

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 14.11.2023 13:29:23  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
«23» апреля 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ОСНОВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ**  
**ВОДООБРАБОТКИ**

Направление подготовки  
**18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии**

Направленность программы бакалавриата  
**Химическая технология очистки и рационального использования водных ресурсов**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химической и биотехнологии**

Кафедра **химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		Доцент Далидович В.В.

Рабочая программа дисциплины «Основное технологическое оборудование процессов водообработки» обсуждена на заседании кафедры химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники  
протокол от « 12 » апреля 2021 № 6

Заведующий кафедрой

В.В. Самонин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии  
протокол от « 20 » апреля 2021 № 9

Председатель

М.В. Рутто

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»		Д.А.Смирнова
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н.Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Занятия лекционного типа.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	12
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	12
4.3.2. Лабораторные занятия.....	14
4.4. Самостоятельная работа.....	14
4.5. Задания для практических занятий .....	15
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	15
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	15
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	16
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	16
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	16
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	17
10.2. Программное обеспечение.....	17
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	17
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	17
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	17

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ПК-10</b> Способен подбирать основное и вспомогательное оборудования для технологических линий водоподготовки и водоочистки</p>	<p><b>ПК-10.2</b> Расчет основного оборудования для станций водоподготовки и водоочистки</p>	<p><b>Знать:</b> последовательность и математический аппарат для расчета основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод (ЗН-1);</p> <p><b>Уметь:</b> проводить расчет основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод (У-1);</p> <p><b>Владеть:</b> методикой расчета основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод в соответствии с материальным балансом предприятия водоочистки (Н-1)</p>
	<p><b>ПК-10.3</b> Выбор основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод</p>	<p><b>Знать:</b> классификацию, устройство и принцип работы основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод (ЗН-2);</p> <p><b>Уметь:</b> проводить подбор основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод (У-2);</p> <p><b>Владеть:</b> методикой выбора основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод в зависимости от мощности производства (Н-2)</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.08), и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: “Математика”, “Физика”, “Общая и неорганическая химия”, “Органическая химия”, “Процессы и аппараты химической технологии”, “Нормирование качества воды”, “Основы физико-химических процессов водообработки”. Полученные в процессе изучения дисциплины «Основное технологическое оборудование процессов водообработки» знания, умения и навыки могут быть использованы при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>5/ 180</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>108</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)*	36 (3)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	-
курсовое проектирование (КР или КП), (в том числе практическая подготовка)	18 (1)
КСР	18
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>36</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>КП, экзамен (36)</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Технологические расчеты. Разработка предварительной технологической схемы. Режим работы проектируемого производства. Годовая и средняя суточная производительность.	4	2	-	-	ПК-10	ПК-10.3
2.	Материальные расчеты. Составление схемы материальных потоков. Расчет материального баланса производства. Универсальная методика расчета числа единиц и производительности оборудования для цехов химводоочистки и водоочистных сооружений.	4	6	-	-	ПК-10	ПК-10.2
3.	Основное технологическое оборудование предприятий водоочистки и водоподготовки. Основные принципы компоновки оборудования. Компоновка оборудования в закрытых зданиях (цех ХВО). Размещение оборудования на открытых площадках (ВОС).	2	2	-	-	ПК-10	ПК-10.3
4.	Сооружения и оборудование реагентных хозяйств. Склады для сухого хранения реагентов. Склады для мокрого хранения реагентов. Устройство растворных баков. Конструкции распределителей реагентов. Гидравлические смесители. Механические смесители. Центробежные насосы.	4	-	-	-	ПК-10	ПК-10.2 ПК-10.3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
5.	Гидравлические камеры хлопьеобразования (КХО). Механические КХО. Комплексы хлопьеобразования.	4	-	-	-	ПК-10	ПК-10.3
6.	Фильтровальное оборудование водоочистных сооружений. Классификация фильтров. Фильтры безнапорные. Фильтры напорные. Фильтры скорые.	4	9	-	20	ПК-10	ПК-10.3
7.	Песколовки, нефтеловушки, гидроциклоны, отстойники.	4	8	-	16	ПК-10	ПК-10.2 ПК-10.3
8.	Оборудование и состав сооружений обеззараживания воды.	2	-	-	-	ПК-10	ПК-10.3
9.	Сорбционные фильтры.	2	3	-	-	ПК-10	ПК-10.2 ПК-10.3
10.	Оборудование биохимической очистки воды. Устройство и расчет аэротенка. Устройство и расчет биофильтра.	6	6	-	-	ПК-10	ПК-10.2 ПК-10.3

