

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрические станции и подстанции

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕПЛОВЫЕ СХЕМЫ И РЕЖИМ РАБОТЫ ТЭС И АЭС

| | |
|---|--|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.13.01.01 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 2 семестр - 4; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 144 часа |
| Лекции | 2 семестр - 16 часов; |
| Практические занятия | 2 семестр - 32 часа; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | 2 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 2 семестр - 93,5 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Домашнее задание Тестирование | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 2 семестр - 0,5 часа; |

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

| | | |
|--|--|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Потапкина Е. Н. |
| | Идентификатор | R2dedd75c-PotapkinaYN-06ff3095 |

Е.Н. Потапкина

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Поляков А. М. |
| | Идентификатор | R4a9cc249-PoliakovAM-44585360 |

А.М. Поляков

Заведующий выпускающей
кафедрой

| | | |
|--|--|------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Монаков Ю. В. |
| | Идентификатор | R4bfa2851-MonakovYV-407f6fea |

Ю.В. Монаков

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение современных технологий в области тепловой энергетики, структуры тепловых схем электростанций, а также режимов работы тепломеханического оборудования

Задачи дисциплины

- изучение основных особенностей принципиальных тепловых схем (ПТС) тепловых электростанций ТЭС и АЭС;
- изучение схем включения и номенклатуры оборудования ПТС ТЭС и АЭС;
- изучение режимов работы ТЭС и АЭС;
- изучение методов оценки режимов с точки зрения экономичности работы оборудования.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|---|---|
| ПК-1 Способен применять методы анализа, разработки и обоснования технических решений в проектах электростанций и подстанций | ИД-3ПК-1 Производит оценку режимов и показателей функционирования электростанций и подстанций и их оборудования | знать: - Тепловые схемы и оборудование ПТС ГТУ, ПГУ и АЭС; - Режимы работы ТЭС и АЭС. уметь: - Рассчитывать показатели функционирования КЭС; - Разрабатывать ПТС для КЭС; - Рассчитывать показатели рабочей среды по элементам ПТС ТЭС. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрические станции и подстанции (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания |
|-------|---|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | Устройство , функционирование, тепловые схемы современных КЭС и ТЭЦ | 56 | 2 | 8 | - | 16 | - | - | - | - | - | 32 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение теоретического материала по разделу "Устройство , функционирование , тепловые схемы современных КЭС и ТЭЦ" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 9-20,107-137,175-188, 208-223,278-281 [2], 18-53,54-80,121-126,196-202 [3], 18-53,54-80,121-126,196-202 |
| 1.1 | Устройство , функционирование, тепловые схемы современных КЭС и ТЭЦ | 56 | | 8 | - | 16 | - | - | - | - | - | 32 | - | |
| 2 | Устройство, функционирование , тепловые схемы современных ГТУ и ПГУТЭС, АЭС | 28 | | 4 | - | 8 | - | - | - | - | - | 16 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение теоретического материала по разделу "Устройство , функционирование, тепловые схемы современных ГТУ и ПГУ ТЭС, АЭС" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 364-391 [2], 154-177,206-213,217-232,234-254,343-347,368-372 [3], 154-177,206-213,217-232,234-254,343-347,368-372 |
| 2.1 | Устройство, функционирование , тепловые схемы современных ГТУ и ПГУТЭС, АЭС | 28 | | 4 | - | 8 | - | - | - | - | - | 16 | - | |
| 3 | Режимы работы ТЭС и АЭС | 24 | | 4 | - | 8 | - | - | - | - | - | 12 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение теоретического материала по разделу "Режимы работы ТЭС и АЭС" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> |
| 3.1 | Режимы работы ТЭС и АЭС | 24 | | 4 | - | 8 | - | - | - | - | - | 12 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|-------|----|---|----|---|---|---|---|-----|----|------|--------------|
| | | | | | | | | | | | | | [1], 303-340 |
| | Экзамен | 36.0 | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 144.0 | 16 | - | 32 | - | 2 | - | - | 0.5 | 60 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 144.0 | 16 | - | 32 | | 2 | | - | 0.5 | | 93.5 | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Устройство , функционирование, тепловые схемы современных КЭС и ТЭЦ

