

**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)

**Энерготехнологическая обработка газов**

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: старший преподаватель



(В.В. Носатов)

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-7.Способен разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности	ПК-7.1. Выявляет резервы энерго- и ресурсосбережения на основании анализа нормативных документов, а также технологии производства продукции на объектах профессиональной деятельности	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> мероприятия мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах энергетики теплотехнологий</p> <p><b>Уметь:</b> проводить анализ нормативных документов, и технологии производства продукции на объектах энергетики теплотехнологий</p> <p><b>Владеть:</b> навыками методик в разработке мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах энергетики теплотехнологий</p>
		ПК-7.2. Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> основные способы обработки энерготехнологических газов</p> <p><b>Уметь:</b> производить расчеты для различных способов обработки энерготехнологических газов, разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах энергетики теплотехнологий</p> <p><b>Владеть:</b> методиками разработки мероприятий и оборудования по энерго- и ресурсосбережению на объектах энергетики теплотехнологий оборудования</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-7.** Способен разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии
2	Утилизация вторичных энергетических ресурсов
3	Энерготехнологическая обработка газов
4	Производственная технологическая практика
5	Производственная преддипломная практика
6	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки: 5 зач. единиц

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	-	17
практические	34	17
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	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	53	53
Экзамен	36	36

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Курс 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				
	Содержание, цель и задачи дисциплины. Топливосберегающий, материалоресурсный и экологический аспекты	4	4		8
2. Энергетические и технологические параметры уходящих газов.					

	Методики расчетов влагосодержания и полной энтальпии уходящих газов от теплотехнологического и теплоэнергетического оборудования. Методики расчетов объемных, массовых расходов сухих смесей газовых компонентов, водяных паров и влажных газов. Расчет тепловых потоков уходящих газов и определение возможных количеств утилизируемой теплоты и повышения КПД теплогенераторов.	6	6		9
3. Оборудование энерготехнологической обработки газов					
	Контактные теплообменники, их типы, характеристики, расчет и области применения. Процессы изменения состояния влажного газа в контактных теплообменниках и построение векторов на I-x диаграмме. Поверхностные теплообменники утилизации теплоты запыленных газов, их достоинства и недостатки. Контактно-рекуперативные теплообменники комплексной обработки уходящих газов, их устройство, работа, достоинства и недостатки.	6	6		9
4. Контактно-рекуперативные теплообменники					
	Контактно-рекуперативные теплообменники с восходящим прямотоком фаз эмульгированном режиме (КРТ). Принцип работы и устройство контактно-рекуперативных теплообменников, их достоинства, недостатки, области применения. Тепловой и конструктивный расчет трубного пучка контактно-рекуперативного теплообменника. Конструирование и расчет вспомогательных узлов контактно-рекуперативных теплообменников с восходящим прямотоком фаз (форсунок, каплеуловителей, опорно-распределительных решеток, корпуса аппарата, патрубков и штуцеров). Газодинамический и гидравлический расчет КРТ. Определение массы аппарата, его ориентировочной стоимости, экономической эффективности его использования.	6	6		9
5 Методы улавливания оксидов серы с получением дополнительной продукции.					
	Источники генерации оксидов серы. Классификация методов улавливания серы. Метод улавливания оксидов серы органическими поглотителями. Методы улавливания оксидов серы сульфитными растворами: аммиачные методы, магнезитовые, известняковый. Сорбционные методы улавливания оксидов серы твердыми поглотителями: метод поглощения SO <sub>2</sub> в кипящем слое угольными сорбентами, процесс поглощения SO <sub>2</sub> «Лурги». Методы обезвреживания SO <sub>2</sub> каталитическим окислением.	6	6		9
6. Методы промышленной очистки газов от оксидов азота					

	Механизмы генерации оксидов азота. Классификация методов очистки газов от оксидов азота. Методы снижения генерации оксидов азота в теплогенерирующих установках.	6	6		9
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>53</b>

