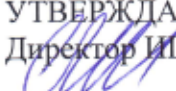


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

· УТВЕРЖДАЮ
·  Директор ИИШЭ
· _____ Матвеев А.С.
· «29» 06 2020 г.

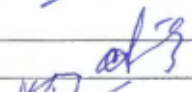
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2016 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная

КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ			
Направление подготовки Образовательная программа (направленность (профиль)) Специализация Уровень образования	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника		
	Теплоэнергетика и теплотехника		
	Промышленная теплоэнергетика		
	высшее образование – бакалавриат		
Курс	4	семестр	7, 8
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	7(3/4)		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		18
	Практические занятия		14
	Лабораторные занятия		4
	ВСЕГО		36
Самостоятельная работа, ч			216
в т. ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект)			курсовой проект
ИТОГО, ч			252

Вид промежуточной аттестации

Экзамен, зачет, диф. зачет (КП)	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. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
ПК(У)-3	Способность участвовать в проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок энергообъектов и их элементов по стандартным методикам	Р4	ПК(У)-3.В1	Владеет опытом обоснования проектных решений при разработке теплоэнергетического оборудования ТЭС
			ПК(У)-3.У1	Умеет объяснять влияние условий работы теплоэнергетического оборудования ТЭС на принимаемые конструктивные решения
			ПК(У)-3.31	Знает критерии выбора проектных решений при создании ТЭС и их оборудования
			ПК(У)-3.В2	Владеет опытом использования основных законов и уравнений процессов, происходящих в теплоэнергетических установках
			ПК(У)-3.У2	Умеет применять методики и алгоритмы для расчета схемы и теплоэнергетического оборудования ТЭС
			ПК(У)-3.32	Знает закономерности процессов, происходящих в оборудовании ТЭС и электростанции в целом

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 междисциплинарного профессионального модуля учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД1	Обосновывать выбор различного теплоэнергетического оборудования.	ПК(У)-3
РД2	Выполнять тепловые расчеты элементов оборудования котельной установки.	ПК(У)-3
РД3	Использовать нормативно-технические материалы.	ПК(У)-3
РД4	Проводить контроль топлива, очаговых остатков, продуктов сгорания и эффективности работы котла.	ПК(У)-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	6
		Практические занятия	5
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	52
Раздел 2. Конструкция топочных камер. Особенности теплообмена в топке	РД1 РД2 РД3	Лекции	6
		Практические занятия	5
		Лабораторные занятия	1
		Самостоятельная работа	52
Раздел 3. Компоновка, условия работы и методы расчета поверхностей нагрева котла	РД1 РД2 РД3	Лекции	6
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	1
		Самостоятельная работа	112

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.

Раздел 2. Конструкция топочных камер. Особенности теплообмена в топке
--

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.

Раздел 3. Компонировка, условия работы и методы расчета поверхностей нагрева котла

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. Компонировка 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.

При выполнении курсового проекта каждый студент (в соответствии с вариантом) рассчитывает сеть питательного или конденсатного насоса, по результатам расчета подбирает на сеть насос и разрабатывает систему автоматизированного регулирования подачи этого насоса с помощью одного из известных способов регулирования, например, за счет изменения частоты вращения или с помощью задвижки. Работа системы регулирования и особенности конструкции насоса должны быть отражены в расчетно-пояснительной записке.

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 контролирующих 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;
- Выполнение расчетно-графических работ в рамках курсового проекта;
- Подготовка к диф. зачету и экзамену.

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. Юренев. – 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://www.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>).

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Office 2016 Professional Plus Russian Academic;
2. LibreOffice.

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	Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Печь муфельная МИМП-10М - 1шт.; Шкаф сушильный ШСС-80 - 1 шт.; Шкаф вытяжной - 1

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
	промежуточной аттестации (химическая лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, аудитория 307	шт.; Шкаф вытяжной 100 - 1 шт.; Шкаф вытяжной 150 - 1шт.; Фотоэлектроколориметр КФК-3-01 - 1 шт.; Стол-мойка - 1шт.; Плитка электрич. 1 конф. "ZENCHA" - 2шт.; Шкаф для хранения посуды, документов - 1шт.; Титровальные установки - 10 шт.; Стенд для определения обменной емкости катионитов - 2 шт.; весы аналитические - 2 шт.; весы электронные - 6 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, аудитория 308	Комплект учебной мебели на 38 посадочных мест; Шкаф для одежды - 1 шт.; Шкаф для документов - 5 шт.; Тумба стационарная - 1 шт.; Стол письменный - 2 шт.; Макет парового котла – 1шт.; Видеокомплекс «PANASONIC» – 1шт.; Учебно-методические материалы – 500 шт.
3.	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 403	Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; Зонт вытяжной - 2 шт.; Стенд имитационный системы отопления и ГВС с навесным котлом - 1 шт.; Котел Vitodent 100-W 26 кВт, одноконтурный с блоком управления и арматурой - 1 шт.; Стенд имитационный системы отопления и ГВС с напольным котлом - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, специализации «Промышленная теплоэнергетика» (приема 2016 г., заочная форма обучения).

Разработчик(и):

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

Программа одобрена на заседании кафедры ТПТ (протокол от «28» июня 2016 № 16).

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



А.С. Заворин

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол)
2018/2019 уч. год	Внесены изменения в раздел Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	протокол № 11 от 19.06.2018
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