

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
**(БГТУ им. В.Г. Шухова)**

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
  
Ярмоленко И.В.  
« 15 » июля 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
  
Ястребинский Р.Н.  
« 15 » июля 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**Методы и оборудование для обработки осадков сточных вод**

направление подготовки (специальность):

20.04.02 Природообустройство и водопользование

Направленность программы (профиль, специализация):

Водопользование и очистка сточных вод жилищно-коммунального хозяйства и  
промышленных предприятий

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная


Институт Химико-технологический

Кафедра Промышленная экология

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:


- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации 26 мая 2020 года № 686.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители): канд. техн. наук, доцент  (Ю.Е. Токач)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры промышленной экологии «13» мая 2021 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, профессор  (С.В. Свергузова)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей(ими) кафедрой(ами)  
промышленной экологии  
(наименование кафедры/кафедр)

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, профессор  (С.В. Свергузова)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

«14» мая 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«15» мая 2021 г., протокол № 9

Председатель канд. техн. наук, доцент  (Л.А. Порожнюк)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональная	ПК-1. Способен осуществлять обоснование планов внедрения новой техники и технологий, обеспечивающих модернизацию технологического процесса для сооружений водоочистки и водоподготовки	ПК-1.3. Определяет критерии достижения целей очистки сточных вод и обработки осадка с учетом технических возможностей.	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: <i>Знать:</i> правила организации процессов проектирования, создания и эксплуатации объектов природообустройства, водопользования, обеспечение качества этих процессов. <i>Уметь:</i> использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, собирать, обобщать и анализировать экспериментальную и техническую информацию <i>Владеть:</i> навыками разработки технической и технологической документации, необходимой для разработки технологических схем переработки и кондиционирования осадков сточных вод для их использования в производстве вторичной продукции.
Профессиональная	ПК-2. Способен применять профессиональные решения на основе знания технологических процессов, водного законодательства и правил охраны водных объектов при строительстве и эксплуатации объектов водоочистки и водоподготовки	ПК-2.2. Совершенствует технологии и инженерное обеспечение процессов водоочистки и водоподготовки	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: <i>Знать:</i> правила планирования и разработки технологических процессов природообустройства и водопользования; • правила эксплуатации объектов природообустройства и водопользования. <i>Уметь:</i> применять современные методы обработки экспериментальных данных и производить на их основе выбор технических средств и технологии по защите природной среды от загрязнений вредными веществами; <i>Владеть:</i> навыками разработки технической и технологической документации, необходимой для строительства и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-1. Способен осуществлять обоснование планов внедрения новой техники и технологий, обеспечивающих модернизацию технологического процесса для сооружений водоочистки и водоподготовки**

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Проектирование систем водоснабжения и сооружений водоподготовки
2	Проектирование систем водоотведения и сооружений очистки сточных вод
3	Наилучшие доступные технологии (НТД) в водоотведении и очистке сточных вод
4	Научные основы очистки воды
5	Современные технологии очистки сточных вод
6	Охрана и воспроизводство природных ресурсов
7	Методы и оборудование для обработки осадков сточных вод
8	Учебная ознакомительная практика
9	Производственная научно-исследовательская работа
10	Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика
11	Производственная преддипломная практика

**2. Компетенция ПК-2. Способен применять профессиональные решения на основе знания технологических процессов, водного законодательства и правил охраны водных объектов при строительстве и эксплуатации объектов водоочистки и водоподготовки**

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Проектирование систем водоснабжения и сооружений водоподготовки
2	Проектирование систем водоотведения и сооружений очистки сточных вод
3	Наилучшие доступные технологии (НТД) в водоотведении и очистке сточных вод
4	Охрана и воспроизводство природных ресурсов
5	Методы и оборудование для обработки осадков сточных вод
6	Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика
7	Производственная преддипломная практика

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки: 4 часа

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	55	55
лекции	17	17
лабораторные	-	-
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	4	4
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	125	125
Курсовой проект		
Курсовая работа	36	36
Расчетно-графическое задание		
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	53	53
Экзамен	36	36

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД</b>					
	Виды и состав осадков. Свойства осадков.	2	-	-	2
<b>2. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД</b>					
	Технологические схемы обработки осадков. Уплотнение осадков сточных вод. Гравитационное уплотнение осадков. Расчет гравитационных илоуплотнителей. Расчет илоуплотнителей в технологиях глубокого удаления биогенных элементов.	2	8	-	10