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №7				
1	Введение	Определение по заданному составу адиабатных температур и полных энтальпий, состава продуктов сгорания топлива	4	4
2	Энергетические и технологические параметры уходящих газов	Определение параметров уходящих газов с минимальным энергетическим потенциалом после теплоутилизатора	4	4
3	Оборудование энерготехнологической обработки газов	Расчет возможного количества утилизируемого тепла с оценкой затрат и определение экономической эффективности теплоутилизационного мероприятия	4	4
4	Контактно-рекуперативные теплообменники	Определение средней разности температур между теплоносителями в контактно-рекуперативных теплообменниках с восходящим прямотоком фаз.	4	4
5	Контактно-рекуперативные теплообменники	Определение требуемой поверхности теплообмена в контактно-рекуперативных теплообменниках с восходящим прямотоком фаз.	6	6
6	Методы промышленной очистки газов от оксидов азота	Конструирование трубного пучка в контактно-рекуперативных теплообменниках с восходящим прямотоком фаз	4	4
7	Контактно-рекуперативные теплообменники	Подбор и расчет форсунок	4	4
8	Контактно-рекуперативные теплообменники	Конструктивное оформление корпуса и его элементов контактно-рекуперативных теплообменников	4	4
<b>ИТОГО:</b>			<b>34</b>	<b>34</b>
<b>ВСЕГО:</b>			<b>68</b>	<b>68</b>

### **4.3. Содержание лабораторных занятий**

Не предусмотрено учебным планом.

### **4.4. Содержание курсового проекта/работы**

Не предусмотрено учебным планом.

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

**Тема расчетно-графического задания:** Конструктивный тепловой расчет теплообменника утилизатора тепла уходящих газов от котлов.

**Цель расчетно-графического задания:** изучение студентами методик и приобретение навыков конструктивного теплового расчета теплообменников утилизаторов тепла уходящих газов от котлов.

**Структура и требования к оформлению работы.** Расчетно-графическое задание включает расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

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

- сведения о студенте, выполняющем работу: фамилия, инициалы, группа;
- задание на выполнение расчетно-графического задания, подписанное студентом и преподавателем;
- материальный баланс горения топлива;
- определение объемного расхода уходящих газов от котла;
- определение геометрических размеров теплообменника-утилизатора и размеров профилированных труб;
- определение площади поверхности теплообмена теплообменника-утилизатора;
- определение числа труб в ряду и число рядов труб;
- коэффициента термодинамического совершенства, коэффициент расхода материалов, коэффициента использования ВЭР.;
- выводы и заключение.

В записке даются краткие указания, обоснования и соответствующие пояснения по выбираемым величинам, помещаются сводные таблицы данных расчета.

Графическая часть представляет собой один лист формата А4, содержащий схему утилизатора теплоты.

Отметка о допуске работы к защите получается при предъявлении преподавателю оформленной расчетно-пояснительной записки и графической части (согласно заданию на выполнение расчетно-графического задания).

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.

Типовой вариант задания

**Исходные данные**



1. Тип водогрейного котла КВГМ-7,7-95. (задается индивидуально).
2. Состав природного газа и коэффициент избытка воздуха (задается индивидуально).
3. Тип теплообменника- утилизатора: одноступенчатый КРТ.
4. Диаметр труб 25x2 и соотношение поперечного и продольного размера плоскоооальной трубы  $a/b = 1/3$  (задается индивидуально).
5. Давление в теплообменнике 96 кПа.
6. Температура газа: начальная 130 °С, конечная 40 °С.
7. Температура чистого нагреваемого теплоносителя: начальная 10 °С, конечная  $t_{\text{МТГ}} - 2$  °С, где  $t_{\text{МТГ}}$  – температура мокрого термометра газа.
8. Температура промежуточного теплоносителя: начальная равна  $t_{\text{МТГ}}$  – температуре мокрого термометра газа °С, конечная 40 °С.

За водогрейным котлом уходящие газы направляются в теплообменник-утилизатор в котором нагревается чистый теплоноситель для нужд ГВС.

Произвести расчет горения топлива, конструктивный тепловой расчет теплообменника-утилизатора, определить термодинамические и термоэкономические показатели эффективности теплообменника-утилизатора.

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

### 5.1. Реализация компетенций

#### 1 Компетенция ПК-7.Способен разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-7.1. Выявляет резервы энерго- и ресурсосбережения на основании анализа нормативных документов, а также технологии производства продукции на объектах профессиональной деятельности	Экзамен, решение задач на практических занятиях
ПК-7.2. Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности	Экзамен, защита расчетно-графического задания, 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-7.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Роль теплотехнологий в народном хозяйстве.</li> <li>– Основные направления в развитии теплотехнологических процессов.</li> <li>– Теплотехнология и охрана окружающей среды</li> </ul>
2	Энергетические и технологические параметры уходящих газов.	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,

