

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 19.01.2022 15:38:51  
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  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**  
**И ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ**

Направление подготовки

**08.03.01 Строительство**

Направленность программы бакалавриата

**Промышленное и гражданское строительство**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Заочная**

Факультет **механический**

Кафедра **инженерного проектирования**

Санкт-Петербург

2019

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Зав. кафедрой инженерного проектирования		профессор Яблокова М.А.

Рабочая программа дисциплины «Проектирование сооружений для очистки сточных вод и газовых выбросов» обсуждена на заседании кафедры инженерного проектирования

протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 № \_\_

Заведующий кафедрой

М.А.Яблокова

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета

протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 № \_\_

Председатель

А.Н.Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Строительство»		М.А. Яблокова
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. Формирование индикаторов достижения компетенций .....	06
4.3. Занятия лекционного типа.....	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	09
4.4.1. Семинары, практические занятия .....	09
4.5. Самостоятельная работа.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	12
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	13

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 для 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)
<b>ПК-1</b> Способность выполнять работы по архитектурно-строительному проектированию зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения	<b>ПК-1.12</b> Выбор исходной информации для проектирования сооружений для очистки сточных вод и газовых выбросов	<b>Знать:</b> методы очистки сточных вод (ЗН-1); современное оборудование для очистки сточных вод и методы его расчета (ЗН-2); методы очистки газовых выбросов (ЗН-3); современное оборудование для очистки газовых выбросов и методы его расчета (ЗН-4). <b>Уметь:</b> выбирать оборудование для очистки сточных вод различного состава (У-1); выбирать оборудование для очистки газовых выбросов различного состава (У-2);. <b>Владеть:</b> методами расчета и проектирования сооружений для очистки сточных вод (Н-1); методами расчета и проектирования сооружений для очистки газовых выбросов (Н-2).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.02) и изучается на 3 и 4 курсах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Инженерная геология и экология», «Водоснабжение и водоотведение». Полученные в процессе изучения дисциплины «Проектирование сооружений для очистки сточных вод и газовых выбросов» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении производственных практик и выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>7/ 252</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>24</b>
занятия лекционного типа	12
занятия семинарского типа, в т.ч.	12
семинары, практические занятия	12
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>215</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	5 Кр
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП , зачет, экзамен)	<b>Зачет (4) Экзамен (9)</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
			Семинары и/или практические	Лабораторные работы		
1	Проектирование сооружений механической очистки сточных вод	2	2	-	48	ПК-1
2	Проектирование сооружений физико-химической очистки сточных вод	2	2	-	40	ПК-1
3	Проектирование сооружений биологической очистки сточных вод	2	2	-	40	ПК-1
4	Проектирование сооружений для очистки газов сухими методами	2	2	-	30	ПК-1
5	Проектирование сооружений для очистки газов мокрыми методами	2	2	-	30	ПК-1
6	Проектирование сооружений для очистки газов электрическими методами	2	2	-	27	ПК-1

##### 4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-1.12	Проектирование сооружений механической очистки сточных вод
2	ПК-1.12	Проектирование сооружений физико-химической очистки сточных вод
3	ПК-1.12	Проектирование сооружений биологической очистки сточных вод
4	ПК-1.12	Проектирование сооружений для очистки газов сухими методами
5	ПК-1.12	Проектирование сооружений для очистки газов мокрыми методами
6	ПК-1.12	Проектирование сооружений для очистки газов электрическими методами

### 4.3. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
5-й семестр			
1	<p><u>Основные источники загрязнения сточных вод. Проектирование сооружений для механической очистки сточных вод от грубодисперсных примесей.</u> Усреднение стоков. Расчет объемов усреднителей. Проектирование оборудования для процеживания стоков через решетки, сетки, волокнуловители. Расчет и проектирование песколовков, емкостных отстойников, трубчатых и многополочных ламельных отстойников. Расчет и проектирование фильтров с неподвижным слоем зернистой загрузки. Проектирование открытых и напорных гидроциклонов, компоновка их в группы и батареи. Особенности применения центрифуг в процессах очистки сточных вод.</p>	2	Слайд-презентация, групповая дискуссия
2	<p><u>Проектирование сооружений для физико-химической очистки сточных вод от тонкодисперсных и коллоидных примесей.</u> Физико-химические основы и оборудование для проведения процессов коагуляции и флокуляции. Электрокоагуляторы. Флотация механическая, пневматическая, вакуумная, напорная. Электрофлотаторы.</p>	1	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<p><u>Проектирование сооружений для физико-химической очистки сточных вод от растворенных примесей</u></p> <p>Оборудование для химического осаждения. Ионный обмен. Ионообменные материалы и их характеристика. Регенерация ионитов. Расчет и проектирование установок ионного обмена. Электродиализ и электродиализаторы. Процесс адсорбции растворенных органических примесей в статических условиях и аппараты для его осуществления. Многоступенчатые схемы адсорбции с последовательным введением адсорбента и с противоточным его движением. Адсорбция в динамических условиях, соответствующие ей аппараты (насыпной фильтр-адсорбер, аппараты с псевдооживленным слоем сорбента) и методики их расчета. Способы регенерации адсорбентов.</p>	1	
5	<p><u>Проектирование сооружений для биологической очистки сточных вод</u></p> <p>Сущность метода биологической очистки сточных вод. Аэротенки. Методы их расчета и проектирования. Типы систем аэрации и показатели их эффективности. Методы расчета и проектирования биофильтров</p>	2	Слайд-презентация, групповая дискуссия
6-й семестр			
4	<p><u>Основные источники загрязнения атмосферного воздуха. Проектирование сооружений для очистки газов сухими методами</u></p> <p>Проектирование гравитационных и инерционных пылеуловителей. Расчет и конструирование циклонов и вихревых аппаратов. Методы проектирования тканевых, зернистых и волокнистых фильтров.</p>	2	Слайд-презентация, групповая дискуссия
5	<p><u>Проектирование сооружений для очистки газов мокрыми методами</u></p> <p>Проектирование мокрых аппаратов газоочистки. Полые газопромыватели. Насадочные скрубберы. Тарельчатые барботажные и пенные аппараты. Газопромыватели с подвижной насадкой. Аппараты ударно-инерционного действия (ротоклоны). Мокрые пылеуловители центробежного действия. Механические скрубберы. Скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури, эжекторные скрубберы).</p>	2	



