

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИИЭ

 Матвеев А.С.

«26» июля 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Технологические процессы и режимы работы электростанций			
Направление подготовки/ специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Управление режимами электроэнергетических систем		
Специализация	Управление режимами электроэнергетических систем		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	1
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16	
	Практические занятия	32	
	Лабораторные занятия	-	
	ВСЕГО	48	
Самостоятельная работа, ч		60	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	НОЦ И.Н. Бутакова
Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ И.Н. Бутакова, на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель			Заворин А.С.
			Прохоров А.В.
			Галашов Н.Н.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 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)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	И.УК(У)-1.1	Выявляет причинно-следственные связи и анализирует объект как систему	УК(У)-1.1У1	Умеет: выявлять связи между компонентами сложного объекта и анализировать его поведение как единого целого
ПК(У)-2	Способен анализировать и прогнозировать условия работы отдельных компонентов электроэнергетической системы, их взаимное влияние и совокупное воздействие, оказываемое на состояние и показатели работы системы в целом	И.ПК(У)-2.1	Анализирует зависимости между параметрами и характеристиками компонентов энергосистемы, параметрами режима, показателями работы и характером протекания переходных процессов в электроэнергетической системе	ПК(У)-2.132	Знает: структурные технологические схемы, принципы работы и основные показатели электростанций
				ПК(У)-2.1У2	Умеет: анализировать количественное влияния различных факторов на экономичность источников производства электроэнергии и теплоты
				ПК(У)-2.1У3	Умеет: анализировать влияние характеристик технологического оборудования электростанций на их маневренность, время пуска и останова, участие в процессах регулирования частоты и перетоков мощности в энергосистеме

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	Обосновывать участие электростанций в выработке мощности на различных интервалах графика нагрузки энергетической системы с учетом особенностей их технологических процессов и маневренных характеристик.	И.УК(У)-1.1
РД 2	Демонстрировать знания принципов повышения эффективности процесса преобразования теплоты в механическую работу в термодинамическом цикле и ступени турбины.	И.ПК(У)-2.1
РД 3	Анализировать количественное влияние различных факторов на экономичность источников централизованного производства электроэнергии и теплоты.	И.ПК(У)-2.1
РД 4	Анализировать влияние характеристик технологического оборудования электростанций на их маневренность и величину располагаемой мощности.	И.ПК(У)-2.1

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.
Раздел (модуль) 1. Структура и характеристики генерирующих мощностей энергосистем	РД 1	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел (модуль) 2. Технологические схемы и процессы тепловых электрических станций	РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел (модуль) 3. Паровые котлы	РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел (модуль) 4. Паровые турбины	РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел (модуль) 5. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций (агрегаты собственных нужд)	РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел (модуль) 6. Режимы работы оборудования тепловых электростанций	РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел (модуль) 7. Гидроэлектростанции	РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	8
Раздел (модуль) 8. Электростанции с переменной выработкой	РД3, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	4

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Структура и характеристики генерирующих мощностей энергосистем

Графики электрической нагрузки энергосистем. Скорость изменения нагрузки. Колебания нагрузки. Выравнивание графиков нагрузки. Структура генерирующих мощностей энергосистем. Тепловые электростанции (конденсационные электростанции, теплоэлектроцентрали). Гидроэлектростанции. Атомные электростанции. Маневренность электростанций и энергосистем. Участие электростанций различного типа в выработке мощности на различных интервалах графика нагрузки. Способы прохождения минимальных и максимальных нагрузок графика.

Темы лекций:

1. Структура и характеристики генерирующих мощностей энергосистем.

Тематика практических работ:

1. Сравнение комбинированного и раздельного способов выработки электроэнергии и теплоты. ИДЗ-1.
2. Исследование цикла Ренкина на насыщенном паре. ИДЗ-2.

