

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИПЭ

Матвеев А.С.
"20" 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2016 г.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная

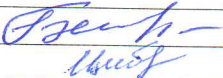
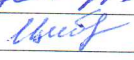
Паропроизводящие установки ТЭС И АЭС

Направление подготовки/ специ-альность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Теплоэнергетика и теплотехника		
Специализация	Тепловые электрические станции		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	7,8
Трудоемкость в кредитах (зачет-ных единицах)	7		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		18
	Практические занятия		14
	Лабораторные занятия		4
	ВСЕГО		36
Самостоятельная работа, ч			216
ИТОГО, ч			252

Вид промежуточной аттестации

Экзамен, зачет, диф-зачет	Обеспечивающее подразделение	ИИПЭ, НОЦ И.Н. Бутакова
---------------------------	------------------------------	----------------------------

Заведующий кафедрой -
руководитель НОЦ И.Н. Бутакова
на правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

	Заворин А.С.
	Антонова А.М.
	Беспалов В.И.
	Цибульский С.А.

2020г.

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	Р14 Способность выполнять предпроектное обследование объектов проектирования, разработку эскизных проектов и предварительное технико-экономическое обоснование для энергетического оборудования и объектов теплоэнергетики	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
			ПК(У)- 2.39	Знает расчетные и графические методы определения оптимальных параметров настройки регуляторов, оценок качества работы автоматических систем регулирования

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина относится к вариативной части междисциплинарного профессионального модуля учебного плана.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД1	Объяснять физическую суть процессов в паропроизводящих установках ТЭС и АЭС	ПК(У)-3
РД2	Использовать основные законы естественнонаучных и математических дисциплин для моделирования и анализа работы паропроизводящих установок ТЭС и АЭС	ПК(У)-3
РД3	Владеть первичными навыками проектирования паропроизводящих установок ТЭС и АЭС	ПК(У)-3

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.	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	40
Раздел 2. Конструкция топочных камер. Особенности теплообмена в топке	РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	40
Раздел 3. Компонировка, условия работы и методы расчета поверхностей нагрева	РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	40
Раздел 4. Эксплуатация паровых котлов	РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	40
Раздел 5. Парогенераторы АЭС	РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Самостоятельная работа	56

Содержание разделов дисциплины:

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

Содержание лекционных занятий

Принципиальные схемы паротурбинной электростанции на органическом и ядерном топливе. Назначение и роль котельного агрегата и парогенератора в технологической схеме ТЭС и АЭС.

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.

Содержание практических занятий

Расчеты с топливом. Определение объемов и энтальпий воздуха и продуктов сгорания.

Содержание самостоятельной работы

Энергетическое топливо. Особенности и конструктивное оформление котельных агрегатов.

Раздел 2. Конструкция топочных камер. Особенности теплообмена в топке

Содержание лекционных занятий

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.

Принципиальные схемы сжигания твердого топлива. Свойства и характеристики угольной пыли. Закономерности размола. Схемы пылеприготовления: центральная, индивидуальная (с прямым вдуванием пыли, с промежуточным бункером, с разомкнутой системой сушки). Влияние характеристик топлива на выбор системы пылеприготовления. Конструкция мельниц для размола угля. Элементы систем приготовления пыли. Воздушный и тепловой баланс пылесистемы. Сушка дымовыми газами. Выбор оптимальной степени размола топлива. Подготовка к сжиганию жидкого и газообразного топлива. Основные требования ПТБ по эксплуатации пылеприготовительных установок.

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.

Содержание практических занятий

Тепловой баланс котла и определение часового расхода топлива.

Содержание самостоятельной работы

Теплообмен в поверхностях нагрева. Конструкции топочных камер и горелочных устройств. Системы пылеприготовления.

Раздел 3. Компоновка, условия работы и методы расчета поверхностей нагрева

Содержание лекционных занятий

Основные профили паровых котлов и их особенности. Влияние типа, мощности и режима работы ТЭС на конструкцию паровых котлов. Конструктивные и компоновочные решения современных паровых котлов. Принцип компоновки поверхностей нагрева по ходу продуктов сгорания. Составление тепловой схемы парового 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.

Содержание практических занятий

Тепловые расчеты радиационных, полурadiационных и конвективных пароперегревателей. Расчеты низкотемпературных поверхностей нагрева.

Содержание самостоятельной работы

Изучение литературы по конструкциям топочных камер энергетических котлов ТЭС, их поверхностей нагрева, горелочных устройств. Компоновка и условия работы поверхностей нагрева. Металлы паровых котлов.

