

**Министерство науки и высшего образования РФ**

**ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет**

**Химико-технологический институт**

*Кафедра физико-химической технологии защиты биосферы*

**Рабочая программа дисциплины**

включая фонд оценочных средств и методические указания для  
самостоятельной работы обучающихся

---

**Б1.В.ДЭ.03.01 – ТЕХНОЛОГИЯ РЕКУПЕРАЦИИ ГАЗОВЫХ  
ВЫБРОСОВ**

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

Направленность (профиль) – «Охрана окружающей среды и рациональное  
использование природных ресурсов»

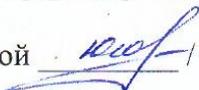
Квалификация – бакалавр

Количество зачётных единиц (часов) – 9 (324)

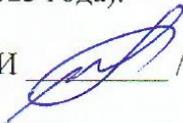
г. Екатеринбург, 2023

Разработчики: канд. хим. наук, доцент  / Ю.А. Горбатенко /

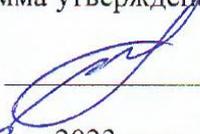
Рабочая программа утверждена на заседании кафедры физико-химической технологии защиты биосферы (протокол № 6 от « 11 » 01 2023 года).

Зав. кафедрой  / Ю.А. Горбатенко /

Рабочая программа рекомендована к использованию в учебном процессе методической комиссией химико-технологического института (протокол № 3 от « 15 » 02 2023 года).

Председатель методической комиссии ХТИ  / И.Г. Перова /

Рабочая программа утверждена директором химико-технологического института

Директор ХТИ  / И.Г. Перова /

« 15 » 02 2023 года

## Оглавление

1. Общие положения .....	4
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	6
4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся .....	6
5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов .....	7
5.1. Трудоемкость разделов дисциплины .....	7
очная форма обучения .....	7
заочная форма обучения .....	7
очно-заочная форма обучения .....	7
5.2. Содержание занятий лекционного типа .....	8
5.3. Темы и формы занятий семинарского типа .....	10
5.4. Детализация самостоятельной работы .....	13
6. Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине .....	15
7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине .....	19
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы .....	19
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания .....	19
7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы .....	22
7.4. Соответствие шкалы оценок и уровней сформированных компетенций .....	31
8. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся .....	32
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	35
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	36

## 1. Общие положения

Дисциплина «Технология рекуперации газовых выбросов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 учебного плана, входящего в состав образовательной программы высшего образования 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (профиль – Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов).

Нормативно-методической базой для разработки рабочей программы учебной дисциплины «Технология рекуперации газовых выбросов» являются:

- Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», утвержденный приказом Минобрнауки РФ № 273-ФЗ от 29.12.2012;
- Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденный приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 г. №245.
- Приказ Минобрнауки России от 19.07.2022 г. №662 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования».
- Концепция преподавания истории России для неисторических специальностей и направлений подготовки, реализуемых в образовательных организациях высшего образования, утвержденная протоколом Экспертного совета по развитию исторического образования от 15.02.2023 № ВФ/15-пр.
- Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 17.11.2020 г. № 806н «Об утверждении профессионального стандарта - Специалист по эксплуатации очистных сооружений водоотведения».
- Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2020 г. № 569н «Об утверждении профессионального стандарта - Специалист по экологической безопасности (в промышленности)».
- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (уровень бакалавриат), утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ № 923 от 07.08.2020;
- Учебные планы ОПОП ВО 18.03.02 – «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (уровень бакалавриата) по очной и заочной формам обучения. Образовательная программа утверждена на заседании Учёного Совета ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет (протокол № 3 от 16.03.2023). С дополнениями и изменениями, утвержденными на заседании Учёного совета ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет (протокол от 20.04.2023 №4), введенными в действие приказом УГЛТУ от 28.04.2023 №302-А.

Обучение по образовательной 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (профиль – Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов) осуществляется на русском языке.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемыми результатами обучения по дисциплине являются знания, умения, владения и/или опыт деятельности, характеризующие этапы/уровни формирования компетенций и обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы в целом.

**Цель освоения дисциплины** – формирование у будущих бакалавров высокого уровня обобщения методологии выбора оборудования и технологии для защиты атмосферы от загрязнений и рекуперации уловленных из промышленных выбросов веществ.

**Задачи дисциплины:**

- дать сведения об основных методах и средствах защиты атмосферы от промышленных выбросов, основных направлениях рационального природопользования;
- ознакомить с устройством и принципом работы основного пылеочистного оборудования;
- научить выявлять основные факторы, влияющие на экологическую безопасность, разрабатывать эффективные, энерго- и ресурсосберегающие технологии, проводить эколого-экономическую оценку эффективности предлагаемых воздухоохраных мероприятий;
- ознакомить с методиками расчета пылегазоочистного оборудования.

**Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих профессиональных компетенций:**

- **ПК-4.** Готов обосновывать снижение экологических рисков при расширении, реконструкции и внедрении новых экологически безопасных, энерго- и ресурсосберегающих технологий и экобиозащитного оборудования;
- **ПК-5.** Готов обосновывать и внедрять в организации новые природоохранные техники и технологии с учетом эколого-экономического анализа, специфики работы предприятия/организации и позиции воздействия опасностей на человека.

**В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

**знать:**

- назначение, устройство и принципы работы технологического пылегазоочистного оборудования;
- экологические безопасные и доступные технологии;
- основные направления рационального использования природных ресурсов, методы и средства обеспечения экологической безопасности;
- основные источники загрязнения атмосферного воздуха;
- техники и технологи, обеспечивающие минимизацию антропогенного воздействия на атмосферный воздух;

**уметь:**

- обосновывать снижение экологических рисков при введении в эксплуатацию в организации конкретного вида пылегазоочистного оборудования и систем обезвреживания промышленных выбросов;
- проводить обоснованный выбор и конструкторско-технологический анализ пылегазоочистного оборудования;
- разрабатывать технические воздухоохраные решения по снижению негативного воздействия на окружающую среду при производстве новой продукции;
- обосновывать и внедрять на предприятия малоотходные и ресурсосберегающие технологии;
- проводить эколого-технологический анализ существующей системы обезвреживания промышленных выбросов и обоснованного предлагать новые экологически безопасные технологии;

**владеть:**

- навыками экологического анализа проектов расширения и реконструкции действующих производств;
- навыками проведения расчетов пылегазоочистного оборудования для обоснования проектов расширения и реконструкции действующих производств;
- навыками эколого-экономического обоснования выбора пылеочистного оборудования и систем / технологий обезвреживания промышленных выбросов с учетом специфики работы предприятия / организации.

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная учебная дисциплина относится к дисциплинам по выбору в части, формируемой участниками образовательных отношений, что означает формирование в процессе обучения у бакалавра основных профессиональных знаний и компетенций в рамках выбранного профиля и профессионального стандарта.

Освоение данной дисциплины является необходимой основой для последующего изучения дисциплин ОПОП и написания выпускной квалификационной работы.

#### Перечень обеспечивающих, сопутствующих и обеспечиваемых дисциплин

	Обеспечивающие	Сопутствующие	Обеспечиваемые
1	Промышленная экология	Технология основных производств и промышленных выбросов	Экономика природопользования
2	Процессы и аппараты химической технологии	Технология очистки сточных вод	Производственная практика (преддипломная)
3	Теоретические основы защиты окружающей среды	Расчеты химико-технологических процессов	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
4	Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая))	Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Указанные связи дисциплины дают обучающемуся системное представление о комплексе изучаемых дисциплин в соответствии с ФГОС ВО, что обеспечивает требуемый теоретический уровень и практическую направленность в системе обучения и будущей деятельности выпускника.

### 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

#### Общая трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего академических часов		
	очная форма	заочная форма	очно-заочная форма
<b>Контактная работа с преподавателем*:</b>	<b>164,6</b>	<b>34,6</b>	<b>68,6</b>
лекции (Л)	64	16	38
практические занятия (ПЗ)	40	-	20
лабораторные работы (ЛР)	60	18	10
иные виды контактной работы	0,6	0,6	0,6
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>159,4</b>	<b>289,4</b>	<b>255,4</b>
изучение теоретического курса	40	110	90
подготовка к текущему контролю	80	167	126
курсовая работа (курсовой проект)	-	-	-
подготовка к промежуточной аттестации	39,4	12,4	39,4
<b>Вид промежуточной аттестации:</b>	<b>зачет с оценкой, экзамен</b>	<b>зачет с оценкой, экзамен</b>	<b>зачет с оценкой, экзамен</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>9/324</b>		

\*Контактная работа обучающихся с преподавателем, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий, включает занятия лекционного типа, и (или) занятия семинарского типа, лабораторные занятия, и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающегося с преподавателем, а также аттестационные испытания промежуточной аттестации. Контактная работа может включать иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую и индивидуальную работу обучающихся с преподавателем. Часы контактной работы определяются Положением об организации и проведении контактной работы при реализации образовательных программ высшего образования, утвержденным Ученым советом УГЛТУ от 25 февраля 2020 года.

## 5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов

### 5.1.Трудоемкость разделов дисциплины

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	Всего контактной работы	Самостоятельная работа
1	Введение в курс «Технология рекуперации газовых выбросов»	6	-	18	24	16
2	Санитарно-гигиенические основы вентиляции	6	-	6	12	8
3	Технология рекуперации пылевых выбросов	20	32	12	64	52
4	Технология рекуперации газовых выбросов	32	8	24	64	44
<b>Итого по разделам:</b>		<b>64</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>164</b>	<b>120</b>
Промежуточная аттестация					0,6	39,4
<b>Всего</b>		<b>324</b>				

#### заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	Всего контактной работы	Самостоятельная работа
1	Введение в курс «Технология рекуперации газовых выбросов»	2	-	4	6	40
2	Санитарно-гигиенические основы вентиляции	2	-	-	2	20
3	Технология рекуперации пылевых выбросов	4	-	4	8	60
4	Технология рекуперации газовых выбросов	8	-	10	18	157
<b>Итого по разделам:</b>		<b>16</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>34</b>	<b>277</b>
Промежуточная аттестация					0,6	12,4
<b>Всего</b>		<b>324</b>				

#### очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	Всего контактной работы	Самостоятельная работа
1	Введение в курс «Технология рекуперации газовых выбросов»	2	-	-	2	40

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	Всего контактной работы	Самостоятельная работа
2	Санитарно-гигиенические основы вентиляции	4	-	-	6	20
3	Технология рекуперации пылевых выбросов	20	8	-	26	52
4	Технология рекуперации газовых выбросов	12	12	10	34	104
<b>Итого по разделам:</b>		<b>38</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>68</b>	<b>216</b>
Промежуточная аттестация					0,6	39,4
<b>Всего</b>		<b>324</b>				

## 5.2. Содержание занятий лекционного типа

### 1. Введение в курс «Технология рекуперации газовых выбросов»

1.1. *Цели и задачи дисциплины.* Место дисциплины в системе экологических наук. Связь со смежными дисциплинами. Цели и задачи защиты окружающей природной среды.