Раздел 2. Технологические схемы и процессы тепловых электрических станций

Цикл паротурбинной установки. Принципиальная технологическая схема конденсационной электростанции. Промежуточный перегрев пара. Регенеративный подогрев питательной воды. Конечное давление пара. Принципиальные технологические схемы теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Турбины с противодавлением. Турбоустановки с промышленными и теплофикационными регулируемы отборами пара и конденсацией. Экономия топлива при комбинированном производстве энергии. Работа ТЭЦ по тепловому и электрическому графикам нагрузки. Технологические структуры многоагрегатных тепловых электростанций. Блочная компоновка и компоновка с поперечными связями. Принципиальная технологическая схема электростанции с газовыми турбинами. Парогазовые установки (ПГУ) с низконапорным и высоконапорным котлоагрегатом. ПГУ с одно, двух и трехконтурным котлом утилизатором. Принципиальные технологические схемы атомных электростанций с реакторами разных типов.

Темы лекций:

1. Паротурбинные циклы выработки электроэнергии. Газотурбинные и парогазовые циклы.

Тематика практических работ:

1. Исследование цикла Ренкина на перегретом паре. ИДЗ-3.
2. Расчет цикла Ренкина с регенеративным подогревом питательной воды. ИДЗ-4.

Раздел 3. Паровые котлы

Виды топлива, используемого на тепловых электростанциях. Организация процесса горения в котельных агрегатах. Поверхности нагрева котла, теплопередача в котле. Барабанные котлы, устойчивость гидравлического режима барабанных котлов. Прямоточные котлы, гидравлический режим прямоточных котлов. Устойчивость топочного процесса. Минимальная и максимальная нагрузка барабанных и прямоточных котлов. Аккумулирующая способность котлов. Переходные процессы в котле.

Темы лекций:

1. Топливо и паровые котлы.

Тематика практических работ:

1. Расчет котла-утилизатора двухконтурной ПГУ. ИДЗ-5.
2. Расчет тепловой схемы двухконтурной ПГУ. ИДЗ-6.

Раздел 4. Паровые турбины

Процесс преобразования теплоты в механическую работу. Многоступенчатые турбины. Многоцилиндровые турбины. Регулирующие клапаны турбины. Минимальная и максимальная нагрузка паровых турбин. Система регулирования частоты вращения паровых турбин. Статическая характеристика турбины с регулятором частоты вращения. Механизм управления турбиной. Динамические свойства мощных паровых турбин. Импульсные характеристики паровых турбин. Защита турбин от недопустимого

повышения частоты вращения. Теплообменники паротурбинных установок. Регенеративные подогреватели. Конденсаторы. Виды систем водоснабжения тепловых электростанций: прямоточная, замкнутая.

Темы лекций:

1. Ступень паровой турбины. Многоступенчатые турбины.
2. Системы регулирования и технологические защиты паротурбинных установок.

Тематика практических работ:

1. Тепловой расчет ступени турбины. ИДЗ-7.
2. Изучение конструкций современных паровых турбин и их систем автоматического регулирования.

Раздел 5. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций (агрегаты собственных нужд)

Установки для подготовки топлива. Вентиляторы и дымососы. Регулирование производительности вентиляторов и дымососов. Питательные насосы с электроприводом и с турбинным приводом. Циркуляционные и конденсатные насосы. Маслонасосы системы смазки и регулирования турбины.

Темы лекций:

1. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций

Тематика практических работ:

1. Снятие характеристики регулирования турбины. ИДЗ-8
2. Изучение конструкций насосов, вентиляторов и дымососов.

Раздел 6. Режимы работы оборудования тепловых электростанций

Маневренность и мобильность тепловых электростанций. Маневренность электростанций с поперечными связями и электростанций блочной структуры. Диапазон нагрузок энергоблоков. Ограничения по максимуму и минимуму нагрузки. Допустимая скорость изменения нагрузки энергоблоков. Динамика реализации вращающегося резерва. Переходные процессы в режиме наброса нагрузки. Взаимное влияние котла и турбины. Пуско-остановочные режимы оборудования тепловых электростанций.

Темы лекций:

1. Маневренные характеристики тепловых электрических станций.
2. Переходные процессы и режимы работы тепловых электростанций.

Тематика практических работ:

1. Изучение переходных процессов изменения частоты вращения и мощности энергоблока.
2. Построение энергетических характеристик конденсационного энергоблока. ИДЗ-9.

