

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Н. Р. Ахмедова

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ И ОЧИСТКИ
СТОЧНЫХ ВОД**

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины с практическими заданиями для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование

Калининград
2022

УДК 628.1/3

Рецензент

доктор технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности и природообустройства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»

В.А. Наумов

Ахмедова, Н. Р.

Современные технологии водоподготовки и очистки сточных вод: учеб.-методич. пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины с практическими заданиями для студентов магистратуры по направлению подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование / **Н. Р. Ахмедова**. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 22 с.

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал содержит методические материалы по изучению дисциплины, которые включают тематический план занятий, методические указания по выполнению студентами практических работ, вопросы для самоконтроля по темам, оценочные средства и критерии оценивания.

Табл. 2, список лит. – 15 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры 30.11.2022 г. протокол №8

УДК 628.1/3

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2022 г.

© Ахмедова Н.Р., 2022 г.

Содержание

Введение	4
1. Тематический план занятий	9
2. Методические рекомендации по выполнению практических работ.....	12
3. Методические рекомендации по выполнению.....	20
самостоятельной работы студентов	20
Библиографический список	21
Приложение А. Экзаменационные вопросы	22

Введение

Дисциплина *Современные технологии водоподготовки и очистки сточных вод* входит в состав основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 20.04.02 *Природообустройство и водопользование*.

Целью дисциплины является формирование систематизированных знаний, умений и навыков в области улучшения качества природных вод и очистки сточных вод, а также методик инженерных расчётов, проводимых при проектировании систем водоподготовки и очистки сточных вод.

В результате освоения дисциплины студент должен:

- знать: нормативно-техническую документацию по водоснабжению и водоотведению; современные тенденции в проектировании сооружений очистки сточных вод; современные технологии, используемые в водоподготовке и очистке сточных вод, научные разработки в данной области; методики инженерных расчетов при проектировании систем водоподготовки и очистки сточных вод;

уметь: пользоваться нормативной, справочной, научно-технической литературой; проверять соответствие разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и нормативно-техническим документам; определять полученные в результате изысканий исходные данные, необходимые для проектирования систем водоподготовки и очистки сточных вод; обосновывать выбор технологических схем и сооружений для водоподготовки и очистки сточных вод с учетом санитарных, природоохранных и технико-экономических требований.

- владеть: навыками координации работы проектного подразделения, группы проектировщиков сооружений очистки сточных вод; навыками проектирования систем водоподготовки и очистки сточных вод.

Дисциплина опирается на компетенции, знания, умения и навыки студентов, полученные при изучении дисциплин *Инженерная гидрология, Управление природно-техногенными комплексами, Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения*.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- задания и вопросы для практических занятий;
- тестовые задания по дисциплине.

В соответствии с учебным планом по дисциплине *Современные технологии водоподготовки и очистки сточных вод* предусмотрены практические работы. Перед началом выполнения практической работы обучающиеся изучают задание, и после методических указаний преподавателя приступают к его выполнению. Защита работы проводится либо на очередном практическом занятии, либо в часы индивидуальных или групповых консультаций преподавателя. Обучающийся, защитивший работу с ответами на вопросы, получает оценку «зачтено» за данную практическую работу.

Тестовые задания по дисциплине используются для текущего контроля освоения дисциплины. Тестирование студентов проводится на практических занятиях. Каждый вариант теста включает в себя 30 вопросов, на каждый из которых приведены три варианта ответа, в том числе один правильный. Оценивание осуществляется по следующим критериям: «зачтено» – 50-100 % правильных ответов на заданные вопросы; «не зачтено» – менее 50 % правильных ответов.

Промежуточная аттестация по дисциплине *Современные технологии водоподготовки и очистки сточных вод* проводится в форме защиты курсового проекта, экзамена.

Система оценивания результатов защиты курсового проекта, экзамена включает в себя следующие оценки: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Критерии выставления оценки представлены в табл. 1.

Задание для выполнения курсового проекта обучающиеся получают в начале семестра. Целью выполнения курсового проекта является формирование компетенций, связанных с профессиональной деятельностью, систематизация знаний, умений, навыков, полученных при изучении теоретического курса. При этом обучающемуся дается возможность самостоятельного решения отдельных вопросов в области профессиональных задач природообустройства.

