ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Петербургский государственный университет путей сообщения

Императора Александра I»

(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Теплотехника и теплосиловые установки»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

*дисциплины*

«КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ» (Б1.В.ОД.11)

для направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

профиля «Промышленная теплоэнергетика»

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург

2018



**1. Цели и задачи дисциплины**

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОСВО, утверждённым 1 октября 2015 г., приказ № 1081 по направлению 13.03.01«Теплоэнергетика и теплотехника» профиля «Промышленная теплоэнергетика» по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы».

Целью изучения дисциплины является формирование компетенций, указанных в разделе 2 рабочей программы.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- приобретение знаний, указанных в разделе 2 рабочей программы;

- приобретение умений, указанных в разделе 2 рабочей программы;

- приобретение навыков, указанных в разделе 2 рабочей программы.

1. **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы**

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

* основные процессы, протекающие в котельных установках;
* подготовка к сжиганию и сжигание различных видов топлива;
* радиационный и конвективный теплообмен в элементах котельного агрегата;
* аэродинамику газо-воздушного тракта;
* гидродинамику систем с естественной циркуляцией и принудительным движением воды и пароводяной смеси;
* организацию водного режима в испарительных системах котельных агрегатов;
* конструкции и условия работы основных элементов и вспомогательного оборудования котельных установок.

**Уметь:**

* проводить сбор и анализ информационных исходных данных для проектирования;
* использовать полученные теоретические знания на практике;
* грамотно аргументировать принятое решение;
* защищать результаты проведённой работы;
* осуществлять тепловой расчет котельного агрегата в соответствии с требованиями нормативного метода.

**Владеть:**

* практическими навыками в области теплотехники при проектировании котельных агрегатов и котельных установок;
* методиками проведения конструктивных и теплотехнических расчетов котельных агрегатов и парогенераторов.

Приобретённые знания, умения, навыки и/или опыт деятельности, характеризующие формирование компетенций, осваиваемые в данной дисциплине, позволяют решать профессиональные задачи, приведённые в соответствующем перечне по видам профессиональной деятельности в п. 2.4 пояснительной записки основной профессиональной образовательной программы (ОПОП).

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих **профессиональных компетенций (ПК**) соответствующих виду профессиональной деятельности, на который ориентирована программа бакалавриата:

**расчётно-проектная и проектно-конструкторская деятельность:**

* способностью участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией (ПК-1);
* способностью проводить расчёты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием (ПК-2);
* способностью участвовать в проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок энергообъектов и их элементов по стандартным методикам (ПК-3);

**научно-исследовательская деятельность:**

* способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата (ПК-4);

**производственно-технологическая деятельность:**

* готовностью к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования (ПК-8);
* готовностью к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов (ПК-10).

**монтажно-наладочная деятельность:**

* готовность участвовать в типовых, плановых испытаниях и ремонтах технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работах (ПК-11);

**сервисно-эксплуатационная деятельность:**

* готовность участвовать в работах по оценке технического состояния и остаточного ресурса оборудования, в организации профилактических осмотров и текущего ремонта оборудования (ПК-12);
* способностью к обслуживанию технологического оборудования, составлению заявок на оборудования, запасные части, к подготовке технической документации на ремонт (ПК-13).

Область профессиональной деятельности обучающихся, освоивших данную дисциплину, приведена в п. 2.1 общей характеристики ОПОП.

Объекты профессиональной деятельности обучающихся, освоивших данную дисциплину, приведены в п. 2.2 общей характеристики ОПОП.

1. **Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы**

Дисциплина «Котельные установки и парогенераторы» (Б1.В.ОД.11) относится к вариативной части базовых дисциплин.

**4. Объем дисциплины и виды учебной работы**

Для очной формы обучения:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр | Семестр |
|  |  | 5 | 6 |
| Контактная работа (по видам учебных занятий) | 114 | 48 | 66 |
| В том числе: |  |  |  |
|         лекции (Л) | 32 | 16 | 16 |
|         практические занятия (ПЗ) | 50 | 16 | 34 |
|         лабораторные работы (ЛР) | 32 | 16 | 16 |
| Самостоятельная работа (СРС) (всего) | 129 | 87 | 42 |
| Контроль | 45 | 9 | 36 |
| Форма контроля знаний |  | З | КП+Э |
| Общая трудоёмкость: час / з.е. | 288/8 | 144/4 | 144/4 |

Для заочной формы обучения:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вид учебной работы** | **Всего часов** | **Курс** |
| **4** |
| Контактная работа (по видам учебных занятий) | 28 | 28 |
| В том числе: |  |  |
|        лекции (Л) | 8 | 8 |
|        практические занятия (ПЗ) | 12 | 12 |
|        лабораторные работы (ЛР) | 8 | 8 |
| Самостоятельная работа (СРС) (всего) | 247 | 247 |
| Контроль | 13 | 13 |
| Форма контроля знаний | З + КП + Э | З + КП + Э |
| Общая трудоёмкость: час / з.е. | 288/8 | 288/8 |

