

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ЭИТУС  
канд. техн. наук, доц.  Белоусов А.В.  
« 20 » 05 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины (модуля)

**Экологическая безопасность теплотехнологии**

Направление подготовки (специальность):

**13.03.01 – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Направленность программы (профиль, специализация):

**Энергетика теплотехнологии**

Квалификация

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Институт: Энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра: Энергетики теплотехнологии

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утв. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 143;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составители: канд. техн. наук, доц.



(Т.И. Тихомирова)

Рабочая программа обсуждена на заседании энергетики  
теплотехнологии

« 22 » 04 20 21 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой

Энергетики теплотехнологии

канд. техн. наук, доцент



(Ю.В. Васильченко)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » 05 20 21 г., протокол № 9

Председатель

канд. техн. наук, доцент



(А.Н. Семернин)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные	ПК-6. Способен к обеспечению экологической безопасности объектов профессиональной деятельности и разработке экозащитных мероприятий	ПК-6.2. Разрабатывает экозащитные мероприятия для объектов профессиональной деятельности	<b>Знания:</b> - экозащитных мероприятий для объектов энергетики теплотехнологий <b>Умения:</b> - проведение анализа экологической безопасности объектов энергетики теплотехнологий <b>Навыки:</b> - применение методик в разработке экозащитных мероприятий для объектов энергетики теплотехнологий

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-6.** Способен к обеспечению экологической безопасности объектов профессиональной деятельности и разработке экозащитных мероприятий

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Экология
2	Экологическая безопасность теплотехнологии
3	Производственная технологическая практика
4	Производственная преддипломная практика
5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Форма промежуточной аттестации

экзамен

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	73	73
лекции	34	34
лабораторные	-	-
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	107	107
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	18	18
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	53	53
экзамен	36	36

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Введение в экологическую безопасность теплотехнологии					

	Роль экологической безопасности теплотехнологии в народном хозяйстве. Основные направления в развитии теплотехнологических процессов. Теплотехнология и охрана окружающей среды	4	4		4
<b>2. Основные положения экологической безопасности теплотехнологии</b>					
	Физико-химические свойства выбросов в атмосферу от теплотехнологического и теплоэнергетического оборудования. Свойства газовой фазы: плотность, вязкость, расходы, энтальпии, тепловые потоки. Свойства частиц твердой фазы: виды плотностей, форма частиц, адгезионные свойства, смачиваемость, абразивность, электропроводность, дисперсный состав аэрозолей, способы выражения дисперсного состава - табличные, графические (дифференциальными и интегральными кривыми), нормально-логарифмическое распределение. Понятие о ПДК, ПДВ, их виды. Концентрация твердых частиц в газовом потоке, методы и средства их измерения.	4	4		7
<b>3. Основные положения правовых и нормативных актов по природоохранной деятельности в энергетике</b>					
	Федеральные законы. Перечень документов Основные положения государственных стандартов	4	4		7
<b>4. Охрана воздушного бассейна от выбросов теплотехнологий</b>					
	Классификация, принцип работы, области применения, принципы подбора и расчета золопылеуловителей, применяемых в теплотехнологии. Классификация золопылеуловителей. Основы механики аэрозолей: скорость осаждения частиц, законы Ньютона и Стокса, сила инерции и центробежная сила. Пылеосадительные камеры, их расчет.	4	4		7
<b>5. Промышленные аппараты для золопылеулавливания отходящих газов в теплотехнологиях</b>					
	Типы промышленных золопылеуловителей. Центробежные золопылеуловители, их классификация. Принцип работы и подбора одиночных противоточных циклонов, одиночных прямоточных циклонов, батарейных противоточных циклонов, и прямоточных циклонов. Мокрые золопылеуловители, их классификация, области применения в теплотехнологии, достоинства и недостатки. Полые прямоточные и центробежные скрубберы, Пенные аппараты - их типы, принцип работы, основные параметры. Аппараты ударно-инерционного действия, их типы, принцип работы, основные параметры. Трубы Вентури, их типы, работа и устройство. Энергетический метод расчета эффективности мокрых аппаратов.	4	4		7