Основная часть пояснительной записки курсового проекта состоит из трех разделов.

Выполненный курсовой проект представляется для проверки на кафедру техносферной безопасности и природообустройства не позднее, чем за неделю до даты проведения промежуточной аттестации по дисциплине. После проверки курсовой проект допускается к защите или отправляется на доработку. Если курсовой проект отправляется на доработку, следует устранить все замечания, указанные преподавателем, и повторно сдать его на проверку.

Если курсовой проект допускается к защите, студент должен быть готовым дать все необходимые пояснения по расчетам, чертежам и содержанию работы. По результатам защиты выставляется оценка, при этом учитываются

правильность выполнения заданий, оформление работы, а также качество защиты.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, относятся экзаменационные вопросы. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Список экзаменационных вопросов представлен в приложении А.

Условия допуска к экзамену для студентов:

1. Выполненные и защищенные в полном объеме практические работы, предусмотренные программой.

3. Выполненный на оценку «зачтено» тест.

4. Выполненный и защищенный на положительную оценку («удовлетворительно», «хорошо», «отлично») курсовой проект.

Порядок и правила выставления экзамена по дисциплине преподаватель сообщает обучающимся в начале учебного семестра.

Таблица 1 – Система и критерии оценивания

Система оценок Критерий	«не зачтено»	«зачтено»		
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
Осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные данные	В состоянии осуществлять систематический и корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Система оценок	«не зачтено»	«зачтено»		
Критерий	алгоритм, допускает ошибки		алгоритма	

1. Тематический план занятий

Тема 1. Водоподготовка

Ключевые вопросы темы

1. Цель и задачи дисциплины. Место дисциплины в структуре образовательной программы. Планируемые результаты освоения дисциплины.

2. Системы водоснабжения. Выбор источника водоснабжения. Критерии применимости НДТ при выборе источника водоснабжения.

3. Водозаборные сооружения. Водозаборные сооружения из поверхностных источников воды. Водозаборы из подземных источников воды. Критерии использования НДТ при выборе типа водозабора.

4. Методика оценки качества природной воды для выбора НДТ по основным видам ее обработки. Качественные характеристики природной воды. Требования к качеству очищенных вод.

5. Классификация НДТ для очистки природных вод. Выбор технологической схемы очистки воды на основе НДТ. Выбор технологических схем, сооружений и оборудования для очистки, кондиционирования и обеззараживания воды.

6. Методика технико-экономической оценки НДТ.

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические занятия) типов.

Тема практической работы 1. Определение качественных характеристик природной воды.

Цель работы: сформировать навыки работы с нормативной документацией при определении качественных характеристик природной воды, необходимых для выбора технологии очистки.

Тема практической работы 2. Выполнить расчет скорых безнапорных фильтров с зернистой загрузкой.

Цель работы: сформировать навыки работы с нормативной документацией, принятия решений при проектировании сооружений водоподготовки.

Вопросы для самопроверки по теме:

1. Дать определение понятию «качество воды».
2. Назовите органолептические показатели воды.
3. Назовите единицы измерения цветности воды, ее запаха, вкуса.
4. Дать определение понятию «лимитирующий признак вредности». На что указывает органолептический показатель вредности?
5. Показатель, характеризующий способность воды пропускать световые лучи – это прозрачность или цветность?

6. На чем основана классификация примесей природной воды, предложенная Л.А. Кульским?

7. Какой из методов обеззараживания имеет пролонгированное действие: хлорирование или УФ-облучение?

8. Назовите «плюсы» и «минусы» основных методов обеззараживания воды: хлорирование, озонирование, ультрафиолетовое облучение.

9. Для чего применяют коагулянты и флокулянты в водоподготовке?

10. Назовите сооружения, применяемые для осаждения в воде взвешенных веществ.

11. Назовите сооружение, которое служит для равномерного распределения растворов реагентов в массе обрабатываемой воды.

12. Назовите основные конструктивные типы отстойников в зависимости от направления воды.

13. В каких целях при определении расчетных расходов воды применяют коэффициент суточной неравномерности водопотребления?

14. Назовите основные требования, которые предъявляются к источнику водоснабжения.

15. Перечислите возможные источники водоснабжения.