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<u>Технологические расчеты. Разработка предварительной технологической схемы. Режим работы проектируемого производства. Годовая и средняя суточная производительность.</u> Разработка технологической схемы производства. Постановка задачи. Разработка предварительной технологической схемы. Принципиальная технологическая схема. Окончательное оформление технологической	4	-

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	схемы производства. Режим работы проектируемого производства. Годовая и средняя суточная производительность. Определение числа «ниток» в технологических схемах. Оценка надежности технологических схем (технологическая, конструкторская, управления). Коэффициент запаса производительности оборудования.		
2	<p><u>Материальные расчеты. Составление схемы материальных потоков. Расчет материального баланса производства. Универсальная методика расчета числа единиц и производительности оборудования для цехов химводоочистки и водоочистных сооружений.</u></p> <p>Схема материальных потоков. Коэффициенты выхода продукта и полупродуктов по стадиям. Общий коэффициент выхода продукта по производству. Пример расчета материального баланса.</p> <p>Классификация оборудования. Универсальная методика расчета числа единиц и производительности оборудования для непрерывно действующих производств. Универсальная методика расчета числа единиц и производительности оборудования для периодически действующих производств.</p>	4	ЛПК
3	<p><u>Основное технологическое оборудование предприятий водоочистки и водоподготовки. Основные принципы компоновки оборудования. Компоновка оборудования в закрытых зданиях (цех ХВО). Размещение оборудования на открытых площадках (ВОС).</u></p> <p>Исходные положения. Зоны обслуживания и ремонта. Методы компоновки схемы размещения основного технологического оборудования. Принципы организации строительного объема. Компоновка оборудования в закрытых зданиях (цех ХВО). Размещение оборудования на открытых площадках (сооружения ВОС). Компоновка вспомогательного оборудования. Контроль и регулирование технологического процесса (проектирование систем КИП и средств автоматизации). Резервирование оборудования.</p>	2	ЛПК
4	<p><u>Сооружения и оборудование реагентных хозяйств. Склады для сухого хранения реагентов. Склады для мокрого хранения реагентов. Устройство растворных баков. Конструкции распределителей реагентов.</u></p>	4	-



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p><u>Гидравлические смесители. Механические смесители. Центробежные насосы.</u>  Назначение реагентных хозяйств.  Хранение реагентов, требования к складам реагентов, классификация складов реагентов.  Склады для сухого хранения реагентов: назначение, устройство, расчет. Склады для мокрого хранения реагентов: назначение, устройство, расчет. Склады с тарным хранением коагулянтов.</p> <p>Конструкции распределителей реагентов.  Смешение и распределение компонентов по объему аппарата: устройства ввода, устройства распределения, особенности конструкции, условия применения, трубчатые распределители, вставки в трубопровод.  Конструкции распределителей реагентов: струйный; камерно-лучевой; с дырчатыми трубами; двухступенчатый. Гидравлические смесители: шайбовый (диафрагмовый), перегородчатые, дырчатые, вихревой смесители и смешение собственно в трубе. Механические смесители. Центробежные насосы.  Приготовление растворов и суспензий с использованием сжатого воздуха (для кускового и порошкового коагулянта) – устройство растворных баков, особенности подачи воздуха.  Приготовление растворов и суспензий с использованием гидравлического и механического перемешивания.</p> <p>Компоновка элементов и оборудования реагентного хозяйства в здании водоочистного сооружения (ВОС).</p>		
5	<p><u>Гидравлические камеры хлопьеобразования (КХО). Механические КХО. Комплексы хлопьеобразования.</u></p> <p>Смешение и распределение компонентов по объему аппарата: устройства ввода, устройства распределения, особенности конструкции, условия применения, трубчатые распределители, вставки в трубопровод.  Конструкции распределителей реагентов: струйный; камерно-лучевой; с дырчатыми трубами; двухступенчатый. Гидравлические смесители: шайбовый (диафрагмовый), перегородчатые, дырчатые, вихревой смесители и смешение собственно в трубе. Механические смесители. Центробежные насосы.</p> <p>Гидравлические КХО (камеры</p>	4	ЛПК