1.2. *Выбор и классификация пылеулавливающих аппаратов.* Основные подходы к выбору методы и аппарата, для обезвреживания отходящих газов. Влияние физико-химических свойств промышленных пылей на выбор способа обезвреживания выбросов и типа пылеуловителя.

1.3. *Проектирование технологических процессов очистки промышленных выбросов.* Отбор газов или воздуха от источника выделения вредных веществ. Подготовка промышленных выбросов к очистке. Основные характеристики пылеулавливающего оборудования. Оценка эффективности работы пылеуловителей: определение общей и фракционной степени очистки.

### 2. Санитарно-гигиенические основы вентиляции.

2.1. *Основные принципы вентиляции помещений с вредностями в виде газов и паров.* Требования, предъявляемые к вентиляции: санитарно-гигиенические и технологические. Назначение вентиляции. Определение количества вредностей просачивающихся в помещение через неплотности в оборудовании, в результате испарения с открытых емкостей, а также при сушке материала. Классификация вентиляционных систем по назначению: общеобменную, зональную, местную. Определение кратности необходимого воздухообмена.

2.2. *Требования к разработке аспирационных систем.* Основные источники поступления вредностей. Особенности установки аспирационных укрытий. Определение объема воздуха отсасываемого из под аспирационных укрытий.

### 3. Технология рекуперации пылевых выбросов

3.1. *Очистка газов в сухих механических пылеуловителях.* Конструкции гравитационных пылеуловителей. Расчет и область применения многополочных пылесадительных камер. Факторы, влияющие на процесс очистки.

Конструкции инерционных пылеуловителей. Устройство и принцип действия отстойного газохода, пылевого мешка и жалюзийного пылеуловителя. Основные факторы, влияющие на эффективность работы. Область применения.

Конструкции центробежных пылеуловителей. Устройство и принцип действия одиночных, групповых и батарейных циклонов. Циклоны конструкции НИИОГаз, ЛИОТ, СИОТ, ВЦНИИОТ. Факторы, влияющие на процесс осаждения частиц в циклоне.

3.2. *Очистка газов фильтрованием через пористые перегородки.* Характеристика промышленных фильтровальных материалов. Фильтровальные материалы и их основные свойства: газовая нагрузка (скорость фильтрования), термостойкость, срок службы. Конструкции, устройство и принцип действия фильтров рукавного типа. Способы регенера-

ции рукавов: обратная продувка, механическое встряхивание, струйная и импульсная продувка. Конструкции насыпных и жестких фильтров. Электростатические фильтры тонкой очистки. Выбор и расчет фильтров

3.3. *Очистка газов в электрофильтрах.* Конструкции электрофильтров: трубчатые, пластинчатые. Выбор типа и размеров электрофильтра. Факторы, влияющие на работу электрофильтра. Область применения метода.

3.4. *Очистка газов в мокрых пылеуловителях.* Принцип работы и конструкции мокрых пылеуловителей-скрубберов. Устройства оросителей: форсунки, брызгалки, многоконтурные оросители, тарельчатые и дисковые оросители. Факторы, влияющие на процесс очистки газов в скрубберах. Устройство насадочных и тарельчатых скрубберов. Типы насадок и тарелок, предъявляемые к ним требования. Гидродинамические режимы работы. Устройство, принцип работы и область применения скрубберов Вентури, центробежных и ударно-инерционных пылеуловителей.

3.5. *Способы рекуперации уловленной пыли.* Основные факторы, влияющие на выбор методы утилизации уловленной пыли (ликвидация, изоляция, рекуперация). Возможные пути использования промышленных пылей: использование пыли в качестве целевого продукта; возврат пыли в производство; утилизация пыли, уловленной в одном производстве, в качестве сырья для другого производства.

#### **4. Технология рекуперации газовых выбросов**

4.1. *Классификация методов очистки промышленных выбросов от газообразных примесей.* Характеристика, особенности, область применения основных методов обезвреживания выбросов от газообразных компонентов: абсорбционные, адсорбционные, каталитические, конденсационные и термические.

4.2. *Особенности абсорбционной очистки газов.* Абсорбционная очистка газов. Требования, предъявляемые к абсорбентам. Физическая и химическая абсорбция. Область применения метода в промышленности. Статика и кинетика процесса.

4.3. *Особенности адсорбционной очистки газов.* Адсорбционная очистка газов. Типы и назначение адсорбентов. Способы регенерации и реактивации сорбентов. Кинетика процесса. Особенности молекулярной, объемной и поверхностной диффузии. Динамика процесса адсорбции (изменение фронта сорбции, понятие время защитного действия слоя адсорбента, высота работающего слоя). Построение выходной кривой адсорбции (понятие динамическая адсорбционная способность, равновесная адсорбционная способность).

4.4. *Очистка отходящих газов от оксида серы (IV).* Основные источники загрязнения атмосферы. Экологические последствия. Особенности абсорбционной очистки отходящих газов от сернистого ангидрида. Нерекуперационные методы газоочистки: абсорбция водой, известковые и известняковые методы, абсорбция летучей суспензией золы. Рекуперационные методы газоочистки: нейтрализационные (содовый, цинковый, магнетитовый) и аммиачные (нециклические, циклические, кислотные) методы.

Адсорбенты, используемые для очистки отходящих газов от оксида серы (IV). Конструктивное оформление методы. Факторы, влияющие на выбор метода.

Каталитические методы обезвреживания газов от оксида серы (IV): пиролюзитный, озон-каталитический и жидкостно-контактный. Факторы, влияющие на выбор метода.

4.5. *Очистка отходящих газов от оксидов углерода.* Основные источники загрязнения атмосферы. Экологические последствия. Физико-химические основы и технологическое оформление абсорбционных методов очистки газов от окислов углерода: абсорбция медь-алюминий-хлоридным раствором и жидким азотом. Особенности каталитического метода обезвреживания газов.

4.6. *Очистка отходящих газов от оксидов азота.* Основные источники загрязнения атмосферы. Экологические последствия. Химические свойства окислов азота. Особенности окислительных методов обезвреживания отходящих нитрозных газов: окисление окислов азота в газовой фазе с использованием кислорода и озона; окисление на низкотемпературных катализаторах; окисление окислов азота в жидкой фазе с использованием

кислорода и озона; окисление жидкими окислителями. Физико-химические основы методы и технологическое оформление процесса.

Особенности восстановительных методов обезвреживания отходящих нитрозных газов: термическое разложение в потоке низкотемпературной плазмы с использованием газообразных, жидких и твердых восстановителей; каталитическое восстановление; восстановление жидкими восстановителями; перевод в соединения с низкой температурой разложения. Физико-химические основы методы и технологическое оформление процесса.

Особенности сорбционных методов обезвреживания отходящих нитрозных газов: абсорбция щелочами; адсорбционные методы очистки. Физико-химические основы методы и технологическое оформление процесса.

4.7. *Очистка отходящих газов от сероводорода и сероуглерода.* Основные источники загрязнения атмосферы. Экологические последствия. Физико-химические основы и технологическое оформление абсорбционных методов очистки газов от сероводорода: вакуум-карбонатный; железо-содовый и щелочно-гидрохиноновый методы. Физико-химические основы и технологическое оформление адсорбционных методов очистки газов от сероводорода: гидроксидом железа (III), активированными углями, цеолитами и сорбентами, полученными на основе оксидов цинка и меди.

Физико-химические основы и технологическое оформление адсорбционных методов очистки газов от сероуглерода: особенности обезвреживания в адсорберах с кипящим и неподвижным слоем адсорбента. Комплексный метод одновременного обезвреживания сернистых газов.

4.8. *Очистка отходящих газов от галогенов.* Основные источники загрязнения атмосферы. Экологические последствия. Физико-химические основы и технологическое оформление абсорбционных методов очистки газов от хлорсодержащих соединений: абсорбция водой и абсорбция четырех хлористым углеродом. Физико-химические основы и абсорбционных методов очистки газов от хлорсодержащих соединений.

Физико-химические основы и технологическое оформление абсорбционных и адсорбционных методов очистки отходящих газов от фторсодержащих соединений.

### 5.3. Темы и формы занятий семинарского типа

Учебный планом по дисциплине предусмотрены лабораторные и практические занятия

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Форма проведения занятия	Трудоёмкость, час					
			всего			в том числе в форме практической подготовки		
			очная	заочная	очно-заочная	очная	заочная	очно-заочная
1	Раздел 1. Введение в курс «Технология рекуперации газовых выбросов» (тема: 1.2. Выбор и классификация пылеулавливающих аппаратов)	лабораторная работа	6	-	-	6	-	-
2	Раздел 1. Введение в курс «Технология рекуперации газовых выбросов» (тема: 1.3. Проектирование технологических процессов очистки промышленных выбросов)	лабораторная работа	6	-	-	6	-	-

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Форма проведения занятия	Трудоёмкость, час					
			всего			в том числе в форме практической подготовки		
			очная	заочная	очно-заочная	очная	заочная	очно-заочная
3	Раздел 1. Введение в курс «Технология рекуперации газовых выбросов» (тема: 1.3. Проектирование технологических процессов очистки промышленных выбросов)	лабораторная работа	6	4	-	-	-	-
4	Раздел 2. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 2.1. Основные принципы вентиляции помещений с вредностями в виде газов и паров)	лабораторная работа	6	-	-	-	-	-
5	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.1. Очистка газов в сухих механических пылеуловителях)	лабораторная работа	6	-	-	-	-	-
6	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.1. Очистка газов в сухих механических пылеуловителях)	лабораторная работа	6	4	-	6	4	-
7	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.1. Очистка газов в сухих механических пылеуловителях)	практическая работа	4	-	-	-	-	-
8	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.1. Очистка газов в сухих механических пылеуловителях)	практическая работа	4	-	2	-	-	-
9	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.1. Очистка газов в сухих механических пылеуловителях)	практическая работа	4	-	-	-	-	-
10	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.2. Очистка газов фильтрованием через пористые перегородки)	практическая работа	4	-	2	-	-	-
11	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.3. Очистка газов в электрофильтрах)	практическая работа	4	-	2	-	-	-