16. Назовите основные методы обезжелезивания воды.

Тема 2. Очистка сточных вод

Ключевые вопросы темы

1. Виды сточных вод. Системы водоотведения.

2. Очистка городских сточных вод. Технологическая схема процессов ОСВ. Технологические процессы ОСВ. Вспомогательное природоохранное оборудование для ОС ГСВ. Очистка поверхностных сточных вод.

3. Технологии очистки сточных вод и осадков. Наилучшие доступные технологии. Перспективные технологии.

4. Технологические процессы, используемые для очистки промышленных сточных вод.

5. Выбор технологических схем, сооружений и оборудования для очистки сточных вод.

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические занятия) типов.

Тема практической работы 3. Расчет первичных отстойников.

Цель работы: сформировать навыки проектирования сооружений для очистки сточных вод.

Тема практической работы 4. Расчет песколовки.

Цель работы: сформировать навыки работы с нормативной документацией, проектирования сооружений для очистки сточных вод.

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Назовите главные источники загрязнения вод на предприятиях энергетического комплекса.
2. Какой метод может быть использован для улавливания крупных загрязнений и мусора в сточных водах? Назовите сооружения, которые могут применяться для данной цели.
3. Что из себя представляет процесс цетрифугирования?
4. Какие недостатки отмечают при общесплавной системе водоотведения?
5. Что характеризует показатель БПК?
6. В каких случаях применяется доочистка стоков?
7. Как сточные воды подразделяются по источнику образования?
8. Назовите количественные характеристики поверхностного стока.
9. Из какого нормативного документа берут значение слоя осадков за тёплый и холодный периоды при расчете расхода/объема поверхностного стока?
10. Перечислите основные сооружения механической и биологической очистки сточных вод.
11. Какие системы водоотведения применяют в зависимости от способа транспортировки поверхностных сточных вод на территории поселений и промышленных зон?
12. Перечислите флотационные методы очистки воды.
13. Перечислите факторы, влияющие на увеличение водопотребления.
14. Назовите основные причины суточной неравномерности в течение года.
15. Назовите приемы удаления и обезвреживания осадка сточных вод.

2. Методические рекомендации по выполнению практических работ

Тема практической работы 1. Определение качественных характеристик природной воды.

Цель работы: сформировать навыки работы с нормативной документацией при определении качественных характеристик природной воды, необходимых для выбора технологии очистки.

Задание. На основе данных химического анализа природной воды классифицировать её по: мутности; цветности; показателю рН; минерализации; жёсткости; классификации О.А. Алёкина; определяющим природным ингредиентам. Изучить методики, по которым определяются данные вещества. Для данной природной воды определить: класс опасности каждого химического вещества; лимитирующий показатель вредности; величину ПДК.

Методические рекомендации для выполнения задания

Используя информацию, содержащуюся в справочных данных и в нижеприведённых нормативных документах (табл. 2) выполнить поставленные задачи.

Таблица 2 – Перечень нормативных документов

№ п/п	Нормативный документ
1	ГОСТ Р 59053-2020 Охрана окружающей среды. Охрана и рациональное использование вод. Термины и определения
2	ГОСТ Р 57164-2016 Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности
3	ГОСТ 27065-86 Качество вод. Термины и определения
4	ГОСТ 31868-2012 Вода. Методы определения цветности
5	ГОСТ 18164-72 Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка
6	ГОСТ 31954-2012 Вода питьевая. Методы определения жесткости
7	СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий

№ п/п	Нормативный документ
8	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
9	СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения
10	СП 31.13330.2021 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения

Вопросы для защиты практической работы:

1. Чем обусловлена мутность природной воды?
2. Опишите порядок определения мутности воды нефелометрическим методом.
3. Как называется показатель качества воды, обусловленный главным образом, присутствием в воде гуминовых кислот, а также соединений железа? Данный показатель характеризует интенсивность окраски воды.
4. Дайте определение понятию «минерализация воды».
5. Чем обусловлена жёсткость воды (наличием каких ионов)?
6. Назовите методы определения цветности питьевой воды (согласно ГОСТ 31868-2012).

Тема практической работы 2. Выполнить расчет скорых безнапорных фильтров с зернистой загрузкой.

Цель работы: сформировать навыки работы с нормативной документацией, принятия решений при проектировании сооружений водоподготовки.