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	хлопьеобразования): водоворотные; вихревые; перегородчатые; с взвешенным осадком и др. КХО с рециркуляторами. Механические КХО. Комплексы хлопьеобразования.		
6	<p><u>Фильтровальное оборудование водоочистных сооружений. Классификация фильтров. Фильтры безнапорные. Фильтры напорные. Фильтры скорые.</u></p> <p>Классификация методов очистки сточных вод. Механические методы очистки воды. Классификация. Выбор оборудования для механического метода очистки воды в зависимости от размера частиц примесей, расхода сточных вод и необходимой степени очистки. Классификация фильтров. Особенности их аппаратного оформления. Устройство и работа тканевых или сетчатых фильтров. Устройство и работа микрофильтров. Классификация каркасных фильтров. Особенности механизма фильтрации на каждом виде каркасных фильтров. Устройство и работа каркасных (зернистых) фильтров. Классификация зернистых фильтров по направлению потока. Устройство и работа фильтров с нисходящим (сверху вниз) и восходящим (снизу вверх) потоком. Классификация зернистых фильтров по скорости фильтрации. Устройство и работа медленных, скорых, сверхскорых фильтров. Классификация зернистых фильтров по конструкции. Устройство и работа однослойных, многослойных (двухслойных) фильтров. Классификация зернистых фильтров по конструкции. Устройство и работа открытых и закрытых фильтров. Классификация зернистых фильтров по конструкции. Устройство и работа аэрируемых фильтров. Устройство и работа каркасно-засыпных фильтров. Классификация зернистых фильтров по виду фильтрующего материала. Устройство и работа каркасных (волокнистых и эластичных) фильтров. Фильтры с плавающей загрузкой. Устройство и работа каркасных (коалесцирующих) фильтров. Принципиальное отличие мембранного метода фильтрации от традиционных приемов фильтрования. Устройство мембранного фильтра. Классификация оборудования для мембранных методов очистки воды.</p>	4	ЛПК

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
7	<p><u>Песколовки, нефтеловушки, гидроциклоны, отстойники.</u></p> <p>Классификация, устройство и принцип работы песколовков.</p> <p>Классификация, устройство и принцип работы нефтеловушек. Нефтеуловитель.</p> <p>Классификация гидроциклонов, их принцип действия. Напорные гидроциклоны, устройство, классификация и принцип действия. Напорный многоярусный гидроциклон. Безнапорные гидроциклоны: устройство, принцип работы. Открытый гидроциклон с конической диафрагмой. Алгоритм расчета безнапорного гидроциклона.</p> <p>Классификация центрифуг по принципу работы. Отличие механизма центрифугирования в отстойных и фильтрующих центрифугах. Классификация центрифуг по фактору разделения, способу выгрузки осадка, установке опор и положению оси барабана, методу функционирования, герметичности. Типы и марки промышленных центрифуг. Устройство и работа центрифуги типа ОГШ и «декантера».</p> <p>Классификация, устройство и работа отстойников: вертикальные; горизонтальные; радиальные; тонкослойные и отстойники, модифицированные тонкослойными модулями. Отстойники со встроенными КХО. Вертикальные отстойники с опускной трубой. Вертикальные отстойники с водоворотной КХО. Расчет вертикальных отстойников. Горизонтальные отстойники со скребковым механизмом и с гидравлическим удалением осадка. Расчет горизонтальных отстойников. Расчет радиальных отстойников. Расчет отстойников с тонкослойными модулями.</p>	4	-
8	<p><u>Оборудование и состав сооружений обеззараживания воды.</u></p> <p>Оборудование основных методов обеззараживания воды. Обеззараживание воды хлорированием: устройство и работа хлораторной. Обеззараживание воды гипохлоритом натрия: установка для получения товарного концентрированного раствора гипохлорита натрия, оборудование для обеззараживания. Обеззараживание воды электролизным гипохлоритом натрия, аппаратное оформление электролизной установки большой производительности.</p>	2	ЛПК