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
6	<p><u>Проектирование сооружений для очистки газов электрическими методами</u></p> <p>Принцип действия электрофильтров. Конструктивные особенности трубчатых и пластинчатых аппаратов. Методики расчета и основы выбора электрофильтров.</p>	2	Слайд-презентация, групповая дискуссия

#### 4.4. Занятия семинарского типа

##### 4.4.1. Практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
6-ой семестр			
1	<u>Проектирование сооружений для очистки сточных вод отстаиванием</u> Расчет площади поперечного сечения горизонтальных и радиальных емкостных отстойников. Расчет диаметра и высоты емкостных отстойников. Расчет основных геометрических размеров трубчатого и пластинчатого тонкослойных отстойников	2	Занятия в компьютерном классе с использованием пакета прикладных программ MathCad 14
2	<u>Проектирование ионообменной установки</u> Расчет системы из двух последовательно соединенных ионообменных аппаратов с неподвижными слоями катионита и анионита. Расчет гидравлического сопротивления зернистых слоев ионообменной смолы, подбор насосов.	2	
3	<u>Проектирование биологических очистных сооружений</u> Расчет объема аэротенка идеального смешения. Расчет и сравнение эффективности пневматической и инжекционно-струйной систем аэрации. Расчет биофильтра. Оценка требуемых геометрических размеров биофильтра с иммобилизованной микрофлорой. Расчет коэффициента рециркуляции и расхода воздуха на аэрацию	2	
7-ой семестр			
4	<u>Проектные и проверочные расчеты оборудования для очистки отходящих газов сухими методами</u> Расчет батареи циклонов. Расчет тканевого рукавного фильтра.	2	Занятия в компьютерном классе с использованием пакета прикладных программ MathCad 14

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
5	<u>Проектные и проверочные расчеты оборудования для очистки отходящих газов мокрыми методами</u> Расчет скруббера Вентури с замкнутым водооборотом	2	
6	<u>Проектный и проверочный расчет электрофильтра</u> Подбор и проверочный расчет трубчатых и пластинчатых электрофильтров для очистки отходящих газов от аэрозолей	2	

#### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Проектирование сооружений для механической очистки сточных вод от эмульгированных масло-нефтепродуктов	48	Устный опрос
2	Проектирование сооружений для физико-химической очистки сточных вод регенеративными методами	20	Устный опрос
2	Проектирование сооружений для физико-химической очистки сточных вод деструктивными методами	20	Устный опрос
3	Проектирование сооружений для очистки сточных вод биологическими методами	40	Устный опрос
4	Типовые технологические схемы сооружений для очистки газовых выбросов производства цемента и асбоцемента.	30	Слайд-презентация
5	Типовые технологические схемы сооружений для очистки газовых выбросов производства асфальтобетона	30	Слайд-презентация
6	Типовые технологические схемы сооружений для очистки газовых выбросов производства силикатного кирпича	27	Слайд-презентация



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

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета в шестом семестре и экзамена в 7 семестре.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется теоретическими вопросами для проверки знаний.

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

Пример варианта вопросов на зачете:

### **Вариант № 1**

1. Основные типы усреднителей сточных вод.
2. Методы расчета и проектирования зернистых фильтров для осветления сточной воды.
3. Расчет и проектирование биофильтров с иммобилизованной микрофлорой.

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

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется теоретическими вопросами для проверки знаний.

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

Пример варианта вопросов на экзамене:

### **Вариант № 1**

1. Оценка загрязненности воздуха по комплексному индексу загрязнения атмосферы.
2. Принципы расчета и проектирования рукавных тканевых фильтров.
3. Принцип действия, методика расчета и проектирования полых форсуночных скрубберов.

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. Водоотведение : учебник для вузов по программе бакалавриата по направлению "Строительство" / Ю. В. Воронов [и др.] ; Под общ. ред. Ю. В. Воронова. - М. : АСВ, 2014. - 416 с.
2. Павлинова, И.И. Водоснабжение и водоотведение: учебник для бакалавров: учебник для вузов / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. - 472 с.
3. Акинин, Н. И. Промышленная экология: принципы, подходы, технические решения: учебное пособие для вузов / Н. И. Акинин ; РХТУ им. Д. И. Менделеева. - М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2010. - 292 с.