	Флотационное уплотнение осадков сточных вод.				
<b>3. СТАБИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД</b>					
	Анаэробная стабилизация осадков. Аэробная стабилизация осадков. Расчет сооружений для стабилизации осадков сточных вод. Примеры расчета сооружений для стабилизации осадков. Пример расчета метантенков в схеме с аэротенками. Пример расчета метантенков в схеме с биофильтрами. Пример расчета аэробных стабилизаторов.	2	8	-	10
<b>4. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД</b>					
	Реагентная обработка. Безреагентное кондиционирование. Расчет требуемого количества реагентов для коагулирования осадка.	2	4	-	8
<b>5. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД</b>					
	Иловые площадки на естественном обезвоживании. Иловые площадки на искусственном основании с дренажем. Иловые площадки каскадные с отстаиванием и поверхностным удалением воды. Иловые площадки-уплотнители. Расчет иловых площадок.	3	6		8
<b>6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД</b>					
	Вакуумные фильтры. Фильтр-прессы. Трубопроводный транспорт жидких отходов. Установки для гидropневмотранспортирования сыпучих материалов. Машины непрерывного транспорта сыпучих материалов. Оборудование для дробления и помола. Оборудование для механической сортировки и классификации твердых отходов.	6	8		15
	<b>ВСЕГО</b>	<b>17</b>	<b>34</b>		<b>53</b>

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>семестр № 3</b>				
1	Методы обработки осадков сточных вод.	Расчет оборудования для гравитационного уплотнения осадков. Расчет флотаторов для уплотнения осадков. Расчет илоуплотнителей в технологиях глубокого удаления биогенных	8	8

		элементов.		
2	Стабилизация осадков сточных вод	Расчет сооружений для стабилизации осадков сточных вод. Расчет аэробных стабилизаторов. Расчет метантенков.	8	8
3	Кондиционирование осадков сточных вод.	Реагентная обработка. Безреагентное кондиционирование. Расчет требуемого количества реагентов для коагулирования осадка	4	4
4	Сооружения для обезвоживания осадков сточных вод	Расчет иловых площадок. Расчет иловых площадок на естественном основании с дренажем. Расчет иловых площадок на искусственном основании. Расчет иловых площадок с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды. Расчет площадок-уплотнителей.	6	6
5	Оборудование для обработки осадков сточных вод.	Расчет и подбор оборудования для обработки осадков сточных вод. Расчет фильтр-прессов. Расчет параметров трубопроводного транспорта жидких отходов. Расчет установки для пневмотранспортирования сыпучих материалов. Расчет конвейеров. Расчет оборудования для дробления и помола. Расчет оборудования для механической сортировки и классификации твердых отходов.	8	9
ИТОГО:			34	35
ВСЕГО:			34	35

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

В процессе выполнения курсового проекта/ работы осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

## Перечень тем курсовых работ

№ п/п	ТЕМЫ КУРСОВЫХ РАБОТ
1	Расчет и проектирование оборудования для механической очистки сточных вод с гравитационным уплотнением осадков..
2	Расчет и проектирование оборудования для реагентной очистки сточных вод с рекуперацией осадков.
3	Расчет и проектирование оборудования для коагуляционной очистки сточных вод с рекуперацией осадков
4	Расчет и проектирование оборудования для биологической очистки сточных вод с утилизацией активного ила.
5	Расчет и проектирование оборудования для флотационной очистки сточных вод с уплотнением осадков.
6	Расчет и проектирование оборудования для сбраживания осадков сточных вод в анаэробных условиях.
7	Расчет и проектирование оборудования для обеззараживания осадков сточных вод гальванических производств.
8	Расчет и проектирование оборудования для утилизации дефеката.
9	Расчет и проектирование оборудования для утилизации цитрогипса.
10	Расчет и проектирование оборудования для утилизации нефтяных шламов.
11	Расчет и проектирование оборудования для дробления техногенных отходов с использованием бункера, ленточного конвейера, валковой дробилки.
12	Расчет и проектирование оборудования для дробления техногенных отходов с использованием бункера, винтового конвейера, щековой дробилки.
13	Расчет и проектирование оборудования для измельчения техногенных отходов с использованием бункера, винтового конвейера, барабанной мельницы.
14	Расчет и проектирование оборудования для гранулирования техногенных отходов с использованием бункера, винтового питателя, тарельчатого гранулятора.
15	Расчет и проектирование оборудования для производства композиционных материалов с использованием кондиционированных техногенных отходов.
16	Расчет и проектирование пневмотранспортной установки всасывающего действия для мелкодисперсных твердых отходов.

### Состав курсовой работы

Расчетно-пояснительная записка должна включать разделы:

- Введение (1-2 стр.);
- Литературный обзор (25-30 стр.);
- Исходные данные для проектирования (выдает преподаватель);
- Разработка технологической схемы (1-2 стр.);
- Обоснование выбора оборудования и описание технологического процесса;
- Расчет и подбор оборудования;
- Заключение;
- Библиографический список (не менее 20 источников).



Графическая часть включает:

1. Технологическая схема процесса (формат А1). Спецификация.
2. Чертеж сооружения или оборудования с расчетными размерами (формат А1). Спецификация.