	Фильтрация газов. Классификация фильтров. Типы фильтрующих перегородок. Способы регенерации фильтрующих перегородок. Подбор фильтров. Электрофильтры. Физические основы работы электрофильтров. Типы электрофильтров для теплотехнологий. Расчет и подбор электрофильтров в теплотехнологии.				
<b>6. Охрана водного бассейна от вредных выбросов теплотехнологий</b>					
	Охрана водного бассейна от сбросов различных теплотехнологий. Методы очистки сточных вод. Механическая очистка. Химические методы очистки. Физико-химические методы очистки. Биологические методы очистки	4	4		7
<b>7. Генерация оксидов серы и азота в теплотехнологических и теплоэнергетических установках</b>					
	Механизмы генерации оксидов серы и азота. Механизмы генерации оксидов серы и азота в теплотехнологических и теплоэнергетических установках при ведении теплотехнологий. Воздействие их на окружающую среду.	5	4		7
<b>8. Абсорбция и адсорбция вредных газовых компонентов, получаемых в результате ведения теплотехнологий</b>					
	Абсорбция и адсорбция вредных газовых компонентов. Общие сведения о массообменных процессах, их классификация. Абсорбция газов, сведения о процессе, основные понятия и определения. Материальный баланс процесса; линии равновесия, рабочие линии процесса. Десорбция. Классификация абсорберов. Поверхностные абсорберы, типы, работа, устройство, достоинства и недостатки. Насадочные абсорберы, типы, работа, устройство, достоинства и недостатки. Типы насадки. Тарельчатые абсорберы, типы, работа, устройство, достоинства и недостатки, применение в теплотехнологиях. Распылительные абсорберы, типы, работа, устройство, достоинства и недостатки. Адсорбция газов, общие сведения о процессе, основные понятия и определения, их характеристики. Десорбция, стадии десорбции. Классификация адсорберов. Адсорберы с неподвижным слоем адсорбента: устройство, достоинства и недостатки. Адсорберы с кипящим слоем адсорбента, работа, устройство, достоинства и недостатки. Применение в теплотехнологиях.	5	6		7
	ВСЕГО	34	34	0	53

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №4				
1	Введение в экологическую безопасность теплотехнологии	Теплотехнология и охрана окружающей среды	2	2
2	Основные положения экологической безопасности теплотехнологии	Расчет плотностей, вязкости массовых, объемных расходов влажности уходящего газа после теплотехнических установок	4	4
3	Охрана водного бассейна от выбросов теплотехнологий	Механическая очистка водоснабжения и водоотведения	4	4
4	Охрана воздушного бассейна от выбросов теплотехнологий	Расчет и построение в I-X диаграмме процессов изменения состояния влажных отходящих газов различных теплотехнологий	6	6
5	Основные положения правовых и нормативных актов по природоохранной деятельности в энергетике	Основные положения государственных стандартов по охране окружающей среды	4	4
6	Промышленные аппараты для золопылеулавливания в теплотехнологии	Подбор и расчет золопылеуловителей в теплотехнологические схемы	6	6
7	Генерации оксидов серы и азота в теплотехнологических и теплоэнергетических установках	Расчет процессов образования оксидов азота и серы в аппаратах для ведения теплотехнологий	4	4
8	Абсорбция и адсорбция вредных газовых компонентов, получаемых в результате ведения теплотехнологий	Материальный баланс процессов адсорбции и абсорбции. Расчет и подбор абсорберов для ведения теплотехнологических процессов.	4	4
ИТОГО:			34	34
			ВСЕГО:	68

## 4.3. Содержание лабораторных занятий

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Учебным планом не предусмотрено

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

Учебным планом предусмотрено выполнение расчетно-графического задания. Тема расчетно-графического задания:

Подбор и расчет экозащитного оборудования.

Цель расчетно-графического задания: изучение студентами методик и приобретение навыков расчета экозащитного оборудования, проведение анализа экологической безопасности объектов энергетики теплотехнологий.

Расчетно-графическое задание включает расчетно-пояснительную записку.

Расчетно-пояснительная записка (РПЗ) оформляется на листах формата А4 (с одной стороны листа).