**5. Содержание и структура дисциплины**

5.1 Содержание дисциплины

| **№**  **п/п** | **Наименование раздела**  **дисциплины** | **Содержание раздела** |
| --- | --- | --- |
| **5 семестр (курс 4)** | | |
| 1 | *Технологическая схема котельной установки (КУ).* | Назначение и принцип работы КУ в системах энергохозяйства промпредприятий. Источники теплоты для КУ. Технологическая схема КУ. Основные элементы КУ, вспомогательное оборудование, его размещение и компоновка. Топливный, воздушный, газовый, пароводяной и шлакозолоудаляющий тракты КУ. Материальный и тепловой балансы КА. Уравнение теплового баланса. Полезно воспринятая теплота. Потери теплоты и их характеристики. Энергетические к.п.д. брутто и нетто КА. Эксергетический к.п.д. котла. Методы повышения к.п.д. КА. |
| 2 | *Топочные устройства (топки).* | Классификация топок и общие характеристики топочных процессов. Сжигание твердого топлива в слоевых топках. Механизм воспламенения горения твердого топлива в слое. Виды и характеристики слоевых топок. Топки с кипящим слоем. Сжигание угольной пыли камерных топках. Особенности горения угольной пыли в факеле. Циклонные и вихревые топки. Горелки для сжигания угольной пыли. Подготовка к сжиганию твердого топлива на ТЭЦ и котельной. Такт твердого топлива. Системы пылеприготовления. Размольные устройства (мельницы) и основные элементы систем пылеприготовления. Топки для сжигания угольной пыли с твердым и жидким шлакоудалением. Механическая, гидравлическая и пневматическая системы шлакозолоудаления.  Подготовка к сжиганию жидкого топлива. Тракт жидкого топлива на ТЭЦ и котельной. Сжигание жидкого топлива. Топки для сжигания жидкого топлива и их характеристики. Конструкции форсунок для распыления жидкого топлива.  Сжигание газового топлива. Тракт газового топлива на ТЭЦ и котельной. Сжигание газа совместно с другими видами топлива. Конструкции горелок для сжигания природного газа. Вопросы охраны труда при подготовке и сжигании органического топлива. |
| 3 | *Теплообмен, гидродинамика и аэродинамика в элементах КУ.* | Радиационный теплообмен в топке. Теплоотдача в конвективных элементах котла. Теплообмен в конвективных элементах КА.  Гидродинамика водогрейных котлов, экономайзеров и пароперегревателей. Принципиальные схемы и характеристики испарительных систем. Циркуляционный контур. Особенности гидродинамики систем с естественной и принудительной циркуляцией. Кратность циркуляции. Критерии надежности циркуляции. Нарушение циркуляции: защита от опрокидывания. Основы методики расчета контуров циркуляции.  Системы газовоздушного тракта. Аэродинамические сопротивления при движении потоков воздуха и продуктов сгорания в элементах КУ. Естественная и принудительная тяги. Дымовые трубы и тягодутьевые устройства. Газовоздушные тракты, работающие под наддувом, разрежением и с уравновешенной тягой. Присосы воздуха в газовоздушный тракт. Газоплотные котлы. Устройства очистки дымовых газов. |
| 4 | *Тепловые и конструктивные схемы КА. Основные элементы КА* | Тепловые схемы котлов. Барабанные котлы низкого, среднего и высокого давления. Прямоточные котлы. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы с неводяными теплоносителями, котлы-утилизаторы.  Испарительные поверхности нагрева котлов. Конструкции топочных экранов. Барабан и внутрибарабанные устройства. Пароперегреватели и их компоновка. Системы и устройства регулирования температуры пара. Конвективные поверхности нагрева. Водяные экономайзеры. Воздухоподогреватели. Схемы включения экономайзеров и воздухоподогревателей. Конструкции каркаса и обмуровки котлов. Арматура, гарнитура, контрольно-измерительные приборы котлов. Общие сведения о металлах и материалах, применяемых в котлостроении. |
| **6 семестр (курс 4)** | | |
| 5 | *Теория и методы теплового и аэродинамического расчета КА.* | Конструктивный и проверочный тепловые расчеты КА. Выбор топлива. Состав, теплота сгорания и характеристики топлива. Коэффициент избытка воздуха в топке. Присосы воздуха по отдельным газоходам КА. Расчет объемов воздуха и продуктов сгорания. Теплоемкость и энтальпия продуктов сгорания. *Н-υ*- диаграмма продуктов сгорания.  Расчет топочных камер. Полезные тепловыделения в токе. Адиабатная температура горения. Степень черноты факела и топки. Определение действительной температуры продуктов сгорания на выходе из топки. Оценка правильности выполнения расчетов.  Расчет поверхностей нагрева, расположенных после камеры сгорания. Общий метод расчета. Уравнение теплового баланса и теплопередачи. Температурный напор и его определение. Расчет фестона, испарительного пучка, пароперегревателя, водяного экономайзера и воздухоподогревателя. Оценка правильности выполнения теплового расчета. |
| 6 | *Теплотехнические испытания КА.* | Назначение и виды испытаний. Общая методика проведения испытаний. Балансовые и режимно-наладочные испытания котлов. Составлении режимных карт. Определение присосов воздуха в КА. Анализ дымовых газов и определение коэффициента избытка воздуха в топочных устройствах и по газоходам котла. |
| 7 | *Эксплуатация КУ.* | Основные нормативные документы по эксплуатации КУ. Монтаж котлов. Режимы работы КУ и их технико-экономические показатели. Пуск котла. Останов котла: плановый и аварийный. Обслуживание КА во время эксплуатации. Щелочение котла. Гидравлические испытания, опробование КА на паровую плотность.  Коррозия поверхностей нагрева КА и способы её снижения. Методы очистки конвективных поверхностей нагрева от наружных загрязнений. Абразивный износ поверхностей и способы его снижения. Организация ремонтных работ котельного оборудования. |
| 8 | *Правила безопасной эксплуатации КУ.* | Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды. Правила устройства и безопасной эксплуатации электрических котлов. |

