

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Б1.В.04</b>      | <b>Котельные установки и парогенераторы в промышленной теплоэнергетике</b> |
| (Индекс дисциплины) | (Наименование дисциплины)  |
| Кафедра: <b>24</b>  | Промышленная теплоэнергетика   |
| Код                 | Наименование кафедры   |

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Промышленная теплоэнергетика

Уровень образования: Бакалавриат

### План учебного процесса

| Составляющие учебного процесса  |                          | Очное обучение | Очно-заочное обучение* | Заочное обучение* |
|---|--------------------------|----------------|------------------------|-------------------|
| Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы) | Всего                    | <b>360</b>     |                        | <b>360</b>        |
|   | Аудиторные занятия       | <b>174</b>     |                        | <b>42</b>         |
|   | Лекции                   | 70             |                        | 16                |
|   | Лабораторные занятия     | 34             |                        | 20                |
|   | Практические занятия     | 70             |                        | 6                 |
|   | Самостоятельная работа   | <b>150</b>     |                        | 305               |
|   | Промежуточная аттестация | <b>36</b>      |                        | <b>13</b>         |
| Формы контроля по семестрам (номер семестра)  | Экзамен                  | 6              |                        | 7                 |
|   | Зачет                    | 5              |                        | 6                 |
|   | Контрольная работа       |                |                        | 6                 |
|   | КП                       | 6              |                        | 7                 |
|   |                          |                |                        |                   |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>   |                          | <b>10</b>      |                        | <b>10</b>         |

| Форма обучения: | Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам |   |   |   |          |          |          |   |   |    |
|-----------------|---|---|---|---|----------|----------|----------|---|---|----|
|                 | 1   | 2 | 3 | 4 | 5        | 6        | 7        | 8 | 9 | 10 |
| Очная           |   |   |   |   | <b>4</b> | <b>6</b> |          |   |   |    |
| Очно-заочная    |   |   |   |   |          |          |          |   |   |    |
| Заочная         |   |   |   |   |          | <b>5</b> | <b>5</b> |   |   |    |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

На основании учебных планов № b130301-3\_20  
z130301-3\_20

Кафедра-разработчик: Промышленная теплоэнергетика

Заведующий кафедрой: Сморозин С.Н.

### **СОГЛАСОВАНИЕ:**

Выпускающая кафедра: Теплосиловых установок и тепловых двигателей (ТСУ и ТД)  
Промышленной теплоэнергетики (ПТЭ)

Заведующий кафедрой: ТСУ и ТД Злобин В.Г.  
ПТЭ Смородин С.Н.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая  Обязательная  Дополнительно   
является факультативом   
Вариативная  По выбору

## 1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области котельных установок промышленных предприятий, их проектирования и эксплуатации при минимальных затратах энергетических, материальных и трудовых ресурсов, соблюдения правил безопасной эксплуатации и охраны окружающей среды.

## 1.3. Задачи дисциплины

- Рассмотреть устройство котельных установок и их элементов
- Рассмотреть методики выполнения теплого и конструктивного расчета котла
- Раскрыть принципы обеспечения рационального тепловосприятия, надежной и экономичной работы котла и вспомогательного оборудования, защиты окружающей среды

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

| Код компетенции | Формулировка компетенции   | Этап формирования |
|-----------------|--|-------------------|
| ПК- 2           | Способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием | 1,2               |

### Планируемые результаты обучения

Знать:

- 1) конструкции котельных агрегатов и вспомогательного оборудования
- 2) методики составления тепловых балансов котлов,
- 3) типовые методики расчетов котлов и их элементов,

Уметь:

- 1) выбирать оптимальную компоновку котла
- 2) проводить расчеты по типовым методикам

Владеть:

- 1) основами расчетов тепловых балансов котлов,
- 2) основами расчетов котлов и их элементов,

## 1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Компьютерная графика (ПК-2)
- Конструкционные материалы в теплоэнергетике (ПК-2)
- Тепломассообменное оборудование теплоэнергетических предприятий (ПК-2)
- Информатика в задачах теплоэнергетики и теплотехнологии (ПК-2)
- Системы автоматизированного проектирования в теплоэнергетике (ПК-2)