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

4. Яблокова, М. А. Экологические аспекты строительства: учебное пособие / М. А. Яблокова ; СПбГТИ(ТУ). Каф. инженер. проектирования. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2019. - 128 с. (ЭБ).
5. Яблокова, М.А. Оборудование для механической очистки сточных вод: Учебное пособие / М. А. Яблокова. - СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2011. - 91 с.(ЭБ).
6. Волков, В.А. Теоретические основы охраны окружающей среды: учебное пособие для бакалавров и магистров / В. А. Волков. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2015. - 256 с (ЭБС).
7. Яблокова, М. А. Расчет и проектирование скоростных газопромывателей с замкнутым водооборотом : учебное пособие / М. А. Яблокова ; СПбГТИ(ТУ). Каф. инженер. проектирования. - СПб. : [б. и.], 2019. - 21 с. (ЭБ).
8. Яблокова, М.А. Составление приоритетного списка загрязняющих веществ, подлежащих контролю в воздухе городов и крупных населенных пунктов: метод. указания/ М.А.Яблокова, С.И.Петров. - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2009. – 24 с. (ЭБ).
9. Яблокова, М.А. Статистическое обобщение данных о загрязнении атмосферного воздуха городов и крупных населенных пунктов: метод. указания/ М.А.Яблокова, С.И.Петров. - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2010. – 20 с. (ЭБ).
10. Яблокова, М.А. Расчетный метод определения концентрации загрязнений в приземном слое воздуха селитебной зоны: метод. указания / М.А.Яблокова, С.И.Петров. - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2009. – 18 с. (ЭБ).
11. Яблокова, М.А. Обработка и обобщение результатов подфакельных наблюдений за состоянием загрязнения атмосферы: метод. указания/ М.А.Яблокова, С.И.Петров - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2010. – 13 с. (ЭБ).
12. Яблокова, М.А. Оборудование для очистки газовых выбросов промышленных предприятий. Часть 2. Аппараты для мокрой очистки газов от пылей: учебное пособие / М.А.Яблокова, С.И.Петров. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006. - 29 с.(ЭБ).
13. Яблокова, М.А. Оборудование для очистки газовых выбросов промышленных предприятий. Часть 3. Электрофильтры: учебное пособие/ М.А.Яблокова, А.Ю.Иваненко, С.И.Петров. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009. - 24 с.(ЭБ).

## **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 «Проектирование сооружений для очистки сточных вод и газовых выбросов» 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.

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

Основными условиями организации учебного процесса для студентов является:  
плановость в организации учебной работы;  
серьезное отношение к изучению материала;  
постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, 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.**

Microsoft Office (Microsoft Excel); MathCAD 14.

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

Справочно-поисковые системы «Консультант-Плюс», «Техэксперт».

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

Для ведения лекционных занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на тридцать посадочных мест.

Для проведения практических занятий используется компьютерный класс, оборудованный пятнадцатью персональными компьютерами, объединенными в сеть.

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

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные 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 «Проектирование сооружений для очистки сточных вод и газовых  
выбросов»**

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

Индекс компетенции	Содержание <sup>1</sup>	Этап формирования <sup>2</sup>
<b>ПК-1</b>	Способность выполнять работы по архитектурно-строительному проектированию зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения	промежуточный

<sup>1</sup> **Жирным шрифтом** выделяется та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты не выделяются).

<sup>2</sup> Этап формирования компетенции выбирается по п. 2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие)\*



## 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-1.12</b> Выбор исходной информации для проектирования сооружений для очистки сточных вод и газовых выбросов	<b>Перечисляет и поясняет</b> методы очистки сточных вод (ЗН-1)	Ответы на вопросы № 1-38 к зачету	Перечисляет и поясняет методы очистки сточных вод с ошибками	Перечисляет и поясняет методы очистки сточных вод с небольшими ошибками, неточностями	Правильно перечисляет и поясняет методы очистки сточных вод
	<b>Называет</b> современное оборудование для очистки сточных вод и излагает методы его расчета (ЗН-2)	Ответы на вопросы № 1-38 к зачету	Называет современное оборудование для очистки сточных вод и излагает методы его расчета с ошибками	Называет современное оборудование для очистки сточных вод и излагает методы его расчета с некоторыми неточностями	Правильно называет современное оборудование для очистки сточных вод и излагает методы его расчета
	<b>Перечисляет и поясняет</b> методы очистки газовых выбросов (ЗН-3)	Ответы на вопросы № 39-67 к экзамену	Перечисляет и поясняет методы очистки газовых выбросов с ошибками	Перечисляет и поясняет методы очистки газовых выбросов с небольшими ошибками, неточностями	Правильно перечисляет и поясняет методы очистки газовых выбросов