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Форма проведения занятия	Трудоёмкость, час					
			всего			в том числе в форме практической подготовки		
			очная	заочная	очно-заочная	очная	заочная	очно-заочная
12	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.4. Очистка газов в мокрых пылеуловителях)	практическая работа	4	-	2	-	-	-
13	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.4. Очистка газов в мокрых пылеуловителях)	практическая работа	4	-	-	-	-	-
14	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.4. Очистка газов в мокрых пылеуловителях)	практическая работа	4	-	-	-	-	-
15	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема: 4.2. Особенности абсорбционной очистки газов)	лабораторная работа	8	-	-	8	4	-
16	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема: 4.2. Особенности абсорбционной очистки газов)	лабораторная работа	8	4	4	8	-	4
17	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема: 4.2. Особенности абсорбционной очистки газов)	практическая работа	-	-	4	-	-	-
18	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема: 4.3. Особенности адсорбционной очистки газов)	лабораторная работа	8	4	6	8	-	6
19	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема: 4.3. Особенности адсорбционной очистки газов)	практическая работа	-	-	4	-	-	-
20	Раздел 3 (4). Технология рекуперации пылевых (газовых) выбросов	кейс-задание	8	2	4	-	-	-
<b>Итого:</b>			<b>100</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>36</b>	<b>8</b>	<b>10</b>

#### 5.4. Детализация самостоятельной работы

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Вид самостоятельной работы	Трудоемкость, час		
			очная	заочная	очно-заочная
1	Раздел 1. Введение в курс «Технология рекуперации газовых выбросов» (Тема 1.2. Классификация пылеулавливающих аппаратов)	Подготовка к опросу по теме лабораторной работы и защите отчетных материалов	4	12	16
2	Раздел 1. Введение в курс «Технология рекуперации газовых выбросов» (тема: 1.3. Проектирование технологических процессов очистки промышленных выбросов)	Подготовка к опросу по темам лабораторных работ и защите отчетных материалов, подготовка к тестовому контролю	12	20	24
3	Раздел 2. Санитарно-гигиенические основы вентиляции (тема: 2.1. Основные принципы вентиляции помещений с вредностями в виде газов и паров)	Подготовка к опросу по теме лабораторной работы и защите отчетных материалов	4	12	10
4	Раздел 2. Санитарно-гигиенические основы вентиляции (тема: 2.2. Требования к разработке аспирационных систем)	Подготовка к тестовому контролю	4	6	10
5	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.1. Очистка газов в сухих механических пылеуловителях)	Подготовка к опросу по темам лабораторных работ и защите отчетных материалов, подготовка к практическим занятиям, подготовка к тестовому контролю	21	26	14
6	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.2. Очистка газов фильтрованием через пористые перегородки)	Подготовка к практическому занятию и защите отчетных материалов, подготовка к тестовому контролю	7	12	8
7	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.3. Очистка газов в электрофильтрах)	Подготовка к практическому занятию и защите отчетных материалов, подготовка к тестовому контролю	7	8	8
8	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.4. Очистка газов в мокрых пылеуловителях)	Подготовка к практическому занятию и защите отчетных материалов, подготовка к тестовому контролю	13	8	14

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Вид самостоятельной работы	Трудоемкость, час		
			очная	заочная	очно-заочная
9	Раздел 3. Технология рекуперации пылевых выбросов (тема: 3.5. Способы рекуперации уловленной пыли)	Подготовка к тестовому контролю	4	8	8
10	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема: 4.1. Классификация методов очистки промышленных выбросов от газообразных примесей)	Подготовка к тестовому контролю	3	22	8
11	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема: 4.2. Особенности абсорбционной очистки газов)	Подготовка к опросу по темам лабораторных работ и защите отчетных материалов, подготовка к тестовому контролю	13	22	10
12	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема: 4.2. Особенности абсорбционной очистки газов)	Подготовка к опросу по теме практической работ и защите отчетных материалов	-	-	8
13	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема: 4.3. Особенности адсорбционной очистки газов)	Подготовка к опросу по темам лабораторных работ и защите отчетных материалов, подготовка к тестовому контролю	8	22	10
14	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема: 4.3. Особенности адсорбционной очистки газов)	Подготовка к опросу по теме практической работ и защите отчетных материалов	-	-	8
15	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема: 4.4. Очистка отходящих газов от оксида серы (IV))	Подготовка к тестовому контролю	3	20	8
16	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема: 4.5. Очистка отходящих газов от оксидов углерода)	Подготовка к тестовому контролю	3	10	8
17	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема: 4.6. Очистка отходящих газов от оксидов азота)	Подготовка к тестовому контролю	3	16	8
18	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема: 4.7. Очистка отходящих газов от сероводорода и сероуглерода)	Подготовка к тестовому контролю	3	16	8
19	Раздел 4. Технология рекуперации газовых выбросов (тема:	Подготовка к тестовому контролю	3	10	8

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Вид самостоятельной работы	Трудоемкость, час		
			очная	заочная	очно-заочная
	4.8. Очистка отходящих газов от галогенов)	контролю			
20	Раздел 3 (4). Технология рекуперации пылевых (газовых) выбросов	Подготовка презентации и доклада по кейс-заданию	5	16	20
21	Подготовка к промежуточной аттестации	Изучение лекционного материала, литературных источников в соответствии с тематикой	39,4	12,4	39,4
<b>Итого:</b>			<b>159,4</b>	<b>289,4</b>	<b>255,4</b>

### 6. Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине Основная и дополнительная литература

№ п/п	Автор, наименование	Год издания	Примечание
<b>Основная учебная литература</b>			
1	Ветошкин, А.Г. Аппаратурное оформление процессов защиты атмосферы от газовых выбросов / А.Г. Ветошкин. – 2-е изд. испр. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 244 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=444178">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=444178</a> – ISBN 978-5-9729-0126-5. – Текст: электронный.	2016	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
2	Ветошкин, А.Г. Инженерная защита атмосферы от вредных выбросов: [16+] / А.Г. Ветошкин. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 317 с.: ил., табл., схем. – (Инженерная экология для бакалавриата). – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=564889">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=564889</a> – Библиогр.: с. 311 - 313. – ISBN 978-5-9729-0248-4. – Текст: электронный.	2019	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
3	Ветошкин, А.Г. Инженерная защита окружающей среды от вредных выбросов: в 2-х частях / А.Г. Ветошкин. – 2-е изд. испр. и доп. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 416 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=444180">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=444180</a> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0127-2. – Текст: электронный.	2016	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
4	Процессы, аппараты и техника защиты окружающей среды. Ч. II: Очистка газопылевых выбросов: учеб. пособие: в 2 частях / В.И. Легкий, Ю.А. Горбатенко И.Г. Первова, И.Н. Липунов; под ред. проф. И.Н. Липунова. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2018. – 299 с. – Режим доступа: <a href="http://lmsstudy.usfeu.ru/course/view.php?id=8">http://lmsstudy.usfeu.ru/course/view.php?id=8</a>	2018	ЭИОС
<b>Дополнительная учебная литература</b>			
5	Ветошкин, А.Г. Инженерная защита гидросферы от вредных выбросов: [16+] / А.Г. Ветошкин. – 2-е изд., испр. и	2019	Полнотекстовый доступ при вхо-

	доп. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 417 с.: ил., табл., схем. – (Инженерная экология для бакалавриата). – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=564893">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=564893</a> – Библиогр.: с. 409 - 411. – ISBN 978-5-9729-0249-1. – Текст: электронный.		де по логину и паролю*
6	Зиганшин, М. Г. Проектирование аппаратов пылегазоочистки: учебное пособие / М. Г. Зиганшин, А. А. Колесник, А. М. Зиганшин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 544 с. - ISBN 978-5-8114-1681-3.- Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/53696">https://e.lanbook.com/book/53696</a> - Режим доступа: для авториз. пользователей	2014	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
7	Мухутдинов, А.А. Физико-химические методы очистки газов: (лабораторный практикум) / А.А. Мухутдинов, С.В. Степанова, О.А. Сольяшинова; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2012. – 138 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=259039">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=259039</a> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7882-1254-8. – Текст : электронный.	2012	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
8	Сосновский, В.И. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Абсорбция газов / В.И. Сосновский, Н.Б. Сосновская, С.В. Степанова; Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО Казанский государственный технологический университет. – Казань: КГТУ, 2009. – 114 с: ил – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=259096">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=259096</a> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7245-0514-2. – Текст: электронный.	2009	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
9	Горбатенко, Ю.А. Отбор проб газа и определение содержания газообразных загрязняющих компонентов [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторному практикуму по дисциплине «Технология рекуперации газовых выбросов» для студентов очной и заочной форм обучения направления 20.03.01 (280700.62) «Техносферная безопасность» и 18.03.02 (241000.62) «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» / Ю.А. Горбатенко. – Екатеринбург: УГЛТУ, – 2015. – 33 с. – Режим доступа: <a href="https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/4362">https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/4362</a>	2015	Электронный архив УГЛТУ
10	Горбатенко, Ю.А. Определение влажности газового потока [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторному практикуму для обучающихся очной и заочной форм обучения. Направления 20.03.01 «Техносферная безопасность» и 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», дисциплина «Технология рекуперации газовых выбросов» / Ю.А. Горбатенко. – Екатеринбург: УГЛТУ, – 2021. – 33 с. – Режим доступа:	2021	Электронный архив УГЛТУ