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование и содержание | Объем (часы) |
|---------------------------|--------------|
|---------------------------|--------------|

| учебных модулей, тем и форм контроля  | очное обучение | очно-заочное обучение | заочное обучение |
|---|----------------|-----------------------|------------------|
| <b>Учебный модуль 1. Классификация котлов</b>   |                |                       |                  |
| Тема 1. Основные термины и определения. Значение котельных установок в промышленной теплоэнергетике. Роль русских и советских ученых в развитии котельной техники. Общая схема котельной установки. Классификация котлов.   | 10             |                       | 20               |
| Тема 2. Материальный и тепловой баланс котла. Общее уравнение теплового баланса. Располагаемая и полезно затраченная теплота. Потери теплоты и их определение. Тепловой КПД котла.  | 20             |                       | 20               |
| <b>Текущий контроль 1 (тестирование)</b>  | 1              |                       |                  |
| <b>Учебный модуль 2. Тепловая схема котла. Характеристики и конструкции котлов и их элементов</b>   |                |                       |                  |
| Тема 3. Подготовка к сжиганию газового, жидкого и твердого топлива. Сушка и размол топлива. Основные системы пылеприготовления. Углеразмольные мельницы и элементы систем пылеприготовления. Системы топливоподачи при использовании биотоплива.  | 20             |                       | 20               |
| Тема 4. Топочные процессы и устройства. Классификация, характеристики и показатели топочных устройств. Сжигание газового и особенности сжигания жидкого топлива. Конструкции горелочных и топочных устройств для сжигания газового и жидкого топлива. Сжигание угольной пыли. Пылеугольные горелки и их расположение. Топки с жидким и твердым шлакоудалением. Циклонные и вихревые топки. Классификация слоевых топок. Характеристика процесса горения топлива в слое. Топки для сжигания твердого топлива в плотном слое. Особенности организации сжигания биотоплива в плотном и кипящем слое.   | 20             |                       | 20               |
| Тема 5. Элементы и материалы котлов. Испарительные поверхности нагрева. Конструкции топочных экранов, повышение надежности их работы. Конвективные испарительные поверхности нагрева. Пароперегреватели. Компановка пароперегревателей. Методы регулирования температуры перегретого пара. Классификация систем регулирования температуры перегретого пара. Водяные экономайзеры и воздухоподогреватели. Роль и назначение водяных экономайзеров и воздухоподогревателей. Последовательность включения. Техничко-экономические пределы подогрева воздуха, воды. Конструктивные схемы. Абразивный износ и коррозия поверхностей нагрева. Очистка поверхностей нагрева от наружных загрязнений. Назначение и требования к ограждениям газоходов котла. Конструкция обмуровки. Назначение и конструкции каркаса. Арматура и гарнитура. Условия работы металла котла. | 64             |                       | 86               |
| <b>Текущий контроль 2 (контрольная работа)</b>  |                |                       | 10               |
| <b>Текущий контроль 2 (тестирование)</b>  | 1              |                       |                  |
| <b>Промежуточная аттестация по дисциплине (зачет)</b>   | 8              |                       | 4                |
| <b>Модуль 3. Тепловой и аэродинамический расчет котлоагрегата</b>   |                |                       |                  |
| Тема 6. Методика поверочного и конструктивного расчета. Выбор способа сжигания и тепловой схемы котельного агрегата. Радиационный теплообмен и выбор конечного охлаждения газов в топке. Методика расчета теплообмена в элементах котла. Расчет топки, выбор конечного охлаждения газов в топке. Конструктивный расчет радиационного, полурadiационного и конвективного пароперегревателя. Конструктивный расчет водяного экономайзера и воздухоподогревателя.  | 16             |                       | 24               |
| Тема 7. Аэродинамический расчет котельной установки. Системы газо-воздушного тракта котла.  | 4              |                       | 6                |
| <b>Текущий контроль 3 (тестирование)</b>  | 1              |                       |                  |
| <b>Модуль 4. Гидродинамика паровых котлов с естественной циркуляцией</b>  |                |                       |                  |
| Тема 8. Условия надежной работы элементов котла. Классификация испарительных систем котлов. Гидродинамика испарительных систем котлов с естественной и принудительной циркуляцией. Основы методики расчета циркуляции в элементах котла.  | 10             |                       | 15               |
| Тема 9. Физико-химические процессы при генерации пара из питательной воды. Механизм и процессы образования накипи и коррозии на поверхностях нагрева. Требования к питательной воде. Водный режим котлов.   | 7              |                       | 6                |

| Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля  | Объем (часы)   |                       |                  |
|---|----------------|-----------------------|------------------|
|   | очное обучение | очно-заочное обучение | заочное обучение |
| Продувка в котлах. Ступенчатое испарение. Требования к качеству пара. Сепарация пара. Показатели качества воды. Составы природных вод. Водоподготовка. Основные схемы обработки питательной воды.   |                |                       |                  |
| <b>Текущий контроль 4.</b> (тестирование)   | 1              |                       |                  |
| <b>Учебный модуль 5 Повышение экономической эффективности котельных установок. Вспомогательное оборудование.</b>  |                |                       |                  |
| Тема 10. Техничко-экономическое обоснование выбора оптимальной скорости газов в конвективных поверхностях нагрева. Значение подогрева воздуха для экономического сжигания топлива. Экономическая оценка различных схем котельных установок. Техничко-экономическое обоснование выбора температуры уходящих газов при конструировании котельных установок. | 40             |                       | 30               |
| Тема 11.Содержание вредных примесей в продуктах сгорания. Классификация и конструкция золоуловителей. Конструкции тяго-дутьевых установок. Удаление шлака, золы и газообразных продуктов. Дымовые трубы. Режим работы котлов промпредприятий. Основные направления повышения экономичной работы котельных установок.                                      | 50             |                       | 40               |
| <b>Текущий контроль 5.</b> (тестирование)   | 1              |                       |                  |
| <b>Курсовой проект</b>  | <b>50</b>      |                       | <b>50</b>        |
| <b>Промежуточная аттестация по дисциплине (экзамен)</b>   | <b>36</b>      |                       | <b>9</b>         |
| <b>ВСЕГО:</b>   | <b>360</b>     |                       | <b>360</b>       |