Чертежи должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ 2.104.

#### **4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий**

Не предусмотрено учебным планом

### **5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

#### **5.1. Реализация компетенций**

**1 Компетенция ПК-1. Способен осуществлять обоснование планов внедрения новой техники и технологий, обеспечивающих модернизацию технологического процесса для сооружений водоочистки и водоподготовки**

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.3. Определяет критерии достижения целей очистки сточных вод и обработки осадка с учетом технических возможностей.	дифференцированный зачет при защите курсовой работы, экзамен, тестовый контроль

**2 Компетенция ПК-2. Способен применять профессиональные решения на основе знания технологических процессов, водного законодательства и правил охраны водных объектов при строительстве и эксплуатации объектов водоочистки и водоподготовки**

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.2. Совершенствует технологии и инженерное обеспечение процессов водоочистки и водоподготовки	дифференцированный зачет при защите курсовой работы, экзамен, тестовый контроль, решение задач

#### **5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации**

##### **5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена / дифференцированного зачета / зачета**

## Перечень контрольных вопросов для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Характеристики осадков сточных вод (ПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Состав сточных вод и основные показатели.</li> <li>2. Состав и свойства осадков городских сточных вод.</li> <li>3. В каких формах находится вода в структуре осадка?</li> <li>4. Что характеризуют в осадках показатели влажность, зольность, беззольное вещество?</li> </ol>
2	Методы обработки осадков сточных вод (ПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Общие технологические схемы очистки сточных вод и обработки осадков.</li> <li>6. Механизм процесса анаэробного сбраживания органических осадков.</li> <li>7. Обработка, обеззараживание и утилизация осадков сточных вод.</li> <li>8. Какие методы депонирования осадков известны?</li> <li>9. Каковы условия эффективности и целесообразности применения сжигания осадков?</li> <li>10. Назовите основные типы оборудования для сжигания осадков.</li> <li>11. Каковы основные технологические задачи, решаемые при обработке осадков сточных вод?</li> <li>12. Перечислите достоинства и недостатки физических и химических методов обеззараживания воды.</li> <li>13. Технологические схемы обработки осадков с метантенками и осветлителями-перегнвателями.</li> <li>14. Обезвреживание осадков городских сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов.</li> </ol>
3	Стабилизация осадков сточных вод (ПК-2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>15. Какие технологические задачи решают, применяя биотермическую стабилизацию осадков?</li> <li>16. В каких случаях осадки следует стабилизировать?</li> <li>17. В чем сущность явления стабильности осадка?</li> <li>18. Механизм процесса аэробной стабилизации органических осадков.</li> <li>19. Конструкция, принцип действия, технологические параметры, область применения, достоинства и недостатки аэробных стабилизаторов.</li> </ol>
4	Кондиционирование осадков сточных вод (ПК-2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>20. Какое кондиционирование рекомендуется для сжимаемых осадков?</li> <li>21. Какие методы применяют для кондиционирования осадков?</li> <li>22. В чем состоит задача предварительной обработки (кондиционирования) осадка?</li> <li>23. Кондиционирование сырого осадка, избыточного ила и биошлака.</li> </ol>
5	Сооружения для обезвоживания осадков сточных вод (ПК-2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>24. Каково назначение процессов обработки обезвоженных осадков?</li> <li>25. Какое оборудование применяют для основного обезвоживания осадков?</li> <li>26. С какой целью выполняют обезвоживание осадков?</li> <li>27. Обезвоживание осадка на вакуум-фильтрах. Механизм процесса.</li> </ol>

		<p>28. Особенности обезвоживания осадка на ленточных и камерных фильтр-прессах.</p> <p>29. Центрифугирование: преимущества обезвоживания осадка в центрифугах, достоинства и недостатки</p>
6	Оборудование для обработки осадков сточных вод (ПК-2)	<p>30. Какие безреагентные методы известны для предварительной обработки осадков?</p> <p>31. Какие реагенты применяют для предварительной обработки осадков?</p> <p>32. Модификации центрифуг: декантеры, центридрай, область их применения.</p> <p>33. Сепараторы: принципиальные отличия, технологические параметры.</p> <p>34. Достоинства и недостатки пиролиза.</p>