	<a href="https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/4362">https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/4362</a>		
11	Горбатенко, Ю.А. Аэрозоли и их основные физико-химические свойства [Электронный ресурс]: метод. указания к лабораторному практикуму по дисциплинам «Технология рекуперации газовых выбросов» для студентов очной и заочной форм обучения направления 280700 «Техносферная безопасность» и 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в хим. технологии, нефтехимии и биотехнологии» / Ю.А. Горбатенко. – Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, – 2014. – 35 с. – Режим доступа: <a href="https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3232">https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3232</a>	2014	Электронный архив УГЛТУ
12	Горбатенко, Ю.А. Абсорбция примеси токсичного газа из загрязненного воздуха «Статика и кинетика процесса абсорбции» [Электронный ресурс]: метод. указания к лабораторному практикуму по дисциплине «Технология рекуперации газовых выбросов» для студентов очной и заочной форм обучения. Специальности 280201 «Охрана ОС и рационал. использование природ. Ресурсов» и 280202 «Инженер. защита окружающей среды» / Ю.А. Горбатенко: в 2 частях. – Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, – 2008. – Ч. I. – 23 с. – Режим доступа: <a href="http://lmsstudy.usfeu.ru/course/view.php?id=8">http://lmsstudy.usfeu.ru/course/view.php?id=8</a>	2008	ЭИОС
13	Горбатенко, Ю.А. Абсорбция примеси токсичного газа из загрязненного воздуха «Технология абсорбционной газоочистки» [Электронный ресурс]: метод. указания к лабораторному практикуму по дисциплине «Технология рекуперации газовых выбросов» для студентов очной и заочной форм обучения направления 280700 «Техносферная безопасность» и 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в хим. технологии, нефтехимии и биотехнологии» / Ю.А. Горбатенко: в 2 частях. – Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, – 2013. – Ч. II. – 27 с. – Режим доступа: <a href="http://lmsstudy.usfeu.ru/course/view.php?id=8">http://lmsstudy.usfeu.ru/course/view.php?id=8</a>	2013	ЭИОС
14	Горбатенко, Ю.А. Адсорбция примеси токсичного газа из загрязненного воздуха [Электронный ресурс]: метод. указания к лаб. практикуму по дисциплине «Технология рекуперации газовых выбросов» для студентов очной и заочной форм обучения направления 280700 «Техносферная безопасность» и 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в хим. технологии, нефтехимии и биотехнологии» / Ю.А. Горбатенко. – Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, – 2014. – 45 с. – Режим доступа: <a href="https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3233">https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3233</a>	2014	Электронный архив УГЛТУ

\* прежде чем пройти по ссылке, необходимо войти в систему

Функционирование электронной информационно-образовательной среды обеспечивается соответствующими средствами информационно-коммуникационных технологий.

#### Электронные библиотечные системы

Каждый обучающийся обеспечен доступом к электронной библиотечной системе УГЛТУ (<http://lib.usfeu.ru/>), универсальная база данных East View (ООО «ИВИС») <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>, ЭБС Издательства Лань <http://e.lanbook.com/>, ЭБС

Университетская библиотека онлайн <http://biblioclub.ru/>, содержащих издания по основным изучаемым дисциплинам и сформированных по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

### **Справочные и информационные системы**

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru/>).
2. Справочно-правовая система «Система ГАРАНТ». Свободный доступ (режим доступа: <http://www.garant.ru/company/about/press/news/1332787/>).
3. Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат. ВУЗ» (URL: <https://www.antiplagiat.ru/>).

### **Профессиональные базы данных**

1. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов // Акционерное общество «Информационная компания «Кодекс» (<https://docs.cntd.ru/>). Режим доступа: свободный.
2. Официальный интернет-портал правовой информации (<http://pravo.gov.ru/>). Режим доступа: свободный
3. База полнотекстовых и библиографических описаний книг и периодических изданий (<http://www.ivis.ru/products/udbs.htm>). Режим доступа: свободный
4. Информационные системы, банки данных в области охраны окружающей среды и природопользования – Режим доступа: <http://минприродыро.рф>
5. Информационная система «ТЕХНОРМАТИВ». – Режим доступа: <https://www.technormativ.ru/> ;
6. Научная электронная библиотека eLibrary. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>.
7. Программы для экологов EcoReport. – Режим доступа: <http://ecoreport.ru/> ;
8. Информационные системы «Биоразнообразии России». – Режим доступа: <http://www.zin.ru/BioDiv/>

### **Нормативно-правовые акты**

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ (ред. от 30.12.2020). С изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2021. – Режим доступа: <https://demo.consultant.ru/cgi/online.cgi?req=doc&ts=51460506304105653232087527&cacheid=618FE8A01F3CE2A2127C47EF7B50C3B2&mode=splus&base=RZR&n=357154&rnd=61BB4DBBDBB4934B5196112E78BCA831#1ylrpozekjs>
2. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 №96-ФЗ (ред. от 08.12.2020). – Режим доступа: <https://demo.consultant.ru/cgi/online.cgi?req=doc&ts=82378222807697057290023339&cacheid=2AA1E5C242A63283400C0CB75CA1BFAA&mode=splus&base=RZR&n=370329&rnd=61BB4DBBDBB4934B5196112E78BCA831#1d3yq78x4ot>
3. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ (ред. от 07.04.2020). С изм. и доп., вступ. в силу с 14.06.2020. – Режим доступа: <https://demo.consultant.ru/cgi/online.cgi?req=doc&ts=211626294608152263367298476&cacheid=4C3CCAF5034C6A2E2E4FEA685E43BD91&mode=splus&base=RZR&n=340343&rnd=61BB4DBBDBB4934B5196112E78BCA831#77nt098coio>
4. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 № 52-ФЗ (ред. от 13.07.2020). – Режим доступа: <https://demo.consultant.ru/cgi/online.cgi?req=doc&ts=90263871202497402182882562&cacheid=66A4353B3850656CC36F31D855C08D1C&mode=splus&base=RZR&n=357147&rnd=61BB4DBBDBB4934B5196112E78BCA831#2jrcjeqyte8>
5. Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» от 14 марта 1995 г. №33-ФЗ (ред. от 30.12.2020). – Режим доступа:

<https://demo.consultant.ru/cgi/online.cgi?req=doc&ts=82380137503398149091268725&cacheid=EAA2A61F32D286D8F9D031285219FAA2&mode=splus&base=RZR&n=372890&rnd=61B4DBBDBB4934B5196112E78BCA831#mc43oocqja>

6. Приказ Минприроды России «Об утверждении правил эксплуатации установок очистки газа» от 15.09.2017 №498. – Режим доступа: <https://demo.consultant.ru/cgi/online.cgi?req=doc&ts=198145014505994973645841339&cacheid=60909D0909873F967E163B056B98FAEF&mode=splus&base=RZR&n=287384&rnd=61B4DBBDBB4934B5196112E78BCA831#1rkfks4lgx3>

## 7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Формируемые компетенции	Вид и форма контроля
<b>ПК-4.</b> Готов обосновывать снижение экологических рисков при расширении, реконструкции и внедрении новых экологически безопасных, энерго- и ресурсосберегающих технологий и экобиозащитного оборудования	<b>Промежуточный контроль:</b> контрольные вопросы к зачету с оценкой, экзамену <b>Текущий контроль:</b> опрос, защита отчетных материалов по лабораторной и практической работе, тестирование, кейс-задание (защита презентации и доклада)
<b>ПК-5.</b> Готов обосновывать и внедрять в организации новые природоохранные техники и технологии с учетом эколого-экономического анализа, специфики работы предприятия/организации и позиции воздействия опасностей на человека	<b>Промежуточный контроль:</b> контрольные вопросы к зачету с оценкой, экзамену <b>Текущий контроль:</b> опрос, защита отчетных материалов по лабораторной и практической работе, тестирование, кейс-задание (защита презентации и доклада)

### 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

**Критерии оценивания устного ответа на контрольные вопросы зачета с оценкой (промежуточный контроль, формирование компетенций ПК-4 и ПК-5)**

«5» (*отлично*) – все контрольные мероприятия (тесты; лабораторные и практические работы, включая опрос, выполнение работы и защита отчетов; защита кейс-задания) выполнены в срок; оформление, структура и стиль работы - образцовые; лабораторные и практические работы выполнены самостоятельно; присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы. Обучающийся правильно ответил на все вопросы зачета с оценкой;

«4» (*хорошо*) – все контрольные мероприятия (тесты; лабораторные и практические работы, включая опрос, выполнение работы и защита отчетов; защита кейс-задания) выполнены в срок; в оформлении, структуре и стиле работы нет грубых ошибок; лабораторные и практические работы выполнены самостоятельно; присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы. Обучающийся ответил на все вопросы зачета с оценкой с помощью «наводящих» вопросов;

«3» (*удовлетворительно*) – контрольные мероприятия (тесты; лабораторные и практические работы, включая опрос, выполнение работы и защита отчетов; защита кейс-задания) выполнены с нарушением графика; в оформлении, структуре и стиле работы есть

недостатки; лабораторные и практические работы выполнены под руководством преподавателя. Обучающийся ответил только на половину вопросов зачета с оценкой;

«2» (*неудовлетворительно*) – оформление работы (тесты; лабораторные и практические работы, включая опрос, выполнение работы и защита отчетов; защита кейс-задания) не соответствует требованиям; отсутствуют или сделаны неправильные выводы и обобщения. Обучающийся не ответил на вопросы при сдаче зачета с оценкой.

**Критерии оценивания устного ответа на контрольные вопросы экзамена (промежуточный контроль, формирование компетенций ПК-4 и ПК-5)**

«5» (*отлично*) – дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в терминах науки, показана способность быстро реагировать на уточняющие вопросы;

«4» (*хорошо*) – дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен в терминах науки. Однако допущены незначительные ошибки или недочеты, исправленные бакалавром с помощью «наводящих» вопросов;

«3» (*удовлетворительно*) – дан неполный ответ, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения. Допущены грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений, вследствие непонимания бакалавром их существенных и несущественных признаков и связей. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции;

«2» (*неудовлетворительно*) – бакалавр демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить, даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на занятии.

**Критерии оценивания опроса (текущий контроль, формирование компетенций ПК-4 и ПК-5):**

«5» (*отлично*): опрос пройден с первого раза; дан полный, развернутый ответ на все задаваемые преподавателем вопросы, показано знание и понимание темы. Обучающийся правильно ответил на все вопросы опроса, знает и понимает ход выполнения предстоящей лабораторной работы.

«4» (*хорошо*): опрос пройден со второй попытки; дан полный ответ на все задаваемые преподавателем вопросы, показано знание и понимание темы. Обучающийся при прохождении опроса правильно ответил на все вопросы с помощью преподавателя, знает и понимает ход выполнения предстоящей лабораторной работы.

«3» (*удовлетворительно*): опрос пройден с третьей попытки; даны ответы на половину задаваемых преподавателем вопросов, показано знание основных понятий темы, вынесенной на опрос. В ответе студентов отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний не показано. Обучающийся при прохождении опроса правильно ответил на большую часть задаваемых вопросов, однако, речевое оформление требует поправок, коррекции; студент знает ход выполнения предстоящей лабораторной работы.