### 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

#### 3.1. Лекции

| Номера изучаемых тем | Очное обучение |              | Очно-заочное обучение |              | Заочное обучение |              |
|----------------------|----------------|--------------|-----------------------|--------------|------------------|--------------|
|                      | Номер семестра | Объем (часы) | Номер семестра        | Объем (часы) | Номер семестра   | Объем (часы) |
| 1                    | 5              | 6            |                       |              | 6                | 2            |
| 2                    | 5              | 6            |                       |              | 6                | 2            |
| 3                    | 5              | 4            |                       |              | 6                | 1            |
| 4                    | 5              | 6            |                       |              | 6                | 1            |
| 5                    | 5              | 14           |                       |              | 6                | 2            |
| 6                    | 6              | 6            |                       |              | 7                | 2            |
| 7                    | 6              | 4            |                       |              | 7                | 1            |
| 8                    | 6              | 6            |                       |              | 7                | 1            |
| 9                    | 6              | 6            |                       |              | 7                | 1            |
| 10                   | 6              | 6            |                       |              | 7                | 1            |
| 11                   | 6              | 6            |                       |              | 7                | 2            |
| <b>ВСЕГО:</b>        |                | <b>70</b>    |                       |              |                  | <b>16</b>    |

#### 3.2. Практические и семинарские занятия

| Номера изучаемых тем | Наименование и форма занятий         | Очное обучение |              | Очно-заочное обучение |              | Заочное обучение |              |
|----------------------|--------------------------------------|----------------|--------------|-----------------------|--------------|------------------|--------------|
|                      |                                      | Номер семестра | Объем (часы) | Номер семестра        | Объем (часы) | Номер семестра   | Объем (часы) |
| 2                    | Материальный и тепловой баланс котла | 5              | 4            |                       |              |                  |              |
| 6                    | Расчет топки                         | 5              | 4            |                       |              |                  |              |
| 6                    | Расчет фестона                       | 5              | 4            |                       |              |                  |              |
| 6                    | Расчет пароперегревателя             | 5              | 4            |                       |              |                  |              |
| 6                    | Расчет водяного экономайзера         | 5              | 4            |                       |              |                  |              |
| 6                    | Расчет                               | 5              | 4            |                       |              |                  |              |

| Номера изучаемых тем | Наименование и форма занятий                              | Очное обучение |              | Очно-заочное обучение |              | Заочное обучение |              |
|----------------------|---|----------------|--------------|-----------------------|--------------|------------------|--------------|
|                      |   | Номер семестра | Объем (часы) | Номер семестра        | Объем (часы) | Номер семестра   | Объем (часы) |
|                      | воздухоподогревателя                                      |                |              |                       |              |                  |              |
| 7                    | Аэродинамический расчет газового тракта                   | 5              | 6            |                       |              |                  |              |
| 7                    | Аэродинамический расчет воздушного тракта                 | 5              | 6            |                       |              |                  |              |
| 10                   | Влияние режимных параметров на эффективность работы котла | 6              | 32           |                       |              | 7                | 6            |
| 8                    | Расчет циркуляционного контура                            | 6              | 2            |                       |              |                  |              |
| <b>ВСЕГО:</b>        |   |                | <b>70</b>    |                       |              |                  | <b>6</b>     |

### 3.3. Лабораторные занятия

| Номера изучаемых тем | Наименование лабораторных занятий   | Очное обучение |              | Очно-заочное обучение |              | Заочное обучение |              |
|----------------------|---|----------------|--------------|-----------------------|--------------|------------------|--------------|
|                      |   | Номер семестра | Объем (часы) | Номер семестра        | Объем (часы) | Номер семестра   | Объем (часы) |
| 11                   | Погасание факела.   | 6              | 4            |                       |              | 6                | 2            |
| 11                   | Повышение уровня воды в барабане выше высшего допустимого уровня.   | 6              | 4            |                       |              | 6                | 2            |
| 11                   | Понижение уровня воды в барабане ниже низшего допустимого уровня.   | 6              | 4            |                       |              | 6                | 2            |
| 11                   | Давление воздуха за вентилятором низкое.  | 6              | 4            |                       |              | 6                | 2            |
| 11                   | Загорание горючих отложений в газоходах.  | 6              | 4            |                       |              | 6                | 2            |
| 11                   | Повышение давления в барабане котла выше разрешенного на 10% (и продолжает расти).  | 6              | 4            |                       |              | 7                | 2            |
| 11                   | Прекращение действия всех указателей уровня воды прямого действия.  | 6              | 4            |                       |              | 7                | 2            |
| 11                   | Прекращение действия всех питательных насосов или неисправности питательной линии, при которой питательная вода не поступает в котел. | 6              | 4            |                       |              | 7                | 4            |
| 11                   | Взрыв в топочном пространстве или газоходах котла.  | 6              | 2            |                       |              | 7                | 2            |
| <b>ВСЕГО:</b>        |   |                | <b>34</b>    |                       |              |                  | <b>20</b>    |