	<p><b>Называет</b> современное оборудование для очистки газовых выбросов и излагает методы его расчета (ЗН-4)</p>	<p>Ответы на вопросы № 39-67 к экзамену</p>	<p>Называет современное оборудование для очистки газовых выбросов и излагает методы его расчета с ошибками</p>	<p>Называет современное оборудование для очистки газовых выбросов и излагает методы его расчета с некоторыми неточностями</p>	<p>Правильно называет современное оборудование для очистки газовых выбросов и излагает методы его расчета</p>
	<p><b>Выбирает</b> оборудование для очистки сточных вод различного состава (У-1)</p>	<p>Ответы на вопросы № 1-38 к зачету</p>	<p>Выбирает оборудование для очистки сточных вод различного состава с ошибками, без достаточного обоснования</p>	<p>Выбирает оборудование для очистки сточных вод различного состава с небольшими ошибками, с неточностями</p>	<p>Правильно выбирает оборудование для очистки сточных вод различного состава; может четко обосновать выбор</p>
	<p><b>Выбирает</b> оборудование для очистки газовых выбросов различного состава (У-2)</p>	<p>Ответы на вопросы № 39-67 к экзамену</p>	<p>Выбирает оборудование для очистки газовых выбросов различного состава с ошибками, без достаточного обоснования</p>	<p>Выбирает оборудование для очистки газовых выбросов различного состава с небольшими ошибками, с неточностями</p>	<p>Правильно выбирает оборудование для очистки газовых выбросов различного состава; может четко обосновать выбор</p>

	<b>Демонстрирует навыки</b> расчета и проектирования сооружений для очистки сточных вод (Н-1)	Ответы на вопросы № 1-38 к зачету	Рассчитывает и проектирует элементы очистных сооружений с ошибками	Рассчитывает и проектирует элементы очистных сооружений с неточностями	Рассчитывает и проектирует элементы очистных сооружений без ошибок
	<b>Демонстрирует навыки</b> расчета и проектирования сооружений для очистки газовых выбросов (Н-2)	Ответы на вопросы № 39-67 к экзамену	Рассчитывает и проектирует элементы очистных сооружений с ошибками	Рассчитывает и проектирует элементы очистных сооружений с неточностями	Рассчитывает и проектирует элементы очистных сооружений без ошибок

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

При проведении промежуточной аттестации в форме зачета (6 семестр) шкала оценивания – «зачтено», «не зачтено».

При проведении промежуточной аттестации в форме экзамена (7 семестр) шкала оценивания – балльная: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

### 3 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

#### 3.1 Задания к контрольным работам

Номера индивидуальных заданий

Буква, с которой начинается фамилия студента	Номер задания
А	1
Б	2
В	3
Г	4
Д	5
Е, Ё, Ж	6
З, И	7
К	8
Л	9
М	10
Н, О	11
П	12
Р	13
С	14
Т	15
У, Ф	16
Х, Ц	17
Ч, Ш	18
Щ, Э	19
Ю, Я	20

#### Контрольная работа № 1

##### Задание 1

Определить требуемые диаметр и высоту радиального отстойника непрерывного действия, если известны:

$G_c$  – производительность отстойника по исходной суспензии, т/ч;

$\epsilon_T$  – объемная доля твердой фазы в исходной суспензии;

$\delta_{T.min}$  – диаметр наименьших частиц, подлежащих осаждению, мкм;

$t$  – температура суспензии,  $^{\circ}C$ ;

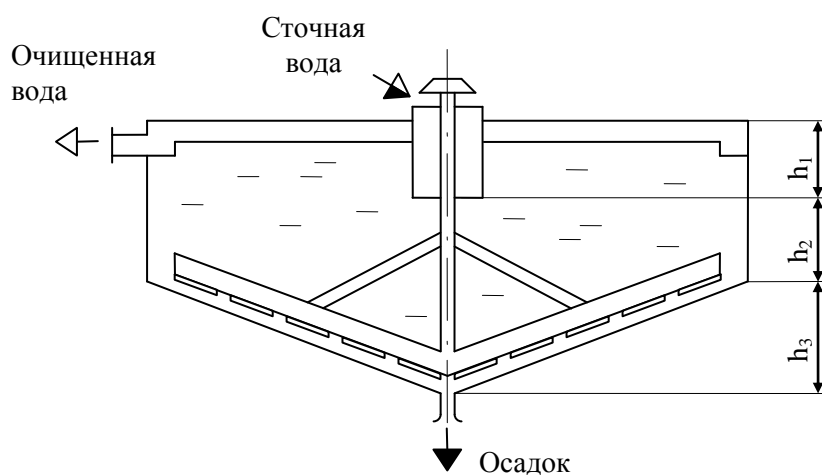
$x_v$  – влажность осадка;

$\rho_T$  – плотность твердой фазы,  $кг/м^3$ ;

$\tau_y$  – время, необходимое для уплотнения осадка в зоне сгущения, ч;

$h_1$  – высота загрузочной трубы, м.

Высота конусности днища: 0,15 м на 1 м радиуса отстойника. Жидкая фаза – вода.



№ варианта	$G_c$	$\epsilon_T$	$\delta_{T.min}$	$t$	$x_B$	$\rho_T$	$\tau_y$	$h_1$
1	75	0,03	50	10	0,7	2000	6	1,0
2	100	0,04	60	20	0,6	2100	6	0,8
3	105	0,05	70	30	0,58	2200	5	0,9
4	85	0,06	80	40	0,7	2300	9	0,7
5	90	0,07	90	50	0,65	2400	7	0,6
6	95	0,08	100	60	0,65	2500	4	0,7
7	80	0,09	40	70	0,63	2600	5	0,8
8	70	0,01	35	60	0,71	2500	6	0,9
9	65	0,09	45	50	0,72	2400	4	1,0
10	72	0,08	80	20	0,68	2300	2	0,8
11	83	0,07	70	30	0,75	2200	3	0,7
12	87	0,06	60	40	0,70	2100	4	0,8
13	81	0,05	50	15	0,65	2000	3	0,9
14	89	0,04	90	10	0,70	1900	4	0,65
15	76	0,03	85	20	0,73	1950	2	0,70
16	92	0,04	80	30	0,80	2100	3	0,9
17	75	0,05	70	40	0,86	2200	2,5	0,75
18	80	0,06	75	45	0,65	2300	2	0,7
19	85	0,07	85	35	0,7	2400	3	0,75
20	88	0,08	100	40	0,73	2500	3	0,8