«2» (*неудовлетворительно*) – обучающийся не знает основ темы, не способен делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить, даже при коррекции

преподавателем, отказывается отвечать на вопросы. Обучающийся не смог ответить даже на половину заданных ему вопросов, не знает хода проведения предстоящей лабораторной работы.

**Критерии оценивания выполнения лабораторных работ и защиты отчета (текущий контроль, формирование компетенций ПК-4 и ПК-5)**

«5» (*отлично*): работа выполнена в срок; оформление и содержательная часть отчета образцовые; работа выполнена самостоятельно; присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы. Обучающийся правильно ответил на все вопросы при защите отчетным материалов.

«4» (*хорошо*): работа выполнена в срок; в оформлении отчета и его содержательной части нет грубых ошибок; работа выполнена самостоятельно; присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы. Обучающийся при защите отчетным материалов правильно ответил на все вопросы с помощью преподавателя.

«3» (*удовлетворительно*): работа выполнена с нарушением графика; в оформлении, содержательной части отчета есть недостатки; работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения. Обучающийся при защите отчетным материалов ответил не на все вопросы.

«2» (*неудовлетворительно*): оформление работы не соответствует требованиям; отсутствуют или сделаны неправильные выводы и обобщения. Обучающийся не смог защитить отчетные материалы и пояснить представленные данные.

**Критерии оценивания выполнения заданий в тестовой форме (текущий контроль, формирование компетенций ПК-4 и ПК-5)**

По итогам выполнения тестовых заданий оценка производится по четырехбалльной шкале. При правильных ответах на:

86-100% заданий – оценка «*отлично*»;

71-85% заданий – оценка «*хорошо*»;

51-70% заданий – оценка «*удовлетворительно*»;

менее 51% - оценка «*неудовлетворительно*».

**Критерии оценивания кейс-занятия (текущий контроль, формирование компетенций ПК-4 и ПК-5):**

«5» (*отлично*): работа выполнена в срок; содержательная часть доклада и предложенные воздухоохранные мероприятия образцовые и сопровождаются иллюстрированной презентацией, соответствующей докладу, презентация подготовлена в PowerPoint; присутствуют рекомендации, заключения и аргументированные выводы. Обучающийся правильно ответил на все вопросы при защите проекта. Принимал активное участие в дискуссии.

«4» (*хорошо*): работа выполнена в срок; в содержательной части доклада и предложенные воздухоохранных мероприятиях нет грубых ошибок. Доклад сопровождается презентацией, соответствующей докладу, презентация подготовлена в PowerPoint; присутствуют рекомендации, заключения и аргументированные выводы. Обучающийся при защите проекта правильно ответил на все вопросы с помощью преподавателя. Принимал участие в дискуссии.

«3» (*удовлетворительно*): работа выполнена с нарушением графика; в структуре и предложенные воздухоохранных мероприятиях есть недостатки; презентация содержит материал, не комментируемый докладом; в докладе присутствуют собственные выводы. Обучающийся при защите проекта ответил не на все вопросы. Обучающийся не принимал участие в дискуссии.

«2» (*неудовлетворительно*): предложенные воздухоохранные мероприятия являются не эффективными; презентация к докладу – отсутствует; отсутствуют или сделаны неправильные выводы и рекомендации. Обучающийся не ответил на вопросы при защите проекта. Обучающийся не принимал участие в дискуссии.

### **7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **Контрольные вопросы к зачету с оценкой (промежуточный контроль) (раздел «Технология рекуперации пылевых выбросов») (7 семестр / 4 курс, 2 сессия)**

1. Основные источники выделения вредных газов, паров и пыли.
2. Основные нормативные документы (ОНД), ПДК пыли и аэрозолей в воздухе рабочей зоны производственных помещений.
3. Методы очистки и обезвреживания отходящих газов. Исходные данные для проектирования обеспыливающей системы.
4. Основные характеристики пылеулавливающего оборудования. Материальный баланс пылеулавливающей установки.
5. Очистка аэрозолей под действием гравитационных сил. Область применения, пылеуловители.
6. Пылеосадительные камеры. Принцип действия, область применения. Преимущества и недостатки. Факторы, влияющие на процесс.
7. Инерционные пылеуловители. Пылевой мешок. Отстойный газоход.
8. Жалюзийный пылеуловитель. Принцип действия. Область применения, режимы эксплуатации. Преимущества и недостатки.
9. Особенности очистки аэрозолей под действием инерционных и центробежных сил. Материальный баланс, степень очистки (общая и фракционная).
10. Циклоны. Устройство, режимы работы. Преимущества и недостатки.
11. Факторы, влияющие на процесс осаждения частиц в циклоне. Область применения циклонов.
12. Конструкции циклонов. Область применения, эффективность работы.
13. Групповые и мультициклоны. Требования к эксплуатации циклонов. Степень очистки.
14. Конструктивная схема электрофильтрационной установки. Преимущества, недостатки и область применения электрофильтров.
15. Факторы, влияющие на эффективность работы электрофильтров.
16. Трубчатые электрофильтры. Конструкция, принцип действия, область применения. Преимущества и недостатки.
17. Пластинчатые электрофильтры. Конструкция, принцип действия, область применения. Преимущества и недостатки.
18. Двухзональный электрофильтр. Принцип работы, область применения. Эффективность работы.
19. Фильтровальные материалы. Требования, виды и характеристики фильтрующих тканей. Факторы, влияющие на эффективность работы тканевых фильтров.
20. Рукавные фильтры. Устройство, принцип действия, режимы эксплуатации. Преимущества и недостатки.
21. Конструкция рукавного фильтра. Методы регенерации рукавов. Требования, предъявляемые к тканям рукавов.
22. Насыпные (гравийные) фильтры для очистки газов. Принцип действия, область применения, режимы эксплуатации.
23. Керамические фильтры. Конструкция, принцип работы, область применения. Преимущества и недостатки.
24. Кассетные фильтры. Принцип действия, область применения. Факторы, влияющие на эффективность очистки.
25. Электростатические фильтры тонкой очистки. Конструкция, принцип работы, область применения.

26. Преимущества, недостатки и область применения тканевых фильтров. Выбор и расчет фильтров.
27. Физические основы мокрой очистки газов. Преимущества и недостатки мокрых пылеуловителей.
28. Факторы, влияющие на процесс улавливания частиц в мокрых пылеуловителях. Область их применения.
29. Полые орошаемые скрубберы для очистки газов. Принцип действия, область применения, режимы эксплуатации.
30. Охладительные и испарительные полые скрубберы. Назначение, принцип работы. Преимущества и недостатки.
31. Основные конструкции оросительных устройств в абсорберах. Характеристика их работы.
32. Насадочные скрубберы. Конструкции, принцип работы, область применения. Преимущества и недостатки.
33. Конструктивные элементы насадочных скрубберов. Требования, предъявляемые к ним.
34. Основные гидродинамические режимы работы насадочных скрубберов при противоточном движении газ-жидкость и их характеристика. Факторы, влияющие на эффективность очистки.
35. Пенные газопромыватели. Виды, область применения, режимы эксплуатации.
36. Пенные газопромыватели с провальными тарелками. Принцип работы, область применения, преимущества.
37. Пенные газопромыватели с переливными патрубками. Принцип действия, область применения, режимы эксплуатации. Преимущества и недостатки.
38. Скрубберы ударно-инерционного действия. Конструкции, принцип работы, область применения.
39. Центробежные газопромыватели. Виды, принцип и эффективность работы.
40. Скруббер Вентури. Устройство, режимы эксплуатации, эффективность. Преимущества и недостатки.
41. Факторы, влияющие на выбор мокрых пылеуловителей.

**Контрольные вопросы к экзамену (промежуточный контроль)**  
**(раздел «Технология рекуперации газовых выбросов»)**  
**(8 семестр / 5 курс, 1 сессия)**

1. Адсорбционные методы очистки отходящих газов. Виды пор, находящихся в адсорбентах. Основные типы адсорбентов.
2. Десорбция поглощенных примесей. Основные методы.
3. Основные типы адсорберов, требования, область применения.
4. Адсорбционные методы очистки отходящих газов. Кинетика и статика процесса абсорбции. Требования, предъявляемые к абсорберам.
5. Нерекуперационные методы очистки отходящих газов от диоксида серы. Абсорбция водой. Факторы, влияющие на эффективность абсорбционной очистки.
6. Известковые и известняковые методы очистки отходящих газов от диоксида серы. Преимущества и недостатки метода. Технологическая схема процесса.
7. Нерекуперационные методы очистки отходящих газов от диоксида серы летучей суспензией золы. Преимущества и недостатки метода. Технологическая схема процесса.
8. Магнетитовый метод очистки газов от диоксида серы, его достоинства и недостатки. Технологическая схема кристалльного и бескристалльного процесса.
9. Очистка газов от диоксида серы содовым методом. Достоинства метода. Технологическая схема процесса.
10. Очистка газов от диоксида серы цинковым методом. Достоинства и недостатки метода. Технологическая схема процесса.