## 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

### 4.1 Цели и задачи курсового проекта

Выполнить расчеты по типовым методикам, проектировать элементы котла в соответствии с техническим заданием

### 4.2. Тематика курсового проекта

Тепловой и аэродинамический расчеты котельной установки

**Варианты типовых заданий по курсовому проекту, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций**

| № п/п | Формулировки тем курсового проекта   |  |
|-------|--|--|
| 1     | Выполнить тепловой и аэродинамический расчеты котельной установки<br><b>Исходные данные для расчета:</b><br>Паропроизводительность $D_{пе}$ , кг/с. 19,5<br>Давление перегретого пара $P_{пе}$ , бар. 38<br>Температура перегретого пара $t_{пе}$ , °С. 420<br>Марка топлива Г<br>Состав топлива:<br>- влажность $W$ , % 6<br>- зольность $A^r$ , %; 34,8<br>- сера общая $S$ , % 5,3<br>углерод $C^r$ , %; 45,5<br>- водород $H^r$ , %; 3,4<br>- азот $N^r$ , %; 0,8<br>- кислород $O^r$ , %; 4,2<br>- низшая теплота сгорания $Q_{fi}$ , МДж/кг; 18,38<br>- приведенная влажность $W_{пр}^r$ , (% · кг)/МДж; 0,33<br>- приведенная зольность $A_{пр}^r$ , (% · кг)/МДж; 1,89<br>- выход летучих на горючую массу $V^{daf}$ , % . 44<br>Температура питательной воды $t_{пв}$ , °С. 120<br>Непрерывная продувка $p$ , % . 3<br>Доля рециркуляции газов 0<br>Температура уходящих газов, °С 140<br>Температура воздуха на входе в воздухоподогреватель, °С 30<br>Температура горячего воздуха после воздухоподогревателя, °С 300 |  |

#### 4.3. Требования к выполнению и представлению результатов курсового проекта

Работа выполняется обучающимися индивидуально, с использованием методик расчёта парового котла, справочной литературы.

Результаты представляются в виде отчета, объемом 50 листов печатного текста, содержащего следующие обязательные элементы:

- эскизы расчётной схемы котла и его элементов,
- расчёты
- двух чертежей формата А1(продольный и поперечный разрез котла),

#### 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

| Номера учебных модулей, по которым проводится контроль | Форма контроля знаний | Очное обучение |        | Очно-заочное обучение |        | Заочное обучение |        |
|--|-----------------------|----------------|--------|-----------------------|--------|------------------|--------|
|  |                       | Номер семестра | Кол-во | Номер семестра        | Кол-во | Номер семестра   | Кол-во |
| 1,2  | Тестирование          | 5              | 2      |                       |        |                  |        |
| 2  | Контрольная работа    |                |        |                       |        | 6                | 1      |
| 3,4,5  | Тестирование          | 6              | 3      |                       |        |                  |        |

#### 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

| Виды самостоятельной работы обучающегося          | Очное обучение |              | Очно-заочное обучение |              | Заочное обучение |              |
|---|----------------|--------------|-----------------------|--------------|------------------|--------------|
|   | Номер семестра | Объем (часы) | Номер семестра        | Объем (часы) | Номер семестра   | Объем (часы) |
| Усвоение теоретического материала                 | 5              | 26           |                       |              | 6                | 116          |
| Усвоение теоретического материала                 | 6              | 8            |                       |              | 7                | 49           |
| Подготовка к практическим и лабораторным занятиям | 5              | 38           |                       |              | 6                | 42           |
| Подготовка к практическим и лабораторным          | 6              | 20           |                       |              | 7                | 48           |

| Виды самостоятельной работы обучающегося | Очное обучение |              | Очно-заочное обучение |              | Заочное обучение |              |
|--|----------------|--------------|-----------------------|--------------|------------------|--------------|
|  | Номер семестра | Объем (часы) | Номер семестра        | Объем (часы) | Номер семестра   | Объем (часы) |
| занятиям                                 |                |              |                       |              |                  |              |
| Выполнение курсовых проектов             | 6              | 50           |                       |              | 7                | 50           |
| Подготовка к зачетам                     | 5              | 8            |                       |              | 6                | 4            |
| Подготовка к экзаменам                   | 6              | 36           |                       |              | 7                | 9            |
| <b>ВСЕГО:</b>                            |                | <b>186</b>   |                       |              |                  | <b>318</b>   |

