

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

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ИИЦЭ

  
 А.С. Матвеев  
 «26» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2019 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

Системы и источники энергоснабжения			
Направление подготовки/ специальность	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Автоматизация теплоэнергетических процессов		
Специализация			
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		16
	Практические занятия		32
	Лабораторные занятия		16
	ВСЕГО		64
	Самостоятельная работа, ч		152
	ИТОГО, ч		216

Вид промежуточной аттестации	Экзамен, Диф. зачет (КП)	Обеспечивающее подразделение	НОЦ И.Н.Бутакова

Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель		Заворин А.С.
		Стрижак П.А.
		Галашов Н.Н.

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
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	И.УК(У)-2.1	Участует в управлении проектом на всех этапах жизненного цикла	УК(У)-2.1В1	Владеет управлением проектами в области оперативного управления производствами и предприятиями; распределением заданий и побуждением других к достижению целей; управлением разработкой технического задания проекта, управлением реализацией профильной проектной работы; управлением процесса обсуждения и доработки проекта; участием в разработке технического задания проекта, разработкой программы реализации проекта в области оперативного управления производствами и предприятиями; организацией проведения профессионального обсуждения проекта, участием в ведении проектной документации; проектированием план-графика реализации проекта
				УК(У)-2.1У1	Умеет обосновывать практическую и теоретическую значимость полученных результатов оперативного управления производствами и предприятиями; проверять и анализировать проектную документацию; прогнозировать развитие процессов в проектной профессиональной области; выдвигать инновационные идеи и нестандартные подходы к их реализации в целях реализации проекта; анализировать проектную документацию; рассчитывать качественные и количественные результаты, сроки выполнения проектной работы
				УК(У)-2.1З1	Знает методы представления и описания результатов проектной деятельности; методы, критерии и параметры оценки результатов выполнения проекта; принципы, методы и требования, предъявляемые к проектной работе
ПК(У)-3	Способен интегрировать знания различных областей для разработки мероприятий по совершенствованию технологии производства, обеспечению экономичности, надежности и безопасности эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования	И.ПК(У)-3.1	Безопасная, надежная и экономичная эксплуатация энергооборудования, выполнение диспетчерского графика нагрузки, бесперебойное энергоснабжение потребителей, поддержание нормативного качества отпущаемой энергии	ПК(У)-3.1У3	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать современные технологии теплотехнических измерений, регистрации параметров при создании нового теплотехнического оборудования и теплотехнических установок

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной 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	
РД 1	знание и понимание физической сущности и методов учета на стадии проектирования напряжений в элементах оборудования при его работе, условий прочности и устойчивости, явлений вибрации и коррозии; знание и понимание технологии ресурсного проектирования, технологий и методов обоснования и обеспечения ресурса эксплуатации по критериям сопротивления усталости, сопротивления хрупкому разрушению, методов управления сроком службы ТЭС и АЭС	И.УК(У)-2.1, И.ПК(У)-3.1
РД 2	знание и понимание энергетических характеристик и режимов работы основного оборудования ТЭС и АЭС, свойств маневренности основного оборудования ТЭС и АЭС и способов ее повышения, принципов действия и алгоритмов регулирования и управления теплоэнергетическим оборудованием ТЭС и АЭС	И.УК(У)-2.1, И.ПК(У)-3.1
РД 3	умение рассчитывать энергетические характеристики основного оборудования и показатели надежности ТЭС и АЭС, тепловую схему блока ТЭС, АЭС на частичную нагрузку	И.ПК(У)-3.1
РД 4	опыт анализа решений проектных, исследовательских, ремонтных, наладочных, эксплуатационных организаций по вибрационной, динамической, циклической надежности и прочности	И.ПК(У)-3.1

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.
<b>1. Введение. Графики электрических и тепловых нагрузок</b>	РД1, РД2	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>4</b>
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	<b>10</b>
<b>2. Маневренность оборудования ТЭС</b>	РД2-РД4	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>4</b>
		Лабораторные занятия	<b>2</b>
		Самостоятельная работа	<b>20</b>
<b>3. Переменные режимы работы оборудования ТЭС</b>	РД1-РД4	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>8</b>
		Лабораторные занятия	<b>4</b>
		Самостоятельная работа	<b>30</b>
<b>4. Режимы работы оборудования ТЭС</b>	РД1-РД4	Лекции	<b>4</b>
		Практические занятия	<b>8</b>
		Лабораторные занятия	<b>8</b>
		Самостоятельная работа	<b>30</b>
<b>5. Пуско-остановочные режимы работы оборудования ТЭС</b>	РД1-РД4	Лекции	<b>4</b>
		Практические занятия	<b>4</b>
		Лабораторные занятия	<b>2</b>
		Самостоятельная работа	<b>34</b>
<b>6. Основы эксплуатации оборудования ТЭС</b>	РД4	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>4</b>
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	<b>28</b>