Раздел 4. Эксплуатация паровых котлов

Содержание лекционных занятий

Задачи водного режима. Водный режим барабанных котлов. Методы вывода примесей из цикла на ТЭС. Водный режим прямоточных котлов (гидразинно-аммиачный, нейтральный, комплексный). Безнакипный водный режим барабанных котлов. Солевой баланс цикла с барабанным и прямоточным паровым котлом. Методы получения чистого пара. Сепарационные устройства (внутрибарабанные, выносные). Паропромывочные устройства. Динамический слой паропромывочных устройств. Распределительные устройства с паровой подушкой. Барботаж и сущность барботажной промывки пара. Ступенчатое испарение.

Компоновка основного оборудования газозвоздушного тракта паровых котлов. Основы расчета аэродинамического сопротивления газозвоздушного тракта. Конструкция и особенности работы золоуловителей. Выбор дымососов.

Гидродинамика и надежность работы поверхностей нагрева. Основные уравнения гидродинамики и теплообмена пароводяного тракта. Особенности пароводяной смеси как двухфазного потока. Характеристики движения пароводяной смеси. Структура двухфазного потока в вертикальных и горизонтальных положениях обогреваемых труб. Поведение двухфазного потока в гнибах труб. Теплогидравлическая разверка и гидродинамика рабочей среды в поверхностях нагрева котла. Кризисы теплообмена в парообразующих трубах. Схемы контуров с естественной циркуляцией. Движущий и полезный напоры. Основное уравнение циркуляции. Гидродинамика опускных труб и ее влияние на надежность циркуляции. Явление застоя и опрокидывания циркуляции, образования и попадания пара в опускные трубы. Методы повышения надежности циркуляции.

Эксплуатационные режимы и показатели. Допустимые скорости сброса и набора давления в барабанном паровом котле. Стационарные режимы эксплуатации котлов. Нестационарные режимы работы в диапазоне допустимых нагрузок. Пусковые схемы блоков с барабанным и прямоточным котлом «Скользкие» параметры. Схемы с выносным и встроенным сепаратором, достоинства и недостатки. Встроенная задвижка, ее назначение. Режимы останова и сброса нагрузки котла. Режимы растопки котла и пуска блоков из различных тепловых состояний.

Содержание практических занятий

Сведение теплового баланса. Расчет аэродинамического сопротивления газового тракта. Выбор дымососа.

Содержание самостоятельной работы

Работа над графической частью курсового проекта. Тепловая и гидравлическая разверка. Конструкции внутрибарабанных устройств. Конструкции золоуловителей и фильтров, их место в газовом тракте. Методы очистки поверхностей нагрева от наружных натрубных отложений.

Раздел 5. Парогенераторы АЭС

Содержание лекционных занятий

Место парогенератора в тепловой схеме АЭС. Схемы производства пара на АЭС. Общие понятия о парогенераторной установке. Требования к ПГ. Общие характеристики ПГ. Классификация парогенераторов.

Теплоносители и рабочие тела ПГ атомных электростанций. Сравнительные характеристики, достоинства и недостатки основных видов теплоносителей и рабочих тел (воды, жидких металлов, газов). Перспективные виды теплоносителей (свинец).

Конструктивные и теплотехнические схемы парогенераторов. Парогенераторы, обогреваемые водой под давлением: параметры ПГ, основные принципы выбора конструктивной схемы. Парогенераторы, обогреваемые жидкометаллическими теплоносителями (ЖМТ): параметры ПГ, особенности конструктивных схем. Парогенераторы, обогреваемые газовыми теплоносителями: параметры, конструктивные схемы.

Общая характеристика тепло-гидравлических процессов, протекающих в парогенераторах. Процессы теплообмена и гидродинамики, физико-химические процессы. Влияние этих процессов на надежность и экономичность работы основных агрегатов АЭС.

Гидродинамические процессы в парогенераторах АЭС. Основные закономерности гидродинамики и методы расчета гидравлического сопротивления при движении однофазного потока. Особенности гидравлики потока жидкого металла.

Гидродинамика двухфазных потоков: режимы течения, расходные и истинные характеристики двухфазной среды. Методы расчета гидравлического сопротивления при движении двухфазной среды.

Температурный режим теплопередающих поверхностей парогенераторов АЭС. Теплообмен при движении однофазных неметаллических (вода, газ) теплоносителей: при течении жидкости в трубах, при обтекании пучков труб. Особенности теплообмена в поверхностях нагрева парогенераторов с жидкометаллическими теплоносителями (натрий, калий, свинец). Теплообмен при движении кипящей воды.

Кризис теплообмена при кипении. Типы кризисов (1-го и 2-го рода) и методы оценки условий их возникновения.

Сепарация пара. Требования, предъявляемые к качеству пара в ядерных энергетических установках. Причины загрязнения пара: переход примесей из воды в пар, механический унос примесей и унос за счёт растворимости веществ в паре. Методы получения чистого пара.

