решетки-дробилки, в которых одновременно задерживаются и дробятся крупные отбросы.

Основная масса загрязнений минерального происхождения (песок), удельный вес частиц, которых значительно выше удельного веса воды, осаждаются в песколовках. Песок из песколовок направляется обычно в виде песчаной пульпы на песковые площадки, где он обезвоживается и периодически удаляется.

Основная масса загрязнений органического происхождения, находящаяся во взвешенном состоянии, выделяется из сточной жидкости в отстойниках. Вещества, удельный вес которых больше удельного веса воды, падают на дно. Вещества более легкие, чем вода (жиры, масла, нефть, смолы), всплывают на поверхность и их отделяют от сточной жидкости.

Для очистки производственных сточных вод, содержащих нефтепродукты, применяют нефтеловушки. Простейшие нефтеловушки представляют собой прямоугольные, вытянутые в длину резервуары, в которых за счет разности удельных весов нефти и воды происходит их разделение (рис. 32). [2, 3, 7]

Принцип работы нефтеловушки основан на разделении веществ с различной удельной массой. Нефть, находящаяся в воде в виде частиц различного размера, всплывает на поверхность (т.к. ее удельная масса меньше удельной массы воды), а минеральные примеси оседают на дно под действием силы тяжести.

Современные конструкции нефтеловушек позволяют комбинировать их с другими сооружениями механической очистки сточных вод (отстойниками, песколовками, масло- и жироловушками).

По принципу движения воды в сооружениях нефтеловушки делятся на горизонтальные, вертикальные и радиальные.

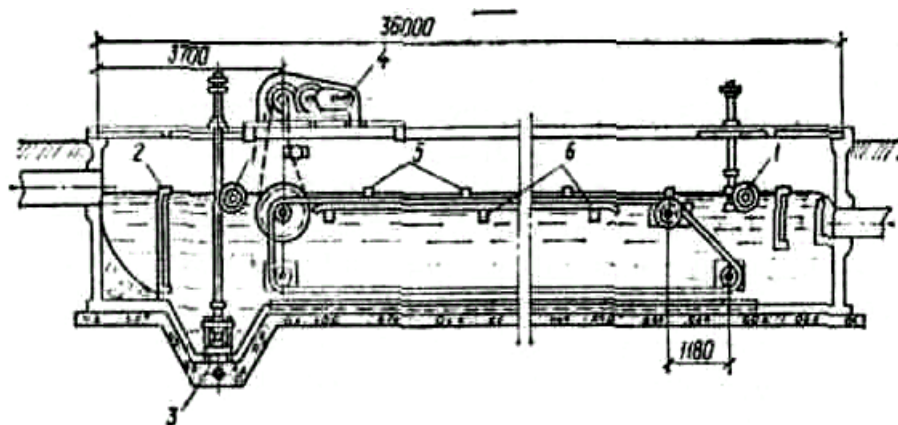


Рис.32. Нефтеловушка горизонтального типа: 1 – нефтеулавливающие желоба; 2 – струенаправляющая перегородка; 3 – перфорированная система сбора осадка; 4 – мотор для движения роликов; 5 – лента со скребками для сбора нефтяной пленки; 6 – скребки.

Методические указания

Расчет параметров нефтеловушки ведется в следующем порядке. [1]

1. Рассчитываем максимальный средний расход на нефтеловушку ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$Q_{\max} = \frac{Q_{\text{ср.сут.}} \cdot K_{\text{ч}}}{24 \cdot 3600}; \quad (109)$$

где $Q_{\text{ср.сут.}}$ – средний расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$; $K_{\text{ч}}$ – часовой коэффициент неравномерности.

2. Размеры нефтеловушки определяют по формулам:

$$B = \frac{Q_{\max}}{nHV}, \quad (110)$$

где B – ширина секций, м; принимаем: число секций нефтеловушки $n = 2$; Q_{\max} – максимальный секундный расход на нефтеловушку, $\text{м}^3/\text{с}$; H – высота нефтеловушки (2 метра); V – расчетная скорость движения воды ($V = 0,004 \text{ м/с}$).

$$L = \frac{VH}{KV_0}, \quad (111)$$

где L – длина, м; V – расчетная скорость движения воды, м/с; H – высота нефтеловушки (2 метра); K – коэффициент, зависящий от типа отстойника, для горизонтальных – $K = 0,5$; V_0 – гидравлическая крупность (скорость всплытия частиц) $V_0 = 0,6 \text{ мм/с}$.

3. Эффективность очистки сточной воды от нефтепродуктов:

$$\Theta = \frac{(C_1 - C_2)}{C_1} 100, \quad (112)$$

где Θ – эффективность очистки сточной воды от нефтепродуктов, %; C_1 – содержание нефтепродуктов в загрязненной воде, мг/л; C_2 – содержание нефтепродуктов в очищенной воде, мг/л;

4. Количество уловленных за сутки нефтепродуктов, т/сут:

$$G_{\text{н}} = (C_1 \cdot \Delta \cdot K \cdot Q_{\text{ср.сут.}}) \cdot 10^{-6}. \quad (113)$$

ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Используя исходные данные (табл.13), рассчитать нефтеловушку для очистки производственных сточных вод, содержащих нефтепродукты.

Таблица 13

Исходные данные для расчета нефтеловушки

Показатель	I	II	III
$Q_{\text{ср.сут.}}$, М ³ /сут	8000	7800	8200
C_1 , мг/л,	150	120	150
C_2 , мг/л.	60	55	68
$K_{\text{ч}}$	1.2	1,1	1,2

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

Расчет конструкционных параметров фильтров

Цель работы:

- изучить виды и принципы работы фильтрационных установок;
- освоить методику проектирования фильтрационных установок.

Теоретическая часть

Фильтрационные сооружения и установки применяют для глубокой очистки (доочистки) городских и производственных сточных вод, прошедших биологическую или физико-химическую очистку. Они подразделяются на фильтры с зернистой загрузкой и сетчатые барабанные фильтры.

