

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

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ЭНИИ  
  
 Матвеев А.С.  
 "20" "06" 2020 г.

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

**Паропроизводящие установки ТЭС и АЭС**

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

Вид промежуточной аттестации

Экзамен, зачет, диф-зачет	Обеспечивающее подразделение	<b>ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова</b>
---------------------------	------------------------------	-----------------------------------

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

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

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	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 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	И.ПК(У)-5.1 И.ПК(У)-5.2 И.ПК(У)-5.3
РД2	Использовать основные законы естественнонаучных и математических дисциплин для моделирования и анализа работы паропроизводящих установок ТЭС и АЭС	И.ПК(У)-5.1 И.ПК(У)-5.2 И.ПК(У)-5.3
РД3	Владеть первичными навыками проектирования паропроизводящих установок ТЭС и АЭС	И.ПК(У)-5.1 И.ПК(У)-5.2 И.ПК(У)-5.3

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат	Виды учебной деятельности	Объем времени,
--------------------	-----------------------	---------------------------	----------------

	обучения по дисциплине		ч.
Раздел 1. Энергетическое топливо и эффективность его использования. Основы теории горения.	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	36
Раздел 2. Конструкция топочных камер. Особенности теплообмена в топке	РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	46
Раздел 3. Компоновка, условия работы и методы расчета поверхностей нагрева	РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	46
Раздел 4. Эксплуатация паровых котлов	РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	46
Раздел 5. Парогенераторы АЭС	РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	42

### 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 про-

дуктов 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, комплексонный). 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 газовоздушного тракта паровых котлов. Основы расчета аэродинамического сопротивления газовоздушного 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 гibaх 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 «Скользющие» 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 развертка. 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 расчёта гидравлического сопротивления при движении однофазного потока. Особенности гидравлики потока жидкого металла.

Гидродинамика двухфазных потоков: режимы течения, расходные и истинные характеристики двухфазной среды. Методы расчёта 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 внутрибаранных 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 жидкотеплоносителями (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. Воробьев, Александр Владимирович. Парогенераторы АЭС. Основные конструкции и проектирование [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Воробьев, 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](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. Пащенко. — 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.vnijam.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

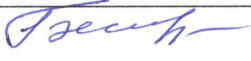
В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№ п/п	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 301	Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Комплект 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.
---	--	---

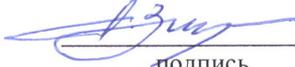
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» специализация «Тепловые электрические станции» (приема 2018 г. заочная форма обучения).

Разработчик(и):

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

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

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

 А.С. Заворин  
подпись

**Лист изменений рабочей программы практики:**

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (про- токол)
2019/2020 уч. год	Внесены изменения в раздел Учебно-методическое, ин- формационное 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