	(ПК-7.1)	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.
3	Оборудование энерготехнологической обработки газов (ПК-7.1)	- Классификация, принцип работы, области применения, принципы подбора и расчета золопылеуловителей. – Классификация золопылеуловителей. Основы механики аэрозолей: скорость осаждения частиц, сила лобового сопротивления частиц движению в сплошной среде по законам Ньютона и Стокса, сила инерции и центробежная сила. Пылеосадительные камеры, их расчет.
4	Контактно-рекуперативные теплообменники (ПК-7.2)	– Утилизация низкопотенциальных тепловых ВЭР. Основные трудности. Примеры. – Утилизация тепла низкотемпературных дымовых газов. Примеры – Трудности при утилизации низкотемпературных уходящих газов. Пути их разрешения. Примеры установок. – Примеры конденсационных и контактных теплообменников-утилизаторов. Их преимущества и недостатки – Преимущества и недостатки применения профилированных труб в теплообменниках утилизаторах
5	Методы улавливания оксидов серы с получением дополнительной продукции. (ПК-7.1)	- Типы 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 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.
6	Методы промышленной очистки газов от оксидов азота (ПК-7.1)	- Охрана водного бассейна от сбросов ТЭЦ. Методы очистки сточных вод. Механическая очистка. Химические методы очистки. Физико-химические методы очистки. – Биологические методы очистки а

### **5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты расчетно-графического задания**

#### **Защита расчетно-графического задания**

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

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-7.2

1. Сформулировать цель выполнения расчетно-графического задания.
2. Что называется утилизатором тепла?
3. В чем сложность утилизации низкотемпературных ВЭР ?
4. Какие типы теплообменников используются для утилизации

- низкотемпературных ВЭР?
5. Какие контактные теплообменники используются для утилизации низкотемпературных ВЭР?
  6. Какие контактно-рекуперативные теплообменники используются для утилизации низкотемпературных ВЭР?
  7. До какой максимальной температуры можно нагреть теплоноситель контактным способом?
  8. Принцип работы КТАНа.
  9. Режимы течения двухфазных газожидкостных потоков.
  10. Принцип работы КРТ.
  11. В чем преимущество КРТ над КТАНом?
  12. Почему надо делать КРТ двухступенчатым?
  13. Изобразите процессы протекающие в КРТ в I-х диаграмме влажного воздуха.
  14. Какие преимущества и недостатки профилированных труб?
  15. В чем суть конструктивного теплового расчета?
  16. Как выглядит основное уравнение теплопередачи?
  17. Какие существуют термодинамические показатели эффективности теплообменников-утилизаторов?
  18. Какие существуют термoeкономические показатели эффективности теплообменников-утилизаторов?

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

#### **Перечень типовых задач для экзамена**

##### Индикатор ПК-7.1

##### **Задача**

Определить энтальпию уходящих газов с параметрами: температура 140 °С, влагосодержание 0,12 кг/кг с.ч.

##### **Задача**

Определить до какой максимальной температуры можно нагреть теплоноситель в контактном теплообменнике-утилизаторе, если параметры уходящих газов после котла: температура 140 °С, влагосодержание 0,12 кг/кг с.ч.

##### **Задача**

Определить количество утилизированной теплоты в теплообменнике-утилизаторе, если начальные параметры уходящих газов: температура 140 °С, влагосодержание 0,12 кг/кг с.ч., конечные параметры: температура 40 °С, влагосодержание 0,04 кг/кг с.ч., расход газа по сухой части 1,8 кг/с.

##### **Задача**

Определить площадь поверхности теплообмена теплообменника-утилизатора, если количество утилизированной теплоты 490 кВт, коэффициент теплопередачи 1,5 кВт/(м<sup>2</sup>·°С), температуры нагреваемой среды: начальная 10°С,

конечная 55°C.

Индикатор ПК-7.2

**Задача**

Определить коэффициент использования энергии в теплообменнике-утилизаторе, если количество утилизированной теплоты 490 кВт, электрическая мощность, затрачиваемая на прокачку теплоносителей 3,5 кВт.

**Задача**

Определить коэффициент расхода материала в теплообменнике-утилизаторе, если количество утилизированной теплоты 490 кВт, масса материала на изготовление теплообменника 1,2 т.

*Типовой вариант экзаменационного билета*

**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. Шухова»**

Кафедра энергетики теплотехнологии

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Дисциплина Энерготехнологическая обработка газов

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №**

1. Физико-химические свойства выбросов в атмосферу от теплотехнологического и теплоэнергетического оборудования..
2. Полые прямоточные и центробежные скрубберы
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры «  »    20   г., протокол №   .

Заведующий кафедрой    Ю.В. Васильченко

**Практические занятия**

*Типовые разноуровневые задачи и задания*

Индикатор ПК-7.1

**Задача**

Задан состав природного газа и коэффициент избытка воздуха, используемых в котельной. Определить суммарный выход продуктов сгорания и низшую теплоту сгорания топлива.