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

- сведения о студенте, выполняющем работу: фамилия, инициалы, группа;
- задание, подписанное студентом и преподавателем;
- определение расходов отходящих газов после теплотехнологической установки;
- расчет теплофизических характеристик на рабочие условия;
- определение характеристик оборудования и мощности приводного двигателя;
- выбор экозащитного оборудования по расчетам;
- выводы и заключение.

В записке даются краткие указания, обоснования и соответствующие пояснения по выбираемым величинам, помещаются сводные таблицы данных расчета. Объем расчетно-пояснительной записки 10...15 листов.

Графическая часть представляет собой один лист формата А4, содержащий схему проведения экозащитных мероприятий с указанием на ней геометрических характеристик экозащитного оборудования.

В процессе выполнения расчетно-графического задания осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитории и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

#### *Типовой вариант задания*

#### РАСЧЕТ ЦИКЛОНА

Задание:

Выбрать циклон и определить его гидравлическое сопротивление.

Исходные данные:

- расход газа при нормальных условиях-  $V_0$ , м<sup>3</sup> /ч;
- плотность газа при нормальных условиях -  $\rho_0$ , кг/м<sup>3</sup> ;
- температура очищаемого газа -  $t_r$ , °С,



- барометрическое давление -  $P_{\text{бар}}$ , кПа;
- разрежение при входе в циклон -  $P_{\text{ц}}$ , кПа;
- начальная концентрация пыли -  $C_1$ , г/м<sup>3</sup> ;
- плотность пыли -  $\rho_{\text{п}}$ , кг/м<sup>3</sup> .

Циклон должен работать без дополнительных устройств в сети.

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

### 5.1. Реализация компетенций

**1 Компетенция ПК-6. Способен к обеспечению экологической безопасности объектов профессиональной деятельности и разработке экозащитных мероприятий**

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-6.2. Разрабатывает экозащитные мероприятия для объектов профессиональной деятельности	Экзамен, защита ИДЗ, решение задач на практических занятиях

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение (ПК-6.2.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Роль экологической безопасности теплотехнологии.</li> <li>- Основные направления в развитии теплотехнологических процессов.</li> <li>- Теплотехнология и охрана окружающей среды</li> </ul>
2	Основные положения экологической безопасности теплотехнологии (ПК-6.2.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Физико-химические свойства выбросов в при организации теплотехнологий.</li> <li>-Свойства газовой фазы: плотность, вязкость, расходы, энтальпии, тепловые потоки.</li> <li>-Свойства частиц твердой фазы: виды плотностей, форма частиц, адгезионные свойства, смачиваемость, абразивность, электропроводность, дисперсный состав аэрозолей.</li> <li>- Способы выражения дисперсного состава - табличные, графические: дифференциальные и интегральные кривые, нормально-логарифмические распределения.</li> <li>-Понятие о ПДК, ПДВ, их виды.</li> <li>- Концентрация твердых частиц в газовом потоке в процессе ведения теплотехнологий, методы и средства их измерения.</li> </ul>
3	Основные положения правовых и нормативных актов по природоохранной деятельности в энергетике (ПК-6.2.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Федеральные законы.</li> <li>-Перечень документов</li> <li>-Основные положения государственных стандартов</li> </ul>
4	Охрана воздушного бассейна от выбросов	- Охрана воздушного бассейна от вредных выбросов, получаемых в результате ведения теплотехнологических

