

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
экономики и менеджмента

« 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>Знать: мероприятия мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах энергетики теплотехнологий</p> <p>Уметь: проводить анализ нормативных документов, и технологии производства продукции на объектах энергетики теплотехнологий</p> <p>Владеть: 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>Знать: основные способы обработки энерготехнологических газов</p> <p>Уметь: производить расчеты для различных способов обработки энерготехнологических газов, разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах энергетики теплотехнологий</p> <p>Владеть: 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 |
| Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.: | 73 | 73 |
| лекции | 34 | 34 |
| лабораторные | - | 17 |
| практические | 34 | 17 |
| групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации | 5 | 5 |
| Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе: | 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. | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|--|---|
| | <p>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.</p> <p>Расчет тепловых потоков уходящих газов и определение возможных количеств утилизируемой теплоты и повышения КПД теплогенераторов.</p> | 6 | 6 | | 9 |
| <p>3. Оборудование энерготехнологической обработки газов</p> | | | | | |
| | <p>Контактные теплообменники, их типы, характеристики, расчет и области применения. Процессы изменения состояния влажного газа в контактных теплообменниках и построение векторов на I-x диаграмме.</p> <p>Поверхностные теплообменники утилизации теплоты запыленных газов, их достоинства и недостатки.</p> <p>Контактно-рекуперативные теплообменники комплексной обработки уходящих газов, их устройство, работа, достоинства и недостатки.</p> | 6 | 6 | | 9 |
| <p>4. Контактно-рекуперативные теплообменники</p> | | | | | |
| | <p>Контактно-рекуперативные теплообменники с восходящим прямотоком фаз эмульгированном режиме (КРТ).</p> <p>Принцип работы и устройство контактно-рекуперативных теплообменников, их достоинства, недостатки, области применения.</p> <p>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).</p> <p>Газодинамический и гидравлический расчет КРТ.</p> <p>Определение массы аппарата, его ориентировочной стоимости, экономической эффективности его использования.</p> | 6 | 6 | | 9 |
| <p>5 Методы улавливания оксидов серы с получением дополнительной продукции.</p> | | | | | |

| | | | | | |
|--|---|-----------|-----------|----------|-----------|
| | 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 ₂ в кипящем слое угольными сорбентами, процесс поглощения SO ₂ «Лурги». Методы обезвреживания SO ₂ 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 |
| | 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 №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 | 8 |
| 4 | Контактно-рекуперативные теплообменники | Определение средней разности температур между теплоносителями в контактно-рекуперативных теплообменниках с восходящим прямотоком фаз. | 4 | 8 |

| | | | | |
|--------|--|---|--------|----|
| 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 | 8 |
| ИТОГО: | | | 34 | 34 |
| | | | ВСЕГО: | 68 |

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

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

Расчет оборудования для энерготехнологической обработки газов

Цель расчетно-графического задания: изучение студентами методик и приобретение навыков расчета технологического оборудования для энерготехнологической обработки газов.

Расчетно-графическое задание включает расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

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 технологических газов на рабочие условия;
- расчет основных характеристик оборудования для энерготехнологической обработки газов;
- определение характеристик вентилятора и мощности приводного двигателя;

– выводы и заключение.

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

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 типа ЦН-15 и определить его гидравлическое сопротивление.

Исходные данные:

- расход газа при нормальных условиях V_0 , м³ /ч;
- плотность газа при нормальных условиях ρ_0 , кг/м³ ;
- температура очищаемого газа t_r , °С,
- барометрическое давление P , бар, кПа;
- разрежение при входе в циклон $P_{ц}$, кПа;
- начальная концентрация пыли C_1 , г/м³ ;
- плотность пыли ρ_p , кг/м³.

Циклон должен работать без дополнительных устройств в сети.

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, защита РГЗ, решение задач на практических занятиях |
| ПК-7.2. Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах | Экзамен, защита РГЗ, 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 | <ul style="list-style-type: none"> – Роль теплотехнологий в народном хозяйстве. – Основные направления в развитии теплотехнологических процессов. – Теплотехнология и охрана окружающей среды |
| 2 | Энергетические и технологические параметры уходящих газов. | <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Понятие о ПДК, ПДВ, их виды. Концентрация твердых частиц в газовом потоке, методы и средства их измерения. |
| 3 | Оборудование энерготехнологической обработки газов | <ul style="list-style-type: none"> - 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. |
| 5 | Методы улавливания оксидов серы с получением дополнительной продукции. | <ul style="list-style-type: none"> - Типы золопылеуловителей. <p>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.</p> <p>Полые прямоточные и центробежные скрубберы, Пенные аппараты - их типы, принцип работы, основные параметры.</p> <p>Аппараты ударно-инерционного действия, их типы, принцип работы, основные параметры.</p> |
| 6 | Методы промышленной очистки газов от оксидов азота | <ul style="list-style-type: none"> - Охрана водного бассейна от сбросов ТЭЦ. Методы очистки сточных вод. Механическая очистка. Химические методы очистки. Физико-химические методы очистки. – Биологические методы очистки а |

Перечень типовых задач для экзамена

Задача

Тепловая электростанция (ТЭС) перешла со сжигания природного газа с теплотой сгорания $Q_{\text{газ}} := 37\,000$ кДж/м³ на сжигание угля с теплотой сгорания $Q_{\text{уг}} := 18\,500$ кДж/кг. Во сколько раз изменится выброс CO₂ в атмосферу при сохранении мощности ТЭС и коэффициента полезного действия (КПД) постоянными? Принять, что удельные объемы CO₂, образующиеся при сжигании газа и угля, в данном случае примерно равны: 1 м³/м³ и 1 м³/кг.