## Задание 2

Определить требуемый диаметр однослойного зернистого фильтра, начальное сопротивление слоя зернистой загрузки и максимальную высоту слоя жидкости над загрузкой в конце фильтроцикла. Фильтрующий слой состоит из монодисперсных частиц антрацита. Фильтруемая жидкость – сточная вода со взвесями. Известны:

$V_{ст}$  – объемный расход сточной воды, м<sup>3</sup>/час;

$w_{ф}$  – рекомендуемая скорость фильтрования, м/час;

$H$  – высота зернистого слоя, м;

$\delta_3$  – размер зерен слоя, мм;

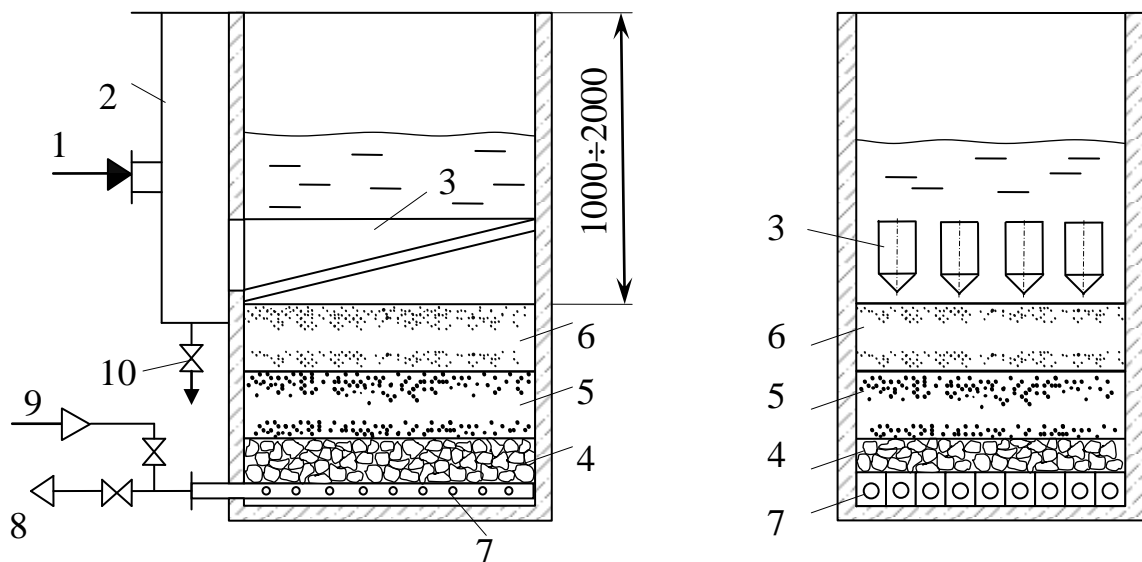
$E$  – грязеемкость единицы объема зернистого слоя, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{ос}$  – плотность осадка (взвесей), кг/м<sup>3</sup>;

$x_{н}$  – начальная концентрация взвешенных веществ в сточной воде, кг/м<sup>3</sup>;

$x_{к}$  – конечная концентрация взвешенных веществ в сточной воде, кг/м<sup>3</sup>;

$\Sigma \Delta p_{мс}$  – суммарные потери давления в распределительной и дренажной системах, Па.



1 – подача сточной воды; 2 – карман; 3 – желоб; 4 – поддерживающий слой гравия; 5 – слой кварцевого песка; 6 – слой антрацита; 7 – дренаж; 8 – отвод фильтрата; 9 – подача промывной воды; 10 – отвод промывной воды.



№ варианта	$V_{ст},$ $м^3/ч$	$w_{ф},$ $м/ч$	$H,$ $м$	$\delta_3,$ $мм$	$E,$ $кг/м^3$	$\rho_{ос},$ $кг/м^3$	$x_H,$ $кг/м^3$	$x_K,$ $кг/м^3$	$\Sigma\Delta p_{мс},$ $Па$
1	10	6	0,8	1,2	200	1105	0,15	0,01	$1,0 \cdot 10^4$
2	15	7	0,85	1,1	210	1050	0,16	0,02	$1,05 \cdot 10^4$
3	20	8	0,9	1,3	220	1100	0,17	0,03	$0,90 \cdot 10^4$
4	25	6	0,95	1,2	230	1200	0,16	0,01	$0,95 \cdot 10^4$
5	30	7	1,0	1,1	240	1100	0,15	0,01	$1,1 \cdot 10^4$
6	35	8	1,05	1,4	250	1050	0,16	0,02	$1,2 \cdot 10^4$
7	40	6	1,1	1,3	250	1075	0,3	0,1	$1,0 \cdot 10^4$
8	45	7	1,15	1,2	240	1100	0,15	0,02	$1,08 \cdot 10^4$
9	50	8	1,2	1,1	230	1080	0,18	0,03	$1,2 \cdot 10^4$
10	56	6	1,25	1,2	230	1150	0,19	0,04	$0,98 \cdot 10^4$
11	60	7	1,3	1,3	230	1120	0,16	0,01	$1,02 \cdot 10^4$
12	65	8	1,2	1,0	200	1110	0,2	0,05	$1,1 \cdot 10^4$
13	70	6	1,1	1,3	220	1090	0,19	0,03	$1,0 \cdot 10^4$
14	75	7	1,0	1,2	210	1105	0,17	0,02	$0,9 \cdot 10^4$
15	80	8	0,9	1,1	200	1100	0,15	0,01	$1,0 \cdot 10^4$
16	18	6	1,0	1,0	225	1090	0,16	0,02	$1,3 \cdot 10^4$
17	21	7	1,1	1,2	200	1150	0,17	0,02	$1,2 \cdot 10^4$
18	24	8	1,0	0,9	210	1120	0,16	0,03	$1,1 \cdot 10^4$
19	27	6	0,9	1,0	220	1080	0,15	0,01	$1,05 \cdot 10^4$
20	32	7	1,15	0,8	210	1100	0,16	0,03	$1,08 \cdot 10^4$