	теплотехнологий (ПК-6.2.)	<p>процессов.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Классификация, принцип работы, области применения, принципы подбора и расчета золопылеуловителей.</li> <li>-Классификация золопылеуловителей.</li> <li>- Основы механики аэрозолей: скорость осаждения частиц, сила лобового сопротивления частиц движению в сплошной среде по законам Ньютона и Стокса, сила инерции и центробежная сила.</li> </ul>
5	Промышленные аппараты для золопылеуловливания в теплотехнологиях (ПК-6.2.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Типы золопылеуловителей.</li> <li>-Пылеосадительные камеры, их расчет.</li> <li>-Центробежные золопылеуловители, их классификация.</li> <li>-Принцип работы и подбора одиночных противоточных циклонов, одиночных прямооточных циклонов, батарейных противоточных циклонов, и прямооточных циклонов.</li> <li>- Мокрые золопылеуловители, их классификация, области применения достоинства и недостатки.</li> <li>-Полые прямооточные и центробежные скрубберы, Пенные аппараты - их типы, принцип работы, основные параметры.</li> <li>-Аппараты ударно-инерционного действия, их типы, принцип работы, основные параметры.</li> <li>-Трубы Вентури, их типы, работа и устройство, области применения в теплотехнологиях.</li> <li>-Энергетический метод расчета эффективности мокрых аппаратов.</li> <li>-Фильтрация газов. Основные механизмы захвата твердых частиц. Классификация фильтров. Типы фильтрующих перегородок. Способы регенерации фильтрующих перегородок.</li> <li>-Электрофильтры. Физические основы работы электрофильтров.</li> <li>-Подбор фильтров для теплотехнологий</li> </ul>
6	Охрана водного бассейна от выбросов теплотехнологий (ПК-6.2.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Охрана водного бассейна от сбросов, получаемых в результате ведения теплотехнологий.</li> <li>-Методы очистки сточных вод.</li> <li>-Механическая очистка.</li> <li>-Химические методы очистки.</li> <li>-Физико-химическиметоды очистки.</li> <li>-Биологические методы очистки</li> </ul>
7	Генерация оксидов серы и азота в теплотехнологических и теплоэнергетических установках при организации теплотехнологий (ПК-6.2.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Механизмы генерации оксидов серы и азота в теплотехнологических и теплоэнергетических установках при сжигании органического топлива в различных теплотехнологиях.</li> <li>- Воздействие оксидов серы и азота на окружающую среду.</li> </ul>
8	Абсорбция и адсорбция вредных газовых компонентов уходящих газов из теплотехнических	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Абсорбция и адсорбция вредных газовых компонентов продуктов сгорания органического топлива.</li> <li>-Абсорбция газов, сведения о процессе, основные понятия и определения. Материальный баланс процесса; линии равновесия, рабочие линии процесса.</li> </ul>

	установок в теплотехнологиях (ПК-6.2.)	<p>-Десорбция. Классификация абсорберов для теплотехнологии.</p> <p>-Поверхностные абсорберы, типы, работа, устройство, достоинства и недостатки.</p> <p>-Насадочные абсорберы, типы, работа, устройство, достоинства и недостатки. Типы насадки.</p> <p>-Тарельчатые абсорберы, типы, работа, устройство, достоинства и недостатки.</p> <p>-Распылительные абсорберы, типы, работа, устройство, достоинства и недостатки.</p> <p>-Адсорбция газов, общие сведения о процессе, основные понятия и определения. Характеристики основных адсорберов.</p> <p>-Десорбция, стадии десорбции. Классификация адсорберов.</p> <p>-Адсорберы с неподвижным слоем адсорбента, работа, устройство, достоинства и недостатки.</p> <p>-Адсорберы с кипящим слоем адсорбента, работа, устройство, достоинства и недостатки.</p> <p>-Области применения абсорбции и адсорбции в различных теплотехнологических процессах.</p>
--	--	--

### **5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты ИДЗ**

#### **Защита ИДЗ**

Отметка о допуске к защите ИДЗ получается при предъявлении преподавателю оформленной расчетно-пояснительной записки (согласно заданию на ее выполнение).

Защита работы происходит в форме беседы с преподавателем, в ходе которой проверяется знание студентом назначения и методики выполненных расчетов, способность анализировать результаты, полученные в ходе расчетов.

#### *Типовые задания*

#### *Индикатор ПК-6.2.*

1. Сформулировать цель выполнения ИДЗ.
2. Основные характеристики запыленного газа после сушильной установки.
3. Что называется ПДК?
4. Количество пыли и ее характеристики в отходящих газах при сжигании твердого топлива в теплотехнологических установках.
5. Классификация центробежных золопылеуловителей.
7. Принцип работы центробежных золопылеуловителей
6. Основные параметры, определяющие эффективность противоточных одиночных циклонов.
7. Преимущества и недостатки циклонов.
8. Основные конструкции противоточных циклонов, их особенности.
9. Области применения циклонов.
10. Принципы подбора циклонов.
11. Алгоритм расчета циклонов.
12. Батарейные противоточные циклоны, устройство, работа, достоинства и недостатки, области применения.
13. Прямоточные батарейные циклоны.