1.1. Устройство , функционирование, тепловые схемы современных КЭС и ТЭЦ

Типы ТЭС. Технологический процесс преобразования химической энергии топлива в электроэнергию на КЭС. ПТС паротурбинной КЭС. Главный корпус ТЭС. Основное и вспомогательное оборудование ТЭС (паровые котлы; паровые турбины; типы, схемы включения и конструкции регенеративных подогревателей). Вспомогательное оборудование ТЭС (термические деаэрационные установки, питательные насосы). Принципиальные тепловые схемы турбоустановок с турбинами К-300(310)-23,5; К-500-23,5; К-800-23,5 и комплектующее их теплообменное оборудование. Особенности эксплуатации КЭС. Раздельная и комбинированная выработка электроэнергии и тепла. Технологический процесс преобразования химической энергии топлива в электроэнергию на современной теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Схема теплофикационной установки ТЭЦ. Особенности эксплуатации ТЭЦ. График тепловой нагрузки теплосети и работа теплофикационной установки ТЭЦ. Показатели тепловой экономичности ТЭС. ПТС турбоустановок с турбинами Т-110/120-12,8; Т-250/300-23,5; Р-102/107-12,8/1,47 и комплектующее их теплообменное оборудование..

2. Устройство, функционирование , тепловые схемы современных ГТУ и ПГУТЭС, АЭС

2.1. Устройство, функционирование , тепловые схемы современных ГТУ и ПГУТЭС, АЭС

Газотурбинные установки электростанций (ГТЭС). ПТС ГТЭС и ГТУ-ТЭЦ (г. Электросталь). Элементы ГТЭС и их конструкции. Преимущества и недостатки ТЭС с ГТУ. Парогазовые установки электростанций (ПГУ КЭС): ПТС ПГУ утилизационного типа; ПТС ПГУ со сбросом уходящих газов ГТУ в энергетический котел; ПТС ПГУ с вытеснением регенерации. ПТС теплофикационных установок ПГУ-ТЭЦ. Технологические схемы производства электроэнергии на одноконтурных АЭС с реакторами типов РБМК и ВВЭР на АЭС. ПТС турбоустановки с турбиной К-1000-6/3000 и комплектующее теплообменного оборудования (для ВВЭР-1000)..

3. Режимы работы ТЭС и АЭС

3.1. Режимы работы ТЭС и АЭС

Работа ТЭС в составе энергосистемы. Графики электрических нагрузок. Структура управления режимами. Классификация режимов работы ТЭС. Работа ТЭС при переменных режимах. Маневренные характеристики оборудования. Остановочно-пусковые режимы. Моторный режим. Режим горячего вращающегося резерва. Особенности пуска блоков на СКД. Режимы работы двухконтурных АЭС с реакторами типа ВВЭР-ТОИ и системой аккумулирования тепловой энергии (САТЭ).

3.3. Темы практических занятий

1. Определение параметров пара и воды для подогревателей низкого давления. Определение расходов пара на подогреватели высокого давления, деаэрактор и подогреватели низкого давления поверхностного типа. (8 часов);
2. Определение расходов пара на подогреватели низкого давления смешивающего типа. Определение доли пара на турбопривод питательного насоса. Контроль материального баланса пара и конденсата. Энергетическое уравнение турбоустановки. Определение расхода пара в голову турбины, на промперегрев и турбопривод питательного насоса. Определение показателей функционирования энергоблока ТЭС (8 часов);

3. Разработка ПТС конденсационного энергоблока. Построение процесса расширения пара в проточной части конденсационной турбины в h,s -диаграмме (в электронном виде). Определение параметров пара и воды для подогревателей высокого давления и деаэратора (8 часов);
4. Определение расхода охлаждающей воды, кратности охлаждения, поверхности конденсатора, количества (расхода) добавочной воды, выбор типа испарительной градирни для энергоблока ТЭС. Особенности расчета теплофикационной турбины. Определение расхода пара на верхний и нижний сетевые подогреватели. Определение показателей функционирования ТЭЦ на основе физического метода разделения затрат. Особенности расчета тепловых схем АЭС. Сравнение показателей и характеристик КЭС и АЭС с различным типом реакторов (8 часов).