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Характеристики осадков сточных вод (ПК-1)	<p>1. Состав сточных вод и основные показатели.</p> <p>2. Условия сброса сточных вод в водоем.</p> <p>3. Определение необходимой степени очистки сточных вод.</p> <p>4. В каких формах находится вода в структуре осадка?</p> <p>5. Что характеризуют в осадках показатели влажность, зольность, беззольное вещество?</p>
2	Методы обработки осадков сточных вод (ПК-1)	<p>6. Общие технологические схемы очистки сточных вод и обработки осадков.</p> <p>7. Обработка, обеззараживание и утилизация осадков сточных вод.</p> <p>8. Какие методы депонирования осадков известны?</p> <p>9. Каковы условия эффективности и целесообразности применения сжигания осадков?</p> <p>10. Назовите основные типы оборудования для сжигания осадков.</p> <p>11. Каковы основные технологические задачи, решаемые при обработке осадков сточных вод?</p> <p>12. Перечислите достоинства и недостатки физических и химических методов обеззараживания воды.</p>
3	Стабилизация осадков сточных вод (ПК-2)	<p>13. Какие технологические задачи решают, применяя биотермическую стабилизацию осадков?</p> <p>14. В каких случаях осадки следует стабилизировать?</p> <p>15. В чем сущность явления стабильности осадка?</p>
4	Кондиционирование осадков сточных вод (ПК-2)	<p>16. Какое кондиционирование рекомендуется для сжимаемых осадков?</p> <p>17. Какие методы применяют для кондиционирования осадков?</p> <p>18. В чем состоит задача предварительной обработки (кондиционирования) осадка?</p>
5	Сооружения для обезвоживания осадков	<p>19. Каково назначение процессов обработки обезвоженных осадков?</p>

	сточных вод (ПК-2)	20. Какое оборудования применяют для основного обезвоживания осадков? 21. С какой целью выполняют обезвоживание осадков?
6	Оборудование для обработки осадков сточных вод (ПК-2)	22. Какие безреагентные методы известны для предварительной обработки осадков? 23. Какие реагенты применяют для предварительной обработки осадков?

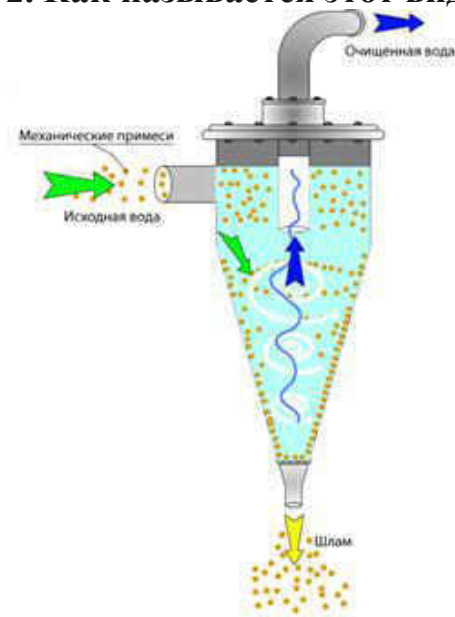
### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

#### Типовые тестовые задания в рамках тестового контроля Компетенция ПК-1. Способен осуществлять обоснование планов внедрения новой техники и технологий, обеспечивающих модернизацию технологического процесса для сооружений водоочистки и водоподготовки

1. Для осветления воды используют:

- 1) сетчатые установки
- 2) механические фильтры и отстойники
- 3) установки аэрации

2. Как называется этот вид фильтра для очистки воды?



3. Предназначены для очистки воды от плавающего мусора размером более 4 мм.

- 1) фильтры осветления
- 2) решетки
- 3) сетчатые установки

4. Они создаются на базе небольшой реки с переменными расходами воды.

- 1) пруды-охладители
- 2) градирни
- 3) брызгательные бассейны

**5. Системы водоотведения промышленных предприятий подразделяются на ...**

**6. Системы водоотведения промышленных предприятий:  
Сопоставить описание и название схемы.**

<b>Название схемы</b>	<b>описание</b>
1) Общесплавная система водоотведения	А) Применяется тогда, когда в сточных водах отдельных цехов содержатся специфические загрязнения, для очистки от которых целесообразно устройство отдельных очистных установок
2) Раздельные системы водоотведения с локальными очистными сооружениями	Б) Применяют при нехватке воды для целей водоснабжения.
3) Раздельные системы водоотведения с частичным оборотом производственных сточных вод	В) Эту систему целесообразно применять для небольших промышленных предприятий, если производственные стоки близки по составу к бытовым сточным водам и возможно попадание в дождевые стоки промышленных загрязнений. Все категории сточных вод отводятся на единые очистные сооружения.
4) Раздельные системы водоотведения с полным оборотом производственных и бытовых вод	Г) Целесообразно применять при возможности повторного использования некоторых производственных сточных вод с частичной очисткой или для водоснабжения других цехов.