14. Вихревые пылеуловители.

15. Эффективность применения предлагаемого в теплотехнологическую схему циклона.

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

#### Перечень типовых задач для экзамена

*Индикатор ПК-6.2.*

#### Задача

Выполнить примерную оценку исходного массового выброса оксидов азота энергоблока электрической мощностью  $N_{эл} = 300 \cdot 10^3$  кВт при работе его на газе и мазуте. Какие количества  $NO_2$  и  $NO$  будут попадать в приземный слой атмосферы? КПД энергоблока на газе и мазуте  $\eta_{эл} = 0.4$ . Номинальная паропроизводительность и фактическая паропроизводительность  $D_n = 1000$  т/ч,  $D_{ф} = 1000$  т/ч. Принять при работе на газе  $\beta_{г} := 0.8$ , при работе на мазуте  $\beta_{м} = 0.9$ .

#### Задача

Сравнить выбросы в атмосферу частиц золы от двух предприятий. Известно, что расход топлива на первом предприятии  $V_1 = 40$  кг/с, а на втором предприятии  $V_2 = 45$  кг/с. Зольность топлива в расчете на рабочую массу на первом предприятии  $A_{p1} = 20$  %, а на втором  $A_{p2} := 30$  %. Степень эффективности золоуловителя на первом предприятии  $\eta_1 = 0.94$ , а на втором предприятии  $\eta_2 = 0.98$ .

#### Задача

Сравнить допустимые массовые выбросы золы, оксидов серы и азота в атмосферу от энергетического блока мощностью 800 МВт, сжигающего каменный уголь в топках с жидким шлакоудалением (ЖШУ). Приведенное содержание золы  $A_{пр} < 0.6$  % \*кг/МДж, а приведенное содержание серы  $S_{пр} > 0.045$  % \*/МДж. Удельные выбросы указанных веществ соответствуют нормативным выбросам по ГОСТ Р 50831—95.

#### Задача

На энергопредприятии сжигается высокосернистый мазут. Известно, что массовый выброс оксидов азота = 200 г/с, содержание серы в расчете на рабочую массу  $S_p = 3$  %, расход мазута  $V = 20$  кг/с. Мероприятия по борьбе с выбросами оксидов серы не проводятся. Определить суммарный выброс оксидов азота и серы в пересчете на диоксид серы.

#### Задача

Во сколько раз изменится максимальная приземная концентрация, если на предприятии вместо одной дымовой трубы ( $z = 1$ ) установили четыре ( $z = 4$ ). Все остальные условия, влияющие на приземную концентрацию, остались неизменными, а фоновые концентрации вредного вещества равны нулю.

**Типовые задания при проведении защиты в форме тестирования**  
Индикатор ПК-6.2.

**Задание 1**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Защитой человека от вредных воздействий загрязнений окружающей среды является:

1. экологическая безопасность +
2. экологическое наследие
3. экологическое равноправие

**Задание 2**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

К видам документации по обеспечению экологической безопасности не относится:

1. отчётная документация
2. обязывающая документация +
3. обосновывающая документация

**Задание 3**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

В циклонных камерах для осаждения частиц пыли из газового потока используется:

1. Сила тяжести;
2. Архимедова сила;
3. Центробежная сила.+

**Задание 4**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Минимальный размер частиц, которые будут полностью осаждены в пылеосадительной камере, определяется по закону:

1. Стокса; +
2. Ньютона;
3. Эйлера.

**Задание 5**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Ротационные пылезолоуловители относятся к:

1. Центробежным; +
2. Инерционным;
3. Гравитационным

### **Задание 6**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Циклоны достаточно эффективно улавливают частицы размером:

1. Более 15 мкм; +
2. 10-15 мкм;
3. Менее 10 мкм.

### **Задание 7**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

При увеличении вязкости газа эффективность улавливания пыли в циклонах:

1. Снижается; +
2. Увеличивается;
3. Не изменяется.

### **Задание 8**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Как увеличение диаметра циклона влияет на эффективность улавливания пыли:

1. Уменьшает; +
2. Увеличивает;
3. Не изменяет.