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Оборудование для обеззараживания воды хлорированием с «преаммонизацией» с использованием газообразного аммиака и аммиачной воды, устройство аммонизаторной. Оборудование для озонирования воды. Устройство и работа элементарного трубчатого генератора озона. Схема озонаторной установки высокого давления. Оборудование для диспергирования газовой смеси в воду, устройство диспергатора, контактных камер. Оборудование для обеззараживания воды бактерицидным облучением, установки с погружными источниками УФ – излучения. Установки лоткового типа. Комбинированные установки.		
9	<u>Сорбционные фильтры</u> Сорбционные фильтры, классификация, устройство и расчет.	2	-
10	<u>Оборудование биохимической очистки воды. Устройство и расчет аэротенка. Устройство и расчет биофильтра.</u> Классификация аэротенков по гидродинамическому режиму работы, по наличию регенерации, по нагрузке на активный ил, по конструкции. Устройство, работа и расчет аэротенков-смесителей, аэротенков-вытеснителей, с рассредоточенным впуском сточной воды, аэротенков-отстойников, аэротенков-осветлителей. Аэрационные системы: пневматическая, механическая, комбинированная. Устройство и расчет биофильтра.	6	ЛПК

#### 4.3. Занятия семинарского типа.

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
1	<u>Технологические расчеты. Разработка предварительной технологической схемы. Режим работы проектируемого производства. Годовая и средняя</u>	2	-	Кр.ст.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
	<u>суточная производительность.</u> Разработка предварительной технологической схемы. Режим работы проектируемого производства. Годовая и средняя суточная производительность.			
2	<u>Материальные расчеты.</u> <u>Составление схемы материальных потоков. Расчет материального баланса производства.</u> <u>Универсальная методика расчета числа единиц и производительности оборудования для цехов химводоочистки и водоочистных сооружений.</u> Составление схемы материальных потоков. Расчет материального баланса производства.	4	-	Кр.ст.
2	<u>Материальные расчеты.</u> <u>Составление схемы материальных потоков. Расчет материального баланса производства.</u> <u>Универсальная методика расчета числа единиц и производительности оборудования для цехов химводоочистки и водоочистных сооружений.</u> Расчет числа единиц и производительности оборудования для цехов химводоочистки и водоочистных сооружений.	2	-	Кр.ст.
3	<u>Основное технологическое оборудование предприятий водоочистки и водоподготовки.</u> <u>Основные принципы компоновки оборудования. Компоновка оборудования в закрытых зданиях (цех ХВО). Размещение оборудования на открытых площадках (ВОС).</u> Компоновка оборудования в закрытых зданиях (цех ХВО). Размещение оборудования на открытых площадках (ВОС).	2	-	-

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
6	<u>Фильтровальное оборудование водоочистных сооружений.</u> <u>Классификация фильтров. Фильтры безнапорные. Фильтры напорные. Фильтры скорые.</u> Расчет механического фильтра, расчет фильтра с загрузкой.	6	-	Кр.ст.
7	<u>Песколовки, нефтеловушки, гидроциклоны, отстойники</u> Расчет безнапорного гидроциклона, расчет вертикального, горизонтального отстойника.	8	1	Кр.ст.
6, 9	<u>Фильтровальное оборудование водоочистных сооружений.</u> <u>Классификация фильтров. Фильтры безнапорные. Фильтры напорные. Фильтры скорые.</u> <u>Сорбционные фильтры.</u> Расчет фильтра-осветлителя. Расчет сорбционного фильтра.	6	1	Кр.ст.
10	<u>Оборудование биохимической очистки воды. Устройство и расчет аэротенка. Устройство и расчет биофильтра.</u> Расчет аэротенка-вытеснителя.	6	1	-

#### 4.3.2. Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрено.

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
6	Ионитное обессоливание воды: устройство и расчет катионитного и анионитного фильтров первой и второй степени, расчет фильтров смешанного действия.	20	Устный опрос №1-3
7	Устройство и расчет напорного флотатора.	16	Устный опрос №4