**7. Сточные воды, отводимые с территории промышленных предприятий, по своему составу могут быть разделены на три вида:**

**8. Отстаивание и фильтрация относится к ...**

- 1) биологической очистки
- 2) механической очистки
- 3) химической очистки

**9. Коагуляция, флокуляция, флотация, сорбция и ионный обмен относится к ..... очистки**

- 1) химической
- 2) физико-химической
- 3) биологической

**10. Аэротенки, окситенки, биофильтры применяют для**

- 1) биологических методов очистки
- 2) механических методов очистки
- 3) химических методов очистки

**Компетенция ПК-2 Способен применять профессиональные решения на основе знания технологических процессов, водного законодательства и правил охраны водных объектов при строительстве и эксплуатации объектов водоочистки и водоподготовки (технологический**

**1. Хлорирование воды производят в следующих элементах водопроводной системы:**

1. в водозаборном сооружении
2. в резервуаре чистой воды перед насосной станцией второго подъема
3. перед станцией водоподготовки
4. в напорном водоводе после насосной станции второго подъема

**2. Фильтрование через гранулированный активированный уголь используется для:**

1. обеззараживание воды – удаления болезнетворных микроорганизмов
2. удаление тяжелых металлов, пестицидов, фенолов и других примесей антропогенного происхождения
3. удаления запахов и привкусов
4. глубокого осветления воды, удаления железа и марганца

**3. Жесткость воды – это совокупность свойств воды, связанных с содержанием в ней ионов:**

1. кальция и марганца
2. калия и натрия
3. кальция и магния
4. железа и кальция

**4. К группе физических показателей качества природных вод относятся:**

1. температура, электропроводность
2. общая минерализация, водородный показатель, жесткость, окисляемость
3. фитопланктон и зоопланктон, жесткость, окисляемость
4. запах, привкус, мутность, цветность, прозрачность

**5. В качестве коагулянтов для обработки воды используют:**

1. гипохлорид натрия
2. полиакриламид
3. сернокислый алюминий
4. хлорид или сульфат железа

**6. Для обеззараживания воды используют следующие реагенты:**

1. озон
2. хлор и гипохлорит натрия
3. сернокислый алюминий
4. активированный уголь

**7. При относительно невысокой мутности и цветности природной воды применяют одноступенчатые схемы водоподготовки. Такие схемы могут создавать на основе:**

1. вертикальных отстойников
2. горизонтальных отстойников
3. осветлителей со слоем взвешенного осадка
4. контактных осветлителей

## Типовые примеры расчетов решения задач на практических занятиях

### Компетенция ПК-2. Способен применять профессиональные решения на основе знания технологических процессов, водного законодательства и правил охраны водных объектов при строительстве и эксплуатации объектов водоочистки и водоподготовки

#### Расчет аппаратов реагентной очистки СВ

Реагентную обработку необходимо применять для интенсификации процессов удаления из сточных вод грубодисперсных, коллоидных и растворенных примесей в процессе физико-химической очистки сточных вод. В случае содержания биогенных элементов в сточных водах, подлежащих биологической очистке, ниже норм следует предусматривать их искусственное пополнение (биогенную подпитку).

В качестве реагентов следует применять коагулянты, известь, флокулянты (водорастворимые органические полимеры неионогенного, анионного и катионного типов). Вид реагента и его дозу надлежит принимать по данным научно-исследовательских организаций в зависимости от характера загрязнений сточных вод, необходимой степени их удаления, местных условий и т.п. Для сточных вод некоторых отраслей промышленности и городских сточных вод дозы реагентов допускается принимать согласно СНиП 2.04.02–85.

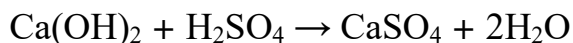
Приготовление, дозирование и ввод реагентов в сточную воду надлежит предусматривать согласно СНиП 2.04.02–85. Смешение реагентов со сточной водой следует предусматривать в гидравлических смесителях или в подводящих воду трубопроводах согласно СНиП 2.04.02–85. Допускается применять смешение в механических смесителях или в насосах, подающих сточную воду на очистные сооружения.

Установка состоит из растворных баков, расходного бака, смесителя раствора реагента со сточными водами и отстойника.

*Расчет растворных баков.*

Растворные баки необходимы для растворения реагента в воде и получения раствора с необходимой концентрацией реагента. Количество растворных баков принимают равным 2.

Для определения необходимого количества реагента составляют уравнение материального баланса, например, для очистки от  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с помощью  $\text{Ca}(\text{OH})_2$



Концентрация загрязнителя  $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , задается по условию.

Количество загрязняющих веществ, поступающих на очистные сооружения (за сутки), надлежит определять по формуле

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = Q_{\text{общ}} \cdot c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot 24 \quad (\text{кг}/\text{сут}),$$

где  $Q_{\text{общ}}$  – расход сточных вод  $\text{м}^3/\text{сутки}$ ;  $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$  – концентрация  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в сточной воде (по условию).

Количество реагента ( $\text{кг}/\text{сут}$ ) определяют пропорционально  $\gamma$ -молям уравнения материального баланса:

$$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{Ca}(\text{OH})_2)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} \quad (\text{кг}/\text{сут}).$$

Для полного взаимодействия реагента с загрязнителем необходимо брать избыток реагента 10%.