### **Задание 9**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Наклон входного патрубка и винтообразная верхняя крышка способствуют направлению вращающегося газового потока вниз, что приводит к:

1. Снижению гидравлического сопротивления циклона; +
2. Увеличению гидравлического сопротивления циклона;
3. Не влияет на величину гидравлического сопротивления циклона.

### **Задание 10**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Основное требование, предъявляемое к компоновке циклонов в группу:

1. Одинаковые аэродинамические условия работы каждого циклона; +
2. Одинаковые температуры в корпусах аппарата;
3. С «правым» вращением газового потока в каждом корпусе аппарата.

### **Задание 11**

#### **Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Минимальный размер частиц, которые будут полностью осаждены в пылесадительной камере, определяется по закону:

1. Стокса; +
2. Ньютона;
3. Эйлера.

### **Задание 12**

#### **Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Мокрые пыле - золоуловители называются:

1. Скрубберы; +
2. Циклоны;
2. Форсунки.

### **Задание 13**

#### **Выберите один из предложенных вариантов ответа**

У фильтров тонкой очистки эффективность улавливания высокодисперсных частиц составляет:

1. Более 99 %; +
2. Менее 90%;
3. Около 50%.

## **Решение задач на практических занятиях**

На практических занятиях производится разбор методик расчета объектов энергетики для обеспечения экологической безопасности, а также решение разноуровневых задач.

### *Типовые разноуровневые задачи и задания*

#### *Индикатор ПК-6.2.*

#### **Задача**

Во сколько раз различаются максимальные приземные концентрации вредных веществ от выбросов предприятий с дымовыми трубами высотами  $h_1 = 120$  м и  $h_2 = 210$  м. На сколько изменилось расстояние, соответствующее максимальным приземным концентрациям при опасной скорости ветра. Все остальные условия, влияющие на приземную концентрацию, остались неизменными, а фоновые концентрации вредного вещества равны нулю

#### **Задача**

Определить изменение концентрации оксидов азота ( $\text{NO}_2$ ) в приземном слое атмосферы (в  $\text{мг/м}^3$ ), при увеличении мощности ТЭС с 1600 (два энергоблока по 800 МВт) до 3200 МВт (четыре энергоблока по 800 МВт). Дымовые газы до увеличения мощности ТЭС выбрасываются через одну дымовую трубу ( $z_1 = 1$ ) высотой  $h_1 = 250$  м, а после увеличения мощности — через две дымовые трубы ( $z_2 = 2$ ) высотой  $h_2 = 250$  м. ТЭС расположена в Сибири, где коэффициент стратификации  $A_1 = 200$ . Котлы работают на природном газе.

Мероприятия по снижению оксидов азота в дымовых газах не проводятся, а их концентрация в пересчете на  $\text{NO}_2$  в  $k := 4$  раза превосходит нормативное значение удельного выброса по ГОСТ Р 50831—95. Объемный расход дымовых газов от одного котла  $h_2 V = 1120 \text{ м}^3/\text{с}$  при температуре уходящих газов  $t_{yx} = 120 \text{ }^\circ\text{C}$ . Принять коэффициенты  $m = 1$ ,  $n := 1$ ,  $\eta = 1$ . Температура наружного воздуха  $t_v := 20 \text{ }^\circ\text{C}$

### Задача

Имеются два энергопредприятия в Московской области. На первом предприятии выбрасываются только оксиды серы, а на втором — только частицы нетоксичной золы. На каком предприятии нужна более высокая дымовая труба (и во сколько раз выше) при условии равенства массовых выбросов и фоновых концентраций по оксидам серы и золе, объемных расходов и температур дымовых газов и коэффициентов, учитывающих условия выхода дымовых газов из трубы?