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

| Наименование видов учебных занятий | Используемые инновационные формы            | Объем занятий в инновационных формах (часы) |                       |                  |
|------------------------------------|---|---|-----------------------|------------------|
|                                    |   | очное обучение                              | очно-заочное обучение | заочное обучение |
| Практические и семинарские занятия | Поиск вариантов решения проблемных ситуаций | 32  |                       | 6                |
|                                    | Презентация                                 | 20  |                       |                  |
| <b>ВСЕГО:</b>                      |   | <b>52</b>                                   |                       | <b>6</b>         |

### 7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Учебная литература

#### а) основная учебная литература

1. Лебедев В.М., Заворин А.С., Приходько С.В., Овсянников В.В.; под ред. В.М. Лебедева Котельные установки и парогенераторы: учебник [Электронный ресурс]/ Лебедев В.М. [и др.] – Москва. УМЦ ЖДТ- 2013.- 375с.  
Режим доступа <http://www.iprbookshop.ru/26812>.— ЭБС «IPRbooks»,

#### б) дополнительная учебная литература

2. С.Н. Смородин, В.Н. Белоусов, С.В. Антуфьев Котельные установки и парогенераторы: методические указания к выполнению контрольных работ для студентов III курса заочной формы обучения / СПбГТУРП. - СПб., 2015. 32 с.  
Режим доступа <http://www.nizrp.narod.ru> ЭБС ВШТЭ
3. Смородин С.Н., Белоусов В.Н., Лакомкин В.Ю. Методы энергосбережения в энергетических, технологических установках и строительстве. Учебное пособие/ СПб ГТУРП.-СПб., 2014.-99с.  
Режим доступа <http://www.nizrp.narod.ru> ЭБС ВШТЭ
4. Губарев А.В. Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Губарев А.В.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2013.— 240 с  
Режим доступа <http://www.iprbookshop.ru/28379>— ЭБС «IPRbooks»,

### 8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

5. Смородин С.Н., Иванов А.Н., Белоусов В.Н., Лакомкин В.Ю. Тепловой и аэродинамический расчёты котельных установок: учеб. пособие/ СПбГТУРП. СПб., 2013. 200 с.  
Режим доступа <http://www.nizrp.narod.ru> ЭБС ВШТЭ

6. Смородин С.Н., Иванов А.Н., Белоусов В.Н. Котельные установки и парогенераторы: учеб. пособие/ СПбГТУРП. СПб., 2009. 185 с.

Режим доступа <http://www.nizrp.narod.ru> ЭБС ВШТЭ

7. Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей РД 34.03.201-97 [Электронный ресурс] — Электрон, текстовые данные.— М.: Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2013.— 200 с.

Режим доступа <http://www.iprbookshop.ru/22728>.— ЭБС «IPRbooks»

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.iprbookshop.ru/> IPRbooks
2. <http://nizrp.narod.ru> Электронная библиотека методических указаний, учебно-методических пособий ВШТЭ

### 8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013
3. AutoDesk AutoCad 2015

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

1. Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом, видеопроектор с экраном
2. Учебная лаборатория Топлива и процессов горения: компьютерный класс.

### 8.6. Иные сведения и (или) материалы

Компьютерные презентации, демонстрационные плакаты, раздаточные материалы, модели.

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

| Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся | Организация деятельности обучающегося  |
|---|--|
| Лекции  | <p>Освоение лекционного материала обучающимся предполагает следующие виды работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• проработка рабочей программы в соответствии с целями, задачам, структурой и содержанием дисциплины;</li> <li>• конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</li> </ul> <p>Если самостоятельно не удаётся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или на практическом занятии.</p> |
| Практические занятия                                      | <p>На практических занятиях разъясняются теоретические положения курса, обучающиеся овладевают навыками проведения теплотехнических расчётов, навыками сбора, анализа и обработки информации для принятия самостоятельных решений.</p> <p>Подготовка к практическим занятиям предполагает следующие виды работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• работа с конспектом лекций;</li> <li>• подготовка ответов к контрольным вопросам, тестовым заданиям.</li> </ul>   |
| Лабораторные занятия                                      | <p>Лабораторные занятия способствуют развитию практических навыков владения изучаемыми методами, оборудованием, технологиями и др.</p> <p>В результате проведения лабораторных занятий обучающийся должен ознакомиться с управлением работой котельного агрегата и порядком действий в случае его аварийной остановки.</p>   |
| Самостоятельная работа                                    | <p>Самостоятельная работа предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов.</p> <p>Для выполнения курсового проекта следует предварительно изучить</p>   |

|   |  |
|---|--|
| Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся | Организация деятельности обучающегося  |
|   | методические указания по его выполнению.<br>При выполнении контрольной работы (з/о), подготовке к зачету и экзамену необходимо ознакомиться с перечнем вопросов, проработать конспекты лекций и практических занятий, рекомендуемую литературу, получить консультацию у преподавателя. |