#### 4.5. Задания для практических занятий

##### Примеры задания:

1. Рассчитать количество и производительность безнапорных отстойников исходя из мощности водоочистных сооружений. Мощность производства задается преподавателем.
2. Рассчитать материальный баланс ТЭЦ мощностью (130-450) т/ч. Мощность задается преподавателем.
3. Составить предварительную технологическую схему процесса очистки сточных вод на станции аэрации. Мощность производства задается преподавателем.
4. Рассчитать погружной дисковый биофильтр.  
Исходные данные:  $Q = 800 \text{ м}^3/\text{сут}$  – суточный расход сточных вод;  $L_1 = 210 \text{ мг/л}$  – БПК<sub>5</sub> поступающей сточной воды;  $L_2 = 20 \text{ мг/л}$  – БПК<sub>5</sub> очищенной сточной воды;  $T = 10 \text{ °C}$  – температура сточной воды;  $D = 2 \text{ м}$  – диаметр биофильтра (для биофильтров круглой формы). Материал дисков – полистирол толщиной  $\delta_1 = 0,01\text{м}$ , расстояние между дисками  $\delta_2 = 0,015\text{м}$ . Считается, что биофильтр состоит из 2 секций по 8 ступеней в каждой секции.
5. Провести компоновку оборудования цеха химводоочистки. Технологическая схема процесса водоподготовки предоставляется преподавателем.

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме защиты курсового проекта и экзамена.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

##### Вариант 1

1. Классификация оборудования. Универсальная методика расчета числа единиц и производительности оборудования для непрерывно действующих производств.
2. Классификация зернистых фильтров по скорости фильтрации. Устройство и работа медленных, скорых, сверхскорых фильтров.
3. Выполнить алгоритм расчета аэротенка-отстойника.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.**

### **а) печатные издания:**

1. Романков, П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): учебное пособие для вузов / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк. - Санкт-Петербург: Химиздат, 2010. - 543 с. – ISBN 978-5-93808-182-6.
2. Рябчиков, Б.Е. Современная водоподготовка / Б. Е. Рябчиков. - Москва: ДеЛи плюс, 2013. - 680 с. – ISBN 978-5-905170-49-2.

### **б) электронные учебные издания:**

3. Далидович, В.В. Расчет основного технологического оборудования процессов водообработки. Ч 1: учебное пособие / В. В. Далидович, Л. В. Григорьева, В. В. Самонин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2018. - 70 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
4. Далидович, В.В. Расчет основного технологического оборудования процессов водообработки. Ч 2: учебное пособие / В. В. Далидович, Л. В. Григорьева, В. В. Самонин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2018. - 52 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
5. Яблокова, М.А. Технология водоподготовки: учебное пособие / М. А. Яблокова, Е. А. Пономаренко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерного проектирования. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2017. - 125 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

## **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.**

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Основное технологическое оборудование процессов водообработки» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:



СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Программное обеспечение практики включает необходимые программы и пакеты программ:

- стандартные программные продукты пакета «Apache\_ OpenOffice».

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

- Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.**

Для ведения лекционных и практических занятий используются учебные аудитории, оснащенные мебелью, проектором BenQ MX518, ноутбуками HP Compaq Presario в количестве 2 штук, проектором Vivitek D508 DLP, проекционными экранами в количестве 2 штук, пульта для управления презентацией, досками, на 20-30 посадочных мест.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации  
по дисциплине «Основное технологическое оборудование процессов водообработки»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-10	Способен подбирать основное и вспомогательное оборудования для технологических линий водоподготовки и водоочистки	промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-10.2</b> Расчет основного оборудования для станций водоподготовки и водоочистки	<b>Излагает</b> последовательность и математический аппарат для расчета основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы №8-10, 19-21, 54, 61-64, 72, 74-78 к экзамену, КП	<b>Излагает</b> последовательность расчета основного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод	<b>Излагает</b> последовательность и математический аппарат для расчета основного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод	<b>Излагает</b> последовательность и математический аппарат для расчета основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод
	<b>Проводит</b> расчет основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод (У-1)	Правильные ответы на вопросы №8-10, 19-21, 54, 61-64, 72, 74-78 к экзамену, КП	<b>Проводит</b> расчет основного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод с ошибкой	<b>Проводит</b> расчет основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод с ошибкой	<b>Проводит</b> расчет основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод
	<b>Выполняет алгоритм</b> методики расчета основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод в соответствии с материальным балансом предприятия водоочистки (Н-1)	Правильные ответы на вопросы №8-10, 19-21, 54, 61-64, 72, 74-78 к экзамену, КП	<b>Выполняет алгоритм</b> методики расчета основного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод в соответствии с материальным	<b>Выполняет алгоритм</b> методики расчета основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод в соответствии с материальным	<b>Выполняет алгоритм</b> методики расчета основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод в соответствии с