Фильтры с зернистой загрузкой классифицируются:

- по **направлению потока**: бывают с нисходящим (сверху вниз) и восходящим (снизу вверх) потоком, в отдельных случаях – с горизонтальным потоком;
- по **конструкции**: различают однослойные, двухслойные, аэрируемые и каркасно-засыпные;
- по **виду фильтрующего материала**: природные материалы (кварцевый песок, гравий, гранитный щебень, доменный шлак, керамзит, антрацит, горелые породы, мраморная крошка) или искусственные материалы (полимеры – пенополиуретан, полистирол, полипропилен и др.). [2, 3, 7]

Сетчатые барабанные фильтры, применяемые в качестве самостоятельных сооружений глубокой очистки, называют *микрофильтры*, а устанавливаемые перед зернистыми фильтрами глубокой очистки - *барабанные сетки*.

В результате доочистки сточных вод в загрузке фильтров задерживаются мелкодисперсные взвешенные частицы и активный ил, выносимые из отстойников или осветлителей, а также некоторые специфические компоненты, характерные для стоков отдельных промышленных предприятий (нефтепродукты, фосфор и др.).

Различают *рабочий режим* и *форсированный режим*, который возникает при выключении отдельных секций фильтров на промывку и ремонт. При форсированном режиме скорость фильтрования увеличивается.

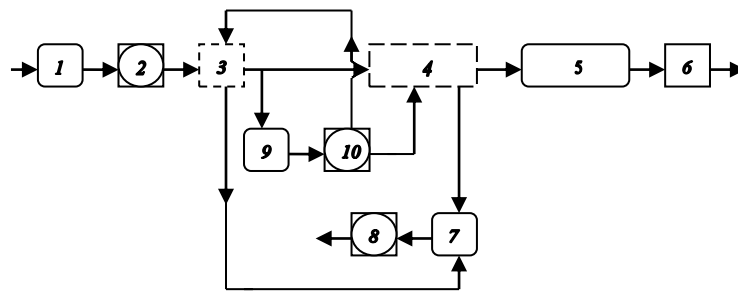


Рис. 33. Станция доочистки сточных вод с фильтрованием [1]
 1 – приемный резервуар; 2, 8, 10 – насосные станции; 3 – барабанные сетки;
 4 – фильтровальные сооружения; 5 – контактный резервуар для хлорирования;
 6 – аэратор-быстроток; 7 – резервуар для сбора промывной воды;
 9 – резервуар для промывки фильтров

Фильтровальная станция доочистки сточных вод обычно включает в себя приемный резервуар, насосную станцию для подачи воды, фильтровальные установки, резервуар для сбора промывных вод, насосную станцию для их перекачки в начало очистной станции канализации, а также другое оборудование (рис. 33).

Регенерацию зернистых фильтрующих материалов производят промывкой водой или водой и воздухом, синтетические материалы обычно отжимают для регенерации. Для промывки фильтров можно использовать водопроводную воду или воду после барабанных сеток и фильтров. [2, 3, 7]

Методические указания Расчет фильтров

Исходя из данных по условиям применимости и эффективности очистки, которые приведены в табл. 1, выбирается необходимый тип фильтров. Затем производится расчет в соответствии с выбранным типом согласно "СП 32.13330.2012. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85" (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/11) (ред. от 30.12.2015).

1. Зернистые фильтры

1. По табл. 15 и 14 выбираются необходимые для дальнейшего расчета параметры - скорость фильтрования при нормальном (v_{ϕ}) и форсированном режиме ($v_{\phi, \phi}$), м/ч, интенсивность промывки водой и воздухом w , л/(с·м²), а также продолжительность промывки t , мин, и продолжительность фильтроцикла T_{ϕ} , ч. [1]

2. Определяется расчетный расход сточной воды, подаваемой на фильтры Q_{ϕ} (м³/сут):

$$Q_{\phi} = 20,4q_w, \quad (114)$$

где q_w – максимальный часовой приток сточной воды, м³/ч.

Таблица 14

Область применения фильтров и эффективность очистки

Фильтр		Варианты применения	Эффект очистки, %	
			по БПК _{полн}	по взвешенным веществам
Одно- слойные с нисхо- дящим	мелкозерни- стые	Доочистка производственных стоков после механической очистки для задержания мелкодисперсных взвешенных частиц, а также	50-60	70-75
	крупно- зернистые		35-40	45-50

потоком		биологически очищенных городских сточных вод		
С восходящим потоком		Доочистка биологически очищенных городских сточных вод	50-65	70-85
Двухслойные		Доочистка производственных или бытовых сточных вод, не содержащих волокнистые примеси и клеящие вещества	60-70	70-80
Аэрируемые		Глубокое удаление коллоидных и растворенных органических загрязнений	75-80	80-90
Каркасно-засыпные		Доочистка биологически производственных или очищенных городских сточных вод, общего стока машиностроительных заводов. Использование в качестве денитрификаторов	70	70-80
С плавающей загрузкой		Доочистка механически очищенных производственных стоков (металлургическая, химическая и легкая промышленность), а также биологически очищенных городских сточных вод	65-75	70-85
Микрофильтры		При допустимой меньшей степени очистки по сравнению с зернистыми фильтрами	25-30	50-60
Барабанные сетки		Как предварительная ступень очистки перед фильтрами глубокой очистки	5-10	20-25

