

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Технологии теплоэнергетики (тепловые электрические станции; теплоснабжение и теплотехническое оборудование; технология воды и топлива; автоматизированные теплоэнергетические системы)

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
УСТАНОВОК

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.07.02.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	9 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	9 семестр - 8 часов;
Практические занятия	9 семестр - 4 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	9 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	9 семестр - 128,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	9 семестр - 1,2 часа;
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	9 семестр - 0,3 часа;

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бураков И.А.
	Идентификатор	R6e8dfb19-BurakovIA-87400e32

И.А. Бураков

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бураков И.А.
	Идентификатор	R6e8dfb19-BurakovIA-87400e32

И.А. Бураков

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербатов И.А.
	Идентификатор	R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17

И.А. Щербатов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: является формирование у студентов знаний о физико-химических процессах поведения примесей воды в пароводяном тракте теплоэнергетического оборудования и способах регулирования этих процессов, о видах коррозии металла в среде водного теплоносителя и методах борьбы с ней.

Задачи дисциплины

- знакомство обучающихся методы получения чистого пара в парогенераторах АЭС, котельных и испарительных установках;
- освоение типовых методик расчета технологические схемы коррекции водно-химические режимов ТЭС и АЭС;
- получение практических знаний по химическим и физическим процессам, происходящим в теплоносителях тепловой станции и системах теплоснабжения;
- умение выполнять расчеты по ведению водного режима ТЭС.

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 участвовать в проектировании, расчетах и эксплуатации промышленных теплоэнергетических систем, систем водоподготовки, топливного хозяйства и оборудования энергетических объектов, а также в ведении их режимов работы	ИД-ЗПК-1 выполняет работы по автоматизированной поддержке эксплуатации теплоэнергетических систем	знать: - водные режимы барабанных и прямоточных котлов, а также конденсатопитательного тракта. уметь: - проводить расчет необходимой дозы и расхода применяемого реагента; - читать чертежи и принципиальные схемы оборудования, предназначенного для корректировки ВХР ТЭС; - подбирать оптимальный водно-химический режим (ВХР) для конкретной ТЭС и необходимое оборудование технологической схемы коррекции ВХР.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Технологии теплоэнергетики (тепловые электрические станции; теплоснабжение и теплотехническое оборудование; технология воды и топлива; автоматизированные теплоэнергетические системы) (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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	Общие понятия о теплоносителе на ТЭС	31.35	9	2.4	-	1.2	-	0.45	-	0.3	-	27	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Общие понятия о теплоносителе на ТЭС" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 19-26
1.1	Теплофизические и физико-химические свойства теплоносителя в пароводяном тракте ТЭС	10.65		1	-	0.4	-	0.15	-	0.1	-	9	-	
1.2	Химическая термодинамика	10.05		0.4	-	0.4	-	0.15	-	0.1	-	9	-	
1.3	Примеси в пароводяном тракте ТЭС	10.65		1	-	0.4	-	0.15	-	0.1	-	9	-	
2	Коррозионные процессы в пароводяном тракте. Отложения на теплогенерирующих поверхностях	20.80		1.4	-	0.8	-	0.30	-	0.30	-	18	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу " Коррозионные процессы в пароводяном тракте. Отложения на теплогенерирующих поверхностях" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 60-75
2.1	Коррозионные процессы конструкционных материалов. Диаграмма Пурбэ	10.70		1	-	0.4	-	0.15	-	0.15	-	9	-	
2.2	Отложения на теплогенерирующих поверхностях	10.10		0.4	-	0.4	-	0.15	-	0.15	-	9	-	
3	Водно-химические	30.45			2.2	-	1.2	-	0.75	-	0.3	-	26	-

