

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ИИЭ  
  
 Матвеев А.С.  
 «30» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2018 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

<b>Котельные установки</b>			
Направление подготовки	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Инженерия теплоэнергетики и теплотехники		
Специализация	Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике		
Уровень образования	высшее образование – бакалавриат		
Курс	3	семестр	6
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	48	
	Самостоятельная работа, ч	60	
	ИТОГО, ч	108	

Вид промежуточной аттестации	экзамен	Обеспечивающее подразделение	НОЦ И.Н. Бутакова
------------------------------	---------	------------------------------	----------------------

Заведующий кафедрой – руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель		А.С. Заворин
		А.М. Антонова
		К.В. Буваков

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-5	Способен проектировать объекты теплоэнергетики и тепломеханическое оборудование тепловых электростанций	И.ПК(У)-5.1	Применяет при конструировании знание закономерностей процессов, происходящих в паровых котлах, паровых и газовых турбинах, тепломеханическом оборудовании и ТЭС в целом	ПК(У)-5.1В1	Владеет опытом использования основных законов и уравнений процессов, происходящих в теплоэнергетических установках
				ПК(У)-5.1У1	Умеет использовать основные законы и уравнения процессов, происходящих в оборудовании ТЭС
				ПК(У)-5.1З1	Знает закономерности процессов, происходящих в оборудовании ТЭС и электростанции в целом
		И.ПК(У)-5.2	Выполняет технические расчеты элементов оборудования и ТЭС в целом	ПК(У)-5.2В1	Владеет опытом постановки задачи, проведения расчетов тепловых схем и оборудования ТЭС и анализа результатов
				ПК(У)-5.2У1	Умеет делать постановку задачи, рассчитывать тепловые схемы и элементы оборудования ТЭС и анализировать результаты
				ПК(У)-5.2З1	Знает принципы постановки задачи, методики и алгоритмы расчетов при проектировании ТЭС и ее оборудования (паровых котлов, паровых и газовых турбин тепломеханического оборудования)
		И.ПК(У)-5.3	Принимает и обосновывает конкретные технические решения при разработке основного оборудования ТЭС (паровые котлы, паровые и газовые турбины)	ПК(У)-5.3В1	Владеет опытом обоснования проектных решений при разработке оборудования ТЭС (паровые котлы, паровые турбины) с учетом условий работы
				ПК(У)-5.3У1	Умеет обосновывать проектные решения при разработке оборудования ТЭС (паровые котлы, паровые и газовые турбины) с учетом условий работы
				ПК(У)-5.3З1	Знает критерии выбора проектных решений при создании ТЭС и их оборудования с учетом условий работы

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД1	Обосновывать выбор различного теплоэнергетического оборудования.	И.ПК(У)-5.1 И.ПК(У)-5.3
РД2	Выполнять тепловые расчеты элементов оборудования котельной установки.	И.ПК(У)-5.1 И.ПК(У)-5.2
РД3	Использовать нормативно-технические материалы.	И.ПК(У)-5.2 И.ПК(У)-5.3
РД4	Проводить контроль топлива, очаговых остатков, продуктов сгорания и эффективности работы котла.	И.ПК(У)-5.1 И.ПК(У)-5.3

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Энергетическое топливо и эффективность его использования. Основы теории горения	РД3 РД4	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	20
Раздел 2. Конструкция топочных камер. Особенности теплообмена в топке	РД1 РД2 РД3	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	20
Раздел 3. Компоновка, условия работы и методы расчета поверхностей нагрева котла	РД1 РД2 РД3	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	20

Содержание разделов дисциплины:

##### **Раздел 1. Энергетическое топливо и эффективность его использования. Основы теории горения**

История и пути развития паровых котлов, принцип работы. Схемы котельной и парогенераторной установки в комплексе со вспомогательным оборудованием. Схема генерации пара и характеристики процессов, протекающих в них. Особенности и конструктивное оформление котельных агрегатов: прямоточного, с естественной и принудительной циркуляцией. Поверхности нагрева, размещение и назначение. Пароводяной, топливный, газовый и воздушный тракты. Классификация котельных агрегатов и области их применения. ГОСТ на котельные агрегаты. Номенклатура и маркировка котельных агрегатов, выпускаемых отечественными заводами.