Задание. Выполнить расчет скорых безнапорных фильтров на завершающем этапе для очистной станции полезной производительностью Q , м³/сут.

Методические рекомендации для выполнения задания

1. В соответствии с СП 31.13330 фильтры и их коммуникации должны быть рассчитаны на работу при нормальном и форсированном режимах. На станциях с количеством фильтров до 20 следует предусматривать возможность выключения на ремонт одного фильтра, при большем количестве - двух фильтров.

2. При площади фильтра до 30 м² устраивается боковой сборный канал, более 30 м² – центральный.

3. При расчёте основных конструктивных параметров фильтра используются сведения, представленные в СП 31.13330.2012, СП 31.13330.2021.

4. Общую площадь фильтров следует определять исходя из скорости фильтрования при нормальном режиме с учётом удельного расхода воды на промывку и времени простоя при её проведении по формуле:

$$F_{\phi} = \frac{Q}{T_{\text{ст}} \cdot v_{\text{н}} - n_{\text{пр}} \cdot q_{\text{пр}} - n_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}} \cdot v_{\text{н}}},$$

где Q - полезная производительность станции, м³/сут; $T_{\text{ст}}$ - продолжительность работы станции в течение суток, ч; $v_{\text{н}}$ - расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, м/ч, принимаемая по СП 31.13330; $n_{\text{пр}}$ - число промывок одного фильтра в сутки при нормальном режиме эксплуатации; $q_{\text{пр}}$ - удельный расход воды на одну промывку одного фильтра, м³/м²; $t_{\text{пр}}$ - время простоя фильтра в связи с промывкой.

5. Удельный расход воды на одну промывку одного фильтра рассчитывается по формуле:

$$q_{\text{пр}} = 0,06 \cdot w \cdot t, \text{ м}^3/\text{м}^2$$

где w - интенсивность промывки, л/с·м²; t - продолжительность промывки фильтра, мин.

6. Количество фильтров на станциях производительностью более 1600 м³/сут должно быть не менее четырех. При производительности станции более 8-10 тыс. м³/сут количество фильтров следует определять с округлением до ближайших целых чисел (четных или нечетных в зависимости от компоновки фильтров) по формуле:

$$N_{\phi} = \frac{\sqrt{F_{\phi}}}{2}.$$

При этом должно обеспечиваться соотношение

$$v_{\phi} = \frac{v_{\text{н}} \cdot N_{\phi}}{N_{\phi} - N_1},$$

где v_{ϕ} - скорость фильтрования при форсированном режиме, м/ч; N_1 - число фильтров, находящихся в ремонте.

Если расчетная скорость при форсированном режиме, определенная по вышеприведенной формуле, получится больше допустимой, необходимо, соответственно уменьшить принятое значение расчетной скорости фильтрования при нормальном режиме или увеличить количество фильтров.

7. Площадь одного фильтра рассчитывается по формуле:

$$f_{\phi} = \frac{F_{\phi}}{N_{\phi}}.$$

8. Объём воды, накапливающейся за время простоя одновременно промываемых фильтров определяется по формуле:

$$W_0 = \frac{f_{\phi} \cdot w \cdot t \cdot 60}{1000}.$$

9. Дополнительная высота фильтра:

$$H_{\text{доп}} = \frac{W_0}{F\phi}$$

10. Высота фильтра определяется по формуле

$$H_{\text{Ф}} = H_{\text{под}} + H_3 + H_{\text{в}} + H_{\text{стр}} + H_{\text{доп}},$$

где $H_{\text{под}}$ – высота поддерживающего слоя; H_3 – высота фильтрующего слоя; $H_{\text{в}}$ – высота слоя воды над поверхностью загрузки; $H_{\text{стр}}$ – превышение строительной высоты над расчетным уровнем воды; $H_{\text{доп}}$ – дополнительная высота.

Вопросы для защиты практической работы:

1. Назовите основные конструктивные параметры водоочистных фильтров.
2. В соответствии с какими нормативными документами выполнялись расчеты фильтров в данной работе?
3. Что такое форсированный режим работы фильтра?
4. Назовите виды промывок фильтра.
5. Назовите основные характеристики фильтрующего слоя фильтра.
6. Какой материал может быть использован для фильтров с зернистой загрузкой?