Таблица 15

Расчетные параметры фильтров с зернистой загрузкой

Фильтр	Параметры фильтрующей загрузки				Высота слоя, м	Скорость фильтрования, м/ч, при режиме		Интенсивность промывки, л/(с·м ²)	Продолжительность этапа промывки, мин	Продолжительность фильтроцикла, ч
	Фильтрующий материал	гранулометрическая характеристика загрузки d , мм				нормальном	форсированно м			
		минимальная	максимальная	эквивалентная						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Однослойный мелкозернистый с подачей воды сверху вниз	Кварцевый песок. Поддерживающие слои — гравий	1,2	2	1,5 — 1,7	1,2 — 1,3	6 — 7	7 — 8	Воздух (18—20)	2	12
		2	5	—	0,15 — 0,2			Воздух (18—20) и вода (3—5)	10 — 12	
		5	10	—	0,1 — 0,15			Вода (7)	6 — 8	
		10	20	—	0,1 — 0,15					
		20	40	—	0,2—0,25					
Однослойный крупнозернистый с подачей воды сверху вниз	Гранитный щебень	3	10	5,5	1,2	16	18	Воздух (16)	3	12
								Воздух (16) и вода (10)	4	
								Вода (15)	3	
Однослойный с подачей воды снизу вверх	Кварцевый песок. Поддерживающие слои — гравий	1,2	2	1,5 — 1,7	1,5 — 2	11 — 12	13 — 14	Воздух (18—20)	2	12 или 24
		2	40	—	0,75 — 0,95			Воздух (18—20) и вода (3—4)	8 — 10	
								Вода (6)	6 — 8	

1	2	3	3	5	6	7	8	9	10	11
Двухслойный с подачей воды сверху вниз	Антрацит или керамзит. Кварцевый песок. Поддерживающие слои — гравий	1,2	2	—	0,4 — 0,5	7 — 8	9 — 10	Вода (15)	3	24
		0,7	1,6	—	0,6 — 0,7					
		2	5	—	0,15 — 0,25					
		5	10	—	0,1 — 0,15					
		10	30	—	0,1 — 0,15					
		20	40	—	0,2 — 0,25					

Аэрируемый	Кварцевый песок, гранитный щебень. Поддерживающие слой - песок	1	1,8	—	1					
		3	6	—	1 — 1,5	6 — 7	7 — 8	Вода (16—18)	7 — 8	24
		2	32	—	0,45					
Каркасно-засыпной (КЗФ)	Кварцевый песок. Каркас - гравий	0,8	1	—	0,9			Воздух (14—16) и вода (6—8)	5 — 7	20
		1	40	—	1,8	10	15			
		40	60	—	0,5			Вода (14—16)	3	

3. Находится количество промывок каждого фильтра за сутки n :

$$n = \frac{24}{T_{\phi}} \quad (115)$$

4. Рассчитывается общая площадь фильтров F_{ϕ} :

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\phi}(1+m)}{v_{\phi}(T - nt_4/60) - 0,06n(w_1t_1 + w_2t_2 + w_3t_3)}, \text{ м}^2, \quad (116)$$

где m – коэффициент, учитывающий расход воды на промывку барабанных сеток, равный 0,003-0,005; w_1 – интенсивность, л/(с·м²) начального взрыхления верхнего слоя загрузки продолжительностью t_1 , мин; w_2 – интенсивность подачи воды, л/(с·м²) с продолжительностью водо-воздушной промывки t_2 , мин; w_3 – интенсивность промывки, л/(с·м²) продолжительностью t_3 , мин; t_4 – продолжительность простоя фильтра в связи с промывкой, равная 20 мин; T – продолжительность работы станции в течение суток, ч.

Начальное гидравлическое взрыхление верхнего слоя принимается только для фильтров с подачей воды сверху вниз с интенсивностью $w_1 = 16 - 18$ л/(с·м²) и продолжительностью $t_1 = 6-8$ мин. Интенсивность подачи воды w_2 учитывается в формуле (116) только в случае применения водо-воздушной промывки загрузки.

5. Определяется число секций фильтров N и площадь одной секции фильтра F_1 :

$$\begin{aligned} N &= 0,5\sqrt{F_{\phi}}; \\ F_1 &= F_{\phi} / N, \text{ м}^2. \end{aligned} \quad (117)$$

Общее количество секций фильтров N должно быть не менее четырех: один в резерве, один на промывке и два рабочих. По рассчитанной площади F_1 принимаются размеры в плане одного фильтра.

6. Принимается количество секций фильтров, находящихся в ремонте N_p : один или более. Рассчитывается скорость фильтрования воды при форсированном режиме работы (т.е. при отключении фильтров на промывку и ремонт) $v_{\phi.\phi}$:

$$v_{\phi.\phi} = \frac{v_{\phi}N}{N - N_p}, \text{ м/с}. \quad (118)$$

Рассчитанное значение должно быть не более табличного значения (табл. 15). В противном случае изменяют количество рабочих фильтров.

7. При необходимости далее рассчитываются распределительная и дренажная системы фильтров, в соответствии с требованиями СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

II. *Фильтры с плавающей загрузкой* [1]

1. Определяется расчетный расход сточной воды, подаваемой на фильтры Q_{ϕ} .

2. Принимается продолжительность фильтроцикла T_{ϕ} , равная 24 ч или 12 ч, для доочистки биологически очищенных городских или производственных сточных вод. Находится количество промывок каждого фильтра за сутки n .

3. Рассчитывается общая площадь фильтров F_{ϕ} :

$$F_{\phi} = Q_{\phi} / v_{\phi}, \text{ м}^2, \quad (119)$$

где v_{ϕ} – скорость фильтрования при нормальном режиме, равная 8-10 м/ч.

4. По формулам (117) определяется число секций фильтров N и площадь одной секции фильтра F_1 . Принимаются размеры в плане одного фильтра.

5. Принимается количество секций фильтров, находящихся в ремонте N_p : один или более.

По формуле (118) рассчитывается скорость фильтрования воды при форсированном режиме работы $v_{\phi.ф}$. Скорость $v_{\phi.ф}$ не должна превышать скорость фильтрования при нормальном режиме v_{ϕ} более чем на 15%. В противном случае изменяют количество рабочих фильтров N .

6. При необходимости далее рассчитываются сборно-распределительная и дренажная системы фильтров.