11. Аммиачный метод очистки газов от диоксида серы. Схема установки очистки газа от диоксида серы аммиачно-циклическим методом.
12. Аммиачный метод очистки газов от диоксида серы. Схема установки очистки газа от диоксида серы аммиачно-кислотным методом.
13. Рекуперационные и нерекуперационные методы очистки газов от диоксида серы. Достоинства и недостатки. Факторы, влияющие на выбор метода очистки.
14. Очистка газов от диоксида серы адсорбционными методами. Оксидно-марганцевая очистка дымовых газов. Схема установки.
15. Очистка газов от диоксида серы активированным углем с движущимся слоем адсорбента.
16. Озоно-каталитический метод санитарной очистки отходящих газов от сернистого ангидрида.
17. Кислотно-каталитический метод санитарной очистки отходящих газов от сернистого ангидрида.
18. Жидкостно-контактный метод санитарной очистки отходящих газов от сернистого ангидрида. Достоинства и недостатки метода. Технологическая схема процесса.
19. Очистка газов от оксида углерода. Абсорбция оксида углерода медь-алюминий-хлоридными растворами. Схема процесса очистки газов от оксида углерода.
20. Каталитические методы очистки отходящих газов от окислов углерода. Типы катализаторов, требования предъявляемые к ним, преимущества и недостатки метода.
21. Окисление окислов азота кислородом и озоном в газовой и жидкой фазах. Преимущества и недостатки метода. Оформление технологической схемы очистки.
22. Окисление и абсорбция окислов азота жидкими окислителями. Физико-химические основы метода, его преимущества и недостатки.
23. Окисление окислов азота на низкотемпературных катализаторах. Преимущества и недостатки метода.
24. Термическое разложение окислов азота в потоке низкотемпературной плазмы с применением жидких, газообразных и твердых восстановителей.
25. Каталитическое восстановление окислов азота. Физико-химические основы метода, технологическое оформление, преимущества и недостатки.
26. Разложение окислов азота в соединения, характеризующиеся низкой температурой разложения. Физико-химические основы метода, его преимущества и недостатки.
27. Разложение окислов азота жидкими восстановителями. Физико-химические основы метода, его преимущества и недостатки.
28. Адсорбционная очистка газов от оксидов азота. Физико-химические основы метода, его преимущества и недостатки.
29. Очистка газов от оксидов азота адсорбционными методами. Преимущества и недостатки метода. Типы адсорбентов.
30. Комбинированный метод санитарной очистки отходящих газов от сернистого ангидрида и окислов азота.
31. Вакуум-карбонатный метод очистки отходящих газов от сероводорода. Физико-химические основы метода, его преимущества и недостатки.
32. Железо-содовый метод очистки отходящих газов от сероводорода. Физико-химические основы метода, его преимущества и недостатки.
33. Щелочно-гидрохиноновый метод очистки отходящих газов от сероводорода. Физико-химические основы метода, его преимущества и недостатки.
34. Очистка газов от сероводорода адсорбционными методами. Схема установки очистки газов гидроксидом железа. Преимущества и недостатки метода.
35. Очистка газов от сероводорода адсорбционными методами. Схема установки очистки газов активированными углями. Преимущества и недостатки метода.
36. Очистка газов от сероводорода адсорбционными методами. Схема установки очистки газов сорбентами полученными на основе оксида цинка и меди. Преимущества и недо-

статки метода.

37. Очистка газов от сероуглерода активированным углем в аппаратах с кипящим слоем. Достоинства метода. Технологическая схема процесса.
38. Комплексная очистка отходящих газов от сероводорода и сероуглерода. Физико-химические основы метода, его преимущества и недостатки.
39. Очистка газов от хлора и его соединений раствором щелочей.
40. Процесс очистки хлорсодержащих газов раствором четырех-хлористого углерода. Физико-химические основы метода, технологическая схема, преимущества и недостатки.
41. Очистка газов от хлора адсорбционными методами. Виды адсорбентов. Преимущества и недостатки метода.
42. Абсорбция фторсодержащих газов водой. Физико-химические основы метода, технологическая схема, преимущества и недостатки.
43. Процесс очистки фторсодержащих газов раствором аммонийных солей. Физико-химические основы метода, технологическая схема, преимущества и недостатки.
44. Очистка газов от фтора адсорбционными методами. Виды адсорбентов. Преимущества и недостатки метода, способы регенерации.

**Задания в тестовой форме (текущий контроль)**  
**Тестовые задания (фрагмент) к разделу «Технология рекуперации пылевых выбросов»**

*Соответствие типа пылеулавливающего оборудования принципу осаждения пыли:*

полое	гравитационное
жалюзийное	инерционное
волокнистое	фильтрационное
однозонное	электрическое

*Увеличение какого показателя отрицательно сказывается на рассеивании примесей в атмосфере:*

- высоты дымовой трубы
- температуры выбрасываемых газов
- средней температуры окружающей среды
- скорости выхода газа
- диаметра устья трубы

*Общая эффективность пылеулавливания (%), при последовательной установке трех аппаратов эффективностью 90, 80 и 50 %, соответственно, составит:*

- 99
- 98,5
- 99,5
- 98
- 95

*Пылеуловитель, используемый в промышленности для предварительной очистки воздуха от крупной абразивной пыли:*

- пылесадительная камера
- рукавный фильтр
- электрофильтр
- циклон
- металлокерамический фильтр

*Минимальный размер частиц (мкм), задерживаемый в инерционных пылеуловителях:*

- 40
- 60

- 20
- 10
- 5
- 2

*Способ закручивания газового потока в циклоне обеспечивающий, при прочих равных условиях, наибольшую эффективность пылеочистки:*

- спиральный
- тангенциальный
- винтовой
- осевой
- розеточный

*Основные параметры, влияющий на выбор пылеулавливающего оборудования:*

- размер частиц
- объем газа
- запыленность
- температура газа
- требуемая степень очистки

*Работа инерционного пылеуловителя основана на:*

- закручивании газового потока
- способности пыли накапливать статическое электричество
- изменении направления движения газового потока
- разности температур газовых сред (воздух/запыленный газ)

*Способы регенерации рукавов, не требующие отключения секции на регенерацию:*

- импульсная продувка
- обратная продувка
- механическое встряхивание
- регенерация кручением

**Тестовые задания (фрагмент)  
по теме «Очистка отходящих газов от оксида серы (IV)»  
к разделу «Технология рекуперации газовых выбросов»**

1. Назовите преимущества и недостатки абсорбционной газоочистки отходящих газов от SO<sub>2</sub>.
2. Охарактеризуйте физико-химические основы, достоинства и недостатки магнезитового кристалльного метода очистки газов от оксида серы (IV).
3. Предложите технологическую схему и обоснуйте выбор метода очистки отходящих газов от сернистого ангидрида. Характеристика пылегазовой смеси: производительность 10 000 м<sup>3</sup>/ч, T=550 °C, C<sub>SO<sub>2</sub></sub>=0,15 % (об), C<sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub>=0,05 % (об), C<sub>др. газов</sub>=0,15% (об), запыленность - 25 г/м<sup>3</sup>, фракционный состав твердых аэрозольных частиц:
 

d <sub>ч</sub> , мкм	< 10	10-60	> 60
масс. %	25	50	25
4. Напишите реакции, лежащие в основе известковых методов очистки.
5. Как будет выглядеть технологическая схема (включая стадии адсорбции и десорбции) очистки газов от сернистого ангидрида с помощью анионитов?
6. Перечислите основные условия, которые необходимо соблюдать при оформлении технологической схемы аммиачным методом.

*Пирролизитный метод очистки отходящих газов от оксида серы (IV) относятся к:*

- абсорбционным нерекуперационным
- абсорбционным рекуперационным
- адсорбционным
- каталитическим

*Тип скруббера, при обезвреживании отходящих газов от оксида серы (IV) известковым методом:*

- насадочный
- тарельчатый
- полых
- труба Вентури

*Тип абсорбент в магнетитовом методе очистки отходящих газов от SO<sub>2</sub>:*

- раствор сульфита магния
- раствор сульфата магния
- суспензию оксида магния
- суспензию оксида и сульфата магния

*Обязательные условия, при очистке газов от оксида серы (IV) аммиачными методами:*

- охлаждение газа
- увлажнение газа
- предварительная очистка газа
- нагревание газов до 100 °С

*Адсорбенты, используемые при очистке газов от оксида серы (IV):*

- СаА
- NaА
- АРТ
- АГ

**Вопросы, выносимые на устный опрос и тестовые задания к лабораторной работе  
«Изучение равновесия в системе газ-раствор и определение поглотительной  
способности сорбента»  
(фрагмент к разделу «Технология рекуперации газовых выбросов»)**

1. Основные понятия абсорбционной газоочистки: абсорбция, абсорбент, абсорбат, абсорбтив, абсорбер, газ-носитель.
2. Классификация процесса абсорбции по типу используемого абсорбента (физическая и химическая).
3. Классификация процесса абсорбции по типу абсорбента и применяемого метода его регенерации (концентрирующая и продукционная).
4. Классификация процесса абсорбции по типу технологической организации процесса (замкнутая и разомкнутая).
5. Требования, предъявляемые к абсорбентам.
6. Статика процесса абсорбции: законы, описывающие идеальные системы. Отклонения от законов, условия действия законов.
7. Статика процесса абсорбции: законы, описывающие реальные системы. Отклонения от законов, условия действия законов.
8. Основные стадии процесса массопередачи. Уравнение массопередачи и массоотдачи.
9. Факторы, влияющие на кинетику физической абсорбции.

10. Факторы, влияющие на кинетику химической абсорбции.  
 11. Движущая сила процесса массоотдачи и массопередачи в газовой и жидкой фазах.

1. Соответствие термина определению:

Абсорбер	Аппарат, используемый для абсорбционной очистки газов
Абсорбент	Поглотительный раствор
Абсорбат	Извлекаемый компонент, находящийся в абсорбированном состоянии
Абсорбтив	Извлекаемый компонент, находящийся в под-вергаемой очистке газовой фазе

2. Критерий выбора метода обезвреживания выбросов от газообразных примесей:

- технико-экономические показатели
- дисперсный состав
- химические свойства загрязняющего компонента
- физические свойства загрязняющего компонента
- температуры газа
- объем газа

3. Рациональные показатели абсорбционной очистки газов:

- концентрация < 1 % (об)
- концентрация > 1 % (об)
- объем газа (< 20 тыс. м<sup>3</sup>/ч)
- объем газа (> 20 тыс. м<sup>3</sup>/ч)

4. Абсорбенты, используемые при физической абсорбции:

- вода
- органические растворители
- органические соединения
- растворы кислот
- растворы щелочей

5. Абсорбент, обеспечивающий санитарную очистку промышленных выбросов от SO<sub>2</sub>:

- вода
- раствор MgSO<sub>4</sub>
- водный раствор H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- концентрированный раствор H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- раствор Ca(OH)<sub>2</sub>

6. Движущей силой процесса физической абсорбции является разность:

- исходного и равновесного парциальных давлений взаимодействующих фаз
- парциального и равновесного давлений взаимодействующих фаз
- общего давления газа и его равновесного давления на границе раздела фаз
- равновесных парциальных давлений загрязняющего компонента на входе и выходе из аппарата

7. Процесс полного извлечения загрязняющего компонента:

- противотоке
- прямотоке
- перекрестном токе
- смешанном токе

8. Единицы измерения сорбционной емкости сорбента:

- мг-экв/л
- мг/л
- г/л
- гр-экв/ м<sup>3</sup>
- мг/м<sup>3</sup>

9. Фактор, влияющий на кинетику физической абсорбции:

- общее давление
- парциальное давление
- концентрация абсорбата
- концентрация абсорбента
- температура газа
- коэффициент массопередачи
- коэффициент массоотдачи

10. Уравнение движущей силы процесса массоотдачи в жидкой фазе:

- $\Delta y = y^* - y$
- $\Delta x = x - x^*$
- $\Delta x = x^* - x$
- $\Delta y = y_p - y^*$
- $\Delta x = x_p - x$
- $\Delta y = y^* - y_p$

11. Математическая запись закона Генри:

- $p_i = P \cdot y_i$
- $p_i = P^0 \cdot y_i$
- $p_i = P_i \cdot x_i$
- $p_i = P_i^0 \cdot x_i$
- $p_i = m \cdot x_i$
- $p_i = m \cdot y_i$

**Вопросы, выносимые на защиту отчетных материалов по выполненной  
лабораторной работе (текущий контроль)  
(фрагмент к лабораторной работе «Определение влажности газового потока»)**

1. Цель и задачи лабораторной работы;
2. Обоснуйте метод улавливания пыли и аппарата на основании изученных физико-химических свойств пыли.
4. Где используются данные об истинной, кажущейся и насыпной плотности.
5. Условия применения ситового анализа при определении фракционного состава пыли.
6. Условия применения микроскопического метода при определении фракционного состава пыли.