**Задача**

Определить по I-x диаграмме температуру точки росы и температуру мокрого термометра уходящих газов после котельной, если их температура 130 °С, влагосодержание 0,11 кг/кг с.ч.

### **Задача**

Тепловая электростанция (ТЭС) перешла со сжигания природного газа с теплотой сгорания  $Q_{\text{газ}} := 37\,000$  кДж/м<sup>3</sup> на сжигание угля с теплотой сгорания  $Q_{\text{уг}} := 18\,500$  кДж/кг. Во сколько раз изменится выброс CO<sub>2</sub> в атмосферу при сохранении мощности ТЭС и коэффициента полезного действия (КПД) постоянными? Принять, что удельные объемы CO<sub>2</sub>, образующиеся при сжигании газа и угля, в данном случае примерно равны: 1 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> и 1 м<sup>3</sup>/кг.

### **Задача**

Определить массовый расход нагреваемой воды в теплообменнике-утилизаторе, если количество утилизируемой теплоты 490 кВт, начальная температура воды 10 °С, конечная температура воды 55 °С.

### **Задача**

Сравнить выбросы в атмосферу частиц золы до реконструкции золоуловителя и после нее. Известно, что расход топлива на предприятии  $B_1 := 60$  кг/с. Зольность топлива в расчете на рабочую массу  $Ar_1 := 35\%$ . Степень эффективности золоуловителя до реконструкции  $\eta_1 = 0.98$ , а после нее  $\eta_2 := 0.995$ .

### **Задача**

Во сколько раз различаются по значению выбросы в атмосферу оксидов серы при работе на мазуте и золовых частиц при работе на буром угле энергоблоков мощностью 300 МВт? Мазут имеет сернистость в расчете на рабочую массу  $S_p = 2.5\%$ , а зольность угля в расчете на рабочую массу составляет  $Ar := 25\%$ . Расход мазута  $B_1 = 75$  т/ч, а расход угля  $B_2 = 220$  т/ч. Учсть, что степень эффективности золоуловителя  $\eta := 0.96$ .

### **Задача**

Определить число рядов труб в теплообменнике-утилизаторе если площадь поверхности теплообмена 7,5 м<sup>2</sup>, число труб в ряду 16, длина трубы 0,3 м, труба 25x2.

### Индикатор ПК-7.2

### **Задача**

Определить коэффициент термодинамического совершенства скруббера ЭТОГ если водяной эквивалент нагреваемой среды 8 кВт/К, температуры нагреваемой среды: начальная 10 °С, конечная 55 °С; водяной эквивалент нагревающей среды 2 кВт/К, температуры нагревающей среды: начальная 130 °С, конечная 40 °С.

### **Задача**

Определить коэффициент использования вторичных энергоресурсов скруббера ЭТОГ, если его тепловая мощность 490 кВт, общий выход ВЭР 770 кВт.

## **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 по дисциплине	Критерий оценивания
ПК-7. Способен разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности ПК-7.1. Выявляет резервы энерго- и ресурсосбережению на основании анализа нормативных документов, а также технологии производства	
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 использования ВЭР	Знает основные закономерности, соотношения, принципы использования ВЭР	Знает основные закономерности, соотношения, принципы использования ВЭР; их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы использования ВЭР; может самостоятельно их вывести, объяснить и использовать
Объем освоенного	Не знает значительной	Знает только основной	Знает материал дисциплины в	Обладает твердым и полным знанием

материала	части материала дисциплины	материал дисциплины, не усвоил его деталей	достаточном объеме	материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на большинство вопросов	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные 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 полноту 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	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делает верные выводы

			формулировании выводов	
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

Критериями оценивания достижений показателей являются:



Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
ПК-7. Способен разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности ПК-7.2 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности.	
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 утилизации тепла	Знает основные закономерности, соотношения, принципы утилизации тепла	Знает основные закономерности, соотношения, принципы утилизации тепла; их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы утилизации тепла; может 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

		вопросов		поставленные 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 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	Задание оформлено аккуратно, с ссылками на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на

		ссылки на используемые источники		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

Помещения для самостоятельной работы: читальный зал библиотеки, учебная аудитория

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, лабораторные стенды и оборудование
	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

## 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 [2http://www.iprbookshop.ru/16075](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. Родионов 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.consultant.ru/>.

Система «Консультант плюс», периодичность обновления – 1 раз в неделю.

2. [www.ntb.bstu.ru](http://www.ntb.bstu.ru)

3. <http://elibrary.ru/>

4. <http://e.lanbook.com>