III. *Микрофильтры*

1. Определяется площадь фильтрующей поверхности $F_{мф}$:

$$F_{мф} = \frac{k_1 Q}{k_2 T v_{\phi}}, \text{ м}^2, \quad (120)$$

где Q – производительность очистной станции, м³/сут; k_1 – коэффициент, учитывающий увеличение производительности микрофильтров за счет очистки промывной воды и равный 1,03-1,05; k_2 – коэффициент, учитывающий площадь фильтрующей поверхности, расположенной над водой (при погружении барабана на 0,6 диаметра $k_2 = 0,55$, а при погружений на 0,7 диаметра $k_2 = 0,63$); T – продолжительность работы станции в течение суток, ч; v_{ϕ} – скорость фильтрования, принимаемая равной при доочистке биологически очищенных сточных вод 20-25 м/ч.

2. По табл. 3 и 4 Приложений, исходя из рассчитанной площади $F_{мф}$ и площади фильтрации одного микрофильтра, подбирается марка и количество N микрофильтров типа МФБ, выписываются технические характеристики.

3. Принимается количество резервных микрофильтров N_p , равное 1 при количестве рабочих микрофильтров до четырех, и 2 – при большем количестве рабочих микрофильтров.

4. Находится суточное количество промывной воды Q_n :

$$Q_n = (0,03 \dots 0,04) Q, \text{ м}^3/\text{сут}. \quad (121)$$

Таблица 16

Основные технические данные барабанных сеток типа БСБ [1]

Типо-размер	Производительность, м ³ /ч (м ³ /сут)	Число поясов барабана	Площадь фильтрации, м ²	Скорость вращения барабана, мин ⁻¹	Длина; ширина; высота, м	Масса, т
1,5×1	350 (8400)	2	3,75	2,6	3,62; 1,85;	2,2

,9	550 (13200)	3	5,6	2,6	2,75	2,57
1,5×2	750 (18000)	4	7,5	2,6	4,53; 1,85;	2,86
,8	1250 (30000)	3	13	1,7	2,75	3,1
1,5×3	1650 (39600)	4	17,5	1,7	5,45; 1,85;	3,4
,7	2100 (50500)	5	22	1,7	2,75	3,8
3×2,8					4,55; 3,16;	
3×3,7					4,24	
3×4,6					5,46; 3,16;	
					4,24	
					6,38; 3,16; ,24	

Примечание. Число поясов барабана, площадь фильтрации, частота вращения, габариты микрофильтров и масса приведены в табл. 17. [1]

Таблица 17

Основные характеристики микрофильтров МФБ [4]

Типоразмер	Размер фильтрующей ячейки, мм	Производительность	
		м ³ /ч	м ³ /сут
1,5×1,9	0,035	100	2400
1,5×2,8		160	3840
1,5×3,7		210	5040
3×2,8	0,04×0,04	400	9600
3×3,7		530	12720
3×4,6		660	15840

IV. Барабанные сетки

1. По табл. 3 Приложений, исходя из расчетной производительности очистной станции Q , м³/сут, и одной барабанной сетки, подбирается марка и количество N барабанных сеток типа БСБ, выписываются их технические характеристики.

2. Принимается количество резервных сеток N_p , равное 1 при количестве рабочих сеток до шести, и 2 – при большем количестве рабочих сеток.

3. Находится количество промывной воды Q_n :

$$Q_n = \frac{n_n t_n w_n Q}{144000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (122)$$

где n_n – количество промывок в сутки, равное 8-12; t_n – продолжительность промывки, равная 5 мин; w_n – расход промывной воды, равный 0,3-0,5%.

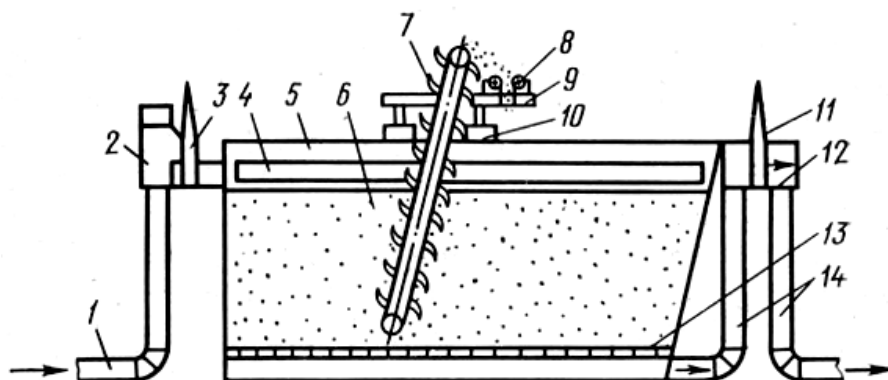


Рис. 34. Схема полиуретанового фильтра для очистки сточных вод от маслопримесей: 1, 14 - трубопровод, 2 - распределительная камера, 3, 11 - регулирующий вентиль, 4 - водораспределительное окно, 5 - фильтр, 6 - пенополиуретановая загрузка, 7 - цепной элеватор, 8 - отжимные барабаны, 9 - сборный желоб, 10 - передвижная тележка, 12 - камера для поддержания постоянного уровня очищаемой воды в фильтре, 13 - сетчатое днище.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задача 1

Исходные данные. Максимальный часовой расход городских сточных вод составляет 3800 м³/ч, содержание взвешенных веществ и БПК_{полн} в очищенной сточной воде после аэротенков соответственно 23 мг/л и 13 мг/л, содержание взвешенных веществ и БПК_{полн} в очищенной сточной воде после глубокой очистки должно быть 5 мг/л и 10 мг/л. Станция работает круглосуточно.

Задание. Рассчитать зернистый фильтр для доочистки сточных вод (тип загрузки и работы фильтра выбираются произвольно).

Задача 2

Исходные данные. Максимальный часовой расход городских сточных вод составляет 4810 м³/ч, содержание взвешенных веществ и БПК_{полн} в очищенной сточной воде после аэротенков и вторичных отстойников соответственно 15 мг/л и 20 мг/л, содержание взвешенных веществ и БПК_{полн} в очищенной сточной воде после глубокой очистки должно быть 10 мг/л и 10 мг/л. Станция работает круглосуточно.