	режимы ТЭС с прямоточными котлами												Повторение материала по разделу "Водно-химические режимы ТЭС с прямоточными котлами"
3.1	ВХР ТЭС с барабанными котлами	10.75	1	-	0.4	-	0.25	-	0.1	-	9	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 110-119
3.2	ВХР ТЭС с парогазовыми установками (ПГУ)	10.15	0.4	-	0.4	-	0.25	-	0.1	-	9	-	
3.3	Экспериментальные ВХР на ТЭС	9.55	0.8	-	0.4	-	0.25	-	0.1	-	8	-	
4	Химические промывки оборудования энергоблоков, консервация оборудования	25.40	2	-	0.8	-	0.50	-	0.30	-	21.8	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Химические промывки оборудования энергоблоков, консервация оборудования" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 29-38
4.1	ВХР тепловых сетей и систем охлаждения конденсатора	8.80	1	-	0.4	-	0.25	-	0.15	-	7	-	
4.2	Влияние органических примесей на состояние металла	16.60	1	-	0.4	-	0.25	-	0.15	-	14.8	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	35.7	
	Всего за семестр	144.00	8.0	-	4.0	-	2.00	-	1.20	0.3	92.8	35.7	
	Итого за семестр	144.00	8.0	-	4.0	2.00	1.20	0.3	128.5				

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. Общие понятия о теплоносителе на ТЭС

1.1. Теплофизические и физико-химические свойства теплоносителя в пароводяном тракте ТЭС

Строение молекулы воды. Изменение ионного произведения воды. Изменение диэлектрической проницаемости. Изменение энтальпии, плотности и диэлектрической проницаемости. Изобары зависимостей плотности, энтальпии и диэлектрической проницаемости воды от температуры при давлении 24 МПа.

1.2. Химическая термодинамика

Общие понятия химической термодинамики. Внутренняя энергия. Энергия Гельмгольца. Энергия Гиббса.

1.3. Примеси в пароводяном тракте ТЭС

Неплотности в конденсаторах и сетевых подогревателях. Основные источники примесей. Источники загрязнения. Характеристика загрязнения.

2. Коррозионные процессы в пароводяном тракте. Отложения на теплогенерирующих поверхностях

2.1. Коррозионные процессы конструкционных материалов. Диаграмма Пурбэ

Предпосылки к возникновению коррозионных процессов. Борьба с коррозией. Диаграмма Пурбэ для системы «железо – вода – кислород». Базисная диаграмма Пурбэ. Упрощенные диаграммы Пурбэ для системы «железо – вода – кислород» при различном составе пассивирующего оксидного слоя. Конструкционные материалы на ТЭС.

2.2. Отложения на теплогенерирующих поверхностях

Условия выделения твёрдой фазы. Растворимость солей кальция и магния в котловой воде для соединений с отрицательным температурным коэффициентом. Образование отложений в пароводяном тракте ТЭС. Состав отложений в пароперегревателях и турбинах высокого давления.

3. Водно-химические режимы ТЭС с прямоточными котлами

3.1. ВХР ТЭС с барабанными котлами

Общие положения по ведению ВХР на ТЭС с барабанными котлами. Нормы качества теплоносителя для ТЭС с барабанными котлами. ВХР для ТЭС с барабанными котлами. Защита от отложений. Фосфатирование котловой воды.

3.2. ВХР ТЭС с парогазовыми установками (ПГУ)

ТЭС с ПГУ. ВХР КУ. Традиционные ВХР для ТЭС с ПГУ. Недостатки ГАВР.

3.3. Экспериментальные ВХР на ТЭС

Достоинства экспериментального ВХР: 1. снижается скорость образования отложений; 2. снижается загрязненность поверхностей нагрева; 3. снижается скорость коррозии оборудования; 4. в теплоноситель вводится только один реагент; 5. хеламин используется и для консервации оборудования.

4. Химические промывки оборудования энергоблоков, консервация оборудования

4.1. ВХР тепловых сетей и систем охлаждения конденсатора

ВХР тепловых сетей. Структурная формула ОЭДФ. Зависимость растворимости ОЭДФ от температуры. Системы оборотного охлаждения (цирксистемы). Принципиальная схема прямоточного охлаждения конденсаторов турбин.

4.2. Влияние органических примесей на состояние металла

К наиболее повреждаемым элементам относятся: • гибы и прямые участки трубопроводов питательной воды; • трубопроводы пароперегревателей, изготовленные из сталей перлитного и аустенитного классов; • подогреватели высокого давления (ПВД); • горизонтальные сетевые подогреватели (ПСГ-1, ПСГ-2); • детали проточной части турбин в зоне фазового перехода.