Содержание разделов дисциплины:

#### Раздел 1. Введение. Графики электрических и тепловых нагрузок

*Рассматриваются вопросы работы ТЭС в составе энергосистемы. Суточные графики электрических нагрузок энергосистемы. Способы покрытия графиков нагрузки энергосистемы и требования к режимным характеристикам ТЭС.*

##### **Темы лекций:**

1. Особенности работы ТЭС в составе объединенных энергосистем. Суточные графики электрических нагрузок и их режимные характеристики. Способы покрытия графиков нагрузки энергосистем и требования к режимным характеристикам ТЭС.

##### **Темы практических занятий:**

1. Сравнение способов прохождения ночного провала суточного графика электрических нагрузок.
2. Способы прохождения пиков нагрузки суточного графика электрических нагрузок.

#### Раздел 2. Маневренность оборудования ТЭС

*Рассматриваются характеристики маневренности оборудования ТЭС и переходные процессы в оборудовании.*

#### **Темы лекций:**

1. Аккумулирующая способность котла и ее влияние на режимы работы блока. Регулируемый диапазон котлов и турбин и факторы его определяющие. Способы расширения регулируемого диапазона котлов и турбин. Перевод блоков на нагрузку собственных нужд. Моторный режим работы. Режимы с отключением группы ПВД. Способы прохождения минимальных и максимальных нагрузок суточного графика нагрузки. Скорости изменения нагрузки котлов и турбин и факторы их определяющие. Факторы, определяющие надежность работы котла в переходных режимах. Мобильность и форсировочные режимы.

#### **Темы практических занятий:**

1. Режимы с отключением группы ПВД.
2. Работа котла в переходных режимах.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Исследование работы энергоблока при отключении ПВД.

### **Раздел 3. Переменные режимы работы оборудования ТЭС**

*Рассматриваются параметры и показатели оборудования в переменных режимах, характеристики оборудования в переменных режимах, факторы, влияющие на характеристики оборудования ТЭС.*

#### **Темы лекций:**

1. Зависимость КПД котла и турбины от нагрузки. Зависимость параметров пара в отборах турбины и конденсаторе от нагрузки. Процесс расширения пара в турбине на частичных нагрузках при различных системах парораспределения и способах регулирования нагрузки. Расчет тепловых схем конденсационных энергоблоков на частичные нагрузки. Энергетические характеристики котлов и турбин. Поправки к энергетическим характеристикам на отклонение параметров от номинальных. Влияние чистоты поверхностей нагрева и присосов воздуха на экономичность энергоблоков. Влияние нагрузки блока на потери рабочего тела и работу регенеративных подогревателей, деаэратора и испарителей.

#### **Темы практических занятий:**

1. Расчет тепловой схемы энергоблока в переменном режиме.
2. Расчет показателей КЭС по энергетическим характеристикам турбин.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Снятие энергетической характеристики на модели конденсационной турбины.
2. Снятие поправок к энергетической характеристике на модели конденсационной турбины.

### **Раздел 4. Режимы работы оборудования ТЭЦ**

*Рассматриваются характеристики теплофикационных турбин и особенности работы оборудования ТЭЦ.*

#### **Темы лекций:**

1. Характеристики теплофикационных турбин. Теплофикационные и конденсационный режим работы турбин. Энергетические характеристики теплофикационных турбин. Пиковые режимы теплофикационных турбин.
2. Особенности работы оборудования ТЭЦ.

#### **Темы практических занятий:**

1. Расчет теплофикационного узла.
2. Расчет показателей ТЭЦ по энергетическим характеристикам турбин.
3. Расчет переменных режимов сетевого подогревателя.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Исследование работы теплофикационной турбины в зависимости от температуры наружного воздуха.
2. Исследование пиковых режимов работы теплофикационной турбины.
3. Построение диаграммы режимов теплофикационной турбины.