Раствор реагента надлежит приготавливать растворением в воде с концентрацией  $c=8-12\%$ . При этом плотность раствора реагента находят из закона сохранения массы с учетом истинной плотности сухого реагента и плотности воды ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ):

$$\rho_{\text{р-ра}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = \rho(\text{Ca}(\text{OH})_2) \cdot (0,08-0,12) + \rho(\text{H}_2\text{O}) \cdot (0,92-0,88).$$

Объемный расход раствора реагента в сутки составит:

$$Q_{\text{р-ра}} = \frac{m(\text{Ca}(\text{OH})_2)}{c(\text{Ca}(\text{OH})_2) \cdot \rho_{\text{р-ра}}(\text{Ca}(\text{OH})_2)} \quad (\text{м}^3/\text{сут}),$$

где  $c(\text{Ca}(\text{OH})_2)$  – принятая концентрация реагента в растворе (8–12%).

Количество затворений в сутки в каждом растворном баке необходимо принимать равным (6–12) раз/сут. В этом случае объем раствора реагента при каждом затворении в каждом баке составит:



$$V_6 = \frac{Q_{p-ра}}{2(6-12)} \text{ (М}^3\text{)}.$$

Геометрические размеры бака определить из формулы

$$V_6 = \frac{\pi D^2}{4} H$$

Принимать  $H = (0,6-1)D$ , тогда

$$H_6 = \sqrt[3]{\frac{4V}{(0,6-1) \cdot \pi}};$$

$$D = \frac{H}{(0,6-1)}$$

Диаметр винта мешалки

$$d_b = \left(\sqrt[1/3]{\div \sqrt[1/4]{} }\right) \cdot D.$$

Число оборотов винта мешалки (в минуту)

$$n = \frac{125}{d_b} + 80, \text{ (об/мин)}.$$

Мощность привода мешалки определяется по формуле

$$N = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot \rho_{p-ра} \cdot F_1}{1000\eta} \cdot t \cdot n^3 \cdot (\cos\beta)^4 \text{ (кВт)},$$

где  $k_1$  – коэффициент возврата массы (0,7 – 0,8);  $k_2$  – коэффициент сужения сечения потока лопастями винта (0,7 – 0,8);  $F_1$  – площадь круга, описываемая лопастями винта;  $\eta$  – КПД винта (0,8 – 0,9);  $t$  – шаг винта,  $n$  – число оборотов винта, 1/с.

$$t = \pi d_b \cdot \operatorname{tg}\beta,$$

где  $\beta$  – угол подъема винта (20-40°).

*Расчет расходного бака.*

Объем расходного бака необходимо принимать не менее двух объемов растворного бака, исходя из необходимого количества раствора с учетом запаса (концентрация реагента останется такой же, как в растворных баках). Расходный бак принимать в форме параллелепипеда.

Объем расходного бака:

$$V = L \cdot B \cdot H,$$

где  $H$  — высота бака, м (принимать  $H=(2-4)$  м);  $L$  — длина, м;  $B$  — ширина, м.

$$L \cdot B = V/H \text{ (м}^2\text{)}$$

Допускается принимать  $L = B$ .

*Расчет смесителя.*

Для смешения сточных вод с раствором реагента допускается использовать перегородчатый смеситель. Скорость воды в смесителе равна  $v_B = 0,6$  м/с.

$$B \cdot H = \frac{Q_{\text{общ}}}{v_B} \text{ (м}^2\text{)},$$

где  $B$  и  $H$  — ширина и высота лотка смесителя.

Допускается принимать  $B = H = \sqrt{\frac{Q_{\text{общ}}}{v_B}} \text{ (м)}$

Расстояние между перегородками равно ширине лотка смесителя ( $b = B$ ).

Количество перегородок  $n = 4$ .

Длина смесителя:

$$L = (n + 1) B, \text{ м.}$$

### **Расчет горизонтального отстойника**

Тип отстойника (вертикальный, радиальный, с вращающимся сборно-распределительным устройством, горизонтальный, двухъярусный и др.) необходимо выбирать с учетом принятой технологической схемы очистки сточных вод и обработки их осадка, производительности сооружений, очередности строительства, числа эксплуатируемых единиц, конфигурации и рельефа площадки, геологических условий, уровня грунтовых вод и т.п.

Скорость движения воды в горизонтальном отстойнике  $v_B$  согласно СНиП рекомендуется принимать равной  $v_B = 5 - 10$  мм/с.

Длину горизонтального отстойника определять по формуле

$$L = \frac{H \cdot v_B}{u_0 \cdot K_{\text{set}}} \text{ (м)},$$

где  $H$  — глубина отстойника, принимать  $H = (2-4)$  м;  $u_0$  — гидравлическая крупность осаждаемых частиц;  $K_{\text{set}}=0,45$  — коэффициент использования объема горизонтального отстойника.