### Контрольная работа № 2

Рассчитать геометрические размеры слоев ионита, потери давления в них и требуемый расход регенерирующих веществ в двухступенчатой ионообменной установке при исходных данных, приведенных в таблице ниже.

Число регенераций в сутки рекомендуется принять равным  $n_{\text{рег}} = 2 \text{сут}^{-1}$ ; время вспомогательных операций  $\Sigma \tau_{\text{всп}} = 2 \text{часа}$ .

№ варианта	V <sub>ст</sub> м <sup>3</sup> /ч	Исходная конц-ция анионов, г.ЭКВ/м <sup>3</sup>				Исходная концентрация катионов, г.ЭКВ/м <sup>3</sup>				ΣC <sub>к</sub>	E <sub>полн.</sub> катионита, г.ЭКВ/м <sup>3</sup>	E <sub>полн.</sub> анионита, г.ЭКВ/м <sup>3</sup>	δ <sub>з</sub> , мм	ε
		Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CN <sup>-</sup>	Cr <sup>6+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>					
1	40	5	4,4	6,4	8,1	2	3,6	8,2	4,0	0,3	1350	1500	0,8	0,36
2	45	3,0	6,2	8,0	5,3	2	3,9	7,0	6,3	0,4	1400	1600	0,6	0,33
3	50	3,1	6,1	7,5	5,6	3,4	3,4	3,5	4,0	0,5	1500	1700	0,5	0,31
4	55	3,8	8,3	3,9	5,0	3,6	3,7	4,0	5,2	0,3	1600	1700	0,7	0,38
5	60	5,3	6,2	7,1	4,0	4,0	5,3	9,3	0,4	0,4	1300	1600	0,8	0,37
6	65	3,7	4,0	7,3	6,8	5,4	3,9	7,0	0,8	0,5	1350	1500	0,7	0,35
7	35	4,3	4,7	5,8	6,9	6,3	6,7	4,1	4,7	0,3	1400	1600	0,6	0,35
8	30	4,1	4,9	5,1	6,7	7,1	7,3	5,6	3,0	0,4	1600	1400	0,7	0,39
9	25	3,8	7,0	6,9	3,3	3,4	4,7	5,7	6,7	0,5	1300	1400	0,65	0,38
10	20	7,2	6,0	5,1	4,3	4,0	5,0	6,3	6,2	0,3	1350	1600	0,65	0,39
11	35	7,1	6,3	4,8	4,9	4,1	4,3	4,7	5,8	0,4	1500	1700	0,7	0,38
12	40	5,9	5,7	6,0	3,4	3,7	2,9	8,0	6,8	0,5	1400	1800	0,6	0,39
13	45	4,3	4,9	4,7	5,0	7,3	9,2	6,8	5,0	0,4	1550	1750	0,8	0,35
14	50	5,3	5,9	4,9	5,1	7,1	8,1	6,3	5,2	0,5	1600	1700	0,85	0,34
15	55	3,9	5,6	4,8	7,0	7,3	5,7	6,1	5,8	0,3	1650	1680	0,7	0,33
16	60	4,1	4,7	4,3	8,2	8,3	4,1	4,0	5,0	0,4	1700	1650	0,8	0,35
17	65	4,3	6,1	4,7	3,9	3,7	3,8	4,9	6,0	0,3	1720	1670	0,6	0,38
18	70	4,4	6,4	7,1	5,3	5,4	5,8	3,8	2,3	0,4	1500	1540	0,7	0,36
19	75	4,8	5,8	5,9	4,2	5,0	5,6	6,0	4,1	0,5	1560	1580	0,8	0,40
20	80	7,3	6,2	3,8	3,1	5,1	4,7	9,3	4,0	0,4	1480	1500	0,7	0,37

### Контрольная работа № 3

Сточные воды в количестве  $V_{ст}$ , имеющие БПК<sub>полн</sub> начальное, приведенное в таблице, должны быть подвергнуты полной биологической очистке на биофильтре. Вода имеет температуру  $t$ , °С. Выбрать тип биофильтра, определить его площадь и диаметр, рассчитать необходимый расход воздуха и эффективность работы биофильтра.