Задание. Рассчитать фильтр для глубокой очистки с плавающей пенополистирольной загрузкой.

Задача 3

Исходные данные. Производительность станции доочистки на очистной станции канализации города составляет 61000 м³/сут. Станция работает круглосуточно.

Задание. Рассчитать барабанные сетки для станции доочистки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

Расчет объема и массы загрязняющих веществ поверхностного стока

Цель работы:

1. Изучить методику расчета объема и массы загрязняющих веществ поверхностного стока;
2. Освоить навыки определения загрязненности поверхностного стока.

Теоретическая часть

Поверхностный сток с территории промышленных предприятий и организаций следует подвергать очистке в соответствии с "СП 32.13330.2012. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85" (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/11) (ред. от 30.12.2015), и отводить через организованный выпуск. Сброс поверхностных сточных вод подлежит нормированию независимо от способа их отведения (организованно или неорганизованно) и типа водоприемника (водный объект, рельеф местности). Сброс загрязняющих веществ со сточными водами в водные объекты и на рельеф местности допускается в соответствии с Федеральным законом "Об охране окружающей среды" на основе "Разрешения на сброс загрязняющих веществ".

Расход сточных вод определяется по фактическим замерам (по расходомерам или объемным методом), а в случае их отсутствия - рассчитывается по формулам методики по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты. При наличии результатов химико-аналитических замеров за последние три года (не реже 4 раз в год) расчет рекомендуется проводить по усредненным концентрациям загрязняющих веществ.

Определение расхода поверхностного стока ливневых (дождевых и талых сточных вод) осуществляется с учетом общей площади территории природопользователя и степени распространения водонепроницаемых поверхностей.

Площади водонепроницаемых покрытий (дороги, площадки и т.п.) и общая площадь территории природопользователя, на которой формируется загрязненный поверхностный сток, определяются поданным генерального плана землеустройства, а при его отсутствии – по данным формы статистической отчетности. [5, 7]

Расчет дождевого стока. Объем стока дождевых вод с 1 га рассчитывается по формуле:

$$W_d = 2,5 \cdot H_d \cdot K_d \cdot K_{вн}, \text{ (м}^3\text{/га)}, \text{ где} \quad (123)$$

H_d – слой осадков за теплый период со средними температурами выше 0°C; определяется по данным метеорологических наблюдений Удмуртского республиканского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, мм;

K_d – коэффициент, учитывающий объем стока дождевых вод в зависимости от интенсивности дождя для данной местности продолжительностью 20 мин. при периоде однократного превышения расчетной интенсивности дождя, равном 1 году, для Удмуртии равен 0,75;

$K_{вн}$ – коэффициент, учитывающий интенсивность формирования дождевого стока в зависимости от степени распространения водонепроницаемых поверхностей $P_{вн}$ (кровли зданий, дороги, площадки, тротуары и т.п.) на площади водосбора определяется по данным нижеприведенной таблицы 17.

Таблица 17

Зависимость коэффициента, учитывающего интенсивность формирования дождевого стока, от степени распространения водонепроницаемых покрытий

$P_{вн}$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$K_{вн}$	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2

Коэффициент $P_{вн}$ (%) отражает долю площади водонепроницаемых поверхностей в общей площади территории природопользователя, с которой осуществляется поверхностный сброс, выраженную в процентах.

Объем дождевого стока, сбрасываемого с территории промплощадки за год [5, 7]:

$$Q_d = W_d \cdot S_{общ}, \text{ где} \quad (124)$$

W_d – объем стока дождевых вод с 1 га; $S_{общ}$ – общая площадь территории (водосбора) природопользователя, га.

Объем талого стока. Объем стока талых вод с 1 га рассчитывается по формуле:

$$W_t = H_t \cdot K_t \cdot K_v \text{ (м}^3\text{/га)}, \text{ где} \quad (125)$$

H_t – слой осадков за холодный период со средней температурой ниже 0°C, мм (определяется по данным метеорологических наблюдений Удмуртского республиканского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды); K_t – коэффициент, учитывающий объем стока талых вод в зависимости от условия снеготаяния, для Удмуртии равен 0,56; K_v – коэффициент, учитывающий вывоз снега с территории природопользователя, При отсутствии вывоза, коэффициент принимается равным 10 с уменьшением его значения пропорционально объему вывоза снега.

Объем талого стока, сбрасываемого с территории промплощадки за год:

$$Q_T = W_T \cdot S_{\text{общ}}, \text{ где} \quad (126)$$

W_T – объем стока талых вод с 1 га; $S_{\text{общ}}$ – общая площадь территории (водосбора) природопользователя, га.

Объем поливомоечного стока. Объем стока поливомоечных вод с 1 га рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{п.м.}} = 10 \cdot q \cdot K_{\text{п.м.}} \cdot N \text{ (м}^3\text{/га)}, \text{ где} \quad (127)$$

q – расход воды на одну поливку (мойку) твердых покрытий за отчетный период принимается по данным учета или в размере 1,2-1,3 л/м²; N – количество поливок (моек) в год (принимается по данным учета или в соответствии с нормативными документами, регламентирующими правила эксплуатации промплощадок); $K_{\text{п.м.}}$ – коэффициент стока поливомоечных вод принимается равным 0,5. Объем поливомоечного стока, сбрасываемого с территории промплощадки:

$$Q_{\text{п.м.}} = W_{\text{п.м.}} \cdot S_{\text{тв.}}, \text{ где} \quad (128)$$

$W_{\text{п.м.}}$ – объем стока поливомоечных вод с 1 га; $S_{\text{тв.}}$ – площадь твердых покрытий территории предприятия.

При осуществлении природопользователем контроля и учета сброса поверхностного стока с территории его объем принимается на основе фактических данных.