### Задача

Определить необходимую высоту дымовой трубы для расположенной в Московской области ТЭС мощностью  $N = 2400 \text{ МВт}$ , работающей на природном газе. На ТЭС имеются три энергоблока по  $800 \text{ МВт}$ . Котлы работают при номинальной нагрузке. Объемный расход газов, проходящих через трубу ( $z = 1$ ) от одного котла,  $V_1 = 1120 \text{ м}^3/\text{с}$  (при  $t_{yx} = 120 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Мероприятия по снижению выбросов оксидов азота на ТЭС не проводятся. При расчете принять, что при нормальных условиях концентрации оксидов азота в дымовых газах котлов  $c_1 = 650 \text{ мг/м}^3$ , фоновые концентрации оксидов азота  $c_f = 0.14 \text{ мг/м}^3$ , а также, что в атмосфере существуют только оксиды азота. Коэффициенты принять  $m_1 = 1$ ,  $n_1 = 1$  и  $\eta = 1$ . Температура окружающего воздуха  $t_v := 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### Задача

Определить необходимую высоту дымовой трубы для расположенной в Московской области ТЭС мощностью  $N = 2400 \text{ МВт}$ , работающей на природном газе. На ТЭС имеются три энергоблока по  $800 \text{ МВт}$ . Котлы работают при номинальной нагрузке. Объемный расход газов, проходящих через трубу ( $z = 1$ ) от одного котла,  $V_1 = 1120 \text{ м}^3/\text{с}$  (при  $t_{yx} := 120 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Мероприятия по снижению выбросов оксидов азота на ТЭС не проводятся. При расчете принять, что при нормальных условиях концентрации оксидов азота в дымовых газах котлов  $c_1 = 650 \text{ мг/м}^3$ , фоновые концентрации оксидов азота  $c_f := 0.14 \text{ мг/м}^3$ , а также, что в атмосфере существуют только оксиды азота. Коэффициенты принять  $m_1 = 1$ ,  $n_1 := 1$  и  $\eta = 1$ . Температура окружающего воздуха  $t_v = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения	Критерий оценивания
--	---------------------



по дисциплине	
<p>ПК-6. Способен к обеспечению экологической безопасности объектов профессиональной деятельности и разработке экозащитных мероприятий.  ПК-6.2. Разрабатывает экозащитные мероприятия для объектов профессиональной деятельности</p>	
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Полнота выполненного задания
	Качество выполненного задания
	Самостоятельность выполнения задания
	Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы
	Качество оформления задания
	Правильность применения теоретического материала
Навыки	Выбор методики выполнения задания
	Анализ результатов решения задач
	Обоснование полученных результатов

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

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основных закономерностей, соотношений, принципов экологической безопасности теплотехнологии	Знает основные закономерности, соотношения, принципы экологической безопасности теплотехнологии	Знает основные закономерности, соотношения, принципы экологической безопасности теплотехнологии, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы экологической безопасности теплотехнологии, самостоятельно их вывести, объяснить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на большинство	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные

		вопросов		вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний
	Не излагает или неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота выполненного задания	Задание не выполнено	Задание выполнено не в полном объеме	Задание выполнено полностью	Задание выполнено полностью, рациональным способом
Качество выполненного задания	Имеются существенные ошибки при использовании общей методики выполнения задания	Задание выполнено с существенными неточностями, не носящими принципиальный характер	Задание выполнено с небольшими неточностями	Задание выполнено без ошибок
Самостоятельность выполнения задания	Не может выполнить задание, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании и выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делает верные выводы
Качество оформления задания	Задание оформлено настолько неряшливо, что не поддается проверке	Задание оформлено неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения и ссылки на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с ссылками на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники

Правильность применения теоретического материала	При применении теоретического материала допущены ошибки, относящиеся к методике выполнения задания	При применении теоретического материала допущены ошибки, не носящие принципиальный характер	Теоретический материал применен и интерпретирован в целом правильно, но с несущественными неточностями	Теоретический материал применен и интерпретирован правильно
--	--	---	--	---

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения задания	Неверно выбрана методика выполнения задания	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются незначительные неточности при описании основных расчетных зависимостей	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются недочеты, не относящиеся к основным расчетным зависимостям	Выбрана верная или наиболее рациональная методика выполнения задания
Анализ результатов решения задач	Не произведен анализ результатов решения задачи при необходимости такого анализа	Анализ результатов, полученных при решении задачи проводится только при помощи преподавателя	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов решения задачи	Произведен анализ результатов решения задачи и сделаны исчерпывающие выводы
Обоснование полученных результатов	Представляемые результаты не обоснованы	Имеются замечания к полученным результатам, отсутствует в достаточной степени их обоснование	Представляемые результаты обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники	Представляемые результаты обоснованы, четко аргументированы с указанием ссылок на нормативные, справочные и учебно-методические источники