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

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

#### 10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

| Код компетенции (этап освоения) | Показатели оценивания компетенций   | Наименование оценочного средства   | Представление оценочного средства в фонде   |
|---------------------------------|---|--|---|
| ПК-2 (1,2)                      | Знает конструкции котельных агрегатов и вспомогательного оборудования, методики составления тепловых балансов котлов, типовые методики расчетов котлов и их элементов.<br>Способен выбирать оптимальную компоновку котла, проводить расчеты по типовым методикам<br>Демонстрирует навыки владения основами расчетов тепловых балансов котлов, основами расчетов котлов и их элементов | Вопросы для устного собеседования, практические задания, курсовой проект | Перечень вопросов для зачета и экзамена (119 вопросов); практические задания (10 задач); тематика курсовых проектов |

#### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

##### Критерии оценивания сформированности компетенций

| Оценка по традиционной шкале | Критерии оценивания сформированности компетенций  |   |  |
|------------------------------|---|---|--|
|                              | Устное собеседование  | Курсовой проект   | Практическое задание   |
| отлично                      | Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу. | Критическое и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов задания полностью соответствует всем требованиям. | Качество исполнения всех элементов задания полностью соответствует всем требованиям. |
| хорошо                       | Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки.      | Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки или отступления от правил оформления работы.  | Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки. |

|                     |   |  |  |
|---------------------|---|--|--|
| удовлетворительно   | Ответ неполный, основанный только на лекционных материалах. При понимании сущности предмета в целом – существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов  | Задание выполнено полностью, но с многочисленными существенными ошибками. При этом нарушены правила оформления или сроки представления работы.   | Задание выполнено полностью, но с существенными ошибками.  |
| неудовлетворительно | Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки). | Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы. Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы. | Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо грубые ошибки в работе. Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы. |
| Зачтено             | Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу.   |  |  |
| Не зачтено          | Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины, плохо ориентируется в основных понятиях и определениях, плохо знаком с основной литературой, допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.  |  |  |

## 10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

### 10.2.1. Перечень вопросов для зачета и экзамена, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

| № п/п | Формулировка вопросов для зачета   | № темы |
|-------|--|--------|
| 1     | Основные термины и определения.  | 1      |
| 2     | Схема коельной установки с естественной циркуляцией на твердом топливе.        | 1      |
| 3     | Воздушный тракт котлоагрегата.   | 1      |
| 4     | Паро-водяной тракт котлоагрегата.  | 1      |
| 5     | Газовый тракт котлоагрегата. Расчёт дымовой трубы.                             | 1      |
| 6     | Теоретические объёмы воздуха и дымовых газов, получаемых при сжигании топлива. | 1      |
| 7     | Тепловой баланс котлоагрегата. Расход топлива. Золовой унос из топке           | 2      |
| 8     | Потери теплоты с уходящими газами.   | 2      |
| 9     | Потери теплоты с химическим и механическим недожогом.                          | 2      |
| 10    | Расчёт КПД котлоагрегата по прямому и обратному балансу.                       | 2      |
| 11    | Оптимальные значения коэффициента избытка воздуха в топке.                     | 2      |
| 12    | Низкотемпературная коррозия поверхностей нагрева.                              | 2      |
| 13    | Выбор температуры воздуха на входе в воздухоподогреватель.                     | 2      |
| 14    | Выбор температуры уходящих газов.  | 2      |
| 15    | Типы котлоагрегатов. Маркировка котлоагрегатов.                                | 4      |