Энергетическое топливо. Органическое топливо и его ресурсы. Элементарный состав топлива. Пересчет элементарного состава топлива с одной массы на другую. Теплота сгорания топлива; высшая, низшая; методы их определения. Условное топливо. Выход летучих веществ. Свойства твердого горючего остатка. Влияние летучих веществ на возникновение и развитие горения. Характеристики топливного балласта. Минеральная часть топлива. Технологическая и коллоидная влажности топлива. Сера в топливе. Технические характеристики энергетических топлив (твердого, жидкого и газообразного). Приведенные влажность, зольность и сернистость топлива. Их влияние на работу котельной установки и загрязнение окружающей среды. Классификация и маркировка топлива. Основные месторождения ископаемых топлив. Энерготехнологическое использование энергетических топлив.

Материальный баланс процесса горения; теоретически необходимое количество воздуха. Коэффициент избытка воздуха. Состав и объем продуктов сгорания. Уравнения полного и неполного горения. Определение коэффициента избытка по газовому анализу. Энтальпия продуктов сгорания и воздуха, их расчет. Общее уравнение теплового баланса. Располагаемое тепло. Теплота, затраченная на производство пара. Расход топлива и КПД парового котла. Составляющие потерь теплоты и их анализ. Методы определения химического и механического недожогов. Определение присосов в газоходы котла. Влияние коэффициента избытка воздуха на потери тепла. Основы проведения балансовых испытаний парового котла. Основы кинетики химических реакций. Механизм горения твердого,

газового, жидкого топлив. Кинетическая и диффузионная области горения. Воспламенение топливно-воздушной смеси. Температура воспламенения. Фронт горения. Интенсивность выгорания топлива. Особенности сжигания жидкого, твердого и газообразного топлива.

**Темы лекций:**

1. История и пути развития паровых котлов, принцип работы. Классификация котельных агрегатов и области их применения.
2. Энергетическое топливо и его характеристики. Особенности сжигания жидкого, твердого и газообразного топлива.

**Темы практических занятий:**

1. Определение теоретически необходимого количества воздуха и теоретических объемов продуктов сгорания.
2. Определение тепловых потерь и КПД котла. Определение расхода топлива.

**Названия лабораторных работ:**

1. Технический анализ твердого топлива. Часть 1. Подготовка лабораторных проб.

<b>Раздел 2. Конструкция топочных камер. Особенности теплообмена в топке</b>
--

Тепловые характеристики настенных экранов. Падающий и эффективный тепловой поток. Коэффициент тепловой эффективности и его связь с видом сжигаемого топлива. Угловой коэффициент экрана. Условный коэффициент загрязнения экранов. Степень экранирования топки. Излучательная способность факела. Тепловая эффективность экранов. Выбор температуры газов на выходе из топочной камеры. Расчет теплообмена в топочной камере. Лучистый теплообмен в газоходах котла. Конвективный теплообмен. Коэффициенты теплопередачи для змеевиковых поверхностей и воздухоподогревателей. Выбор оптимальной скорости продуктов сгорания в конвективных газоходах. Задачи конструкторского и поверочного расчетов парового котла. Последовательность конструкторского расчета. Распределение тепловосприятий между поверхностями нагрева. Особенности распределения тепловосприятий в прямоточных котлах докритических и сверхкритических параметров. Последовательность поверочного расчета парового котла барабанного и прямоточного.

Конструкция топочных камер газомазутных паровых котлов. Горелочные устройства и их размещение. Воздушные регистры. Запальные устройства. Основы расчета газовых горелок. Схемы распыления жидкого топлива. Типы мазутных форсунок. Горелки мазутные, комбинированные, газомазутные. Расчетные характеристики топочных камер. Вопросы эксплуатации и режима работы: малые избытки воздуха, использование присадок, рециркуляции газов. Ступенчатое сжигание как средство снижения выбросов оксидов азота. Регулирование горения в газомазутных топках. Техника безопасности на газомазутных ТЭС.