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

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
	Учебная аудитория для проведения лекционных, практических и	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук,

	лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	лабораторные стенды и оборудование
	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

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

### Основная литература

1. Свергузова С.В. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза. Учебное пособие. Белгород, БГТУ, 2010
2. Кривошеин Д.А., Дмитренко В.П., Федотова Н.В. Основы экологической безопасности производств. учебное пособие. Издательство «Лань». 2015  
Режим доступа <https://e.lanbook.com/book/60654#authors>
3. Щелоков Я.М. Экологические проблемы энергоемких производств. Справочное издание. М., Теплотехник, 2008 г., - 304 с.
4. Беликов С.Е., Котлер В.Р. Котлы тепловых электростанций и защита атмосферы. Уч. пособие. – М.: Аква-терм, 2008 г. – 212 с.
5. Росляков П.В. Методы защиты окружающей среды. – М. Издательский Дом МЭИ, 2007 г.. – 336 с.
6. Родионов А.И., Кузнецов Ю.П., Соловьев Г.С. Защита биосферы от промышленных выбросов. Основы проектирования технологических процессов. Уч. пособие. М.: Химия, КолосС, 2005 г., - 392 с.
7. Швыдкий В.С., Ладыгичев М.Г. Очистка газов. Справочное издание. М.: Теплотехник, 2005 г., 640 с.
8. Швыдкий В.С., Ладыгичев М.Г. Швыдкий Д.В. Теоретические основы очистки газов. Справочное издание. М.: Теплотехник, 2004 г., 502 с.

9. Экология энергетики / под ред В.Я. Путилова. М.: Издательство МЭИ, 2003 г., - 716 с.
10. Ладыгичев М.Г., Бернер Г.Я. Зарубежное и отечественное оборудование для очистки газов. – М.: Теплотехник, 2004. – 696 с.
11. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций. Абрамов А.И., Елизаров, Ремезов А.Н. и др. // Под ред. Седлова А.С.. М.: Издательство МЭИ, 2001 г. – 378 с.

#### Дополнительная литература

1. Теплоэнергетика и теплотехника : в 4-х кн. : справочник / общ. ред.: А. В. Клименко, В. М. Зорин. - 3-изд., перераб. и доп. - Москва : МЭИ. Справочник, 2004
2. Лебедева Е.А. Экологическая оценка котельной установки и разработка нормативов предельно допустимых выбросов. Методические указания Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2012  
Режим доступа 2<http://www.iprbookshop.ru/16075>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Рихтер Л.А., Волков Э.П., Покровский В.Н. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов ТЭС. М.: Энергоиздат, 1981 г.
4. Банит Ф.Г., Мальгин А.Д. Пылеулавливание и очистка газов в промышленности строительных материалов. М.: Стройиздат, 1979 г.
5. Старк С.Б. Пылеулавливание и очистка газов в металлургии. М.: Металлургия, 1977 г.
6. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. - М.: Химия, 1990 г.
7. Оборудование, сооружения, основы проектирования химико-технологических процессов защиты биосферы от промышленных выбросов. Радионов А.И. и др. Учебное пособие для ВУЗов. М.: Химия, 1985 г.
8. Толочко А.И., Филиппов В.И., Филипьев О.В. Очистка технологических газов в черной металлургии. М.: Металлургия, 1982 г.
9. Страус В. Промышленная очистка газов. Перевод с англ. Москва, Химия, 1981 г.
10. Энергетика и охрана окружающей среды. Под ред. Залогина Н. и Кроппа Л. М.: Энергия, 1979 г.

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

1. <http://www.iprbookshop.ru/28374.html>
2. <http://www.iprbookshop.ru/81004.html>
3. <http://www.iprbookshop.ru/20458.html>

4. <http://www.iprbookshop.ru/20459.html>
5. <http://www.iprbookshop.ru/21761.html>
6. <http://www.iprbookshop.ru/33625.html>