|    |  |   |
|----|--|---|
| 16 | Общая классификация топочных устройств.                              | 4 |
| 17 | Способы циркуляции воды в паровых котлах.                            | 4 |
| 18 | Схема котлоагрегата "под наддувом".                                  | 4 |
| 19 | Схема котлоагрегата с принудительной циркуляцией.                    | 4 |
| 20 | Схема жаротрубного котлоагрегата.                                    | 4 |
| 21 | Схема прямоточного котлоагрегата.                                    | 4 |
| 22 | Схемы компоновки котлов.   | 4 |
| 23 | Показатели' работы топочных устройств.                               | 4 |
| 24 | Классификация слоевых топок.   | 3 |
| 25 | Способы сжигания топлива.  | 3 |
| 26 | Выбор способа сжигания топлива( камерный, слоевой).                  | 3 |
| 27 | Схема котла с кипящим слоем.   | 3 |
| 28 | Замкнутая схема пылеприготовления.                                   | 3 |
| 29 | Разомкнутая схема пылеприготовления.                                 | 3 |
| 30 | Схема котлоагрегата с жидким шлакоудалением.                         | 3 |
| 31 | Сжигание жидкого топлива.  | 3 |
| 32 | Парообразующие поверхности нагрева котлоагрегата.                    | 5 |
| 33 | Назначение и классификация пароперегревателей.                       | 5 |
| 34 | Радиационные и ширмовые пароперегреватели.                           | 5 |
| 35 | Конвективные пароперегреватели.                                      | 5 |
| 36 | Факторы, влияющие на изменение температуры перегретого пара.         | 5 |
| 37 | Поверхностные пароохладители.  | 5 |
| 38 | Впрыскивающие пароохладители.  | 5 |
| 39 | Схемы включения пароохладителей.                                     | 5 |
| 40 | Газовое регулирование температуры перегретого пара.                  | 5 |
| 41 | Выбор схемы пароперегревателей котлоагрегатов.                       | 5 |
| 42 | Схема пароперегревателя котлоагрегата высокого давления.             | 5 |
| 43 | Схема пароперегревателя прямоточного котлоагрегата.                  | 5 |
| 44 | Схема пароперегревателя котлоагрегата среднего давления              | 5 |
| 45 | Водяные экономайзеры.  | 5 |
| 46 | Рекуперативные воздухоподогреватели.                                 | 5 |
| 47 | Регенеративные воздухоподогреватели.                                 | 5 |
| 48 | Выбор температуры горячего воздуха на выходе из воздухоподогревателя | 5 |
| 49 | Компоновка хвостовых поверхностей нагрева котлоагрегата.             | 5 |
| 50 | Каркас и обмуровка котла.  | 5 |
| 51 | Крепление элементов котла.   | 5 |

| № п/п | Формулировка вопросов для экзамена  | № темы |
|-------|---|--------|
| 1     | Основные термины и определения.   | 1      |
| 2     | Схема коельной установки с естественной циркуляцией на твердом топливе.         | 1      |
| 3     | Воздушный тракт котлоагрегата.  | 1      |
| 4     | Паро-водяной тракт котлоагрегата.   | 1      |
| 5     | Газовый тракт котлоагрегата. Расчёт дымовой трубы.                              | 1      |
| 6     | Теоретические объёмы воздуха и дымовых газов, получаемых при сжигании топлива.  | 1      |
| 7     | Тепловой баланс котлоагрегата. Расход топлива. Золовой унос из топки            | 2      |
| 8     | Расчёт КПД котлоагрегата по прямому и обратному балансу.                        | 2      |
| 9     | Оптимальные значения коэффициента избытка воздуха в топке.                      | 2      |
| 10    | Низкотемпературная коррозия поверхностей нагрева.                               | 2      |
| 11    | Выбор температуры воздуха на входе в воздухоподогреватель.                      | 2      |
| 12    | Выбор температуры уходящих газов.   | 2      |
| 13    | Типы котлоагрегатов. Маркировка котлоагрегатов.                                 | 2      |
| 14    | Схема котлоагрегата "под наддувом".   | 4      |
| 15    | Схема котлоагрегата с принудительной циркуляцией.                               | 4      |
| 16    | Схема прямоточного котлоагрегата .  | 4      |
| 17    | Способы сжигания топлива. Выбор способа сжигания топлива ( камерный, слоевой ). | 4      |
| 18    | Схема котла с кипящим слоем.  | 4      |