**Пример задания к практической работе (текущий контроль)  
(фрагмент к практической работе «Расчет рукавного фильтра»)**

**Цель работы:** приобретение практических навыков по выбору и расчету рукавного фильтра.

**Задание.** Определить основные технические характеристики и подобрать конструкцию рукавного фильтра.

### Варианты заданий (исходные данные)

Вариант	Характеристика пыли			Характеристика пылевоздушной смеси				
	материал	плотность, кг/м <sup>3</sup>	Фракционный состав пыли	расход	температура, °С	давление/разряжение, Па	запыленность, г/м <sup>3</sup>	состав газаносителя
1	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5242	<0,5 мкм – 28%; 0,5-1 мкм – 25%; 1-2 мкм – 17%; 2-5 мкм – 15%; >5 мкм – 15%	2 250 нм <sup>3</sup> /ч	20	-10	3,1	9,5%Н <sub>2</sub> О; 0,03%SO <sub>3</sub>
2	зола	2300	<1мкм – 33%; 1-3мкм – 22%; 3-5мкм – 15%; >5 мкм – 30%	0,5 нм <sup>3</sup> /с	75	+15	0,5	сухой воздух
3	кокс	1900	<0,1мкм – 17%; 0,1-0,5мкм – 23%; 0,5-2мкм – 26%; 2-3мкм – 14%; >3мкм – 20%	22 500 000 нм <sup>3</sup> /квартал	35	-13	0,02	сухой воздух
4	оксиды металлов (CuO, ZnO и т.п.)	3560	<2мкм – 15%; 2-5мкм – 30%; 5-7мкм – 45%; >7мкм – 10%	55 500 000 нм <sup>3</sup> /мес	34	-13	0,12	сухой воздух
5	тальк	2700	<1,5мкм – 20%; 1,5-3мкм – 32%; 3-5мкм – 16%; 5-10 мкм – 24,5%; >10мкм – 7,5%	65 300 000 м <sup>3</sup> /год	110	+15	1	сухой воздух

#### Кейс-задание по игровому проектированию (текущий контроль) «Разработка технологической линии обезвреживания пылегазовых выбросов промышленных предприятий различных отраслей промышленности (металлургической, химической, нефтеперерабатывающей и др.)»»

В группе формируются команды по 2-3 человека. Участники команд выбираются случайной жеребьевкой.

Каждая команда получает одинаковую по содержанию технологическую схему обезвреживания промышленных выбросов какого-либо производства (металлургического, химического, нефтеперерабатывающего и т.п.).

В предложенной технологической линии пылеочистки допущены ошибки (технологические, конструкционные, химические, нарушение техники безопасности) из-за которых система ПГУ не обеспечивает требуемой степени очистки и наносит окружающей среде экологический ущерб.

За строго отведенное время каждая команда должна:

1. Ознакомиться с особенностями работы предложенной технологической схемы обезвреживания промышленных выбросов.
2. Найти причины (ошибки) приводящие к снижению эффективности работы системы пылегазоочистки.
3. Пояснить как влияют допущенные ошибки на эффективности работы ПГУ.
4. Предложить идею создания экологически безопасного производства. Элементом реконструкции может быть, как отдельный узел (аппарат), так и вся технологическая линия ПГУ.
5. Публично доказать причины (ошибки) несостоятельности системы ПГУ и защитить предложенные командой технологические воздухоохраные мероприятия.

#### 7.4. Соответствие шкалы оценок и уровней сформированных компетенций

Уровень сформированных компетенций	Оценка	Пояснения
Высокий	«5» (отлично)	<p>Теоретическое содержание курса освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены.</p> <p>Обучающийся на высоком уровне способен проводить обоснованный выбор технологического пылегазоочистного оборудования при расширении, реконструкции и внедрении новых экологически безопасных, энерго- и ресурсосберегающих технологий; способен самостоятельно разрабатывать технические решения по снижению негативного воздействия на окружающую среду; готов самостоятельно решать поставленные инженерные задачи с учетом технологической, аппаратурной, эколого-экономической оценки эффективности принимаемых решений</p>
Базовый	«4» (хорошо)	<p>Теоретическое содержание курса освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с незначительными замечаниями.</p> <p>Обучающийся на базовом уровне способен проводить обоснованный выбор технологического пылегазоочистного оборудования при расширении, реконструкции и внедрении новых экологически безопасных, энерго- и ресурсосберегающих технологий; способен разрабатывать технические решения по снижению негативного воздействия на окружающую среду; готов решать поставленные инженерные задачи с учетом технологической, аппаратурной, эколого-экономической оценки эффективности принимаемых решений</p>
Пороговый	«3» (удовлетворительно)	<p>Теоретическое содержание курса освоено частично, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, в них имеются ошибки.</p> <p>Обучающийся на пороговом уровне способен проводить обоснованный выбор технологического пылегазоочистного оборудования при расширении, реконструкции и внедрении новых экологически безопасных, энерго- и ресурсосберегающих технологий; способен под руководством разрабатывать технические решения по снижению негативного воздействия на окружающую среду; готов под руководством решать поставленные инженерные задачи с учетом технологической, аппаратурной, эколого-экономической оценки эффективности принимаемых решений</p>
Низкий	«2» (неудовлетво-	<p>Теоретическое содержание курса не освоено, большинство предусмотренных программой обучения</p>

Уровень сформированных компетенций	Оценка	Пояснения
	нительно)	<p>учебных заданий либо не выполнены, либо содержат грубые ошибки; дополнительная самостоятельная работа над материалом не привела к какому-либо значительному повышению качества выполнения учебных заданий.</p> <p>Обучающийся не способен проводить обоснованный выбор технологического пылегазоочистного оборудования при расширении, реконструкции и внедрении новых экологически безопасных, энерго- и ресурсосберегающих технологий; не способен разрабатывать технические решения по снижению негативного воздействия на окружающую среду; не готов решать поставленные инженерные задачи с учетом технологической, аппаратурной, эколого-экономической оценки эффективности принимаемых решений</p>

## 8. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа способствует закреплению навыков работы с учебной и научной литературой, осмыслению и закреплению теоретического материала по умению аргументировано предлагать экологически безопасные технологии, включая обоснованный выбор метода и аппаратурного оформления технологического процесса, позволяющие максимально минимизировать негативное антропогенное воздействия различных источников загрязнения атмосферы на воздушный бассейн.

Самостоятельная работа выполняется во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль в контроле за работой студентов и магистрантов).

*Формы самостоятельной работы* бакалавров разнообразны. Они включают в себя:

- знакомство с изучение и систематизацию официальных государственных документов: законов, постановлений, указов, нормативно-инструкционных и справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем «Консультант Плюс», «Гарант», глобальной сети «Интернет»

- изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, статистической, периодической и научной информации;

- создание презентаций и докладов по условию кейс-задания.

В процессе изучения дисциплины «Технология рекуперации газовых выбросов» бакалаврами направления 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» *основными видами самостоятельной работы* являются:

- подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, лабораторным и практическим занятиям) и выполнение соответствующих заданий;

- самостоятельная работа над отдельными темами учебной дисциплины в соответствии с учебно-тематическим планом;

- подготовка доклада и презентации в рамках выполнения кейс-задания;

- выполнение тестовых заданий;

- подготовка к зачету с оценкой, экзамену.

### *Подготовка к практическим работам.*

Выполнение индивидуальной практической работы является частью самостоятельной работы обучающегося и предусматривает индивидуальную работу студентов с учебной, технической и справочной литературой по соответствующим разделам курса.

Целью практических занятий является закрепление практических навыков, полученных на лекционных занятиях, направленных на определение основных характеристик экобиозащитного оборудования, включая определение основных габаритных размеров аппарата, его гидравлического сопротивления, эффективности очистки.

Студент выполняет задание по варианту. Номер варианта соответствует порядковому номеру студента в списке группы.

Руководитель из числа преподавателей кафедры осуществляет текущее руководство, которое включает: систематические консультации с целью оказания организационной и научно-методической помощи студенту; контроль над выполнением работы в установленные сроки; проверку содержания и оформления завершенной работы.

Практическая работа выполняется обучающимся самостоятельно и должна быть представлена к проверке преподавателю до начала экзаменационной сессии.

Выполняемая работа должна быть защищена студентом. Студенты, не выполнившие практические работы, к сдаче зачета с оценкой и экзамена не допускаются. Работа должна быть аккуратно оформлена в печатном или письменном виде, удобна для проверки и хранения. Защита работы может носить как индивидуальный, так и публичный характер.

*Лабораторные занятия* – это активная форма учебного процесса, где обучающийся знакомится с особенностями отбора проб воздуха, методами изучения физико-химических свойств уловленной пыли, особенностями работы и устройством пылеочистного оборудования, учится готовить стандартные растворы, строить калибровочные графики и т.п.

Перед началом работы студент опрашивается по теоретической части работы – проходит опрос, на котором преподаватель проверяет его теоретическую «подкованность» (цель работы, основы используемого аналитического метода анализа, контрольные вопросы и т.п.). Содержание лабораторной работы, перечень задаваемых контрольных вопросов устанавливаются преподавателем до начала выполнения работы.

Вопросы на опросе задаются каждому студенту индивидуальные. Обучающемуся дается дополнительное время (опрос проводится заново), если он не может ответить на три заданных ему вопроса. После двух неудачных попыток пройти опрос – обучающийся к выполнению лабораторной работы не допускается.