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

| №  п/п | Раздел дисциплины | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Технологическая схема котельной установки (КУ). | 4 | 4 | 4 | 18 |
| 2 | Топочные устройства (топки). | 4 | 4 | 6 | 18 |
| 3 | Теплообмен, гидродинамика и аэродинамика в элементах КУ. | 4 | 4 | 4 | 18 |
| 4 | Тепловые и конструктивные схемы КА. Основные элементы КА. | 4 | 4 | 4 | 18 |
| 5 | Теория и методы теплового и аэродинамического расчета КА. | 4 | 4 | 8 | 15 |
| 6 | Теплотехнические испытания КА. | 4 | 4 | 8 | 14 |
| 7 | Эксплуатация КУ. | 4 | 4 | 9 | 14 |
| 8 | Правила безопасной эксплуатации КУ. | 4 | 4 | 7 | 14 |
| **Итого** | | 32 | 32 | 50 | 129 |

Для заочной формы обучения:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№**  **п/п** | **Наименование раздела дисциплины** | **Л** | **ЛР** | **ПЗ** | **СРС** |
| 1 | Технологическая схема котельной установки (КУ). Топочные устройства (топки). | 2 | 2 | 3 | 60 |
| 2 | Теплообмен, гидродинамика и аэродинамика в элементах КУ. Теория и методы теплового и аэродинамического расчета КА. | 2 | 2 | 3 | 67 |
| 3 | Тепловые и конструктивные схемы КА. Основные элементы КА. Теплотехнические испытания КА. | 2 | 2 | 3 | 60 |
| 4 | Эксплуатация КУ. Правила безопасной эксплуатации КУ. | 2 | 2 | 3 | 60 |
| **Итого** | | 8 | 8 | 12 | 247 |

**6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№**  **п/п** | **Наименование раздела** | **Перечень учебно-методического обеспечения** |
| 1. | Технологическая схема котельной установки (КУ). | 1.Крылов В.И., Крылов Д.В. Котельные установки. Учебное пособие. СПб.: ПГУПС, 2014. -70 с.  2. Крылов В.И. Котельные установки и парогенераторы: Учебное пособие. СПб.: ПГУПС, 2015.-57 с.  3. Эстеркин Р.И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование: Учебное пособие.-Л.: Энергоатомиздат, 1989.-280 с.  4.Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности.-М.: Издательский центр «Академия». 2010. – 128 с.  5.Либерман Н.Б. Справочник по проектированию котельных установок. М.: ЭКОЛИТ.2011. – 224 с.  6. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. ПБ 10-574-03.-СПб.: ЦОТПБСП, 2003.-184 с. |
| 2. | Топочные устройства (топки). |
| 3. | Теплообмен, гидродинамика и аэродинамика в элементах КУ. |
| 4. | Тепловые и конструктивные схемы КА. Основные элементы КА. Материалы, применяемые в котлостроении. |
| 5. | Теория и методы теплового и аэродинамического расчета КА. |
| 6. | Теплотехнические испытания КА. |
| 7. | Эксплуатация КУ. |
| 8. | Правила безопасной эксплуатации КУ. |

**7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы» является неотъемлемой частью рабочей программы и представлен отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры «Теплотехника и теплосиловые установки» и утверждённым заведующим кафедрой.