|    |  |    |
|----|--|----|
| 19 | Замкнутая схема пылеприготовления.   | 4  |
| 20 | Разомкнутая схема пылеприготовления.   | 4  |
| 21 | Схема котлоагрегата с жидким шлакоудалением.   | 4  |
| 22 | Парообразующие поверхности нагрева котлоагрегата.  | 4  |
| 23 | Конвективные пароперегреватели.  | 3  |
| 24 | Факторы, влияющие на изменение температуры перегретого пара.                             | 3  |
| 25 | Поверхностные пароохладители.  | 3  |
| 26 | Впрыскивающие пароохладители.  | 3  |
| 27 | Газовое регулирование температуры перегретого пара.                                      | 3  |
| 28 | Выбор схемы пароперегревателей котлоагрегатов.   | 3  |
| 29 | Схема пароперегревателя котлоагрегата высокого давления.                                 | 3  |
| 30 | Схема пароперегревателя прямоточного котлоагрегата.                                      | 3  |
| 31 | Схема пароперегревателя котлоагрегата среднего давления                                  | 5  |
| 32 | Водяные экономайзеры.  | 5  |
| 33 | Рекуперативные воздухоподогреватели.   | 5  |
| 34 | Регенеративные воздухоподогреватели.   | 5  |
| 35 | Выбор температуры горячего воздуха на выходе из воздухоподогревателя                     | 5  |
| 36 | Компоновка хвостовых поверхностей нагрева котлоагрегата.                                 | 5  |
| 37 | Каркас и обмуровка котла.  | 5  |
| 38 | Методика поверочного расчёта котлоагрегата.  | 5  |
| 39 | Методика конструктивного теплового расчёта котлоагрегата.                                | 5  |
| 40 | Расчёт топки (поверочный тепловой).  | 6  |
| 41 | Расчет фестона.  | 6  |
| 42 | Расчёт конвективного пароперегревателя.  | 6  |
| 43 | Расчёт водяного экономайзера.  | 6  |
| 44 | Расчёт воздухоподогревателя.   | 6  |
| 45 | Цель аэродинамического расчёта котельных установок. Виды сопротивлений и их определение. | 6  |
| 46 | Аэродинамический расчет газового тракта котельной установки.                             | 7  |
| 47 | Аэродинамический расчёт воздушного тракта котельной установки.                           | 7  |
| 48 | Тягодутьевые установки. Конструкции. Принцип действия.                                   | 7  |
| 49 | Регулирование тягодутьевых установок.  | 7  |
| 50 | Выбор тягодутьевых установок. Характеристики тягодутьевых установок                      | 7  |
| 51 | Инерционные золоуловители.   | 7  |
| 52 | Гидравлические золоуловители.  | 7  |
| 53 | Электрофильтры.  | 7  |
| 54 | Системы шлакозолоудаления  | 7  |
| 55 | Простые и сложные циркуляционные контуры котлов с естественной циркуляцией.              | 7  |
| 56 | Расчёт циркуляционного контура. Движущий и полезный напоры.                              | 8  |
| 57 | Схемы циркуляции.  | 8  |
| 58 | Мероприятия по повышению надежности циркуляции.  | 8  |
| 59 | Требования к качеству питательной воды. Докотловая обработка воды.                       | 8  |
| 60 | Закономерности уноса капельной влаги паром. Скорость витания капель.                     | 8  |
| 61 | Внутрибарабанные устройства.   | 8  |
| 62 | Требования к чистоте пара. Причины загрязнения пара.                                     | 8  |
| 63 | Удельные нагрузки зеркала испарения и парового объёма барабанокотлоагрегата.             | 9  |
| 64 | Методы получения чистого пара. Схемы испарения.  | 9  |
| 65 | Продувка котлоагрегата. Балансовое уравнение солей.                                      | 9  |
| 66 | Загрязнение очистка поверхностей нагрева от загрязнений                                  | 10 |
| 67 | Коррозия поверхностей нагрева. Химическая и электрохимическая коррозия.                  | 10 |
| 68 | Котельные стали. Требования, предъявляемые к котельным сталям. Расчёт на прочность       | 11 |

### 10.2.2. Вариант типовых задач, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

| № п/п | Условия типовых задач   | Ответ  |
|-------|---|--|
| 1     | Определить количество тепла полученное паром в пароперегревателе. | По таблице водяного пара определяем: по температуре и давлению энтальпию |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   | Исходные данные:<br>паропроизводительность котла 17,5 кг/с;<br>давление перегретого пара 40 бар<br>температура перегретого пара 440°C<br>приращение энтальпии в парохладителе<br>$\Delta i_{по} = 63$ КДж/кг   | перегретого пара $i_{пе} = 3309$ кДж/кг;<br>энтальпию насыщенного пара по давлению на 10% больше давления перегретого пара<br>$i_{нп} = 2799$ кДж/кг<br>$Q = D(i_{пе} - i_{нп} + \Delta i_{по}) = 17,5 \cdot (3309 - 2799 + 63) = 10027,5$ кВт   |
| 2 | Определить поверхность нагрева экономайзера.<br>Исходные данные:<br>расход воды 20 кг/с<br>температурный напор 120°C<br>давление воды 40 бар<br>температура воды на входе 150°C<br>температура воды на выходе 200°C<br>коэффициент теплопередачи 60 Вт/м <sup>2</sup> °C | По таблице воды определяем: по температуре и давлению энтальпию воды на входе и выходе из водяного экономайзера $i_{вз'} = 634,4$ кДж/кг; $i_{вз''} = 853,4$ кДж/кг<br>Определить количество тепла полученное водой в экономайзере<br>$Q = D(i_{вз''} - i_{вз'}) = 20 \cdot (853,4 - 634,4) = 4380$ кВт<br>Поверхность нагрева экономайзера<br>$H = Q \cdot 10^3 / k \cdot \Delta t = 4380 \cdot 1000 / 120 \cdot 60 = 608$ м <sup>2</sup> |

### 10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

#### 10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче зачета, экзамена, курсового проекта и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

#### 10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная

#### 10.3.3. Особенности проведения экзамена, зачета и защиты курсового проекта

Время на подготовку к экзамену 45 мин, в это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы и решение практической задачи. Для расчетов студенту необходимо иметь калькулятор, также ему предоставляется справочная информация.

Время на подготовку к зачету 30 мин, в это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы.

Защита курсового проекта является условием допуска к экзамену. Время, отводимое на защиту курсового проекта не должно превышать 15 мин включая краткий доклад по результатам курсового проекта и ответы на вопросы.