Общий объем ($W_d + W_T + W_{\text{п.м.}}$) или составляющие поверхностного стока уменьшаются на величину его использования природопользователем в системе технического водоснабжения.

Масса сброса загрязняющих веществ с территории предприятий и организаций. Нормативы сброса загрязняющих веществ с поверхностными сточными водами устанавливаются по массе загрязняющих веществ. Для определения предельно допустимой массы сброса загрязняющего вещества используется величина допустимой концентрации, определяемая по нормативным документам в зависимости от приемника сточных вод.

Организованный сброс сточных вод на рельеф местности приравнивается к сбросу в водоем, нормативы ПДС в этом случае устанавливаются на основе перечней ПДК в зависимости от категории водоема. Допустимые концентрации, принятые для расчета ПДС представлены в табл. 18.

Нормативы ПДС (ВСС) устанавливаются в г/час, т/год по показателям, определенным отдельно для каждого выпуска.

При проведении инвентаризации ВСС вычисляется как разность суммарного стока и ПДС. Для определения фактической массы сброса загрязняющего вещества используется величина фактической концентрации, принимаемая по результатам государственного лабораторного контроля, выполненного аттестованной лабораторией.

При отсутствии результатов анализов, на момент разработки проекта, допускается использование нормативных справочных данных:

- для предприятий, сток с которых по своему составу близок к стоку с селитебной зоны и не содержит специфических веществ с токсичными свойствами, - данных табл. 2.

Масса сброса загрязняющего вещества с неорганизованным стоком с территории (водосбора) природопользователя определяется по формуле:

$$M_i = S \cdot (W_d \cdot m_{id} + W_T \cdot m_{it}) \cdot 10^{-6} + S_{\text{п.м.}} \cdot W_{\text{п.м.}} \cdot m_{\text{ип.м.}} \cdot 10^{-6}, \text{ где} \quad (129)$$

S – площадь территории (водосбора) природопользователя, га; W_d , W_T , $W_{\text{п.м.}}$ – объем стока соответственно дождевых, талых и поливомоечных вод, м³/га; m_{id} , m_{it} , $m_{\text{ип.м.}}$ –

концентрация i -го загрязняющего вещества в стоке соответственно дождевых, талых и поливочных вод, мг/л; $S_{п.м.}$ – площадь водонепроницаемых покрытий, подвергающаяся мокрой уборке, га.

Таблица 18

Концентрации основных загрязняющих веществ в поверхностном стоке на застроенных участках территории и ПДК, принятые для расчета ПДС, (мг/л).

Наименование загрязняющих веществ	Концентрации на застроенных участках территорий			ПДК, принятые для расчета ПДС	
	Дождевые воды	Талые воды	Полivочные воды	Дождевые воды	Талые воды
Взвешенные вещества	250	3500	500	15	15
Нефтепродукты	10	30	30	0,3	0,3
БПК	30	90	100	6	6
ХПК	100	250	100	30	30
Сульфаты	100	500	100	100	500
Хлориды	200	1500	200	200	350
Азот аммонийный	2	4,3	2	2	4,3
Азот общий	4,9	10,5	4,9	4,9	10,5
Нитраты	0,08	0,17	0,08	0,08	0,17
Нитриты	0,08	0,17	0,08	0,08	0,17
Кальций	43	113	43	43	113
Магний	8	14	8	8	14
Железо	0,3	1,7	0,3	0,3	1,7
Медь	0,02	0,076	0,02	0,02	0,08
Никель	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
Цинк	0,3	0,55	0,3	0,3	0,55
Фосфор общий	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08

Рассмотрим пример расчета. Площадь территории предприятия по категориям: общая площадь территории - 0,193 га, в т.ч.
 - площадь твердых покрытий - 0,116 га,
 - площадь газонов - 0,050 га,
 - под зданиями и сооружениями - 0,027 га.

Площадка находится в массиве многоэтажной жилой застройки г. Ижевска. Территория, прилегающая к зданию предприятия, благоустроена и огорожена металлическим забором. Часть территории заасфальтирована, газон засеян травой и кустарниками. Снег зимой не вывозится. Рассчитать объемы стока дождевых и талых вод с территории предприятия.

Решение:

Объем стока дождевых вод.

По многолетним данным метеостанции «Ижевск» количество осадков за теплый период (апрель - октябрь) составляет $H_d = 353$ мм; коэффициент, учитывающий объем стока дождевых вод в зависимости от интенсивности дождя для Удмуртии $K_d = 0,75$.

Степень распространения водонепроницаемых поверхностей:

$$P_{вн} = (1 - S_{газонов}/S_{общ}) \cdot 100\% = (1 - 0,050/0,193) \cdot 100\% = 74\%,$$

следовательно по табл. 1 при $P_{вн} = 70\%$ коэффициент, учитывающий интенсивность формирования дождевого стока $K_{вн} = 1,6$.

Объем дождевого стока с 1 га рассчитывается по формуле (1):

$$W_d = 2,5 \cdot 353 \cdot 0,75 \cdot 1,6 = 1059,0 \text{ м}^3/\text{га},$$

Объем дождевого стока, сбрасываемого с территории промплощадки неорганизованно равен:

$$Q_d = 1059,0 \cdot 0,143 = 151,44 \text{ м}^3/\text{год}$$

Объем стока талых вод.

По многолетним данным метеостанции «Ижевск» количество осадков за холодный период (ноябрь - март) составляет $H_T = 185$ мм; коэффициент, учитывающий объем стока талых вод в зависимости от условия снеготаяния для Удмуртии равен $K_T = 0,56$; т.к. снег не вывозится, то коэффициент, учитывающий вывоз снега с территории природопользователя $K_B = 10$.

Объем талого стока с 1 га равен:

$$W_T = 185 \cdot 0,56 \cdot 10 = 1036,0 \text{ м}^3/\text{га},$$

Объем талого стока, сбрасываемого на рельеф местности неорганизованно по формуле (126):

$$Q_T = 1036,0 \cdot 0,143 = 148,15 \text{ м}^3/\text{год}$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задача 1. Фирма ЗАО «Делос» находится в г. Ижевске. Общая площадь территории фирмы составляет 0,605 га, площадь водонепроницаемых покрытий равна 0,484 га. Определить объем стока дождевых вод.