**8. Учебно-методическое и информационное обеспечение**

8.1 Перечень основной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Крылов В.И. Котельные установки и парогенераторы: Учебное пособие. СПб.: ПГУПС, 2015.-57 с.

2. Крылов В.И., Крылов Д.В. Котельные установки. Учебное пособие. СПб.: ПГУПС, 2014. -70 с.

3. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности. - М.: Издательский центр «Академия». 2010. – 128 с.

4. Либерман Н.Б. Справочник по проектированию котельных установок. М.: ЭКОЛИТ.2011. – 224 с.

8.2 Перечень дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Крылов В.И. Основы теплового расчета котельных агрегатов: Учебное пособие.СПб.: ПГУПС, 2002.-54 с.

2. Эстеркин Р.И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование: Учебное пособие.-Л.: Энергоатомиздат, 1989.-280 с.

3. Липов Ю.М. Компоновка и тепловой расчет парового котла: Учебное пособие для вузов.-М.: Энергоатомиздат, 1988.-208 с.

4. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод./Под ред. Н.В.Кузнецова.- М.: Энергия, 1973.-295 с.

5. Теплотехнические испытания котельных установок /В.И.Тремболя и др.- М.: Энергоатомиздат. 1991.-416 с.

6. Роддатис К.Ф. Справочник по котельным установкам.-М.: Энергоатомиздат. 1989.-488 с.

7. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н Котельные установки промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1988.

8. Липов Ю.М., Третьяков Ю.М. Котельные установки и парогенераторы: Учеб.для вузов. М.:РХД, 2003.-591 с.

9. Теплогенерирующие установки: Учеб. для вузов/Г.Н.Делягин, В.И.Лебедев, Б.А.Пермяков.-М.: Стройиздат, 1986.-559 с.

8.3 Перечень нормативно-правовой документации, необходимой для освоения дисциплины

1. ГОСТ 3619-89 Котельные установки.

2. ПБ 10-574-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов.

3. ПБ 10-573-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды.

4. ПБ 12-529-03 Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления.

5. ПБ 03-445-02 Правила безопасности при эксплуатации дымовых и вентиляционных промышленных труб.

6. РД 10-319-99 Типовая инструкция по безопасному видению работ для персонала котельных.

7. Правила технической эксплуатации коммунальных отопительных котельных.

**9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Личный кабинет обучающегося и электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sdo.pgups.ru/ (для доступа к полнотекстовым документам требуется авторизация).
2. Профессиональные справочные системы Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно – технической документации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cntd.ru/>, свободный – Загл. с экрана;
3. Электронно – библиотечная система ЛАНЬ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://e.lanbook.com>. Загл. с экрана.
4. - Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://window.edu.ru, свободный. – Загл. с экрана.
5. - Электронно – библиотечная система ibooks.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: http:// ibooks.ru – Загл. с экрана.

**10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведённом в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины с помощью учебно-методического обеспечения, приведённого в разделах 6, 8 и 9 рабочей программы.
2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем (см. фонд оценочных средств по дисциплине).
3. По итогам текущего контроля по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. фонд оценочных средств по дисциплине).

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

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

* технические средства (компьютер/ноутбук, проектор);
* методы обучения с использованием информационных технологий (демонстрация мультимедийных материалов);
* электронная информационно – образовательная среда Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sdo.pgups.ru>. (для доступа к полнотекстовым документам требуется авторизация).
* Дисциплина обеспечена необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения, установленного на технических средствах, размещенных в специальных помещениях и помещениях для самостоятельной работы в соответствии с утвержденными расписаниями учебных занятий, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы. Перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем приведены в Паспортах аудиторий/помещений.

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

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов учебных занятий, предусмотренных учебным планом по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и соответствует действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Она содержит специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, выполнения курсовых проектов используются учебные аудитории, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. В качестве технических средств обучения выступает демонстрационное оборудование. Как правило, для занятий данного типа используются учебные аудитории 6-202, 6-110, 6-108;

- для проведения лабораторных работ используется компьютерный класс (ауд. 6-110) и аудитория 6-202;

- групповые и индивидуальные консультаций, текущий контроль и промежуточная аттестация могут проводиться в аудиториях 6-108, 6-110, 6-202, укомплектованных специализированной мебелью;

- для самостоятельной работы обучающихся используются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации. Для самостоятельной работы студентов могут использоваться помещения библиотеки Университета, в том числе компьютерный класс в аудитории 6-314.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Разработчик  программы, доцент | В.И. Крылов | | |  |
| «24» 04 2018 г. |  | | |  |
|  | | |  |  | | |