Тема практической работы 3. Расчет первичных отстойников.

Цель работы: сформировать навыки проектирования сооружений для очистки сточных вод.

Задание: Выполнить расчет основных конструктивных параметров первичных горизонтальных отстойников, при следующих известных данных: суточный расход сточной воды Q , м³/сут; максимальный секундный расход q_{max} , м³/с; содержание взвешенных веществ в поступающей воде $C_{\text{ен}}$, мг/л; в осветленной воде $C_{\text{ех}}$, мг/л.

Методические рекомендации для выполнения задания

1. В зависимости от назначения в технологической схеме очистных сооружений, отстойники подразделяются на первичные и вторичные. Первичные отстойники служат для предварительного осветления сточных вод, поступающих на биохимическую очистку или физико-химическую очистку. Вторичные – для осветления воды, прошедшей биохимическую или физико-механическую очистку.

2. В соответствии с СП 32.13330 сооружения осветления сточных вод рекомендуется применять на очистных сооружениях производительностью свыше 1000 м³/сут, с этой целью могут быть использованы первичные отстойники, механические процеживатели. Расчет отстойников следует

производить по кинетике осаждения взвешенных веществ с учетом требуемого эффекта осветления и коэффициента использования объема сооружения.

3. Необходимый эффект осветления в отстойниках \mathcal{E} рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E} = 100 \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}}, \%,$$

где C_{en} - содержание взвешенных веществ в поступающей воде, мг/л; C_{ex} - содержание взвешенных веществ в осветленной воде, мг/л.

4. Определяется продолжительность отстаивания t_{set} при полученном эффекте.

3. Следует принять глубину проточной части в отстойнике H_{set} , коэффициент использования объема проточной части отстойника K_{set} , скорость рабочего потока v_w по СП 32.13330.

4. Определяется значение гидравлической крупности по формуле:

$$u_0 = \frac{1000 H_{set} K_{set}}{t_{set} \left[\frac{H_{set} K_{set}}{h_1} \right]^{n_2}}, \text{ мм/с},$$

где H_{set} - глубина проточной части в отстойнике, м; K_{set} - объем проточной части отстойника, м; t_{set} - продолжительность отстаивания, с; h_1 - глубина слоя, равная 0,5 м; n_2 - зависит от исходной концентрации взвешенных веществ C_{en} при полученном эффекте осветления.

5. Рассчитывается суммарная ширина всех отделений отстойника $\sum B$.

$$\sum B = \frac{10^3 q_{max}}{v_w H_{set}},$$

где q_{max} - максимальный секундный расход, м³/с; v_w - скорость рабочего потока, мм/с; H_{set} - глубина проточной части в отстойнике, м.

6. Ширина одного отделения отстойника B_{set} , м принимается по СП 32.13330. Рекомендуется выбрать ширину отделения, кратную трем.

7. Число отделений отстойника определяется по формуле:

$$n = \frac{\sum B}{B_{set}},$$

где $\sum B$ - суммарная ширина всех отделений отстойника, м; B_{set} - ширина одного отделения отстойника, м.

По СП число отстойников рекомендуется принимать исходя из условия надежности их действия при ремонте одного из них, но не менее двух.

8. Необходимо проверить скорость рабочего потока v_w , которая должна быть в пределах, указанных в СП 32.13330. Если это условие не соблюдается, изменяют величину H_{set} и скорость рабочего потока пересчитывают.

$$v_w = \frac{10^3 q_{max}}{H_{set} B_{set} n}, \text{ мм/с}.$$

9. Определяется длина отстойника L_{set} по формуле:

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

10. Полную строительную высоту отстойника на выходе H определяют по формуле:

$$H = H_{set} + H_1 + H_2, \text{ м}$$

где H_1 - высота борта отстойника над слоем воды; H_2 - высота нейтрального слоя (от дна на выходе) для первичных отстойников.

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

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

где Q - суточный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$; ρ_{mud} - влажность осадка, %; γ_{mud} - плотность осадка, $\text{г}/\text{см}^3$.

12. Рассчитывается вместимость приемка одного отстойника для сбора осадка W_{mud} :

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

где α - угол наклона стенок приемка, принимается в соответствии с СП в пределах $50 - 55^\circ$.