№ варианта	$V_{ст}$ , м <sup>3</sup> /сут	БПК <sub>полн</sub> , гО <sub>2</sub> /м <sup>3</sup>	$t$ , °С
1	500	300	18
2	600	320	17
3	700	340	16
4	800	360	17
5	900	380	19
6	1000	300	20
7	1100	450	19
8	1200	420	18
9	1300	350	17
10	1400	360	18
11	1500	370	19
12	1600	380	20
13	1450	310	16
14	1350	320	19
15	1250	330	21
16	1150	340	17
17	1050	350	18
18	950	360	19
19	850	370	20
20	750	380	21

### Контрольная работа № 4

#### Задание 1

Рассчитать и выбрать нормализованный циклон или группу нормализованных циклонов для очистки газа от пыли, если известны:

$V_{0г}$  – объемный расход газа при нормальных условиях (0°С;  $p = 1$  атм);

$t_r$  – температура газа на входе в циклон;

$x_n$  – начальная концентрация пыли в газе;

$\rho_{ч}$  – плотность пыли;

$\eta$  – требуемая степень очистки;

$d_m$  – медианный размер частиц пыли.

№ варианта	$V_{0г} \cdot 10^{-3}$ , м <sup>3</sup> /ч	$t_r$ , °С	$x_n$ , г/м <sup>3</sup>	$\rho_{ч}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\eta$ , %	$d_m$ , мкм
1	1	400	25	2300	80	23
2	17	300	30	2500	85	10

3	15	250	9	2800	82	14
4	3	350	28	3200	90	8
5	2	240	19	1800	83	11
6	9	100	40	2100	84	56
7	10	150	1050	2500	80	16
8	16	200	10	3100	92	17
9	4	300	150	1800	80	15
10	13	380	20	2300	85	20
11	5	250	100	1900	86	23
12	18	150	110	2600	87	20
13	15	200	120	2700	90	43
14	7	120	35	1700	80	28
15	6	370	45	3300	85	80
16	19	400	4	2500	90	35
17	8	350	14	1800	87	22
18	12	300	3	2200	86	55
19	14	450	5	2300	84	48
20	11	280	12	3500	82	78

*Примечание.* Расход газа необходимо привести к рабочим условиям по формуле  $V_r = V_{0r} (273 + t_r) / 273$ .

### Задание 2

Найти конечную концентрацию пыли на выходе из циклона  $x_k$ , рассчитанного в задании 1. Рассчитать и подобрать по каталогу стандартный **тканевый рукавный фильтр** для доочистки газового потока  $V_r$  после первой ступени очистки (циклона), считая, что температура газа при прохождении через циклонную установку снизилась незначительно.

### Задание 3

Рассчитать и подобрать по каталогу стандартный **электрофильтр** для доочистки газового потока  $V_r$  после первой ступени очистки (циклона), считая, что температура газа при прохождении через циклонную установку снизилась незначительно.

### Контрольная работа № 5

Рассчитать мокрый пылеуловитель с трубой Вентури, если заданы:

- расход запыленного воздуха  $V_r$ , м<sup>3</sup>/час;
- начальная температура воздуха  $t_1$ , °С;
- начальное влагосодержание воздуха  $x_1$ , кг/кг;
- начальная запыленность воздуха  $y_1$ , г/м<sup>3</sup>;
- температура воды на входе в трубу Вентури  $\theta_1 = 25^\circ\text{C}$ ;
- температура воды на выходе из трубы Вентури  $\theta_2 = 40^\circ\text{C}$ ;
- температура воздуха на выходе из установки  $t_2 = \theta_2 + 5 = 45^\circ\text{C}$ .
- требуемая эффективность улавливания пыли  $\eta = 98\%$ .
- допустимая концентрация твердой фазы в циркулирующей воде - 0,3 кг/м<sup>3</sup>.

Расчетами определить:

1. Расход воды, подаваемой в форсунки трубы Вентури.
2. Расход загрязненной воды, выводимой из установки.
3. Размеры и гидравлическое сопротивление трубы Вентури.
4. Количество пыли, выносимой в атмосферу за год.

№ варианта	$V_{г}, м^3/час$	$t_1, ^\circ C$	$x_1, кг/кг$	$y_1, г/м^3$
1	90000	90	0,11	0,15
2	80000	95	0,12	0,16
3	75000	100	0,13	0,17
4	70000	105	0,14	0,18
5	65000	110	0,15	0,19
6	60000	90	0,16	0,20
7	56000	95	0,17	0,21
8	50000	100	0,115	0,22
9	45000	105	0,125	0,23
10	40000	110	0,135	0,24
11	90000	90	0,145	0,25
12	85000	95	0,155	0,24
13	82000	100	0,165	0,23
14	78000	105	0,17	0,22
15	74000	110	0,16	0,21
16	70000	90	0,15	0,20
17	66000	95	0,14	0,19
18	62000	100	0,13	0,18
19	57000	105	0,12	0,17
20	54000	110	0,11	0,16

### 3.2 Вопросы к зачету и экзамену

#### а) Вопросы к зачету в 6-ом семестре для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1:

1. Роль промышленной экологии в жизни современного общества.
2. Направления и тенденции развития оборудования и сооружений для очистки сточных вод.
3. Основные показатели загрязненности сточных вод.
4. Экспериментальные и расчетные методы определения показателей ХПК и БПК сточных вод промышленного предприятия.
5. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами.
6. Условия выпуска производственных сточных вод в водоемы.
7. Определение необходимой степени очистки сточных вод промышленного предприятия.
8. Основные типы систем водоснабжения промышленных предприятий.
9. Методы канализования производственных стоков.
10. Основные виды очистных сооружений (локальные, цеховые, общезаводские, городские).
11. Классификация сточных вод и методов их очистки.
12. Усреднение стоков промышленных предприятий. Конструкции усреднителей и расчет их объема.
13. Очистка сточных вод от твердых грубодисперсных примесей процеживанием через решетки.
14. Способы удаления из сточных вод тяжелых крупнодисперсных примесей. Конструкции песколовков и основы их расчета.