Задача

Сравнить выбросы в атмосферу частиц золы до реконструкции золоуловителя и после нее. Известно, что расход топлива на предприятии $V_1 := 60$ кг/с. Зольность топлива в расчете на рабочую массу $A_{p1} := 35$ %. 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 $A_p := 25$ %. Расход мазута $V_1 = 75$ т/ч, а расход угля $V_2 = 220$ т/ч. Учсть, что степень эффективности золоуловителя $\eta := 0.96$.

Типовой вариант экзаменационного билета

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

Кафедра энергетики теплотехнологии

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Дисциплина Гидрогазодинамика

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

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом.

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

Защита расчетно-графического задания

Отметка о допуске работы к защите РГЗ 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.

Практические занятия

Типовые разноуровневые задачи и задания

Задача

Определить максимальную концентрацию оксидов азота в перерасчете на NO_2 в приземном слое атмосферы, создаваемую выбросами ТЭС мощностью 1200 МВт (четыре энергоблока по 300 МВт). Сравнить максимальную приземную концентрацию оксидов азота и их концентрацию в дымовых газах. ТЭС расположена в Читинской области, для которой коэффициент стратификации $A_1 := 250$. Котлы работают на природном газе. Мероприятия по снижению концентраций оксидов азота в дымовых газах не проводятся, а их концентрация в пересчете на NO_2 в $k := 4$ раза превосходит нормативное значение удельного выброса по ГОСТ Р 50831—95. Объемный расход дымовых газов от одного котла $V := 420 \text{ м}^3/\text{с}$ при температуре уходящих газов $t_{\text{ух}} := 120 \text{ }^\circ\text{C}$. Дымовые газы выбрасываются через несколько дымовых труб ($z := 2$) высотой $h := 180 \text{ м}$. Принять коэффициенты $m := 1$, $n := 1$, $\eta := 1$. Температура наружного воздуха $t := 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Фоновую концентрацию оксидов азота в приземном слое атмосферы принять равной нулю.

Задача

Определить ПДВ в пересчете на диоксид серы SO_2 для ТЭС, сжигающей уголь. Сравнить ПДВ с реальным выбросом вредных веществ в пересчете на SO_2 . На энергопредприятии установлено четыре энергоблока ($k := 4$) электрической мощностью $N := 300 \text{ МВт}$ каждый. КПД ТЭС $\eta_{\text{эл}} := 0,37$. ТЭС расположена в географическом районе, имеющем коэффициент стратификации атмосферы $A_1 := 200$. На ТЭС сжигается уголь, основные характеристики которого следующие: $Q_{\text{р}} := 24,6 \text{ МДж/кг}$; $S_{\text{р}} := 0,8 \%$, имеются две дымовые трубы ($z := 2$) высотой $H :=$

210 м. Температура уходящих газов $t_{ух} := 140 \text{ }^\circ\text{C}$, а температура наружного воздуха $t_{в} := 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Коэффициент избытка воздуха в уходящих газах $\alpha_{ух} := 1.4$. Объемный расход дымовых газов от одного котла при температуре уходящих газов $V_{г} := 420 \text{ м}^3/\text{с}$. Концентрация оксидов азота в сухих газах при стандартных условиях $c_1 := 680 \text{ мг/м}^3$. Фоновые концентрации в районе расположения ТЭС $:= 0.12 \text{ мг/м}^3$, :

Задача

На энергопредприятии установлены два золоуловителя, степень улавливания первого золоуловителя $\eta_1 := 0.8$, второго золоуловителя $\eta_2 := 0.85$. После года эксплуатации проскок в первом золоуловителе увеличился на 15 %, а во втором — на 25 %. Определить, как изменится суммарная степень улавливания этих двух золоуловителей после года эксплуатации.

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 |
|--|--|
| 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 энерго- и ресурсосбережению на объектах энергетики теплотехнологий | Знает основные закономерности, соотношения, принципы энерго- и ресурсосбережению на объектах энергетики теплотехнологий | Знает основные закономерности, соотношения, принципы энерго- и ресурсосбережению на объектах энергетики теплотехнологий; их интерпретирует и использует | Знает основные закономерности, соотношения, принципы энерго- и ресурсосбережению на объектах энергетики теплотехнологий; может самостоятельно их вывести, объяснить и использовать |
| Объем освоенного материала | Не знает значительной части материала дисциплины | Знает только основную 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 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 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 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 | Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются | Выбрана верная или наиболее рациональная методика выполнения |

| | | | | |
|------------------------------------|--|--|---|---|
| | | незначительные неточности при описании основных расчетных зависимостей | недочеты, не относящиеся к основным расчетным зависимостям | 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 УК№2, №407.

| № | 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 |

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 |
| | Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition» | Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г. |
| | 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 <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>

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ¹

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями²

Протокол № _____ заседания кафедры от «____» _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой _____ Ю.В. Васильченко
подпись, ФИО

Директор института _____ А.В. Белоусов
подпись, ФИО

¹ Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

² Нужно подчеркнуть