Схема топочных камер для сжигания твердого топлива. Основные характеристики топочных камер. Типы горелочных устройств. Применяемые скорости первичного и вторичного воздуха. Основные расчетные параметры топки. Схемы расположения горелок на стенках топочной камеры и их особенности. Конструктивное оформление камерных топок с твердым и жидким шлакоудалением. Топки с вертикальным вихревым факелом. Сущность циклонного метода сжигания топлив. Циклонные топки и предтопки. Топки с кипящим слоем. Регулирование горения при сжигании жидкого, твердого и газообразного топлива. Сопоставительный анализ различных топочных камер.

**Темы лекций:**

1. Основные характеристики и конструкции топочных камер. Особенности теплообмена в топке котла.
2. Последовательность поверочного расчета парового котла.

**Темы практических занятий:**

1. Проведение теплового расчета топочной камеры.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Технический анализ твердого топлива. Часть 2 Определение влажности, зольности и летучих.

<b>Раздел 3. Компоновка, условия работы и методы расчета поверхностей нагрева котла</b>
---

Основные профили котлов и их особенности. Конструктивные и компоновочные решения современных котельных установок. Принцип компоновки поверхностей нагрева по ходу продуктов сгорания. Составление тепловой схемы котла. Распределение теплоты между поверхностями нагрева котла в зависимости от параметров пара.

Парообразующие поверхности прямоточных и барабанных котлов. Компоновка топочных экранов барабанных и прямоточных котлов. Типы экранов: схемы навивок; двухсветные экраны. Схемы включения панелей экранов; условия их работы. Типы топочных экранов при сверхкритическом давлении. Методы повышения надежности топочных экранов прямоточных котлов. Газоплотные экраны, условия их работы и меры, повышающие их надежность. Ошипованные экраны, области их применения, температурный режим. Накаркасная и натрубная обмуровка топочной камеры.

Пароперегреватели и их классификация. Зоны размещения первичного и вторичного пароперегревателей. Условия работы металла труб. Конвективные и радиационные пароперегреватели, их конструктивное оформление. Ширмовые пароперегреватели, компоновка пароперегревателей и влияние на нее параметров пара. Условия работы пароперегревателей и методы повышения надежности. Особенности выполнения промежуточных пароперегревателей. Регулировочные характеристики пароперегревателей. Методы регулирования температуры перегретого пара поверхностными и впрыскивающими пароохладителями.

Низкотемпературные поверхности нагрева. Одно- и двухступенчатая компоновка низкотемпературных поверхностей нагрева. Распределение температурных напоров. Типы экономайзеров и их размещение. Интенсифицированные поверхности нагрева и условия их работы. Классификация воздухоподогревателей; компоновочные решения. Нагрев воздуха с применением промежуточного теплоносителя. Регенеративные воздухоподогреватели. Выбор типа воздухоподогревателя. Комбинированный подогрев воздуха. Коррозия поверхностей нагрева и методы повышения коррозионной стойкости. Очистка конвективных поверхностей нагрева. Механизм образования отложений. Абразивный износ конвективных поверхностей. Условия работы металла элементов парового котла. Расчет на прочность. Эксплуатационный контроль за металлом.

#### **Темы лекций:**

1. Конструктивные и компоновочные решения современных котельных установок.
2. Поверхности нагрева котла и методы их расчета.

#### **Темы практических занятий:**

2. Проведение теплового расчета труб фестона.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Определение теплоты сгорания топлива.

### **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение

- индивидуальных заданий и контролируемых мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **Основная литература**

1. Сидельковский Л.Н. Котельные установки промышленных предприятий: учебник / Л.Н. Сидельковский, В.Н. Юрнев. – 4-е изд., репр. – М.: Бастет, 2009. – 528 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/169578>)
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности: учебное пособие. – 3-е изд., стер. – Москва: Академия, 2011. – 128 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/218231>)
3. Карякин С.К. Котельные установки и парогенераторы учебное пособие: / С.К. Карякин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт дистанционного образования (ИДО). – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – Ч. 2: Оборудование и процессы. – 2012. – 200 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/260145>)