Факторы, влияющие на влажность пара. Сепарация пара: в свободном объёме, во внутрибарбанных сепарационных устройствах. Особенности конструкции и расчёт жалюзийных и центробежных сепараторов.

Водный режим парогенераторов АЭС. Коррозия и водный режим парогенераторов АЭС. Требования, предъявляемые к парогенераторной и питательной воде. Состав парогенераторной воды: отложения примесей воды, летучие и нелетучие соединения. Факторы, влияющие на скорость коррозионных процессов: состояние поверхности, состав воды, температура и скорость движения среды.

Водный режим парогенераторов с естественной и многократной принудительной циркуляцией. Особенности водного режима прямоточных ПГ АЭС.

Содержание лабораторных занятий

Расчет тепловой диаграммы ПГ. Исследование устойчивости парогенерирующего канала (компьютерная модель). Определение коэффициента теплоотдачи при кипении воды в большом объеме.

Содержание самостоятельной работы

Парогенераторы, обогреваемые газовыми теплоносителями: параметры, конструктивные схемы. Особенности теплообмена в поверхностях нагрева парогенераторов с жидкометаллическими теплоносителями (натрий, калий, свинец). Теплообмен при движении кипящей воды. Особенности конструкции и расчёт жалюзийных и центробежных сепараторов.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает.

- работу с материалом, размещенном в электронном учебном пособии «Парогенераторы АЭС» (среда e-LMS MOODLE);
- поиск и обзор литературы (в т. ч. электронных источников информации) по изучаемым разделам курса;
- выполнение домашних заданий;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольным работам и экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- выполнение расчетно-графических работ;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- анализ фактических материалов по заданной теме.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Паропроизводящие установки ТЭС и АЭС. Часть 2
<https://design.lms.tpu.ru/course/view.php?id=2744>.
2. Карякин С.К. Котельные установки и парогенераторы. Ч. 1. Сжигание энергетических топлив в топках паровых котлов: учебное пособие / С.К. Карякин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 204 с.
3. Котельные установки и парогенераторы. Тепловой расчет котлов [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. К. Карякин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 1.3 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: AdobeReader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m183.pdf>
4. Воробьёв, Александр Владимирович. Парогенераторы АЭС. Основные конструкции и проектирование [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Воробьёв, А. М. Антонова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 3.0 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: AdobeReader. Схема па: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m451.pdf>
2. Липов, Юрий Михайлович. Котельные установки и парогенераторы : учебник / Ю. М. Липов, Ю. М. Третьяков. — 2-е изд., испр. — Москва: Регулярная и хаотическая динамика, 2005.
3. Соколов, Борис Александрович. Котельные установки и их эксплуатация : учебник для начального профессионального образования / Б. А. Соколов. — 3-е изд., стер.. — Москва: Академия, 2009. — 430 с.: ил.. — Начальное профессиональное образование. Энергетика. — Федеральный комплект учебников. — Библиография: с. 423-424.. — ISBN 978-5-7695-4933-5.
4. Лебедев, В. М. под ред. Котельные установки и парогенераторы: учебник / В. М. под ред. Лебедев. — Москва: УМЦ ЖДТ, 2013. — 376 с.. — Доступ только с авторизованных компьютеров.. — ISBN 978-5-89035-641-3. Схема доступа: <http://ibooks.ru/reading.php?short=1&isbn=978-5-89035-641-3>.
5. Эстеркин, Рахмиель Иосифович. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование : учебное пособие для техникумов / Р. И. Эстеркин. — Санкт-Петербург: Интеграл, 2012. — 280 с.: ил.. — Библиогр.: с. 278.. — ISBN 5-283-04445-9.

Дополнительная литература:

6. Сидельковский, Лазарь Наумович. Котельные установки промышленных предприятий : учебник / Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юренев. — 4-е изд., репр.. — Москва: Бастет, 2009. — 528 с.: ил.. — Библиогр.: с. 520-521. — Предметный указатель: с. 521-522.. — ISBN 978-5-903178-13-1.
7. Машиностроение : : в 40 т. / ред. совет: К. В. Фролов (пред.) [и др.]. Разд. 4, Расчет и конструирование машин. Т. 4-18: Котельные установки / [Ю. А. Рундыгин, Е. Э. Гильде, А. В. Судаков и др.]; ред.-сост.: Ю. С. Васильев, Г. П. Поршнева; отв. ред. К. С. Колесников; ред.: Ю. А. Рундыгин [и др.]. — Москва: Машиностроение, 2009. — 399 с.: ил.: 24 см. — . — Авт. указаны на обороте тит. л. — Предм. указ.: с. 397-399. - Тираж 1000 экз. — Библиогр. в конце гл.. — ISBN 978-5-217-03417-8. Схема доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=790

8. Свойства конструкционных материалов атомной промышленности: справочник: в 8 т. / под ред. В. В. Козлова, С. В. Стрелкова. — М.: Агентэк, 2006-2009 Т. 6: Материалы для РНБ и теплообменных аппаратов АЭС. — 2009. — 244 с.— Библиогр.: с. 243-244. — ISBN 978-5-903005-09-3.