3.3. Темы практических занятий

1. Изменение качества воды по ступеням обработки ВПУ;
2. Основные показатели качества воды;
3. Константа гидролиза химических реакций;
4. Производство растворимостей;
5. Перенос примесей из воды в пар. Коэффициент распределения;
6. Диаграмма Пурбэ. Уравнение Нернста;
7. Процессы коррозии конструкционных материалов. Скорость коррозии.;
8. Константа диссоциации хим. Реакций.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Общие понятия о теплоносителе на ТЭС"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Коррозионные процессы в пароводяном тракте. Отложения на теплогенерирующих поверхностях"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Водно-химические режимы ТЭС с прямоточными котлами"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Химические промывки оборудования энергоблоков, консервация оборудования"

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	4	
Знать:						
водные режимы барабанных и прямоточных котлов, а также конденсатопитательного тракта	ИД-3ПК-1	+				Тестирование/Общие понятия о теплоносителе на ТЭС
Уметь:						
подбирать оптимальный водно-химический режим (ВХР) для конкретной ТЭС и необходимое оборудование технологической схемы коррекции ВХР	ИД-3ПК-1				+	Контрольная работа/Химические промывки оборудования энергоблоков, консервация оборудования
читать чертежи и принципиальные схемы оборудования, предназначенного для корректировки ВХР ТЭС	ИД-3ПК-1			+		Контрольная работа/Водно-химические режимы ТЭС с прямоточными котлами
проводить расчет необходимой дозы и расхода применяемого реагента	ИД-3ПК-1		+			Контрольная работа/Коррозионные процессы в пароводяном тракте. Отложения на теплогенерирующих поверхностях

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

9 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Водно-химические режимы ТЭС с прямоточными котлами (Контрольная работа)
2. Коррозионные процессы в пароводяном тракте. Отложения на теплогенерирующих поверхностях (Контрольная работа)
3. Общие понятия о теплоносителе на ТЭС (Тестирование)
4. Химические промывки оборудования энергоблоков, консервация оборудования (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №9)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 9 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Расчет водно-химических режимов теплоэнергетических установок : Учебное пособие по курсу "Водно-химические режимы теплоэнергетических установок" / О. И. Мартынова, и др. ; Ред. А. П. Пильщиков. – М. : Изд-во МЭИ, 1998. – 148 с. – ISBN 5-7046-0292-4 : 7.50.;
2. Воронов В.Н. , Петрова Т.И. - "Водно-химические режимы ТЭС и АЭС", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2009 - (240 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72207;
3. Воронов В.Н., Петрова Т.И., Пильщиков А.П.- "Водно-химические режимы ТЭС и АЭС", Издательство: "МЭИ", Москва, 2009 - (240 с.)
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383001455.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. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
6. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
7. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
8. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
9. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
10. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
11. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Х-2026, Кабинет сотрудников кафедры "Технологии"	стол, шкаф, стол письменный

	металлов"	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Водно-химические режимы теплоэнергетических установок

(название дисциплины)

9 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Общие понятия о теплоносителе на ТЭС (Тестирование)
- КМ-2 Коррозионные процессы в пароводяном тракте. Отложения на теплогенерирующих поверхностях (Контрольная работа)
- КМ-3 Водно-химические режимы ТЭС с прямоточными котлами (Контрольная работа)
- КМ-4 Химические промывки оборудования энергоблоков, консервация оборудования (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	6	9	12
1	Общие понятия о теплоносителе на ТЭС					
1.1	Теплофизические и физико-химические свойства теплоносителя в пароводяном тракте ТЭС		+			
1.2	Химическая термодинамика		+			
1.3	Примеси в пароводяном тракте ТЭС		+			
2	Коррозионные процессы в пароводяном тракте. Отложения на теплогенерирующих поверхностях					
2.1	Коррозионные процессы конструкционных материалов. Диаграмма Пурбэ			+		
2.2	Отложения на теплогенерирующих поверхностях			+		
3	Водно-химические режимы ТЭС с прямоточными котлами					
3.1	ВХР ТЭС с барабанными котлами				+	
3.2	ВХР ТЭС с парогазовыми установками (ПГУ)				+	
3.3	Экспериментальные ВХР на ТЭС				+	
4	Химические промывки оборудования энергоблоков, консервация оборудования					
4.1	ВХР тепловых сетей и систем охлаждения конденсатора					+
4.2	Влияние органических примесей на состояние металла					+

Bec KM, %:	25	25	25	25
------------	----	----	----	----