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Устройство, функционирование, тепловые схемы современных КЭС и ТЭЦ"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Устройство, функционирование, тепловые схемы современных ГТУ и ПГУ ТЭС, АЭС"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Режимы работы ТЭС и АЭС"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|--|------------------|---|---|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| Знать: | | | | | |
| Режимы работы ТЭС и АЭС | ИД-3ПК-1 | | | + | Тестирование/Режимы работы ТЭС и АЭС |
| Тепловые схемы и оборудование ПТС ГТУ, ПГУ и АЭС | ИД-3ПК-1 | | + | | Тестирование/Тепловые схемы и оборудование ПТС ГТУ, ПГУ и АЭС |
| Уметь: | | | | | |
| Рассчитывать показатели рабочей среды по элементам ПТС ТЭС | ИД-3ПК-1 | + | | | Домашнее задание/Расчет показателей рабочей среды по элементам ПТС ТЭС |
| Разрабатывать ПТС для КЭС | ИД-3ПК-1 | + | | | Домашнее задание/Разработка ПТС для КЭС |
| Рассчитывать показатели функционирования КЭС | ИД-3ПК-1 | + | | | Домашнее задание/Защита РГР "Расчет показателей функционирования КЭС" |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Защита РГР "Расчет показателей функционирования КЭС" (Домашнее задание)
2. Разработка ПТС для КЭС (Домашнее задание)
3. Расчет показателей рабочей среды по элементам ПТС ТЭС (Домашнее задание)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Режимы работы ТЭС и АЭС (Тестирование)
2. Тепловые схемы и оборудование ПТС ГТУ, ПГУ и АЭС (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Тепловые электрические станции : учебник для вузов по специальности "Тепловые электрические станции" направления "Теплоэнергетика" / В. Д. Буров, [и др.] ; ред. В. М. Лавыгин, А. С. Седлов, С. В. Цанев . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 466 с. - ISBN 978-5-903072-86-6 .;
2. Основы современной энергетики. В 2 ч. Ч.1. Современная теплоэнергетика : Курс лекций для менеджеров энергетических компаний / А. Д. Трухний, А. А. Макаров, В. В. Клименко ; Общ. ред. Е. В. Аметистов . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 368 с. - ISBN 5-7046-0890-6 .;
3. Малышенко С.П.- "Основы современной энергетики Том 1. Современная теплоэнергетика", Издательство: "МЭИ", Москва, 2019
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013373.html>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
13. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;http://docs.cntd.ru/>
14. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
15. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
16. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|-------------------------------------|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | ЭС-41, Учебная аудитория каф. ЭС | стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Д-413, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий | ЦН-101, Лаборатория ТЭЦ МЭИ | |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Д-306, Учебная аудитория | парта, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, кондиционер, телевизор |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-201, Компьютерный читальный зал | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для | В-319/2, Кабинет | кресло рабочее, стул, шкаф для документов, |

| | | |
|--|---|--|
| консультирования | сотрудников каф. "ТЭС" | шкаф для одежды, стол письменный, тумба, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | ЭС-21а, Помещение для учебного инвентаря | кресло рабочее, стол, стул, шкаф, шкаф для документов |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Тепловые схемы и режим работы ТЭС и АЭС

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Разработка ПТС для КЭС (Домашнее задание)
- КМ-2 Расчет показателей рабочей среды по элементам ПТС ТЭС (Домашнее задание)
- КМ-3 Защита РГР "Расчет показателей функционирования КЭС" (Домашнее задание)
- КМ-4 Тепловые схемы и оборудование ПТС ГТУ, ПГУ и АЭС (Тестирование)
- КМ-5 Режимы работы ТЭС и АЭС (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | Устройство, функционирование, тепловые схемы современных КЭС и ТЭЦ | | | | | | |
| 1.1 | Устройство, функционирование, тепловые схемы современных КЭС и ТЭЦ | | + | + | + | | |
| 2 | Устройство, функционирование, тепловые схемы современных ГТУ и ПГУТЭС, АЭС | | | | | | |
| 2.1 | Устройство, функционирование, тепловые схемы современных ГТУ и ПГУТЭС, АЭС | | | | | + | |
| 3 | Режимы работы ТЭС и АЭС | | | | | | |
| 3.1 | Режимы работы ТЭС и АЭС | | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 25 | 25 | 25 | 10 | 15 |