Площадь поперечного сечения отстойника определять по формуле

$$F_{\text{сеч}} = B \cdot H = \frac{Q}{v_B} \text{ (м}^2\text{)},$$

где  $B$  – ширина отстойника;  $Q$  – расход сточных вод.

$$B = \frac{F_{\text{сеч}}}{H} \text{ (м)}.$$

Объем горизонтального отстойника равен

$$V_{\text{отс}} = L \cdot B \cdot H = Q \cdot \tau \text{ (м}^3\text{)},$$

где  $\tau$  — время пребывания воды в отстойнике.

Исходя из объема определить время отстаивания:

$$\tau = \frac{V_{\text{отс}}}{Q}, \text{ ч}$$

Основные конструктивные параметры следует принимать для горизонтальных отстойников:

- высоту нейтрального слоя для первичных отстойников – на 0,3 м выше днища (на выходе из отстойника) и глубину слоя осадка – 0,3 – 0,5 м;
- угол наклона стенок илового приемка – 50–55°;

Перемещение выпавшего осадка к приемкам надлежит предусматривать созданием соответствующего наклона стенок (не менее 50°).

Удаление осадка из приемка отстойника надлежит предусматривать самотеком. Диаметр труб для удаления осадка необходимо принимать не менее 200 мм. Для удержания всплывших загрязняющих веществ перед водосборным устройством следует предусматривать полупогруженные перегородки и удаление накопленных на поверхности воды веществ. Глубина погружения перегородки под уровень воды должна быть не менее 0,3 м. Высоту борта отстойника над поверхностью воды надлежит принимать 0,3 м.

Водоприемные лотки должны быть оборудованы водосливами с тонкой стенкой. Крепление водослива к лотку должно обеспечивать возможность его регулирования по высоте. Водосливная кромка может быть прямой или с треугольными вырезами. Нагрузка на 1 м водослива не должна превышать 10 л/с.

## Расчет вертикального отстойника

Вертикальные отстойники (также как и горизонтальные можно применять в качестве вторичных отстойников). Вторичные отстойники служат для задержания активного ила, поступающего вместе с очищенной водой из аэротенка, или для задержания биологической пленки. Вторичные вертикальные отстойники конструктивно не отличаются от первичных, но, преимущественно, имеют меньшую высоту. Вертикальные отстойники применяют на станциях производительностью до 15 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Это круглые в плане резервуары с коническим днищем. Наиболее распространены отстойники с впуском воды через центральную трубу с раструбом. Скорость движения воды в центральной трубе принимают равной до 30 мм/с, а с применением отражательного щита на выходе из трубы до 100 мм/с. Расстояние между щитом и раструбом выбирают таким, чтобы скорость поступления воды в отстойную зону была не более 20 мм/с. Рекомендуется диаметр раструба и его высоту принимать равными 1,35 диаметра центральной трубы, а диаметр отражательного щита – 1,3 диаметра раструба.

Радиус отстойника рассчитывают по формуле

$$R = \sqrt{\frac{Q}{3,6 \cdot \pi \cdot k \cdot u_0}} \text{ (м)},$$

где  $k$  – коэффициент использования объема, для вертикальных отстойников с центральной трубой  $k = 0,35$ ;  $u_0$  – гидравлическая крупность активного ила, мм/с ( $u_0 = 0,5$  мм/с).

Время отстаивания принимают равным  $\tau = 1,5$  ч, тогда объем  $V$  воды в отстойнике равен

$$V = Q \cdot \tau \text{ (м}^3\text{)}.$$

Высота отстойника находится по формуле

$$H = W_{\text{восх}} \cdot \tau,$$

где  $W_{\text{восх}}$  — скорость восхождения воды к сливному лотку,

$$W_{\text{восх}} = u_0 \cdot k \text{ (мм/с)}.$$

Площадь центральной (подающей) трубы

$$F = \frac{Q}{v_b} \text{ (м}^2\text{)},$$

где  $v_{\text{в}}$  – скорость движения воды в трубе (согласно рекомендациям СНиП 2.04.02–84  $v_{\text{в}}=30$  мм/с – без отражательного щита,  $v_{\text{в}}=100$ мм/с – с отражательным щитом).

Диаметр центральной трубы определять по формуле

$$D_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} \text{ (м)}.$$

Диаметр и высота раструба

$$d_{\text{раст}} = 1,35D_{\text{тр}} \text{ (м)}.$$

Диаметр отражательного щита

$$d_{\text{щит}} = 1,3d_{\text{раст}} \text{ (м)}.$$

Расстояние между раструбом подающей трубы и отражательным щитом

$$h = \frac{Q}{v_{\text{во}} \cdot \pi \cdot d_{\text{раст}}} \text{ (м)},$$

где  $v_{\text{во}}$  – скорость поступления воды в отстойную зону,  $v_{\text{во}} = 20$  мм/с.