15. Очистка сточных вод отстаиванием. Конструкции емкостных отстойников и основы их расчета.
16. Определение скорости свободного и стесненного осаждения твердой частицы в жидкости.
17. Принцип действия и конструкции тонкослойных отстойников периодического и непрерывного действия. Основы их расчета.
18. Открытые и напорные гидроциклоны. Область применения, конструкции и основы расчета.
19. Ориентировочный расчет диаметра частиц, улавливаемых гидроциклоном, и его эффективности.
20. Особенности применения центрифуг в процессах очистки сточных вод. Технологическая схема очистки стоков с использованием центрифуг.
21. Очистка сточных вод фильтрованием. Конструкции зернистых фильтров и основы их расчета.
22. Аппараты для микрофильтрации воды с применением мембранных трубчатых элементов. Конструкции и методы расчета.
23. Очистка сточных вод от тонкодисперсных и коллоидных примесей коагуляцией и флокуляцией. Физико-химические основы и аппаратное оформление процесса.
24. Очистка сточных вод от коллоидных примесей в электрокоагуляторах.
25. Пневматические и механические способы флотационной очистки сточных вод. Конструкции флотаторов.
26. Вакуумная и напорная флотация. Область применения и типовые технологические схемы.
27. Очистка сточных вод от растворенных минеральных примесей. Метод ионного обмена. Расчет фильтра-ионообменника.
28. Очистка сточных вод от растворенных минеральных примесей в электродиализаторах и электролизерах.
29. Технологические схемы и аппараты для адсорбционной очистки сточных вод в статических условиях. Расчет конечной концентрации загрязнений и требуемого количества адсорбента.
30. Аппараты для адсорбционной очистки сточных вод в динамических условиях. Расчет времени защитного действия слоя адсорбента.
31. Очистка сточных вод окислительными методами. Аппараты для хлорирования воды.
32. Технологическая схема и аппаратное оформление процессов озонирования воды.
33. Термоокислительные методы обезвреживания сточных вод. Технологическая схема жидкофазного окисления загрязнений.
34. Аэробная биологическая очистка сточных вод.
35. Классификация аэротенков.
36. Ориентировочный расчет объема аэротенка-смесителя.
37. Системы аэрации в сооружениях биологической очистки сточных вод.
38. Расчет и проектирование биофильтров с иммобилизованной микрофлорой.

К зачету у допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы –45 мин.

**б) Вопросы к экзамену в 7-ом семестре для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1:**

39. Состав атмосферного воздуха и характеристика основных его загрязнений.
40. Классификация источников загрязнения атмосферы.
41. Нормирование вредных примесей в атмосферном воздухе.
42. Классы опасности загрязняющих веществ, ПДК, ПДВ.
43. Расчетный метод определения концентрации загрязнений в приземном слое воздуха жилой зоны.
44. Методы снижения загрязненности атмосферы. Классификация способов обезвреживания газовых выбросов.
45. Локальные и цеховые газоочистные установки.
46. Классификация промышленных пылеуловителей и методы оценки их эффективности.
47. Пылеосадительные камеры. Область применения, конструкции и методы расчета.
48. Инерционные пылеуловители. Конструкции и область применения.
49. Циклонные пылеуловители. Ориентировочный расчет диаметра осаждающихся частиц и эффективности циклона.
50. Расчет диаметра циклонов-пылеуловителей и их гидравлического сопротивления. Компоновка циклонов в группы. Батарейные мультициклоны.
51. Вихревые пылеуловители. Конструкции аппаратов и варианты создания в них вспомогательного газового потока.
52. Тканевые фильтры для очистки запыленных газовых потоков.
53. Волокнистые фильтры для очистки газов от пыли.
54. Зернистые фильтры для пылеулавливания.
55. Аппараты для мокрой очистки газов. Классификация, область применения, достоинства и недостатки.
56. Полые газопромыватели. Конструкции и ориентировочный расчет эффективности.
57. Газопромыватели с неподвижным слоем насадки.
58. Газопромыватели с подвижной насадкой.
59. Барботажные и пенные тарельчатые газопромыватели.
60. Газопромыватели ударно-инерционного действия.
61. Газопромыватели центробежного действия.
62. Скоростные газопромыватели. Расчет гидравлического сопротивления труб Вентури. Принципы расчета газоочистных установок со скрубберами Вентури.
63. Принцип действия электрофильтров.
64. Конструктивные особенности трубчатых и пластинчатых аппаратов.
65. Методики расчета и основы выбора электрофильтров.
66. Проектирование барботажных, капельных и пленочных абсорберов.
67. Проектирование адсорберов и аппаратов каталитической очистки газов с неподвижным и псевдооживленным слоем сорбента или катализатора.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы –45 мин.

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

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