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			балансом предприятия водоочистки	балансом предприятия водоочистки с ошибкой	материальным балансом предприятия водоочистки
<b>ПК-10.3</b> Выбор основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод	<b>Приводит и раскрывает</b> классификацию, устройство и принцип работы основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод (ЗН-2)	Правильные ответы на вопросы №1-7, 11-18, 22-53, 55-60, 65-71, 73, 79 к экзамену  КП	<b>Приводит, но не раскрывает</b> классификацию, устройство и принцип работы основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод	<b>Приводит и раскрывает</b> классификацию, устройство и принцип работы основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод с ошибками	<b>Приводит и раскрывает</b> классификацию, устройство и принцип работы основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод
	<b>Проводит</b> подбор основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод (У-2)	Правильные ответы на вопросы №1-7, 11-18, 22-53, 55-60, 65-71, 73, 79 к экзамену  КП	<b>Проводит</b> подбор основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод с ошибками	<b>Проводит</b> подбор основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод с одной ошибкой	<b>Проводит</b> подбор основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод
	<b>Выполняет алгоритм</b> методики выбора основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод в зависимости от мощности производства	Правильные ответы на вопросы №1-7, 11-18, 22-53, 55-60, 65-71, 73, 79 к экзамену	<b>Выполняет алгоритм</b> методики выбора основного оборудования сооружений водоподготовки и очистки сточных вод	<b>Выполняет алгоритм</b> методики выбора основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и	<b>Выполняет алгоритм</b> методики выбора основного и вспомогательного оборудования сооружений водоподготовки и

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	(Н-2)	КП	в зависимости от мощности производства	очистки сточных вод в зависимости от мощности производства с ошибкой	очистки сточных вод в зависимости от мощности производства

**3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**  
**а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-10:**

1. Разработка технологической схемы производства. Постановка задачи. Разработка предварительной технологической схемы. Принципиальная технологическая схема.
2. Окончательное оформление технологической схемы производства.
3. Режим работы проектируемого производства. Годовая и средняя суточная производительность.
4. Определение числа «ниток» в технологических схемах.
5. Оценка надежности технологических схем (технологическая, конструкторская, управления).
6. Коэффициент запаса производительности оборудования.
7. Схема материальных потоков. Коэффициенты выхода продукта и полупродуктов по стадиям. Общий коэффициент выхода продукта по производству.
8. Пример расчета материального баланса водоочистных сооружений.
9. Классификация оборудования. Универсальная методика расчета числа единиц и производительности оборудования для непрерывно действующих производств.
10. Универсальная методика расчета числа единиц и производительности оборудования для периодически действующих производств.
11. Исходные положения для производства компоновки оборудования. Зоны обслуживания и ремонта.
12. Методы компоновки схемы размещения основного технологического оборудования.
13. Принципы организации строительного объема.
14. Компоновка оборудования в закрытых зданиях (цех ХВО).
15. Размещение оборудования на открытых площадках (сооружения ВОС).
16. Компоновка вспомогательного оборудования. Контроль и регулирование технологического процесса (проектирование систем КИП и средств автоматизации).
17. Резервирование оборудования.
18. Назначение реагентных хозяйств. Хранение реагентов, требования к складам реагентов, классификация складов реагентов.
19. Склады для сухого хранения реагентов: назначение, устройство, расчет.
20. Склады для мокрого хранения реагентов: назначение, устройство, расчет.
21. Склады с тарным хранением коагулянтов. Расчет.
22. Смешение и распределение компонентов по объему аппарата: устройства ввода, устройства распределения, особенности конструкции, условия применения, трубчатые распределители, вставки в трубопровод.
23. Конструкции распределителей реагентов: струйный; камерно-лучевой; с дырчатыми трубами; двухступенчатый.
24. Гидравлические смесители: шайбовый (диафрагмовый), перегородчатые, дырчатые, вихревой смесители и смешение собственно в трубе.
25. Механические смесители. Центробежные насосы.
26. Приготовление растворов и суспензий с использованием сжатого воздуха (для кускового и порошкового коагулянта) – устройство растворных баков, особенности подачи воздуха.
27. Приготовление растворов и суспензий с использованием гидравлического и механического перемешивания.
28. Компоновка элементов и оборудования реагентного хозяйства в здании водоочистного сооружения (ВОС).
29. Гидравлические КХО (камеры хлопьеобразования): водоворотные; вихревые; перегородчатые; с взвешенным осадком.