### **Раздел 4. Пуско-остановочные режимы работы оборудования ТЭС**

*Рассматриваются факторы, определяющие пуско-остановочные режимы, и режимы пуска и останова основного и вспомогательного оборудования ТЭС.*

#### **Темы лекций:**

1. Температурные напряжения в металле при переходных режимах и связанные с ними ограничения пусковых и остановочных режимов котлов, турбин и паропроводов. Контроль допустимости режимов по температурной неравномерности металла. Допустимые скорости прогрева и охлаждения оборудования пароводяного тракта ТЭС. Относительные удлинения и прогиб ротора турбин как факторы ограничения скорости их пуска и нагружения. Критерии надежной работы котлов и турбин.
2. Предпусковые состояния оборудования. Этапы и графики пуска. Пусковые схемы и требования к ним. Неблочный и блочный пуски оборудования. Пусковые схемы блоков с барабанными и прямоточными котлами. Предпусковые операции на котле и турбине. Особенности растопки барабанных и прямоточных котлов. Пуск блоков из холодного состояния. Особенности пусков блоков из неостывшего и горячего состояний. Особенности пусков теплофикационных турбин. Виды остановов. Особенности остановов оборудования в резерв и ремонт. Аварийные остановки котлов и турбин. Расход топлива на пуско-остановочный режим. Консервация оборудования.

#### **Темы практических занятий:**

1. Анализ критериев надежной работы котлов и турбин.
2. Изучение пусковых схем энергоблоков с барабанным и прямоточным котлом.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Изучение пусковых операций на тренажере энергоблока 200 МВт.

### **Раздел 6. Основы эксплуатации оборудования ТЭС**

*Рассматриваются задачи и организация эксплуатации основного и вспомогательного оборудования ТЭС.*

#### **Темы лекций:**

1. Основные задачи эксплуатации. Организация эксплуатации оборудования ТЭС.

#### **Темы практических занятий:**

1. Эксплуатация котельной установки и ее систем.
2. Эксплуатация турбинной установки и ее систем.

## **Тема курсового проекта:**

Система энергоснабжения промышленного района.

## **Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) 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);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий;
- 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**

1. Ляликов, Б. А. Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий : учебное пособие / Б. А. Ляликов ; Томский политехнический университет (ТПУ), Институт дистанционного образования (ИДО). — 2-е изд., стер. — Томск: Изд-во ТПУ, 2008-2016. — Ч. 1. — 2008. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2016/m115.pdf>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. – Текст : электронный.
2. Беспалов, В. И. Системы и источники энергоснабжения : учебное пособие / В. И. Беспалов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m301.pdf>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. – Текст : электронный.

### **Дополнительная литература:**

1. Ляликов, Б. А. Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий : учебное пособие: Б. А. Ляликов; Томский политехнический университет (ТПУ), Институт дистанционного образования (ИДО). — 2-е изд., стер. — Томск : Изд-во ТПУ, 2008-2016. — Ч. 2. — 2008. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2016/m116.pdf>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. – Текст : электронный.
2. Шкаровский, А. Л. Теплоснабжение : учебник / А. Л. Шкаровский. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 392 с. — ISBN 978-5-8114-3159-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109515>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Клименко А.В., Теплоэнергетика и теплотехника Кн. 4. : Промышленная теплоэнергетика и теплотехника / Клименко А. В. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. (Справочная серия "Теплоэнергетика и теплотехника") - ISBN 978-5-383-01171-3 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011713.html>. - Режим доступа : по подписке.

### **6.2. Информационное и программное обеспечение**

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

1. Электронный курс в среде LMS MOODLE «Режимы работы и эксплуатации ТЭС» <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=2996>

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**):

1. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;
2. Document Foundation LibreOffice;
3. Cisco Webex Meetings;
4. 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 (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 32	Комплект учебной мебели на 18 посадочных мест; Компьютер - 20 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория - помещение для самостоятельной работы обучающихся, имеется подключение к сети "Интернет" и доступ в электронную информационно-образовательную среду 634034, Томская область, г. Томск, Белинского улица, 53а, 311	Компьютер - 38 шт.; Принтер - 3 шт.; Проектор - 1 шт., Комплект учебной мебели на 50 посадочных мест
3.	Аудитория - помещение для самостоятельной работы обучающихся, имеется подключение к сети "Интернет" и доступ в электронную информационно-образовательную среду 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 120	Компьютер - 16 шт.; Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 16 посадочных мест

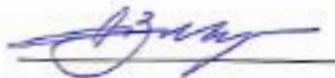
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль «Автоматизация теплоэнергетических процессов» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Галашов Николай Никитович

Программа одобрена на заседании выпускающего НОЦ И.Н. Бутакова (протокол от «17» апреля 2019 г. № 25).

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

 / Заворин А.С./

**Лист изменений рабочей программы:**

<b>Учебный год</b>	<b>Содержание /изменение</b>	<b>Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (про- токол)</b>