По итогам выполнения лабораторной работы каждый обучающийся оформляет индивидуальный отчет, который защищает преподавателю. При защите учитывается качество оформления отчета (наличие цели, задач, методики проведения эксперимента, расчетов, выводов), правильность обработки полученных результатов и грамотность выводов.

Самостоятельное выполнение *тестовых заданий* по всем разделам дисциплины сформированы в фонде оценочных средств (ФОС)

Данные тесты могут использоваться:

- бакалаврами при подготовке к зачету с оценкой и экзамену в форме самопроверки знаний;
- преподавателями для проверки знаний в качестве формы промежуточного контроля на лабораторных и лекционных занятиях;
- для проверки остаточных знаний бакалавров, изучивших данный курс.

Тестовые задания рассчитаны на самостоятельную работу без использования вспомогательных материалов. То есть при их выполнении не следует пользоваться учебной и другими видами литературы.

Для выполнения тестового задания, прежде всего, следует внимательно прочитать поставленный вопрос. После ознакомления с вопросом следует приступать к прочтению

предлагаемых вариантов ответа. Необходимо прочитать все варианты и в качестве ответа следует выбрать индекс (цифровое обозначение), соответствующий правильному ответу.

На выполнение теста отводится ограниченное время. Оно может варьироваться в зависимости от уровня тестируемых, сложности и объема теста. Как правило, время выполнения тестового задания определяется из расчета 60 секунд на один вопрос.

Содержание тестов по дисциплине ориентировано на подготовку бакалавров по основным вопросам курса. Уровень выполнения теста позволяет преподавателям судить о ходе самостоятельной работы бакалавров в межсессионный период и о степени их подготовки к зачету с оценкой и экзамену.

*Подготовка и выполнение кейс-задания.*

Кейс-задание нацеленное на поиск оптимальных воздухоохраных мероприятий для конкретных производств (металлургических, химических и др.). Суть задания состоит в разработке группой студентов эффективных технологических воздухоохраных мероприятий для различных отраслей промышленности.

На занятии обучающиеся учатся выявлять недостатки в действующих технологических линиях обезвреживания газовых выбросов и аргументированно предлагать более эффективные технологии, методы, экобиозащитные аппараты.

Обсуждение проблемы может организовываться двояко: либо все подгруппы анализируют один и тот же вопрос (производство, либо конкретную технологическую линию), либо каждая группа получает отдельное задание. Задание – исходные данные для анализа, группы студентов получают непосредственно на занятии.

За строго отведенное время каждая команда должна:

6. Ознакомиться с особенностями работы предложенной технологической схемы обезвреживания промышленных выбросов.

7. Найти причины (ошибки) приводящие к снижению эффективности работы системы пылегазоочистки.

8. Пояснить как влияют допущенные ошибки на эффективности работы ПГУ.

9. Предложить идею создания экологически безопасного производства. Элементом реконструкции может быть, как отдельный узел (аппарат), так и вся технологическая линия ПГУ.

10. Публично доказать причины (ошибки) несостоятельности системы ПГУ и защитить предложенные командой технологические воздухоохраные мероприятия и их «жизнеспособность».

Руководитель из числа преподавателей кафедры оценивает информативность представляемого материала, эколого-экономическую эффективность предлагаемых решений, компетентность студента и его активность при обсуждении спорных вопросов.

В случае выбора обучающимися неверных, либо неэффективных путей решения поставленной экологической проблемы, преподавателем организуется обсуждение проблемной ситуации, с объяснением ошибочности их точки зрения и демонстрацией оптимальных, правильных путей решения.

Доклад составляется по заданной тематике (поиск оптимальных воздухоохраных мероприятий для конкретных производств) предполагает подбор необходимого материала и его анализ, определение его актуальности и достаточности, формирование плана доклада или структуры выступления, таким образом, чтобы тема была полностью раскрыта. Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным. Способ изложения материала для выступления должен носить конспективный или тезисный характер. Подготовленная в PowerPoint презентация должна иллюстрировать доклад и быть удобной для восприятия

В группе формируются команды по 2-3 человека. Участники команд выбираются случайной жеребьевкой.

Каждая команда получает одинаковую по содержанию технологическую схему обезвреживания промышленных выбросов какого-либо производства (металлургического, химического, нефтеперерабатывающего и т.п.).

В предложенной технологической линии пылеочистки допущены ошибки (технологические, конструкционные, химические, нарушение техники безопасности) из-за которых система ПГУ не обеспечивает требуемой степени очистки и наносит окружающей среде экологический ущерб.

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

Применение цифровых технологий в рамках преподавания дисциплины предоставляет расширенные возможности по организации учебных занятий в условиях цифровизации образования и позволяет сформировать у обучающихся навыки применения цифровых сервисов и инструментов в повседневной жизни и профессиональной деятельности.

Для реализации этой цели в рамках изучения дисциплины могут применяться следующие цифровые инструменты и сервисы:

- для коммуникации с обучающимися: VK Мессенджер ([https://vk.me/app?mt\\_click\\_id=mt-v7eix5-1660908314-1651141140](https://vk.me/app?mt_click_id=mt-v7eix5-1660908314-1651141140)) – мессенджер, распространяется по лицензии FreeWare;

- для планирования аудиторных и внеаудиторных мероприятий: Яндекс.Календарь (<https://calendar.yandex.ru/>) – онлайн календарь-планер, распространяется по лицензии ShareWare

- для совместного использования файлов: Яндекс.Диск – сервис для хранения и совместного использования документов, распространяется по лицензии trialware и @Облако (<https://cloud.mail.ru/>) – сервис для создания, хранения и совместного использования файлов, распространяется по лицензии trialware;

- для организации удаленной связи и видеоконференций: Mirapolis – система для организации коллективной работы и онлайн-встреч, распространяется по проприетарной лицензии и Яндекс.Телемост (<https://telemost.yandex.ru/>) – сервис для видеозвонков, распространяется по лицензии ShareWare.

Для успешного овладения дисциплиной используются следующие информационные технологии обучения:

- При проведении лекций используются презентации материала в программе Microsoft Office (PowerPoint), выход на профессиональные сайты, использование видеоматериалов различных интернет-ресурсов.

- Практические занятия по дисциплине проводятся с необходимого методического материала (методические указания, справочники, нормативы и т.п.)

- Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в специализированной учебной аудитории – лаборатории рекуперации газовых выбросов.

Для дистанционной поддержки дисциплины используется система управления образовательным контентом Moodle. Для работы в данной системе все обучающиеся на первом курсе получают индивидуальные логин и пароль для входа в систему, в которой размещаются : программа дисциплины, материалы для лекционных и иных видов занятий , задания, контрольные вопросы.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся с использованием различного лабораторного оборудования, а также на лабораторных стендах-установках. На занятии обучающийся знакомится с физико-химическими методами анализа объектов окружающей среды, работой и устройством пыле газоочистного оборудования и приборов, используемых при исследовании объектов окружающей среды, учится готовить стандартные растворы, строить калибровочные графики и т.п.

На практических занятиях студенты отрабатывают навыки обоснованного выбора пылегазоочистного оборудования, определения его основных габаритных размеров и технических характеристик.

В процессе изучения дисциплины учебными целями являются знакомство бакалавром с основными методами, технологиями и особенностями работы различного пылегазоочистного оборудования. Усвоение, понимание, а также структурирование полученных знаний и развитие практических навыков обоснованного выбора экобиозащитного оборудования, модернизации (реконструкции) действующей системы обезвреживания промышленных выбросов с учетом технико-экономической целесообразности.

Для достижения этих целей используются в основном традиционные информативно-развивающие технологии обучения с учетом различного сочетания пассивных форм (лекция, лабораторное занятие, консультация, самостоятельная работа) и репродуктивных методов обучения (повествовательное изложение учебной информации, объяснительно-иллюстративное изложение) и лабораторно-практических методов обучения (выполнение кейс-заданий, расчет экобиозащитного оборудования).

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения:

- операционная система Windows 7, License 49013351 УГЛТУ Russia 2011-09-06, OPEN 68975925ZZE1309;
- операционная система Astra Linux Special Edition;
- пакет прикладных программ Office Professional Plus 2010, License 49013351 УГЛТУ Russia 2011-09-06, OPEN 68975925ZZE1309;
- пакет прикладных программ P7-Офис.Профессиональный;
- антивирусная программа Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 250-499 Node 1 year Educational Renewal License;
- операционная система Windows Server. Контракт на услуги по предоставлению лицензий на право использовать компьютерное обеспечение № 067/ЭА от 07.12.2020 года;
- система видеоконференцсвязи Mirapolis;
- система видеоконференцсвязи Пруффми;
- система управления обучением LMS Moodle – программное обеспечение с открытым кодом, распространяется по лицензии GNU Public License (rus);
- браузер Yandex (<https://yandex.ru/promo/browser/>) – программное обеспечение распространяется по простой (неисключительной) лицензии.

## **10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Реализация учебного процесса осуществляется в специальных учебных аудиториях университета для проведения занятий лекционного типа, лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Все аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. При необходимости обучающимся предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации.

Самостоятельная работа обучающихся выполняется в специализированной аудитории, которая оборудована учебной мебелью, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду УГЛТУ.

Есть помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

### Требования к аудиториям

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
<p>Помещение для лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации.</p>	<p>Столы и стулья; рабочее место, оснащено компьютером с выходом в сеть Интернет и электронную информационную образовательную среду, а также: экран, проектор, маркерная доска, 2 стеллажа для книг, стенд охраны труда и техники безопасности.</p>
<p>Помещение для лабораторных занятий</p>	<p>Учебная лаборатория (Лаборатория рекуперации газовых выбросов) для проведения лабораторных занятий, оснащенная лабораторными столами и стульями, следующим оборудованием: лабораторный стенд-установка «Определение запыленности воздуха», психрометры, циклон, вибростата, лабораторный стенд-установка «Пылеочистка», лабораторный стенд-установка «Адсорбция», абсорбционная и адсорбционная установки, газоанализаторы, сушильный шкаф, весы аналитические – 1 шт., весы технические – 1 шт., лабораторные приставные столы – 8 шт., вытяжные шкафы – 4 шт. Переносные: ноутбук; комплект электронных учебных материалов по тематике лабораторных занятий.</p>
<p>Помещения для самостоятельной работы</p>	<p>Столы, стулья, экран, проектор. Рабочие места студентов, оснащены компьютерами с выходом в сеть Интернет и электронную информационную образовательную среду.</p>
<p>Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования</p>	<p>Расходные материалы для ремонта и обслуживания техники. Места для хранения оборудования</p>