Раздел 7. Гидроэлектростанции

Варианты создания напора и основное оборудование гидроэлектростанций. Энергия и мощность гидроэлектростанций. Конструкция гидротурбин различного типа. Элементы для регулирования мощности гидротурбин. Регулирование частоты вращения гидротурбин. Состав и компоновка основного оборудования гидроэлектростанций. Регулирование речного стока водохранилищами гидроэлектростанций (суточное, недельное, годовое, сезонное, многолетнее). Маневренные характеристики гидроэлектростанций. Кавитация и гидроудар на ГЭС. Участие гидроэлектростанций в покрытии графиков электрической нагрузки.

Темы лекций:

1. Конструкции и режимы работы гидроэлектростанций.

Тематика практических работ:

1. Изучение конструкций гидротурбин.
2. Оптимальная нагрузка турбин ТЭЦ на основе их энергетических характеристик. ИДЗ-10.

Раздел 8. Ветряные и солнечные электростанции

Ветряные и солнечные электростанции. Принципы и технические средства для обеспечения работы ветряных и солнечных электростанций в составе электроэнергетической системы.

Темы лекций:

1. Конструкции и режимы работы ветряных и солнечных электростанций.

Тематика практических работ:

1. Изучение конструкций ветряных и солнечных электростанций.

5. 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 контролируемых мероприятий и др.);
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к практическим занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение:

Основная литература:

1. Галашов, Николай Никитович. Технологические процессы выработки электроэнергии на ТЭС и ГЭС : учебное пособие [Электронный ресурс] / Н. Н. Галашов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 3.1 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/m232.pdf> (дата обращения: 25.05.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный.
2. Быстрицкий Г. Ф. Общая энергетика (производство тепловой и электрической энергии): учебник для вузов. — Москва: КноРус, 2014. — 407 с <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C144076> (дата обращения: 25.05.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный.
3. Клименко А. В. Теплоэнергетика и теплотехника. В 4 книгах. Книга 3. Тепловые и

атомные электростанции / А. В. Клименко – Москва: Издательский дом МЭИ, 2017. – Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента». – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011706.html>. (дата обращения: 25.05.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Основы современной энергетики. В 2 томах. Том 1. Современная теплоэнергетика: учебник для вузов / А. Д. Трухний, М. А. Изюмов, О. А. Поваров, С. П. Малышенко. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2019. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента". – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013373.html> (дата обращения: 25.05.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Цанев С. В. Газотурбинные энергетические установки: учебное пособие для вузов / С. В. Цанев. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2017. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента". – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010884.html> (дата обращения: 25.05.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Трухний А. Д. Парогазовые установки электростанций: учебник для вузов / А. Д. Трухний. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2019. – Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента». – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012772.html> (дата обращения: 25.05.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Костюк А. Г. Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций: учебник для вузов / А. Г. Костюк, А. Е. Булкин, А. Д. Трухний. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2019. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента". – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014004.html> (дата обращения: 25.05.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Александров А. А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок: учебное пособие для вузов / А. А. Александров. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2017. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента". – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011102.html> (дата обращения: 25.05.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

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, «Технологические процессы и режимы работы электростанций» ссылка <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=813>.
2. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>
3. PTC Mathcad 15 <https://appserver01.main.tpu.ru/RDWeb/Pages/>
4. MathWorks MATLAB <https://appserver01.main.tpu.ru/RDWeb/Pages/>
5. Полнотекстовые и реферативные базы данных для студентов и сотрудников ТПУ: <https://www.lib.tpu.ru/html/full-text-db>

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

1. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic
2. Document Foundation Libre Office

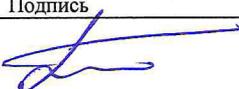
7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование для практических 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	Проектор - 1 шт., компьютер - 20 шт.; Комплект учебной мебели на 18 посадочных мест.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а 401	Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.; Доска аудиторная поворотная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики основной образовательной программы по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, специализация «Управление режимами электроэнергетических систем» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ		Галашов Н.Н.

Программа одобрена на заседании Отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики (протокол от «25» июня 2020 г. № 6).

И.о. заведующего кафедрой - руководителя ОЭЭ
на правах кафедры, к.т.н, доцент



А.С. Ивашутенко