13. Определяется период между выгрузками осадка из отстойника T , ч.

$$T = \frac{24nW_{mud}}{Q_{mud}}$$

Удаление осадка из отстойников допускается непрерывное или периодическое. Интервал времени при периодическом удалении следует устанавливать исходя из объёма образующегося осадка и вместимости зоны его накопления, но не более двух суток. При механизированном удалении осадка вместимость зоны накопления его в первичных отстойниках следует принимать по количеству выпавшего осадка за период не более восьми часов.

Вопросы для защиты практической работы:

1. Назовите основные конструктивные параметры отстойника.
2. В каких случаях следует применять на очистных сооружениях первичные отстойники?
3. С учётом каких показателей производится расчёт отстойников?
4. Каким образом рассчитывается эффект осветления?
5. Классификация отстойников по направлению движения, по назначению в технологической схеме.

Тема практической работы 4. Расчет песколовки.

Цель работы: сформировать навыки работы с нормативной документацией, проектирования сооружений для очистки сточных вод.

Задание. Суточный расход сточной воды Q , м³/сут, максимальный секундный расход q_{max} , м³/с, норма водоотведения α , л/сут чел. Рассчитать горизонтальные песколовки с круговым движением.

Методические рекомендации для выполнения задания

1. Назначается количество отделений песколовки n (не менее двух, причем все песколовки или отделения должны быть рабочими), исходя из расхода на одно отделение не более 15-20 тыс. м³/сут.

2. Определяется необходимая площадь живого сечения одного отделения песколовки:

$$w = \frac{q_{max}}{n \cdot v_s}$$

где q_{max} - максимальный секундный расход, м³/с; n - количество отделений песколовки; v_s - скорость течения воды, м/с.

3. При расчете горизонтальных и аэрируемых песколовки следуют определять их длину L_s (длина окружности песколовки по средней линии) по формуле:

$$L_s = \frac{1000K_s H_s v_s}{u_0},$$

где K_s – коэффициент, принимаемый в зависимости от типа песколовки; H_s - расчетная глубина песколовки, м; v_s - скорость течения воды, м/с; u_0 - гидравлическая крупность песка, мм/с, принимаемая в зависимости от требуемого диаметра задерживаемых частиц песка.

По СП песколовки следует рассчитывать на гидравлическую крупность удаляемого песка не более 0,15 мм.

4. Средний диаметр песколовки D_0 определяется по формуле:

$$D_0 = \frac{L_s}{\pi}.$$

5. Рассчитывается продолжительность протекания сточных вод в песколовке T при максимальном притоке. Продолжительность протока должна быть не менее 30 с.

$$T = \frac{\pi D_0}{v_s}.$$

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

$$B_{ж} = \frac{w}{H_s}.$$

7. Наружный диаметр песколовки D определяется по формуле:

$$D = D_0 + B_{\text{ж}}.$$

По рассчитанному диаметру принимается типовая песколовка или проектируется индивидуальная.

8. Рассчитывается значение «приведенное население» $N_{\text{пр}}$.

$$N_{\text{пр}} = \frac{1000Q}{\alpha}.$$

9. Суточный объем осадка, накапливаемого в песколовках, $W_{\text{сут}}$, м³/сут находится по формуле:

$$W_{\text{сут}} = \frac{N_{\text{пр}} \cdot q_{\text{ос}}}{1000},$$

где $q_{\text{ос}}$ - удельное количество песка, л/сут. чел.

10. Рассчитывается объем бункера одного отделения песколовки:

$$W = \frac{W_{\text{сут}} \cdot T_{\text{ос}}}{n},$$

где $T_{\text{ос}}$ - интервал времени между выгрузками осадка из песколовки, сут (не более двух суток).

11. Определяется высота бункера (его конической части) песколовки $h_{\text{к}}$, м.

$$h_{\text{к}} = \frac{12W}{\pi(D_0^2 + d^2 + D_0d)},$$

где d - диаметр нижнего основания бункера.

12. Рассчитывается полная строительная высота песколовки $H_{\text{стр}}$, м.

$$H_{\text{стр}} = h_{\text{к}} + H_s + 0,5.$$

Вопросы для защиты практической работы:

1. Назовите виды песколовков.
2. Для чего предназначен бункер в песколовках?
3. Назовите основные конструктивные параметры аэрируемой песколовки.
4. По какому принципу принимают к проектированию тип песколовки?
5. Для чего предназначены песколовки?
6. От каких параметров зависит длина песколовки?

3. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов является обязательной частью образовательного процесса. Наряду с изучением лекционного материала необходимо самостоятельно более подробно рассмотреть указанные в данном пособии темы.

Подготовка к практическим занятиям заключается в изучении теоретического материала с использованием учебно-методических пособий, справочной и нормативной документации в области водоснабжения и водоотведения. Только после этого можно приступать к выполнению практических заданий и лабораторных работ.

После проработки теоретического материала, выполнения практической работы нужно ответить на вопросы для самоконтроля. Ответы должны быть развернутыми, опираться на данные из нормативной документации, дополнительной литературы, материалов исследований и своего опыта.

При освоении данной дисциплины студент должен выполнить курсовой проект, пройти тестирование.

Курсовой проект состоит из трёх разделов:

Раздел 1. Условия расположения объекта проектирования.

Раздел 2. Обоснование технологической схемы.

Раздел 3. Расчет основных параметров сооружений.

При выполнении курсового проекта следует придерживаться следующих правил:

- исходные данные должны полностью соответствовать варианту;

- все решения необходимо сопровождать пояснениями и подробными вычислениями.

Курсовой проект рекомендуется начинать выполнять сразу после прослушивания необходимого теоретического материала на лекциях, выполнения соответствующих заданий на практических занятиях.

Тестирование проводится на практических занятиях, каждый вариант теста включает в себя 30 вопросов.

Библиографический список

1. Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г № 74-ФЗ.
2. Федеральный закон 416-ФЗ от 07.12.2011 «О водоснабжении и водоотведении».
3. ГОСТ Р 59053-2020 Охрана окружающей среды. Охрана и рациональное использование вод. Термины и определения.
4. ГОСТ Р 57164-2016 Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности.
5. ГОСТ 27065-86 Качество вод. Термины и определения.
6. ГОСТ 31868-2012 Вода. Методы определения цветности.
7. ГОСТ 18164-72 Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка.
8. ГОСТ 31954-2012 Вода питьевая. Методы определения жесткости.
9. СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.
10. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
11. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
12. СП 31.13330.2021 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
13. ИТС 8-2015 Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях.
14. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
15. Профессиональная справочная система Техэксперт <http://техэксперт.рус/>

Приложение А. Экзаменационные вопросы

1. Природные воды, их состав, свойства, классификация.
2. Системы водоснабжения.
3. Выбор источника водоснабжения. Критерии применимости НДТ при выборе источника водоснабжения.
4. Водозаборные сооружения. Критерии использования НДТ при выборе типа водозабора.
5. Нормирование качества воды в России. Международные стандарты в области качества питьевой воды.
6. Коагулянты и флокулянты.
7. Фильтры: классификация, технология, условия применения.
8. Ионнообменные технологии водоподготовки.
9. Мембранные методы водоподготовки.
10. Электрохимические методы водоподготовки.
11. Обеззараживание воды.
12. Подготовка воды для систем теплоснабжения и горячего водоснабжения.
13. Классификация НДТ для очистки природных вод.
14. Классификация сточных вод, характеристика состава.
15. Технологические схемы очистки сточных вод населенных пунктов.
16. Технологические схемы очистки сточных вод предприятий агропромышленного комплекса.
17. Технологические схемы очистки сточных вод предприятий рыбоперерабатывающей промышленности.
18. Технологические схемы очистки поверхностных стоков, образующихся в морских портах, судоремонтных заводах.
19. Защита окружающей среды от загрязнения сточными водами. Международные стандарты.
20. Современные биологические сооружения для очистки сточных вод.
21. Локальные очистные сооружения, очистка поверхностных стоков.
22. Состав и свойства осадков, образующихся в результате водоподготовки и очистки сточных вод.
23. Технологии обработки осадков станций водоподготовки и очистки сточных вод, современные возможности утилизации и использования.

Локальный электронный методический материал

Наталья Равиловна Ахмедова

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ
И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

Редактор И. Голубева

Уч.-изд. л. 1,6. Печ. л. 1,4

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1