30. КХО с рециркуляторами.
31. Механические КХО.
32. Комплексы хлопьеобразования.
33. Классификация методов очистки сточных вод. Механические методы очистки воды. Выбор оборудования для механического метода очистки воды в зависимости от размера частиц примесей, расхода сточных вод и необходимой степени очистки.
34. Классификация фильтров. Особенности их аппаратурного оформления.
35. Устройство и работа тканевых или сетчатых фильтров.
36. Устройство и работа микрофильтров.
37. Классификация каркасных фильтров. Особенности механизма фильтрации на каждом виде каркасных фильтров. Устройство и работа каркасных (зернистых) фильтров.
38. Классификация зернистых фильтров по направлению потока. Устройство и работа фильтров с нисходящим (сверху вниз) и восходящим (снизу вверх) потоком.
39. Классификация зернистых фильтров по скорости фильтрации. Устройство и работа медленных, скорых, сверхскорых фильтров.
40. Классификация зернистых фильтров по конструкции. Устройство и работа однослойных, многослойных (двухслойных) фильтров.
41. Классификация зернистых фильтров по конструкции. Устройство и работа открытых и закрытых фильтров.
42. Классификация зернистых фильтров по конструкции. Устройство и работа аэрируемых фильтров.
43. Устройство и работа каркасно-засыпных фильтров. Классификация зернистых фильтров по виду фильтрующего материала.
44. Устройство и работа каркасных (волокнистых и эластичных) фильтров.
45. Фильтры с плавающей загрузкой.
46. Устройство и работа каркасных (коалесцирующих) фильтров.
47. Принципиальное отличие мембранного метода фильтрации от традиционных приемов фильтрования. Устройство мембранного фильтра. Классификация оборудования для мембранных методов очистки воды.
48. Классификация, устройство и принцип работы песколовков.
49. Классификация, устройство и принцип работы нефтеловушек. Нефтеуловитель.
50. Классификация гидроциклонов, их принцип действия.
51. Напорные гидроциклоны, устройство, классификация и принцип действия. Напорный многоярусный гидроциклон.
52. Безнапорные гидроциклоны: устройство, принцип работы.
53. Открытый гидроциклон с конической диафрагмой.
54. Алгоритм расчета безнапорного гидроциклона.
55. Классификация центрифуг по принципу работы. Отличие механизма центрифугирования в отстойных и фильтрующих центрифугах.
56. Классификация центрифуг по фактору разделения, способу выгрузки осадка, установке опор и положению оси барабана, методу функционирования, герметичности. Типы и марки промышленных центрифуг.
57. Устройство и работа центрифуги типа ОГШ и «декантера».
58. Классификация, устройство и работа отстойников: вертикальные; горизонтальные; радиальные; тонкослойные и отстойники, модифицированные тонкослойными модулями.
59. Отстойники со встроенными КХО.
60. Вертикальные отстойники с опускной трубой.
61. Вертикальные отстойники с водоворотной КХО. Расчет вертикальных отстойников.
62. Горизонтальные отстойники со скребковым механизмом и с гидравлическим удалением осадка. Расчет горизонтальных отстойников.

63. Расчет радиальных отстойников.
64. Расчет отстойников с тонкослойными модулями.
65. Оборудование основных методов обеззараживания воды. Обеззараживание воды хлорированием: устройство и работа хлораторной.
66. Обеззараживание воды электролизным гипохлоритом натрия, аппаратное оформление электролизной установки большой производительности.
67. Оборудование для обеззараживания воды хлорированием с «преаммонизацией» с использованием газообразного аммиака и аммиачной воды, устройство аммонизаторной.
68. Оборудование для озонирования воды. Устройство и работа элементарного трубчатого генератора озона. Схема озонаторной установки высокого давления.
69. Оборудование для диспергирования газовой смеси в воду, устройство диспергатора, контактных камер.
70. Оборудование для обеззараживания воды бактерицидным облучением, установки с погружными источниками УФ-излучения. Установки лоткового типа. Комбинированные установки.
71. Сорбционные фильтры, классификация, устройство и расчет.
72. Классификация аэротенков по гидродинамическому режиму работы, по наличию регенерации, по нагрузке на активный ил, по конструкции.
73. Устройство, работа и расчет аэротенков-смесителей.
74. Устройство, работа и расчет аэротенков-вытеснителей.
75. Устройство, работа и расчет с рассредоточенным впуском сточной воды.
76. Устройство, работа и расчет аэротенков-отстойников.
77. Устройство, работа и расчет аэротенков-осветлителей.
78. Аэрационные системы: пневматическая, механическая, комбинированная.
79. Устройство и расчет биофильтра.