9. Воронов, Виктор Николаевич. Химико-технологические режимы АЭС с водородными энергетическими реакторами: учебное пособие для вузов / В. Н. Воронов, Б. М. Ларин, В. А. Сенина. — Москва: Изд-во МЭИ, 2006. — 390 с.: ил. — Библиогр.: с. 389. — Нормативная база водно-химических режимов энергоблоков АЭС с реакторами разных типов: с. 387-388.. — ISBN 5-903072-21-6.

10. Тепловые и атомные электростанции : справочник / под ред. А. В. Клименко, В. М. Зорина. — 4-е изд., стер. — Москва: Изд-во МЭИ, 2007.

11. Теплогидравлические модели оборудования электрических станций / А. Р. Аветисян [и др.]; под ред. Г. А. Филиппова; Ф. Ф. Пашенко. — Москва: Физматлит, 2013.

12. Кириллов, Павел Леонидович Гидродинамические расчеты: справочное учебное пособие / П. Л. Кириллов, Ю. С. Юрьев. — Москва: ИздАТ, 2009.

Internet-ресурсы:

- электронное учебное пособие «Парогенераторы АЭС» в среде e-LMS MOODLE;
- Росатом, Госкорпорация (полный цикл в сфере атомной энергетики и промышленности, Москва) <http://www.rosatom.ru/>
- «Концерн Росэнергоатом», ОАО (компания, эксплуатирующая АЭС России, Москва) <http://www.rosenergoatom.ru/>
- Атомстройэкспорт, ЗАО (строительство и эксплуатация АЭС за рубежом, Москва) <http://www.atomstroyexport.ru/>
- ИБРАЭ — Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (Москва) <http://www.ibrae.ac.ru/>
- НИКИЭТ им. Н. А. Доллежала (Москва) <http://www.nikiet.ru/>
- Всероссийский научно-исследовательский институт атомного энергетического машиностроения (ОАО «ВНИИАМ») <http://www.vniiam.ru/>

6.2. Информационное и программное обеспечение

- демонстрационная тренажер-программа “ПГ энергоблока БН-600”;
- демонстрационная тренажер-программа “ПГ энергоблока БН-800”;
- «TABL1» - программа определения термодинамических и теплофизических параметров воды и водяного пара;
- «TFS», «TFM» – программа для расчета теплофизических свойств теплоносителей;
- WaterSteamPro – программа теплофизических и термодинамических свойств теплоносителей;
- «KANAL» - программа для исследования устойчивости парогенерирующего канала;
- «ALFA-1» и «ALFA-2» - программы для исследования теплообмена в поверхностях нагрева парогенераторов АЭС (со стороны теплоносителя и со стороны рабочего тела).

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

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

№ п/п	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1	Аудитория для проведения учебных занятий всех	Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Комплект

	типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 301	учебной мебели на 52 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 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, 101В	Магазин сопротивления - 1 шт.; Измерительный прибор АТТ-1004 - 1 шт.; Лабораторный комплекс "Перспективные системы теплоснабжения" - 1 шт.; Измерительный прибор АТТ-6002 - 1 шт.; Радиометр Аргус-03 - 3 шт.; Лаборатория "Теплонасосный и теплообменный стенд" - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 8 посадочных мест; Стол лабораторный - 1 шт.; Мольберт - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
4	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 302	Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» специализация «Тепловые электрические станции» (приема 2016 г. заочная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова		В.И. Беспалов

Программа одобрена на заседании кафедры АТЭС (протокол № 8 от 24.06.2016).

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

 /А.С. Заворин
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ И.Н.Бутакова (протокол)
2017/2018 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	№ 19 от 18.05.2017 г.
2018/2019 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС 5. Изменена система оценивания	№ 11 от 19.06.2018 г.
	Изменена система оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете во всех дисциплинах и практиках, реализация которых начнётся с осеннего семестра 2018/19 учебного года и далее до завершения реализации программы.	№ 11/1 от 27.08.2018 г.
2019/2020 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	№ 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 г.
2020/2021 учебный год	Внесены изменения в разделы учебно-методическое, информационное, программное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины	№ 44 от 26.06.2020 г.