Задача 2. Площадь территории ПТУ, расположенного в г. Ижевске, составляет 0,125 га. Осуществляется вывоз снега примерно 50% от общего объема. Определить объем стока талых вод.

Задача 3. Площадь твердых покрытий промплощадки равна 0,480 га, влажная уборка территории производится 6 раз в год. Определить объем поливочного стока.

Задача 4. Рассчитать объем дождевых, талых вод и общий объем годового поверхностного стока с территории предприятия *N*. По данным метеостанции количество осадков за теплый и холодный периоды составляет 341 и 162 мм соответственно. Вывоз снега не производится. Полив территории не осуществляется. Данные о площадях представлены ниже:

площадь кровли – 1121,8 м²;

площадь асфальтовых покрытий – 2085,0 м²;

площадь газонов – 300,5 м².

Задача 5. Используя данные задачи 4, рассчитать массы сброса загрязняющих веществ с неорганизованным стоком с территории природопользователя. Результаты расчетов занести в табл. 19.

Таблица 19

Наименование сбрасываемого компонента	Принятые концентрации загрязняющих веществ, мг/л		Содержится в ливневом стоке, т.	Содержится в талом стоке, т.	Суммарный сток по площадке, т.
	Дождевой сток	Талый сток			
Взвешенные вещества	250,0	3500,0			
Нефтепродукты	10,0	30,0			
БПК	30,0	90,0			
ХПК	100,0	250,0			
Сульфаты	100,0	500,0			
Хлориды	200,0	1500,0			
Азот аммонийный	2,0	4,3			
Азот общий	4,9	10,5			
Нитраты	0,08	0,17			
Нитриты	0,08	0,17			
Кальций	43,0	113,0			
Магний	8,0	14,0			
Железо	0,3	1,7			
Медь	0,02	0,08			
Никель	0,01	0,02			
Цинк	0,3	0,55			
Фосфор общий	1,08	1,08			

Литература

1. Гудков А.Г. Механическая очистка сточных вод: Учебное пособие.– Вологда: ВоГТУ, 2003. С. 152.
2. Каракеян В. И. Процессы и аппараты защиты окружающей среды в 2 ч. Часть 1. / В. И. Каракеян. - М. : Издательство Юрайт. 2018. 2-е издание. Режим доступа : <http://www.biblio-online.ru/book/E3FE20A6-751A-49F5-986B-2DCE864882B8>
3. Природообустройство : учеб. для вузов по напр. 280400 "Природоустройство", 280300 "Водные ресурсы и водопользование" рек. Мин-вом с.-х. РФ / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В. Козлов [и др.] ; под ред. А. И. Голованова. - М. : КолосС, 2008. С. 551.
4. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.5.980-00 "2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22 июня 2000 г.) // <https://files.stroyinf.ru/Data1/8/8514/>
5. "СП 32.13330.2012. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85" (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/11) (ред. от 30.12.2015) // http://www.adm44.ru/i/u/32.13330.2012_2.04.03-85_.pdf
6. Проектирование сооружений для очистки сточных вод: справочное пособие к СНиП, - М.: Стройиздат, 1990. С. 67.
7. Яковлев С.В. Водоотводящие системы промышленных предприятий / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов. - М.: Стройиздат, 1990. С.165.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

Производительность и эффект осветления различных отстойников

Отстойники	Производительность очистной станции, тыс. м ³ /сут	Эффект осветления, %
Горизонтальные	15÷100	50÷60
Вертикальные		40
с нисходяще-восходящим потоком	2÷20	60÷65
Радиальные	свыше 20	50÷55
С вращающимся сборно-распределительным устройством	свыше 20	80
Тонкослойные	-	65

Таблица 2

Расчетные параметры первичных отстойников

Отстойник	Коэффициент использования объема K_{set}	Рабочая глубина отстойной части H_{set} , м	Ширина B_{set} , м	Скорость рабочего потока v_w , мм/с	Уклон дна к иловому прямку
Горизонтальный	0,5	1,5÷4	$2H_{set} \div 5H_{set}$	5÷10	0,005÷0,05
Радиальный	0,45	1,5÷5	-	5÷10	0,005÷0,05
Вертикальный	0,35	2,7÷3,8	-	-	-
С вращающимся сборно-распределительным устройством	0,85	0,8÷1,2	-	-	0,05
С нисходяще-восходящим потоком	0,65	2,7÷3,8	-	$2u_0 \div 3u_0$	-
С тонкослойными блоками:					
противоточная (прямоточная) схема работы	0,5÷0,7	0,025÷0,2	2÷6	-	-
перекрестная схема работы	0,8	0,025÷0,2	1,5	-	0,005

Примечания: 1. Коэффициент K_{set} определяет гидравлическую эффективность отстойника и зависит от конструкции водораспределительных и водосборных устройств; указывается организацией разработчиком.