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

#### **4. Темы курсовых проектов:**

1. Проект цеха ХВО для ТЭЦ производительностью 250 т/час. Расчет установки обратного осмоса.
2. Проектирование цеха химической подготовки воды производительностью 200 т/час для ТЭЦ. Подробный расчет Н-катионитного фильтра I ступени.
3. Проектирование цеха химической подготовки воды производительностью 180 т/час для ТЭЦ. Подробный расчет Н-катионитного фильтра II ступени.
4. Проектирование цеха химической подготовки воды производительностью 210 т/час для ТЭЦ. Подробный расчет Н-катионитного фильтра смешанного действия.
5. Проект очистных сооружений станции аэрации по очистке сточных вод производительностью 750 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Подробный расчет аэротенка-вытеснителя.
6. Проект очистных сооружений станции аэрации по очистке сточных вод производительностью 950 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Подробный расчет аэротенка-смесителя.
7. Проект очистных сооружений сточных вод, производительностью 1600 м<sup>3</sup>/час с ультрафиолетовым обеззараживанием. Расчет установки ультрафиолетового обеззараживания лоткового типа.
8. Проект очистных сооружений по очистке сточных вод центральной станции аэрации производительностью 800 тыс. м<sup>3</sup>/сут с оптимизированием конструкции радиального отстойника.
9. Проектирование цеха химической подготовки воды производительностью 120 т/час. Подробный расчет механического фильтра.



Мощность производства задается преподавателем.

### **Вопросы на защите курсового проекта:**

1. Каков принцип работы фильтра смешанного действия?
2. Каким образом Вы определяли высоту рабочего слоя загрузки в Н-катионитном фильтре I ступени?
3. Чем отличается принцип работы аэротенка-вытеснителя от работы аэротенка-смесителя?
4. Чем обоснован выбор в данном курсовом проекте установки ультрафиолетового обеззараживания именно лоткового типа?
5. Для чего необходим декарбонизатор при получении очищенной воды для котлов высокого давления ТЭЦ?
6. Каковы требования к очищенной воде и параметры воды, поступающей на очистку в вашем курсовом проекте?
7. Возможно ли использование открытого гидроциклона в вашей технологической схеме водоочистки?
8. Расшифруйте аббревиатуру марки центрифуги ОГШ?
9. Каким образом происходит доставка и хранение реагентов в цех водоподготовки?
10. Для чего необходима камера хлопьеобразования, и стоит ли вводить ее в конструкцию вертикального отстойника? Может, достаточно использования просто коагулянта и флокулянта в вашей схеме водообработки?

### **Задания для практических занятий**

#### **Примеры задания:**

1. Рассчитать количество и производительность безнапорных отстойников исходя из мощности водоочистных сооружений. Мощность производства задается преподавателем.
2. Рассчитать материальный баланс ТЭЦ мощностью (130-450) т/ч. Мощность задается преподавателем.
3. Составить предварительную технологическую схему процесса очистки сточных вод на станции аэрации. Мощность производства задается преподавателем.
4. Рассчитать погружной дисковый биофильтр.  
Исходные данные:  $Q = 800 \text{ м}^3/\text{сут}$  – суточный расход сточных вод;  $L_1 = 210 \text{ мг/л}$  – БПК<sub>5</sub> поступающей сточной воды;  $L_2 = 20 \text{ мг/л}$  – БПК<sub>5</sub> очищенной сточной воды;  $T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура сточной воды;  $D = 2 \text{ м}$  – диаметр биофильтра (для биофильтров круглой формы). Материал дисков – полистирол толщиной  $\delta_1 = 0,01\text{м}$ , расстояние между дисками  $\delta_2 = 0,015\text{м}$ . Считается, что биофильтр состоит из 2 секций по 8 ступеней в каждой секции.
5. Провести компоновку оборудования цеха химводоочистки. Технологическая схема процесса водоподготовки предоставляется преподавателем.

### **5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме защиты курсового проекта и экзамена.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).