#### **Дополнительная литература:**

1. Резников М.И. Паровые котлы тепловых электростанций: учебник / М.И. Резников, Ю.М. Липов. – Изд. стер. – Москва: Альянс, 2016. – 240 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/332681>)
2. Жихар Г.И. Котельные установки тепловых электростанций: учебное пособие / Г.И. Жихар. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 525 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/338861>)
3. Быстрицкий Г.Ф. Теплотехника и энергосиловое оборудование промышленных предприятий: учебник для академического бакалавриата / Г.Ф. Быстрицкий. – 5-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2016. – 306 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/C345854>)
4. Фурсов И.Д. Конструирование и тепловой расчет паровых котлов: учебное пособие / И.Д. Фурсов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Альянс, 2015. – 299 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/293984>)
5. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). – СПб., 1998. – 257 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/12546>)
6. Аэродинамический расчет котельных установок: (нормативный метод) / под ред. С.И. Мочана. – 3-е изд. – Л.: Энергия, 1977. – 255 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/34480>)
7. Тарасюк В.М. Эксплуатация котлов: / В.М. Тарасюк; под ред. Б.А. Соколова. – Москва: ЭНАС, 2012. – 272 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/LANBOOK/38560>)
8. Бадагуев Б.Т. Безопасная эксплуатация паровых и водогрейных котлов / Б.Т. Бадагуев. – Москва: Альфа-Пресс, 2012. – 296 с. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/234563>)

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Буваков К.В. Котельные установки и парогенераторы. Часть 1: электронный курс [Электронный ресурс] / К.В. Буваков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ), Кафедра парогенераторостроения и парогенераторных установок (ПГС и ПГУ). – Электрон. дан. – Томск: TPU Moodle, 2016. – Заглавие с экрана. – Доступ по логину и паролю. – Схема доступа: <http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=1545>
2. Электронный каталог Томского регионального библиотечного консорциума (<http://arbicon.tomsk.ru>);
3. Архив научных журналов «Neicon» (<http://archive.neicon.ru>);
4. Единая государственная информационная система учета НИОКТР (<http://rosrid.ru>);
5. Национальная электронная библиотека (<https://нэб.рф>);
6. База реферативных журналов Всероссийского института научной и технической информации (<http://www2.viniti.ru>);
7. Российский информационно-библиотечный консорциум (<http://www.ribk.net>);
8. Поисковая система Федерального института промышленной собственности по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (<http://www1.fips.ru>);
9. Информационная система ЭКБСОН (<http://www.vlibrary.ru>);
10. Поисковая система Федерального центра информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru>);
11. Электронная библиотека института инженеров электротехники и электроники «IEEE» (<http://ieeexplore.ieee.org>).
12. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>.

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**): ownCloud Desktop Client; 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Cisco Webex Meetings; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; Zoom Zoom.

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)  634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, аудитория 401	Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная	Анализатор дымовых газов Testo350 - 1 шт.; Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Стол письменный - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест;

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
	лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, аудитория 406	Компьютер - 2 шт.; Проектор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, специализация «Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике» (приема 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент, к.т.н.		К.В. Буваков

Программа одобрена на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол № 11 от 19.06.2018).

Заведующий кафедрой – руководитель НОЦ И.Н. Бутакова  
на правах кафедры  
д.т.н., профессор

 /Заворин А.С./  
подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол)
2019/2020 уч. год	Внесены изменения в раздел Учебно-методическое, информационное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины	протокол № 29 от 30.05.2019
2020/2021 учебный год	Изменена форма документов основных образовательных программ, в том числе УМК дисциплин	Приказ по ТПУ №127-7/об от 06.05.2020
2020/2021 учебный год	1. Изменены разделы 1. Цели освоения дисциплины, раздел 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, в частности изменены индикаторы достижения компетенций и дескрипторы компетенций в соответствии с матрицей компетенций. 2. Изменен раздел 4. Структура и содержание дисциплины, в частности пересмотрена тематика практических заданий и сокращено содержание основных разделов дисциплины.	протокол № 44 от 26.06.2020