2. Величину турбулентной составляющей v_{tb} , мм/с, в зависимости от скорости рабочего потока v_w , мм/с, надлежит определять по табл. 4 Приложений

Таблица 3

Продолжительность отстаивания воды в зависимости от эффекта ее осветления

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания t_{set} , с, в слое $h_1 = 500$ мм при концентрации взвешенных веществ, мг/л		
	200	300	400
20	600	540	480
30	960	900	840
40	1440	1200	1080
50	2160	1800	1500
60	7200	3600	2700

70	-	-	7200
----	---	---	------

Таблица 4

Турбулентная составляющая в зависимости от скорости рабочего потока

Скорость рабочего потока v_w , мм/с	5	10	15
Турбулентная составляющая v_{tb} , мм/с	0	0,05	0,1

Таблица 5

Основные параметры типовых первичных горизонтальных отстойников

Номер типового проекта	Размеры отделения, м			Число отделений в типовой компоновке	Расчетный объем отстойника, м ³	Пропускная способность, м ³ /ч, при времени отстаивания 1,5 ч
	ширина	длина	глубина зоны отстаивания			
902-2-305	6	24	3,15	4	1740	1160
902-2-304	6	24	3,15	6	2610	1740
902-2-240	9	30	3,1	4	3200	2130
902-2-241	9	30	3,1	6	4800	3200
902-2-242	9	30	3,1	8	6400	4260

Таблица 6

Основные параметры типовых вертикальных первичных отстойников с впуском воды через центральную трубу

Номер типового проекта	Материал	Диаметр, м	Строительная высота, м		Пропускная способность, м ³ /ч, при времени отстаивания 1,5 ч
			Цилиндрической части	конической части	
902-2-19	Монолитный	4	4,1	1,8	31
902-2-20	железобетон	6	4,1	2,8	69,5
902-2-165	Сборный	6	4,2	3,3	69,5
902-2-166	железобетон	9	4,2	5,1	156,5

Таблица 7

Унифицированные размеры первичных радиальных отстойников из сборного железобетона

Диаметр, м	Глубина зоны отстаивания, м	Расчетный объем зоны, м ³		Пропускная способность, м ³ /ч, при времени отстаивания 1,5 ч
		осадка	отстойной	
18	3,1	120	788	550
24	3,1	210	1400	930
30	3,1	340	2190	1460
40	3,65	710	4580	3054
50	4,7	1180	9220	6150
54	5,7	1370	10500	7000

Таблица 8

Основные параметры типовых вертикальных вторичных отстойников
с впуском воды через центральную трубу

Номер типового проекта	Материал	Диаметр, м	Строительная высота, м		Пропускная способность, м ³ /ч, при времени отстаивания, ч	
			Цилиндрической части	Конической части	1,5	1
902-2-23 902-2-24	Монолитный железобетон	4	2,1	1,8	-	22,1
		6	3 2,1	2,8	49,7 -	- 49,7
902-2-167 902-2-168	Сборный железобетон	6	3	3,3	49,4	-
		9	3	5,1	111,5	-

Таблица 9

Основные расчетные параметры вторичных радиальных отстойников

Диаметр, м	Гидравлическая глубина, м	Глубина зоны отстаивания, м	Высота иловой зоны, м	Объем зоны, м ³		Пропускная способность, м ³ /ч, при времени отстаивания 1,5 ч
				иловой	отстойной	
18	3,7	3,1	0,6	160	788	525
24	3,7	3,1	0,6	280	1400	933
30	3,7	3,1	0,6	440	2190	1460
40	4,35	3,65	0,7	915	4580	3053
50	5,3	4,3	0,7	1380	9020	5989

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования

№	Показатели	Категории водопользования	
		Для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест
1	2	3	4
1	Взвешенные вещества	При сбросе сточных вод, производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на	
		0,25 мг/дм ³	0,75 мг/дм ³
		Для водных объектов, содержащих в межень более 30 мг/дм ³ природных взвешенных веществ, допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5%. Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются	
2	Плавающие п, 88;имеси	На поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей	
3	Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике	
		20 см	10 см
4	Запахи	Вода не должна приобретать запахи интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемые:	
		непосредственно или при последующем хлорировании или других способах обработки	непосредственно
5	Температура	Летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более чем на 3 С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет	
6	Водородный показатель (рН)	Не должен выходить за пределы 6,5 – 8,5	
7	Минерализация воды	Не более 1000 мг/дм ³ , в т.ч.: Хлоридов – 350; Сульфатов – 500 мг/дм ³	
8	Растворенный кислород	Не должен быть менее 4 мг/дм ³ в любой период года, в пробе, отобранной до 12 часов дня	
9	Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅)	Не должно превышать при температуре 20 С	
		2 мг O ₂ /дм ³	4 мг O ₂ /дм ³
10	Химическое потребление кислорода (бихроматная окисляемость), ХПК	Не должно превышать:	
		15 мг O ₂ /дм ³	30 мг O ₂ /дм ³
11	Химические вещества	Не должны содержаться в воде водных объектов в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ	
12	Возбудители кишечных инфекций	Вода не должна содержать возбудителей кишечных инфекций	
13	Жизнеспособные яйца гельминтов (аскарид, власоглав, токсокар, фасциол), онкосферы тениид и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших	Не должны содержаться в 25 л воды	
14	Термотолерантные колиформные бактерии**	Не более 100 КОЕ/100 мл**	Не более 100 КОЕ/100 мл
15	Общие колиформные бактерии**	Не более	
		1000 КОЕ/100 мл**	500 КОЕ/100мл
16	Колифаги **	Не более	
		10 БОЕ/100 мл**	10 БОЕ/100 мл
17	Суммарная объемная активность радионуклидов при совместном присутствии***	Сумма (Ai / YBi) <= 1	

Примечания.

* Содержание в воде взвешенных веществ не природного происхождения (хлопья гидроксидов металлов, образующихся при обработке сточных вод, частички асбеста, стекловолокна, базальта, капрона, лавсана и т.д.) не допускается.

** Для централизованного водоснабжения; при нецентрализованном питьевом водоснабжении вода подлежит обеззараживанию.

*** В случае превышения указанных уровней радиоактивного загрязнения контролируемой воды проводится дополнительный контроль радионуклидного загрязнения в соответствии с действующими нормами радиационной безопасности;

A_i - удельная активность i -го радионуклида в воде;

Y_{Vi} - соответствующий уровень вмешательства для i -го радионуклида (приложение П-2 НРБ-99).

Учебно-методическое издание

Составитель Дружакина Ольга Павловна

**Условия сброса сточных вод и проектирование сооружений механической
очистки сточных вод**

Учебно-методическое пособие

Авторская редакция

Подписано в печать 05.11.2020.