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачета при защите курсового проекта/работы используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание основных теоретических положений в области обработки и утилизации осадков сточных вод; Знание основных сооружений по обработке осадков сточных вод.
Умения	Уметь анализировать получаемые результаты; представлять итоги проделанной работы в виде отчетов.
Навыки	Владеть навыками решения задач при обработке и утилизации осадков сточных вод; Владеть формами и методами осуществления корректной интерпретации полученных данных.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

**Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание основных теоретических положений в области обработки и утилизации осадков сточных вод.	Обучающийся не знает значительной части нормативной базы в области обработки и утилизации осадков сточных вод., допускает существенные ошибки, не может увязывать теорию с практикой, допускает существенные неточности и ошибки в ответах на вопросы.	Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, испытывает затруднения в применении теоретических положений на практике.	Обучающийся твердо знает подготовку документации по типовым методам контроля качества технологических процессов на очистных сооружениях. Правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов в области обработки и утилизации осадков сточных вод.	Обучающийся знает нормативную базу в области обработки и утилизации осадков сточных вод., грамотно и по существу излагает суть ответа, не допуская существенных неточностей в ответах на вопросы. Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает.
Знание основных сооружений по обработке осадков сточных вод.	Не знает основных сооружений для обработки осадков сточных вод.	Знаком с типовыми методами расчета технологического оборудования для эффективной обработки и утилизации осадков сточных вод.	Знает основные методы подбора и размещения технологического оборудования для эффективной обработки и утилизации осадков сточных вод, но допускает неточности.	Знает методы использования типового технологического оборудования для эффективной обработки и утилизации осадков сточных вод.

**Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Уметь анализировать получаемые результаты; представлять итоги проделанной работы в виде отчетов.	Неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.	Умеет получать с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой.	Частично может применять глубокие базовые и специальные, естественнонаучные и профессиональные знания в профессиональной деятельности для решения задач.	Умеет самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов расчетов.

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть навыками решения задач при обработке и утилизации осадков сточных вод.	Не владеет навыками решения задач при обработке и утилизации осадков сточных вод;	Частично владеет навыками совместно разрабатывать природоохранные мероприятия. □	Частично может применять глубокие базовые и специальные, естественнонаучные и профессиональные знания в профессиональной деятельности для решения задач.	В полном объеме владеет навыками совместно разрабатывать природоохранные мероприятия, практические рекомендации по обработке и утилизации осадков сточных вод.
Владеть формами и методами осуществления корректной интерпретации полученных данных.	Обучающийся не владеет принципами проектирования сооружений и оборудования защиты водных объектов от загрязнения сточными водами. допускает существенные ошибки, не может увязывать теорию с практикой, допускает существенные неточности и ошибки в ответах на вопросы.	Имеет навыки контроля качества технологических процессов, осуществляемых на очистных сооружениях □	Демонстрирует понимание основных технологических, технических и экономических расчетов по отдельным аппаратам и технологическим узлам систем очистки водных потоков.	Демонстрирует навыки формирования технического задания на проведение инженерно-технологических изысканий, направленных на модернизацию, оптимизацию процессов по расчетным параметрам и создание новых технических решений.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
2	Зал электронных ресурсов, здание библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
3	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, самостоятельной работы	Специализированная мебель. Проектор, компьютер, автоматизированный экран, магнитно-меловая доска
4	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020. Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения



### **6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов**

1. Комкин А.И. Расчет и проектирование систем защиты окружающей среды. Часть 1. Теоретические основы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Комкин А.И., Ксенофонтов Б.С., Спиридонов В.С.– Электрон. текстовые данные.– М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011.– 100 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31213>.– ЭБС «IPRbooks».
2. Кулифеев В.К. Комплексное использование сырья и отходов [Электронный ресурс]: переработка техногенных отходов. Курс лекций/ Кулифеев В.К., Тарасов В.П., Кропачев А.Н.– Электрон. текстовые данные.– М.: Издательский Дом МИСиС, 2009.– 91 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56062>.– ЭБС «IPRbooks».

### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

7. Электронная библиотека БГТУ им. В. Г. Шухова <http://ntb.bstu.ru>.
8. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <http://e.lanbook.com>.
9. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru/>.
10. Национальная электронная библиотека <http://нэб.рф/>.

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 2023/2024 учебный год с изменениями, дополнениями

Протокол № 10 заседания кафедры от «03» мая 2023 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



Сапронова Ж.А.

Директор института \_\_\_\_\_



Ястребинский Р.Н.

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2023г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения